



**УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ**

Милена Д. Раденковић

**ИСХРАНА И ЗНАЧАЈ ГРАБЉИВИХ ВРСТА РИБА У ОДРЖАЊУ
СТАБИЛНОСТИ ЕКОСИСТЕМА АКУМУЛАЦИЈА**

Докторска дисертација

Крагујевац, 2019. година

I Аутор	
Име и презиме: Милена Д. Раденковић	
Датум и место рођења: 24.02.1986. године, Крагујевац, Република Србија	
Садашње запослење: Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет, Институт за биологију и екологију, звање истраживач-сарадник	
II Докторска дисертација	
Наслов: Исхрана и значај грабљивих врста риба у одржању стабилности екосистема акумулација	
Број страница: 142	
Број слика: 35 табела, 23 слике	
Број библиографских података: 362	
Установа и место где је рад израђен: Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет	
Научна област (УДК): Кошљорибе у језерским акумулацијама Србије (597.5:556.155(497.11)). Исхрана кошљориба у Србији (639.3.043:597.5(497.11)).	
Ментор: Проф. др Владица Симић, редовни професор, Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет	
III Оцена и одбрана	
Датум пријаве теме: 14.06.2017. године	
Број одлуке и датум прихватања докторске дисертације:	
Комисија за оцену подобности теме и кандидата:	
1. др Владица Симић, редовни професор Природно-математичког факултета у Крагујевцу, ужа научна област: Екологија, биогеографија и заштита животне средине; 2. др Горан Марковић, ванредни професор Агрономског факултета у Чачку, ужа научна област: Примењена биологија; 3. др Милица Стојковић Пиперац, доцент Природно-математичког факултета у Нишу, ужа научна област: Екологија и заштита животне средине.	
Комисија за преглед и одбрану докторске дисертације:	
др Горан Марковић, ванредни професор, Агрономски факултет у Чачку, Универзитет у Крагујевцу, ужа научна област: Примењена биологија, председник Комисије др Ана Петровић, доцент, Природно-математички факултет, Универзитет у Крагујевцу, ужа научна област: Екологија, биогеографија и заштита животне средине др Милица Стојковић Пиперац, доцент, Природно-математички факултет, Универзитет у Нишу, ужа научна област: Екологија и заштита животне средине	
Датум одбране докторске дисертације:	

*„So close, no matter how far
Couldn't be much more from the heart
Forever trusting who we are
And nothing else matters”*

Мојој Димитрији

Захвалница

Ова дисертација представља резултат вишегодишњег рада, стога желим да се искрено захвалим свима који су ме подржавали, помогли и веровали у мене. Велико хвала,

Мом ментору, др Владици Симићу, редовном професору Природно-математичког факултета у Крагујевцу, на вођењу, усмеравању и несебичној помоћи још од постављања експеримента за потребе израде дипломског рада, па све до завршне верзије докторске дисертације.

Др Горану Марковићу, ванредном професору Агрономског факултета у Чачку, и

Др Ани Петровић, доценту Природно-математичког факултета у Крагујевцу на дивној сарадњи, корисним сугестијама и саветима који су ми помогли и тиме унапредили изглед овог рада.

Др Милице Стојковић Пиперац, доценту Природно-математичког факултета у Нишу се захваљујем на изузетном залагању и помоћи нарочито око статистичке обраде података.

Др Снежани Симић, редовном професору Природно-математичког факултета у Крагујевцу, хвала на лепој сарадњи још од мојих студентских дана.

Мојим драгим колегама, Александри, Симони, Наташи, Невени, Тијани, Марији, Маријани, Марку, Зорану, Бојану, Мирославу и Вити, хвала на свим лепим тренуцима, позитивној атмосфери и дивним успоменама.

Неизмерну захвалност дугујем својој породици, родитељима, супругу, сестри и зету (мом „брату“) за сву љубав и подршку. Хвала Вам што сте моји.

Највећу захвалност дугујем мојој Димитрији. Са Тобом сам јача ♥

Милена Раденковић

Исхрана и значај грабљивих врста риба у одржању стабилности екосистема акумулација

Резиме:

Познавање исхране риба је неопходно за утврђивање трофичког статуса екосистема и еколошке нише риба унутар тог екосистема и корисно је за разумевање екологије врста у циљу одрживог управљања и развоја мера очувања и заштите одређених врста. Анализа исхране риба заснована на анализи садржаја дигестивног тракта представља стандардну праксу. Детаљна анализа исхране риба доприноси разумевању трофичких интеракција у воденим екосистемима и ланцима исхране водених организама. Такође, исхрана риба представља интеграцију веома важних еколошких компоненти које укључују понашање, кондицију, особине станишта, потрошњу енергије, интерспецијске и интраспецијске односе.

Предаторство је један од главних међусобних утицаја у животињским популацијама. У случају да се јави у воденим екосистемима, међу рибљим популацијама, утиче на функционалност целог екосистема. Предаторство од стране грабљивих риба може драстично да редукује густину и биомасу планктиворних риба, нарочито јувенилних примерака, као и одраслих примерака који су мањих димензија. Грабљиве рибе се налазе на крају ланца исхране и имају кључну улогу у структурирању популација врста на нижим трофичким нивоима. Прекомеран развој фитопланктона је јако непожељан симптом еутрофизације, стога еколози тврде да грабљиве рибе, својим животним процесима, могу да смање ефекат планктиворних риба на зоопланктон и тиме ублаже неке од симптома еутрофизације.

Истраживање за потребе израде ове докторске дисертације је спроведено током 2011. и 2012. године, а део узорака је прикупљен и током теренског рада у 2017. години. Анализирана је исхрана адултних јединки четири грабљиве врсте риба и то смуђа, гргеча, штуке и сома, као и јувенилних јединки гргеча, бодорке и уклије, прикупљених са шест акумулационих језера у Србији: Бован, Гружа, Шумарице, Врутци, Власина и Газиводе. За анализу исхране риба коришћене су технике квалитативне и квантитативне методе и израчунати су индекси исхране: Индекс релативне важности, Индекс значајности и Индекс преклапања хранидбених навика.

Циљеви постављени током овог истраживања били су: истраживање исхране четири врсте грабљивих риба (смуђ, гргеч, штука и сом) које коегзистирају у

истраживаним акумулацијама; истраживање исхране јувенилних риба (писциворних и планктиворних), као значајних карика у ланцу исхране проучаваних екосистема; истраживање интерспецијске и интраспецијске конкуренције у исхрани истраживаних врста, односно одређивање степена преклапања прехранбених навика (преклапање трофичких ниша); процена утицаја предаторских врста риба на рибљу млађ; одређивање процентуалног односа грабљиве - остале рибе у ихтиоценозама у истраживаним акумулацијама; спровести ново истраживање са циљем утврђивања које грабљиве рибе својим животним процесима утичу на еколошку стабилност акумулација (концепт трофичке каскаде).

Примарни плен јувенилним јединкама је зоопланктон, с тим што је уклија облигатни планктивор, бодорка и планктивор и бентивор, док је јувенилни гргеч планктивор, бентивор и писцивор. Најдоминантнија храна јединкама јувенилног гргеча су копеподе и кладоцере, али у различитим пропорцијама. Забележено је и да се гргеч при старости 0+ храни рибом. Јувенилни примерци бодорке су били присутни у мрежама током излова на свих шест акумулација обухваћених овом студијом. Плен који је најчешће био присутан у дигестивном тракту ових јединки су кладоцере (*Daphnia* sp. и *Bosmina* sp), док су на акумулацији Бован уз њих још присутне и копеподе. Изузетак су јединке узорковане са акумулација Шумарице и Газиводе којима су најфреквентнији плен кончате алге. Уклија најчешће као плен бира кладоцере, *Daphnia* sp. и *Bosmina* sp., али у различитој мери.

Смуђ, као најбројнија грабљивица у истраживању, скоро искључиво у исхрани користи рибу. Уклија је плен који се издваја као најдоминантнији, а уз њу, смуђ се најчешће храни још и бодорком, гргечом. Гргеч на свим акумулацијама у исхрани користи уклију, а уз њу, храни се често и бодорком и јединкама своје врсте. Гргеч је једина врста у истраживању у чијим популацијама је констатована појава канибализма. Штука је најмање бројна врста у овом истраживању присутна на две акумулације, Бован и Шумарице. Исхрана ове грабљивице је најмање разноврсна и чине је искључиво рибе, бодорку и гргеча најчешће. Сом је био присутан на свим истраживаним акумулацијама, осим на Шумаричкој и Газиводској акумулацији. Једино је на акумулацији Врутци убедљиво најдоминантнији плен била бабушка, док је свим осталим то гргеч. Гргеч је био присутан у сваком анализираном узорку цревног тракта сома на акумулацијама Бован, Гружа и Власина.

Feeding and importance of predatory fish species in maintenance of ecosystem stability in reservoirs

Summary:

The knowledge of fish diet is necessary to determine the trophic status of the ecosystem and the ecological niche of fish within that ecosystem and is useful for understanding ecology of species in order to sustainably manage and develop measures for the preservation and protection of certain species. The analysis of fish diet based on analysis of digestive tract content is a standard practice. A detailed analysis of fish diet contributes to the understanding of trophic interactions in aquatic ecosystems and food chains of aquatic organisms. Also, fish diet is the integration of very important ecological components that include behavior, fitness, habitat characteristics, energy consumption, interspecies and intraspecies relationships.

Predation is one of the major interactions in animal populations. In case it occurs in aquatic ecosystems, among the fish populations, it affects the functionality of the whole ecosystem. Predation by piscivorous fish can drastically reduce the density and biomass of planktivorous fish, especially juvenile specimens, as well as adult specimens that are smaller in size. Predatory fish are at the end of the food chain and play a key role in the structure of populations of species at lower trophic levels. Excessive development of phytoplankton is a highly undesirable symptom of eutrophication, therefore, ecologists maintain that predatory fish, by their life processes, can reduce the effect of planktivorous fish on zooplankton and thus reduce some of the symptoms of eutrophication.

The research for the needs of this doctoral dissertation was conducted during years 2011. and 2012., and a part of the samples was collected during fieldworks in 2017. The feeding of adult specimens of four species of predatory fish was analyzed, including the pikeperch, Eurasian perch, pike and European catfish, as well as the juvenile specimens of the Eurasian perch, roach and bleak, collected from six reservoirs in Serbia: Bovan, Gruža, Šumarice, Vrutci, Vlasina and Gazivode. For the analysis of fish diet, techniques of qualitative and quantitative methods were used, and food indices were computed: The Index of Relative Importance, Prominence Value and Schoener's diet overlap index.

The aims of this study were: Researching the diet of four species of predatory fish (pikeperch, Eurasian perch, pike and European catfish) that coexist in the investigated reservoirs; Researching the diet of juvenile fish (piscivorous and planktivorous), as

significant links in the food chain of the studied ecosystems; Researching of interspecies and intraspecies competition in the nutrition of investigated species, i.e. determining the degree of overlapping of feeding habits (overlapping of trophic niches); Assessment of the impact of predatory fish species on young-of-the-year fish; Determining the percentage ratio of the predatory - other fish in ichthyocenoses in the investigated reservoirs; Conducting of new research to determine which piscivorous fish influence the ecological stability of reservoirs (the concept of trophic cascade) through their life processes.

Primary prey to juvenile species is zooplankton, bleak is obligatory planktivorous, roach is planktivorous and bentivorous, while the juvenile Eurasian perch is planktivorous, bentivorous and piscivorous. The most dominant preys of the juvenile Eurasian perch are copepods and cladocera, but in different proportions. It is also noticed that the Eurasian perch at the age of 0+ feed on fish. Juvenile specimens of roach were present in the nets catchment on all six accumulations covered by this study. The prey that was most commonly present in the digestive tract of these individuals are the Cladocera (*Daphnia* sp. and *Bosmina* sp), while on the Bovan reservoir there are also copepods. The exception are the individuals sampled from the Šumarice and Gazivode reservoir, which most frequent feed on algae. Bleak most often as a prey choose cladocera, *Daphnia* sp. and *Bosmina* sp., but to varying degrees.

Pikeperch, as the most abundant predator in the research, in diet use almost exclusively fish. Bleak is the prey, which is distinguished as the most dominant, and besides it, pikeperch are most often fed by the roach and Eurasian perch. The Eurasian perch on all reservoirs in the diet use the bleak, and along with it, it is often fed on roach and the specimens of their own species. Eurasian perch is the only species in the research in whose populations is noticed the phenomenon of cannibalism. Pike is the least numerous species in this study present on two reservoirs, Bovan and Šumarice. The diet of this predator is least varied and makes it exclusively fish, most often roach and Eurasian perch. European catfish was present on all researched reservoirs, except on Šumarice and Gazivode reservoirs. Only on the Vrutci reservoir the most dominant prey was a prussian carp, while all other specimens of European catfish had Eurasian perch as dominant prey. Eurasian perch were present in every analyzed sample of the intestinal tract of the European catfish on the Bovan, Gruža and Vlasina reservoirs.

Садржај

1. Увод.....	1
1.1 Предаторство у рибљим заједницама	4
1.2 Хипотеза трофичких каскада.....	6
1.3 Преглед досадашњих истраживања	9
2. Циљеви истраживања	12
3. Материјал и методе.....	14
3.1 Врсте риба обухваћених истраживањем.....	15
3.1.1 <i>Sander lucioperca</i> , Linnaeus 1758.....	15
3.1.2 <i>Perca fluviatilis</i> , Linnaeus 1758	16
3.1.3 <i>Esox lucius</i> , Linnaeus 1758.....	16
3.1.4 <i>Silurus glanis</i> , Linnaeus 1758.....	17
3.2 Карактеристике подручја истраживања.....	19
3.2.1 Акумулација Бован	19
3.2.2 Акумулација Гружа	19
3.2.3 Акумулација Шумарице	20
3.2.4 Акумулација Врутци.....	21
3.2.5 Акумулација Власина	21
3.2.6 Акумулација Газиводе.....	22
3.3 Методе и период прикупљања узорака.....	24
3.4 Квантитативна и квалитативна метода анализе исхране	27
3.4.1 Нумеричка метода.....	27
3.4.2 Гравиметријска метода.....	28
3.4.3 Индекси анализе исхране	29
3.5 Статистичка обрада података	31
3.5.1 Самоорганизујуће мапе	31
3.5.2 Мултиваријантни тестови	33
4. Резултати.....	35
4.1 Састав ихтиофауне истраживаних акумулација	36
4.2 Тотална дужина и маса риба.....	42
4.3 Квалитативни и квантитативни састав садржаја цревног тракта	43
4.3.1 Акумулација Бован	43
4.3.1.1 Исхрана јувенилних јединки.....	43
4.3.1.2 Исхрана адултних јединки	45
4.3.2 Акумулација Гружа	48

4.3.2.1 Исхрана јувенилних јединки.....	49
4.3.2.2 Исхрана адултних јединки	50
4.3.3 Акумулација Шумарице.....	53
4.3.3.1 Исхрана јувенилних јединки.....	53
4.3.3.2 Исхрана адултних јединки	55
4.3.4 Акумулација Врутци.....	57
4.3.4.1 Исхрана јувенилних јединки.....	57
4.3.4.2 Исхрана адултних јединки	59
4.3.5 Акумулација Власина	61
4.3.5.1 Исхрана јувенилних јединки.....	61
4.3.5.2 Исхрана адултних јединки	63
4.3.6 Акумулација Газиводе.....	64
4.3.6.1 Исхрана јувенилних јединки.....	64
4.3.6.2 Исхрана адултних јединки	66
4.4 Резултати статистичких анализа.....	68
4.4.1 Исхрана риба приказана кроз самоорганизујуће мапе и IndVal анализу.....	68
4.4.1.1 Исхрана јувенилних јединки гргеча.....	68
4.4.1.2 Исхрана јувенилних јединки бодорке	72
4.4.1.3 Исхрана јувенилних јединки уклије.....	76
4.4.1.4 Исхрана адултних јединки смуђа	78
4.4.1.5 Исхрана адултних јединки гргеча	80
4.4.1.6 Исхрана адултних јединки штуче.....	82
4.4.1.7 Исхрана адултних јединки сома	84
4.4.2 NMDS анализа.....	86
5. Дискусија	89
6. Закључци.....	107
7. Литература.....	112

Листа табела

Табела 1. Процентуална заступљеност (%) бројности рибљих врста у изловима у истраживаним акумулацијама	37
Табела 2. Процентуална заступљеност (%) биомасе рибљих врста у изловима у истраживаним акумулацијама	39
Табела 3. Процентуална процена бројности и биомасе грабљивих и осталих риба у истраживаним акумулацијама	41
Табела 4. Маса (g) и тотална дужина (cm) анализираних врста риба, изражене као средња вредност ± стандардна девијација.....	42
Табела 5. Састав исхране јувенилних јединки гргеча и бодорке	44
Табела 6. Индекс преклапања хранидбених навика међу анализираним врстама	45
Табела 7. Састав исхране адултних јединки смуђа, гргеча, штуре и сома.....	47
Табела 8. Индекс преклапања хранидбених навика међу анализираним врстама	48
Табела 9. Састав исхране јувенилних јединки гргеча, бодорке и уклије.	49
Табела 10. Индекс преклапања хранидбених навика међу анализираним врстама.....	50
Табела 11. Састав исхране адултних јединки смуђа, гргеча и сома.	52
Табела 12. Индекс преклапања хранидбених навика међу анализираним врстама	53
Табела 13. Састав исхране јувенилних јединки гргеча и бодорке.	54
Табела 14. Индекс преклапања хранидбених навика међу анализираним врстама	55
Табела 15. Састав исхране адултних јединки смуђа, гргеча и штуре.....	56
Табела 16. Индекс преклапања хранидбених навика међу анализираним врстама	57
Табела 17. Састав исхране јувенилних јединки гргеча и бодорке	58
Табела 18. Индекс преклапања хранидбених навика међу анализираним врстама	59
Табела 19. Састав исхране адултних јединки гргеча и сома	60
Табела 20. Индекс преклапања хранидбених навика међу анализираним врстама	60
Табела 21. Састав исхране јувенилних јединки гргеча и бодорка	62
Табела 22. Индекс преклапања хранидбених навика међу анализираним врстама	62
Табела 23. Састав исхране адултних јединки гргеча и сома	63
Табела 24. Индекс преклапања хранидбених навика међу анализираним врстама	64
Табела 25. Састав исхране јувенилних јединки бодорке и уклије	65
Табела 26. Индекс преклапања хранидбених навика међу анализираним врстама	65
Табела 27. Састав исхране адултних јединки смуђа и гргеча	67
Табела 28. Индекс преклапања хранидбених навика међу анализираним врстама	67

Табела 29. Вредности IndVal индекса за сваку од категорија плена која се издвојила као сигнификантна ($p < 0,05$). Плен који је написан подебљаним словима представља индикаторе сваке групе са IndVal вредношћу већом од 25%. Остали пленови су статистички значајни, али са IndVal вредношћу мањом од 25%.	70
Табела 30. Вредности IndVal индекса за сваку од категорија плена која се издвојила као сигнификантна ($p < 0,05$). Плен који је написан подебљаним словима представља индикаторе сваке групе са IndVal вредношћу већом од 25%. Остали пленови су статистички значајни, али са IndVal вредношћу мањом од 25%.	74
Табела 31. Вредности IndVal индекса за сваку од категорија плена која се издвојила као сигнификантна ($p < 0,05$). Плен који је написан подебљаним словима представља индикаторе сваке групе са IndVal вредношћу већом од 25%. Остали пленови су статистички значајни, али са IndVal вредношћу мањом од 25%.	77
Табела 32. Вредности IndVal индекса за категорију плена која се издвојила као сигнификантна ($p < 0,05$). Плен који је написан подебљаним словима представља индикаторе сваке групе са IndVal вредношћу већом од 25%.	79
Табела 33. Вредности IndVal индекса за сваку од категорија плена која се издвојила као сигнификантна ($p < 0,05$). Плен који је написан подебљаним словима представља индикаторе сваке групе са IndVal вредношћу већом од 25%. Остали пленови су статистички значајни, али са IndVal вредношћу мањом од 25%.	81
Табела 34. Вредности IndVal индекса за сваку од категорија плена која се издвојила као сигнификантна ($p < 0,05$). Плен који је написан подебљаним словима представља индикаторе сваке групе са IndVal вредношћу већом од 25%.	83
Табела 35. Вредности IndVal индекса за сваку од категорија плена која се издвојила као сигнификантна ($p < 0,05$). Плен који је написан подебљаним словима представља индикаторе сваке групе са IndVal вредношћу већом од 25%.	85

Листа слика

Слика 1. Ланац исхране у воденим екосистемима. На левој страни функционише као систем у три нивоа, а на десној страни, уз претходно додавање писцивора, као систем у четири нивоа. Црвене стрелице означавају контролу потрошача (cc – енг. consumer control), а зелене стрелице контролу ресурса (rc - енг. resource control). Прелазак на систем од четири нивоа одваја фитопланктон од нутријената (Drenner & Hambright, 2002).	7
Слика 2. Хипотеза трофичких каскада (модификовано према Carpenter et al., 1985)	8
Слика 3. Истраживане врсте риба	18
Слика 4. Мапа истраживаних локалитета	23
Слика 5. Теренски рад (фото: М. Раденковић)	25
Слика 6. Бинокуларна лупа, модел Nikon SMZ 800 (фото: М. Раденковић)	26
Слика 7. Основна структура и процес учења самоорганизујуће мапе (горе лево: структура улазних података; горе десно: структура мреже; доле десно: почетна верзија мреже; доле лево: коначна верзија мреже након тренирања података) (преузето из Ha et al., 2015).	32
Слика 8. Цревни трактови 203 јединке јувенилног греча приказаних кроз 72 SOM излазна неурона распоређених у дводимензионалну решетку (8×9). Јединке су представљене скраћеницама које потичу од почетних слова латинског имена врсте и редним бројем јединке, а малом цртом је одвојено велико слово које представља акумулацију из које је јединка узоркована (B - Бован, Gr - Гружа, S - Шумарице, Vr Врутци, Vl - Власина).	69
Слика 9. Дистрибуциони образац 26 категорија плена са SOM регијама. Засенчавање се мења независно за сваку категорију плена.	71
Слика 10. Цревни трактови 200 јединки бодорке приказаних кроз 72 SOM излазна неурона распоређених у дводимензионалну решетку (8×9). Јединке су представљене скраћеницама које потичу од почетних слова латинског имена врсте и редним бројем јединке, а малом цртом је одвојено велико слово које преставља акумулацију из које је јединка узоркована (B - Бован, Gr - Гружа, S - Шумарице, Vr - Врутци, Vl - Власина, Ga - Газиводе).	72
Слика 11. Дистрибуциони образац 18 категорија плена са SOM регијама. Засенчавање се мења независно за сваку категорију плена.	75

Слика 12. Цревни трактови 71 јединке уклије приказаних кроз 42 СОМ излазна неурона распоређених у дводимензионалну решетку (6×7). Јединке су представљене скраћеницама које потичу од почетних слова латинског имена врсте и редним бројем јединке, а малом цртом је одвојено велико слово које представља акумулацију из које је јединка узоркована (Gr - Гружа, Ga - Газиводе).	76
Слика 13. Дистрибуциони образац 8 категорија плена са СОМ регијама. Засенчавање се мења независно за сваку категорију плена.	77
Слика 14. Цревни трактови 47 јединки смуђа приказаних кроз 20 СОМ излазних неурона распоређених у дводимензионалну решетку (4×5). Јединке су представљене скраћеницама које потичу од почетних слова латинског имена врсте и редним бројем јединке, а малом цртом је одвојено велико слово које представља акумулацију из које је јединка узоркована (B - Бован, Gr - Гружа, S - Шумарице, Ga - Газиводе).	78
Слика 15. Дистрибуциони образац 10 категорија плена са СОМ регијама. Засенчавање се мења независно за сваку категорију плена.	79
Слика 16. Цревни трактови 43 јединке адулног греча приказаних кроз 20 СОМ излазних неурона распоређених у дводимензионалну решетку (4x5). Јединке су представљене скраћеницама које потичу од почетних слова латинског имена врсте и редним бројем јединке, а малом цртом је одвојено велико слово које представља акумулацију из које је јединка узоркована (B - Бован, Gr - Гружа, S - Шумарице, Vr Врутци, Vl – Власина, Ga - Газиводе).	80
Слика 17. Дистрибуциони образац 9 категорија плена са СОМ регијама. Засенчавање се мења независно за сваку категорију плена.	81
Слика 18. Цревни трактови 13 јединки штуке приказаних кроз 12 СОМ излазних неурона распоређених у дводимензионалну решетку (3×4). Јединке су представљене скраћеницама које потичу од почетних слова латинског имена врсте и редним бројем јединке, а малом цртом је одвојено велико слово које представља акумулацију из које је јединка узоркована (B - Бован, S - Шумарице).	82
Слика 19. Дистрибуциони образац 5 категорија плена са СОМ регијама. Засенчавање се мења независно за сваку категорију плена.	83
Слика 20. Цревни трактови 26 јединки сома приказаних кроз 20 СОМ излазних неурона распоређених у дводимензионалну решетку (4×5). Јединке су представљене скраћеницама које потичу од почетних слова латинског имена врсте и редним бројем	

јединке, а малом цртом је одвојено велико слово које представља акумулацију из које је јединка узоркована (В - Бован, Gr - Гружа, Vr -Врутци, VI – Власина).	84
Слика 21. Дистрибуциони образац 10 категорија плена са СОМ регијама. Засенчавање се мења независно за сваку категорију плена.	85
Слика 22. NMDS приказ сличности у исхрани међу јувенилним јединкама сваке врсте из свих истраживаних акумулација. Ординација је заснована на матрици Bray-Curtis коефицијента сличности изведеног из логаритамски трансформисаних ($\log_{10}[x+1]$) %PV вредности категорије плена. Врсте су означене следећим симболима: греч PF, бодорка RR и уклија AA.....	86
Слика 23. NMDS приказ сличности у исхрани међу јувенилним јединкама сваке врсте из свих истраживаних акумулација. Ординација је заснована на матрици Bray-Curtis коефицијента сличности изведеног из логаритамски трансформисаних ($\log_{10}[x+1]$) %IRI вредности категорије плена. Врсте су означене следећим симболима: смуђ SL, греч PF, штука EL и сом SG.	87

1. Увод

Исхрана и хранидбене навике риба су важне не само за разумевање њихове екологије, већ и улоге коју оне имају у одређеном екосистему (Tripp-Valdez et al., 2012). Трофичке карактеристике зависе од великог броја фактора попут величине и узраста риба, њихове активности, затим величине популација плена и присуства компетиторских врста (Baltanás & Rincón, 1992). Такође, храна се, уз простор, наводи као основни ресурс приликом расподеле ниша међу кичмењацима (Schoener, 1974), а дигестија, уз пливање, као примарна физиолошка активност риба (Nie & Fu, 2017).

Познавање исхране риба је неопходно за утврђивање трофичког статуса екосистема и еколошке нише риба унутар тог екосистема (Wootton, 1990; Brodeur & Pearsy, 1992) и корисно је за разумевање екологије врста у циљу одрживог управљања и развоја мера очувања и заштите одређених врста (La Mesa et al., 2007). Студије о исхрани риба нам омогућују упознавање интерспецијских и интраспецијских реакција у датом окружењу, чиме се значајно доприноси разумевању функционисања проучаваног екосистема (Horbowy, 1996; Morte et al., 2001). Исто тако, информације о исхрани риба, колики је утрошак хране, присуство канибализма, као и да ли постоји сегрегација (раздвајање) станишта су неопходне да би се разумела њихова улога у трофичком ланцу у датом простору и времену (Gerkin, 1994; Gümüş et al., 2002).

Током онтогенетског развића рибе пролазе кроз различите фазе исхране. Онтогенетске промене су на специјском нивоу веома значајне, јер условљавају промене начина исхране и смањују интраспецијску конкуренцију између адулtnих и јувенилних јединки (Specziár & Erős, 2014). Онтогенетски прелазак са исхране планктоном на исхрану бентосом код јувенилних примерака је уобичајена појава. Време дешавања ове смене зависи не само од димензија рибе, већ и од бројности расположивог плена, јачине интерспецијске и интраспецијске конкуренције и присуства предатора (Frankiewicz & Woytal-Frankiewicz, 2012).

Свака рибља врста има сопствени метод детекције и улова плена (Westneat, 2001), али према начину на који долазе до хране рибе грубо могу да се поделе на две основне групе: грабљиве (писциворне) које се доминантно хране рибама и врсте које се не хране рибама. Рибе грабљивице активно лове и конзумирају друге врсте риба, док је главна карактеристика исхране риба које нису грабљивице да конзумирају

друге категорије плена (планктон, водене биљке, фауну дна и друге организме). У зависности од доминантне компоненте хране, међу рибама које не конзумирају рибу, разликују се хербивори, омнивори, планктивори, бентивори и инсективори (Muto et al., 2001). Keast (1985) је проучавајући писциворне рибе исте разврстао у две групе – примарне и секундарне писциворе. Примарни или писциворни специјалисти рибом почињу да се хране у првим месецима живота, док секундарни постају писциворни доста касније.

Анализа исхране риба и других животиња заснована на анализи садржаја дигестивног тракта представља стандардну праксу (Hynes, 1950; Hyslop, 1980). Садржај желуца пружа значајан увид у „обрасце” исхране риба и квантитативну процену хранидбених навика риба, које су важан аспект у управљању риболовним водама. Детаљна анализа исхране риба доприноси разумевању трофичких интеракција у воденим екосистемима и ланцима исхране водених организама. Исхрана риба представља интеграцију веома важних еколошких компоненти које укључују понашање, кондицију, особине станишта, потрошњу енергије, интер- и интраспецијске односе. Анализа исхране може да буде спроведена како би се одредио најфреквентнији плен за дату врсту или да се утврди релативни значај различитих типова хране на исхрану риба (Zacharia & Abdurahiman, 2004).

Идентификација плена доста зависи од тога до ког је ступња процес варења стигао. У случајевима када је плен у великој мери сварен, идентификација се врши помоћу остатака организама, при чему се анализирају делови тела који носе детерминистичке особине. На пример, у случају инсеката или амфиподних рачића, могу да се користе ножице, главени и абдоминални део, задњи део тела, односно делови покривени хитинском опном, који остају дуже очувани, јер хитин је отпорнији на ензиме варења од меких делова тела. У случају предаторства над другим врстама риба, плен се може идентификовати на основу ждрелних зуба (ципринидне врсте), кичменице риба, крљушти и положаја уста и очију риба, при чему се користе идентификациони кључеви и искуство са терена.

При сакупљању рибљег материјала за анализу исхране, могу да се користе и процедуре успоравања и заустављања варења. Наиме, након жртвовања рибе процес варења се наставља извесно време, што доприноси даљој разградњи плена и потенцијалном губитку идентификационих карактера. Стога се, поготово код већих

примерака, пре дисекције у дигестивни систем убризгава формалдехид, који помаже да се структура плена очува.

Такође, постоје и анализе којима је могуће утврдити састав бактеријске флоре цревног тракта риба и то комбинацијом различитих молекуларних приступа. Састав бактеријске заједнице цревног тракта може да се процени изолацијом ДНК (дезоксирибонуклеинска киселина) из сваког сегмената цревног тракта (Navarrete et al., 2009). Кључни аспект ових резултата је специфичност одговора домаћина на ниво експресије гена, који зависи од бактеријског састава цревног тракта (Rawls et al., 2004). Бактеријски састав се одређује анализом ампликона¹ рибозомалне ДНК коришћењем гел електрофорезе за временски температурни градијент (TTGE - *енг. temporal temperature gradient gel electrophoresis*), а затим клонирањем и секвенционирањем главних ампликона. Изолована ДНК је умножена коришћењем специфичних прајмера бактеријских домена рибозомалне ДНК ланчаном реакцијом полимеразе. Битно је нагласити да пре него што се приступи процедури у лабораторији потребно је узорке држати на леду (Navarrete et al., 2009).

У новије време примењују се и мање „агресивне” методе, при којима се јединка чија се исхрана анализира не жртвује, већ се садржај, пре свега желуца (где је плен и најочуванији) извлачи вакуум пумпом, под дејством потпритиска (вакуума), уз помоћ црева (најчешће од мекане гуме, како се не би озледила риба) и гуменог наставка којим се прави потпритисак. Описана процедура тешко је примењива код мањих примерака риба и риба које поседују ждрелне зубе, као и оних које конзумирају крупан плен. Недостатак поступка је што захтева значајно време на терену (Hartleb & Moring, 1995).

1.1 Предаторство у рибљим заједницама

Предаторство је значајна и општеприсутна селекциона сила (Brown et al., 2004) и један је од главних међусобних утицаја у животињским популацијама. У случају да се појави у воденим екосистемама, међу рибљим популацијама, утиче на функционалност целог екосистема (Wootton, 1990). Када лове предатори користе различите стратегије. Грубо могу да се поделе на пасивне (*енг. „sit and wait”*) и

¹ У молекуларној биологији ампликон је део ДНК или РНК који је извор и/или производ амплификације или репликације.

активне ловце (Pianka, 1966; Schoener, 1969, 1971; Huey & Pianka, 1981). Добра покретљивост рибама омогућује брзо кретање између литоралних и пелагијалних зона са циљем што бољег искоришћења природних прехранбених ресурса (Zeng et al., 2017). Предаторство од стране грабљивих риба може драстично да редукује густину и биомасу планктиворних риба, нарочито јувенилних примерака, као и одраслих примерака који су мањих димензија (Drenner & Hambright, 2002). Често представља главни узрок смањења бројности популација планктиворних врста у великом броју слатководних екосистема.

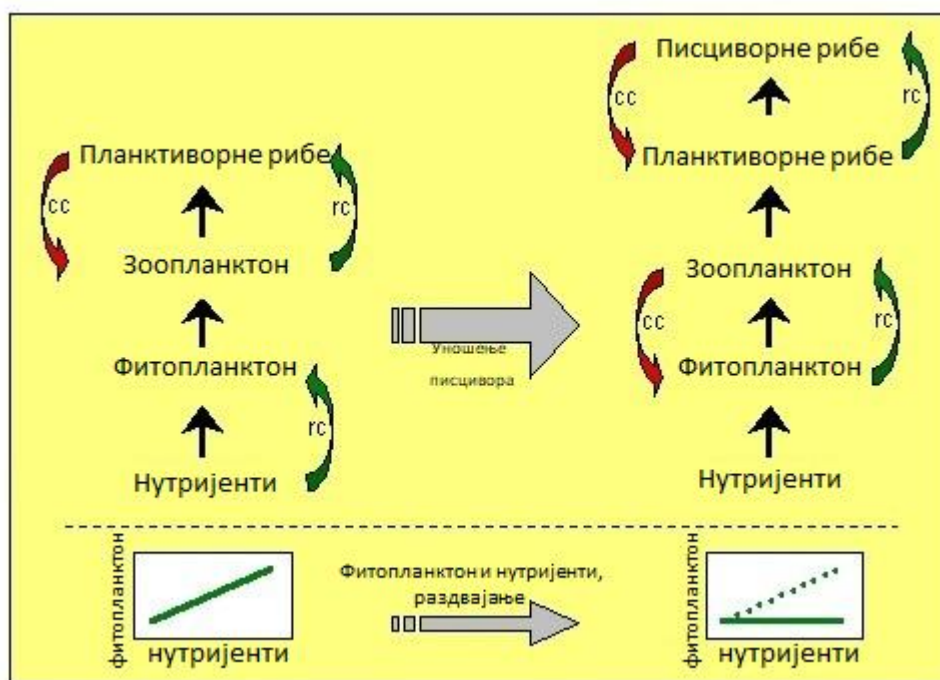
Однос предатора и плена је тешко директно анализирати у воденим екосистемама (Brodeur et al., 2017). Директни утицаји подразумевају негативне ефекте на густину, величину и структуру популације плена, док се индиректни одражавају на стопу раста плена, преживљавање и плодност кроз промене у понашању повезаних са храном, избегавањем предатора или репродукцијом. Стога животни век појединачних предатора и њиховог плена зависи од карактеристика њихових противника. Закључује се да стратегије предатора и са друге стране „антипредатор” стратегије могу да имају различите утицаје на динамику неке популације (Nilsson & Brönmark, 2000). Интеракцијама између предатора и плена започињу флукуације у динамици популације, што заузврат ствара просторне и временске варијације и олакшава коегзистенцију врста (Huisman & Weissing, 1999; Lundberg et al., 2000; Vandermeer et al., 2002). Водени екосистеми са ниским и средњим квалитетом воде садрже мали број предаторских врста риба. Постојање одрживих популација писцивора у воденом екосистему индукује здраву, у трофичком смислу разноврсну заједницу (Niemela & Feist, 2000).

Грабљиве рибе се налазе на крају ланца исхране у многим воденим срединама, тако да имају кључну улогу у структурирању популација врста на нижим трофичким нивоима. Такође могу да имају индиректне утицаје на примарну продукцију смањењем популација зоопланктиворних риба. Појава може да има велики еколошки значај, пошто повећање примарне продукције планктонских алги, и делимично виших биљака, представља најочигледнији симптом појачаног интензитета еутрофизације копнених вода (Taylor, 1984; Menge & Sutherland, 1987; Lathrop et al., 2002).

1.2 Хипотеза трофичких каскада

Еутрофизација резултује секундарним променама на вишим трофичким нивоима и повећањем укупне продукције воденог екосистема. Настаје као одговор на повећане количине доступних нутријената. Представља велики и све присутнији проблем деструкције водене животне средине зато што деградира хемијски квалитет воде, мења структуру хидробиоценоза и смањује употребну вредност воде (Simić & Simić, 2012). Настаје у акватичним екосистемима као одговор на презасићеност нутријентима, првенствено фосфором и азотом. Може настати под природним, али најчешће настаје под условима које је створио човек (антропогеним условима) (Vollenweider, 1968; Edmondson, 1969; Smith, 1990). Резултат тога је пораст укупне органске продукције у великом броју језера, акумулација, споротекућих река и одређених приобалних вода, која узрокује различите последице попут масовног развића фитопланктона (цветање алги), појачаног раста макрофита, деоксигенације и у неким случајевима појаве непријатног мириса. Последице еутрофизације испољавају негативан утицај на већину виталних употреба воде, као што су водоснабдевање, рекреација, рибарство (комерцијално и рекреативно) или на сам изглед екосистема. Поред тога, опада бројност многих врста риба, посебно салмонидних врста, које бивају замењене крупнијим рибама (најчешће ципринидним) што смањује економску вредност читавих екосистема (Winfield, 2004; Simić & Simić, 2012).

Како је прекомеран развој фитопланктона јако непожељан симптом еутрофизације, еколози тврде да писциворне рибе, својим животним процесима, могу да смање ефекат планктиворних риба на зоопланктон и тиме ублаже неке од симптома еутрофизације. Ово укључује промену структуре заједнице риба тако што се смањује бројност јединки врста које се хране зоопланктоном док се повећава бројност грабљивица. На тај начин се притисак планктиворних риба на зоопланктон смањује, тако да сада раст фитопланктона контролишу филтраторске врсте зоопланктона и такви екосистеми ће имати нижу примарну продукцију (Слика 1) (Willemsen, 1977; Drenner & Hambright, 2002).

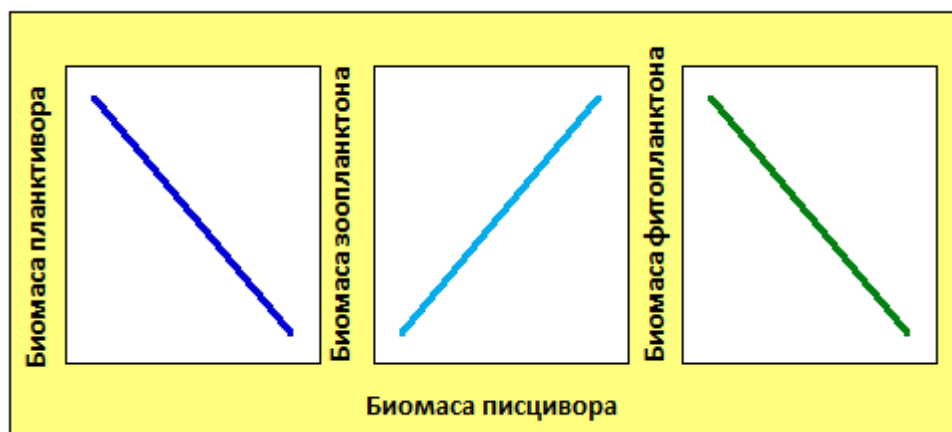


Слика 1. Ланац исхране у воденим екосистемима. На левој страни функционише као систем у три нивоа, а на десној страни, уз претходно додавање писцивора, као систем у четири нивоа. Црвене стрелице означавају контролу потрошача (cc – *eng. consumer control*), а зелене стрелице контролу ресурса (rc – *eng. resource control*). Прелазак на систем од четири нивоа одваја фитопланктон од нутријената (Drenner & Hambright, 2002).

Најбоља решења би требало да комбинују редукцију уноса нутријената, узастопне редукције бројности бентиворних и планктиворних, као и повећање бројности писциворних риба. Овакав став је широко прихваћен у екологији након објаве следећа два научна рада (Drenner & Hambright, 2002):

- Carpenter, S.R., Kitchell, J.F. & Hodgson, J.R. 1985. Cascading trophic interactions and lake productivity. *BioScience* 35, 634 – 639.
- Carpenter, S.R. & Kitchell, J.F. 1988. Consumer control of lake productivity. *BioScience* 38, 764 – 769.

Овај концепт се назива „концепт интеракција трофичких каскада” (*eng. concept of cascading trophic interactions*) или „хипотеза трофичких каскада” (*eng. trophic cascade hypothesis*). Трофичка каскада (Слика 2) је постала веома важна парадигма у екологији.



Слика 2. Хипотеза трофичких каскада (модификовано према Carpenter et al., 1985)

Хипотеза предвиђа да повећање биомасе писцивора доводи до смањења биомасе планктиворних врста, повећања биомасе зоопланктона и смањења биомасе фитопланктона, како и показују аутори студије Carpenter et al. (1985) и Carpenter & Kitchell (1988).

Структура рибље заједнице може да има велики утицај на заједнице на нижим трофичким нивоима кроз „top-down” и „bottom-up” процесе (Brönmark & Weisner, 1992; Scheffer 1998; Jeppesen et al. 2000). Биомаса на било ком трофичком ступњу може да буде контролисана са врха ланца исхране и то је такозвана „top-down” контрола или контрола од стране конзументата. Исто тако, конзументи на вишим трофичким нивоима су зависни од продуцената на нижим трофичким нивоима, који им представљају ресурсе хране и тај систем се назива „bottom-up” или контрола од стране продуцената (McQueen et al., 1986). Закључак је да се структура сваког трофичког нивоа сматра последицом количине енергије коју су произвели и трансформисали продуценти, односно да је сваки трофички ниво директно завистан од претходног нивоа као извора енергије (Drenner & Hambright, 2002).

Могућност реструктурирања биолошке заједнице језера као директног приступа борби против еутрофизације први пут спомињу Shapiro et al. (1975), када су предложили метод биоманипулације. Биоманипулација је техника рестаурације, која се заснива на примени „top-down” система у ланцима исхране (Scharf, 2007), тј. она представља фаворизовање одређених водених организама, биљака или животиња, које својим животним процесима могу да ублаже или редукују симптоме еутрофизације. Када се говори о биоманипулацији животињама, најчешће се у

пракси спроводе активности на повећању густине и биомасе писциворних риба са циљем смањења биомасе и густине планктиворних риба.

1.3 Преглед досадашњих истраживања

Рибе чине више од половине свих врста кичмењака, са приближно 32000 врста, које насељавају скоро сва водена станишта широм света (Braga et al., 2012). Припадају нектонским организмима и добри су индикатори различитих облика загађења, јер прве на њега реагују. Битни су чланови трофичких ланаца, који почињу са протозоама и бескичмењацима, а завршавају се човеком. Због тога су рибе организми који представљају основне објекте хидробиолошких истраживања.

У биологији анализа исхране риба користи се већ деценијама за потребе различитих студија (Manoel & Azevedo-Santos, 2018). Овој тематици светска научна јавност посвећује велику пажњу и исхрана риба се посматра и проучава зарад различитих циљева. Уско је повезана са динамиком популације и доприноси разумевању начина расподеле ресурса, наклоности према одређеном типу станишта, одабиру плена, предаторства, еволуције, конкуренције и трофичког статуса водених екосистема (Braga et al., 2012). Ове информације имају велики значај у доношењу стратегија очувања како врста тако и читавих екосистема. Такође, информације о исхрани риба су значајне за управљање воденим екосистемама, због спровођења мера биоманипулације. Исто тако, бројни су научни радови у којима је анализирана исхрана риба које насељавају различите географске регионе, припадају различитим фамилијама, разликују се степеном угрожености и степеном заштите, затим космополитских, ендемичних, реликтних и других врста, које имају одређен еколошки или економски значај.

Морфолошке карактеристике усног апарата и дигестивног тракта су важни параметри за разумевање исхране и уско су повезани са селекцијом плена. Велики број аутора анализира ову проблематику, а неки од њих су: Motta, 1988; Douglas & Matthews, 1992; Motta et al., 1995; Labropoulou & Eleftheriou, 1997; Hugueny & Pouilly, 1999; Nilsson & Brönmark, 2000; Magnhagen & Heibo, 2001; Pouilly et al., 2003; Nannini & Belk, 2006.

Како би се добио потпуни увид у исхрану појединих врста риба потребно је обухватити дневни и сезонски састав исхране, јер познато је да се рибе различито хране у различитим сезонама, али и у различитим периодима дана. Неке од публикација које проучавају исхрану са овог аспекта су: Abée-Lund & Vøllestad, 1987; Jamet et al., 1990; Politou et al., 1993; Horppila, 1999; Horppila et al., 2000; Haertel & Eckmann, 2002; Specziár, 2002; Okun et al., 2005; Costalago et al., 2014.

Да би се нека рибља популација задржала на одређеном подручју, расположива храна им је од есенцијалне важности, па је потребно да се установи и међусобна конкуренција риба које живе на истом подручју у односу на доступан плен. Неки од аутора који су у својим научним радовима писали на ову тему су: Persson & Greenberg, 1990; Little et al., 1998; Specziár et al., 1998; Lorenzoni et al., 2002; Kahl & Radke, 2006; Schulze et al., 2012; Olson et al., 2016; López et al., 2016; Hossain et al., 2017.

Koed et al. (2006), Sallami et al. (2014) и Moreno-Sánchez et al. (2015) проучавају исхрану у зависности од пола и старости риба, а Brabrand & Faafeng (1993) и Ordines et al. (2012) исхрану и преференције риба према одређеном типу станишта.

Познато је да рибе током онтогенетског развоја пролазе кроз неколико фаза у исхрани, почевши од исхране планктоном (фитопланктоном и зоопланктоном), макробескичмењацима, макрофитама, а грабљиве рибе и на исхрану рибама (Mittelbach et al., 1988; Labropoulou et al., 1997; Amundsen et al., 2003; Kahilainen & Lehtonen, 2003; Specziár, 2005; Ginter et al., 2011).

Канибализам је појава која се углавном среће када је неко станиште пренасељено одређеном врстом. Честа је појава канибализма у популацијама грабљивих риба у природним екосистемима, али и у аквакултури (Smith & Reay, 1991; Persson et al., 2000a; Svenning & Borgstrøm, 2005; Lappalainen et al., 2006; Venturelli & Tonn, 2006; Berg et al., 2010; Yağci et al., 2014; Król et al., 2015; Pereira et al., 2017).

Биоманипулација, односно фаворизовање риба (најчешће грабљивих) које својим животним процесима, првенствено исхраном, могу да побољшају трофички статус воденог екосистема, је врло популарна тема и предмет је студија многих

аутора међу којима су следећи: Hosper, 1989; Mancinelli et al., 2002; Wysujack & Mehner, 2005; Boll et al., 2012; Syväranta et al., 2011; Bowszys et al., 2012; Zapletal et al., 2014; Triest et al., 2016; Brucet et al., 2017; Zhang et al., 2017.

Први подаци о истраживању исхране риба у Србији датирају од средине XX века када Ђорђевић (1961) публикује докторску дисертацију на тему екологије и развића дунавског смуђа (*Lucioperca lucioperca* L.). Након више од деценије касније научни рад на тему исхране риба објављују Filipović & Janković (1978), следе Janković (1983), Veljović (1985), Pujin et al. (1985), Pujin & Maletin (1986), Budakov (1986, 1988), нешто касније и Maletin et al. (1990), Budakov (1993), Крпо (1993), Lenhardt et al. (1996) и Sekulić et al. (1998). Истраживања се настављају и следе публикације: Simonović et al. (2001), Marković et al. (2003), Marković et al. (2009), Крпо-Ћетковић et al. (2010), Pavlović et al. (2013), Méró (2014), Pavlović et al. (2015) и Egerić et al. (2015).

Наведена истраживања се не односе само на једну рибљу врсту или једну фамилију, већ је њихова тематика анализа исхране грабљивих и других врста риба, као и њихови међусобни односи. Како су тема ове дисертације грабљиве врсте риба и њихова исхрана, треба поменути да значајан допринос разумевању исхране грабљивих риба на простору Србије даје студија Крпо-Ћетковић (2004), у којој аутор(ка) детаљно износи податке о темпу раста, исхрани и расподели ресурса симпатричких писциворних риба у Дунаву.

2. Циљеви истраживања

Узимајући у обзир претходне наводе, циљеви овог рада су следећи:

- Истражити исхрану четири врсте грабљивих риба (смуђ, гргеч, штука и сом) које коегзистирају у истраживаним акумулацијама;
- Истражити исхрану јувенилних риба (писциворних и планктиворних), као значајних карика у ланцу исхране проучаваних екосистема;
- Истражити интерспецијску и интраспецијску конкуренцију у исхрани истраживаних врста, односно одредити степен преклапања прехранбених навика (преклапање трофичких ниша);
- Проценити утицај предаторских врста риба на рибљу млађ;
- Одредити процентуални однос грабљиве - остале рибе у ихтиоценозама у истраживаним акумулацијама;
- Утврдити које грабљиве рибе својим животним процесима утичу на еколошку стабилност акумулација (концепт трофичке каскаде).

3. Материјал и методе

3.1 Врсте риба обухваћених истраживањем

Грабљиве врсте риба које су најфреквентније у слатководним екосистемима широм Европе су смуђ *Sander lucioperca* L., гргеч *Perca fluviatilis* L., штука *Esox lucius* L. и сом *Silurus glanis* L. (Kottelat & Freyhof, 2007), и због тога су кључне врсте обухваћене овом студијом.

3.1.1 *Sander lucioperca*, Linnaeus 1758

Смуђ *Sander lucioperca*, Linnaeus 1758 (Слика 3а) припада породици Percidae и аутохтона је риба Дунавског слива и сливова Балтичког и Северног мора, али је успешно интродукован широм Европе. Тело смуђа је издужено, са максималном висином која износи 17-24% дужине тела и жуто-зелено обојено са неправилним тамнијим пругама. Код адултних јединки у вилицама се виде снажни, игласти зуби. Може да нарасте до 1,3 m дужине и достигне тежину до 15 kg (Simonović, 2001). Насељава велике, мутне реке и еутрофна језера, као и бракичне воде и естуаре (Kottelat & Freyhof, 2007). Смуђ је важна риба како у рекреативном, тако и у комерцијалном рибарству. Као и већина писциворних риба, смуђ се током различитих фаза развоја храни специфично за узраст у ком се налази. У најранијим фазама развоја конзумира зоопланктон да би у току прве године живота прешао на исхрану рибом. Прелазак у ову фазу се може одложити уколико су извори хране ограничени и конкуренција изражена (Ginter et al., 2011). Смуђ се храни када је интензитет светлости низак тј. током сумрака и ноћу. Овакав вид лова му омогућује присуство слоја ткива у оку, такозвани *tapetum lucidum*, који изазива додатну осетљивост на светлост и даје предност риби у мутном и слабо осветљеном окружењу (Ali et al., 1977). Храни се на отвореном делу воде, ретко може да се нађе у литоралној зони обраслој вегетацијом (Vehanen & Lahti, 2003).

Смуђ је припадник I категорије квалитета и у Србији је изузетно цењена риба (Simonović, 2001). Статус угрожености је: мала забринутост (енг. Least concern, LC) (IUCN, 2012).

3.1.2 *Perca fluviatilis*, Linnaeus 1758

Гргеч *Perca fluviatilis*, Linnaeus 1758 (Слика 3б), такође припада породици Percidae. Живи у рекама, барама и језерима Евроазије, а залази и у бракичне воде Балтичког мора. У Србији настањује воде слива Дунава и слив Белог Дрима, где је вештачки унет. Тело гргеча је жуто-зелено са вертикалним црним пругама. Трбушна пераја, као и репно и анално су обојени наранџасто до јарко црвено. Може да нарасте до 51 cm дужине и достигне тежину и до 4,75 kg (Simonović, 2001). Гргеч у исхрани пролази кроз три онтогенетске фазе. Јувенилне јединке се активно хране зоопланктоном у пелагичним зонама, да би у каснијим фазама развоја прешли на исхрану бентосним макробескичмењацима и на крају, када нарасту довољно, рибама. Одрасле јединке су врло ефикасни, визуелни предатори који најчешће лове у групама (Persson & Greenberg, 1990).

Гргеч спада у III групу квалитета и цењена је спортско-риболовна врста (Simonović, 2001). Статус угрожености у Србији је LC.

3.1.3 *Esox lucius*, Linnaeus 1758

Штука *Esox lucius*, Linnaeus 1758 (Слика 3в) је грабљива риба из породице Esocidae. Насељава слатке воде северне хемисфере (Crossman, 1996), чак и бракичне воде (Ojaveer et al., 1981). Живи у мирним, споротекућим и стајаћим водама, обраслим густом вегетацијом, међу којом вреба плен, најчешће рибу, којом почиње да се храни при старости од свега неколико месеци. Поред риба конзумира жабе, водене птице и друге организме. Младе јединке су зелене боје, док су адултне тамно зелене до смеђе, са сјајним златним мрљама. Доња вилица има више низова оштрих и крупних зуба, док су на горњој вилици ситнији зуби и гушће распоређени. Зуби се такође налазе и на непчаним костима и вомеру. Штука је позната као риба са највећим почетним убрзањем, визуелни је предатор, активна и дању и ноћу захваљујући сензорним порам латералног система на вентралној страни доње вилице. Нарасте до 1,5 m дужине и достиже тежину до 15 kg (Simonović, 2001).

У привредном риболову је значајна врста, припада II категорији квалитета (Simonović, 2001). Статус угрожености у Србији је LC.

3.1.4 *Silurus glanis*, Linnaeus 1758

Сом *Silurus glanis*, Linnaeus 1758 (Слика 3г) је риба из породице Siluridae која живи у рекама и језерима слива Дунава, Рајне, Дњепра, Дона, Волге и других река Русије и Украјине. Залази и у приобаље Црног и Балтичког мора, јер подноси слабо бочату воду (Simonović, 2001). Тело сома је цилиндрично, није прекривено крљуштима, глава и реп су му плjosнати. На глави има ситне очи и на горњој вилици два дуга брка. Обојеност варира у зависности од станишта, али је углавном тамно сив до црн дуж леђа са мраморним странама (Copp et al., 2009). Постоје забележени подаци о максималној тоталној дужини од чак 5 m и тежини од 306 kg (Berg, 1949). Активан је ноћу, док дању мирује на већим дубинама река и језера, или у склоништима уз стрме обале. У најранијим фазама развоја храни зоопланктоном, а већ током прве године живота при дужини од 5 cm и на исхрану рибом (Copp et al., 2009). Неселективан је предатор који се храни раковима, рибама, водоземцима, воденим птицама и сисарима (Simonović, 2001). Сврстан је међу 20 највећих слатководних врста на свету (Copp et al., 2009).

Веома је значајна рибља врста у привредном и спортском риболову (Simonović, 2001). Статус угрожености у Србији је LC.



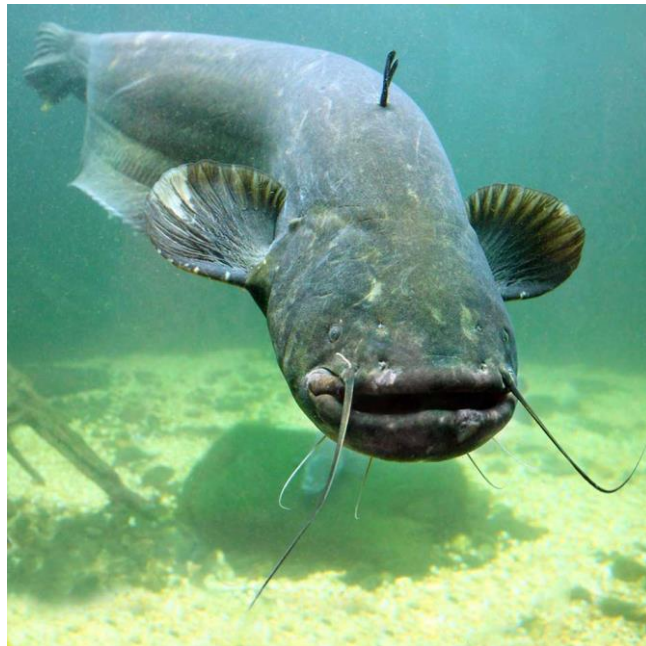
3а. *Sander lucioperca* (<https://commons.wikimedia.org>)



36. *Perca fluviatilis* (<http://fishesofaustralia.net.au>)



3в. *Esox lucius* (<https://www.zoochat.com>)



3г. *Silurus glanis* (<https://pixers.uk>)

Слике 3. Истраживане врсте риба

3.2 Карактеристике подручја истраживања

Акумулације су вештачка језера настала преграђивањем река изградњом брана. Имају велики социо-економски значај који се огледа у водоснабдевању, наводњавању пољопривредних површина, производњи хидроенергије, као и одбрани од поплава и суше (Morán-Tejeda et al., 2012). Неретко служе за спортско-рекреативне активности и друге намене. Рибе чији су цревни трактови анализирани у овом раду су узорковани из шест акумулација у Србији: Бован, Груза, Шумарице, Врутци, Власина и Газиводе (Слика 4). Четири акумулације (Бован, Груза, Врутци и Газиводе) се користе за водоснабдевање околних насеља.

3.2.1 Акумулација Бован

Акумулационо језеро Бован је изграђено 1978. године подизањем бране на реци Сокобањској Моравици у близини Алексинца. Иако првобитна намена акумулације није била водоснабдевање, због великог потенцијала, накнадно је изграђено постројење за пречишћавање воде, тако да акумулација снабдева водом за пиће становништво Алексинца и околине. Има површину од 450 ha, а дугачко је 8 km, а на месту где је најшире, ширина износи 500 m. Максимална дубина акумулације је код бране и износи око 50 m.

Налази се непосредно поред саобраћајнице Алексинац – Соко Бања и у близини викенд насеља Бован и других села, тако да је изложена јаким антропогеним утицајима.

Трофички статус акумулације указује на еутрофан екосистем (Simić et al., 2006).

3.2.2 Акумулација Груза

Акумулација Груза се налази у централној Србији 20 km југоисточно од Крагујевца и настала је изградњом бране на реци Грузи, узводно од села Пајсијевић. Изградња бране започета је 1979. године, а пуњење језера је завршено 1985. године. Груза је вишенаменска акумулација, али њена основна намена је снабдевање Крагујевца, а повремено и Краљева пијаћом водом. Има површину од 934 ha и налази

се на надморској висини од 269 m. Дужина акумулације износи око 10 km (при највишем водостају), а ширина варира од 0,2–1,5 km. Максимална дубина акумулације је код бране, приближно 35 m.

Гружанска акумулација је под великим антропогеним утицајем. Формирањем акумулације је наметнута потреба изградње нове инфраструктуре, тако да је за потребе одржавања саобраћаја изграђен мост на магистралном правцу Крагујевац - Чачак. Такође, пољопривредно земљиште око акумулације се у великом обиму обрађује уз употребу инвазивних агротехничких мера. Представља један од најважнијих и најпосећенијих центара спортског риболова Србије.

Морфометријске карактеристике акумулације, попут релативно мале дубине и мале запремине воде у односу на велику површину, повећано присуство нутријената (фосфата и нитрата) који доспевају са обрадивог земљишта око акумулације, анализе планктонске и бентосне заједнице, као и обрадиво земљиште око акумулације, указују да је акумулација Гружа предодређена да прерасте у еутрофан водени екосистем (Ranković & Simić, 2005; Simić, 2005).

Трофички статус акумулације указује на еутрофан екосистем (Ostoјић et al., 2005a).

3.2.3 Акумулација Шумарице

Шумаричка акумулација се налази на око 5 km удаљености од центра Крагујевца. Изграђена је 1967. године у функцији уређења Спомен парка „21. октобар” у Шумарицама. Површина акумулације је 20 ha, а максимална дубина 14 m. Дужина акумулације износи 1,5 km, а ширина 175 m и налази се на надморској висини од око 200 m.

Током летњих месеци привлачи велики број купача и рекреативних риболоваца.

По степену трофије акумулација Шумарице припада еутрофном воденом екосистему (Ranković et al., 2006). Међутим, истраживања спроведена током 2014. године указују да је акумулација у појединим месецима била и хипереутрофна (Simić et al., 2017).

3.2.4 Акумулација Врутци

Врутци акумулација је настала 1987. године, изградњом бране на реци Ћетињи, 12 km узводно од Ужица, код села Врутци по ком је акумулација и добила име. Њеним формирањем решен је проблем снабдевања становништва Ужица и околине водом за пиће. Акумулација се налази на око 700 m надморске висине, дуга је 8 km и има површину од око 270 ha, са максималном дужином од око 64 m. Примарна улога акумулације јесте водоснабдевање, али она има и заштитну улогу у задржавању поплавног таласа, који настаје након обилних падавина.

Акумулација има изузетан значај у погледу развоја купалишног, рекреативног, излетничког и спортског туризма.

Трофички статус акумулације указује на еутрофан екосистем (Denić et al., 2014).

3.2.5 Акумулација Власина

Акумулација Власина се налази у југоисточној Србији, на територији општине Сурдулица. На месту где се данас налази Власинска акумулација у прошлости се налазила тресава, позната као Власинско блато, са шеваром, трском и само местимичним воденим површинама, из којих је извирала река Власина. Изградња бране трајала је од 1946. до 1949. године. После изградње трећина језера је била под „пловећим острвима”, заправо деловима тресета, који се откинуо са дна новообразованог језера. Данас постоји неколико „пловећих острва”. Власинска акумулација заузима површину од 1600 ha и налази се на надморској висини од око 1211 m. Максимална дубина акумулације је 35 m, док дужина и ширина износе 10,5 и 3,5 km.

Основна намена акумулације је производња електричне енергије, али такође има велики допринос у побољшању туристичке понуде овог дела Србије и често је одредиште љубитеља природе, риболова и спорта на води.

Трофички статус акумулације указује на олиготрофан екосистем (Laušević & Cvijan, 1996).

3.2.6 Акумулација Газиводе

Акумулација Газиводе се налази у горњем току Ибра, у близини насеља Рибариће, са насипном браном у Газиводској Клисури. Настала је 1977. године. Укупна висина бране је 107 m, што је чини једном од највиших у Европи. Површина језера је око 1190 ha, са дужином од 24 km и налази се на надморској висини од 694 m. Језеро прихвата воду из Ибра, Црне и Чечевске реке, али и мањих притока са планина Мокра Гора и Рогозна. Вишенаменска је акумулација, а једна од намена је снабдевање становништва водом за пиће.

Акумулација Газиводе је богата рибљим фондом и велики је број риболоваца који је посећују, а погодна је и за разне видове спорта и рекреације.

Трофички статус акумулације указује на мезотрофан екосистем (Urošević, 1993).



Слика 4. Мапа истраживаних локалитета

3.3 Методе и период прикупљања узорака

Теренска истраживања су обављена у периоду од маја до септембра 2011. и 2012. године, као и током летњих месеци 2017. године, када је вршен излов на акумулацијама Врутци и Газиводе, чиме је комплетирано прикупљање ихтиолошког материјала.

Узорковање риба је спроведено електроагрегатом (литорални појас) и мрежама (пелагијални део) у зависности од карактеристика изабраних локалитета. Електрориболов је техника која се користи искључиво у научно-истраживачке сврхе. Заснива се на примени електричног поља између електрода, које се ствара уз помоћ агрегата са исправљачем или акумулатора са индуктором. Излов рибе је извршен електроагрегатом марке „Aquatech” IG 1300 (2.6 kW, 80-470 V). Такође, коришћене су и стационарне мреже „пливарице” и повлачне мреже различитих дужина, висина и промера окаца зависно од типа водотока у којима се обавља риболов и рибљих врста које се очекују у излову. Након излова, измерене су тотална дужина (TL – *енг. total length*, изражена у cm, тачност $\pm 0,1$ cm) и маса (W – *енг. weight*, изражена у g, тачност $\pm 1,0$ g) и одабране су јединке за даљу анализу (Слика 5).

Након излова и мерења, извршена је дисекција риба и одстрањен им је цревни тракт, који је одмах конзервиран 4% формалдехидом да би се зауставио процес дигестије. Материјал је спакован у кесе, обележен и пренет у лабораторију, где је очишћен, а након тога садржај цревних трактова конзервиран 70% етанолом.



Слике 5: Теренски рад (фото: М. Раденковић)

Даљом анализом је извршено бројање и идентификација садржаја цревног тракта (у даљем тексту плена) под бинокуларном лупом, модел Nikon SMZ800 (Слика 6). У зависности од нивоа остварене дигестије, идентификација плена је обављена до најнижег могућег таксономског ступња.



Слика 6. Бинокуларна лупа, модел Nikon SMZ 800 (фото: М. Раденковић)

3.4 Квантитативна и квалитативна метода анализе исхране

Исхрана риба може да буде анализирана на више начина. Методе анализе цревног садржаја риба грубо могу да се поделе на квалитативне и квантитативне. Квалитативна метода подразумева комплетну идентификацију плена из цревног садржаја. Што се квантитативне методе тиче постоје три типа: нумеричка, волуметријска и гравиметријска метода. Обично се истовремено врше обе анализе, и квалитативна и квантитативна. При томе се најпре измери маса цревног садржаја, а затим исти пренеси у петријеву шољу са водом и анализира под бинокуларном лупом (Zacharia & Abdurahiman, 2004). Поред квалитативне анализе у овом раду биће приказана и квантитативна, и то нумеричка и гравиметријска метода.

3.4.1 Нумеричка метода

Нумеричка метода (Hyslop, 1980) се заснива на бројању конституената цревног садржаја рибе чија се исхрана анализира. Ова метода је прилагођена различитим начинима процене релативне важности одређене хране и може да се подели на следеће индексе:

а) Учесталост појаве (неког плена) (*енг.* Frequency of Occurrence)

Одређује се за сваку категорију плена посебно и за сваку врсту. Број цревних трактова у којима је одређени „i” плен присутан се забележи и изрази као проценат укупног броја цревних трактова који садрже било који плен.

$$\%F.O. = 100F_i / \sum n$$

%F.O. - учесталост појаве „i” плена у узорку,

F_i - број цревних трактова са „i” пленом,

n – укупан број цревних трактова који садрже било коју категорију плена.

б) Проценат (укупног) броја (јединки плена) (енг. Percent by Number)

Изражава се као укупан број појединачног „i” плена кроз укупан број свих идентификованих категорија плена.

$$\%N = 100N_i / \sum n$$

%N - проценат укупног броја „i” плена,

N_i - укупан број „i” плена,

n - укупан број свих категорија плена.

в) Индекс празноће (вакуитета) (енг. Vacuity Index)

Неминовност је да се приликом анализе уоче и празни желуци и тада се рачуна Индекс празноће, који представља количник броја празних цревних трактова и укупног броја прегледаних цревних трактова помножен са 100.

3.4.2 Гравиметријска метода

Гравиметријска метода (Hyslop, 1980) се састоји од процене тежине сваког од конституената цревног садржаја. Изражава се као проценат његове тежине у односу на тежину укупног садржаја цревних трактова, слично другим квантитативним методама. Образац је:

$$\%W = 100W_i / \sum n$$

%W - проценат укупне тежине „i” плена,

W_i - укупна тежина „i” плена,

n - укупна тежина садржаја свих цревних трактова.

3.4.3 Индекси анализе исхране

Постоје и различити индекси анализе исхране који су различитог степена сложености. У овом раду је примењен Индекс релативне важности (IRI - *енг. Index of Relative Importance*), који се убраја у сложене индексе.

Индекс релативне важности (Pinkas et al., 1971) је интеграција мерења броја, обима и учесталости појаве одређене хране, како би се израчунао однос конституената пронађених у цревном тракту риба. Изражава се за сваки плен посебно. Израчунава се сабирањем нумеричке и волуметријске процентуалне вредности, након чега се добијене вредности множе са процентуалном вредношћу учесталости појаве одређене хране, на следећи начин:

$$IRI = (\%N_i + \%W_i) \times \%FO_i$$

IRI – Индекс релативне важности,

N_i , W_i , FO_i – нумеричка, волуметријска процентуална вредност и процентуална вредност учесталости појаве „ i ” хране.

Ради лакшег тумачења добијених резултата, IRI може да се за сваки конституент изрази процентуално и тада образац, према Cortés (1997), изгледа:

$$\%IRI = \frac{IRI_i}{\sum IRI} \times 100$$

Индекс релативне важности је немогуће израчунати у случају када је тешко применити гравиметријски метод и измерити тежину конституената цревног тракта (нпр. код јувенилних примерака риба). Зато се често у анализи исхране риба користи **Индекс значајности** (PV – *енг. Prominence Value*) (Hickley et al., 1994; Lorenzoni et al., 2002). Исхрана јувенилних риба, као карика у ланцу исхране, у овом раду је приказана кроз овај индекс. Формула индекса је:

$$PV = \%N\sqrt{\%FO}$$

$$\%PV = (PV/\Sigma PV) \times 100.$$

Идентификација зоопланктона у садржају цревних трактова јувенилних јединки извршена је помоћу кључа за идентификацију по Ostoјићу (2013).

Да би се установило да ли се и у којој мери хранидбене навике истраживаних врста преклапају користи се **Индекс преклапања хранидбених навика** (енг. Schoener's niche overlap index) (Schoener, 1970). Вредност овог индекса варира од 0 (нема преклапања у исхрани) до 1 (потпуно преклапање у исхрани). Вредност 0,8 и већа означава да врсте имају врло сличну исхрану, док је вредност 0,6 и већа сигнификантна и указује на међусобну компетицију уколико је расположивост хране лимитирана (Krebs, 1999; Lorenzoni et al., 2002; Encina et al., 2004). Рачуна се на следећи начин:

$$\alpha = 1 - 0.5 \left(\sum_{i=1}^n |PV_{xi} - PV_{yi}| \right)$$

где је:

n – број различитих категорија плена,

PV_{xi} – индекс значајности категорије плена *i* у врсти *x*,

PV_{yi} - индекс значајности категорије плена *i* у врсти *y*.

Овај образац може да има и другачију форму. Индекс значајности се замени Индексом релативне важности, и тада се рачуна по следећој формули:

$$\alpha = 1 - 0.5 \left(\sum_{i=1}^n |IRI_{xi} - IRI_{yi}| \right)$$

3.5 Статистичка обрада података

Средње вредности и стандардне девијације тоталне дужине и масе риба одређене су за сваку анализирану врсту. Прорачуни су урађени у програму SPSS v. 16.0 (SPSS, Chicago, Illinois, USA).

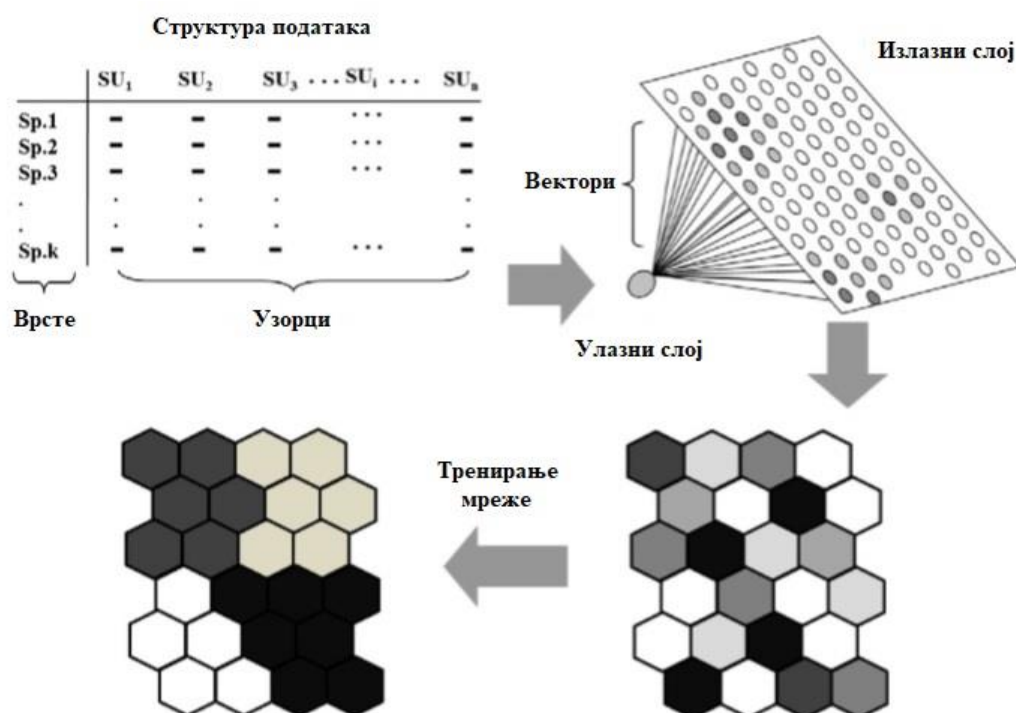
3.5.1 Самоорганизујуће мапе

Самоорганизујуће мапе (COM - *енг. Self Organizing Maps*) су техника која припада Вештачким неуро мрежама (ANN - *енг. Artificial Neural Network*) (Kohonen, 1982), а које су се показале као најпогодније за примену над комплексним и нелинеарним еколошким подацима, и посебно су погодне за примену над великим скуповима података (Kruk et al., 2007; Chon, 2011; Penczak, 2011; Penczak et al., 2012). Giraudel & Lek (2001) наводе да се у поређењу са различитим методама линеарне ординације дошло до закључка да COM пружа бољи приказ уређења заједница у еколошким студијама. Први пут у анализи исхране животиња, и то управо риба, COM метод примењују Dukowska et al. (2013, 2014).

Кохоневе самоорганизујуће мапе представљају ординациону методу која са успехом моделује и визуализује (пресликава) линеарне и нелинеарне везе, у високо димензионалном сету података, у виду нискодимензионалног простора (неуромреже). COM се састоји од два слоја: улазног слоја (*енг. input layer*) сачињеног од неурона чији број зависи од броја променљивих које се користе у анализи и излазног слоја (*енг. output layer*) представљеног у виду хексагоналне решетке (Слика 7).

Унос података у COM се врши помоћу улазне матрице. У овој студији било је потребно конструисати седам улазних матрица, за сваку испитивану врсту (смуђ, адултни греч, јувенилни греч, штука, сом, бодорка, уклија) понаособ. Подаци о релативној бројности јединки плена из дигестивног тракта риба су логаритамски трансформисани ($\log(x+1)$), а затим и нормализовани и представљени у интервалу од 0 до 1. Након уношења података из улазне матрице у COM почиње процес учења или тренирања мреже, који се огледа у секвенцијалном укључивању сваког улазног вектора у COM мрежу. Одмах након што се улазни вектор (x) пропусти кроз мрежу, он се пресликава у одређени неурон излазне мреже рачунањем сличности између тежинског

вектора w и улазног вектора x . Неурон који има највећи степен сличности тежинског и улазног вектора се назива победнички неурон (BMU - *енг.* **B**est **M**atching **U**nit). Излазни слој чине неурони који су у виду хексагоналне решетке приказани на дводимензионалној мапи. Са порастом дистанце у мрежи расту и разлике међу моделима који су додељени неуронима, што значи да ће два суседна неурона имати сличније моделе у односу на неуроне позициониране на супротним крајевима мреже. Укупна варијабилност присутна у улазној матрици података покривена је моделима са свих неурона (Penczak et al., 2006), а како би се формирале групе сличних неурона, коришћена је метода „k-means” на претходно тренираној COM мапи (Jain & Dubes, 1988).



Слика 7. Основна структура и процес учења самоорганизујуће мапе (горе лево: структура улазних података; горе десно: структура мреже; доле десно: почетна верзија мреже; доле лево: коначна верзија мреже након тренирања података) (преузето из На et al., 2015).

При спровођењу СОМ анализе, важно је да се правилно одреди број излазних неурона односно величина мреже, како би резултати били што поузданији. Уколико је број излазних неурона премали, може да дође до губитка важних информација о варијабилности података из улазне матрице. Са друге стране, уколико је мрежа сувише велика, тада велики број неурона остаје непопуњен, па је и разлика у моделима података теже уочљива. Како би се претходно наведени проблеми превазишли и одредио оптималан број неурона у излазној мрежи користе се два правила према Park et al. (2003) и Vesanto et al. (2000). Vesanto et al. (2000) предлажу да се оптимални број неурона на мапи одређује као $5\sqrt{n}$, где је n број тренинг узорака, док Park et al. (2003) користе локални минимум квантизационе (QE) и топологизационе грешке (TE). Коришћењем симултано обе методе и избегавањем великог броја празних неурона, у овом истраживању оптимална величина мреже се разликовала од врсте до врсте чија је исхрана анализирана и садржала је 3×4 (штука), 4×5 (смуђ, адултни греч и сом), 6×7 (уклија) и 8×9 (јувенилни греч и бодорка) неурона. Céréghino & Park (2009) сматрају да, упркос наведеним правилима, ипак не постоји јединствен теоретски принцип приликом одређивања оптималне величине мреже.

СОМ анализа је урађена у програму Matlab ver. 6.1.0.450 algorithm interface (<http://www.cis.hut.fi/projects/som-toolbox>).

3.5.2 Мултиваријантни тестови

Анализа Индикаторских вредности (IndVal - *енг. **Indicator Values***; Dufrêne & Legendre, 1997), је у овој студији коришћена за квантификацију значаја сваке променљиве у издвајању група на мапи СОМа према Park et al. (2005). Као и СОМ анализу, анализу Индикаторских вредности први пут у анализи исхране риба приказују Dukowska et al. (2013, 2014). Према Dufrêne & Legendre (1997), максимална вредност IndVal (100%) јавља се када су све категорије плена присутне у сваком анализираном цревном тракту риба. Плен се сматра значајном компонентом хране уколико је IndVal вредност > 25 , што значи да се одређени плен јавља у најмање 50% анализираних узорака. Међутим, уколико је IndVal вредност мања од 25%, а статистички сигнификантна ($p < 0,05$), такође се посматра као важна, али само за појединачне неуроне, па се услед ниске релативне фреквенце не може сматрати репрезентативном, већ само важном за дату групу.

Индикаторске вредности плена су израчунате за сваку анализирану јединку. Коришћен је Monte Carlo тест са 1000 пермутација за утврђивање репрезентативних плена. IndVal метода је спроведена коришћењем програмског пакета PC-ORD 4.0 (McCune & Mefford, 1999).

Како би се уочиле разлике и сличности у исхрани рибљих врста из различитих акумулација, будући да спектар исхране врста обухваћених овом студијом чини по неколико различитих компоненти плена, примењена је мултиваријантна техника. Процентуалне вредности индекса релативне важности (%IRI) сваког плена адулtnих јединки и процентуалне вредности индекса значајности (%PV) сваког плена јувенилних јединки узете су као улазни параметри. %IRI и %PV логаритамски су трансформисани ($\log_{10}[x+1]$) пре анализе. Bray-Curtis коефицијент сличности коришћен је за генерисање матрице сличности, која представља улазну матрицу за неметричко мултидимензионално уређивање лествице (NMDS – *енг. Non-metric MultiDimensional Scaling*, PRIMER v.6, Clarke & Gorley, 2006) са циљем визуелизације односа између и унутар врста у дводимензионалном простору. Поред тога, да би се утврдиле разлике у исхрани међу врстама, коришћена је мултиваријантна анализа сличности (ANOSIM, PRIMER v.6, Clarke & Gorley, 2006), која тестира разлике међу и унутар јединица поређења на основу Bray-Curtis матрица сличности (Clarke et al., 2005).

4. Результати

4.1 Састав ихтиофауне истраживаних акумулација

Квалитативни и квантитативни састав ихтиозаједнице је одређиван након теренског рада на акумулацијама и узорковања риба, а пре обављене дисекције и лабораторијског рада. У Табелама 1 и 2 приказане су процентуалне процене бројности и биомасе риба у истраживаним акумулацијама. Такође, дата је процентуална заступљеност бројности и биомасе грабљивих и других „неграбљивих” риба у процентима у сваком од извршених излова (Табела 3).

На свакој истраживаној акумулацији забележено је присуство грабљивих врста риба, али нису све истраживане врсте регистроване у шест акумулација. Током четири излова на акумулацији Бован утврђено је да биомасом и бројношћу доминирају смуђ, деверика *Abramis brama*, бодорка *Rutilus rutilus* и бабушка *Carassius gibelio*. Заједницу риба у Шумаричкој акумулацији чине у највећој мери црвенперка *Scardinius erythrophthalmus*, бодорка, сунчица *Lepomis gibbosus* и цверглан *Ameiurus sp.* Доминантне врсте у акумулацији Врутци, на којој су обављена два излова 2011. и 2017. године, су скобаљ *Chondrostoma nasus*, деверика и греч, а овој групи се придружује и сом, јер су проценти његове заступљености по бројности, а нарочито по биомаси при поновљеном излову високи. Бројношћу и биомасом у акумулацији Газиводе, где су као и на акумулацији Врутци извршена два излова, се истичу деверика и бабушка, док бодорка и скобаљ, који су били у великој мери заступљени при излову 2011. године, приликом другог излова нису регистровани. Три врсте доминирају рибљом заједницом у акумулацији Гружа и то: смуђ, бабушка и бодорка, док су у акумулацији Власина доминантне врсте греч и бабушка, док се сом истиче биомасом, али не и индивидуалном заступљеношћу.

Интересантна је појава крупних примерака сивог и белог толстолобика (*Arystichthys nobilis* и *Hypophthalmichthys molitrix*), као и белог амуре *Ctenopharyngodon idella*. Присуство све три поменуте врсте је забележено у Бованској акумулацији приликом једног од четири излова, док се бели и сиви толстолобик јављају у акумулацијама Гружа, Шумарице и Врутци. Све изловљене јединке ове три рибље врсте су изузетно крупни примерци и због тога имају висок удео у укупној биомаси (преко 50%) у поменутих изловима (Табела 2).

Табела 1. Процентуална заступљеност (%) бројности рибљих врста у изловима у истраживаним акумулацијама

	Акумулација Бован*				Акумулација Гружа		Акумулација Шумарице		Акумулација Власина		Акумулација Газиводе*		Акумулација Врутци*	
<i>Sander lucioperca</i>	11,78	7,09	3,17	14,16	26,50		6,93				2,22	7,41		
<i>Perca fluviatilis</i>	19,19	27,18	2,68	11,15	4,21		4,95		69,76		13,33		7,87	6,34
<i>Silurus glanis</i>	0,67	1,42	1,46	0,42	1,20				0,58				0,68	13,49
<i>Esox lucius</i>	0,34		0,73	1,28			4,45							
<i>Abramis brama</i>	23,91	31,67	28,04	17,16	8,43		0,49		4,65		15,00	66,66	10,27	53,17
<i>Cyprinus carpio</i>							0,99		0,58		0,55		0,34	
<i>Carassius gibelio</i>	9,09	12,76	40,24	44,21	35,54		8,41		12,21		6,66	22,22	11,64	0,79
<i>Squalius cephalus</i>			0,24						5,23		0,55	3,70	13,69	
<i>Rutilus rutilus</i>	32,32	18,20	23,17	10,73	18,07		17,32				23,88		0,34	
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>							20,79							
<i>Chondrostoma nasus</i>							0,99				25,00		53,76	25,39
<i>Aspius aspius</i>			0,24											
<i>Rhodeus sericeus</i>							1,48							
<i>Alburnus alburnus</i>	2,35	0,71			1,20		0,49		6,97		9,44			
<i>Vimba vimba</i>	0,34													
<i>Ctenopharyngodon idella</i>		0,23												
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>		0,23			2,40		3,96							
<i>Arystichthys nobilis</i>		0,23		0,85	0,6								1,02	
<i>Salmo trutta</i>													0,34	

<i>Lepomis gibbosus</i>	0,23	14,85		
<i>Cobitis taenia</i>			0,55	
<i>Gymnocephalus cernuus</i>			2,22	0,79
<i>Ameiurus sp.</i>	1,81	13,86	0,55	

*У акумулацији Бован су извршена четири излова (два 2011. и два 2012. године), у акумулацијама Газиводе и Врутци по два (2011. и 2017. године)

Табела 2. Процентуална заступљеност (%) биомасе рибљих врста у изловима у истраживаним акумулацијама

	Акумулација Бован*				Акумулација Гружа		Акумулација Шумарице		Акумулација Власина		Акумулација Газиводе*		Акумулација Врутци*	
<i>Sander lucioperca</i>	19,81	9,91	4,58	11,92	15,27		5,45				3,44	19,76		
<i>Perca fluviatilis</i>	1,09	0,40	0,15	1,66	0,29		2,34		17,22		2,02		8,22	5,87
<i>Silurus glanis</i>	2,12	8,21	17,27	2,81	3,15				18,04				0,38	49,01
<i>Esox lucius</i>	0,26		1,43	1,81			1,57							
<i>Abramis brama</i>	37,85	11,12	24,29	5,36	1,77		0,34		13,68		28,62	55,32	4,12	29,15
<i>Cyprinus carpio</i>							7,56		9,44		2,26		0,29	
<i>Carassius gibelio</i>	20,31	17,35	46,01	27,03	10,73		4,83		22,45		16,03	20,13	5,12	0,29
<i>Squalius cephalus</i>			0,20						18,26		0,96	4,79	8,3	
<i>Rutilus rutilus</i>	18,05	6,41	5,85	1,81	4,79		0,66				3,31		0,01	
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>							5,02							
<i>Chondrostoma nasus</i>							0,46				41,76		39,87	15,67
<i>Aspius aspius</i>			0,20											
<i>Rhodeus sericeus</i>							0,0005							
<i>Alburnus alburnus</i>	0,71	0,01			0,01		0,0005		0,87		1,33			
<i>Vimba vimba</i>	0,31													
<i>Ctenopharyngodon idella</i>		8,62												
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>		15,76			51,01		71,24							
<i>Arystichthys nobilis</i>		22,17		47,58	12,75								33,2	
<i>Salmo trutta</i>													0,47	

<i>Lepomis gibbosus</i>	0,01	0,055		
<i>Cobitis taenia</i>			0,009	
<i>Gymnocephalus cernuus</i>			0,14	0,003
<i>Ameiurus sp.</i>	0,18	0,42	0,07	

*У акумулацији Бован су извршена четири излова (два 2011. и два 2012. године), у акумулацијама Газиводе и Врутци по два (2011. и 2017. године)

Приликом сваког излова уочена је доминација риба које се примарно не хране рибом у односу на грабљиве рибе, како бројчано тако и у биомаси, уз два изузетка (Табела 3). Прво одступање и негативна корелација бројности и биомасе узоркованих риба је уочена у акумулацији Власина у којој грабљиве рибе доминирају бројношћу, али не и биомасом. Тада је регистрован мали број јединки деверике, бабушке и клена чија је укупна маса била већа од индивидуално бројније популације гргеча. Други пример негативне корелације су Врутци акумулација, где грабљиве рибе доминирају биомасом, али не и бројношћу. Деверика је била најбројнија рибља врста, док су масом доминирали знатно крупнији примерци сома и гргеча.

Табела 3. Процентуална процена бројности и биомасе грабљивих и осталих риба у истраживаним акумулацијама

Акумулације	Заступљеност грабљивих врста у процентима (%)		Заступљеност осталих врста у процентима (%)	
	Бројност	Биомаса	Бројност	Биомаса
Бован*	31,98	23,29	68,02	76,71
	35,69	18,52	64,31	81,48
	8,04	23,44	91,96	76,56
	27,03	18,21	72,97	81,79
Гружа	31,92	18,73	68,07	81,26
Власина	70,34**	35,26**	29,65**	64,73**
Шумарице	16,33	9,37	83,66	90,63
Газиводе*	45,55	5,47	84,44	94,53
	7,41	19,76	92,59	80,24
Врутци*	8,56	8,61	91,44	91,39
	19,84**	54,88**	80,16**	45,12**

*У акумулацији Бован су извршена четири излова (два 2011. и два 2012. године), у акумулацијама Газиводе и Врутци по два (2011. и 2017. године)

**Негативна корелација бројности и биомасе

4.2 Тотална дужина и маса риба

Тотална дужина TL (средња вредност у cm $\pm$ стандардна девијација) и маса тела W (средња вредност у g $\pm$ стандардна девијација) анализираних јединки, у оквиру овог истраживања, приказане су у Табели 4.

Табела 4. Маса (g) и тотална дужина (cm) анализираних врста риба, изражене као средња вредност $\pm$ стандардна девијација

Акумулација	Врста	Маса	Тотална дужина
Бован	смуђ	622,66 $\pm$ 458,38	42,71 $\pm$ 8,15
	греч	113,90 $\pm$ 136,75	15,47 $\pm$ 7,63
	штука	652,00 $\pm$ 294,34	50,50 $\pm$ 11,64
	сом	3449,46 $\pm$ 3052,98	75,50 $\pm$ 21,61
Гружа	смуђ	729,00 $\pm$ 904,76	42,32 $\pm$ 5,40
	греч	99,71 $\pm$ 120,19	17,42 $\pm$ 6,87
	сом	3188,00 $\pm$ 2916,10	72,50 $\pm$ 24,74
Власина	греч	65,62 $\pm$ 119,46	15,46 $\pm$ 4,65
	сом	4280,00 $\pm$ 0,00	85,5 $\pm$ 0,00
Шумарице	смуђ	554,00 $\pm$ 92,76	42,00 $\pm$ 3,16
	греч	378,00 $\pm$ 0,00	29,00 $\pm$ 0,00
	штука	603,33 $\pm$ 175,51	45,00 $\pm$ 1,73
Газиводе	смуђ	697,33 $\pm$ 657,96	40,08 $\pm$ 14,75
	греч	177,9 $\pm$ 61,05	23,2 $\pm$ 2,69
Врутци	греч	829,54 $\pm$ 455,96	37,39 $\pm$ 7,18
	сом	3480,47 $\pm$ 2043,09	74,57 $\pm$ 14,81

Поред анализе исхране грабљивих врста (Табела 4), анализирана је исхрана и врста риба које су означене као могући плен крупним грабљивицама. Ове јединке су изловљене мрежама стајаћицама са најмањим промером окаца (10 x 10 mm). Доминантне врсте присутне у овим уловима биле су греч, бодорка и уклија. Средња вредност тоталне дужине у cm $\pm$ стандардна девијација ових јединки је 10,39 $\pm$ 1,76, а средња вредност масе у g $\pm$ стандардна девијација износи 14,91 $\pm$ 6,74.

4.3 Квалитативни и квантитативни састав садржаја цревног тракта

Анализом садржаја цревног тракта код 55 адултних јединки смуђа, 52 адултне јединке и 213 јувенилних јединки греча, 14 јединки штуке, 28 јединки сома, 217 јединки бодорке и 82 јединке уклије испитана је исхрана четири врсте грабљивих риба, као и других врста риба (јувенилних примерака) које су њихов потенцијални плен. Компоненте садржаја цревног тракта идентификоване су до најнижег могућег таксономског нивоа, осим када је процес варења био у поодмаклој фази. Детритус је честа компонента у цревним трактима, али је изузета из рачунања, јер представља остатке недетерминисаног биљног материјала, анималне остатке, шљунак и песак (у великој мери формиран од разграђеног плена и није га могуће сврстати ни у једну трофичку категорију).

4.3.1 Акумулација Бован

Узорак за анализу исхране прикупљен током четири излова. Састоји се од 28 јединки смуђа, 13 јединки греча, 17 јединки сома и 6 јединки штуке. Такође, узет је узорак за анализу исхране младих јединки који је обухватио 72 јединке греча и 58 јединки бодорке.

4.3.1.1 Исхрана јувенилних јединки

У исхрани јединки греча и бодорке забележено је 27 различитих категорија плена (Табела 5), при чему нису присутне све категорије плена и није иста процентуална учесталост. У исхрани греча је забележено 26 различитих врста плена, а код бодорке 11. У разноврсној исхрани греча %PV се за две категорије плена издваја и то за каланоидне и циклопоидне копеподе, док остале категорије плена имају ниске и углавном изједначене вредности овог показатеља. Код бодорке доминантне категорије плена су кладоцере *Daphnia* sp. и *Bosmina* sp. и, као и код греча, копеподе. Иако греча карактерише разноврснија исхрану, трофички спектар бодорке карактерише присуство представника Rhizopoda, који нису присутни у цревном тракту греча. Такође, забележена је исхрана рибом код јединки греча старости 0+.

Укупан индекс празноће (%VI) за ове врсте износи 17,56.

Табела 5. Састав исхране јувенилних јединки гргеча и бодорке

Категорије плена	Анализиране врсте			Гргеч			Бодорка		
				%F.O.	%N	%PV	%F.O.	%N	%PV
Protozoa				26,76	1,73	1,05			
Rhizopoda							13,79	3,16	1,49
Rotatoria				2,82	0,39	0,07	5,17	2,2	0,64
Bryozoa				30,28	7,43	4,81	3,44	2,06	0,48
Hydracarina				12,67	0,86	0,36			
Ostracoda				53,52	3,55	3,05	55,17	7,84	7,42
Anostraca				0,7	0,02	0,001			
Conchostraca				7,75	0,46	0,15			
Notostraca				0,7	0,17	0,01			
Cladocera				4,93	0,37	0,09			
<i>Daphnia</i> sp.				15,49	3,43	1,58	91,37	15,26	18,59
<i>Bosmina</i> sp.				76,76	6,27	6,46	93,10	24,34	29,93
<i>Leptodora kindtii</i>				9,15	0,37	0,13			
Calanoida (Copepoda)				92,95	23,43	26,59	67,24	14,03	14,66
Cyclopoida (Copepoda)				95,07	40,74	46,76	68,96	21,45	22,70
Isopoda				0,7	0,02	0,001			
Amphipoda				80,28	5,67	5,98	1,72	0,41	0,06
Gammaridae				0,7	0,02	0,001			
Chironomidae				31,69	3,97	2,62	8,62	0,96	0,35
Plecoptera				5,63	0,41	0,11			
Ephemeroptera				0,7	0,04	0,003			
Trichoptera				1,41	0,04	0,004			
Diptera (остало)				1,41	0,09	0,012			
Insecta (остало)				1,41	0,04	0,004			
Oligochaeta				2,11	0,14	0,023	17,24	6,87	3,63
Рибе				5,63	0,22	0,06			
Детритус				35,92			84,48		

Такође, израчунат је и Индекс преклапања хранидбених навика између ове две врсте који износи 0,61 (Табела 6).

Табела 6. Индекс преклапања хранидбених навика међу анализираним врстама

	Гргеч	Бодорка
Гргеч	-	0,61
Бодорка		-

 Преклапање $\geq 0,8$

 Преклапање $< 0,8; \geq 0,6$

 Преклапање $< 0,6$

Гргеч и бодорка старости 0+ имају сличан начин исхране. Мада је индекс преклапања хранидбених навика на самој граници сигнификантности, потенцијални су компетитори уколико прехранбени ресурси постану лимитирани. Од укупно 27 идентификованих врста хранива у исхрани ове две врсте у Бованској акумулацији, десет им је заједничко.

4.3.1.2 Исхрана адултних јединки

Бованска акумулација је једини анализирани екосистем у коме су, током овог истраживања, изловљене адултне јединке све четири истраживане грабљиве врсте. Десет различитих врста плена је забележено у цревним трактовима, као и детритус. Очекивано, у исхрани ових врста преовлађује риба (Табела 7).

Смуђ се најчешће храни уклијом и има високу процентуалну вредност Индекса релативне важности (75,35%), док су бодорка и гргеч такође заступљени у исхрани смуђа, али забележене су доста ниже вредности поменутог индекса (9,96% и 12,37%). Поред ових, регистровано је присуство клена и деверике, врста које нису компонента цревног садржаја друге три грабљивице.

Гргеч, слично смуђу, конзумира уклију и бодорку, са прилично уједначеним вредностима индекса (31,24%, односно 32,63%). У Бованској акумулацији је једино код

греча забележена и појава канибализма, а процентуална вредност Индекса релативне важности 14,54% не указује на случајан одабир.

Штука има најмање разноврсну исхрану која се састоји од само две категорије плена, бодорке (67,14%) и греча (32,85%).

Сом се најчешће храни гречом. Процентуална вредност Индекса релативне важности за греча, који је био присутан у сваком анализираном цревном тракту сома, достиже највишу израчунату вредност (92,9%) и указује на изразиту доминацију овог плена. Уз греча у исхрани сома забележене су и бодорка и смуђ, који је једино у исхрани сома забележен.

Адултне писциворне рибе могу да се хране и макроинвертебратама. Код смуђа и греча утврђено је присуство инсеката у дигестивном тракту, а код сома присуство пужа рода *Viviparus* sp.

Укупан индекс празноће (%VI) за ове једнике износи 9,37.

Табела 7. Састав исхране адултних јединки смуђа, гргеча, штуке и сома

Анализиране врсте	Смуђ				Гргеч				Штука				Сом			
Категорије плена	%F.O.	%N	%W	%IRI	%F.O.	%N	%W	%IRI	%F.O.	%N	%W	%IRI	%F.O.	%N	%W	%IRI
Insecta	3,84	7,96	0,07	0,29	8,33	30,00	0,8	8,52								
<i>Viviparus</i> sp.													26,66	7,32	1,04	1,49
Уклија	76,92	53,98	50,18	75,35	16,66	25,00	31,45	31,24								
Бодорка	42,31	12,38	12,67	9,96	25,00	20,00	19,29	32,63	80,00	63,63	57,39	67,14	20,00	6,09	10,61	2,24
Клен	3,84	1,76	0,73	0,08												
Деверика	3,84	0,88	9,15	0,36												
Fam Cyprinidae (неиден.)	15,38	5,31	1,53	0,98	8,33	5,00	10,05	4,16								
Смуђ													6,66	1,22	1,71	0,13
Гргеч	34,62	14,15	23,85	12,37	16,66	10,00	16,28	14,54	60,00	36,36	42,61	32,85	100,00	76,83	61,52	92,90
Fam Percidae (неиден.)	11,54	3,54	1,77	0,57	8,33	10,00	22,11	8,88					13,33	10,97	25,11	3,22
Детритус													13,33			

Вредности индекса преклапања хранидбених навика између четири анализиране врсте (Табела 8) указују да једино између смуђа и гргеча постоји сигнификантна значајност (0,74). Остале врсте, иако све писцивори, нису конкуренти у акумулацији Бован.

Табела 8. Индекс преклапања хранидбених навика међу анализираним врстама

	Смуђ	Гргеч	Штука	Сом
Смуђ	-	0,74	0,44	0,38
Гргеч		-	0,58	0,48
Штука			-	0,49
Сом				-

 Преклапање $\geq 0,8$

 Преклапање $< 0,8; \geq 0,6$

 Преклапање $< 0,6$

Смуђ и гргеч заузимају исту еколошку нишу и од десет различитих плена шест је заједничко овим двема врстама, и то је разлог због кога је индекс преклапања хранидбених навика ове две врсте сигнификантан.

4.3.2 Акумулација Гружа

Ихтиолошки материјал узоркован за анализу исхране адулtnих јединки из ове акумулације састојао се од десет јединки смуђа, четири јединке гргеча и две јединке сома. Приликом овог излова није забележено присуство штуре у мрежама, стога садржај њеног цревног тракта није анализиран. Анализирана је исхрана јувенилних гргеча (42 јединке), бодорки (53 јединке) и уклија (37 јединки).

4.3.2.1 Исхрана јувенилних јединки

Идентификовано је 11 таксономски различитих категорија плена у исхрани младих јединки гргеча, бодорке и уклије, које живе у акумулацији Гружа (Табела 9). Заједничке компоненте исхране ове три рибље врсте су кладоцере родова *Daphnia* sp. и *Bosmina* sp., затим неидентификовани представници кладоцера, каланоидне и циклопоидне копеподе, као и реда Ostracoda. Копеподе су доминантан плен гргечу, док бодорка и уклија најчешће конзумирају два рода кладоцера, *Daphnia* sp. и *Bosmina* sp. Представници рода *Daphnia* sp. су једина компонента плена идентификована у сваком прегледаном цревном тракту ове три врсте, док организме из редова Anostraca и Conchostraca, као и рибе конзумира само гргеч. У цревном тракту уклије нису пронађене протозое ни *Leptodora kindtii* чије је присуство забележено код гргеча и бодорке.

Укупан индекс празноће (%VI) за ове врсте износи 12,12.

Табела 9. Састав исхране јувенилних јединки гргеча, бодорке и уклије

Анализиране врсте Категорије плена	Гргеч			Бодорка			Уклија		
	%F.O.	%N	%PV	%F.O.	%N	%PV	%F.O.	%N	%PV
Protozoa	20,51	2,01	0,96	25,53	2,26	1,20			
Ostracoda	12,82	0,56	0,21	31,91	2,42	1,43	26,66	2,13	1,13
Anostraca	17,94	0,81	0,36						
Conchostraca	38,46	2,50	1,65						
Cladocera	76,92	4,11	3,84	63,83	5,66	4,75	100,00	22,99	23,69
<i>Daphnia</i> sp.	100,00	12,75	13,58	100,00	25,48	26,78	100,00	32,83	33,83
<i>Bosmina</i> sp.	38,46	2,09	1,38	100,00	40,53	42,60	100,00	30,26	31,18
<i>Leptodora kindtii</i>	51,28	6,45	4,92	4,25	0,48	0,10			
Calanoida (Copepoda)	100,00	28,89	30,79	91,48	11,01	11,06	66,66	5,34	4,49
Cyclopoida (Copepoda)	100,00	39,63	42,23	89,36	12,13	12,05	73,33	6,42	5,66
Рибе	5,13	0,16	0,03						

Гргеч, бодорка и уклија коегзистирају у Гружанској акумулацији, али само бодорку и уклију карактерише сигнификантна вредност индекса преклапања хранидбених навика (Табела 10).

Табела 10. Индекс преклапања хранидбених навика међу анализираним врстама

	Гргеч	Бодорка	Уклија
Гргеч	-	0,49	0,34
Бодорка		-	0,76
Уклија			-

 Преклапање $\geq 0,8$

 Преклапање $< 0,8; \geq 0,6$

 Преклапање $< 0,6$

Исхрана гргеча се разликује од исхране друге две рибе врсте. Иако се код гргеча и бодорке од 11 различитих пленова преклапа осам, а код гргеча и уклије шест, индекс преклапања хранидбених навика гргеча са ове две врсте није сигнификантан, јер се вредности % PV индекса за исти плен разликују.

4.3.2.2 Исхрана адултних јединки

Седам различитих категорија плена (плус детритус) идентификовано је у исхрани смуђа, гргеча и сома изловљених у акумулацији Гружа (Табела 11).

У исхрани смуђа је идентификовано шест категорија плена, при чему су најчешће заступљене уклија (32,39%) и неидентификоване врсте из фамилије Cyprinidae (30,12%). Поред риба, у цревном садржају смуђа су присутни у значајној мери представници фамилије Gammaridae (8,63%).

Гргеч има најмање разноврсну исхрану са само три категорије плена. То су: уклија (14,4%), бодорка (47,25%) и неидентификоване врсте риба из породице Percidae (38,34%). Не искључује се могућност појаве канибализма ни код гргеча из ове

акумулације, јер је проценат индекса релативне важности за врсте из породице Percidae висок и велика је вероватноћа да су међу њима управо јединке греча.

Сом у исхрани користи највише греча (49,18%), који је био присутан у сваком анализираном цревном тракту, док у мањој мери користи уклију (15,64%) и бодорку (17,15%). Интересантан је налаз шкољке *Dreissena polymorpha* у цревном тракту сома.

Укупан индекс празноће (%VI) за ове једнике износи 25,00.

Табела 11. Састав исхране адултних јединки смуђа, гргеча и сома

Анализиране врсте Категорије плена	Смуђ				Гргеч				Сом			
	%F.O.	%N	%W	%IRI	%F.O.	%N	%W	%IRI	%F.O.	%N	%W	%IRI
Gammaridae	14,28	27,58	0,77	8,63								
<i>Dreissena polymorpha</i>									50,00	8,33	0,91	3,48
Уклија	28,57	37,93	15,27	32,39	33,33	22,22	28,13	14,40	50,00	8,33	33,12	15,64
Бодорка	28,57	13,79	12,09	15,75	66,66	44,44	38,16	47,25	50,00	8,33	37,32	17,15
Fam Cyprinidae (неиден.)	28,57	10,34	39,14	30,12					50,00	8,33	4,68	4,91
Гргеч	14,28	6,89	31,01	11,53					100,00	50,00	15,16	49,18
Fam Percidae (неиден.)	14,28	3,44	1,71	1,56	66,66	33,33	33,7	38,34	50,00	16,66	8,81	9,61
Детритус	14,28				33,33							

Индекс преклапања хранидбених навика (Табела 12) показује сигнификантну вредност за сличност у исхрани смуђа и гргеча (0,67), док ове две врсте нису прехранбени компетитори сом.

Табела 12. Индекс преклапања хранидбених навика међу анализираним врстама

	Смуђ	Гргеч	Сом
Смуђ	-	0,67	0,55
Гргеч		-	0,43
Сом			-

 Преклапање $\geq 0,8$

 Преклапање $< 0,8; \geq 0,6$

 Преклапање $< 0,6$

Смуђ и гргеч, смуђ и сом, као и гргеч и сом, имају по три заједничке од укупно седам различитих категорија плена идентификованих у цревном садржају. Вредност индекса преклапања хранидбених навика је сигнификантна између смуђа и гргеча и потврђује да ове врсте заузимају сличну еколошку нишу.

4.3.3 Акумулација Шумарице

Смуђ, гргеч и штука су грабљиве врсте риба чији су адултни представници изловљени у Шумаричкој акумулацији. Анализирана је исхрана девет примерака смуђа, седам гргеча и осам штуке. Поред њих, анализиран је цревни садржај 27 јувенилних јединки гргеча и 30 јувенилних јединки бодорке.

4.3.3.1 Исхрана јувенилних јединки

Утврђено је присуство 13 различитих врста плена и детритус у цревним трактовима анализираних јединки гргеча и бодорке који насељавају акумулацију Шумарице (Табела 13). Гргеч има разноврснију исхрану од бодорке и од поменутих 13

врста хране он конзумира 12. Кончасте алге су храна коју греч не користи, док су алге у исхрани бодорке веома заступљене, и уз кладоцере, присутне у сваком прегледаном узорку и свакако су плен који се издваја у исхрани бодорке (%PV=55,38). Јединке *Daphnia* sp. су присутне у сваком прегледаном цревном садржају греча. Греч најчешће бира ове организме као плен, уз представнике реда кладоцера. Неколико категорија плена је заједничко гречу и бодорки, али са сличним вредностима индекса значајности за одређени плен.

Укупан индекс празноће (%VI) за ове јединке износи 8,77.

Табела 13. Састав исхране јувенилних јединки греча и бодорке

Категорије плена	Анализиране врсте			Греч			Бодорка		
				%F.O.	%N	%PV	%F.O.	%N	%PV
Protozoa				40,00	12,46	10,26	29,62	3,49	2,10
Кончасте алге							100,00	49,91	55,38
Ostracoda				48,00	6,23	5,62	74,07	8,31	7,93
Conchostraca				8,00	2,49	0,91			
Notostraca				8,00	1,99	0,73			
Cladocera				92,00	19,95	24,91	100,00	13,31	14,77
<i>Daphnia</i> sp.				100,00	24,93	32,46			
<i>Bosmina</i> sp.				80,00	12,71	14,80	66,66	9,98	9,04
Calanoida (Copepoda)				12,00	3,74	1,68	29,62	3,32	2,004
Cyclopoida (Copepoda)				20,00	4,98	2,89	37,03	4,99	3,36
Amphipoda				16,00	2,49	1,29			
Chironomidae				20,00	4,23	2,46	74,07	4,99	4,76
Insecta (остало)				16,00	3,74	1,94	11,11	1,66	0,61
Детритус				24,00			29,63		

Табела 14 показује да у Шумаричкој акумулацији нема конкуренције између греча и бодорке, јер је вредност индекса преклапања хранидбених навика испод сигнификантне вредности.

Табела 14. Индекс преклапања хранидбених навика међу анализираним врстама

	Гргеч	Бодорка
Гргеч	-	0,54
Бодорка		-

 Преклапање $\geq 0,8$

 Преклапање $< 0,8; \geq 0,6$

 Преклапање $< 0,6$

Од укупно 13 различитих категорија плена присутних у исхрани гргеча и бодорке који насељавају ову акумулацију, чак осам се преклапа. Ипак, вредност индекса преклапања хранидбених навика није сигнификантна, пошто постоје велике разлике у процентуалној заступљености доминантних компоненти исхране.

4.3.3.2 Исхрана адултних јединки

Осам различитих категорија плена, међу којима су рибе и макроинвертебрати, су идентификовани у дигестивном тракту грабљивица изловљених из Шумаричке акумулације (Табела 15).

Смуђ у највећој мери конзумира гргеча (38,7%), док нешто мање, али са сличним процентуалним вредностима индекса релативне важности, су заступљене црвенперка (28,39%) и уклија (26,04%).

Гргеч, уз рибу, конзумира инсекте и хирономиде, али најфреквентнији плен му је бодорка (39,72%). И у овој акумулацији постоји вероватноћа појаве канибализма код гргеча, јер је забележено присуство јединки из породице Percidae (29,01%) у цревном тракту јединки ове врсте.

Најфреквентнији плен код штуче је гргеч (56,62%) и врсте из фамилије Percidae (24,59%), док се још храни и црвенперком и смуђем, али у мањој мери.

Укупан индекс празноће износи (%VI) 12,5.

Табела 15. Састав исхране адултних јединки смуђа, гргеча и штуке

Категорије плена	Анализиране врсте				Смуђ				Гргеч				Штука			
	%F.O.	%N	%W	%IRI	%F.O.	%N	%W	%IRI	%F.O.	%N	%W	%IRI	%F.O.	%N	%W	%IRI
Insecta					16,66	27,27	2,11	9,64								
Chironomidae					16,66	18,18	2,64	6,83								
Уклија	28,57	28,57	20,17	26,04	16,66	9,09	35,97	14,78								
Бодорка	14,28	14,28	11,40	6,85	33,33	18,18	42,32	39,72								
Црвенперка	28,57	28,57	24,56	28,39									25,00	20,00	15,62	15,12
Смуђ													12,5	10,00	7,67	3,75
Гргеч	28,57	28,57	43,85	38,70									37,5	40,00	48,76	56,52
Fam Percidae (неиден.)					33,33	27,27	16,93	29,01	25,00	30,00	27,95	24,59				

Све вредности индекса преклапања навика у исхрани ове три врсте су сигнификантне (Табела 16).

Табела 16. Индекс преклапања хранидбених навика међу анализираним врстама

	Смуђ	Гргеч	Штука
Смуђ	-	0,60	0,75
Гргеч		-	0,67
Штука			-

 Преклапање $\geq 0,8$

 Преклапање $< 0,8; \geq 0,6$

 Преклапање $< 0,6$

Сигнификантне вредности индекса преклапања хранидбених навика међу грабљивим врстама риба у акумулацији Шумарице указују да су ове три врсте међусобни компетитори у погледу исхране.

4.3.4 Акумулација Врутци

При изловима на акумулацији Врутци је регистровано присуство две врсте истраживаних грабљивих риба, десет јединки гргеча и шест јединки сома. Ихтиолошки материјал за анализу исхране младих јединки састојао се од јувенилних јединки гргеча (31 јединка) и јувенилних јединки бодорке (15 јединки).

4.3.4.1 Исхрана јувенилних јединки

Гргеч и бодорка изловљени из акумулације Врутци имају сличну и уједначену исхрану с обзиром да се ниједна од десет категорија плена, забележених у цревним садржајима узоркованих риба, нарочито не издваја по процентуалним вредностима индекса значајности (Табела 17). Јединке ових рибљих врста често конзумирају кладоцере, *Daphnia* sp. и *Bosmina* sp., за које имају сличне вредности индекса

значајности. Гргеч у исхрани користи и организме из редова Ostracoda и Conchostraca, врсту *Leptodora kindtii*, док ти пленови нису идентификовани код бодорке. Насупрот томе, у цревном тракту бодорке су присутни инсекти и детритус, који одсуствују код гргеча.

Укупан индекс празноће износи (%VI) 8,69.

Табела 17. Састав исхране јувенилних јединки гргеча и бодорке

Категорије плена	Анализиране врсте			Гргеч			Бодорка		
				%F.O.	%N	%PV	%F.O.	%N	%PV
Ostracoda				68,96	7,77	7,20			
Conchostraca				17,24	4,92	2,27			
Cladocera				86,20	16,19	16,78	76,92	20,91	21,23
<i>Daphnia</i> sp.				93,10	21,58	23,24	84,61	18,49	19,69
<i>Bosmina</i> sp.				96,55	20,15	22,10	84,61	23,59	25,12
<i>Leptodora kindtii</i>				6,89	0,63	0,18			
Copepoda				79,31	9,84	9,78			
Calanoida (Copepoda)				72,41	8,09	7,68	61,53	16,08	14,61
Cyclopoida (Copepoda)				79,31	10,79	10,72	69,23	19,30	18,59
Insecta							15,38	1,61	0,73
Детритус							23,07		

Висока вредност индекса преклапања хранидбених навика (0,82) (Табела 18) између гргеча и бодорке у акумулацији Врутци указује на постојање конкуренције у исхрани.

Табела 18. Индекс преклапања хранидбених навика међу анализираним врстама

	Гргеч	Бодорка
Гргеч	-	0,82
Бодорка		-

 Преклапање $\geq 0,8$

 Преклапање $< 0,8; \geq 0,6$

 Преклапање $< 0,6$

Од укупно десет идентификованих категорија плена, половина је присутна у цревном садржају гргеча и бодорке који насељавају акумулацију Врутци. Вредности %PV индекса за заједничке категорије плена су доста уједначене, што имплицира високу вредност индекса преклапања хранидбених навика.

4.3.4.2 Исхрана адултних јединки

Гргеч и сом су једине грабљивице изловљене у акумулацији Врутци. Њихова исхрана се састоји од седам различитих врста плена и детритуса (Табела 19).

Гргеч се најчешће храни уклијом (42,21%), затим бодорком (38,28%), док нешто мање у исхрани користи клена и јединке своје врсте. Појава канибализма је забележена и у популацији гргеча у овој акумулацији.

Сом најчешће конзумира бабушку. Висока вредност индекса релативне важности (55,94%) потврђује да бабушка представља доминантну врсту плена. Бодорка и клен које конзумира гргеч, нису пронађени у цревним садржајима анализираних сомова. Такође, у исхрани сома је заступљена уклија, али у знатно мањој мери него у исхрани гргеча (6,85%).

Укупан индекс празноће износи (%VI) 18,75.

Табела 19. Састав исхране адултних јединки гргеча и сома

Анализиране врсте Категорије плена	Гргеч				Сом			
	%F.O.	%N	%W	%IRI	%F.O.	%N	%W	%IRI
Уклија	37,5	33,33	27,41	42,21	20,00	20,00	2,24	6,85
Бодорка	37,5	33,33	21,76	38,28				
Клен	12,5	11,11	12,18	5,39				
Бабушка					40,00	30,00	60,79	55,94
Fam Cyprinidae (неиден.)					40,00	30,00	3,81	20,83
Гргеч	12,5	22,22	38,63	14,09	20,00	10,00	31,93	12,92
Fam Percidae (неиден.)					20,00	10,00	1,22	3,45
Детритус					20,00			

Гргеч и сом имају сигнификантну вредност индекса преклапања хранидбених навика 0,61 (Табела 20).

Табела 20. Индекс преклапања хранидбених навика међу анализираним врстама

	Гргеч	Сом
Гргеч	-	0,61
Сом		-

 Преклапање $\geq 0,8$

 Преклапање $< 0,8; \geq 0,6$

 Преклапање $< 0,6$

Као једине грабљивице у акумулацији Врутци, гргеч и сом су компетитори на шта указује вредност индекса преклапања хранидбених навика.

4.3.5 Акумулација Власина

Сом и гргеч су једине грабљивице присутне у излову риба из акумулације Власина. Регистровано је осам јединки гргеча и три јединке сома. У мрежама са најмањим промером окаца констатоване су 41 јувенилна јединка гргеча и 26 јувенилних јединки бодорке.

4.3.5.1 Исхрана јувенилних јединки

У Табели 21 приказан је спектар исхране младих јединки гргеча и бодорке изловљених на Власинској акумулацији. Неидентификовани родови из реда кладоцера, као и *Daphnia* sp. су најфреквентнији плен у цревном тракту гргеча, с обзиром да су били присутни у свакој анализираној јединки. Јединке *Daphnia* sp. се издвајају у исхрани гргеча, јер гргеч за њих има највишу вредност индекса значајности. Остале категорије плена су присутне у доста мањој мери што показују њихове вредности поменутог индекса. И на овој акумулацији је забележена исхрана рибом гргеча старости 0+. Бодорка се храни сличним пленом као и гргеч, осим што у цревном садржају није присутна врста *Leptodora kindtii*. У исхрани бодорке ниједна компонента исхране није изразито доминантна, иако најчешће конзумира кладоцере и врсте рода *Daphnia* sp.

Укупан индекс празноће износи (%VI) 5,97.

Табела 21. Састав исхране јувенилних јединки гргеча и бодорка

Категорије плена	Анализиране врсте	Гргеч			Бодорка		
		%F.O.	%N	%PV	%F.O.	%N	%PV
Cladocera		100,00	24,93	27,82	48,00	27,47	26,95
<i>Daphnia</i> sp.		100,00	47,38	52,87	56,00	25,82	27,36
<i>Leptodora kindtii</i>		47,36	3,36	2,58			
Calanoida (Copepoda)		39,47	8,72	6,11	40,00	12,08	10,82
Cyclopoida (Copepoda)		39,47	9,97	6,98	36,00	10,98	9,33
Chironomidae		13,15	0,99	0,4	40,00	9,34	0,08
Insecta (остало)		55,26	3,74	3,10	72,00	14,28	17,16
Рибе		7,89	0,37	0,11			
Детритус		10,52			68,00		

Табела 22 показује сигнификантну вредност индекса преклапања навика у исхрани између гргеча и бодорке (0,75).

Табела 22. Индекс преклапања хранидбених навика међу анализираним врстама

	Гргеч	Бодорка
Гргеч	-	0,75
Бодорка		-

 Преклапање $\geq 0,8$

 Преклапање $< 0,8; \geq 0,6$

 Преклапање $< 0,6$

Присуство шест заједничких категорија плена, од укупно осам идентификованих, као и значајна вредност индекса преклапања хранидбених навика, указују на конкуренцију између гргеча и бодорке у Власинској акумулацији.

4.3.5.2 Исхрана адултних јединки

Шест различитих категорија плена и детритус су пронађени у цревним трактовима греча и сомова из Власинске акумулације (Табела 23).

Највише вредности индекса релативне важности у исхрани греча имају уклија (46,49%) и неидентификоване врсте из фамилије Cyprinidae (43,23%). Такође, у популацији греча који насељава овај екосистем забележена је појава канибализма (35,35%).

Сом се најчешће храни гречом (73,71%) који је пронађен у сваком анализираном цревном тракту сома, а у знатно мањој мери кленом и неидентификованим врстама из породица Cyprinidae и Percidae. За разлику од греча, код сома у цревним трактовима није константовано присуство уклије и црвенперке.

Укупан индекс празноће (%VI) за ове врсте износи 9,09.

Табела 23. Састав исхране адултних јединки греча и сома

Анализиране врсте Категорије плена	Греч				Сом			
	%F.O.	%N	%W	%IRI	%F.O.	%N	%W	%IRI
Уклија	42,85	45,45	31,67	46,49				
Црвенперка	14,28	9,09	15,94	5,02				
Клен					66,66	11,76	19,47	13,74
Fam Cyprinidae (неиден.)	14,28	9,09	17,03	43,23	33,33	11,76	10,77	4,95
Греч	42,85	36,36	35,35	5,24	100,00	58,82	52,86	73,71
Fam Percidae (неиден.)					33,33	17,64	16,87	7,59
Детритус	71,43				66,66			

Између греча и сома нема конкуренције у Власинској акумулацији, јер индекс преклапања хранидбених навика износи 0,38 (Табела 24).

Табела 24. Индекс преклапања хранидбених навика међу анализираним врстама

	Гргеч	Сом
Гргеч	-	0,38
Сом		-

 Преклапање $\geq 0,8$

 Преклапање $< 0,8; \geq 0,6$

 Преклапање $< 0,6$

Ниска вредност индекса преклапања хранидбених навика, два заједничка плена од укупно шест идентификованих, као и неподударање еколошке нише, указује на одсуство конкуренције између гргеча и сома у Власинској акумулацији.

4.3.6 Акумулација Газиводе

Приликом два излова на акумулацији Газиводе изловљено је, и анализирана исхрана, осам јединки смуђа и десет јединки гргеча. За разлику од других акумулација, међу младим јединкама изловљеним на овој акумулацији, није било гргеча, већ јединке бодорке (35 јединки) и уклије (45 јединки).

4.3.6.1 Исхрана јувенилних јединки

Исхрана бодорке и уклије из акумулације Газиводе састоји се од 13 различитих плена и детритуса (Табела 25). Кончасте алге су присутне у сваком прегледаном цревном тракту бодорке, док су представници *Bosmina* sp. идентификовани у сваком прегледаном цревном тракту уклије. Ове две компоненте исхране су плен које бодорка и уклија најчешће бирају. Бодорка конзумира и протозое, кончасте алге, јединке реда *Conchostraca*, хирономиде и инсекте из реда *Plecoptera*, који нису присутни у цревном садржају уклије. Уклија у својој исхрани, за разлику од бодорке, у већој мери користи и друге кладоцере и *Daphnia* sp.

Укупан индекс празноће износи (%VI) 10,12.

Табела 25. Састав исхране јувенилних јединки бодорке и уклија

Категорије плена	Анализиране врсте	Бодорка			Уклија		
		%F.O.	%N	%PV	%F.O.	%N	%PV
Protozoa		20,00	2,19	1,101			
Кончасте алге		100,00	54,76	61,64			
Ostracoda		53,33	4,49	3,69	92,68	9,33	9,93
Conchostraca		10,00	1,09	0,38			
Cladocera		83,33	8,76	9,001	85,36	17,77	18,16
<i>Daphnia</i> sp.		16,66	2,19	1,005	95,12	14,81	15,97
<i>Bosmina</i> sp.		93,33	9,96	10,83	100,00	30,51	33,75
<i>Leptodora kindtii</i>		26,66	1,09	0,63	24,39	2,51	1,37
Calanoida (Copepoda)		56,66	5,47	4,63	85,36	9,77	9,98
Cyclopoida (Copepoda)		53,33	6,90	5,67	48,78	11,85	9,15
Chironomidae		13,33	1,20	0,49			
Plecoptera		10,00	0,54	0,19			
Insecta (остало)		23,33	1,31	0,71	19,51	3,41	1,66
Детритус		33,33					

У акумулацији Газиводе бодорка и уклија нису у конкуренцији, што потврђује ниска вредност индекса преклапања хранидбених навика – 0,44 (Табела 26).

Табела 26. Индекс преклапања хранидбених навика међу анализираним врстама

	Бодорка	Уклија
Бодорка	-	0,44
Уклија		-

 Преклапање $\geq 0,8$

 Преклапање $< 0,8; \geq 0,6$

 Преклапање $< 0,6$

И поред постојања преклапања у броју заједничких категорија плена између бодорке и уклије на акумулацији Газиводе (8 од 13), индекс преклапања хранидбених навика не указује на сличност у исхрани и могућу конкуренцију. Разлог томе је различит степен заступљености одређених компоненти у исхрани ових врста.

4.3.6.2 Исхрана адултних јединки

У цревним садржајима смуђа и греча са акумулације Газиводе је пронађено шест различитих плена. Такође, у сваком прегледаном узорку је био присутан и детритус (Табела 27).

Смуђ у исхрани користи свих шест идентификованих плена, али највише уклију (45,56%), док бодорку, греча и неидентификоване врсте из породице *Cyprinidae* користи у исхрани у мањој мери, али са врло сличним процентуалним вредностима индекса релативне важности.

У цревном тракту греча, за разлику од смуђа, није констатовано присуство клена. Најфреквентнији плен греча је уклија (72,27%), док бодорку конзумира у сличној мери као и смуђ (14,64%). Греч се и у акумулацији Газиводе храни јединкама своје врсте (8,29%).

Укупан индекс празноће (%VI) за ове врсте износи 22,22.

Табела 27. Састав исхране адултних јединки смуђа и гргеча

Анализиране врсте Категорије плена	Смуђ				Гргеч			
	%F.O.	%N	%W	%IRI	%F.O.	%N	%W	%IRI
Уклија	57,14	36,84	25,57	45,56	57,14	50,00	43,92	72,27
Бодорка	28,57	21,05	17,01	13,89	28,57	20,00	18,06	14,64
Клен	28,57	10,53	13,85	8,90				
Fam Cyprinidae (неиден.)	42,85	15,78	10,89	14,60				
Гргеч	28,57	15,78	20,57	13,27	14,28	20,00	23,14	8,29
Fam Percidae (неиден.)	14,28	10,53	10,08	3,76	14,28	10,00	14,87	4,78
Детритус	100,00				100,00			

У Газиводској акумулацији индекс преклапања хранидбених навика између смуђа и гргеча достиже највишу израчунату вредност (0,86) у целој студији (Табела 28), када је анализирана сличност у исхрани међу адултним јединкама.

Табела 28. Индекс преклапања хранидбених навика међу анализираним врстама

	Смуђ	Гргеч
Смуђ	-	0,86
Гргеч		-

 Преклапање $\geq 0,8$

 Преклапање $< 0,8; \geq 0,6$

 Преклапање $< 0,6$

Смуђ и гргеч, у овој акумулацији, су изразити конкуренти. Потврда постојања конкуритивних односа је, поред постојања четири заједничка од шест идентификованих категорија плена, висока вредност индекса преклапања хранидбених навика.

4.4 Резултати статистичких анализа

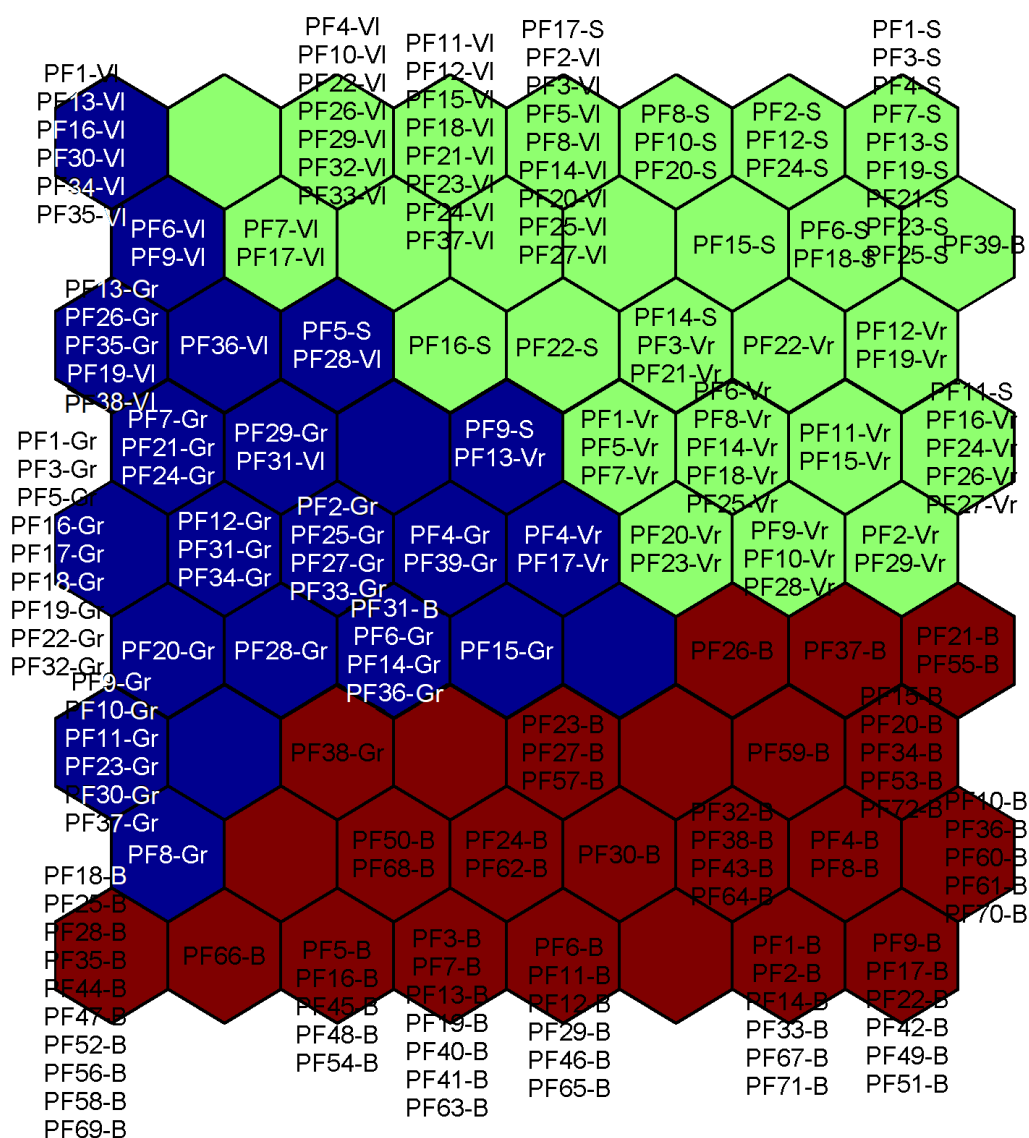
4.4.1 Исхрана риба приказана кроз самоорганизујуће мапе и IndVal анализу

Применом COM методе и уносима улазних матрица које су се састојале од података о садржају цревног тракта сваке појединачне јединке добијене су COM излазне матрице. Оне су подељене на групе са неједнаким бројем неурона који представљају јединке груписане по сличности у зависности од конзумираног плена. Исто тако, COM анализа пружа могућност приказа и дистрибуционог обрасца сваког плена понаособ на дводимензионалној мрежи. Таква визуализација дистрибуције сваке категорије плена по неуронима представљена је преко компонентних графикона појединачно за сваки плен укључен у анализу.

Како је COM визуализациона техника, и не може да квантификује, приступа се IndVal анализи. IndVal анализа представља квантификацију сваке променљиве тј. сваког плена на мапи COMa. Њеном применом извршена је верификација резултата COM методе и издвојени су индикаторски пленови за сваку од истраживаних врста. Плен се сматра значајним уколико је IndVal вредност > 25 .

4.4.1.1 Исхрана јувенилних јединки гргеча

Улазна матрица за COM анализу садржала је 203 јединке гргеча са подацима о исхрани сваке јединке понаособ. Сви испитивани узорци распоређени су у неуроне дводимензионалне решетке (8×9) према сличности у квалитативном саставу исхране. Три главне групе узорака су се издвојиле помоћу ове ординационе методе, плава, зелена и црвена. Од укупно 72 неурона излазне матрице (Слика 8) највише припада зеленој групи, 26. Плава група садржи 22, а црвена 24 неурона.



Слика 8. Цревни трактови 203 јединке јувенилног гргеча приказаних кроз 72 COM излазна неурона распоређених у дводимензионалну решетку (8×9). Јединке су представљене скраћеницама које потичу од почетних слова латинског имена врсте и редним бројем јединке, а малом цртом је одвојено велико слово које представља акумулацију из које је јединка узоркована (B - Бован, Gr - Гружа, S - Шумарице, Vr - Врутци, VI - Власина).

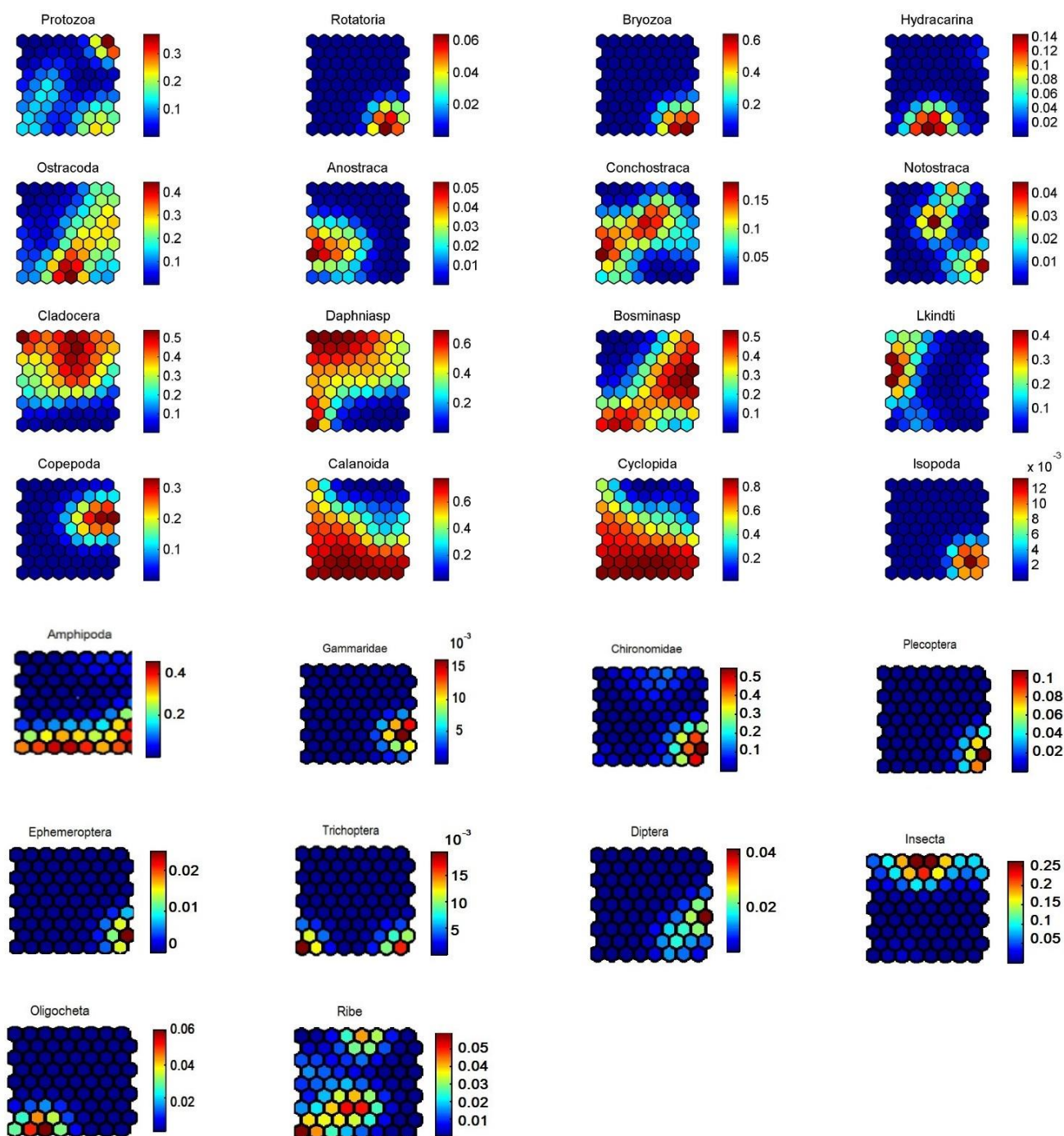
Од укупно 72 јединке гргеча из Бованске акумулације чак 70 јединки, тј. узорака, чини црвену групу. Уз њих у црвеној групи је још један узорак из акумулације Гружа, што ову групу чини прилично униформном. Зелена група садржи највише неурона на овој мрежи, али је и јако разнолика. У њој су распоређене јединке из акумулација Шумарице, Власине и Врутци и само један узорак из акумулације Бован. Скоро све јединке из акумулација Шумарице и Врутци су концентрисане у зеленом

делу мреже, осим три узорка из акумулације Врутци и два узорка из акумулације Шумарице који су у плавој групи. Узорци из акумулације Власина су распоређени на плави и зелени део мреже. У 22 неурона из плаве групе распоређени су сви узорци из акумулације Гружа, осим оног једног већ поменутог који је у црвеном делу мреже, и део узорака из акумулације Власина.

Сигнификантне вредности IndVal индекса забележене су за 12 од 26 категорија плена јувенилних јединки греча из свих истраживаних акумулација (Табела 29 и Слика 9). Поред ових 12 категорија плена, четири категорије имају сигнификантну p вредност, али IndVal вредност мању од 25%, што значи да су ти пленови важни само за одређене групе тј. у овом случају за јединке из одређених акумулација.

Табела 29. Вредности IndVal индекса за сваку од категорија плена која се издвојила као сигнификантна ($p < 0,05$). Плен који је написан подебљаним словима представља индикаторе сваке групе са IndVal вредношћу већом од 25%. Остали пленови су статистички значајни, али са IndVal вредношћу мањом од 25%.

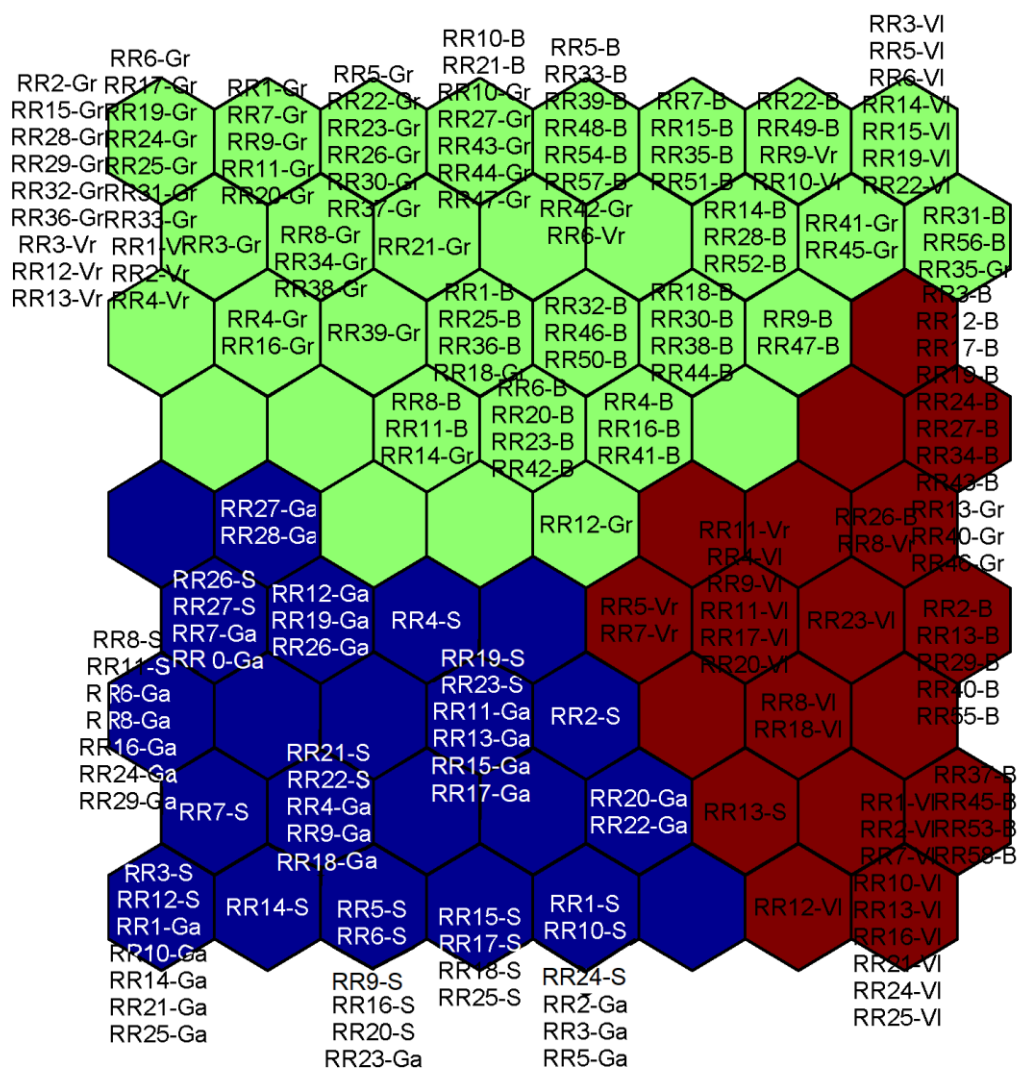
Категорија плена	IndVal	p
Bryozoa	31,0	0,0002
Hydracarina	12,2	0,0002
Ostracoda	31,2	0,0002
Anostraca	8,3	0,0120
Conchostraca	14,7	0,0070
Cladocera	52,9	0,0002
Daphnia sp.	42,5	0,0002
Bosmina sp.	42,5	0,0002
Leptodora kindtii	35,1	0,0002
Copepoda	26,8	0,0002
Calanida (Copepoda)	58,3	0,0002
Cyclopoida (Copepoda)	64,5	0,0002
Amphipoda	73,7	0,0002
Chironomidae	27,0	0,0002
Plecoptera	5,6	0,0180
Insecta	29,5	0,0002



Слика 9. Дистрибуциони образац 26 категорија плена са СОМ регијама. Засенчавање се мења независно за сваку категорију плена.

4.4.1.2 Исхрана јувенилних јединки бодорке

Улазна матрица са узорцима бодорке садржала је велики број података. Свих 200 узорака са подацима о исхрани појединачних јединки распоређено је у СОМ мрежу са 72 неурона (8×9). Као и код јувенилног гречча, и на овој мрежи се издвајају три групе (Слика 10). Зелена је по броју неурона најбројнија са 32 неурона, затим следе плава са 22 неурона и црвена са 18.



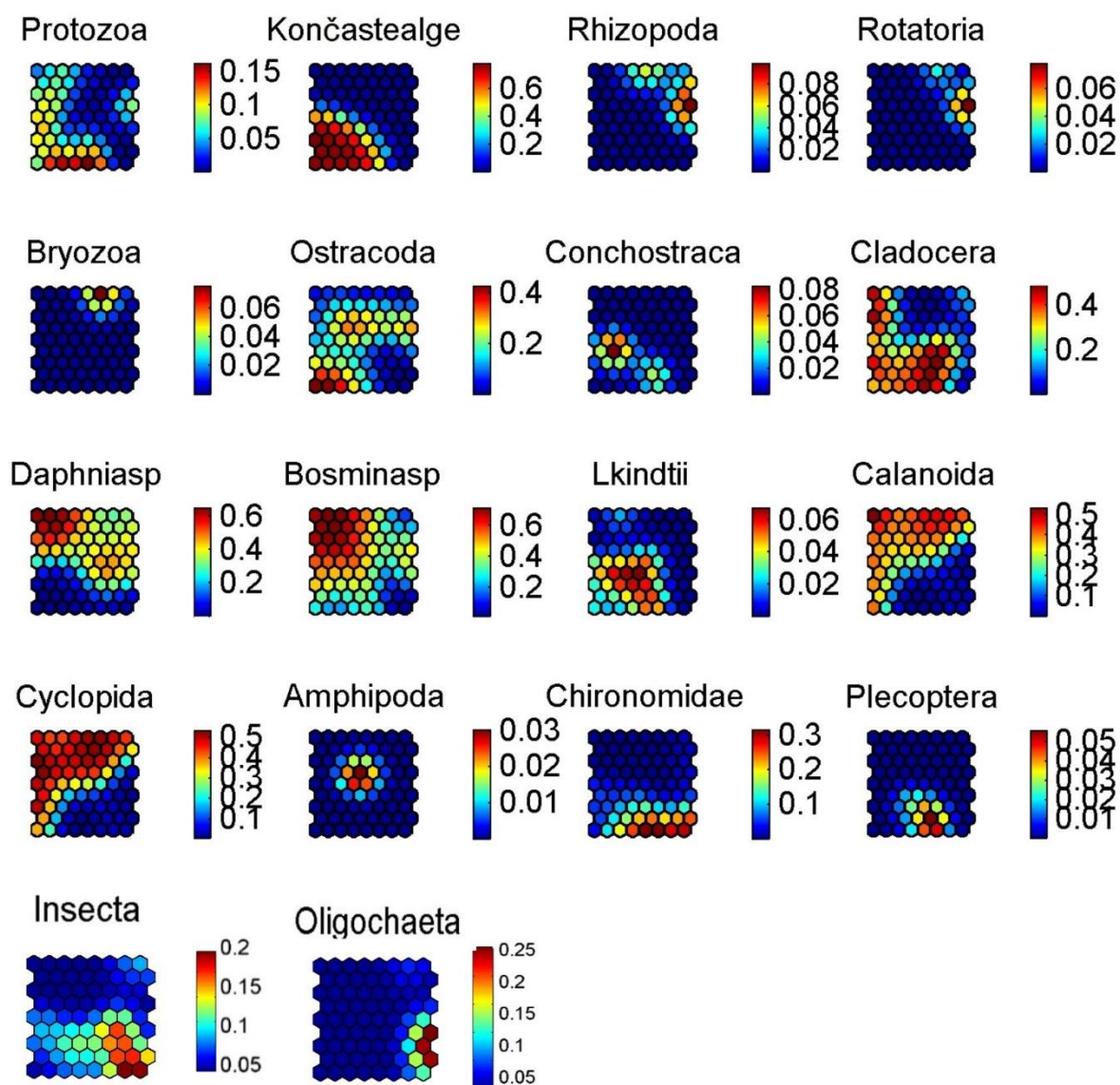
Слика 10. Цревни трактови 200 јединки бодорке приказаних кроз 72 СОМ излазна неурона распоређених у дводимензионалну решетку (8×9). Јединке су представљене скраћеницама које потичу од почетних слова латинског имена врсте и редним бројем јединке, а малом цртом је одвојено велико слово које преставља акумулацију из које је јединка узоркована (В - Бован, Gr - Гружа, S - Шумарице, Vr - Врутци, Vl - Власина, Ga - Газиводе).

Јединке бодорке изловљене из акумулација Бован, Гружа, Власина и Врутци су на излазној СОМ матрици распоређене у неуронима који чине зелену и црвену групу. Бројне јединке из Гружанске акумулације су све концентрисане у зеленој групи, осим три које су припале црвеној. Јединке бодорке из остале три горе поменуте акумулације су углавном равномерно распоређене у овим двама групама. Плава група се значајно разликује од друге две из разлога што је искључиво састављена из јединки које су изловљене из акумулација Шумарице и Газиводе. Јединки из ове две акумулације и нема на другим неуронима СОМ мреже, уз изузетак једне јединке која се нашла у црвеној групи.

Бодорка, уз јувенилне јединке греча, има најразноврснију исхрану и била је присутна у мрежама у свим истраживаним акумулацијама. IndVal анализа је вршена за 18 различитих категорија плена и СОМ метода је за исти број плена приказала дистрибуциони образац (Табела 30 и Слика 11). Четрнаест категорија плена се издвојило у IndVal анализи као сигнификантно, али само седам има вредност индекса већу од 25. Осталих седам је важна компонента исхране за само одређене групе јединки.

Табела 30. Вредности IndVal индекса за сваку од категорија плена која се издвојила као сигнификантна ($p < 0,05$). Плен који је написан подебљаним словима представља индикаторе сваке групе са IndVal вредношћу већом од 25%. Остали пленови су статистички значајни, али са IndVal вредношћу мањом од 25%.

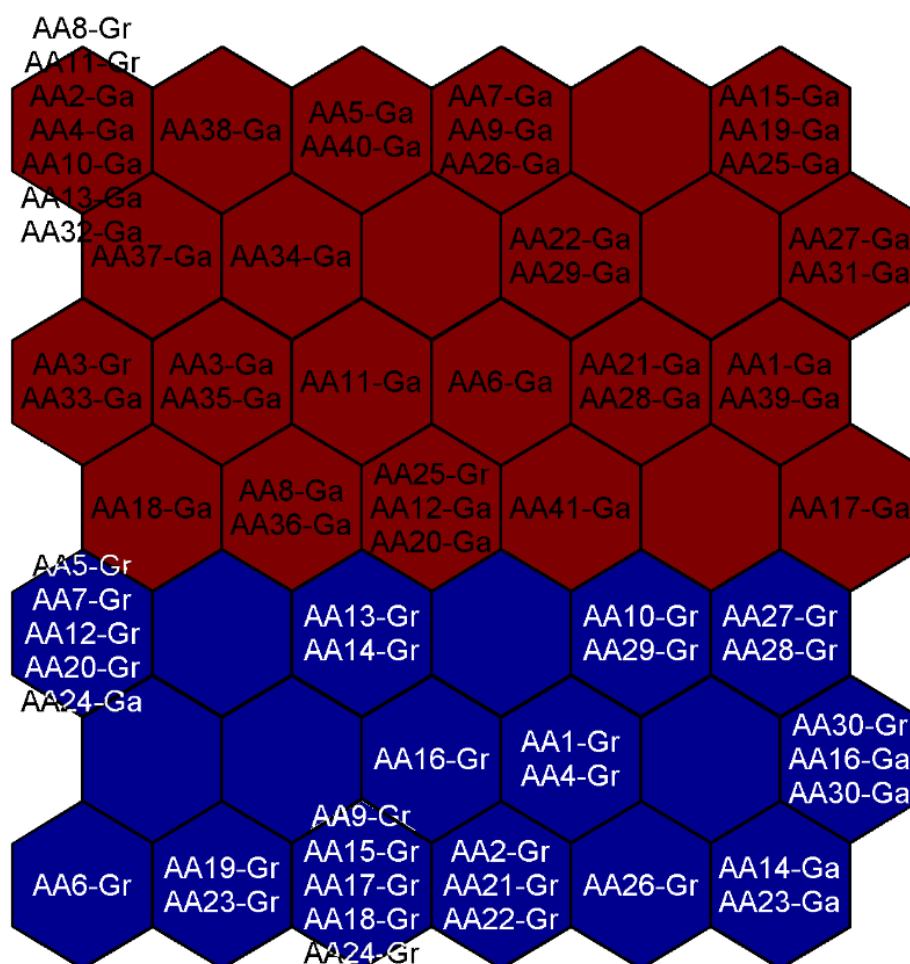
Категорија плена	IndVal	p
Protozoa	16,4	0,0030
Кончасте алге	99,8	0,0002
Ostracoda	37,1	0,0002
Conchostraca	5,4	0,0320
Cladocera	44,6	0,0002
Daphnia sp.	59,7	0,0002
Bosmina sp.	51,5	0,0002
Leptodora kindtii	10,7	0,0020
Calanida (Copepoda)	69,4	0,0002
Cyclopoida (Copepoda)	69,2	0,0002
Chironomidae	23,1	0,0010
Plecoptera	5,4	0,0286
Insecta	24,6	0,0002
Oligochaeta	19,1	0,0002



Слика 11. Дистрибуциони образац 18 категорија плена са СОМ регијама. Засенчавање се мења независно за сваку категорију плена.

4.4.1.3 Исхрана јувенилних јединки уклије

Дводимензионална решетка СОМ мреже јувенилних јединки уклије, са улазном матрицом од 71 јединке, састоји се од две групе, црвене (24 неурона) и плаве (18 неурона) (Слика 12).



Слика 12. Цревни трактови 71 јединке уклије приказаних кроз 42 СОМ излазна неурона распоређених у дводимензионалну решетку (6×7). Јединке су представљене скраћеницама које потичу од почетних слова латинског имена врсте и редним бројем јединке, а малом цртом је одвојено велико слово које представља акумулацију из које је јединка узоркована (Gr - Гужа, Ga - Газиводе).

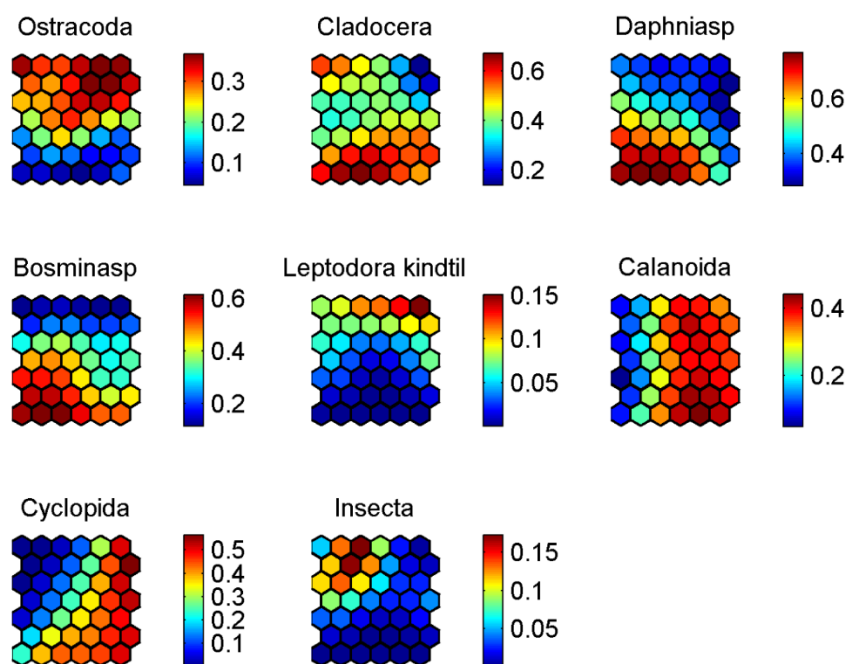
Црвена група је по броју неурона бројнија и њу највећим делом чине узорци уклије из Газиводске акумулације и то 36 узорака, уз још три узорка из акумулације

Гружа. У плавој групи ситуација је супротна. Њу чине јединке уклије из акумулације Гружа (27 јединки), уз само пет јединки уклије из акумулације Газиводе.

Јединке уклије из акумулација Гружа и Газиводе у исхрани користе осам различитих врста плена, од тога седам се издвојило као статистички значајно, али шест има вредност IndVal индекса већу од 25 (Табела 31 и Слика 13).

Табела 31. Вредности IndVal индекса за сваку од категорија плена која се издвојила као сигнификантна ($p < 0,05$). Плен који је написан подебљаним словима представља индикаторе сваке групе са IndVal вредношћу већом од 25%. Остали пленови су статистички значајни, али са IndVal вредношћу мањом од 25%.

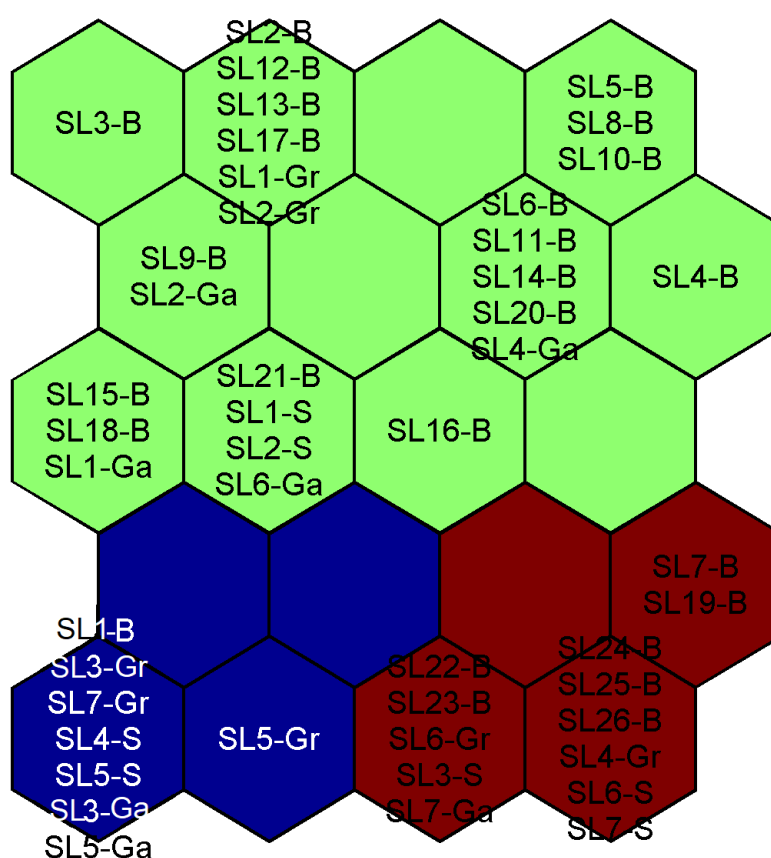
Категорија плена	IndVal	p
Ostracoda	79,4	0,0002
Cladocera	67,3	0,0006
Daphnia sp.	80,1	0,0002
Bosmina sp.	72,6	0,0002
Leptodora kindtii	25,0	0,0032
Cyclopoida (Copepoda)	49,4	0,0108
Insecta	20,0	0,0134



Слика 13. Дистрибуциони образац 8 категорија плена са СОМ регијама. Засенчавање се мења независно за сваку категорију плена.

4.4.1.4 Исхрана адултних јединки смуђа

Исхрана адултних јединки мање је разноврсна од исхране јувенилних јединки, пошто је плен ових јединки неупоредиво крупнији. Стога су и решетке излазне COM матрице адултних јединки састављене од мањег броја неурона. На слици 14 у виду решетке (4×5) је приказана исхрана адултних јединки смуђа, коју чине три групе, зелена, црвена и плава. Зелена је сачињена од 12 неурона, док плава и црвена група имају једнак број неурона, четири.



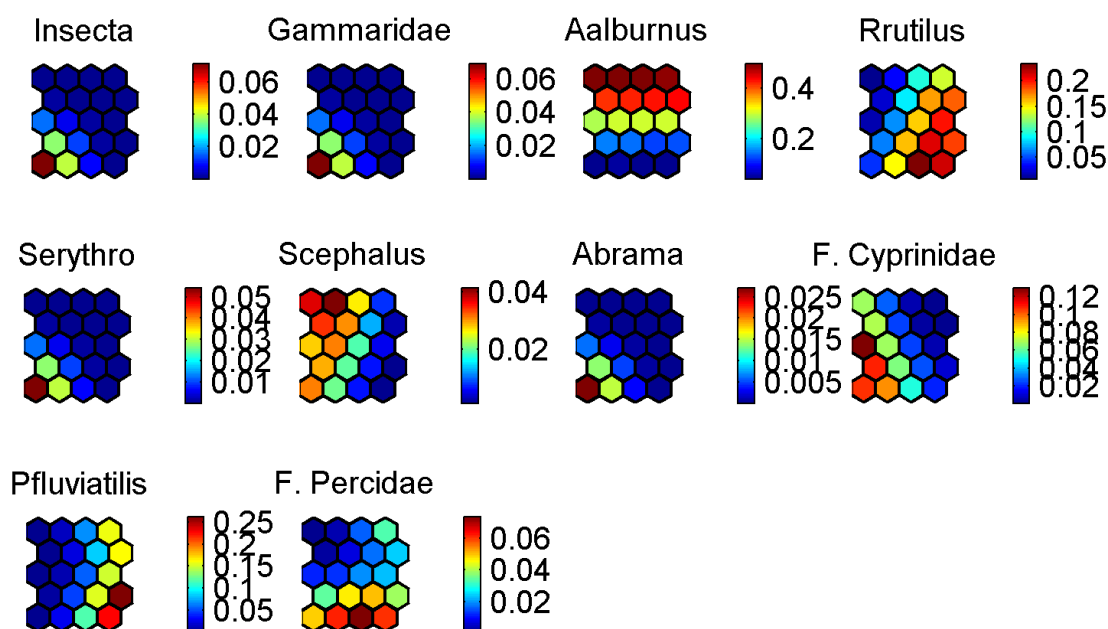
Слика 14. Цревни трактови 47 јединки смуђа приказаних кроз 20 COM излазних неурона распоређених у дводимензионалну решетку (4×5). Јединке су представљене скраћеницама које потичу од почетних слова латинског имена врсте и редним бројем јединке, а малом цртом је одвојено велико слово које представља акумулацију из које је јединка узоркована (B - Бован, Gr - Гружа, S - Шумарице, Ga - Газиводе).

Током овог истраживања јединке смуђа су биле присутне у акумулацијама Бован, Гружа, Газиводе и Шумарице. У свакој од група решетке, која представља исхрану ове врсте, су јединке из све четири поменуте акумулације, с тим што зелена група броји највише чланова, више него друге две групе заједно.

Као што су и други индекси анализе исхране риба у претходним одељцима овог поглавља студије показали, IndVal анализа и COM дистрибуција различитих пленова су потврдили да се у исхрани смуђа уклија издваја као плен који је највише заступљен (Табела 32 и Слика 15).

Табела 32. Вредности IndVal индекса за категорију плену која се издвојила као сигнификантна ($p < 0,05$). Плен који је написан подебљаним словима представља индикаторе сваке групе са IndVal вредношћу већом од 25%.

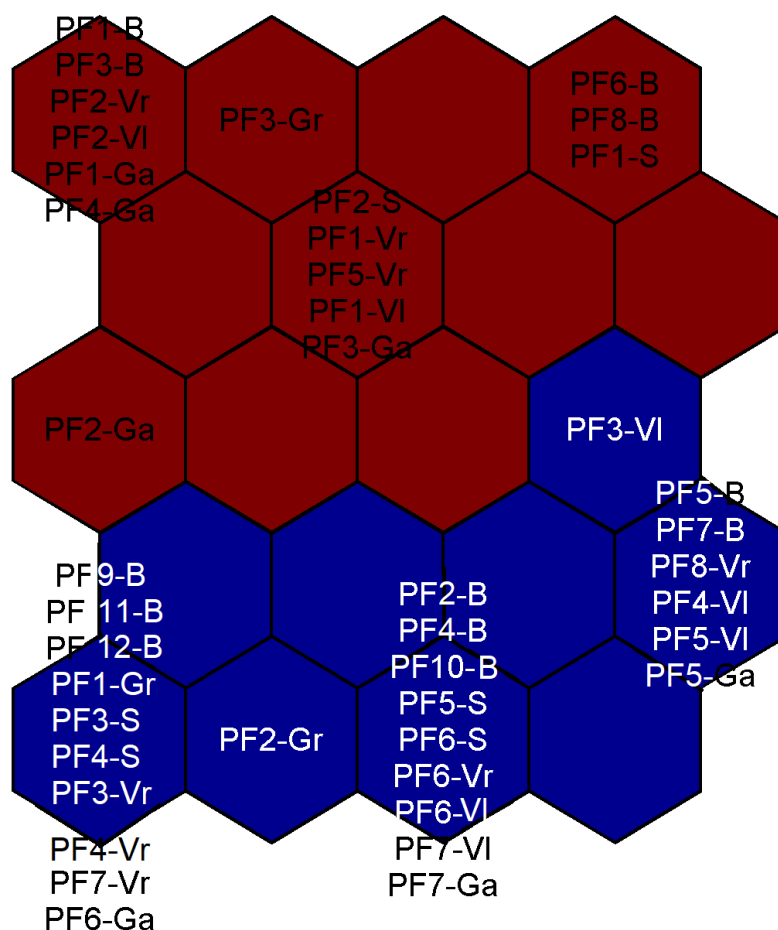
Категорија плену	IndVal	p
уклија	95,8	0,0002



Слика 15. Дистрибуциони образац 10 категорија плену са COM регијама. Засенчавање се мења независно за сваку категорију плену.

4.4.1.5 Исхрана адултних јединки гргеча

Исхрана адултних јединки гргеча, анализирана помоћу самоорганизујућих мапа указала је на присуство две групе неурона (црвених и плавих) у дводимензионалној решетки 4×5 (Слика 16).



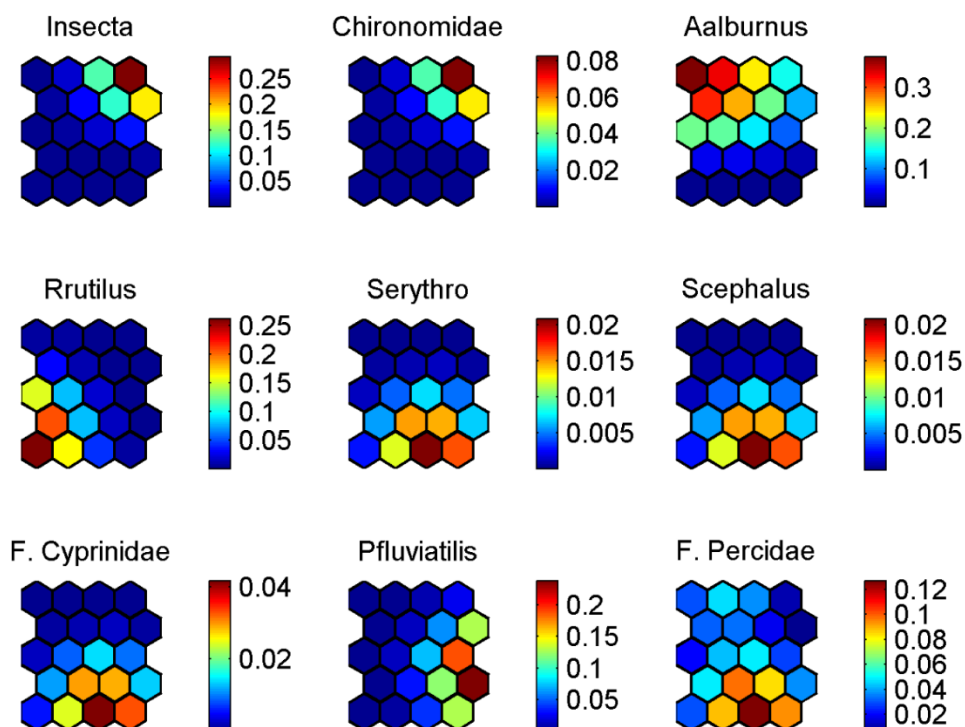
Слика 16. Цревни трактови 43 јединке адултног гргеча приказаних кроз 20 СОМ излазних неурона распоређених у дводимензионалну решетку (4x5). Јединке су представљене скраћеницама које потичу од почетних слова латинског имена врсте и редним бројем јединке, а малом цртом је одвојено велико слово које представља акумулацију из које је јединка узоркована (В - Бован, Gr - Гружа, S - Шумарице, Vr - Врутци, VI – Власина, Ga - Газиводе).

Црвених неурона има 11, док је плавих два мање. У обе групе решетке су јединке из свих шест анализираних акумулација у овој студији, с тим што је по броју узорака бројнији плави део мреже.

Трећина од укупног броја забележених категорија плена у исхрани адултних јединки гргеча се издвојила као значајна након COM методе и IndVal анализе (Табела 33 и Слика 17). Инсекти су плен који само одређене групе јединки користе, јер вредност p је статистички значајна, али на то не указује и IndVal анализа. Добијени резултати потврђују појаву канибализма у испитиваним популацијама гргеча.

Табела 33. Вредности IndVal индекса за сваку од категорија плена која се издвојила као сигнификантна ($p < 0,05$). Плен који је написан подебљаним словима представља индикаторе сваке групе са IndVal вредношћу већом од 25%. Остали пленови су статистички значајни, али са IndVal вредношћу мањом од 25%.

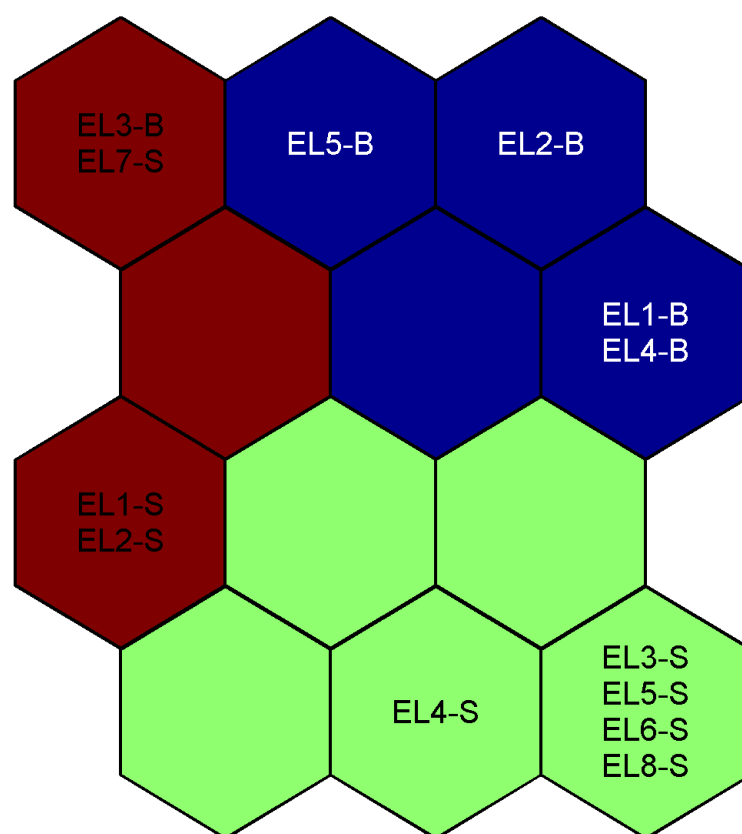
Категорија плена	IndVal	p
Insecta	18,8	0,0412
уклија	85,2	0,0002
бодорка	36,4	0,0238
гргеч	25,9	0,0458



Слика 17. Дистрибуциони образац 9 категорија плена са COM регијама. Засенчавање се мења независно за сваку категорију плена.

4.4.1.6 Исхрана адултних јединки штуче

Тринаест јединки штуче са две акумулације, Бован и Шумарице, распоређено је у СОМ мрежу 3×4 , са три групе неурона (Слика 18). Ова мрежа је по броју неурона најмања која је добијена у овој студији, јер је и број прикупљених узорака штуче најмањи такође.



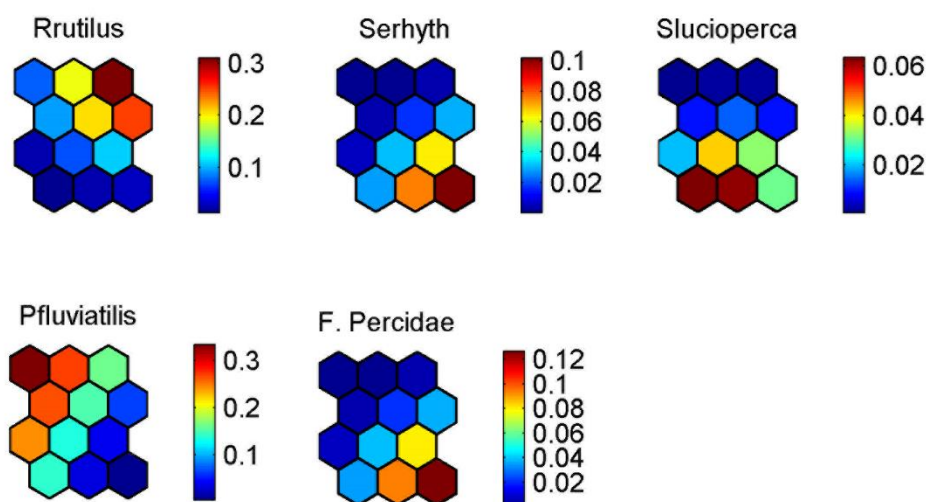
Слика 18. Цревни трактови 13 јединки штуче приказаних кроз 12 СОМ излазних неурона распоређених у дводимензионалну решетку (3×4). Јединке су представљене скраћеницама које потичу од почетних слова латинског имена врсте и редним бројем јединке, а малом цртом је одвојено велико слово које представља акумулацију из које је јединка узоркована (В - Бован, S - Шумарице).

Црвена група иако по броју неурона најмање бројна садржи јединке и из акумулације Бован и из акумулације Гружа. Друге две групе су потпуно униформне. Плава садржи искључиво узорке из Бованске акумулације, док зелену чине само узорци са акумулације Шумарице.

Исхрана штуке најмање је разноврсна у поређењу са осталим анализираним врстама обухваћених овом студијом. Приликом употребе COM и IndVal анализе два плена (уклија и греч) су се издвојила као статистички значајна и са високим вредностима IndVal индекса (Табела 34 и Слика 19).

Табела 34. Вредности IndVal индекса за сваку од категорија плена која се издвојила као сигнификантна ($p < 0,05$). Плен који је написан подебљаним словима представља индикаторе сваке групе са IndVal вредношћу већом од 25%.

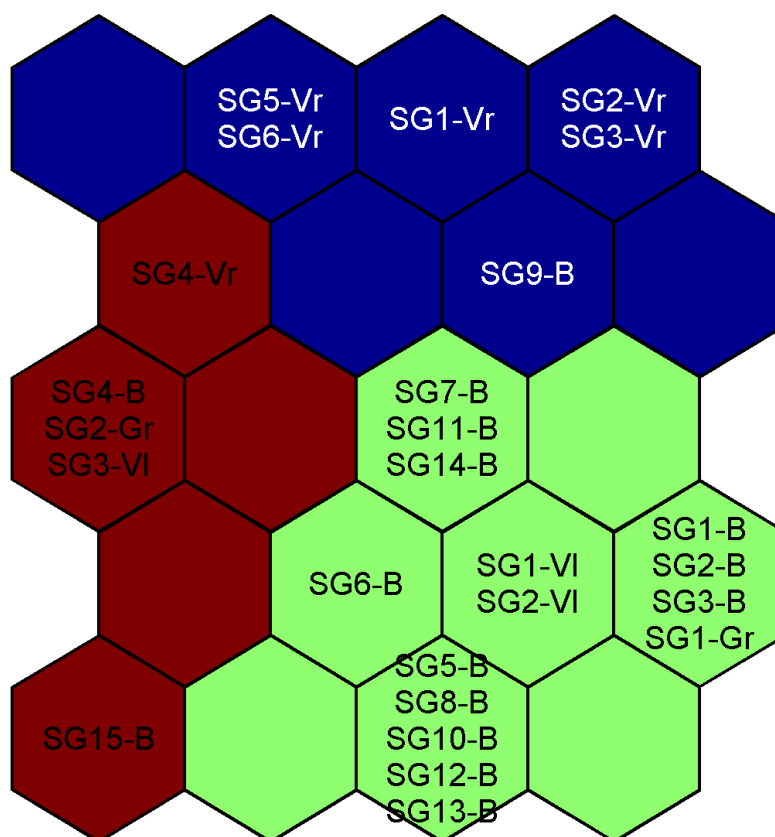
Категорија плена	IndVal	p
бодорка	100,0	0,0024
греч	75,0	0,0194



Слика 19. Дистрибуциони образац 5 категорија плена са COM регијама. Засенчавање се мења независно за сваку категорију плена.

4.4.1.7 Исхрана адултних јединки сома

Слика 20 приказује исхрану адултних јединки сома кроз излазну матрицу COM методе. У мрежи 4×5 су се издвојиле три групе неурона, од којих је најбројнија зелена група са осам неурона, затим следе плава са седам и црвена са пет неурона.



Слика 20. Цревни трактови 26 јединки сома приказаних кроз 20 COM излазних неурона распоређених у дводимензионалну решетку (4×5). Јединке су представљене скраћеницама које потичу од почетних слова латинског имена врсте и редним бројем јединке, а малом цртом је одвојено велико слово које представља акумулацију из које је јединка узоркована (B - Бован, Gr - Гружа, Vr -Врутци, VI – Власина).

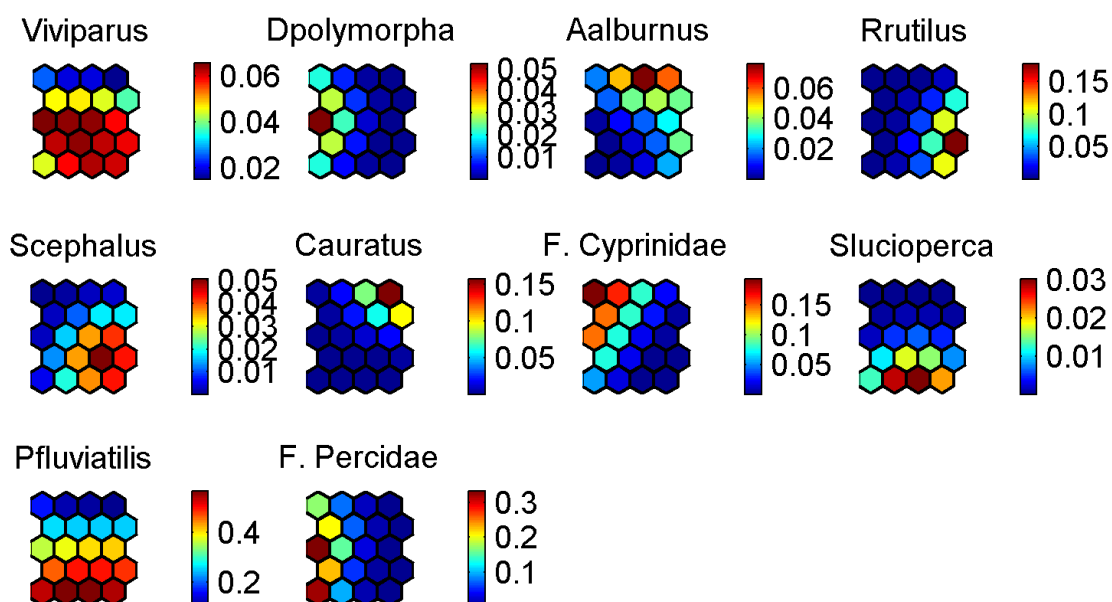
У плавој групи су садржани сви узорци из акумулације Врутци, сем једног који је распоређен у црвеној групи, и један од три узорка из акумулације Бован. Преостала два узорка из акумулације Бован су распоређени по један у друге две групе на решетки.

Црвена група по броју неурона је најмање бројна, али садржи узорке из све четири акумулације на којима је сом изловљен. У зеленој групи су узорци сома из акумулација Бован, Власина и Груза.

Адултне јединке сома изловљене из акумулација Бован, Груза, Врутци и Власина у исхрани користе десет различитих категорија плена. Од тих 10 само два плена имају вредност IndVal индекса већу од 25 и статистички су значајна (Табела 35 и Слика 21).

Табела 35. Вредности IndVal индекса за сваку од категорија плена која се издвојила као сигнификантна ($p < 0,05$). Плен који је написан подебљаним словима представља индикаторе сваке групе са IndVal вредношћу већом од 25%.

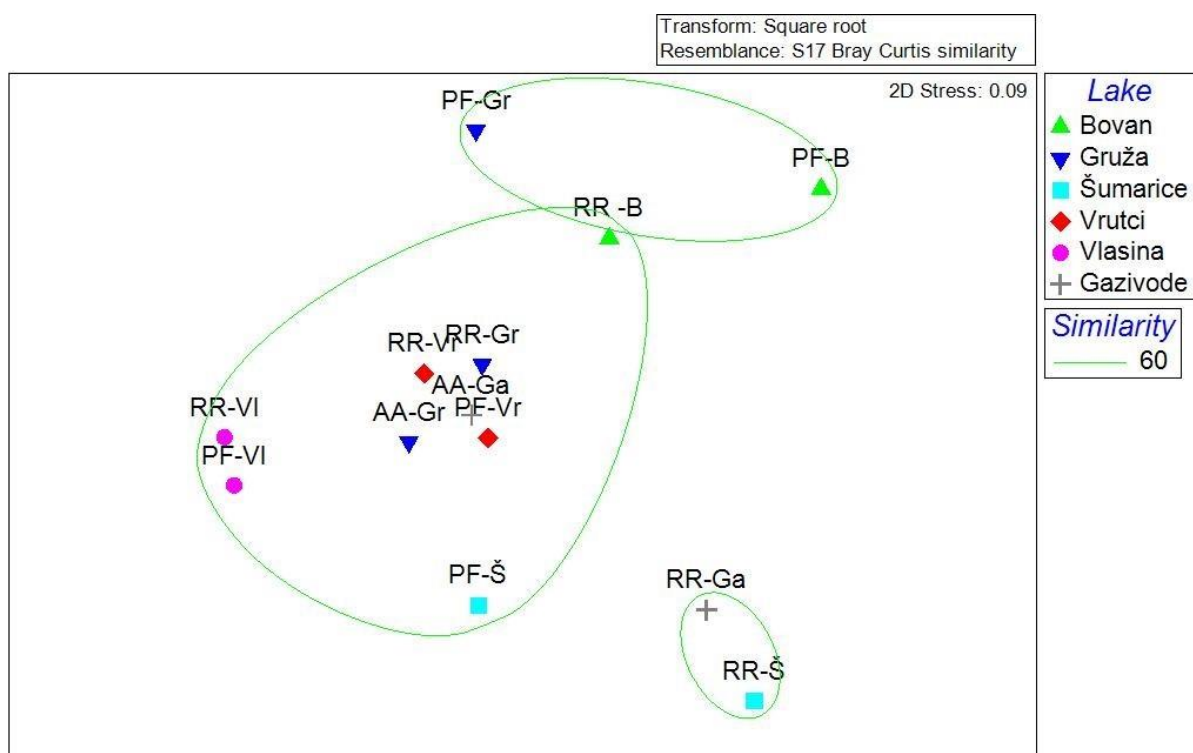
Категорија плена	IndVal	p
греч	61,4	0,0060
Fam. Percidae	100,0	0,0002



Слика 21. Дистрибуциони образац 10 категорија плена са СОМ регијама. Засенчавање се мења независно за сваку категорију плена.

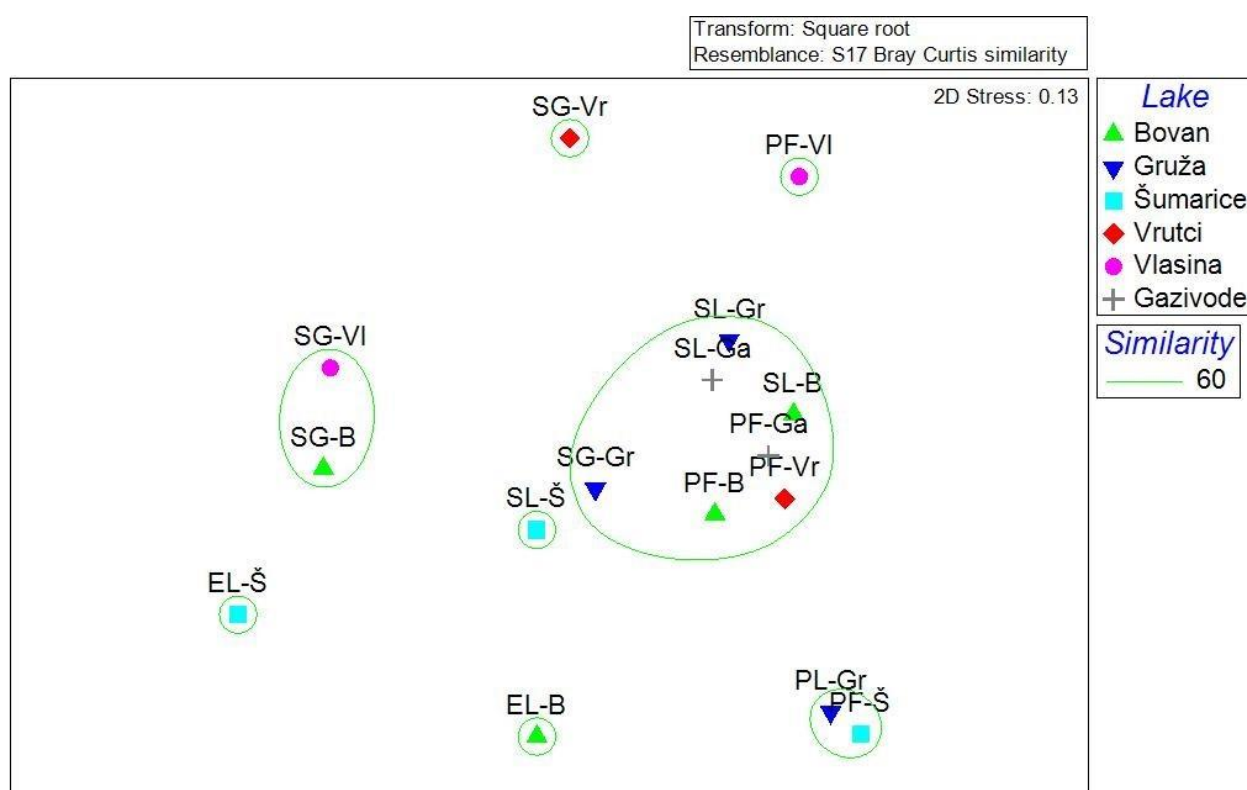
4.4.2 NMDS анализа

За поређење исхране међу различитим врстама унутар једног језера у овој студији коришћен је Schoener's overlap index. Поређење исхране међу свим јувенилним или свим адултним јединкама из свих шест истраживаних акумулација на овај начин је тешко, јер је количина података велика. Из тог разлога, како би се истражиле сличности међу и унутар врста на свим истраживаним акумулацијама примењена је мултиваријантна техника. Мултидимензионално скалирање (NMDS) %PV вредности код исхране јувенилних јединки и %IRI вредности адултних јединки открило је три различите групе код јувенилних јединки (Слика 22) и осам група код адултних јединки (Слика 23), на 60% сличности.



Слика 22. NMDS приказ сличности у исхрани међу јувенилним јединкама сваке врсте из свих истраживаних акумулација. Ординација је заснована на матрици Bray-Curtis коефицијента сличности изведеног из логаритамски трансформисаних ($\log_{10}[x+1]$) %PV вредности категорије плена. Врсте су означене следећим симболима: гргеч PF, бодорка RR и уклија AA.

Као што је већ горе поменуто на слици 22 издвојиле су се три групе. Прва група садржи само два члана и то бодорке из акумулација Газиводе и Шумарице. Ове две врсте су оправдано издвојене, јер једине конзумирају кончасте алге и то са фреквентношћу појаве плена од 100%. Друга група има три члана, гргеча из акумулација Бован и Гружа и бодорку из Бовна, с тим што је она заједнички члан друге и треће групе у којој су све преостале врсте. Припадницима друге групе је заједничко што користе у исхрани највише копеподе, а члановима треће групе да највише користе кладоцере. Бодорка из акумулације Бован користи у исхрани и кладоцере и копеподе у сличној мери и зато припада обема групама.



Слика 23. NMDS приказ сличности у исхрани међу јувенилним јединкама сваке врсте из свих истраживаних акумулација. Ординација је заснована на матрици Bray-Curtis коефицијента сличности изведеног из логаритамски трансформисаних ($\log_{10}[x+1]$) %IRI вредности категорије плена. Врсте су означене следећим симболима: смуђ SL, гргеч PF, шuka EL и сом SG.

Осам различитих група се издвојило на слици 23. Од тих осам, пет група садрже само по једну врсту. Сом из акумулације Врутци је сам у групи јер једини конзумира бабушку, док је греч из Власине издвојен јер за њега најфреквентнији плен су неидентификоване врсте фамилије *Cyprinidae*. Штуку из акумулације Шумарице издваја што конзумира црвенперку и смуђа, док штука из Бовна, која је такође једини припадник групе, конзумира само два плена, бодорку и греча. Смуђ из акумулације Шумарице у скоро подједнакој мери користи у исхрани греча, црвенперку и уклију. Две групе садрже по два члана. У једној је греч из акумулација Гружа и Шумарице и најзначајнији плен за њих је бодорка, док су у другој сом из акумулација Власина и Бован и издвојени су, јер греча највише користе у својој исхрани. Све остале врсте су у осмој групи и заједничко им је да као доминантне пленове имају уклију и греча.

5. Дискусија

Формирање акумулација представља глобалну појаву са вишеструким економским и еколошким значајем (Jackson et al., 2001; Miranda, 2001). На структуру и функционисање ових екосистема велики утицај имају заједнице хидробионата, међу којима су рибе најсложенији организми. Трофички односи који се формирају у рибљим заједницама акумулација су често веома комплексни. Грабљиве врсте риба представљају завршне (топ) предаторе у њима и могу да доведу до ефекта трофичких каскада (Carpenter et al., 1985; Eby et al., 2006). Када се говори о грабљивим рибама, смуђ, гргеч и штука су врсте које су карактеристичне за ихтиофауну већине европских језера (Dörner et al., 2007), док је сом окарактерисан као најкрупнија грабљивица у Европи (Syväranta et al., 2010). Са друге стране, Persson et al. (1991) и Kubečka (1993) наводе да су гргеч и бодорка, а Komrowski (1998) додаје и уклија врсте које су најчешће присутне у мезотрофним и еутрофним европским језерима и својом биомасом (посебно најмлађом узрасном категоријом 0+) највише доприносе ихтиопродукцији ових екосистема (Peterka & Matěna, 2009). У исто време, управо ове три врсте представљају најфреквентније пленове адултним јединкама истраживаних врста у овој студији. Сходно томе, не изненађује податак да када су за потребе ове студије изловљавани јувенилни примерци риба, за анализу исхране потенцијалног плена, да су јединке гргеча и бодорке, уз уклију, биле најбројније у мрежама.

Да би се утврдио утицај различитих фактора на динамику и опстанак популација риба, важно је да се зна које врсте плена конзумирају проучаване врсте. Компетиција је од велике важности за структурирање природних екосистема (Schoener, 1982) и присуство интерспецијске конкуренције се манифестује расподелом ресурса међу врстама које коегзистирају (Vøllestad, 1985). Врсте које припадају истој еколошкој групи могу да коегзистирају једино ако имају различите одговоре на ограничавање есенцијалних ресурса (MacArthur & Levins, 1967) или ако живе у условима неограничених животних ресурса (ретка појава). Иако се свака риба храни својствено својој врсти, њена исхрана зависи од хране која јој је на располагању (Dinh et al., 2017).

Ципринидне врсте могу својим животним активностима да испоље негативан утицај на квалитет воде. Прекомерно конзумирање зоопланктона, излучивање продуката метаболизма, подизање нутријената из подлоге и друге последице су често резултат прехранбених активности одређених врста риба (Norppila, 1994). Велика бројност бентиворних риба, као што су шаран и деверика, може да имплицира

негативан утицај на водену макровегетацију и њено искорењивање из неког дела екосистема као последица ресуспензије седимента, што доводи и до смањења броја крупног зоопланктона (Zambrano & Hinojosa, 1999; Mehner et al., 2002; Bajer et al., 2009; Peretyatko et al., 2012), јер макрофите пружају заштиту зоопланктону од предатора (Stansfield et al., 1997). Са друге стране, редукцијом бројности планктиворних риба, као што су бодорка и јувенилне деверике, смањује се притисак на зоопланктон, доводећи до top-down контроле бројности фитопланктона (Heerdt & Hootsmans, 2007).

Интересантно је да деверика, иако присутна у свим истраживаним акумулацијама као бројна или чак веома бројна врста, није заступљена у исхрани грабљивица, уз један изузетак. Пронађена је једна јединка деверике у једном цревном тракту смуђа на Бованској акумулацији. Деверика и смуђ, који је највећи предатор у пелагичним зонама еутрофних вода (Ginter et al., 2011) заузимају исту еколошку нишу, али низак удео учешћа деверике у исхрани смуђа није изненађујућ и последица је ограниченог зева (*енг. gape limit*) смуђа и немогућности да прогута плен који има „високо” тело (Salonen et al., 1996; Smith et al., 1998; Nilsson & Brönmark, 2000; Dörner et al., 2007). Такође, и Kangur et al. (2007) констатују малу релативну заступљеност деверике у исхрани овог предатора.

Шаран је рибља врста која се, уз деверику, помиње као чест узрочник ресуспензије седимента. Иако присутан у акумулацијама Шумарице, Власина, Врутци и Газиводе, шаран није пронађен у цревним траковима истраживаних грабљивица, мада постоје наводи да га штука користи у исхрани (Sammons et al., 1994; Paukert et al., 2003; Flinders & Bonar, 2008).

Умерену заступљеност бодорке у исхрани истраживаних грабљивица треба посматрати као последицу ниског телесног облика, нарочито код младих јединки, као и велике бројности и заступљености у истраживаним акумулацијама. У акумулацији Бован све четири грабљивице користе бодорку у исхрани, али се код гргеча и штуке у исхрани бодорка нарочито издваја. Eklöv & VanKooten (2001) су забележили да предатори попут гргеча и штуке, који лове дању, могу да проузрокују промене у станишту бодорке, у смислу њеног померања на место мањег ризика од предатора и премештања у хабитате где је заштита од предатора већа. У акумулацији Гружа бодорку, најчешће конзумира гргеч, затим сом и смуђ. И у акумулацијама Шумарице и Врутци бодорка има висок удео у исхрани гргеча, док у акумулацији Газиводе смуђ и

греч у сличној мери користе бодорку. Бодорка није регистрована у цревним садржајима грабљивица које насељавају акумулацију Власина.

Да је бодорка најдоминантнија врста присутна у исхрани смуђа забележили су и Brabrand & Faafeng (1993) и Frankiewicz et al. (1996), док Kopp et al. (2009) уз бодорку, као најдоминантнији плен, помињу и уклију. Смуж постаје писцивор током прве године живота, при чему риба може да заузима значајан проценат у исхрани ове врсте при дужини од само 2-3 cm (van Densen, 1985; Kangur et al., 2007). Collette et al. (1977) смуђа карактеришу као најоблигаторнијег писцивора у поређењу са осталим припадницима породице Percidae. И у овом истраживању, уклија се показала као најзаступљенији плен код смуђа, осим у Шумаричкој акумулацији, где је најдоминантнији плен смуђа греч. Уклија је позната по морфологији која је идеална да би била плен смужу, лако је сварљива и има високу нутритивну вредност (Argillier et al., 2003). Узимајући у обзир да је величина зева греча мања него код смуђа, резултат тога је бољи предатор – плен однос у корист смуђа (Mehner et al., 1996). То одговара и тврдњама Dörner et al. (2007) о доминацији греча у исхрани смуђа и његове важности као плена. У бореалним језерима смуж најчешће конзумира греча (Peltonen et al., 1996; Vehanen et al., 1998), док у исхрани популација смуђа које насељавају средњеевропска језера доминирају ципринидне врсте (Dörner et al., 2007). Једино је у акумулацији Шумарице црвенперка плен смужу, будући да је једино у овој акумулацији забележено присуство обе врсте, и смуђа и црвенперке. Присуство инсеката и ракова из фамилије Gammaridae у цревном тракту смуђа, којима се адултне јединке иначе не хране, може да се објасни остацима хране који су конзумирани од стране омниворних риба којима се смуж хранио, што потврђују Kopp et al. (2009). Исти аутори наводе да смуж у исхрани преферира бодорку и уклију чешће него греча. Didenko & Gurbyk (2016) пишу да уз рибе смуж конзумира и молуске, чак и врсту *Dreissena polymorpha*, водене биљке и бележе канибализам у популацијама смуђа. Канибализам у популацијама смуђа су констатовали и други аутори, а неки од њих су: Veljović (1985), Mehner et al. (1996), Smith et al. (1996), Kangur & Kangur (1998), Dörner et al. (1999), Krpo-Ćetković (2004). Током овог истраживања није примећено присуство смуђа у цревним садржајима других јединки исте врсте, што доводи до закључка да у истраживаним акумулацијама канибализам у популацијама смуђа није уобичајен.

За разлику од смуђа канибализам је присутан у популацији греча. Канибализам код греча се у овом раду среће у акумулацијама Бован, Врутци, Власина и Газиводе,

док је у акумулацијама Гружа и Шумарице, забележен висок проценат индекса релативне важности за неидентификоване врсте из фамилије Percidae и велика је вероватноћа да међу њима управо има јединки гргеча. Пре више од 80 година, Allen (1935) је забележио појаву канибализма код гргеча, док нешто касније Ricker (1954) канибализам дефинише као регулатор густине рибље популације. Интензитет канибализма може да варира и снажно је повезан са растом канибала, као и растом плена (Persson et al., 2004), а познато је да најкрупније јединке из исте старосне групе прве постану писцивори (van Densen et al., 1996). Код риба из породице Percidae канибализам унутар једне кохорте може да доведе до губитка 50% јединки у прве две недеље (Baras et al., 2003; Kestemont et al., 2003; Babiak et al., 2004; Hamza et al., 2007). У четири акумулације (Бован, Врутци, Власина и Газиводе) и гргеч, попут смуђа, најчешће користи уклију. Ови наводи могу да се поткрепе и референцама других аутора. Wziątek et al. (2004) и Kopp et al. (2009) наводе да гргеч у исхрани користи уклију, крупатицу *Blicca bjorkna*, кркушу *Gobio gobio*, бодорку и гргеча. Simonović & Nikolić (1996) су у акумулацији Власина констатовали присуство бабушке и поточне мрене *Barbus balcanicus* у цревном тракту гргеча. Да јувенилни примерци бодорке, црвенперке и гргеча представљају основни плен гргечу сугеришу Estlander et al. (2010) и Sessuzzi et al. (2011). И резултати овог истраживања показују да гргеч преферира у исхрани ове врсте. Интересантан податак је да у мрежама извученим из Власинске акумулације није било јединки црвенперке, али присуство ждрелних зуба ове врсте у цревном тракту гргеча указује на њено постојање у овој акумулацији. Реч је највероватније о врсти *Scardinius knezevici*, с обзиром да дунавске црвенперке у акумулацији Власина нема (Simić et al., 2012a). У зависности од величине и дистрибуције расположивих прехранбених ресурса гргеч може да се храни зоопланктоном, бентосним макроинвертебратама или рибама (Persson et al., 1996). Постоје и подаци да се гргеч храни и рибљом икром (Zapletal et al., 2016), што може негативно да се одрази на читав екосистем уколико је у њему извршено планско порибљавање оплођеном икром. Dörner et al. (2003) су показали да су инвертебрати главна компонента у исхрани одраслих јединки гргеча. И резултати ове студије указују на присуство инсеката у цревном тракту гргеча изловљеног из акумулације Бован, и инсеката и хирономида код гргеча изловљеног из Шумаричке акумулације.

Штука је често присутан предатор у слатководним екосистемима и има велики утицај на структуру заједнице (Prejs et al., 1994; Berg et al., 1997). Штука изловљена из

аккумуляције Шумарице има разноврснију исхрану од оне изловљене из аккумуляције Бован. У аккумуляцији Бован, поред горе наведене бодорке, конзумира још и гречча, што се поклапа и са истраживањима Wysujack et al. (2001) и Amundsen et al. (2003), али у мањој мери него бодорку, док је у аккумуляцији Шумарице гречч најдоминантнији плен штуке, а следе га неидентификоване врсте фамилије Percidae, црвенперка и смуђ. Ипак, штука је предатор који постаје писцивор током прве године живота (Kangur & Kangur, 1998) и храни се опортунистички тако да у исхрану може да укључи многе врсте риба (Amundsen et al., 2003), као и птице (Magnhagen & Heibo, 2001). Alp et al. (2008) и Didenko & Gurbyk (2016) наводе да поред риба и инвертебрата, међу којима су и пијавице, штука конзумира још и водоземце. Неселективан је предатор и спектар исхране штуке искључиво зависи од расположиве хране (Raab, 1988; Adams, 1991; Margenau et al., 1998). Врста може брзо да усмери своју селективност ка неком плену као одговор на промену абунданце плена па је, сходно томе, и удео смуђа у исхрани штуке у корелацији са порастом бројности јединки у популацији смуђа у одређеном воденом екосистему (Kangur & Kangur, 1998). Крпо-Ћетковић (2004) као најфреквентнији плен штуке наводи укљују, бодорку и бабушку, док су Winfield et al. (2011) утврдили да чак 98% идентификованог плена штуке чини пет рибљих врста и то, језерска златовчица *Salvelinus alpinus*, поточна пастрмка *Salmo trutta*, гречч, штука и бодорка. Фактори који одлучују да ли предатор, као што је штука, може да прогута неки плен су величина тј. распон зева предатора и висина тела плена (Magnhagen & Heibo, 2001). Сходно томе, штука може да се храни греччом, који има високо тело (Kangur & Kangur, 1998), што потврђују и резултати ове студије, а Liao et al. (2002) наводе да се штука примарно храни рибом, што се такође слаже са резултатима ове студије. Чињеница да је штука озбиљан предатор који има велики утицај на све заједнице у екосистему забележио је пре више од четири века Sir Izack Walton (1653) у књизи „The Compleat Angler”, посветивши овој врсти више од 20 страна текста, назвавши је „тиранином слатке воде”.

Сом се храни инвертебратама, водоземцима, рибама, сисарима и воденим птицама (Simonović, 2001). Трофички спектар сома је већи од нпр. штуке или смуђа што му омогућује максимално коришћење расположивих прехранбених ресурса станишта (Copp et al., 2009). Током овог истраживања анализирана је исхрана сома изловљеног са четири аккумуляције: Бован, Гружа, Врутци и Власина. Само на аккумуляцији Врутци сом као најдоминантнији плен има бабушку, док се на остале три

акумулације гргеч истиче као плен који је највише заступљен у исхрани сома. Будући да гргеч живи и лови у јатима (Simonović, 2001), представља лако доступан плен предатору са великим распоном вилица какав је сом (Wysujack & Mehner, 2005). Као што наводе Copp et al. (2009) сом се храни и смуђем, али такав податак је једино забележен на акумулацији Бован. У анализираним цревним траковима сома из акумулација Бован и Гружа констатовано је присуство молуски и то у акумулацији Бован пужеви из рода *Viviparus* sp., а у акумулацији Гружа шкољка *Dreissena polymorpha*. С обзиром да *Dreissena polymorpha* има оштре ивице капака, и да је због те карактеристике непогодна за исхрану, могуће је да ју је сом као неселективан ловац случајно покупио са подлоге, јер је индекс релативне важности ове врсте у исхрани сома јако низак. Постоје подаци да сом уз ове две врсте молуски користи у исхрани и врсте рода *Planorbis* sp., ракове из фамилије Astacidae и водене биљке (Didenko & Gurbyk, 2016). Wysujack & Mehner (2005) су публиковали резултате истраживања о исхрани сома у којој су најзаступљеније циприниде попут бодорке, уклије и деверике, затим балавац *Gymnocephalus cernuus*, манић *Lota lota* и јегуља *Anguilla anguilla*, а Doğan Bora & Gül (2004) указују да сом најчешће конзумира смуђа, лињака *Tinca tinca* и бескичмењаке попут Gastropoda, Diptera, Odonata и Homoptera. Резултати ове студије, такође, показују да сом најчешће користи ципринидне врсте у исхрани, али у мањој мери него гргеча, осим у акумулацији Врутци. Syväranta et al. (2010) наводе да сом заузима у трофичкој пирамиди позицију типичну за писциворне рибе и да се примарно храни рибом. Међутим, Carol (2007) износи податке да се, у неким популацијама које насељавају водотокове Шпаније, сом, као опортунистички предатор, врло често храни црвеним барским раком (*Procambarus clarkii*, fam. Astacidae) чешће него рибама.

Зоопланктон је кључна компонента екосистема језера и акумулација (Riedel-Lehrke, 1997), и представља основну компоненту исхране рибље млађи (Karus et al., 2014). Hrbáček et al. (1961) и Brooks & Dodson (1965) у својим најранијим радовима указују да планктиворне рибе угрожавају квалитативан састав и продукцију зоопланктона. Крупне кладоцере рода *Daphnia* sp. су ефективни филтратори фитопланктона и имају важну улогу у одржању квалитета воде ограничавајући прекомеран пораст заједнице фитопланктона (Ha et al., 2013). Кладоцере имају значајну улогу у ланцу исхране, јер су интермедијери између нижих ступњева ланца и риба (Korovchinsky, 1996). Крупни облици зоопланктона могу да конзумирају крупније облике фитопланктона у поређењу са ситнијим зоопланктоном (Riedel-Lehrke, 1997).

Тако представници *Bosmina* sp. иако широко распрострањени, имају малу улогу у ланцима исхране, јер се хране ситнијим облицима фитопланктона, док врсте рода *Daphnia* sp. конзумирају крупније фитопланктонске организме (Hansson et al., 1998a). Јувенилне јединке у овој студији конзумирају у различитој мери оба поменута рода кладоцера. *Bosmina* sp. једино није забележена у цревном тракту греча и бодорке из Власинске акумулације, док *Daphnia* sp. није забележена код бодорке из акумулације Шумарице.

У већини европских језера греч и бодорка су уобичајене врсте које заузимају исту еколошку нишу и често су компетитори током јувенилног стадијума (Syväranta & Jones, 2008; Syväranta et al., 2011). Хране се организмима који припадају и планктонским и бентосним заједницама (Bergman & Greenberg, 1994; Horpilla et al., 2000), док уклија живи у јатима (Chappaz et al., 1998) и облигатни је планктивор, који се храни ситним планктонским рачићима током целог живота (Vinni et al., 2000; Specziár & Rezsű, 2009) и инсектима са површине воде (Białokoz, 1990; Politou et al., 1993; Biro & Musko, 1995). Уклија и планктиворни јувенилни стадијум бодорке показују знатну сличност у исхрани што указује на могућу интерспецијску конкуренцију (Vøllestad, 1985; Kompowski, 1998; Bogacka-Kapusta & Kapusta, 2007). Компоненте исхране које се најчешће срећу код јувенилних стадијума истраживаних врста у овој студији су кладоцере родова *Daphnia* sp. и *Bosmina* sp., затим циклопоидне и каланоидне копеподе. У Бованској акумулацији, где је исхрана јувенила и најразноврснија, греч најчешће бира копеподе и то у већој мери циклопоидне, док бодорка уз копеподе у сличној мери конзумира и кладоцере попут *Daphnia* sp. и *Bosmina* sp. Слична је ситуација и у Гружанској акумулацији, где су *Daphnia* sp. и *Bosmina* sp. најзаступљеније у исхрани бодорке и уклије, док су код греча то циклопоидне, а затим и каланоидне копеподе. Интересантно је да је *Daphnia* sp. била присутна у сваком анализираном цревном тракту све три рибље врсте, али је код бодорке и уклије заступљенија него код греча. Иако су присутне у исхрани јувенилних јединки истраживаних врста ове студије, копеподе су знатно мање присутне у поређењу са кладоцерама. То је последица способности копепода да развију одређене антипредатор стратегије којима избегавају да постану плен предатора (Drenner et al., 1978; Alajärvi & Horppila, 2004; Karus et al., 2014). Наиме, копеподе како би избегле предаторе, а и различите неповољне периоде, улазе у дијапазу, најекстремнији начин преживљавања, током кога заустављају метаболичке процесе и

мирују на већим дубинама (Pasternak et al., 2006). Гргеч и бодорка у акумулацијама Власина и Врутци имају сличне преференције према плену, тако да су кладоцере њихов најзаступљенији плен, као и код гргеча у Шумаричкој акумулацији и уклије на акумулацији Газиводе. Доминацију кладоцера у исхрани гргеча потврђују Skrzypczak et al. (1998), при чему је налаз *Daphnia* sp. чешћи него *Bosmina* sp. (Evtimova et al., 2015). Кончасте алге су фреквентан плен у исхрани бодорки из Шумаричке и Газиводске акумулације, што је у сагласности са истраживањима других аутора који наводе да бодорка често конзумира плен који није анималног порекла (Prejs, 1978; Persson, 1983; Brabrand, 1985; Jamet et al., 1990). Hammer (1985) и Tarvainen et al. (2002) наводе да планктонски рачићи (кладоцере и копеподе) преовлађују у исхрани бодорке старости 0+. Такође, Vašek et al. (2006) и Peterka & Matěna (2009) истичу зоопланктон као главну компоненту исхране јувенилних бодорки, с тим да се заступљеност зоопланктона у исхрани смањује како долази до онтогенетских промена и да бива замењен макрофитама и детритусом. Насупрот томе, Lyagina (1972) и Vøllestad (1985) указују да бодорка не губи наклоност према зоопланктону, а да висока заступљеност алги и макрофита у њеној исхрани указује на малу доступност анималног плена. Romare (2000) наводи да гргеч у најранијим стадијумима развића конзумира ротаторије, а са старошћу се та склоност ка храни мења и тада прелази на циклопоидне копеподе и мале кладоцере и затим на крупне кладоцере.

Много је радова на тему исхране јувенилних јединки бодорке, уклије и гргеча и мишљења су опречна. Аутори Bergman (1988, 1990); Bergman & Greenberg (1994); Persson et al. (2000b); Peterka (2006); Estlander et al. (2010) су мишљења да гргеч и бодорка имају исте преференције према зоопланктону, док Rezsű & Specziár (2006) и Schleuter & Eckmann (2008) наводе да су склоности ка храни ове две врсте различите. Флексибилност у дељењу еколошке нише зависи од степена специјализације одређене врсте (Schulze et al., 2012). Да уклија конзумира исти плен као бодорка наводе Bogacka-Karusta & Karusta (2007), а Mehner et al. (2005) као заједничку компоненту исхране гргеча, бодорке и уклије наводе зоопланктон, с тим што уклија у исхрани у великој мери користи и инсекте, бодорка зообентос, а јувенилни гргеч зообентос и рибе. Дешава се и да абунданца зоопланктона и макрозообентоса буде ниска у литоралној зони и тада пелагијална зона постаје подручје у ком се гргеч, бодорка и уклија хране (Hölker et al., 2002), и то је разлог више који доприноси конкуренцији ових врста. Овим истраживањима уочена је сличност у исхрани јувенилних јединки ове три врсте, па је

тако свим врстама заједничко да конзумирају кладоцере и копеподе, али у различитим пропорцијама. Убедљиво најсличнију исхрану имају гргеч и бодорка изловљени из акумулације Врутци, што потврђује висока вредност индекса преклапања хранидбених навика између ове две врсте у поменутој акумулацији. Кладоцера *Leptodora kindtii* је присутна у цревном садржају гргеча из акумулација Бован, Гружа, Врутци и Власина, код бодорке из акумулације Гружа и бодорке и уклије из акумулације Газиводе. Ова врста је спорадично заступљена у исхрани риба, јер је, због изражене транспарентности, планктиворне рибе (визуелни предатори) тешко лове (Hassen, 1985; Liu & Uiblein, 1996).

Доступност хране је у строгој вези са растом јувенила (Borcherding, 2006), па је током овог истраживања забележена и појава да се гргеч старости 0+ храни рибом, и то у акумулацијама Бован, Гружа и Власина, што се слаже са резултатима Dieterich et al. (2004), Mehner et al. (2005) и Nun et al. (2012). Гргеч, као писциворна врста, може да конзумира врсте са којима је током ранијих стадијума развића био у конкуренцији (Linløkken et al., 2007). Гргеч узраста 0+ користи у исхрани бодорку (Beeck et al., 2002), тако да пораст бројности предатора може да узоркује смањење популационе бројности младих бодорки (Haertel et al., 2002; Hölker et al., 2007; Schulze et al., 2006a,b).

Биоманипулације у ланцима исхране у еутрофним језерима су често засноване на уклањању планктиворних риба. На тај начин се повећава биомаса крупног зоопланктона чиме се редукује продукција фитопланктона (Shapiro et al., 1975). Током последње деценије XX века, након неколико успешно реализованих пројеката, рестаурација језера и акумулација уклањањем ципринидних врста, нарочито бодорке, је постала уобичајен метод (Rask et al., 2003). Бодорка и јувенилна и адултна интензивном исхраном негативно утиче на абунданцу и биомасу зоопланктона (Zapletal et al., 2014). Уколико редукција бројности планктиворних риба буде успешно реализована, а гргеч рано у исхрани почне да користи рибу, популација дафнија се брзо опоравља (Persson et al., 1992; Lammens, 2001), што је важно, јер дафније имају једну од кључних улога у доприношењу транспарентности воде у многим језерима и акумулацијама (Shapiro, 1980; Gulati et al., 2008).

Биоманипулација кроз „top-down” контролу у ланцу исхране, остварена порибљавањем екосистема грабљивим рибама, у циљу побољшања квалитета воде, може да буде ефикасан метод (Carpenter & Kitchell, 1992; Benndorf, 1995). Први

експерименти биоманипулације су изведени у релативно дубоким језерима (Benndorf et al., 1984; Carpenter & Kitchell, 1993) и засновани су на уклањању риба након третирања екосистема ротеноном (органско једињење, добија се из корена и стабљика одређених тропских и суптропских биљака, нетоксично за инвертебрате и фитопланктон, хем. формула $C_{23}H_{22}O_6$) или порибљавањем грабљивим рибама (Benndorf et al., 1988; Henrickson et al., 1980; Shapiro & Wright, 1984).

До данас биоманипулација у Европи је најчешће спровођена у Холандији, Немачкој, Чешкој и земљама Скандинавије, са више или мање успеха. Различити су принципи биоманипулације, па има оних који подразумевају само порибљавање грабљивим рибама, затим који комбинују порибљавање грабљивицама уз истовремени излов ципринида (нарочито бодорке и деверике) или пак неселективно изловљавање риба или њихово третирање ротеноном. Ротенон инхибира ћелијско дисање и онемогућава рибама да користе растворени кисеоник, што за последицу има гушење риба. Битно је напоменути да ротенон не смањује количину раствореног кисеоника у води. Да би третирање воде ротеноном било ефикасно потребно је да се прецизно одреди концентрација овог инсектицида по јединици запремине третираног екосистема (Wynne & Masser, 2010).

Холандија је међу пионирима у спровођењу биоманипулације, са чак 90% успешности, али најчешће уз редукцију рибљег фонда и спорадично уз порибљавање штуком, како би литорална зона била контролисана (Meijer et al., 1999). Експеримент биоманипулације у акумулацији Бауцен (источна Немачка) је започет 1981. године. Порибљавање смуђем, штуком, јегуљом и сомом, уз истовремене рестрикције лова ових врста, довело је до снажног „top-down” ефекта у ланцима исхране. Уочено је да присуство крупних јединки бодорке отежава биоманипулацију. Решење овог проблема може да буде већа абунданца писцивора, попут штуке или сома, који имају мања ограничења зева (распон вилица) у поређењу са смуђем истих димензија (Kahl et al., 2001). Еутрофизација је велики проблем и у Финској којим је погођено преко 2000 језера (Tammi et al., 1999), у којима је бројност ципринида јако висока (Olin et al., 2002), а биомаса хербиворног зоопланктона ниска (Rask et al., 2002). У Финској биоманипулација је спроведена порибљавањем смуђем са циљем смањења популационе бројности бодорки. После вишегодишњих истраживања закључак је да смуђ сам не може да контролоше популације бодорки и да је потребно да се спроведе и излов бодорки или у екосистем дода још нека грабљива врста, нпр. штука, која би

ловила у литоралној зони. Такође, уочено је да популација смуђа којом се порибљава треба да буде састављена од крупних адултних јединки, које су, због морфолошких ограничења усног апарата, способне да улове бодорку (Salonen et al., 1996; Wysujack & Mehner, 2002; Dörner & Benndorf, 2003; Keskinen, 2008). Са друге стране, било је потребно само годину дана да порибљавање адултним јединкама смуђа просечне масе од само 224 g ha⁻¹ покаже позитивне резултате биоманипулације у норвешким језерима (Lyche et al., 1990; Brabrand & Faafeng, 1993). Много комплекснија централноевропска језера су била отпорнија на промене изазване биоманипулацијом, упркос томе што представљају природна станишта грабљивим рибама. Смањење примарне продукције у акумулацији Хубенов (Чешка) је постигнуто порибљавањем салмонидама (Albertova et al., 1976; Hrbáček et al., 1978, 1986), док је смањење биомасе и бројности ципринида постигнуто порибљавањем рибљом млађи предатора, нарочито штуче, у језеру Вирбел у Пољској (Prejs et al., 1994).

Генерално, порибљавање грабљивим рибама уз одсуство других екотехнолошких мера показује мале или пак потпуни изостанак резултата. Чини се да је активно уклањање риба, уз порибљавање грабљивицама, кључна компонента успешне биоманипулације (Triest et al., 2016). Треба узети у обзир да биоманипулација није краткотрајан и једноставан процес па тако ни резултате не треба очекивати брзо. Период од пет година може да се сматра валидним и тада се може донети закључак да ли је до позитивног резултата дошло (Hansson et al., 1998b). Биоманипулација еутрофних језера јесте сложен, али не немогућ задатак, за чију успешност је неопходна сарадња лимнолога, ихтиолога и субјеката који газдују водама (Vašek et al., 2013).

Биоманипулација мора да се испланира за сваку акумулацију посебно, након детаљних хидроеколошких истраживања, јер свака акумулација има своју „личну карту”. Приликом планирања биоманипулације потребно је размотрити морфолошке карактеристике екосистема, процес формирања акумулације и развоја еутрофизације, приказ стања заједница хидробионата, и нарочито приказ стања рибљег фонда након формирања и тренутног стања.

Док је на неким акумулацијама у Србији вршен деценијски мониторинг, од самог формирања акумулација, на неким је почео знатно касније, док постоје и оне акумулације на којима детаљан мониторинг још увек није извршен.

Још пре формирања акумулације Гружа наглашено је да „просечно мала дубина, велико пространство и површина испаравања, глиновито дно и глиновити литорал јасно указују да акумулационо језеро на Гружи има профундал, битно обележје језера, само у најдубљем делу узводно од бране, а да остали много пространији део има својства баре и мочваре” (Veljović & Marković, 1984), што указује да ће акумулација Гружа сигурно бити погођена еутрофикацијом (Veljović et al., 1986), јер у односу на малу дубину и масу воде има велику површину (Milojević, 1994). Šorić (1987) даје прве податке о рибљој заједници и наводи да акумулацију насељава 16 врста из 6 фамилија, при чему се по присуству издвајају бабушка и уклија. Marković et al. (2014), скоро три деценије касније, наводе да акумулацију насељава 21 врста из 6 фамилија. У овој дисертацији је приказано да рибљом заједницом уз бабушку, која је доминантна од самог формирања, доминирају још смуђ и бодорка. Од времена непосредно након пуњења акумулације па до резултата ове дисертације, акумулација је у више наврата порибљавана. Ипак, састав ихтиофауне није значајније промењен тако да бабушка, уз друге ципринидне врсте доминира рибљом заједницом у овој акумулацији. Млађ сома је коришћена за прво порибљавање, затим млађ штуче и шарана. Током порибљавања обављених током 2002. године су у акумулацију унета гнезда смуђа, млађ толстолобика и белог амуре (Marković, 2004; Simović & Marković, 2005). Šorić (2005) сматра да је једино оправдано порибљавање грабљивицама попут смуђа и штуче и да свака друга интервенција погоршава ниво трофије. Иако је било промена у саставу рибљег фонда, Гружа је задржала еутрофан статус, што су Veljović et al. (1986) и Milojević (1994) с обзиром на морфометријске карактеристике акумулације предвидели, а претходних година то су потврдили следећи аутори: Ranković & Simić, 2005; Simić, 2005; Ostojić et al., 2005a,b; Topuzović et al., 2015. Рационално управљање рибљим фондом првенствено порибљавање грабљивицама уз друге мере (селективан излов алохтоних врста, ригорозна контрола риболова, спречавање дотока фекалних и других загађених вода) може акумулацију да одржи у стању стабилне еутрофикације. То има изузетан значај узимајући у обзир да је водоснабдевање основна намена овог екосистема.

Бованска акумулација првобитно није планирана за водоснабдевање (Zlatković et al., 2010) и приликом завршних радова на формирању није извршено уклањање растиња и дрвећа који су касније и потопљени. Првих година постојања акумулације је примећена појава отровних гасова насталих као последица процеса труљења заосталог

биљног материјала. Када је проблем саниран покренуто је питање снабдевања водом за пиће локалног становништва. Како је Моравица у време преграђивања била богата рибом, најзаступљеније врсте у акумулацији су биле реофилне врсте клен, скобаљ и поточна мрена. Прво велико порибљавање од стране риболовачког друштва је реализовано 1984. године, када су у језеро унете јединке шарана, толстолобика и белог амуре. Поред планираних врста, интродуковане су и алохтоне врсте попут бабушке, сунчице и амурског чебачока. Како би се сузбила бројност ових врста, које су се брзо размножиле, 1989. године у воду Бованске акумулације су донета гнезда смуђа. Нешто касније у акумулацију је унета и деверика, као и још једна алохтона врста амерички сомић (цверглан). У периоду од 2004. до 2006. године акумулација Бован је у више наврата порибљена прво јединкама млађи смуђа, а затим још два пута једногодишњим и двогодишњим примерцима штуре (Simić & Simić, 2003a). У том периоду се врше и микробиолошке студије на акумулацији Бован, затим анализе фитопланктонске, зоопланктонске заједнице, као и анализа макрозообентоса. На основу анализа састава поменутих заједница Simić et al. (2006) закључују да акумулација Бован има карактеристике еутрофног екосистема, а Ostojić (2006) наводи да присуство зоопланктонских организама указује на вероватно уједначен однос планктиворних и писциворних врста риба, што је значајно за одржање степена трофичности акумулације. Radojević et al. (2009) на основу спроведене микробиолошке студије закључују да је акумулација под великим негативним антропогеним утицајем и предлажу да се успостави одговарајући систем мониторинга акумулације Бован. С обзиром да служи за водоснабдевање и да је неопходно одржање њене трофичности под контролом, током 2014. године Бован је порибљен оплођеном икром смуђа, када је постављено 10 гнезда са по 100000 комада икре, у посебним кавезима како би се заштитили од предатора (Simić & Simić, 2011a). Током теренских истраживања за потребе ове дисертације је забележено присуство свих врста којима је порибљавана акумулација. Деверика је доминирала бројношћу у рибљој заједници, док су се биомасом издвојиле рибе крупнијих димензија, попут белог и сивог толстолобика и белог амуре.

Прва истраживања извршена у периоду формирања акумулације Власина указују на малу разноврсност заједнице фитопланктонских алги. Стабилна али сиромашна фитопланктонска заједница није била у потпуности оформљена што је последица незнатног присуства слободних нитрата и фосфата (Milovanović & Živković,

1953, 1956). Неколико година касније, Milovanović & Živković (1958) су утврдили да је дошло до стабилизације физичко-хемијских параметара, као и планктонске заједнице. Ови аутори констатују исте представнике фитопланктона, као и у периоду формирања, али са значајним порастом разноврсности. Да се планктон одликује ниском продуктивношћу и једноличним саставом наводи Milovanović (1973), док се прилично детаљна истраживања врше тек током лета 1989. године, када се истражује квалитативно-квантитативни састав заједнице алги, при чему се бележи велика разноврсност алги представљена са 198 таксона (Cvijan & Laušević, 1990, 1991a,b,c). Да просечна провидност воде, која је у моменту формирања акумулације износила 2,12 m, не зависи од планктонске заједнице, већ од суспендованих материја тј. честица тресета бележе Milovanović & Živković (1956). У периоду када се врше истраживања планктона, приступа се и првим ихтиолошким истраживањима овог екосистема. Janković & Rasporović (1960) као аутохтоне врсте у акумулацији Власина наводе поточну пастрмку, пијора и поточну мрену. Акумулација је средином педесетих година прошлог века у два наврата порибљавана охридском пастрмком (*Salmo trutta letnica*) чију аклиматизацију Janković & Rasporović (1960) наводе као успешну. Branković (1970) пише о интродукцији белог амуре у акумулацију, ради сузбијања водене вегетације. Приликом порибљавања амуром у акумулацију су унете и друге врсте: лињак, шаран, караш, бабушка, греч, а сматра се да су са тим материјалом унети и сунчица и цверглан. У време када горе поменути аутори бележе знатну разноврсност алги (198 таксона), до тада је и рибља заједница претрпела значајне промене свог састава у односу на период непосредно након пуњења акумулације. До деведесетих година XX века састав рибље заједнице је претрпео значајне промене у односу на период непосредно након пуњења акумулације. Nikčević et al. (1992) и Simonović & Nikolić (1995) бележе присуство поточне мрене као јединог представника аутохтоне ихтиофауне. У то време се приступа систематском истраживању ове акумулације, где аутори различито, свако са свог аспекта, коментаришу степен трофичности акумулације. Тако, Ćomić et al. (1996) на основу квалитативног састава микроорганизама указују на започет процес еутрофизације и неопходност спровођења континуираног мониторинга квалитета воде. Да просечна концентрација укупног фосфора указује на мезотрофан статус наводе Vasiljević et al. (1996), а Laušević & Cvijan (1996) закључују да је концентрација хлорофила *a* у односу на температуру воде карактеристична за олиготрофно-мезотрофна језера. Simonović & Nikolić (1995) истичу резултате ихтиолошких истраживања којима је уочена доминантност греча (79,62%)

уз велику заступљеност бабушке и цверглана, алохтоних врста, што потврђују и резултати ове дисертације. Када неки водени екосистем из доброг стања прелази у стање промењене трофичности, доминантност грабљивица најчешће бива замењена доминацијом ципринидних врста, а то се на Власини, од момента њеног формирања до данас није десило. Управо то показују и резултати ове дисертације, да грабљивице, првенствено греч, доминирају абунданцом у односу на остале рибе, што указује на задовољавајућ квалитет воде у овом екосистему. Са циљем повећања бројности аутохтоне поточне пастрмке која је временом смањена, током 2013. и 2015. године је акумулација порибљена када је у њу пуштена млађ пастрмке (Simić & Simić, 2011b). У вези са тим Branković (2014) запажа повећање бројности, биомасе и продукције пастрмке у односу на претходни период, а Simić et al. (2012b) региструју повећан диверзитет рибе заједнице (регистрована 21 врста) у односу на 2007. годину (забележено 15 врста).

Акумулација Шумарице има вишеструку намену и од великог је значаја становништву Крагујевца и околних насеља. Због тога је 2011. године град Крагујевац финансијски подржао реализацију пројекта под називом „Истраживање и промоција биодиверзитета језера у Шумарицама ради његовог очувања и одрживог развоја”. Резултати пројекта су омогућили комплетан увид у биодиверзитет језера, биодиверзитет копненог појаса око њега и квалитет језерске воде. Сушички поток је у време када је на њему формирана брана акумулације био богат рибом, као последица чисте воде и погодних услова за размножавање риба. Stepanović (1974) наводи да је акумулација по формирању порибљена, али изостаје податак којим врстама. Негде је опште познато да је акумулација у прошлости порибљавана смуђем, шараном и толстолобцима, а да су исто тако немаром у акумулацију унешене и алохтоне врсте сунчица и цверглан, које су у овој дисертацији у акумулацији Шумарице препознате као доминантне уз црвенперку и бодорку. И поред изостанка мониторинга дуги низ година након формирања акумулације, о ихтиофауни исте има више сазнања због саме морфологије, екологије риба и интензивног риболова, док о заједници планктона који има велику улогу у трофичности акумулација раније није било података. Прве податке о заједници планктона, уз напомену да се такво истраживање ради први пут дају Ranković et al. (2006) и Ostojić et al. (2012). Ostojić et al. (2012) на основу диверзитета зоопланктона оцењују квалитет воде као задовољавајућ. Ranković et al. (2006) констатују присуство 59 таксона из пет раздела, док је током горе поменутог пројекта

утврђено присуство 106 таксона из седам раздела, дакле број се готово удвостручио. Током 2011. године у априлу и мају је констатовано нетоксично цветање зелених алги, а Simić et al. (2017) наводе да је потенцијално токсично цветање модрозелених алги почело у септембру 2014. године, да би у октобру исте године достигло максимум. Овај развој алги је искључиво последица измењених климатских услова и физичко-хемијских карактеристика воде насталих након великих поплава током 2014. године (Simić et al., 2017) и не могу се довести у везу са променама у саставу ихтиофауне. Узимајући у обзир да је екосистем подлегао променама стања трофичности, Simić (2017a) даје предлог порибљавања ове акумулације гнездима смуђа. Омасовљење популација грабљивица би довело до смањења продукције алохтоних и ципринидних врста које доминирају у рибљој заједници, што би допринело побољшању квалитета и повећању транспарентности воде овог екосистема.

За све време постојања акумулације Газиводе није било систематских истраживања исте и због тога литературних података о заједницама у акумулацији нема много. Од формирања акумулације 1975. па све до 1987. године није било истраживања планктонске заједнице. Тада су први пут праћене промене примарне продукције. Током истраживаног периода утврђено је присуство осам фитопланктонских таксона, као и да квалитет воде варира од олигосапробне до бетамезосапробне воде у зависности од доба године (Urošević, 1993). Рибљи фонд акумулације у том периоду је био веома разноврстан, са масовним присуством пастрмке, младице и липљена и посебно великом популацијом скобаља. Временом је дошло до погоршања стања ихтиофауне. Током 2003. године акумулација је порибљена смуђем, који се због обиља уклије и гргеча успешно аклиматизовао (Simić & Simić, 2003b). Од поменутих врста, током истраживања за потребе ове дисертације, у мрежама је био присутан једино скобаљ. На основу стања рибљег фонда, које је оцењено као задовољавајуће, у наредном периоду нису предвиђена порибљавања акумулације Газиводе (Simić, 2017b).

Акумулација Врутци припада групи хладних језера, са стрмим и неприступачним обалама, густо обраслим шумском вегетацијом (Ђурковић et al., 2014). Marković (2015) издваја гргеча, бодорку и деверику као доминантне рибље врсте, док Simić & Simić (2011c) указују да је продукција скобаља велика, а резултати ове дисертације указују да су доминантне врсте уз гргеча и деверику још сом и скобаљ. У циљу управљања рибљим фондом акумулационо језеро Врутци је више пута

порибљавано. Године 2010. је порибљено са једногодишњим примерцима пастрмке (Simić et al., 2010), а 2013. и 2015. године гнездима смуђа (Simić & Simić, 2011c). Научних радова из области ихтиологије везаних за акумулацију Врутци је мало, док је нешто више оних који се баве проблемима изазваних еутрофикацијом, која у поменутој акумулацији напредује. Можда највећи разлог томе је акцидентна ситуација која се догодила у децембру 2013. године, када је дошло до токсичног цветања алге *Planktothrix rubescens* при чему је на снагу ступила забрана коришћења воде из акумулације. Kostić et al. (2016) и Đeković et al. (2017) указују на сиромашан диверзитет алги, али са великом абунданцом *P. rubescens*, чак 94,75% од укупне бројности алги. Како је стање акумулације Врутци праћено само повремено, подаци о квалитету воде су веома ретки и не постоји поуздано објашњење о предусловима који су довели до цветања воде (Kostić et al., 2016). Током свог истраживања у новембру 2012. године, Denić et al. (2014) су на основу параметара трофичког статуса оценили еколошки потенцијал акумулације као умерен. Постоје различита објашњења због чега се то догодило, а извесно је да не постоји корелација између састава рибљег фонда и експанзије алги. Đeković et al. (2017) као разлоге наводе високе температуре ваздуха и воде у новембру те године, које су довеле до продужетка вегетационе сезоне и експанзије алги, али исти аутори указују и на изостанак мониторинга акумулације Врутци током 2013. где кажу да „година 2013. није смела да прође без иједног мониторинга, без иједне анализе воде”.

Истраживања обухваћена садржајем ове дисертације су дала одговоре на постављене хипотезе. Четири истраживане грабљиве врсте риба налазе се на крају ланца исхране у проучаваним екосистемима акумулација. Студијом је потврђено да грабљивице у исхрани најчешће користе планктиворне рибе. Уклија, бодорка и гргеч су врсте које ова студија препознаје као доминантне пленове грабљивицама и можемо тврдити да су важне карице у ланцима исхране у истраживаним акумулацијама, јер представљају спрегу између зоопланктона и грабљивица. Избор адекватне грабљивице за процесе биоманипулације је комплексан процес, јер за сваку врсту постоје аргументи и за и против. Ипак, са великим степеном сигурности може да се закључи да свака од истраживаних грабљивих врста може да буде искоришћена у процесима биоманипулације, која може да се постави као неки од наредних циљева.

6. Закључци

Након резултата изложених у овој докторској дисертацији могу да се изведу следећи закључци:

- Током излова мрежама и електроагрегатом утврђено је да у ихтиофауни, у Бованској акумулацији, биомасом и бројношћу доминирају смуђ, деверика, бодорка и бабушка. У акумулацији Гружа доминантне врсте су смуђ, бабушка и бодорка, а у акумулацији Шумарице бодорка, црвенперка, цверглан и сунчица. Доминантне врсте ихтиофауне у акумулацији Врутци су скобаљ, деверика, гргеч и сом, а у Власини гргеч, бабушка и сом. Деверика, бабушка, бодорка и скобаљ су рибље врсте које су најбројније у акумулацији Газиводе.
- У ихтиофауни свих анализираних акумулација уочена је доминација како бројчано тако и биомасом риба које се не хране рибом у односу на грабљиве рибе. Јавила су се два изузетка. Први је акумулација Власина где грабљиве рибе у односу на остале доминирају бројношћу, али не и биомасом, и акумулација Врутци где је ситуација обрнута. Наиме, грабљиве рибе доминирају биомасом, али бројношћу не.
- Примарни плен јувенилним јединкама је зоопланктон, с тим што је уклија облигатни планктивор, бодорка и планктивор и бентивор, док је јувенилни гргеч планктивор, бентивор и писцивор.
- Најдоминантнија храна јединкама јувенилног гргеча су копеподе и кладоцере, али у различитим пропорцијама. Јединке које насељавају акумулације Бован и Гружу најчешће у исхрани користе копеподе и циклопоидне и каланоидне, док у акумулацијама Шумарице, Врутци и Власина радије у исхрани користе *Daphnia* sp. и *Bosmina* sp, што потврђују високе вредности %PV индекса. COM метода и NMDS метода су то графичким приказом верификовале, а за поменуте категорије плена је и IndVal анализа приказала високе вредности. Забележено је и да се гргеч старости 0+ храни рибом, али IndVal анализа овај плен није препознала као значајан.

- Јувенилни примерци бодорке су били присутни у мрежама током излова из свих шест акумулација обухваћених овом студијом. Плен који је најчешће био присутан у дигестивном тракту ових јединки су кладоцере (*Daphnia* sp. и *Bosmina* sp), док су у акумулацији Бован уз њих још присутне и копеподе. Изузетак су јединке узорковане из акумулација Шумарице и Газиводе којима су најфреквентнији плен кончасте алге. На СОМ мрежи, као и на графику који приказује NMDS метода, су јединке из ових акумулација из тог разлога издвојене. Такође, IndVal анализа ово потврђује.
- Да је уклија искључиво планктивор потврђено је овом студијом. Најчешће као плен бира кладоцере, *Daphnia* sp. и *Bosmina* sp., али у различитој мери у акумулацијама Гружа и Газиводе, екосистемима у којима је једино регистровано присуство врсте. На излазној матрици СОМ мреже су издвојене две групе, тако да једној групи скоро потпуно припадају јединке из једне, а другој групи јединке из друге акумулације.
- Индекс преклапња хранидбених навика међу јувенилним јединкама, показује да најсличнију исхрану имају греч и бодорка из акумулације Врутци, док се најразличитије хране греч и уклија из акумулације Гружа.
- Примарни плен адултним јединкама грабљивих врста риба су рибе (изражена писциворност).
- Смуђ, као најбројнија грабљивица у истраживању, скоро искључиво у исхрани користи рибу. Уклија је плен који се издваја као најдоминантнији, јер IndVal анализом је једино ова врста издвојена као важна. Уз њу, смуђ се храни још и бодорком, гречом, а у акумулацији Шумарице и црвенперком.
- Греч у свим акумулацијама у исхрани користи уклију, а уз њу, храни се често и бодорком и јединкама своје врсте. Греч је једина врста у истраживању у чијим популацијама је констатована појава канибализма. Да то није случајан избор ове врсте показује и IndVal анализа која је греча означила као значајан плен. Плен

који ова анализа још издваја су уклија и бодорка, а за одређену групу јединки и инсекти.

- Штука је најмање бројна врста у овом истраживању присутна у две акумулације, Бован и Шумарице. Исхрана ове грабљивице је најмање разноврсна и чине је искључиво рибе. То потврђује и графички приказ NMDS методе који две популације штуке сврстава сваку посебно у одвојене скупове у којима су оне једини чланови. IndVal анализа је бодорку и греча препознала као најзначајније пленове, али за ове две популације једино је греч заједнички плен.
- Сом је био присутан у свим истраживаним акумулацијама, осим у Шумаричкој и Газиводској акумулацији. Једино је у акумулацији Врутци убедљиво најдоминантнији плен била бабушка, док је у осталим то греч. Да се исхрана сома са акумулације Врутци разликује од осталих популације ове врсте показују и COM и NMDS метода, које јединке из ове акумулације сврставају саме у групе на мрежи, односно графику. Греч је био присутан у апсолутно сваком анализираном узорку цревног тракта сома из акумулација Бован, Гружа и Власина. IndVal анализа потврђује да је за сома најзначајнији плен греч, као и неидентификоване јединке из породице Percidae. Такође, у исхрани сома током ове студије је забележено и присуство мекушаца.
- Индекс преклапања хранидбених навика међу адултним јединкама, показује да се најсличније хране смуђ и греч из акумулације Газиводе, док најразличитију исхрану имају смуђ и сом из Бованске акумулације, као и греч и сом из акумулације Власина.
- Да анализа исхране риба може да буде значајна са аспекта, нпр. управљања риболовним водама, али и других, показује један од резултата ове студије. Наиме, иако црвенперка (*Scardinius knezevici*) током излова није забележена у мрежама извученим из Власинске акумулације, ждрелни зуби пронађени у цревном тракту греча указују на њено присуство у овој акумулацији.

- Познавање навика у исхрани неке врсте представља критичну компоненту за развијање програма порибљавања и биоманипулације. Анализом исхране идентификују се главне категорије плена, чије познавање такође доприноси предвиђању потенцијалних поремећаја или других промена који могу настати у воденом екосистему.
- Свака од четири грабљиве врсте, чији је трофички спектар анализиран у овој студији, налази се на крају ланца исхране у екосистемима акумулација. Резултати студије потврђују да грабљивице у исхрани најчешће користе планктиворне рибе. Уклија, бодорка и греч су врсте које ова студија препознаје као доминантне пленове грабљивицама и можемо тврдити да су важне карике у ланцима исхране у истраживаним акумулацијама. Проучавање грабљивице могу да нађу своје место у биоманипулацији и допринесу смањењу изражене еутрофизације екосистема акумулација у Србији.

7. Литература

- Abée-Lund J.H.L. & Vøllestad L.A. (1987). Feeding migration of roach, *Rutilus rutilus* (L.), in Lake Årungen, Norway. *Journal of Fish Biology*, 30: 349-355.
- Adams C.E. (1991). Shift in pike, *Esox lucius* L., predation pressure following the introduction of ruffe, *Gymnocephalus cernuus* (L.) to Loch Lomond. *Journal of Fish Biology*, 38: 663-667.
- Alajärvi E. & Horppila J. (2004). Diel variations in the vertical distribution of crustacean zooplankton and food selection by planktivorous fish in a shallow turbid lake. *International Review of Hydrobiology*, 89: 238-249.
- Albertova O., Hrbáček J., Vostradovsky J. (1976). Limnology of Hubenov Reservoir. *Technical Developments in Water Research*, Prague: 48-56.
- Ali M.A., Ryder R.A., Ancil M. (1977). Photoreceptors and visual pigments as related to behavioural responses and preferred habitats of perches (*Perca* spp.) and pikeperches (*Stizostedion* spp.). *Journal of Fisheries Research Board of Canada*, 34: 1475-1480.
- Allen K.R. (1935). The food and migration of perch (*Perca fluviatilis*) in Windermere. *Journal of Animal Ecology*, 4: 264-273.
- Alp A., Yeğen V., Apaydin Yağci M., Uysal R., Biçen E., Yağci A. (2008). Diet composition and prey selection of the pike, *Esox lucius*, in Çivril lake, Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, 24(6): 670-677.
- Amundsen P-A., Bøhn T., Popova O.A., Staldivik F.J., Reshetnikov Y.S., Kashulin N.A., Lukin A.A. (2003). Ontogenetic niche shifts and resource partitioning in a subarctic piscivore fish guild. *Hydrobiologia*, 497: 109-119.
- Argillier C., Barral M., Irz P. (2003). Growth and diet of pikeperch *Sander lucioperca* (L.) in two French reservoirs. *Archives of Polish Fisheries*, 11: 99-114.
- Babiak I., Mandiki S.N.M., Ratsinjomanana K., Kestemont P. (2004). Initial weight and its variation in post-larval Eurasian perch affect quantitative characteristics of juvenile cohorts under controlled conditions. *Aquaculture*, 243(1-4): 263-276.
- Baltanás A. & Rincón P.A. (1992). Application of cluster-bootstrapping method for identifying the dietary patterns of fish populations. *Ecology of Freshwater Fish*, 1: 130-139.
- Bajer P.G., Sullivan G., Sorensen P.W. (2009). Effects of a rapidly increasing population of common carp on vegetative cover and waterfowl in a recently restored Midwestern shallow lake. *Hydrobiologia*, 632: 235-245.

- Baras E., Kestemont P., Mélard C. (2003). Effect of stocking density on the dynamics of cannibalism in sibling larvae of *Perca fluviatilis* under controlled conditions. *Aquaculture*, 219(1-4): 241-255.
- Beeck P., Tauber S., Kiel S., Borcharding J. (2002). 0+ perch predation on 0+ bream: a case study in a eutrophic gravel pit lake. *Freshwater Biology*, 47: 2359-2369.
- Benndorf J., Kneschke H., Kossatz K., Penz E. (1984). Manipulation of the pelagic food web by stocking with predacious fishes. *International Review of Hydrobiology*, 69: 407–428.
- Benndorf J., Schultz H., Benndorf A., Unger R., Penz E., Kneschke H., Kossatz K., Dumke R., Hornig U., Kruspe R., Reichnel S. (1988). Food-web manipulation by enhancement of piscivorous fish stocks: long-term effects in the hypertrophic Bautzen reservoir. *Limnologica*, 19: 97–110.
- Benndorf J. (1995). Possibilities and limits for controlling eutrophication by biomanipulation. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*, 80: 519-534.
- Berg L.S. (1949). Freshwater fishes of the USSR and adjacent countries, vol 2. Zool. Inst. Acad. Sci. USSR St. Petersburg, 496 pp. (Translated from Russian and published in 1964. by the Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem).
- Berg S., Jeppesen E., Søndergaard M. (1997). Pike (*Esox lucius* L.) stocking as a biomanipulation tool 1. Effects on the fish population in lake Lyng (Denmark). *Hydrobiologia*, 342/343: 311-318.
- Berg O.K., Finstad A.G., Olsen P.H. (2010). Dwarfs and cannibals in the Arctic: production of Arctic char (*Salvelinus alpinus* (L.)) at two trophic levels. *Hydrobiologia*, 652: 337-347.
- Bergman E. (1988). Foraging abilities and niche breadths of two percids, *Perca fluviatilis* and *Gymnocephalus cernuus* under different environmental conditions. *Journal of Animal Ecology*, 57: 443–453.
- Bergman E. (1990). Effect of *Rutilus rutilus* on two percids, *Perca fluviatilis* and *Gymnocephalus cernuus*: importance of species interaction for diet shift. *Oikos*, 57: 241–249.
- Bergman E. & Greenberg L.A. (1994). Competition between a planktivore, a benthivore, and a species with ontogenic diet shifts. *Ecology*, 75: 1233-1245.
- Białokoz W. (1990). Evaluation of the intensity and efficiency of bleak *Alburnus alburnus* (L.) feeding in Tajty Lake, Masurian Lakeland, Poland. Comparative analysis of methods. *Ekologia Polska*, 38(2): 163-183.

- Biro P. & Musko B. (1995). Population dynamics and food of bleak (*Alburnus alburnus* L.) in the littoral zone of Lake Balaton, Hungary. *Hydrobiologia*, 310: 139-149.
- Bogacka-Kapusta E. & Kapusta A. (2007). The diet of roach, *Rutilus rutilus* (L.), and bleak, *Alburnus alburnus* (L.) larvae and fry in the shallow littoral zone of a heated lake. *Archives of Polish Fisheries*, 15: 401-413.
- Boll T., Balayla D., Andersen F.Ø., Jeppesen E. (2012). Can artificial plant beds be used to enhance macroinvertebrate food resources for perch (*Perca fluviatilis* L.) during the initial phase of lake restoration by cyprinid removal? *Hydrobiologia*, 679: 175-186.
- Borcherding J. (2006). Prey or predator: 0+ perch (*Perca fluviatilis*) in the trade-off between food and shelter. *Environmental Biology of Fishes*, 77: 87-96.
- Bowszys M., Wziątek B., Górská E. (2012). Feeding of small-sized European perch, *Perca fluviatilis* in a littoral zone of a restored lake. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 12(3): 243-251.
- Brabrand Å. (1985). Food of roach (*Rutilus rutilus*) and ide (*Leuciscus idus*): significance of diet shift for interspecific competition in omnivorous fishes. *Oecologia*, 437: 101-106.
- Brabrand Å. & Faafeng B. (1993). Habitat shift in roach (*Rutilus rutilus*) induced by pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) introduction: predation risk versus pelagic behaviour. *Oecologia*, 95: 38-46.
- Braga R.R., Bornatowski H., Vitule J.R.S. (2012). Feeding ecology of fishes: an overview of worldwide publications. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 22: 915-929.
- Branković M. (1970). Taksonomija pijora (*Phoxinus phoxinus* Linne 1758) Vlasinskog jezera. *Glasnik prirodnjačkog muzeja*, B 25, Beograd.
- Branković S. (2014). Ribe. In: Belij S. (ed.), Predeo izuzetnih odlika Vlasina. Zavod za zaštitu prirode Srbije. PIO Vlasina, JP Direkcija za građevinsko zemljište i puteve opštine Surdulica. pp. 75-82.
- Brodeur R.D. & Pearcy W.G. (1992). Effects of environmental variability on trophic interactions and food web structure in a pelagic upwelling ecosystem. *Marine Ecology Progress Series*, 84: 101-119.
- Brodeur R.D., Smith B.E., McBride R.S., Heintz R., Farley Jr E. (2017). New perspectives on the feeding ecology and trophic dynamics of fishes. *Environmental Biology of Fishes*, 100: 293-297.
- Brooks J.L. & Dodson S.L. (1965). Predation, body-size, and composition of plankton. *Science*, 150: 28-35.

- Brown G.E., Poirer J-F., Adrian Jr.J.C. (2004). Assessment of local predation risk: the role of subthreshold concentrations of chemical alarm cues. *Behavioral Ecology*, 15(5): 810-815.
- Brönmark C. & Weisner S.E.B. (1992). Indirect effects of fish community structure on submerged vegetation in shallow, eutrophic lakes: An alternative mechanism. *Hydrobiologia*, 243/244: 293-301.
- Brucet S., Tavşanoğlu Ü.N., Özen A., Levi E.E., Bezirci G., Çakiroğlu A.İ., Jeppesen E., Svenning J.C., Ersoy Z., Beklioğlu M. (2017). Size-based interactions across trophic levels in food webs of shallow Mediterranean lakes. *Freshwater Biology*, 1-12.
- Budakov Lj. (1986). Ekologija štuke – *Esox lucius* L. (Pisces, Esocidae) u vodama Vojvodine. Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, 191 pp.
- Budakov Lj. (1988). Feeding of pike – *Esox lucius* L. (Esocidae, Pisces) in the Tisza river. Presented at XIX annual meeting of Tisza Research Committee, Szeged.
- Budakov Lj. (1993). Characteristics of feeding and growth of pike perch and pike in the protected part of river Begej. *Tiscia*, 27: 53-56.
- Carol J. (2007). Ecology of an invasive fish (*Silurus glanis*) in Catalan reservoirs. Dissertation, University of Girona.
- Carpenter S.R., Kitchell J.F., Hodgson J.R. (1985). Cascading trophic interactions and lake productivity. *BioScience*, 35: 634–639.
- Carpenter S.R. & Kitchell J.F. (1988). Consumer control of lake productivity. *BioScience*, 38: 764–769.
- Carpenter S.R. & Kitchell J.F. (1992). Trophic cascade and biomanipulation interface of research and management – a reply to the comment by DeMelo et al. *Limnology and Oceanography*, 37: 208-213.
- Carpenter S.R. & Kitchell J.F. (1993). The Trophic Cascade in Lakes. Cambridge University Press: 386. pp.
- Ceccuzzi P., Terova G., Brambilla F., Antonini M., Saroglia M. (2011). Growth, diet, and reproduction of Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. in Lake Varese, northwestern Italy. *Fisheries Science*, 77: 533-545.
- Céréghino R. & Park Y-S. (2009). Review of the self-organizing map (SOM) approach in water resources: commentary. *Environmental Modelling & Software*, 24: 945-947.
- Chappaz R., Doucende D., Barthelemy R. (1998). Patterns of change in zooplankton community structures and the selective feeding of bleak, *Alburnus alburnus* (L.) in the Serre Poncon dam between 1980 and 1996. *Hydrobiologia*, 391: 127-134.

- Chon T-S. (2011). Self-organizing maps applied to ecological sciences. *Ecological Informatics*, 6: 50-61.
- Clarke K.R., Warwick R.M., Somerfield P.J., Gorley R.N. (2005). Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 3rd edn. PRIMER-E Ltd, Plymouth, UK.
- Clarke K.R. & Gorley R.N. (2006). PRIMER v.6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E Ltd, Plymouth, UK.
- Collette B.B., Ali M.A., Hokanson K.E.F., Nagieć M., Smirnov S.A., Thorpe J.E., Weatherley A.H., Willemsen J. (1977). Biology of percids. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 34: 1890-1899.
- Cortés E. (1997). A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54: 726-738.
- Copp G.H., Britton J.R., Cucherousset J., García-Berthou E., Kirk R., Peeler E., Stakenas S. (2009). Voracious invader or benign feline? A review of the environmental biology of European catfish *Silurus glanis* in its native and introduced ranges. *Fish and Fisheries*, 10: 252-282.
- Costalago D., Palomera I., Tirelli V. (2014). Seasonal comparison of the diets of juvenile European anchovy *Engraulis encrasicolus* and sardine *Sardina pilchardus* in the Gulf of Lions. *Journal of Sea Research*, 89: 64-72.
- Crossman E.J. (1996). Taxonomy and distribution. In: Craig J.F. (ed.), Pike: biology and exploitation, London: Chapman & Hall, pp. 1-10.
- Cvijan M. & Laušević R. (1990). Alge Vlasinskog jezera – od tresave do jezera. II simpozijum o flori jugoistočne Srbije i mogućnosti njenog racionalnog korišćenja, Izvodi saopštenja. Tehnološko metalurški fakultet, Leskovac, 30-31 (A-7).
- Cvijan M. & Laušević R. (1991a). Doprinos Nedeljka Košanina algološkim istraživanjima u Srbiji. Simpozijum „Nedeljko Košanin i botaničke nauke”. Zbornik radova. Beograd – Ivanjica, 207-224.
- Cvijan M. & Laušević R. (1991b). Desmids of Vlasinsko Lake – from peat bog to lake. *Archiv für Protistenkunde*, 139: 21-37.
- Cvijan M. & Laušević R. (1991c). Floristical study of algae of Vlasinsko lake (Yugoslavia). *Bulletin of the Natural History Museum in Belgrade*, B46: 57-69.

- Čomić Lj., Ćurčić S., Ranković B. (1996). The composition and dynamics of microbial communities in Vlasinsko jezero reservoir. In: Blaženčić J. (ed.), Vlasinsko jezero - hidrobiološka studija. Biološki fakultet Beograd, pp. 41-60.
- Denić Lj., Đurković A., Čađo S., Dopuđa Glišić T., Novaković B., Stojanović Z. (2014). Ocena ekološkog potencijala akumulacije Vrutci na osnovu bioloških i fizičko-hemijskih elemenata kvaliteta. Srpsko društvo za zaštitu voda i Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi”, „VODA 2014”. Tara, 41-47.
- van Densen W.L.T. (1985). Piscivory and the development of bimodality in the size distribution of 0+ pikeperch (*Stizostedion lucioperca* L.). *Journal of Applied Ichthyology*, 1: 119-131.
- van Densen W.L.T., Ligtvoet W., Roozen R.W.M. (1996). Intra cohort variation in the individual size of juvenile pikeperch, *Stizostedion lucioperca*, and perch, *Perca fluviatilis*, in relation to the size spectrum of their food items. *Annales Zoologici Fennici*, 33: 495-506.
- Didenko A.V. & Gurbyk A.B. (2016). Spring diet and trophic relationships between piscivorous fishes in Kaniv Reservoir (Ukraine). *Folia Zoologica*, 65(1): 15-26.
- Dieterich A., Baumgärtner D., Eckmann R. (2004). Competition for food between Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.) and ruffe (*Gymnocephalus cernuus* [L.]) over different substratetypes. *Ecology of Freshwater Fish*, 13: 236-244.
- Dinh Q.M., Qin J.G., Dittmann S., Tran D.D. (2017). Seasonal variation of food and feeding in burrowing goby *Parapocryptes serperaster* (Gobiidae) at different body sizes. *Ichthyological Research*, 64: 179-198.
- Doğan Bora N. & Gül A. (2004). Feeding biology of *Silurus glanis* (L., 1758) living in Hirfanli Dam Lake. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 28: 471-479.
- Douglas M.E. & Matthews W.J. (1992). Does morphology predict ecology? Hypothesis testing within a freshwater stream fish assemblage. *Oikos*, 65: 213-224.
- Dörner H., Wagner A., Benndorf J. (1999). Predation by piscivorous fish on age-0-fish: spatial and temporal variability in a biomanipulated lake (Bautzen reservoir, Germany). *Hydrobiologia*, 408/409: 39-46.
- Dörner H. & Benndorf J. (2003). Piscivory by large eels on young-of-the-year fishes: its potential as a biomanipulation tool. *Journal of Fish Biology*, 62: 491-494.
- Dörner H., Berg S., Jacobsen L., Hülsmann S., Brojerg M., Wagner A. (2003). The feeding behaviour of large perch *Perca fluviatilis* (L.) in relation to food availability: a comparative study. *Hydrobiologia*, 506: 427-434.

- Dörner H., Hülsmann S., Hölker F., Skov C., Wagner A. (2007). Size-dependent predator - prey relationships between pikeperch and their prey fish. *Ecology of Freshwater Fish*, 16: 307-314.
- Drenner R.W., Strickler J.R., O'Brien W.J. (1978). Capture probability: The role of zooplankton escape in the selective feeding of planktivorous fish. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 35: 1370-1373.
- Drenner R.W. & Hambright D.K. (2002). Piscivores, trophic cascades, and lake management. *The Scientific World Journal*, 2: 284-307.
- Dufrêne M. & Legendre P. (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67: 345-366.
- Dukowska M., Grzybkowska M., Kruk A., Szczerkowska-Majchrzak E. (2013). Food niche partitioning between perch and ruffe: Combined use of a self-organising map and the IndVal index for analysing fish diet. *Ecological Modelling*, 265: 221-229.
- Dukowska M., Kruk A., Grzybkowska M. (2014). Diet overlap between two cyprinids: eurytopic roach and rheophilic dace in tailwater submersed macrophyte patches. *Ecological Informatics*, 24: 112-123.
- Đeković V., Anđelković A., Bošnjaković A., Janić M. (2017). Analiza kvaliteta vode u akumulaciji „Vrutci”. *Šumarstvo*, 3-4: 175-188.
- Dorđević M. (1961). Ekologija i razviće dunavskog smuđa (*Lucioperca lucioperca* L.). Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, 99 pp.
- Đurković A., Čađo S., Denić Lj., Dopuđa Glišić T., Stojanović Z. (2014). Sastav fitoplanktona i fizičko-hemijske karakteristike akumulacije Vrutci. Srpsko društvo za zaštitu voda i Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi”, „VODA 2014”. Tara, 33-40.
- Eby L.A., Roach W.J., Crowder L.B., Stanford J.A. (2006). Effects of stocking-up freshwater food webs. *Trends in Ecology & Evolution*, 21: 576-584.
- Egerić M., Škraba D., Ilić M., Marković V., Nikolić V. (2015). Notes of feeding preferences of some Cyprinids (Osteichthyes, Cyprinidae) in the Danube Downstream from Belgrade. *Water Research and Management*, 5(3): 35-40.
- Edmondson W.T. (1969). Eutrophication in North America. In: Eutrophication: Causes, Consequences, Correctives. Proc. Int. Symp. Eutrophication (1967: University of Wisconsin). National Academy of Sciences, Washington, D.C., 124–149.
- Eklöv P. & VanKooten T. (2001). Facilitation among piscivorous predators: effects of prey habitat use. *Ecology*, 82: 2486-2494.

- Encina L., Rodríguez-Ruiz A., Granado-Lorencio C. (2004). Trophic habits of the fish assemblage in an artificial freshwater ecosystem: the Joaquín Costa reservoir, Spain. *Folia Zoologica*, 53(4): 437-449.
- Estlander S., Nurminen L., Olin M., Vinni M., Immonen S., Rask M., Ruuhijärvi J., Horppila J., Lehtonen H. (2010). Diet shifts and food selection of perch *Perca fluviatilis* and roach *Rutilus rutilus* in humic lakes of varying water colour. *Journal of Fish Biology*, 77: 241-256.
- Evtimova V., Pandourski I., Trichkova T. (2015). Zooplankton and its contribution to the diet of Europe – a perch (*Perca fluviatilis*) in two lowland reservoirs in Northwestern Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica*, 67: 85-96.
- Filipović D. & Janković D. (1978). Odnos sastava faune dna i ishrane riba u brdskim tekucicama istočne Srbije. *Ichthyologia*, 10(1): 29-40.
- Flinders J.M. & Bonar S.A. (2008). Growth, condition, diet, and consumption rates of northern pike in three Arizona reservoirs. *Lake and Reservoir Management*, 24: 99-111.
- Frankiewicz P., Dabrowski K., Zalewski M. (1996). Mechanisms of establishing bimodality in a size distribution of age-0 pikeperch, *Stizostedion lucioperca* (L.) in the Sulejów Reservoir, Central Poland. *Annales Zoologici Fennici*, 33: 321-327.
- Frankiewicz P. & Woytal-Frankiewicz A. (2012). Two different feeding tactics of young-of-the-year perch, *Perca fluviatilis* L., inhabiting the littoral zone of the lowland Sulejow Reservoir (Central Poland). *Ecohydrology & Hydrobiology*, 35-41.
- Gerkin S.D. (1994). Feeding ecology of fish. Academic Press, San Diego, CA, USA.
- Ginter K., Kangur K., Kangur A., Kangur P., Haldna M. (2011). Diet patterns and ontogenetic diet shift of pikeperch, *Sander lucioperca* (L.) fry in lakes Peipsi and Võrtsjärv (Estonia). *Hydrobiologia*, 660: 79-91.
- Giraudel J.L. & Lek S. (2001). A comparison of self-organizing map algorithm and some conventional statistical methods for ecological community ordination. *Ecological Modelling*, 146: 329-339.
- Gulati R., Dionisio Pires L., Van Donk E. (2008). Lake restoration studies: failures bottleneck and prospects of new ecotechnological measures. *Limnologia*, 38 (3-4): 233-247.
- Gümüş A., Yılmaz M., Polat N. (2002). Relative importance of food items in feeding of *Chondrostoma regium* Heckel, 1843, and its relations with the time of annulus formation. *Turkish Journal of Zoology*, 26: 271-278.

- Ha J-Y., Saneyoshi M., Park H-D., Toda H., Kitano S., Homma T., Shiina T., Moriyama Y., Chang K-H., Hanazato T. (2013). Lake restoration by biomanipulation using piscivore and *Daphnia* stocking; results of the biomanipulation in Japan. *Limnology*, 14(1): 19-30.
- Ha J-Y., Hanazato T., Chang K-H., Jeong K-S., Kim D-K. (2015). Assessment of the lake biomanipulation mediated by piscivorous rainbow trout and herbivorous daphnids using a self-organizing map: A case study in Lake Shirakaba, Japan. *Ecological Informatics*, 29: 182-191.
- Haertel S.S. & Eckmann R. (2002). Diel diet shift of roach and its implications for the estimation of daily rations. *Journal of Fish Biology*, 60: 876-892.
- Haertel S.S., Baade U., Eckmann R. (2002). No general percid dominance at mesotrophic lake conditions: insights from the quantifications of predator-prey interactions. *Limnologica*, 32: 1-13.
- Hammer C. (1985). Feeding behaviour of roach (*Rutilus rutilus*) larvae and the fry of perch (*Perca fluviatilis*) in Lake Laukan. *Archiv für Hydrobiologie*, 103(1): 61-74.
- Hamza N., Mhetli M., Kestemont P. (2007). Effects of weaning age and diets on ontogeny of digestive activities and structures of pikeperch (*Sander lucioperca*) larvae. *Fish Physiology and Biochemistry*, 33(2): 121-133.
- Hansson L-A., Brönmark C., Nyström P., Greenberg L., Lundberg P., Nilsson P.A., Persson A., Pettersson L.B., Romare P., Tranvik L.J. (1998a). Consumption patterns, complexity and enrichment in aquatic food chains. *Proceedings of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences*, 265: 901–906.
- Hansson L-A., Annadotter H., Bergman E., Hamrin S.F., Jeppesen E., Kairesalo T., Luokkanen E., Nilsson P.A., Søndergaard M., Strand J. (1998b). Biomanipulation as an application of food-chain theory: Constraints, synthesis, and recommendations for temperate lakes. *Ecosystems*, 1: 558–574.
- Hassen D.O. (1985). Selective zooplankton predation by pre-adult roach (*Rutilus rutilus*): the size-selective hypothesis versus the visibility-selective hypothesis. *Hydrobiologia*, 124: 73-79.
- Hartleb C.F. & Moring J.R. (1995). An improved gastric lavage device for removing stomach contents from live fish. *Fisheries Research*, 24: 261-265.
- ter Heerdt G. & Hootsmans M. (2007). Why biomanipulation can be effective in peaty lakes? *Hydrobiologia*, 584: 305-316.

- Henrikson L., Nyman H.G., Oscarson H.G., Stenson J.A. (1980). Trophic changes without changes in the external nutrient loading. *Hydrobiologia*, 68: 257–263.
- Hickley P., North R., Muchiri S.M., Harper D.M. (1994). The diet of largemouth bass, *Micropterus salmoides*, in Lake Naivasha, Kenya. *Journal of Fish Biology*, 44: 607–619.
- Horbowy J. (1996). The dynamic of Baltic fish stocks on the basis of a multispecies stock-production model. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53(9): 2115–2125.
- Horppila J. (1994). The diet and growth of roach (*Rutilus rutilus* (L.)) in lake Vesijärvi and possible changes in the course of biomanipulation. *Hydrobiologia*, 294: 35–41.
- Horppila J. (1999). Diel changes in diet composition of an omnivorous cyprinid – a possible source of error in estimating food consumption. *Hydrobiologia*, 400: 33–39.
- Horppila J., Ruuhijärvi J., Rask M., Karppinen C., Nyberg K., Olin M. (2000). Seasonal changes in the diets and relative abundances of perch and roach in the littoral and pelagic zones of a large lake. *Journal of Fish Biology*, 56: 51–72.
- Hosper S.H. (1989). Biomanipulation, new perspectives for restoration of shallow, eutrophic lakes in the Netherlands. *Hydrobiological Bulletin*, 23: 5–10.
- Hossain M.A., Hemray D.A., Ye Q., Leterme S.C., Qin J.G. (2017). Diet overlap and resource partitioning among three forage fish species in Coorong, the largest inverse estuary in Australia. *Environmental Biology of Fishes*, 100: 639–654.
- Hölker F., Haertel S.S., Steiner S., Mehner T. (2002). Effects of piscivore-mediated habitat use on growth, diet and zooplankton consumption of roach: an individual-based modeling approach. *Freshwater Biology*, 47: 2345–2358.
- Hölker F., Dörner H., Schulze T., Haertel-Borer S.S., Peacor S.D., Mehner T. (2007). Species-specific responses of planktivorous fish to the introduction of a new piscivore: implications for prey fitness. *Freshwater Biology*, 52: 1793–1806.
- Hrbáček J., Dvořáková M., Kořínek V., Procházková L. (1961). Demonstration of the effect of the fish stock on the species composition of zooplankton and the intensity of the metabolism on the whole plankton association. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, 14: 192–195.
- Hrbáček J., Desortova B., Popovsky J. (1978). Influence of the fishstock on the phosphorus-chlorophyll ratio. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, 20: 1624–1628.

- Hrbáček J., Albertova O., Desortova B., Gottwaldova V., Popovsky J. (1986). Relation of the zooplankton biomass and share of large cladocerans to the concentration of total phosphorus, chlorophyll-a and transparency in Hubenov and Vrchlice Reservoirs. *Limnologica* (Berlin), 17: 301-308.
- Huey R.B. & Pianka E.R. (1981). Ecological consequences of foraging mode. *Ecology*, 62: 991-999.
- Hugueny B. & Pouilly M. (1999). Morphological correlates of diet in an assemblage of West African freshwater fishes. *Journal of Fish Biology*, 54: 1310-1325.
- Huisman J. & Weissing F.J. (1999). Biodiversity of plankton by species oscillations and chaos. *Nature*, 402: 407-410.
- Hynes H.B.N. (1950). The food of freshwater sticklebacks, (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitius*) with a review of methods used in studies of the food of fishes. *Journal of Animal Ecology*, 19(1): 36-58.
- Hyslop E.J. (1980). Stomach content analysis: a review of methods and their applications. *Journal of Fish Biology*, 17: 411-429.
- IUCN, 2012. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012. <http://www.iucnredlist.org>. Downloaded on 17 October 2012.
- Jackson R.B., Carpenter S.R., Dahm C.N., McKnight D.M., Naiman R.J., Postel S.L., Running S.W. (2001). Water in a changing world. *Ecological Applications*, 11: 1027-1045.
- Jain A. & Dubes R. (1988). Algorithms for clustering data, Prentice-Hall, Inc.
- Jamet J.L., Gres P., Lair N., Lasserre G. (1990). Diel feeding cycle of roach (*Rutilus rutilus*, L.) in eutrophic Lake Aydat (Massif Central, France). *Archiv für Hydrobiologie*, 118(3): 371-382.
- Janković D. & Raspopović M. (1960). Ohridska pastrmka (*Salmo letnica typicus* K.) pod promenjenim uslovima u Vlasinskom baražnom jezeru. *Arhiv bioloških nauka*, 12(3-4): 117-122.
- Janković D. (1983). Ishrana šarana (*Cyprinus carpio* L.) u Skadarskom jezeru. Crnogorska nauka akademija i umetnosti. Naučni skupovi, 9: 211-229.
- Jeppesen E., Jensen J.P., Søndergaard M., Lauridsen T., Landkildehus F. (2000). Trophic structure, species richness and biodiversity in Danish lakes: changes along phosphorus gradient. *Freshwater Biology*, 45: 201-218.
- Kahilainen K. & Lehtonen H. (2003). Piscivory and prey selection of four predator species in a whitefish dominated subarctic lake. *Journal of Fish Biology*, 63: 659-672.

- Kahl U., Dörner H., Radke J., Wagner A., Benndorf J. (2001). The roach population in the hypertrophic Bautzen Reservoir: structure, diet and impact on *Daphnia galeata*. *Limnologica*, 31: 61-68.
- Kahl U. & Radke J. (2006). Habitat and food resource use of perch and roach in a deep mesotrophic reservoir: enough space to avoid competition? *Ecology of Freshwater Fish*, 15: 48-56.
- Kangur A. & Kangur P. (1998). Diet composition and size-related changes in the feeding of pikeperch, *Stizostedion lucioperca* (Percidae) and pike, *Esox lucius* (Esocidae) in the Lake Peipsi (Estonia). *Italian Journal of Zoology*, 65: 255-259.
- Kangur P., Kangur A., Kangur K. (2007). Dietary importance of various prey fishes for pikeperch *Sander lucioperca* (L.) in large shallow lake Võrtsjärv (Estonia). *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Biology, Ecology*, 56: 154-167.
- Karus K., Paaver T., Agasild H., Zingel P. (2014). The effect of predation by planktivorous juvenile fish on the microbial food web. *European Journal of Protistology*, 50: 109-121.
- Keast A. (1985). The piscivore guild of fishes in small freshwater ecosystems. *Environmental Biology of Fishes*, 12: 119-129.
- Keskinen T. (2008). Feeding ecology and behaviour of pikeperch, *Sander lucioperca* (L.) in boreal lakes. Dissertation, University of Jyväskylä.
- Kestemont P., Jourdan S., Houbart M., Mélard C., Paspatis M., Fontaine P., Cuver A., Kentouri M., Baras E. (2003). Size heterogeneity, cannibalism and competition in cultured predatory fish larvae: biotic and abiotic influences. *Aquaculture*, 227(1-4): 333-356.
- Koed A., Balleby K., Mejlhede P., Aarestrup K. (2006). Annual movement of adult pike (*Esox lucius* L.) in a lowland river. *Ecology of Freshwater Fish*, 15: 191-199.
- Kohonen T. (1982). Self-organized formation of topologically correct feature maps. *Biological cybernetics*, 43: 59-69.
- Kompowski A. (1998). Morphological features of the bleak *Alburnus alburnus* (L., 1758) from Międzyodrze. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 18(2): 15-26.
- Kopp D., Cucherousset J., Syväranta J., Martino A., Céréghino R., Santoul F. (2009). Trophic ecology of the pikeperch (*Sander lucioperca*) in its introduced areas: a stable isotope approach in southwestern France. *Comptes Rendus Biologies*, 332: 741-746.
- Korovchinsky N.M. (1996). How many species of Cladocera are there? *Hydrobiologia*, 321: 191-204.

- Kostić D., Marjanović P., Marjanović M., Blagojević A., Trbojević I., Predojević D., Subakov Simić G., Vulić D., Obradović V., Naunović Z. (2016). Drivers of phytoplankton blooms in the Vrutci Reservoir during 2014-2015 and implications for water supply and management. *Water Research and Management*, 6(3): 3-12.
- Kottelat M. & Freyhof J. (2007). Handbook of European freshwater fishes. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany.
- Krebs C.J. (1999). Ecological Methodology. Addison Wesley Longman, Menlo Park, 581 pp.
- Król J., Danchot N., Mandiki S.N.M., Van Cutsem P., Kestemont P. (2015). Cannibalism in cultured Eurasian perch, *Perca fluviatilis* (Actinopterygii: Perciformes: Percidae) – implication of maternal influence, kinship, and sex ratio of progenies. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 45(1): 65-73.
- Krpo J. (1993). Taksonomske i ekološke karakteristike smuđa *Stizostedion lucioperca* (L.) iz jugoslovenskog dela Dunava. Magistarski rad, Univerzitet u Beogradu, 204 pp.
- Krpo-Četković J. (2004). Rastenje, ishrana i raspodela resursa simpatričkih piscivornih riba u Dunavu kod Beograda. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, 279pp.
- Krpo-Četković J., Hegediš A., Lenhardt M. (2010). Diet and growth of asp, *Aspius aspius* (Linnaeus, 1758), in the Danube River near the confluence with the Sava River (Serbia). *Journal of Applied Ichthyology*, 26: 513-521.
- Kruk A., Lek S., Park Y-S., Penczak T. (2007). Fish assemblages in the large lowland Narew River system (Poland): application of the self-organizing map algorithm. *Ecological modelling*, 203: 45-61.
- Kubečka J. (1993). Succession of fish communities in reservoirs of Central and East Europe. In: Straškraba M., Tundisi J.G., Duncan A. (eds.), Comparative reservoir limnology and water quality management, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, pp. 153-168.
- Labropoulou M. & Eleftheriou A. (1997). The foraging ecology of two pairs of congeneric demersal fish species: importance of morphological characteristic in prey selection. *Journal of Fish Biology*, 50: 324-340.
- Labropoulou M., Machias A., Tsimenides N., Eleftheriou A. (1997). Feeding habits and ontogenetic diel shift of the striped red mullet, *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758. *Fisheries Research*, 31: 257-267.
- Lammens E.H.R.R. (2001). Consequences of biomanipulation for fish and fisheries. FAO Fisheries Circular. Rome, No. 952, 23 p.

- La Mesa G., La Mesa M., Tomassetti P. (2007). Feeding habits of the Madeira rockfish *Scorpaena maderensis* from central Mediterranean Sea. *Marine Biology*, 150: 1313–1320.
- Lappalainen J., Olin M., Vinni M. (2006). Pikeperch cannibalism: effects of abundance, size and condition. *Annales Zoologici Fennici*, 43: 35-44.
- Lathrop B.A., Johnson B.M., Johnson T.B., Vogelsang M.T., Carpertner S.R., Hrabik T.R., Kitchell J.F., Magnuson J.J., Rudstam L.G., Stewart R.S. (2002). Stocking piscivores to improve fishing and water clarity: a synthesis of the Lake Mendota biomanipulation project. *Freshwater Biology*, 47: 2410-2424.
- Laušević R. & Cvijan M. (1996). Seasonal and spatial dynamics of phytoplankton in Vlasinsko Jezero reservoir. In: Blaženčić J. (ed.), Vlasinsko jezero - hidrobiološka studija. Biološki fakultet Beograd, pp. 91-129.
- Lenhardt M., Mićković B., Jakovčev D. (1996). Age, growth, sexual maturity and diet of the Mediterranean barbell (*Barbus peleponessius petenyi*) in the river Gradac (West Serbia, Yugoslavia). *Folia Zoologica*, 45(1): 33-37.
- Liao H., Pierce C.L., Larscheid J.G. (2002). Diet dynamics of the adult piscivorous fish community in Spirit Lake, Iowa, USA 1995-1997. *Ecology of Freshwater Fish*, 11: 178-189.
- Linløkken A., Bergman E., Greenberg L., Seeland P.A.H. (2007). Environmental correlates of population variables of perch (*Perca fluviatilis*) in boreal lakes. *Environmental Biology of Fishes*, 82: 401-408.
- Little A.S., Tonn W.M., Tallman R.F., Reist J.D. (1998). Seasonal variations in diet and trophic relationships within the fish communities of the lower Slave River, Northwest Territories, Canada. *Environmental Biology of Fishes*, 53: 429-445.
- Liu Z. & Uiblein F. (1996). Prey detectability mediates selectivity in a zooplanktivorous Cyprinid (*Alburnus alburnus* (L.)). *Sitzungsber, Abt I.*, 203: 3-13.
- Lorenzoni M., Corboli N., Dörr A.J.M., Giovinazzo G., Selvi S., Mearelli M. (2002). Diets of *Micropterus salmoides* Lac. and *Esox lucius* L. in Lake Trasimeno (Umbria, Italy) and their diet overlap. *Bulletin Française de Pêche et de la Pisciculture*, 365/366: 537–547.
- López N., Navarro J., Barría C., Albo-Puigserver M., Coll M., Palomera I. (2016). Feeding ecology of two demersal opportunistic predators coexisting in the northwestern Mediterranean Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 175: 15-23.

- Lundberg P., Ranta E., Ripa J., Kaitala V. (2000). Population variability in space and time. *Trends in Ecology & Evolution*, 15: 460–464.
- Lyagina T.N. (1972). The seasonal dynamics of biological characteristics of the roach (*Rutilus rutilus* L.) under conditions of varying food availability. *Journal of Ichthyology*, 12: 210-226.
- Lyche A., Faafeng B., Brabrand Å. (1990). Predictability and possible mechanisms of plankton response to reduction of planktivorous fish. *Hydrobiologia*, 200/201: 251-261.
- MacArthur R. & Levins R. (1967). The limiting similarity, convergence and divergence of coexisting species. *The American Naturalist*, 101: 377-385.
- Magnhagen C. & Heibo E. (2001). Gape size allometry in pike reflects variation between lakes in prey availability and relative body depth. *Functional Ecology*, 15: 754-762.
- Maletin S., Pujin V., Dukić N., Kostić D. (1990). Nutrition and growth of Prussian carp (*Carassius auratus gibelio* Bloch) in Kovilj-Gardinovci swamp. *Ekologija*, 26(1): 25-35.
- Mancinelli G., Costantini M.L., Rossi L. (2002). Cascading effects of predatory fish exclusion on the detritus-based food web of a lake littoral zone (Lake Vico, central Italy). *Oecologia*, 133: 402-411.
- Manoel P.S. & Azevedo-Santos V.M. (2018). Fish gut content from biological collections as a tool for long – term environmental impacts studies. *Environmental Biology of Fishes*, 101: 899-904.
- Margenau T.L., Rasmussen P.W., Kampa J.M. (1998). Factors affecting growth of northern pike in small Northern Wisconsin lakes. *North American Journal Fisheries Management*, 18: 625–639.
- Marković G., Simić V., Ostojić A., Simić S. (2003). Ishrana vrste *Leuciscus cephalus* L. u akumulaciji Međuvršje (reka Zapadna Morava, Srbija). *Acta Agriculturae Serbica*, 8(16): 75-81.
- Marković G. (2004). Srednjoročni program unapređenja ribarstva na ribarskom području „Zapadna Morava II”, SOSR Čačak, za period 2003-2007. godine.
- Marković G., Karan-Žnidaršić T., Simonović P. (2009). Bryozoan species *Hyalinella punctata* hancock in the gut content of chub *Leuciscus cephalus* L. *Polish Journal of Ecology*, 57(1): 201-205.

- Marković G., Đikanović V., Skorić S., Lujić J., Marinović Z. (2014). Alohtone vrste većih akumulacija slivnog područja Zapadne Morave. Konferencija „Voda 2014”, Tara, 65-70.
- Marković M. (2015). Model unapređenja ekološkog statusa zatvorenog sistema vodnih tela akumulacija. Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, 118 pp.
- McCune B. & Mefford M. (1999). PC-ORD: multivariate analysis of ecological data; Version 4.0 for Windows; [User's Guide], MjM software design.
- McQueen D.J., Post J.R., Mills E.L. (1986). Trophic relationship in freshwater pelagic ecosystems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 43: 1571-1581.
- Meijer M-L., de Boois I., Scheffer M., Portielje R., Hosper H. (1999). Biomanipulation in shallow lakes in The Netherlands: an evaluation of 18 case studies. *Hydrobiologia*, 408/409: 13-30.
- Mehner T., Schultz H., Bauer D., Herbst R., Voigt H., Benndorf J. (1996). Intraguild predation and cannibalism in age-0 perch (*Perca fluviatilis*) and age-0 zander (*Stizostedion lucioperca*): Interactions with zooplankton succession, prey fish availability and temperature. *Annales Zoologici Fennici*, 33: 353-361.
- Mehner T., Benndorf J., Kasprzak P., Koschel R. (2002). Biomanipulation of lake ecosystems: successful applications and expanding complexity in the underlying science. *Freshwater Biology*, 47: 2453-2465.
- Mehner T., Ihlau J., Dörner H., Hölker F. (2005). Can feeding of fish on terrestrial insects subsidize the nutrient pool of lakes? *Limnology and Oceanography*, 50(6): 2022-2031.
- Menge B.A. & Sutherland J.P. (1987). Community regulation: variation in disturbance competition and predation in relation to environmental stress and recruitment. *The American Naturalist*, 130: 730-757.
- Mérő T.O. (2014). Diet in pike (*Esox lucius*) in northwestern Vojvodina (Serbia). *Natura Croatica*, 23(1): 27-34.
- Milojević M. (1994). Neka iskustva stečena tokom sedam godina aeracije akumulacije „Gruža”. Konferencija „Kvalitet voda”, Čačak. Zbornik radova, 111-120.
- Milovanović D. & Živković A. (1953). Prvo saopštenje o ispitivanju planktonske produkcije u novom baražnom jezeru na Vlasini. *Periodicum Biologorum*, II/B (7): 266-267.
- Milovanović D. & Živković A. (1956). Limnološka ispitivanja baražnog jezera na Vlasini. Zbornik radova Instituta za ekologiju i biogeografiju Beograd, 7(5): 1-47.

- Milovanović D. & Živković A. (1958). Novi prilog proučavanju planktonske produkcije u baražnom jezeru na Vlasini (An additional study of plankton production in the lake Vlasina. In Serbian, with Summary in English). Zbornik radova Biološkog Instituta NR Srbije Beograd, 2(7): 1-12.
- Milovanović D. (1973). Fitoplankton Vlasinskog jezera u period 1946-64. *Archives of Biological Sciences*, Belgrade, 25(3-4): 177-194.
- Miranda L.E. (2001). A review of guidance and criteria for managing reservoirs and associated riverine environments to benefit fish and fisheries. In: Marmulla G. (ed.), Dams, Fish and Fisheries. Opportunities, Challenges and Couplot Resolution. FAO Fisheries & Aquaculture Technical Papers No. 419, FAO, Rome, pp. 91-137.
- Mittelback G.G., Osenberg C.W., Leibold M.A. (1988). Trophic relations and ontogenetic niche shifts in aquatic ecosystems. In: Ebenman B. & Persson L. (eds.), Size-Structured Populations. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Morán-Tejeda E., Lorenzo-Lacrus J., Lopez-Moreno J.I., Ceballos-Barbancho A., Zabalza J., Vicente-Serrano S.M. (2012). Reservoir management in the Duero Basin (Spain): Impact on river regimes and the response to environmental change. *Water Resources Management*, 26: 2125-2146.
- Moreno-Sánchez X.G., Palaciou-Salgado D.S., Abitia-Cárdenas L.A., Nieto-Navaro J.T., Navia A.F. (2015). Diet of the yellowfin snook, *Centropomus robalito* (Actinopterygii: Perciformes: Centropomidae), in the southwestern gulf of California. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 45(1): 21-29.
- Morte S., Redon M.J., Sanz-Bran A. (2001). Diet of *Scorpaena porcus* and *Scorpaena notate* (Pisces: Scorpaenidae) in the Western Mediterranean. *Cahiers de Biologie Marine*, 42: 333-343.
- Motta P.J. (1988). Functional morphology of the feeding apparatus of ten species of Pacific butterflyfishes (Perciformes, Chaetodontidae): an ecomorphological approach. *Environmental Biology of Fishes*, 22: 39-67.
- Motta P.J., Clifton K.B., Hernandez P., Eggold B.T. (1995). Ecomorphological correlates in ten species of subtropical seagrass fishes: diets and microhabitat utilization. *Environmental Biology of Fishes*, 44: 37-60.
- Muto E.Y., Soares L.S.H., Goitein R. (2001). Food resource utilization of the skates *Rioraja agassizii* (Müller and Heule, 1841) and *Psammobatis extent* (Garman, 1913) on the continental shelf off Ubatuba, South-Eastern Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, 61(2): 217-238.

- Nannini M.A. & Belk M.C. (2006). Antipredator responses of two native stream fishes to an introduced predator: does similarity in morphology predict similarity in behavioural response? *Ecology of Freshwater Fish*, 15: 453-463.
- Navarrete P., Espejo R.T., Romero J. (2009). Molecular analysis of microbiota along the digestive tract of juvenile atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Microbial Ecology*, 57: 550-561.
- Nie L.J. & Fu S.J. (2017). Metabolic, behavioural, and locomotive effects of feeding in five cyprinids with different habitat preferences. *Fish Physiology and Biochemistry*, 43(6): 1531-1542.
- Niemela S. & Feist M. (2000). Index of biotic integrity (IBI) guidance for coolwater rivers and streams of the St. Croix River basin in Minnesota. Minnesota Pollution Control Agency.
- Nikčević M., Hegediš A., Mićković B. (1992). Izveštaj o rezultatima istraživanja stanja ihtiofaune Vlasinske akumulacije. Centar za multidisciplinarne studije, Beograd, pp. 19.
- Nilsson P.A. & Brönmark C. (2000). Prey vulnerability to a gape-size limited predator: behavioural and morphological impacts on northern pike piscivory. *Oikos*, 88: 539-546.
- Nunn A.D., Tewson L.H., Cowx I.G. (2012). The foraging ecology of larval and juvenile fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 22: 377-408.
- Ojaveer E., Lindroth A., Bagge O., Lehtonen H., Toivonen J. (1981). Fishes and Fisheries. In: Voipio A. (ed.), The Baltic Sea. Amsterdam: Elsevier, pp. 275-350.
- Okun N., Mendonca R., Mehner T. (2005). Diel shifts in community composition and feeding of juvenile fishes in the pelagic area of a large shallow lake. *Limnologia*, 35: 70-77.
- Olin M., Rask M., Ruuhijärvi J., Kurkilahti M., Ala-Opas P., Ylönen O. (2002). Fish community structure in mesotrophic and eutrophic lakes of southern Finland: the relative abundances of percids and cyprinids along a trophic gradient. *Journal of Fish Biology*, 60: 593-612.
- Olson K.W., Jensen O.P., Hrabik T.R. (2016). Feeding ecology and prey resource partitioning of lenok (*Brachymystax lenok*) and Baikal grayling (*Thymallus arcticus baicalensis*) in the Eg and Uur rivers, Mongolia. *Ecology of Freshwater Fish*, 25: 565-579.
- Ordines F., Valls M., Gouraguine A. (2012). Biology, feeding, and habitat preferences of Cadenat's rockfish, *Scorpaena loppei* (Actinopterygii: Scorpaeniformes:

- Scorpaenidae), in the Balearic Islands (Western Mediterranean). *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 42(1): 21-30.
- Ostojić A., Ćurčić S., Nedović M. (2005a). Trophic status of the Gruža reservoir. In: Ćomić Lj. & Ostojić A. (eds.), *The Reservoir Gruža - monography*. Faculty of Science, Kragujevac, pp. 233-245.
- Ostojić A., Ćurčić S., Ćomić Lj., Topuzović M. (2005b). Estimate of the eutrophication process in the Gruža Reservoir (Serbia and Montenegro). *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 33(6): 605-613.
- Ostojić A. (2006). Zooplankton of the Bovan reservoir. *Kragujevac Journal of Science*, 28: 115-122.
- Ostojić A., Obradović M., Radoičić D. (2012). Faunistic composition of zooplankton in the Šumarice lake (Kragujevac, Serbia). *Kragujevac Journal of Science*, 34: 87-96.
- Ostojić A. (2013). Fauna slatkovodnih beskičmenjaka sa ilustrovanim ključevima za identifikaciju. Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno-matematički fakultet. Univerzitet u Beogradu, Biološki fakultet. 455 p.
- Park Y-S., Céréghino R., Compin A., Lek S. (2003). Applications of artificial neural networks for patterning and predicting aquatic insect species richness in running waters. *Ecological Modelling*, 160: 265-280.
- Park Y., Oberdorff T., Lek S. (2005). Patterning riverine fish assemblages using an unsupervised neural network. In: Lek S., Scardi M., Verdonschot P., Descy J.P., Park Y.S. (eds.), *Modelling Community Structure in Freshwater Ecosystems*. Springer, Berlin, pp. 43-53.
- Pasternak A.F., Mikheev V.N., Wanzenböck J. (2006). How plankton copepods avoid fish predation: from individual responses to variations of the life cycle. *Journal of Ichthyology*, 46(2): 220-226.
- Paukert C.P., Stancill W., DeBates T.J., Willis D.W. (2003). Predatory effects of northern pike and largemouth bass: bioenergetics modelling and ten years of fish community sampling. *Journal of Freshwater Ecology*, 18: 13-24.
- Pavlović M., Paunović M., Simić V. (2013). Feeding of Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.) in three reservoirs in Serbia. *Water Research and Management*, 3(4): 41-46.
- Pavlović M., Simonović P., Stojković M., Simić V. (2015). Analysis of diet of piscivorous fishes in Bovan, Gruža and Šumarice reservoir, Serbia. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 14(4): 908-923.

- Peltonen H., Rita H., Ruuhijarvi J. (1996). Diet and prey selection of pikeperch (*Stizostedion lucioperca* (L.)) in Lake Vesijärvi analysed with a logit model. *Annales Zoologici Fennici*, 33: 481-487.
- Penczak T., Kruk A., Grzybkowska M., Dukowska M. (2006). Patterning of impoundment impact on chironomid assemblages and their environment with use of the self-organizing map (SOM). *Acta Oecologica*, 30(3): 312-321.
- Penczak T. (2011). Fish assemblage composition in a natural, then regulated, stream: A quantitative long-term study. *Ecological Modelling*, 222: 2103-2118.
- Penczak T., Głowacki Ł., Kruk A., Galicka W. (2012). Implementation of a self-organizing map for investigation of impoundment impact on fish assemblages in a large, lowland river: longterm study. *Ecological Modelling*, 227: 64-71.
- Pereira L.S., Agostinho A.A., Winemiller K.O. (2017). Revisting cannibalism in fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 27: 499-513.
- Peretyatko A., Teissier S., De Backer S., Triest L. (2012). Biomanipulation in hypereutrophic ponds when it works and why it fails. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184: 1517-1531.
- Persson L. (1983). Food consumption and the significance of detritus and algae to intraspecific competition in roach *Rutilus rutilus* in a shallow eutrophic lake. *Oikos*, 41: 118–125.
- Persson L. & Greenberg L.A. (1990). Juvenile competitive bottlenecks: the perch (*Perca fluviatilis*) – roach (*Rutilus rutilus*) interaction. *Ecology*, 71(1): 44-56.
- Persson L., Diehl S., Johansson L., Andersson G., Hamrin S.F. (1991). Shift in fish communities along a productivity gradient of temperate lakes-patterns and the importance of size-structured interactions. *Journal of Fish Biology*, 38: 281-293.
- Persson L., Diehl S., Johansson L., Hamrin S.F. (1992). Trophic interactions in lake ecosystems: A test of food chain theory. *American Naturalist*, 140: 59-84.
- Persson L., Andersson J., Wahlström E., Eklöv P. (1996). Size-specific interactions in lake systems: predator gape limitation and prey growth rate and mortality. *Ecology*, 77: 900-911.
- Persson L., Byström P., Wahlström E. (2000a). Cannibalism and competition in Eurasian perch: Population dynamics of an ontogenetic omnivore. *Ecology*, 81(4): 1058-1071.
- Persson L., Byström P., Wahlström E., Nijlunsing A., Rosema S. (2000b). Resource limitation during early ontogeny: constraints induced by growth capacity in larval and juvenile fish. *Oecologia*, 122: 459–469.

- Persson L., Claessen D., Roos A.M.D., Byström P., Sjögren S., Svanbäck R., Wahlström E., Westman E. (2004). Cannibalism in a size-structured population: energy extraction and control. *Ecological Monographs*, 74: 135-157.
- Peterka J. (2006). Feeding selectivity and efficiency of young-of-the-year fish – insights from field data and laboratory experiments. PhD thesis, Hydrobiological Institute Academy of Sciences of the Czech Republic, České Budějovice.
- Peterka J. & Matěna J. (2009). Differences in feeding selectivity and efficiency between young-of-the-year European perch (*Perca fluviatilis*) and roach (*Rutilus rutilus*) – field observation and laboratory experiments on the importance of prey movement apparency vs. evasiveness. *Biologia*, 64/4: 786-794.
- Pianka E.R. (1966). Convexity, desert lizards, and spatial heterogeneity. *Ecology*, 47: 1055-1059.
- Pinkas L., Oliphant M.S., Iverson I.L.K. (1971). Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. *State of California, Department of Fish and Game, Fish Bulletin*, 152: 1-105.
- Politou C.Y., Economidis P.S., Sinis A.I. (1993). Feeding biology of bleak, *Alburnus alburnus*, in Lake Koronia, northern Greece. *Journal of Fish Biology*, 43: 33-43.
- Pouilly M., Lino F., Bretenoux J.G., Rosales C. (2003). Dietary – morphological relationships in a fish assemblage of the Bolivian Amazonian floodplain. *Journal of Fish Biology*, 62: 1137-1158.
- Prejs A. (1978). Lake macrophytes as the food of roach (*Rutilus rutilus* L.) and rudd (*Scardinius erythrophthalmus* L.), II. Daily intake of macrophyte food in relation to body size of fish. *Ekologia Polska*, 26: 537–553.
- Prejs A., Martyniak A., Boron S., Hliwa P., Koperski P. (1994). Food web manipulation in a small eutrophic lake Wirbel, Poland: effects on stocking with juvenile pike on planktivorous fish. *Hydrobiologia*, 275/276: 65-70.
- Projekat (2011). „Istraživanje i promocija biodiverziteta jezera u Šumaricama radi njegovog očuvanja i održivog razvoja”. Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno-matematički fakultet. EID „Mladen Karaman”.
- Pujin V., Jerković L., Ratajac R., Djukić N. (1985). Nutrition of *Carassius auratus gibelio* Bloch 1783 in certain waters of Vojvodina. Proceedings of „V Congress European Ichthyologists”, abstract, pp. 129.
- Pujin V. & Maletin S. (1986). Diet of Prussian carp (*Carassius auratus gibelio* Bloch) in the Carska bara. *Tiscia*, 23: 93-98.

- Raat A.J.P. (1988). Synopsis of biological data on the northern pike *Esox lucius* Linnaeus, 1758. FAO Fisheries Synopsis, 30: 1–178.
- Radojević I., Roganović S., Čomić Lj., Ostojić A. (2009). Mikrobiološka studija akumulacije Bovan. Konferencija „Voda 2009”, Zlatibor, 81-86.
- Ranković B. & Simić S. (2005). Phytoplankton of the Gruža reservoir. In: Čomić Lj. & Ostojić A. (eds.), The Reservoir Gruža - monography. Faculty of Science, Kragujevac, pp. 65-78.
- Ranković B., Simić S., Bogdanović D. (2006). Phytoplankton as indicator of water quality of lakes Bujanj and Šumarice during autumn. *Kragujevac Journal of Science*, 28: 107-114.
- Rask M., Olin M., Horppila J., Lehtovaara A., Väisänen A., Ruuhijärvi J., Sammalkorpi I. (2002). Zooplankton and fish communities in Finnish lakes of different trophic status: responses to eutrophication. *Verhandlungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie*, 28: 396-401.
- Rask M., Olin M., Keskitalo J., Lehtovaara A., Ruuhijärvi J., Vesala S. (2003). Responses of plankton and fish communities to mass removal of planktivorous fish in a two-basin lake in southern Finland. *Hydrobiologia*, 506: 451-457.
- Rawls J.F., Samuel B.S., Gordon J.I. (2004). Gnotobiotic zebrafish reveal evolutionarily conserved responses to the gut microbiota. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101: 4596-4601.
- Rezsű E. & Specziár A. (2006). Ontogenetic diet profiles and size dependent diet partitioning of ruffe *Gymnocephalus cernuus*, perch *Perca fluviatilis* and pumpkinseed *Lepomis gibbosus* in Lake Balaton. *Ecology of Freshwater Fish*, 15: 339–349.
- Ricker W.E. (1954). Stock and recruitment. *Journal of Fisheries Research Board of Canada*, 11: 559-623.
- Riedel-Lehrke M. (1997). Biomanipulation: Food web management of lake ecosystems. Restoration and Reclamation Review. Student On-Line Journal, 2:2.
- Romare P. (2000). Growth of larval and juvenile perch: the importance of diet and fish density. *Journal of Fish Biology*, 56: 876-889.
- Sallami B., Ben Salem M., Reynaud C., Capapé C. (2014). Diet of Mediterranean moray, *Muraena helena* (Actinopterygii: Anguilliformes: Muraenidae), from the north-eastern Tunisian coast (Central Mediterranean). *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 44(4): 273-283.

- Salonen S., Helminen H., Sarvala J. (1996). Feasibility of controlling coarse fish populations through pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) stocking in Lake Köyliönjärvi, SW Finland. *Annales Zoologici Fennici*, 33: 451-457.
- Sammons S.M., Scalet C.G., Neumann R.M. (1994). Seasonal and size-related changes in the diet of northern pike from a shallow Prairie lake. *Journal of Freshwater Ecology*, 9: 321-329.
- Scharf W. (2007). Biomanipulation as a useful water quality management tool in deep stratifying reservoirs. *Hydrobiologia*, 583: 21-42.
- Scheffer M. (1998). Ecology of shallow lakes. Chapman & Hall, London.
- Schleuter D. & Eckmann R. (2008). Generalist versus specialist: the performances of perch and ruffe in a lake of low productivity. *Ecology of Freshwater Fish*, 17: 86-99.
- Schoener T.W. (1969). Models of optimal size for solitary predators. *The American Naturalist*, 103: 277-313.
- Schoener T.W. (1970). Non-synchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. *Ecology*, 51: 408-418.
- Schoener T.W. (1971). Theory of feeding strategies. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 11: 369-404.
- Schoener T.W. (1974). Resource partitioning in ecological communities. *Science*, 185: 27-39.
- Schoener T.W. (1982). The controversy over interspecific competition. *American Scientist*, 70: 586-595.
- Schulze T., Baade U., Dörner H., Eckmann R., Haertel-Borer S.S., Hölker F., Mehner T. (2006a). Response of the residential piscivorous fish community to introduction of a new predator type in a mesotrophic lake. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 63: 2202-2212.
- Schulze T., Dörner H., Hölker F., Mehner T. (2006b). Determinants of habitat use in large roach. *Journal of Fish Biology*, 69: 1136-1150.
- Schulze T., Dörner H., Baade U., Hölker F. (2012). Dietary niche partitioning in a piscivorous fish guild in a response to stocking of an additional competitor – The role of diet specialisation. *Limnologia*, 42: 56-64.
- Sekulić N., Budakov Lj., Branković D. (1998). Comparison of feeding spectra of some exotic and native fishes in Vojvodina (Serbia). *Italian Journal of Zoology*, 65: 377-380.
- Shapiro J., Lamara V., Lynch M. (1975). Biomanipulation: an ecosystem approach to lake restoration. In: Brezonik P.L. & Fox J.L. (eds.), Proc. Symp. Water Quality

- Management through Biological Control. University of Florida Press, Gainesville, pp. 85-96.
- Shapiro J. (1980). The importance of trophic-level interactions to the abundance and species composition of algae in lakes. In: Barica J. & Mur L.R. (eds.), Development in hypertrophic ecosystems. Dr W Junk bv Publishers, The Hague, pp. 105-115.
- Shapiro J. & Wright D.I. (1984). Lake restoration by biomanipulation: Round Lake Minnesota, the first two years. *Freshwater Biology*, 14: 371–383.
- Simić S., Đorđević N., Milošević Đ. (2017). The relationship between the dominance of Cyanobacteria species and environmental variables in different seasons and after extreme precipitation. *Fundamental and Applied Limnology*, 190/1: 1-11.
- Simić S. & Simić V. (2012). Ekologija kopnenih voda. Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu i Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Kragujevcu. 291 pp.
- Simić V. & Simić S. (2003a). Srednjoročni program za unapređenje ribarstva na ribarskom području „Južna Morava 2”, „Južna Morava dva d.o.o”, Niš, za period 2003-2007. godine.
- Simić V. & Simić S. (2003b). Srednjoročni program za unapređenje ribarstva na ribarskom području „Zapadna Morava 2”, „Hristifor Perišić Kićo”, Kraljevo, za period 2003-2007. godine.
- Simić V. (2005). Fauna of macrozoobenthos in the Gruža reservoir: an ecological study. In: Čomić Lj. & Ostojić A. (eds.), The Reservoir Gruža - monography. Faculty of Science, Kragujevac, pp. 99-111.
- Simić V., Ćurčić S., Čomić Lj., Simić S., Ostojić A. (2006). Biological estimation of water quality of the Bovan reservoir. *Kragujevac Journal of Science*, 28: 123-128.
- Simić V., Simić S., Nećak P. (2010). Privremeni program upravljanja ribarskim područjem „Srbija jugozapad”, JP „Srbijašume”, Beograd, za 2010. godinu.
- Simić V. & Simić S. (2011a). Program upravljanja ribarskim područjem „Srbija Istok deo”, SOUR „Južna Morava” Niš, za period 2012-2022. godine.
- Simić V. & Simić S. (2011b). Program upravljanja ribarskim područjem „PIO Vlasina” JP „Direkcija za građevinsko zemljište i puteve opštine Surdulica”, za period 2012-2020. godine.
- Simić V. & Simić S. (2011c). Program upravljanja delom ribarskog područja „Srbija jugozapad” „SPDA Ekologic d.o.o.”, Čačak, za period 2012-2020. godine.
- Simić V., Simić S., Paunović M., Simonović P., Radojković N., Petrović A. (2012a). *Scardinius knezevici* Bianco & Kottelat, 2005 and *Alburnus scoranza* Bonaparte,

- 1845: New species of ichthyofauna of Serbia and the Danube basin. *Archives of Biological Sciences*, 64(3): 981-990.
- Simić V., Simić S., Stanković N. (2012b). Godišnji program upravljanja ribarskim područjem „PIO Vlasina” JP „Direkcija za građevinsko zemljište i puteve opštine Surdulica”, za 2013. godinu.
- Simić V. (2017a). Program upravljanja ribarskim područjem „Velika Morava 1”, „Balkan Eco Team d.o.o.” Prijepolje, za period 2017-2026.
- Simić V. (2017b). Program upravljanja delom ribarskog područja „Ibar”, „Plus sport d.o.o.” Adrani, Kraljevo, za period 2017-2026.
- Simonović P. & Nikolić V. (1995). Ichthyofauna of the Vlasinsko jezero reservoir. *Archives of Biological Sciences*, 47(1-2): 71-74.
- Simonović P. & Nikolić V. (1996). Ichthyofauna of Vlasinsko Jezero reservoir – state and perspective. In: Blaženčić J. (ed.), Vlasinsko jezero - hidrobiološka studija, Biološki fakultet, Beograd, pp. 179-198.
- Simonović P. (2001). Ribe Srbije, NNK International, Beograd.
- Simonović P., Paunović M., Popović S. (2001). Morphology, feeding, and reproduction of the Round Goby, *Neogobius melanostomus* (Pallas), in the Danube River Basin, Yugoslavia. *Journal of Great Lakes Research*, 27(3): 281-289.
- Simović S. & Marković G. (2005). Autochthonous and allochthonous species in fish assembly of the Gruža reservoir. In: Čomić Lj. & Ostojić A. (eds.), The Reservoir Gruža - monography. Faculty of Science, Kragujevac, pp. 137-151.
- Skrzypczak A., Mamcarz A., Kujawa R., Kucharczyk D., Furgala-Selezniow G. (1998). Feeding habits of larval Eurasian perch, *Perca fluviatilis* (Percidae). *Italian Journal of Zoology*, 65: 243-245.
- Smith V.H. (1990). Phytoplankton responses to eutrophication in inland waters. In: Akatsuka I. (ed.), Introduction to Applied Phycology. SPB Academic Publishing, the Hague, Netherlands, pp. 231–249.
- Smith C. & Reay P. (1991). Cannibalism in teleost fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 1: 41-64.
- Smith P.A., Leah R.T., Eaton J.W. (1996). Removal of pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) from a British Canal as a management technique to reduce impact on prey fish populations. *Annales Zoologici Fennici*, 33: 537-545.
- Smith P.A., Leah R.T., Eaton J.W. (1998). A review of the current knowledge on the introduction, ecology and management of zander, *Stizostedion lucioperca*, in the UK.

- In: Cowx I.G. (ed.), Stocking and Introduction of Fish. Fishing News Books, pp. 209-224.
- Specziár A., Bíró P., Tölg L. (1998). Feeding competition of five cyprinid fishes in different habitats of the Lake Balaton littoral zone, Hungary. *Italian Journal of Zoology*, 65: 331-336.
- Specziár A. (2002). In situ estimate of food consumption of five cyprinid species in Lake Balaton. *Journal of Fish Biology*, 60: 1237-1251.
- Specziár A. (2005). First year ontogenetic diet patterns in two coexisting Sander species, *S. lucioperca* and *S. volgensis* in Lake Balaton. *Hydrobiologia*, 549: 115-130.
- Specziár A. & Rezsű E.T. (2009). Feeding guilds and food resource partitioning in a lake fish assemblage: An ontogenetic approach. *Journal of Fish Biology*, 75(1): 247-267.
- Specziár A. & Erős T. (2014). Dietary variability in fishes: the roles of taxonomic, spatial, temporal and ontogenetic factors. *Hydrobiologia*, 724: 109-125.
- Stansfield J.H., Perrow M.R., Tench L.D., Jowitt A.J.D., Taylor A.A.L. (1997). Submerged macrophytes as refuges for grazing Cladocera against fish predation: observations on seasonal changes in relation to macrophyte cover and predation pressure. *Hydrobiologia*, 342/343: 229-240.
- Stepanović Ž. (1974). Hidrološke karakteristike kragujevačke kotline sa posebnim osvrtom na snabdevanje Kragujevca vodom. Fond za finansiranje visokoškolskih ustanova, naučne i naučnoistraživačke delatnosti SO Kragujevac.
- Svenning M.A. & Borgstrøm R. (2005). Cannibalism in Arctic char: do all individuals have the same propensity to be cannibals? *Journal of Fish Biology*, 66: 957-965.
- Syväranta J. & Jones R.I. (2008). Changes in feeding niche widths of perch and roach following biomanipulation, revealed by stable isotope analysis. *Freshwater Biology*, 53: 425-434.
- Syväranta J., Cucherousset J., Kopp D., Crivelli A., Céréghino R., Santoul F. (2010). Dietary breadth and trophic position of introduced European catfish *Silurus glanis* in the River Tarn (Garonne River basin), southwest France. *Aquatic Biology*, 8: 137-144.
- Syväranta J., Högmander P., Keskinen T., Karjalainen J., Jones R.I. (2011). Altered energy flow pathways in a lake ecosystem following manipulation of fish community structure. *Aquatic Science*, 73: 79-89.
- Šorić V. (1987). Prirodni hibrid *Alburnus alburnus* x *Leuciscus cephalus* u veštačkoj akumulaciji „Gruža”. *Biosistematika*, 12(2): 165-174.

- Šorić V. (2005). Ichthyofauna of the Gruža river and reservoir Gruža. In: Čomić Lj. & Ostojić A. (eds.), The Reservoir Gruža - monography. Faculty of Science, Kragujevac, pp. 115-134.
- Tammi J., Lappalainen A., Mannio J., Rask M., Vuorenmaa J. (1999). Effects of eutrofication on fish and fisheries in Finnish lakes: a survey based on random sampling. *Fisheries Management and Ecology*, 6: 173-186.
- Tarvainen M., Sarvala J., Helminen H. (2002). The role of phosphorus release by roach [*Rutilus rutilus* (L.)] in the water quality changes of a biomanipulated lake. *Freshwater Biology*, 47(12): 2325-2336.
- Taylor R.J. (1984). Predation. Chapman & Hall, London.
- Topuzović M., Pavlović D., Ostojić A. (2015). Temporal and habitat distribution of macrophytes in lowland eutrophic reservoir Gruža in Serbia. *Periodicum Biologorum*, 117(4): 67-73.
- Triest L., Stiers I., Van Onsem S. (2016). Biomanipulation as a nature – based solution to reduce cyanobacterial blooms. *Aquatic Ecology*, 50: 461-483.
- Tripp-Valdez A., Arreguin-Sanchez F., Zetina-Rejón M.J. (2012). The food of *Selene peruviana* (Actinopterygii: Perciformes: Carangidae) in the southern gulf of California. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 42(1): 1-7.
- Urošević V. (1993). Plankton primary production changes in Gazivode reservoir. Glasnik Instituta za botaniku i botaničke baste Univerziteta u Beogradu, XXIV-XXV: 105-113.
- Vandermeer J., Evan M.A., Foster P., Höök T., Reiskind M., Wund M. (2002). Increased competition may promote species coexistence. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 99: 8731–8736.
- Vasiljević M., Kezela B., Balać M. (1996). Physical and chemical characteristics of Vlasinsko jezero reservoir. In: Blaženčić J. (ed.), Vlasinsko jezero - hidrobiološka studija. Biološki fakultet Beograd, pp. 35-40.
- Vašek M., Kubečka J., Matěna J., Sed'a J. (2006). Distribution and diet of 0+ fish within a canyon-shaped European reservoir in late summer. *International Review of Hydrobiology*, 91(2): 178-194.
- Vašek M., Prchalová M., Peterka J., Ketelaars H.A.M., Wagenvoort A.J., Česh M., Draščík V., Říha M., Jůza T., Kratochvíl M., Mrkvička T., Blabolil P., Boukal D.S., Duras J., Kubečka J. (2013). The utility of predatory fish in biomanipulation of deep reservoirs. *Ecological Engineering*, 52: 104-111.

- Vehanen T., Hyvärinen P., Huusko A. (1998). Food consumption and prey orientation of piscivorous brown trout (*Salmo trutta*) and pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) in large regulated lake. *Journal of Applied Ichthyology*, 14: 15-22.
- Vehanen T. & Lahti M. (2003). Movements and habitat use by pikeperch (*Stizostedion lucioperca* (L.)) in a hydropeaking reservoir. *Ecology of Freshwater Fish*, 12(3): 203-215.
- Veljović P. (1985). Spektar ishrane *Esox lucius* L., *Stizostedion lucioperca* L. i *Silurus glanis* L. u srednjem toku Save. *Ribarstvo Jugoslavije*, 40: 51-55.
- Veljović V. & Marković A. (1984). Ekološke karakteristike akumulacionog jezera na Gruži. III kongres ekologa Jugoslavije, Radovi i rezimea, Knjiga I, 141-146.
- Veljović V., Marković A., Vukomanović V. (1986). Dijagnostički značaj pojave makrofitske flore i vegetacije u novoformiranim akumulacionim jezerima. Konferencija „Zaštita voda '86“, Kragujevac, Zbornik radova. Jugoslovensko društvo za zaštitu voda, Beograd, 82-86.
- Venturelli P.A. & Tonn W.M. (2006). Diet and growth of northern pike in the absence of prey fishes: initial consequences for persisting in disturbance-prone lakes. *Transactions of the American Fisheries Society*, 135: 1512-1522.
- Vesanto J., Himberg J., Alhoniemi E., Parhankangas J. (2000). SOM toolbox for Matlab 5, Neural Networks Research Centre, Helsinki University of Technology, Helsinki, Finland.
- Vinni M., Horppila J., Olin M., Ruuhijärvi J., Nyberg K. (2000). The food, growth and abundance of five co-existing cyprinids in lake basins of different morphometry and water quality. *Aquatic Ecology*, 34: 421-431.
- Vollenweider R.A. (1968). The scientific basis of lake and stream eutrophication with particular reference to phosphorus and nitrogen as eutrophication factors. Technical Report DAS/CSI 68, OECD, Paris, 182 pp.
- Vøllestad L.A. (1985). Resource partitioning of roach *Rutilus rutilus* and bleak *Alburnus alburnus* in two eutrophic lakes in SE Norway. *Holarctic Ecology*, 8: 88-92.
- Walton I. (1949). The Compleat Angler. Folio Society, London. First Published 1653., 272 pp.
- Westneat M.W. (2001). Ingestion in fish. In: Encyclopedia of life sciences. Macmillan Publishing, Ltd. Basingstoke, Hants, United Kingdom, 1-6.

- Willemsen J. (1977). Population dynamics of percides in Lake Ijssel and some smaller lakes in the Netherlands. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 34: 1710-1719.
- Winfield I.J. (2004). Fish in the littoral zone: ecology, threats and management. *Limnologica*, 34: 124-131.
- Winfield I.J., Fletcher J.M., James B.J. (2011). Long-term changes in the diet of pike (*Esox lucius*), the top aquatic predator in a changing Windermere. *Freshwater Biology*, 1-11.
- Wootton R.J. (1990). Ecology of Teleost Fishes. Chapman & Hall, London, 404 p.
- Wynne F. & Masser M.P. (2010). Removing fish from ponds with rotenone. Southern Regional Aquaculture Center, Publication No. 4101.
- Wysujack K., Laude U., Anwand K., Mehner T. (2001). Stocking, population development and food composition of pike *Esox lucius* in the biomanipulated Feldberger Haussee (Germany) – implications for fisheries management. *Limnologica*, 31: 45-51.
- Wysujack K. & Mehner T. (2002). Comparison of losses of planktivorous fish by predation and seine-fishing in a lake undergoing long-term biomanipulation. *Freshwater Biology*, 47: 2425-2434.
- Wysujack K. & Mehner T. (2005). Can feeding of European catfish prevent cyprinids from reaching a size refuge? *Ecology of Freshwater Fish*, 14: 87-95.
- Wziątek B., Poczyczyński P., Kozłowski J., Wojnar K. (2004). The feeding of sexually mature European perch (*Perca fluviatilis* L.) in Lake Kortowskie in the autumn-winter period. *Archives of Polish Fisheries*, 12: 197-201.
- Yağci M.A., Alp A., Yağci A., Uysal R. (2014). Diet and prey selection of pikeperch (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758) population in Lake Eğirdir (Turkey). *Archives of Biological Sciences*, 66: 1515-1527.
- Zacharia P.U. & Abdurahiman K.P. (2004). Methods of stomach content analysis of fishes. Winter School on Towards Ecosystem Based Management of Marine Fisheries – Building Mass Balance Trophic and Simulation Models, 1: 148-158.
- Zambrano L. & Hinojosa D. (1999). Direct and indirect effects of carp (*Cyprinus carpio* L.) on macrophyte and benthic communities in experimental shallow ponds in central México. *Hydrobiologia*, 409:131–138.
- Zapletal T., Mareš J., Jurajda P., Všeticková L. (2014). The food of roach, *Rutilus rutilus* (Actinopterygii: Cypriniformes: Cyprinidae), in a biomanipulated water supply reservoir. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 44(1): 15-22.

- Zapletal T., Adámek Z., Jurajda P., Roche K., Všeticková L., Mareš J. (2016). Consumption of plant material by perch (*Perca fluviatilis*). *Folia Zoologica*, 65(2): 95-97.
- Zeng S.C., Feyrer F.V., Brodsky A., Melgo J. (2017). Piscivore diet response to a collapse in pelagic prey populations. *Environmental Biology of Fishes*, 100: 947-958.
- Zhang X., Tang Y., Jeppesen E., Liu Z. (2017). Biomanipulation – induced reduction of sediment phosphorus release in a tropical shallow lake. *Hydrobiologia*, 794: 49-57.
- Zlatković S., Šabić D., Milinčić M., Knežević-Vukčević J., Stanković S. 2010. Geographical and biological analysis of the water quality of Bovan lake, Serbia. *Archives of Biological Sciences*, 62(4): 1083-1087.

Коришћене интернет странице:

<https://commons.wikimedia.org>

<http://fishesofaustralia.net.au>

<https://www.zoochat.com>

<https://pixers.uk>

БИБЛИОТЕЧКА ДОКУМЕНТАЦИЈА



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ
ИНСТИТУТ ЗА БИОЛОГИЈУ И
ЕКОЛОГИЈУ



Радоја Домановића 12, 34000 Крагујевац, Србија

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈА

Редни број	
Тип записа	Текстуални штампани материјал
Врста рада	Докторска дисертација
Аутор	Милена Раденковић
Ментор	Проф. Др Владица Симић
Наслов рада	Исхрана и значај грабљивих врста риба у одржању стабилности екосистема акумулација
Језик публикације	Српски (ћирилица)
Језик извода	Српски
Земља публикавања	Србија
Година публикације	2019.
Издавач	Ауторски репринт
Место и адреса	Радоја Домановића 12 34000 Крагујевац, Србија
Научна област	Биологија
Научна дисциплина	Хидробиологија
Предметна одредница/кључне речи	Исхрана риба, грабљиве рибе, акумулације, јувенилне планктиворне рибе, хипотеза трофичких каскада
Чува се	У библиотеци Природно-математичког факултета у Крагујевцу, Р. Домановића 12, 34000 Крагујевац, Србија
Важна напомена	
Извод	
Познавање исхране риба је неопходно за утврђивање трофичког статуса екосистема и еколошке нише риба унутар тог екосистема и корисно је за разумевање екологије врста у циљу одрживог управљања и развоја мера очувања и заштите	

одређених врста. Анализа исхране риба заснована на анализи садржаја дигестивног тракта представља стандардну праксу. Детаљна анализа исхране риба доприноси разумевању трофичких интеракција у воденим екосистемима и ланцима исхране водених организама. Такође, исхрана риба представља интеграцију веома важних еколошких компоненти које укључују понашање, кондицију, особине станишта, потрошњу енергије, интерспецијске и интраспецијске односе.

Предаторство је један од главних међусобних утицаја у животињским популацијама. У случају да се јави у воденим екосистемима, међу рибљим популацијама, утиче на функционалност целог екосистема. Предаторство од стране грабљивих риба може драстично да редукује густину и биомасу планктиворних риба, нарочито јувенилних примерака, као и одраслих примерака који су мањих димензија. Грабљиве рибе се налазе на крају ланца исхране и имају кључну улогу у структурирању популација врста на нижим трофичким нивоима. Прекомеран развој фитопланктона је јако непожељан симптом еутрофизације, стога еколози тврде да грабљиве рибе, својим животним процесима, могу да смање ефекат планктиворних риба на зоопланктон и тиме ублаже неке од симптома еутрофизације.

Истраживање за потребе израде ове докторске дисертације је спроведено током 2011. и 2012. године, а део узорака је прикупљен и током теренског рада у 2017. години. Анализирана је исхрана адултних јединки четири грабљиве врсте риба и то смуђа, гргеча, штуке и сома, као и јувенилних јединки гргеча, бодорке и уклије, прикупљених са шест акумулационих језера у Србији: Бован, Гружа, Шумарице, Врутци, Власина и Газиводе. За анализу исхране риба коришћене су технике квалитативне и квантитативне методе и израчунати су индекси исхране: Индекс релативне важности, Индекс значајности и Индекс преклапања хранидбених навика.

Циљеви постављени током овог истраживања били су: истраживање исхране четири врсте грабљивих риба (смуг, гргеч, штука и сом) које коегзистирају у истраживаним акумулацијама; истраживање исхране јувенилних риба (писциворних и планктиворних), као значајних карика у ланцу исхране проучаваних екосистема; истраживање интерспецијске и интраспецијске конкуренције у исхрани истраживаних врста, односно одређивање степена преклапања прехранбених навика (преклапање трофичких ниша); процена утицаја предаторских врста риба на рибљу млађ; одређивање процентуалног односа грабљиве - остале рибе у ихтиоценозама у истраживаним акумулацијама; спровести ново истраживање са циљем утврђивања које грабљиве рибе својим животним процесима утичу на еколошку стабилност акумулација (концепт трофичке каскаде).

Примарни плен јувенилним јединкама је зоопланктон, с тим што је уклија облигатни планктивор, бодорка и планктивор и бентивор, док је јувенилни гргеч планктивор, бентивор и писцивор. Најдоминантнија храна јединкама јувенилног гргеча су копеподе и кладоцере, али у различитим пропорцијама. Забележено је и да се гргеч при старости 0+ храни рибом. Јувенилни примерци бодорке су били присутни у мрежама током излова на свих шест акумулација обухваћених овом студијом. Плен који је

најчешће био присутан у дигестивном тракту ових јединки су кладоцере (*Daphnia* sp. и *Bosmina* sp), док су на акумулацији Бован уз њих још присутне и копеподе. Изузетак су јединке узорковане са акумулација Шумарице и Газиводе којима су најфреквентнији плен кончасте алге. Уклија најчешће као плен бира кладоцере, *Daphnia* sp. и *Bosmina* sp., али у различитој мери.

Смуђ, као најбројнија грабљивица у истраживању, скоро искључиво у исхрани користи рибу. Уклија је плен који се издваја као најдоминантнији, а уз њу, смуђ се најчешће храни још и бодорком, гречом. Греч на свим акумулацијама у исхрани користи уклију, а уз њу, храни се често и бодорком и јединкама своје врсте. Греч је једина врста у истраживању у чијим популацијама је констатована појава канибализма.

Штука је најмање бројна врста у овом истраживању присутна на две акумулације, Бован и Шумарице. Исхрана ове грабљивице је најмање разноврсна и чине је искључиво рибе, бодорку и греча најчешће. Сом је био присутан на свим истраживаним акумулацијама, осим на Шумаричкој и Газиводској акумулацији. Једино је на акумулацији Врутци убедљиво најдоминантнији плен била бабушка, док је свим осталим то греч. Греч је био присутан у сваком анализираном узорку цревног тракта сома на акумулацијама Бован, Гружа и Власина.

Датум прихватања теме од стране ННВ	
Датум одбране	
Чланови комисије	Проф. др Горан Марковић Доцент др Ана Петровић Доцент др Милица Стојковић Пиперац



**УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ
ИНСТИТУТ ЗА БИОЛОГИЈУ И
ЕКОЛОГИЈУ**

Радоја Домановића 12, 34000 Крагујевац, Србија



KEY WORDS DOKUMENTATION

Accession number	
Type of record	Textual material, printed
Contents code	PhD thesis
Author	Milena Radenković
Mentor	Prof. Dr Vladica Simić
Title	Feeding and importance of predatory fish species in maintenance of ecosystem stability in reservoirs
Language of text	Serbian (Roman) (scr)
Language of abstract	Serbian (Roman) / English
Country of publication	Serbia
Publication year	2019.
Publisher	Copyright reprint
Publisher place	Radoja Domanovića 12 34000 Kragujevac, Serbia
Scientific field	Biology
Scientific discipline	Hydrobiology
Key words	Fish feeding, piscivorous fish, reservoirs, juvenile planktivorous fish, trophic cascade hypothesis
Holding data	In library of Faculty of Science, Kragujevac 34000 Kragujevac, Serbia, R. Domanovića 12
Note	

Summary

The knowledge of fish diet is necessary to determine the trophic status of the ecosystem and the ecological niche of fish within that ecosystem and is useful for understanding ecology of species in order to sustainably manage and develop measures for the preservation and protection of certain species. The analysis of fish diet based on analysis of digestive tract content is a standard practice. A detailed analysis of fish diet contributes to the

understanding of trophic interactions in aquatic ecosystems and food chains of aquatic organisms. Also, fish diet is the integration of very important ecological components that include behavior, fitness, habitat characteristics, energy consumption, interspecies and intraspecies relationships.

Predation is one of the major interactions in animal populations. In case it occurs in aquatic ecosystems, among the fish populations, it affects the functionality of the whole ecosystem. Predation by piscivorous fish can drastically reduce the density and biomass of planktivorous fish, especially juvenile specimens, as well as adult specimens that are smaller in size. Predatory fish are at the end of the food chain and play a key role in the structure of populations of species at lower trophic levels. Excessive development of phytoplankton is a highly undesirable symptom of eutrophication, therefore, ecologists maintain that predatory fish, by their life processes, can reduce the effect of planktivorous fish on zooplankton and thus reduce some of the symptoms of eutrophication.

The research for the needs of this doctoral dissertation was conducted during years 2011. and 2012., and a part of the samples was collected during fieldworks in 2017. The feeding of adult specimens of four species of predatory fish was analyzed, including the pikeperch, Eurasian perch, pike and European catfish, as well as the juvenile specimens of the Eurasian perch, roach and bleak, collected from six reservoirs in Serbia: Bovan, Gruža, Šumarice, Vrutci, Vlasina and Gazivode. For the analysis of fish diet, techniques of qualitative and quantitative methods were used, and food indices were computed: The Index of Relative Importance, Prominence Value and Schoener's diet overlap index.

The aims of this study were: Researching the diet of four species of predatory fish (pikeperch, Eurasian perch, pike and European catfish) that coexist in the investigated reservoirs; Researching the diet of juvenile fish (piscivorous and planktivorous), as significant links in the food chain of the studied ecosystems; Researching of interspecies and intraspecies competition in the nutrition of investigated species, i.e. determining the degree of overlapping of feeding habits (overlapping of trophic niches); Assessment of the impact of predatory fish species on young-of-the-year fish; Determining the percentage ratio of the predatory - other fish in ichthyocenoses in the investigated reservoirs; Conducting of new research to determine which piscivorous fish influence the ecological stability of reservoirs (the concept of trophic cascade) through their life processes.

Primary prey to juvenile species is zooplankton, bleak is obligatory planktivorous, roach is planktivorous and bentivorous, while the juvenile Eurasian perch is planktivorous, bentivorous and piscivorous. The most dominant preys of the juvenile Eurasian perch are copepods and cladocera, but in different proportions. It is also noticed that the Eurasian perch at the age of 0+ feed on fish. Juvenile specimens of roach were present in the nets catchment on all six accumulations covered by this study. The prey that was most commonly present in the digestive tract of these individuals are the Cladocera (*Daphnia* sp. and *Bosmina* sp), while on the Bovan reservoir there are also copepods. The exception are the individuals sampled from the Šumarice and Gazivode reservoir, which most frequent feed on algae. Bleak most

often as a prey choose cladocera, *Daphnia* sp. and *Bosmina* sp., but to varying degrees.

Pikeperch, as the most abundant predator in the research, in diet use almost exclusively fish. Bleak is the prey, which is distinguished as the most dominant, and besides it, pikeperch are most often fed by the roach and Eurasian perch. The Eurasian perch on all reservoirs in the diet use the bleak, and along with it, it is often fed on roach and the specimens of their own species. Eurasian perch is the only species in the research in whose populations is noticed the phenomenon of cannibalism. Pike is the least numerous species in this study present on two reservoirs, Bovan and Šumarice. The diet of this predator is least varied and makes it exclusively fish, most often roach and Eurasian perch. European catfish was present on all researched reservoirs, except on Šumarice and Gazivode reservoirs. Only on the Vrutci reservoir the most dominant prey was a prussian carp, while all other specimens of European catfish had Eurasian perch as dominant prey. Eurasian perch were present in every analyzed sample of the intestinal tract of the European catfish on the Bovan, Gruža and Vlasina reservoirs.

Accepted by Scientific Board on	
Defended on	
Commission	Prof. Goran Marković, PhD Associate Professor, Ana Petrović, PhD Associate Professor, Milica Stojković Piperac, PhD

ИЗЈАВА АУТОРА О ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Ја, Милена Раденковић, изјављујем да докторска дисертација под насловом:

ИСХРАНА И ЗНАЧАЈ ГРАБЉИВИХ ВРСТА РИБА У ОДРЖАЊУ СТАБИЛНОСТИ ЕКОСИСТЕМА
АКУМУЛАЦИЈА

која је одбрањена на Природно-математичком факултету
Универзитета у Крагујевцу представља *оригинално ауторско дело* настало као резултат *сопственог истраживачког рада*.

Овом Изјавом такође потврђујем:

- да сам *једини аутор* наведене докторске дисертације,
- да у наведеној докторској дисертацији *нисам извршио/ла повреду* ауторског нити другог права интелектуалне својине других лица,
- да умножени примерак докторске дисертације у штампаној и електронској форми у чијем се прилогу налази ова Изјава садржи докторску дисертацију истоветну одбрањеној докторској дисертацији.

У Крагујевцу, 16.08.2019. године,

М Раденковић
потпис аутора

ИЗЈАВА АУТОРА О ИСКОРИШЋАВАЊУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Ја, Милена Раденковић,

☒

дозвољавам

☐

не дозвољавам

Универзитетској библиотеци у Крагујевцу да начини два трајна умножена примерка у електронској форми докторске дисертације под насловом:

ИСХРАНА И ЗНАЧАЈ ГРАБЉИВИХ ВРСТА РИБА У ОДРЖАЊУ СТАБИЛНОСТИ ЕКОСИСТЕМА
АКУМУЛАЦИЈА

која је одбрањена на Природно-математичком факултету

Универзитета у Крагујевцу, и то у целини, као и да по један примерак тако умножене докторске дисертације учини трајно доступним јавности путем дигиталног репозиторијума Универзитета у Крагујевцу и централног репозиторијума надлежног министарства, тако да припадници јавности могу начинити трајне умножене примерке у електронској форми наведене докторске дисертације путем *преузимања*.

Овом Изјавом такође

☒

дозвољавам

☐

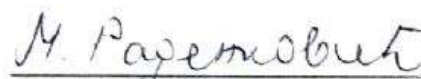
не дозвољавам¹

¹ Уколико аутор изабере да не дозволи припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од *Creative Commons* лиценци, то не искључује право припадника јавности да наведену докторску дисертацију користе у складу са одредбама Закона о ауторском и сродним правима.

припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од следећих *Creative Commons* лиценци:

- 1) Ауторство
- 2) Ауторство - делити под истим условима
- 3) Ауторство - без прерада
- 4) Ауторство - некомерцијално
- ⑤ Ауторство - некомерцијално - делити под истим условима
- 6) Ауторство - некомерцијално - без прерада²

у Крагујевцу _____, 16.08.2019. године,



потпис аутора

² Молимо ауторе који су изабрали да дозволе припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од *Creative Commons* лиценци да заокруже једну од понуђених лиценци. Детаљан садржај наведених лиценци доступан је на: <http://creativecommons.org.rs/>

Analysis of diet of piscivorous fishes in Bovan, Gruža and Šumarice reservoir, Serbia

Pavlović M.¹; Simonović P.²; Stojković M.³; Simić V.^{1*}

Received: August 2013

Accepted: June 2015

Abstract

Diet of adult pikeperch *Sander lucioperca*, Eurasian perch *Perca fluviatilis*, northern pike *Esox lucius* and European catfish *Silurus glanis* as top predators in aquatic ecosystems in Serbia was investigated during 2011, in order to understand their relationship to their prey and to investigate their food consumption, feeding and assimilation rate, cannibalism, and habitat segregation. Northern pike, Eurasian perch, pikeperch and European catfish were collected in three reservoirs in Serbia. Prey items that were found in all four species included fish, mollusks, insect larvae and crustaceans. A total of 11 taxonomic groups were found, but they were not all represented as a prey in all four species. Eurasian perch were present in the diet of all four predatory fish species, mollusks were recorder only in that of European catfish. Roach *Rutilus rutilus* and bleak *Alburnus alburnus* were prey to all species, except northern pike. Chub *Squalius cephalus*, bream *Brama brama* and *Gammaridae* were found only in stomach of pikeperch. Analysis of similarity showed that difference for diet between predatory fish species was significant for their due to significant differences existing between northern pike and pikeperch and northern pike and Eurasian perch.

Keywords: Predation, Freshwater fish, Diet, Reservoirs, Stomach content

1-University of Kragujevac, Faculty of Science, Institute of Biology and Ecology, Radoja Domanovića 12, 34000 Kragujevac, Serbia.

2-University of Belgrade, Faculty of Biology, Institute of Zoology, Studentski trg 16, 11000 Belgrade, Serbia.

3-University of Niš, Faculty of Science and Mathematics, Department of Biology and Ecology, Višegradska 33, 18000 Niš, Serbia.

*Corresponding author's email: simic@kg.ac.rs

Introduction

Piscivorous fish are top predators in many aquatic systems and the knowledge on the size of their prey is essential to identify their potential impact in structuring populations at lower trophic levels. Northern pike (*Esox lucius* L.), pikeperch (*Sander lucioperca* L.), Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.) and occasionally eel (*Anguilla anguilla* L.) are common piscivores in fish communities of many European lakes with low water transparency (Dörner *et al.*, 2007). Predation by piscivorous fish is an important structuring force in freshwater ecosystems and a number of studies have shown that piscivores may have strong effects down on both pelagic and benthic food chains (Turesson and Brönmark, 2007).

Predation by piscivores may affect both density and size structure of their prey populations (Wysujack and Mehner, 2005), being often the major source of mortality for fish (Link and Garrison 2002). Predation is a key factor that structures communities and drives food web dynamics. Natural communities often have multiple predators (Carey and Wahl, 2010). Effects of piscivores on prey population density and size structure may, in turn, result in changes in community dynamics (Turesson *et al.*, 2006) and play an important part in the structure and the dynamics of multispecies communities (Sumontha *et al.*, 2008).

Most species of piscivorous fish pass through a phase feeding on smaller

food items such as zooplankton and benthic invertebrates before switching to a fish diet (Persson and Brönmark, 2002). When foraging, predators typically use different foraging modes. Predators have generally been categorized as either sit-and-wait, i.e., ambush predators, or actively searching foragers (Eklöv, 1992). Top predators can have different foraging modes that may alter their interactions and effects on food webs (Carey and Wahl, 2010). Northern pike are ambush predators that rely on aquatic vegetation for cover. Therefore, their density is highest in the littoral zone of shallow weeded lakes and streams (Haught and Von Hippel, 2011). Eurasian perch is a sight-dependent diurnal predator, unlike pikeperch. Eurasian perch and pikeperch are actively searching predators. Northern pike and pikeperch are solitary foragers, while Eurasian perch is known to hunt co-operatively (Turesson and Brönmark, 2004). Plankton is the primary source of food for small-sized Eurasian perch. As Eurasian perch grow, they switch to larger food items, such as benthic macroinvertebrates, before eventually turning to piscivory at a length of 13-20 cm. As a piscivore, Eurasian perch is able to consume its former competitors (Linløkken *et al.*, 2007). Pikeperch has been described as a piscivorous ambush-pursuit predator patrolling the pelagic zones of lakes (Dörner *et al.*, 2007). European catfish is the world's third largest (and the largest European) inland water species (Syväranta *et al.*,

2010) and is also an actively searching predator. European catfish has strictly nocturnal feeding activity and during day time it is located in the littoral zone and spends extended periods of the day hidden in concealed habitats (Alp *et al.*, 2011).

The aims of this study were to investigate the diet of adults in four piscivorous fish species (pikeperch, Eurasian perch, northern pike, and European catfish), and to evaluate whether the abundance and biomass of predators are correlated to each other.

Material and methods

Study site

The study included three reservoirs in Serbia: Bovan, Gruža and Šumarice

(Fig. 1), the latest one being the only with northern pike and with no European catfish. Morphometric characteristics and trophic status of studied reservoirs are given in table 1. The fish community in the Šumarice reservoir consisted mainly of rudd *Scardinius erythrophthalmus*, roach *R. rutilus*, pumpkinseed *Lepomis gibbosus* and brown bullhead *Ictalurus nebulosus*. In the Bovan reservoir, dominant species are bream *B. brama*, Eurasian perch, pikeperch, roach and Prussian carp *Carassius gibelio*. Four species dominated in the fish community of the Gruža reservoir: Prussian carp, pikeperch, roach and bream.

Table 1: Morphometric characteristics and trophic status of the studied lakes.

	Surface (km ²)	Altitude (m)	Max depth (m)	Trophic status
Bovan reservoir	4.0	267	50	eutrophic (Ostojić 2006)
Šumarice reservoir	0.22	220	14	eutrophic (Ranković et al. 2006)
Gruža reservoir	9.34	273	35	eutrophic (Ranković and Simić 2005)

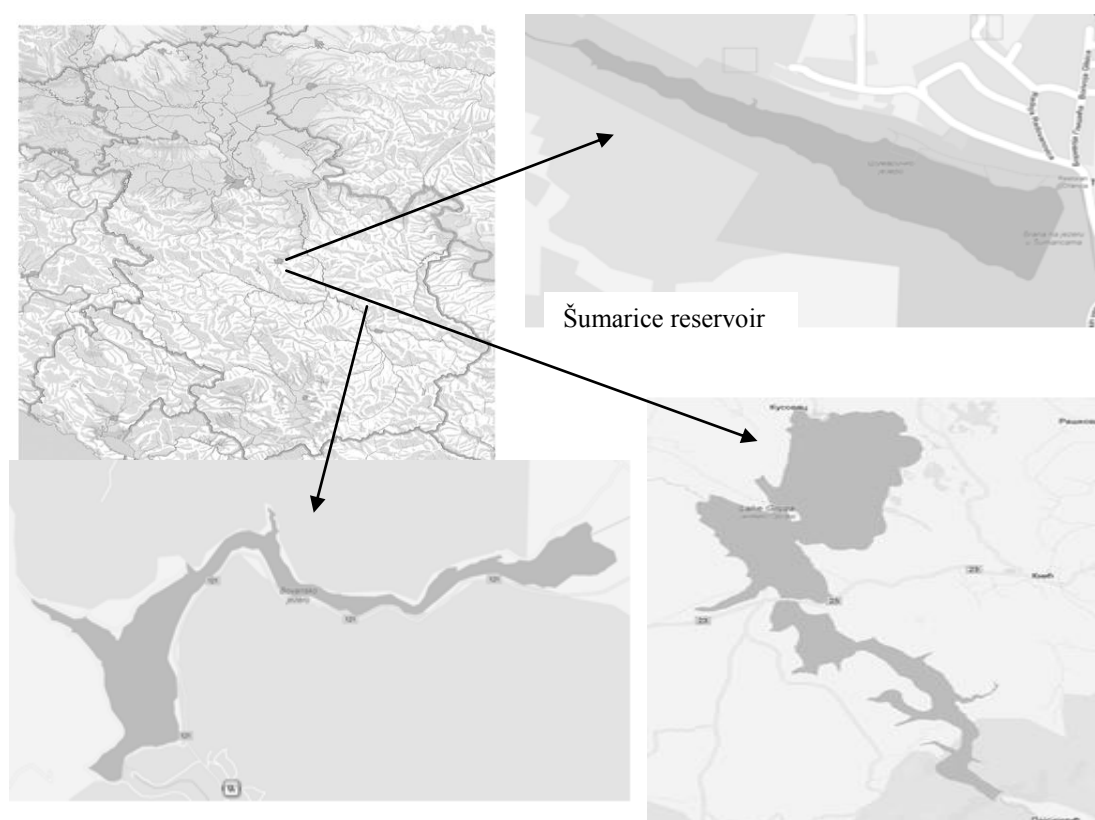


Figure 1: Geographic location of the investigated reservoirs.

Stomach content analyses

Northern pike, Eurasian perch, pikeperch and European catfish were collected from three reservoirs in Serbia, from May to the end of September 2011. These four species are the dominant piscivorous species in Serbian reservoirs. Fish were sampled using gillnets (of mesh size from 10 to 120 mm), offshore, and electrofishing in the littoral zone. Fish were sampled using the DC electrofisher "Aquatech" IG 1300 (2.6 kW, 80-470 V). Each fish was measured to the nearest mm in total length (TL) and to the nearest g in weight. Immediately after capture and measuring fish were dissected and their gut was removed, preserved in 4% formalin and transported to laboratory.

Analysis of the stomach contents was accomplished after Elliot *et al.* (1996). Stomachs were dissected and prey items were sorted, weighted to the nearest g, identified to the lowest possible taxonomic level, counted under binocular and preserved in 70% ethanol. In cases when a prey item was largely digested, pharyngeal teeth (cyprinids), opercular bones, vertebrae, scales and position of the eyes and mouth were used for identification.

Percent in frequency of occurrence (F.O%), percent by number (N%), and percent by weight (W%) were calculated for each prey type for each of four species (Hyslop 1980). The main food items were identified using the Index of Relative Importance (IRI),

calculated according to Pinkas *et al.* (1971) by combining F.O%, N% and W%:

$$\text{IRI} = (\text{W}\% + \text{N}\%) \times \text{F.O}\%$$

Percent IRI (IRI%) was used to facilitate interpretation and was calculated by summing IRI values of all prey types and calculating percent of each prey type's contribution to the total (Cortés, 1997). Empty stomachs were excluded from the calculation.

Statistical analyses

To explore diet similarities among and within these four species, we applied multivariate techniques, since diet of piscivorous fish included several prey taxa. First, we divided each fish species in two classes based on their total length (Table 3) and checked similarities in diet. We made the classification by taking the exact values closest to the mean values of the TL of all individuals of each species from all researched reservoirs. IRI% of each prey taxon in the diet was used as input data. IRI% values were logarithmically transformed ($\log_{10}[x+1]$) prior to analysis. We used Bray-Curtis similarity coefficient to generate similarity matrix, which was then used as an input for nonmetric multidimensional scaling ordination (MDS, PRIMER v.6, Clarke and Gorley, 2006), in order to visualize the relationship among and within fish species in the 2-dimensional space. In

addition, to analyze the differences in diets among fish species and size classes, we used a multivariate analysis of similarities (ANOSIM, PRIMER v.6, Clarke and Gorley, 2006) that tests differences among and within comparison units based on the Bray-Curtis similarity matrix (Clarke *et al.*, 2005).

Biomass estimates typically begin with an estimate of the population size, which is then multiplied by a mean weight for the population to derive biomass. This can be expressed in terms of total biomass for a population, but more often it is expressed as weight per unit area (Anderson and Neumann, 1996), as we implemented. Abundance is estimated per unit area, too. The relationship between an abundance and biomass of predatory species was analyzed using the Pearson's Correlation Coefficient (R) calculated using SPSS 16.0 statistical package programs for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Results

The total number of analysed piscivorous fish was 105. Only three fish (2.85%) had empty stomach. The total length and weight of the analyzed species are shown in Table 2.

Table 2: The total length (TL-cm) and weight (W-g) of the analyzed species (mean±SD)

	Bovan reservoir		Gruža reservoir		Šumarice reservoir	
	TL	W	TL	W	TL	W
Pikeperch	42.25 ± 9.03	614.33 ± 549.87	42.32 ± 5.40	701.04 ± 842.28	43.14 ± 3.23	627.42 ± 143.08
Eurasian perch	19.20 ± 4.02	109.80 ± 49.64	17.42 ± 6.87	99.71 ± 120.19	28.00 ± 2.33	346.00 ± 74.73
Northern pike	-	-	-	-	32.33 ± 9.61	281.11 ± 257.39
European catfish	65.93±20.66	2347.75 ±2236.85	72.50±24.74	3188.00 ±2916.108	-	-

Prey items that were found in all four species included fish, mollusks, insect larvae and crustaceans. A total of 11 taxonomic groups were found, but they are not all represented as a prey in all four species. The results of percentages of the IRI of prey items are presented in Table 3. The relative importance of prey categories (IRI%) indicated differences among the species.

Pikeperch (TL>40 and TL≤40) from the Bovan reservoir had bleak as dominant prey (75.66%, 72.13%), while roach had minor importance for this species with %IRI value 6.04% and 2.5%. Pikeperch (TL≤ 0) from Bovan reservoir only had a chub in their guts (7.48%). Eurasian perch from Bovan reservoir fed mainly with bleak (67.93%), with low participation of roach (11.47%). European catfish (TL>60 and TL≤60) had the largest IRI for Eurasian perch (90.46%, 85.09%), while roach and river snail *Viviparus viviparus* had low participation in diet. Predatory fishes from the Gruža reservoir had the following values of the IRI. Pikeperch (TL≤40) consumed primarily bleak (81.41%), followed by roach (18.41%). Other class of

pikeperch had unidentified units of Cyprinidae as dominant prey. Eurasian perch (TL≤20) had as dominant prey fishes from their own family (Percidae–58.65%) and roach (41.34%), while other class of the same species fed mainly with Eurasian perch (56.93%), followed with bleak and roach. European catfish (TL>60) diets were dominated by Eurasian perch (41.74%), bleak (27.54%) and roach (26.17%). European catfish (TL≤60) had roach as dominant prey (42.82%) and zebra mussel *Dreissena polymorpha* as least represented prey (17.3%). In the Šumarice reservoir pikeperch (TL>40) fed mainly with bleak (49.91%), followed with rudd and Eurasian perch. Pikeperch (TL≤40) had more uniform diet (roach–30.97%, rudd– 30.25%, and Eurasian perch–38.94%). Both classes of Eurasian perch had the largest IRI for bleak (42.69% and 65.24%) and one class (TL>20) had insects as its prey (14.9%). Northern pike (TL>30) diets included Eurasian perch (85.01%), and pikeperch (14.99%), and other class had rudd (85.82%) and pikeperch (14.17%) as its prey.

Table 3a: IRI% values of prey items found in the stomachs of pikeperch, Eurasian perch, northern pike and European catfish in these reservoirs.

	Bovan reservoir						Gruža reservoir					
	Pikeperch		Eurasian perch		European catfish		Pikeperch		Eurasian perch		European catfish	
	TL>40	TL≤40	TL>20	TL≤20	TL>60	TL≤60	TL>40	TL≤40	TL>20	TL≤20	TL>60	TL≤60
Pisces												
Fam Cyprinidae												
Roach	6.04	2.5	11.47	-	3.83	1.54		18.41	17.22	41.34	26.17	42.82
Chub		7.48		-								
Rudd				-								
Bleak	75.66	72.13	67.93	-			7.54	81.41	25.85		27.54	39.87
Bream	0.38			-								
Unidentified				-			62.56				1.46	
Fam Percidae												
Pikeperch				-		6.59						
Eurasian perch	17.66	3.62	20.59	-	90.46	85.09	28.56		56.93		41.74	
Unidentified	0.10			-	4.65					58.65	3.07	
Insects												
Unidentified		14.26		-								
Mollusks												
River snail				-	1.04	6.82						
Zebra mussel				-								17.3
Crustacean												
Fam				-			8.69					
Gammaridae												

Table 3b: IRI% values of prey items found in the stomachs of pikeperch, Eurasian perch, northern pike and European catfish in these reservoirs.

	Šumarice reservoir					
	Pikeperch		Eurasian perch		Northern pike	
	TL>40	TL≤40	TL>20	TL≤20	TL>30	TL≤30
Pisces						
Fam Cyprinidae						
Roach		30.79		34.69		
Chub						
Rudd	18.97	30.25				85.82
Bleak	49.91		42.69	65.24		
Bream						
Unidentified						
Fam Percidae						
Pikeperch					14.99	14.17
Eurasian perch	31.11	38.94			85.01	
Unidentified			25.38			
Insects						
Unidentified			31.92			
Mollusks						
River snail						
Zebra mussel						
Crustacean						
Fam						
Gammaridae						

Multi-dimensional scaling (MDS) of IRI% values revealed five distinct groups at 40% similarity (Fig. 2). The stress value of the ordination was 0.1, which indicated a reliable visual representation of diet similarities among units in 2-dimensional space. Three groups were composed of only one fish species, with a particular length class. The remaining two groups contained more than one species. In the Gruzha reservoir Eurasian perch were alone in their group ($TL \leq 20$) because they only had high IRI% for roach and unidentified prey from fam. Percidae, while pikeperch ($TL > 40$) were also alone, because they had low IRI% for bleak and they only had shrimps from Gammaridae in their gut. On the other

hand, northern pike from the Šumarice reservoir which had high IRI% for rudd was alone in their group ($TL \leq 30$), too. Northern pike ($TL > 30$), from Šumarice reservoir and both classes of European catfish from Bovan reservoir formed fourth group. The fifth group contained all other classes of fishes.

According to ANOSIM (analysis of similarity), fish species significantly differed in terms of diet (Global $R=0.194$, $p<0.05$). Significant differences in diet existed between northern pike and pikeperch ($R=0.656$, $p<0.05$) and northern pike and Eurasian perch ($R=0.782$, $p<0.05$). However, there was no significant differences in diet with the length classes in concern (Global $R=0.038$, $p>0.05$).

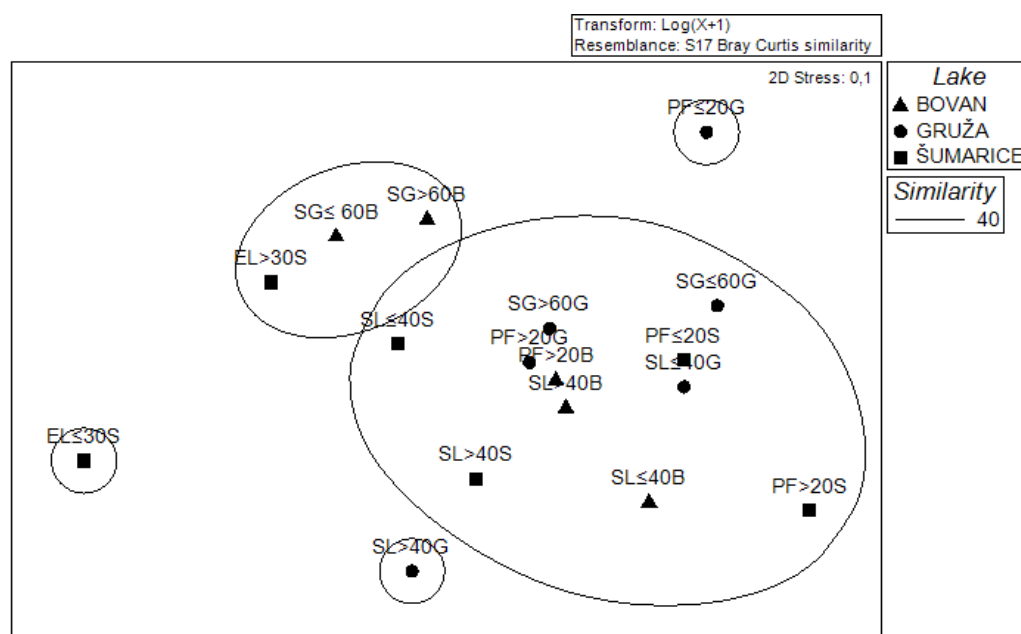


Figure 2: MDS ordination of diet similarities among two classes of each fish species from each reservoir. Ordination was based on a matrix of pair-wise Bray-Curtis similarity coefficients constructed from transformed ($\log_{10}[x+1]$) IRI% values of all prey taxa for each comparison unit. Piscivorous species are indicated by symbol type as follows: Pikeperch (SL), Eurasian perch (PF), northern pike (EL) and European catfish (SG). After each species code, the length class and the abbreviation for lake are included.

Significant correlation between abundance and biomass of piscivorous fishes was noticed in two of four predatory species (Table 4), i.e., northern pike and pikeperch had the significant positive correlation.

Abundance and biomass of European catfish were also positively, though not significantly correlated. The abundance and biomass of Eurasian perch were negatively correlated and insignificant, as well.

Table 4: Correlation between abundance and biomass of piscivorous fishes.

	R	p-value
Pikeperch	0,973	0,027
Eurasian perch	- 0,490	0,510
Northern pike	1**	0,000
European catfish	0,959	0,184

** perfect positive linear correlation

Discussion

Although general food categories consumed by pikeperch, Eurasian perch, northern pike and European catfish were similar, each species had its own predominant prey item different from those of others.

Pikeperch becomes piscivorous during their first summer, but fish may constitute a considerable proportion in their diet already when the length of pikeperch is 2-3 cm (Kangur *et al.*, 2007). The main prey item of pikeperch from each reservoir were bleak (Table 3), except for pikeperch (TL>40) from Gruža reservoir. For these pikeperch (TL>40) is recorded high IRI% for unidentified individuals from Cyprinidae and it is very possible that among these individuals were bleak. Bleak is known to be the ideal shape for pikeperch prey, and it is also easily digestible and has a high nutritive value (Argillier *et al.*, 2003). The next one to bleak was Eurasian perch. Since the mouth gape of Eurasian perch is smaller

than that of the pikeperch, thus resulting in a higher predator:prey size ratio than for pikeperch (Mehner *et al.*, 1996). That corresponds to the Dörner *et al.* (2007) inference on the dominance of small Eurasian perch in the diet of pikeperch indicating the importance of Eurasian perch as prey for them. Eurasian perch were not recorded as prey for one class (TL≤40) of pikeperch from Gruža reservoir. Moderate proportion of roach is to be considered as a consequence of both their slim (i.e., low body) shape in young age and great abundance in all reservoirs in concern. Brabrand and Faafeng (1993) analyzed gut content of pikeperch and showed that roach was far as the most dominant food item. The refuge for roach is expected to be in littoral areas when predation risk in open waters increases, even in lakes where predation risk from littoral predators is high. Our results show that pikeperch consume roach moderately, except pikeperch (TL≤40) from Šumarice reservoir, which have

relatively high IRI% value for roach (30.79%). The low proportion of bream in the diet of pikeperch comes from the limitation of their gape and lower capability to swallow fish prey that feature greater body depth (Dörner *et al.*, 2007). Our results supported this statement. Kangur *et al.* (2007) noted that the relative importance of bream in the diet of pikeperch was small. Pikeperch (TL>40) from Bovan reservoir had only the bream in their gut, with the very low IRI% (0.38%) value. Only pikeperch from Šumarice reservoir had rudd as a prey, because rudd were found only in this reservoir, lacking from others. Although chub was not found in sampling nets in the Bovan reservoir, pharyngeal teeth in stomach of pikeperch (TL≤40) indicated that they occur there. Occurrence of insects and shrimps from Gammaridae in the stomach content of pikeperch (TL>40) who do not eat commonly this food items can be explained by remnants of food items consumed by omnivorous fish that were eaten and digested by pikeperch, as suggested also by Kopp *et al.* (2009), who found feeding preference of pikeperch to omnivorous fishes like roach and bleak, as well as to Eurasian perch. Because of that, pikeperch (TL>40) from Gruža reservoir, which only have IRI% for Gammaridae, is separated in Fig. 2. Argillier *et al.* (2003) showed that food spectrum of pikeperch was dominated by cyprinids, while percids were less represented in their diet. No pikeperch were found in stomach of pikeperch

analysed, which indicates that cannibalism was not a common phenomenon in the studied reservoirs.

Cannibalism was also recorded in Eurasian perch in Bovan and Šumarice reservoirs, but in a less extent. The intensity of cannibalism can vary because it is strongly coupled to the growth of cannibal individuals and to the growth of victim individuals (Persson *et al.*, 2004). In many north European lakes, Eurasian perch and roach are common species that compete for food resources because they have overlapping feeding niches (Syväranta and Jones, 2008; Syväranta *et al.*, 2011). Roach participated less in the diet of Eurasian perch than bleak and Eurasian perch. The exceptions are Eurasian perch (TL≤20) from Gruža and Šumarice reservoirs which have relatively high IRI% values for roach. Depending on size and resource distribution, Eurasian perch may feed on pelagic zooplankton, benthic macroinvertebrates, or fish (Persson *et al.*, 1996). Dörner *et al.* (2003) showed that invertebrates were the main food components of the large Eurasian perch. Our results showed that only one class (TL>20) of Eurasian perch from the Šumarice reservoir had insects in their stomach. Difference in proportion of occurrence of roach, bleak and Eurasian perch as prey items in the stomach contents of Eurasian perch from different reservoirs was concordant to the finding of Wziątek *et al.* (2004), who described that the diet of Eurasian perch was highly diversified and

consisted of roach, Eurasian perch, white bream *Abramis bjoerkna*, gudgeon *Gobio gobio* and bleak.

Like pikeperch, northern pike become piscivorous during their first summer (Kangur and Kangur, 1998). The greatest number of northern pike with full stomach was caught from Šumarice reservoirs, where Eurasian perch and rudd dominated in abundance. The predominant prey for smaller northern pike ($TL \leq 30$) was rudd, with the very high IRI% (85.82%) value, followed with pikeperch (14.17%). For the larger class ($TL > 30$) of northern pike, the main prey item were Eurasian perch, who are often an important prey for them. Though, northern pike as an opportunistic predator may include many other fish species in the diet (Amundsen *et al.*, 2003). The main factors deciding whether a gape-limited piscivore such as northern pike can ingest a potential prey fish are the gape size of the predator and the body depth of the prey (Magnhagan and Heibo, 2001). Because of that, larger northern pike can eat deep-bodied prey species as Eurasian perch (Kangur and Kangur, 1998), as our results showed. Both classes have almost the same IRI% for pikeperch. Kangur and Kangur (1998) described that the share of pikeperch in the food of northern pike has increased probably in connection with the growing abundance of the pikeperch population in the lake. Northern pike can change their prey selection relatively rapid in response to changes in the abundance and vulnerability of prey species. Our research agreed with

the report of Liao *et al.* (2002) that northern pike concentrate primarily on fish prey, while Magnhagan and Heibo (2001) noted that two young unidentified birds were found in northern pike. Winfield *et al.* (2011) showed that five species (Arctic charr *Salvelinus alpinus*, brown trout *Salmo trutta*, Eurasian perch, northern pike and roach) constituted 98% of identifiable fish consumed by northern pike, and Wysujack *et al.* (2001) reported that roach and small Eurasian perch were the main prey for northern pike.

Northern pike and pikeperch in the Šumarice reservoir shared two common prey items, rudd and Eurasian perch, which corresponds well to report of Kangur and Kangur (1998), who revealed that those two predatory species can share up to six common fish species as prey items, including both of species we noted.

European catfish feed on invertebrates, amphibians, fish, mammals and aquatic birds (Simonović, 2001). The dietary spectrum of European catfish is greater than, for example, northern pike or pikeperch and thus may be able to exploit the breadth of available food more comprehensively and completely (Copp *et al.*, 2009). The predominant prey item of European catfish from Bovan reservoir with very high IRI% values were Eurasian perch (Table 3). Since young Eurasian perch live in schools (Simonović, 2001), they are easily assessable to European catfish with the great mouth gape in compare to other piscivores such as northern

pike (Wysujack and Mehner, 2005). European catfish from the Gruža reservoir had more various diet than from the Bovan reservoir, with similar values of IRI% for Eurasian perch, roach and bleak. Similar as in Copp *et al.* (2009), only one class of European catfish (TL≤60) from Bovan reservoir fed on pikeperch. That, together with the high IRI% values for Eurasian perch separated them in the distinct assemblage, holding also larger northern pike (TL>30) from Šumarice reservoir (Fig. 2). European catfish fed also on mollusks such as river snail (e.g., both classes from the Bovan reservoir) and zebra mussel (e.g., smaller class TL≤60 from the Gruža reservoir) (Table 3). Since zebra mussel have a sharp edge of shell, unsuitable for ingestion, it might be that European catfish as an indiscriminate hunter probably picked them from the bottom by chance, i.e., unintentionally. It has been stated that cyprinid fishes like roach, bleak and bream as well as ruffe, burbot *Lota lota* and eel are principal items of European catfish (Wysujack and Mehner, 2005). Since stomach contents of European catfish reveals a dominance of cyprinid fishes, particularly those in the smaller size groups. Syväranta *et al.* (2010) stated that European catfish occupy a trophic position typical of piscivorous fish and equal to that of northern pike, regardless of benthic prey items (mollusks and crustaceans) found also there. In contrast to them, Carol (2007) said that in some Spanish populations, the diet is

based on red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*, fam. Astacidae), rather than fish, which implies they might be opportunistic in an appropriate circumstances.

To conclude, piscivory is a common phenomenon in aquatic ecosystems. Piscivory is the largest source of fish removals in most aquatic ecosystems. Stocked piscivorous fish can have important implications for native species and food webs. The introduction of top predators and the subsequent reduction and loss of native fishes likely have cascading effect on the composition, structure and functioning of aquatic communities.

Acknowledgement

This investigation was supported by Grant No. 173025 of the Ministry of Education and Science of the Republic of Serbia.

References

- Alp, A., Kara, C., Üçkardes, F., Carol, J. and García-Berthou, E., 2011. Age and growth of the European catfish (*Silurus glanis*) in a Turkish reservoir and comparison with introduced populations. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 21, 283-294.
- Amundsen, P.A., Bøhn, T., Popova, O.A., Staldvik, F.J., Reshetnikov, Y.S., Kashulin, N.A. and Lukin, A.A., 2003. Ontogenetic niche shifts and resource partitioning in a subarctic piscivore fish guild.

- Hydrobiologia*, 497, 109-119.
- Anderson, R. and Neumann, R., 1996.** Length, weight, and associated structural indices. In: Murphy, B. and Willis, D., (ed) *Fisheries techniques*, 2nd edition. American Fisheries Society, Bethesda, MD, pp. 447-481.
- Argillier, C., Barral, M. and Irz, P., 2003.** Growth and diet of pikeperch *Sander lucioperca* (L.) in two French reservoirs. *Archives of Polish Fisheries*, 11, 99-114.
- Brabrand, Å. and Faafeng, B., 1993.** Habitat shift in roach (*Rutilus rutilus*) induced by pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) introduction: predation risk versus pelagic behaviour. *Oecologia*, 95, 38-46.
- Carey, M.P. and Wahl, D.H., 2010.** Interactions of multiple predators with different foraging modes in an aquatic food web. *Oecologia*, 162, 443-452.
- Carol, J., 2007.** Ecology of an invasive fish (*Silurus glanis*) in Catalan reservoirs. Dissertation, University of Girona.
- Clarke, K.R., Warwick R.M, Somerfield P.J. and Gorley, R.N., 2005.** Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 3rd edn. PRIMER-E Ltd, Plymouth, UK
- Clarke, K.R. and Gorley, R.N., 2006.** PRIMER v.6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E Ltd, Plymouth, UK .
- Copp, G.H., Britton, J.R., Cucherousset, J., Garcia-Berthou, E., Kirk, R., Peeler, E. and Stakenas, S., 2009.** Voracious invader or benign feline? A review of the environmental biology of European catfish *Silurus glanis* in its native and introduced ranges. *Fish and Fisheries*, 10, 252-282.
- Cortés, E., 1997.** A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54, 726-738.
- Dörner, H., Berg, S., Jacobsen, L., Hülsmann, S., Brojerg, M. and Wagner, A., 2003.** The feeding behaviour of large perch *Perca fluviatilis* (L.) in relation to food availability: a comparative study. *Hydrobiologia*, 506, 427-434.
- Dörner, H., Hülsmann, S., Hölker, F., Skov, C. and Wagner, A., 2007.** Size-dependent predator - prey relationships between pikeperch and their prey fish. *Ecology of Freshwater Fish*, 16, 307-314.
- Eklöv, P., 1992.** Group foraging versus solitary foraging efficiency in piscivorous predators: the perch, *Perca fluviatilis*, and pike, *Esox lucius*, patterns. *Animal Behaviour*, 44, 313-326.
- Elliot, R.F., Peeters, P.J., Ebener, M.P., Rybicki, R.W., Schneeberger, P.J., Hess, R.J., Francis, J.T., Eck, G.W. and Madenjian, C.P., 1996.** Conducting diet studies of Lake

- Michigan piscivores-A Protocol. For the Lake Michigan Technical Committee.
- Haught, S. and Von Hippel, F.A., 2011.** Invasive pike establishment in Cook Inlet Basin lakes, Alaska: diet, native fish abundance and lake environment. *Biological Invasions*, 13, 2103-2114.
- Hyslop, E.J., 1980.** Stomach content analysis: a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*, 17, 411- 429.
- Kangur, A. and Kangur, P., 1998.** Diet composition and size-related changes in the feeding of pikeperch, *Stizostedion lucioperca* (Percidae) and pike, *Esox lucius* (Esocidae) in the Lake Peipsi (Estonia). *Italian Journal of Zoology*, 65, 255-259.
- Kangur, P., Kangur, A. and Kangur, K., 2007.** Dietary importance of various prey fishes for pikeperch *Sander lucioperca* (L.) in large shallow lake Võrtsjärv (Estonia). *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Biology, Ecology*, 56, 154-167.
- Kopp, D., Cucherousset, J., Syväranta, J., Martino, A., Céréghino, R. and Santoul, F., 2009.** Trophic ecology of the pikeperch (*Sander lucioperca*) in its introduced areas: a stable isotope approach in southwestern France. *Comptes Rendus Biologies*, 332, 741-746.
- Liao, H., Pierce, C.L. and Larscheid, J.G., 2002.** Diet dynamics of the adult piscivorous fish community in Spirit Lake, Iowa, USA 1995-1997. *Ecology of Freshwater Fish*, 11, 178-189.
- Link, J.S. and Garrison, L.P., 2002.** Changes in piscivory associated with fishing induced changes to the finfish community on Georges Bank. *Fisheries Research*, 55, 71-86.
- Linløkken, A., Bergman, E., Greenberg, L. and Seeland, P.A.H., 2007.** Environmental correlates of population variables of perch (*Perca fluviatilis*) in boreal lakes. *Environmental Biology of Fishes*, 82(4), 401-408.
- Magnhagen, C. and Heibo, E., 2001.** Gape size allometry in pike reflects variation between lakes in prey availability and relative body depth. *Functional Ecology*, 15, 754-762.
- Malyukina, G.A. and Martem'yanov, V.I., 1981.** An electrocardiographic study of chemical sensitivity in some freshwater fishes. *Journal of Ichthyology*, 21, 77-84.
- Mehner, T., Schultz, H., Bauer, D., Herbst, R., Voigt, H. and Benndorf, J., 1996.** Intraguild predation and cannibalism in age-0 perch (*Perca fluviatilis*) and age-0 zander (*Stizostedion lucioperca*): Interactions with zooplankton succession, prey fish availability and temperature. *Annales Zoologici Fennici*, 33, 353-361.

- Ostojić, A., 2006.** Zooplankton of the Bovan reservoir. *Kragujevac Journal of Science*, 28, 115-122.
- Persson, A. and Brönmark, C., 2002.** Foraging capacity and resource synchronization in an ontogenetic diet switcher, pikeperch (*Stizostedion lucioperca*). *Ecology*, 83, 3014-3022.
- Persson, L., Andersson, J., Wahlström, E. and Eklöv, P., 1996.** Size-specific interactions in lake systems: predator gape limitation and prey growth rate and mortality. *Ecology*, 77, 900-911.
- Persson, L., Claessen, D., Roos, A.M.D., Byström, P., Sjögren, S., Svanbäck, R., Wahlström, E. and Westman, E., 2004.** Cannibalism in a size-structured population: energy extraction and control. *Ecological Monographs*, 74, 135-157.
- Pinkas, L.M., Oliphant, S. and Iverson, I.L.K., 1971.** Food habits of albacore, bluefin, tuna and bonito in California waters. *California Fish and Game*, 152, 1-105.
- Ranković, B. and Simić, S., 2005.** Phytoplankton of the Gruža reservoir. In: Čomić, Lj. and Ostojić, A., (ed) The Reservoir Gruža – monography. Faculty of Science, Kragujevac, pp. 65-78.
- Ranković, B., Simić, S. and Bogdanović, D., 2006.** Phytoplankton as indicator of water quality of lakes Bujanj and Šumarice during autumn. *Kragujevac Journal of Science*, 28, 107-114.
- Simonović, P., 2001.** Ribe srbije. NNK International, Beograd. Zavod za zaštitu prirode Srbije i Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu. 247P.
- Sumontha, M., Nootmorn, P., Keereerut, P., Jayasinge, R.P.P.S., Jagannath, N. and Sinha, M.K., 2008.** Stomach content of the large pelagic fishes in the bay of Bengal. The Ecosystem-Based Fishery Management in the Bay of Bengal. pp. 206-220.
- Syväranta, J. and Jones, R.I., 2008.** Changes in feeding niche widths of perch and roach following biomanipulation, revealed by stable isotope analysis. *Freshwater Biology*, 53, 425-434.
- Syväranta, J., Cucherousset, J., Kopp, D., Crivelli, A., Céréghino, R. and Santoul, F., 2010.** Dietary breadth and trophic position of introduced European catfish *Silurus glanis* in the River Tarn (Garonne River basin), southwest France. *Aquatic Biology*, 8, 137-144.
- Syväranta, J., Högmander, P., Keskinen, T., Karjalainen, J. and Jones, R.I., 2011.** Altered energy flow pathways in a lake ecosystem following manipulation of fish community structure. *Aquatic Sciences*, 73, 79-89.
- Turesson, H. and Brönmark, C., 2004.** Foraging behaviour and capture success in perch, pikeperch and pike and the effects of

- prey density. *Journal of Fish Biology*, 65, 363-375.
- Turesson, H. and Brönmark, C., 2007.** Predator-prey encounter rates in freshwater piscivores: effect of prey density and water transparency. *Oecologia*, 153, 281-290.
- Turesson, H., Brönmark, C. and Wolf, A., 2006.** Satiation effect in piscivore prey size selection. *Ecology of Freshwater Fish*, 15, 78-85.
- Winfield, I.J., Fletcher, J.M. and James, B.J., 2011.** Long-term changes in the diet of pike (*Esox lucius*), the top aquatic predator in a changing Windermere. *Freshwater Biology*, pp. 1-11.
- Wysujack, K., Laude, U., Anwand, K. and Mehner, T., 2001.** Stocking, population development and food composition of pike *Esox lucius* in the biomanipulated Feldberger Haussee (Germany) – implications for fisheries management. *Limnologica*, 31, 45-51.
- Wysujack, K. and Mehner, T., 2005.** Can feeding of European catfish prevent cyprinids from reaching a size refuge? *Ecology of Freshwater Fish*, 14, 87-95.
- Wziątek, B., Poczyczyński, P., Kozłowski, J. and Wojnar, K., 2004.** The feeding of sexually mature European perch (*Perca fluviatilis* L.) in lake Kortowskie in the autumn-winter period. *Archives of Polish Fisheries*, 12, 197-201.

Feeding of Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.) in three reservoirs in Serbia

Milena Pavlović¹, Momir Paunović² and Vladica Simić¹

¹ University of Kragujevac, Faculty of Science, Institute of Biology and Ecology, Radoja Domanovića 12, 34000 Kragujevac, Serbia

² University of Belgrade, Institute for Biological Research "Siniša Stanković", Despota Stefana 142, 11000 Belgrade, Serbia

Abstract

The diet of adult Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) as one of top predators in aquatic ecosystems in Serbia was investigated during 2011, in order to contribute to the knowledge on the food and habitat preference and cannibalism rate of this common and abundant species. Eurasian perch were collected in three reservoirs in Serbia. Fish was found to be the only prey in the analyzed specimens (170). A total of five fish species were found in stomach content, but they were not all represented as a prey in all studied reservoirs. Twelve fish species were present in the nets drawn from the Gazivode reservoir, seven from the Vlasina reservoir, and eight from the Vrutci reservoir. Bleak (*Alburnus alburnus*) and Eurasian perch were present in the diet of Eurasian perch from all studied reservoirs. Roach (*Rutilus rutilus*) was prey in all reservoirs, except the Vlasina reservoir. Chub (*Squalius cephalus*) was found only in the stomachs of the Eurasian perch from the Vrutci reservoir and rudd (*Scardinius erythrophthalmus*) was found only in the stomachs of Eurasian perch from the Vlasina reservoir. The significant and negative correlation between abundance and biomass was detected only for Eurasian perch from the Vlasina reservoir.

Keywords: predation, Eurasian perch, diet, reservoirs, stomach content

Introduction

Piscivorous fish are the top predators in many aquatic systems and knowledge of the type, quantity and size of the prey included in their diet is essential to identifying their potential impact in structuring populations at lower trophic levels. Northern pike (*Esox lucius* L.), pikeperch (*Sander lucioperca* L.), Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.) and occasionally eel (*Anguilla anguilla* L.) are generally considered to be the most important predators in lakes with low water transparency (Dörner *et al.*, 2007). Predation is one of the key factors that structures communities and drives food web dynamics. Natural communities often have multiple predators (Carey and Wahl, 2010).

The Eurasian perch is a freshwater species inhabiting different ecosystems varying from artificial ponds to brackish water (Akin *et al.*, 2011). Eurasian perch can be found throughout Europe, except in the Iberian Peninsula, southern Italy, and the western part of the Balkan Peninsula. Eurasian perch belongs to

a group of temperate fishes that spawn in spring when temperature and photoperiod conditions increase after a long period of gametogenesis through autumn, winter, and early spring (Ceccuzzi *et al.*, 2011). In aquatic ecosystems, fishes that change habitat or prey target during ontogeny are often subject to selection pressure and competition at different life stages (Werner, 1988). A shift from littoral to pelagic habitat occurs during the early life history of the Eurasian perch. Larvae of this species migrate from the littoral zone into the pelagic habitat soon after hatching, and stay there for a month or even longer while they feed predominantly on zooplankton. Some juveniles then switch to the demersal mode of life and return back to the littoral zone, or to the benthic zone (Kratochvíl *et al.*, 2008). As Eurasian perch grow, they switch to larger food items, such as benthic macroinvertebrates, and finally turn to piscivory (Allen, 1935; Haakana *et al.*, 2007). As perch switch feeding behaviour, their social behaviour changes accordingly from shoaling as zooplanktivores (Craig, 2000) towards feeding in small groups (Eklöv, 1992) or solitary (Bruylants *et al.*, 1986) as piscivores. Eurasian perch are vision-

oriented selective predators, which depend on good light conditions (Helfman, 1979). Reduced light may have fundamental effects on interactions between fishes and their prey, as many fishes are visual foragers and highly dependent on light to efficiently detect and consume their prey. Decreased light intensity may also affect the competitive interactions between fishes because many fish species are adapted to a particular light climate (Estlander *et al.*, 2010).

Resolving the feeding habits of fish provides an understanding of the trophic interactions among organisms. The feeding habits of fish species also present information on species assemblages and the role of fish in food webs. The trophic position that a species occupies in the community resolves food web interactions (Akin *et al.*, 2011; Simić and Simić, 2012). As fish are an important component of the food web in aquatic systems, their feeding has been investigated for a better understanding of interspecific and intraspecific interactions. The identifications of stomach content allow us to know about food consumption, feeding and assimilation rates, cannibalism and even habitat segregation (Gümüş *et al.*, 2002). A key element in understanding the relationship between aquatic

predators and prey is quantifying the rate of energy transfer through consumption. The first step in this process is a detailed analysis of the diet dynamics of the predator species (Liao *et al.*, 2002). The study of the feeding habits of fish based upon analysis of stomach content has become a standard practice (Hyslop, 1980).

The aims of this study were to investigate the diet of adult piscivorous fish specimens of Eurasian perch, and to evaluate whether the abundance and biomass of this predator is in the correlation.

Material and Methods

The study included three reservoirs in Serbia: the Vrutci reservoir, the Gazivode reservoir and the Vlasina reservoir (Figure 1).

Morphometric characteristics and trophic status of the studied lakes are given in Table 1.

Sampling was performed from May to the end of September 2011 by using gillnets with mesh sizes (stretched mesh) from 10 to 120 mm, and electrofishing. Electrofishing was conducted in the littoral zone.

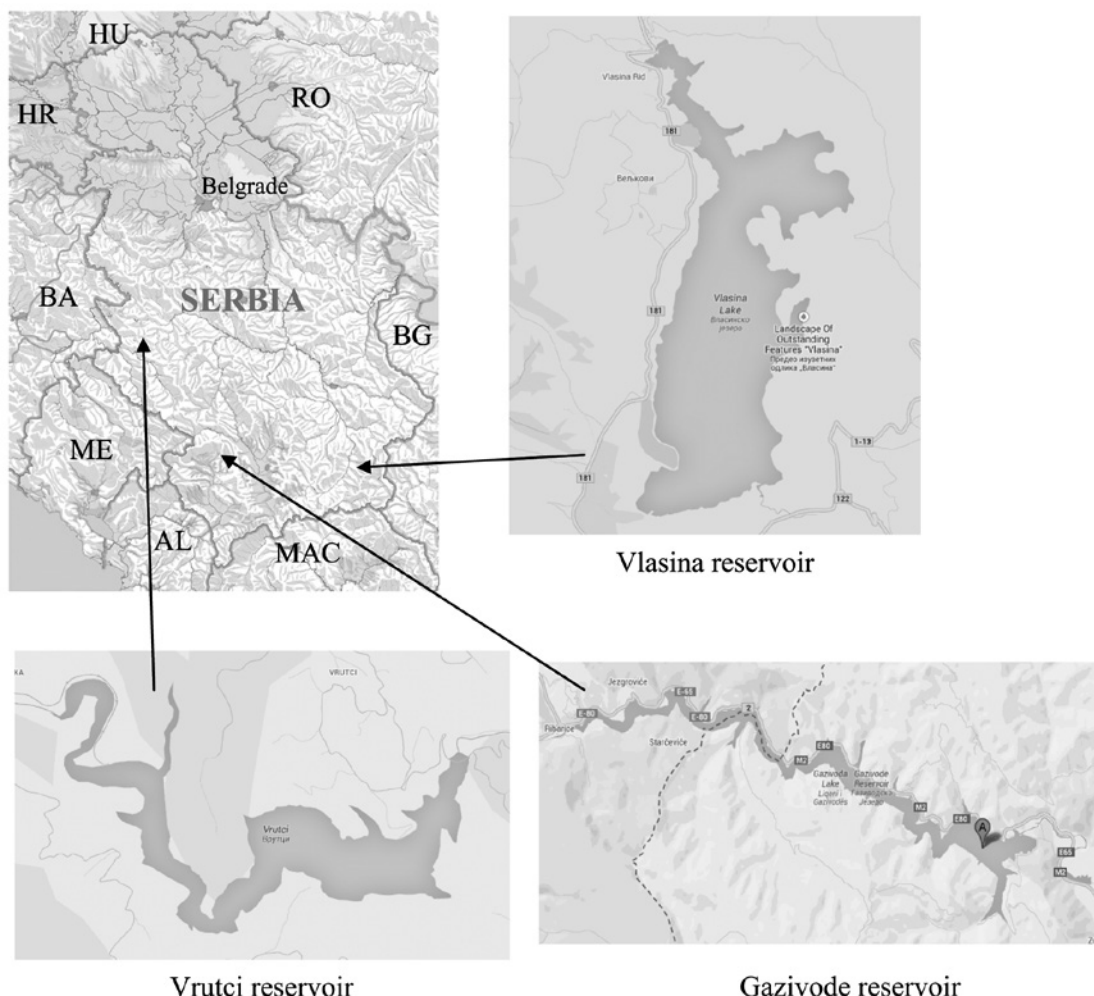


Figure 1: Geographic locations of the investigated reservoirs.

Table 1: Morphometric characteristics and trophic status of the studied lakes

	Surface (km ²)	Altitude (m)	Max depth (m)	Trophic status
Vrutci reservoir	8	630	17	mesotrophic
Gazivode reservoir	11.9	694	105	mesotrophic
Vlasina reservoir	16	1213	35	oligotrophic

After collection, total length (TL, mm) and weight (W, g) were measured in the field. To prevent further digestion, the gut was removed and preserved in 4% formaldehyde in the shortest possible time interval, immediately after measuring. Material was further processed in "Aquarium Kragujevac", at the Faculty of Science in Kragujevac. There are three basic steps to analyzing the stomach contents of predators: weighing, identifying, and measuring contents (Elliot *et al.*, 1996). In the laboratory, the stomachs were dissected and prey items were sorted, weighed (g), identified to the lowest taxonomic level possible and subsequently counted and maintained in 70% ethanol. Contents were analyzed by counting prey organisms under a binocular and a microscope and identified. In cases where a prey item was largely digested, pharyngeal bones (cyprinids), opercular bones, vertebrae, scales and position of the eyes and mouth were used for identification through the use of keys and field guides.

Percent frequency of occurrence (%F.O), percent by number (%N), and percent by weight (%W) were calculated for each prey type for each of the four species (Hyslop 1980). The main food items were identified using The Index of Relative Importance, IRI. The Index of Relative Importance was calculated combining %F.O, %N and %W:

$$IRI = (\%W + \%N) \times \%F.O \text{ (Pinkas } et al., 1971).$$

Percent IRI (%IRI) was used to facilitate interpretation and was calculated by summing IRI values of all prey types and calculating each prey type's percent contribution to the total (Cortés, 1997). Empty stomachs were excluded from the calculation.

The relationship between an abundance and biomass of predatory species was analyzed using the Pearson's Correlation Coefficient (R) calculated using SPSS 16.0 statistical package programs for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Results and Discussion

The total number of fish species that were present in the nets drawn from the Gazivode reservoir was 12, from the Vrutci reservoir eight, and from the Vlasina reservoir, seven. The dominant species in the Vrutci

and Gazivode reservoirs are nase (*Chondrostoma nasus*), Prussian carp (*Carassius gibelio*), bream (*Abramis brama*) and Eurasian perch. In the Vlasina reservoir the dominant species are Eurasian perch, Prussian carp, bleak, chub and bream.

Eurasian perch, Prussian carp and chub are only three species that were present in the nets drawn from all three reservoirs.

The total number of analyzed specimens of Eurasian perch for diet composition was 170. The number of fish with empty stomachs was 33 (19.41%). The total length and weight of the analyzed species are shown in Table 2.

Table 2: The total length (cm) and weight (g) of the analyzed specimens of Eurasian perch (mean $\pm$ SD)

Reservoir	Vrutci reservoir	Gazivode reservoir	Vlasina reservoir
Total length	36.93 $\pm$ 6.97	14.37 $\pm$ 4.11	13.85 $\pm$ 2.12
Weight	794 $\pm$ 431.51	50.44 $\pm$ 69.34	34.03 $\pm$ 4.15

Prey items that were found in the analyzed fish included only fish (bleak, roach, Eurasian perch, chub and rudd).

The results of percentages of the Index of Relative Importance (IRI) of prey items are presented in Table 3.

Table 3: %IRI values of prey items found in the stomachs of *P. fluviatilis*

	Vrutci reservoir	Gazivode reservoir	Vlasina reservoir
<i>Alburnus alburnus</i>	32.71	32.68	42.28
<i>Rutilus rutilus</i>	16.73	38.18	/
<i>Perca fluviatilis</i>	10.96	29.14	23.05
<i>Squalius cephalus</i>	39.59	/	/
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	/	/	28.66

The feeding ecology of a species is thoroughly linked to its population dynamics and contributes to the understanding of subjects such as resource partitioning, habitat preference, prey selection, predation, evolution, risk effects, competition and trophic ecology, and energy transfer within and between ecosystems (Braga *et al.*, 2012). Our study showed that Eurasian perch differ in diet between different lakes. The type of prey and feeding dynamics depend on both predator and prey characteristics as well as environmental factors (Lundvall *et al.*, 1999). Eurasian perch from the Vrutci reservoir fed mainly on chub (39.59%), with low participation of Eurasian perch (10.96%). Eurasian perch from Gazivode reservoir had roach as the dominant prey (38.18%), followed by bleak

and Eurasian perch, while Eurasian perch from the Vlasina reservoir had the largest %IRI for bleak (42.28%). Although rudd was not found in sampling nets in the Vlasina reservoir, pharyngeal teeth in the stomachs of Eurasian perch indicated that they occur there. Since Prussian carp is one of the dominant fish species in the Vlasina reservoir, Simonović and Nikolić (1996) noted that Eurasian perch from this reservoir fed mainly with Prussian carp and brook barbel (*Barbus balcanicus*).

Cannibalism was recorded in Eurasian perch in all of the three reservoirs, but in a different extent. The intensity of cannibalism can vary because it is strongly coupled to the size structure of the population (Persson *et al.*, 2004). In many cannibalistic species, cannibals share resources with their victims, leading to a size-dependent mixture of cannibalistic and competitive interactions (Persson *et al.*, 2000). In many North European lakes, Eurasian perch and roach are common species that compete for food resources because they have overlapping feeding niches (Syväranta *et al.*, 2011; Syväranta and Jones, 2008). Roach participated less in the diet of Eurasian perch than chub, rudd, bleak and Eurasian perch. The exception is the population of *P. fluviatilis* from the Gazivode reservoir which has the highest %IRI values for roach. Dörner *et al.* (2003) showed that invertebrates were the main food components of the large Eurasian perch. As Eurasian perch grow, they switch to larger food items, such as benthic macroinvertebrates, before eventually turning to piscivory at a length of 13-20 cm. As a piscivore, Eurasian perch is able to consume its former competitors (Linlökken *et al.*, 2007). Estlander *et al.* (2010) showed that the fish diet of Eurasian perch consisted mainly of roach, small-sized Eurasian perch and unidentifiable fish larvae. Juveniles of other fish species such as rudd and roach made up a high percentage of the diet, especially in older perch (Ceccuzzi *et al.*, 2011). The difference in proportion of occurrence of roach, bleak and Eurasian perch as prey items in the stomach contents of Eurasian perch from different reservoirs was concordant to the finding of Wziątek *et al.* (2004), who described that the diet of Eurasian perch was highly diversified and consisted of roach, Eurasian perch, white bream (*Blicca bjoerkna*), gudgeon (*Gobio gobio*) and bleak.

Negative correlation between abundance and biomass of Eurasian perch was recorded for the Vlasina and Gazivode reservoirs, but only significant in the first case correlation ($p < 0.05$, Table 4) Abundance and biomass of Eurasian perch from the Vrutci reservoir was positively, though not significantly correlated. Knowledge on fish feeding, especially regarding the common and abundant piscivorous species, is important for proper management of the water bodies. Piscivorous fish may reduce the

density and biomass of prey species (Skov *et al.*, 2002), or change their behavior and habitat use with a potential impact on lower trophic levels (Jacobsen and Perrow, 1998) and thus can influence the functionality of the ecosystems. Knowledge of the feeding ecology contributes to the understanding of such subjects as resource partitioning, habitat preferences, prey selection, predation, evolution, competition and energy transfer within and between ecosystems (Braga *et al.*, 2012).

Table 4: Correlation between abundance and biomass of Eurasian perch

	P - value	R
Vrutci reservoir	0.450	0.703
Gazivode reservoir	0.316	- 0.879
Vlasina reservoir	0.021	- 0.999

Acknowledgement

This investigation was supported by Grant No. 173025 of the Ministry of Education and Science of the Republic of Serbia.

References

- Akin, Ş., Şahin, C., Verep, B., Turan, D., Mutlu Gözler, A., Bozkurt, A., Çelik, K., Çetin, E., Araci, A. and I. Sargin (2011). Feeding habits of introduced European perch (*Perca fluviatilis*) in an impounded large river system in Turkey. *Afr. J. Agric. Res.* 6 (18), 4293-4307.
- Allen, K. R. (1935). The food and migration of perch (*Perca fluviatilis*) in Windermere. *J. Anim. Ecol.* 4, 264-273.
- Braga, R.R., Bornatowski, H. and J.R.S. Vitule (2012). Feeding ecology of fishes: an overview of worldwide publications. *Rev. Fish. Biol. Fisher.* 22, 915-929.
- Bruylants, B., Vandellanoot, A. and R. Verheyen (1986). The movement pattern and density distribution of perch, *Perca fluviatilis* L., in a channelized lowland river. *Aquacult. Res.* 17, 49-57.
- Carey, M. P. and D.H. Wahl (2010). Interactions of multiple predators with different foraging modes in an aquatic food web. *Oecologia.* 162, 443-452.
- Ceccuzzi, P., Terova, G., Brambilla, F., Antonini, M. and M. Saroglia (2011). Growth, diet, and reproduction of eurasian perch *Perca fluviatilis* L. in lake Varese, northwestern Italy. *Fisheries. Sci.* 77, 533-545.

- Cortés, E. (1997). A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54, 726-738.
- Craig, J. F. (2000). Swimming, movements and migrations. In *Percid Fishes – Systematics, Ecology and Exploitation*, (Ed. J.F. Craig), 78-105. Blackwell Science, Oxford, UK.
- Dörner, H., Berg, S., Jacobsen, L., Hülsmann, S., Brojerg, M. and A. Wagner (2003). The feeding behaviour of large perch *Perca fluviatilis* (L.) in relation to food availability: a comparative study. *Hydrobiol.* 506, 427-434.
- Dörner, H., Hülsmann, S., Hölker, F., Skov, C. and A. Wagner (2007). Size-dependent predator-prey relationships between pikeperch and their prey fish. *Ecol. Freshw. Fish.* 16, 307-314.
- Eklöv, P. (1992). Group foraging versus solitary foraging efficiency in piscivorous predators: the perch, *Perca fluviatilis*, and pike, *Esox lucius*, patterns. *Anim. Behav.* 44, 313-326.
- Elliot, R.F., Peeters, P.J., Ebener, M.P., Rybicki, R.W., Schneeberger, P.J., Hess, R.J., Francis, J.T., Eck, G.W. and C.P. Madenjian (1996). Conducting diet studies of Lake Michigan piscivores - A Protocol. For the Lake Michigan Technical Committee.
- Estlander, S., Nurminen, L., Olin, M., Vinni, M., Immonen, S., Rask, M., Ruuhijärvi, J., Horppila, J. and H. Lehtonen (2010). Diet shifts and food selection of perch *Perca fluviatilis* and roach *Rutilus rutilus* in humic lakes of varying water colour. *J. Fish. Biol.* 77, 241-256.
- Gümüş, A., Yilmaz, M. and N. Polat (2002). Relative importance of food items in feeding of *Chondrostoma regium* Heckel, 1843, and its relation with the time of annulus formation. *Turk. J. Zool.* 26, 271-278.
- Haakana, H., Huuskonen, H. and J. Karjalainen (2007). Predation of perch on vendace larvae: diet composition in an oligotrophic lake and digestion time of the larvae. *J. Fish. Biol.* 70, 1171-1184.
- Helfman, G. S. (1979). Twilight activities of yellow perch *Perca flavescens*. *J. Fish. Res. Board Can.* 36, 173-179.
- Hyslop, E.J. (1980). Stomach content analysis: a review of methods and their application. *J. Fish Biol.* 17, 411-429.
- Jacobsen, L. and M.R. Perrow (1998). Predation risk from piscivorous fish influencing the diel use macrophytes by planktivorous fish in experimental ponds. *Ecol. Freshw. Fish.* 7, 78-86.
- Kratochvíl, M., Peterka, J., Kubečka, J., Matěna, J., Vašek, M., Vaníčkova, I., Čech, M. and J. Seda (2008). Diet of larvae and juvenile perch, *Perca fluviatilis* performing diel vertical migrations in a deep reservoir. *Folia Zool.* 57(3), 313-323.
- Liao, H., Pierce, C.L. and J.G. Larscheid (2002). Diet dynamics of the adult piscivorous fish community in Spirit Lake, Iowa, USA 1995-1997. *Ecol. Freshw. Fish.* 11, 178-189.
- Linløkken, A., Bergman, E., Greenberg, L. and P.A.H. Seeland (2007). Environmental correlates of population variables of perch (*Perca fluviatilis*) in boreal lakes. *Environ. Biol. Fish.* 82, 401-408.
- Lundvall, D., Svanbäck, R., Persson, L. and P. Byström (1999). Size-dependent predation in piscivores: interactions between predator foraging and prey avoidance abilities. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56, 1285-1292.
- Persson, L., Byström, P. and E. Wahlström (2000). Cannibalism and competition in Eurasian perch: Population dynamics of an ontogenetic omnivore. *Ecology.* 81, 1058-1071.
- Persson, L., Claessen, D., Roos, A.M.D., Byström, P., Sjögren, S., Svanbäck, R., Wahlström, E. and E. Westman (2004). Cannibalism in a size-structured population: energy extraction and control. *Ecol. Monogr.* 74, 135-157.
- Pinkas, L.M., Oliphant, S. and I.L.K. Iverson (1971). Food habits of albacore, bluefin, tuna and bonito in California waters. *Calif. Fish Game.* 152, 1-105.
- Simić, S. and V. Simić (2012). *Ekologija kopnenih voda [Ecology of inland waters]*. Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu i Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Kragujevcu.
- Simonović, P. and V. Nikolić (1996). Ihtiofauna Vlasinskog jezera – stanje i perspektiva [Ichthyofauna of the Vlasinsko Reservoir - State and perspective]. In *Vlasinsko jezero – hidrobiološka studija [Lake Vlasina Reservoir: A hydrobiological study]*, (Ed. J. Blaženčić), 179-196, Beograd, Biološki fakultet.
- Skov, C., Perrow, M.R., Berg, S. and H. Skovgard (2002). Changes in the fish community and water quality during seven years of stocking piscivorous fish in a shallow lake. *Freshw. Biol.* 47, 2388-2400.
- Syväranta, J. and R.I. Jones (2008). Changes in feeding niche widths of perch and roach following biomanipulation, revealed by stable isotope analysis. *Freshw. Biol.* 53, 425-434.

- Syväranta, J., Högmander, P., Keskinen, T., Karjalainen, J. and R.I. Jones (2011). Altered energy flow pathways in a lake ecosystem following manipulation of fish community structure. *Aquat. Sci.* 73, 79-89.
- Werner, E. E. (1988). Size, scaling, and the evolution of complex life cycles. In *Size-Structured Populations – Ecology and Evolution* (Eds Eberman, B. and L. Persson), 60-81. Berlin: Springer.
- Wziątek, B., Poczyczyński, P., Kozłowski, J. and K. Wojnar (2004). The feeding of sexually mature European perch (*Perca fluviatilis* L.) in lake Kortowskie in the autumn-winter period. *Arch. Pol. Fish.* 12, 197-201.