



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Александра Б. Ракоњац

**ДИВЕРЗИТЕТ И КОНЗЕРВАЦИЈА ЦРВЕНИХ АЛГИ
(RHODORHYZA) И МРКИХ АЛГИ (RHAEORHYZACEAE)
НА ПОДРУЧЈУ СРБИЈЕ**

докторска дисертација

Крагујевац, 2025



UNIVERSITY OF KRAGUJEVAC
FACULTY OF SCIENCE

Aleksandra B. Rakonjac

**DIVERSITY AND CONSERVATION OF RED ALGAE
(RHODOPHYTA) AND BROWN ALGAE
(PHAEOPHYCEAE) IN SERBIA**

Doctoral Dissertation

Kragujevac, 2025

Аутор	
Име и презиме: Александра Б. Ракоњац	
Датум и место рођења: 25.11.1991. године, Крагујевац	
Садашње запослење: истраживач-сарадник у Институту за повртарство Смедеревска Паланка	
Докторска дисертација	
Наслов: Диверзитет и конзервација црвених алги (Rhodophyta) и мрких алги (Phaeophyceae) на подручју Србије	
Број страница: 318	
Број слика: 74	
Број библиографских података: 516	
Установа и место где је рад израђен: Природно-математички факултет, Универзитет у Крагујевцу	
Научна област (УДК): Биолошке науке (574:582.272:582.273)(043.3)	
Ментор: др Снежана Симић, редовни професор, Природно-математички факултет, Универзитет у Крагујевцу	
Број и датум одлуке Већа универзитета о прихватању теме докторске дисертације: Веће за природно-математичке науке, IV-01-425/6, 21.06.2023. године	

Родитељима и мом Жељку

Захвалница

Ова докторска дисертација представља резултат дугогодишњег рада и сарадње са професорима и колегама, стога овом приликом желим да се наискреније захвалим свима који су ме током овог периода подржавали, помагали ми и веровали у мене.

Посебну захвалност дугујем мојој менторки, **др Снежани Симић**, редовном професору Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу, пре свега на указаном поверењу и на свом знању које ми је пренела, као и на уложеном времену, огромном стрпљењу, усмеравању током рада, изузетној помоћи и заједничком труду да ова докторска дисертација угледа светлост дана. Хвала Вам на свом разумевању, подршци, бодрењу и саветима, на свој слободи коју сте ми током рада дали. Тиме што сам смела да Вам кажем „не слажем се са Вама“, што сте ми увек дозволили да објасним то неслагање и што сте ме, сваки пут када нисам била у праву, својим усмеравањима навели на прави пут, додатно сте подстакли мој истраживачки дух и свакако допринели мом осамостаљивању на академском путу. Хвала Вам и на томе што сте увек имали слуха за мене, и на свим пријатељским саветима. Хвала Вам што сте ми указали част и били мој ментор.

Члановима комисије за оцену и одбрану докторске дисертације, **др Јелени Кризманић**, ванредном професору Биолошког факултета Универзитета у Београду, **др Невени Ђорђевић**, доценту Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу и **др Ивани Трбојевић**, вишем научном сараднику Биолошког факултета Универзитета у Београду, срдечно се захваљујем на уложеном времену, пажљивом и темељном прегледу тезе, као и свим конструктивним предлозима, идејама и сугестијама које су допринеле побољшању квалитета ове докторске дисертације.

Др Владици Симићу, редовном професору Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу, захваљујем се на сакупљеним узорцима, лепој сарадњи и интересовању за мој рад.

Мојој драгој професорки, **др Снежани Пешић**, редовном професору Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу, захваљујем се на свему што је током претходних девет година урадила за мене. Хвала Вам на сваком професионалном савету, на свакој речи подршке и утехе, на свакој добронамерној критици и на сваком разговору који смо водиле. Ви и ја знамо колико сте ми помогли, и на томе ћу Вам увек бити захвална.

Захваљујем се и **др Филипу Вукајловићу**, доценту Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу, на донетим узорцима и помоћи у статистичкој анализи. Филипе, хвала ти и на свим драгоценим саветима, подршци и помоћи.

Велико хвала **др Тијани Величковић**, асистенту Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу, на свом пренетом знању и помоћи при извођењу молекуларно-генетичких анализа, али и на искреном пријатељству и свој помоћи и подршци пруженој још од првих дана студија.

Велику захвалност дугујем директору Института за повртарство Смедеревска Паланка, **проф. др Ненаду Ђурићу**, научном саветнику, на указаном поверењу, подршци и разумевању током писања докторске дисертације. У тренутку када сам потпуно одустала од науке, Ви сте ми пружили руку и омогућили да наставим да се бавим научно-истраживачким радом. На томе сам Вам неизмерно захвална.

Предрагу Симовићу, истраживачу-сараднику Института за биологију и екологију Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу, **Марини Николић**, мастер биологу, **Сањи Радосављевић**, мастер екологу, **Анђели** и мојој **Мари** веома сам захвална на свој помоћи у теренском раду, на свим лепим тренуцима и дивним успоменама.

На помоћи приликом сакупљања материјала за ову докторску дисертацију захваљујем се и колегама са Института за биологију и екологију Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу, **Марку Влајковићу**, **Бојану Матејићу**, **Витомиру Анђелковићу**, **др Ани Петровић**, **др Милени Раденковић**, **др Наташи Којадиновић** и **Марији Јаковљевић**, колегама из удружења „ХабиПрот“, **Бојани Надаждин**, **Ивану Тоту** и **Михаилу Вујићу** и **Научно-истраживачком друштву студената биологије и екологије „Јосиф Панчић“** из Новог Сада. Такође, велико хвала и **Марку Арсенијевићу**, мастер биологу, на израђеним мапама, али и на свој помоћи коју ми је пружио у досадашњем раду.

Велику захвалност дугујем и **Драгани Предојевић**, асистенту Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу, за сву помоћ, подршку у тешким тренуцима и сваки пријатељски савет.

Мојим драгим колегама из Института за Повртарство Смедеревска Паланка, **Веселинки**, **Слаћану**, **Кристини**, **Јелени**, **Милану**, **Дејану**, **Биљи**, **Ивани**, **Влади**, **Бојани**, **Ивану**, **Дарку**, **Владимиру**, **Радиши** и **Љиљи** велико хвала на свој помоћи, разумевању и подршци пруженој током писања ове докторске дисертације. Ваша професионалност и колегијалности, али и радост коју сви понаособ имате у себи, учинила је да сваки дан у Институту буде обележен позитивном енергијом и најискренијим смехом, због чега ми је задовољство бити део нашег колектива. Посебно хвала **Веселинки** и **Слаћану**, на свим пријатељским и професионалним саветима и великој подршци, и мојој **Кристини**, за најдивније пријатељство, неизмерну подршку и разумевање.

Захваљујем се и свим колегама и професорима који су ми били подршка током израде ове докторске дисертације.

Велико хвала и свим пријатељима на разумевању, љубави и подршци током свих ових година. Хвала што сте веровали у мене и што сте увек имали разумевања за свако моје „немам времена“.

Бескрајну захвалност дугујем својим родитељима, мајци **Снежани** и оцу **Браниславу**, на великој љубави и стрпљењу, несебичној подршци и огромном разумевању током студија и рада на овој докторској дисертацији. Хвала вам што сте имали веру у мој успех и што сте ме научили правим животним вредностима.

Највећу захвалност дугујем **мом Жељку**, на бескрајној подршци, љубави и разумевању, на томе што је увек веровао у мене и био уз мене на сваком кораку овог пута. Хвала ти што си био моја снага онда када је било најтеже и што ми ниси дозволио да одустанем. Хвала ти за све што смо заједно проишли, и за све што нас тек чека.

Без љубави, подршке и разумевања **мојих родитеља** и **мог Жељка**, ниједан успех не би био могућ, због тога им посвећујем ову докторску дисертацију.

Александра Б. Ракоњац

АПСТРАКТ

Циљеви овог истраживања били су да се утврди диверзитет, екологија и дистрибуција црвених алги (Rhodophyta) и мрких алги (Phaeophyceae) на подручју Србије, да се процени њихова категорија угрожености, ризик од изумирања и приоритет конзервације на локалном нивоу, као и да се формира Црвена листа црвених и мрких алги Србије и предложи мера заштите и конзервације ових алги и њихових станишта. Истраживање је спроведено од априла 2017. до јуна 2024. године на 454 локалитета. Током овог истраживања забележено је 11 таксона црвених алги на укупно 114 локалитета: *Bangia atropurpurea* (шест локалитета), *Riverina rivularis* (32 локалитета), *Batrachospermum sensu lato* (34 локалитета), *Lemanea fluviatilis* (12 локалитета), *L. fucina* (један локалитет), *L. rigida* (три локалитета), *Lemanea* sp. 1 (један локалитет), *Lemanea* sp. 2 (два локалитета), *Paralemanea annulata* (20 локалитета), *P. catenata* (14 локалитета) и *P. torulosa* (три локалитета), и три врсте мрких алги на укупно 7 локалитета: *Bodanella lauterborni* (три локалитета), *Heribaudiella fluviatilis* (три локалитета), *Porterinema fluviatile* (један локалитет). Врсте *L. fucina*, *L. rigida*, *B. lauterborni*, *H. fluviatilis* и *P. fluviatile* први пут су идентификоване у Србији приликом овог истраживања. Таксони црвених алги налажени су у широком спектру еколошких услова, док су еколошки услови на локалитетима врста мрких алги били специфични. На локалитетима су уочени фактори угрожавања. Резултати процене категорија угрожености према критеријумима IUCN-а и процене ризика од изумирања и приоритета конзервације на локалном нивоу применом модификованог ESHIPPO-*fma* модела су показали забрињавајућ ниво угрожености врста ових група алги на подручју Србије, због чега су све врсте стављене на Црвену листу алги Србије.

Кључне речи: слатководне црвене алге; слатководне мрке алге; диверзитет; екологија; IUCN; ESHIPPO-*fma* модел; фактори угрожавања; Црвена листа; мере заштите и конзервације.

ABSTRACT

This research aimed to examine the diversity, ecological preferences, and distribution of freshwater red (Rhodophyta) and brown algae (Phaeophyceae) in Serbia, to assess their vulnerability categories, and risk of extinction and conservation priorities at the local level. It also sought to create a Red List of red and brown algae in Serbia and propose measures for protecting and conserving these algae and their habitats. The research was performed from April 2017 to June 2024 at 454 localities. During this survey, 11 taxa of red algae were recorded at a total of 114 localities: *Bangia atropurpurea* (6 localities), *Riverina rivularis* (32 localities), *Batrachospermum* sensu lato (34 localities), *Lemanea fluviatilis* (12 localities), *L. fucina* (1 locality), *L. rigida* (3 localities), *Lemanea* sp. 1 (1 locality), *Lemanea* sp. 2 (2 localities), *Paralemanea annulata* (20 localities), *P. catenata* (14 localities), and *P. torulosa* (3 localities), and 3 species of brown algae at a total of 7 localities: *Bodanella lauterborni* (3 localities), *Heribaudiella fluviatilis* (3 localities), and *Porterinema fluviatile* (1 locality). The species *L. fucina*, *L. rigida*, *B. lauterborni*, *H. fluviatilis*, and *P. fluviatile* were recorded for the first time in Serbia during this survey. Red algae were found in a wide range of ecological conditions, while the ecological conditions at the localities of brown algae species were specific. Threatening factors were observed at the localities. An assessment of vulnerability categories based on IUCN criteria and the assessment of extinction risk and local conservation priorities using the modified ESHIPPO-*fma* model revealed a concerning level of vulnerability of these algae in Serbia. Consequently, all species were included on the Red List of Algae of Serbia.

Key words: freshwater red algae; freshwater brown algae; diversity; ecology; IUCN; ESHIPPO-*fma* model; threatening factors; Red List; protection and conservation measures.

САДРЖАЈ

1. Увод	1
1.1. Црвене алге (Rhodophyta)	3
1.1.1. Опште одлике црвених алги	3
1.1.1.1. Морфологија и репродукција слатководних црвених алги подраздела Eurhodophytina	5
1.1.1.1.1. Класа Bangiophyceae	5
1.1.1.1.2. Класа Florideophyceae	6
1.1.2. Систематски положај, филогенија и класификација слатководних црвених алги.....	10
1.1.3. Дистрибуција и екологија слатководних црвених алги.....	13
1.1.4. Заједнице слатководних црвених алги са акватичним организмима	15
1.1.5. Значај слатководних црвених алги	16
1.2. Мрке алге (класа Phaeophyceae).....	17
1.2.1. Опште одлике слатководних мрких алги	17
1.2.1.1. Морфологија и репродукција слатководних мрких алги	19
1.2.2. Систематски положај, филогенија и класификација слатководних мрких алги	21
1.2.3. Дистрибуција и екологија слатководних мрких алги	22
1.2.4. Заједнице слатководних мрких алги са акватичним организмима.....	24
1.2.5. Значај слатководних мрких алги.....	25
1.3. Преглед истраживања црвених алги (Rhodophyta) и мрких алги (Phaeophyceae) на подручју Србије.....	26
1.3.1. Преглед истраживања црвених алги на подручју Србије.....	26
1.3.2. Преглед истраживања мрких алги на подручју Србије	33
1.4. Угроженост и заштита црвених алги (Rhodophyta) и мрких алги (Phaeophyceae).....	33
1.4.1. Фактори угрожавања	33
1.4.2. Процена угрожености врста	38
1.4.3. Статус угрожености слатководних црвених и мрких алги.....	42
1.4.4. Заштита угрожених црвених и мрких алги у Србији.....	43
2. Циљеви истраживања	48
3. Материјал и методе	50
3.1. Преглед истраживаних локалитета.....	51
3.2. Прикупљање алголошких узорака.....	70
3.3. Квалитативна анализа алголошких узорака	71
3.4. Квантитативна анализа алголошких узорака	71
3.5. Мерење параметара животне средине.....	72

3.6. Статистичка анализа података	73
3.7. Методологија процене угрожености црвених и мрких алги на подручју Србије.....	74
3.7.1. Формирање базе података.....	74
3.7.2. Фактори угрожавања црвених и мрких алги и њихових станишта	74
3.7.3. Процена категорија угрожености врста према критеријумима IUCN-а	75
3.7.4. Процена ризика од изумирања и приоритета конзервације угрожених врста црвених и мрких алги на националном и локалном нивоу применом модификованог модела ESHIPPO- <i>fma</i>	76
3.7.5. Формирање Црвене листе црвених и мрких алги на подручју Србије.....	80
4. Резултати	81
4.1. Диверзитет и дистрибуција црвених алги (Rhodophyta) на подручју Србије	82
4.2. Морфолошке, биогеографске и еколошке карактеристике таксона слатководних црвених алги (Rhodophyta)	103
4.2.1. <i>Bangia atropurpurea</i> (Mertens ex Roth) C.Agardh 1824	103
4.2.2. <i>Riverina rivularis</i> (Liebmann) C.W.Vieira & G.W.Saunders 2024.....	111
4.2.3. <i>Batrachospermum</i> sensu lato Roth 1797	125
4.2.4. <i>Lemanea fluviatilis</i> (Linnaeus) C.Agardh 1811	148
4.2.5. <i>Lemanea fucina</i> Bory 1808.....	159
4.2.6. <i>Lemanea rigida</i> (Sirodot) De Toni 1897	164
4.2.7. <i>Lemanea</i> spp.	171
4.2.8. <i>Paralemanea annulata</i> (Kützinger) M.L.Vis & R.G.Sheath 1992.....	179
4.2.9. <i>Paralemanea catenata</i> (Kützinger) M.L.Vis & Sheath 1992.....	192
4.2.10. <i>Paralemanea torulosa</i> (Roth) Sheath & A.R.Sherwood 2002	202
4.3. Диверзитет и дистрибуција мрких алги (Phaeophyceae) на подручју Србије	209
4.4. Морфолошке, еколошке и биогеографске карактеристике мрких алги	212
4.4.1. <i>Bodanella lauterborni</i> W.M.Zimmermann 1927	212
4.4.2. <i>Heribaudiella fluviatilis</i> (Areschoug) Svedelius 1930	218
4.4.3. <i>Porterinema fluviatile</i> (H.C.Porter) Wærn 1952	225
4.5. Анализа главних компоненти морфометријских, физичких и хемијских фактора станишта црвених и мрких алги	232
4.6. Статус угрожености црвених и мрких алги на подручју Србије.....	236
4.6.1. Процена категорија угрожености на основу критеријума IUCN-а.....	236
4.6.2. Процена ризика од изумирања и приоритета конзервације на локалном нивоу применом модификованог модела ESHIPPO- <i>fma</i>	237
4.6.3. Црвена листа црвених и мрких алги на подручју Србије.....	239
5. Дискусија	240
5.1. Црвене алге (Rhodophyta) Србије	241
5.1.1. Диверзитет црвених алги у Србији	241

5.1.2. Станишта црвених алги	243
5.1.3. Еколошки фактори који утичу на дистрибуцију црвених алги у Србији	245
5.1.4. Заједнице црвених алги са другим алгама	250
5.2. Мрке алге (Phaeophyceae) Србије	252
5.2.1. Диверзитет мрких алги у Србији	252
5.2.2. Станишта мрких алги и еколошки фактори који утичу на дистрибуцију ових алги у Србији.....	256
5.2.3. Заједнице мрких алги са другим алгама.....	259
5.3. Угроженост и заштита црвених и мрких алги на подручју Србије.....	260
5.3.1. Фактори угрожавања црвених и мрких алги и њихових станишта на подручју Србије	260
5.3.1.1. Комуникациона и саобраћајна инфраструктура	260
5.3.1.2. Антропогени притисци и сметње – рекреативне активности.....	260
5.3.1.3. Модификације природних система.....	261
5.3.1.4. Инвазивне и друге проблематичне врсте, гени и заразе.....	263
5.3.1.5. Загађење	263
5.3.1.6. Климатске промене и екстремни временски услови	264
5.3.2. Статус угрожености црвених и мрких алги у Србији	265
5.3.3. Предложене мере за конзервацију популација црвених и мрких алги на подручју Србије	267
6. Закључци	270
7. Литература	274
8. Прилози.....	313

1. Увод

Алге (лат. *algae* - „морска трава“) представљају веома хетерогену, полифилетску групу организама једноставне грађе (Brodie и Zuccarello, 2007; Bellinger и Sigee, 2015; Barsanti и Gualtieri, 2022). Ова група организама нема диференциран корен, стабло и листове, а њихови органи за полно размножавање не садрже заштитне структуре. У погледу физиологије, алге су у основи ауотрофни фотосинтетички организми, али међу њима постоје и секундарни хетеротрофи (Bellinger и Sigee, 2015). Захваљујући хлорофилу *a* који се налази у ћелијама ових организама, алге кроз процес фотосинтезе синтетишу органске супстанце, док као споредни продукт тог процеса ослобађају кисеоник (Barsanti и Gualtieri, 2022). Термин „алга“ не односи се на таксономску категорију, али се користи за означавање већег броја различитих раздела који се уклапају у претходни опис (Bellinger и Sigee, 2015). Ова група организама обухвата прокариотске и еукариотске организме.

Алге су претежно становници акватичних екосистема, али се изванредан број врста може наћи и у терестричним екосистемима, на влажним стаништима, на снегу и леду. Улога алги у акватичним екосистемима посебно долази до изражаја у општем процесу кружења материје и протичања енергије, у коме су ови организми првенствено примарни продуценти органске материје (Wehr и Sheath, 2003; Graham и сар., 2016).

Хетерогеност ове полифилетске групе организама огледа се кроз варијације у погледу величине и грађе ћелија и тела, садржаја пигмената и резервних супстанци, типа размножавања, типа животног циклуса, као и у погледу еколошких преференција.

Талус алги (тело алги, лат. *thallos* – изданак) према броју, грађи и међусобном односу ћелија које га изграђује може бити једноћелијски, сифонални, колонијски и вишећелијски. Таксони са једноћелијским талусима, где једна ћелија представља самосталан организам, могу бити покретни или непокретни, при чему покретни организми за своје кретање користе један или више бичева, или се по површини подлоге крећу клизећи, најчешће путем излучивања слузи. Једноћелијске алге могу имати слузни (галертни) омотач на површини ћелије, или на површини ћелије могу поседовати ћелијски зид, амфиезму, пеликулу или лорику, а многи представници имају и променљив облик ћелије (Bellinger и Sigee, 2015; Sheath и Wehr, 2015; Barsanti и Gualtieri, 2022).

Сифонални талус подразумева једну крупну, голим оком видљиву ћелију, која поседује велики број једара и ћелијски зид на површини. Таксони са сифоналним типом талуса углавном насељавају морске екосистеме, док се мали број представника може наћи у слатководним екосистемима или на стаништима ван воде (Bellinger и Sigee, 2015; Sheath и Wehr, 2015; Barsanti и Gualtieri, 2022).

Колонијски талуси представљају агрегације променљивог броја ћелија, међусобно чврсто или лабаво повезаних, најчешће у јасно организованом облику. То су талуси са константним бројем ћелија (или јединки, јер колоније могу градити и трихалне јединке, нпр. цијанобактерија *Nostoc*) током читавог животног циклуса називају се ценобије. Покретљивост колонијских талуса зависи од ћелија унутар колонија које могу бити покретне или непокретне. Повезаност ћелија унутар колоније зависи од околне галертне масе, различитих галертних структура попут дршки, јастучића или цеви, као и израштаја на ћелијском зиду. Међусобна повезаност ћелија унутар колонија може се остварити и путем лорика ћелија (Bellinger и Sigee, 2015; Sheath и Wehr, 2015; Barsanti и Gualtieri, 2022).

Вишећелијски талуси алги изграђени су од великог броја ћелија удружених у један организам. Вишећелијски талуси могу бити кончасти (трихални, филаментозни), привидно паренхимски (псеудопаренхиматични) или паренхимски. Кончасте талусе

формирају ћелије постављене једна за другом у једном или више низова ћелија. Овакви талуси могу бити негранати, гранати или привидно гранати, а ћелије које их граде могу бити сличне или различите по облику, величини и грађи. Псеудопаренхиматични талуси су изграђени од лабаве или чврсте агрегације великог броја испреплетаних и разгранатих филамената, који понекад на површини поседују галерту. Грађа ових талуса је филаментозне структуре, без или са мало унутрашње диференцијације ћелија. Могу бити једноосовински или вишеосовински. Једноосовински талуси у централном делу поседују један пршљенасто грађен филамент, изграђен од нодуса и интернодуса који се наизменично смењују. У централном делу вишеосовинских талуса налази се већи број испреплетаних филамената. Код једноосовинских талуса, бочне гране полазе само из нодуса, док се код вишеосовинских талуса спољашњи филаменти централног дела талуса континуирано гранају, образујући на тај начин бочне гране дуж читавог талуса. Паренхимски талуси, који представљају најсложенији тип вишећелијских талуса, изграђени су од чврсте масе ћелија која је најчешће тродимензионална и различито обликована, а која настаје услед могућности деобе ћелија у више равни. Паренхимски талуси слатководних представника могу бити једноставног цевастог или листастог облика, или могу визуелно да подсећају на акватичне више биљке. У поређењу са становницима мора и океана, псеудопаренхиматични и паренхимски талуси слатководних представника су обично мањих димензија (Bellinger и Sigee, 2015; Sheath и Wehr, 2015; Barsanti и Gualtieri, 2022).

Према Guiry (2024), до сада је описано око 50 589 врста рецентних и 10 556 врста фосилних алги, које су према Ruggiero и сарадницима (2015) сврстане у четири царста: једно прокариотско – Eubacteria и три еукариотска - Chromista, Protozoa и Plantae. Према најновијим подацима, алге су класификоване у 14 раздела: Cyanobacteria, Glaucophyta, Rhodophyta, Rhododelphiophyta, Charophyta, Chlorophyta, Picophyta, Prasinodermatophyta, Euglenophyta, Heterokontophyta, Haptophyta, Cryptophyta, Miozoa и Chromeridophyta (Guiry, 2024).

Прва истраживања алги у Србији су започета крајем XIX века (Schaarschmidt, 1883). Од тог периода до данас у Србији су најчешће налажене алге раздела Heterokontophyta, Chlorophyta, Charophyta, Cyanobacteria и Euglenophyta, док су представници Rhodophyta налажени знатно ређе (Simić V. и Simić S., 2012). Међу представницима раздела Heterokontophyta, у Србији су најчешће налажени представници класе Bacillariophyceae (Simić S. и Krizmanić, 2018), док о представницима класе Phaeophyceae на подручју Србије постоје налази проистекли из истраживања спроведених за потребе израде ове докторске дисертације (Simić S. и сар., 2019a; Sabovljević и сар., 2023; Rakonjac и Simić S., 2024a) и налаз Trbojević и сарадника (2024).

1.1. Црвене алге (Rhodophyta)

1.1.1. Опште одлике црвених алги

Црвене алге (Rhodophyta) представљају једну од најстаријих група еукариотских алги (Eloranta и сар., 2011). Први подаци о слатководним црвеним алгама (Rhodophyta) датирају с почетка друге половине XVIII века, када је Карл фон Лине описао род *Conferva* (Necchi и Vis, 2021a). Од тог периода до данас, описано је око 7500 врста црвених алги (Guiry и Guiry, 2024), од чега свега 3-5% представљају слатководне врсте (Necchi и Vis, 2021a).

Највећи број врста раздела *Rhodophyta* има вишећелијски талус сложене морфолошке и анатомске грађе, док малобројни и најједноставнији представници раздела имају једноћелијске или колонијске талусе. Многе врсте имају трихалне и хетеротрихалне талусе причвршћене за подлогу ризоидима или дисковима. Највећи број врста има привидно паренхимски једноосовински или вишеосовински талус, док само мали број врста поседује паренхимски талус (Свијан и сар., 2003; Necchi и Vis, 2021a). Црвене алге су јединствене међу еукариотским алгама, јер током целог животног циклуса не поседују ни бичеве ни центриоле (Уооп и сар., 2010).

Грађа вегетативних ћелија свих црвених алги је прилично уједначена. Ове алге имају највећи број особина типичних за биљне ћелије. На површини, ћелије црвених алги поседују ћелијски зид који обавија протопласт и који је највећим делом изграђен од угљених хидрата, док су протеини и масти присутни у мањим количинама. Унутрашњи слој ћелијског зида је релативно чврст и изграђен од целулозе, док је спољашњи слој мекан, пектинске природе, и чини ћелијску површину слузавом. Протопласт црвених алги је углавном изграђен од цитоплазме са органелама, која заузима веома танак слој уз ћелијски зид, и крупне вакуоле у средишњем делу ћелије. У цитоплазми се налази један или више пластида (родопласта) углавном без пиреноида, једро, ћелијске органеле и инклузије као што су диктиозоми, различити мехурићи обавијени мембранама, као и резервне супстанце, односно продукти метаболизма. Иако већина црвених алги у својим ћелијама поседује једно једро, број једара, њихов облик и распоред, могу значајно да варирају унутар раздела *Rhodophyta*. Представници класе *Bangiorhysae* имају једно једро и у младим и у старим ћелијама, док код неких представника класе *Florideorhysae* број једара, њихов положај и облик у ћелијама исте алге може варирати зависно од старости, при чему старије ћелије имају већи број једара, али и у зависности од периода године и услова животне средине. Код младих ћелија, лоптасто једро се налази у централном делу цитоплазме, док је у старијим ћелијама спљоштеног облика и смештено на периферији родопласта (Necchi и Vis, 2021a, б).

Родопласти црвених алги садрже различите фотосинтетичке и нефотосинтетичке пигменте, а у основи су обавијени двослојном мембраном која није ни у каквој вези са ендоплазматичним ретикулумом, док се у строми родопласта налазе појединачни тилакоиди. Код врста једноставне морфолошке организације, у родопластима не постоји периферни тилакоид, док је он присутан код врста на вишем ступњу морфолошке организације. У мембрани тилакоида родопласта налазе се пигменти: хлорофил *a*, α и β каротени, ксантофили (зеаксантин, лутеин, неоксантин). Фикобилини (Р-фикоеритрин – пигмент црвене боје, Р-фикоцијанин – пигмент плаве боје) су смештени у фикобилизомима на мембрани тилакоида. Састав и количински однос пигмената утиче и на боју талуса црвених алги. Грануле различитих типова једињења (флоридеа скроба, флоридозид, сахароза, изофлоридозид, малтоза, манитол, дулцитол, сорбитол, ламинитол) присутне су у цитоплазми ћелија црвених алги (Eloranta и сар., 2011).

Што се порекла слатководних црвених алги тиче, Skuja (1938) је сматрао да су се оне развиле на два начина, при чему једна група води порекло од слатководних цијанобактерија, док је друга група еволуирала од морских представника који су имигрирали у слатке воде. Међутим, филогенетска и генетичка истраживања слатководних црвених алги последњих година дају нови увид у њихово порекло и еволутивну историју (Уооп и сар., 2010; Janouškovec и сар., 2013; Costa и сар., 2016; Nan и сар., 2017). *Rhodophyta* представљају древну линију, примарне носиоце пластида за секундарну и терцијарну ендосимбиозу (Уооп и сар., 2002). Истраживања су показала да и пластидни и митохондријални геноми имају способност да разјасне филогенетске

односе и еволутивну историју између Rhodophyta и других еукариотских линија (Tajima и сар., 2014; Yang и сар., 2015; Lee и сар., 2016). На основу редуктованих генома представника Cyanidales, Reeb и Bhattacharya (2010), Collén и сарадници (2013) и Qiu и сарадници (2015) истичу да се ова група црвених али прва одвојила. Обзиром да се ове алге јављају у топлим изворима, исти аутори сугеришу да је предак црвених алги могао да се појави у топлим изворима, као и да савремени морски представници црвених алги могу бити потомци неморских организама. Истраживања Nap и сарадника (2017) су показала да су се, на основу генома родопласта, након одвајања Bangiophyceae и Florideophyceae, прве одвојиле црвене алге класа Porphyridiophyceae, Stylonematomorphyceae и Compsorogonophyceae. Код класе Florideophyceae, прво су се одвојили представници Hildenbrandiophycidae, а затим Nemaliophycidae. Међутим, исти аутори истичу да су за разјашњавање порекла и еволуције црвених алги неопходна интензивнија истраживања на овом пољу.

Раздео црвених алги обухвата три подраздела: Cyanidiophytina, Proteorhodophytina и Eurhodophytina (Necchi и Vis, 2021a). Представници подраздела Cyanidiophytina и Proteorhodophytina нису забележени у Србији, због чега ће у наставку бити више речи о подразделу Eurhodophytina.

1.1.1.1. Морфологија и репродукција слатководних црвених алги подраздела Eurhodophytina

Подраздео Eurhodophytina обухвата слатководне и морске представнике на различитим ступњевима морфолошке организације, сврстане у класе Bangiophyceae и Florideophyceae (Necchi и Vis, 2021b). У даљем тексту биће говора о слатководним припадницима ових класа.

1.1.1.1.1. Класа Bangiophyceae

Талуси представника класе Bangiophyceae могу бити микроскопски или макроскопски, изграђени од краћих или дужих филамената који се састоје од једног или више ћелијских низова, обавијених заједничком слузи, негранати или гранати на различите начине. Обично су све ћелије у низу међусобно једнаке, са изузетком базалног дела. Ћелије садрже један, ређе два или више звездастих родопласта црвенкасте боје (Lindstrom, 2017; Necchi и Vis, 2021b).

У животном циклусу представника ове класе наизменично се смењују макроскопски гаметофит и микроскопски спорофит (Müller и сар., 2010). Спорулативно се размножавају моноспорама образованим у моноспорангијама, при чему свака ћелија талуса има способност трансформације у моноспорангију. Након ослобађања из моноспорангије, моноспоре су најпре гимнопласти амебоидног облика, а потом формирају ћелијски зид и постају лоптасте. Ћелијским деобама развијају се у нови талус. Полно размножавање није забележено (Sheath и Vis, 2015; Necchi, 2016).

Припадници ове класе скоро су искључиво бентосни организми који углавном насељавају морске екосистеме. У слатководним екосистемима налажени су само представници реда Bangiales, родови *Bangia* и *Granulofilum* (Necchi, 2016; Necchi и Vis, 2021b).

1.1.1.1.2. Класа Florideophyceae

Представници класе Florideophyceae у основи имају привидно паренхимске талусе са скоро увек израженим апикалним ћелијама. Овакви талуси могу бити једноосовински и вишеосовински. Привидно паренхимски талуси представника *Batrachospermum sensu lato*, *Lemanea* и *Paralemanea* су једноосовински, изграђени од јединствене једноредне разгранате нити која заузима централни положај у талусу. Код представника *Batrachospermum sensu lato*, базалне ћелије бочних грана (наспрамно или пршљенасто распоређене) образују кортикалне филаменте који непотпуно прекривају централну осу талуса. Алге са оваквом грађом често су обавијене добро развијеним слојем галерте која истовремено повезује поједине делове талуса, формирајући компактан, слузав, али и растресит талус у коме су уочљиве слузаве врпце. Даље усложњавање грађе талуса довело је до интензивног гранања бочних грана и међусобног спајања њихових ћелија, услед чега се око осовинског дела талуса образује периферни слој – кора, изграђена од чврсто спојених ћелија (родови *Lemanea* и *Paralemanea*) (Necchi и Vis, 2021в; Vis и Necchi, 2021а). Привидно паренхимски талуси представника рода *Thorea* су вишеосовински. Централну осу (медулу) гради сноп од међусобно испреплетаних безбојних нити. Од медуле полазе бочни асимилациони филаменти (Simić S. и сар., 2014). Кораст тип талуса (род *Riverina*) одликује се хетеротрихалном грађом. Овакав талус представљен је од основног слоја на подлози у виду округле или неправилне, режњевите плоче, а изграђен је од међусобно спојених конача радијално развијених при клијању из споре. Све ћелије овог дела талуса могу да дају усправне негранате или слабо гранате конце. Усправни конци могу да буду обавијени заједничком слузи или су чврсто срасли градећи привидни паренхим (Sheath и Vis, 2015; Necchi, 2016; Necchi и Vis, 2021в).

У животном циклусу највећег броја представника класе Florideophyceae правилно се смењују три фазе: хаплоидни гаметофит (талус видљив голим оком), диплоидни карпоспорофит који се формира на асимилаторима гаметофита (уочљив једино микроскопом) и диплоидни спорофит (*Chantransia* стадијум) (Necchi, 2016).

Размножавање припадника ове класе може бити вегетативно, спорулативно и полно. Најчешћи облик вегетативног размножавања је било којим случајно откинутим делом талуса. Додатно, код неких представника реда *Batrachospermales* (*Batrachospermum sensu stricto*, *Lemanea*, *Paralemanea*), ризоиди вишегодишњег дела талуса деобом продукују нови део из којег израстају усправни делови талуса (Свијан и сар., 2003). Спорулативно размножавање се одвија помоћу моноспора образованих у моноспорангијама. Моноспорангије представљају специјализоване, увећане и јајолике ћелије које се углавном налазе на врховима вегетативних грана (Sheath, 1984). Код припадника рода *Thorea*, моноспорангије се образују на кратким, или ређе на дугим асимилаторима. Моноспорангије образоване на дугим асимилаторима се уочавају као појединачно или у групама уколико су формиране на кратким границима асимилатора. Моноспорангије образоване у основи кратких асимилатора и моноспорангије формиране од вегетативних ћелија дугих асимилатора имају сличне димензије (Simić S. и Pantović, 2010; Simić S. и сар., 2014).

Полни процес је оогамија. Структуре за полно размножавање (гаметангије) се образују на асимилаторима гаметофита. Женске гаметангије (карпогони) се код представника *Batrachospermum sensu lato* образују на врховима карпогонијалних грана. Код врста родова *Lemanea* и *Paralemanea*, карпогони се формирају из издужених нити усмерених ка унутрашњости талуса, док се код представника рода *Thorea*, карпогони формирају у бази млађих примарних и секундарних бочних грана (Свијан и сар., 2003;

Simić S. и Pantović, 2010). У доњем, проширеном делу карпогона образује се јајна ћелија, док се сужени и издужени део карпогона назива трихогин, и има улогу да при оплођењу прихвати и спроведе спермацију до јајне ћелије. Карпогон може бити симетричан или асиметричан. Код представника *Batrachospermum sensu lato*, трихогини могу бити кратки и дебели, код врста родова *Lemanea* и *Paralemanea* танки, на врху често проширени, док су код врста рода *Thorea* филиформни и благо закривљени (Cvijan и сар., 2003; Simić S. и Pantović, 2010). Облик трихогина (облик палице, флашолик, јајаст, обрнуто купаст, цилиндричан облик) има таксономски карактер. Мушке гаметангије (сперматангије) се образују на врховима асимилатора. Код алги родова *Lemanea* и *Paralemanea*, сперматангије се у виду квржица (сперматангијалних папила) формирају у нивоу нодуса. Код врста рода *Lemanea*, сперматангијалне папиле су добро одвојене, понекад неправилно или делимично спојене, а може их бити од две до седам у нивоу једног нодуса. Код врста рода *Paralemanea*, сперматангијалне папиле могу формирати правилне или неправилне широке прстенове, понекад прекинуте у близини основе талуса, или прстенове прекинуте у правилним интервалима. Код врста рода *Thorea*, сперматангије настају од кратких асимилационих филармената у пределу базалног дела спољашњег слоја талуса (Necchi, 1987). Свака сперматангија образује две до пет (најчешће три) непокретних хаплоидних мушких гамета (спермација). Спермације су најчешће безбојне, ситне, лоптасте или јајолике, једноједарне, и немају чврст целулозни ћелијски зид, већ поседују ћелијску мембрану са слојем слузи на површини. Спермације се воденим струјама преносе до карпогона, при чему долази до спајања спермације и јајне ћелије из карпогона, и формирања диплоидног зигота. Зигот потом пролази кроз сложен развој (Cvijan и сар., 2003).

Из зигота се развијају спорогени конци, од којих се образују карпоспорангије са по једном диплоидном карпоспором. Овај стадијум се означава као карпоспорофит. Карпоспорофити се уочавају као крупне, тамније лоптице на асимилаторима (Cvijan и сар., 2003). Код представника родова *Lemanea* и *Paralemanea*, унутар талуса долази до нагомилавања карпоспора, које се у спољашњу средину ослобађају након раскидања талуса. При томе ослобађање карпоспора може бити одмах након њиховог сазревања или, у случају неповољних услова, карпоспоре могу остати дуже време унутар талуса. У том случају до њиховог ослобађања долази када се поново успоставе повољни услови за развиће. Зреле диплоидне карпоспоре клијају у диплоидан спорофит – *Chantransia* стадијум, који је у виду хетеротрихалног разгранатог талуса. Карпоспоре код представника родова *Lemanea* и *Paralemanea* могу да клијају и унутар талуса, па се *Chantransia* стадијум може формирати и на гаметофиту (Vis и Necchi, 2021a).

У односу на присуство гаметангија на талусима јединки, врсте могу бити једнодоме (монецке – и карпогони и спермације присутни су на истом талусу) и дводоме (диецке – на талусима је присутан само један тип гаметангија).

Талуси слатководних црвених алги образују макроскопске агрегације видљиве голим оком. У односу на морфолошку форму (Sheath и Cole, 1992), слатководне црвене алге могу се јавити у виду следећих типова макроскопских агрегација:

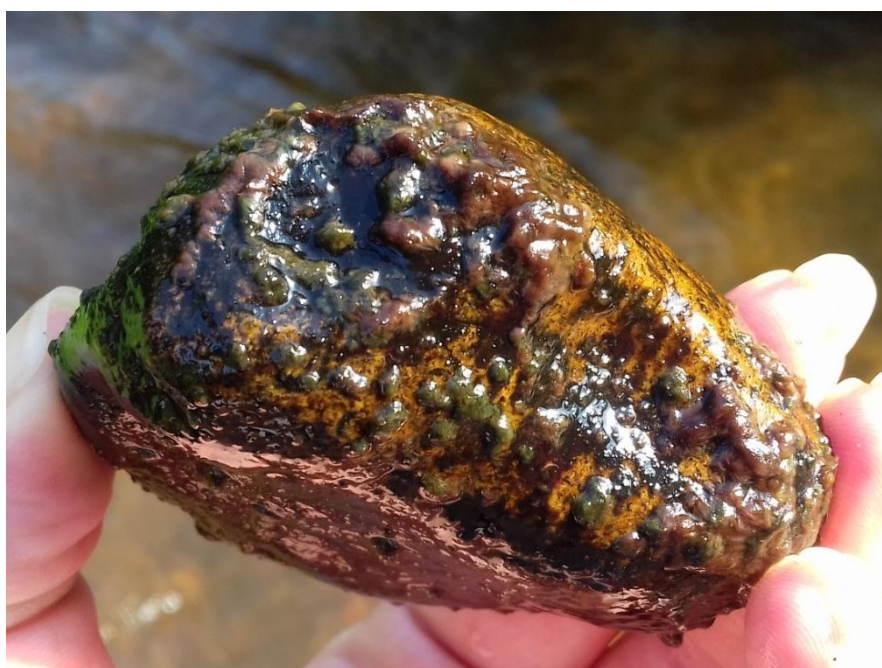
- Слободни филаменти – талуси у виду полуусправних или полеглих филамената без слузног омотача (родови *Bangia*, *Lemanea* и *Paralemanea*) (Слика 1);
- Желатинозни филаменти – талуси у виду полуусправних или усправних појединачних филамената у слузном омотачу (представници *Batrachospermum sensu lato* и род *Thorea*) (Слика 2);
- Прамен/чуперак – талуси у виду кратких филамената без заједничке слузи (род *Audouinella* (= *Chantransia*)) (Слика 3);
- Корасте, љускасти талуси – тврди талуси изграђени од чврсто спојених ћелија (род *Riverina* (= *Hildenbrandia*)) (Слика 4).



Слика 1. Макроскопске агрегације слатководних црвених алги у виду слободних филамената. а) *Bangia atropurpurea*, б) *Lemanea* sp., в) *Paralemanea* sp. (Фото: Александра Ракоњац)



Слика 2. Макроскопске агрегације представника *Batrachospermum sensu lato* у виду желатинозних филамената (Фото: Александра Ракоњац)



Слика 3. Макроскопске агрегације рода *Audouinella* у виду прамена/чуперка (Фото: Александра Ракоњац)



Слика 4. Корасте макроскопске агрегације рода *Riverina* (Фото: Александра Ракоњац)

1.1.2. Систематски положај, филогенија и класификација слатководних црвених алги

Систематски положај и класификација црвених алги последњих деценија представљају кључан аспект истраживања ове групе алги међу алгологима. Молекуларне и генетичке методе омогућиле су истраживања усмерена ка решавању филогенетских односа и веза, успостављање нових виших таксономских категорија, али и описивање нових родова и врста (Necchi и Entwisle, 1990; Vis и Entwisle, 2000; Zucchi и Necchi, 2003; Vis и сар., 2006, 2012, 2020а, б; Kapraun и сар., 2007; Entwisle и сар., 2009; Johnston и сар., 2014; Salomaki и сар., 2014; Rossignolo и сар., 2016, 2017, 2020, 2021; Saber и сар., 2016; Chapuis и сар., 2017; Evans и сар., 2017; Ganesan и сар., 2018; Necchi и сар., 2018, 2019а, б, в; Szinte и сар., 2020; Vis и Necchi, 2021б; Fang и сар., 2021, 2022; Jayalakshmi и John, 2021; Aristya и сар., 2022; Jayalakshmi и сар., 2022; Nan и сар., 2022; Nan и сар., 2022; Vieira и сар., 2024). Савремена молекуларна истраживања променила су традиционалну класификацију засновану на морфолошким структурама таксона и узроковала велику таксономску ревизију која још увек није завршена.

Таксономска ревизија нарочито је била усмерена на ред *Batrachospermales* и род *Batrachospermum*. Тако су секције овог рода више пута рекласификоване. Према Kumano (2002), представници рода *Batrachospermum* били су сврстани у осам секција: *Aristata*, *Batrachospermum*, *Contorta*, *Gonimopropagulum*, *Hybrida*, *Setacea*, *Turfosa* и *Virescentia*. Током првих молекуларних истраживања секција *Batrachospermum* је обухватила 2 групе таксона (Vis и сар., 1998). У прву групу је уврштен *B. gelatinosum* (Linnaeus) De Candolle, а у другу *B. boryanum* (= *B. ectocarpum*) и *B. involucrum*. На основу молекуларних истраживања Entwisle и сарадника (2009) *B. gelatinosum* је остао у секцији *Batrachospermum*, док су *B. boryanum* и *B. involucrum* издвојени у секцију *Helminthoidea*. Касније је секција *Helminthoidea* на основу rbcL, COI и ITS секвенци одвојена у посебан род *Sheathia* (Salomaki и сар., 2014). Секција *Batrachospermum* је након истраживања Entwisle и сарадника (2009) обухватила *B. gelatinosum* и *B. gelatinosum* f. *spermatoinvolucrum*. У истраживањима Chapuis и сарадника (2017) откривене су нове врсте: *B. dapsile* I.S. Chapuis & M.L. Vis, *B. naiadis* I.S. Chapuis & M.L. Vis, *B. shanxiense* I.S. Chapuis & M.L. Vis и *B. pozoazulense* I.S. Chapuis & M.L. Vis, које су сврстане у секцију *Batrachospermum*. Представници секција *Contorta* и *Hybrida* формирали су нови род *Kumanoa* Entwisle, M.L. Vis, Chiasson W.B., Necchi et A. R. Sherwood (Entwisle и сар., 2009; Vis и сар., 2012). Chapuis и сарадници (2017) су касније описали нови род *Volatus* I.S. Chapuis & M.L. Vis, који се морфолошки не разликује од рода *Kumanoa*, већ се идентификација таксона може поуздано извршити једино на основу молекуларних анализа. У истраживањима Entwisle и сарадника (2009) секција *Setacea* са врстама *B. atrum* и *B. puiggarinum* је задржана, али је касније за врсте ове секције уведен нови род *Setacea* Necchi & Rossignolo (Rossignolo и сар., 2016), коме је потом промењен назив у *Atrophycus* Necchi & Rossignolo (Rossignolo и сар., 2017). За представнике секције *Aristata*, *B. cayennense* Montagne ex Kützinger и *B. macrosporum*, утврђено је да нису међусобно филогенетски блиско повезани и да је њихова појединачна филогенетска повезаност већа са осталим врстама рода *Batrachospermum*, али и родом *Psilosiphon*. За *B. cayennense* је предложено ново име *B. montagnei* (Entwisle и сар., 2009). *B. macrosporum* је пребачен у нову секцију *Macrospora*, док је *B. cayennense* остао у секцији *Aristata* (Salomaki и сар., 2014). Стога, према Necchi (2016) и Chapuis и сарадницима

(2017) род *Batrachospermum* је обухватао следеће секције: *Batrachospermum*, *Acarposporophytum*, *Aristata*, *Turfosa*, *Virescentia*, *Macrospora* и *Gonimopropagulum*. Секција *Acarposporophytum* је првобитно описана као подрод *Acarposporophytum* у оквиру рода *Batrachospermum*, на основу одсуства стадијума карпоспорофита у животном циклусу (Necchi, 1987), али су Entwisle и сарадници (2009) пребацили овај подрод у посебну секцију у оквиру рода *Batrachospermum*. На основу филогенетске анализе, Necchi и сарадници (2019a) су секцију *Acarposporophytum* подигли на генерички ниво и описали нови род *Acarposporophycos* (Necchi) Necchi & A.S.García. Представници секције *Aristata* пребачени су у новоописани род *Visia* (Montagne ex Kützing) Necchi & A.García (Necchi и сар., 2019a), док су Necchi и сарадници (2019b) представнике секције *Macrospora* пребацили у новоописани род *Montagnia* Necchi, M.L.Vis & A.S.García. Представници секције *Virescentia* су пребачени у новоописани род *Virescentia* (Sirodot) Necchi, D.C.Agostinho & M.L.Vis (Necchi и сар., 2018). Vis и сарадници (2020a) су представнике секције *Turfosa* пребацили у новоописани род *Paludicola* Necchi & M.L.Vis, док су Vis и Necchi (2021b) представнике једине преостале секције, *Gonimopropagulum*, пребацили у новоописани род *Genadendalia* M.L.Vis & Necchi. Последња филогенетска истраживања представника реда *Hildenbrandiales* показала су да су слатководни и морски представници филогенетски удаљени, због чега су слатководни представници рода *Hildenbrandia* пребачени у новоописани род *Riverina* (Vieira и сар., 2024).

Класификација представника подраздела *Eurhodophytina* приказана је у Табели 1, а према према Vis и Necchi (2021b) и Guiry и Guiry (2024).

Табела 1. Класификација слатководних црвених алги подраздела Eurhodophytina (Vis и Necchi, 2021в; Guiry и Guiry, 2024)

Класа	Подкласа	Ред	Породица	Род
Bangiophyceae	/	Bangiales	Bangiaceae	<i>Bangia</i>
			Granuofilaceae	<i>Granuofilum</i>
	Hildenbrandiophycidae	Hildenbrandiales	Hildenbrandiaceae	<i>Riverina</i>
			Delesseriaceae	<i>Caloglossa</i>
	Rhodymeniophycidae	Ceramiales	Rhodomelaceae	<i>Bostrychia</i>
				<i>Polysiphonia</i>
		Gigartinales	Caulacanthaceae	<i>Sterrocladia</i>
			Audouinellaceae	<i>Audouinella</i>
		Acrochaetiales	Ottiaceae	<i>Ottia</i>
				<i>Balbiana</i>
		Balbianiales	Balbianiaceae	<i>Rhododraparnaldia</i>
				<i>Thorea</i>
		Thoreales	Thoreaceae	<i>Nemalionopsis</i>
				<i>Acarposporophycos</i>
				<i>Batrachospermum</i>
				<i>Genadendalia</i>
				<i>Kumanoa</i>
				<i>Lympha</i>
				<i>Montagnia</i>
				<i>Nocturama</i>
				<i>Nothocladus</i>
				<i>Notohesperus</i>
Florideophyceae	Nemaliophycidae	Batrachospermales	Batrachospermaceae	<i>Paludicola</i>
				<i>Petrohua</i>
				<i>Psilosiphon</i>
				<i>Sheathia</i>
				<i>Sirodotia</i>
				<i>Torularia</i>
				<i>Tuomeya</i>
				<i>Virescentia</i>
				<i>Visia</i>
				<i>Volatus</i>
			Lemaneaceae	<i>Lemanea</i>
				<i>Paralemanea</i>

1.1.3. Дистрибуција и екологија слатководних црвених алги

За већину слатководних црвених алги дуго је сматрано да имају космополитско распрострањење и да се могу наћи у свим географским ширинама (Sheath, 1984; Eloranta и Kwandrans, 2002). Међутим, филогеографске анализе су показале да је ареал њиховог распрострањења знатно мањи (Vis и сар., 1998, 2012; Entwisle и сар., 2009; Vis, 2016). Неки таксони ове групе алги ограничени су на поједине континенте или одређене типове екосистема, док се неки таксони јављају искључиво у тропском подручју (Necchi и Vis, 2021a).

Слатководне црвене алге углавном бентосни организми, док само мали број представника води планктонски начин живота (Eloranta и Kwandrans, 2007). Ова група алги углавном насељава лотичке екосистеме (Sheath и Hambrook, 1990; Eloranta и Kwandrans, 2007; Necchi, 2016; Simić S. и Krizmanić, 2018), али су налажене и у језерима, малим резервоарима, на влажном тлу и на зидовима пећина (Necchi, 2016; Simić S. и Krizmanić, 2018). Врста *Sheathia confusa* (Bory) Salomaki & M.L.Vis налажена је као слободнопливајућа у језерима, плутајући у близини обале, иако се најчешће налази у бентосу, причвршћена за супстрат (Eloranta и Kwandrans, 2007).

Према Necchi и Pascoaloto (1993), главни фактори који утичу на развој, дистрибуцију и сезонску динамику ове групе алги јесу температура, брзина протока воде и замућеност, при чему је највећи диверзитет и бројност таксона утврђена при нижим температурама, мањој брзини протока воде и нижим вредностима замућености. Према Sheath и Hambrook (1990), ове алге максимум раста, развоја и репродукције у водама умереног подручја достижу у периоду од касне јесени до раног пролећа, због чега их Eloranta и Kwandrans (2007) сврставају у хладностенотермне организме. Међутим, распон температура воде у којима слатководне црвене алге могу опстати је веома широк (Entwisle и Kraft, 1984; Entwisle, 1989; Sheath и Hambrook, 1990; Gargiulo и сар., 1996; Necchi и сар., 1999; Sheath и Sherwood, 2002; Simić S., 2002, 2007a, 2008a, б; Vis и Sheath, 1992; Kučera и Marvan, 2004; Eloranta и Kwandrans, 1996, 2002, 2004, 2007; Jakubas и сар., 2014; Eloranta и сар., 2016; Necchi, 2016; Simić S. и Đorđević, 2017a, б; Eloranta, 2019).

Надморска висина, као битан орографски фактор, индиректно делује на жива бића и њихове заједнице. Како промена надморске висине са собом повлачи промене других еколошких фактора као што су подлога, брзина протока воде и температура воде, квалитет светлости и хемијске карактеристике воде, дејство надморске висине се углавном огледа у утицају на промену климе и земљишта (Veljović, 1982). Према доступним литературним подацима, слатководне црвене алге су еуривалентне у односу на надморску висину, при чему су налажене на надморских висинама у распону од 77 m до 1600 m (Simić S. и Ranković, 1998; Simić S., 2002, 2007a, 2008a, б; Mannino и сар., 2003; Kučera и Marvan, 2004; Eloranta и Kwandrans, 2007; Carmona и сар., 2011; Simić S. и Đorđević, 2017a, б; Tomović и сар., 2024).

На дистрибуцију слатководних црвених алги у акватичним екосистемима у великој мери утиче и брзина протока воде (Necchi и Moreira, 1995; Eloranta и Kwandrans, 2007). Истраживања бројних аутора су показала да ова група алги насељава углавном текуће воде, а само мали број таксона живи у споротекућим или стајаћим водама (Necchi, 2016; Simić S. и Krizmanić, 2018). Већина слатководних црвених алги се налази у акватичним екосистемима са умереном брзином воде ($0,29-0,57 \text{ m s}^{-1}$) (Sheath и Hambrook, 1990; Necchi и сар., 1999; Sheath и Sherwood 2002; Ceschin и сар., 2013). Међутим, неке слатководне црвене алге, као што су представници родова *Riverina*,

Lemanea и *Paralemanea*, чешће насељавају акватичне екосистеме са брзином протока воде $> 1 \text{ m s}^{-1}$ (Necchi, 2016).

Брзина протока воде утиче и на тип подлоге, битан еколошки фактор дистрибуције слатководних црвених алги (Necchi и Moreira, 1995; Eloranta и Kwandrans, 2007). С обзиром на то да су ове алге углавном налажене у текућицама, подлога коју насељавају може бити стеновита, каменита, шљунковита, али и песковита или муљевита у токовима са споријим протоком воде (Necchi и Moreira, 1995; Simić S., 1995, 2002, 2007a; Sheath и Sherwood 2002; Eloranta и Kwandrans, 2007; Чемерис и Бобров, 2009; Ceschin и сар., 2013; Eloranta и сар., 2016; Simić S. и Ђорђевић, 2017a, 2017b; Sheath и Vis, 2015; Eloranta, 2019). Неки представници су забележени и на потопљеним гранчицама и дрвећу (Simić S., 2002), на љуштурама акватичних мекушаца (Iltis, 1913; Howard и Parker, 1981; Sheath и Hambrook, 1990; Francœur и сар., 2002; Fuelling и сар., 2011; Koletić и сар., 2019), док су неки представници пронађени и на вештачким подлогама (Vis и Sheath, 1992). Иако се могу развити на различитим типовима подлога, у основи све врсте преферирају стабилне подлоге (Starmach, 1977; Sabater и сар., 1989; Simić S., 2002; Sheath и Vis, 2015; Necchi, 2016).

Количина и квалитет светлости, као један од важнијих фактора за развој црвених алги, знатно утиче на њихову дистрибуцију и сезонску динамику (Charnofsky и сар., 1982; Sheath, 1984; Sheath и Hambrook, 1990; Gargiulo и сар., 1996; Eloranta и Kwandrans, 2004, 2007; Necchi, 2005; Necchi и Alves, 2005; Jakubas и сар., 2014; Necchi, 2016), а условљен је присуством или одсуством крошњи околног дрвећа. Према Sheath (1984), највећи број таксона слатководних црвених алги је стеновалентан у односу на овај параметар. Међутим, истраживања других аутора су показала да иако врсте показују преференције према потпуно засенченим, делимично засенченим или потпуно осунчаним стаништима, њихово присуство је забележено у свим распонима осунчаности станишта (Vis и Sheath, 1992; Simić S. и Ranković, 1998; Sheath и Sherwood, 2002; Necchi, 2005; Simić S., 2008a; Carmona и сар., 2011; Ceschin и сар., 2013). Према Sheath и Hambrook (1990), Necchi и Alves (2005) и Necchi (2016), слатководне црвене алге су најзаступљеније у условима делимичне засенчености.

Што се дубине воде тиче, слатководне црвене алге су налажене како у плитким, тако и у дубљим водама (Vis и Sheath, 1992; Simić S., 2002, 2007a, 2008a, б; Eloranta и Kwandrans, 2007; Chiasson и сар., 2014; Necchi, 2016; Blagojević и сар., 2017).

Електропроводљивост воде, као мера растворених соли у води, представља битан фактор који утиче на дистрибуцију слатководних црвених алги. Литературни подаци указују да су представници ове групе налажени у широком дијапазону вредности електропроводљивости, од 16 до $3056 \mu\text{S cm}^{-1}$ (Sheath и Cole, 1980; Eloranta и Kwandrans, 2007; Eloranta и сар., 2016). Међутим, неки аутори истичу да максимум раста и развоја достижу у условима умерених до високих вредности електропроводљивости (Sheath, 1987; Ceschin и сар., 2013; Jakubas и сар., 2014; Eloranta и сар., 2016; Necchi, 2016).

Тврдоћа воде као показатељ квалитета вода, подразумева количину соли калцијума и магнезијума у природним водама, што утиче на просторну дистрибуцију слатководних црвених алги. Бројни аутори истичу да су ове алге еуривалентне на фактор тврдоће воде, те да се могу наћи у меким, умерено тврдим или тврдим водама (Vis и Sheath, 1992; Simić S., 1995, 2002; Eloranta и Kwandrans, 1996, 2007; Eloranta и сар., 2016; Necchi, 2016; Eloranta, 2019). Међутим, већи број таксона показује афинитет према водама умерене тврдоће (Gutowski и сар., 2004; Ceschin и сар., 2013; Eloranta и сар., 2016).

Као пресудан фактор који утиче на развој и структуру заједнице алги, Hindák (1978) истиче рН реакцију воде. Иако се слатководне црвене алге могу наћи у широком дијапазону у погледу рН вредности воде, најчешће су налажене у неутралним и слабо алкалним водама (Eloranta и Kwadrans, 1996, 2004, 2007; Necchi и сар., 1999; Eloranta и сар., 2016; Eloranta, 2019). Међутим, неки таксони показују резистентност на ниску рН вредност воде (<5,5) (Necchi и сар., 1999; Carmona-Jiménez, 2011; Eloranta и сар., 2016).

Слатководне црвене алге се могу наћи у водама са различитом концентрацијом кисеоника, али је њихова бројност и фреквентност већа у водама са већом концентрацијом кисеоника (Sheath и Hambrook, 1990; Vis и Sheath, 1992; Eloranta и Kwadrans, 1996, 2007; Simić S., 2002; Ceschin и сар., 2013; Eloranta и сар., 2016; Eloranta, 2019).

У погледу концентрације неорганских и органских хранљивих материја, слатководне црвене алге генерално преферирају воде сиромашне овим материјама (Sheath и Hambrook, 1990; Simić S., 2002; Necchi, 2016), а многи таксони се сматрају и индикаторима доброг квалитета воде (Sládeček, 1973; Dell'Uomo, 1991; Vis и Sheath, 1992; Eloranta и Kwadrans, 1996, 2004, 2007; Simić S., 2002; Gutowski и сар., 2004; Ceschin и сар., 2013; Eloranta и сар., 2016; Eloranta, 2019). Међутим, Kato и сарадници (2009) су пронашли *Chantransia* стадијум *Batrachospermum sensu lato* (новоописане врсте *Montagnia macrospora* (Montagne) Necchi, M.L.Vis & A.S.Garcia) у еутрофним условима, док су Sabater и сарадници (1989), Rott и сарадници (1999) и Eloranta и Kwadrans (2002) налазили врсту *Bangia atropurpurea* (Mertens ex Roth) C.Agardh у водама богатим неорганским хранљивим материјама. Према Dell'Uomo (1991), представници рода *Lemanea* могу се наћи и у мезотрофним водама. Carmona и сарадници (2011) налазе талусе врсте *P. catenata* (Kützinger) M.L.Vis & R.G.Sheath у мезотрофној до еутрофној води шпанских река, док је врста *Riverina rivularis* (Liebmann) C.W.Vieira & G.W.Saunders често налажена у водама са релативно високом концентрацијом хранљивих материја (Pipp и Rott, 1994; Jakubas-Krzak и сар., 2023). Према Lin и Blum (1977) и Harding и Whitton (1981), врсте *L. fluviatilis* (Linnaeus) C.Agardh и *B. atropurpurea* су показале извесну толерантност на загађење тешким металима.

1.1.4. Заједнице слатководних црвених алги са акватичним организмима

Поред наведених абиотичких параметара, на дистрибуцију слатководних црвених алги утичу и биотички фактори, чији се утицај испољава кроз конкурентске односе са другим алгама, макрофитама или животињским организмима. Међу представницима слатководних црвених алги, као и међу представницима слатководних црвених и других бентосних алги и макрофита, у изворима, потоцима и рекама може доћи до конкуренције за одговарајуће супstrate (Sheath и Hambrook, 1990). Представници родова *Audouinella* и *Riverina*, као и *Chantransia* стадијум *Batrachospermales* и *Thoreales* уобичајене су компоненте епилитске заједнице које се за одговарајуће супstrate боре са сложенom заједницом микроалги у којој углавном доминирају силикатне алге (Steinman и McIntire, 1986). У британским потоцима Fritsch (1929) бележи да су талуси *Riverina* често обрасли силикатним алгама и цијанобактеријама. Представници *Batrachospermum sensu lato*, *B. atropurpurea*, *Lemanea* spp. и *Paralemanea* spp. се за супstrate боре са другим врстама макроскопских агрегација алги, као и са макрофитама (Sheath и сар., 1986; Sheath и Hambrook, 1990; Necchi, 2016).

Слатководне црвене алге пронађене су у заједници са другим таксонима црвених, али и других група слатководних алги. У умереним и бореалним регионима, врста

Audouinella hermannii (Roth) Duby је често налажена са представницима родова *Lemanea* и *Paralemanea*, али и са врстом *R. rivularis* (Chudyba, 1970; Starmach, 1982), при чему се ова врста јавља као епилитна или као епифитна на талусима *Lemanea* и *Paralemanea* (Sheath и Vis, 2015). Представници родова *Lemanea* и *Paralemanea* забележени су у заједници са цијанобактеријама родова *Chamaesiphon*, *Homoeothrix*, *Nostoc* и *Phormidium* (Simić S., 2002; Simić S. и Đorđević, 20176), златном алгом *Hydrurus foetidus* (Villars) Trevisan (Kashta и Miho, 2016), жутозеленим алгама родова *Tribonema* и *Vaucheria* (Simić S., 2002; Simić S. и Đorđević, 20176), зеленим алгама родова *Cladophora*, *Stigeoclonium* (Simić S., 2002; Simić S. и Đorđević, 20176) и *Prasiola* (Rodríguez-Flores и Carmona-Jiménez, 2018) и црвеном алгом *R. rivularis* (Chudyba, 1970; Starmach, 1982), али и у међусобној заједници (Vis и Sheath, 1992). Додатно, на талусима *Paralemanea* забележен је епифитски развој цијанобактеријских врста *Xenococcus kernerii* Hansgirg и *Chamaesiphon minutus* (Rostafinski) Lemmermann (Kučera и сар., 2006). Врста *B. atropurpurea* је често налажена у заједници са филаментозном зеленом алгом *Cladophora glomerata* (Linnaeus) Kützinger (Matonićkin и Pavletić, 1960; Petrovska, 1966; Simić S., 2002, 2008a; Ceschin и сар., 2013; Shea и сар., 2014), али и са жутозеленим алгама рода *Vaucheria* (Simić S., 2008a). Представници *Batrachospermum sensu lato* забележени су у заједници са цијанобактеријским врстама рода *Oscillatoria* (Simić S., 2002), жутозеленим алгама родова *Tribonema* и *Vaucheria* (Simić S., 2002), зеленим алгама родова *Draparnaldia*, *Microspora* и *Tetraspora* (Simić S., 2002), и црвеном алгом *R. rivularis* (Chudyba, 1970; Starmach, 1982). Врста *R. rivularis* је, осим у заједници са представницима *Batrachospermum sensu lato* и родовима *Audouinella* и *Lemanea*, забележена у заједници са још једном црвеном алгом, врстом *Thorea hispida* (Thore) Desvaux (Krawiec, 1935). Врста је такође налажена у заједници са пршљенчицама рода *Chara* (Chudyba, 1970), као и са слатководном мрком алгом *Heribaudiella fluviatilis* (Areschoug) Svedelius (Skuja, 1925; Budde, 1927; Fritsch, 1929; Geitler, 1932; Waern, 1938; Kann, 1966; Holmes и Whitton, 1977a, б; Kusel-Fetzmann 1996; Dell'Uomo, 2001; Stoyneva и сар., 2003; Jakubas и сар., 2014; Koletić и сар., 2018; Trbojević и сар., 2024).

Интеракција слатководних црвених алги и животињских организама у акватичним екосистемима огледа се пре свега у томе што многи представници акватичне фауне у својој исхрани користе ове алге (Sheath и сар., 1995, 1996; Simić V. и Simić S., 2012; Goodman и Hay, 2013; Caro-Borrero и Carmona-Jiménez, 2016), док су за неке организме макрозообентоса ове алге станиште, склониште и заштита од предатора (Grimm и Fisher, 1989; Buss и сар., 2004; Bellinger и Sigee, 2015; Gartner и сар., 2013). Неке врсте Trichoptera за изградњу својих кућица употребљавају и талусе родова *Lemanea* и *Paralemanea* (Sheath и сар., 1995; Caro Borrero и сар., 2021). Додатно, Simić S. и Đorđević (20176) на талусима рода *Paralemanea* налазе јувенилне облике Trichoptera и Diptera.

1.1.5. Значај слатководних црвених алги

Значај слатководних црвених алги у природи огледа се пре свега у томе што представљају значајан извор хране, како за организме акватичне фауне (Sheath и сар., 1995, 1996; Simić V. и Simić S., 2012; Goodman и Hay, 2013; Caro-Borrero и Carmona-Jiménez, 2016), тако и за човека (Cvijan и сар., 2003; Bhosale и сар., 2012; Akgül и сар., 2015; Wells и сар., 2017), али и погодно склониште за заштиту од предатора (Sheath и Hambrook, 1990; Sheath и сар., 1995, 1996; Bellinger и Sigee 2015; Simić V. и Simić S., 2012; Caro-Borrero и Carmona-Jiménez, 2016). Додатно, слатководне црвене алге имају и

улогу у обогаћивању воде кисеоником, али ово није нарочито изражено у малим и плитким водотоцима са релативно брзим током, с обзиром да је доминантан начин обогаћивања воде кисеоником у овим екосистемима дифузија кисеоника из ваздуха у воду (Simić V. и Simić S., 2012). Како слатководне црвене алге представљају важну компоненту у акватичним екосистемима који имају добар квалитет воде, значајна је и њихова улога као биоиндикатора у процени квалитета површинских вода (Eloranta и Kwadrans, 2004).

Слатководне црвене алге су генерално показатељи доброг квалитета воде (Eloranta и Kwadrans, 2004). Највећи број представника ове групе алги забележен је у водама доброг до умереног квалитета (Simić S. и сар., 1996; Simić S., 2002; Eloranta и Kwadrans, 2004), док је релативно мали број таксона забележен и у загађеним водама (Graham и сар., 2016). Иако су слатководне црвене алге дуго времена сматране dobrим индикаторима квалитета воде, нарочито у нордијским земљама (Eloranta и Kwadrans, 2004), резултати бројних истраживања су опречни; исте врсте се могу налазити како у водама доброг квалитета (Sládeček, 1973; Sheath, 1984; Schmedtje и сар., 1998; Dell'Uomo, 1970, 1981, 1991; Necchi и сар., 1999; Carmona Jiménez и сар., 2004; Gutowski и сар., 2004; Tardella и сар., 2009; Ceschin и сар., 2013; Simić S. и Đorđević, 2017a), тако и у загађеним водама (Dell'Uomo, 1991; Sheath и Cole, 1984; Sabater и сар., 1989; Rott и сар., 1997, 1999; Eloranta и Kwadrans, 1996, 2002, 2004; Gutowski и сар., 2004; Carmona и сар., 2011; Simić S. и Đorđević, 2017b; Jakubas-Krzak и сар., 2023).

Chankaew и сарадници (2015) истичу да, иако су се поједини представници слатководних црвених алги показали као добри индикатори квалитета воде, њихова употреба у биоиндикацији је ограничена чак и на територији једне исте државе. Са друге стране, Eloranta и Kwadrans (2004) истичу да трофичке и сапробне класификације више зависе од географских услова него од стварних еколошких афинитета таксона слатководних црвених алги.

1.2. Мрке алге (класа Phaeophyceae)

1.2.1. Опште одлике слатководних мрких алги

Слатководне мрке алге (класа Phaeophyceae) представљају велику и хетерогену класу у оквиру раздела Heterokontophyta. Раздео Heterokontophyta представља најбројнији раздео алги, који чине морфолошки веома разноврсни представници. Талуси ове групе алги могу бити једноћелијски, сифонални, колонијски и вишећелијски, а заједничка особина свих хетероконтних алги јесте да у некој фази животног циклуса ћелије поседују два бича различите грађе и функције (Barsanti и Gualtieri, 2022), а њихови пластиди воде порекло од секундарне ендосимбиозе са предачким црвеним алгама (Barsanti и Gualtieri, 2022). Пластиди садрже хлорофиле *a* и *c*, као и каротеноиде, међу којима доминира фукоксантин, пигмент одговоран за карактеристичну жутомрку боју већине припадника раздела. Поред мрких алги, раздео Heterokontophyta, обухвата и друге класе алги, међу којима су најбројније Chrysophyceae (златне алге), Xanthophyceae (жутозелене алге) и Bacillariophyceae (силикатне алге) (Guiry и Guiry, 2024).

Представници класе Phaeophyceae се од осталих хетероконтних алги разликују по томе што имају ћелијски зид изграђен од алгинске киселине, целулозе и сулфатних полисахарида, поседују ћелијске инклузије полифенолних полимера (физоде), њихови

пластиди (феопласти) поседују по три тилакоида груписана и обавијена појасном ламелом, а њихова главна резервна супстанца је ламинарин, β -1,3 глукан растворљив у води, који се акумулира у вакуолама (Eloranta и сар., 2011; Wehr, 2015). Управо захваљујући биохемијском саставу ћелијског зида, мрке алге могу да граде велике, сложене вишећелијске талусе (Yamagishi et al. 2014). Алгинати, смештени унутар међућелијског матрикса, представљају главну компоненту ћелијског зида ове групе алги и одговори су за флексибилност, спречавање исушивања и јонску размену. У ћелијском зиду мрких алги налазе се и фукани, полимери L-фукозе и додатних сулфатираних шећера. Истраживања су показала присуство фукана богатих фукозом у ћелијским зидовима рода *Fucus*. Функције фукана још увек нису у потпуности познате, али је утврђено да играју важну улогу у причвршћивању зигота рода *Fucus* за међуплимне подлоге, како их не би испрали таласи. Могуће је да имају сличну функцију и код других мрких алги, али то још увек није проучавано (Graham и сар., 2016). У ћелијама мрких алги могу бити присутне и капљице уља, глицерол, сахароза, као и алкохолни шећер манитол (van den Hoek и сар., 1995; Wehr, 2015). Ћелије мрких алги могу поседовати један или већи број феопласта дискоидалног или тракастог облика и могу, али не морају, да садрже пиреноиде (Silberfeld и сар., 2011). Од фотосинтетичких пигмената поседују хлорофиле *a*, *c*₁ и *c*₂, β -каротен, диатоксантин, диадиноксантин, виолаксантин, неоксантин и фукоксантин. Захваљујући фукоксантину који маскира друге пигменте, талуси мрких алги су карактеристичне браон (мрке) боје (Eloranta и сар., 2011; Wehr, 2016).

Представници класе Phaeophyceae су вишећелијски аутотрофни организми. Могу бити различитих величина и грађе, од веома малих филаментозних форми, до веома крупних облика (Wehr, 2015). Талуси слатководних представника су филаментозни, при чему постоје три основна типа ових талуса: (а) једноредни филаменти чије гране могу бити супротне, наизменично распоређене или једностране, (б) густа мрежа обилно гранатих базалних или полеглих вишередних филамената од којих настају усправни, густо збијени филаменти, и (в) полегли и усправни једноредни филаменти који се касније шире бочно и образују вишередне филаменте (Wehr, 2015).

Ова класа хетероконтних алги се одликује великим диверзитетом врста, превасходно морских представника. Од приближно 285 родова (de Reviere и сар., 2007) и око 2000 описаних врста мрких алги (Guiry и Guiry, 2024), само 7 врста сврстаних у 6 родова забележено је у слатководним екосистемима, и то: *Bodanella lauterborni* W.M.Zimmermann, *Ectocarpus subulatus* Kützinger, *Heribaudiella fluviatilis* (Areschoug) Svedelius, *Pleurocladia lacustris* A. Braun, *Porterinema fluviatile* (H.C.Porter) Waern, *Sphacelaria fluviatilis* C.-C.Jao и *S. lacustris* Schloesser & Blum (van den Hoek и сар., 1995; Eloranta и сар., 2011; Wehr, 2016; Dittami и сар., 2020). Осим у слаткој води, врсте *E. subulatus*, *P. lacustris* и *P. fluviatile* забележене су и у бракичним и морским екосистемима (Waern, 1952; Jaasund, 1965; Wilce, 1966; Dop, 1979), док су врсте *B. lauterborni*, *H. fluviatilis*, *S. fluviatilis* и *S. lacustris* забележене искључиво у слаткој води (Eloranta и сар., 2011; Wehr, 2015).

Талуси слатководних мрких алги образују макроскопске агрегације видљиве голим оком. У односу на морфолошку форму (Sheath и Cole, 1992), слатководне мрке алге налазимо у виду следећих типова макроскопских агрегација:

- Прамен/чуперак – талуси у виду кратких филамената без заједничке слузи (*Pleurocladia lacustris*, род *Sphacelaria*, *Porterinema fluviatile*);
- Превлаке – равни, кожасти, плъснати талуси изграђени од чврсто испреплетаних филамената или у облику јастучастих превлака (*Bodanella lauterborni*, *Ectocarpus subulatus*);
- Корасте, љускасте талуси – тврди талуси изграђени од чврсто спојених ћелија (*Heribaudiella fluviatilis*) (Слика 5).



Слика 5. *Heribaudiella fluviatilis* у виду корастих превлака (Фото: Александра Ракоњац)

1.2.1.1. Морфологија и репродукција слатководних мрких алги

Сви представници слатководних мрких алги су вишећелијски, филаментозни организми, који могу формирати лабаве или густе макроскопске агрегације видљиве голим оком. Макроскопске агрегације су у виду накупина, коре или јастучастих превлака, а могу бити изграђене од једноредних, наизменично или дихотомо гранатих филаментата (*Bodanella*, *Ectocarpus*, *Pleurocladia*, *Porterinema*), од полеглих филамената из којих полазе чврсто збијени усправни филаменти (*Heribaudiella*), или од вишередних, наизменично или дихотомо гранатих филамената (*Sphacelaria*) (Eloranta и сар., 2011; Wehr, 2015). На врховима филамената могу се формирати хијалине вишећелијске нити (длаке), које настају као одговор алге на услове животне средине (Waern, 1952; Müller и Geller, 1978; Dor, 1979; Kusel-Fetzmann, 1996; Wehr, 2015). Боја талуса слатководних мрких алги може бити браон, тамнобраон, златнобраон, бледо жута или сива, зависно од еколошких услова у којима се развија (Kusel-Fetzmann, 1996; Wehr и сар., 2013).

Већина морфолошких карактеристика класе важи и за слатководне представнике, с тиме што између таксона постоје значајне варијације у погледу неких особина (Eloranta и сар., 2011). Тако ћелије слатководних мрких алги могу имати један до неколико златнобраон феопласта дискоидалног, тракастог или неправилног облика, при чему је њихов положај обично паријеталан. Број и облик феопласта представља таксономски карактер. Пиреноиди су забележени код родова *Ectocarpus* и *Pleurocladia*, али њихово присуство није установљено код родова *Bodanella*, *Heribaudiella* и *Sphacelaria* (McCauley и Wehr, 2007). Многе врсте мрких алги у својим ћелијама имају цитоплазматске сфере познате као физоде. Физоде, настале производњом Голџијевог апарата и ендоплазматског ретикулума, могу да буду бројне у вегетативним ћелијама, а могу се јавити и у репродуктивним ћелијама. Ове структуре се тамно боје на трансмисионим електронским микрографијама, а рефрактилне су када се посматрају под светлосним микроскопом. Физоде садрже полифенолне полимере флороглуцинола познате као флоротанини, али и фукане, друге полифеноле и терпенине (Graham и сар., 2016). Код морских представника, физоде штите алге од UV зрачења и од биљоједа (Pavia и Toth, 2000; Schoenwaelder, 2002; Lüder и Clayton, 2004), али њихова функција код слатководних представника није проучавана. Међутим, примећено је да у случају изложености талуса алге ваздуху (нпр. *Heribaudiella*), флоротанини оксидују и потамне, услед чега осушени талуси изложени ваздуху постају тамно браон или црне боје (Wehr, 2015).

За већину слатководних мрких алги животни циклус није довољно познат. На основу података добијених посматрањем дивљих популација, као и оних у култури, претпоставка је да слатководне мрке алге имају изоморфну смену генерација (Wehr, 2016). Једини познат тип репродукције слатководних мрких алги јесте бесполна репродукција бифлагелатним планоспорама које се образују у унилокуларним (једнокоморним) или плурилокуларним (вишекоморним) спорангијама. Унилокуларне спорангије се развијају терминално на усправним филаментима (*Heribaudiella*) или на кратким бочним гранама (*Pleurocladia* и *Sphacelaria*) (Svedelius, 1930; Kumano и Hirose, 1959; Schloesser, 1977; Kusel-Fetzmann, 1996). Из њих се обично ослобађа 8 покретних, хаплоидних, бифлагелатних планоспора. Ове спорангије могу бити сферичне, јајасте или у облику тољаге, и представљају таксономски карактер (Wehr, 2016). Ослобођене планоспоре се таложе на чврстим подлогама, формирају цевчице за клијање и развијају се у нове филаменте који су полегли и формирају базални слој налик на диск (Kumano and Hirose, 1959; Kusel-Fetzmann, 1996). Плурилокуларне спорангије настају када се ћелије више пута поделе како би се образовале вишећелијске структуре које производе планоспоре. У свакој ћелији плурилокуларне спорангије образује се по једна планоспора чијим се клијањем образује спорофит. Плурилокуларне спорангије могу бити терминалне или интеркаларне, са дршком или без ње (Eloranta и сар., 2011).

Код већине слатководних мрких алги примећено је образовање само једног типа спорангија. Унилокуларне и плурилокуларне спорангије су пронађене код родова *Heribaudiella*, *Ectocarpus*, *Pleurocladia* и *Porterinema*, с тиме да су код *Heribaudiella* и *Pleurocladia* плурилокуларне спорангије ређе налажене у односу на унилокуларне, док су унилокуларне спорангије ретко налажене код рода *Porterinema* (Eloranta и сар., 2011). Код *Bodanella* и *Sphacelaria lacustris*, унилокуларне спорангије уочене су само у култури (Müller и Geller, 1978), при чему њихова фузија није примећена код *S. lacustris* (Eloranta и сар., 2011; Wehr, 2015). Додатно, код *S. lacustris* забележена је бесполна репродукција вишећелијским трогранатим пропагулама које не продукују флагелатне споре већ трогранате пропагуле клијају у нови талус након њиховог испадања из талуса (Eloranta

и сар., 2011). Код *S. fluviatilis*, нису примећене ни унилокуларне ни плурилокуларне спорангије (Wehr, 2015).

Полна репродукција слатководних мрких алги није позната (Wehr, 2016).

1.2.2. Систематски положај, филогенија и класификација слатководних мрких алги

Слатководне мрке алге несумњиво представљају најмање разноврсну групу слатководних алги, чија класификација и филогенија још увек није у потпуности разјашњена. Тренутна класификација слатководних мрких алги још увек се у великој мери заснива на морфолошким и репродуктивним карактеристикама, и то: типу филамената и типу раста, гранању, облику и броју пластида и врсти спорангија (Wehr, 2015; Eloranta и сар., 2011). На основу морфолошких и репродуктивних карактеристика, већина слатководних мрких алги била је класификована у редове Ectocarpales и Sphacelariales. Међутим, филогенетске анализе засноване на ДНК баркодирани су показале да морфолошке и репродуктивне карактеристике пружају мало информација и о класификацији унутар класе Phaeophyceae (Silberfeld и сар., 2010).

Било је бројних покушаја да се таксономски положај и класификација слатководних мрких алги разјасни комбинацијом морфолошких и репродуктивних карактеристика и ДНК баркодирани (McCauley и Wehr, 2007; Draisma и сар., 2001, 2010, Silberfeld и сар., 2014). На основу резултата McCauley и Wehr (2007), родови *Ectocarpus* и *Pleurocladia* представљају праве чланове Ectocarpales, док родове *Bodanella*, *Heribaudiella* и *Porterinema* није било могуће сместити ни у један ред. Silberfeld и сарадници (2014) и de Reviers и сарадници (2015) су родове *Bodanella* и *Heribaudiella* класификовали у породицу Lithodermataceae, ред Sphacelariales, док филогенија и класификација *Porterinema* још увек није разјашњена. Стога се *Porterinema* сматра „incertae sedis“ (неизвестан положај) у оквиру класе Phaeophyceae (Табела 2). За род *Sphacelaria* још увек не постоје подаци о секвенцама (Wehr, 2015).

Слатководне мрке алге су, изузев врсте *P. fluviatile*, сврстане у два реда и три породице (Табела 2) (Guiry и Guiry, 2024).

Табела 2. Класификација слатководних мрких алги (Guiry и Guiry, 2024)

Ред	Породица	Врста
Sphacelariales	Lithodermataceae	<i>Bodanella lauterborni</i> Zimmermann
		<i>Heribaudiella fluviatilis</i> (Areschoug) Svedelius
	Sphacelariaceae	<i>Sphacelaria fluviatilis</i> C.-C.Jao <i>Sphacelaria lacustris</i> Schloesser & Blum
Ectocarpales	Ectocarpaceae	<i>Ectocarpus subulatus</i> Kützinger
		<i>Pleurocladia lacustris</i> A.Braun
incertae sedis	incertae sedis	<i>Porterinema fluviatile</i> (H.C.Porter) Waern

Сврставање родова у одговарајуће више таксономске категорије отежано је услед несигурности у погледу поузданости морфолошких и репродуктивних таксономских карактера, могуће синонимије неколико таксона, као и тачности описа историјских збирки (Müller и Geller, 1978; Dop, 1979, Pueschel и Stein, 1983; Eloranta и сар., 2011).

Стога, према Wehr (2015) и de Reviere и сарадницима (2015) ову класификациону шему треба сматрати привременом док се у потпуности не разјасне филогенетски односи.

1.2.3. Дистрибуција и екологија слатководних мрких алги

Група слатководних мрких алги обухвата свега седам врста, чија екологија и географска дистрибуција још увек нису довољно познате. Упркос веома дугој историји проучавања ове групе алги (преко 100 година), већина слатководних таксона позната је са европског и северноамеричког континента, док су неки представници забележени и у Азији и Аустралији (Eloranta и сар., 2011; Wehr, 2016). Због њихове једноставне морфолошке грађе, али и малих димензија у односу на морске представнике, слатководне мрке алге често су занемарене приликом теренских истраживања, па је стога њихова досадашња појава ретко бележена, а самим тим су и релевантни подаци о биологији, а посебно екологији врста, веома оскудни (Wehr, 2016).

Многе врсте слатководних мрких алги се сматрају ретким на глобалном нивоу. Тако је на пример *S. lacustris* позната са само једног локалитета у језеру Мичиген у Северној Америци, док је *S. fluviatilis* позната са два локалитета; забележена је у једном потоку у Кини и у језеру Гал у Северној Америци (AlgaeBase, <https://www.algaebase.org>). Врста *E. subulatus* забележена је на неколико локалитета реке Хопкинс на Аустралијском континенту, док је *B. lauterborni* забележена у четири алпска језера (AlgaeBase, <https://www.algaebase.org>). *Porterinema fluviatile* је до сада забележена на око 14 локалитета у Европи и Северној Америци, док је *P. lacustris* позната са великог броја локалитета у Европи и Северној Америци, и са једног локалитета у Аустралији (AlgaeBase, <https://www.algaebase.org>). Најчешће налажена слатководна мрка алга, са преко 100 познатих локалитета, јесте врста *H. fluviatilis*, чије присуство је забележено у Европи, Северној Америци и Азији (Eloranta и сар., 2011; Wehr, 2016; Vishnyakov, 2018; Wehr и сар., 2019).

Као што је претходно поменуто, преко 99% класе Phaeophyceae чине морски представници, док је свега седам врста пронађено у слатководним екосистемима. Међутим, слатководне врсте могу да насељавају станишта различитог степена салинитета захваљујући развијеним механизмима толеранције или адаптације. Типичне еурихалине слатководне мрке алге су *E. subulatus* и *P. fluviatile*, које су чешће налажене у морским и бракичним екосистемима у односу на слатководне екосистеме (Russel и Bolton, 1975; Dor, 1979; West и Kraft, 1996; Hasan и сар., 2023). Истраживања способности осморегулације и аклиматизације на услове различитог салинитета спроведена су у култури на *E. subulatus*. Резултати West и Kraft (1996) су показали да ова врста у култури толерише широк опсег салинитета. Додатно, истраживања су показала да се слатководне популације од морских разликују по томе што имају реверзибилне морфолошке, физиолошке и транскриптомске промене када су изложене различитим салинитетима (Dittami и сар., 2012). За другу типичну еурихалину слатководну мрку алгу, *P. fluviatile*, сматра се да не насељава чисте слатководне екосистеме с обзиром да је забележена у копненим водама са повећаним садржајем соли, бракичним водама, сланим мочварама, као и у еутрофним барама (Waern, 1952; Wilce и сар., 1970; Dor, 1979). Истраживања у култури су показала да врста толерише широк опсег концентрације хлорида (Dor, 1979). Она је забележена и у слатководном језеру Нежидер у Аустрији, где је електропроводљивост воде била изузетно висока (око 2000 $\mu\text{S cm}^{-1}$) (Kusel-Fetzmann и Kusel, 2007). *Pleurocladia lacustris* налажена је у бракичним водама и на великом броју локалитета чистих слатководних екосистема (Eloranta и сар., 2011;

Wehr и сар., 2013; Wehr, 2015). Скоро сва слатководна налазишта се карактеришу високом концентрацијом кречњака, што може указивати на потребу врсте за високим нивоима катјона, а не стриктно високом концентрацијом јона натријума (Wehr, 2016). Остали представници слатководних мрких алги забележени су искључиво у слатководним екосистемама (Wehr, 2015).

Сви представници слатководних мрких алги су бентосни организми, али су типови акватичних екосистема и супстрата које насељавају прилично разноврсни. Забележене су у изворима, потоцима, рекама и језерима. У текућим водама, углавном се развијају на стеновитим и каменитим подлогама, али могу да се развијају и као епифите, ендофите или епизоично (Eloranta и сар., 2011; Wehr, 2016). *Heribaudiella fluviatilis* насељава стеновите, камените и шљунковите подлоге у брзим, текућим и чистим рекама, на дубинама од неколико центиметара до 2 m (Eloranta и сар., 2011). Према Holmes и Whitton (1977a, б), Wehr и Stein (1985), Kusel-Fetzmann (1996) и Wehr and Perrone (2003), ова врста преферира стене мање ерозивне геологије, као што су базалт, базалтни андезит, кварц, зелени камен, шкриљци, мермер и гранит. Backhaus (2006) је пронашао да ова врста насељава стеновите подлоге на дубини од 2 m, вероватно како би се заштитила од велике ударне снаге воде. Претпоставка је да из истих разлога *S. lacustris* насељава различите врсте стена у језеру Мичиген на дубини од 9-10 m, знатно испод зоне захваћене таласима (Schloesser и Blum, 1980). Насупрот претходно поменутој врсти, *S. fluviatilis* је забележена на максималној дубини од 1 m, али и у условима прелива воде преко камења и крупнијег шљунка (Јао, 1943; Thompson, 1975; Wujek и сар., 1996). *Bodanella lauterborni* је пронађена на стрмим стеновитим обалама, на дубинама од 10 до 30 m (Eloranta и сар., 2011; Wehr, 2016). Поред камените подлоге, врсте *P. lacustris* и *P. fluviatile* могу да се развијају као епифите на филаментозним алгама (нпр. *Cladophora* spp. и *Rhizoclonium* spp.) (Young и сар., 2010; Wehr, 2015) или на макрофитама (нпр. *Elodea* spp., *Phragmites* spp. и *Typha* spp.) (Kirkby и сар., 1972; Wehr, 2015), као ендофите унутар других алги (нпр. *Cladophora* spp. и *Ulva* spp.) (Waern, 1952; Eloranta и сар., 2011), епизоично на слатководној хидри (*P. fluviatile* на *Cordylophora caspia* Pallas) (Kusel-Fetzmann, 2014) или љуштурама шкољки (*P. lacustris* на *Dreissena polymorpha* Pallas) (Carter и Lowe, 2001), али и на вештачким подлогама (Waern, 1952; Kann и Tschamler, 1976; Kann, 1993, Young и сар., 2010). У неким аустријским потоцима забележено је да *P. lacustris* расте на талусима *H. fluviatilis* (Kusel-Fetzmann, 1996).

Не постоје јасни подаци о преференцијама врста слатководних мрких алги према брзини протока воде као еколошком параметру. Скоро све врсте су забележене и у текућим и у стајаћим акватичним екосистемама, како у деловима са споријим, тако и у деловима тока са већом брзином воде (Wehr, 2015). На основу доступних литературних података, афинитет слатководних мрких алги према квалитету и интензитету светлости није испитиван (Eloranta и сар., 2011). Неки литературни подаци указују да *H. fluviatilis* преферира засенчене делове токова (Kusel-Fetzmann, 1996; Eloranta и сар., 2011). Њено присуство на дубини од 2 m такође указује на толеранцију врсте на смањен интензитет и квалитет светлости (Backhaus, 2006). Међутим, врста је подједнако налажена како у засенченим, тако и у делимично засенченим и потпуно осуначним стаништима (Holmes и Whitton, 1977a, б; Wehr и Stein, 1985; Wehr и Perrone, 2003). *Pleurocladia lacustris* је такође налажена како у засенченим, тако и у делимично засенченим и осунчаним стаништима (Wehr и сар., 2013). Врсте *B. lauterborni* и *S. lacustris* пронађене су искључиво на већим дубинама, у условима смањене светлости или њеног потпуног одсуства (Geitler, 1928; Müller и Geller, 1978; Kann, 1982a, б; Schloesser и Blum 1980). Додатно, истраживања *S. lacustris* у култури су показала да се оптималан раст и репродукција врсте одвијају у условима смањеног интензитета светлости (Schloesser,

1977; Schloesser и Blum, 1980). Са друге стране, врста *S. fluviatilis* забележена је као доминантна врста бентосне заједнице како на засенченим тако и на осунчаним деловима тока (Јао, 1943, 1944).

Нема пуно података о опсегу температуре на којој су слатководне мрке алге налажене. Познато је да су *H. fluviatilis* и *P. lacustris* забележене на температурама од 5 до 21 °C (Geitler, 1932; Wilce, 1966; Kusel-Fetzmann, 1996), док је *B. lauterborni* забележена на температурама од 6 до 8 °C (Eloranta и сар., 2011).

Подаци о екологији слатководних мрких алги доступни су само за врсте *H. fluviatilis* и *P. lacustris* с обзиром да остали представници групе нису узорковани са довољног броја локалитета како би се могли донети закључци. Оно што важи за све слатководне представнике је да се не јављају у киселим водама, као ни у дистрофним водама јако обогатеним хранљивим материјама (Кнарпе и сар., 1996; Geißler и Kies, 2003). *Heribaudiella fluviatilis* налажена је у водама различите трофије, од олиготрофних до еутрофних (Israelsson, 1938; Holmes и Whitton, 1981), иако се сматра да најчешће насељава воде са средњим до ниским концентрацијама хранљивих материја (Wehr, 2016). Налажена је у слабо алкалним и алкалним водама, са широким опсегом неорганског калцијума, азота и фосфора (Wehr, 2015). Schneider и Lindstrøm (2011) сугеришу да је врста индикатор ниских вредности укупног фосфора и ниског перифитонског индекса трофичности. *Pleurocladia lacustris* забележена је у водама богатим кречњаком и хранљивим материјама (Israelsson, 1938; Wehr и сар., 2013). Европске популације забележене су у условима високе електропроводљивости ($>600 \mu\text{S cm}^{-1}$), док су вредности електропроводљивости биле ниже код популација забележених у Северној Америци ($220\text{--}370 \mu\text{S cm}^{-1}$) (Wehr и сар., 2013). Подаци о неорганским нутријентима указују да ова врста најчешће насељава станишта са умереном концентрацијом укупног раствореног азота и фосфора (Kusel-Fetzmann, 1996; Wehr и сар., 2013). Међутим, у условима ниске концентрације неорганског фосфора примећено је да врста производи издужене хијалинске длаке, вероватно као одговор на смањење концентрације овог нутријента (Gibson и Whitton, 1987; Wehr, 2015).

1.2.4. Заједнице слатководних мрких алги са акватичним организмима

Постоји врло мало података о заједницама слатководних мрких алги са другим алгама. Приликом првог проналаска у Боденском језеру, *B. lauterborni* је пронађена у заједници са црвеном алгом *R. rivularis* (= *H. rivularis*) и зеленом алгом *Aegagropila brownii* (Dillwyn) Kützinger (= *Cladophora profunda* Brand) (Zimmermann, 1927). *Pleurocladia lacustris* често се јавља у заједници са цијанобактеријама (*Rivularis* spp., *Gloeotrichia pismus* Thuret ex Bornet & Flahault, *Tolypothrix tenuis* Kützinger ex Bornet & Flahault) и зеленом алгом *Chaetophora lobata* Schrank (= *Chaetophora incrassata* Hazen), од којих је свака карактеристична за воде богате кречњаком (Waern, 1952; Kann, 1993, Wehr и сар., 2013). *Pleurocladia lacustris* се такође може јавити у заједници са другом слатководном врстом мрких алги, *H. fluviatilis*, посебно у водама богатим калцијумом, при чему је уочено да филаменти *P. lacustris* пузе преко корастих талуса *H. fluviatilis* (Kann, 1993; Kusel-Fetzmann, 1996). *Heribaudiella fluviatilis* је налажена у заједници са многим представницима цијанобактерија (*Schizothrix* spp., *Homoeothrix* spp., *Nostoc parmelioideus* Kützinger ex Bornet & Flahault, *N. verrucosum* Vaucher ex Bornet & Flahault) и црвених алги (*Bangia atropurpurea* (Roth) C. Agardh, *Lemanea* spp., *R. rivularis*), неколико силикатних алги и зелених алги (*Chaetophoropsis pisiformis* (Roth) B. Wen Liu, Qian Xiong, X. Dong Liu, Z. Yu Hu & G. Xiang Liu (= *Chaetophora pisiformis* (Roth) C. Agardh)

(Budde, 1927; Jao, 1944; Holmes и Whitton, 1977a, б; Wehr и Stein, 1985; Kusel-Fetzmann, 1996; Wehr и Perrone, 2003). Међутим, ова врста се у Европи најчешће јавља у заједници са црвеном алгом *R. rivularis* (Budde, 1927; Fritsch, 1929; Geitler, 1932; Kusel-Fetzman, 1996). Ову заједницу је Fritsch (1929) први описао под називом *Hildenbrandia-Lithoderma* заједница, али је назив заједнице касније промењен у *Hildenbrandia rivularis-Heribaudielletum fluviatilis* Fritsch 1929 corr. Täuscher 2020 (Täuscher и Krumbiegel, 2020). Ова заједница је често налажена у северној и централној Европи (Skuja, 1925; Budde, 1927; Fritsch, 1929; Geitler, 1932; Waern, 1938; Kann, 1966; Holmes и Whitton, 1977a, б; Kusel-Fetzmann 1996), док је у јужној Европи налажена спорадично (Margalef, 1953; Anagnostidis, 1968; Sabater и сар., 1989; Dell'Uomo, 2001). У југоисточној Европи забележена је једино у Бугарској (Stoyneva и сар., 2003) и Хрватској (Koletić и сар., 2018), а најновији подаци указују и на њено присуство у Србији (Trbojević и сар., 2024). У свим доступним литературним подацима, талуси *H. fluviatilis* су се често развијали преко талуса *R. rivularis*. У Северној Америци ова заједница до сада није забележена, а обе врсте су налажене одвојено (Wehr и Stein, 1985; Wehr и Perrone, 2003; Wehr и сар., 2019). Истраживања природних популација *H. fluviatilis* су показала да су ове популације углавном без епифита, али повремено могу бити домаћини за развој силикатних алги и мањих цијанобактерија (*Chamaesiphon* spp., *Tapinothrix varians* (Geitler) Bohunická & J.R.Johansen (= *Homoeothrix varians* Geitler), као и *Chantransia* стадијумима црвених алги (Svedelius, 1930; Geitler, 1932; Kusel-Fetzmann, 1996; Koletić и сар., 2018).

1.2.5. Значај слатководних мрких алги

За разлику од морских представника, значај слатководних мрких алги још увек није довољно истражен (Wehr, 2015).

1.3. Преглед истраживања црвених алги (Rhodophyta) и мрких алги (Phaeophyceae) на подручју Србије

1.3.1. Преглед истраживања црвених алги на подручју Србије

Први подаци о црвеним алгама у Србији датирају још из 1889. године, када је талус врсте *Thorea hispida* (= *T. ramosissima*) пронађен у реци Дунав код Београда (Magnus, 1889). Међутим, публикације о црвеним алгама на подручју Србије биле су у неку руку ретке кроз историју. У прилог томе најбоље говори чињеница да је након првог проналаска *Th. hispida* у Србији 1889. године протекло више од 100 година до њеног наредног проналаска у Белом Тимоку (Simić S., 2002). Додатно, након првог проналаска талуса *Batrachospermum confusum* (Bory) Hassall у, сада већ потопљеном, Власинском блату (Кошанин, 1908), скоро 50 година није било никаквих података о овој групи црвених алги у Србији (Janković и Janković, 1962; Marinović, 1962a, б).

Од периода првог проналаска црвених алги до данас, бројни ботаничари, алголози и хидробиолози дали су допринос проучавању и познавању ове групе алги са флористичког, таксономског, хоролошког и еколошког аспекта. Детаљан преглед алголошких истраживања у Србији до педесетих година XX века, а којима су обухваћене слатководне црвене алге, даје Milovanović (1949). Највећи број алголошких истраживања у овом периоду односио се на стајаће екосистеме и реке равничарских и низијских предела, са веома малим бројем радова о алгама брдских и планинских река.

Од периода првог проналаска црвених алги до данас, бројни ботаничари, алголози и хидробиолози дали су допринос проучавању и познавању ове групе алги са флористичког, таксономског, хоролошког и еколошког аспекта. Шездесетих и седамдесетих година XX века, вршена су прва истраживања алги у изворима, потоцима и рекама, која су резултирала налажењем неколико представника родова *Audouinella* (= *Chantransia*) (Petrovska, 1969) и *Batrachospermum* (Marinović, 1959, 1960, 1962a, б, 1964; Janković и Janković, 1962; Marinović и сар., 1976). У овом периоду је по први пут објављен рад који се односи на утицај еколошких фактора на раст црвене алге *Batrachospermum moniliforme* (Marinović и сар., 1976). Детаљан преглед алголошких истраживања у Србији до осамдесетих година XX века, а којима су обухваћене слатководне црвене алге, дају Blaženčić и сарадници (1985) и Blaženčić (1986, 1989 (1991)).

Након овог периода, алголошка истраживања у Србији се интензивирају, услед чега представници црвених алги бивају налажени на новим локалитетима (Cvijan, 1986; Martinović-Vitanović, 1987; Vodeničarov и сар., 1987; Laušević, 1992, 1993; Obušковић, 1993, 2002; Veljić и Cvijan, 1993, 1997; Simić S., 1995, 1996, 2002; Simić S. и сар., 1996; Urošević, 1996; Obušковић и Maslić, 1997; Simić S. и Ranković, 1998, 2001; Nikitović и Laušević, 1999; Blaženčić и сар., 2000, 2002; Obušковић и Obušковић, 1998, 2000).

Почетком XXI века, објављено је свега неколико радова са фокусом на таксономију, хорологију и екологију црвених алги (Simić S., 2007a, б, 2008a, б; Andrejić и сар., 2010; Simić S. и Pantović, 2010; Simić S. и сар., 2014). У овом периоду пријављен је и први налаз врсте *Riverina rivularis* (Liebmann) C.W.Vieira & G.W.Saunders (= *Hildenbrandia rivularis* (Liebmann) J.Agardh) (Simić S., 2008b). Додатно, Simić S. и Simić V. (2009) и Simić V. и сарадници (2011) су извршили прву прелиминарну процену

категорија угрожености ове групе алги у Србији, док Simić S. и сарадници (2010) по први пут дају детаљан преглед фактора угрожавања врста ове групе алги и њихових станишта.

Током последњих десетак година, алголошка истраживања се поново интензивирају. Објављен је већи број радова са аспекта флористике, таксономије, хорологије и екологије црвених алги (Simić S. и сар., 2015, 2016, 2021a; Blagojević и сар., 2017; Simić S. и Đorđević, 2017a, б; Tomović и сар., 2023, 2024; Trbojević и сар., 2024) укључујући и радове који су проистекли из истраживања спроведених за потребе израде ове докторске дисертације (Mitrović и сар., 2018, 2019, 2021; Mitrović и Simić S., 2021; Rakonjac и сар., 2022; Rakonjac и Simić S., 2023, 2024b). Током овог истраживања, на подручју Србије су по први пут пронађени талуси *Lemanea fucina* Bory и *L. rigida* (Sirodot) De Toni (Mitrović и сар., 2021).

Просторна дистрибуција црвених алги на подручју Србије приказана је у Табелама 3, 4, 5, 6, 7, 8 и 9, а односи се искључиво на литературне податке објављене ван ове докторске дисертације.

Таксони црвених алги пронађени су на укупно 125 локалитета (не укључујући резултате који су проистекли из ове докторске дисертације), највећим делом смештених на простору источне и јужне Србије, док су на подручју југозападне и западне Србије, а нарочито централне Србије и Војводине, ређе налажене (Табеле 3, 4, 5, 6, 7, 8 и 9).

Bangia atropurpurea је забележена на укупно девет локалитета јужне (четири локалитета), југозападне (три локалитета) и источне Србије (два локалитета) (Табела 3).

Табела 3. Литературни подаци просторне дистрибуције *Bangia atropurpurea* на подручју Србије

Екосистем	Локалитет	Литература
Источна Србија		
Трговишки Тимок	Коренатачка клисура	Simić S., 1995, 1996, 2002; Simić S. и Ranković, 1998
Нишава	Сићевачка клисура	Andrejić и сар., 2010
Јужна Србија		
Божичка река	/	Tomović и сар., 2024
Бресничка река (Милевске планине)	/	Tomović и сар., 2024
Нишава	ушће Јерме у Нишаву	Andrejić и сар., 2010
Поповска река	/	Tomović и сар., 2024
Југозападна Србија		
Гвоздачка река	/	Obušković и Obušković, 1998
Казановски поток	/	Tomović и сар., 2024
Рашка река	Горњи ток	Simić S., 2008a

Riverina rivularis је забележена на укупно 21 локалитету, највећим делом смештених на простору јужне Србије (14 локалитета). На подручју источне и западне Србије врста је забележена на по три локалитета, док је на подручју југозападне Србије и Војводине ова врста забележена на по једном локалитету (Табела 4).

Табела 4. Литературни подаци просторне дистрибуције *Riverina rivularis* на подручју Србије

Екосистем	Локалитет	Литература
Источна Србија		
Голема река	/	Tomović и сар., 2023
Сокобањска Моравица	/	Tomović и сар., 2023
Јужна Србија		
Бела река	/	Tomović и сар., 2023
Божичка река	/	Tomović и сар., 2023
Бранковачка река	/	Tomović и сар., 2023
Братин Дол	/	Tomović и сар., 2023
Бресничка река (Милевске планине)	/	Tomović и сар., 2023
Буцељевска река	/	Tomović и сар., 2023
Дејанов поток	/	Tomović и сар., 2023
Драговиштица	/	Simić S., 20086
Драговиштица (Дукат планина)	/	Tomović и сар., 2023
Злидолска река	/	Tomović и сар., 2023
Љубова река	/	Tomović и сар., 2023
Мала река	/	Tomović и сар., 2023
Поповска река	/	Tomović и сар., 2023
Топлодолска река (Милевске планине)	/	Tomović и сар., 2023
Југозападна Србија		
Гвоздачка река	/	Tomović и сар., 2023
Западна Србија		
Градац	/	Tomović и сар., 2023
Поток у Биоштанској бањи	/	Tomović и сар., 2023
Цветића поток	/	Blagojević и сар., 2017
Војводина		
Нера	/	Trbojević и сар., 2024

Представници рода *Audouinella* забележени су на укупно 30 локалитета источне (11 локалитета), југозападне (девет локалитета), јужне (четири локалитета), централне (три локалитета) и западне Србије (један локалитет), и на два локалитета на подручју Војводине (Табела 5).

Представници *Batrachospermum* sensu lato пронађени су на укупно 27 локалитета, од чега се највећи број локалитета налази у планинско-котлинском региону Србије, и то њеном источном (11 локалитета), југозападном (седам локалитета) и западном делу (четири локалитета). На подручју јужне и централне Србије представници ове групе забележени на по два локалитета, односно на једном локалитету на подручју Војводине (Табела 6).

Табела 5. Литературни подаци просторне дистрибуције рода *Audouinella* на подручју Србије

Екосистем	Локалитет	Таксон	Литература
Источна Србија			
Засковачка река	/	<i>A. chalybea</i>	Obušković, 1993
Крупаја	извор	<i>A. chalybea</i>	Simić S. и сар., 2016
Мали Пек	Мајданпек	<i>A. chalybea</i>	Martinović-Vitanović, 1987
Млава	извор	<i>A. pygmaea</i>	Simić S. и сар., 2016
	у близини рибњака	<i>A. pygmaea</i>	Simić S. и Ranković, 1998; Simić S., 2002
	манастир Горњак	<i>A. chalybea</i> <i>A. pygmaea</i>	Simić S. и Ranković, 1998; Simić S., 2002
	испред Пожаревца	<i>A. chalybea</i>	Simić S. и Ranković, 2001
Нишава	Сићево	<i>A. pygmaea</i>	Branković и сар., 2007
Сврљински Тимок	Сврљиг	<i>A. pygmaea</i>	Simić S. и Ranković, 1998; Simić S., 2002
Стањанска река	код цркве у селу Кална	<i>A. pygmaea</i>	Simić S. и Ranković, 1998; Simić S., 2002
Трговишки Тимок	испод Калне	<i>A. pygmaea</i>	Simić S., 1995; Simić S. и Ranković, 1998; Simić S., 2002
Јужна Србија			
Беревачка чука	Лепенац, НП Шара	<i>A. chalybea</i>	Urošević, 1996
Власина	5 km низводно од језера	<i>A. chalybea</i>	Nikitović и Laušević, 1999
Извор Сува бања	Нишка бања	<i>A. chalybea</i>	Cvijan, 1986
Учитељска чесма	Нишка бања	<i>A. chalybea</i>	Petrovska, 1969
Југозападна Србија			
Вапа	Пештерска висораван	<i>A. chalybea</i>	Cvijan и сар., 2003
Велики Рзав	/	<i>A. chalybea</i>	Obušković и Obušković, 2000
Вељушница	Сјеница	<i>A. chalybea</i>	Obušković, 2002
Гвоздачка река	/	<i>A. chalybea</i>	Obušković и Obušković, 1998
Кладница	Кладница	<i>A. chalybea</i>	Obušković, 2002
Мали Рзав	/	<i>A. chalybea</i>	Obušković и Obušković, 2000
Резервоар поред Гвоздачке реке	/	<i>A. chalybea</i>	Obušković и Obušković, 1998
Самоковска река	/	<i>A. chalybea</i> <i>A. pygmaea</i>	Laušević, 1992, 1993
Увац	кањон	<i>A. chalybea</i>	Obušković, 2002
Централна Србија			
Расина	/	<i>A. pygmaea</i>	Cvijan и Veljić 1993/1994
Хајдучка чесма	Београд	<i>A. chalybea</i>	Cvijan и Blaženčić, 1986
Чесма у Водоводској улици	Београд	<i>A. chalybea</i>	Cvijan и Blaženčić, 1986
Западна Србија			
Обница	/	<i>A. chalybea</i>	Veljić и Cvijan, 1997
Војводина			
Дунав	1162-1115 km	<i>A. chalybea</i>	Obušković и Maslić, 1997
Тиса	Нови Бечеј	<i>A. chalybea</i>	Ržaničanin и сар., 2005

Табела 6. Литературни подаци просторне дистрибуције *Batrachospermum sensu lato* на подручју Србије

Екосистем	Локалитет	Таксон	Литература
Источна Србија			
Грза	извор	<i>B. gelatinosum</i>	Simić S. и Đorđević, 2017a
	резервоар	<i>B. gelatinosum</i>	Simić S. и Đorđević, 2017a
Извор код Беле Паланке	извор	<i>B. gelatinosum</i>	Vodeničarov и сар., 1987; Blaženčić и сар., 2002
Извор у селу Крупац	извор	<i>B. confusum</i>	Vodeničarov и сар., 1987
Крупаја	извор	<i>B. gelatinosum</i>	Simić S. и Ranković, 1998; Simić S. и сар., 2016
Млава	извор	<i>B. cayennense</i>	Vodeničarov и сар., 1987; Blaženčić и сар., 2000; Simić S., 2002; Simić S. и сар., 2016
		<i>B. gelatinosum</i>	Janković и Janković, 1962; Simić S. и Ranković, 1998, 2001
Сокобањска Моравица	извор	<i>Batrachospermum</i> sp.	Simić S. и Đorđević, 2017a
Стањанска река	извор	<i>B. gelatinosum</i>	Simić S. и Ranković, 1998; Simić S., 2002
	код цркве у селу Кална	<i>B. gelatinosum</i>	Simić S. и Ranković, 1998; Simić S., 2002
Црни Тимок	извор	<i>B. gelatinosum</i>	Simić S. и Đorđević, 2017a
Црница	извор	<i>B. cayennense</i>	Vodeničarov и сар., 1987; Blaženčić и сар., 2000; Blaženčić и сар., 2002; Simić S., 2002
Јужна Србија			
Власина	5 km низводно од језера	<i>B. ectocarpum</i>	Nikitović и Laušević, 1999
Власинско блато	/	<i>B. confusum</i>	Košanin, 1908
Југозападна Србија			
Барска река	/	<i>Batrachospermum</i> sp.	Simić S. и Đorđević, 2017a
Вапа	горњи ток	<i>B. gelatinosum</i>	Simić S. и Đorđević, 2017a
Велики Рзав	/	<i>B. gelatinosum</i>	Obušковић и Obušковић, 2000
Вељушница	Сјеница, Голија	<i>Batrachospermum</i> sp.	Obušковић, 2002
Кладница	Кладница	<i>Batrachospermum</i> sp.	Obušковић, 2002
Мали Рзав	/	<i>B. gelatinosum</i>	Obušковић и Obušковић, 2000
Самоковска река	горњи ток	<i>Batrachospermum</i> sp.	Simić S. и Đorđević, 2017a
Централна Србија			
Борачка река	100 m низводно од бране	<i>B. gelatinosum</i>	Simić S. и Đorđević, 2017a
Каптирани извор	Церовац	<i>Batrachospermum</i> sp.	Simić S. и Đorđević, 2017a

Табела 6. Наставак

Екосистем	Локалитет	Таксон	Литература
Западна Србија			
Бања	извор	<i>B. confusum</i>	Vodeničarov и сар., 1987
		<i>B. ectocarpum</i>	Vodeničarov и сар., 1987; Blaženčić и сар., 2002
		<i>B. gelatinosum</i>	Marinović, 1962a, б
		<i>B. virgato-decaisneanum</i>	Vodeničarov и сар., 1987; Blaženčić и сар., 2002
		<i>B. turfosum</i>	Marinović, 1962a, б
Градац	Попово врело	<i>B. gelatinosum</i>	Veljić и Cvijan, 1993
Дегуришки поток	/	<i>B. cayennense</i>	Vodeničarov и сар., 1987; Blaženčić и сар., 2000
		<i>B. gelatinosum</i>	Marinović, 1962a; Vodeničarov и сар., 1987; Blaženčić и сар., 2002
Извор уз реку Градац	/	<i>B. ectocarpum</i>	Veljić и Cvijan, 1993
Војводина			
Батарска река	/	<i>B. gelatinosum</i>	Simić V. и сар., 2007

Lemanea fluviatilis забележена је само на подручју источне (девет локалитета) и јужне Србије (један локалитет) (Табела 7).

Табела 7. Литературни подаци просторне дистрибуције *Lemanea fluviatilis* на подручју Србије

Екосистем	Локалитет	Литература
Источна Србија		
Божичка река	река	Simić S., 2007a
Голема река	/	Simić S., 2002
Дојкиначка река	Лилина чесма	Blagojević и сар., 2017
	Чедина чесма	Blagojević и сар., 2017
	локалитет 3	Blagojević и сар., 2017
	локалитет 4	Blagojević и сар., 2017
Ресава	пастрмски рибњак „Лисине“	Simić S., 2007a
	/	Simić S., 2007a
Сврљишки Тимок	Књажевац	Simić S., 2002
Јужна Србија		
Власина	узводно од рибњака	Simić S., 2007a

Представници рода *Paralemanea* забележени на укупно 22 локалитета источне (девет локалитета), јужне (седам локалитета), југозападне (четири локалитета) и западне (три локалитета) (Табела 8).

Табела 8. Литературни подаци просторне дистрибуције рода *Paralemanea* на подручју Србије

Екосистем	Локалитет	Таксон	Литература
Источна Србија			
Височица	Узводно од акумулације Завој	<i>P. annulata</i>	Simić S. и Đorđević, 20176
	/	<i>P. torulosa</i>	Tomović и сар., 2022
Дојкиначка река	Дојкинци	<i>P. annulata</i>	Sabovljević и сар., 2022
Јеловичка река	Јеловица	<i>P. torulosa</i>	Tomović и сар., 2022
Млава	Манастир Горњак	<i>P. catenata</i>	Simić S. и Đorđević, 20176
Нишава	Сићево	<i>P. catenata</i>	Simić S. и Đorđević, 20176
Сокобањска Моравица	Излетиште Лептерија	<i>P. catenata</i>	Simić S. и Đorđević, 20176
Црни Тимок	Код Гамзиградске бање	<i>P. annulata</i>	Simić S. и Đorđević, 20176
Црновршка река	Црни врх, водопад	<i>P. annulata</i>	Simić S. и Đorđević, 20176
Јужна Србија			
Брусничка река	Голија	<i>P. annulata</i>	Sabovljević и сар., 2022
Ибар	Рибариће	<i>P. annulata</i>	Simić S. и Đorđević, 20176
	Батраге	<i>P. annulata</i>	Simić S. и Đorđević, 20176
Пчиња	800 m узводно од границе са Македонијом	<i>P. annulata</i>	Simić V. и Simić S., 2003; Simić S. и Đorđević, 20176
	/	<i>P. annulata</i>	Simić S. и Đorđević, 20176
	Поред викенд насеља	<i>P. annulata</i>	Simić S. и Đorđević, 20176
	Манастир Прохор Пчињски	<i>P. annulata</i>	Simić S. и Đorđević, 20176
Југозападна Србија			
Мрчки поток	/	<i>P. annulata</i>	Sabovljević и сар., 2022
Студенат	Кладница	<i>P. annulata</i>	Sabovljević и сар., 2022
Студеница	Манастир Студеница	<i>P. annulata</i>	Simić S. и Đorđević, 20176
Западна Србија			
Бучевка	Голеша	<i>P. annulata</i>	Simić S. и Đorđević, 20176
Дрина	Врхпоље	<i>P. torulosa</i>	Blagojević и сар., 20176
	Љубовија	<i>P. torulosa</i>	Blagojević и сар., 20176
Западна Морава	Талпе	<i>P. annulata</i>	Simić S. и Đorđević, 20176

Thorea hispida у Србији је забележена на укупно шест локалитета, од чега се пет локалитета налази на подручју Војводине, док се један локалитет налази на подручју источне Србије (Табела 9).

Табела 9. Литературни подаци просторне дистрибуције *Thorea hispida* на подручју Србије

Екосистем	Локалитет	Литература
Источна Србија		
Бели Тимок	у близини Зајечара	Simić S., 2002
Војводина		
Дунав	Ушће	Magnus, 1889; Simić S. и Pantović, 2010
	Ковин	Simić S. и Pantović, 2010
Сава	Сремска Митровица	Simić S. и сар., 2014
	Шабац	Simić S. и сар., 2015
Тиса	Сента	Guelmino, 1973

1.3.2. Преглед истраживања мрких алги на подручју Србије

Представници мрких алги на подручју Србије су по први пут забележени током истраживања у оквиру ове докторске дисертације, и то *Porterinema fluviatile* (Simić S. и сар., 2016, 2019a), *Heribaudiella fluviatilis* (Sabovljević и сар., 2023) и *Bodanella lauterborni* (Rakonjac и Simić S., 2024a). Талусе *H. fluviatilis* 2021. године у реци Нери, на подручју Војводине налазе и Trbojević и сарадници (2024).

1.4. Угроженост и заштита црвених алги (Rhodophyta) и мрких алги (Phaeophyceae)

1.4.1. Фактори угрожавања

Промене у хидромофологији акватичних екосистема, заједно са повећаним оптерећењем хранљивим материјама, снажно утичу на еколошки интегритет и акватични биодиверзитет (Gasith и Resh, 1999; Bonada и Resh, 2013; Hershkovitz и Gasith, 2013). Као последица великог броја различитих антропогених активности, квалитет и структура слатководних екосистема већ су деградирани у многим деловима света (Brautigam, 1999; Groombridge и Jenkins, 1998; Dudgeon и сар., 2006; Lange и сар., 2018; Bănăduc и сар., 2024). Прекомерна употреба и контаминација воде, експлоатација и прекомерни риболов, увођење алохтоних врста и промена режима природног тока, довели су до негативног тренда популација слатководних организама (Dudgeon, 2020). Додатно, комбиновани и међусобно повезани утицаји претходно поменутих угрожавајућих фактора, довели су до смањења биодиверзитета у слатководним екосистемама на глобалном нивоу, укључујући и алге, због чега се слатководни организми сматрају најугроженијим организмима (Geist, 2011; Dudgeon, 2020). Поред поменутог, све већи утицај на интегритет и функционисање слатководних екосистема и биодиверзитет у њима имају и климатске промене (Keith и сар., 2014; Dudgeon, 2020; Mancini и сар., 2023). Иако основ еволуције живог света представљају управо промене животне средине, њихово нагло мењање драстично утиче на смањење или потпуни губитак способности живог света да својим адаптацијама на те промене одговори.

Слатководни екосистеми на подручју Србије такође се налазе под интензивним антропогеним притисцима, пре свега у погледу загађења различитог типа (неорганско, органско, токсично), деградације, модификације и нестанка станишта, прекомерне експлоатације песка и шљунка, уношења инвазивних врста и патогена, туризма и рекреације, као и климатских промена (Simić S. и сар., 2010, 2019a, 2020, 2021b, 2022, 2023, 2024; Stojanović и сар., 2017; Ristić и сар., 2018; Simić V. и сар., 2020; Jakovljević O. и сар., 2021a, б, 2024; Milićević и сар., 2024).

Међународна унија за заштиту природе (IUCN) дефинисала је 12 категорија угрожавајућих фактора, са већим бројем подкатеорија (Threats Classification Scheme, Version 3.3). Ова класификациона шема угрожавајућих фактора обухвата широк спектар природних и антропогених фактора, укључујући изградњу стамбених и комерцијалних комплекса, пољопривреду и аквакултуру, енергетику и рударство, комуникациону и саобраћајну инфраструктуру, експлоатацију биолошких ресурса, антропогене притиске и сметње, модификације природних система, инвазивне и друге проблематичне врсте, гене и заразе, загађење, геолошке догађаје, климатске промене и остале претње. Понекада се на истом локалитету истовремену појављују различити угрожавајући фактори, због чега их је тешко раздвојити.

Урбанизација, која подразумева интензивну изградњу стамбених и комерцијалних објеката, индустријских и рекреативних/туристичких центара представља значајан угрожавајући фактор станишта слатководних алги, уколико се њихова градња врши на обалама акватичних екосистема или уколико се акватични екосистеми исушују зарад добијања грађевинског земљишта (<https://www.iucnredlist.org/resources/classification-schemes>).

Под енергетиком и рударством, као фактором угрожавања, подразумевају се све претње настале услед производње небиолошких ресурса. Рударство и отворени копови, као посебан фактор угрожавања, подразумевају све претње настале током истраживања, развоја и производње минералних сировина (<https://www.iucnredlist.org/resources/classification-schemes>). Експлоатација минералних ресурса представља основну економску активност у многим земљама у развоју. Међутим, вишеструко негативно дејство рударских активности огледа се у значајном нарушавању квалитета подземних и површинских вода, као и квалитета земљишта и ваздуха. Негативни утицаји рударства и енергетике на водене екосистеме јављају се пре почетка изградње рудника, током изградње рудника и за време експлоатације минералних сировина. Негативни утицаји пре почетка изградње рудника односе се на регулацију речних корита водотокова на датом подручју, изградњу објеката за мерење протицаја са преливним праговима и каналима на водотоковима, због чега долази до промене брзине протока воде, а тиме и промене структуре морфологије речног дна. Уколико се водотокови налазе у непосредној близини рудника, грађевински радови током његове изградње подразумевају и корекције корита и измештање водотокова услед изградње саобраћајница, што доводи до нарушавања хидромофолошких параметара тих водотокова и нестанка рањивих и осетљивих врста. Негативни утицаји за време експлоатације минералних сировина, а који директно утичу на слатководне организме, подразумевају и смањење нивоа подземних вода услед њиховог испумпавања (Krizmanić и сар., 2021). Као последица тога, многа изворишта потока и река пресушују, а диверзитет у њима бива трајно изгубљен.

Комуникациона и саобраћајна инфраструктура, као фактор угрожавања, подразумева све претње настале као последица изградње транспортних коридора изван људских насеља, као што су аутопутеви, мостови, споредни и земљани путеви, пруге (<https://www.iucnredlist.org/resources/classification-schemes>). Исушивањем и измештањем корита река услед изградње саобраћајне инфраструктуре трајно се уништавају станишта ретких и угрожених врста, алги и других водених организама.

Антропогени притисци и сметње подразумевају све активности које мењају, уништавају и нарушавају станишта и врсте, а повезане су са непотрошачким коришћењем биолошких ресурса (<https://www.iucnredlist.org/resources/classification-schemes>). Рекреативне активности, које подразумевају све људске активности намењене одмору и разоноди људи, одвијају се у природи, стога негативан утицај на станишта и врсте које та станишта насељавају постаје неминован. Проблем туризма и рекреације посебно је изражен и деструктиван у заштићеним природним подручјима. Изградњом скистаза на планинама које се налазе у заштићеним природним подручјима уништавају се станишта многих угрожених или ретких врста алги. Додатно, изградња инфраструктуре за потребе смештаја, транспорта и рекреативних активности туриста доводи до загађивања акватичних екосистема, а као последица, врло често, директног изливања отпадних канализационих вода у акватичне екосистеме (Simić S. и сар., 2010).

Модификације акватичних екосистема у многоне доприносе деградацији станишта, услед чега квалитет станишта и биодиверзитет у њима бивају деградирани. Модификације природних система подразумевају све акције које претварају и деградирају станишта у служби „управљања“ водама, често ради побољшања људског благостања (<https://www.iucnredlist.org/resources/classification-schemes>). Модификације акватичних екосистема обухватају изградњу малих и великих брана и коришћење природних ресурса, каптирање извора и експлоатацију песка, шљунка и седре из акватичних екосистема.

Један од посебно угрожавајућих фактора који је актуелан последњих година јесте изградња малих хидроелектрана (МХЕ). Број пројеката за изградњу МХЕ, као генератора производње енергије из обновљивих извора, у порасту је на брдско-планинским рекама јер је хидроенергетски потенцијал великих река искоришћен до крајњих граница (Lange и сар., 2018). Концепт изградње МХЕ фундаментално угрожава систем заштите животне средине, очување биодиверзитета и стабилност акватичних екосистема брдско-планинских подручја (Xiaocheng и сар., 2008; Ristić и сар., 2018), при чему је нарочито значајан кумулативни ефекат до којег долази уколико је на реци изграђено више МХЕ (Kibler и Tullos, 2013; Lange и сар., 2018; Ristić и сар., 2018). Према Xiaocheng и сарадницима (2008), Lange и сарадницима (2018), Ristić и сарадницима (2018) и Simić V. и сарадницима (2020), негативан утицај МХЕ испољава се тако што приликом њихове изградње од текућег екосистема настаје стајаћи, мењају се количина, брзина протока воде и температура воде, концентрација и сатурација кисеоника, рН вредност воде, концентрација биогених соли, као и заједница хидробионата. У току процеса изградње МХЕ долази до крчења шума, што са собом повлачи ерозију земљишта, а могу се потенцијално јавити и акцидентна загађења горивом, уљима и слично. Подизањем бране и формирањем водозахвата, посебно на местима где су обале стрме, јавља се ризик од одрона, који су у мањој мери изазвани таласима који спирају ситне честице земље са обале и које се таложе на дну водозахвата, а у већој мери осцилацијама воде. Уколико су осцилације воде честе, може доћи до одрона читавих комплекса у приобаљу. Као последица низа хемијских и биохемијских процеса, температурних промена и смањења кисеоника, квалитет воде ових екосистема се погоршава (Varišić, 2011; Simić S. и сар., 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024; Simić V. и сар., 2020; Jakovljević O. и сар., 2024; Milićević и сар., 2024). Посебан проблем се јавља у сушним периодима године, када је количина воде у речном кориту знатно смањена. Тада низводно од бране водозахвата МХЕ долази до пресушивања речног корита, а као последица тога што се прописан „биолошки минимум“ углавном не испушта у речно корито, већ сва вода цевима бива преусмерена у машинску зграду МХЕ у којој се користи за добијање електричне енергије (Wu и сар., 2010; Fijko и Zeleňáková, 2017).

Поред изградње малих брана на потоцима и рекама, изградња великих брана и хидроелектрана (ХЕ) такође негативно утиче на заједнице акватичних организама, укључујући и алге. Негативни утицаји ХЕ су исти као и негативни утицаји МХЕ, само је њихов обим већи (Lange и сар., 2018).

Каптирањем извора за потребе водоснабдевања, наводњавања или вештачког оснеживања, ова станишта бивају у потпуности уништена, услед чега потпуно нестају и акватични организми који ове изворе насељавају (Dragović и сар., 2014).

Посебан фактор угрожавања станишта акватичних организама представља експлоатација песка и шљунка, као важног ресурса за добијање грађевинског материјала. У акватичним екосистемама са умереним и спорим током, песак и шљунак представљају дно екосистема и станиште бентосних слатководних алги. Међутим, за човека, песак и

шљунак из река представљају важан ресурс за добијање грађевинског материјала, те интензивно врши њихову експлоатацију. На овај начин, човек не само да уништава део станишта слатководних алги, већ се тим процесом и алге измештају из својих станишта. Такође, у великој мери мењају се и карактеристике воденог тока (дубина воденог стуба, брзина протока воде, запремина воде у протоку, структура дна), што утиче и на промену биоценоза у овако деградираним акватичним екосистемима. Иако се експлоатација песка и шљунка у рекама може обављати са циљем регулисања воденог тока, прекомерна експлоатација несумњиво доводи до дестабилизације речног корита, што за последицу има промене самог речног тока и структуре биоценоза (Kamboj и сар., 2017). Како је способност природног обнављања песка и шљунка спорија од интензитета њихове експлоатације (потребне су деценије или стотине година да би се песак и шљунак поново наталожили), током дужег временског периода долази до промена морфологије дна и нагомилавања седимената, што има негативне последице по биодиверзитет (Paukert и сар., 2008; Leal Filho и сар., 2021). Прекомерна експлоатација песка и шљунка у дужем временском периоду негативно утиче и на квалитет воде, а као последица повећаног замућења воде услед недостатка песка и шљунка који би вршили филтрацију воде (Kamboj и сар., 2017).

Поред експлоатације песка и шљунка, остале модификације водених екосистема које представљају фактор угрожавања станишта слатководних алги подразумевају и извлачење седре из река, а за потребе производње грађевинског материјала, што доводи до угрожавања ових специфичних станишта у рекама крашког подручја.

Инвазивне и друге проблематичне врсте, гени и заразе подразумевају све претње од алохтоних и аутохтоних организама или генетских материјала за које се предвиђа да ће имати штетне ефекте на биодиверзитет након њиховог уношења или ширења. При томе, негативни ефекти по диверзитет слатководних алги могу настати услед уношења или ширења инвазивних и алохтоних врста или проблематичних аутохтоних врста (<https://www.iucnredlist.org/resources/classification-schemes>).

Загађење, као фактор угрожавања, може потицати од комуналних и урбаних отпадних вода, индустријских и војних отпадних вода, процедних вода из рудника, отпадних вода из пољопривреде и шумарства и комуналног и чврстог отпада. Услед интензивне глобализације, урбанизације и индустријализације, акватични екосистеми изложени су интензивном загађивању, што за последицу има негативан утицај на животну средину и њене биоценозе. Угроженост водотокова огледа се пре свега у уливу велике количине отпадних вода оптерећених органским и неорганским материјама, али и велике количине чврстог суспендованог материјала. Хемијска контаминација акватичних екосистема настала услед повећане концентрације амонијака, нитрата, нитрита, гвожђа и мангана, деструктивно утиче на читав акватични биодиверзитет. У многим земљама света, укључујући и Србију, посебан проблем загађења вода представља и недовољан број постројења за пречишћавање отпадних комуналних и индустријских вода. Од свега 47 до сада изграђених постројења за пречишћавање отпадних вода у Србији, тек 26 је у функцији. Због непостојања система за прераду воде, отпадне комуналне и индустријске воде богате загађујућим материјама различитог хемијског састава се преко канализационих система испуштају у реке без икаквог претходног третмана (Sekulić и сар., 2012). Загађење вода присутно је и у заштићеним подручјима (Simić S. и сар., 2019б, 2020, 2021а, б, 2022, 2023, 2024).

Посебан вид загађења представља токсично и хемијско загађење из рударских активности (<https://www.iucnredlist.org/resources/classification-schemes>). Негативан

утицај рударства на акватичне екосистеме најпре настаје услед изливања отпадних вода у водене екосистеме, цурења са јаловишта и акумулације тешких метала у седимент водених екосистема као последица изливања пречишћених отпадних вода (Ђорђевић и сар., 2024). Услед непостојања технологија за правилно одвођење отпадних вода, велика количина неметала и тешких метала доспева у акватичне екосистеме, што негативно утиче на хидробионте (Krizmanić и сар., 2021).

Као посебан вид отпадних вода издвајају се отпадне воде из пољопривреде, у шта спадају и отпадне воде из аквакултуре (<https://www.iucnredlist.org/resources/classification-schemes>). Отпадне воде из пољопривреде у акватичне екосистеме доспевају спирањем пестицида и минералних ђубрива богатих нитратима и фосфатима са обрадивих површина након падавина. На тај начин велика количина загађујућих материја доспева у акватичне екосистеме узрокујући њихово загађење и нарушавајући њихову природну равнотежу. Аквакултура и изградња, пре свега, пастрмских рибњака, представљају најразвијенију грану рибарства на глобалном нивоу, са великим потенцијалом развоја и у будућности (Guillen и сар., 2019). У Србији, пастрмски рибњаци су изграђени на великом броју река. С обзиром на то да је пастрмка хладноводна врста која за свој живот и опстанак захтева чисту воду са високом концентрацијом кисеоника (Veličković, 2023), пастрмски рибњаци граде се управо на брдско-планинским рекама и потоцима. Осим што се за потребе рибњака вода црпи из река, њихов негативан утицај на стеновалентне макроалге настаје и када се остаци непоједене хране и рибљи фецес преко испустних цеви рибњака директно улију у акватичне екосистеме низводно од рибњака. У овој ситуацији воде бивају обogaћене нутријентима, нарочито фосфатима и азотом, услед чега долази до повећане биолошке потрошње кисеоника, а повећава се и количина суспендованих честица (Коџер и Sevgili, 2014; Simić S. и сар., 2016; Stojanović и сар., 2017; Jakovljević O. и сар., 2021a). Ово је нарочито изражено током летњих месеци, када су брзина и проток воде мањи.

Климатске промене и екстремни временски услови подразумевају комплексан глобални феномен чије последице имају драматичан утицај на акватичне екосистеме широм света. Осим што директно утичу на губитак биодиверзитета, климатске промене значајно утичу на дистрибуцију, доступност и квалитет воде на глобалном нивоу (IPCC, 2019). Главни узрок убрзавања природних процеса који доводе до промене климе, је управо изражени антропогени утицај још од почетка индустријске револуције с краја XVIII века па до данас. Као последица вишедеценијске емисије гасова са ефектом стаклене баште дошло је до глобалног загревања, што је довело до низа промена у атмосферским и хидролошким обрасцима. Иако живи свет на планети Земљи одувек еволуира у складу са променама животне средине, тај процес траје током веома дугог временског периода. У садашњем времену, климатске промене дешавају се веома брзо, што несумњиво представља опасност по биодиверзитет на глобалном нивоу (Bărbăncuș и сар., 2022, 2024). Према досадашњим проценама, најугроженији екосистеми услед климатских промена јесу управо слатководни екосистеми (Heino и сар., 2009).

Једна од кључних манифестација утицаја климатских промена на акватичне екосистеме јесте промена у виду пораста просечне температуре и количине падавина. Према извештају Међувладиног панела за климатске промене (IPCC, 2023), током XXI века, предвиђа се пораст глобалне површинске температуре између 1 и 4,5 °C у односу на преиндустријски период. У неким регионима света предвиђа се значајно смањење падавина, док се у другим регионима, у којима је и Србија, очекује пораст обима падавина (Grover, 2015). Додатно, очекује се и да ће промене сезонске варијабилности и укупне количине падавина, у комбинацији са истовременим повећањем температуре,

имати значајан утицај на циклус воде узрокујући њен недостатак и сушу (Sheffield и Wood, 2008; Mariotti и сар., 2008). Утицаји климатских промена разликују се зависно од типа екосистема и станишта, при чему су мањи водотоци и стајаћи екосистеми осетљивији у односу на веће реке и језера из разлога што је, са једне стране, губитак воде путем испаравања у овим екосистемима већи, док, са друге стране, обилне падавине на мањим водотокима доводе до појаве бујичних токова, поплава и ерозије (Bănăduc и сар., 2022).

1.4.2. Процена угрожености врста

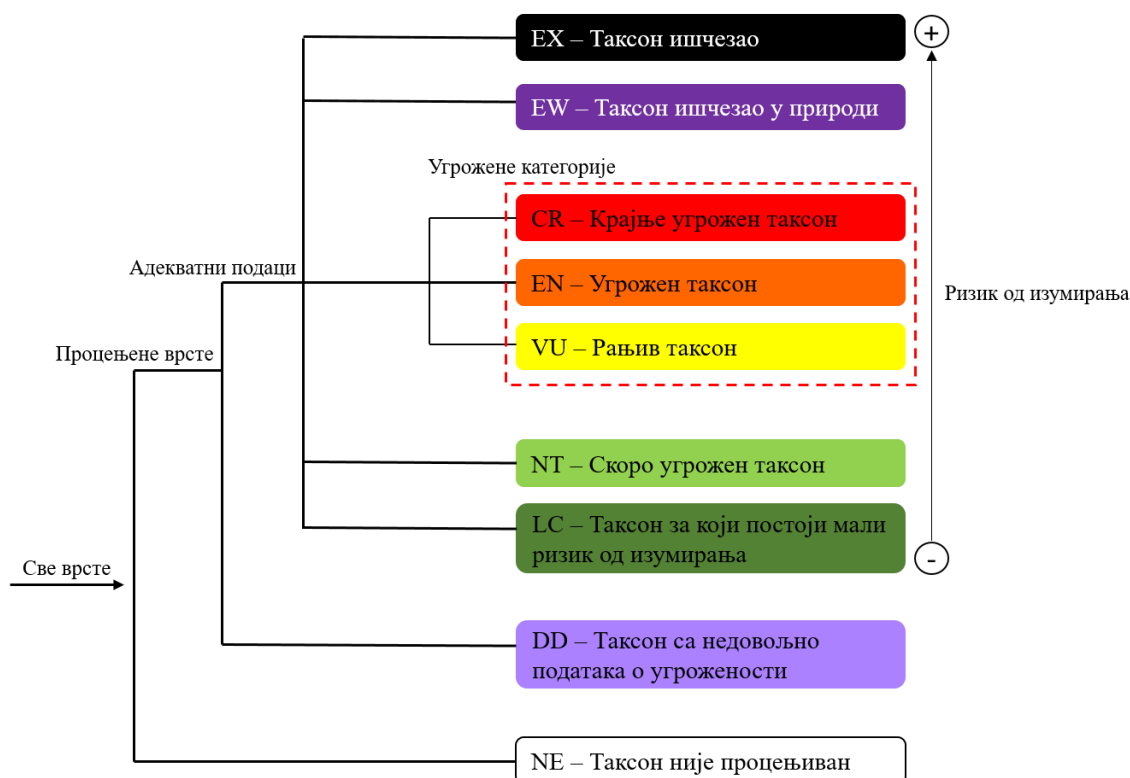
Проценом и анализом угрожености врста у циљу њихове заштите и очувања на глобалном нивоу бави се Међународна унија за очување природе (енгл. *International Union for Conservation of Nature – IUCN*), формирана 1948. године.

Обзиром да први и основни корак у заштити биодиверзитета представља утврђивање обима и узрока угрожавања врста и њихових станишта, једна од првих одлука IUCN-а била је успостављање и издавање Црвених листа и Црвених књига према усвојеним стандардима.

Црвене листе и Црвене књиге представљају научно-стручне публикације које обухватају таксоне који се према међународним критеријумима налазе на ивици опстанка или им прети ризик од изумирања у блиској будућности. Црвене листе представљају спискове угрожених врста са одговарајућим категоријама угрожености. Ове публикације указују на смањење биодиверзитета и на врсте за које је неопходно прописати програме заштите, и представљају први корак ка званичној правној заштити врста на националном, регионалном или међународном нивоу. Након израде Црвене листе приступа се изради Црвене књиге, која садржи детаљније податке угроженим врстама.

Полазни корак у изради Црвених листа и Црвених књига представља процена категорије угрожености врста према IUCN критеријумима (IUCN, 2012), на основу које се утврђује степен смањења диверзитета и одређују врсте за које су програми заштите неопходни. IUCN критеријуми и категорије угрожености користе се за процену угрожености на међународном, регионалном и националном нивоу.

IUCN категоризација на међународном нивоу обухвата девет категорија угрожености врста (Слика 6) према критеријумима и подкритеријумима IUCN-а (Табела 10), од чега седам категорија обухвата таксоне за које постоји ризик од изумирања, док се преостале две категорије односе на таксоне са недовољно података за процену статуса угрожености и таксоне које нису процењивани. Од седам категорија са статусом ризика од изумирања, две категорије се односе на изумрле таксоне, три категорије се односе на угрожене таксоне, док се преостале две категорије односе на таксоне који тренутно нису угрожени, али би у будућности могли да пређу у неку од категорија угрожености, и таксоне који нису угрожени и нису близу тога да у будућности пређу у неку од категорија угрожености (Слика 6).



Слика 6. Категорије угрожености врста према критеријумима и подкритеријумима IUCN-a

На регионалном и националном нивоу примењују се, додатно, још две категорије: RE – регионално ишчезли таксони и NA – таксони који нису подобни за процену (Not Applicable). Таксони који нису подобни за процену подразумевају таксоне који не припадају природним популацијама, на основу експертског мишљења, као и ниже таксономске категорије од врсте.

IUCN је стандардизовао пет квантитативних критеријума (A-E), са подкритеријумима, према којима се може проценити статус угрожености и категорија угрожености врста (IUCN, 2012) (Табела 10). Критеријуми и подкритеријуми су универзални за све групе организама, а примењују се искључиво на дивље популације у њиховим природним стаништима.

Табела 10. Преглед IUCN критеријума и подкритеријума за процену степена угрожености таксона

А. Смањење популације. Смањење популације (преко 10 год. или 3 генерације) на основу било ког подкритеријума (A1-A4)			
Подкритеријуми	CR	EN	VU
A1	≥ 90%	≥ 70%	≥ 50%
A2, A3, A4	≥ 80%	≥ 50%	≥ 30%
A1. Смањење популације уочено, процењено, предвиђено или претпостављено у прошлости где су узроци смањења јасни, реверзибилни и разумљиви, и престали су A2. Смањење популације уочено, процењено, предвиђено или претпостављено у прошлости где узроци смањења можда нису престали или нису разумљиви или нису реверзибилни A3. Смањење популације пројектовано, предвиђено или претпостављено у будућности (за максимум 100 год.) A4. Уочено, процењено, предвиђено, пројектовано или претпостављено смањење популације у прошлости и будућности (за максимум 100 год.), а где узроци смањења можда нису престали или нису разумљиви или нису реверзибилни } на основу било чега од следећег: (а) директно посматрање (не може се применити за подкритеријум A3) (б) индекс бројности који одговара таксону (с) смањење заузете површине (АОО), ареала распрострањења (ЕОО) и/или квалитета станишта (д) стварни или потенцијални нивои експлоатације (е) ефекти уведених таксона, хибридикације, патогена, загађивача, компетитора или паразита			
Б. Географски простор у облику ЕОО и/или АОО			
Подкритеријуми	CR	EN	VU
B1. ЕОО (ареал распрострањења)	< 100 km ²	< 5000 km ²	< 20000 km ²
B2. АОО (заузета површина)	< 10 km ²	< 500 km ²	< 2000 km ²
и најмање 2 од следећа 3 услова:			
(а) Неколико фрагментираних или број станишта	= 1	≤ 5	≤ 10
(б) Продужено опадање уочено, процењено, предвиђено или пројектовано:			
(i) ЕОО; (ii) АОО; (iii) АОО, ЕОО и/или квалитет станишта; (iv) Број локалитета или субпопулација; (v) Број зрелих јединки			
(с) Екстремно колебање:			
(i) ЕОО; (ii) АОО; (iii) Број локалитета или субпопулација; (iv) Број зрелих јединки			
Ц. Мала величина популације и опадање			
Подкритеријуми	CR	EN	VU
Број зрелих јединки	< 250	< 2500	< 10000
и најмање 1 од следећа 2 услова:			
Ц1. Уочен, процењен или пројектован континуирани пад (за максимум 100 год.) од најмање	25% за 3 год. или једну генерацију	20% за 5 год. или две генерације	10% за 10 год. или три генерације
Ц2. Уочен, процењен, пројектован или предвиђен континуирани пад и најмање 1 од следећа 3 услова:			
(а) (i) Број зрелих јединки у свакој субпопулацији	≤ 50	≤ 250	≤ 1000
(ii) % зрелих јединки у једној субпопулацији	90-100%	95-100%	100%
(б) Екстремно варирање броја зрелих јединки			
Д. Веома мале или ограничене популације			
Подкритеријуми	CR	EN	VU
Д. Број зрелих јединки	< 50	< 250	Д1. < 1000
Д2. Примењује се само на категорију VU ограничена АОО или број локација са вероватном будућом претњом која би могла да одведе таксон у CR или EX за веома кратко време			Д2. АОО < 20 km ² или број локација ≤ 5
Е. Квантитативна анализа вероватноће изумирања у природи			
	CR	EN	VU
	≥ 50% за 10 год. или 3 генерације	≥ 20% за 20 година или 5 генерација	≥ 10% за 100 година

АОО – заузета површина, ЕОО – ареал распрострањења

Теоријске процене показују да је IUCN методологија за процену категорија угрожености доследна и да тачно предвиђа ризик од изумирања (Keith и сар., 2004). Међутим, критеријуми за процену категорија угрожености врста првобитно су дизајнирани за процену ризика изумирања врста на глобалном нивоу, због чега су се њиховом применом на регионалном и/или националном нивоу често добијале нетачне процене (Gärdenfors, 1996; Simić V. и сар., 2007). Захваљујући раду Hilton-Taylor и сарадника (2000), Gärdenfors (2001), Gärdenfors и сарадника (2001) и Keller и сарадника (2005) на заштити врста, првобитним IUCN критеријумима су додати нови критеријуми који се односе на процену категорија угрожености на регионалном и националном нивоу (IUCN, 2012). Додатно, IUCN критеријуми су прилагођенији васкуларним биљкама и кичмењацима, у односу на остале групе организама, вероватно због њиховог широког ареала распрострањења са једне стране, као и лаког узорковања и праћења популација са друге стране. Како су IUCN критеријуми прилагођенији крупнијим организмима, њихова примена за процену категорија угрожености слатководних врста алги донекле је проблематична. Разлог томе потенцијално лежи у чињеници да је за велики број таксона таксономија још увек непоуздана, као и њихова дистрибуција и екологија (Juraj и Kaštrovský, 2019). Слатководне макроалге имају специфичан животни циклус, најчешће мале и/или ограничене ареале, због чега је праћење њихових популација отежано у поређењу са крупнијим групама организама (Brodie и сар., 2009).

Због честе разлике у процени ризика изумирања врста на локалном и глобалном нивоу, или, у случају слатководних врста алги, непостојања процене ризика изумирања на глобалном нивоу, Simić V. и сарадници (2007) су конципирали ESHIPPO модел. Овај модел је конципиран са циљем процене ризика изумирања и приоритета конзервације угрожених акватичних организама на националном и локалном нивоу.

Основни елементи на којима се ESHIPPO модел заснива јесу: а) квантитивно мерење *еколошке специјализације* таксона (**ES** – **E**cological **S**pecialization of taxa) у односу на станиште, исхрану, репродуктивну стратегију, животни циклус, величину тела и ниво ендемизма и б) квантитативно мерење угрожавајућих фактора диверзитета дефинисаних акронимом „**HIPPO**“. ES елемент ESHIPPO модела представља еволутивно наслеђе врсте и дефинише њене основне адаптивне вредности условима станишта (Simić V. и сар., 2007). Овај елемент такође изражава биологију и екологију врсте, које су од круцијалног значаја за очување у различитим еколошким условима. Оцена угрожавајућих фактора диверзитета дата је у односу на измене/промене станишта (**H**abitat alteration), инвазивне, алохтоне врсте (**I**nvasive species), загађење (**P**ollution), раст хумане популације (**P**opulation growth) и прекомерну експлоатацију (**O**ver-exploitation) (Simić V. и сар., 2007).

Поред тога што пружа значајну могућност за управљање популацијама, ESHIPPO модел има високи потенцијал за надоградњу и специјализацију у циљу испитивања различитих еколошких проблема различитих група акватичних организама (Petrović, 2014; Simić V. и сар., 2014, 2015, 2016, 2022; Đuretanović, 2019; Kojadinović, 2021; Veličković, 2023, Jakovljević M. и сар., 2024).

1.4.3. Статус угрожености слатководних црвених и мрких алги

IUCN периодично објављује Црвене листе угрожености врста на глобалном нивоу. Међутим, удео слатководних алги у овој процени је веома мали. Последња ажурирана IUCN Црвена листа објављена је у јуну 2024. године (IUCN, 2024). Од укупно 163 040 процењиваних врста, процењено је свега 113 врста алги, и то три врсте Chlorophyta, 14 врста Charophyta, 78 врста Rhodophyta и 18 врста искључиво морских Phaeophyceae. Резултати процене су показали да неку од категорија угрожености (CR – критично угрожена, EN – угрожена, VU – рањива) има само девет врста морских Rhodophyta и шест врста Phaeophyceae.

Црвене листе и листе угрожених таксона слатководних алги постоје у неколико европских земаља, при чему је највећи напредак по овом питању направљен у Немачкој (Friedrich и сар., 1984; Krause, 1984; Gutowski и Mollenhauer, 1996; Knappe и сар., 1996; Lange-Bertalot и Steindorf, 1996; Mollenhauer и Christensen, 1996; Mollenhauer и Gutowski, 1996; Schmidt и сар., 1996; Schories и сар., 1996; Foerster и сар., 2018). Осим у Немачкој, Црвене листе макроалги објављене су и у Аустрији (Hohla и Gregor, 2011), Бугарској (Temniskova и сар., 2008), Великој Британији и Ирској (Stewart и сар., 1992; Brodie и сар., 2007; Kingston, 2012), Естонији (Lilleleht и сар., 2008), Литванији (Rašomavičius, 2007), Мађарској (Neméth, 2005), Норвешкој (Rueness и сар., 2006), Пољској (Siemińska, 1992), Словачкој (Gardavský и сар., 1995; Marhold и Hindák, 1998), Украјини (Palamar-Mordvintseva и Tsarenko, 2004), Финској (Koistinen, 2010; Hyvärinen и сар., 2019), Чешкој (Gardavský и сар., 1995), Швајцарској (Auderset и Schwarzer, 2012) и Шведској (Johansson и сар., 2010). Доступни литературни подаци указују на доминантну заступљеност пршљенчица и морских алги у овим Црвеним књигама и листама угрожених таксона у поређењу са осталим групама алги. Што се слатководних црвених алги тиче, процена њихових категорија угрожености је урађена у неким европским земљама (Siemińska, 1992; Marhold и Hindák, 1998; Temniskova и сар., 2008; Foerster и сар., 2018; Hyvärinen и сар., 2019), при чему таксони имају различите категорије угрожености. Слатководне мрке алге немају категорију угрожености ни у једној европској земљи.

У Србији су до сада објављене листа угрожених врста пршљенчица (Blaženčić и сар., 2006; Blaženčić, 2014; Marković и Trbojević, 2022) и прелиминарна листа угрожених црвених алги (Simić S. и Simić V., 2009; Simić V. и сар., 2011).

Прва прелиминарна процена категорија угрожености црвених алги у Србији урађена је 2007. године (Simić V. и сар., 2007), при чему је процена урађена за две врсте *B. atropurpurea* и *Th. hispida*. Додатно, на основу ESHIPPO модела извршена је и процена ризика изумирања и приоритет конзервације за ове врсте (Simić V. и сар., 2007). Резултати процене на основу IUCN критеријума су показали да су обе врсте критично угрожене (CR) у Србији, док је процена на основу ESHIPPO модела показала да је ниво ризика изумирања ових врста на подручју Србије умерен, па се стога врсте морају сукцесивно истраживати како би се, уколико буде потребно, на време предузеле адекватне мере заштите.

Две године касније извршена је процена категорија угрожености скоро свих до тада забележених врста црвених алги на подручју Србији (Simić S. и Simić V., 2009; Simić V. и сар., 2011). Једна врста је процењена као критично угрожена (CR), две врсте су процењене као угрожене (EN), једна врста је процењена као рањива (VU) (Табела 11), док су четири врсте сврстане у категорију готово угрожене (NT). Процена категорије угрожености за преостале до тада познате врсте није била могућа због непостојања довољно података за процену (Табела 11).

Табела 11. IUCN категорије угрожености црвених алги (Rhodophyta) у Србији (Simić S. и Simić V., 2009; Simić V. и сар., 2011)

Врста	IUCN категорија угрожености
<i>Thorea hispida</i>	CR B2b (i,ii,iii,iv)
<i>Bangia atropurpurea</i>	EN B1ab(iii,iv)+2b(iv)
<i>Paralemanea catenata</i>	EN B2b(ii,iii,iv)
<i>Paralemanea annulata</i>	VU B2b(i,ii,iii,iv)
<i>Audouinella chalybea</i>	NT
<i>Audouinella pygmaea</i>	NT
<i>Batrachospermum gelatinosum</i>	NT
<i>Lemanea fluviatilis</i>	NT
<i>Batrachospermum confusum</i>	DD
<i>Batrachospermum ectocarpum</i>	DD
<i>Batrachospermum turfosum</i>	DD
<i>Batrachospermum virgato-decaisneanum</i>	DD
<i>Riverina rivularis</i>	DD
<i>Batrachospermum cayennense</i>	NE

1.4.4. Заштита угрожених црвених и мрких алги у Србији

У Србији је, усвајањем Закона о заштити природе (Службени гласник РС, бр. 36/2009, 88/2010, 91/2010-исправка, 14/2016, 95/2018-други закон и 71/2021), добијен правни акт којим се прописује свеобухватна заштита биолошке разноврсности врста и станишта акватичних организама. У складу са овим Законом, а на основу прелиминарне процене категорија угрожености слатководних црвених алги (Simić S. и Simić V., 2009; Simić V. и сар., 2011) и процене категорија угрожености пршљенчица (Blaženčić и сар., 2006; Blaženčić, 2014), донет је Правилник о проглашењу и заштити строго заштићених и заштићених дивљих врста биљака, животиња и гљива (Службени гласник РС, бр. 5/2010, 47/2011, 32/2016 и 98/2016). У Прилогу 1 Правилника (члан 3 Правилника) налази се 10 врста строго заштићених слатководних црвених алги и 15 врста строго заштићених пршљенчица. У складу са чланом 4 овог Правилника, заштита ових врста спроводи се забраном коришћења, уништавања и/или предузимања свих активности које могу на било који начин угрозити њих и/или њихова станишта. Под заштитом се подразумева и предузимање мера и активности које се односе на управљање популацијама ових врста.

Све применљиве мере заштите слатководних црвених и мрких алги могу се сврстати у *in-situ* и *ex-situ* мере заштите. Заштита у *in-situ* условима подразумева очување изворних екосистема ових организама, као и очување, одржавање и опоравак популација ових угрожених врста у њиховим природним стаништима. На основу Закона (Службени гласник РС, бр. 36/2009, 88/2010, 91/2010-исправка, 14/2016, 95/2018-други закон и 71/2021) и Правилника о критеријумима вредновања и поступку категоризације заштићених подручја (Службени гласник РС, бр. 97/2015), издвојена су посебна подручја која имају изражену геолошку, биолошку, екосистемску и/или предеону разноврсност. Према подацима Завода за заштиту природе Србије из септембра месеца

2024. године, 8,66% територије Републике Србије обухваћено је неким степеном заштите у оквиру 473 заштићена подручја (<https://zzps.rs/централни-регистар-заштићених-приро/>). Заштићена подручја су према Закону (Службени гласник РС, бр. 36/2009, 88/2010, 91/2010-исправка, 14/2016, 95/2018-други закон и 71/2021) класификована у осам категорија: строги резерват природе, специјални резерват природе, национални парк, парк природе, предео изузетних одлика, споменик природе, заштићено станиште и резерват биосфере. Заштита ових подручја врши се спровођењем мера и активности у складу са чланом 35 Закона (Службени гласник РС, бр. 36/2009, 88/2010, 91/2010-исправка, 14/2016, 95/2018-други закон и 71/2021) и Уредбом о режимима заштите (Службени гласник РС, бр. 31/2012). Овим правним актима прописани су режими заштите, поступак и начин њиховог одређивања, као и забрањени или ограничени објекти, радови и активности. Режији заштите представљају скуп мера и услова којима се одређује начин и степен заштите, коришћења, уређења и унапређења заштићеног природног добра. У заштићеним природним подручјима успостављају се режими заштите I, II и III степена.

На основу литературних података објављених закључно са 2024. годином, а изузев објављених података који су резултат ове дисертације, црвене и мрке алге на подручју Србије су забележене у 22 заштићена подручја (Табела 12).

Осим у заштићеним природним подручјима, црвене алге забележене су и на подручјима која још увек немају званичан статус заштите на националном нивоу. То се пре свега односи на реку Велики Рзав (Simić V. и сар., 2021), чија заштита је у поступку.

Додатно, станишта црвених и мрких алги индиректно су заштићена Уредбом о еколошкој мрежи (Службени гласник РС, бр. 102/2010), кроз заштиту ИРА подручја (енгл. *Important Plant Areas*), ИВА подручја (енгл. *Important Bird Areas*), РВА подручја (енгл. *Prime Butterfly Areas*) и Емералд подручја. Тако су на стаништима у оквиру ИРА подручја (Службени гласник РС, бр. 102/2010) забележени представници *Batrachospermum sensu lato* и врсте *P. annulata*, *P. catenata* и *P. torulosa*. На стаништима у оквиру ИВА подручја (Службени гласник РС, бр. 102/2010), поред претходно поменутих врста забележене су и *L. fluvialis* и *Th. hispida*, док су на стаништима у оквиру РВА подручја (Службени гласник РС, бр. 102/2010) забележени представници групе *Batrachospermum sensu lato* и врсте *B. atropurpurea*, *R. rivularis*, *P. annulata*, *P. catenata* и *P. torulosa*.

Табела 12. Присуство црвених и мрких алги у заштићеним подручјима Србије (сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, РБ – резерват биосфере)

Таксон	Заштићено подручје	Литература
<i>Bangia atropurpurea</i>	СРП „Гоч-Гвоздац“	Obušković и Obušković, 1998
	НП „Копаоник“	Tomović и сар., 2024
	ПП „Сићевачка клисура“	Andrejić и сар., 2010
<i>Riverina rivularis</i>	СРП „Гоч-Гвоздац“	Tomović и сар., 2023
	ПП „Стара планина“	Tomović и сар., 2023
	ПИО „Клисура реке Градац“	Tomović и сар., 2023
	ПИО „Караш-Нера“	Trbojević и сар., 2024
<i>Audouinella chalybea</i>	СРП „Гоч-Гвоздац“	Obušković и Obušković, 1998
	СРП „Увац“	Obušković, 2002
	НП „Копаоник“	Laušević, 1992, 1993
	НП „Шара“	Urošević, 1996
	ПП „Сићевачка клисура“	Branković и сар., 2007
	ПП „Стара планина“	Obušković, 1993
	ПИО „Власина“	Nikitović и Laušević, 1999
<i>Audouinella pygmaea</i>	СП „Крупајско врело“	Simić S. и сар., 2016
	НП „Копаоник“	Laušević, 1992, 1993
	СП „Врело Млаве“	Simić S. и сар., 2016
<i>Batrachospermum sensu lato</i>	сРП „Барска река“	Simić S. и Đorđević, 2017a
	СРП „Засавица“	Simić V. и сар., 2007
	СРП „Увац“	Obušković, 2002
	НП „Копаоник“	Simić S. и Đorđević, 2017a
	ПП „Стара планина“	Simić S. и Ranković, 1998; Simić S., 2002
	ПИО „Клисура реке Градац“	Marinović, 1962a; Vodeničarov и сар., 1987; Veljić и Cvijan, 1993; Blaženčić и сар., 2000, 2002
	ПИО „Власина“	Košanin, 1908; Nikitović и Laušević, 1999
	СП „Борачки крш“	Simić S. и Đorđević, 2017a
	СП „Врело Млаве“	Janković и Janković, 1962; Vodeničarov и сар., 1987; Simić S. и Ranković, 1998, 2001; Blaženčić и сар., 2000; Simić S., 2002; Simić S. и сар., 2016
	СП „Грза“	Simić S. и Đorđević, 2017a
	СП „Крупајско врело“	Simić S. и сар., 2016
	СП „Крупачко врело“	Vodeničarov и сар., 1987
	СП „Петничка пећина“	Marinović, 1962a, б; Vodeničarov и сар., 1987; Blaženčić и сар., 2002

Табела 12. Наставак (сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, РБ – резерват биосфере)

Таксон	Заштићено подручје	Литература
<i>Lemanea fluviatilis</i>	ПП „Стара планина“	Simić S. и Ranković, 1998; Simić S., 2002; Blagojević и сар., 2017
<i>Paralemanea annulata</i>	ПП „Голија“	Sabovljević и сар., 2022
	ПП „Стара планина“	Simić S. и Đorđević, 20176; Sabovljević и сар., 2022
	ПАО „Долина Пчиње“	Simić V. и Simić S., 2003; Simić S. и Đorđević, 20176
	РБ „Голија-Студеница“	Sabovljević и сар., 2022
<i>Paralemanea catenata</i>	ПП „Сићевачка клисура“	Simić S. и Đorđević, 20176
	ПАО „Лептерија-Сокоград“	Simić S. и Đorđević, 20176
<i>Paralemanea torulosa</i>	ПП „Стара планина“	Tomović и сар., 2022
<i>Heribaudiella fluviatilis</i>	ПАО „Караш-Нера“	Trbojević и сар., 2024

Заштити црвених и мрких алги на подручју Србије доприноси и адекватно спровођење националне легислативе у области заштите вода. Доношењем Закона о водама (Службени гласник РС, бр. 30/2010, 93/2012, 101/2016, 95/2018 и 95/2018-др. закони) и, у складу са њим, одговарајућих Правилника, принципи интегрисаног мониторинга Оквирне директиве о водама (Directive 2000/60/EC) имплементирани су у национално законодавство. Један од главних циљева Оквирне Директиве (Directive 2000/60/EC) јесте да се имплементацијом одговарајућих програма мера постигне и одржи одговарајућа количина и квалитет површинских и подземних вода, чиме се обезбеђује одговарајући квалитет станишта слатководних црвених и мрких алги на подручју Србије.

Заштита угрожених врста алги у *ex-situ* условима подразумева низ поступака и метода за преношење, размножавање, гајење и очување врста ван њихових природних станишта, која су у многим случајевима уништена или у толикој мери деградирана да опстанак ових организама у њима није могућ. *Ex-situ* мере заштите примењују се када сви превентивни облици заштите угрожених врста не уроде плодом и када се бројност популација угрожених врста на природним стаништима смањи до те мере да падне на критичну границу ишчезавања.

Ex-situ мера заштите угрожених врста алги подразумева њихово гајење у културама *in-vitro*, у одговарајућим медијумима који имитирају услове животне средине у којима алга природно живи. Овај начин очувања алги значајан је са аспекта познавања биологије врсте, њене заштите, а пружа и могућност реинтродукција врста у природна станишта. У Европи постоји неколико великих колекција култура алги, како за морске тако и за слатководне алге (Paredes и сар., 2021; Yang и сар., 2021).

Као врло ефикасна *ex-situ* мера заштите алги, већ више деценија у свету се, са циљем чувања и одржавања култура алги, успешно користи криопрезервација. Криопрезервација као метода замрзавања ћелија, фрагмената или читавих талуса на веома ниским температурама (-196 °C) у присуству криопротектанта, омогућава дугорочно чување биолошког материјала са могућношћу повратка функционалности ћелија након одмрзавања. Алге чуване у колекцији методом криопрезервације играју важну улогу у очувању биодиверзитета, а доступне су за истраживање (добивање информација о таксономском идентитету, пореклу, биолошким карактеристикама) и

образовање (Paredes и сар., 2021; Yang и сар., 2021). Иако се криопрезервација деценијама користи за очување слатководних и морских микроалги, макроалге се тек од недавно чувају у културама (Paredes и сар., 2021). Доступни литературни подаци указују да је до сада нешто више од 30 врста морских алги успешно криопрезервирано, док се за велики број макроалги још увек ради на протоколима криопрезервације (Yang и сар., 2021). У већини колекција култура алги у Европи, САД-у, Јапану и Аустралији алге се још увек гаје у медијумима, при чему се спроводе напори за криопрезервацију ових алги (Paredes и сар., 2021; Yang и сар., 2021). Прегледом каталога на сајтовима постојећих великих колекција култура алги закључено је да се у овим колекцијама, од представника слатководних црвених и мрких алги, гаје једино црвене алге *B. atropurpurea* (CCAP, NORCCA, SAG и UTEX) и *R. rivularis* (CCAP, SAG и UTEX), и мрке алге *H. fluviatilis* и *P. fluviatile* (SAG).

Иако је 25 врста алги у Србији строго заштићено Правилником (Службени гласник РС, бр. 5/2010, 47/2011, 32/2016 и 98/2016), у поступку израде студија поводом проглашавања заштите подручја, али и приликом израда студија процене утицаја на животну средину и издавања услова Завода за заштиту природе Србије, за разлику од других биљних и животињских врста из Прилога 1 и 2 Правилника (Службени гласник РС, бр. 5/2010, 47/2011, 32/2016 и 98/2016), алге до сада нису коришћене. Прва студија у којој су као значајни елементи уважене и алге била је студија заштите „Специјалног резервата природе Велики Рзав” (Simić V. и сар., 2021; <https://ekologija.gov.rs/obavestenja/zastita-prirode/obavestenje-o-postupku-pokretanja-zastite-specijalnog-rezervata-prirode-veliki-rzav-novo>).

Министарство заштите животне средине од 2018. године финансира пројекте „Прибављање података и друге услуге у циљу наставка успостављања еколошке мреже у Републици Србији“, „Прибављање података и друге услуге у циљу успостављања еколошке мреже Европске уније NATURA 2000 као дела еколошке мреже Републике Србије“ и „Прибављање података и друге услуге у циљу наставка израде црвених листа појединачних група организама флоре, фауне и гљива у Републици Србији“, којима су обухваћене и слатководне алге. Ови пројекти резултирали су формирањем базе о свим досадашњим налазима строго заштићених врста алги из Правилника, Прилог 1 (Службени гласник РС, бр. 5/2010, 47/2011, 32/2016 и 98/2016), али и ретких и са аспекта заштите значајних врста алги за Србију, која је достављена Заводу за заштиту природе Србије, а која ће помоћи приликом издавања услова, мишљења и дозвола за било какве антропогене активности на или у непосредној близини станишта ових врста алги. Додатно, даља реализација претходно поменутих пројеката ресорног министарства подразумева израду Црвених листа и Црвене књиге алги у Србији, као једног од начина заштите ове групе организама и њихових станишта.

2. Циљеви истраживања

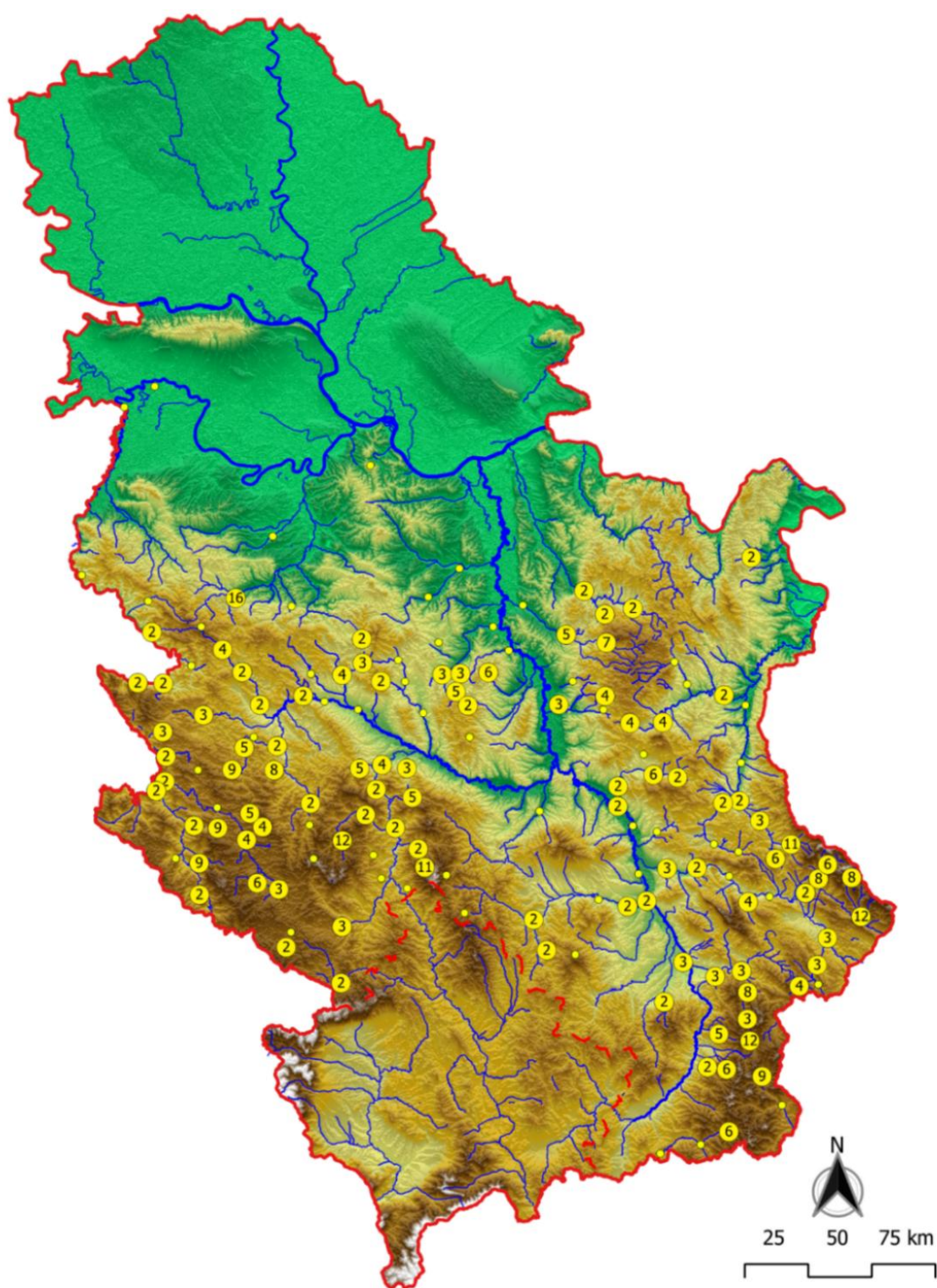
Узимајући у обзир све претходно наведено, дефинисани су следећи циљеви ове докторске дисертације:

- Утврђивање диверзитета црвених алги на подручју Србије;
- Утврђивање диверзитета мрких алги на подручју Србије;
- Утврђивање географске дистрибуције црвених и мрких алги на подручју Србије;
- Утврђивање вредности морфометријских, физичких и хемијских параметара станишта црвених и мрких алги и утврђивање најзначајнијих еколошких фактора који утичу на дистрибуцију ових група алги у акватичним екосистемима Србије;
- Утврђивање структуре заједница црвених и мрких алги са другим макроскопским агрегацијама алги на истраживаним локалитетима;
- Утврђивање главних фактора угрожавања црвених и мрких алги и њихових станишта на подручју Србије;
- Процена категорија угрожености црвених и мрких алги на подручју Србије према критеријумима IUCN-а;
- Формирање Црвене листе црвених и мрких алги на подручју Србије;
- Модификација основног модела ESHIPPO прилагођавањем параметара модела за примену на популације слатководних макроалги;
- Процена ризика од изумирања и приоритета конзервације црвених и мрких алги на локалном нивоу применом модификованог модела ESHIPPO;
- Предлагање мера заштите и очувања црвених и мрких алги и њихових станишта на подручју Србије.

3. Материјал и методе

3.1. Преглед истраживаних локалитета

Истраживања црвених и мрких алги на подручју Србије спроведена су од априла месеца 2017. до јуна месеца 2024. године на укупно 454 локалитета на подручју Србије (Слика 7, Табела 13), при чему су Врело Млаве и Крупајско врело истраживани у периоду од 2014. до 2024. године. Овом приликом сакупљено је укупно 2711 узорак алги. На Слици 7 приказана је мапа посећених локалитета. Кружићи без бројева представљају појединачне локалитете, док кружићи у којима се налазе бројеви представљају подручје на коме су локалитети блиско постављени. Бројеви у кружићима означавају број блиских локалитета у овиру подручја. Списак локалитета, са подацима о њиховом географском положају и степену заштите, приказан је у Табели 13. Локалитети су груписани по регионима Србије према Marković (1970), док су у оквиру региона поређани азбучним редом. Сваки локалитет посећен је најмање два, а највише шест пута током осмогодишњег истраживања. Локалитети су одабрани у односу на геоморфолошке карактеристике локалитета на којима су претходно забележене црвене алге у Србији. Истовремено са истраживањем на новим локалитетима, прегледани су и доступни литературни подаци са циљем да се провери стање до сада познатих популација. Овим истраживањима били су обухваћени екосистеми који се налазе у границама заштићених природних подручја (строги резерват природе, специјални резерват природе, национални парк, споменик природе, предео изузетних одлика, парк природе и резерват биосфере, Емералд подручја, ИРА, ИВА и РВА подручја), као и екосистеми изван граница заштићених природних подручја (Табела 13). Приказ типова станишта дат је према Lakušić и сарадницима (2022).



Слика 7. Географски положај истраживаних локалитета (2014.-2024. год.)

Табела 13. Списак истраживаних локалитета (р. бр. – редни број локалитета; сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, РБ – резерват биосфере, Е – Емералд подручје, ИРА – значајно подручје за биљке, ИВА – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

р. бр.	Локалитет	Северна географска ширина (N)	Источна географска дужина (E)	Надморска висина (m)	Заштита подручја
Источна Србија					
1.	Арнаута (Бољевац)	43.83261	21.95775	263	/
2.	Алдиначка река	43.52251	22.36531	349	/
3.	Бели Тимок (Минићево)	43.684528	22.276694	198	/
4.	Бели Тимок (Бурдаци)	43.881667	22.297611	130	/
5.	Безимени поток у Арбињу	43.316467	22.795937	1333	сРП Е ИРА ИВА РВА
6.	Безимени поток уз Грзу	43.894435	21.641479	386	СП
7.	Бигар поток (извор)	43.344889	22.439361	537	ПП Е ИРА ИВА РВА
8.	Бигар поток (манастир Светог Онуфрија)	43.347654	22.440183	429	
9.	Бигар поток (седрене баријере)	43.348495	22.440318	497	
10.	Бигар поток (узводно од водопада Бигар)	43.354701	22.443031	458	
11.	Височица (Доњи Криводол)	43.101321	22.935149	813	ПП Е ИРА ИВА РВА
12.	Височица (Изатовци)	43.119113	22.881771	761	
13.	Височица (Славиња)	43.145571	22.843612	723	
14.	Височица (Височка Ржана)	43.154095	22.80981	705	
15.	Височица (Рсовци)	43.172791	22.777658	673	
16.	Височица (Паклештица)	43.204522	22.745744	546	
17.	Височица (доњи ток)	43.294667	22.613138	511	СП
18.	Вратна (кањон)	44.384678	22.309895	257	
19.	Вратна (код манастира Вратна)	44.382112	22.340205	190	
20.	Врмцанска река (код ресторана)	43.713542	21.815188	446	
21.	Голема река (Црни Врх)	43.395611	22.605222	905	ПП Е ИРА ИВА РВА
22.	Гостушка река (Гостуша)	43.255103	22.694641	574	ПП
23.	Грза (извор)	43.900377	21.652976	431	СП
24.	Грза (резервоар)	43.898267	21.648711	412	
25.	Грза (колиба „Грза“)	43.866186	21.625284	320	/
26.	Грза (доњи ток)	43.865281	21.470011	158	/
27.	Дабицин поток (Копрен)	43.304962	22.832919	1843	ПП Е ИРА ИВА РВА
28.	Дабицин поток (горњи ток)	43.299845	22.828367	1784	ИВА РВА

Табела 13. Наставак (р. бр. – редни број локалитета; сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, РБ – резерват биосфере, Е – Емералд подручје, ИРА – значајно подручје за биљке, ИВА – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

р. бр.	Локалитет	Северна географска ширина (N)	Источна географска дужина (E)	Надморска висина (m)	Заштита подручја
29.	Дебештичка река (доњи ток)	43.40293	22.52261	516	ПП Е ИРА ИВА РВА
30.	Добродолска река (Зебице)	43.210373	22.611832	582	/
31.	Дојкиначка река (Арбиње)	43.308202	22.788624	1276	сРП Е ИРА ИВА РВА
32.	Дојкиначка река (узводно од водопада Тупавица)	43.272961	22.769369	972	ПП Е ИРА ИВА РВА
33.	Дојкиначка река (Чедина чесма)	43.259764	22.774184	960	
34.	Дојкиначка река (узводно од планинарског дома)	43.250556	22.775722	924	
35.	Дојкиначка река (Брлог)	43.200773	22.806955	808	
36.	Дојкиначка река (низводно од мотела Врело)	43.177803	22.827353	751	
37.	Засковачка река (горњи ток)	43.32117	22.62089	719	ПП Е ИРА ИВА РВА
38.	Засковачка река (доњи ток)	43.31511	22.63839	602	СП Е ИВА
39.	Злотска река (код Лазареве пећине)	44.028958	21.961568	305	/
40.	Злотска река (Сумраковац)	43.952629	22.021528	216	ПП Е ИРА ИВА РВА
41.	Јаворска река (1 km низводно од Чунгуљског водопада)	43.349321	22.729836	902	ПП Е ИРА ИВА РВА
42.	Јаворска река (200 m узводно од дрвеног viseћег моста)	43.339671	22.682063	732	
43.	Јањска река (горњи ток)	43.437212	22.515187	724	ПП Е ИРА ИВА РВА
44.	Јањска река (Равно Бучје)	43.416509	43.416509	549	ПП Е ИРА ИВА РВА
45.	Јањска река (Јања)	43.410044	22.514388	511	
46.	Јеловичка река (излетиште Врело)	43.182825	22.831657	749	ПП Е ИРА ИВА РВА

Табела 13. Наставак (р. бр. – редни број локалитета; сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, РБ – резерват биосфере, Е – Емералд подручје, ИРА – значајно подручје за биљке, ИВА – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

р. бр.	Локалитет	Северна географска ширина (N)	Источна географска дужина (E)	Надморска висина (m)	Заштита подручја
47.	Јеловичко врело	43.183384	22.833397	791	ПП Е ИРА ИВА РВА
48.	Јужна Морава (Тешица)	43.46813	21.764366	172	/
49.	Јужна Морава (Глоговица)	43.513488	21.737748	162	/
50.	Јужна Морава (Бобовиште)	43.556236	21.648891	157	/
51.	Каменичка река (Браћевци)	43.126221	22.878204	767	ПП
52.	Крупајско врело	44.183349	21.609188	245	СП
53.	Крупачко врело	43.104806	22.690475	401	СП
54.	Лисинска река (извор)	44.104494	21.641001	404	СП
55.	Лисинска река (код водопада Велики Бук)	44.100872	21.639318	381	СП
56.	Лисинска река (узводно од ушћа у Ресаву)	44.094804	21.632932	353	/
57.	Луковско врело	43.804648	21.763575	352	/
58.	Мали извор уз реку Градац	44.23447	19.86461	247	ПИО Е
59.	Мало врело	44.090486	21.58727	344	/
60.	Милива (извор)	44.136945	21.435715	234	/
61.	Милива (излетиште Миливска клисура)	44.136325	21.43568	229	/
62.	Мировштица (извор)	43.795713	21.903359	399	/
63.	Мировштица (код етно хотела Балашевић)	43.812586	21.886045	317	/
64.	Млава (извор)	44.191675	21.783797	314	СП
65.	Млава (Тршка црква)	44.229167	21.747056	275	/
66.	Млава (село Рибаре)	44.1975	21.65525	233	/
67.	Млава (манастир Горњак)	44.264867	21.54431	189	/
68.	Млава (код пастрмског ребњака)	44.274898	21.524715	172	/
69.	Нишава (ушће Јерме)	43.06662	22.68504	415	/
70.	Нишава (Бело Поље)	43.07185	22.681514	411	/
71.	Нишава (Чифлик)	43.223835	22.411147	312	/
72.	Нишава (Бела Паланка)	43.23263	22.316462	287	/
73.	Нишава (Сићевачка клисура)	43.334332	22.083704	250	ПП Е ИРА ИВА РВА
74.	Нишава (Просек)	43.311987	22.052008	242	ИВА РВА
75.	Нишава (Ниш)	43.320448	21.94933	200	/
76.	Нишава (Ниш код ДИС-а)	43.321793	21.93905	198	/
77.	Нишава (Ниш, стари мост)	43.321133	21.890594	191	/

Табела 13. Наставак (р. бр. – редни број локалитета; сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, РБ – резерват биосфере, Е – Емералд подручје, ИРА – значајно подручје за биљке, ИВА – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

р. бр.	Локалитет	Северна географска ширина (N)	Источна географска дужина (E)	Надморска висина (m)	Заштита подручја
78.	Пиљски водопад	43.329562	22.72201	1177	ПП Е ИРА ИВА РВА
79.	Раваница (Сење)	43.962855	21.480549	203	/
80.	Раваница (Ћуприја)	43.924263	21.392629	142	/
81.	Равнобучка река (доњи ток)	43.416998	22.520072	563	ПП Е ИРА ИВА РВА
82.	Радовањска река (300 m узводно од ушћа у Црни Тимок)	43.848606	21.878984	280	/
83.	Ракитска река (Топли До)	43.343217	22.677865	734	ПП Е ИРА ИВА РВА
84.	Ресава (горњи ток)	44.08475	21.674444	448	/
85.	Ресава (узводно од ушћа Лисинске реке)	44.08638	21.671253	364	/
86.	Ресава (низводно од ушћа Лисинске реке)	44.095219	21.630875	351	/
87.	Ресава (црква Св. Јована Златоустог)	44.106936	21.486387	253	/
88.	Ресава (манастир Манасија)	44.100398	21.464933	208	/
89.	Ресава (Милива)	44.126885	21.4246	172	/
90.	Ресава (Луковица)	44.221602	21.245015	109	/
91.	Рипаљка (низводно од водопада)	43.625324	21.853734	441	СП ИРА
92.	Росомачка река (лонци)	43.153181	22.856651	775	ПП
93.	Росомачка река (узводно од ушћа у Височицу)	43.143872	22.847792	737	ПП Е ИРА ИВА РВА
94.	Сврљешки Тимок (Сврљиг)	43.405284	22.148278	378	/
95.	Сврљешки Тимок (Лозан)	43.378954	22.264379	643	/
96.	Сврљешки Тимок (Подвис)	43.544175	22.184673	242	/
97.	Сврљешки Тимок (Ргоште)	43.547671	22.198201	233	/
98.	Сврљешки Тимок (Књажевац)	43.570125	22.256367	217	/
99.	Сокобањска Моравица (извор)	43.630005	21.992004	414	/

Табела 13. Наставак (р. бр. – редни број локалитета; сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, РБ – резерват биосфере, Е – Емералд подручје, ИРА – значајно подручје за биљке, ИВА – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

р. бр.	Локалитет	Северна географска ширина (N)	Источна географска дужина (E)	Надморска висина (m)	Заштита подручја
100.	Сокобањска Моравица (горњи ток)	43.637573	21.960302	369	/
101.	Сокобањска Моравица (излетиште Лептерија)	43.63636	21.888098	322	СП
102.	Сокобањска Моравица (плажа „Шест каце“)	43.640309	21.881231	318	/
103.	Сокобањска Моравица (плажа „Жупан“)	43.641953	21.883259	315	/
104.	Сокобањска Моравица (Соко Бања)	43.652814	21.864038	289	/
105.	Сокобањска Моравица (узводно од акумулације Бован)	43.662599	21.80068	265	/
106.	Сокобањска Моравица (низводно од акумулације Бован)	43.624646	21.694364	217	/
107.	Сокобањска Моравица (село Краљево)	43.581682	21.694932	185	/
108.	Стањанска река (код водопада Бигар)	43.354768	22.443415	456	/
109.	Стањанска река (Стањинац)	43.37724	22.428592	408	/
110.	Темштица (горњи ток)	43.296894	22.610648	510	ПП
111.	Темштица (мртвачки мост)	43.297273	22.607376	504	Е
112.	Темштица (излетиште Криви вир)	43.263317	22.550843	393	ИРА ИВА РВА
113.	Топли извор „Врело“	43.823833	21.746861	365	/
114.	Топлодолска река (Топли До)	43.335427	22.668165	701	ПП
115.	Топлодолска река (низводно од ушћа Засковачке реке)	43.31144	22.63789	592	Е ИРА ИВА РВА
116.	Топлодолска река (доњи ток)	43.29861	22.61183	505	РВА
117.	Топоничка река (Бања Топила)	43.447951	21.878891	264	/
118.	Три кладенца (водопад)	43.31108	22.825695	1703	ПП Е ИРА ИВА РВА
119.	Трговишки Тимок (Балта Бериловац)	43.394407	22.484138	415	/
120.	Трговишки Тимок (Иново)	43.408748	22.441483	372	/
121.	Трговишки Тимок (улазак у клисуру Коренатац)	43.459972	22.389096	323	/
122.	Трговишки Тимок (Бараница)	43.536856	22.281853	241	/
123.	Трговишки Тимок (Горња Каменица код гробља)	43.473028	22.342389	331	/

Табела 13. Наставак (р. бр. – редни број локалитета; сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, РБ – резерват биосфере, Е – Емералд подручје, ИРА – значајно подручје за биљке, ИВА – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

р. бр.	Локалитет	Северна географска ширина (N)	Источна географска дужина (E)	Надморска висина (m)	Заштита подручја
124.	Ћуштичка река (Ћуштица)	43.376155	22.51403	489	ПП Е
125.	Ћуштичка река (Балта Бериловац)	43.393344	22.488212	426	ИРА ИВА РВА
126.	Црни Тимок (извор)	43.826057	21.747439	329	/
127.	Црни Тимок (излетиште Пећура)	43.825814	21.747898	375	/
128.	Црни Тимок (Гамзиградска Бања)	43.926389	22.181278	161	/
129.	Црни Тимок (Звездан)	43.904222	22.210278	143	/
130.	Црница (извор)	43.95518	21.590449	377	/
131.	Црница (Параћин)	43.860628	21.380896	160	/
132.	Црновршка река (водопад Бобук)	43.41588	22.54596	621	ПП
133.	Црновршка река (узводно од ушћа у Трговишки Тимок)	43.396844	22.492614	432	ПП Е ИРА ИВА РВА
Јужна Србија					
134.	Барска река (излетиште Барска река)	43.297917	20.763	1329	НП Е ИРА ИВА РВА
135.	Безимени поток на Копаонику	43.320775	20.799892	1102	НП Е ИРА ИВА РВА
136.	Безимени извор на Власини удаљен 100 m од извора Свети Никола	42.728057	22.31723	1415	ПИО Е
137.	Безимени извор на Власини удаљен 1 km од извора Свети Никола	42.732910	22.316267	1409	ИРА ИВА РВА
138.	Божичка река (Божица)	42.618611	22.400667	1038	/
139.	Божички канал (ушће у Власинску акумулацију)	42.679111	22.350583	1212	ПИО Е ИРА ИВА РВА
140.	Варденичка река (горњи ток)	42.603118	22.233014	1071	/
141.	Ветерница (Лесковац, код Хемијске школе)	42.984379	21.948445	230	/

Табела 13. Наставак (р. бр. – редни број локалитета; сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, ПИО – предео

изузетних одлика, СП – споменик природе, РБ – резерват биосфере, Е – Емералд подручје, ИРА – значајно подручје за биљке, ИВА – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

Р. бр.	Локалитет	Северна географска ширина (N)	Источна географска дужина (E)	Надморска висина (m)	Заштита подручја
142.	Власина (низводно од бране)	42.751211	22.326293	1197	/
143.	Власина (5 km низводно од Власинске акумулације)	42.782717	22.319789	1189	/
144.	Власина	42.769182	22.316342	1185	/
145.	Власина (Црна Трава)	42.808554	22.299481	974	/
146.	Власина (Брод)	42.848959	22.284556	856	/
147.	Власина (Крстићево)	42.868007	22.289531	814	/
148.	Власина (Добро поље)	42.883476	22.300429	753	/
149.	Власина (пастрмски рибњак)	42.852611	22.283917	730	/
150.	Власина (Састав река)	42.902162	22.345626	562	/
151.	Власина (Доње Гарје)	42.937414	22.3062	391	/
152.	Власина (Тегошница)	42.948507	22.306035	361	/
153.	Власина (Свође)	42.974831	22.26417	317	/
154.	Власина (Бољаре)	42.966115	22.166097	276	/
155.	Власина (Власотинце)	42.961657	22.142808	268	/
156.	Власина (ушће у Јужну Мораву)	42.998425	22.03083	226	/
157.	Врла	42.692929	22.228893	637	/
158.	Вунева (100 m узводно од ушћа у Масуричку реку)	42.612972	22.221167	889	/
159.	Вучјанка (Поречје)	42.856334	21.914234	273	/
160.	Вучјанка (Вучје)	42.862779	21.91174	194	/
161.	Гарваница (1 km низводно од водозавхвата)	42.748821	22.186753	718	/
162.	Гарваница (код пастрмског рибњака Мачкатица)	42.752054	22.181917	690	/
163.	Гарваница (1 km низводно од машинске зграде)	42.754529	22.168853	646	/
164.	Гобелска река (узводно од МХЕ Ђорђевићи)	43.362528	20.821056	1020	НП Е
165.	Гобелска река (низводно од МХЕ Ђорђевићи)	43.364517	20.819704	1008	ИРА ИВА РВА
166.	Градишка река (500 m узводно ушћа у Масуричку реку)	42.613992	22.221978	898	/
167.	Градска река (Састав река)	42.902111	22.346194	544	/
168.	Дејанова река (Божица)	42.625872	22.401213	1097	/
169.	Драгански поток	43.31331	20.78517	1508	НП Е ИРА ИВА РВА
170.	Драговштица (Босилеград)	42.499939	22.470293	733	/

Табела 13. Наставак (р. бр. – редни број локалитета; срП – строги резерват природе, срП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, РБ – резерват биосфере, Е – Емералд подручје, ИРА –

значајно подручје за биљке, ИВА – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

Р. бр.	Локалитет	Северна географска ширина (N)	Источна географска дужина (E)	Надморска висина (m)	Заштита подручја
171.	Извор Бела Вода	42.736056	22.272778	1589	ПАО Е ИРА ИВА РВА
172.	Извор Орловац	42.736194	22.275694	1611	ПАО Е ИРА ИВА РВА
173.	Извор код Беле Паланке	43.21907	22.31505	288	/
174.	Извор Свети Никола	42.727044	22.318	1416	ПАО Е ИРА ИВА РВА
175.	Јелашница (узводно од бране старе МХЕ)	42.632472	22.1185	433	/
176.	Јелашница (низводно од бране старе МХЕ)	42.63254	22.11622	411	/
177.	Јерма (Власи)	42.997203	22.636273	470	СРП
178.	Јерма (Поганово)	42.979272	22.638412	660	Е ИРА ИВА РВА
179.	Јерма (Петачинци)	42.920497	22.641796	606	ИРА ИВА РВА
180.	Јошаница (Јошаничка бања)	43.38884	20.749179	635	/
181.	Јужна Морава (Гариње)	42.790222	22.090500	293	/
182.	Јужна Морава (низводно од ушћа Власине)	43.009261	22.028987	224	/
183.	Јужна Морава (Мрамор)	43.302571	21.791612	182	/
184.	Казановско бачиште	43.31331	20.78561	1561	НП Е ИРА ИВА РВА
185.	Козарнички поток (200 m узводно од ушћа у Масуричку реку)	42.644920	22.182403	703	/
186.	Колуничка река (Божица)	42.626096	22.402096	1097	/
187.	Коритничка река (узводно од акумулације Дивљана)	43.178581	22.304607	349	/
188.	Коритничка река (низводно од акумулације Дивљана)	43.191158	22.303794	331	/

Табела 13. Наставак (р. бр. – редни број локалитета; СРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, ПАО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, РБ – резерват биосфере, Е – Емералд подручје, ИРА – значајно подручје за биљке, ИВА – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

Р. бр.	Локалитет	Северна географска ширина (N)	Источна географска дужина (E)	Надморска висина (m)	Заштита подручја
189.	Лисинска река (НП Копаоник)	43.269194	20.785553	1402	НП Е ІРА ІВА РВА
190.	Лисинска река (изнад села Горња Лисина)	42.573654	22.351628	1029	/
191.	Лисинска река (село Горња Лисина)	42.563665	22.35909	1015	/
192.	Лисинска река (узводно од улива у Лисинско Језеро)	42.555152	22.372142	989	/
193.	Ломничка река	43.51821	21.32357	176	/
194.	Лужница (Свође)	42.975404	22.264455	328	/
195.	Манојловића поток	42.732839	22.332699	1222	ПАО Е ІРА ІВА РВА
196.	Масуричка река (клисура)	42.613472	22.220278	887	/
197.	Масуричка река (Масурица 1)	42.659738	22.169792	589	/
198.	Масуричка река (Масурица 2)	42.669070	22.164050	545	/
199.	Мечкино кладенче	42.986028	22.635306	496	/
200.	Мурина река (ПАО Власина)	42.690894	22.3765	1354	ПАО Е ІРА ІВА РВА
201.	Проломска река (Велико Пупавце)	43.03753	21.37581	507	ПП Е РВА
202.	Проломска река (Рударе)	43.039367	21.338267	439	РВА
203.	Проселачка река (Радовница)	42.41395	22.22891		/
204.	Пуста река (Божица)	42.614016	22.398696	1094	/
205.	Пчиња (манастир Прохор Пчињски)	42.330859	21.894806	448	ПАО Е ІРА ІВА
206.	Растовничка река (низводно од бране Растовничког језера)	43.214138	21.602742	268	/
207.	Рекитска река (горњи ток)	42.894138	22.520379	1066	/
208.	Рекитска река (узводно од села Ракита)	42.916104	22.543556	854	/
209.	Рекитска река (Ракита)	42.917666	22.567533	757	/
210.	Рекитска река (Звонце)	42.929369	22.576437	667	/

Табела 13. Наставак (р. бр. – редни број локалитета; сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, ПАО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, РБ – резерват биосфере, Е – Емералд подручје, ІРА – значајно подручје за биљке, ІВА – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

Р. бр.	Локалитет	Северна географска ширина (N)	Источна географска дужина (E)	Надморска висина (m)	Заштита подручја
211.	Рипивода (водопад)	43.024028	21.492944	937	ПП РА РВА
212.	Рупска река	42.914881	22.154971	622	/
213.	Самоковска река (Кадијевац)	43.320908	20.760988	1412	НП Е РА ВА РВА
214.	Самоковска река (300 m низводно од водозавата МХЕ)	43.325278	20.761611	1408	
215.	Самоковска река (код водовода)	43.330491	20.762212	1386	
216.	Самоковска река (Ђоров мост)	43.357372	20.74241	997	
217.	Самоковска река (ушће у Јошаницу)	43.387937	20.750159	652	
218.	Тегошница (Тегошница)	42.948974	22.30685	389	/
219.	Топлица (узводно од улива Бањске реке)	43.137681	21.276964	354	/
220.	Топлица (Житорађа)	43.193914	21.710075	215	/
221.	Топлица (Орљански мост)	43.204332	21.830001	195	/
222.	Топлица (Дољевац)	43.213254	21.830273	194	/
223.	Топлица (6 km низводно од Куршумлије)	43.151324	21.313912	333	/
224.	Топлица (Јасеница)	43.186965	21.768782	203	/
225.	Топлодолска река (узводно од ушћа Плешевице)	42.617575	22.343232	1299	/
226.	Топлодолска река (Топли Дол)	42.608065	22.356243	1235	/
227.	Трипушница (Радовница)	42.413737	22.227941	940	/
228.	Трипушница (Горњи Стајевац)	42.405033	22.198589	901	/
229.	Трипушница (Доњи Стајевац)	42.393742	22.145661	821	/
230.	Трипушница (Трговиште)	42.362161	22.085909	633	/
231.	Цветкова река (узводно од ушћа у Власинско језеро)	42.746308	22.322375	1231	ПИО
232.	Црна река (Црна Река)	42.402473	22.284181	1218	/
233.	Црна река (Радовница)	42.414338	22.228808	946	/
234.	Чемерница (горњи ток)	42.739076	22.297212	1418	ПИО Е РА ВА РВА
235.	Чемерница (Црна Трава)	42.807948	22.299487	998	/
236.	Шаовица (Делнице)	42.689188	22.316537	1139	ПИО Е РА ВА РВА
237.	Штавска река (Штава)	43.167873	20.96871	852	/

Табела 13. Наставак (р. бр. – редни број локалитета; сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, РБ – резерват биосфере, Е – Емералд подручје, РА – значајно подручје за биљке, ВА – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

Р. бр.	Локалитет	Северна географска ширина (N)	Источна географска дужина (E)	Надморска висина (m)	Заштита подручја
Југозападна Србија					
238.	Безимени поток у Ојковици	43.511607	19.897025	902	СРП
239.	Безимени поток у Рошкој бањи	43.77253	19.972065	471	/
240.	Безимени поток у Штиткову	43.482293	19.988987	1088	/
241.	Бистрица (Дражевићи)	43.461637	19.762912	770	/
242.	Бистрица (узводно од машинске зграде МХЕ Црквина)	43.470083	19.706306	721	/
243.	Бистрица (низводно од машинске зграде МХЕ Речица)	43.466639	19.672806	695	/
244.	Брвеница	43.428139	20.456306	1032	РБ Е ІРА ІВА РВА
245.	Бревина (Рудно, излетиште)	43.428139	20.456306	1021	РБ Е ІРА ІВА РВА
246.	Бресничка река	43.583139	20.551806	428	/
247.	Брзећка река (Брзеће)	43.298225	20.883427	1011	/
248.	Брусничка река (Брусник)	43.389936	20.358848	778	РБ
249.	Брусничка река (узводно од ушћа Дајићке реке)	43.404481	20.362296	929	Е ІРА
250.	Брусничка река (1 km узводно од ушћа у Студеницу)	43.416889	20.370306	745	ІВА РВА
251.	Вапа (врело)	43.130345	20.129587	1159	/
252.	Вапа (Драгојловиће)	43.237355	20.095914	1023	/
253.	Вапа (Богути)	43.27341	20.07446	1002	/
254.	Велики Рзав (Мочиоци)	43.55428	19.952557	829	/
255.	Велики Рзав (Височка бања)	43.630655	19.922429	677	/
256.	Велики Рзав (низводно од ушћа Катушнице)	43.645489	19.9124	609	/
257.	Велики Рзав (Гуреша)	43.702186	19.932981	517	/
258.	Велики Рзав (Кљештине-Роге)	43.763608	19.979541	389	/
259.	Вељушница (ушће у Увачко језеро)	43.36825	19.909722	992	СРП Е ІВА РВА
260.	Вештачки канал поред Милешевке	43.365667	19.724889	586	/
261.	Вучијска чесма	43.47872	19.80919	1196	/
262.	Гокчаница	43.4526	20.668861	335	СРП

Табела 13. Наставак (р. бр. – редни број локалитета; СРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, РБ – резерват биосфере, Е – Емералд подручје, ІРА – значајно подручје за биљке, ІВА – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

Р. бр.	Локалитет	Северна географска ширина (N)	Источна географска дужина (E)	Надморска висина (m)	Заштита подручја
263.	Голијска река (Дајићи)	43.355212	20.254939	1416	РБ Е ИРА ИВА РВА
264.	Голијска Моравица (римски мост)	43.470781	20.235377	646	/
265.	Голијска Моравица (између Ивањице и Међуречја)	43.55621	20.254787	502	/
266.	Голијска Моравица (манастир Клисура)	43.6685	20.101556	392	/
267.	Голијска Моравица (низводно од бране МХЕ Брусник)	43.669833	20.12425	386	/
268.	Голијска Моравица (клисура)	43.668722	20.116972	382	/
269.	Голијска Моравица (Ариље бент)	43.74149	20.11068	330	/
270.	Гостиљска река (изнад водопада)	43.656215	19.836754	785	ПП Е ИРА РВА
271.	Гостиљска река (водопади)	43.656902	19.838604	780	ИРА РВА
272.	Грабовица (извор)	43.248212	19.990784	1054	/
273.	Грабовица (Сјеница)	43.251964	19.999337	1022	/
274.	Грабовица (500 m узводно од ушћа у Вапу)	43.298749	20.023214	990	/
275.	Градачка река (Градачка Бања)	43.367286	20.537722	509	ПП Е ИРА ИВА РВА
276.	Грачаница (горњи ток код старе хидроелектране)	43.30236	19.66881	478	/
277.	Грачаница (Пријеполје)	43.312509	19.687648	431	/
278.	Дајићка река (код цркве)	43.397995	20.326382	966	РБ Е ИРА ИВА РВА
279.	Дајићка река (Девићи)	43.410381	20.336568	932	ИРА ИВА РВА
280.	Ђерекарска река (извор)	43.44312	20.4115	1291	СРП
281.	Ђерекарска река (Ђерекаре)	43.021236	20.170276	1188	Е ИРА ИВА РВА
282.	Ђерекарска река (50 m узводно од Пештерског језера)	43.07662	20.08061	1152	ИРА ИВА РВА
283.	Ђетиња (кањон)	43.852661	19.824176	436	/
284.	Ђетиња (низводно од акумулације Врутци)	43.851346	19.718003	577	/

Табела 13. Наставак (р. бр. – редни број локалитета; СРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, РБ – резерват биосфере, Е – Емералд подручје, ИРА – значајно подручје за биљке, ИВА – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

Р. бр.	Локалитет	Северна географска ширина (N)	Источна географска дужина (E)	Надморска висина (m)	Заштита подручја
285.	Ђетиња (Стапарска бања)	43.842484	19.749524	530	/
286.	Ђурђевица (извор)	43.101431	20.147975	1095	СРП Е ІРА ІВА РВА
287.	Златарска река (Златар)	43.438884	19.805840	1097	РВА
288.	Златарска река (Дражевићи)	43.445690	19.792881	934	
289.	Злошница (горњи ток)	43.443401	19.85188	1004	/
290.	Злошница (средњи ток)	43.472239	19.837069	920	/
291.	Злошница (доњи ток)	43.482286	19.828081	905	/
292.	Ибар (Шпиљани)	42.916707	20.347924	789	/
293.	Ибар (Милијина глава)	42.933194	20.421528	758	/
294.	Ибар (Матарушка бања)	43.694081	20.596717	249	/
295.	Ибар (Богutowaц)	43.654751	20.562574	234	/
296.	Ибар (Прогорелица)	43.676398	20.573873	216	/
297.	Ибар (Матаруге)	43.68394	20.581093	212	/
298.	Изубра (горњи ток)	43.422893	20.416815	1003	РБ Е ІРА ІВА РВА
299.	Изубра (кањон)	43.42275	20.428917	983	ІРА ІВА РВА
300.	Јамска река	43.531729	19.770950	810	/
301.	Катушница (ушће Гостиљске реке)	43.65722	19.838781	762	/
302.	Катушница (Дренова)	43.645231	19.864475	675	/
303.	Катушница (Висока)	43.644358	19.898486	645	/
304.	Кладница (извор)	43.421028	20.05175	1106	/
305.	Кладница (ушће у Увачко језеро)	43.400148	19.985768	1032	СРП
306.	Комаранска река (Равче поље, Бродарево)	43.233604	19.705156	518	/
307.	Лим (Бродарево)	43.226908	19.724417	498	/
308.	Лим (Прибој)	43.575049	19.530462	397	/
309.	Лопатница (Оаза мира Лопатница)	43.679415	20.502439	310	/
310.	Лопатница (Богutowaц)	43.669439	20.530764	270	/
311.	Магличка река (Маглич)	43.601953	20.550556	255	/
312.	Мали Рзав (ушће у Велики Рзав)	43.741117	20.05429	360	/
313.	Марића река (Негбина)	43.530914	19.798895	848	/
314.	Милешевка (код рибњака)	43.366222	19.721361	571	/
315.	Милешевка (узводно од манастира Милешева)	43.368749	19.713712	560	/
316.	Милешевка (низводно од манастира Милешева)	43.371132	19.708306	551	/

Табела 13. Наставак (р. бр. – редни број локалитета; СРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, РБ – резерват биосфере, Е – Емералд подручје, ІРА – значајно подручје за биљке, ІВА – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

Р. бр.	Локалитет	Северна географска ширина (N)	Источна географска дужина (E)	Надморска висина (m)	Заштита подручја
317.	Ношница (Међуречје)	43.533988	20.225981	531	/
318.	Пањица (извор)	43.650583	20.03449	643	/
319.	Пањица (код водопада)	43.651111	20.034361	636	/
320.	Пањица (кањон Л1)	43.650971	20.034297	621	/
321.	Пањица (кањон Л2)	43.651689	20.034463	608	/
322.	Пањица (кањон Л3)	43.65986	20.078193	599	/
323.	Приштавица (узводно од водозавхата МХЕ Вране)	43.742472	19.915167	662	/
324.	Приштавица (низводно од водозавхата МХЕ Вране)	43.742528	19.915444	650	/
325.	Приштавица (село Равни)	43.727825	19.890138	570	/
326.	Приштавица (код Стопића пећине)	43.704157	19.852821	756	/
327.	Ратајска река (у близини манастира Пустиња)	43.35619	19.60242	687	/
328.	Рашка река (извор)	43.115717	20.371043	751	/
329.	Рашка река (код манастира Сопоћани)	43.113639	20.379833	748	/
330.	Рашка река (Пазариште)	43.131481	20.418282	584	/
331.	Рудничка река	43.25269	20.69779	451	/
332.	Скрапеж (Честобродица)	43.907567	20.000481	339	/
333.	Скрапеж (Пожега)	43.856882	20.00118	315	/
334.	Сопотница (изнад водопада)	43.301589	19.742917	1023	СП
335.	Сопотница (код пута испод водопада)	43.301179	19.739505	974	СП
336.	Студеница (Изубра)	43.417	20.388056	808	РБ
337.	Студеница (Дивићи)	43.423334	20.378325	764	Е
338.	Студеница (узводно од мотела Радочело)	43.521264	20.469199	581	ІРА ІВА
339.	Студеница (Манастир Студеница)	43.48949	20.53249	449	РВА
340.	Студеница (200 m узводно од ушћа у Ибар)	43.469012	20.614076	339	/
341.	Тисовица (Тисовица)	43.469273	20.039802	1124	СРП
342.	Тисовица (Штитково)	43.481917	19.973665	1026	
343.	Тисовица (Дебеља)	43.486244	19.922964	944	
344.	Толишница (горњи ток)	43.629402	20.43592	636	/
345.	Толишница (средњи ток)	43.664278	20.437469	493	/
346.	Толишница (доњи ток)	43.680118	20.454649	275	/
347.	Тријебинска река (200 m узводно од ушћа у Грабовицу)	43.250322	19.992574	1038	/
348.	Трнавска река	43.287194	20.575528	528	/
349.	Трнавски поток (испред Стопића пећине)	43.702392	19.855061	757	ПП

Табела 13. Наставак (р. бр. – редни број локалитета; сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, РБ – резерват биосфере, Е – Емералд подручје, ІРА – значајно подручје за биљке, ІВА – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

Р. бр.	Локалитет	Северна географска ширина (N)	Источна географска дужина (E)	Надморска висина (m)	Заштита подручја
350.	Трудовачка река (извор)	43.503785	19.976697	1127	СРП
351.	Трудовачка река (седрене каде)	43.500937	19.97556	1072	
352.	Трудовачка река (200 m узводно од ушћа у Тисовицу)	43.483607	19.964650	1024	/
353.	Увац (излетиште Увац)	43.287058	19.942582	1041	/
354.	Увац (Сјеница)	43.288066	19.982238	1003	/
355.	Увац (низводно од бране „Растоке“)	43.423813	19.933102	905	СРП Е ИВА РВА
356.	Увац (манастир Увац)	43.61193	19.586566	514	/
357.	Увац (Јабланица)	43.627760	19.517114	454	/
358.	Увац (Рудо)	43.600872	19.491761	379	/
359.	Црна река (горњи ток)	43.457011	19.764253	786	/
360.	Црна река (доњи ток)	43.459100	19.765702	779	/
361.	Црни Рзав (узводно од машинске зграде МХЕ Бели Камен)	43.705194	19.557861	811	ПП Е
362.	Црни Рзав (низводно од машинске зграде МХЕ Бели Камен)	43.706167	19.557056	809	ИРА РВА
363.	Црни Рзав (Златибор, поред магистралног пута)	43.659394	19.70822	951	/
Централна Србија					
364.	Бањски поток	43.892028	20.187917	355	ПАО Е ИВА
365.	Безимени поток на Авали	44.694639	20.523861	502	ПАО Е РВА
366.	Белица (горњи ток)	43.955464	21.110464	220	/
367.	Бешњаја (Мишевићи)	43.960284	21.101118	226	/
368.	Борачка река (100 m низводно од старе бране)	43.959823	20.584927	366	СП
369.	Борачка река (код дрвеног мостића)	43.965028	20.562167	332	СП
370.	Вољевица (кањон)	43.9932	21.07148	447	/
371.	Вољевица (Мишевићи)	43.96511	21.10167	235	/
372.	Гвоздачка река (Гоч 1)	43.558862	20.75384	870	СРП РВА
373.	Гвоздачка река (Гоч 2)	43.559361	20.743667	853	
374.	Гвоздачка река (узводно од језера)	43.56375	20.734139	805	
375.	Гочка река (Брезна)	43.560611	20.668489	676	СРП РВА
376.	Грошничка река (горњи ток)	43.896555	20.912775	421	/

Табела 13. Наставак (р. бр. – редни број локалитета; СРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, ПАО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, РБ – резерват биосфере, Е – Емералд подручје, ИРА – значајно подручје за биљке, ИВА – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

Р. бр.	Локалитет	Северна географска ширина (N)	Источна географска дужина (E)	Надморска висина (m)	Заштита подручја
377.	Грошничка река (Трешњевак)	43.910278	20.907257	335	/
378.	Грошничка река (доњи ток)	43.93127	20.878317	277	/
379.	Гружа (горњи ток)	44.033222	20.528933	416	/
380.	Гружа (Прњавор)	44.035312	20.654954	328	/
381.	Гружа (Драгушица)	43.96179	20.687309	272	/
382.	Гружа (Балосаве)	43.854861	20.773443	225	/
383.	Деспотовица (узводно од јаловишта)	44.110577	20.484362	480	/
384.	Деспотовица (низводно од јаловишта)	44.103004	20.482141	440	/
385.	Деспотовица (код фабрике Фока)	44.040127	20.48665	340	/
386.	Деспотовица (Млаковац)	44.000351	20.444898	300	/
387.	Деспотовица (Брђани)	43.970701	20.419136	280	/
388.	Дичина (Шарани)	44.00172	20.35833	325	/
389.	Дичина (Семедраж)	43.99567	20.38456	311	/
390.	Дичина (Брђани)	43.96919	20.39814	259	/
391.	Дубоки поток (Ждраљица)	43.972989	20.940038	261	/
392.	Дуленка (Дулене)	43.871312	20.94862	421	/
393.	Дуленка (манастир Ралетинац)	43.888216	21.020692	331	/
394.	Ждраљица (Горња Сабанта)	43.942678	20.978731	273	/
395.	Ждраљица (Доња Сабанта)	43.953636	20.961992	262	/
396.	Западна Морава (Доња Горевница)	43.866392	20.464924	158	/
397.	Западна Морава (Талпе)	43.893672	20.306248	245	/
398.	Јасеница (Наталинци)	44.24969	20.79731	136	/
399.	Јасеница (Смедеревска Паланка)	44.34636	20.9445	104	/
400.	Каленићка река (код манастира Каленић)	43.771822	20.992925	459	/
401.	Каменица (Рошци)	43.93347	20.22416	482	/
402.	Каптиран извор у Церовцу	44.095619	20.84666	284	/
403.	Лепеница (Голочело)	43.961875	20.811326	260	/
404.	Лепеница (Грошница)	43.993906	20.877658	190	/
405.	Лепеница (Фиат)	44.001441	20.901549	176	/
406.	Лепеница (Стара црква)	44.008643	20.913402	172	/
407.	Лепеница (Лапово)	44.14852	21.103887	110	/
408.	Осаоница (Букуровац)	43.985331	20.995834	335	/
409.	Осаоница (Горње Комарице)	44.027657	21.024046	269	/
410.	Осаоница (Доње Комарице)	44.053638	21.078646	191	/
411.	Осаоница (Багрдан)	44.067283	21.178084	119	/
412.	Рибница (Гоч)	43.648639	20.701891	266	/

Табела 13. Наставак (р. бр. – редни број локалитета; сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, РБ – резерват биосфере, Е – Емералд подручје, IPA – значајно подручје за биљке, IBA – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

Р. бр.	Локалитет	Северна географска ширина (N)	Источна географска дужина (E)	Надморска висина (m)	Заштита подручја
413.	Рибница (ресторан Буче)	43.65687	20.694653	264	/
414.	Рибница (Рибница)	43.690414	20.691831	213	/
415.	Сокоља (Брезна)	43.585178	20.702636	442	СРП
416.	Чемерница (Миоковци)	43.98839	20.24217	344	/
Западна Србија					
417.	Бања (извор)	44.24471	19.935935	178	СП
418.	Бања (Петница)	44.247223	19.935107	173	/
419.	Бања (Белошевац)	44.262086	19.950143	168	/
420.	Борањска река	44.323289	19.158584	214	/
421.	Година (извор)	43.954605	19.42612	281	
422.	Горња Топлица (Бања Врујци)	44.218092	20.151058	192	/
423.	Градац (Љелић)	44.220189	19.857691	261	
424.	Градац (пре манастира Ћелије)	44.232043	19.862967	254	
425.	Градац (код каптираног извора)	44.234508	19.864646	251	ПИО
426.	Градац (ушће Дегурићког потока)	44.238166	19.883653	230	Е
427.	Градац (код коњичког клуба у Дегурићу)	44.241814	19.88852	216	
428.	Градац (улазак у Ваљево)	44.248502	19.884022	202	/
429.	Дегурићки поток	44.237868	19.883975	233	ПИО Е
430.	Дрина (ревер испод бране)	43.959678	19.420374	229	/
431.	Дрина (плажа Раче)	43.978481	19.547854	218	/
432.	Дрина (Тадића вајати)	44.138691	19.482765	186	/
433.	Дрина (ушће у Саву)	44.890324	19.359738	74	/
434.	Јабланица (пре спајања са Обницом)	44.261358	19.870434	193	/
435.	Камишна (узводно од водопада Скакавац)	43.786036	19.56029	752	ПП Е
436.	Камишна (низводно од ушћа потока Дубошац)	43.790436	19.539453	636	РА
437.	Камишна (Беле воде)	43.793755	19.525165	599	
438.	Колубара (ушће Обнице и Јабланице)	44.261316	19.871288	192	/
439.	Колубара (ушће реке Градац)	44.266678	19.895127	180	/
440.	Љубовића (Горња Љубовића)	44.235365	19.472691	250	/
441.	Обница (пре спајања са Јабланицом)	44.261651	19.870557	194	/
442.	Попово врело	44.234564	19.863327	257	ПИО Е
443.	Повленска река (врело)	44.14839	19.72381	940	ИВА РВА
444.	Рача (манастир Рача)	43.9318	19.541077	349	/
445.	Рогачица (Љештанско)	44.015644	19.677277	294	/

Табела 13. Наставак (р. бр. – редни број локалитета; СРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, РБ – резерват биосфере, Е – Емералд подручје, РА – значајно подручје за биљке, ИВА – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

Р. бр.	Локалитет	Северна географска ширина (N)	Источна географска дужина (E)	Надморска висина (m)	Заштита подручја
446.	Скрапеж (Таор)	44.086853	19.810189	642	РВА
447.	Скрапеж (након ушћа Таорских врела)	44.081225	19.816358	618	
448.	Скрапеж (Годљево)	44.033839	19.857874	470	
449.	Скрапеж (изнад цементаре)	44.012562	19.881707	431	/
450.	Скрапеж (Тубићи)	43.975575	19.952195	390	/
451.	Таорска врела	44.079639	19.814096	656	СП РВА
452.	Трешњица (Горња Трешњица)	44.120831	19.498027	208	РП Е
453.	Уб (Уб код моста на обилазном путу)	44.455083	20.062028	92	/
Војводина					СРП Е
454.	Батарска река	44.95967	19.50328	78	ИРА ИВА РВА

3.2. Прикупљање алголошких узорака

Сакупљање јединки строго заштићених врста црвених алги у научноистраживачке сврхе обављено је у складу са дозволама добијеним од стране Министарства заштите животне средине Републике Србије (Бр.: 353-01-948/2019-04, датум: 22. 04. 2019.; Бр.: 353-01-1933/2020-04, датум: 24. 04. 2020.; Бр.: 353-01-625/2022-04, датум: 19. 04. 2022.; Бр.: 353-01-754/2023-04, датум: 12. 04. 2023.; Бр.: 001137204202414850004003501089, датум: 24. 04. 2024.). У највећем броју случајева, истраживања у оквиру заштићених природних подручја спроведена су у пратњи рибочувара или чувара заштићеног подручја.

Узорци макроскопских агрегација бентосних алги сакупљени су откидањем са подлоге зависно од типа подлоге (пинцетом, ланцетом, скалпелом, ножићем), а према стандарду SRPS EN 15708 (2011). Директно на терену узорци макроскопских агрегација бентосних алги, за потребе морфолошке анализе, фиксирани су у раствору формалдехида коначне концентрације од 4%. Сви сакупљени узорци налазе се у мокрој збирци алги и цијанобактерија Центра за рибарство и конзервацију биодиверзитета копнених вода – Акваријум, Института за биологију и екологију, Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу.

3.3. Квалитативна анализа алголошких узорака

Анализа морфолошких и репродуктивних карактеристика макроалги, макроскопских агрегација алги и епифита урађена је у хидробиолошкој лабораторији Центра за рибарство и конзервацију биодиверзитета копнених вода – Акваријум, Института за биологију и екологију, Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу на привременим препаратима, уз коришћење светлосног микроскопа Motic BA310 Elite Series са камером Bresser 9MP и компјутерског софтвера MicroCamLab, уз коришћење увеличања до 1000×. Епифитске алге посматране су директно на талусима црвених и мрких алги, при чему је урађена њихова квалитативна анализа на привременим препаратима.

Црвене алге су идентификоване коришћењем стандардне литературе: Kumano (2002), Eloranta и сар. (2011), Necchi (2016), Vis и Necchi (2021в), док су за идентификовање мрких алги коришћене књиге Eloranta и сарадници (2011) и Wehr (2015, 2016). Идентификација доминантних алги у макроскопским агрегацијама бентосних алги, као и идентификација епифита, извршене су коришћењем следеће литературе: John и сарадници (2011), Komárek (2013), Jüttner и сарадници (2015) и Wehr и сарадници (2015).

Номенклатура црвених алги представљена је према Vis и Necchi (2021в), односно према Wehr (2016) за мрке алге, док је номенклатура осталих таксона макроскопских агрегација бентосних алги и епифита дата према Guiry и Guiry (2024). За сваку врсту црвених и мрких алги дат је и преглед хомотипских синонима, према Guiry и Guiry (2024).

3.4. Квантитативна анализа алголошких узорака

Квантитативна анализа макроскопских агрегација бентосних алги урађена је визуелном проценом процентуалне покривности на 100 m воденог тока, а према методи Rodríguez и сарадници (2007). Покривност присутних таксона макроскопских агрегација бентосних алги приказана је према DAFOR скали (Табела 14) (Hearnshaw и Hughey, 2010).

Табела 14. DAFOR скала коришћена за одређивање бројности/покривности таксона макроскопских агрегација бентосних алги

Проценат бројности таксона	DAFOR термин	DAFOR ознака
51-100%	Доминантан таксон (енгл. <i>Dominant</i>)	D
31-50%	Обилан таксон (енгл. <i>Abundant</i>)	A
16-30%	Чест таксон (енгл. <i>Frequent</i>)	F
6-15%	Повремен таксон (енгл. <i>Occasional</i>)	O
0-5%	Редак таксон (енгл. <i>Rare</i>)	R

3.5. Мерење параметара животне средине

На свим истраживаним локалитетима одређиване су географске координате (географска ширина и географска дужина) и надморска висина, помоћу уређаја Garmin eTrex 30.

Подаци о дистрибуцији црвених и мрких алги на подручју Србије, добијени прегледом доступних литературних извора закључно са 2024. годином, геореференцирани су коришћењем Google Earth-а, док су координате локалитета истраживаних у периоду од априла месеца 2017. до јуна месеца 2024. године очитаване помоћу GPS уређаја Garmin eTrex 30. Мапе дистрибуције добијене су на основу резултата ове докторске дисертације и литературних података представљених у Табелама 3, 4, 5, 6, 7 и 8. Мапе су урађене у софтверском програмском пакету QGIS верзија 3.38.2 (QGIS Development Team, 2024).

На истраживаним локалитетима бележене су најзначајније морфометријске карактеристике: ширина речног корита (m), минимална и максимална дубина воде (cm) на којој је алга пронађена, тип подлоге и степен осунчаности станишта (+ потпуна засенченост, ++ делимична засенченост, +++ потпуна осунчаност). Ширина речног корита и дубина воде мерени су мерном траком и мерним штапом. Брзина воде одређивана је на праволинијском профилу, при чему су за мерење брзине воде коришћени обојени пловци од сувог дрвета, дужине 10 cm, који су пуштани на дужини тока од 10 m. Брзина воде добијена је као средња вредност из три мерења, а према обрасцу:

$$V = \frac{s}{t}$$

при чему је s дужина пређеног пута, а t време проласка које се мери штоперицом.

За мерење физичких и хемијских параметара животне средине коришћене су стандардне методе за испитивање вода и отпадних вода (APHA, 2005). На сваком локалитету директно су мерене следеће физичке особине: брзина воде (m s^{-1}), температура ($^{\circ}\text{C}$) и електропроводљивост ($\mu\text{S cm}^{-1}$), као и хемијски параметри воде: pH, концентрација раствореног кисеоника (mg L^{-1}), сатурација кисеоника (%) и тврдоћа воде ($\text{mg CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$) (кондуктометар, pH метар, термометар - HANNA instruments, оксиметар Mettler toledo). У хидробиолошкој лабораторији Центра за рибарство и конзервацију биодиверзитета копнених вода – Акваријум, Института за биологију и екологију, Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу, одмах по повратку са терена, фотометријском методом су мерене концентрације неорганских нутријената: амонијум јон ($\text{NH}_4\text{-N mg L}^{-1}$), нитрати ($\text{NO}_3\text{-N mg L}^{-1}$), ортофосфати ($\text{PO}_4\text{-P mg L}^{-1}$), укупни азот (TN mg L^{-1}) и укупни фосфор (TP mg L^{-1}). Мерења су вршена помоћу фотометра Aqualytic AL400, према упутству произвођача (<https://labfriendcoredataprod.blob.core.windows.net/labfriendcore-data-prod/files/Aqualytic%20AL400%20Photometer%20System%20Instruction%20Manual.pdf>).

Мерења параметара животне средине вршена су приликом првог проналаaska црвених и мрких алги на локалитетима. Сваки наредни излазак на исти локалитет имао је за циљ проверу стања популација ових група алги, док су мерења параметара животне

средине вршена једино у случају примећеног пада бројности популација или у случају да су уочени угрожавајући фактори.

3.6. Статистичка анализа података

За утврђивање еколошких фактора животне средине, који су лимитирајући за појаву таксона црвених и мрких алги у акватичним екосистемима на подручју Србије, коришћена је анализа главних компоненти (енгл. *Principle Component Analysis – PCA*). Ова анализа представља једну од техника мултиваријационе анализе, која се користи са циљем свођења скупа великог броја фактора на мањи број оних који највише доприносе разликама (раздвајању) и који међусобно корелишу. На овај начин PCA резултира мањим бројем главних компоненти које обухватају највећи део варијансе оригиналних променљивих. Прва издвојена компонента PCA обухвата највећи део варијансе оригиналних променљивих, што значи да она корелише са бар неколико посматраних променљивих. Друга компонента PCA обухвата највећи део варијансе у групи података који није укључен у прву компоненту PCA (ова компонента корелише са неким од посматраних променљивих које нису показале значајну корелацију са првом компонентом). Свака наредна издвојена компонента PCA садржи прогресивно све мањи део укупне варијансе.

У овој докторској дисертацији, PCA анализа примењена је како би се утврдили еколошки фактори који су оптимални за присуство таксона црвених и мрких алги на истраживаним локалитетима. Ова метода је примењена на сету од 15 променљивих које су најбоље осликавале еколошке услове станишта: надморска висина, ширина корита, максимална дубина воде, тип подлоге, брзина воде, температура воде, електропроводљивост, тврдоћа воде, pH, концентрација O₂, сатурација O₂, концентрација амонијум јона (NH₄-N), концентрација нитрата (NO₃-N), концентрација ортофосфата (PO₄-P) и степен осунчаности станишта. Врсте које су забележене на по само једном локалитету нису ушле у анализу. Пре саме анализе, све вредности променљивих су стандардизоване, а PCA анализа је вршена на основу добијених Z скорова. Анализа је обухватила само оне главне компоненте чија је сопствена вредност (енгл. *eigenvalue*) већа од 1. За утврђивање еколошких фактора који су статистички значајно утицали на дистрибуцију таксона црвених и мрких алги на истраживаним локалитетима у Србији, коришћен је графички приказ зависности прве две главне компоненте (PC1 и PC2). Положај еколошких фактора на графицима је приказан на основу средњих вредности мерења за појединачне таксоне.

Дужина вектора за одређени фактор животне средине на графику (од центра до тачке која представља тај фактор), говори о јачини његовог утицаја. Што је угао вектора између два фактора на графику мањи, зависност између тих фактора је већа, и обратно. Другим речима, оштар угао вектора (<90°) указује на висок степен зависности фактора животне средине, туп угао (>90°) указује на негативну зависност фактора животне средине, док прав угао (~90°) указује да фактори животне средине нису у зависности (Yan и Tinkler, 2005).

Статистичка анализа резултата је извршена помоћу софтверског пакета Statistica 13.0 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA, 2015) и Microsoft Excel 365 (верзија 16.0, Microsoft, Washington, USA) (Microsoft Corporation, 2018).

3.7. Методологија процене угрожености црвених и мрких алги на подручју Србије

3.7.1. Формирање базе података

Дигитализација и израда базе података црвених и мрких алги на подручју Србије урађена је у програму Microsoft Office Excel и представља део ЦИБ базе (база података о биолошкој разноврсности Србије) Центра за информације о биодиверзитету Биолошког факултета Универзитета у Београду, која садржи 2 366 уноса података за слатководне алге. Ова база је формирана у оквиру пројеката „Прибављање података и друге услуге у циљу наставка успостављања еколошке мреже у Републици Србији“, „Прибављање података и друге услуге у циљу успостављања еколошке мреже Европске уније Natura 2000 као дела еколошке мреже Републике Србије“, и „Прибављање података и друге услуге у циљу наставка израде црвених листа и црвених књига појединачних група организама флоре, фауне и гљива у Републици Србији“ спроведених у периоду од 2018. до 2021. године и финансираних од стране Завода за заштиту природе Србије.

Што се црвених и мрких алги тиче, ЦИБ база поседује податке о њиховој дистрибуцији од почетка истраживања ових група алги на територији Србије па све до јуна 2023. године. Историјски подаци о дистрибуцији црвених алги у Србији прикупљени су из дигитализоване базе података BAES *ex situ* (<http://baes.pmf.kg.ac.rs>, Simić V. и сар., 2006) затвореног типа, која представља релациону базу података о врстама акватичних организама (макроалге, макробескичмењаци и рибе) забележених у акватичним екосистемима Србије у периоду од 1873. године. Што се макроалги тиче, база података BAES *ex situ* такође садржи и литературне и резултате теренских истраживања акватичних екосистема Србије у периоду од 2006. године. Поред података доступних у бази података BAES *ex situ*, ЦИБ база садржи и податке о слатководним црвеним и мрким алгама који су објављени у различитим публикацијама, као и податке о њиховој дистрибуцији добијене за потребе израде ове докторске дисертације.

База ЦИБ садржи укупно 550 података о дистрибуцији црвених алги (родови *Bangia*, *Lemanea*, *Paralemanea*, *Riverina* и *Thorea*, и група *Batrachospermum sensu lato*) и 12 података о дистрибуцији слатководних мрких алги (родови *Bodanella*, *Heribaudiella* и *Porterinema*) на подручју Србије. Подаци о врсти *Thorea hispida* нису коришћени с обзиром на чињеницу да у теренским истраживањима, током израде ове докторске дисертације, врста није ниједном пронађена.

На основу података прикупљених радом на ЦИБ бази података, процењена је категорија угрожености врста црвених и мрких алги на подручју Србије.

3.7.2. Фактори угрожавања црвених и мрких алги и њихових станишта

На свим локалитетима на којима су установљене црвене и мрке алге бележени су и подаци о угрожавајућим факторима, који су приказани према IUCN класификационим шемама фактора угрожавања (Threats Classification Scheme, Version 3.3, <https://www.iucnredlist.org/resources/classification-schemes>) (Табела 15).

Табела 15. Приказ угрожавајућих фактора слатководних црвених и мрких алги и њихових станишта

Ознака	Фактори угрожавања
3.	Енергетика и рударство
3.2.	Рударство и отворени копови
4.	Комуникациона и саобраћајна инфраструктура
4.1.	Путеви и пруге
6.	Антропогени притисци и сметње
6.1.	Рекреативне активности
7.	Модификације природних система
7.2.1.	Црпљење површинских вода (за домаћинства)
7.2.2.	Црпљење површинских вода (комерцијално)
7.2.9.	Мале бране
7.2.10.	Велике бране
7.3.	Остале модификације екосистема
8.	Инвазивне и друге проблематичне врсте, гени и заразе
8.1.	Инвазивне алохтоне/стране врсте/заразе
8.2.	Проблематичне аутохтоне врсте/заразе
9.	Загађење
9.1.	Комуналне и урбане отпадне воде
9.2.	Индустријске и војне отпадне воде
9.3.	Отпадне воде из пољопривреде и аквакултуре
9.2.2.	Процедне воде из рудника
9.4.	Комунални и чврсти отпад
11.	Климатске промене и екстремни временски услови
11.2.	Суше
11.3.	Екстремне температуре
11.4.	Олује и поплаве

3.7.3. Процена категорија угрожености врста према критеријумима IUCN-а

Процена категорија угрожености врста црвених и мрких алги на подручју Србије спроведена је коришћењем Апликације за процену категорија угрожености представника живог света у Србији према IUCN критеријумима (Niketić, 2021). Приликом дизајнирања апликације за процену категорија угрожености врста коришћени су IUCN критеријуми и подкритеријуми (IUCN, 2012) приказани у Табели 10. Подаци обрађени апликацијом обухватили су све налазе црвених и мрких алги на подручју Србије публиковане до јуна месеца 2023. године, као и резултате овог истраживања, а који су садржани у ЦИБ бази. Процена угрожености врсте која се не налази у ЦИБ бази (мрка алга *Bodanella lauterborni*) није урађена коришћењем Апликације, али су за процену категорија угрожености коришћени исти критеријуми, тј. IUCN критеријуми и подкритеријуми приказани у Табели 10. Таксони које није било могуће идентификовати до нивоа врсте нису процењивани управо због непоузданог таксономског статуса.

3.7.4. Процена ризика од изумирања и приоритета конзервације угрожених врста црвених и мрких алги на националном и локалном нивоу применом модификованог модела ESHIPPO-*fma*

Процена ризика од изумирања и приоритета конзервације популација црвених и мрких алги на подручју Србије извршена је конципирањем ESHIPPO-*freshwater macroalgae* (ESHIPPO-*fma*) модела, насталог модификацијом основног ESHIPPO модела (Simić V. и сар., 2007).

ESHIPPO-*fma* модел конципиран је пре свега са циљем процене ризика од изумирања и приоритета конзервације слатководних бентосних макроалги. Модификација основног модела заснована на прилагођавању параметара модела за процену елемента ES биолошким и еколошким карактеристикама слатководних црвених и мрких макроалги. Додатно, значајна карактеристика ESHIPPO-*fma* модела, у односу на основну верзију модела, јесте присуство додатног елемента – Индекса локалне адаптираности популација слатководних макроалги (ILAFMP). За процену ILAFMP коришћени су следећи индикатори стања популација: број локалитета на којима је врста забележена, процентуална покривност врсте на локалитетима приказана према DAFOR скали и проценат присуства популација у заштићеном подручју.

Протокол и елементи ESHIPPO-*fma* модела приказани су у Табелама 16, 17 и 18. Сви параметри елемената модела оцењени су тростепеном бодовном скалом (1, 3 и 5 поена), а од висине збира вредности елемената ES, ILAFMP и HIPPO зависи и ниво ризика изумирања и приоритет конзервације црвених и мрких алги на подручју Србије (Табела 19).

На основу збира бодова свих елемената ESHIPPO-*fma* модела:

$$\text{ESHIPPO-}fma = \Sigma (\text{ES} + \text{ILAFMP} + \text{HIPPO})$$

врсте црвених и мрких алги се класификују и издвајају се оне које имају приоритет конзервације на националном и локалном нивоу. Бодовна скала приоритета конзервације се креће од 3 до 0. Степен приоритета конзервације 3 указује на малу вероватноћу изумирања врсте на националном и локалном нивоу. Степен приоритета конзервације 2 указује на умерену вероватноћу изумирања врсте на националном и локалном нивоу. Врсте са овим степеном приоритета конзервације се морају сукцесивно истраживати како би се на време предузеле мере заштите, уколико то буде потребно. Степен приоритета конзервације 1 указује да врста има приоритет у заштити и да је неопходно одмах предузети адекватне мере заштите на националном нивоу. Степен приоритета конзервације 0 указује да је изумирање врсте у њеном природном станишту у току и да је у оваквим случајевима неопходно применити строгу *in-situ* и/или *ex-situ* конзервацију. Бодовна скала за одређивање нивоа ризика изумирања и приоритета конзервације популација слатководних макроалги према модификованом моделу ESHIPPO-*fma* приказана је у Табели 19.

Таксони које није било могуће идентификовати до нивоа врсте нису процењивани због непоузданог таксономског статуса.

Табела 16. Параметри и систем бодовања за процену Еколошке Специјализације (ES) ESHIPPO–*fma* модела

Бодови ES	Станиште (h) (енгл. <i>Habitat</i>)	Исхрана (d) (енгл. <i>Diet</i>)	Репродуктивна стратегија (rs) (енгл. <i>Reproduction strategy</i>)	Животни циклус (lc) (енгл. <i>Life cycle</i>)	Величина тела (bs) (енгл. <i>Body size</i>)	Ниво ендемизма и изолација популација (re) (енгл. <i>Range endemic</i>)
1	Ниско специјализован, толерантан. Еуривалент (еуритоп) за све или индикатор за > 3 (h): h1-h5	Ниско специјализован, толерантан. Еуривалент (еуритоп) за све или индикатор за > 3 (d): d1	Ниско специјализован, толерантан. Еуривалент (еуритоп) за све или индикатор за > 3 (rs): rs1.1	Еуривалент (еуритоп) за све или индикатор за > 3 (lc): lc1.1, lc2.1, lc2.2, lc3	Еуривалент (еуритоп) за све или индикатор за > 3 (bs): bs1.1	Еуривалент (еуритоп) за све или индикатор за > 3 (re): re1
3	Умерено специјализован и осетљив. Стеновалент (умерен) за 1-3 индикатор (h): h1-h5	Умерено специјализован и осетљив. Стеновалент (умерен) за 1-3 индикатор (d): d2	Умерено специјализован и осетљив. Стеновалент (умерен) за 1-3 индикатор (rs): rs1.1, rs1.2	Стеновалент (умерен) за 1-3 индикатор (lc): lc1.2, lc2.1, lc2.2, lc3	Стеновалент (умерен) за 1-3 индикатор (bs): bs1.2	Стеновалент (умерен) за 1-3 индикатор (re): re2
5	Високо специјализован. Стеновалент (стенотоп) за све или индикатор за < 3 (h): h1-h5	Високо специјализован. Стеновалент (стенотоп) за све или индикатор за < 3 (d): d3	Високо специјализован. Стеновалент (стенотоп) за све или индикатор за < 3 (rs): rs1.1, rs1.2, rs1.3	Стеновалент (стенотоп) за све или индикатор за < 3 (lc): lc1.2, lc1.3, lc2.1, lc2.2, lc3	Стеновалент (стенотоп) за све или индикатор за < 3 (bs): bs1.3	Стеновалент (стенотоп) за све или индикатор за < 3 (re): re3

*(h): h1) дистрибуција по екорегинима, h2) надморска висина: < 200, 200 – 500, 500 – 800, 800 – 1500 и > 1500, h2.1) тип екосистема и еколошка зона: текуће воде: еукренон, хипокренон, епиритрон, метаритрон, хипоритрон, стајаће воде: литорал, сублиторал, профундал, h3) морфометријски параметри водених екосистема: дубина (m), карактер дна (%); h4) физички и хемијски параметри: брзина воде ($m\ s^{-1}$), температура (°C), електропроводљивост ($mS\ cm^{-1}$), кисеоник ($mg\ L^{-1}$, %), pH, тврдоћа воде ($mg\ L^{-1}$), h5) квалитет воде: посебне прилагођености или осетљивост на одређене хемијске, токсичне или радиоактивне материје. Навести карактеристике: трофичност – олиготрофне, мезотрофне, еутрофне, дистрофне. Сапробност: ксеносапробне, олигосапробне, бетамезосапробне, алфамезосапробне, полисапробне; (d): d1) ауотроф, d2) миксотроф, d3) хетеротроф; (rs): rs1) тип репродукције: (rs1.1) вегетативан, (rs1.2) спорулотиван, (rs1.3) полан; (lc): lc1) смена генерација: (lc1.1) без смене генерација, (lc1.2) изоморфна, (lc1.3) хетероморфна; lc2) адаптација на супстрат и брзину воде: (lc2.1) камен, биљке, шљунак, муљ, песак, није специфичан, (lc2.2) брза, споротекућа, стајаћа вода; lc3) адаптација на степен засенчености/осунчаности станишта: (lc3.1) засенченост, (lc3.2) делимична засенченост, (lc3.3) осунчаност; (bs): величина тела (cm): < 1 cm (bs1.1), 1,1 – 5 cm (bs1.2), > 5,1 (bs1.3); (re): re1) није ендем, re2) ендем за један екорегин, re3) стеноендем за релативно мале или веома мале територије (један екосистем, један биотоп) и изоловане популације.

Табела 17. Параметри и систем бодовања за процену Индекса локалне адаптираности популација слатководних макроалги (ILAFMP) ESHIPPO–*fma* модела

Индекс локалне адаптираности популација слатководних макроалги		
<i>Параметар</i>	<i>Критеријум бодовања</i>	<i>Оцена (број бодова)</i>
Број локалитета на којима је врста забележена у Србији	1-5	1
	6-15	3
	> 15	5
Процентуална покривност врсте на локалитетима (DAFOR)	O, R	1
	F	3
	A, D	5
Проценат присуства популација у заштићеним подручјима	1-30%	1
	31-60%	3
	> 60 %	5

Табела 18. Параметри и систем бодовања HIPPO фактора ESHIPPO–fma модела

HIPPO		
Параметар	Критеријум бодовања	Оцена (број бодова)
Промена станишта (без фрагментације) (Н)	Тешко применљиво; неке промене су вероватно настале као последица природних и/или антропогених активности (заштићена и/или незаштићена дивља природа)	1
	Могућа; промене настале услед природног деловања или антропогеног утицаја (предвиђене или планиране активности у скоријој будућности)	3
	Врло вероватно; промене настале пре свега због антропогеног утицаја или антропогени утицај већ постоји и траје	5
Деструкција станишта	Тешко применљиво; неке промене су вероватно настале као последица природних и/или антропогених активности (заштићено подручје)	1
	Могућа; промене настале услед природног деловања или антропогеног утицаја (ако су планиране активности указале на то или су предвиђене промене могуће)	3
	Врло вероватно; промене настале пре свега због планираног антропогеног утицаја и/или је већ примећена осетљивост екосистема	5
Фрагментација (и изолација) станишта	Одсутна и веома су мале шансе да ће се догодити у скоријој будућности (заштићено подручје)	1
	Процеси који се дешавају као последица антропогеног утицаја, још увек нису завршени, али је комуникација између популација отежана или мало вероватна	3
	Присутна уз потпуну немогућност комуникације између субпопулација или метапопулација	5
Инвазивне врсте (И)	Одсуство инвазивних врста	1
	Могуће присуство инвазивних врста	3
	Присуство инвазивних врста	5
Загађење (еутрофикација, органо загађење, токсично загађење, ацидификација, мешано загађење) (Р)	Загађење одсутно уз могућност настанка	1
	Присутни умерени ефекти	3
	Присутни негативни ефекти	5
Раст хумане популације (Р)	Без суштинских промена или је примећена тенденција опадања (у свим биотопима где је врста евидентирана)	1
	Умерен раст на макар једном биотопу где врста живи или у биотопима где је популација виталнија	3
	Убрзан раст на свим или макар једном биотопу где врста живи или у биотопима где је популација највиталнија	5
Прекомерна експлоатација (антропогена, природна) (О)	Одсутна	1
	Могућа	3
	Већ присутан негативан ефекат	5

Табела 19. Бодовна скала за одређивање нивоа ризика изумирања и приоритета конзервације популација слатководних макроалги према ESHIPPO–*fma* моделу

Еколошка специјализација (ES)	≤ 10	11 – 20	21 – 30	> 30
Ниво еколошке специјализације	низак	умерен	висок	веома висок
Индекс локалне адаптираности популација слатководних макроалги (ILAFMP)	< 5	5 – 8	9 – 12	> 13
Ниво вредности индекса локалне адаптираности популација слатководних макроалги (ILAFMP)	низак	умерен	висок	веома висок
Утицај HIPPO фактора	≤ 10	11 – 20	21 – 30	> 30
Ниво утицаја HIPPO фактора	низак	умерен	висок	веома висок
Укупан број бодова (ES + ILAFMP + HIPPO)	≤ 35	36 – 55	56 – 75	> 75
Ниво ризика од изумирања	мали	умерен	истакнут критичан ниво	изумирање у току
Степен приоритета конзервације	3	2	1	0

3.7.5. Формирање Црвене листе црвених и мрких алги на подручју Србије

Црвена листа црвених и мрких алги на подручју Србије формирана је на основу категорија угрожености врста црвених и мрких алги добијених применом IUCN критеријума (IUCN, 2012) и коришћењем Апликације за процену категорија угрожености представника живог света у Србији (Niketić, 2021).

4. Резултати

4.1. Диверзитет и дистрибуција црвених алги (Rhodophyta) на подручју Србије

Квалитативном анализом 2711 сакупљених узорака макроскопских агрегација алги са 454 локалитета на подручју Србије током 2017-2024. год. забележено је присуство 11 таксона црвених алги (Rhodophyta), и то: *Bangia atropurpurea* (Mertens ex Roth) C.Agardh, *Riverina rivularis* (Liebmann) C.W.Vieira & G.W.Saunders, *Batrachospermum sensu lato*, *Lemanea fluviatilis* (Linnaeus) C.Agardh, *L. fucina* Bory, *L. rigida* (Sirodot) De Toni, *Lemanea* sp. 1, *Lemanea* sp. 2, *Paralemanea annulata* (Kützinger) M.L.Vis & R.G.Sheath, *P. catenata* (Kützinger) M.L.Vis & R.G.Sheath и *P. torulosa* (Roth) Sheath & A.R.Sherwood (Табела 20). Таксони *L. fucina* и *L. rigida* су први пут забележени у Србији за потребе израде ове докторске дисертације и представљају нове таксоне у флори црвених алги Србије.

Црвене алге су забележене на 114 локалитета на подручју Србије (Табела 20). У Табели 20 приказане су и заједнице црвених алги са макроскопским агрегацијама других група алги по локалитетима, као и процентуална покривност свих макроскопских агрегација алги, изражена према DAFOR скали. Додатно, за све локалитете на којима је забележено присуство црвених алги у периоду од 2017. до 2024. године приказан је тип станишта, као и податак да ли се локалитет налази у неком од заштићених природних подручја и којег типа је то заштићено подручје.

Резултати истраживања су показали да је највећи број локалитета са присуством црвених алги смештен на подручју источне Србије. Од укупно 133 истраживана локалитета на овом подручју, црвене алге су забележене на 49 локалитета (Табела 20). На подручју југозападне Србије, црвене алге су забележене на 30 од укупно 126 истраживаних локалитета, док је на подручју јужне Србије присуство ове групе алги забележено на 25 од укупно 104 истраживана локалитета (Табела 20). На подручју централне Србије, присуство црвених алги забележено је на осам од укупно 53 истраживана локалитета, односно на шест од укупно 37 истраживаних локалитета на подручју западне Србије (Табела 20).

Табела 20. Диверзитет и дистрибуција црвених алги у акватичним екосистемима Србије (2017-2024.) са приказом покровности, заједница са макроскопским агрегацијама алги других група и њихове покровности, типова станишта и постојећег степена заштите станишта (D – доминантан таксон, A – обилан таксон, F – чест таксон, O – повремени таксон, R – редак таксон, Д1.1 – Улази у пећине, Д1.2 – Унутрашњост пећина, Ф2.12 – Извори слатке тврде воде, Ф2.2 – Стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде, Ф2.24 – Водопади, Ф2.6 – Филм воде која се прелива по стенама, Х9 – Веома вештачке воде, сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, РБ – резерват биосфере, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, Е – Емералд подручје, IPA – значајно подручје за биљке, IBA – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

Локалитет	Ознака локалитета/датум	Географске координате	Таксон	Покровност (DAFOR)	Таксони макроскопских агрегација алги	Покровност макроскопских агрегација алги (DAFOR)	Тип станишта	Заштита подручја
Источна Србија								
Бели Тимок (Минићево)	БТ1 15.07.2020.	43.684528 N 22.276694 E	<i>Riverina rivularis</i> <i>Paralemanea annulata</i>	F F	<i>Vaucheria</i> sp. <i>Cladophora</i> sp. <i>Gongrosira</i> sp.	O O F	Ф2.2	/
Бели Тимок (Бурдаци)	БТ2 15.07.2020.	43.881667 N 22.297611 E	<i>Riverina rivularis</i>	O	<i>Cladophora</i> sp. <i>Gongrosira</i> sp.	F F	Ф2.2	/
Безимени поток у Арбињу	ПУА 05.06.2021.	43.316467 N 22.795937 E	<i>Lemanea</i> sp. 1	F	/	/	Ф2.2	сРП Е IPA IBA РБ А
Бигар поток (извор)	БП1 09.08.2018.	43.344889 N 22.439361 E	<i>Batrachospermum sensu lato</i>	F	/	/	Ф2.12	ПП Е IPA
	БП1 29.10.2020.		<i>Riverina rivularis</i>	R	<i>Gongrosira</i> sp.	O	Ф2.12	
Бигар поток (манастир Светог Онуфрија)	БП2 09.08.2018.	43.347654 N 22.440183 E	<i>Batrachospermum sensu lato</i>	F	/	/	Ф2.2	

Табела 20. Наставак (D – доминантан таксон, A – обилан таксон, F – чест таксон, O – повремени таксон, R – редак таксон, Д1.1 – Улази у пећине, Д1.2 – Унутрашњост пећина, Ф2.12 – Извори слатке тврде воде, Ф2.2 – Стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде, Ф2.24 – Водопади, Ф2.6 – Филм воде која се прелива по стенама, Х9 – Веома вештачке воде, сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, РБ – резерват биосфере, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, Е – Емералд подручје, ИРА – значајно подручје за биљке, ИВА – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

Локалитет	Ознака локалитета/датум	Географске координате	Таксон	Покровност (DAFOR)	Таксони макроскопских агрегација алги	Покровност макроскопских агрегација алги (DAFOR)	Тип станишта	Заштита подручја
Голема река (Црни Врх)	ГЛ 30.08.2018.	43.395611 N 22.605222 E	<i>Lemanea fluviatilis</i>	A	/	/	Ф2.6	ПП Е ИРА ИВА РВА
Грза (извор)	ГЗ1 23.04.2017.	43.900377 N 21.652976 E	<i>Batrachospermum sensu lato</i>	O	/	/	Ф2.12	СП
Грза (резервоар)	ГЗ2 23.04.2017.	43.898267 N 21.648711 E	<i>Batrachospermum sensu lato</i>	O	<i>Nostoc</i> sp. <i>Cladophora</i> sp.	F F	Х9	
Добродолска река (село Зебице)	ДО 06.06.2021.	43.21037 N 22.61183 E	<i>Lemanea fluviatilis</i>	F	/	/	Ф2.2	/
Дојкиначка река (узводно од водопада Тупавица)	ДЈ2 19.08.2019.	43.272961 N 22.769369 E	<i>Lemanea fluviatilis</i>	O	/	/	Ф2.2	ПП Е ИРА ИВА РВА
Дојкиначка река (Чедина чесма)	ДЈ3 19.08.2019.	43.259764 N 22.774184 E	<i>Lemanea fluviatilis</i>	O	/	/	Ф2.2	
Дојкиначка река (узводно од планинарског дома)	ДЈ4 19.08.2019.	43.250556 N 22.775722 E	<i>Lemanea fluviatilis</i>	O	/	/	Ф2.2	
Дојкиначка река (Брлог)	ДЈ5 18.08.2019.	43.200773 N 22.806955 E	<i>Paralemanea catenata</i>	F	<i>Nostoc</i> sp. <i>Hydrurus foetidus</i>	F R	Ф2.6	
Дојкиначка река (низводно од мотела Врело)	ДЈ6 18.08.2019.	43.177803 N 22.827353 E	<i>Paralemanea catenata</i>	A	<i>Nostoc</i> sp. <i>Hydrurus foetidus</i>	F R	Ф2.6	

Табела 20. Наставак (D – доминантан таксон, A – обилан таксон, F – чест таксон, O – повремени таксон, R – редак таксон, Д1.1 – Улази у пећине, Д1.2 – Унутрашњост пећина, Ф2.12 – Извори слатке тврде воде, Ф2.2 – Стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде, Ф2.24 – Водопади, Ф2.6 – Филм воде која се прелива по стенама, Х9 – Веома вештачке воде, сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, РБ – резерват биосфере, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, Е – Емералд подручје, ИРА – значајно подручје за биљке, ИВА – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

Локалитет	Ознака локалитета/датум	Географске координате	Таксон	Покровност (DAFOR)	Таксони макроскопских агрегација алги	Покровност макроскопских агрегација алги (DAFOR)	Тип станишта	Заштита подручја
Јаворска река (200 m узводно од дрвеног viseћег моста)	JA2 21.08.2019.	43.339671 N 22.682063 E	<i>Paralemanea annulata</i>	A	<i>Nostoc</i> sp. <i>Oedogonium</i> sp. <i>Spirogyra</i> sp.	F O O	Ф2.6	ПП Е ИРА ИВА РВА
Јеловичка река (код излетишта Врело)	J 20.08.2019.	43.182825 N 22.831657 E	<i>Paralemanea torulosa</i>	D	<i>Hydrurus foetidus</i>	R	Ф2.2	ПП Е ИРА ИВА РВА
Јеловичко врело	JB 20.08.2019.	43.183384 N 22.833397 E	<i>Batrachospermum sensu lato</i> <i>Paralemanea torulosa</i>	F R	<i>Tribonema affinis</i> <i>Vaucheria</i> sp. <i>Diatoma moniliformis</i> <i>Melosira varians</i> <i>Odontidium hyemale</i> <i>O. mesodon</i> <i>Microspora pachyderma</i> <i>Spirogyra</i> sp.	O O O O O O O	Ф2.12	ПП Е ИРА ИВА РВА
Крупајско врело	K 14.10.2017.	44.183349 N 21.609188 E	<i>Batrachospermum sensu lato</i>	O	/	/	Ф2.12	СП

Табела 20. Наставак (D – доминантан таксон, A – обилан таксон, F – чест таксон, O – повремени таксон, R – редак таксон, Д1.1 – Улази у пећине, Д1.2 – Унутрашњост пећина, Ф2.12 – Извори слатке тврде воде, Ф2.2 – Стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде, Ф2.24 – Водопади, Ф2.6 – Филм воде која се прелива по стенама, Х9 – Веома вештачке воде, сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, РБ – резерват биосфере, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, Е – Емералд подручје, IPA – значајно подручје за биљке, IBA – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

Локалитет	Ознака локалитета/дату м	Географске координате	Таксон	Покровност (DAFOR)	Таксони макроскопских агрегација алги	Покровност макроскопских агрегација алги (DAFOR)	Тип станишта	Заштита подручја
Крупачко врело	КР 28.05.2019.	43.104806 N 22.690475 E	<i>Batrachospermum sensu lato</i>	R	<i>Chaetophora</i> sp.	A	Ф2.12	СП
Лисинска река (извор)	ЛИ1 09.10.2019.	44.104494 N 21.641001 E	<i>Batrachospermum sensu lato</i>	F	/	/	Ф2.12	СП
Милива (извор)	МИ1 23.03.2023.	44.13695 N 21.43572 E	<i>Batrachospermum sensu lato</i>	O	/	/	Ф2.12	/
Мировштица (извор)	МП1 22.10.2019.	43.795713 N 21.903359 E	<i>Batrachospermum sensu lato</i>	O	/	/	Ф2.12	/
Мировштица (код етно хотела Балашевић)	МП2 22.10.2019.	43.812586 N 21.886045 E	<i>Batrachospermum sensu lato</i>	F	<i>Nostoc</i> sp. <i>Vaucheria</i> sp.	A O	Ф2.2	/
Млава (извор)	МЛ1 22.10.2020.	44.191675 N 21.783797 E	<i>Batrachospermum sensu lato</i>	F	<i>Melosira varians</i>	A	Ф2.12	СП
Млава (код манастира Горњак)	МЛ4 07.06.2019.	44.264867 N 21.54431 E	<i>Paralemanea catenata</i>	F	<i>Nostoc</i> sp. <i>Vaucheria</i> sp. <i>Cladophora</i> sp.	O F O	Ф2.2	/
Млава (код пастрмског рибњака)	МЛ5 07.06.2019.	44.274898 N 21.524715 E	<i>Paralemanea catenata</i>	A	<i>Vaucheria</i> sp. <i>Cladophora</i> sp.	O O	Ф2.6	/

Табела 20. Наставак (D – доминантан таксон, A – обилан таксон, F – чест таксон, O – повремени таксон, R – редак таксон, Д1.1 – Улази у пећине, Д1.2 – Унутрашњост пећина, Ф2.12 – Извори слатке тврде воде, Ф2.2 – Стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде, Ф2.24 – Водопади, Ф2.6 – Филм воде која се прелива по стенама, Х9 – Веома вештачке воде, сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, РБ – резерват биосфере, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, Е – Емералд подручје, ИРА – значајно подручје за биљке, ИВА – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

Локалитет	Ознака локалитета/датум	Географске координате	Таксон	Покровност (DAFOR)	Таксони макроскопских агрегација алги	Покровност макроскопских агрегација алги (DAFOR)	Тип станишта	Заштита подручја
Нишава (Просек)	НИ6 20.07.2020.	43.311987 N 22.052008 E	<i>Riverina rivularis</i>	O	<i>Cladophora</i> sp.	F	Ф2.2	ПП Е ИРА ИВА РВА
Нишава (Ниш, код ДИС-а)	НИ8 22.06.2019.	43.321793 N 21.93905 E	<i>Paralemanea annulata</i>	F	<i>Cladophora</i> sp. <i>Vaucheria</i> sp.	F O	Ф2.2	/
Ракитска река (Топли До)	РК 20.08.2019.	43.343217 N 22.677865 E	<i>Riverina rivularis</i> <i>Paralemanea annulata</i>	O O	<i>Nostoc</i> sp. <i>Heribaudiella fluviatilis</i> <i>Cladophora</i> sp. <i>Gongrosira incrustans</i> <i>Ulothrix</i> sp. <i>Ulothrix zonata</i>	O O O F O O	Ф2.6	ПП Е ИРА ИВА РВА
Ресава (горњи ток)	РЕ1 14.08.2020. РЕ1 10.07.2021.	44.08475 N 21.674444 E	<i>Bangia atropurpurea</i> <i>Lemanea fluviatilis</i>	O F	<i>Melosira varians</i> <i>Cladophora</i> sp. / /	O O / /	Ф2.6 Ф2.6	ИВА
Ресава (код манастира Манасија)	РЕ5 07.06.2018.	44.100398 N 21.464933 E	<i>Paralemanea annulata</i>	O	/	/	Ф2.6	/

Табела 20. Наставак (D – доминантан таксон, A – обилан таксон, F – чест таксон, O – повремени таксон, R – редак таксон, Д1.1 – Улази у пећине, Д1.2 – Унутрашњост пећина, Ф2.12 – Извори слатке тврде воде, Ф2.2 – Стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде, Ф2.24 – Водопади, Ф2.6 – Филм воде која се прелива по стенама, Х9 – Веома вештачке воде, сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, РБ – резерват биосфере, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, Е – Емералд подручје, ИРА – значајно подручје за биљке, ИВА – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

Локалитет	Ознака локалитета/датум	Географске координате	Таксон	Покровност (DAFOR)	Таксони макроскопских агрегација алги	Покровност макроскопских агрегација алги (DAFOR)	Тип станишта	Заштита подручја
Росомачка река (Росомачки лонци)	PO1 17.08.2019.	43.153181 N 22.856651 E	<i>Riverina rivularis</i> <i>Paralemanea annulata</i>	O O	<i>Gongrosira</i> sp.	O	Ф2.6	ПП Е ИРА ИВА РВА
Сврљишки Тимок (Лозан)	CT2 14.07.2020.	43.378954 N 22.264379 E	<i>Batrachospermum sensu lato</i>	R	/	/	Ф2.2	/
Сврљишки Тимок (Ргоште)	CT4 25.07.2023.	43.544694 N 22.186028 E	<i>Lemanea fluviatilis</i>	R	/	/	Ф2.6	/
Сокобањска Моравица (извор)	CM1 15.07.2020.	43.630005 N 21.992004 E	<i>Batrachospermum sensu lato</i>	O	<i>Chaetophora</i> sp.	A	Ф2.12	/
Сокобањска Моравица (излетиште Лептерија)	CM3 12.08.2019.	43.63636 N 21.888098 E	<i>Paralemanea catenata</i>	F	<i>Nostoc</i> sp. <i>Cladophora</i> sp. <i>Microspora amoena</i>	O O O	Ф2.6	СП
Темштица (горњи ток)	TE1 20.08.2019.	43.296894 N 22.610648 E	<i>Paralemanea annulata</i>	F	/	/	Ф2.6	ПП Е
	TE1 29.10.2020.		<i>Paralemanea annulata</i>	F	<i>Heribaudiella fluviatilis</i>	R		ИРА ИВА РВА

Табела 20. Наставак (D – доминантан таксон, A – обилан таксон, F – чест таксон, O – повремени таксон, R – редак таксон, Д1.1 – Улази у пећине, Д1.2 – Унутрашњост пећина, Ф2.12 – Извори слатке тврде воде, Ф2.2 – Стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде, Ф2.24 – Водопади, Ф2.6 – Филм воде која се прелива по стенама, Х9 – Веома вештачке воде, сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, РБ – резерват биосфере, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, Е – Емералд подручје, IPA – значајно подручје за биљке, IBA – значајно подручје за птице, PBA – одабрано подручје за дневне лептире)

Локалитет	Ознака локалитета/датум	Географске координате	Таксон	Покровност (DAFOR)	Таксони макроскопских агрегација алги	Покровност макроскопских агрегација алги (DAFOR)	Тип станишта	Заштита подручја
Темштица (мртвачки мост)	TE2 20.08.2019.	43.297273 N 22.607376 E	<i>Paralemanea annulata</i>	F	<i>Nostoc</i> sp. <i>Hydrurus foetidus</i> <i>Cladophora</i> sp.	O R O	Ф2.6	
Темштица (излетиште Криви вир)	TE3 20.08.2019.	43.26319 N 22.550054 E	<i>Paralemanea annulata</i>	O	<i>Cladophora</i> sp.	O	Ф2.2	ПП
			<i>Riverina rivularis</i>	O	<i>Gongrosira</i> sp. <i>Ulothrix zonata</i> <i>Oedogonium</i> sp.	F O O		Е
	TE3 29.10.2020.		<i>Riverina rivularis</i>	O	<i>Heribaudiella fluvialis</i> <i>Cladophora</i> sp. <i>Gongrosira</i> sp.	O O F		IPA IBA PBA
Топли извор „Врело“	ТИ 14.07.2020.	43.823833 N 21.746861 E	<i>Riverina rivularis</i>	A	/	/	Ф2.2	/
Топлодолска река (Топли До)	ТО 21.08.2019.	43.335427 N 22.668165 E	<i>Paralemanea annulata</i>	O	/	/	Ф2.2	ПП Е IPA IBA PBA
Трговишки Тимок (Горња Каменица)	TT5 15.07.2020.	43.473028 N 22.342389 E	<i>Bangia atropurpurea</i>	R	<i>Vaucheria</i> sp. <i>Cladophora</i> sp.	R R	Ф2.2	/

Табела 20. Наставак (D – доминантан таксон, A – обилан таксон, F – чест таксон, O – повремени таксон, R – редак таксон, Д1.1 – Улази у пећине, Д1.2 – Унутрашњост пећина, Ф2.12 – Извори слатке тврде воде, Ф2.2 – Стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде, Ф2.24 – Водопади, Ф2.6 – Филм воде која се прелива по стенама, Х9 – Веома вештачке воде, сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, РБ – резерват биосфере, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, Е – Емералд подручје, ИРА – значајно подручје за биљке, ИВА – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

Локалитет	Ознака локалитета/датум	Географске координате	Таксон	Покровност (DAFOR)	Таксони макроскопских агрегација алги	Покровност макроскопских агрегација алги (DAFOR)	Тип станишта	Заштита подручја
Црни Тимок (извор)	ЦТ1 02.04.2017.	43.826057 N 21.747439 E	<i>Batrachospermum sensu lato</i>	D	<i>Phormidium</i> sp.	R	Ф2.12	/
Црни Тимок (излетиште Пећура)	ЦТ2 12.05.2019.	43.825814 N 21.747898 E	<i>Batrachospermum sensu lato</i>	F	<i>Phormidium</i> sp. <i>Tribonema regulare</i> <i>Vaucheria</i> sp. <i>Ulothrix zonata</i>	O O O O	Ф2.2	/
Црни Тимок (Гамзиградска бања)	ЦТ3 13.07.2020.	43.926389 N 22.181278 E	<i>Paralemanea annulata</i>	O	/	/	Ф2.2	/
Црни Тимок (Звездан)	ЦТ4 13.07.2020.	43.904222 N 22.210278 E	<i>Paralemanea catenata</i>	A	<i>Cladophora</i> sp.	F	Ф2.2	/
Црновршка река (водопад Бобук)	ЦР1 21.08.2019.	43.415877 N 22.545962 E	<i>Paralemanea annulata</i>	F	/	/	Ф2.24	ПП Е ИРА ИВА РВА
Јужна Србија								
Барска река (излетиште Барска река)	БР 20.08.2019.	43.297917 N 20.763000 E	<i>Batrachospermum sensu lato</i>	O	/	/	Ф2.2	НП Е ИРА ИВА РВА

Табела 20. Наставак (D – доминантан таксон, A – обилан таксон, F – чест таксон, O – повремени таксон, R – редак таксон, Д1.1 – Улази у пећине, Д1.2 – Унутрашњост пећина, Ф2.12 – Извори слатке тврде воде, Ф2.2 – Стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде, Ф2.24 – Водопади, Ф2.6 – Филм воде која се прелива по стенама, Х9 – Веома вештачке воде, сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, РБ – резерват биосфере, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, Е – Емералд подручје, ІРА – значајно подручје за биљке, ІВА – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

Локалитет	Ознака локалитета/datum	Географске координате	Таксон	Покровност (DAFOR)	Таксони макроскопских агрегација алги	Покровност макроскопских агрегација алги (DAFOR)	Тип станишта	Заштита подручја
Безимени поток на Копаонику	БПК 14.06.2022.	43.320775 N 20.799892 E	<i>Riverina rivularis</i>	O	/	/	Ф2.2	НП Е ІРА ІВА РВА
Божичка река (Божица)	БЖ 27.05.2018.	42.618611 N 22.400667 E	<i>Lemanea fluviatilis</i>	F	<i>Hydrurus foetidus</i>	R	Ф2.6	/
Божички канал (ушће у Власинску акумулацију)	БК 23.07.2019.	42.679111 N 22.350583 E	<i>Lemanea rigida</i>	O	<i>Audouinella hermannii</i> <i>Hydrurus foetidus</i> <i>Cladophora</i> sp.	O R O	Ф2.6	ПИО Е ІРА ІВА
Власина (код пастрмског рибњака)	ВЛ6 26.05.2018.	42.852611 N 22.283917 E	<i>Lemanea fluviatilis</i>	F	<i>Nostoc</i> sp. <i>Hydrurus foetidus</i> <i>Cladophora</i> sp.	O R O	Ф2.6	/
Вунева (100 m узводно од ушћа у Масуричку реку)	ВН 28.05.2018.	42.612972 N 22.221167 E	<i>Lemanea</i> sp. 2	O	/	/	Ф2.2	/
Вучјанка (Поречје)	ВУ1 13.06.2019.	42.856334 N 21.914234 E	<i>Paralemanea catenata</i>	F	<i>Nostoc</i> sp.	O	Х9	/
Вучјанка (Вучје)	ВУ2 26.05.2019.	42.862779 N 21.911174 E	<i>Paralemanea catenata</i>	F	<i>Phormidium</i> sp.	O	Х9	/

Табела 20. Наставак (D – доминантан таксон, A – обилан таксон, F – чест таксон, O – повремени таксон, R – редак таксон, Д1.1 – Улази у пећине, Д1.2 – Унутрашњост пећина, Ф2.12 – Извори слатке тврде воде, Ф2.2 – Стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде, Ф2.24 – Водопади, Ф2.6 – Филм воде која се прелива по стенама, Х9 – Веома вештачке воде, сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, РБ – резерват биосфере, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, Е – Емералд подручје, IPA – значајно подручје за биљке, IBA – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

Локалитет	Ознака локалитета/датум	Географске координате	Таксон	Покровност (DAFOR)	Таксони макроскопских агрегација алги	Покровност макроскопских агрегација алги (DAFOR)	Тип станишта	Заштита подручја
Гобелјска река (узводно од МХЕ Ђорђевићи)	ГБ1 18.06.2019.	43.362528 N 20.821056 E	<i>Riverina rivularis</i>	R	<i>Hydrurus foetidus</i>	R	Ф2.2	НП Е IPA IBA РВА
Градишка река (500 m узводно од ушћа у Масуричку реку)	ГР 28.05.2018.	42.613992 N 22.221978 E	<i>Paralemanea torulosa</i>	O	/	/	Ф2.2	/
Градска река (Састав река)	ГА 26.05.2018.	42.902111 N 22.346194 E	<i>Lemanea rigida</i>	O	<i>Nostoc</i> sp.	O	Ф2.6	/
Јелашница (узводно од бране старе МХЕ)	ЈЛ1 20.08.2019.	42.632542 N 22.116223 E	<i>Lemanea rigida</i> <i>Paralemanea catenata</i>	O O	/	/	Ф2.2	/
Јерма (код манастира Поганово)	ЈЕ2 19.08.2019.	42.979272 N 22.638412 E	<i>Paralemanea annulata</i>	A	<i>Cladophora</i> sp.	F	Ф2.6	СРП Е
Јерма (Петачинци)	ЈЕ3 08.08.2020.	42.920497 N 22.641796 E	<i>Paralemanea annulata</i>	F	<i>Cladophora</i> sp.	A	Ф2.2	IPA IBA РВА
Јужна Морава (Гариње)	ЈМ1 22.07.2023.	42.790222 N 22.090500 E	<i>Paralemanea catenata</i>	O	/	/	Ф2.2	/

Табела 20. Наставак (D – доминантан таксон, A – обилан таксон, F – чест таксон, O – повремени таксон, R – редак таксон, Д1.1 – Улази у пећине, Д1.2 – Унутрашњост пећина, Ф2.12 – Извори слатке тврде воде, Ф2.2 – Стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде, Ф2.24 – Водопади, Ф2.6 – Филм воде која се прелива по стенама, Х9 – Веома вештачке воде, сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, РБ – резерват биосфере, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, Е – Емералд подручје, ІРА – значајно подручје за биљке, ІВА – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

Локалитет	Ознака локалитета/датум	Географске координате	Таксон	Покровност (DAFOR)	Таксони макроскопских агрегација алги	Покровност макроскопских агрегација алги (DAFOR)	Тип станишта	Заштита подручја
Масуричка река (клисуре)	МА1 28.05.2018.	42.613472 N 22.220278 E	<i>Lemanea</i> sp. 2	F	/	/	Ф2.6	/
Мечкино кладенче	МК 08.08.2020.	42.986028 N 22.635306 E	<i>Batrachospermum</i> sensu lato	R	<i>Vaucheria</i> sp.	F	Ф2.12	/
Пчиња (код манастира Прохор Пчињски)	П 16.09.2018.	42.330859 N 21.894806 E	<i>Paralemanea annulata</i>	D	<i>Cladophora</i> sp.	F	Ф2.6	ПИО Е ІРА ІВА
Рипивода (водопад)	РИ 02.06.2020.	43.024028 N 21.492944 E	<i>Paralemanea annulata</i>	A	/	/	Ф2.24	ПП РВА
Рупска река	РУ 12.08.2019.	42.914881 N 22.154971 E	<i>Lemanea fluviatilis</i>	O	/	/	Ф2.2	/
Самоковска река (Кадиевац)	СА1 13.09.2021.	43.320908 N 20.760988 E	<i>Batrachospermum</i> sensu lato	R	<i>Audouinella chalybea</i> <i>Microspora amoena</i>	A O	Ф2.2	НП Е
Самоковска река (Ђоров мост)	СА4 13.09.2021.	43.357372 N 20.74241 E	<i>Batrachospermum</i> sensu lato	R	/	/	Ф2.2	ІРА ІВА РВА

Табела 20. Наставак (D – доминантан таксон, A – обилан таксон, F – чест таксон, O – повремени таксон, R – редак таксон, Д1.1 – Улази у пећине, Д1.2 – Унутрашњост пећина, Ф2.12 – Извори слатке тврде воде, Ф2.2 – Стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде, Ф2.24 – Водопади, Ф2.6 – Филм воде која се прелива по стенама, Х9 – Веома вештачке воде, сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, РБ – резерват биосфере, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, Е – Емералд подручје, ИРА – значајно подручје за биљке, ИВА – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

Локалитет	Ознака локалитета/датум	Географске координате	Таксон	Покровност (DAFOR)	Таксони макроскопских агрегација алги	Покровност макроскопских агрегација алги (DAFOR)	Тип станишта	Заштита подручја
Југозападна Србија								
Брвеница	БВ 07.08.2019.	43.428139 N 20.456306 E	<i>Riverina rivularis</i>	O	/	/	Ф2.2	РБ Е ИРА ИВА РВА
Бресничка река	БС 07.08.2019.	43.583139 N 20.551797 E	<i>Riverina rivularis</i>	O	/	/	Ф2.2	/
Брусничка река (1 km узводно од ушћа у Студеницу)	БУЗ 07.08.2019.	43.416889 N 20.370306 E	<i>Bangia atropurpurea</i> <i>Riverina rivularis</i>	R R	<i>Nostoc</i> sp.	R	Ф2.6	РБ Е ИРА ИВА РВА
Велики Рзав (Мочиоци)	BP1 09.09.2021.	43.562139 N 19.971444 E	<i>Batrachospermum sensu lato</i>	R	/	/	Ф2.2	/
Велики Рзав (Кљештине – Роге)	BP5 19.05.2018.	43.763608 N 19.979541 E	<i>Lemanea fluviatilis</i>	R	<i>Nostoc</i> sp.	O	Ф2.2	/
Вељушница (ушће у Увачку акумулацију)	BE 15.08.2018.	43.36825 N 19.909722 E	<i>Lemanea fucina</i>	F	<i>Cladophora</i> sp.	O	Ф2.6	СРП Е ИВА РВА

Табела 20. Наставак (D – доминантан таксон, A – обилан таксон, F – чест таксон, O – повремени таксон, R – редак таксон, Д1.1 – Улази у пећине, Д1.2 – Унутрашњост пећина, Ф2.12 – Извори слатке тврде воде, Ф2.2 – Стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде, Ф2.24 – Водопади, Ф2.6 – Филм воде која се прелива по стенама, X9 – Веома вештачке воде, cРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, РБ – резерват биосфере, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, Е – Емералд подручје, IPA – значајно подручје за биљке, IBA – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

Локалитет	Ознака локалитета/датум	Географске координате	Таксон	Покровност (DAFOR)	Таксони макроскопских агрегација алги	Покровност макроскопских агрегација алги (DAFOR)	Тип станишта	Заштита подручја
Вештачки канал поред Милешевке	KM 06.07.2019.	43.365667 N 19.724889 E	<i>Batrachospermum sensu lato</i>	O	<i>Nostoc sp.</i> <i>Cladophora sp.</i>	F A	X9	/
Вучијска чесма	ВЧ 22.06.2024.	43.478722 N 19.809194 E	<i>Batrachospermum sensu lato</i>	R	/	/	X9	/
Голијска Моравица (у близини манастира Клисура)	ГМЗ 22.07.2020.	43.6685 N 20.101556 E	<i>Bangia atropurpurea</i>	R	<i>Cladophora sp.</i>	O	Ф2.2	/
Градачка река (Градачка бања)	ГД 07.08.2019.	43.367286 N 20.537722 E	<i>Riverina rivularis</i>	D	<i>Phormidium sp.</i> <i>Vaucheria sp.</i> <i>Cladophora sp.</i>	O O A	Ф2.2	ПП Е IPA
Грачаница (горњи ток, код старе хидроелектране)	Г1 06.09.2019.	43.302361 N 19.668806 E	<i>Batrachospermum sensu lato</i>	R	/	/	Ф2.2	/
Ђерекарска река (Ђерекаре)	Ђ2 14.10.2019.	43.021236 N 20.170276 E	<i>Batrachospermum sensu lato</i>	R	/	/	Ф2.2	СРП Е
Ђерекарска река (50 m узводно од Пештерског језера)	Ђ3 26.06.2020.	43.07662 N 20.08061 E	<i>Batrachospermum sensu lato</i>	R	/	/	Ф2.2	IPA IBA РВА
Ђетиња (кањон)	ЂЕ1 24.09.2020.	43.852661 N 19.824176 E	<i>Riverina rivularis</i>	O	/	/	Ф2.2	/

Табела 20. Наставак (D – доминантан таксон, A – обилан таксон, F – чест таксон, O – повремени таксон, R – редак таксон, Д1.1 – Улази у пећине, Д1.2 – Унутрашњост пећина, Ф2.12 – Извори слатке тврде воде, Ф2.2 – Стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде, Ф2.24 – Водопади, Ф2.6 – Филм воде која се прелива по стенама, Х9 – Веома вештачке воде, сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, РБ – резерват биосфере, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, Е – Емералд подручје, IPA – значајно подручје за биљке, IBA – значајно подручје за птице, PBA – одабрано подручје за дневне лептире)

Локалитет	Ознака локалитета/датум	Географске координате	Таксон	Покровност (DAFOR)	Таксони макроскопских агрегација алги	Покровност макроскопских агрегација алги (DAFOR)	Тип станишта	Заштита подручја
Ибар (Милијина глава)	И2 21.09.2019.	42.933194 N 20.421528 E	<i>Paralemanea annulata</i>	A	<i>Vaucheria</i> sp. <i>Cladophora</i> sp. <i>Gongrosira</i> sp.	O F O	Ф2.6	IPA
Ибар (Матарушка бања)	ИЗ 14.07.2020.	43.694081 N 20.596717 E	<i>Riverina rivularis</i> <i>Paralemanea annulata</i>	O O	<i>Cladophora</i> sp. <i>Gongrosira</i> sp.	D O	Ф2.2	/
Изубра (горњи ток)	ИЗУ 07.08.2019.	43.422893 N 20.416815 E	<i>Riverina rivularis</i>	O	/	/	Ф2.6	РБ Е IPA IBA PBA
Лим (Бродарево)	Л1 20.07.2020.	43.226908 N 19.724417 E	<i>Paralemanea catenata</i>	R	<i>Cladophora</i> sp.	O	Ф2.2	/
Лим (Пријепоље)	Л2 20.07.2020.	43.575049 N 19.530462 E	<i>Paralemanea catenata</i>	O	<i>Cladophora</i> sp.	F	Ф2.2	/
Милешевка (код пастрмског рибањака)	М1 06.07.2019.	43.366222 N 19.721361 E	<i>Lemanea fluviatilis</i>	O	<i>Nostoc</i> sp. <i>Cladophora</i> sp.	O O	Ф2.6	сРП IBA
Ношница (Међуречје)	НО 08.08.2019.	43.533988 N 20.225981 E	<i>Riverina rivularis</i>	O	<i>Vaucheria</i> sp. <i>Cladophora</i> sp.	O O	Ф2.6	/
Пањица (извор)	ПА1 11.11.2020.	43.650583 N 20.03449 E	<i>Riverina rivularis</i> <i>Batrachospermum sensu lato</i>	D R	/	/	Д1.1 Д1.2 Ф2.12	/

Табела 20. Наставак (D – доминантан таксон, A – обилан таксон, F – чест таксон, O – повремени таксон, R – редак таксон, Д1.1 – Улази у пећине, Д1.2 – Унутрашњост пећина, Ф2.12 – Извори слатке тврде воде, Ф2.2 – Стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде, Ф2.24 – Водопади, Ф2.6 – Филм воде која се прелива по стенама, Х9 – Веома вештачке воде, сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, РБ – резерват биосфере, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, Е – Емералд подручје, IPA – значајно подручје за биљке, IBA – значајно подручје за птице, PBA – одабрано подручје за дневне лептире)

Локалитет	Ознака локалитета/датум	Географске координате	Таксон	Покровност (DAFOR)	Таксони макроскопских агрегација алги	Покровност макроскопских агрегација алги (DAFOR)	Тип станишта	Заштита подручја
Пањица (код водопада)	ПА2 11.11.2020.	43.651111 N 20.034361 E	<i>Bangia atropurpurea</i>	R	<i>Cladophora</i> sp.	R	Ф2.2	/
Ратајска река (у близини манастира Пустиња)	РАТ 21.06.2024.	43.356194 N 19.602417 E	<i>Riverina rivularis</i>	F	/	/	Ф2.6	/
Рашка река (извор)	РА1 01.11.2020.	43.115717 N 20.371043 E	<i>Batrachospermum sensu lato</i>	R	/	/	Ф2.12	/
Рашка река (код манастира Сопоћани)	РА2 14.08.2020.	43.113639 N 20.379833 E	<i>Bangia atropurpurea</i>	O	<i>Vaucheria</i> sp. <i>Microspora amoena</i> <i>Cladophora</i> sp.	F O O	Ф2.6	/
Рудничка река	РУД 27.06.2024.	43.25269 N 20.697794 E	<i>Riverina rivularis</i>	O	/	/	Ф2.6	/
Студеница (узводно од мотела Радочело)	С3 25.07.2022.	43.495273 N 20.418037 E	<i>Paralemanea annulata</i>	F	/	/	Ф2.6	РБ Е
Студеница (манастир Студеница)	С4 12.08.2018.	43.48949 N 20.532494 E	<i>Paralemanea annulata</i>	F	<i>Cladophora</i> sp.	F	Ф2.6	IPA IBA PBA
Трнавска река	ТР 07.08.2019.	43.287194 N 20.575528 E	<i>Riverina rivularis</i>	O	/	/	Ф2.2	/

Табела 20. Наставак (D – доминантан таксон, A – обилан таксон, F – чест таксон, O – повремени таксон, R – редак таксон, Д1.1 – Улази у пећине, Д1.2 – Унутрашњост пећина, Ф2.12 – Извори слатке тврде воде, Ф2.2 – Стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде, Ф2.24 – Водопади, Ф2.6 – Филм воде која се прелива по стенама, Х9 – Веома вештачке воде, сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, РБ – резерват биосфере, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, Е – Емералд подручје, ІРА – значајно подручје за биљке, ІВА – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

Локалитет	Ознака локалитета/датум	Географске координате	Таксон	Покровност (DAFOR)	Таксон макроскопских агрегација алги	Покровност макроскопских агрегација алги (DAFOR)	Тип станишта	Заштита подручја
Централна Србија								
Бањски поток	БА 11.11.2020.	43.892028 N 20.187917 E	<i>Riverina rivularis</i> <i>Batrachospermum sensu lato</i>	O A	<i>Tribonema sp.</i>	O	Ф2.2	ПИО
					<i>Microspora abbreviata</i>	O		Е
					<i>Microspora amoena</i>	O		ІВА
					<i>Ulothrix zonata</i>	R		
					<i>Spirogyra sp.</i>	R		
Безимени поток на Авали	БПА 28.04.2020.	44.694639 N 20.523861 E	<i>Riverina rivularis</i>	O	<i>Gongrosira sp.</i>	A	Ф2.6	ПИО Е РВА
Борачка река (100 m низводно од старе бране)	БО1 20.09.2018.	43.959823 N 20.584927 E	<i>Batrachospermum sensu lato</i>	O	/	/	Ф2.2	СП
Борачка река (код дрвеног мостића)	БО2 17.05.2019.	43.965028 N 20.562167 E	<i>Riverina rivularis</i>	R	<i>Cladophora sp.</i>	O	Ф2.6	
Вољевица (кањон)	ВО1 24.09.2020.	43.9932 N 21.071483 E	<i>Riverina rivularis</i>	F	/	/	Ф2.2	/
Вољевица (Мишевићи)	ВО2 24.09.2020.	43.965113 N 21.101674 E	<i>Riverina rivularis</i>	F	/	/	Ф2.6	/
Западна Морава (Доња Горевница)	ЗМ1 13.09.2019.	43.866392 N 20.464924 E	<i>Riverina rivularis</i>	F	<i>Cladophora sp.</i> <i>Spirogyra sp.</i>	F O	Ф2.2	/

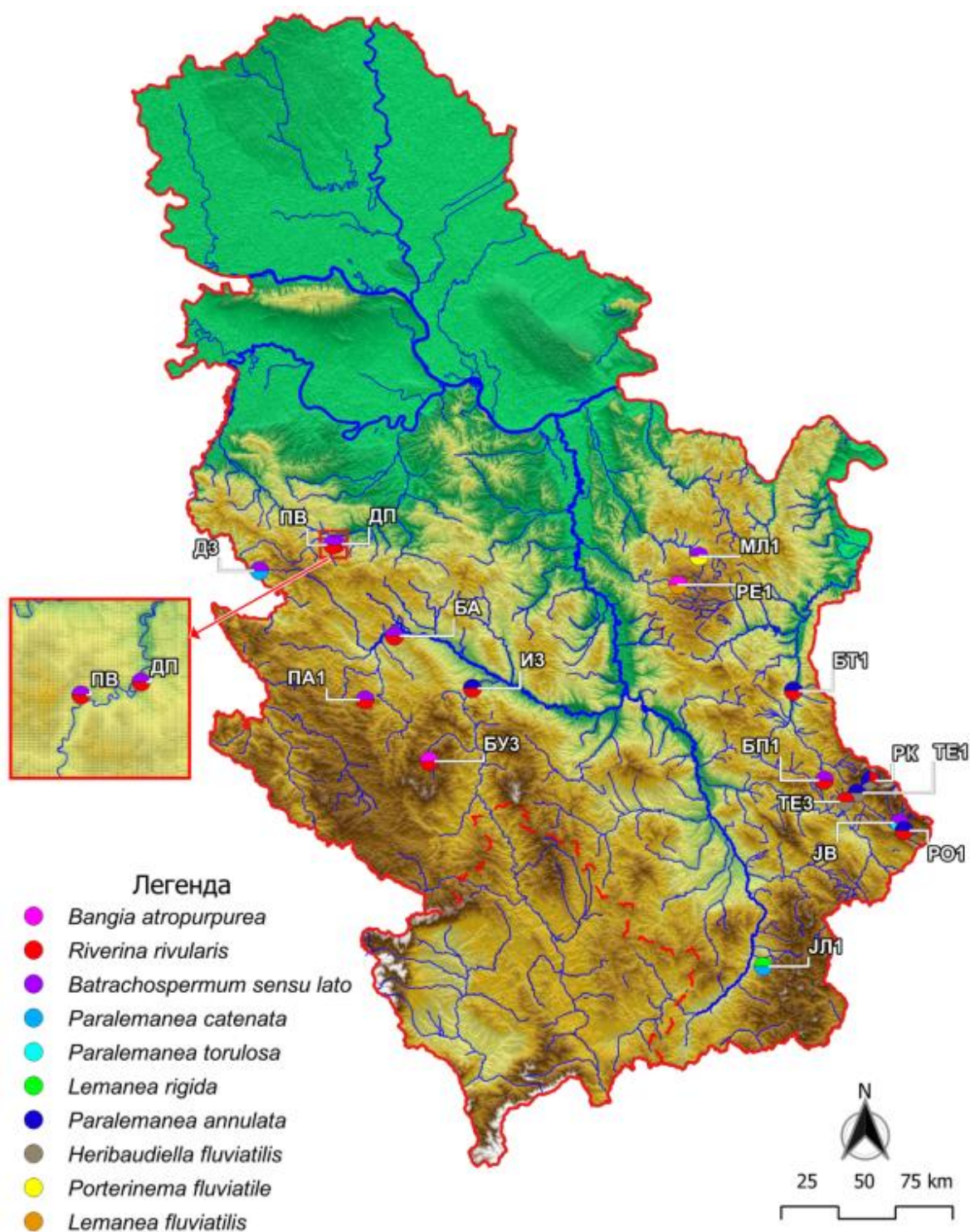
Табела 20. Наставак (D – доминантан таксон, A – обилан таксон, F – чест таксон, O – повремени таксон, R – редак таксон, Д1.1 – Улази у пећине, Д1.2 – Унутрашњост пећина, Ф2.12 – Извори слатке тврде воде, Ф2.2 – Стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде, Ф2.24 – Водопади, Ф2.6 – Филм воде која се прелива по стенама, Х9 – Веома вештачке воде, сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, РБ – резерват биосфере, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, Е – Емералд подручје, ІРА – значајно подручје за биљке, ІВА – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

Локалитет	Ознака локалитета/датум	Географске координате	Таксон	Покровност (DAFOR)	Таксони макроскопских агрегација алги	Покровност макроскопских агрегација алги (DAFOR)	Тип станишта	Заштита подручја
Каменица (Рошци)	КА 23.05.2022.	43.933466 N 20.224159 E	<i>Riverina rivularis</i>	O	/	/	Ф2.2	/
Западна Србија								
Бања (извор)	Б1 05.08.2018.	44.24471 N	<i>Batrachospermum sensu lato</i>	R	/	/	Х9	СП
	Б1 13.06.2019.	19.935935 E		F	/	/	Ф2.12	СП
Година (извор)	ГО 24.07.2020.	43.954605 N 19.42612 E	<i>Riverina rivularis</i>	O	<i>Gongrosira</i> sp.	O	Ф2.12	НП ІРА ІВА РВА
Дегурићки поток (водена пећина, поток)	ДП 13.06.2019.	44.237789 N 19.884096 E	<i>Riverina rivularis</i>	D	/	/	Д1.1	ПИО
			<i>Batrachospermum sensu lato</i>	O			Ф2.2	Е
Дрина (ребир испод бране)	Д1 24.07.2020.	43.959678 N 19.420374 E	<i>Paralemanea catenata</i>	F	<i>Cladophora</i> sp.	A	Ф2.2	/
Дрина (Тадића вајати)	ДЗ 24.07.2020.	44.137652 N 19.481928 E	<i>Batrachospermum sensu lato</i>	R	<i>Cladophora</i> sp.	A	Ф2.2	/
			<i>Paralemanea catenata</i>	F				
Попово врело	ПВ 13.06.2019.	44.234564 N 19.863327 E	<i>Riverina rivularis</i>	O	<i>Vaucheria</i> sp.	O	Ф2.12	ПИО Е
			<i>Batrachospermum sensu lato</i>	O	<i>Microspora abbreviata</i>	O		

Таксони црвених алги, изузев *Lemanea* sp. 1 и *Lemanea* sp. 2, забележени су у заједници са цијанобактеријама (Cyanobacteria), другим црвеним алгама, хетероконтним алгама (Heterokontophyta: златне алге – Chrysophyceae, жутозелене алге – Xanthophyceae, силикатне алге – Bacillariophyceae и мрке алге – Phaeophyceae), зеленим алгама (Chlorophyta) и стрептофитским алгама (Charophyta, класа Conjugatophyceae - коњугатне алге) (Табела 20).

Седам таксона црвених алги пронађено је у заједници са другим таксоном црвених алги. Заједница врста *B. atropurpurea* и *R. rivularis* забележена је на једном локалитету. *Riverina rivularis* пронађена је у заједници и са врстом *P. annulata* на пет локалитета, док је у заједници са представницима *Batrachospermum sensu lato* забележена на четири локалитета. Поред заједнице са *R. rivularis*, представници *Batrachospermum sensu lato* су установљени у заједници са врстама *P. catenata* и *P. torulosa* на по једном локалитету. Врста *P. catenata* је на једном локалитету забележена у заједници са врстом *L. rigida* (Табела 20, Слика 8).

Једино су представници раздела Chlorophyta налажени у заједници са свим таксонима црвених алги, изузев *Lemanea* sp. 1 и *Lemanea* sp. 2, док је по шест таксона црвених алги забележено у заједници са златним и жутозеленим алгама (Табела 20). Пет таксона црвених алги забележено је у заједници са макроскопским агрегацијама силикатних алги (Табела 20). У заједници са коњугатним алгама забележени су једино представници *Batrachospermum sensu lato* и *R. rivularis* (Табела 20). Врсте *R. rivularis* и *P. annulata* су једине врсте црвених алги забележене у заједници са мрком алгом *Heribaudiella fluviatilis* (Табела 20, Слика 8).



Слика 8. Географска дистрибуција заједница таксона црвених алги, као и таксона црвених и мрких алги

БА – Бањски поток, БП1 – Бигар поток (извор), БТ1 – Бели Тимок (Минићево), БУЗ – Брусничка река (1 km узводно од ушћа у Студеницу), ДЗ – Дрина (Тадића вајати), ДП – Дегурићки поток, ИЗ – Ибар (Матарушка бања), ЈВ – Јеловичко врело, ЈЛ1 – Јелашница (узводно од бране старе МХЕ), МЛ1 – Млава (извор), ПА1 – Пањица (извор), ПВ – Попово врело, РЕ1 – Ресава (горњи ток), РК – Ракитска река (Топли До), РО – Росомачка река (Росомачки лонци), ТЕ1 – Темштица (горњи ток), ТЕ3 – Темштица (излетиште Криви вир)

Црвене алге забележене су у седам типова станишта заступљених на подручју Србије. Највећи број популација (55) ове групе алги забележен је у сталним, брзим и турбулентним токовима без варирања нивоа воде (Ф2.2). У води која се прелива преко стена (Ф2.6) забележено је 35 популација, у изворима слатке тврде воде (Ф2.12) присутно је 18 популација, док су у осталим типовима станишта црвене алге знатно ређе налажене (Табела 20).

Црвене алге забележене су како на локалитетима који се налазе у границама заштићених природних подручја, тако и у незаштићеним подручјима (Табела 20). Популације представника групе *Batrachospermum sensu lato* и врсте *L. fluviatilis*, *P. annulata* и *P. torulosa* чешће су налажене на локалитетима који се налазе у заштићеним подручјима, у односу на незаштићена подручја. *Riverina rivularis* налажена је скоро подједнако на локалитетима унутар и изван граница заштићених подручја, док су *L. rigida* и *P. catenata* чешће налажене на локалитетима који се налазе ван граница заштићених подручја. *Bangia atropurpurea* налажена је на локалитетима који се не налазе у границама заштићених подручја, са само једним локалитетом у заштићеном подручју, док је *Lemanea* sp. 2 забележена на локалитетима који се не налазе у границама заштићених подручја. Једини налази *L. fucina* и *Lemanea* sp. 1 налазе се у заштићеним природним подручјима.

4.2. Морфолошке, биогеографске и еколошке карактеристике таксона слатководних црвених алги (Rhodophyta)

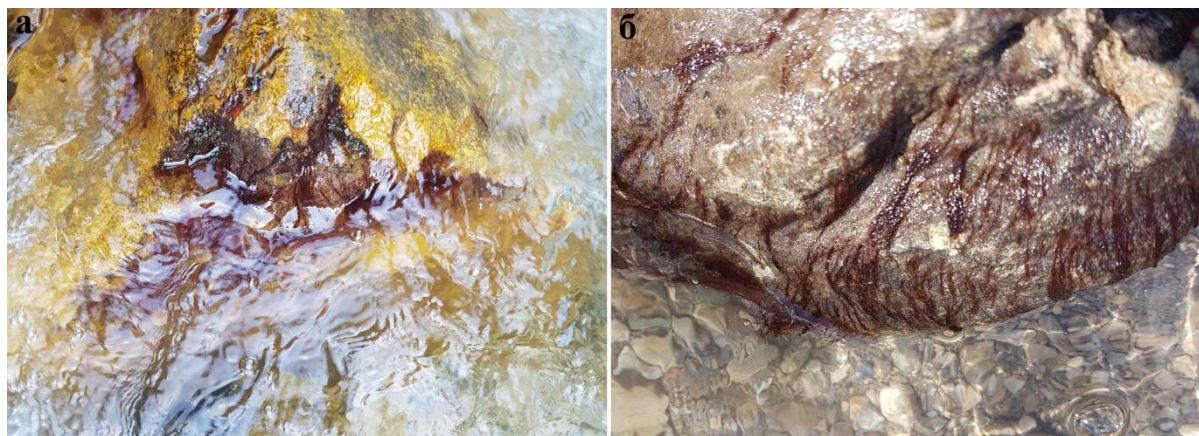
4.2.1. *Bangia atropurpurea* (Mertens ex Roth) C.Agardh 1824

Таксономски статус и синоними врсте *Bangia atropurpurea* приказани су у Табели 21, док је у Табели 22 дат детаљан приказ морфолошких и репродуктивних карактеристика врсте по локалитетима. Физички и хемијски параметри локалитета, са приказом фактора угрожавања врсте и њеног станишта, приказани су у Табелама 23 и 24.

Табела 21. Таксономски статус врсте *Bangia atropurpurea*

Царство	Plantae
Раздео	Rhodophyta
Класа	Bangiophyceae
Ред	Bangiales
Породица	Bangiaceae
Род	<i>Bangia</i>
Врста	<i>Bangia atropurpurea</i> (Mertens ex Roth) C.Agardh 1824
Синоними:	
<i>Conferva atropurpurea</i> Mertens ex Roth 1806	
<i>Oscillatoria atropurpurea</i> (Mertens ex Roth) C.Agardh 1817	
<i>Bangia fuscopurpurea</i> var. <i>atropurpurea</i> (Roth) Lyngbye 1819	
<i>Girardia fuscopurpurea</i> var. <i>atropurpurea</i> (Mertens ex Roth) S.F.Gray 1821	
<i>Bangiella atropurpurea</i> (Mertens ex Roth) Gaillon 1833	
<i>Diadenus atropurpureus</i> (Mertens ex Roth) Kuntze 1891	
<i>Bangiadulcis atropurpurea</i> (Mertens ex Roth) W.A.Nelson 2007	

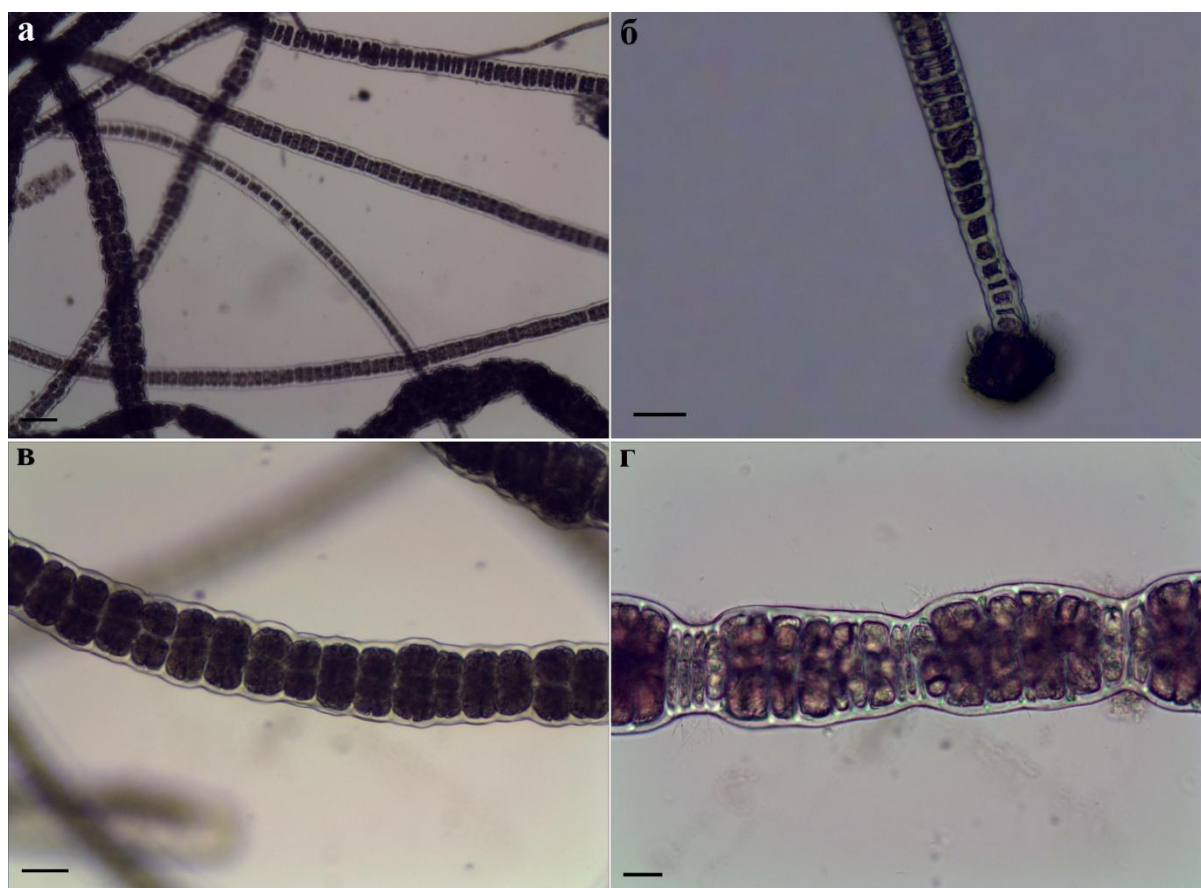
Bangia atropurpurea формира талусе у виду негранатих и цилиндричних филамената без слузавог омотача. Талуси су видљиви голим оком, бледоцрвене, црвене, тамноцрвене или браонкасте боје (Табела 22, Слика 9). На додир, талус је гладак, свиленкаст, а његова дужина варира од 1,2 до 13,2 cm. Млади талуси се за подлогу причвршћују базалном ћелијом, док се одрасле јединке за подлогу причвршћују и ризоидима који воде порекло од базалних ћелија талуса. Са једног места на подлози полази већи број филамената (Слика 9).



Слика 9. Хабитус талуса *Bangia atropurpurea* а) Ресави, б) Рашки (Фото: Александра Ракоњац)

Млади талуси, као и базални делови талуса зрих јединки, су цилиндричног облика (25-75 μm ширина), изграђени од једног низа цилиндричних ћелија (6-18 μm дужина, 25-55 μm ширина) (Слика 10а-б, Табела 22), док се ћелије идући према врху деле попречно и уздужно, стварајући на тај начин шири талус (40-100 μm ширина, 52-115 μm ширина код јединки које образују моноспорангије) изграђен од већег броја низова сферичних или коцкастих ћелија (8-30 μm дужина, 9-37 μm ширина) (Слика 10в-г, Табела 22). Око ћелија се налази чврст слузави омотач.

Врста се спорулативно размножава моноспорама које се образују у моноспорангијама, при чему свака ћелија талуса има способност трансформације у моноспорију (Слика 10г).



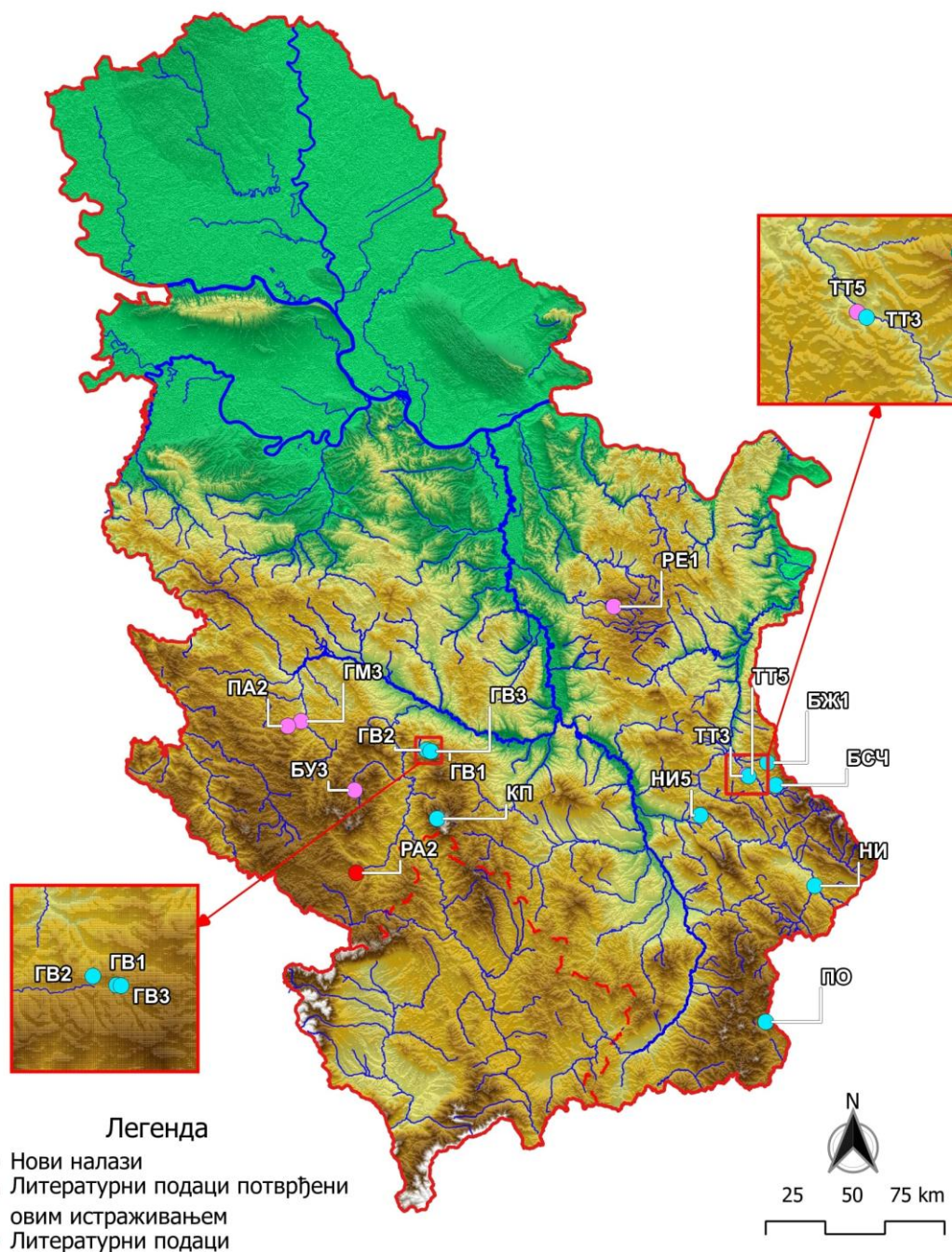
Слика 10. *Bangia atropurpurea* а) микроскопски изглед талуса, б) базални део талуса, в) филамент изграђен од више редова ћелија, г) формирање моноспорангија (бар скала: а – 100 μm ; б-г – 10 μm) (Фото: Александра Ракоњац)

Табела 22. Морфолошке карактеристике *Bangia atropurpurea* на истраживаним локалитетима у Србији (2017-2024. год.)

Ознака локалитета/датум	Боја талуса	Дужина талуса (cm)	Ширина младих филамената (µm)	Ширина филамената одраслих јединки (µm)	Ширина филамената са моноспорангијама (µm)	Дужина ћелија у младим филаментима (µm)	Ширина ћелија у младим филаментима (µm)	Дужина ћелија у филаментима одраслих јединки (µm)	Ширина ћелија у филаментима одраслих јединки (µm)
БУЗ 07.08.2019.	црвена	2-2,5	25-50	/	/	9-16	35-46	/	/
ГМЗ 22.07.2020.	црвена	1,2-2	30-45	40-53	52-65	6-10	25-30	8-15	9-15
ПА2 11.11.2020.	тамно црвена	1,5-2,8	60-75	70-100	94-115	9-17	43-55	21-30	20-37
РА2 14.08.2020.	црвена	6,9-9	25-50	50-65	75-110	10-15	30-35	22-27	20-25
РЕ1 14.08.2020.	црвена	7,6-13,2	35-50	55-60	68-85	8-12	30-37	13-20	12-26
ТТ5 15.07.2020.	бледо црвена	1,9-4,2	40-52	50-67	/	10-18	35-42	13-16	16-20

БУЗ – Брусничка река (1 km узводно од ушћа у Студеницу), ГМЗ – Голијска Моравица (манастир Клисуре), ПА2 – Пањица (код водопада), РА2 – Рашка река (код манастира Сопоћани), РЕ1 – Ресава (горњи ток), ТТ5 – Трговишки Тимок (Горња Каменица код гробља)

Врста *B. atropurpurea* је током овог истраживања забележена на укупно шест локалитета, од чега су четири локалитета нова за Србију (Табела 20 и Табела 22, Слика 11). Популације ове врсте забележене су на четири локалитета југозападне и два локалитета источне Србије.



Слика 11. Дистрибуција врсте *Bangia atropurpurea* у Србији (2017-2024. год.)
 БУ3 – Брусничка река (1 km узводно од ушћа у Студеницу), ГМ3 – Голијска Моравица (манастир Клисура), ПА2 – Пањица (код водопада), РА2 – Рашка река (код манастира Сопотани), РЕ1 – Ресава (горњи ток), ТТ5 – Трговишки Тимок (Горња Каменица код гробља), ГВ1, ГВ2, ГВ3 – Гвоздачка река, НИ – Нишава (ушће Јерме), НИ – Нишава (Сићевачка клисура), ТТ3 – Трговишки Тимок (Коренатачка клисура), БЖ1 – Божичка река, БСЧ – Бресничка река, ПО – Поповска река, КП – Казановски поток

Популације *B. atropurpurea* налажене су како у сталним, брзим и турбулентним токовима без варирања нивоа воде (Ф2.2) (три популације), тако и у стаништима са варирањем нивоа воде где се филм воде прелива по стенама (Ф2.6) (три популације) (Табела 20, Слика 12).



Слика 12. Типови станишта врсте *Bangia atropurpurea* а) стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде – Ф2.2 (Рашка), б) филм воде која се прелива по стенама – Ф2.6 (Пањица) (Фото: Александра Ракоњац)

Bangia atropurpurea је забележена у периоду јул-новембар, на надморским висинама од 331 m до 787 m (Табела 23). Врста насељава искључиво камениту подлогу углавном засенчених, делимично засенчених и потпуно осунчаних станишта, а на локалитету реке Пањице је забележена на потпуно засенченом станишту. Налажена је на дубинама до 10 cm. Брзина протока воде на локалитетима кретала се од $0,7 \text{ m s}^{-1}$ до $1,5 \text{ m s}^{-1}$, температура воде је била у опсегу од $8,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ до $19,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$, а вредности електропроводљивости од $210 \text{ }\mu\text{S cm}^{-1}$ до $780 \text{ }\mu\text{S cm}^{-1}$.

Табела 23. Морфометријске и физичке карактеристике станишта врсте *Bangia atropurpurea*

Ознака локалитета/датум	Надморска висина (m)	Ширина речног корита (m)	Дубина воде (cm)		Тип подлоге	Степен осунчаности	Брзина протока воде (m s ⁻¹)	Температура (°C)	Електропроводљивост (μS cm ⁻¹)
			мин.	макс.					
БУЗ 07.08.2019.	745	6	0	0	камен	++	1,5	17,0	780
ГМЗ 22.07.2020.	392	15	10	10	камен	+++	1,3	19,8	210
ПА2 11.11.2020.	636	3	10	10	камен	+	1,2	8,8	310
РА2 14.08.2020.	748	6	0	10	камен	+++	1,3	11,1	380
РЕ1 14.08.2020.	448	4	0	10	камен	++	1	14,3	260
ТТ5 15.07.2020.	331	5	10	10	камен	++	0,7	15,8	230

БУЗ – Брусничка река (1 km узводно од ушћа у Студеницу), ГМЗ – Голијска Моравица (манастир Клисура), ПА2 – Пањица (код водопада), РА2 – Рашка река (код манастира Сопотани), РЕ1 – Ресава (горњи ток), ТТ5 – Трговишки Тимок (Горња Каменица код гробља)

Вредности укупне тврдоће воде варирале су од 100 mg L⁻¹ до 370 mg L⁻¹ (Табела 24). Врста је забележена у слабо алкалним водама, а pH вредности су се кретале од 7,53 до 8,02. Најнижа вредност концентрације раствореног кисеоника износила је 8,6 mg L⁻¹, док је највиша вредност износила 10,96 mg L⁻¹. Најнижа сатурација кисеоника при којој је врста забележена износила је 97,3%, док је највиша вредност сатурације била 105,1%. Концентрације амонијум јона биле су ниске на свим локалитетима, док су концентрације нитрата и ортофосфата биле повишене једино на локалитету реке Пањице.

Табела 24. Хемијске карактеристике воде станишта врсте *Bangia atropurpurea* са прегледом уочених фактора угрожавања класификованих према IUCN класификационим шемама (Threats Classification Scheme (Version 3.3))

Ознака локалитета/датум	Укупна тврдоћа воде (mg L ⁻¹)	pH	Концентрација раствореног O ₂ (mg L ⁻¹)	Сатурација O ₂ (%)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	Фактори угрожавања према IUCN-у
БУЗ 07.08.2019.	370	7,6	9,15	99,78	0,015	2	0,03	0,01	0,01	7.2.9; 11.2
ГМЗ 22.07.2020.	100	7,58	8,6	97,3	0,015	2	0,09	0,01	0,03	7.2.9; 9.1
ПА2 11.11.2020.	150	7,83	10,96	105,1	0,015	7	0,52	0,01	0,17	11.2
РА2 14.08.2020.	170	7,53	10,3	100,9	0,015	2	0,03	0,01	0,01	6.1; 9.1; 9.2; 9.4
РЕ1 14.08.2020.	130	7,81	9,26	97,7	0,015	2	0,03	0,01	0,01	7.2.9; 11.2
ТТ5 15.07.2020.	120	8,02	10,6	101,8	0,015	2	0,03	0,01	0,01	9.1; 9.2; 9.4; 11.2

БУЗ – Брусничка река (1 km узводно од ушћа у Студеницу), ГМЗ – Голијска Моравица (манастир Клисуре), ПА2 – Пањица (код водопада), РА2 – Рашка река (код манастира Сопоћани), РЕ1 – Ресава (горњи ток), ТТ5 – Трговишки Тимок (Горња Каменица код гробља)

На стаништима врсте забележене су различите антропогене активности (изградња МХЕ – 7.2.9, рекреативне активности – 6.1, различити типови загађења – 9.1, 9.2, 9.4) које доводе до нарушавања квалитета станишта и самим тим потенцијално доводе до угрожавања врсте и њених станишта (Табела 24). Изграђене МХЕ на Ресави, Брусничкој реци и Голијској Моравици (7.2.9) несумњиво су довеле до деградације животне средине и угрожавања станишта ове врсте на локалитетима. Иако негативне последице климатских промена још увек нису уочене, суше (11.2) као једна од манифестација климатских промена би потенцијално могле угрозити популације врсте на локалитетима Брусничке реке, Пањице, Ресаве и Трговишког Тимока.

Bangia atropurpurea је забележена у заједници са макроскопским агрегацијама цијанобактерија (*Nostoc* sp. – један локалитет), црвених алги (*R. rivularis* – један локалитет), жутозелених алги (*Vaucheria* sp. – два локалитета), силикатних алги (*Melosira varians* – један локалитет) и зелених алги (*Cladophora* spp. – пет локалитета и *Microspora amoena* – један локалитет) (Табела 20).

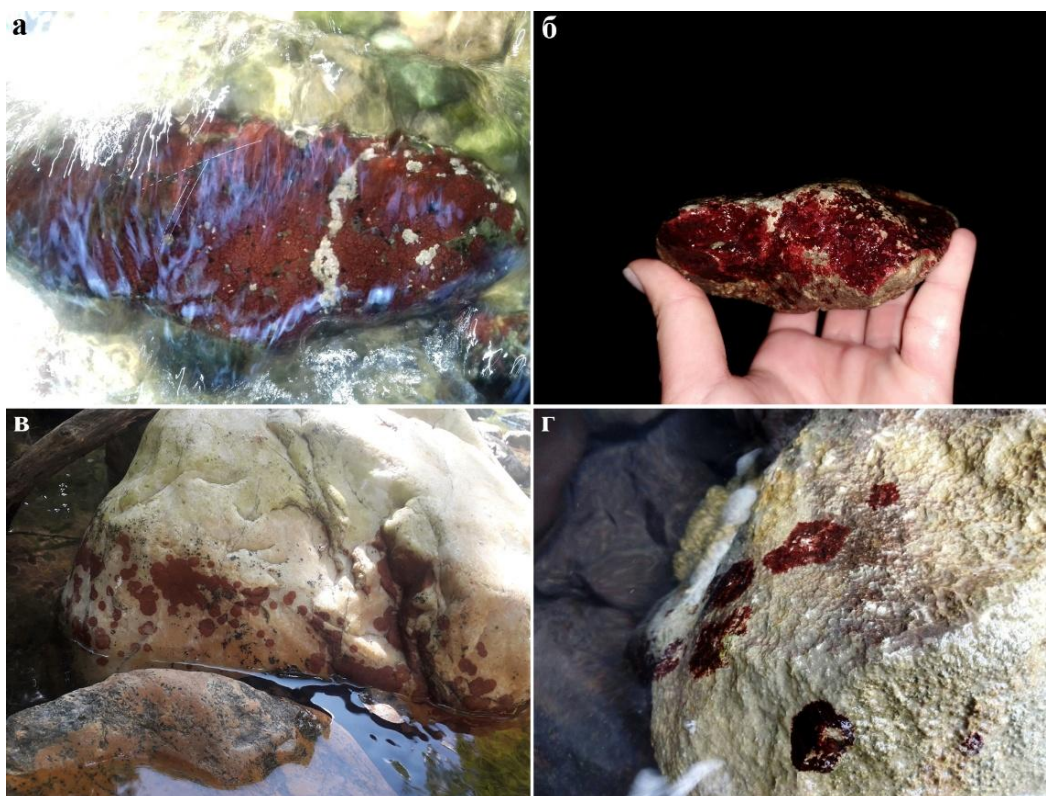
4.2.2. *Riverina rivularis* (Liebmann) C.W.Vieira & G.W.Saunders 2024

Таксономски статус и синоними врсте *Riverina rivularis* приказани су у Табели 25, док је у Табели 26 дат детаљан приказ морфолошких карактеристика врсте по локалитетима. Физички и хемијски параметри локалитета, са приказом фактора угрожавања врсте и њених станишта, приказани су у Табели 27 и Табели 28.

Табела 25. Таксономски статус врсте *Riverina rivularis*

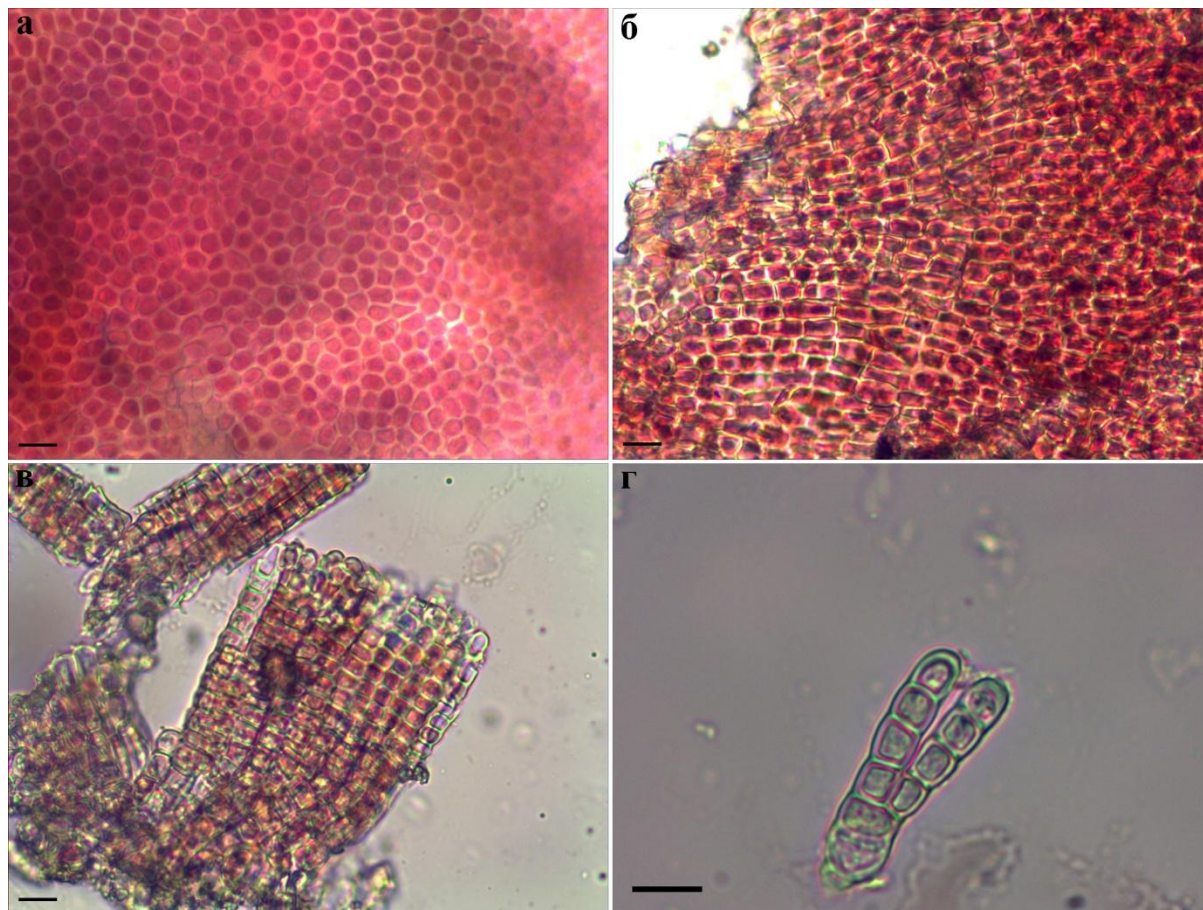
Царство	Plantae
Раздео	Rhodophyta
Класа	Florideophyceae
Ред	Hildenbrandiales
Породица	Hildenbrandiaceae
Род	<i>Riverina</i>
Врста	<i>Riverina rivularis</i> (Liebmann) C.W.Vieira & G.W.Saunders 2024
Синоними:	
<i>Erythroclathrus rivularis</i> Liebmann 1838	
<i>Cruoria rivularis</i> (Liebmann) Areschoug 1843	
<i>Hildenbrandia rivularis</i> (Liebmann) J.Agardh 1851	

Riverina rivularis формира корасте талусе дискоидалног или неправилног облика, интензивно црвене боје (Слика 13, Табела 26). Величина талуса је у пречнику износила од 0,4 до 5 cm (Табела 26). Читава доња страна талуса (базални слој) чврсто сраста са подлогом, при чему талуси некада могу да се преклапају и на тај начин прекривају читаву површину подлоге (Слика 13).



Слика 13. Хабитус талуса *Riverina rivularis* а) Градачка река, б) Пањица, в) Вољевица, г) Дегурићки поток (Фото: Александра Ракоњац)

Талуси су изграђени од једног базалног слоја и усправних филамената. Базални слој формирају разгранати и густо спојени филаменти изграђени од овалних (3-10,1 μm пречник) и полигоналних ћелија (5,2-12,6 μm дужина, 2,5-5,1 μm ширина) (Слика 14а-б, Табела 26). Усправни филаменти су дужине 37-93 μm , изграђени од 6-18 ћелија (3-10 μm дужина, 4,8-10 μm ширина) (Табела 26), и могу бити гранати (Слика 14в-г).



Слика 14. *Riverina rivularis* а) површина талуса, б-в) базални слој и усправни филаменти, г) гранање усправног филамента (бар скала 10 μm) (Фото: Александра Ракоњац)

Популације *R. rivularis* су током овог истраживања забележене на 32 локалитета (Табела 20, Слика 15), и то на 12 локалитета југозападне, девет локалитета источне и седам локалитета централне Србије, док су на подручју западне и јужне Србије популације ове врсте забележене на три, односно два локалитета. Сви ови налази су нови локалитети за врсту у Србији.

Табела 26. Морфолошке карактеристике *Riverina rivularis* на истраживаним локалитетима у Србији (2017-2024. год.)

Ознака локалитета/ датум	Макроскопски изглед талуса			Ћелије базалног слоја				Ћелије усправних филамената	
	боја	облик	пречник (cm)	облик	пречник (μm)	дужина (μm)	ширина (μm)	дужина (μm)	ширина (μm)
БА 11.11.2020.	црвена	неправилан	1,3-2,4	овалан	5,1-7,6	/	/	5-7,8	5,3-7,1
БПА 28.04.2020.	црвена	правилан	1,9-2,6	овалан	4,9-6,8	/	/	4,9-7,6	5,1-7,8
БПК 14.06.2022.	црвена	правилан	1,5-2	овалан	4,8-7,1	/	/	5,1-7,8	5,2-8,1
БТ1 15.07.2020.	црвена	правилан	1,1-2	овалан	6,3-8	/	/	6,5-10	5-8
БТ2 15.07.2020.	црвена	правилан	1,7-2,3	овалан	5-6,8	/	/	5,5-9	6-7
БП1 29.10.2020.	црвена	неправилан	2-2,3	овалан	4,9-5,7	/	/	5-6,8	6-7,5
БО2 17.05.2019.	црвена	правилан	0,8-1,6	овалан	6,1-8,6	/	/	5-7,8	5,5-7
БВ 07.08.2019.	црвена	неправилан	1,5-2,3	овалан	5,2-7,1	/	/	5,3-8,1	5,5-8,4
БС 07.08.2019.	црвена	правилан	1,2-2,1	овалан	4,9-6,8	/	/	4,9-7,6	5-8,3
БУ3 07.08.2019.	црвена	неправилан	0,7-1	овалан/полигоналан	3,1-5,2	5,3-10,1	3,2-5,1	6,3-8,1	6,5-7,3
ВО1 24.09.2020.	црвена	правилан	2,3-3,1	овалан	4,9-7,8	/	/	6,3-7,8	6,5-7,7
ВО2 24.09.2020.	црвена	правилан	1-1,5	овалан	4,8-8,1	/	/	6,6-7,5	6,8-7,5
ГД 07.08.2019.	црвена	правилан	0,5-2,7	овалан/полигоналан	5-6,2	7,5-10	2,5-3	6,2-7	6,5-8
ГБ1 18.06.2019.	црвена	правилан	0,4-0,7	овалан	5,1-7,5	/	/	6,5-9	6,1-8,9

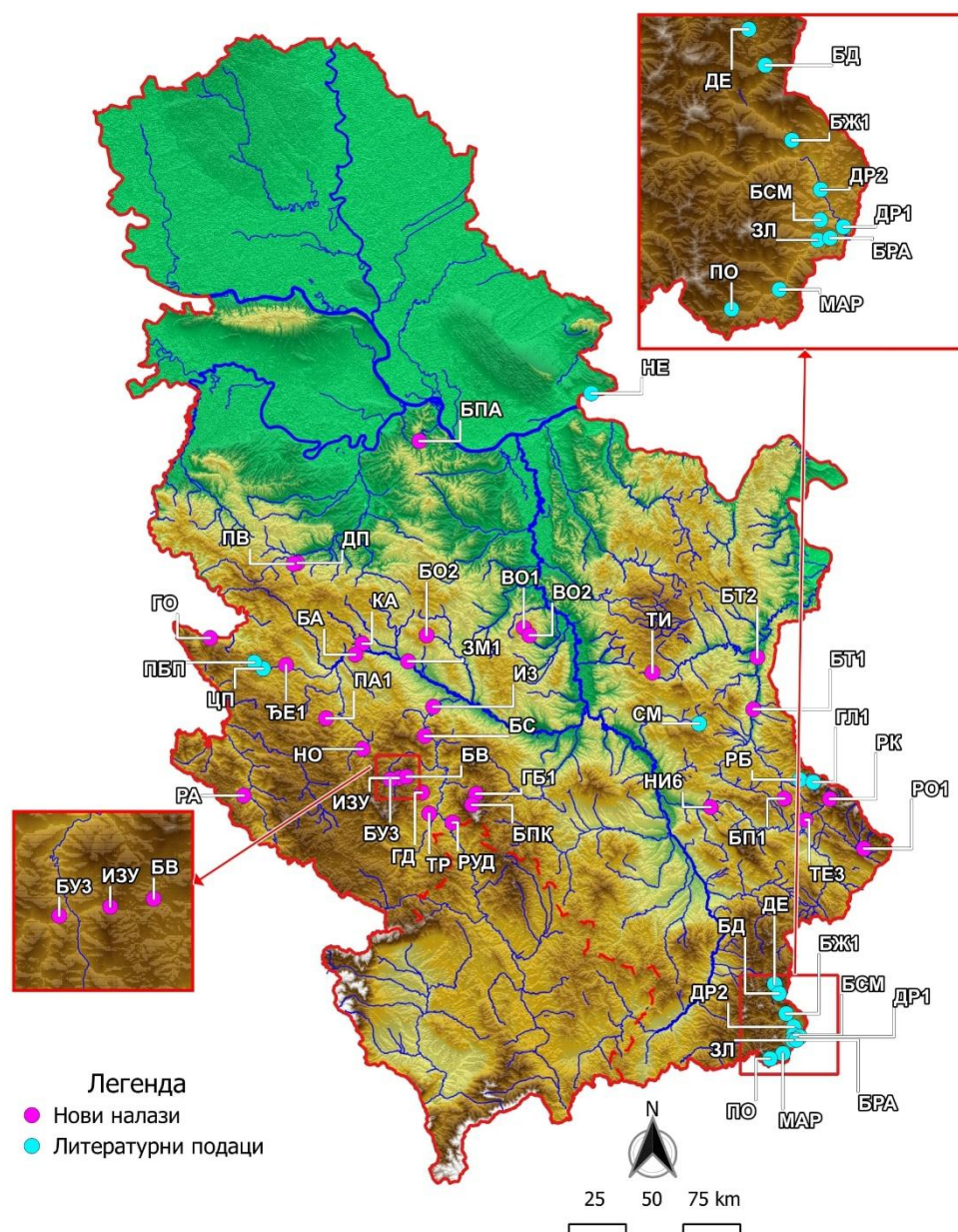
Табела 26. Наставак

Ознака локалитета/ датум	Макроскопски изглед талуса			Ћелије базалног слоја				Ћелије усправних филамената	
	боја	облик	пречник (cm)	облик	пречник (μm)	дужина (μm)	ширина (μm)	дужина (μm)	ширина (μm)
ГО 24.07.2020.	црвена	правилан/неправилан	2,3-3	овалан	4,9-6,8	/	/	3-6,4	4,9-6,2
ДП 13.06.2019.	црвена	правилан/неправилан	0,5-3	овалан	3,1-5,2	/	/	4-5,8	5-7,1
ЂЕ1 24.09.2020.	црвена	неправилан	0,8-1,6	овалан	4,6-5,7	/	/	5-8,6	5,2-8,6
ЗМ1 13.09.2019.	црвена	правилан	1,5-3	овалан	5-7,5	/	/	5,1-8,9	4,9-7,5
ИЗ 14.07.2020.	црвена	правилан	1,1-1,8	овалан/полигоналан	5,1-7,2	8,1-10	2,5-3,4	4,7-8,1	5,1-6,2
ИЗУ 07.08.2019.	црвена	неправилан	0,6-1	овалан	4,9-7,4	/	/	4,5-6,8	4,8-7,5
КА 23.05.2022.	црвена	правилан	1-1,8	овалан	4,8-6,3	/	/	4,8-6,7	5,1-7,3
НИ6 20.07.2020.	црвена	правилан/неправилан	0,8-1,3	овалан	4,9-7,9	/	/	5,4-8,1	5,6-8,7
НО 08.08.2019.	црвена	правилан	0,6-1,5	овалан	4,9-8	/	/	4,2-7,5	5-6,8
ПА1 11.11.2020.	црвена	неправилан	2,5-5	овалан	4,8-7,5	/	/	4,9-7,3	4,9-7,4
ПВ 13.06.2019.	црвена	правилан	1-1,6	овалан	3-5,2	/	/	5-7,4	5,1-7,4
РК 20.08.2019.	црвена	правилан	0,5-1,3	овалан/полигоналан	3,2-7,2	5,2-12,6	2,7-5	5,2-9,1	4,9-8,4
РАТ 21.06.2024.	црвена	правилан	0,8-1,6	овалан	4,6-7,1	/	/	5,1-8,9	5,1-8,6
РО1 17.08.2019.	црвена	правилан	1,2-1,8	овалан	5-10,1	/	/	5-7,8	5,1-10

Табела 26. Наставак

Ознака локалитета/ датум	Макроскопски изглед талуса			Ћелије базалног слоја				Ћелије усправних филамената	
	боја	облик	пречник (cm)	облик	пречник (μm)	дужина (μm)	ширина (μm)	дужина (μm)	ширина (μm)
РУД 27.06.2024.	црвена	правилан	1-1,5	овалан	4,9-7,5	/	/	5,1-8	5,2-8,9
ТЕЗ 20.08.2019.	црвена	правилан	0,8-1,7	овалан	5-7,2	/	/	5,2-9,7	4,9-8,3
ТИ 14.07.2020.	црвена	правилан/неправилан	0,5-2,1	овалан	5,1-8,4	/	/	4,9-7,6	5,2-7,3
ТР 07.08.2019.	црвена	неправилан	1-1,4	овалан	4,9-7,8	/	/	5,1-7,8	5,5-8,1

БА – Бањски поток, БПА – Безимени поток на Авали, БПК – Безимени поток на Копаонику, БТ1 – Бели Тимок (Минићево), БТ2 – Бели Тимок (Бурдаци), БП1 – Бигар поток (извор), БО2 – Борачка река (код дрвеног мостића), БВ – Брвеница, БС – Бресничка река, БУ3 – Брусничка река (1 km узводно од ушћа у Студеницу), ВО1 – Вољевица (кањон), ВО2 – Вољевица (Мишевићи), ГД – Градачка река (Градачка бања), ГБ1 – Гобелјска река (узводно од МХЕ Ђорђевићи), ГО – Година (извор), ДП – Дегурићки поток, ЂЕ1 – Ђетиња (кањон), ЗМ1 – Западна Морава (Доња Горевница), ИЗ – Ибар (Матарушка бања), ИЗУ – Изубра (горњи ток), КА – Каменица (Рошци), НИ6 – Нишава (Просек), НО – Ношница, ПА1 – Пањица (извор), ПВ – Попово врело, РК – Ракитска река (Топли До), РАТ – Ратајска река (у близини манастира Пустиња), РО – Росомачка река (Росомачки лонци), РУД – Рудничка река, ТЕЗ – Темштица (излетиште Криви вир), ТИ – Топли извор „Врело“, ТР – Трнавска река



Слика 15. Дистрибуција врсте *Riverina rivularis* у Србији (2017-2024. год.)

БА – Бањски поток, БПА – Безимени поток на Авали, БПК – Безимени поток на Копаонику, БТ1 – Бели Тимок (Минићево), БТ2 – Бели Тимок (Бурдаци), БП1 – Бигар поток (извор), БО2 – Борачка река (код дрвеног мостића), БВ – Брвеница, БС – Бресничка река, БУ3 – Брусничка река (1 km узводно од ушћа у Студеницу), ВО1 – Вољевица (кањон), ВО2 – Вољевица (Мишевићи), ГД – Градачка река (Градачка бања), ГБ1 – Гобелска река (узводно од МХЕ Ђорђевићи), ГО – Година (извор), ДП – Дегурићки поток, ЋЕ1 – Ћетиња (кањон), ЗМ1 – Западна Морава (Доња Горевница), ИЗ – Ибар (Матарушка бања), ИЗУ – Изубра (горњи ток), КА – Каменица (Рошци), НИ6 – Нишава (Просек), НО – Ношница, ПА1 – Пањица (извор), ПВ – Попово врело, РК – Ракитска река (Топли До), РАТ – Ратајска река (у близини манастира Пустуња), РО – Росомачка река (Росомачки лонци), РУД – Рудничка река, ТЕ3 – Темштица (излетиште Криви вир), ТИ – Топли извор „Врело“, ТР – Трнавска река, ЦП – Цветића поток, ПБП – поток у Биоштанског бањи, ДР1, ДР2 – Драговиштица, ДЕ – Дејанов поток, БД – Братин Дол, БЖ1 – Божичка река, БСМ – Бресничка река, ЗЛ – Злидолска река, МАР – Мала река, ПО – Поповска река, РБ – Равнобучка река, ГЛ1 – Голема река, СМ – Сокобањска Моравица, БРА – Бранковачка река, НЕ – Нера

Врста *R. rivularis* најчешће је налажена у сталним, брзим и турбулентним токовима без варирања нивоа воде (Ф2.2) (16 популација) (Табела 20, Слика 16а) и у стаништима са варирањем нивоа воде где се филм воде прелива по стенама (Ф2.6) (11 популација) (Табела 20, Слика 16б). Три популације ове врсте забележене су у изворима слатке тврде воде (Ф2.12) (Табела 20, Слика 16в). Једине популације забележене у типовима станишта које су улази у пећине (Д1.1) и унутрашњост пећина (Д1.2) јесу популације *R. rivularis* на улазу у Дегурићку пећину (Табела 20, Слика 16г), али и унутар водене пећине реке Пањице (Табела 20, Слика 16д-ђ). Популација ове врсте забележена је у топлом извору „Врело“, који припада типу станишта веома вештачке воде (Х9) (Табела 20, Слика 16).



Слика 16. Типови станишта врсте *Riverina rivularis* а) стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде – Ф2.2 (Ношница), б) филм воде која се прелива по стенама – Ф2.6 (Ракитска река), в) извор слатке тврде воде Ф2.12 (Бигар поток), г) улаз у Дегурићку пећину – Д1.1, д) унутрашњост водене пећине реке Пањице – Д1.2, ђ) веома вештачка вода – Х9 (топли извор „Врело“) (Фото: Александра Ракоњац)

Riverina rivularis је у Србији налажена у периоду април-новембар, на надморским висинама од 158 m до 1102 m (Табела 27). Врста насељава углавном камениту подлогу, али је забележена и на стеновитим подлогама и каменим блоковима. У већини случајева, станишта која насељава била су делимично засенчена и засенчена, али је установљена и на потпуно осунчаним стаништима. Максимална дубина воде на којој је врста пронађена износи 50 cm, али је често налажена на местима прелива воде преко камења. У реци Вољевици (локалитет В02) врста је забележена на потпуно сувом камењу, знатно изнад нивоа воде. Брзина протока воде на локалитетима варирала је од $0,4 \text{ m s}^{-1}$ до $1,9 \text{ m s}^{-1}$, температура воде од $5,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ до $23,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$, а вредности електропроводљивости од $80 \text{ }\mu\text{S cm}^{-1}$ до $800 \text{ }\mu\text{S cm}^{-1}$.

Вредности укупне тврдоће воде варирале су од 40 mg L^{-1} до 380 mg L^{-1} (Табела 28). Врста је налажена у скоро неутралним и слабо алкалним водама, а pH вредности су биле у распону од 7,08 до 8,19. Најнижа вредност концентрације раствореног кисеоника износила је $6,58 \text{ mg L}^{-1}$, а највиша $11,43 \text{ mg L}^{-1}$. Најнижа сатурација кисеоника при којој је врста забележена износила је 77,6%, а највиша 104,2%. Концентрације амонијум јона варирале су у опсегу од $0,015 \text{ mg L}^{-1}$ до $0,07 \text{ mg L}^{-1}$, концентрације нитрата од 2 mg L^{-1} до 12 mg L^{-1} , док су се концентрације ортофосфата кретале од $0,03 \text{ mg L}^{-1}$ до $0,38 \text{ mg L}^{-1}$.

На стаништима врсте забележене су различите антропогене активности (изградња комуникационе и саобраћајне инфраструктуре – 4.1, рекреативне активности – 6.1, изградња МХЕ – 7.2.9, експлоатација песка и шљунка – 7.3, различити типови загађења – 9.1, 9.2, 9.4) које могу да доведу до нарушавања еколошких услова (Табела 28). На једном локалитету Западне Мораве већ је установљена потпуна деградација и нестанак станишта врсте. На овом локалитету 2019. године забележена је релативно бројна популација *R. rivularis*. Након измештања корита Западне Мораве због изградње аутопута Милош Велики (4.1), станиште је потпуно промењено, врста није забележена, што је констатовано изласком на терен 2023. год.. Такође је констатовано да у новоформираном кориту реке популација врсте није формирана.

Табела 27. Морфометријске и физичке карактеристике станишта врсте *Riverina rivularis*

Ознака локалитета/датум	Надморска висина (m)	Ширина речног корита (m)	Дубина воде (cm)		Тип подлоге	Степен осунчаности	Брзина протока воде (m s ⁻¹)	Температура (°C)	Електропроводљивост (µS cm ⁻¹)
			мин.	макс.					
БА 11.11.2020.	355	5	20	30	камен камени блокови	++	0,6	10,7	470
БПА 28.04.2020.	502	2	0	10	камен	++	0,9	10,8	320
БПК 14.06.2022.	1102	1	15	15	камен	+	0,6	10,3	80
БТ1 15.07.2020.	198	14	15	15	камен	+++	1,4	13,8	380
БТ2 15.07.2020.	130	8	20	20	камен	++	1,1	14,3	400
БП1 29.10.2020.	537	1,5	50	50	камен	+	0,4	11,9	480
БО2 17.05.2019.	332	2,5	0	5	камени блокови	+++	1	13,5	450
БВ 07.08.2019.	1032	3,5	25	25	камен	++	1,4	16,6	380
БС 07.08.2019.	428	2,5	30	30	камен	++	1	13,4	220
БУ3 07.08.2019.	745	6	0	0	камен	++	1,5	17,0	780
ВО1 24.09.2020.	447	3	20	20	камен	+	0,8	10,8	300
ВО2 24.09.2020.	235	3	0	0	камен	++	0,4	18,6	380
ГД 07.08.2019.	509	5	10	20	камен	+	1,4	16	370
ГБ1 18.06.2019.	1020	3	10	10	камен	++	1,3	10,8	130
ГО 24.07.2020.	281	8	10	10	камен	+	0,8	10,6	330
ДП 13.06.2019.	233	3	10	10	камен	+	1	13,01	650
ЂЕ1 24.09.2020.	436	6	20	20	камен	+	1,3	10,3	300
ЗМ1 13.09.2019.	158	21	30	30	камен	+++	1,9	20,6	510
ИЗ 14.07.2020.	249	20	10	50	камен	+++	1,5	23,3	370
ИЗУ 07.08.2019.	1003	2	0	0	камен стена	+	1,3	15	530

Табела 27. Наставак

Ознака локалитета/датум	Надморска висина (m)	Ширина речног корита (m)	Дубина воде (cm)		Тип подлоге	Степен осунчаности	Брзина протока воде (m s ⁻¹)	Температура (°C)	Електропроводљивост (µS cm ⁻¹)
			мин.	макс.					
КА 23.05.2022.	482	4	10	10	камен	+++	1,3	12,2	500
НИ6 20.07.2020.	242	12	30	30	камен	+++	1,2	22,8	420
НО 08.08.2019.	531	4,5	0	10	камени блокови	++	1,3	18,2	800
ПА1 11.11.2020.	643	2,5	0	20	стена	+	1,3	10,2	370
ПВ 13.06.2019.	257	3	20	20	камен	++	0,5	12,8	610
РК 20.08.2019.	734	3,5	0	10	камен	++	1,8	5,7	90
РАТ 21.06.2024.	687	4	0	10	камен стена	+	1,4	10,3	300
РО1 17.08.2019.	737	1,5	0	5	стена	+	1,3	13,3	250
РУД 27.06.2024.	451	2	10	15	камен	++	1,8	18,2	260
ТЕЗ 20.08.2019.	393	9	20	20	камен	+++	1,3	13,9	230
ТИ 14.07.2020.	365	2	10	10	камен	+	0,4	21,3	650
ТР 07.08.2019.	528	2	20	20	камен	++	1,5	6,2	400

БА – Бањски поток, БПА – Безимени поток на Авали, БПК – Безимени поток на Копаонику, БТ1 – Бели Тимок (Минићево), БТ2 – Бели Тимок (Бурдаци), БП1 – Бигар поток (извор), БО2 – Борачка река (код дрвеног мостића), БВ – Брвеница, БС – Бресничка река, БУ3 – Брусничка река (1 km узводно од ушћа у Студеницу), ВО1 – Вољевица (кањон), ВО2 – Вољевица (Мишевићи), ГД – Градачка река (Градачка бања), ГБ1 – Гобелска река (узводно од МХЕ Ђорђевићи), ГО – Година (извор), ДП – Дегурићки поток, ЂЕ1 – Ђетиња (кањон), ЗМ1 – Западна Морава (Доња Горевница), ИЗ – Ибар (Матарушка бања), ИЗУ – Изубра (горњи ток), КА – Каменица (Рошци), НИ6 – Нишава (Просек), НО – Ношница, ПА1 – Пањица (извор), ПВ – Попово врело, РК – Ракитска река (Топли До), РАТ – Ратајска река (у близини манастира Пустиня), РО – Росомачка река (Росомачки лонци), РУД – Рудничка река, ТЕЗ – Темштица (излетиште Криви вир), ТИ – Топли извор „Врело“, ТР – Трнавска река

Табела 28. Хемијске карактеристике воде станишта представника *Riverina rivularis* са прегледом уочених фактора угрожавања класификованих према IUCN класификационим шемама (Threats Classification Scheme (Version 3.3))

Ознака локалитета/датум	Укупна тврдоћа воде (mg L ⁻¹)	pH	Концентрација раствореног O ₂ (mg L ⁻¹)	Сатурација O ₂ (%)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	Фактори угрожавања према IUCN-у
					0,015	2	0,03	0,01	0,01	/
БПА 28.04.2020.	160	7,54	9,31	101,6	0,015	2	0,03	0,01	0,01	6.1; 9.1
БПК 14.06.2022.	40	7,46	9,24	99,6	0,015	2	0,03	0,01	0,01	/
БТ1 15.07.2020.	190	8,19	10,32	104,4	0,07	2	0,03	0,05	0,01	7.3; 9.1; 9.2; 9.4
БТ2 15.07.2020.	200	8,12	10,91	107,1	0,015	2	0,03	0,01	0,01	9.1; 9.2; 9.4
БП1 29.10.2020.	240	6,74	9,72	99,86	0,015	2	0,03	0,01	0,01	/
БО2 17.05.2019.	230	8,02	9,19	98,81	0,015	2	0,23	0,01	0,07	6.1; 9.1; 9.4
БВ 07.08.2019.	190	7,34	7,56	81,7	0,015	2	0,03	0,01	0,01	9.1; 9.4
БС 07.08.2019.	110	7,67	8,95	89,2	0,015	2	0,03	0,01	0,01	9.1; 9.4
БУ3 07.08.2019.	370	7,6	9,15	99,78	0,015	2	0,03	0,01	0,01	7.2.9; 9.1; 9.4
ВО1 24.09.2020.	150	7,25	10,37	103,2	0,015	2	0,03	0,01	0,01	6.1
ВО2 24.09.2020.	190	7,92	9,43	97,51	0,03	5,1	0,28	0,02	0,09	9.1; 9.4

Табела 28. Наставак

Ознака локалитета/датум	Укупна тврдоћа воде (mg L ⁻¹)	pH	Концентрација раствореног O ₂ (mg L ⁻¹)	Сатурација O ₂ (%)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	Фактори угрожавања према IUCN-у
ГД 07.08.2019.	190	8,03	9,44	100	0,015	2	0,32	0,01	0,11	6.1; 9.1; 9.4
ГБ1 18.06.2019.	65	7,62	10,38	100,91	0,015	2	0,03	0,01	0,01	7.2.9; 9.1
ГО 24.07.2020.	170	7,16	9,54	91,18	0,015	2	0,09	0,01	0,03	6.1
ДП 13.06.2019.	320	7,31	9,43	100,42	0,015	2	0,03	0,01	0,01	6.1
ЂЕ1 24.09.2020.	150	7,46	9,83	103,7	0,015	2	0,03	0,01	0,01	9.1; 9.4
ЗМ1 13.09.2019.	230	7,93	9,28	98,4	0,015	2	0,11	0,01	0,03	4.1; 7.3; 9.1; 9.4
ИЗ 14.07.2020.	190	8,18	9,7	102,5	0,015	2	0,03	0,01	0,01	9.1; 9.4
ИЗУ 07.08.2019.	260	7,74	9,36	98,6	0,015	2	0,03	0,01	0,01	/
КА 23.05.2022.	250	8,06	9,36	97,3	0,015	6	0,38	0,01	0,12	9.1; 9.4
НИ6 20.07.2020.	210	8,01	9.96	97.3	0,015	4	0,03	0,01	0,01	9.1; 9.4
НО 08.08.2019.	380	7,63	9,46	109	0,015	2	0,03	0,01	0,01	9.1; 9.4
ПА1 11.11.2020.	180	7,58	10,88	104,2	0,015	12	0,07	0,01	0,02	/

Табела 28. Наставак

Ознака локалитета/дат ум	Укупна тврдоћа воде (mg L ⁻¹)	pH	Концентрација раствореног O ₂ (mg L ⁻¹)	Сатурација O ₂ (%)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	Фактори угрожавања према IUCN-у
ПВ 13.06.2019.	320	7,26	8,72	86,4	0,015	2	0,03	0,01	0,01	6.1
РК 20.08.2019.	40	7,23	9,94	101,3	0,015	2	0,11	0,01	0,04	9.1
РА 21.06.2024.	150	7,57	9,93	100,1	0,015	2	0,03	0,01	0,01	7.2.9
РО1 17.08.2019.	120	7,37	9,83	102,1	0,015	2	0,03	0,01	0,01	/
РУД 27.06.2024.	130	7,43	9,08	102,7	0,015	2	0,03	0,01	0,01	9.1
ТЕЗ 20.08.2019.	110	7,41	9,61	103,4	0,03	2	0,16	0,02	0,05	6.1; 9.1; 9.4
ТИ 14.07.2020.	300	7,08	6,58	77,6	0,015	4,8	0,03	0,01	0,01	6.1; 9.1
ТР 07.08.2019.	190	7,68	11,43	103,5	0,015	4,5	0,06	0,01	0,02	9.1

БА – Бањски поток, БПА – Безимени поток на Авали, БПК – Безимени поток на Копаонику, БТ1 – Бели Тимок (Минићево), БТ2 – Бели Тимок (Бурдаци), БП1 – Бигар поток (извор), БО2 – Борачка река (код дрвеног мостића), БВ – Брвеница, БС – Бресничка река, БУЗ – Брусничка река (1 km узводно од ушћа у Студеницу), ВО1 – Вољевца (кањон), ВО2 – Вољевца (Мишевићи), ГД – Градачка река (Градачка бања), ГБ1 – Гобелска река (узводно од МХЕ Ђорђевићи), ГО – Година (извор), ДП – Дегурићки поток, ЂЕ1 – Ђетиња (кањон), ЗМ1 – Западна Морава (Доња Горевница), ИЗ – Ибар (Матарушка бања), ИЗУ – Изубра (горњи ток), КА – Каменица (Рошци), НИ6 – Нишава (Просек), НО – Ношница, ПА1 – Пањица (извор), ПВ – Попово врело, РК – Ракитска река (Топли До), РАТ – Ратајска река (у близини манастира Пустина), РО – Росомачка река (Росомачки лонци), РУД – Рудничка река, ТЕЗ – Темштица (излетиште Криви вир), ТИ – Топли извор „Врело“, ТР – Трнавска река

Riverina rivularis је налажена у заједници са макроскопским агрегацијама цијанобактерија (*Phormidium* sp. – један локалитет и *Nostoc* spp. – два локалитета), црвених алги (*B. atropurpurea* – један локалитет, *Batrachospermum sensu lato* – четири локалитета и *P. annulata* – пет локалитета), златних алги (*H. foetidus* – један локалитет), жутозелених алги (*Tribonema* sp. – један локалитет и *Vaucheria* spp. – три локалитета), мрких алги (*H. fluviatilis* – два локалитета), зелених алги (*Cladophora* spp. – 11 локалитета, *Gongrosira* spp. – 10 локалитета, *M. abbreviata* – два локалитета, *M. amoena* – један локалитет, *Oedogonium* sp. – један локалитет, *Ulothrix* sp. – један локалитет и *U. zonata* – три локалитета) и коњугатних алги (*Spirogyra* spp. – два локалитета) (Табела 20). Популације ове врсте најчешће су забележене у заједници са зеленим алгама *Cladophora* spp. (Слика 17а) и *Gongrosira* spp. (Слика 17б) (Табела 20). У заједници са мрком алгом *H. fluviatilis* (заједница *Hildenbrandia rivularis*-*Heribaudiellum fluviatilis*), врста се на локалитету Ракитске реке развијала преко талуса *H. fluviatilis* (Слика 18а), док се на локалитету ТЕЗ у реци Темштица *H. fluviatilis* развијала преко талуса *R. rivularis* (Слика 18б).



Слика 17. Заједница врсте *Riverina rivularis* са а) *Cladophora* sp. и б) *Gongrosira* sp. (Фото: Александра Ракоњац)



Слика 18. Заједница *Hildenbrandia rivularis*-*Heribaudiellum fluviatilis* а) развој *R. rivularis* преко талуса *H. fluviatilis*, б) развој *H. fluviatilis* преко талуса *R. rivularis* (Фото: Александра Ракоњац)

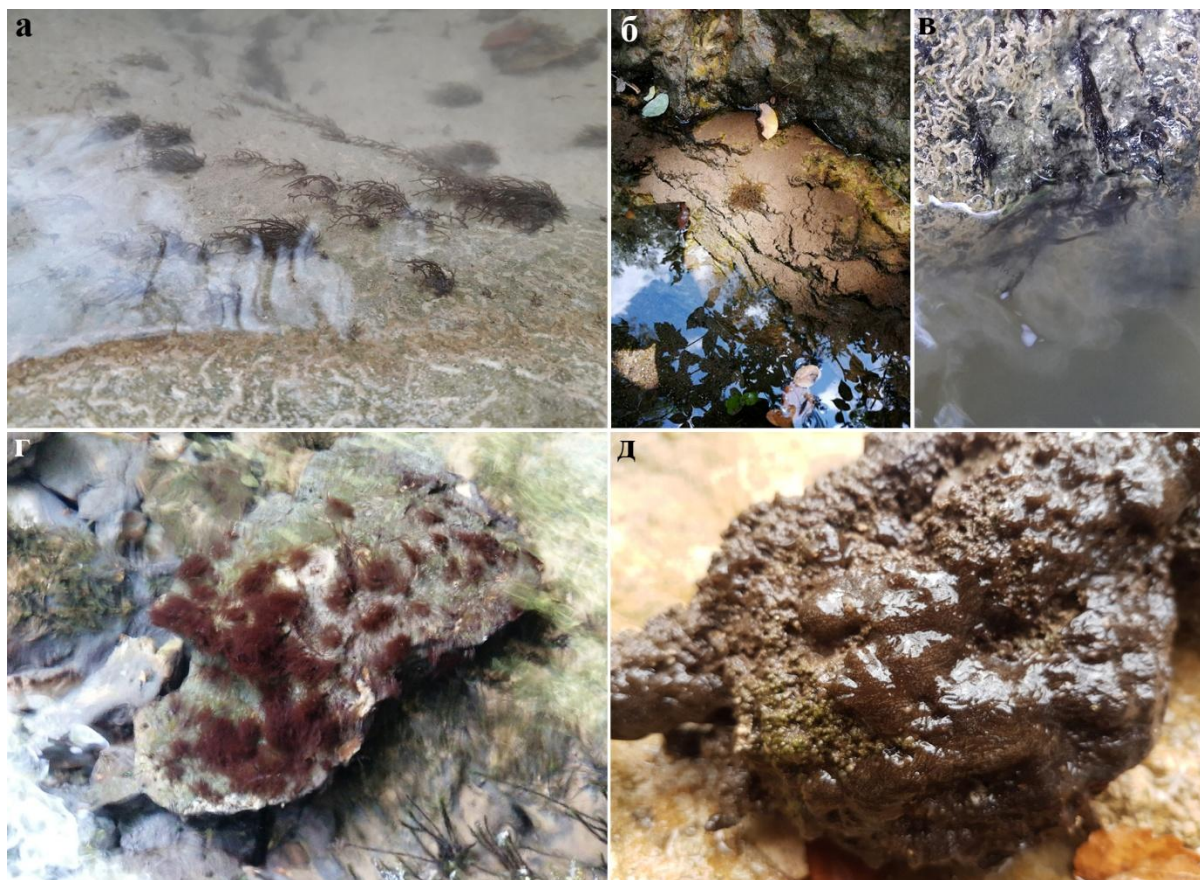
4.2.3. *Batrachospermum sensu lato* Roth 1797

Таксономски статус представника *Batrachospermum sensu lato* приказан је у Табели 29, док је у Табели 30 и Табели 31 дат детаљан приказ морфолошких и репродуктивних карактеристика представника ове групе црвених алги по локалитетима. Физички и хемијски параметри локалитета и воде, са приказом фактора угрожавања таксона и његових станишта, приказани су у Табелама 32 и 33.

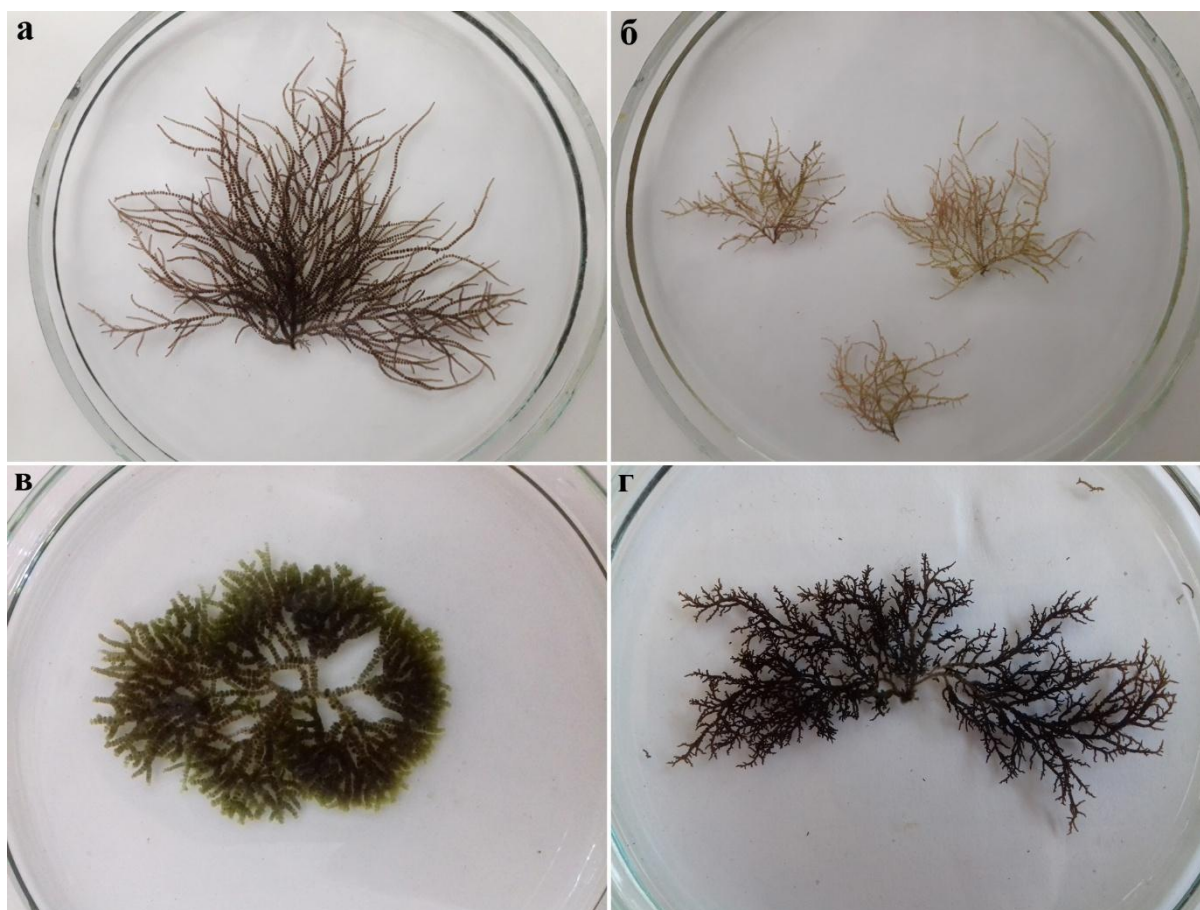
Табела 29. Таксономски статус представника *Batrachospermum sensu lato*

Царство	Plantae
Раздео	Rhodophyta
Класа	Florideophyceae
Ред	Batrachospemales
Породица	Batrachospermaceae
<i>Batrachospermum sensu lato</i> Roth 1797	

Талуси представника *Batrachospermum sensu lato* пронађени су у форми желатинозних талуса, висине од 1,5 до 6,8 cm. Талуси су били љубичасте, љубичастозелене, зелене, браон, црвене или скоро црне боје (Слика 19 и Слика 20), обилно моноподијално, неправилно гранати, по грађи привидно паренхимски и једноосовински (Табела 30).



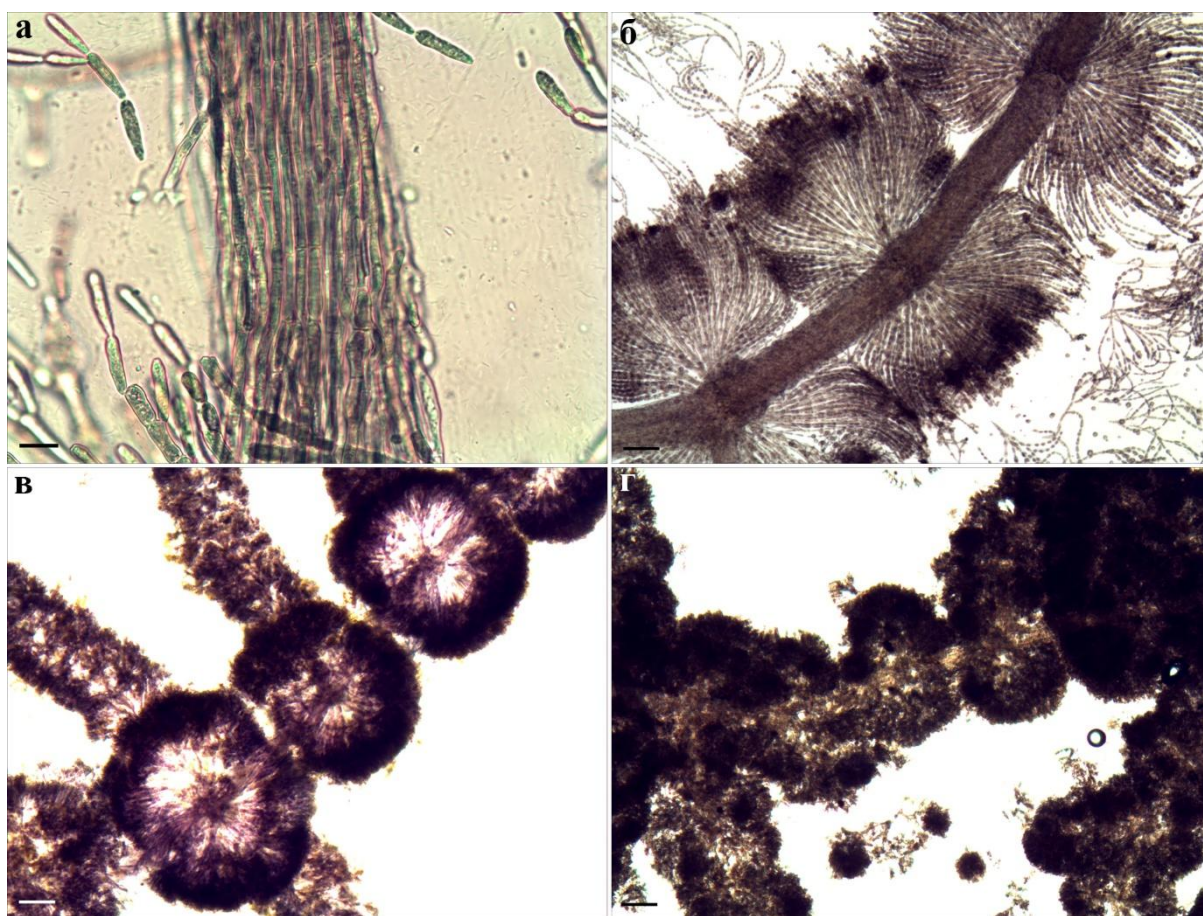
Слика 19. Хабитус талуса *Batrachospermum sensu lato* а) Бањски поток, б) Мечкино кладенче, в) Бања, г) Лисинска река, д) Мировштица (Фото: Александра Ракоњац)



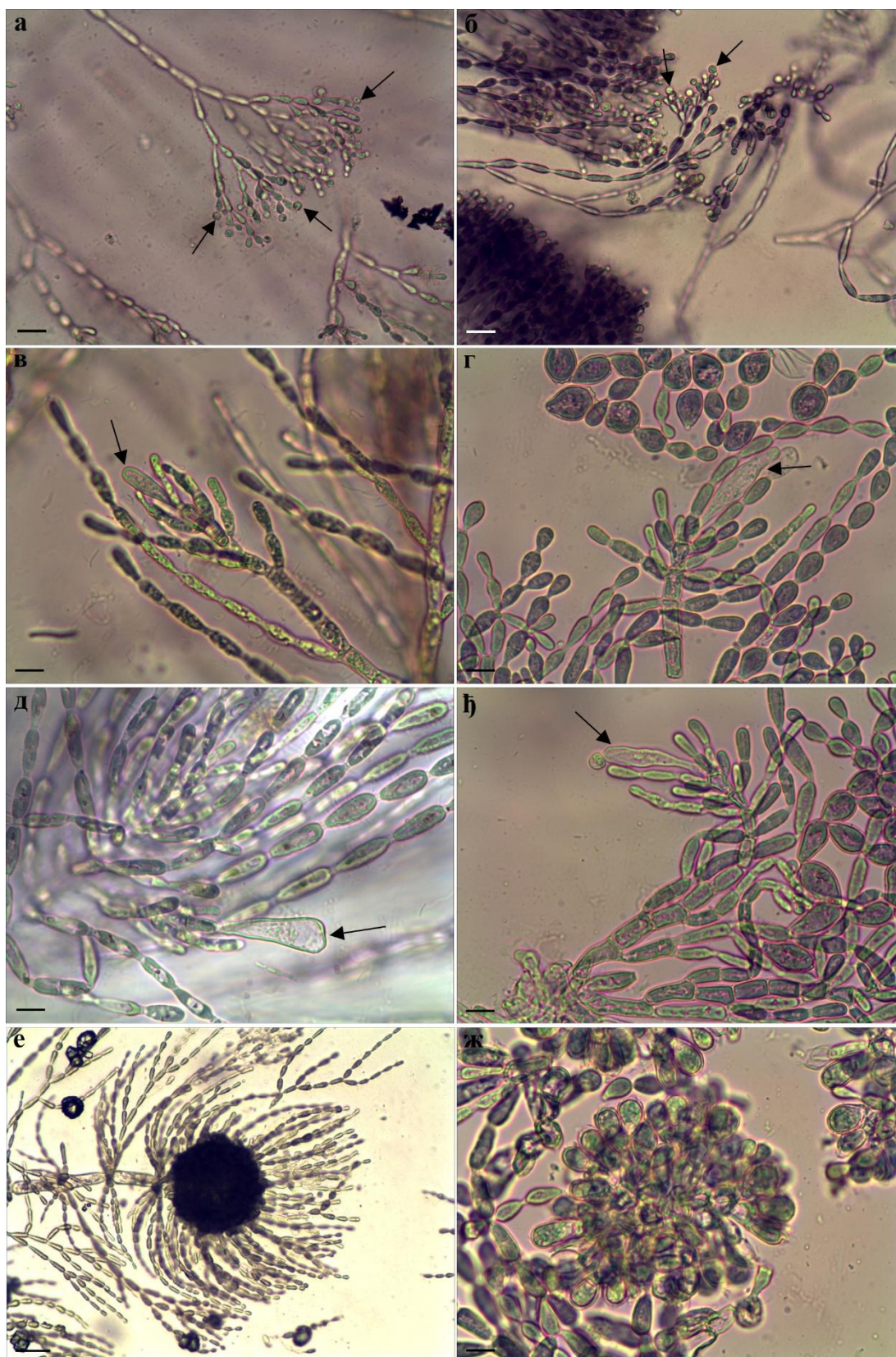
Слика 20. Хабитус талуса *Batrachospermum sensu lato* а) Бањски поток, б) Мировштица, в) Крупачко врело, г) Јеловичко врело (Фото: Александра Ракоњац)

Популације *Batrachospermum sensu lato* забележене у овом истраживању биле су монетке или диецке, а слузавост талуса је била изражена у различитој мери. Централна оса талуса је непотпуно прекривена кортикалним филаментима који полазе од базалних ћелија примарних бочних грана, при чему је појава кортикације различито испољена. Кортикални филаменти су изграђени од цилиндричних ћелија дужине 19-55 μm и ширине 3,5-12,4 (Слика 21а, Табела 30). Примарне бочне гране (асимилатори) у виду бачвастих (460-1360 μm у пречнику) или сферичних (500-970 μm у пречнику) пршљена полазе радијално од чворова осовинског дела талуса (Слика 21б-г, Табела 30). Пршљени су релативно раздвојени или међусобно спљоштени. У популацијама са локалитета Борачке реке, Дрине и Самоковске реке (САМ4) пршљенови су нејасног облика и густо сабијени (340-850 μm у пречнику) (Табела 30). Интернодије су дужине 150-950 μm и ширине 30-170 (Табела 30). Ћелије асимилатора су бачвастог, обрнуто јајастог или вретенастог облика, дужине 10-45 μm и ширине 3-15,5 μm (Табела 30). У популацијама са локалитета Црног Тимока, Ђерекарске реке, Грачанице, Крупајског врела и Сокобањске Моравице забележене су длаке које полазе од вршних ћелија асимилатора (Табела 30). На вршним гранама асимилатора у популацијама из реке Бање, Црног Тимока, Крупајског и Крупачког врела, Мечкиног кладенчета, Мировштице и Поповог врела, сперматангије су се развијале појединачно или у групама до три сперматангије. Сперматангије су лоптасте, пречника 4,5-7,5 μm (Слика 22а-б, Табела 31). У већем броју популација, спермације су забележене једино на трихогинима, али не и на асимилаторима. У неким популацијама, карпогонијалне гране су јасно диференциране,

док у већем броју популацијама карпогонијалне гране нису јасно диференциране (Табела 31). Карпогони су дужине 20-47,5 μm , са трихогинима различитог облика (облик палице, флашолик, цилиндричан, купастог или обрнуто купастог облика) (Слика 22в-ђ, Табела 31). На једној карпогонијалној грани налажено је до три карпогона са трихогином. Након оплођења, из проширеног дела карпогона израстају бројни спорогени конци који се уочавају као крупне, тамније лоптице у пршљену (карпоспорофити) (Слика 22е). Карпоспорофити су са дршком, пречника 50-400 μm (Табела 31). Унутар пршљена или изван пршљена, налажено је и више од 10 карпоспорофита (Табела 31). На врховима спорогених конаца образују се карпоспоре које потом клијају у хетеротрихални талус (*Chantransia* стадијум). Карпоспоре су овалне или обрнуто јајасте, дужине 6-15 μm и пречника 5-15 μm (Слика 22ж, Табела 31).



Слика 21. *Batrachospermum sensu lato* а) осовински део талуса прекривен кортикалним филаментима, б) бачvasti пршљени, в) сферични пршљени, г) пршљени неправилног облика (бар скала: а – 20 μm ; б-г – 100 μm) (Фото: Александра Ракоњац)



Слика 22. *Batrachospermum sensu lato* а-б) сперматангије на вршним гранама асимилатора, в) карпогон са паличастим трихогином, г) карпогон са флашликим трихогином, д) карпогон са трихогином обрнуто купастог облика, ж) карпогон са цилиндричним трихогином са дршком, е) карпоспорофит, ж) карпоспоре (бар скала: а-б – 20 μm ; в-ж, ж – 10 μm ; е – 50 μm) (Фото: Александра Ракоњац)

Табела 30. Морфолошке карактеристике *Batrachospermum sensu lato* на истраживаним локалитетима у Србији (2017-2024. год.)

Ознака локалитета/датум	Боја талуса	Дужина талуса (cm)	Ћелије кортикалних филамената		Облик асимилатора	Пречник асимилатора	Ћелије асимилатора		Интернодије		Вршне длаке
			дужина (μm)	ширина (μm)			дужина (μm)	ширина (μm)	дужина (μm)	ширина (μm)	
Б1 05.08.2018.	скоро црна	1,8-4,2	45-53	5,5-7	Б	690-1070	12-20	6-7,5	600-650	80-90	–
Б1 13.06.2019.	скоро црна	2,7-4,2	35-42	4,8-6,9	Б	830-1250	10,2-28	5,1-7	150-230	50-65	–
БА 11.11.2020.	браон	4,5-6	27-55	6,2-7,5	С	550-740	14,5-27,1	5-6,1	560-620	70-110	–
БР 20.08.2019.	браон	2-5,2	38-46	5.3-7.6	Б	500-980	10-19,7	6,2-7,5	300-680	40-100	–
БП1 09.08.2018.	браон	3,9-5,4	43-55	5-5,3	Б	660-770	11-20	5,5-10	480-520	40-70	–
БП2 09.08.2018.	браон	1,5-5,6	42-48	5-6,3	Б	710-1020	13-20	5-7,5	710-730	60-90	–
БО1 20.09.2018.	браон	2,9-6,7	38-42,5	4,8-5,1	Н	350-680	15-45	3-9	570-950	50-100	–
ВР1 09.09.2021.	браон	1,5-3,2	26-48,2	5,5-8,7	Б	480-810	13,5-29,2	4,5-10	430-640	70-90	–
КМ 06.07.2019.	браон	3,4-6,1	24,5-45,7	6-12,3	Б	760-930	14,2-23,6	5-11,7	510-765	80-100	–
ВЧ 22.06.2024.	браон	1,5-3,6	16,3-37,9	4,8-5,5	Б	500-840	10,5-26,5	4,5-10	460-740	60-80	–

Табела 30. Наставак

Ознака локалитета/датум	Боја талуса	Дужина талуса (cm)	Ћелије кортикалних филамената		Облик асимилатора	Пречник асимилатора	Ћелије асимилатора		Интернодије		Вршне длаке
			дужина (μm)	ширина (μm)			дужина (μm)	ширина (μm)	дужина (μm)	ширина (μm)	
Г1 06.09.2019.	браон	2-3,1	19-50	5,5-8	Б	460-780	13-22	5-8,3	520-710	70-120	+
Г31 23.04.2017.	љубичастозелена	2,6-4,6	35-48	5-7,2	С	700-940	15-35	4,5-9	450-600	40-90	–
Г32 23.04.2017.	браон	3,6-6,8	45-53	4,9-5,1	Б	780-1030	15,2-19	6,1-9	630-870	50-80	–
ДП 13.06.2019.	браон	1,5-2,8	28-50	3,5-6,7	Б	830-1100	20-37,5	7,5-8,2	650-740	130-170	–
Д3 24.07.2020.	зелена	3,6-5,7	38-55	5-10	Н	450-700	13-20	7-10	330-380	60-80	–
Ђ2 14.10.2019.	браон	4,3-6,7	36-42,1	3,5-5	Б	620-670	12,1-16,4	5,5-8,1	510-560	40-60	+
Ђ3 26.06.2020.	браон	3,1-5,3	32-43,5	4,1-5,2	Б	600-680	10-15,4	5-7,3	500-580	40-70	+
ЈВ 20.08.2019.	љубичаста	3,6-4,8	25-35,8	5-8,5	С	870-960	10,1-23	5-8,5	430-490	80-100	–
К 14.10.2017.	браон	2,9-5,3	28,3-36	5-7,5	С	820-850	18,5-30	10-13	760-820	50-70	+
КР 28.05.2019.	браон	3,1-4,6	28-39	4-6,1	С	550-670	25-31	7,5-12	500-550	80-100	–
	браон	2,4-4,3	35,4-50	5,5-7,1	Б	1090-1360	12-25	5,5-7	510-590	80-110	–

Табела 30. Наставак

Ознака локалитета/датум	Боја талуса	Дужина талуса (cm)	Ћелије кортикалних филамената		Облик асимилатора	Пречник асимилатора	Ћелије асимилатора		Интернодије		Вршне длаке
			дужина (μm)	ширина (μm)			дужина (μm)	ширина (μm)	дужина (μm)	ширина (μm)	
ЛИ1 09.10.2019.	црвена	2,5-4,6	30-41	7-10	С	500-650	16-28,1	8-12,3	340-800	30-50	–
МК 08.08.2020.	браон	3,8-4,5	28-43	5-11,5	Б	670-910	15,1-30	7,3-11	410-570	60-90	–
МИ1 23.03.2023.	браон	1,5-2,8	18-41,2	5-10	Б	560-850	10,8-13,4	5-12,3	510-640	40-70	–
МЛ1 22.10.2020.	браон	2,5-4,9	20,1-39	5-12,5	С	810-970	14,3-26	7,5-13	750-890	60-80	–
МР1 22.10.2019.	браон	1,6-3,1	30-42	5-8	Б	730-950	12,5-27,3	5-12,1	450-710	70-100	–
МР2 22.10.2019.	зелена	2,8-4,5	25-40	5-9,5	Б	750-980	10,6-30	4,9-13,3	500-840	80-100	–
ПА1 11.11.2020.	браон	1,5-2,3	35-48	4-6,1	С	700-940	25-31	7,5-12	450-600	40-90	–
ПВ 13.06.2019.	браон	2,5-4,2	25-36,5	5,2-10,8	Б	550-680	18,5-30	5,1-12	480-850	60-90	–
РА1 01.11.2020.	љубичаста	2,5-5,1	20-43,7	6-9,8	Б	520-800	12,3-34	6-12,1	420-710	70-90	–
СА1 13.09.2021.	браон	2,1-3,4	19-41,3	5-12,2	Н	340-850	15-37,5	5-12,2	400-530	90-110	–

Табела 30. Наставак

Ознака локалитета/датум	Боја талуса	Дужина талуса (cm)	Ћелије кортикалних филамената		Облик асимилатора	Пречник асимилатора	Ћелије асимилатора		Интернодије		Вршне длаке
			дужина (μm)	ширина (μm)			дужина (μm)	ширина (μm)	дужина (μm)	ширина (μm)	
СА4 13.09.2021.	браон	1,9-3	21,4-38,5	4,9-11,3	Б	630-940	10,6-29,5	5,5-12,1	610-740	80-100	–
СТ2 14.07.2020.	зелена	2,7-4,1	30-45,2	5-12,4	Б	650-870	13,2-31,1	5-13,4	520-670	50-80	–
СМ1 15.07.2020.	браон	3,2-6,7	28-43,8	5-9,8	Б	720-940	11,1-26,7	5-12,5	500-760	80-100	+
ЦТ1 02.04.2017.	браон	2,3-4,8	29-46	4,1-5,3	Б	800-1210	26,8-42,4	5-11,7	460-820	70-100	+
ЦТ2 12.05.2019.	браон	1,8-4,6	30-43	4,5-6,7	Б	780-1170	25,9-43,5	5-15,5	410-750	60-90	+

Б1 – Бања (извор), БА – Бањски поток, БР – Барска река (излетиште Барска река), БП1 – Бигар поток (извор), БП2 – Бигар поток (манастир Светог Онуфрија), БО1 – Борачка река (100 m низводно од старе бране), ВР1 – Велики Рзав (Мочиоци), КМ – Вештачки канал поред Милешевке, ВЧ – Вучијска чесма, Г1 – Грачаница (горњи ток, код старе хидроелектране), ГЗ1 – Грза (извор), ГЗ2 – Грза (резервоар), ДП – Дегурићки поток (водена пећина, поток), ДЗ – Дрина (Тадића вајати), Ђ2 – Ђерекарска река (Ђерекаре), Ђ3 – Ђерекарска река (50 m узводно од Пештерског језера), ЈВ – Јеловичко врело, К – Крупајско врело, КР – Крупачко врело, ЛИ1 – Лисинска река (извор), МК – Мечкино кладенче, МИ1 – Милива (извор), МЛ1 – Млава (извор), МР1 – Мировштица (извор), МР2 – Мировштица (код етно хотела Балашевић), ПА1 – Пањица (извор), ПВ – Попово врело, РА1 – Рашка река (извор), СА1 – Самоковска река (Кадијевац), СА4 – Самоковска река (Ђоров мост), СТ2 – Сврљишки Тимок (Лозан), СМ1 – Сокобањска Моравица (извор), ЦТ1 – Црни Тимок (извор), ЦТ2 – Црни Тимок (излетиште Пећура), Б – бачваст облик, С – сферичан облик, Н – нејасан облик, + присутне; - нису присутне

Табела 31. Репродуктивне карактеристике *Batrachospermum sensu lato* на истраживаним локалитетима у Србији (2017-2024. год.)

Ознака локалитета/датум	Сперматангије (μm)	Карпонијалне гране	Дужина карпона (μm)	Облик трихогина	Карпосторофити			
					пречник (μm)	број по пршљену	дужина (μm)	ширина (μm)
Б1 05.08.2018.	5-6,5	недиференциране	25-35	паличаст, обрнуто купаст, цилиндричан са дршком	65-80	3-5	/	/
Б1 13.06.2019.	5-6	недиференциране	23-33,2	паличаст, обрнуто купаст, цилиндричан са дршком	100-120	1-3	/	/
БА 11.11.2020.	5-7,2	недиференциране	35,1-47,5	паличаст	120-400	1-3	/	/
БР 20.08.2019.	/	недиференциране	23-36,8	паличаст, обрнуто купаст	100-130	1-7	/	/
БП1 09.08.2018.	5-6,7	недиференциране	22,4-25	паличаст	100-170	1-5	9-12	9-12
БП2 09.08.2018.	5-6,5	недиференциране	26-30	паличаст	70-130	1-3	10-15	10-15
БО1 20.09.2018.	5-6,5	диференциране	25-32	паличаст, обрнуто купаст	170-270	1-5	6-11	5-6,8
ВР1 09.09.2021.	/	/	/	/	/	/	/	/
КМ 06.07.2019.	/	/	/	/	/	/	/	/
ВЧ 22.06.2024.	/	/	/	/	/	/	/	/
Г1 06.09.2019.	5-7	недиференциране	25-38	паличаст, обрнуто купаст	130-200	>10	/	/

Табела 31. Наставак

Ознака локалитета/датум	Сперматангије (μm)	Карпонијалне гране	Дужина карпона (μm)	Облик трихогина	Карпосторофити			
					пречник (μm)	број по пршљену	дужина (μm)	ширина (μm)
ГЗ1 23.04.2017.	/	недиференциране	20-35	паличаст, флашлик, цилиндричан са дршком	165-200	>10	/	/
ГЗ2 23.04.2017.	5-6,2	недиференциране	28,7-37,6	паличаст, обрнуто купаст, флашлик	80-100	3-8	8,1-10	8-9,8
ДП 13.06.2019.	5,1-6	недиференциране	25-43	паличаст, обрнуто купаст	70-110	1-6	10-10,5	8,3-9,1
ДЗ 24.07.2020.	5-6	недиференциране	21-28	паличаст, флашлик	100-220	2-6	8,5-10	8,3-10
Ђ2 14.10.2019.	5,2-6	недиференциране	27-30	паличаст, обрнуто купаст	90-130	3-8	/	/
Ђ3 26.06.2020.	5-6	недиференциране	25-34	паличаст, обрнуто купаст	100-160	2-7	/	/
ЈВ 20.08.2019.	4,8-5	диференциране	21-33	паличаст, обрнуто купаст	50-110	3-8	10-15,2	10-15
К 14.10.2017.	5,3-7,5	диференциране	23,5-42	паличаст, обрнуто купаст	/	/	/	/
КР 28.05.2019.	5-6,5	недиференциране	22,5-36	паличаст, цилиндричан са дршком	200-220	1-7	9,5-11	8,5-7,5
	5-6,1	недиференциране	22-36	паличаст	150-320	1-6	11-13	8-10
ЛИ1 09.10.2019.	5-6,3	недиференциране	25-31	паличаст	60-100	1-4	/	/

Табела 31. Наставак

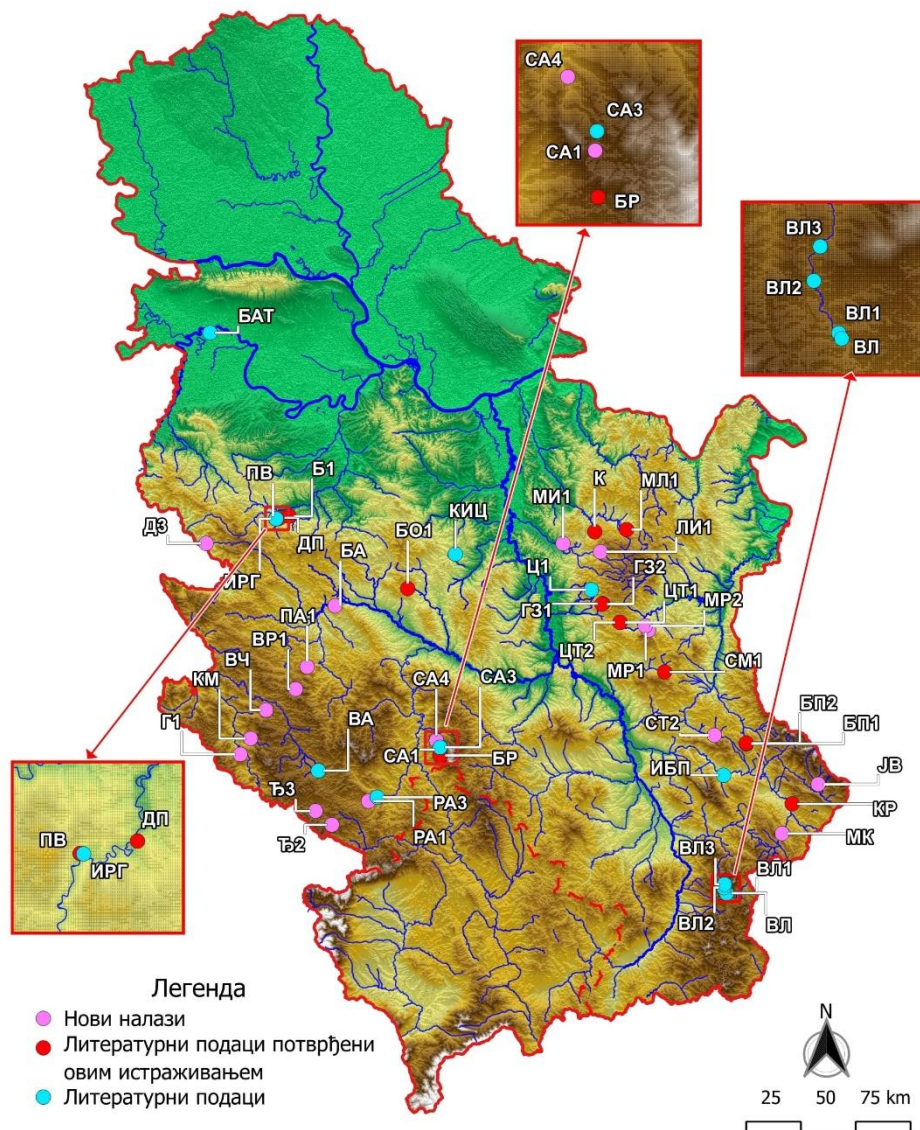
Ознака локалитета/датум	Сперматангије (μm)	Карпонијалне гране	Дужина карпона (μm)	Облик трихогина	Карпосторофити			
					пречник (μm)	број по пршљену	дужина (μm)	ширина (μm)
МК 08.08.2020.	5-6,5	/	/	/	/	/	/	/
МИ1 23.03.2023.	/	/	/	/	/	/	/	/
МЛ1 22.10.2020.	/	недиференциране	26,5-34	паличаст, обрнуто купаст	150-220	2-10	/	/
МР1 22.10.2019.	5-6,3	недиференциране	20,6-30,1	паличаст	120-200	1-4	/	/
МР2 22.10.2019.	5-6,5	недиференциране	20,1-28,5	паличаст	150-210	1-5	/	/
ПА1 11.11.2020.	/	/	/	/	/	/	/	/
ПВ 13.06.2019.	5-6,5	недиференциране	28,5-40	паличаст	140-320	2-6	/	/
РА1 01.11.2020.	4,5-6,2	недиференциране	20-33,8	паличаст	100-160	2-5	10-15	5,5-9,2
СА1 13.09.2021.	/	недиференциране	25,5-30,7	паличаст	/	/	/	/
СА4 13.09.2021.	/	недиференциране	28,1-35	паличаст, обрнуто купаст	180-250	1-3	/	/
СТ2 14.07.2020.	/	/	/	/	/	/	/	/

Табела 31. Наставак

Ознака локалитета/датум	Сперматангије (μm)	Карпонијалне гране	Дужина карпона (μm)	Облик трихогина	Карпоспорофити			
					пречник (μm)	број по пршљену	дужина (μm)	ширина (μm)
CM1 15.07.2020.	5-6,4	недиференциране	27-32,4	паличаст	130-220	2-8	10-12	8,3-12
ЦТ1 02.04.2017.	5-6,8	диференциране	22-40	паличаст, флашолик	100-170	1-7	8-13	6-10
ЦТ2 12.05.2019.	5-6,5	диференциране	25-38,7	паличаст, флашолик	120-200	1-7	9-13,5	8-11

Б1 – Бања (извор), БА – Бањски поток, БР – Барска река (излетиште Барска река), БП1 – Бигар поток (извор), БП2 – Бигар поток (манастир Светог Онуфрија), БО1 – Борачка река (100 m низводно од старе бране), ВР1 – Велики Рзав (Мочиоци), КМ – Вештачки канал поред Милешевке, ВЧ – Вучијска чесма, Г1 – Грачаница (горњи ток, код старе хидроелектране), ГЗ1 – Грза (извор), ГЗ2 – Грза (резервоар), ДП – Дегурићки поток (водена пећина, поток), ДЗ – Дрина (Тадића вајати), Ђ2 – Ђерекарска река (Ђерекаре), Ђ3 – Ђерекарска река (50 m узводно од Пештерског језера), ЈВ – Јеловичко врело, К – Крупајско врело, КР – Крупачко врело, ЛИ1 – Лисинска река (извор), МК – Мечкино кладенче, МИ1 – Милива (извор), МЛ1 – Млава (извор), МР1 – Мировштица (извор), МР2 – Мировштица (код етно хотела Балашевић), ПА1 – Пањица (извор), ПВ – Попово врело, РА1 – Рашка река (извор), СА1 – Самоковска река (Кадијевац), СА4 – Самоковска река (Ђоров мост), СТ2 – Сврљишки Тимок (Лозан), СМ1 – Сокобањска Моравица (извор), ЦТ1 – Црни Тимок (извор), ЦТ2 – Црни Тимок (излетиште Пећура)

Представници *Batrachospermum sensu lato* су током овог истраживања забележени на укупно 34 локалитета (Табела 20, Слика 23), од којих 20 локалитета су нови за Србију.



Слика 23. Дистрибуција *Batrachospermum sensu lato* у Србији (2017-2024. год.)

Б1 – Бања (извор), БА – Бањски поток, БР – Барска река (излетиште Барска река), БП1 – Бигар поток (извор), БП2 – Бигар поток (манастир Светог Онуфрија), БО1 – Борачка река (100 m низводно од старе бране), ВР1 – Велики Рзав (Мочиоци), КМ – Вештачки канал поред Милешевке, ВЧ – Вучијска чесма, Г1 – Грачаница (горњи ток, код старе хидроелектране), ГЗ1 – Грза (извор), ГЗ2 – Грза (резервоар), ДП – Дегурићки поток (водена пећина, поток), ДЗ – Дрина (Тадића вајати), Ђ2 – Ђерекарска река (Ђерекаре), Ђ3 – Ђерекарска река (50 m узводно од Пештерског језера), ЈВ – Јеловичко врело, К – Крупајско врело, КР – Крупачко врело, ЛИ1 – Лисинска река (извор), МК – Мечкино кладенче, МИ1 – Милива (извор), МЛ1 – Млава (извор), МР1 – Мировштица (извор), МР2 – Мировштица (код етно хотела Балашевић), ПА1 – Пањица (извор), ПВ – Попово врело, РА1 – Рашка река (извор), СА1 – Самоковска река (Кадијевац), СА3 – Самоковска река (код водовода), СА4 – Самоковска река (Ђоров мост), СТ2 – Сврљишки Тимок (Лозан), СМ1 – Сокобањска Моравица (извор), ЦТ1 – Црни Тимок (извор), ЦТ2 – Црни Тимок (излетиште Пећура), Ц1 – Црница (извор), ВЛ – Власинско блато, ВЛ1 – Власина, ВЛ2 – Власина (код моста), ВЛ3 – Власина (5 km низводно од Власинске акумулације), ИРГ – мали извор уз реку Градац, РА3 – Рашка река (Пазариште), ВА – Вапа, ИБП – извор код Беле Паланке, КИЦ – каптиран извор у Церовцу, БАТ – Батарска река

Популације представника *Batrachospermum sensu lato* забележене су у изворима слатке тврде воде (Ф2.12) (15 популација), у сталним, брзим и турбулентним токовима без варирања нивоа воде (Ф2.2) (15 популација) и у веома вештачким водама (Х9) (четири популације) (Табела 20, Слика 24).



Слика 24. Типови станишта *Batrachospermum sensu lato* а) извор слатке тврде воде – Ф2.12 (Крупајско врело), б) стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде – Ф2.2 (Дрина), в-ђ) веома вештачке воде – Х9 (в – извор реке Бање, г – вештачки канал поред Милешевке, д – Грза (резервоар), ђ – Вучијска чесма) (Фото: Александра Ракоњац)

Представници групе *Batrachospermum sensu lato* у Србији су забележени у периоду март-новембар, на надморским висинама од 178 m до 1412 m (Табела 32). Насељавају различите типове подлога, али је највећи број популација забележен на каменитим подлогама. У погледу осунчаности станишта, скоро подједнако су налажени на потпуно засенченим и делимично засенченим стаништима, док је пет популација забележено на потпуно осунчаним стаништима. Дубина воде на којој су забележени је износила од 10 cm до 60 cm, при чему је једино у Вучијској чесми износила 5 cm. Иако су представници ове групе углавном налажени у водама брзине протока од 0,3 m s⁻¹ до 0,7 m s⁻¹, неколико популација забележено је у водама брзине протока до 1,3 m s⁻¹. Температура воде на локалитетима варирала је од 6,8 °C до 17,6 °C, а вредности електропроводљивости од 20 µS cm⁻¹ до 650 µS cm⁻¹.

Вредности укупне тврдоће воде варирале су од 10 mg L⁻¹ до 320 mg L⁻¹, док су се рН вредности кретале од 6,74 до 8,87 (Табела 33). Најнижа вредност концентрације раствореног кисеоника износила је 7,15 mg L⁻¹, док је највиша вредност износила 11,78 mg L⁻¹. Најнижа сатурација кисеоника износила је 78,1%, док је највиша вредност сатурације била 115,2%. Концентрације амонијум јона су варирале од 0,015 mg L⁻¹ до 0,52 mg L⁻¹, концентрације нитрата од 2 mg L⁻¹ до 20 mg L⁻¹, док су концентрације ортофосфата у водама где је врста налажена биле од 0,03 mg L⁻¹ до 3,1 mg L⁻¹.

Табела 32. Морфометријске и физичке карактеристике станишта представника *Batrachospermum sensu lato*

Ознака локалитета/датум	Надморска висина (m)	Ширина речног корита (m)	Дубина воде (cm)		Тип подлоге	Степен осунчаности	Брзина протока воде (m s ⁻¹)	Температура (°C)	Електропроводљивост (µS cm ⁻¹)
			мин.	макс.					
Б1 05.08.2018.	178	1	15	15	бетон	+	0,7	14,0	490
Б1 13.06.2019.		2	30	30	камен	++	0,9	12,8	500
БА 11.11.2020.	355	5	20	30	камен камени блокови	++	0,6	10,7	470
БР 20.08.2019.	1329	3	30	30	камен	++	0,5	8,8	20
БП1 09.08.2018.	537	1,5	50	50	камен	+	0,4	11,6	540
БП2 09.08.2018.	429	4	20	20	камен	+	0,5	11,4	520
БО1 20.09.2018.	366	4	10	10	камен	+	0,7	15,1	400
ВР1 09.09.2021.	829	7	15	15	камен	+	0,5	10,8	290
КМ 06.07.2019.	586	2	10	10	бетон	++	0,7	10,3	500
ВЧ 22.06.2024.	1196	0,5	5	5	бетон	+++	0,5	6,8	200
Г1 06.09.2019.	478	6	20	20	камен	++	0,7	17,6	330
Г31 23.04.2017.	431	3	40	40	камен стена	+	0,9	9,4	570
Г32 23.04.2017.	412	50	50	50	бетон	++	0,4	11,2	560
ДП 13.06.2019.	233	3	10	10	камен	+	1	13,0	650
Д3 24.07.2020.	186	190	10	60	камен	+++	1,3	17,5	290
Ђ2 14.10.2019.	1188	4	10	10	бетон	+	0,8	8,1	380
Ђ3 26.06.2020.	1152	6	30	30	камен	++	0,5	11,2	370
ЈВ 20.08.2019.	791	10	20	20	камен	+	0,5	12,1	350
К 14.10.2017.	245	8	30	30	камен	+	0,5	11,1	480
КР 28.05.2019.	401	3	20	30	камен	+++	0,6	12,4	460
		3	10	15	водене биљке	+++	0,6	12,4	460

Табела 32. Наставак

Ознака локалитета/датум	Надморска висина (m)	Ширина речног корита (m)	Дубина воде (cm)		Тип подлоге	Степен осунчаности	Брзина протока воде (m s ⁻¹)	Температура (°C)	Електропроводљивост (μS cm ⁻¹)
			мин.	макс.					
ЛИ1 09.10.2019.	404	6	20	40	камен	+	1	9,1	480
МК 08.08.2020.	496	1,5	20	20	муљ	++	0,4	13,7	560
МИ1 23.03.2023.	234	5	10	10	песак	+++	0,4	11,2	570
МР1 22.10.2019.	399	10	15	15	камен	+	0,5	9,0	460
МР2 22.10.2019.	317	5	30	30	камен	++	0,7	10,7	480
МЛ1 22.10.2020.	314	10	30	30	камен	+++	0,5	10,3	390
ПА1 11.11.2020.	643	2,5	10	20	стена	+	1,3	10,2	370
ПВ 13.06.2019.	257	3	20	20	камен	++	0,5	12,8	610
РА1 01.11.2020.	751	4	10	10	бетон	+	0,5	11,7	400
СА1 13.09.2021.	1412	3	10	10	камен	+	0,7	7,3	40
СА4 13.09.2021.	997	6	10	10	камен	++	1	10,8	90
СТ2 14.07.2020.	643	8	20	20	камен	++	0,7	14,6	530
СМ1 15.07.2020.	414	10	20	20	камен	++	0,3	10,7	410
ЦТ1 02.04.2017.	379	3	30	30	камен стена	+	0,5	10,1	600
ЦТ2 12.05.2019.	375	5	20	20	камен	++	0,6	10,4	590

Б1 – Бања (извор), БА – Бањски поток, БР – Барска река (излетиште Барска река), БП1 – Бигар поток (извор), БП2 – Бигар поток (манастир Светог Онуфрија), БО1 – Борачка река (100 m низводно од старе бране), ВР1 – Велики Рзав (Мочиоци), КМ – Вештачки канал поред Милешевке, ВЧ – Вучијска чесма, Г1 – Грачаница (горњи ток, код старе хидроелектране), ГЗ1 – Грза (извор), ГЗ2 – Грза (резервоар), ДП – Дегурићки поток (водена пећина, поток), ДЗ – Дрина (Тадића вајати), Ђ2 – Ђерекарска река (Ђерекаре), Ђ3 – Ђерекарска река (50 m узводно од Пештерског језера), ЈВ – Јеловичко врело, К – Крупајско врело, КР – Крупачко врело, ЛИ1 – Лисинска река (извор), МК – Мечкино кладенче, МИ1 – Милива (извор), МЛ1 – Млава (извор), МР1 – Мировштица (извор), МР2 – Мировштица (код етно хотела Балашевић), ПА1 – Пањица (извор), ПВ – Попово врело, РА1 – Рашка река (извор), СА1 – Самоковска река (Кадифевац), СА4 – Самоковска река (Ђоров мост), СТ2 – Сврљишки Тимок (Лозан), СМ1 – Сокобањска Моравица (извор), ЦТ1 – Црни Тимок (извор), ЦТ2 – Црни Тимок (излетиште Пећура)

Табела 33. Хемијске карактеристике воде станишта представника *Batrachospermum sensu lato* са прегледом уочених фактора угрожавања класификованих према IUCN класификационим шемама (Threats Classification Scheme (Version 3.3))

Ознака локалитета/датум	Укупна тврдоћа воде (mg L ⁻¹)	pH	Концентрација раствореног O ₂ (mg L ⁻¹)	Сатурација O ₂ (%)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	Фактори угрожавања према IUCN-у
Б1 05.08.2018.	240	7,1	7,15	79,3	0,015	4,0	0,03	0,01	0,01	6.1; 9; 11.2
Б1 13.06.2019.	250	7,16	7,25	78,1	0,015	5,0	0,03	0,01	0,01	6.1; 9; 11.2
БА 11.11.2020.	240	7,54	10,18	103,2	0,015	2	0,03	0,01	0,01	/
БР 20.08.2019.	10	7,7	9,78	100,6	0,015	2	0,03	0,01	0,01	6.1; 7.3; 11.2; 11.4
БП1 09.08.2018.	270	7,12	10,17	103,64	0,015	2	0,11	0,01	0,04	11.2
БП2 09.08.2018.	270	7,21	10,03	103,29	0,015	2	0,03	0,01	0,01	11.2
БО1 20.09.2018.	200	8,39	8,59	89,8	0,52	2	0,90	0,40	0,29	9.1
ВР1 09.09.2021.	140	8,1	10,32	102,8	0,015	2	0,03	0,01	0,01	/
КМ 06.07.2019.	250	7,09	10,13	107,9	0,015	2	0,03	0,01	0,01	9.1
ВЧ 22.06.2024.	110	7,12	8,12	87,8	0,015	2	0,03	0,01	0,01	11.2

Табела 33. Наставак

Ознака локалитета/дат ум	Укупна тврдоћа воде (mg L ⁻¹)	pH	Концентрација раствореног O ₂ (mg L ⁻¹)	Сагурација O ₂ (%)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	Фактори угрожавања према IUCN-у
Г1 06.09.2019.	160	7,32	9,5	105,0	0,015	2	0,03	0,01	0,01	6.1
Г31 23.04.2017.	280	7,24	10,89	100,6	0,015	4,0	0,39	0,01	0,13	6.1; 11.2
Г32 23.04.2017.	280	7,81	11,78	115,4	0,12	12,8	3,1	0,09	1,02	6.1; 11.2
ДП 13.06.2019.	320	7,31	9,43	100,42	0,015	2	0,03	0,01	0,01	6.1; 11.2
Д3 24.07.2020.	140	7,7	10,76	114,9	0,015	2	0,03	0,01	0,01	3.2; 6.1; 7.3; 9.1; 9.2.2; 9.4
Ђ2 14.10.2019.	190	7,95	9,86	97,4	0,015	2	0,03	0,01	0,01	9.1; 9.4
Ђ3 26.06.2020.	180	7,57	9,42	97,1	0,015	2	0,03	0,01	0,01	9.1; 9.4
ЈВ 20.08.2019.	190	8,53	10,7	103,2	0,015	2	0,03	0,01	0,01	6.1; 11.2
К 14.10.2017.	240	8,54	9,98	92,9	0,015	2	0,15	0,01	0,05	6.1; 9.3; 11.2
КР 28.05.2019.	230	7,07	9,7	95,6	0,015	2	0,03	0,01	0,01	11.2
ЛИ1 09.10.2019.	220	7,39	11,24	103,6	0,015	9,0	0,13	0,01	0,04	6.1; 11.2
МК 08.08.2020.	270	7,21	9,96	98,3	0,015	2	0,13	0,01	0,04	11.2

Табела 33. Наставак

Ознака локалитета/датум	Укупна тврдоћа воде (mg L ⁻¹)	pH	Концентрација раствореног O ₂ (mg L ⁻¹)	Сатурација O ₂ (%)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	Фактори угрожавања према ПУСН-у
МИ1 23.03.2023.	280	7,46	9,44	85,7	0,015	17	0,08	0,01	0,03	6.1; 11.2
МЛ1 22.10.2020.	190	8,87	9,53	89,7	0,015	6,0	0,13	0,01	0,04	3.2; 6.1; 9.1; 9.4; 11.2
МР1 22.10.2019.	230	7,53	10,1	99,8	0,015	2	0,03	0,01	0,01	11.2
МР2 22.10.2019.	240	7,78	9,87	96,8	0,015	2	0,03	0,01	0,01	9.1; 9.4
ПА1 11.11.2020.	180	7,58	10,88	104,2	0,015	12,0	0,07	0,01	0,02	11.2
ПВ 13.06.2019.	320	7,26	8,72	86,4	0,015	2	0,03	0,01	0,01	6.1; 11.2
РА1 01.11.2020.	200	7,31	9,97	100,3	0,015	2	0,03	0,01	0,01	6.1; 11.2
СА1 13.09.2021.	20	7,58	9,98	96,6	0,1	19	0,06	0,08	0,02	6.1; 9.1; 9.4
СА4 13.09.2021.	40	7,84	10,36	105,31	0,11	20	0,03	0,09	0,01	9.1; 9.4
СТ2 14.07.2020.	260	8,27	9,81	99,3	0,015	4,0	0,03	0,01	0,01	9.1; 9.4
СМ1 15.07.2020.	200	6,74	9,97	96,7	0,015	10,0	0,06	0,01	0,19	6.1; 9.1; 11.2

Табела 33. Наставак

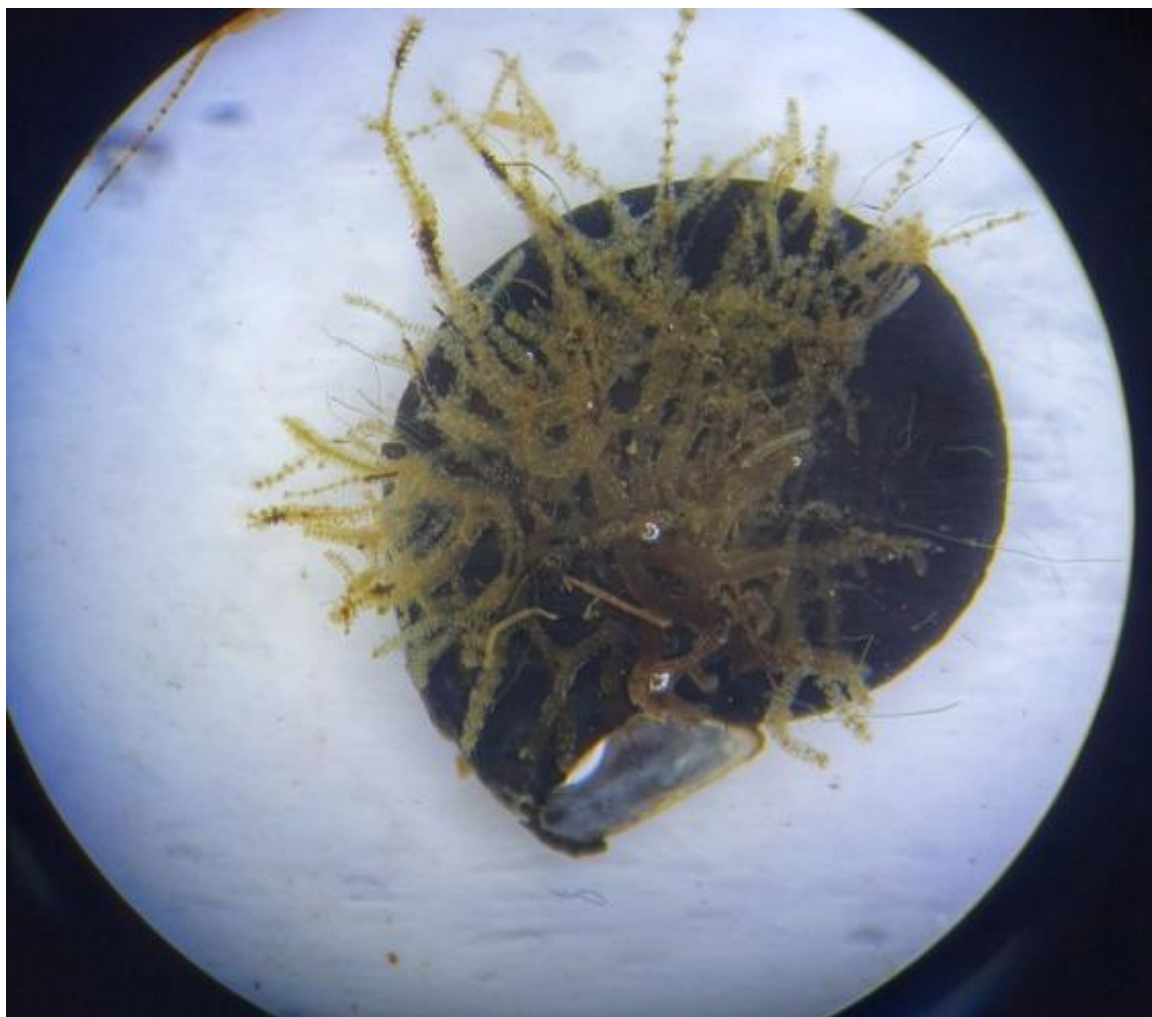
Ознака локалитета/датум	Укупна тврдоћа воде (mg L ⁻¹)	pH	Концентрација раствореног O ₂ (mg L ⁻¹)	Сатурација O ₂ (%)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	Фактори угрожавања према ПУСН-у
ЦТ1 02.04.2017.	290	6,98	9,41	89,4	0,015	2	0,03	0,01	0,01	11.2
ЦТ2 12.05.2019.	290	7,35	10,97	103,5	0,015	2	0,03	0,01	0,01	6.1; 9.1; 9.4

Б1 – Бања (извор), БА – Бањски поток, БР – Барска река (излетиште Барска река), БП1 – Бигар поток (извор), БП2 – Бигар поток (манастир Светог Онуфрија), БО1 – Борачка река (100 m низводно од старе бране), ВР1 – Велики Рзав (Мочиоци), КМ – Вештачки канал поред Милешевке, ВЧ – Вучијска чесма, Г1 – Грачаница (горњи ток, код старе хидроелектране), ГЗ1 – Грза (извор), ГЗ2 – Грза (резервоар), ДП – Дегурићки поток (водена пећина, поток), ДЗ – Дрина (Тадића вајати), Ђ2 – Ђерекарска река (Ђерекаре), Ђ3 – Ђерекарска река (50 m узводно од Пештерског језера), ЈВ – Јеловичко врело, К – Крупајско врело, КР – Крупачко врело, ЛИ1 – Лисинска река (извор), МК – Мечкино кладенче, МИ1 – Милива (извор), МЛ1 – Млава (извор), МР1 – Мировштица (извор), МР2 – Мировштица (код етно хотела Балашевић), ПА1 – Пањица (извор), ПВ – Попово врело, РА1 – Рашка река (извор), СА1 – Самоковска река (Кадифевац), СА4 – Самоковска река (Ђоров мост), СТ2 – Сврљишки Тимок (Лозан), СМ1 – Сокобањска Моравица (извор), ЦТ1 – Црни Тимок (извор), ЦТ2 – Црни Тимок (излетиште Пећура)

На локалитетима на којима су забележене популације представника *Batrachospermum sensu lato* забележени су и различити угрожавајући фактори (Табела 33). Након реинтродукције дабра (8.2) на једином познатом налазишту *Batrachospermum sensu lato* на подручју Војводине, у Батарској реци, у оквиру резервата природе „Засавица“, услови животне средине на овом станишту су се толико променили да налази *Batrachospermum sensu lato* након измена станишта нису потврђени. Додатно, као последица каптирања малог извора уз реку Градац (7.3), такође је трајно уништено једно од станишта ове групе слатководних црвених алги. Станиште *Batrachospermum sensu lato* на Барској реци у НП „Копаоник“ угрожено је због формирања хидроакумулације намењене вештачком оснеживању ски стаза (7.3). У НП „Копаоник“, због измена станишта услед природних процеса, али и загађивања Самоковске реке отпадним канализационим водама (9.1), налази *Batrachospermum sensu lato* последњих година нису потврђени на локалитету на коме су први пут у овој реци пронађени. Испуштање отпадних вода из пастрмског рибњака (9.3) на локалитету Крупајског врела доводи до загађења станишта *Batrachospermum sensu lato*. Фактори угрожавања врела Млаве су туристичке активности (6.1), порибљавање врела алохтоном и инвазивном врстом рибе – калифорнијском пастрмком (8.1), уношење велике количине алохтоних органских и неорганских материја због исхране калифорнијске пастрмке, испуштање отпадних канализационих вода из постојећих туристичких објеката (9.1), промена нивоа и квалитета подземних вода које напајају ово врело, а које су настале као последица климатских промена (11.2) или услед експлоатације подземних вода. Потенцијални фактор угрожавања врела Млаве представљају и планиране истраживачке активности и ископавање минералних сировина у близини овог врела (3.2). Дуж тока реке Дрине забележен је велики број викендица које немају уређену канализациону мрежу, па се стога отпадне воде непречишћене директно испуштају у реку (9.1). Додатно, као фактор угрожавања на реци Дрини истиче се и интензивна експлоатација шљунка из реке (7.3). Потенцијалан фактор угрожавања станишта *Batrachospermum sensu lato* представља и утицај климатских промена, преко измена температурног режима (11.2) и режима падавина (11.4). Поред поменутог, значајан фактор угрожавања представљају и промене нивоа и квалитет подземних вода које напајају изворе и врела у којима су забележени представници групе *Batrachospermum sensu lato*, а које су настале као последица климатских промена или услед експлоатације подземних вода.

Представници *Batrachospermum sensu lato* пронађени су у заједници са макроскопским агрегацијама цијанобактерија (*Phormidium* spp. – два локалитета и *Nostoc* spp. – три локалитета), црвених алги (*A. chalybea* – један локалитет, *R. rivularis* – четири локалитета, *P. catenata* – један локалитет и *P. torulosa* – један локалитет), жутозелених алги (*T. affinis* – један локалитет, *T. regulare* – један локалитет, *Tribonema* sp. – један локалитет и *Vaucheria* spp. – пет локалитета), силикатних алги (*D. moniliformis* – један локалитет, *M. varians* – три локалитета, *O. hyemale* – један локалитет и *O. mesodon* – један локалитет), зелених алги (*Chaetophora* spp. – два локалитета, *Cladophora* spp. – три локалитета, *M. abbreviata* – два локалитета, *M. amoena* – два локалитета, *M. pachyderma* – један локалитет и *U. zonata* – два локалитета) и коњугатних алги (*Spirogyra* spp. – два локалитета) (Табела 20).

На локалитету Ђерекарске реке забележен је епизоичан развој представника *Batrachospermum sensu lato* на љуштури пужа *Planorbarius corneus* Linnaeus (Слика 25).



Слика 25. Епизоичан развој *Batrachospermum sensu lato* на љуштури пужа *Planorbarius corneus* (Фото: Александра Ракоњац)

4.2.4. *Lemanea fluviatilis* (Linnaeus) C.Agardh 1811

Таксономски статус врсте *Lemanea fluviatilis* приказан је у Табели 34, док је у Табели 35 дат детаљан приказ морфолошких и репродуктивних карактеристика ове алге по локалитетима. Физички и хемијски параметри локалитета и воде, са приказом фактора угрожавања врсте и њених станишта, приказани су у Табели 36 и Табели 37.

Табела 34. Таксономски статус врсте *Lemanea fluviatilis*

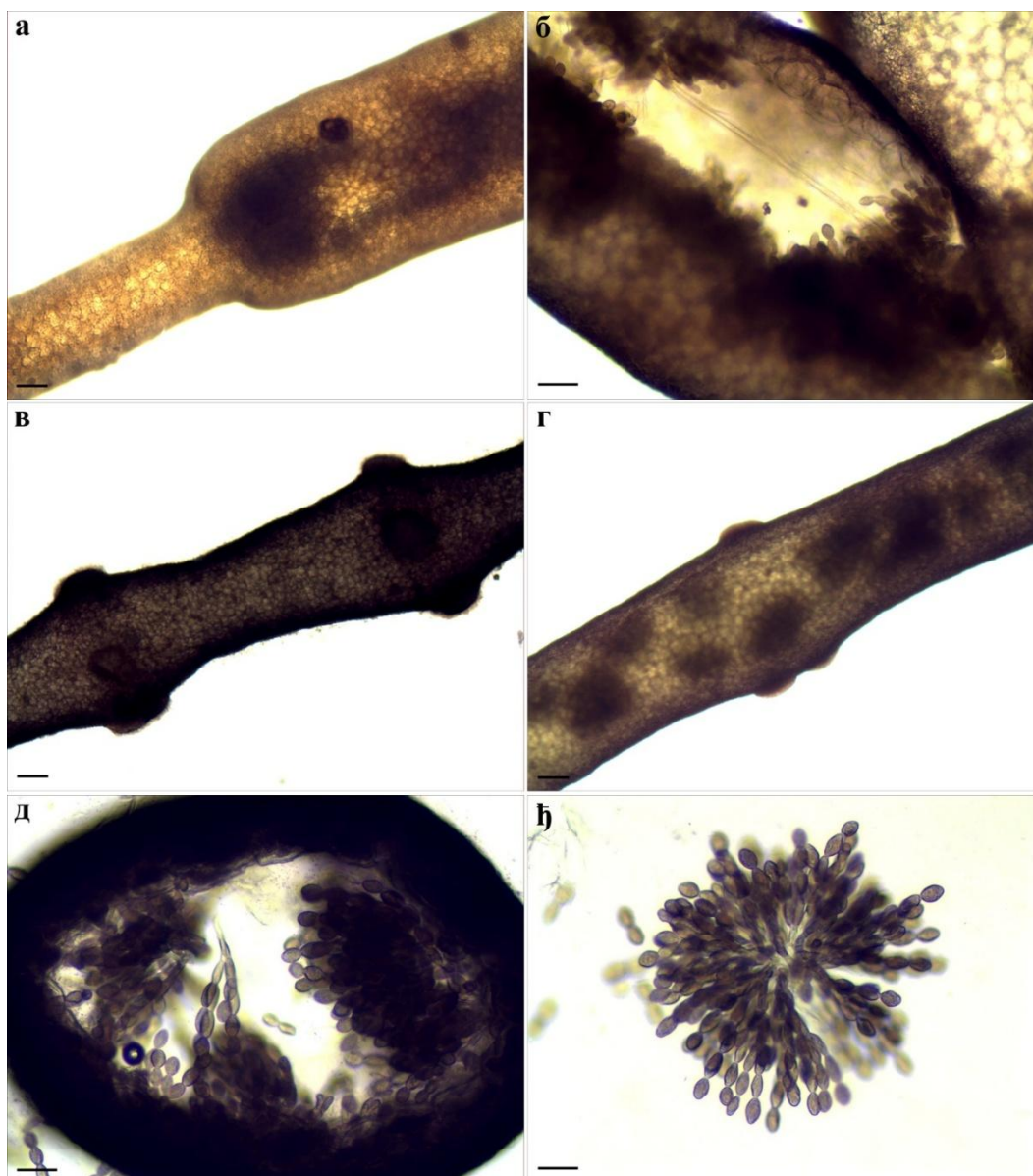
Царство	Plantae
Раздео	Rhodophyta
Класа	Florideophyceae
Ред	Batrachospermales
Породица	Lemaneaceae
Род	<i>Lemanea</i>
Врста	<i>Lemanea fluviatilis</i> (Linnaeus) C.Agardh 1811
Синоними:	
<i>Conferva fluviatilis</i> Linnaeus 1753	
<i>Polysperma fluviatile</i> (Linnaeus) Vaucher 1803	
<i>Chantransia fluviatilis</i> (Linnaeus) De Candolle 1805	
<i>Sacheria fluviatilis</i> (Linnaeus) Sirodot 1872	

Врста *L. fluviatilis* формира једноосовински привидно паренхимски талус у облику доста крупне разгранате или неразгранате четине, дужине од 2,5 до 16,3 cm (Слика 26, Табела 35). Талуси су тамнозелене, маслинастозелене или жућкастомаслинасте боје, након сушења готово црни (Табела 35). За подлогу се причвршћују ризоидалним делом. Према основи, талуси се нагло сужавају и трансформишу у танку, стерилну, цилиндричну дршку (сталак) (Слика 27а). Са једног места на подлози полази већи број чекињастих талуса, образујући на тај начин жбунџе.



Слика 26. Хабитус талуса *Lemanea fluviatilis* (Фото: Александра Ракоњац)

Централна оса талуса (аксијални филамент) (Слика 27б) изграђена је од издужених ћелија из чијих се вршних крајева четири ћелије постављају у облику крста и усмерене су бочно ка ивици талуса (зрачне ћелије Т или L облика). Од крајева ових ћелија развијају се нити које се пружају ка спољашњем омотачу талуса, растући уз њега навише и наниже. Од аксијалног филамента, на одређеним растојањима, пршљенасто полазе бочне гране. На тим местима талус је проширен, што се испољава у виду квржичастих задебљања (нодуса) (Слика 27в-г), видљивих голим оком и јасно изражених на површини талуса. Бочне гране се интензивно гранају, а потом се на одређеној удаљености од аксијалног филамента тесно приљубљују. На тај начин образује се шупаљ талус (Слика 27д). Кора је изграђена од 4 до 6 слојева ћелија. Нодуси су пречника 400-780 μm (Табела 35). У нивоу нодуса формирају се сперматангијалне папиле (Слика 27в-г). Обично се јављају 2-4 сперматангијалне папиле које могу бити правилно или неправилно распоређене у пределу нодуса, углавном су добро одвојене, али понекад могу бити и делимично спојене (Табела 35). Делови талуса између квржичастих задебљања (интернодуси) су ширине 290-580 μm (Слика 27в, Табела 35). Карпогонијалне гране се развијају у свим деловима талуса, како у близини квржичастих задебљања, тако и у интернодусима. Младе карпоспоре цилиндричног облика (20,5-33,7 μm дужина, 10,8-18,8 μm ширина) постављене су у низовима (Слика 27ђ, Табела 35). Зреле карпоспоре су овалног облика (23,5-50,5 μm дужина, 15,2-38,5 μm ширина) (Табела 35). Клијањем карпоспора на подлози се најпре образују пузећи конци из којих настаје *Chantransia* стадијум, из којих се касније развија зрео талус. Карпоспоре могу да клијају и у базалном делу талуса, па се понекад ту формира *Chantransia* стадијум. Талуси ове врсте имају и способност регенерације (Слика 28). Из откинутих делова талуса израста *Chantransia* стадијум, из којег се касније развија типичан привидно паренхимски талус *L. fluviatilis*.



Слика 27. *Lemanea fluviatilis* а) прелазак стерилног базалног дела у фертилни део талуса, б) уздужни пресек талуса са видљивим аксијалним филаментом, в-г) нодуси са добро одвојеним сперматангијалним папилама, интернодуси, д) попречни пресек кроз талус (стенобласт), ђ) карпоспоре у низовима (бар скала: а, в-г – 100 μm ; б, д-ђ – 50 μm) (Фото: Александра Ракоњац)



Слика 28. Регенерација талуса код *Lemanea fluviatilis* (Фото: Александра Ракоњац)

Табела 35. Морфолошке и репродуктивне карактеристике *Lemanea fluviatilis* на истраживаним локалитетима у Србији (2017-2024. год.)

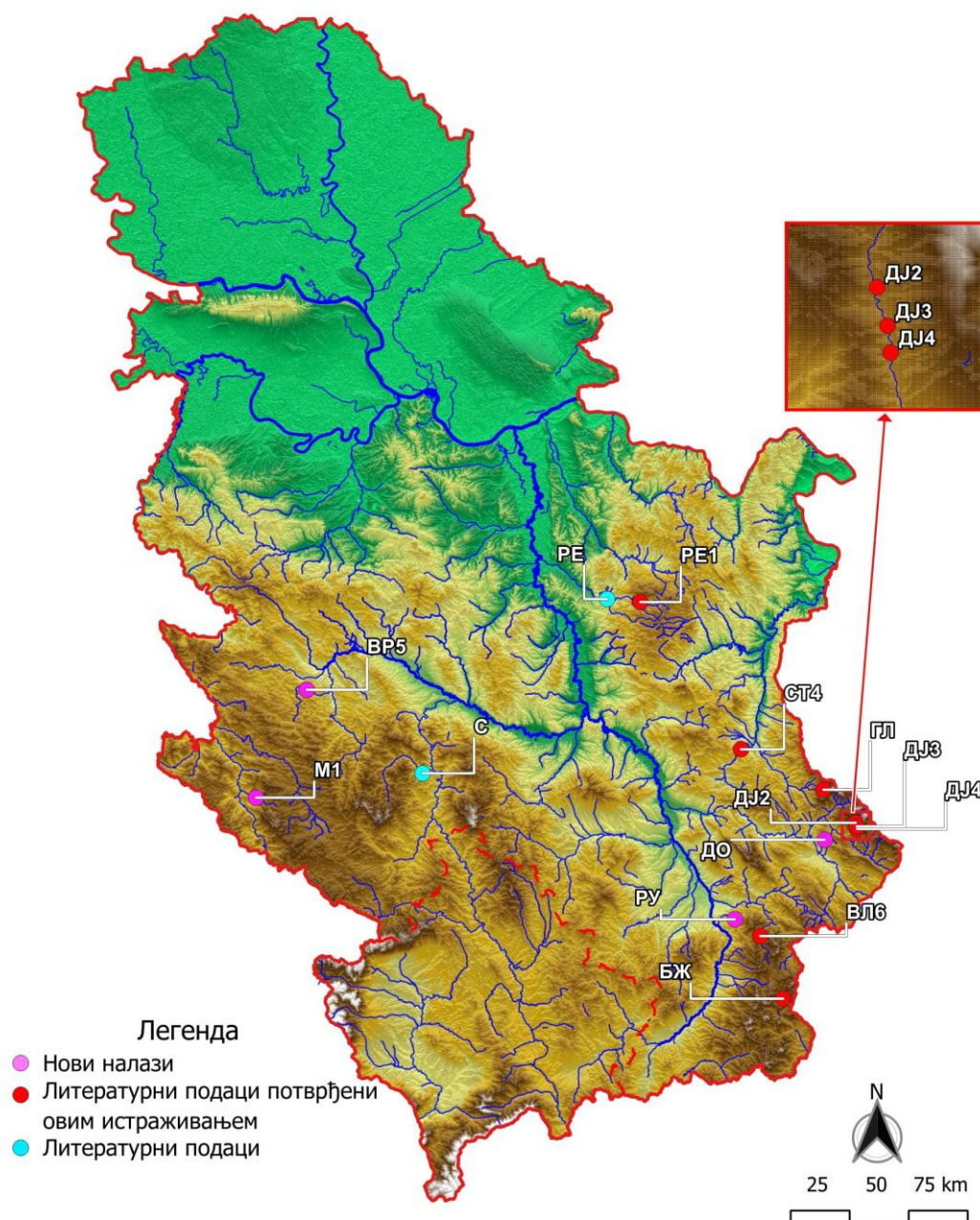
Ознака локалитета/датум	Боја талуса	Дужина талуса (cm)	Стерилни базални део талуса	Гранање		Дијаметар нодуса (ND) (µm)	Дијаметар интернодуса (ID) (µm)	ND:ID	Сперматангијалне напиле	Дужина карпоспора (µm)	Ширина карпоспора (µm)	<i>Chantransia</i> стадијум
				П	Л							
БЖ 27.05.2018.	тамнозелена	4,7-7,1	нагло се шири у фертилни део	+	-	460- 650	350- 520	1,3	равне; 2-3; правилно или неправилно распоређене	23,5-33,5*	15,2-20,5*	+
BP5 19.05.2018.	тамнозелена	2,5-5,2	нагло се шири у фертилни део	+	+	400- 570	290- 440	1,5	равне; 2-3; правилно или неправилно распоређене	21,7-31,2	12,1-17,5	-
ВЛ6 26.05.2018.	маслиначозелена	4,9-12,2	нагло се шири у фертилни део	+	+	550- 680	400- 550	1,3	равне; 2-3; правилно или неправилно распоређене	20,5-33,7	13,6-18,8	-
ГЛ 30.08.2018.	тамнозелена	4,7-6,2	нагло се шири у фертилни део	+	+	500- 620	360- 450	1,3	равне; 2-4; правилно или неправилно распоређене	20,5-26,2	10,8-18,5	-
ДО 06.06.2021.	тамнозелена	4,3-6,4	нагло се шири у фертилни део	+	-	480- 610	350- 450	1,3	равне; 2-3; правилно или неправилно распоређене	20,6-27,1	11,1-18,9	-
ДЈ2, ДЈ3, ДЈ4 19.08.2019.	жућкасто маслинаста	5,4-9,3	нагло се шири у фертилни део	-	-	510- 780	360- 580	1,4	равне; 2-3; правилно или неправилно распоређене	29,5-41*	18,5-25,3*	+
М1 06.07.2019.	тамнозелена	4,5-11,5	нагло или постепено се шири у фертилни део	+	+	450- 590	300- 430	1,4	испупчене; 2-4; правилно или неправилно распоређене	35,8-50,5*	20,5-38,5*	+

Табела 35. Наставак

Ознака локалитета/датум	Боја талуса	Дужина талуса (cm)	Стерилни базални део талуса	Гранање		Дијаметар нодуса (ND) (µm)	Дијаметар интернодуса (ID) (µm)	ND:ID	Сперматангијалне папиле	Дужина карпоспора (µm)	Ширина карпоспора (µm)	Chantransia стадијум
				п	л							
PE1 10.07.2021.	жућкасто маслинаста	6,1-16,3	нагло се шири у фертилни део	+	–	550- 740	450- 540	1,3	испупчене или равне; 2-4; правилно или неправилно распоређене	25,1-28,3*	20-22,5*	–
РУ 12.08.2019.	тамнозелена	4,3-5,9	нагло се шири у фертилни део	–	–	630- 750	440- 560	1,3	испупчене или равне; 2-3; правилно или неправилно распоређене	30,3-45*	20,1-38*	–
СТ4 25.07.2023.	жућкасто маслинаста	4,3-12,4	нагло се шири у фертилни део	–	–	450- 720	320- 480	1,3	равне; 2-3; правилно или неправилно распоређене	28,8-41,6	22,5-37,8*	–

БЖ – Божичка река (Божица), ВР5 – Велики Рзав (Кљештине – Роге), ВЛ6 – Власина (код пастрмског рибњака), ГЛ – Голема река (Црни Врх), ДО – Добродолска река, ДЈ2 – Дојкиначка река (узводно од водопада Тупавица), ДЈ3 – Дојкиначка река (Чедина чесма), ДЈ4 – Дојкиначка река (узводно од планинарског дома), М1 – Милешевка (код пастрмског рибњака), РЕ1 – Ресава (горњи ток), РУ – Рупска река, СТ4 – Сврљишки Тимок (Ргоште), п – право гранање, л – лажно гранање, + присутно; - није присутно, *зреле карпоспоре

Талуси *L. fluviatilis* су током овог истраживања пронађени на укупно 12 локалитета, од чега четири локалитета представљају нове локалитете за врсту у Србији (Табела 20, Слика 29). Више од половине популација врсте *L. fluviatilis* (седам популација) забележено је на подручју источне Србије, док су у јужној и југозападној Србији популације ове врсте забележене на три, односно два локалитета (Табела 20, Слика 29).



Слика 29. Дистрибуција врсте *Lemanea fluviatilis* у Србији (2017-2024. год.)

БЖ – Божичка река (Божица), ВР5 – Велики Рзав (Кљештине – Роге), ВЛ6 – Власина (код пастрмског рибњака), ГЛ – Голема река (Црни Врх), ДО – Добродолска река, ДЈ2 – Дојкиначка река (узводно од водопада Тупавица), ДЈ3 – Дојкиначка река (Чедина чесма), ДЈ4 – Дојкиначка река (узводно од планинарског дома), М1 – Милешевка (код пастрмског рибњака), РЕ1 – Ресава (горњи ток), РУ – Рупска река, СТ4 – Сврљишки Тимок (Ргоште), С – Студеница, РЕ – Ресава (пастрмски рибњак)

Врста *L. fluviatilis* забележена је како у сталним, брзим и турбулентним токовима без варирања нивоа воде (Ф2.2) (шест популација), тако и у стаништима са варирањем нивоа воде где се филм воде прелива по стенама (Ф2.6) (шест популација) (Табела 20, Слика 30).



Слика 30. Типови станишта врсте *Lemanea fluviatilis*. а) стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде – Ф2.2 (Ресава), б) филм воде која се прелива по стенама – Ф2.6 (Дојкиначка река) (Фото: Александра Ракоњац)

Популације врсте *L. fluviatilis* у Србији су забележене у периоду мај-август, на надморским висинама од 233 m до 1038 m (Табела 36). Врста насељава искључиво камениту подлогу углавном делимично засенчених и потпуно осунчаних станишта, али је забележена и на потпуно засенченим стаништима. Максимална дубина воде на којој је врста пронађена износила је 50 cm, али је често налажена на местима прелива воде преко камења. Брзина протока воде на локалитетима била је у опсегу од $1,1 \text{ m s}^{-1}$ до 2 m s^{-1} , док је температура воде варијала од $10,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ до $15,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Врста је налажена у водама где је електропроводљивости била од $80 \text{ }\mu\text{S cm}^{-1}$ до $600 \text{ }\mu\text{S cm}^{-1}$.

Вредности укупне тврдоће воде варијале су од 40 mg L^{-1} до 300 mg L^{-1} (Табела 37). Врста је налажена у скоро неутралним и слабо алкалним водама, чије су се рН вредности кретале од 7,08 до 8,53. Најнижа вредност концентрације раствореног кисеоника износила је $9,31 \text{ mg L}^{-1}$, док је највиша вредност износила $10,4 \text{ mg L}^{-1}$. Сатурација кисеоника варијала је између 97,8% и 107,2%. У погледу концентрације амонијум јона, нитрата и ортофосфата, воде на овим локалитетима су углавном биле сиромашне. Једино су вредности концентрације амонијум јона и нитрата биле повишене на локалитету Сврљишког Тимока, док су концентрације ортофосфата биле повишене на локалитету Божичке реке.

Табела 36. Морфометријске и физичке карактеристике станишта врсте *Lemanea fluviatilis*

Ознака локалитета/датум	Надморска висина (m)	Ширина речног корита (m)	Дубина воде (cm)		Тип подлоге	Степен осунчаности	Брзина протока воде (m s ⁻¹)	Температура (°C)	Електропроводљивост (μS cm ⁻¹)
			мин.	макс.					
БЖ 27.05.2018.	1038	2,5	0	10	камен	+++	1,3	13,3	80
ВР5 19.05.2018.	389	12	50	50	камен	+++	2	10,4	270
ВЛ6 26.05.2018.	730	7	0	5	камен	+++	1,5	14,1	90
ГЛ 30.08.2018.	905	3,5	0	10	камен	+	1,5	13,6	180
ДО 06.06.2021.	582	4	20	20	камен	++	1,3	12,5	390
ДЈ2 19.08.2019.	972	7	10	10	камен	++	1,5	12,3	140
ДЈ3 19.08.2019.	960	8	10	10	камен	+	2	12,1	160
ДЈ4 19.08.2019.	924	6	10	10	камен	++	1,8	12,3	140
М1 06.07.2019.	571	5	0	30	камен	++	1,6	15,1	295
РЕ1 10.07.2021.	448	4	0	10	камен	++	1,2	14,8	260
РУ 12.08.2019.	622	10	20	20	камен	++	1,2	12,8	600
СТ4 25.07.2023.	233	8	0	10	камен	+++	1,1	15,3	540

БЖ – Божичка река (Божица), ВР5 – Велики Рзав (Кљештине – Роге), ВЛ6 – Власина (код пастрмског рибњака), ГЛ – Голема река (Црни Врх), ДО – Добродолска река, ДЈ2 – Дојкиначка река (узводно од водопада Тупавица), ДЈ3 – Дојкиначка река (Чедина чесма), ДЈ4 – Дојкиначка река (узводно од планинарског дома), М1 – Милешевка (код пастрмског рибњака), РЕ1 – Ресава (горњи ток), РУ – Рупска река, СТ4 – Сврљишки Тимок (Ргоште)

Табела 37. Хемијске карактеристике воде станишта врсте *Lemanea fluviatilis* са прегледом уочених фактора угрожавања класификованих према IUCN класификационим шемама (Threats Classification Scheme (Version 3.3))

Ознака локалитета/датум	Укупна тврдоћа воде (mg L ⁻¹)	pH	Концентрација раствореног O ₂ (mg L ⁻¹)	Сатурација O ₂ (%)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	Фактори угрожавања према IUCN-у
БЖ 27.05.2018.	40	7,08	9,35	102,2	0,015	2	0,21	0,01	0,07	9.1; 9.4
ВР5 19.05.2018.	130	7,98	9,98	101,4	0,015	2	0,03	0,01	0,01	6.1; 7.2.10
ВЛ6 26.05.2018.	40	7,59	10,1	107,2	0,015	2	0,03	0,01	0,01	7.2.9; 9.3
ГЛ 30.08.2018.	100	7,83	9,86	101,7	0,015	2	0,03	0,01	0,01	/
ДО 06.06.2021.	190	8,08	10,4	106,9	0,015	2	0,03	0,01	0,01	9.1
ДЈ2 19.08.2019.	110	7,26	10,2	106,4	0,015	2	0,03	0,01	0,01	/
ДЈ3 19.08.2019.	100	7,32	10,31	106,2	0,015	2	0,03	0,01	0,01	/
ДЈ4 19.08.2019.	110	7,29	10,28	105,4	0,015	2	0,03	0,01	0,01	/
М1 06.07.2019.	150	8,05	9,91	106,1	0,015	2	0,03	0,01	0,01	9.3

Табела 37. Наставак

Ознака локалитета/datum	Укупна тврдоћа воде (mg L ⁻¹)	pH	Концентрација раствореног O ₂ (mg L ⁻¹)	Сатурација O ₂ (%)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	Фактори угрожавања према IUCN-у
PE1 10.07.2021.	140	7,62	9,31	98,3	0,015	2	0,03	0,01	0,01	7.2.9
РУ 12.08.2019.	300	7,25	9,35	104,1	0,015	2	0,03	0,01	0,01	9.1
СТ4 25.07.2023.	270	8,53	9,36	97,8	0,29	22	0,03	0,23	0,01	9.1

БЖ – Божичка река (Божица), ВР5 – Велики Рзав (Кљештине – Роге), ВЛ6 – Власина (код пастрмског рибњака), ГЛ – Голема река (Црни Врх), ДО – Добродолска река, ДЈ2 – Дојкиначка река (узводно од водопада Тупавица), ДЈ3 – Дојкиначка река (Чедина чесма), ДЈ4 – Дојкиначка река (узводно од планинарског дома), М1 – Милешевка (код пастрмског рибњака), РЕ1 – Ресава (горњи ток), РУ – Рупска река, СТ4 – Сврљишки Тимок (Ргоште)

На стаништима врсте забележене су различите антропогене активности (изградња МХЕ – 7.2.9 и ХЕ – 7.2.10, рекреативне активности – 6.1, различити типови загађења – 9.1, 9.3, 9.4) које доводе до нарушавања квалитета станишта и самим тим потенцијално доводе до угрожавања врсте и њених станишта (Табела 37). Испуштање отпадних вода из пастрмских рибака (9.3), узводно или на самим стаништима у Ресави, Власини и Милешевки доводи до загађивања станишта. Изградња већег броја МХЕ на Власини (7.2.9), довела је до потпуне деградације станишта низводно МХЕ „Горње Гаре“. Додатно, изградња ХЕ „Сврачково“ на Великом Рзаву (7.2.10) несумњиво ће у будућности довести до промене услова животне средине на станишту врсте у овој реци, чиме ће њен опстанак на овом станишту бити угрожен.

Врста *L. fluviatilis* налажена је у заједници са макроскопским агрегацијама цијанобактерија (*Nostoc* spp. – три локалитета), златних алги (*H. foetidus* – два локалитета) и зелених алги (*Cladophora* spp. – два локалитета) (Табела 20). Додатно, на талусима врсте *L. fluviatilis* забележен је епифитски развој цијанобактеријских таксона *Chamaesiphon rostafinskii* Hansgirg, *Leptolyngbya foveolarum* (Gomont) Anagnostidis & Komárek и *L. notata* (Schmidle) Anagnostidis & Komárek, и силикатних алги *Cocconeis placentula* Ehrenberg, *Cymbella* spp., *Gomphonella olivacea* (Hornemann) Rabenhorst, *Gomphonema capitatum* Ehrenberg, *Navicula* spp. и *Planothidium lanceolatum* (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot (Табела 38).

Табела 38. Епифитске алге на талусима *Lemanea fluviatilis*

Ознака локалитета/датум	Епифите
БЖ 27.05.2018.	/
BP5 19.05.2018.	<i>Chamaesiphon rostafinskii</i> <i>Leptolyngbya foveolarum</i> <i>Leptolyngbya notata</i> <i>Gomphonella olivacea</i> <i>Gomphonema capitatum</i> <i>Planothidium lanceolatum</i>
ВЛ6 26.05.2018.	/
ГЛ 30.08.2018.	/
ДО 06.06.2021.	<i>Cocconeis placentula</i>
ДЈ2 19.08.2019.	/
ДЈ3 19.08.2019.	/
ДЈ4 19.08.2019.	<i>Chamaesiphon rostafinskii</i>
М1 06.07.2019.	/
РЕ1 10.07.2021.	/
РУ 12.08.2019.	/
СТ4 25.07.2023.	<i>Cymbella</i> spp. <i>Navicula</i> spp.

4.2.5. *Lemanea fucina* Bory 1808

Таксономски статус врсте *Lemanea fucina* приказан је у Табели 39. Физички и хемијски параметри локалитета, са приказом фактора угрожавања врсте и њеног станишта, приказани су у Табели 40.

Табела 39. Таксономски статус врсте *Lemanea fucina*

Царство	Plantae
Раздео	Rhodophyta
Класа	Florideophyceae
Ред	Batrachospermales
Породица	Lemaneaceae
Род	<i>Lemanea</i>
Врста	<i>Lemanea fucina</i> Bory 1808
Синоними:	
<i>Lemanea mamillosa</i> var. <i>fucina</i> (Bory) Kützing 1843	
<i>Sacheria fucina</i> (Bory) Sirodot 1872	

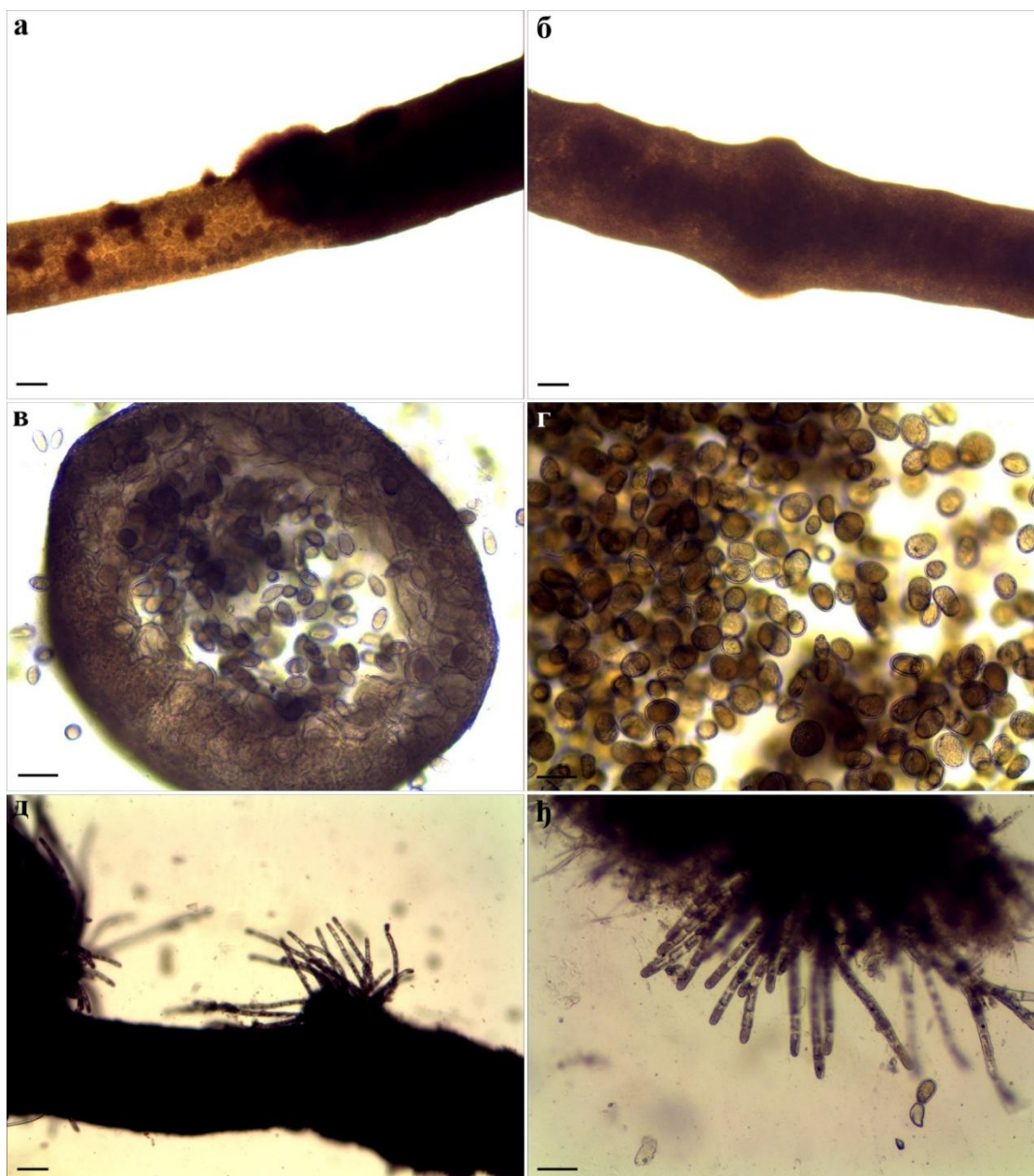
Врста *L. fucina* формира једноосовински привидно паренхимски талус у облику крупне, веома разгранате четине, дужине од 3,2 до 8,7 cm (Слика 31). Талуси су маслинастозелене или тамнозелене боје. Идући према врху, четина се сужава и постаје веома танка. Према основи, талуси се благо сужавају у танак, стерилан базални део (Слика 32а). За подлогу се причвршћују ризоидалним делом. Са једног места на подлози полази већи број чекињастих талуса, образујући на тај начин жбунчиће.



Слика 31. Хабитус талуса *Lemanea fucina* (Фото: Александра Ракоњац)

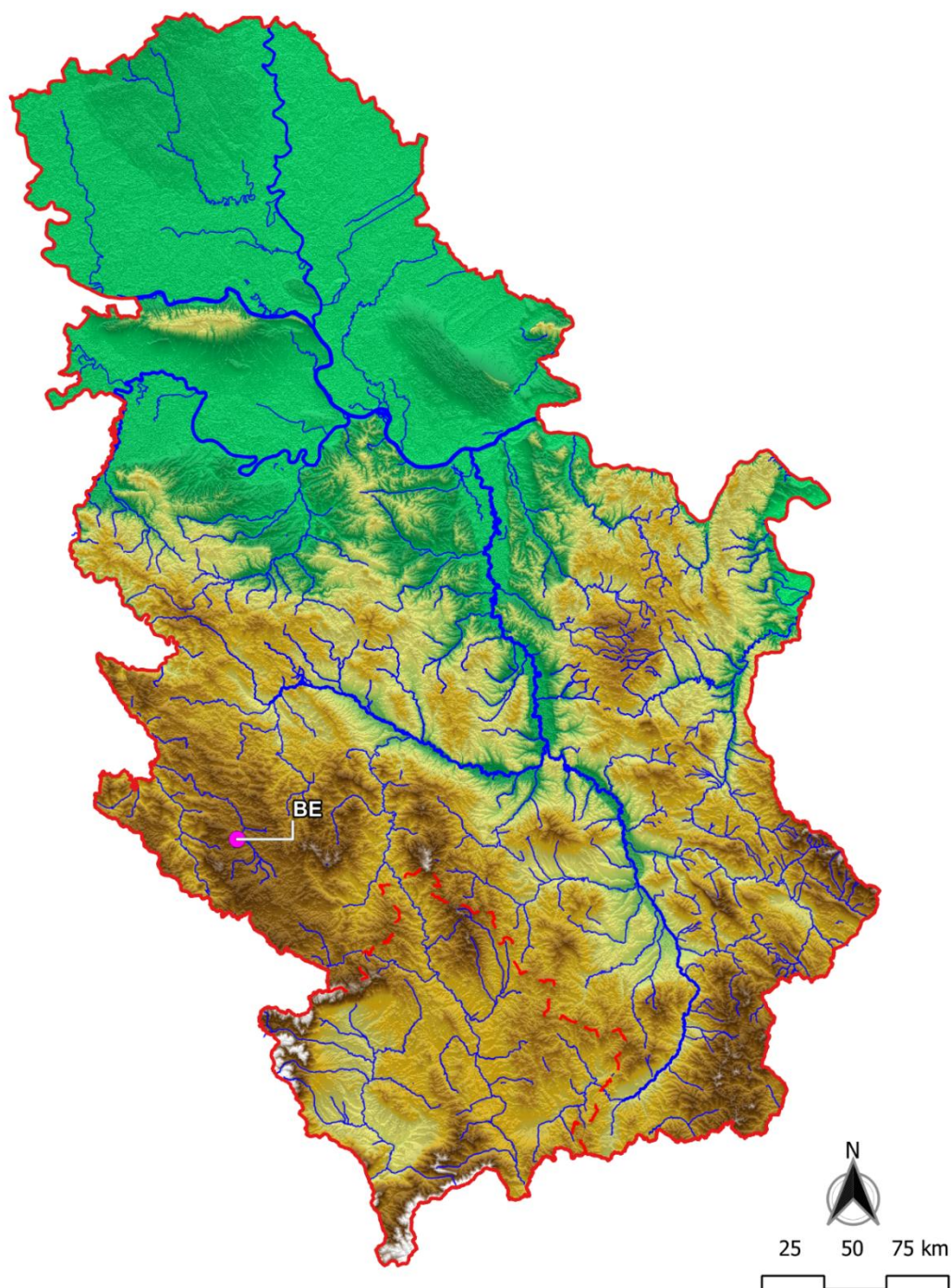
Централна оса талуса (аксијални филамент) изграђена је од издужених ћелија из чијих су вршних крајева четири ћелије постављене у облику крста и усмерене бочно ка ивици талуса (зрачне ћелије Т или L облика). Од крајева тих ћелија развијају се нити које се пружају ка спољашњем омотачу талуса, растући уз њега навише или наниже. Од аксијалног филамента на одређеним растојањима пршљенасто полазе бочне гране. На тим местима талус је проширен, што се испољава у виду квржичастих задебљања (нодуса) јасно изражених на површини талуса (Слика 32б). Бочне гране се интензивно гранају, а потом се на одређеној удаљености од аксијалног филамента тесно

приљубљују. На тај начин образује се шупаљ талус (Слика 32в). Нодуси су пречника 460-690 μm . У нивоу нодуса формирају се 2-3 кружне сперматангијалне папиле које могу бити правилно или неправилно распоређене у пределу нодуса (Слика 32б). Углавном су добро одвојене, али понекад могу бити и делимично спојене. Делови талуса између квржичастих задебљања (интернодуси) (Слика 32б) су ширине 370-560 μm . Младе карпоспоре цилиндричног облика (15,2-19,1 μm дужина, 9,6-13,8 μm ширина) јављају се у низовима. Зреле карпоспоре су овалног облика (29,5-48,8 μm дужина, 20,5-42,6 μm ширина) (Слика 32г). Клијањем карпоспора на подлози се најпре образују пузећи конци из којих настаје *Chantransia* стадијум (Слика 32д-ђ), из кога касније настаје нови талус *L. fucina*.



Слика 32. *Lemanea fucina* а) прелазак стерилног базалног дела у фертилни део талуса, б) нодуси са добро одвојеним сперматангијалним папилама, интернодуси, в) попречни пресек кроз талус (стенобласт), г) зреле карпоспоре, д-ђ) *Chantransia* стадијум (бар скала: а-б, д – 100 μm ; в-г, ђ – 50 μm) (Фото: Александра Ракоњац)

Популација врсте *L. fuscina* по први и једини пут у Србији је забележена приликом истраживања спроведених за потребе израде ове докторске дисертације, на само једном локалитету реке Вељушнице на подручју југозападне Србије (Табела 20, Слика 33).



Слика 33. Дистрибуција врсте *Lemanea fuscina* у Србији (2017-2024. год.)
BE – Вељушница (ушће у Увачку акумулацију)

Врста *L. fuscina* у Србији је забележена у августу месецу, на надморској висини од 992 m (Табела 40), у станишту са варирањем нивоа воде где се филм воде прелива по стенама (Ф2.6) (Табела 20, Слика 34).



Слика 34. Станиште врсте *Lemanea fuscina* (Вељушница) (Фото: Александра Ракоњац)

Популација врсте *L. fuscina* у Србији је забележена на каменитој подлози, већој брзини протока и умереној температури воде. Вода је била алкална, тврда, богата јонизујућим и минералним материјама и раствореним кисеоником, а сиромашна неорганским нутријентима (Табела 40).

Табела 40. Морфометријске, физичке и хемијске карактеристике станишта врсте *Lemanea fucina* са прегледом уочених фактора угрожавања класификованих према IUCN класификационим шемама (Threats Classification Scheme (Version 3.3))

Ознака локалитета/датум	ВЕ 15.08.2018.
Надморска висина (m)	992
Ширина речног корита (m)	4
Дубина воде (cm)	минимална максимална
	0 0
Тип подлоге	камен, камени блокови
Степен осунчаности	++
Брзина протока воде (m s ⁻¹)	1,3
Температура (°C)	13,9
Електропроводљивост (μS cm ⁻¹)	320
Укупна тврдоћа воде (mg L ⁻¹)	160
pH	8,11
Концентрација раствореног O ₂ (mg L ⁻¹)	9,87
Сатурација O ₂ (%)	100,3
NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	0,015
NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	2
PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	0,03
TN (mg L ⁻¹)	0,01
TP (mg L ⁻¹)	0,01
Фактори угрожавања	11.2

Фактори угрожавања врсте и њеног станишта пре свега се односе на драстичне промене водостаја настале услед регулисања протицаја путем ХЕ Увац, али и на сушу (11.2) као последицу климатских промена.

Врста *L. fucina* забележена у заједници са макроскопском агрегацијом зелене алге *Cladophora* sp. (Табела 20). Додатно, на талусима ове врсте забележен је епифиски развој цијанобактеријских таксона *Ch. rostafinskii*, *L. foveolarum* и *L. notata* и силикатних алги *Navicula* sp. и *G. olivacea*.

4.2.6. *Lemanea rigida* (Sirodot) De Toni 1897

Таксономски статус врсте *Lemanea rigida* приказан је у Табели 41, док је у Табели 42 дат детаљан приказ њених морфолошких и репродуктивних карактеристика по локалитетима. Физички и хемијски параметри локалитета, са приказом фактора угрожавања врсте и њених станишта, приказани су у Табели 43.

Табела 41. Таксономски статус врсте *Lemanea rigida*

Царство	Plantae
Раздео	Rhodophyta
Класа	Florideophyceae
Ред	Batrachospermales
Породица	Lemaneaceae
Род	<i>Lemanea</i>
Врста	<i>Lemanea rigida</i> (Sirodot) De Toni 1897
Синоними:	
<i>Sacheria rigida</i> Sirodot 1872	

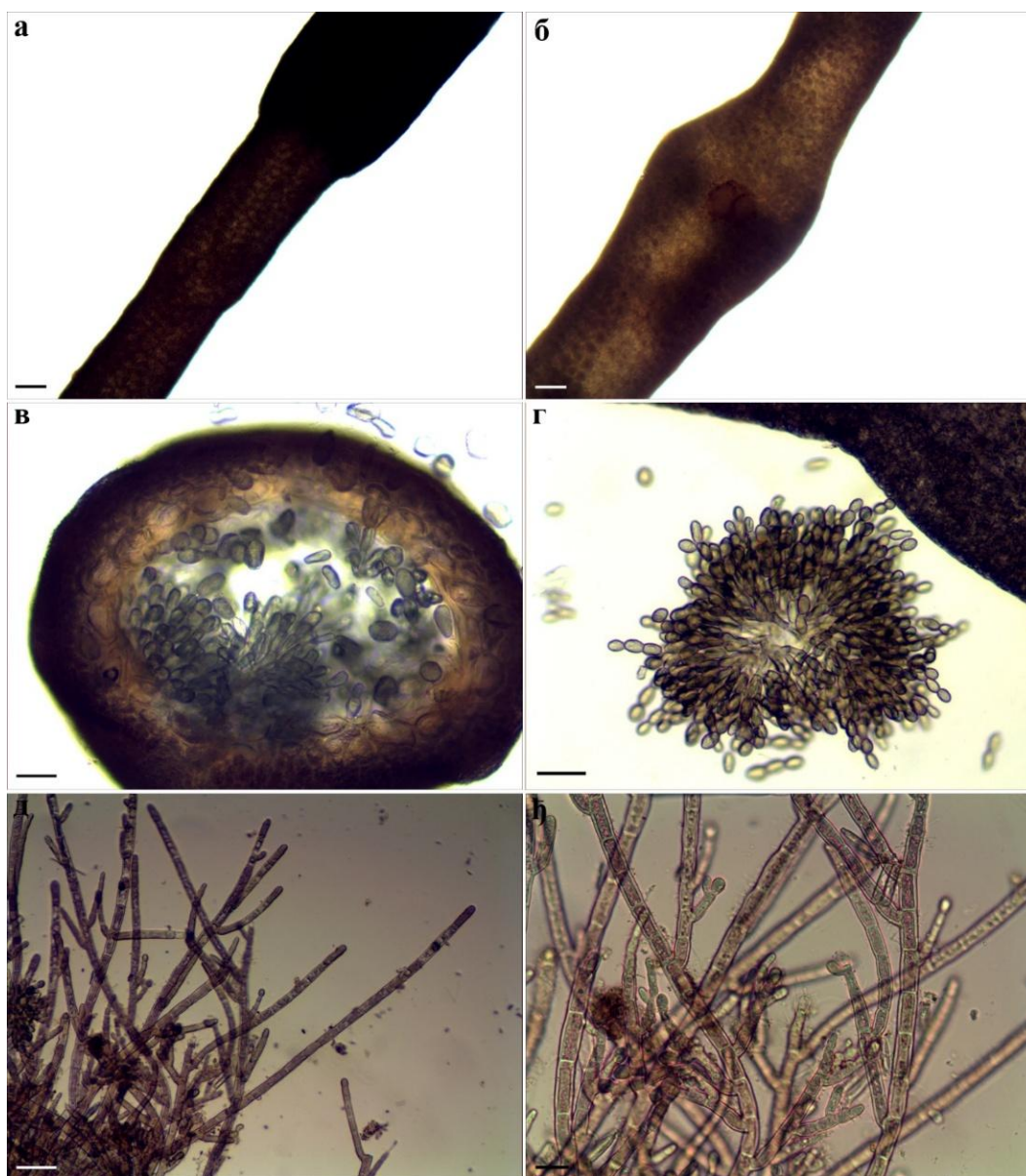
Врста *L. rigida* формира једноосовински привидно паренхимски талус у облику крупне разгранате или неразгранате четине, дужине од 4,6 до 9,7 cm (Слика 35, Табела 42). Талуси су тамнозелене боје (Табела 42). За подлогу се причвршћују ризоидалним делом. Са једног места на подлози полази већи број чекињастих талуса, образујући на тај начин жбуниће. Према основи, талуси се незнатно сужавају у стерилни базални део (Слика 36а).



Слика 35. Хабитус талуса *Lemanea rigida* а) Божички канал, б) Јелашница (Фото: Александра Ракоњац)

Централна оса талуса (аксијални филамент) је изграђена од издужених ћелија из чијих су вршних крајева четири ћелије постављене у облику крста и усмерене бочно ка ивици талуса (зрачне ћелије Т или L облика). Од крајева тих ћелија развијају се нити које се пружају ка спољашњем омотачу талуса, растући уз њега навише или наниже. Од аксијалног филамента на одређеним растојањима пршљенасто полазе бочне гране. На тим местима талус је проширен, што се испољава у виду квржичастих задебљања

(нодуса) јасно изражених на површини талуса (Слика 36б). Бочне гране се интензивно гранају, а потом се на одређеној удаљености од аксијалног филамента тесно приљубљују. На тај начин образује се шупаљ талус (Слика 36в). Нодуси су пречника 410-750 μm (Табела 42). Делови талуса између квржичастих задебљања (интернодуси) су ширине 300-580 μm (Слика 36б, Табела 42). У нивоу нодуса формирају се сперматангијалне папиле (Слика 36б). Обично се јављају 2-3 кружне сперматангијалне папиле које могу бити правилно или неправилно распоређене у пределу нодуса, углавном су добро одвојене, али понекад могу бити и делимично спојене (Табела 42). Младе карпоспоре су цилиндричног или јајастог облика (13,6-20,5 μm дужина, 10-15,2 μm ширина), јављају се у низовима (Слика 36г). Зреле карпоспоре су јајастог облика (26,8-42,1 μm дужина, 19,3-33,2 μm ширина) (Табела 42). Клијањем карпоспора на подлози се најпре образују пузећи конци из којих настаје *Chantransia* стадијум (Слика 36д-ђ), из кога касније настаје нови талус *L. rigida*.



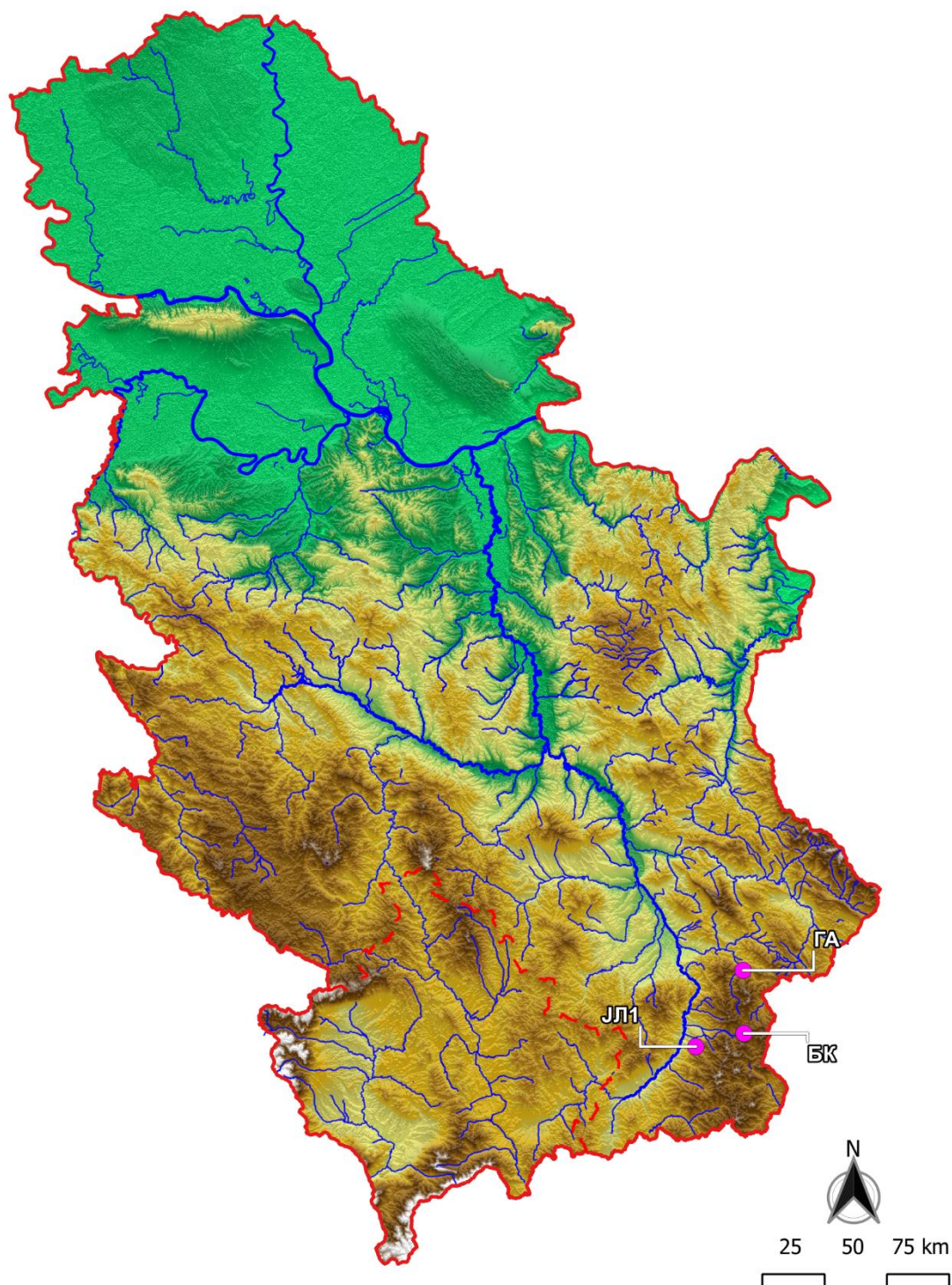
Слика 36. *Lemanea rigida* а) прелазак стерилног базалног дела у фертилни део талуса, б) нодуси са добро одвојеним сперматангијалним папилама, интернодуси, в) попречни пресек кроз талус (стенобласт), г) карпоспоре у низовима, д-ђ) *Chantransia* стадијум (бар скала: а-б, д – 100 μm ; в-г, ђ – 50 μm) (Фото: Александра Ракоњац)

Табела 42. Морфолошке и репродуктивне карактеристике *Lemanea rigida* на истраживаним локалитетима у Србији (2017-2024. год.)

Ознака локалитета/датум	Боја талуса	Дужина талуса (cm)	Стерилни базални део талуса	Гранање		Дијаметар нодуса (ND) (µm)	Дијаметар интернодуса (ID) (µm)	ND:ID	Сперматангијалне напиле	Дужина карпоспора (µm)	Ширина карпоспора (µm)	Chantransia стадијум
				п	л							
БК 23.07.2019.	тамнозелена	4,6-9,7	постепено се шири у фертилни део	+	+	490-750	400-580	1,3	испуштене или равне; 2- 3; правилно или неправилно распоређене	30,7-42,1*	20,5-30,7*	+
ГА 26.05.2018.	тамнозелена	5,1-9,25	постепено се шири у фертилни део	+	+	410-590	300-430	1,4	испуштене или равне; 3; правилно или неправилно распоређене	13,6-20,5	10-15,2	–
ЈЛ1 20.08.2019.	тамнозелена	5,3-8,5	постепено се шири у фертилни део	+	–	480-720	300-450	1,4	испуштене или равне; 2- 3; правилно или неправилно распоређене	26,8-42,1*	19,3-33,2*	–

БК – Божички канал (ушће у Власинску акумулацију), ГА – Градска река (Састав река), ЈЛ1 – Јелашница (узводно од бране старе МХЕ), п – право гранање, л – лажно гранање, + присутно; - није присутно, *зреле карпоспоре

Популације *L. rigida* по први пут су у Србији забележене приликом истраживања спроведених за потребе израде ове докторске дисертације. Врста је забележена на три локалитета у јужној Србији (Табела 20, Слика 37).



Слика 37. Дистрибуција врсте *Lemanea rigida* у Србији (2017-2024. год.)
 БК – Божички канал (ушће у Власинску акумулацију), ГА – Градска река (Састав река), ЈЛ1 –
 Јелашница (узводно од бране старе МХЕ)

Врста *L. rigida* насељава како станишта сталних, брзих и турбулентних токова без варирања нивоа воде (Ф2.2) (једна популација), тако и станишта са варирањем нивоа воде где се филм воде прелива по стенама (Ф2.6) (две популације) (Табела 20, Слика 38).



Слика 38. Типови станишта врсте *Lemanea rigida* а) стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде – Ф2.2 (Градска река), б) филм воде која се прелива по стенама – Ф2.6 (Божички канал) (Фото: Александра Ракоњац)

Популације ове врсте у Србији су налажене у периоду мај-август, на надморским висинама од 433 m до 1212 m (Табела 43). Врста насељава искључиво камениту подлогу потпуно осунчаних и делимично засенчених станишта, на дубинама до 10 cm. Брзина протока воде на локалитетима кретала се од $1,5 \text{ m s}^{-1}$ до 2 m s^{-1} , температура воде је била у опсегу од $14,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ до $17,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$, а вредности електропроводљивости од $100 \text{ }\mu\text{S cm}^{-1}$ до $590 \text{ }\mu\text{S cm}^{-1}$. Вредности укупне тврдоће воде варирале су од 50 mg L^{-1} до 280 mg L^{-1} . *Lemanea rigida* је налажена у слабо алкалним водама, а pH вредности су се кретале од 7,51 до 7,7. Најнижа вредност концентрације раствореног кисеоника износила је $9,66 \text{ mg L}^{-1}$, док је највиша вредност износила $9,96 \text{ mg L}^{-1}$. Сатурација кисеоника била је између 100,8% и 110,2%. У погледу концентрације амонијум јона, нитрата и укупног азота, воде на локалитетима су биле сиромашне овим материјама, док су концентрације ортофосфата и укупног фосфора биле повишене једино на локалитету Градске реке.

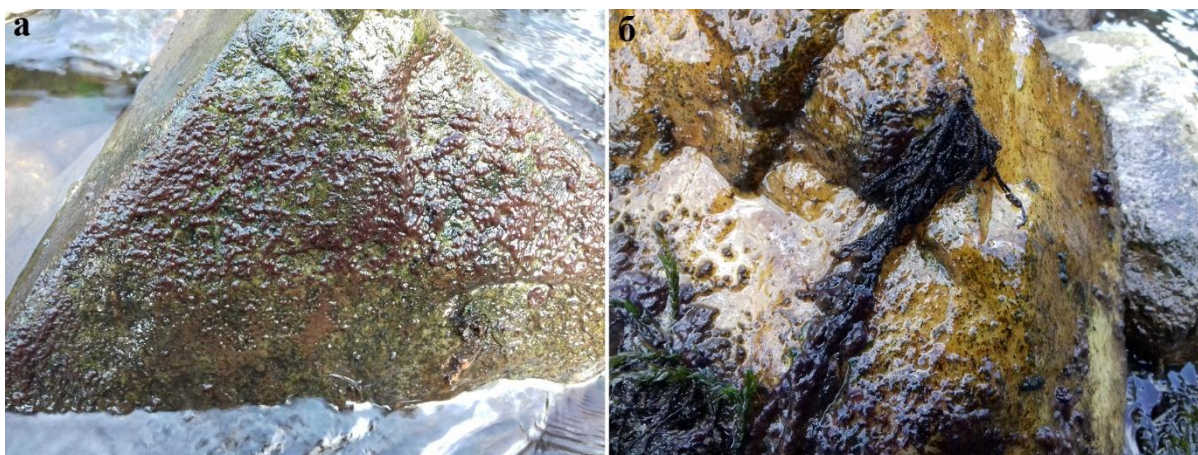
Табела 43. Морфометријске, физичке и хемијске карактеристике станишта врсте *Lemanea rigida* са прегледом уочених фактора угрожавања класификованих према IUCN класификационим шемама (Threats Classification Scheme (Version 3.3))

Екосистем	Божички канал	Градска река	Јелашница
Ознака локалитета/датум	БК 23.07.2019.	ГА 26.05.2018.	ЈЛ1 20.08.2019.
Надморска висина (m)	1212	544	433
Ширина речног корита (m)	7	5	8
Дубина воде (cm)	минимална	0	5
	максимална	10	10
Тип подлоге	камен	камен	камен
Степен осунчаности	+++	+++	++
Брзина протока воде (m s ⁻¹)	2	1,8	1,5
Температура (°C)	15,6	14,7	17,4
Електропроводљивост (μS cm ⁻¹)	510	100	590
Укупна тврдоћа воде (mg L ⁻¹)	260	50	280
pH	7,7	7,51	7,53
Концентрација раствореног O ₂ (mg L ⁻¹)	9,66	9,96	9,72
Сатурација O ₂ (%)	110,2	104,9	100,8
NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	0,015	0,015	0,015
NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	2	2	2
PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	0,03	0,19	0,03
TN (mg L ⁻¹)	0,01	0,01	0,01
TP (mg L ⁻¹)	0,01	0,07	0,01
Фактори угрожавања	6.1; 9.1	7.2.9; 9.1; 9.4	9.1; 9.4

БК – Божички канал (ушће у Власинску акумулацију), ГА – Градска река (Састав река), ЈЛ1 – Јелашница (узводно од бране старе МХЕ)

На стаништима врсте забележене су различите антропогене активности (рекреативне активности – 6.1, изградња МХЕ – 7.2.9, различити типови загађења – 9.1, 9.4) које доводе до нарушавања квалитета станишта и самим тим потенцијално доводе до угрожавања врсте и њених станишта (Табела 43). Локалитет на Градској реци налази у насељеном месту Састав река, где река протиче између кућа и сеоских објеката локалног становништва (9.1, 9.4). Поред тога, изграђена МХЕ на Градској реци (7.2.9) несумњиво доводи до деградације и угрожавања овог станишта.

Врста *L. rigida* је на по једном локалитету наложена у заједници са макроскопским агрегацијама цијанобактерија (*Nostoc* sp.), црвених алги (*A. hermannii* и *P. catenata*), златних алги (*H. foetidus*) и зелених алги (*Cladophora* sp.) (Табела 20). Црвена алга *A. hermannii* забележена је како самостално на каменитој подлози, тако и као епифита на талусима *L. rigida* (Слика 39). Додатно, на талусима ове врсте забележен је епифиски развој цијанобактеријске врсте *L. foveolarum* и силикатних алги *Cymbella* spp., *G. olivacea*, *Gomphonema capitatum* Ehrenberg, *Navicula* spp. и *Planothidium lanceolatum* (Табела 44).



Слика 39. а) епилитски развој врсте *Audouinella hermannii*, б) епифитски развој врсте *A. hermannii* на талусима врсте *Lemanea rigida* (Фото: Александра Ракоњац)

Табела 44. Епифитске алге на талусима *Lemanea rigida*

Ознака локалитета/датум	Епифите
БК 23.07.2019	<i>Leptolyngbya foveolarum</i> <i>Audouinella hermannii</i> <i>Cymbella</i> spp. <i>Navicula</i> spp. <i>Planothidium lanceolatum</i>
ГА 26.05.2018.	<i>Leptolyngbya foveolarum</i> <i>Leptolyngbya notata</i> <i>Cymbella</i> spp. <i>Gomphonella olivacea</i> <i>Gomphonema capitatum</i> <i>Navicula</i> spp. <i>Planothidium lanceolatum</i>
ЈЛ1 20.08.2019.	/

4.2.7. *Lemanea* spp.

Детаљан приказ морфолошких и репродуктивних карактеристика представника *Lemanea* spp. по локалитетима дат је у Табели 45, док су физички и хемијски параметри локалитета, са приказом фактора угрожавања таксона и њихових станишта, приказани у Табели 46.

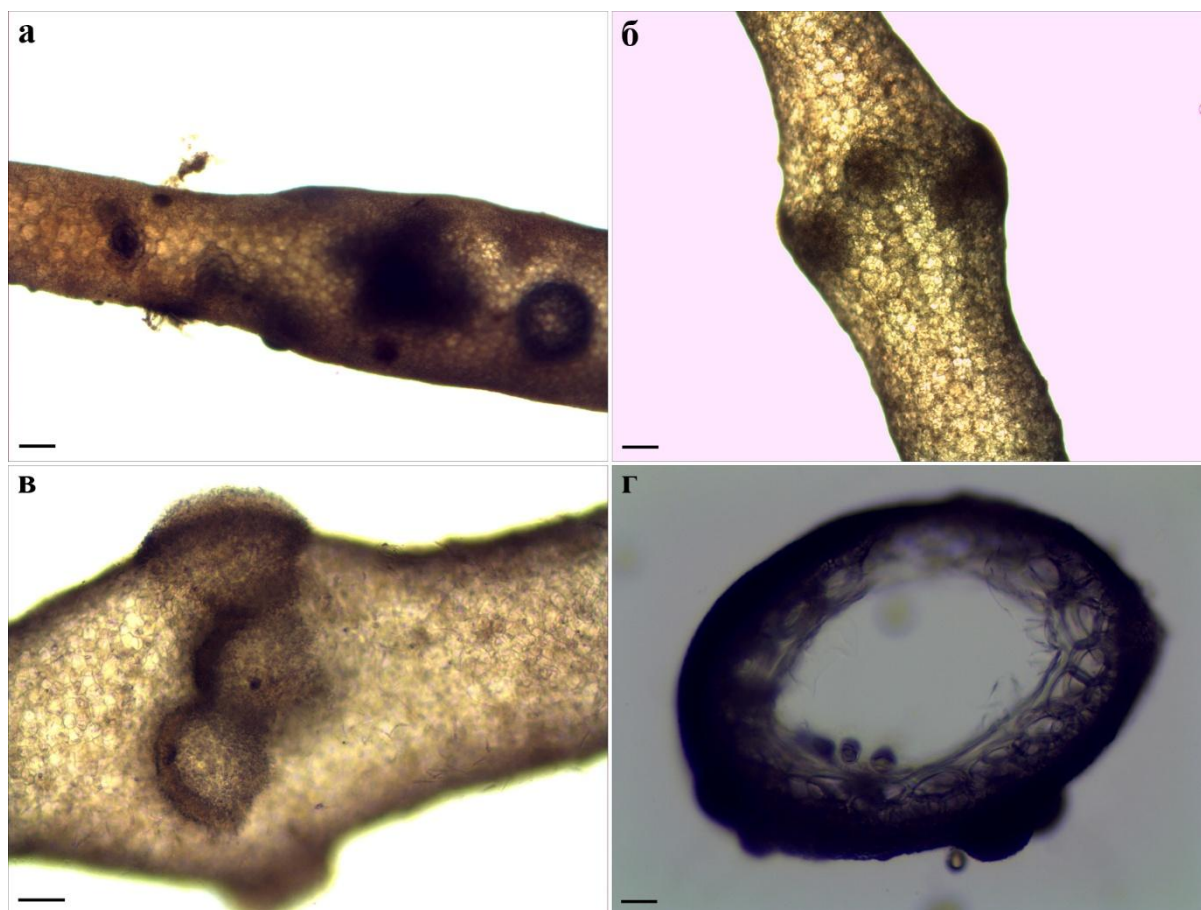
Lemanea sp. 1

Једноосовински привидно паренхимски талус *Lemanea* sp. 1 формира се у облику крупне неразгранате четине, маслинастозелене боје, дужине од 5,6 до 8,9 cm (Слика 40, Табела 45). Идући према врху, четина се сужава и постаје веома танка, благо закривљена на самом врху. Према основи, талуси се благо сужавају у танак, стерилан базални део (Слика 41а). За подлогу се причвршћују ризоидалним делом. Са једног места на подлози полази већи број чекињастих талуса, образујући на тај начин жбунџице.



Слика 40. Хабитус талуса *Lemanea* sp. 1 (Фото: Александра Ракоњац)

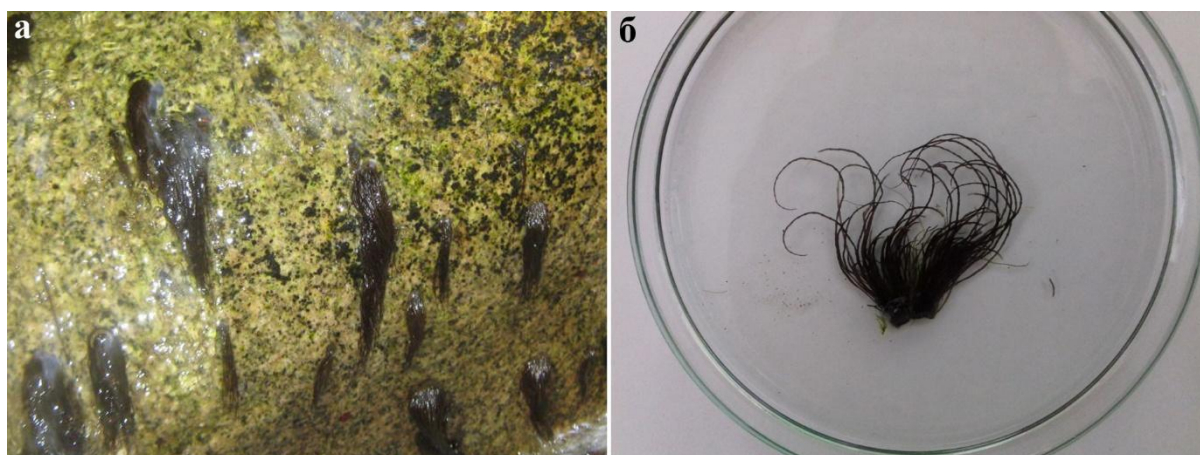
Централна оса талуса (аксијални филамент) изграђена је од издужених ћелија из чијих су вршних крајева четири ћелије постављене у облику крста и усмерене бочно ка ивици талуса (зрачне ћелије Т или L облика). Од крајева тих ћелија развијају се нити које се пружају ка спољашњем омотачу талуса, растући уз њена навише или наниже. Од аксијалног филамента на одређеним растојањима пршљенасто полазе бочне гране. На тим местима талус је проширен, што се испољава у виду квржичастих задебљања (нодуса) јасно изражених на површини талуса (Слика 41б-г). Бочне гране се интензивно гранају, а потом се на одређеној удаљености од аксијалног филамента тесно приљубљују. На тај начин образује се шупаљ талус (Слика 41д). Нодуси су пречника 580-840 μm (Слика 41б-г, Табела 45). У нивоу нодуса формира се 3-5 испупчених, добро одвојених сперматангијалних папила које могу бити правилно или неправилно распоређене у пределу нодуса (Слика 41б-г, Табела 45). Делови талуса између квржичастих задебљања (интернодуси) су ширине 370-450 μm (Слика 41б-г, Табела 45). Карпоспоре нису забележене.



Слика 41. *Lemanea* sp. 1 а) прелазак стерилног базалног дела у фертилни део талуса, б-в) нодуси са добро одвојеним сперматангијалним папилама, интернодуси, г) попречни пресек кроз талус (стенобласт) (бар скала: а-б – 100 μm ; в-г – 50 μm) (Фото: Александра Ракоњац)

***Lemanea* sp. 2**

Једноосовински привидно паренхимски талус *Lemanea* sp. 2 формира се у облику крупне разгранате или неразгранате четине, дужине од 2,3 до 5,6 cm (Слика 42, Табела 45). Талуси су тамнозелене боје (Табела 45). Идући према врху, четина се сужава и постаје веома танка, закривљена на самом врху. Према основи, талуси се благо сужавају у танак, стерилан базални део (Слика 43а). За подлогу се причвршћују ризоидалним делом. Са једног места на подлози полази већи број чекињастих талуса, образујући на тај начин жбуниће.



Слика 42. Хабитус талуса *Lemanea* sp. 2 а) Масуричка река, б) Вунева (Фото: Александра Ракоњац)

Централна оса талуса (аксијални филамент) изграђена је од издужених ћелија из чијих су вршних крајева четири ћелије постављене у облику крста и усмерене бочно ка ивици талуса (зрачне ћелије Т или L облика). Од крајева тих ћелија развијају се нити које се пружају ка спољашњем омотачу талуса, растући уз њена навише или наниже. Од аксијалног филамента на одређеним растојањима пршљенасто полазе бочне гране. На тим местима талус је проширен, што се испољава у виду квржичастих задебљања (нодуса) јасно изражених на површини талуса (Слика 43б-г). Бочне гране се интензивно гранају, а потом се на одређеној удаљености од аксијалног филамента тесно приљубљују. На тај начин образује се шупаљ талус (Слика 43д). Нодуси су пречника 360-530 μm (Слика 43б-г, Табела 45). У нивоу нодуса формирају се 2-3 равне, ретко благо испупчене сперматангијалне папиле, које могу бити правилно или неправилно распоређене у пределу нодуса (Слика 41б-г). Углавном су добро одвојене, али понекад могу бити и делимично спојене (Табела 45). Делови талуса између квржичастих задебљања (интернодуси) су ширине 290-440 μm код (Слика 43б-г, Табела 45). Младе карпоспоре, елипсоидне или дугуљасте (12-22,5 μm дужина, 6-13,7 μm ширина) јављају се у низовима (Слика 43ђ). Зреле карпоспоре су овалног до елипсоидног облика (29,5-48,8 μm дужина, 20,5-42,6 μm ширина) (Табела 45).



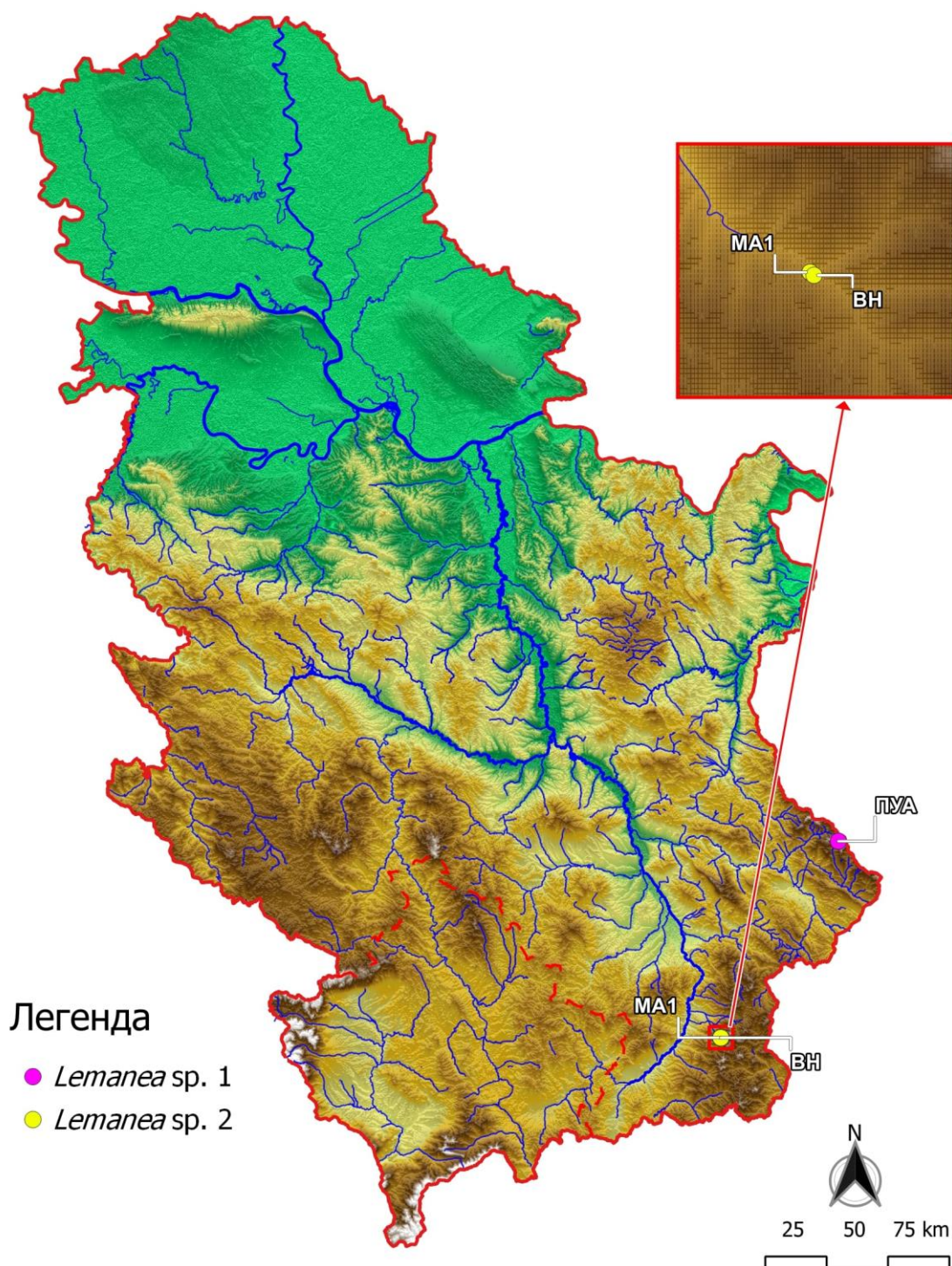
Слика 43. *Letaea* sp. 2 а) прелазак стерилног базалног дела у фертилни део талуса, б-г) нодуси са добро одвојеним сперматангијалним папилама, интернодуси, д) попречни пресек кроз талус (стенобласт), е) карпоспоре у низовима (Фото: Александра Ракоњац)

Табела 45. Морфолошке и репродуктивне карактеристике *Lemanea* sp. 1 и *Lemanea* sp. 2 на истраживаним локалитетима у Србији (2017-2024. год.)

Таксон	Ознака локалитета/датум	Боја талуса	Дужина талуса (cm)	Стерилни базални део талуса	Гранање		Дијаметар нодуса (ND) (µm)	Дијаметар интернодуса (ID) (µm)	ND:ID	Сперматангијалне папиле	Дужина карпоспора (µm)	Ширина карпоспора (µm)	Chantransia стадијум
					п	л							
<i>Lemanea</i> sp. 1	ПУА 05.06.2021.	маслинасто зелена	5,6-8,9	неприметно се шири у фертилни део	–	–	580-840	370-450	1,3	испупчене; 3-5; правилно или неправилно распоређене	/	/	–
<i>Lemanea</i> sp. 2	ВН 28.05.2018.	тамнозелена	2,6-5,6	неприметно се шири у фертилни део	+	–	380-520	300-440	1,3	равне, ретко испупчене; 2-3; правилно или неправилно распоређене	12-22	6-13,7	–
	МА1 28.05.2018.	тамнозелена	2,3-5	неприметно се шири у фертилни део	+	–	360-530	290-440	1,3	равне, ретко испупчене; 2-3; правилно или неправилно распоређене	12,1-22,5	6,2-13,5	–

ПУА – Безимени поток у Арбињу, ВН – Вунева (100 m узводно од ушћа у Масуричку реку), МА1 – Масуричка река (класура), п – право гранање, л – лажно гранање, + присутно; - није присутно

Популација *Lemanea* sp. 1 забележена је на једном локалитету источне Србије, док су популације *Lemanea* sp. 2 забележене на два локалитета јужне Србије (Табела 20, Слика 44).



Слика 44. Дистрибуција *Lemanea* sp. 1 и *Lemanea* sp. 2 у Србији (2017-2024. год.)
 ПУА – Безимени поток у Арбињу, МА – Масуричка река (клисуре), Вунева (100 m узводно од ушћа у Масуричку реку)

Популација *Lemanea* sp. 1 забележена је у типу станишта стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде (Ф2.2), док су популације *Lemanea* sp. 2 осим у претходно наведеном типу станишта забележене и у станишту са варирањем нивоа воде где се филм воде прелива по стенама (Ф2.6) (Табела 20, Слика 45).



Слика 45. а) Тип станишта *Lemanea* sp. 1 – стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде – Ф2.2 (Безимени поток у Арбињу), б) Тип станишта *Lemanea* sp. 2 – филм воде која се прелива по стенама – Ф2.6 (Вунева) (Фото: Александра Ракоњац)

Lemanea sp. 1 и *Lemanea* sp. 2 у Србији су налажене у периоду мај-јун, на надморским висинама од 887 m до 1333 m (Табела 46). Ови таксони насељавају камениту и стеновиту подлогу засенчених и делимично засенчених станишта, на дубинама до 10 cm. Брзина протока воде на локалитетима кретала се од $1,3 \text{ m s}^{-1}$ до $1,5 \text{ m s}^{-1}$, температура воде од $11,2^\circ\text{C}$ до $11,5^\circ\text{C}$, а вредности електропроводљивости од $60 \mu\text{S cm}^{-1}$ до $120 \mu\text{S cm}^{-1}$. Вредности укупне тврдоће воде варирале су интервалу од 30 mg L^{-1} до 90 mg L^{-1} . Врста је налажена у слабо алкалним водама, а рН вредности су се кретале од 7,23 до 7,48. Најнижа вредност концентрације раствореног кисеоника износила је $10,35 \text{ mg L}^{-1}$, док је највиша вредност износила $10,63 \text{ mg L}^{-1}$. Сатурација кисеоника износила је од 102,3% до 106,2%. У погледу концентрације амонијум јона, нитрата, ортофосфата, укупног азота и укупног фосфора, воде на локалитетима су биле сиромашне овим материјама.

На локалитетима на којима су забележене популације *Lemanea* sp. 1 и *Lemanea* sp. 2 нису уочени фактори угрожавања.

Табела 46. Морфометријске, физичке и хемијске карактеристике станишта *Lemanea* sp. са прегледом уочених фактора угрожавања класификованих према IUCN класификационим шемама (Threats Classification Scheme (Version 3.3))

Таксон	<i>Lemanea</i> sp. 1	<i>Lemanea</i> sp. 2	
Ознака локалитета/датум	БП 05.06.2021.	ВН 28.05.2018.	МА1 28.05.2018.
Надморска висина (m)	1333	889	887
Ширина речног корита (m)	2	6	4,5
Дубина воде (cm)	минимална	10	10
	максимална	10	10
Тип подлоге	камен	камен	камен, стене
Степен осунчаности	++	+	++
Брзина протока воде (m s ⁻¹)	1,5	1,3	1,5
Температура (°C)	11,4	11,2	11,5
Електропроводљивост (μS cm ⁻¹)	120	70	60
Укупна тврдоћа воде (mg L ⁻¹)	90	30	30
pH	7,23	7,46	7,48
Концентрација раствореног O ₂ (mg L ⁻¹)	10,63	10,41	10,35
Сатурација O ₂ (%)	102,3	106,2	106,1
NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	0,015	0,015	0,015
NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	2	2	2
PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	0,03	0,03	0,03
TN (mg L ⁻¹)	0,01	0,01	0,01
TP (mg L ⁻¹)	0,01	0,01	0,01
Фактори угрожавања	/	/	/

ПУА – Безимени поток у Арбињу, ВН – Вунева (100 m узводно од ушћа у Масуричку реку), МА1 – Масуричка река (клисура)

На локалитетима на којима су забележене популације *Lemanea* sp. 1 и *Lemanea* sp. 2 нису забележене друге макроскопске агрегације алги.

4.2.8. *Paralemanea annulata* (Kützinger) M.L.Vis & R.G.Sheath 1992

Таксономски статус врсте *Paralemanea annulata* приказан је у Табели 47, док је у Табели 48 дат детаљан приказ морфолошких и репродуктивних карактеристика по локалитетима. Физички и хемијски параметри локалитета, са приказом фактора угрожавања врсте и њених станишта, приказани су у Табели 49 и Табели 50.

Табела 47. Таксономски статус врсте *Paralemanea annulata*

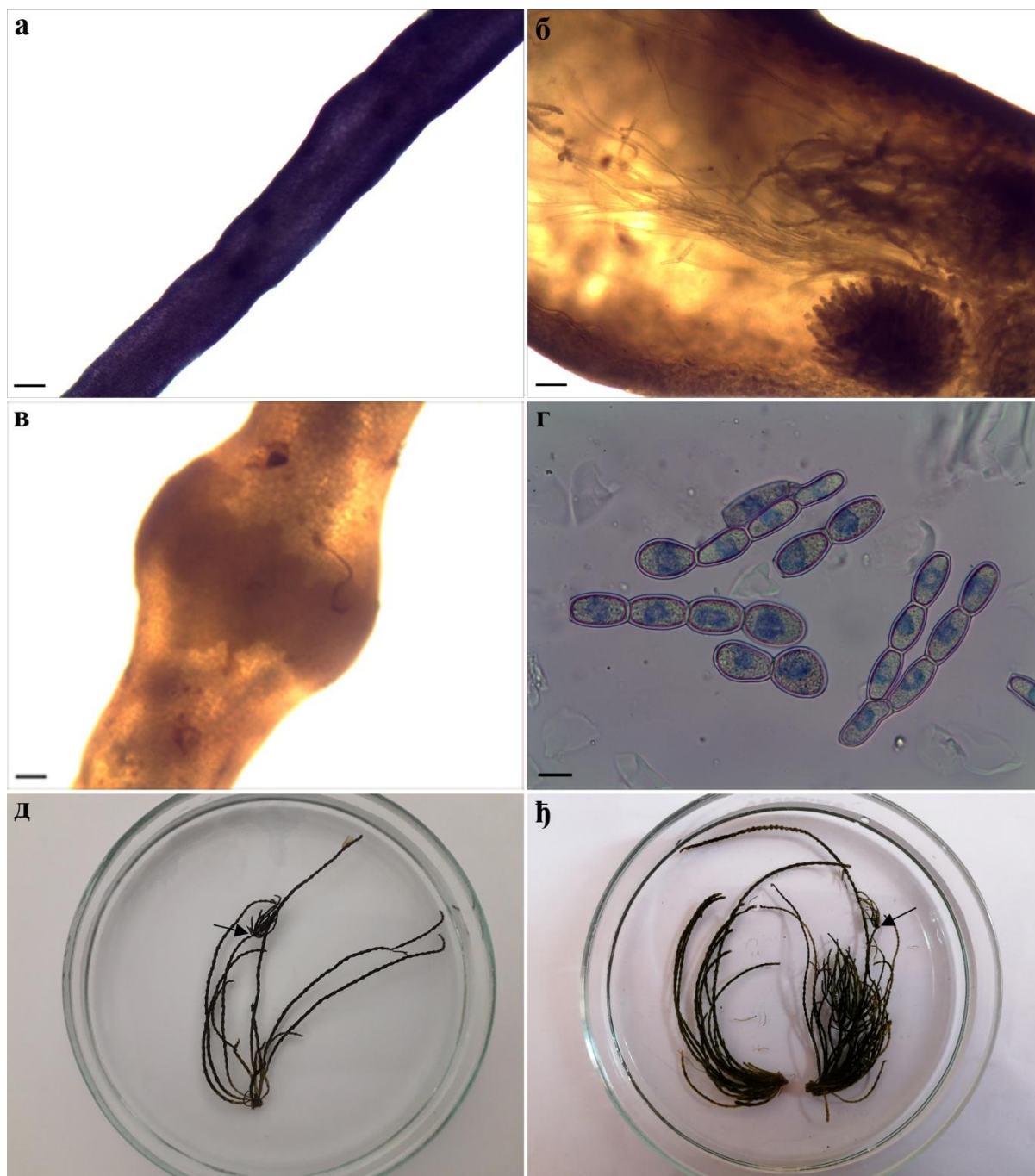
Царство	Plantae
Раздео	Rhodophyta
Класа	Florideophyceae
Ред	Batrachospermales
Породица	Lemaneaceae
Род	<i>Paralemanea</i>
Врста	<i>Paralemanea annulata</i> (Kützinger) M.L.Vis & R.G.Sheath 1992
Синоними:	
<i>Lemanea annulata</i> Kützinger 1845	

Врста *P. annulata* формира јеноосовински привидно паренхимски талус у виду крупне четине, дужине од 2,3 до 12,3 cm (Слика 46). Талуси су тамнољубичасте, тамнозелене или жућкастомаслинасте боје, веома ретко гранати (Слика 46, Табела 48). За подлогу се причвршћују ризоидалним делом. Са једног места на подлози полази већи број чекињастих талуса, образујући на тај начин жбуниће. Према основи, талуси се постепено сужавају у цилиндричан и стерилан базални део (Слика 47а).

Од централне осе талуса (аксијални филамент), на одређеним растојањима, пршљенасто полазе бочне гране. На тим местима талус је проширен, што се испољава у виду квржичастих задебљања (нодуса) јасно изражених на површини талуса. Аксијални филамент је обмотан уздужним кортикалним филаментима ризоидалног карактера (Слика 47б). Од њих се даље развијају просте зрачне ћелије које се састоје од два слоја, при чему проксимални слој не додирује спољашњи кортекс, док је дистални „Y“ гранат и повезан за кортекс. Нодуси су ширине од 400 до 1010 μm (Слика 47в, Табела 48). Делови талуса између квржичастих задебљања (интернодуси) су конкавног, ређе цилиндричног облика, ширине 300-750 μm (Слика 47в, Табела 48). У нивоу нодуса формирају се сперматангијалне папиле у виду правилних широких прстенова, понекад прекинутих у близини основе талуса (Слика 47в, Табела 48). Карпоспорофити се развијају у централној зони интернодуса. Карпоспоре су цилиндричног или овалног облика (23-50 μm дужина, 15-34 μm ширина) постављене су у низовима (Слика 47г, Табела 48). Клијањем карпоспора настаје *Chantransia* стадијум на коме се формирају моноспоре од којих настаје нови талус *P. annulata*. Талуси ове врсте имају и способност регенерације. Из откинутих делова талуса израста *Chantransia* стадијум, из којег се касније развија типичан привидно паренхимски талус *P. annulata*.



Слика 46. Хабитус талуса *Paralemanea annulata* а) Црновршка река, б) Ибар, в) Бели Тимок (Фото: Александра Ракоњац)



Слика 47. *Paralemanea annulata* а) прелазак базалног, стерилног, дела у фертилни део талуса, б) уздужни пресек кроз талус са видљивим кортикалним филаментима који обавијају аксијални филамент, в) нодус, интернодус, распоред сперматангијалних папила, г) карпоспоре, д-ђ) регенерација талуса код *Paralemanea annulata* (стрелица) (бар скала: а-в – 100 μm ; г – 20 μm) (Фото: Александра Ракоњац)

Табела 48. Морфолошке и репродуктивне карактеристике *Paralemanea annulata* на истраживаним локалитетима у Србији (2017-2024. год.)

Ознака локалитета/датум	Боја талуса	Дужина талуса (cm)	Стерилни базални део талуса	Гранање		Дијаметар нодуса (ND) (µm)	Дијаметар интернодуса (ID) (µm)	ND:ID	Сперматангијалне паниле	Дужина карпоспора (µm)	Ширина карпоспора (µm)	<i>Chantransia</i> стадијум
				П	П							
BT1 15.07.2020.	тамнољубичаста	3,9-8,7	неприметно се шири у фертилни део	–	+	600-1010	430-750	1,4	у виду правилних широких прстенова	/	/	–
И2 21.09.2019.	жућкасто- маслинаста	4,1-10,6	неприметно се шири у фертилни део	–	+	600-970	420-730	1,4	у виду правилних широких прстенова	27-35	19-26	–
И3 14.07.2020.	жућкасто- маслинаста	3,8-10,4	неприметно се шири у фертилни део	–	+	630-980	450-760	1,4	у виду правилних широких прстенова	27-39	18-28	–
JA2 21.08.2019.	жућкасто- маслинаста	4,5-7,2	неприметно се шири у фертилни део	–	–	570-940	420-680	1,3	у виду правилних широких прстенова	23-32	15-23	–
JE2 19.08.2019.	жућкасто- маслинаста	8,1-12,3	неприметно се шири у фертилни део	+	+	540-800	360-590	1,5	у виду правилних широких прстенова	30-42	20-30	–
JE3 08.08.2020.	жућкасто- маслинаста	4,2-8,6	неприметно се шири у фертилни део	+	+	550-920	360-730	1,4	у виду правилних широких прстенова	29-50	16-29	–
НИ8 22.06.2019.	тамнозелена	4,1-7,6	неприметно се шири у фертилни део	–	–	580-930	300-570	1,7	у виду правилних широких прстенова	23-34	16-20	–

Табела 48. Наставак

Ознака локалитета/датум	Боја талуса	Дужина талуса (cm)	Стерилни базални део талуса	Гранање		Дијаметар нодуса (ND) (µm)	Дијаметар интернодуса (ID) (µm)	ND:ID	Сперматангијалне папиле	Дужина карпоспора (µm)	Ширина карпоспора (µm)	Chantransia стадијум
				П	Л							
П 16.09.2018.	тамнозелена	5,2-10,5	неприметно се шири у фертилни део	–	–	510-920	370-620	1,3	у виду правилних широких прстенова	28-45	21-28	–
РК 20.08.2019.	жућкасто- маслинаста	3,8-6,3	неприметно се шири у фертилни део	–	–	480-900	390-720	1,3	у виду правилних широких прстенова	25-38	14-23	–
РЕ5 07.06.2018.	тамнозелена	5,8-12,1	неприметно се шири у фертилни део	–	+	530-840	350-570	1,5	у виду правилних широких прстенова	25-32	17-22	–
РИ 02.06.2020.	тамнозелена	4,5-10,8	неприметно се шири у фертилни део	–	–	580-940	440-670	1,4	у виду правилних широких прстенова	/	/	–
РО1 17.08.2019.	тамнозелена	2,3-6,2	неприметно се шири у фертилни део	–	–	440-850	330-570	1,4	у виду правилних широких прстенова	24-32	15-28	–
С3 25.07.2022.	тамнозелена	4,1-8,3	неприметно се шири у фертилни део	–	–	520-860	410-750	1,4	у виду правилних широких прстенова	27-38	20-30	–
С4 12.08.2018.	тамнозелена	2,5-4,3	неприметно се шири у фертилни део	–	–	400-580	310-480	1,4	у виду правилних широких прстенова	/	/	–

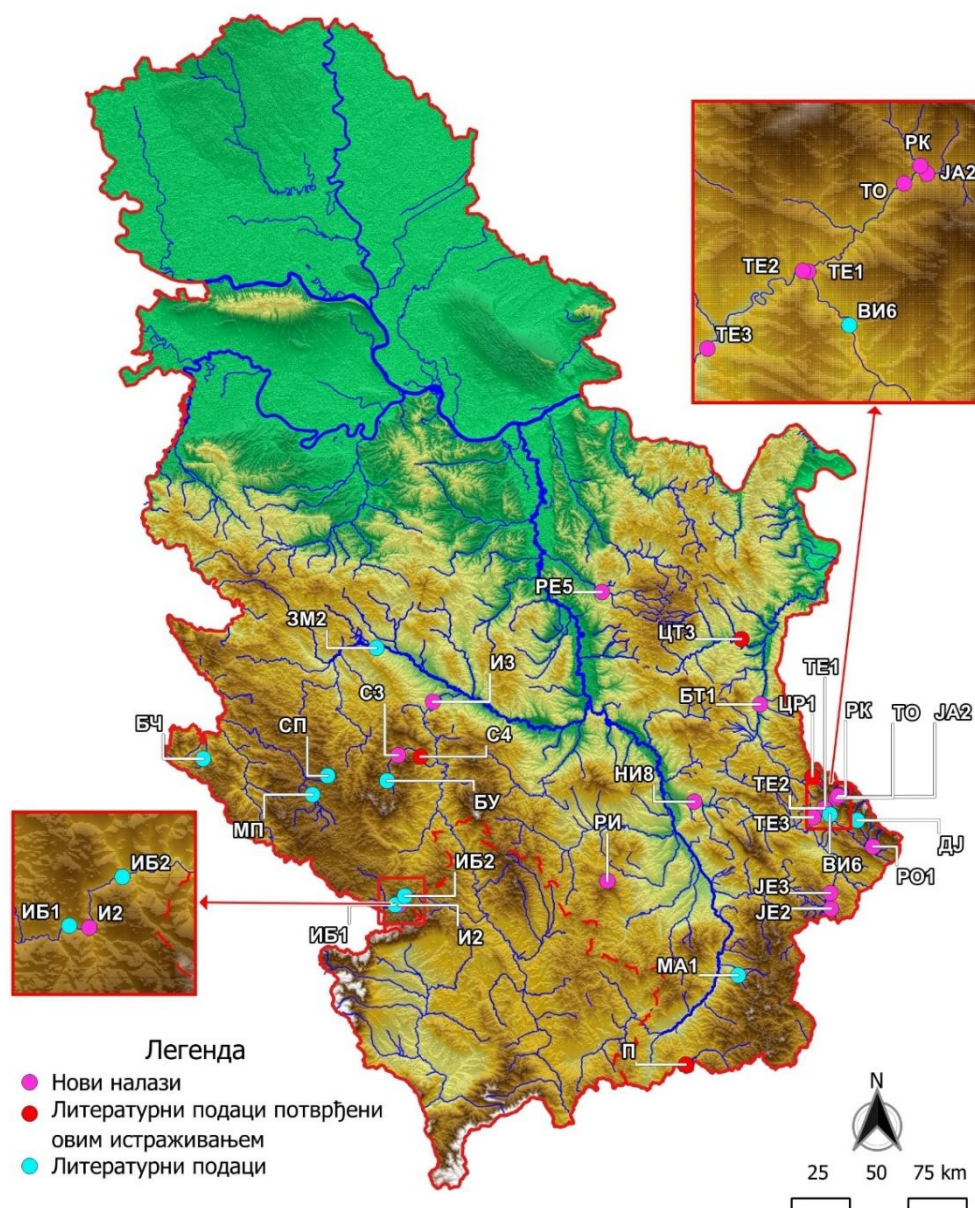
Табела 48. Наставак

Ознака локалитета/датум	Боја талуса	Дужина талуса (cm)	Стерилни базални део талуса	Гранање		Дијаметар нодуса (ND) (µm)	Дијаметар интернодуса (ID) (µm)	ND:ID	Сперматангијалне папиле	Дужина карпоспора (µm)	Ширина карпоспора (µm)	Chantransia стадијум
				п	л							
TE1 20.08.2019.	жућкасто- маслинаста	2,9-5,8	неприметно се шири у фертилни део	–	–	600-950	450-680	1,4	у виду правилних широких прстенова	32-45	20-32	–
TE2 20.08.2019.	жућкасто- маслинаста	3-6,1	неприметно се шири у фертилни део	–	–	570-930	430-650	1,4	у виду правилних широких прстенова	37-47	21-34	–
TE3 20.08.2019.	жућкасто- маслинаста	4,5-5,7	неприметно се шири у фертилни део	–	–	650-1010	480-700	1,4	у виду правилних широких прстенова	30-40	18-25	–
ТО 21.08.2019.	жућкасто- маслинаста	3-5,2	неприметно се шири у фертилни део	–	+	630-900	400-740	1,4	у виду правилних широких прстенова	26-35	16-23	–
ЦТЗ 13.07.2020.	тамнозелена	4,7-8,6	неприметно се шири у фертилни део	+	+	610-1010	370-670	1,6	у виду правилних широких прстенова	/	/	–
ЦР1 21.08.2019.	тамнозелена	3,2-4,6	неприметно се шири у фертилни део	–	+	510-820	380-670	1,3	у виду правилних широких прстенова	25-32	16-25	–

БТ1 – Бели Тимок (Минићево), И2 – Ибар (Милијина глава), И3 – Ибар (Матарушка бања), ЈА2 – Јаворска река (200 m узводно од дрвеног висећег моста), ЈЕ2 – Јерма (код манастира Поганово), ЈЕ3 – Јерма (Петачинци), НИ8 – Нишава (Ниш код ДИС-а), П – Пчиња (код манастира Прохор Пчињски), РК – Ракитска река (Топли До), РЕ5 – Ресава (код манастира Манасија), РИ – Рипивода (водопад), РО1 – Росомачка река (Росомачки лонци), С3 – Студеница (узводно од мотела Радочело), С4 – Студеница (код манастира Студеница), ТЕ1 – Темштица (горњи ток), ТЕ2 – Темштица (мртвачки мост), ТЕ3 – Темштица (излетиште Криви вир), ТО – Топлодолска река (Топли До), ЦТЗ – Црни Тимок (Гамзиградска бања), ЦР1 – Црновршка река (водопад Бобук), п – право гранање, л – лажно гранање, + присутно; - није присутно

Врста *P. annulata* током овог истраживања забележена је на укупно 20 локалитета, од чега 16 представљају нове локалитете у Србији (Табела 20, Слика 48).

Слика 48. Дистрибуција врсте *Paralemanea annulata* у Србији (2017-2024. год.)



БТ1 – Бели Тимок (Минићево), И2 – Ибар (Милијина глава), И3 – Ибар (Матарушка бања), ЈА2 – Јаворска река (200 m узводно од дрвеног viseћег моста), ЈЕ2 – Јерма (код манастира Поганово), ЈЕ3 – Јерма (Петачинци), НИ8 – Нишава (Ниш код ДИС-а), П – Пчиња (код манастира Прохор Пчињски), РК – Ракитска река (Топли До), РЕ5 – Ресава (код манастира Манасија), РИ – Рипивода (водопад), РО1 – Росомачка река (Росомачки лонци), С3 – Студеница (узводно од мотела Радочело), С4 – Студеница (код манастира Студеница), ТЕ1 – Темштица (горњи ток), ТЕ2 – Темштица (мртвачки мост), ТЕ3 – Темштица (излетиште Криви вир), ТО – Топлодолска река (Топли До), ЦТЗ – Црни Тимок (Гамзиградска бања), ЦР1 – Црновршка река (водопад Бобук), БЧ – Бучевка, ВИ6 – Височица, ЗМ2 – Западна Морава (Талпе), ИБ1, ИБ2 – Ибар, МА1 – Масуричка река, ДЈ – Дојкиначка река, БУ – Брусничка река, МП – Мрчки поток, СП – Студенат поток

Станишта која *P. annulata* насељава генерално се одликују великом брзином тока уз варирање нивоа воде која се прелива по стенама (Ф2.6) (11 популација), сталним, брзим и турбулентним током без варирања нивоа воде (Ф2.2) (седам популација), док су две популације забележене у водопадима (Ф2.24) (Табела 20, Слика 49).



Слика 49. Типови станишта *Paralemanea annulata* а) стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде – Ф2.2 (Темштица), б-в) филм воде која се прелива по стенама – Ф2.6 (б – Темштица, в – Јаворска река), г) водопади – Ф2.24 (водопад Бобук – Црновршка река) (Фото: Александра Ракоњац)

Популације ове врсте у Србији су налажене у периоду април-октобар, на надморским висинама од 161 m до 775 m (Табела 49). Врста насељава камените и стеновите подлоге углавном потпуно осунчаних станишта, али је налажена и у условима делимичне и потпуне засене. Максимална дубина воде на којој је врста пронађена износи 40 cm, али је најчешће забележене на мањим дубинама, као и на местима прелива воде преко камења. Брзина протока воде на локалитетима била је у опсегу од 1 m s^{-1} до 2 m s^{-1} , температура воде од $5,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ до $23,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$, а вредности електропроводљивости од $40 \text{ }\mu\text{S cm}^{-1}$ до $460 \text{ }\mu\text{S cm}^{-1}$.

Вредности укупне тврдоће воде варирале су од 20 mg L^{-1} до 230 mg L^{-1} (Табела 50). Врста је налажена у неутралним до слабо алкалним водама, а рН вредности су се кретале између 7 и 8,33. Најнижа вредност концентрације раствореног кисеоника износила је $8,1 \text{ mg L}^{-1}$, док је највиша вредност износила $12,68 \text{ mg L}^{-1}$. Сатурација кисеоника варирале је од 96,8% до 121%. Концентрације амонијум јона кретале су се од $0,015 \text{ mg L}^{-1}$ до $0,32 \text{ mg L}^{-1}$, концентрације нитрата од 2 mg L^{-1} до 5 mg L^{-1} , док су се концентрације ортофосфата налазиле у распону од $0,03 \text{ mg L}^{-1}$ до $0,32 \text{ mg L}^{-1}$.

Табела 49. Морфометријске и физичке карактеристике станишта врсте *Paralemanea annulata*

Ознака локалитета/датум	Надморска висина (m)	Ширина речног корита (m)	Дубина воде (cm)		Тип подлоге	Степен осушаности	Брзина протока воде (m s ⁻¹)	Температура (°C)	Електропроводљивост (µS cm ⁻¹)
			мин.	макс.					
BT1 15.07.2020.	198	14	15	15	камен	+++	1,4	13,8	380
И2 21.09.2019.	758	15	0	20	камен	+++	1,9	19,5	380
И3 14.07.2020.	249	20	10	40	камен	+++	1,5	23,3	370
JA2 21.08.2019.	732	5	0	5	стена	+++	1,5	13,4	320
JE2 19.08.2019.	660	8	0	10	камен стена	++	1,6	16,4	350
JE3 08.08.2020.	606	8	30	30	камен	+++	1,3	17,0	330
НИ8 22.06.2019.	198	9	30	30	камен	+++	1,2	10,7	460
П 16.09.2018.	448	6	0	10	камен	+++	1,4	20,9	260
РК 20.08.2019.	734	3,5	0	10	камен	++	1,8	5,7	90
РЕ5 07.06.2018.	208	8	0	0	камен	++	1,4	21,7	380
РИ 02.06.2020.	937	4	0	0	стена	++	2	9,3	200
РО1 17.08.2019.	737	1,5	0	5	стена	+	1,3	13,3	250
С3 25.07.2022.	581	7	0	15	камен	++	1,4	17,4	210
С4 12.08.2018.	449	10	0	0	камен стена	++	1,8	15,2	240
ТЕ1 20.08.2019.	510	7	0	10	камен	+++	1,7	6,7	80
ТЕ2 20.08.2019.	504	9	0	0	камен стена	+++	1,5	12,0	230
ТЕ3 20.08.2019.	393	9	20	20	камен	+++	1,3	13,9	230

Табела 49. Наставак

Ознака локалитета/датум	Надморска висина (m)	Ширина речног корита (m)	Дубина воде (cm)		Тип подлоге	Степен осунчаности	Брзина протока воде (m s ⁻¹)	Температура (°C)	Електропроводљивост (μS cm ⁻¹)
			мин.	макс.					
ТО 21.08.2019.	701	6	10	10	стена	+++	1,3	10,0	40
ЦТЗ 13.07.2020.	16	10	40	40	камен	+	1	12,5	360
ЦР1 21.08.2019.	621	4	0	0	стена	+++	2	12,9	300

БТ1 – Бели Тимок (Минићево), И2 – Ибар (Милијина глава), И3 – Ибар (Матарушка бања), ЈА2 – Јаворска река (200 m узводно од дрвеног viseћег моста), ЈЕ2 – Јерма (код манастира Поганово), ЈЕ3 – Јерма (Петачинци), НИ8 – Нишава (Ниш код ДИС-а), П – Пчиња (код манастира Прохор Пчињски), РК – Ракитска река (Топли До), РЕ5 – Ресава (код манастира Манасија), РИ – Рипивода (водопад), РО1 – Росомачка река (Росомачки лонци), С3 – Студеница (узводно од мотела Радочело), С4 – Студеница (код манастира Студеница), ТЕ1 – Темштица (горњи ток), ТЕ2 – Темштица (мртвачки мост), ТЕ3 – Темштица (излетиште Криви вир), ТО – Топлодолска река (Топли До), ЦТЗ – Црни Тимок (Гамзиградска бања), ЦР1 – Црновршка река (водопад Бобук)

Табела 50. Хемијске карактеристике воде станишта врсте *Paralemanea annulata* са прегледом уочених фактора угрожавања класификованих према IUCN класификационим шемама (Threats Classification Scheme (Version 3.3))

Ознака локалитета/датум	Укупна тврдоћа воде (mg L ⁻¹)	pH	Концентрација раствореног O ₂ (mg L ⁻¹)	Сатурација O ₂ (%)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	Фактори угрожавања према IUCN-у
BT1 15.07.2020.	190	8,19	10,32	104,4	0,07	2	0,03	0,05	0,01	7.3; 9.1; 9.4
И2 21.09.2019.	190	8,11	9,78	117,3	0,015	2	0,03	0,01	0,01	6.1; 9.4
И3 14.07.2020.	190	8,18	9,7	102,5	0,015	2	0,03	0,01	0,01	9.1; 9.4
JA2 21.08.2019.	150	7,37	10,57	101,6	0,015	2	0,03	0,01	0,01	/
JE2 19.08.2019.	180	8,01	9,35	97,4	0,015	2	0,32	0,01	0,08	6.1; 9.1; 9.4
JE3 08.08.2020.	150	7,93	9,48	99,3	0,32	2	0,03	0,25	0,01	6.1; 9.1; 9.4
НИ8 22.06.2019.	230	8,13	9,74	115,7	0,015	2	0,03	0,01	0,01	9.1
П 16.09.2018.	130	8,31	9,65	103,7	0,015	2	0,03	0,01	0,01	6.1; 9.1
РК 20.08.2019.	40	7,23	9,94	101,3	0,015	2	0,11	0,01	0,04	9.1
РЕ5 07.06.2018.	190	8,33	10,43	121,0	0,015	2	0,03	0,01	0,01	6.1; 9.1
РИ 02.06.2020.	100	7,14	10,1	102,9	0,015	2	0,03	0,01	0,01	/
РО1 17.08.2019.	120	7,37	9,83	102,1	0,015	2	0,03	0,01	0,01	/

Табела 50. Наставак

Ознака локалитета/датум	Укупна тврдоћа воде (mg L ⁻¹)	pH	Концентрација раствореног O ₂ (mg L ⁻¹)	Сатурација O ₂ (%)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	Фактори угрожавања према IUCN-у
C3 25.07.2022.	100	7,84	9,2	99,3	0,015	2	0,03	0,01	0,01	6.1; 9.1
C4 12.08.2018.	120	7,92	9,8	99,2	0,015	5,0	0,03	0,01	0,01	6.1; 9.1; 9.4
TE1 20.08.2019.	40	7,63	10,3	105,9	0,03	2	0,14	0,02	0,05	9.1
TE2 20.08.2019.	110	7,61	10,2	105,8	0,015	5,0	0,21	0,01	0,07	9.1
TE3 20.08.2019.	110	7,41	9,61	103,4	0,03	2	0,16	0,02	0,05	6.1; 9.1
TO 21.08.2019.	20	7,0	10,1	104,2	0,03	2	0,11	0,02	0,04	9.1
ЦТЗ 13.07.2020.	180	8,28	12,68	119,5	0,015	2	0,03	0,01	0,01	6.1; 9.1; 9.4
ЦР1 21.08.2019.	160	7,96	8,1	96,8	0,015	2	0,10	0,01	0,03	6.1; 9.1; 7.2.9

BT1 – Бели Тимок (Минићево), И2 – Ибар (Милијина глава), И3 – Ибар (Матарушка бања), ЈА2 – Јаворска река (200 m узводно од дрвеног viseћег моста), ЈЕ2 – Јерма (код манастира Поганово), ЈЕ3 – Јерма (Петачинци), НИ8 – Нишава (Ниш код ДИС-а), П – Пчиња (код манастира Прохор Пчињски), РК – Ракитска река (Топли До), РЕ5 – Ресава (код манастира Манасија), РИ – Рипивода (водопад), РО1 – Росомачка река (Росомачки лонци), С3 – Студеница (узводно од мотела Радочело), С4 – Студеница (код манастира Студеница), ТЕ1 – Темштица (горњи ток), ТЕ2 – Темштица (мртвачки мост), ТЕ3 – Темштица (излетиште Криви вир), ТО – Топлодолска река (Топли До), ЦТЗ – Црни Тимок (Гамзиградска бања), ЦР1 – Црновршка река (водопад Бобук)

На стаништима врсте забележене су различите антропогене активности (рекреативне активности -6.1, изградња МХЕ – 7.2.9, различити типови загађења – 9.1, 9.4) које доводе до нарушавања квалитета станишта и самим тим потенцијално доводе до угрожавања врсте и њених станишта (Табела 50). Загађење станишта (9.1, 9.4) као последица протицања река кроз насељена места, али и као последица туризма и рекреације, нарочито је било изражено на следећим рекама: Црновршка река, Нишава, Јерма, Ракитска река и река Темштица. Изграђена МХЕ на Црновршкој реци (7.2.9) довела је до смањења популације врсте у станишту, док планирана изградња МХЕ на Студеници може довести до деградације и угрожавања станишта *P. annulata* у овој реци. Додатно, експлоатација песка и шљунка на станишту у Белом Тимоку такође је довела до смањења популације врсте (7.3).

Врста *P. annulata* налажена је у заједници са макроскопским агрегацијама цијанобактерија (*Nostoc* spp. – три локалитета), црвених алги (*R. rivularis* – пет локалитета), златних алги (*H. foetidus* – један локалитет), жутозелених алги (*Vaucheria* spp. – три локалитета), мрких алги (*H. fluviatilis* – два локалитета), зелених алги (*Cladophora* spp. – 11 локалитета, *Gongrosira* spp. – шест локалитета, *Oedogonium* spp. – два локалитета, *Ulothrix* sp. – два локалитета, *U. zonata* – један локалитет) и коњугатних алги (*Spirogyra* sp. – један локалитет) (Табела 20).

4.2.9. *Paralemanea catenata* (Kützinger) M.L.Vis & Sheath 1992

Таксономски статус врсте *Paralemanea catenata* приказан је у Табели 51, док је у Табели 52 дат детаљан приказ морфолошких и репродуктивних карактеристика по локалитетима. Физички и хемијски параметри локалитета, са приказом фактора угрожавања врсте и њених станишта, приказани су у Табели 53 и Табели 54.

Табела 51. Таксономски статус врсте *Paralemanea catenata*

Царство	Plantae
Раздео	Rhodophyta
Класа	Florideophyceae
Ред	Batrachospermales
Породица	Lemaneaceae
Род	<i>Paralemanea</i>
Врста	<i>Paralemanea catenata</i> (Kützinger) M.L.Vis & R.G.Sheath 1992
Синоними:	
<i>Lemanea catenata</i> Kützinger 1845	

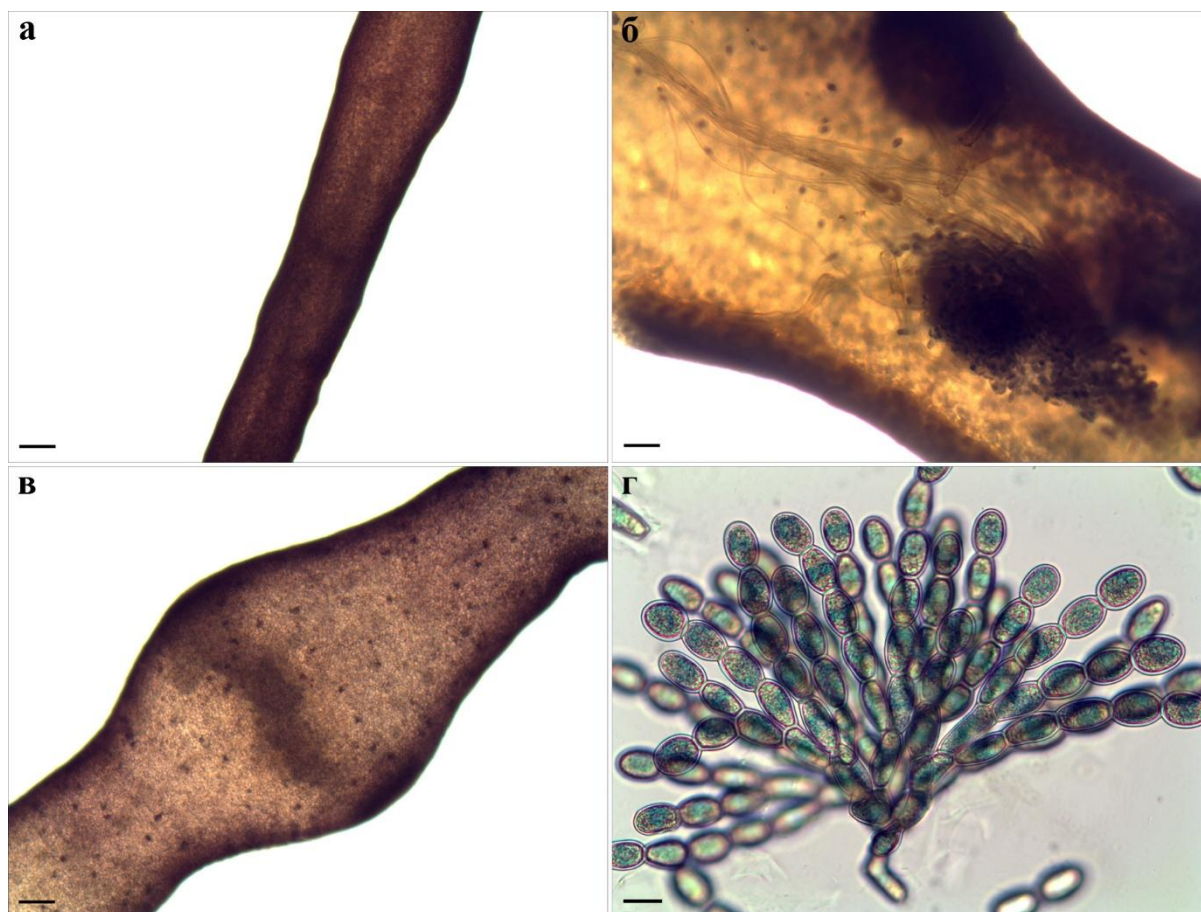
Врста *P. catenata* формира једноосовински привидно паренхимски талус у облику крупне четине, дужине од 3 до 25 cm (Слика 50, Табела 52). Талуси су тамнозелене боје, негранати или ретко гранати (Табела 52). За подлогу се причвршћују ризоидалним делом. Са једног места на подлози полази већи број чекињастих талуса, образујући на тај начин жбуниће. Према основи, талуси се постепено сужавају у цилиндричан и стерилан базални део (Слика 51а).



Слика 50. Хабитус талуса *Paralemanea catenata* а) Лим, б) Млава (Фото: Александра Ракоњац)

Од централне осе талуса (аксијални филамент), на одређеним растојањима, пршљенасто полазе бочне гране. На тим местима талус је проширен, што се испољава у виду квржичастих задебљања (нодуса) јасно изражених на површини талуса. Аксијални филамент је обмотан уздужним кортикалним филаментима ризоидалног карактера (Слика 51б). Од њих се даље развијају просте зрачне ћелије које се састоје од два слоја, при чему проксимални слој не додирује спољашњи кортекс, док је дистални „У“ гранат и повезан за кортекс. Нодуси су ширине од 520 до 1220 μm (Слика 51в, Табела 52). У нивоу нодуса формирају се сперматангијалне папиле у виду неправилних прстенова, понекад прекинутих у близини основе талуса (Слика 51в, Табела 52). Делови талуса

између квржичастих задебљања (интернодуси) су конкавног, ређе цилиндричног облика, ширине 350-770 μm (Слика 51в, Табела 52). Карпоспорофити се развијају у централној зони интернодуса. Карпоспоре се формирају у низовима, овалног су до сферичног облика (20-45 μm дужина, 15-35 μm ширина) (Слика 51г, Табела 52). Клијањем формирају спорофит - примарни разгаранати талус *Chantransia* стадијум, на коме се образују моноспоре од којих касније настају нови талуси. Талуси ове врсте имају и способност регенерације. Из откинутих делова талуса израста *Chantransia* стадијум, из којег се касније развија типичан привидно паренхимски талус *P. catenata*.



Слика 51. *Paralemanea catenata*. а) прелазак базалног, стерилног, дела у фертилни део талуса, б) уздужни пресек кроз талус са видљивим кортикалним филаментима који обавијају аксијални филамент, в) нодус, интернодус, распоред сперматангијалних папила, г) карпоспоре (бар скала: а-в – 100 μm ; г – 20 μm) (Фото: Александра Ракоњац)

Табела 52. Морфолошке и репродуктивне карактеристике *Paralemanea catenata* на истраживаним локалитетима у Србији (2017-2024. год.)

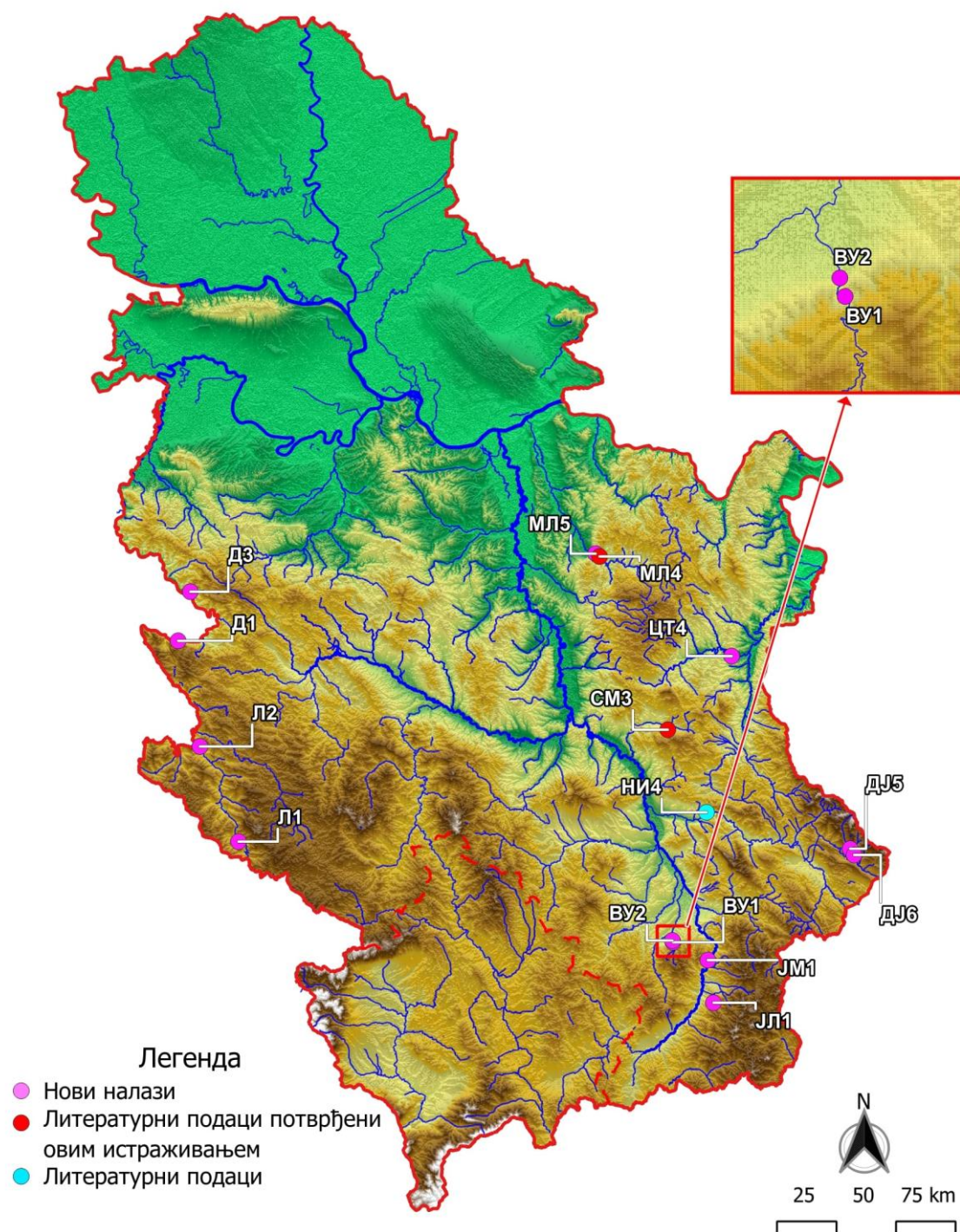
Ознака локалитета/датум	Боја талуса	Дужина талуса (cm)	Стерилни базални део талуса	Гранање		Дијаметар нодуса (ND) (µm)	Дијаметар интернодуса (ID) (µm)	ND:ID	Сперматангијалне папиле	Дужина карпоспора (µm)	Ширина карпоспора (µm)	Chantransia стадијум
				п	л							
ВУ1 13.06.2019.	тамнозелена	3,6-6,8	неприметно се шири у фертилни део	–	+	610-910	420-620	1,4	у виду неправилних прстенова	27-45	20-35	–
ВУ2 26.05.2019.	тамнозелена	4,1-7,2	неприметно се шири у фертилни део	–	+	600-930	430-650	1,4	у виду неправилних прстенова	25-41	18-29	–
ДЈ5 18.08.2019.	тамнозелена	3-5,4	неприметно се шири у фертилни део	–	+	560-810	400-600	1,4	у виду неправилних прстенова	20-30	16-22	–
ДЈ6 18.08.2019.	тамнозелена	5,8-15,3	неприметно се шири у фертилни део	–	+	710-1000	480-770	1,3	у виду неправилних прстенова	28-45	19-27	+
Д1 24.07.2020.	тамнозелена	6,1-16,3	неприметно се шири у фертилни део	–	+	630-1150	450-770	1,5	у виду неправилних прстенова	27-39	15-26	–
Д3 24.07.2020.	тамнозелена	5,8-15,7	неприметно се шири у фертилни део	–	+	700-1050	500-760	1,4	у виду неправилних прстенова	25-32	16-25	+
ЈЛ1 20.08.2019.	тамнозелена	3,6-7,1	неприметно се шири у фертилни део	–	–	580-930	420-640	1,4	у виду неправилних прстенова	33-44	21-30	–
ЈМ1 22.07.2023.	тамнозелена	5,4-8,9	неприметно се шири у фертилни део	–	+	700-980	510-720	1,4	у виду неправилних прстенова	26-35	18-29	–
ЈЛ1 20.07.2020.	тамнозелена	3,8-5,4	неприметно се шири у фертилни део	–	+	650-1060	500-730	1,4	у виду неправилних прстенова	25-38	17-26	+
ЈЛ2 20.07.2020.	тамнозелена	4-7,1	неприметно се шири у фертилни део	–	+	640-1180	480-700	1,5	у виду неправилних прстенова	26-40	18-29	+

Табела 52. Наставак

Ознака локалитета/датум	Боја талуса	Дужина талуса (cm)	Стерилни базални део талуса	Гранање		Дијаметар нодуса (ND) (µm)	Дијаметар интернодуса (ID) (µm)	ND:ID	Сперматангијалне напиле	Дужина карпоспора (µm)	Ширина карпоспора (µm)	Chantransia стадијум
				п	л							
МЛ4 07.06.2019.	тамнозелена	3,5-8,4	неприметно се шири у фертилни део	–	+	580-900	420-610	1,4	у виду неправилних прстенова	23-35	15-21	–
МЛ5 07.06.2019.	тамнозелена	6,7-12,9	неприметно се шири у фертилни део	–	+	600-950	420-650	1,4	у виду неправилних прстенова	25-37	15-25	–
СМ3 12.08.2019.	тамнозелена	5,1-10,9	неприметно се шири у фертилни део	–	+	520-800	350-600	1,4	у виду неправилних прстенова	23-40	17-28	–
ЦТ4 13.07.2020.	тамнозелена	12,4-25	неприметно се шири у фертилни део	–	+	630-1220	450-660	1,6	у виду неправилних прстенова	/	/	–

ВУ1 – Вучјанка (Поречје), ВУ2 – Вучјанка (Вучје), ДЈ5 – Дојкиначка река (Брлог), ДЈ6 – Дојкиначка река (низводно од мотела Врело), Д1 – Дрина (ревер испод бране), Д3 – Дрина (Тадића вајати), ЈЛ1 – Јелашница (узводно од бране старе МХЕ), ЈМ1 – Јужна Морава (Гариње), Л1 – Лим (Бродарево), Л2 – Лим (Прибој), МЛ4 – Млава (код манастира Горњак), МЛ5 – Млава (код пастрмског ребњака), СМ3 – Сокобањска Моравица (излетиште Лептерија), ЦТ4 – Црни Тимок (Звездан), п – право гранање, л – лажно гранање, + присутно; - није присутно

Врста *P. catenata* је током овог истраживања забележена је на укупно 14 локалитета, од чега 12 локалитета представља нове локалитете на подручју Србије.



Слика 52. Дистрибуција врсте *Paralemanea catenata* у Србији (2017-2024. год.)
 ВУ1 – Вучјанка (Поречје), ВУ2 – Вучјанка (Вучје), ДЈ5 – Дојкиначка река (Брлог), ДЈ6 – Дојкиначка река (низводно од мотела Врело), Д1 – Дрина (ревир испод бране), Д3 – Дрина (Тадића вајати), ЈЛ1 – Јелашница (узводно од бране старе МХЕ), ЈМ1 – Јужна Морава (Гариње), Л1 – Лим (Бродарево), Л2 – Лим (Прибој), МЛ4 – Млава (код манастира Горњак), МЛ5 – Млава (код пастрмског рибњака), СМ3 – Сокобањска Моравица (излетиште Лептерија), ЦТ4 – Црни Тимок (Звездан), НИ4 – Нишава

Врста *P. catenata* налажена је у сталним, брзим и турбулентним токовима без варирања нивоа воде (Ф2.2) (седам популација) и у стаништима са варирањем нивоа воде где се филм воде прелива по стенама (Ф2.6) (пет популација), док су две популације забележене у веома вештачким водама (Х9) (Табела 20, Слика 53).



Слика 53. Типови станишта *Paralemanea catenata* а) стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде – Ф2.2 (Црни Тимок), б-в) филм воде која се прелива по стенама – Ф2.6 (б – Дојкиначка река, в – Сокобањска Моравица) (Фото: Александра Ракоњац), г) веома вештачка вода – Х9 (Вучјанка) (Фото: Снежана Симић)

Популације ове врсте у Србији су налажене у периоду мај-октобар, на надморским висинама од 143 m до 808 m (Табела 53). Врста насељава камените и стеновите подлоге углавном потпуно осунчаних станишта. На по једном локалитету је забележена у условима потпуне или делимичне засене, углавном на дубинама до 70 cm. Брзина протока воде на локалитетима износила је од $1,1 \text{ m s}^{-1}$ до $1,6 \text{ m s}^{-1}$, температура воде од $11,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ до $24,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$, а вредности електропроводљивости од $60 \text{ }\mu\text{S cm}^{-1}$ до $590 \text{ }\mu\text{S cm}^{-1}$.

Табела 53. Морфометријске и физичке карактеристике станишта врсте *Paralemanea catenata*

Ознака локалитета/datum	Надморска висина (m)	Ширина речног корита (m)	Дубина воде (cm)		Тип подлоге	Степен осунчаности	Брзина протока воде (m s ⁻¹)	Температура (°C)	Електропроводљивост (μS cm ⁻¹)
			мин.	макс.					
ВУ1 13.06.2019.	273	5	10	10	уређено речно корито	+++	1,3	20,5	60
ВУ2 26.05.2019.	194	6	20	20	камен	+++	1,2	15,5	60
ДЈ5 18.08.2019.	808	6	0	10	камен стена	+++	1,3	18,4	180
ДЈ6 18.08.2019.	751	10	0	0	камен	+++	1,4	18,9	350
Д1 24.07.2020.	229	200	30	70	камен	+++	1,4	16,3	280
Д3 24.07.2020.	186	190	10	60	камен	+++	1,3	17,5	290
ЈЛ1 20.08.2019.	433	8	5	10	камен	++	1,5	17,4	590
ЈМ1 22.07.2023.	293	8	5	20	камен	+++	1,5	24,1	380
Л1 20.07.2020.	498	20	30	30	камен	+++	1,1	18,0	260
Л2 20.07.2020.	397	23	40	40	камен	+++	1,2	19,3	260
МЛ4 07.06.2019.	189	6	20	20	камен	+++	1,3	17,7	450
МЛ5 07.06.2019.	172	9	0	10	камен стена	+++	1,3	18,1	520
СМ3 12.08.2019.	322	6	0	10	камен стена	+	1,3	14,5	500
ЦТ4 13.07.2020.	143	15	50	50	камен	+++	1,6	11,1	380

ВУ1 – Вучјанка (Поречје), ВУ2 – Вучјанка (Вучје), ДЈ5 – Дојкиначка река (Брлог), ДЈ6 – Дојкиначка река (низводно од мотела Врело), Д1 – Дрина (ребир испод бране), Д3 – Дрина (Тадића вајати), ЈЛ1 – Јелашница (узводно од бране старе МХЕ), ЈМ1 – Јужна Морава (Гариње), Л1 – Лим (Бродарево), Л2 – Лим (Прибој), МЛ4 – Млава (код манастира Горњак), МЛ5 – Млава (код пастрмског рибака), СМ3 – Сокобањска Моравица (излетиште Лептерија), ЦТ4 – Црни Тимок (Звездан)

Вредности укупне тврдоће воде варираше су од 20 mg L⁻¹ до 280 mg L⁻¹ (Табела 54). Врста је налажена у алкалним водама, а рН вредности су се кретале од 7,45 до 8,9. Вредности концентрације раствореног кисеоника биле су од 7,84 mg L⁻¹ до 13,23 mg L⁻¹, сатурације кисеоника од 82,2% до услова хиперсатурације (150%). Концентрације амонијум јона биле су ниске на свим локалитетима изузев Јужне Мораве, док су концентрације нитрата, ортофосфата и укупног азота биле благо повишене.

Табела 54. Хемијске карактеристике воде станишта врсте *Paralemanea catenata* са прегледом уочених фактора угрожавања класификованих према IUCN класификационим шемама (Threats Classification Scheme (Version 3.3))

Ознака локалитета/датум	Укупна тврдоћа воде (mg L ⁻¹)	pH	Концентрација раствореног O ₂ (mg L ⁻¹)	Сатурација O ₂ (%)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	Фактори угрожавања према IUCN-у
БУ1 13.06.2019.	20	7,5	8,53	99,3	0,015	5,0	0,03	0,01	0,01	9.1; 9.4
БУ2 26.05.2019.	30	7,45	10,63	109,9	0,015	5,0	0,03	0,01	0,01	9.1; 9.4
ДЈ5 18.08.2019.	100	7,52	9,87	102,1	0,015	2	0,11	0,01	0,04	9.1
ДЈ6 18.08.2019.	170	7,64	9,79	100,8	0,015	2	0,32	0,01	0,08	6.1; 9.1
Д1 24.07.2020.	140	7,56	7,84	82,2	0,015	2	0,03	0,01	0,01	9.1
Д3 24.07.2020.	140	7,7	10,76	114,9	0,015	2	0,03	0,01	0,01	3.2; 7.3; 9.1; 9.4
ЈЛ1 20.08.2019.	280	7,53	9,72	100,8	0,015	2	0,03	0,01	0,01	9.1
ЈМ1 22.07.2023.	190	8,9	9,81	97,6	0,07	5,0	0,03	0,05	0,01	9.1; 9.4
Л1 20.07.2020.	120	7,96	9,76	110,7	0,015	2	0,03	0,01	0,01	6.1; 9.1; 9.4
Л2 20.07.2020.	130	7,8	13,23	150,0	0,015	2	0,03	0,01	0,01	6.1; 9.1; 9.4

Табела 54. Наставак

Ознака локалитета/датум	Укупна тврдоћа воде (mg L ⁻¹)	pH	Концентрација раствореног O ₂ (mg L ⁻¹)	Сатурација O ₂ (%)	NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	TN (mg L ⁻¹)	TP (mg L ⁻¹)	Фактори угрожавања према IUCN-у
МЛ4 07.06.2019.	220	8,01	9,64	104,0	0,015	2	0,03	0,01	0,01	3.2; 6.1; 7.2.9; 9.1
МЛ5 07.06.2019.	230	8,12	9,3	101,7	0,015	2	0,03	0,01	0,01	3.2; 9.1; 9.3
СМ3 12.08.2019.	250	7,68	11,46	116,2	0,015	2	0,03	0,01	0,01	6.1
ЦТ4 13.07.2020.	190	8,23	11,82	107,0	0,015	5,0	0,13	0,01	0,04	6.1; 9.1; 9.4

ВУ1 – Вучјанка (Поречје), ВУ2 – Вучјанка (Вучје), ДЈ5 – Дојкиначка река (Брлог), ДЈ6 – Дојкиначка река (низводно од мотела Врело), Д1 – Дрина (ревер испод бране), Д3 – Дрина (Тадића вајати), ЈЛ1 – Јелашиница (узводно од бране старе МХЕ), ЈМ1 – Јужна Морава (Гариње), Л1 – Лим (Бродарево), Л2 – Лим (Прибој), МЛ4 – Млава (код манастира Горњак), МЛ5 – Млава (код пастрмског ребњака), СМ3 – Сокобањска Моравица (излетиште Лептерија), ЦТ4 – Црни Тимок (Звездан)

Како је приказано у Табели 54, фактори угрожавања ове врсте и њених локалитета су различите антропогене активности (рекреативне активности – 6.1, изградња МХЕ – 7.2.9, различити типови загађења – 9.1, 9.3, 9.4) које доводе до нарушавања квалитета станишта. Загађење је било најизраженије у рекама које протичу кроз насељена места, као што су Лим, Црни Тимок и Дрина. Дуж тока реке Дрине забележен је велики број викендица које немају уређену канализациону мрежу, па се стога непречишћене отпадне воде директно испуштају у реку (9.1). Додатно, као фактор угрожавања на реци Дрини истиче се и интензивна експлоатација шљунка из реке (7.3). Фактор угрожавања на реци Млави представљају изграђене МХЕ (7.2.9), као и планирано истраживање и потенцијално ископавање минералних сировина у ширем подручју реке (3.2).

Популације врсте *P. catenata* налажене су у заједници са макроскопским агрегацијама цијанобактерија (*Phormidium* sp. – један локалитет и *Nostoc* spp. – пет локалитета), црвених алги (*Batrachospermum sensu lato* – један локалитет, *L. rigida* – један локалитет), златних алги (*H. foetidus* – два локалитет), жутозелених алги (*Vaucheria* spp. – три локалитета) и зелених алги (*Cladophora* spp. – осам локалитета, *Microspora atoenae* – један локалитет) (Табела 20). Забележена је интересантна појава епифитског развоја *H. foetidus* на оштећеним деловима талуса *P. catenata* (Слика 54).



Слика 54. Епифитски развој *Hydrurus foetidus* на талусима *Paralemanea catenata* (Фото: Александра Ракоњац)

4.2.10. *Paralemanea torulosa* (Roth) Sheath & A.R.Sherwood 2002

Таксономски статус врсте *Paralemanea torulosa* приказан је у Табели 55, док је у Табели 56 дат детаљан приказ морфолошких и репродуктивних карактеристика по локалитетима. Физички и хемијски параметри локалитета, са приказом фактора угрожавања врсте и њених станишта, приказани су у Табели 57.

Табела 55. Таксономски статус врсте *Paralemanea torulosa*

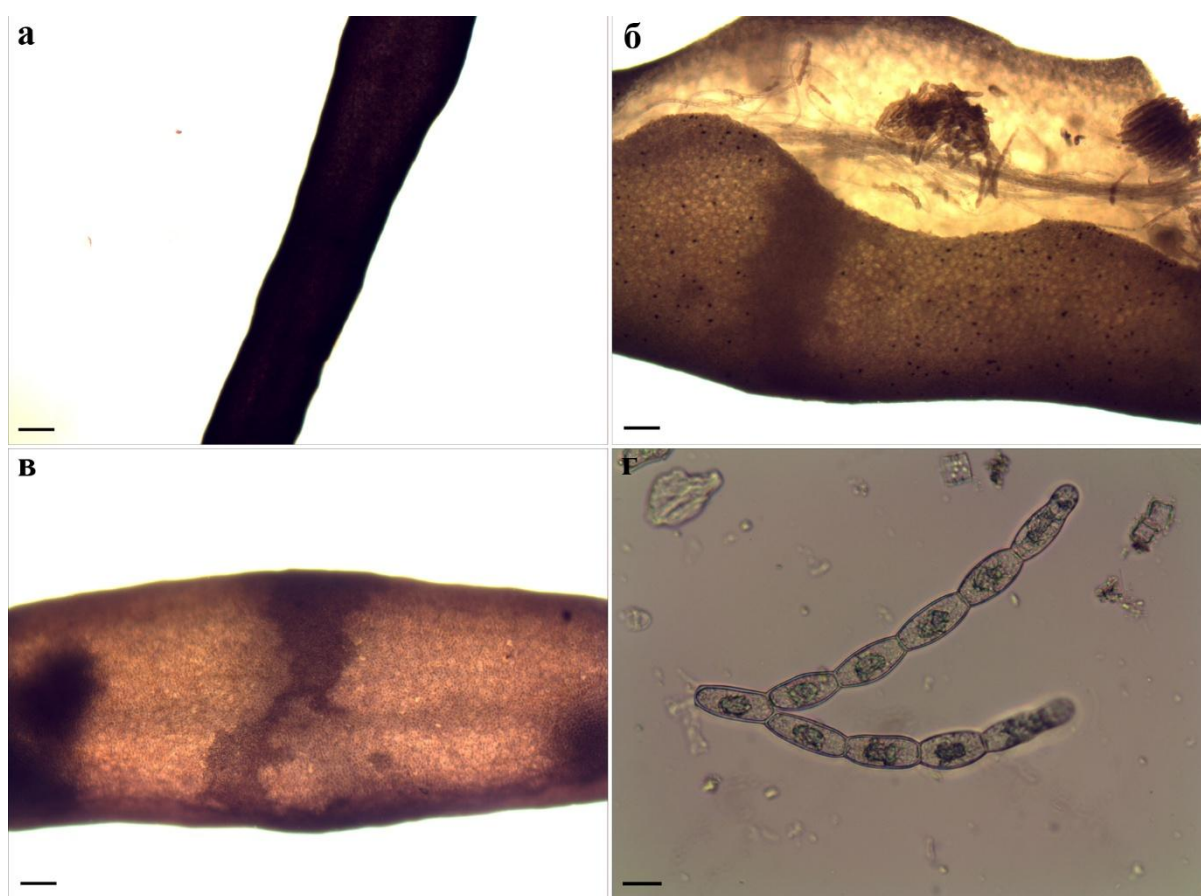
Царство	Plantae
Раздео	Rhodophyta
Класа	Florideophyceae
Ред	Batrachospermales
Породица	Lemaneaceae
Род	<i>Paralemanea</i>
Врста	<i>Paralemanea torulosa</i> (Roth) Sheath & A.R.Sherwood 2002
Синоними:	
<i>Conferva torulosa</i> Roth 1797	
<i>Chantransia torulosa</i> (Roth) De Candolle 1805	
<i>Lemanea torulosa</i> (Roth) C.Agardh 1814	

Врста *P. torulosa* има једноосовински привидно паренхимски талус у виду крупне четине, дужине од 3 до 15 cm (Слика 55, Табела 56). Талуси су негранати, зелене или маслинастозелене боје (Табела 56), а за подлогу се причвршћују ризоидалним делом. Са једног места на подлози полази већи број чекињастих талуса, образујући на тај начин жбунчиће. Према основи, талуси се благо сужавају у цилиндричан и стерилан базални део (Слика 56а).



Слика 55. Хабитус талуса *Paralemanea torulosa* (Фото: Александра Ракоњац)

Од централне осе талуса (аксијални филамент), на одређеним растојањима, у виду пршљена полазе бочне гране. На тим местима талус је проширен, што се испољава у виду квржичастих задебљања (нодуса) јасно изражених на површини талуса. Аксијални филамент је обмотан уздужним кортикалним филаментима ризоидалног карактера (Слика 56б). Од њих се даље развијају просте зрачне ћелије које се састоје од два слоја, при чему проксимални слој не додирује спољашњи кортекс, док је дистални „У“ гранат и повезан за кортекс. Делови талуса између квржичастих задебљања (интернодуси) су конкавног, ређе цилиндричног облика. Нодуси и интернодуси су сличног дијаметра, ширине 470-1070 μm (Слика 56в, Табела 56). У нивоу нодуса формирају се сперматангијалне папиле у виду неправилних и прекинутих прстенова (Слика 56в, Табела 56). Карпоспоре су у низовима, овалног до сферичног облика (22-50 μm дужина, 15 -29 μm ширина) (Слика 56г, Табела 56). Клијањем карпоспоре настају разгранати конци *Chantransia* стадијума. На концима се образују моноспоре чијим развојем настају нови талуси.



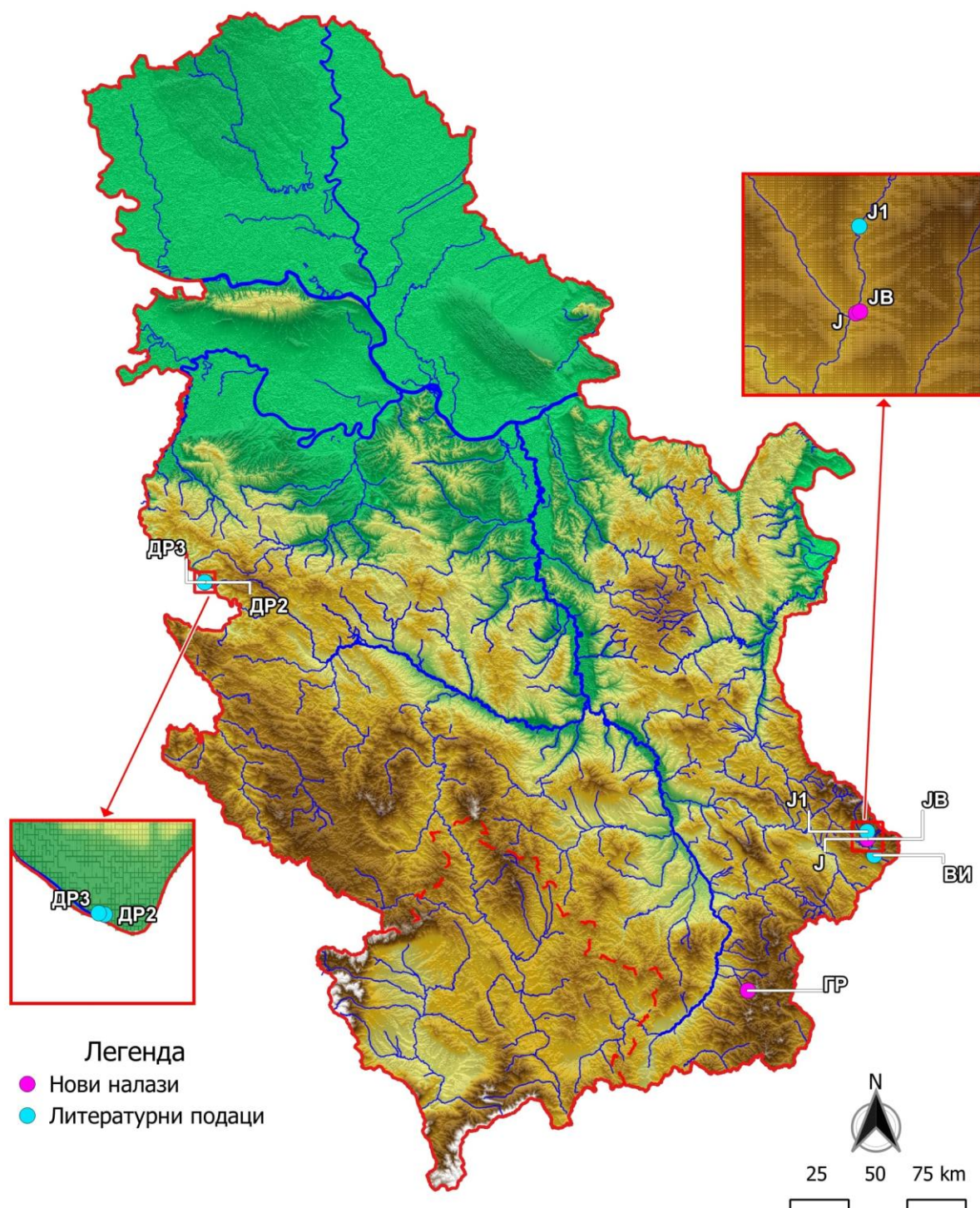
Слика 56. *Paralemanea torulosa* а) прелазак базалног, стерилног, дела у фертилни део талуса, б) уздужни пресек кроз талус са видљивим кортикалним филаментима који обавијају аксијални филамент, в) нодус, интернодус, распоред сперматангијалних папила, г) карпоспоре (бар скала: а-в – 100 μm ; г – 20 μm) (Фото: Александра Ракоњац)

Табела 56. Морфолошке и репродуктивне карактеристике *Paralemanea torulosa* на истраживаним локалитетима у Србији (2017-2024. год.)

Ознака локалитета/датум	Боја талуса	Дужина талуса (cm)	Стерилни базални део талуса	Гранање		Дијаметар нодуса (ND) (µm)	Дијаметар интернодуса (ID) (µm)	ND:ID	Сперматангијалне напиле	Дужина карпоспора (µm)	Ширина карпоспора (µm)	Chantransia стадијум
				п	л							
ГР 28.05.2018.	маслинастозелена	3-5,2	неприметно се шири у фертилни део	–	–	570-820	470-690	1,2	у виду неправилних и прекинутих прстенова	22-29	15-18	–
Ј 20.08.2019.	маслинастозелена	8,4-15	неприметно се шири у фертилни део	–	+	720-1070	600-860	1,3	у виду неправилних и прекинутих прстенова	32-46	18-29	+
ЈВ 20.08.2019.	зелена	6,7-12,4	неприметно се шири у фертилни део	–	+	610-870	510-710	1,2	у виду неправилних и прекинутих прстенова	26-50	15-28	–

ГР – Градишка река (500 m узводно од ушћа у Масуричку реку), Ј – Јеловичка река (код излетишта Врело), ЈВ – Јеловичко врело, п – право гранање, л – лажно гранање, + присутно; - није присутно

Популације врсте *P. torulosa* током овог истраживања забележене су на два локалитета источне и једном локалитету јужне Србије, при чему сва три локалитета представљају нове локалитете у Србији (Табела 20, Слика 57).



Слика 57. Дистрибуција врсте *Paralemanea torulosa* у Србији (2017-2024. год.)
 ГР – Градишка река (500 m узводно од ушћа у Масуричку реку), Ј – Јеловичка река (код излетишта Врело), ЈВ – Јеловичко врело, ВИ – Височица, Д2, Д3 – Дрина, Ј1 – Јеловичка река

Врста *P. torulosa* насељава станишта са варирањем нивоа воде где се филм воде прелива по стенама (Ф2.6) (две популације), а забележена је и у извору слатке тврде воде (Ф2.12) (Табела 20, Слика 58).



Слика 58. Типови станишта *Paralemanea torulosa* а) филм воде која се прелива по стенама – Ф2.6 (Јеловичка река), б) извор слатке тврде воде – Ф2.12 (Јеловичко врело) (Фото: Александра Ракоњац)

Популације ове врсте у Србији су забележене у периоду мај-август, на надморским висинама од 749 m до 898 m (Табела 57). Врста насељава искључиво камениту подлогу на потпуно засенченим или потпуно осунчаним стаништима, на дубинама до 20 cm. Брзина протока воде на локалитетима кретала се од $0,5 \text{ m s}^{-1}$ до $1,4 \text{ m s}^{-1}$, температура воде од $11,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ до $18,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, а вредности електропроводљивости од $50 \text{ }\mu\text{S cm}^{-1}$ до $360 \text{ }\mu\text{S cm}^{-1}$. Вредности укупне тврдоће воде варирале су од 20 mg L^{-1} до 190 mg L^{-1} . Врста је налажена у водама рН вредности од 7,37 до 8,53. Најнижа вредност концентрације раствореног кисеоника износила је $10,35 \text{ mg L}^{-1}$, док је највиша вредност износила $10,7 \text{ mg L}^{-1}$. Најнижа сатурација кисеоника при којој је врста забележена износила је 103,2%, док је највиша вредност сатурације била 105,6%. У погледу концентрације амонијум јона, нитрата и укупног азота, воде на локалитетима су биле сиромашне овим материјама, док су концентрације ортофосфата и укупног фосфора биле повишене једино на локалитету Градишке реке.

Табела 57. Морфометријске, физичке и хемијске карактеристике станишта врсте *Paralemanea torulosa* са прегледом уочених фактора угрожавања класификованих према IUCN класификационим шемама (Threats Classification Scheme (Version 3.3))

Екосистем	Градишка река	Јеловичка река	Јеловичко врело
Ознака локалитета/датум	ГР 28.05.2018.	Ј 20.08.2019.	ЈВ 20.08.2019.
Надморска висина (m)	898	749	791
Ширина речног корита (m)	4	5	10
Дубина воде (cm)	минимална	10	20
	максимална	10	20
Тип подлоге	камен	камен	камен
Степен осунчаности	+	+++	+
Брзина протока воде (m s ⁻¹)	1,3	1,4	0,5
Температура (°C)	11,4	18,2	12,1
Електропроводљивост (µS cm ⁻¹)	50	360	350
Укупна тврдоћа воде (mg L ⁻¹)	20	180	190
pH	7,37	8,01	8,53
Концентрација раствореног O ₂ (mg L ⁻¹)	10,35	10,5	10,7
Сатурација O ₂ (%)	105,6	104,9	103,2
NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	0,015	0,015	0,015
NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	2	2	2
PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	0,39	0,03	0,03
TN (mg L ⁻¹)	0,01	0,01	0,01
TP (mg L ⁻¹)	0,13	0,01	0,01
Фактори угрожавања	/	6.1	6.1; 11.2

На локалитетима Јеловичког врела и Јеловичке реке забележени су угрожавајући фактори који потенцијално могу угрозити популације ове врсте (Табела 57). Иако негативне последице климатских промена још увек нису уочене, суша (11.2), као једна од манифестација климатских промена би потенцијално могла угрозити популације врсте на локалитету Јеловичког врела.

Врста *P. torulosa* је на по једном локалитету забележена у заједници са макроскопским агрегацијама црвених (*Batrachospermum sensu lato*), златних (*H. foetidus*), жутозелених (*T. affinis*, *Vaucheria* sp.), силикатних (*D. moniliformis*, *M. varians*, *O. hyemale*, *O. mesodon*), зелених (*Cladophora* sp., *M. pachyderma*) и коњугатних алги (*Spirogyra* sp.) (Табела 20). На локалитету Јеловичке реке забележен је епифитски развој *H. foetidus* на оштећеним деловима талуса *P. torulosa* (Слика 59). Талуси *P. torulosa* у Јеловичком врелу и Јеловичкој реци били су у великој мери оштећени услед испаше акватичних макробескичмењака.



Слика 59. Епифитски развој *Hydrurus foetidus* на талусима *Paralemanea torulosa* (Фото: Александра Ракоњац)

4.3. Диверзитет и дистрибуција мрких алги (Phaeophyceae) на подручју Србије

Квалитативном анализом 2711 сакупљених узорака макроскопских агрегација алги са 454 локалитета на подручју Србије током 2014-2024. год. забележено је присуство три врсте мрких алги (Phaeophyceae, Heterokontophyta): *Bodanella lauterborni* Zimmermann, *Heribaudiella fluviatilis* (Areschoug) Svedelius и *Porterinema fluviatile* (H.C.Porter) Waern (Табела 58). Мрке алге су у Србији први пут пронађене приликом истраживања спроведених за потребе израде ове докторске дисертације.

Мрке алге су забележене на укупно седам локалитета на подручју Србије (Табела 58). У Табели 58 приказане су и заједнице мрких алги са макроскопским агрегацијама других група алги по локалитетима, као и процентуална покривност свих макроскопских агрегација алги, изражена према DAFOR скали. Додатно, за све локалитете на којима је забележено присуство мрких алги у периоду од 2014. до 2024. године приказан је тип станишта, као и податак да ли се локалитет налази у неком од заштићених природних подручја и којег типа је то заштићено подручје.

Мрке алге забележене су у три типа станишта која су заступљена на подручју Србије: у подземним текућим водама (Д1.5), изворима слатке меке воде (Ф2.11) и филму воде која се прелива по стенама (Ф2.6). Сва утврђена станишта мрких алги на подручју Србије налазе се у заштићеним природним подручјима различите категорије (Табела 58).

Табела 58. Диверзитет и дистрибуција мрких алги у акватичним екосистемима Србије (2014-2024.) са приказом покровности, заједница са макроскопским агрегацијама алги других група и њихове покровности, типова станишта и постојећег степена заштите станишта (D – доминантан таксон, A – обилан таксон, F – чест таксон, O – повремен таксон, R – редак таксон, Д1.5 – Подземне текуће воде, Ф2.11 – Извори слатке меке воде, Ф2.2 – Стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде, Ф2.6 – Филм воде која се прелива по стенама, ПП – парк природе, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, Е – Емералд подручје, IPA – значајно подручје за биљке, IBA – значајно подручје за птице, PBA – одабрано подручје за дневне лептире)

Локалитет	Ознака локалитета/датум	Географске координате	Таксон	Покровност (DAFOR)	Таксони макроскопских агрегација алги	Покровност макроскопских агрегација алги (DAFOR)	Тип станишта	Заштита подручја
Источна Србија								
Млава (извор)	МЛ1 14.10.2014.	44.191675° N 21.783797° E	<i>Porterinema fluviatile</i>	R	/	/	Д1.5	СП
Ракитска река (Топли До)	РК 20.08.2019.	43.343217° N 22.677865° E	<i>Heribaudiella fluviatilis</i>	O	<i>Nostoc</i> sp. <i>Paralemanea annulata</i> <i>Riverina rivularis</i> <i>Cladophora</i> sp. <i>Gongrosira</i> sp. <i>Ulothrix</i> sp. <i>Ulothrix zonata</i>	O O O O F O O	Ф2.6	ПП IPA IBA PBA
Темштица (горњи ток)	ТЕ1 29.10.2020.	43.296894° N 22.610648° E	<i>Heribaudiella fluviatilis</i>	R	<i>Paralemanea annulata</i>	F	Ф2.6	ПП Е IPA IBA PBA
Темштица (излетиште Криви вир)	ТЕ3 29.10.2020.	43.26319° N 22.550054° E	<i>Heribaudiella fluviatilis</i>	O	<i>Riverina rivularis</i> <i>Cladophora</i> sp. <i>Gongrosira</i> sp.	O O F	Ф2.2	IBA PBA

Табела 58. Наставак (D – доминантан таксон, A – обилан таксон, F – чест таксон, O – повремен таксон, R – редак таксон, D1.5 – Подземне текуће воде, Ф2.11 – Извори слатке меке воде, Ф2.2 – Стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде, Ф2.6 – Филм воде која се прелива по стенама, ПП – парк природе, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, Е – Емералд подручје, IPA – значајно подручје за биљке, IBA – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)

Локалитет	Ознака локалитета/датум	Географске координате	Таксон	Покровност (DAFOR)	Таксони макроскопских агрегација алги	Покровност макроскопских агрегација алги (DAFOR)	Тип станишта	Заштита подручја
Јужна Србија								
Безимени извор на Власини удаљен 100 m од извора Свети Никола	ИБ1 17.10.2020.	42.72806° N 22.31723° E	<i>Bodanella lauterborni</i>	O	/	/	Ф2.11	ПИО Е IPA IBA
Безимени извор на Власини удаљен 1 km од извора Свети Никола	ИБ2 22.08.2022.	42.732910° N 22.316267° E	<i>Bodanella lauterborni</i>	O	/	/	Ф2.11	ПИО Е IPA IBA
Извор Свети Никола	ИСН 22.07.2019.	42.72704° N 22.318000° E	<i>Bodanella lauterborni</i>	D	<i>Odontidium hyemale</i>	A	Ф2.11	ПИО Е IPA IBA

4.4. Морфолошке, еколошке и биогеографске карактеристике мрких алги

4.4.1. *Bodanella lauterborni* W.M.Zimmermann 1927

Таксономски статус врсте *Bodanella lauterborni* приказан је у Табели 59, док је у Табели 60 дат детаљан приказ морфолошких и репродуктивних карактеристика по локалитетима. Физички и хемијски параметри локалитета, са приказом фактора угрожавања врсте и њених станишта, приказани су у Табели 61.

Табела 59. Таксономски статус врсте *Bodanella lauterborni*

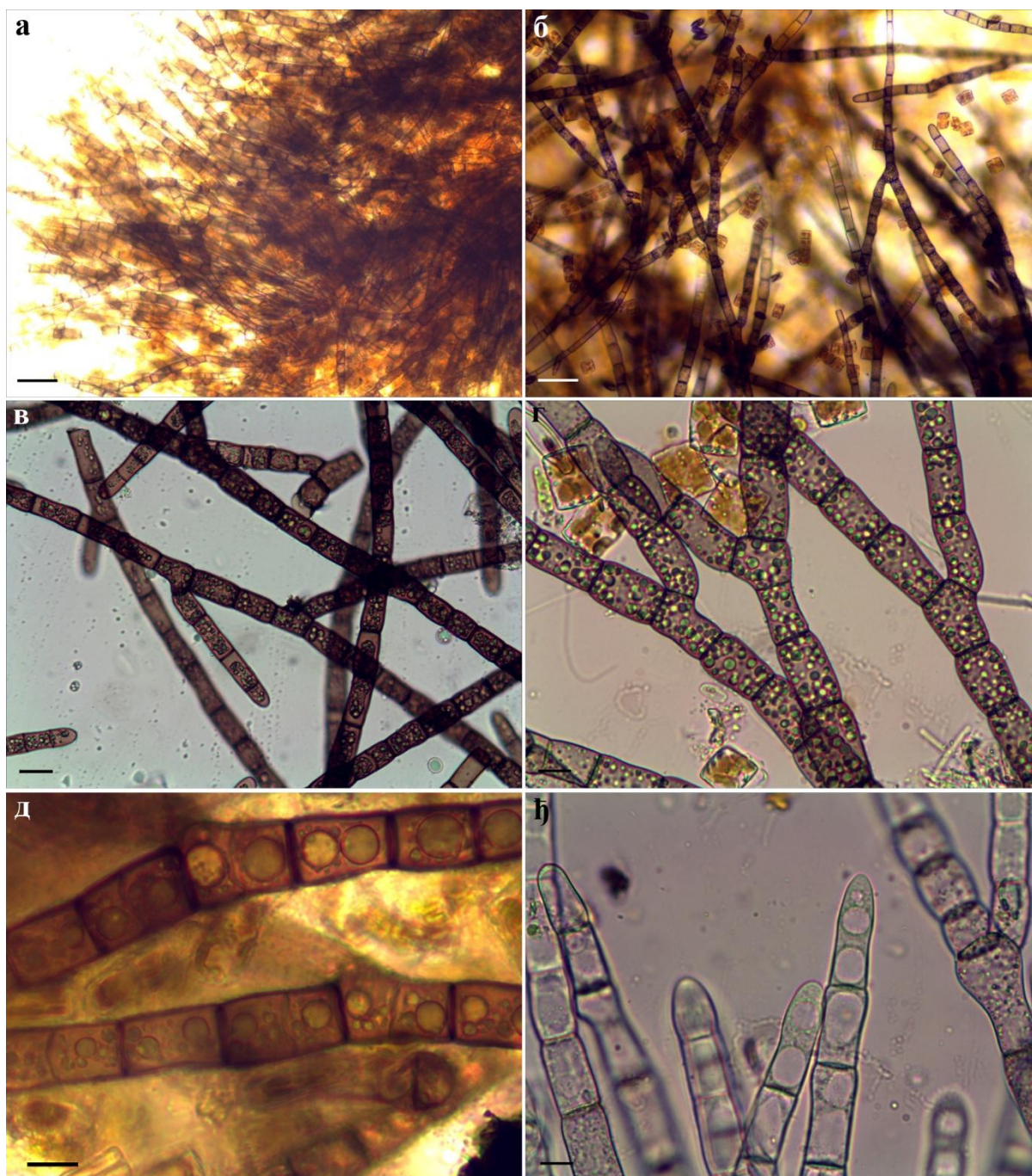
Царство	Chromista
Раздео	Heterokontophyta
Класа	Phaeophyceae
Ред	Sphacelariales
Породица	Lithodermataceae
Род	<i>Bodanella</i>
Врста	<i>Bodanella lauterborni</i> W.M.Zimmermann 1927

Врста *B. lauterborni* формира талус у виду браонкасто црних јастучастих превлака, чврсто причвршћених за подлогу (Слика 60, Табела 60).



Слика 60. Хабитус талуса *Bodanella lauterborni* а) извор Свети Никола, б) Безимени извор на Власини удаљен 100 m од извора Свети Никола (Фото: Александра Ракоњац)

Талуси су изграђени од полеглих, богато неправилно разгранатих једноредних филамената (Слика 61а-б, Табела 60). Филаменти су изграђени од издужених и овалних ћелија дебелих зидова (18-37 μm дужина, 12-20 μm ширина) са бројним малим дискоидалним паријеталним пластидима (2-5 μm у пречнику) (Слика 61в-г, Табела 60). У ћелијама старијих филамената долази до нагомилавања ћелијског садржаја и постепеног формирања попречног ћелијског зида (Слика 61д). Новонастале ћелије садрже велики број пластида (6-10 μm у пречнику) (Слика 61д, Табела 60). Апикалне ћелије старијих филамената садрже само цитоплазму и вакуоле (Слика 61ђ). Унилокуларне спорангије, претходно пронађене у култури, у нашим узорцима нису забележене.



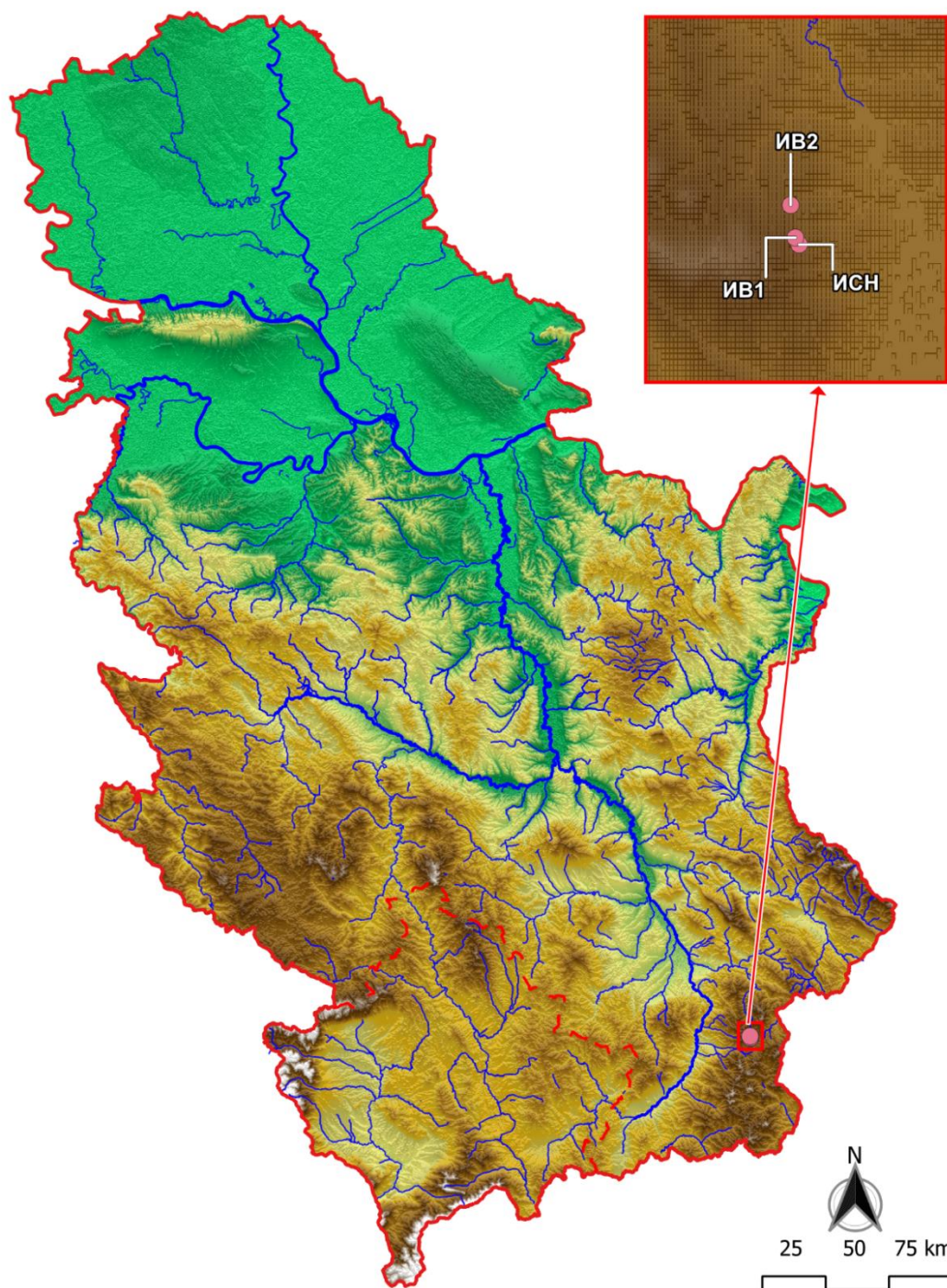
Слика 61. *Bodanella lauterborni* а-б) микроскопски изглед талуса, в-г) вегетативне ћелије, д) формирања попречног ћелијског зида, ђ) апикалне ћелије старијих филамената (бар скала: а-б – 50 μm ; в – 20 μm , г-ђ – 10 μm) (Фото: Александра Ракоњац и Снежана Симић)

Табела 60. Морфолошке карактеристике *Bodanella lauterborni* на истраживаним локалитетима у Србији (2017-2024. год.)

Ознака локалитета/ датум	Макроскопски изглед талуса		Микроскопски изглед талуса	Гранање	Вегетативне ћелије			Пластиди
	морфолошка форма	боја			облик	дужина (µm)	ширина (µm)	
ИБ1 17.10.2020.	јастучаст	браонкасто црна	једноредни полегли филаменти	обилно; неправилно	издужене, овалне	18-35	12-18	бројни; дискоидални; паријетални
ИБ2 22.08.2022.	јастучаст	браонкасто црна	једноредни полегли филаменти	обилно; неправилно	издужене, овалне	18-32	12-17	бројни; дискоидални; паријетални
ИСН 22.07.2019.	јастучаст	браонкасто црна	једноредни полегли филаменти	обилно; неправилно	издужене, овалне	18-37	12-20	бројни; дискоидални; паријетални

ИБ1 - Безимени извор на Власини удаљен 100 m од извора Свети Никола, ИБ2 - Безимени извор на Власини удаљен 1 km од извора Свети Никола, ИСН - Извор Свети Никола

Налаз *B. lauterborni* је први податак о присуству ове алге на територији Србије. Популације ове врсте насељавају три извора на Власинској висоравни (јужна Србија), који по типу станишта припадају изворима слатке меке воде (Ф2.11) (Табела 58, Слика 62, Слика 63).



Слика 62. Дистрибуција врсте *Bodanella lauterborni* у Србији (2017-2024. год.)
ИВ1 - Безимени извор на Власини удаљен 100 m од извора Свети Никола, ИВ2 - Безимени извор на Власини удаљен 1 km од извора Свети Никола, ИСН - Извор Свети Никола



Слика 63. Станишта *Bodanella lauterborni* а) извор Свети Никола, б) Безимени извор на Власини удаљен 100 m од извора Свети Никола (Фото: Александра Ракоњац), в) Безимени извор на Власини удаљен 1 km од извора Свети Никола (Фото: Снежана Симић)

Популације врсте *B. lauterborni* у Србији су забележене у периоду јул-октобар, на надморским висинама преко 1409 m (Табела 61). Врста *B. lauterborni* пронађена је у дрвеном коританцету два извора подземне воде, у условима потпуне осунчаности, као и на камењу и у муљу једног извора у условима потпуне засене. Брзина протока воде на локалитетима кретала се од $0,8 \text{ m s}^{-1}$ до 2 m s^{-1} , температура воде од $5,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ до $10,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$, а вредности електропроводљивости од $10 \text{ }\mu\text{S cm}^{-1}$ до $60 \text{ }\mu\text{S cm}^{-1}$. Вредности укупне тврдоће воде варираше од 5 mg L^{-1} до 20 mg L^{-1} . Врста је налажена у слабо алкалним водама, а рН вредности су се кретале од 7,28 до 7,59. Најнижа вредност концентрације раствореног кисеоника износила је $9,61 \text{ mg L}^{-1}$, а највиша $10,3 \text{ mg L}^{-1}$. Најнижа сатурација кисеоника при којој је врста забележена била је 99,8%, док је највиша била 102,7%. У погледу концентрације амонијум јона и нитрата, воде на локалитетима су биле сиромашне овим материјама, док су се вредности концентрација ортофосфата кретале од $0,03 \text{ mg L}^{-1}$ до $0,19 \text{ mg L}^{-1}$. На локалитетима нису забележени фактори угрожавања.

Табела 61. Морфометријске, физичке и хемијске карактеристике станишта *Bodanella lauterborni* са прегледом уочених фактора угрожавања класификованих према IUCN класификационим шемама (Threats Classification Scheme (Version 3.3))

Ознака локалитета/датум	ИБ1 17.10.2020.	ИБ2 22.08.2022.	ИСН 22.07.2019.
Надморска висина (m)	1415	1409	1416
Ширина речног корита (m)	0,2	0,5	0,15
Дубина воде (cm)	минимална 5	5	5
	максимална 5	5	5
Тип подлоге	дрвено коританце	камен муљ	дрвено коританце
Степен осунчаности	+++	+	+++
Брзина протока воде (m s^{-1})	1,3	0,8	2
Температура ($^{\circ}\text{C}$)	6,1	10,3	5,8
Електропроводљивост ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	10	60	10
Укупна тврдоћа воде (mg L^{-1})	5	20	5
рН	7,37	7,59	7,28
Концентрација раствореног O_2 (mg L^{-1})	9,61	9,8	10,3
Сатурација O_2 (%)	99,8	101,2	102,7
$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg L^{-1})	0,015	0,015	0,015
$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg L^{-1})	2	2	2
$\text{PO}_4\text{-P}$ (mg L^{-1})	0,14	0,03	0,19
TN (mg L^{-1})	0,01	0,01	0,01
TP (mg L^{-1})	0,05	0,01	0,07
Фактори угрожавања	11.2; 11.4	11.2; 11.4	11.2; 11.4

ИБ1 - Безимени извор на Власини удаљен 100 m од извора Свети Никола, ИБ2 - Безимени извор на Власини удаљен 1 km од извора Свети Никола, ИСН - Извор Свети Никола

У извору Свети Никола, приликом једног од узорковања, забележене су слузаве макроскопске агрегације у којима су доминирале мрка алга *B. lauterborni* и силикатна алга *O. hyemale* (Табела 58).

4.4.2. *Heribaudiella fluviatilis* (Areschoug) Svedelius 1930

Таксономски статус врсте *Heribaudiella fluviatilis* приказан је у Табели 62, док је у Табели 63 дат детаљан приказ морфолошких и репродуктивних карактеристика по локалитетима. Физички и хемијски параметри локалитета, са приказом фактора угрожавања врсте и њених станишта, приказани су у Табели 64.

Табела 62. Таксономски статус врсте *Heribaudiella fluviatilis*

Царство	Chromista
Раздео	Heterokontophyta
Класа	Phaeophyceae
Ред	Sphacelariales
Породица	Lithodermataceae
Род	<i>Heribaudiella</i>
Врста	<i>Heribaudiella fluviatilis</i> (Areschoug) Svedelius 1930
Синоними:	
<i>Lithoderma fluviatile</i> Areschoug 1875	

Приликом првог проналаска врсте, талуси су били потпуно осушени, образујући на површини камења дебелу кору готово црне боје (Слика 64, Табела 63). Након тога, налажени су типични талуси као што су описани у литератури (Слика 65, Табела 63).



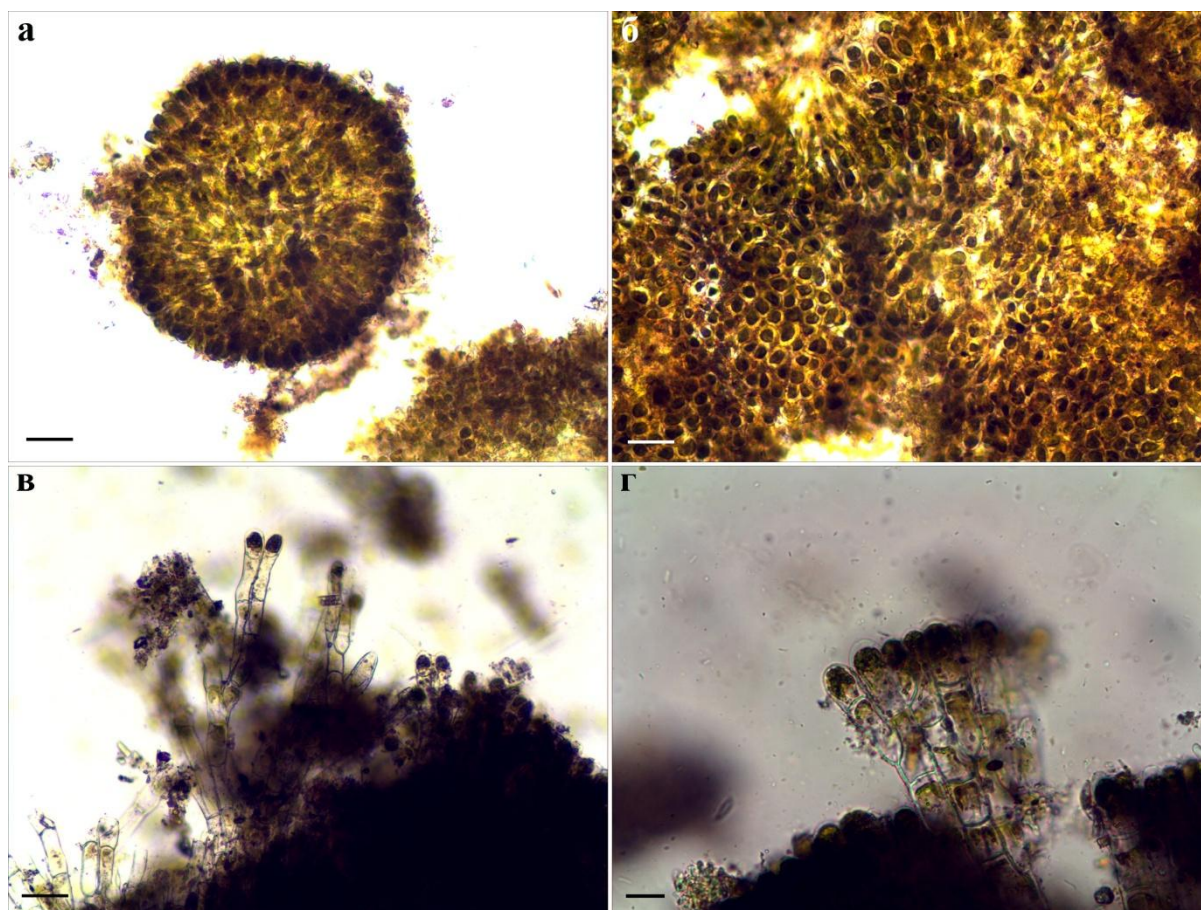
Слика 64. Хабитус осушеног талуса *Heribaudiella fluviatilis* (Фото: Александра Ракоњац)

Врста *H. fluviatilis* формира талус у виду мрке и неупадљиве коре дискоидалног или неправилног облика, пречника 0,5-5 cm (Слика 65, Табела 63). Читава доња страна талуса чврсто сраста уз подлогу, при чему талуси некада могу да се преклапају и на тај начин прекривају читаву површину камените подлоге (Слика 65).



Слика 65. Хабитус талуса *Heribaudiella fluviatilis* а-б) Ракитска река, в) Темштица (ТЕ1), г) Темштица (ТЕ3) (Фото: Александра Ракоњац)

Талуси су изграђени од полеглих, неправилно гранатих филамената, густо збијених у неколико слојева ћелија (Слика 66а-б, Табела 63). Ћелије филамената су цилиндричне (20-37 μm дужине, 9-20 μm ширине) и садрже велики број дискоидалних или овалних пластида (4-10 по ћелији) (Табела 63). Усправни филаменти су ретки и обично дихотомо гранати. Ћелије усправних филамената су цилиндричне (15-35 μm дужине, 10-28 μm ширине) (Слика 66в-г, Табела 63). Репродуктивне структуре нису забележене.



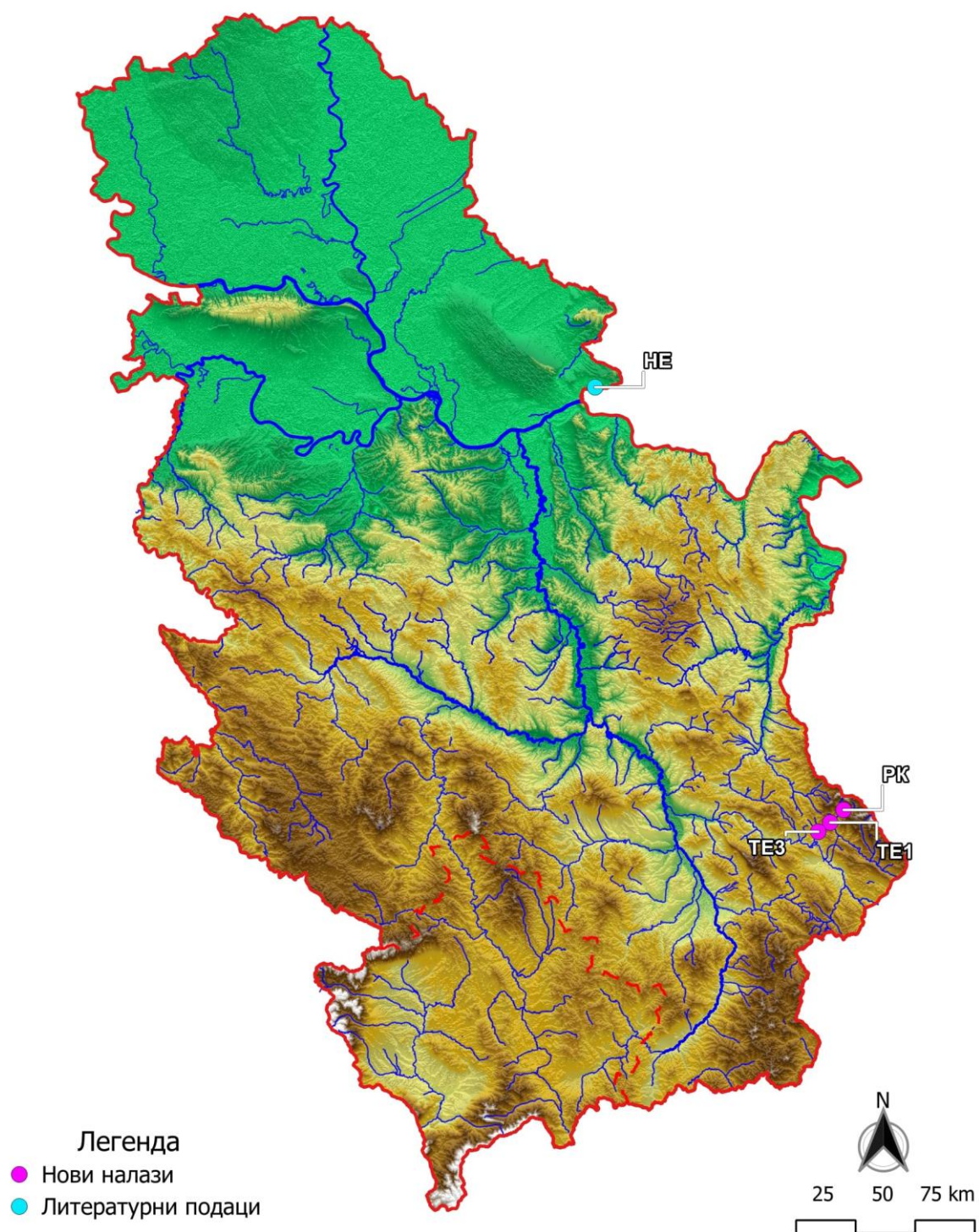
Слика 66. *Heribaudiella fluviatilis* а-б) микроскопски изглед талуса, в-г) усправни филаменти талуса (бар скала: а-в – 50 μm ; г – 20 μm) (Фото: Александра Ракоњац)

Табела 63. Морфолошке и репродуктивне карактеристике *Heribaudiella fluviatilis* на истраживаним локалитетима у Србији (2017-2024. год.)

Ознака локалитета/ датум	Макроскопски изглед талуса		Микроскопски изглед талуса	Гранање	Вегетативне ћелије			Пластиди
	морфолошка форма	боја			облик	дужина (µm)	ширина (µm)	
РК 20.08.2019.	кораст	тамна, готово црна; браон	филаменти густо распоређени у неколико слојева ћелија	обилно; неправилно или дихотомо	издужене	21-37	13-20	бројни; дискоидални; паријетални
ТЕ1 29.10.2020.	кораст	браон	филаменти густо распоређени у неколико слојева ћелија	обилно; неправилно или дихотомо	издужене	20-28	9-16	бројни; дискоидални; паријетални
ТЕ3 29.10.2020.	кораст	браон	филаменти густо распоређени у неколико слојева ћелија	обилно; неправилно или дихотомо	издужене	20-29	12-20	бројни; дискоидални; паријетални

РК – Ракитска река (Топли До), ТЕ1 – Темштица (горњи ток), ТЕ3 – Темштица (излетиште Криви вир)

Врста *H. fluviatilis* први пут је у Србији забележена током овог истраживања, на три локалитета источне Србије (Табела 58, Слика 67).



Слика 67. Дистрибуција врсте *Heribaudiella fluviatilis* у Србији (2017-2024. год.)
 РК – Ракитска река (Топли До), ТЕ1 – Темштица (горњи ток), ТЕ3 – Темштица (излетиште
 Криви вир), НЕ - Нера

Популације врсте *H. fluviatilis* у Србији су налажене у периоду август-октобар, на надморским висинама од 395 m до 734 m (Табела 64), у стаништима са варирањем нивоа воде где се филм воде прелива по стенама (Ф2.6) (Табела 58, Слика 68).



Слика 68. Станишта врсте *Heribaudiella fluviatilis* а) Ракитска река, б) Темштица
(Фото: Александра Ракоњац)

Врста насељава искључиво камениту подлогу потпуно осунчаних и делимично засенчених станишта, на дубинама до 10 cm. Брзина протока воде на локалитетима кретала се од $1,5 \text{ m s}^{-1}$ до $1,8 \text{ m s}^{-1}$, температура воде од $5,7^\circ\text{C}$ до $8,7^\circ\text{C}$, а вредности електропроводљивости од $80 \mu\text{S cm}^{-1}$ до $200 \mu\text{S cm}^{-1}$ (Табела 64). Вредности укупне тврдоће воде варираше су од 40 mg L^{-1} до 100 mg L^{-1} . Врста је налажена у слабо алкалним водама, а рН вредности су се кретале од 7,23 до 7,63. Најнижа вредност концентрације раствореног кисеоника износила је $9,61 \text{ mg L}^{-1}$, а највиша $10,3 \text{ mg L}^{-1}$. Најнижа сатурација кисеоника при којој је врста забележена била је у опсегу од 97,3% до 105,9%. Воде у којима је врста налажена биле су сиромашне нитратима, док су се вредности концентрације амонијум јона кретале од $0,015 \text{ mg L}^{-1}$ до $0,03 \text{ mg L}^{-1}$, а концентрације ортофосфата од $0,11 \text{ mg L}^{-1}$ до $0,16 \text{ mg L}^{-1}$.

На локалитетима на којима су забележене популације врсте забележени су и угрожавајући фактори (Табела 64). Како је приказано у Табели 63, фактори угрожавања ове врсте и њених локалитета јесу различите антропогене активности (рекреативне активности – 6.1, различити типови загађења – 9.1, 9.4 и модификације станишта – 7.3) које доводе до нарушавања квалитета станишта.

Табела 64. Морфометријске, физичке и хемијске карактеристике станишта *Heribaudiella fluviatilis* са прегледом уочених фактора угрожавања класификованих према IUCN класификационим шемама (Threats Classification Scheme (Version 3.3))

Ознака локалитета/датум	РК 20.08.2019.	ТЕ1 29.10.2020.	ТЕ3 29.10.2020.
Надморска висина (m)	734	510	393
Ширина речног корита (m)	3,5	7	9
Дубина воде (cm)	минимална	0	0
	максимална	10	10
Тип подлоге	камен	камен	камен
Степен осунчаности	++	+++	+++
Брзина протока воде (m s ⁻¹)	1,8	1,7	1,5
Температура (°C)	5,7	6,7	8,7
Електропроводљивост (μS cm ⁻¹)	90	80	200
Укупна тврдоћа воде (mg L ⁻¹)	40	40	100
pH	7,23	7,63	7,55
Концентрација раствореног O ₂ (mg L ⁻¹)	9,94	10,3	9,61
Сатурација O ₂ (%)	101,3	105,9	97,3
NH ₄ -N (mg L ⁻¹)	0,015	0,03	0,03
NO ₃ -N (mg L ⁻¹)	2	2	2
PO ₄ -P (mg L ⁻¹)	0,11	0,14	0,16
TN (mg L ⁻¹)	0,01	0,02	0,02
TP (mg L ⁻¹)	0,04	0,05	0,05
Фактори угрожавања	9.1; 9.4	7.3	6.1; 9.1

РК – Ракитска река (Топли До), ТЕ1 – Темштица (горњи ток), ТЕ3 – Темштица (излетиште Криви вир)

Врста *H. fluviatilis* налажена је у заједници са цијанобактеријама (*Nostoc* spp. – један локалитет), црвеним алгама (*R. rivularis* – два локалитета, *P. annulata* – два локалитета) и зеленим алгама (*Cladophora* spp. – два локалитета, *Gongrosira* spp. – два локалитета, *Ulothrix* spp. – два локалитета) (Табела 58).

4.4.3. *Porterinema fluvatile* (H.C.Porter) Wærn 1952

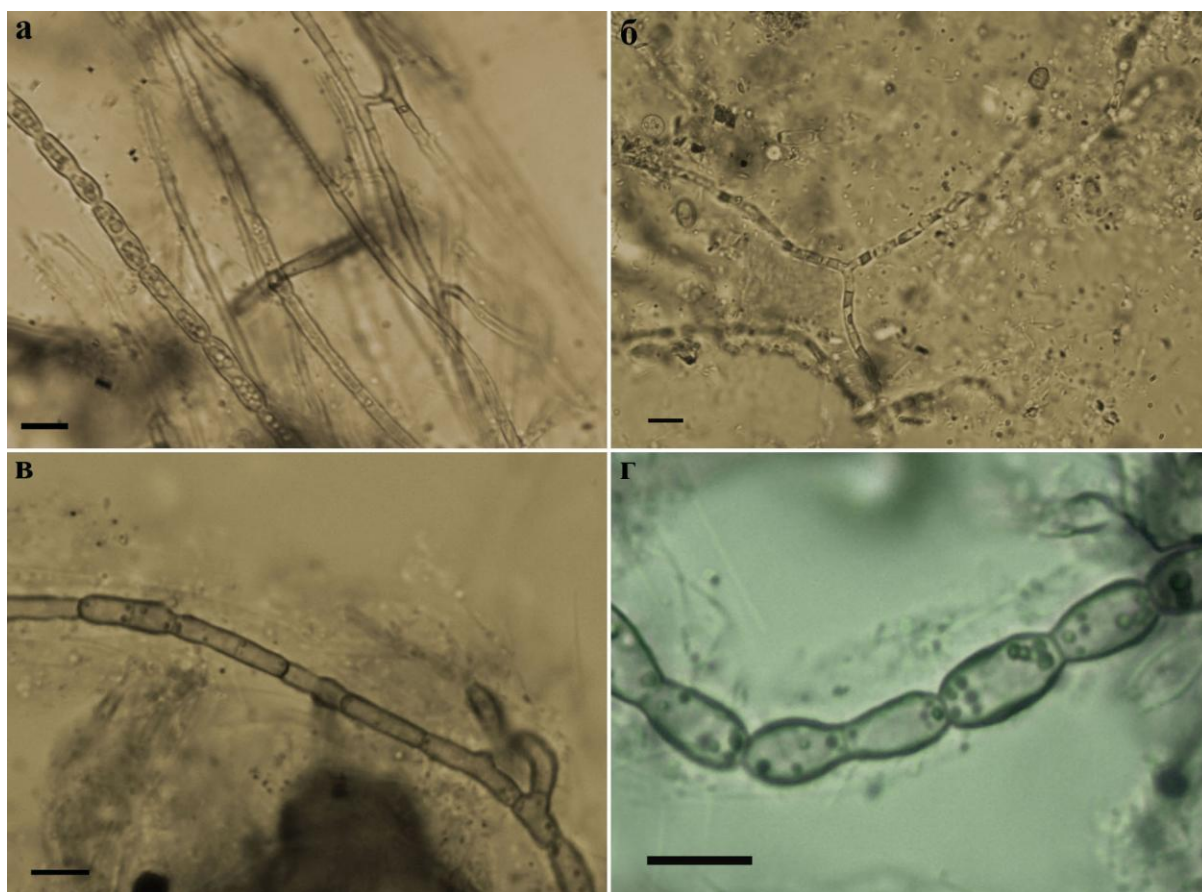
Таксономски статус врсте *Porterinema fluvatile* приказан је у Табели 65.

Табела 65. Таксономски статус врсте *Porterinema fluvatile*

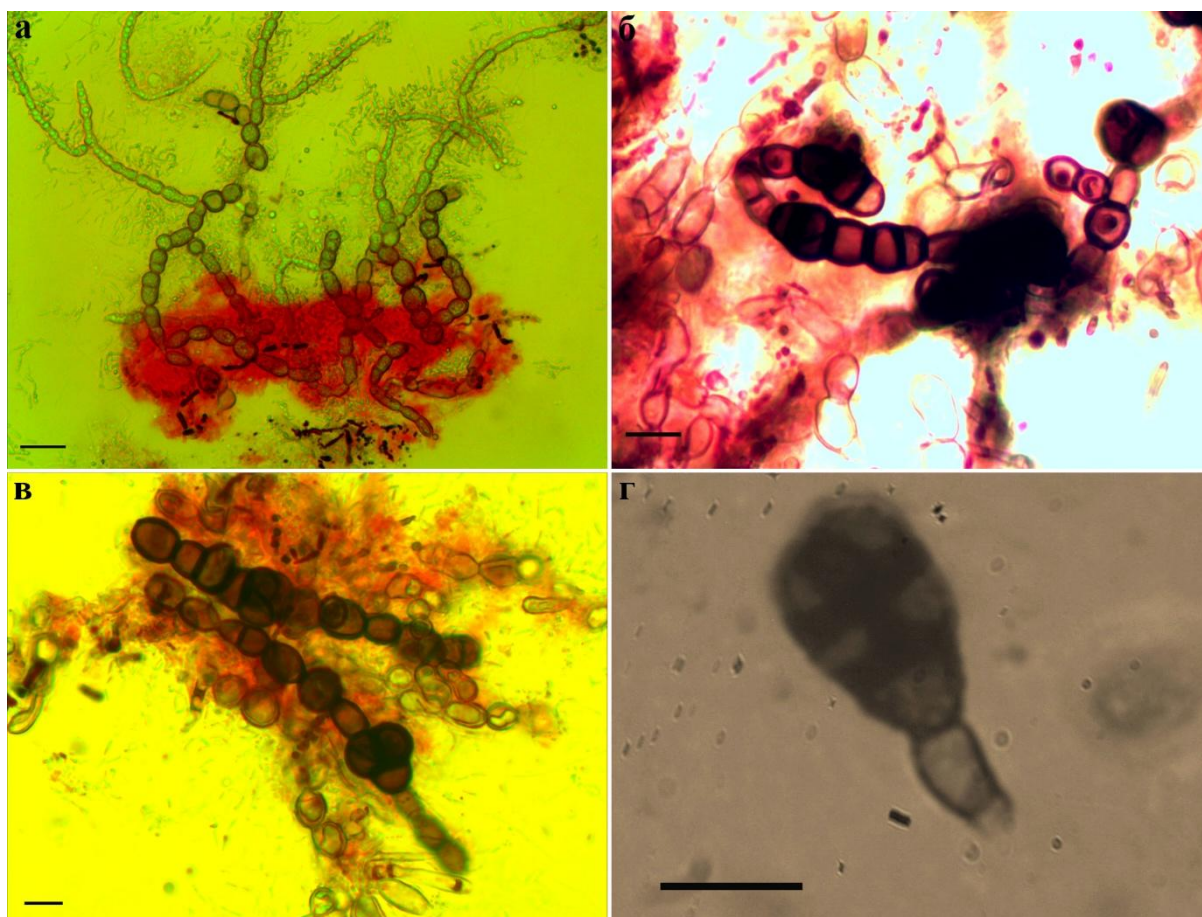
Царство	Chromista
Раздео	Heterokontophyta
Класа	Phaeophyceae
Ред	incertae sedis
Породица	incertae sedis
Род	<i>Porterinema</i>
Врста	<i>Porterinema fluvatile</i> (H.C.Porter) Wærn 1952
Синоними:	
<i>Streblonema fluvatile</i> H.C.Porter 1894	

Врста *P. fluvatile* образовала је макроскопске агрегације тамно браон боје, видљиве голим оком. Талуси су изграђени од једног слоја лабаво распоређених и неправилно гранатих филамената (Слика 69а). У оквиру исте јединке талуси могу бити усправни и полегли. Усправни талуси се јављају понекад и изграђени су од 2-5 издужених ћелија (8-15 μm дужина, 6-8 μm ширина). Полегле талусе формирају неправилно гранати филаменти изграђени од једног слоја издужених вегетативних ћелија (17-38 μm дужина, 2,5-4 μm ширина). Између појединих филамената забележене су анастомозе (Слика 69а). Вегетативне ћелије садрже 1-2 (ређе 3) златнобраон плочаста паријетална пластида (Слика 69б).

Све вегетативне ћелије имају способност трансформације у репродуктивне структуре (гаметангије). Приликом трансформације издужене вегетативне ћелије се скраћују и проширују, ћелијски зид задебљава, а унутар ћелија долази до нагомилавања ћелијског садржаја и постепеног формирања попречног ћелијског зида (Слика 69в-г). Дужина ових ћелија је 12-12,5 μm , ширина 4-7,5 μm (ширина ћелија у нивоу формирања ћелијског зида је 2,5-4,5 μm). На овај начин из једне издужене вегетативне ћелије настају две овалне вегетативне ћелије (5-10 μm пречника) са великим бројем липидних капљица (Слика 69г, 70а). Даљом трансформацијом овакве ћелије постају тамније, са још дељим ћелијским зидовима (5,5-8 μm дужине, 5-7,5 μm ширине) (Слика 70б). Вегетативном деобом ових ћелија се формирају интеркаларне плурилокуларне спорангије (12,5-39 μm дужина, 10-17 μm ширина) (Слика 70в). Плурилокуларне спорангије су изграђене од 4-8 (ређе 16) ћелија (5-10 μm пречника), и могу бити са дршком (Слика 70г) или без ње. У плурилокуларним спорангијама се продукују планоспоре (6,5-7,5 μm пречника) из којих се развија нови талус.

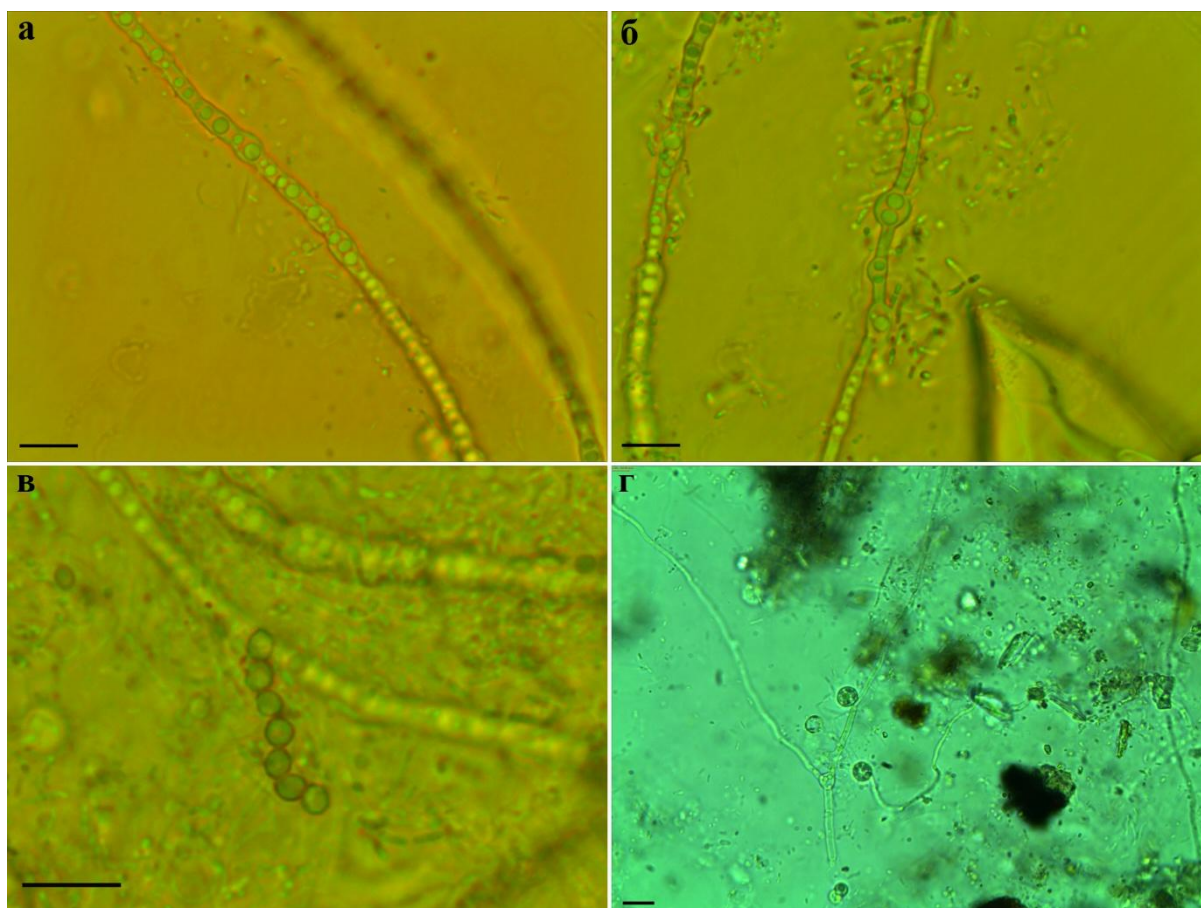


Слика 69. *Porterinema fluviatile* а) филаменти изграђени од издужених вегетативних ћелија, анастомозе између филамената, б) вегетативне ћелије са пластидима, в-г) трансформација издужених вегетативних ћелија у овалне вегетативне ћелије (бар скала: 10 μm) (Фото: Александра Ракоњац и Снежана Симић)



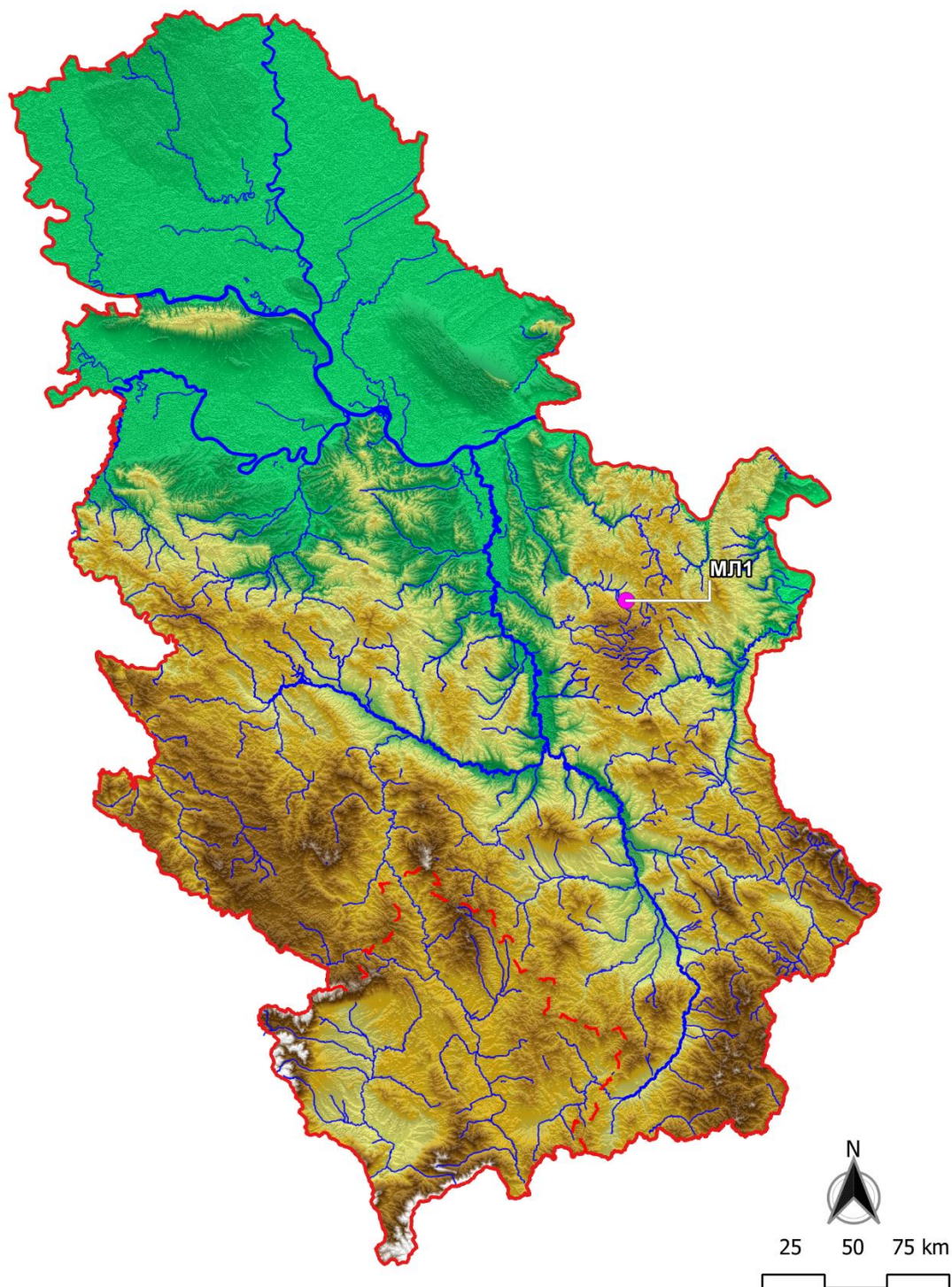
Слика 70. *Porterinema fluviatile* а) вегетативне ћелије, б-в) ћелије у процесу формирања плурилокуларних спорангија, г) плурилокуларна спорангија (бар скала: а – 20 μm ; б-г – 10 μm) (Фото: Александра Ракоњац и Снежана Симић)

Аксијалне ћелије филамената су издужене, са тенденцијом постепеног сужавања према вршном делу. У вегетативним ћелијама апикалних филамената долази до поделе протопласта на два до седам делова (Слика 71а). Док су још у вегетативној ћелији, на сваком од ових делова долази до формирања ћелијског зида (Слика 71б), при чему настају непокретне апланоспоре. Пуцањем ћелијског зида, ослобађају се апланоспоре пречника 2,5-3,5 μm (Слика 71в). Пречник зрелих апланоспора из којих се развија нови талус је 5,0-6,5 μm (Слика 71г).

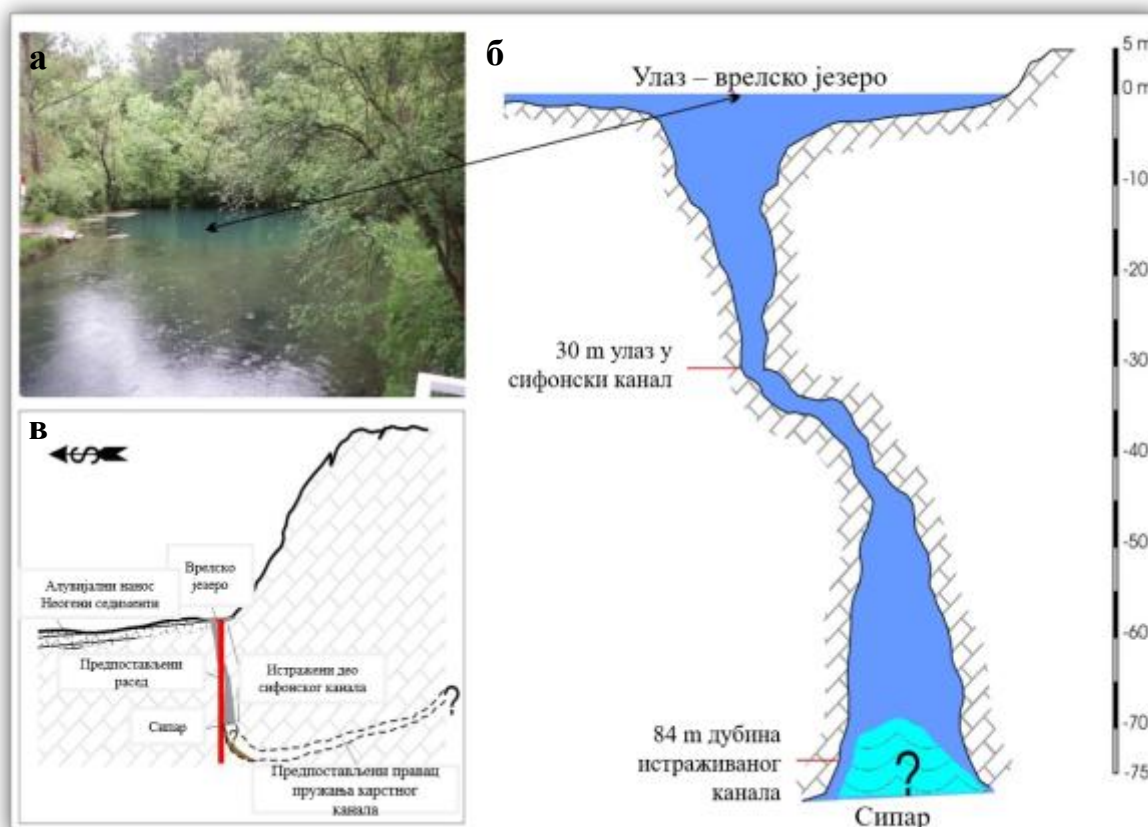


Слика 71. *Porterinema fluviatile* а-б) ћелије у процесу формирања апланоспора, д) непокретне апланоспоре, ђ) развој новог талуса из апланоспора (бар скала: 10 μm)
(Фото: Александра Ракоњац и Снежана Симић)

Врста *P. fluviatile* први пут је у Србији забележена приликом овог истраживања на једном локалитету источне Србије, у потопљеном сифонском каналу врела Млаве, у типу станишта Д1.5 – Подземне текуће воде (Табела 58, Слика 72, Слика 73).



Слика 72. Дистрибуција врсте *Porterinema fluviatile* у Србији (2014-2024. год.)
МЛ1 – Млава (извор)



Слика 73. а) Станиште врсте *Porterinema fluviatile* (врело Млаве) (Фото: Александра Ракоњац), б-в) Скица потопљеног сифонског канала врела Млаве (<http://www.jkpbelosavac.rs>)

Врста *P. fluviatile* у Србији је забележена у октобру месецу, на дубини од 20 m, у условима потпуног одсуства светлости.

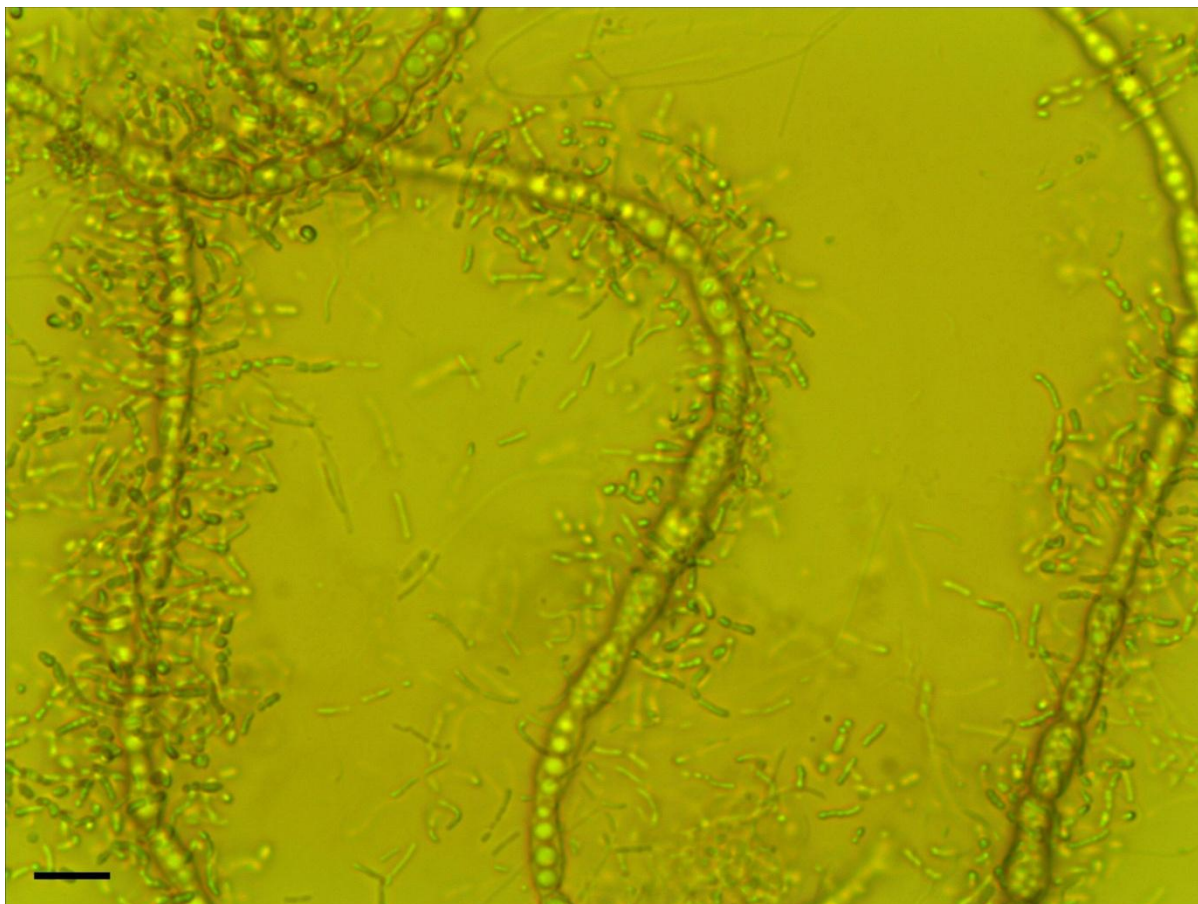
Врста је забележена у хладној, алкалној и тврдој води, богатој јонизујућим и минералним материјама и раствореним кисеоником, а сиромашној амонијум јоном и нитратима. Концентрација ортофосфата била је мало повишена (Табела 66).

Табела 66. Морфометријске, физичке и хемијске карактеристике станишта врсте *Porterinema fluviatile* са прегледом уочених фактора угрожавања класификованих према IUCN класификационим шемама (Threats Classification Scheme (Version 3.3))

Ознака локалитета/датум		МЛ1 14.10.2014.
Надморска висина (m)		314
Дубина воде (cm)	минимална	100
	максимална	200
Тип подлоге		камен
Степен осунчаности		+
Температура (°C)		11,3
Електропроводљивост ($\mu\text{S cm}^{-1}$)		400
Укупна тврдоћа воде (mg L^{-1})		200
Ph		8,39
Концентрација раствореног O_2 (mg L^{-1})		9,64
Сатурација O_2 (%)		91,7
$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg L^{-1})		0,015
$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg L^{-1})		2
$\text{PO}_4\text{-P}$ (mg L^{-1})		0,19
TN (mg L^{-1})		0,01
TP (mg L^{-1})		0,06
Фактори угрожавања		3.2; 6.1; 9.1; 9.2; 9.4; 11.2
МЛ1 – Млава (извор)		

Иако се једино станиште врсте налази на простору заштићеног подручја, на овом локалитету су уочени следећи фактори угрожавања: туристичке активности (6.1), порибљавање врела алохтоном и инвазивном врстом рибе – калифорнијском пастрмком (8.1), уношење велике количине алохтоних органских и неорганских материја због исхране калифорнијске пастрмке, као и испуштање отпадних канализационих вода из постојећих туристичких објеката (9.1). Значајан фактор угрожавања представља и потенцијална промена нивоа и квалитета подземних вода које напајају ово врело, које настају као последица климатских промена (11.2) или услед експлоатације подземних вода. Додатно, потенцијални фактор угрожавања представљају и истраживачке активности и потенцијално ископавање минералних сировина којима ово подручје обилује (3.2, 9.2) (Табела 66).

Врста *P. fluviatile* није забележена у заједници са неком другом макроскопском агрегацијом, али је на талусима ове алге забележена епифитска појава цијанобактерије *Romeria leopoliensis* (Raciborski) Koczwara (Слика 74).



Слика 74. Епифитски развој цијанобактерије *Romeria leopoliensis* на талусу *Porterinema fluviatile* (бар скала: 10 μm) (Фото: Александра Ракоњац)

4.5. Анализа главних компоненти морфометријских, физичких и хемијских фактора станишта црвених и мрких алги

Анализа главних компоненти (РСА) редуковала је 15 посматраних варијабли на 6 главних компоненти које апсорбују већину варијација у посматраним особинама, а које објашњавају 74,26% укупне варијабилности модела. Прва главна компонента обухвата највећи део укупне варијансе, док свака следећа компонента представља највећи преостали део. Тако прва компонента објашњава 19,58% варијације података, друга компонента објашњава 16,12%, трећа компонента објашњава 12,20%, четврта компонента објашњава 10,34%, пета компонента објашњава 8,93% и шеста компонента објашњава 7,10%.

За тумачење резултата анализе коришћене су прве две главне компоненте са сопственом вредношћу >2 . Ове две главне компоненте у кумулативном ефекту објашњавају свега 35,69% варијабилности. Међутим, овакав резултат је и очекиван с обзиром на то да су таксони црвених и мрких алги на подручју Србије забележени у сличним еколошким условима.

У Табели 67 приказане су вредности корелационих коефицијената шест главних компоненти и анализираних фактора животне средине станишта црвених и мрких алги

у Србији. Приказ вредности корелационих коефицијената таксона црвених и мрких алги и шест главних компоненти дат је у Табели 68.

Табела 67. Вредности корелационог коефицијента анализираних фактора животне средине шест главних компоненти

Фактор животне средине	PCA1	PCA2	PCA3	PCA4	PCA5	PCA6
Надморска висина	0,707	0,340	-0,071	-0,051	0,018	-0,023
Ширина корита	-0,191	-0,520	0,001	0,133	-0,654	0,145
Максимална дубина воде	-0,440	-0,420	-0,236	0,302	-0,491	0,225
Тип подлоге	0,006	0,370	-0,235	0,055	-0,295	-0,738
Брзина протока воде	0,470	-0,474	0,377	-0,110	0,136	-0,162
Температура	-0,419	-0,461	0,477	-0,175	0,147	-0,119
Електропроводљивост	-0,888	0,157	-0,007	0,151	0,259	-0,145
Тврдоћа воде	-0,885	0,163	-0,014	0,161	0,262	-0,142
pH	-0,204	-0,544	-0,036	-0,401	0,320	0,006
Концентрација O ₂	0,239	-0,486	-0,660	0,323	0,297	-0,008
Сатурација O ₂	0,270	-0,655	-0,384	0,292	0,332	-0,185
NH ₄ -N	-0,168	-0,041	-0,253	-0,750	0,001	0,123
NO ₃ -N	-0,113	0,082	-0,455	-0,508	-0,034	0,207
PO ₄ -P	-0,144	-0,054	-0,599	-0,323	-0,192	-0,322
Степен осунчаности станишта	0,073	-0,509	0,360	-0,264	-0,262	-0,419

Како би се јасније сагледао однос врста и параметара животне средине, коришћена је биplot анализа. На Графику 1 приказан је биplot PCA анализе, чију апсцису координатног система представља прва главна компонента (PC1), док ординату представља друга главна компонента (PC2).

Табела 68. Вредности корелационог коефицијента анализираних црвених и мрких алги у шест главних компоненти

Таксон	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
<i>Bangia atropurpurea</i>	0,073	0,036	0,423	-0,198	0,549	0,004
<i>Riverina rivularis</i>	-0,470	0,381	0,326	0,157	0,210	0,166
<i>Batrachospermum sensu lato</i>	-0,934	0,993	-0,919	0,134	-0,403	0,121
<i>Lemanea fluviatilis</i>	0,863	-0,387	0,241	-0,318	0,268	0,282
<i>Lemanea rigida</i>	0,408	-0,687	1,037	-0,047	0,756	-0,655
<i>Lemanea</i> sp. 2	2,785	0,167	-0,217	0,349	0,124	0,428
<i>Paralemanea annulata</i>	0,662	-0,901	0,464	-0,333	0,346	-0,227
<i>Paralemanea catenata</i>	-0,406	-1,907	0,441	0,123	-0,378	-0,287
<i>Paralemanea torulosa</i>	0,829	-0,453	-0,483	0,155	0,653	0,405
<i>Bodanella lauterborni</i>	3,837	1,548	-0,569	-0,164	-1,150	-1,755
<i>Heribaudiella fluviatilis</i>	2,254	-0,178	0,179	-0,216	-0,435	0,113

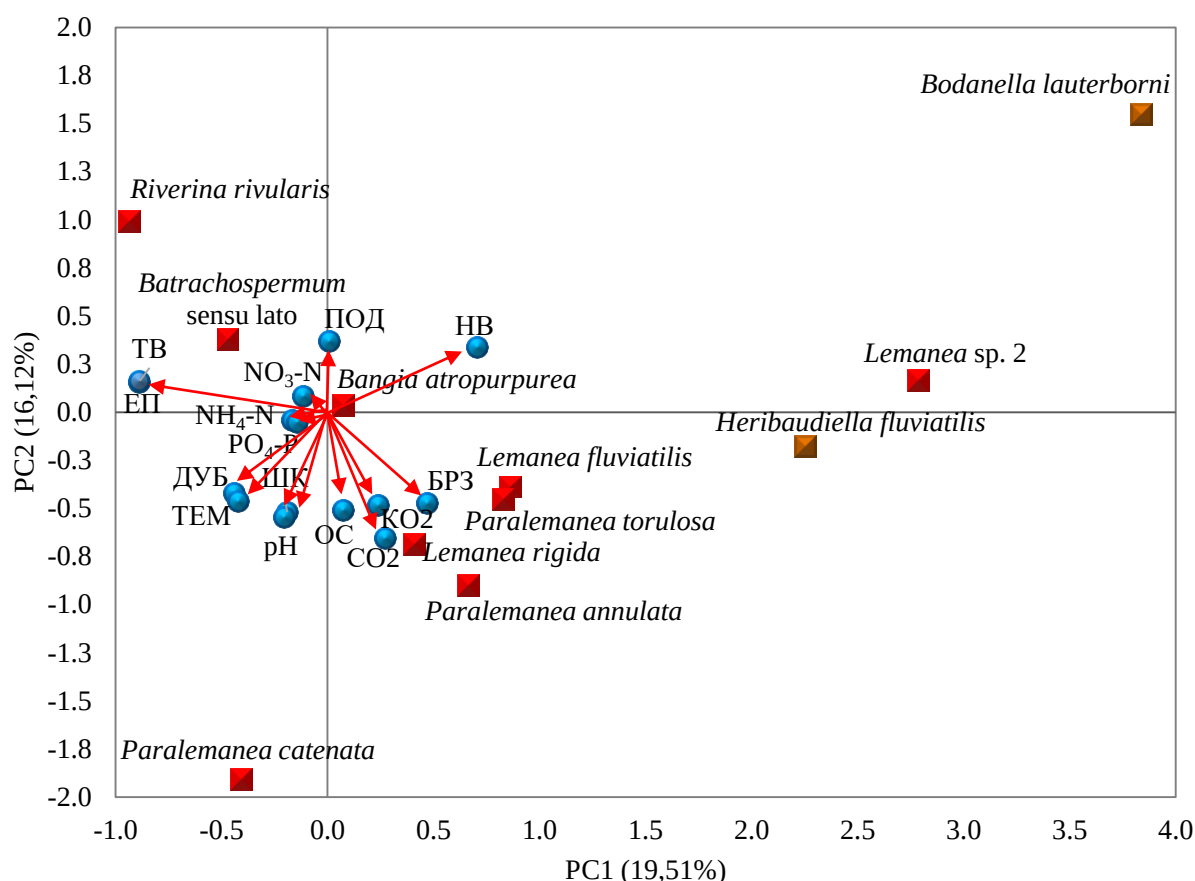


График 1. Анализа главних компоненти (РСА) морфометријских, физичких и хемијских параметара животне средине и таксона црвених и мрких алги. НВ – надморска висина, ШК – ширина корита, ДУБ – максимална дубина воде, ПОД – тип подлоге, БРЗ – брзина протока воде, ТЕМ – температура воде, ЕП – електропроводљивост, ТВ – тврдоћа воде, КО₂ – концентрација раствореног кисеоника, СО₂ – сатурација раствореног кисеоника, ОС – степен осунчаности станишта

Резултати РСА анализе су показали да концентрације амонијум јона, нитрата и ортофосфата безначајно доприносе формирању прве и друге компоненте, па на основу овог испитиваног модела немају значајан утицај на присуство и распрострањење таксона црвених и мрких алги. Највећи допринос формирању прве главне компоненте (PC1) имају надморска висина, електропроводљивости и тврдоћа воде, при чему је јака позитивна корелација утврђена за надморску висину (0,707), а јака негативна корелација за електропроводљивост (-0,888) и тврдоћу (-0,885) (График 1). На њему је уочљиво раздвајање *B. lauterborni*, *Lemanea* sp. 2 и *H. fluviatilis*, али и *P. torulosa* и *L. fluviatilis* у позитивном сегменту прве главне компоненте.

Највећи допринос формирању друге главне компоненте (PC2) имају ширина речног корита (-0,520), pH (-0,544), сатурација О₂ (-0,655) и концентрација О₂ (-0,509), за које је утврђена умерена негативна корелација. На Графику 1 је уочљиво издвајање *Batrachospermum sensu lato* и *R. riverina* у позитивном сегменту друге осе и *P. catenata*, *P. annulata* и *L. rigida* у негативном сегменту друге осе.

Резултати РСА анализе јасно показују преференцију *B. lauterborni* према великим надморским висинама, ниској температури воде, малој дубини воде и ширини корита и

нижим вредностима рН. Значајан утицај на њену дистрибуцију имају и електропроводљивост и тврдоћа воде, као и тип подлоге (График 1). Резултати РСА анализе су показали да врста *H. fluviatilis* преферира ниску температуру воде, ниске вредности електропроводљивости и тврдоће воде, као и више вредности концентрације и сатурације O₂ и већу брзину протока воде, а делимично и већи степен осунчаности станишта и мању дубину воде (График 1).

Lemanea sp. 2 се јасно издваја на основу преференције према великој надморској висини и ниским вредностима електропроводљивости и тврдоће воде, а делимично и према већој брзини протока воде и нижој температури воде, вишим вредностима концентрације и сатурације O₂, нижим вредностима рН, мањој ширини речног корита и мањој дубини воде на којој је налажена (График 1).

Врсте *L. fluviatilis* и *P. torulosa* преферирају већу брзину протока воде, веће вредности концентрације и сатурације O₂ и већи степен осунчаности станиша, а делимично и вишу надморску висину и алкалније воде, као и мању дубину и температуру воде и ниже вредности електропроводљивости и тврдоће воде. Врсте *L. rigida* и *P. annulata*, као и претходно поменуте врсте, преферирају већу брзину протока воде, веће вредности концентрације и сатурације O₂ и већи степен осунчаности станиша, делимично алкалнију воду са нижим вредностима електропроводљивости и тврдоће, и више надморске висине, али за разлику од *L. fluviatilis* и *P. torulosa*, ове врсте се чешће јављају на већим дубинама и у топлијој води.

Врста *P. catenata* јасно се издваја по другој оси (PC2) на основу преференције према већим рекама, са ширим речним коритом и већом дубином, а делимично и на основу преференције према вишим температурама, већој брзини протока воде, алкалнијој води, вишим вредностима електропроводљивости и тврдоће воде, вишим вредностима концентрације и сатурације O₂ и већем степену осунчаности станиша.

Резултати РСА анализе нису показали јаку зависност групе *Batrachospermum sensu lato* и *R. riverina* према факторима животне средине, али се на Графику 1 уочава да су боље прилагођене мањој брзини протока воде и мањем степену осунчаности станишта. Ове алге су у Србији чешће налажене на нижим надморским висинама, у водама нижих рН вредности, електропроводљивости и тврдоће, као и ниже концентрације и сатурације O₂, при чему су представници *Batrachospermum sensu lato* су чешћи у хладнијим водама, док је *R. riverina* чешћа у нешто топлијим водама.

РСА анализа није показала утицај било ког анализираног фактора на врсту *B. atropurpurea* (График 1). Ова врста се незнатно раздваја тек у негативном сегменту пете главне компоненте (Табела 68).

4.6. Статус угрожености црвених и мрких алги на подручју Србије

4.6.1. Процена категорија угрожености на основу критеријума IUCN-a

Резултати процене категорије угрожености врста црвених алги у Републици Србији према критеријумима IUCN-a приказани су у Табели 69. Процена је показала да од девет процењиваних врста црвених алги, осам врста има категорију CR (критично угрожена врста), док је једна у категорији VU (рањива врста) (Табела 69).

Табела 69. IUCN категорије угрожености црвених алги (Rhodophyta) на подручју Србије

Врста	IUCN категорија у Србији
<i>Bangia atropurpurea</i>	CR C2a(i)
<i>Lemanea fluviatilis</i>	CR B2ab(iii,iv)
<i>Lemanea fucina</i>	CR B1ab(i,ii,iii,iv,v)c(iv)+2ab(i,ii,iii,iv,v)c(iv); C2a(i, ii)b; D; E
<i>Lemanea rigida</i>	CR B1ab(i,ii,iii,iv,v)+2ab(i,ii,iii,iv,v); C2a(i)
<i>Paralemanea annulata</i>	CR B2ab(i,ii,iii,iv,v)
<i>Paralemanea catenata</i>	CR B2ab(i,ii,iii,iv,v)
<i>Paralemanea torulosa</i>	CR B1ab(i,ii,iii,iv,v)+2ab(i,ii,iii,iv,v); C2a(i)
<i>Thorea hispida</i>	CR C2a(i); D
<i>Riverina rivularis</i>	VU E [NT]

Резултати процене категорије угрожености врста мрких алги у Републици Србији према критеријумима IUCN-a приказани су у Табели 70. Процена је показала да све три процењиване врсте припадају категорији CR (критично угрожена врста). Овој процени највише су допринели мали процењени обим распрострањења (ЕОО), мала реална површина насељавања (АОО), мали број налазишта, очекивано продужење опадања ЕОО и АОО, као и нарушавање квалитета станишта ових врста.

Табела 70. IUCN категорије угрожености мрких алги (Phaeophyceae) на подручју Србије

Врста	IUCN категорија у Србији
<i>Bodanella lauterborni</i>	CR B1ab(ii, iii,iv)+2ab(ii, iii,iv)
<i>Heribaudiella fluviatilis</i>	CR B1ab(iii,iv)+2ab(iii,iv); C2a(i)
<i>Porterinema fluviatile</i>	CR B1ab(i,ii,iii,iv,v)+2ab(i,ii,iii,iv,v); C2a(i, ii); D; E

4.6.2. Процена ризика од изумирања и приоритета конзервације на локалном нивоу применом модификованог модела ESHIPPO–*fma*

Резултати процене категорије угрожености таксона црвених алги у Републици Србији применом модификованог ESHIPPO–*fma* модела приказани су у Табели 71 и Прилогу 1. Резултати су показали да је код већине врста истакнут критичан ниво изумирања, што указује на степен приоритета конзервације 1. Умерен ризик од изумирања, односно степен приоритета конзервације 2, утврђен је за врсте *R. rivularis* и *P. torulosa*.

Табела 71. Резултати процене нивоа ризика изумирања и приоритета конзервације популација црвених алги према ESHIPPO–*fma* моделу

ESHIPPO– <i>fma</i> / таксон	<i>Bangia atropurpurea</i>	<i>Riverina rivularis</i>	<i>Lemanea fluvialis</i>	<i>Lemanea fucina</i>	<i>Lemanea rigida</i>	<i>Paralemanea annulata</i>	<i>Paralemanea catenata</i>	<i>Paralemanea torulosa</i>
Биотоп, надморска висина, тип екосистема	3	1	3	5	3	1	1	1
Екосистем тип, еколошка зона	3	1	3	5	3	1	5	5
Морфометрија биотопа и амбијент	5	1	3	5	5	5	5	3
Физички фактори	5	1	3	3	3	3	3	3
Хемијски фактори	3	3	3	3	3	3	3	3
Исхрана	1	1	1	1	1	1	1	1
Репродуктивна стратегија	3	1	5	5	5	5	5	5
Животни циклус	5	1	5	5	5	5	5	5
Ниво ендемизма	1	1	1	5	5	1	1	1
Изолација популација	5	5	5	5	5	5	5	5
Укупан резултат (ES)	34	16	32	42	38	30	34	32
Број локалитета	3	5	3	1	1	5	3	1
Процентуална покривност	1	3	3	3	1	3	3	3
Проценат присуства у заштићеним подручјима	1	3	1	5	1	5	1	5
Укупан резултат (PLAFMP)	5	11	7	8	3	13	7	8
Промене станишта – без фрагментације	5	3	3	3	3	3	3	1
Деструкција	5	3	5	3	3	3	3	1
Фрагментација и изолација станишта	5	3	3	1	3	3	3	1
Инвазивне врсте	1	1	1	1	1	1	1	1
Загађење (еутрофикација, органско загађење, токсично загађење, ацидификација, мешано загађење)	3	3	3	1	3	3	5	3
Раст популације	3	3	3	1	1	5	3	1
Експлоатација (антропогена, природна)	1	1	1	1	1	1	1	1
Укупан резултат (HIPPO)	23	17	19	11	15	19	19	9
Укупан резултат ESHIPPO–<i>fma</i>	62	44	70	61	56	62	60	49
Приоритет конзервације	1	2	1	1	1	1	1	2

Резултати процене категорије угрожености врста мрких алги у Републици Србији применом модификованог ESHIPPO–*fma* модела приказани су у Табели 72 и Прилогу 2. Резултати су показали да је за врсте *B. lauterborni* и *H. fluviatilis* установљен умерен ризик од изумирања, односно степен конзервације 2, док је *P. fluviatile* у категорији критичног нивоа изумирања, што указује на степен приоритета конзервације 1.

Табела 72. Резултати процене нивоа ризика изумирања и приоритета конзервације популација мрких алги према ESHIPPO–*fma* моделу

ESHIPPO– <i>fma</i> / таксон	<i>Bodanella lauterborni</i>	<i>Heribaudiella fluviatilis</i>	<i>Porterinema fluviatile</i>
Биотоп, надморска висина, тип екосистема	5	3	5
Екосистем тип, еколошка зона	5	1	5
Морфометрија биотопа и амбијент	5	3	5
Физички фактори	5	3	5
Хемијски фактори	5	3	3
Исхрана	1	1	1
Репродуктивна стратегија	1	1	3
Животни циклус	1	1	1
Ниво ендемизма	5	1	5
Изолација популација	5	5	5
Укупан резултат (ES)	38	22	38
Број локалитета	3	3	1
Процентуална покривност	1	1	1
Проценат присуства у заштићеним подручјима	5	5	5
Укупан резултат (ILAFMP)	8	8	7
Промене станишта – без фрагментације	1	3	1
Деструкција	1	3	3
Фрагментација и изолација станишта	1	1	1
Инвазивне врсте	1	1	5
Загађење (еутрофикација, органско загађење, токсично загађење, ацидификација, мешано загађење)	1	3	5
Раст популације	1	1	1
Експлоатација (антропогена, природна)	1	1	1
Укупан резултат (HIPPO)	7	13	12
Укупан резултат ESHIPPO–<i>fma</i>	53	43	57
Приоритет конзервације	2	2	1

4.6.3. Црвена листа црвених и мрких алги на подручју Србије

У Табели 73 приказана је Црвена листа са категоријама угрожености црвених и мрких алги на подручју Србије, која обухвата 10 врста са категоријом угрожености CR и једну врсту са категоријом угрожености VU.

Табела 73. Црвена листа црвених и мрких алги у Србији

Врста		IUCN категорија у Србији
Rhodophyta (црвене алге)	<i>Bangia atropurpurea</i>	Критично угрожена (CR)
	<i>Lemanea fluviatilis</i>	Критично угрожена (CR)
	<i>Lemanea fucina</i>	Критично угрожена (CR)
	<i>Lemanea rigida</i>	Критично угрожена (CR)
	<i>Paralemanea annulata</i>	Критично угрожена (CR)
	<i>Paralemanea catenata</i>	Критично угрожена (CR)
	<i>Paralemanea torulosa</i>	Критично угрожена (CR)
	<i>Thorea hispida</i>	Критично угрожена (CR)
	<i>Riverina rivularis</i>	Рањива (VU)
Phaeophyceae (мрке алге)	<i>Bodanella lauterborni</i>	Критично угрожена (CR)
	<i>Heribaudiella fluviatilis</i>	Критично угрожена (CR)
	<i>Porterinema fluviatile</i>	Критично угрожена (CR)

5. Дискусија

5.1. Црвене алге (Rhodophyta) Србије

5.1.1. Диверзитет црвених алги у Србији

Број таксона слатководних црвених алги у многим европским земљама и даље је непознат јер се нови записи углавном објављују у локалним часописима чија је видљивост понекад ограничена. Податке о диверзитету слатководних црвених алги у Европи објавили су Kwandrans и Eloranta (2010), где је дат списак од приближно 60 врста. Аутори истичу да је већи диверзитет забележен у земљама северне Европе у односу на земље централне и јужне Европе. Претпоставља се да веће богатство врста у Нордијским земљама, у односу на остатак Европе, представља последицу немогућности ширења њихових ареала, изазвану повећаном еутрофикацијом водених екосистема средње и јужне Европе (Eloranta и Kwandrans, 2002, 2007). Број од 15 таксона црвених алги забележених на подручју Србије до данас (Simić S. и Krizmanić, 2018; Mitrović и сар., 2018, 2019, 2021; Mitrović и Simić S., 2021; Rakonjac и сар., 2022; Sabovljević и сар., 2022, 2023; Tomović и сар., 2022, 2023, 2024; Rakonjac и Simić S., 2023; Trbojević и сар., 2024), при чему су сви раније публиковани налази врста рода *Batrachospermum* обухваћени групом *Batrachospermum sensu lato*, чини $\approx 6\%$ укупног диверзитета слатководних врста црвених алги на глобалном нивоу. У поређењу са бројем таксона у земљама југоисточне Европе, као што су Мађарска са девет врста (Kiss и Pelyhe, 2004), Хрватска са 18 врста без *Batrachospermum sensu lato* (Koletić и сар., 2020), Босна и Херцеговина са 15 врста (Šovran и сар., 2024), Црна Гора са седам таксона (Petković и Petković, 1976, 1991; Petković, 1980; Simić S. и Đorđević, 2011; Simić S. и сар., 2019в), Албанија са шест таксона (Kashta и Miho, 2016), Бугарска са 10 врста (Temniskova и сар., 2008) и Румунија са 15 таксона (Căraus, 2012), број таксона црвених алги у Србији сличан је са околним земљама. Међутим, како представници *Batrachospermum sensu lato* и две врсте рода *Lemanea* у Србији нису идентификовани до нивоа врсте, и како је претходно било идентификовано шест врста рода *Batrachospermum*, претпоставка је да је диверзитет ове групе алги у Србији већи. Да би се са сигурношћу утврдио диверзитет црвених алги у Србији, поред традиционалних морфолошких анализа, неопходно је и коришћење савремених метода молекуларне биологије.

Идентификација представника групе *Batrachospermum sensu lato* је често немогућа без молекуларних анализа, због чега Vis (2016) и Vis и Necchi (2021б) препоручују примену молекуларних анализа у циљу утврђивања филогеографије ових таксона на глобалном нивоу. Анализама ове групе црвених алги, које су биле засноване само на морфолошким и репродуктивним карактеристикама, идентификација до нивоа врсте у овој докторској дисертацији није била могућа. У узорцима сакупљеним са различитих локалитета, али и у оквиру истих популација, забележене су велике варијације у погледу морфолошких таксономских карактера (Табела 30, Табела 31), због чега идентификација до нивоа рода није била могућа ни за једну популацију.

У врелу Млаве и Дегурићком потоку, према литературним подацима, идентификоване су по две врсте рода *Batrachospermum* (Janković и Janković, 1962; Marinović, 1962а, б; Vodeničarov и сар., 1987; Simić S. и Ranković, 1998; Blaženčić и сар., 2002; Simić S., 2002), док је у извору реке Бање забележено пет врста овог рода (Marinović, 1962а, б; Vodeničarov и сар., 1987; Blaženčić и сар., 2002), при чему су по две врсте идентификоване од стране истих аутора. Резултати овог истраживања (Табела 30, Табела 31) сугеришу да се у извору реке Бање јављају две различите врсте ове групе алги, док се исто не може рећи за врело Млаве и Дегурићки поток. Вишегодишњим узорковањем на овим локалитетима нису запажене морфолошки различите популације. Vodeničarov и сарадници (1987) у Крупачком врелу бележе једну врсту рода

Batrachospermum, док су у овом истраживању забележена два морфолошки видно различита припадника *Batrachospermum sensu lato*, један на каменитој подлози, а други на акватичним биљкама (Табела 30, Табела 31, Табела 32).

Резултати ове докторске дисертације потврђују и тешкоће у идентификацији представника родова *Lemanea* и *Paralemanea* до нивоа врсте. Разликовање ових родова на основу морфолошких карактеристика прилично је једноставно (Vis и Sheath, 1992; Eloranta и Kwandras, 2007; Eloranta и сар., 2011), међутим, идентификација до нивоа врсте је тешка због не тако малих варијација таксономских карактеристика унутар ових родова (Kučera и Marvan, 2004). Разлике између врста унутар ових родова заснивају се на дужини талуса, ширини талуса у пределу нодуса и интернодуса, односу ширине нодуса и интернодуса (код рода *Paralemanea*), начину на који се стерилни базални део трансформише у фертилни део талуса (род *Lemanea*), присуству, одсуству и обилности гранања, као и облику и распореду сперматангијалних папила (Vis и Sheath, 1992; Kumano, 2002; Eloranta и Kwandras, 2007; Eloranta и сар., 2011). Међутим, Vis и Necchi (2021б) наводе да ове таксономске карактере, а нарочито гранање, треба поново размотрити. Додатно, ови аутори користе и географску дистрибуцију као секундарни таксономски карактер. Идентификација врста рода *Lemanea* у овој докторској дисертацији извршена је праћењем таксономских карактера описаних у претходно поменутој литератури, што је резултирало идентификацијом врста *L. fluviatilis*, *L. fucina* и *L. rigida*, при чему су врсте *L. fucina* и *L. rigida* први пут забележене у Србији. Међутим, морфолошке карактеристике талуса сакупљених у безименом потоку у Арбињу, Масуричкој реци и реци Вуневи нису се уклапале са литературним описима (Табела 45) (Kumano, 2002; Eloranta и Kwandras, 2007; Eloranta и сар., 2011; Vis и Necchi, 2021б). Талуси *Lemanea* sp. 2 су били тамне боје, закривљени, са релативно дугим стерилним базалним делом који се незнатно шири према фертилном делу талуса. Сперматангијалне папиле су углавном биле равне, ретко испупчене, а у пределу нодуса су углавном налажене 2-3 сперматангијалне папиле (Табела 45). Према Kumano (2002), Eloranta и Kwandras (2007) и Eloranta и сарадницима (2011), све претходно наведене карактеристике, изузев величине карпоспора, указују на врсту *Lemanea borealis* Atkinson. Vis и Necchi (2021б) истичу да је распон величине морфолошких и репродуктивних карактера ове врсте веома широк, при чему ситније јединке могу бити сличне врсти *Lemanea condensata* Israelson, док су крупније јединке сличне врсти *L. fluviatilis*. Разликовање *L. borealis* од *L. condensata* могуће је једино на основу података о ДНК секвенцама. За разликовање *L. borealis* од врсте *L. fluviatilis*, као секундарни карактер, користи се географска дистрибуција; *L. borealis* је распрострањена у Северној Америци, док је *L. fluviatilis* распрострањена у Европи (Vis и Necchi, 2021б).

У оквиру рода *Paralemanea*, за већину врста не постоје јасни таксономски карактери (Vis и Necchi, 2021б). Врсте *P. annulata*, *P. catenata* и *P. torulosa* имају исту географску дистрибуцију, али се *P. annulata* и *P. catenata* могу међусобно разликовати једино по ширини и облику сперматангијалних папила, које у пределу нодуса образују прстенове. Врста *P. annulata* се карактерише јасним, истакнутим, целим прстеном, док врста *P. catenata* има назубљен, широк или узак прстен (Vis и Sheath, 1992; Kumano, 2002; Eloranta и Kwandras, 2007; Eloranta и сар., 2011). Врста *P. torulosa* се од претходне две врсте, али и свих осталих врста овог рода, разликује по цевастом облику талуса који карактерише мала разлика у погледу ширине у пределу нодуса и интернодуса (Vis и Necchi, 2021б). Представници рода *Paralemanea* забележени на подручју Србије идентификовани су до нивоа врсте на основу претходно описаних морфолошких карактеристика.

Врста *P. mexicana*, забележена једино у Мексику, разликује се од других врста овог рода само на основу једног параметра – пршљенастог гранања (Vis и Sheath, 1992; Carmona и Necchi, 2002; Carmona и сар., 2013; Vis и Necchi, 2021b). Међутим, иако аутори истичу да је пршљенасто гранање карактеристика искључиво врсте *P. mexicana*, Simić S. и Đorđević (2017b) пршљенасто гранање (лажно гранање) бележе у популацијама *P. annulata* у Србији. У овом истраживању, лажно гранање забележено је у популацијама врсте *P. annulata* на локалитетима Белог Тимока, Јерме, Ресаве и Црног Тимока (Табела 48), у популацијама врсте *P. catenata* на локалитетима Вучјанке, Дојкиначке реке, Дрине, Млаве и Црног Тимока (Табела 52), али и у популацијама врсте *P. torulosa* на локалитетима Јеловичке реке и Јеловичког врела (Табела 56). Додатно, лажно гранање забележено је и у популацијама врста *L. fluvialis* (Власина, Велики Рзав, Голема река и Милешевка) (Табела 35), *L. fucina* (Вељушница) и *L. rigida* (Божички канал и Градска река) (Табела 42) (Mitrović и сар., 2021). На основу резултата истраживања ове докторске дисертације, претпоставка је да лажно гранање настаје као последица механичког оштећења талуса насталог услед испаше биљоједних макробескичмењака. На местима на којима су талуси оштећени услед испаше, долази до регенерације талуса што се испољава у виду пршљенастог гранања (Слика 28, Слика 47д-ђ). Истраживања Carro-Borrero и Carmona-Jiménez (2016) су показала да биљоједни макробескичмењаци као извор хране могу користити црвене алге, што доводи до оштећења њихових талуса, повећаног ослобађања и клијања карпоспора и формирања нових гаметофита. Због свега претходно наведеног, пршљенасто гранање не би требало користити као поуздан таксономски карактер за идентификацију до нивоа врсте, што истичу и Vis и Necchi (2021b).

Морфолошки и репродуктивни параметри врста *B. atropurpurea* и *R. rivularis* сакупљених у овом истраживању поклапали су се са описима из идентификационих кључева (Kumano, 2002; Eloranta и Kwandras, 2007; Eloranta и сар., 2011; Necchi и Vis, 2021b).

Thorea hispida је на подручју Србије налажена раније, углавном у великим рекама Војводине (Magnus, 1889; Guelmino, 1973; Simić S., 2002; Simić S. и Pantović, 2010; Simić S. и сар., 2014, 2015). Како су истраживања у овој докторској дисертацији била фокусирана на мање водотокове, са релативно малим бројем локалитета на великим рекама, популације *Th. hispida* током овог истраживања нису забележене. Додатно, на раније познатом локалитету врсте у Белом Тимоку (Simić S., 2002) током овог истраживања врста није пронађена, а уочена је интензивна експлоатација песка и шљунка.

5.1.2. Станишта црвених алги

На подручју Србије, црвене алге су у периоду од 1889. до 2017. године забележене на укупно 92 локалитета (Simić S. и Krizmanić, 2018). Од 2017. године, флористичка истраживања ове групе алги су била нешто интензивнија, а различити аутори пријављују присуство црвених алги на још 22 нова локалитета (Sabovljević и сар., 2022; Tomović и сар., 2022, 2023, 2024; Trbojević и сар., 2024). У току израде ове докторске дисертације, у периоду од 2017. до 2024. Године, црвене алге су забележене на укупно 114 локалитета (Табела 20) (Mitrović и сар., 2018, 2019, 2021; Mitrović и Simić S., 2021; Rakonjac и сар., 2022; Rakonjac и Simić S., 2023). Генерално гледајући до сада, црвене алге у Србији су забележене на укупно 215 локалитета и то: *B. atropurpurea* на 16 локалитета (Слика 11), *R. rivularis* на 48 локалитета (Слика 15), *Batrachospermum sensu lato* на 46 локалитета

(Слика 23), *L. fluviatilis* на 14 локалитета (Слика 29), *L. fucina* на једном локалитету (Слика 33), *L. rigida* на три локалитета (Слика 37), *Lemanea* sp. 1 на једном локалитету, односно на два локалитета *Lemanea* sp. 2 (Слика 44), *P. annulata* на 30 локалитета (Слика 48), *P. catenata* на 15 локалитета (Слика 52) и *P. torulosa* на седам локалитета (Слика 57).

Имајући у виду чињеницу да је допринос црвених алги у слатководној флори алги генерално низак и чини обично од 0,1 до 1,7% укупног броја врста (Sheath и Hambrook, 1990), очекиван мали број таксона црвених алги по локалитету је потврђен и у овом истраживању (Табела 20). На највећем броју локалитета забележен је само један таксон ове групе алги, док су на само 14 од 114 локалитета забележена по два таксона (Слика 8). Врсте *B. atropurpurea* и *L. fluviatilis* су забележене на истом локалитету реке Ресаве, али не истовремено. Исти је случај и са популацијама *R. rivularis* и *Batrachospermum sensu lato* које су у извору Бигар потока забележене у различитом периоду године.

Иако су, за потребе израде ове докторске дисертације, истраживања на локалитетима вршена више пута током неколико година, она нису обављана сезонски. Стога је важно нагласити да, иако црвене алге нису биле присутне на 340 локалитета (74,9%) у време узорковања, то не значи нужно да се оне на овим локалитетима не налазе. Међутим, овакав резултат истраживања може се приписати и негативним антропогеним притисцима који су на неким локалитетима били снажни, а станишта у великој мери загађена и деградирана. Да би се са сигурношћу могло тврдити каква станишта погодују слатководним црвеним алгама, неопходна су учесталија истраживања.

Популације *B. atropurpurea*, *R. rivularis*, *Batrachospermum sensu lato*, *L. fluviatilis*, *P. annulata*, *P. catenata* и *P. torulosa* нису пронађене на неким претходно познатим локалитетима (Слика 11, Слика 15, Слика 23, Слика 29, Слика 48, Слика 52, Слика 57), што не значи нужно да су популације ових врста нестале са датих станишта. Тако популације врсте *B. atropurpurea* нису пронађене на познатим локалитетима Гвоздачке реке (Обушковић и Обушковић, 1998), Нишаве (Andrejić и сар., 2010) и Трговишког Тимока (Simić S., 1996; Simić S. и Ranković, 1998). Популација ове врсте забележена је у Трговишком Тимоку, на локалитету који се налази неколико километара низводно од првог локалитета на коме је забележена (Mitrović и Simić S., 2021). На раније познатом локалитету Трговишког Тимока, приликом истраживања спроведених од 2017. до 2024. године, забележена је потпуна промена станишта у односу на некадашње стање, због чега се претпоставља да је врста нестала са овог и повукла се низводно на еколошки погодније станиште.

Што се представника *Batrachospermum sensu lato* тиче, са сигурношћу се може рећи да је пет станишта трајно изгубљено, док су три станишта девастирана услед различитих антропогених активности. Тако је локалитет на Власинском блату (Кошанин, 1908) трајно уништен формирањем Власинске акумулације, док је станиште на локалитету малог извора уз реку Градац (Veljić и Cvijan, 1993) трајно уништено каптажом овог извора. Локалитет на Батарској реци (Simić V. и сар., 2007) у специјалном резервату природе „Засавица“ изгубљен је након реинтродукције европског дабра, који је изградњом бране на реци потпуно променио еколошке услове станишта (Simić S. и Đorđević, 2017a). Приликом истраживања каптираног извора у Церовцу (близина Крагујевца) (Simić S. и Đorđević, 2017a) уочено је да је извор потпуно пресушио, због чега талуси *Batrachospermum sensu lato* нису забележени. Још једно изгубљено станиште је извор реке Црнице (Vodeničarov и сар., 1987; Blaženčić и сар., 2000, 2002; Simić S., 2002). Приликом теренских истраживања забележено је да је некадашњи изворишни део реке пресушио, а да вода сада извире испод стене, због чега је станиште

Batrachospermum sensu lato остало без воде. Потенцијално су изгубљена и станишта *Batrachospermum sensu lato* у Самоковској реци, Вапи и Рашкој реци (локалитет Пазариште) (Simić S. и Đorđević, 2017a), на којима је приликом истраживања у периоду од 2017. до 2024. године забележено јако загађење. Највећи интензитет загађења током истраживања забележен је на реци Рашки, где је на обалама, али и у самом кориту реке, на станишту *Batrachospermum sensu lato*, забележена велика количина чврстог отпада. Додатно, 100 m низводно од локалитета уочено је екстремно загађење реке настало као последица убацавања велике количине детерџената у реку приликом прања тепиха од стране локалног становништва. Више о факторима угрожавања слатководних црвених алги и њихових станишта приказано је у поглављу 5.3.1.

Специфични су и налази популација *Batrachospermum sensu lato* у вештачком каналу поред реке Милешевке, којим се вода из реке доводи до пастрмског рибњака, и у каптираном извору „Вучијска чесма“, који је у потпуности бетониран (Слика 24ђ). Овде је битно истаћи да је локалитет „Вучијска чесма“ истраживан месечно почев од 2021. године, при чему је врста забележена тек у јуну месецу 2024. године. У близини овог локалитета нема познатог станишта *Batrachospermum sensu lato*, а остаје питање на који начин је врста проширила свој ареал на овај локалитет.

Приликом овог истраживања, популације врсте *R. rivularis* у Драговиштици, Цветића потоку и потоку у Биоштанској бањи нису забележене (Слика 15), као ни популације врсте *L. fluviatilis* у Студеници (Simić S., 2002) и пастрмском рибњаку на Ресави (Simić S., 2007a) (Слика 29), популације *P. annulata* у Западној Морави, Бучевки, Ибру, Височици и Масурици (Слика 48), популација *P. catenata* у Нишави (Слика 52) (Simić S. и Đorđević, 2017b) и популације *P. torulosa* у Дрини (Слика 57) (Blagojević и сар., 2017). Овде се са сигурношћу једино може рећи да је станиште *L. fluviatilis* у пастрмском рибњаку на Ресави трајно нестало због затварања након пожара који се овде догодио пре више година. Врста *L. fluviatilis* је пронађена у горњем току реке Ресаве, али приликом истраживања у периоду од 2017. до 2024. није забележена на локалитетима у непосредној близини некадашњег рибњака.

Истраживања бројних аутора су показала да слатководне црвене алге насељавају потоке и реке, а нешто ређе изворе (Sheath и Hambrook, 1990; Eloranta и Kwadrans, 2007; Sheath и Vis, 2015; Necchi, 2016; Simić S. и Krizmanić, 2018). Приликом овог истраживања у Србији, црвене алге су такође најчешће налажене у потоцима и рекама, а нешто ређе у изворима (Mitrović и сар., 2018, 2019, 2021; Mitrović и Simić S., 2021; Rakonjac и сар., 2022; Rakonjac и Simić S, 2023). Забележене су у различитим типовима станишта према Lakušić и сарадницима (2022) (Табела 20).

5.1.3. Еколошки фактори који утичу на дистрибуцију црвених алги у Србији

Физички и хемијски параметри животне средине у акватичним екосистемима зависе од геологије самог подручја, надморске висине, морфометрије станишта, као и од нивоа антропогеног утицаја (Jakubas-Krzak и сар., 2023). У овом истраживању, резултати анализе главних компоненти (РСА) показали су издвајање шест статистички значајних главних компоненти, од чега су прве две, као најзначајније, коришћене за тумачење резултата. Прве две главне компоненте заједно објашњавају 35,69% укупне варијације фактора животне средине и присуство и дистрибуцију црвених и мрких алги на подручју Србије. Међутим, не можемо знати какве би резултате дала свеобухватнија анализа која би укључила и истраживане акватичне екосистеме на којима црвене и мрке алге нису забележене. Додатно, неколико таксона је забележено на по свега два или три

локалитета, због чега је незавидно дискутовати улогу срединских фактора у дистрибуцији појединих таксона црвених и мрких алги.

На основу РСА анализе, као значајни еколошки фактори издвојили су се надморска висина, електропроводљивост и тврдоћа воде, као и сатурација кисеоника, рН, ширина корита и степен осунчаности станишта. Иако је проценат релативно низак, ови еколошки фактори заправо добро одражавају дистрибуцију и екологију пре свега слатководних црвених алги (Eloranta и сар., 2011; Sheath и Vis, 2015; Necchi, 2016). Резултати РСА анализе су показали да се надморска висина, електропроводљивост и тврдоћа воде издвајају као три најзначајнија фактора по првој главној компоненти, док се као четири најзначајнија фактора по другој главној компоненти издвајају сатурација кисеоника, рН, ширина корита и степен осунчаности станишта (Табела 67). Раздвајање врста према овим факторима је уочљиво. По првој главној компоненти, са једне стране се издвајају врсте које су позитивно корелисане са надморском висином и негативно корелисане са електропроводљивошћу и тврдоћом воде, док се са друге стране издвајају врсте које су негативно корелисане са надморском висином и позитивно корелисане са електропроводљивошћу и тврдоћом воде (График 1). У првом случају, врсте се налазе на вишим надморским висинама и у условима ниске електропроводљивости и тврдоће воде, док су у другом случају врсте заступљене на нижим надморским висинама и у условима виших вредности електропроводљивости и тврдоће воде. По другој главној компоненти издвајају се врсте које су негативно корелисане са сатурацијом воде кисеоником, рН реакцијом воде, ширином корита и степеном осунчаности станишта, односно врсте које се налазе у условима ниже сатурације кисеоника и рН реакције воде, у водотоцима мање ширине корита и у условима мањег степена осунчаности станишта (График 1).

Таксон који се по првој главној компоненти јасно издваја у односу на друге врсте пронађене у Србији јесте *Lemanea* sp. 2 (График 1). С обзиром на то да ова алга није идентификована до нивоа врсте, не може се дискутовати да ли је таксон у Србији забележен у сличним или различитим условима у односу на литературне податке. У овом истраживању, *Lemanea* sp. 2 је пронађена на вишим надморским висинама и у условима ниских вредности електропроводљивости и тврдоће, а на њену дистрибуцију су делимично утицале и мања ширина корита и мања дубина воде, већа брзина протока воде и нижа температура, више концентрације и сатурација кисеоника и ниже вредности рН.

Врсте *L. fluviatilis* и *P. torulosa* издвајају се по првој главној компоненти као позитивно корелисане са брзином воде, концентрацијом и сатурацијом кисеоника и степеном осунчаности станишта, а делимично и са надморском висином и алкалном водом (График 1). Врста *P. torulosa* је забележена на јако малом броју локалитета, а о њеним еколошким преференцијама постоји мало података, док је врста *L. fluviatilis* забележена у широком опсегу еколошких услова (Eloranta и сар., 2016). За ову врсту је из литературе познато да насељава умерено брзе и алкалне воде (Dell'Uomo, 1981, 1986; Sabater и сар., 1989; Ceschin и сар., 2013). Међутим, Чемерис и Бобров (2009) и Eloranta (2019) је налазе у брзим водама и осунчаним стаништима, што је у складу са овим истраживањем (Mitrović и сар., 2021). У погледу концентрације и сатурације кисеоника, врста је налажена у широком опсегу (Eloranta и Kwandrans, 2002; Ceschin и сар., 2013), иако Sheath (1984), Sabater и сарадници (1989) и Necchi и сарадници (1999) истичу да врста преферира високе вредности ових параметара, што је у складу са резултатима овог истраживања. У погледу надморске висине, обе врсте су еуривалентне (Vis и сар., 1992; Eloranta и Kwandrans, 1996; Simić S., 2002, 2007a; Kučera и сар., 2008; Blagojević и сар., 2017; Tomović и сар., 2022). Анализа РСА је показала да ове врсте преферирају камениту

подлогу, али и да делимично преферирају мању дубину воде и ниже температуре, као и ниже вредности електропроводљивости и тврдоће воде. Ови резултати су делимично у сагласности са литературним подацима. Бројни аутори истичу да је врста *L. fluviatilis* еуривалентна у односу на температуру и електропроводљивост воде (Vis и сар., 1992; Eloranta и Kwadrans, 1996, 2002; Simić S. и Ranković, 1998; Simić S., 2002; Eloranta, 2019), као и да преферира тврду воду (Dell'Uomo, 1981, 1986; Sabater и сар., 1989; Ceschin и сар., 2013), док је врста *P. torulosa* на два локалитета у Србији забележена на дубини од 2,5 m (Blagojević и сар., 2017). Налаз на овој дубини могуће је објаснити променом нивоа воде услед регулисања протицаја путем ХЕ Перућац. У погледу трофије воде, бројна истраживања су показала да је врста *L. fluviatilis* осетљива на загађење (Newman и сар., 1997; Rott и сар., 1999; Gutowski и сар., 2004; Eloranta и Kwadrans, 2007), док је неки аутори налазе у умерено загађеним водама (Dell'Uomo, 1991). Резултати РСА анализе су показали да *L. fluviatilis* и *P. torulosa* преферирају воде сиромашне амонијум јоном, нитратима и ортофосфатима (График 1), иако је на једном станишту врсте *L. fluviatilis* забележена веома висока вредност концентрације нитрата (Табела 37).

Starmach (1984) истиче да су представници *Batrachospermum sensu lato* осетљиви и стеновалентни у односу на велики број параметара животне средине. Као главне факторе који утичу на њихов развој, дистрибуцију и сезонску динамику Starmach (1984) и Necchi и Pascoaloto (1993) истичу температуру и светлост. Поред температуре и светлости, Hambrook и Sheath (1991) издвајају и брзину протока воде и тип супстрата, док Hindák (1978) наводи и рН реакцију воде као битан фактор за представнике *Batrachospermum sensu lato*. Резултати РСА анализе показали су издвајање представника групе *Batrachospermum sensu lato* и по првој и по другој главној компоненти, при чему преферирају више вредности електропроводљивости и тврдоће воде, делимично и већу дубину воде, али ниже надморске висине, нижу температуру и мању дубину воде, мање реке и потоке, нижу рН вредност воде, мањи степен осунчаности станишта, као и ниже вредности концентрације и сатурације кисеоника (График 1). Ови резултати су у складу са литературним подацима (Starmach, 1977; Eloranta и Kwadrans, 2007; Чемерис и Бобров, 2009; Carmona-Jiménez, 2011; Ceschin и сар., 2013; Eloranta и сар., 2016; Simić S. и Đorđević, 2017a; Eloranta, 2019). Међутим, када је у питању толеранција представника групе *Batrachospermum sensu lato* на трофију воде, резултати бројних аутора су контрадикторни. Sheath (1984), Dell'Uomo (1970, 1981), Necchi и сарадници (1999), Carmona и сарадници (2004), Ceschin и сарадници (2013) и Simić S. и Đorđević (2017a) истичу да врста преферира чисте воде, сиромашне неорганским нутријентима, док Johansson (1982), Eloranta и Kwadrans (1996, 2002) и Rott и сарадници (1999) представнике групе *Batrachospermum sensu lato* налазе у водама широког спектра трофије. Резултати РСА анализе су показали да су представници ове групе у позитивној корелацији са неорганским нутријентима, забележени при нешто повишеним вредностима концентрација амонијум јона, нитрата и ортофосфата. Овде је важно истаћи да се, у односу на остале истраживане таксоне, представници *Batrachospermum sensu lato* могу развијати на широком спектру подлога, пре свега каменитим и шљунковитим, али и на бетону, акватичним биљкама, седри, песковитој и муљевитој подлози (Starmach, 1977; Sabater и сар., 1989; Simić S., 2002; Simić S. и Đorđević, 2017a), што је потврђено и овим истраживањем (Табела 32).

Резултати РСА анализе су показали јасно издвајање врсте *P. catenata* по другој главној компоненти, на основу преференције према већим рекама, већој ширини корита и дубине воде (График 1), што је у сагласности са литературним подацима (Kičera и Marvan, 2004; Carmona и сар., 2011). Подаци у литератури указују на преференцију врсте према осунчаним или делимично осунчаним стаништима, каменитим и стеновитим

подлогама, брзој или води умерене брзине протока, неутралним и слабо алкалним водама, као и високим вредностима концентрације и сатурације кисеоника (Vis и Sheath, 1992; Carmona и Necchi, 2002; Kučera и Marvan, 2004; Carmona и сар., 2011; Simić S. и Đorđević, 20176), што је сагласно са резултатима овог истраживања. Исти аутори истичу да се врста може наћи у широком опсегу температуре. Резултати PCA анализе су показали да врста показује преференције према вишим температурама воде. Доступни литературни подаци указују да је врста забележена при вредностима електропроводљивости до $420 \mu\text{S cm}^{-1}$, у умерено тврдим водама (Vis и Sheath, 1992; Simić S. и Đorđević, 20176). У овом истраживању, врста је показала преференције према вишим вредностима електропроводљивости ($590 \mu\text{S cm}^{-1}$) и умереној тврдоћи воде. Када је у питању трофичност, Carmona и сарадници (2011) и Simić S. и Đorđević (20176) ову врсту налазе у водама богатим неорганским хранљивим материјама, што је показало и ово истраживање.

Врсте *L. rigida* и *P. annulata* издвајају се по другој главној компоненти и, слично врстама *L. fluviatilis* и *P. torulosa*, преферирају камениту подлогу, велику брзину протока воде, веће вредности концентрације и сатурације кисеоника, као и већи степен осунчаности станишта (График 1), што је у сагласности са резултатима Чемерис и Бобров (2009), Eloranta и сар. (2016), Simić S. и Đorđević (20176) и Eloranta (2019). Међутим, Vis и Sheath (1992) и Carmona-Jiménez (2011) врсту *P. annulata* налазе на каменитим подлогама, али у условима умерене брзине протока воде. Резултати PCA анализе су показали да је дистрибуција ових врста делимично уловљена нижим вредностима електропроводљивости, тврдоће и pH реакције воде. Сличне резултате су добили Vis и Sheath (1992), Чемерис и Бобров (2009), Simić S. и Đorđević (20176) и Eloranta (2019), при чему Чемерис и Бобров (2009) и Eloranta (2019) врсту *L. rigida* налазе у благо киселој води, док у киселој води врсту *P. annulata* налазе Vis и Sheath (1992) и Carmona-Jiménez (2011). У овом истраживању, PCA анализа је показала делимичну позитивну корелацију врста са надморском висином и температуром. Врста *L. rigida* је налажена у водама умерене температуре, на дубини до 0,5 m (Eloranta, 2019; Šovran и сар., 2024), док је у овом истраживању налажена на незнатно вишој температури, али на значајно мањој дубини воде. Врста *P. annulata* је налажена у широком опсегу температуре (Vis и Sheath, 1992; Carmona-Jiménez, 2011; Simić S. и Đorđević, 20176), што је добијено и у овом истраживању. Анализа PCA је показала и да су врсте у негативној корелацији са концентрацијама амонијум јона, нитрата и ортофосфата, иако су на појединим локалитетима измерене повишене вредности ових неорганских супстанци.

Резултати PCA анализе су показали незнато издвајање врсте *R. rivularis* (График 1), што је и очекивано обзиром да је врста налажена у широком спектру еколошких фактора (Sheath и Hambrook, 1988; Schmedtje и сар., 1998; Eloranta и Kwadrans, 2004, 2007, 2012; Simić S., 20086; Ceschin и сар., 2013; Cantonati и Lowe, 2014; Jakubas и сар., 2014; Jakubas и Gąbka, 2015; Blagojević и сар., 2017; Jakubas-Krzak и сар., 2023; Rybak и Woyda-Płoszczyca, 2024). Досадашња истраживања су показала да је дистрибуција врсте блиско повезана са типом супстрата (стене, камење) (Krawiec, 1935; Starmach, 1969; Eloranta и Kwadrans, 2004; Caisová, 2006; Simić S., 20086; Carmona-Jiménez, 2011; Jakubas и сар., 2014; Blagojević и сар., 2017), што је потврђено и овим истраживањем, мада неки аутори врсту налазе и на вештачким супстратима (Nichols, 1965; Stoyneva и сар., 2003; Jakubas и сар., 2014). Дистрибуција врсте је према неким ауторима блиско повезана и са великом брзином воде (Krawiec, 1935; Nichols, 1965; Starmach, 1982; Eloranta и Kwadrans, 2004, 2012; Simić S., 20086; Jakubas и сар., 2014; Laplace-Tretyure и сар., 2014; Jakubas и Gąbka, 2015). Међутим, неки аутори указују на блиску повезаност дистрибуције врсте са малом брзином протока воде (Żelazna-Wieczorek и Ziulkiewicz,

2008; Ceschin и сар., 2013), док други аутори врсту налазе у широком опсегу вредности овог еколошког фактора (Sheath и Hambrook, 1988; Eloranta и Kwadrans, 2007; Carmona-Jiménez, 2011; Cantonati и Lowe, 2014), при чему Jakubas-Krzak и сар. (2023) указују да је оптимална брзина протока воде за њен развој од $0,7 \text{ m s}^{-1}$ до 1 m s^{-1} . Иако је врста *R. rivularis* у овом истраживању забележена у широком опсегу вредности брзине протока воде, резултати PCA анализе су показали негативну корелацију са овим фактором. Литературни подаци показују преференцију врсте према засенченим или делимично засенченим стаништима (Krawiec, 1935; Starmach, 1982; Necchi и Zucchi, 2001; Eloranta и Kwadrans, 2004; Ceschin и сар., 2013; Jakubas и сар., 2014; Blagojević и сар., 2017), што је установљено и у овом истраживању. Jakubas и сарадници (2014) су показали и велику корелацију врсте са високим вредностима pH реакције воде, док други аутори врсту бележе у широком опсегу вредности овог фактора, од благо киселих до базних вода (Starmach, 1969, 1982; Rott и сар., 1999; Sheath и Sherwood, 2002; Eloranta и Kwadrans, 2004; Simić S., 20086; Żelazna-Wieczorek и Ziulkiewicz, 2008; Carmona-Jiménez, 2011; Ceschin и сар., 2013; Jakubas и сар., 2014; Blagojević и сар., 2017; Eloranta, 2019). Резултати PCA анализе су показали малу корелацију са ниским вредностима pH, али је врста бележена искључиво у алкалним водама. Мала негативна корелација је утврђена и за фактор ширина корита, док је мала позитивна корелација утврђена за фактор дубина воде, што је у сагласности са литературним подацима (Ceschin и сар., 2013; Jakubas и сар., 2014; Jakubas-Krzak и сар., 2023). У погледу концентрације и сатурације кисеоника, врста је бележена у широком опсегу вредности ових параметара (Simić S., 20086; Jakubas и сар., 2014; Blagojević и сар., 2017; Jakubas-Krzak и сар., 2023; Rybak и Woyda-Ploszczyca, 2024). Резултати PCA анализе су показали јаку негативну корелацију са овим факторима. Међутим, важно је напоменути да су све популације у Србији пронађене у условима добро аерисане воде. У овом истраживању, утврђена је и јака позитивна корелација са електропроводљивошћу и тврдоћом воде, али и са концентрацијама амонијум јона, нитрата и ортофосфата. Слично овим резултатима, Carmona-Jiménez (2011) *R. rivularis* налазе у високим вредностима електропроводљивости, Rott и сарадници (1999) и Jakubas-Krzak и сарадници (2023) ову врсту налазе у условима умерених вредности електропроводљивости, док је Eloranta (2019) налази у веома ниским вредностима овог фактора. У тврдим водама, у каквим је пронађена у овом истраживању, бележе је и Israelsson (1932), Sheath и Sherwood (1990), Eloranta и Kwadrans (1996) и Jakubas-Krzak и сарадници (2023). У овом истраживању је потврђена преференција врсте према стаништима благо обогаћеним неорганским хранљивим материјама. Иако је неки аутори налазе у водама сиромашним овим материјама (Schmedtje и сар., 1998; Ceschin и сар., 2013), бројни аутори истичу да врста добро подноси загађење (Dell'Uomo, 1991; Rott и сар., 1997, 1999; Eloranta и Kwadrans, 2004; Gutowski и сар., 2004; Jakubas-Krzak и сар., 2023), при чему Schmedtje и сарадници (1998) истичу да је еколошки оптимум врсте мезотрофна вода. Додатно, *R. rivularis* је често налажена у урбаним и вештачким екосистемима, који су под јаким утицајем антропогених активности (Nichols, 1965; Peerapornpisal и сар., 2006; Żelazna-Wieczorek и Ziulkiewicz, 2008; Jakubas и сар., 2014; Jakubas-Krzak и сар., 2023). Литературни подаци показују да је *R. rivularis* еуривалентна у односу на надморску висину и температуру воде (Chudyba, 1970; Eloranta и Kwadrans, 2007; Simić S., 20086; Carmona-Jiménez, 2011; Jakubas и сар., 2014; Sheath и Vis, 2015; Blagojević и сар., 2017; Eloranta, 2019). Међутим, Jakubas-Krzak и сарадници (2023) у Пољској бележе повлачење ареала врсте у екосистеме нижих надморских висина и већих температура воде, вероватно као последицу адаптације на климатске промене. Сличне резултате добили су и Rybak и Woyda-Ploszczyca (2024), који су утврдили да *R. rivularis* свој максимум раста и развоја има на температурама од $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ до $45 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Резултати PCA анализе у овом истраживању су

показали умерену корелацију врсте са нижом надморском висином и малу корелацију са вишим вредностима температуре воде. У Србији је последњих година такође уочено интензивно ширење ареала ове врсте, али су популације на већем броју локалитета биле мале. Додатно, већи број локалитета био је под јаким негативним утицајем антропогених активности, о чему ће више речи бити у поглављу 5.3.1.

Еколошки услови на локалитетима *B. atropurpurea* били су доста слични (Табела 23, Табела 24), због чега РСА анализа није издвојила утицај било ког анализираних фактора на дистрибуцију врсте (График 1). Литературни подаци указују на преференцију врсте на камениту подлогу и умерену брзину протока воде (Čado, 1977; Starmach, 1977; Sabater и сар., 1989; Simić S. и Ranković, 1998; Sheath и Sherwood, 2002; Simić S., 2002, 2008a; Ceschin и сар., 2013), што је потврђено и овим истраживањем. Gargiulo и сарадници (1996) као кључне еколошке факторе који утичу на раст, дистрибуцију и сезонску динамику врсте истичу температуру и количину доступне светлости. Међутим, бројни аутори врсту бележе како у хладним, тако и у топлијим водама (Sabater и сар., 1989; Simić S. и Ranković, 1998; Simić S., 2008a; Andrejić и сар., 2010; Ceschin и сар., 2013), у условима потпуне осунчаности, делимичне засенчености и потпуне засенчености станишта (Simić S. и Ranković, 1998; Sheath и Sherwood, 2002; Simić S., 2008a; Ceschin и сар., 2013). Notoya и Iijima (2003), Barinova (2013) и Kipp и сарадници (2021) истичу да се врста најбоље развија на температурама од 5 °C до 15 °C. Врста је налажена у води широког спектра електропроводљивости (Sheath и Cole, 1980; Sabater и сар., 1989; Rott и сар., 1999; Simić S. и Ranković, 1998; Simić S., 2008a; Andrejić и сар., 2010; Barinova, 2013; Ceschin и сар., 2013) и умерено тврдим водама (Ceschin и сар., 2013), при чему Sheath (1987) истиче да је за њен раст и развој неопходна вредност електропроводљивости $>180 \mu\text{S cm}^{-1}$. *B. atropurpurea* преферира добро аерисане и благо алкалне воде (Sabater и сар., 1989; Simić S., 2008a; Ceschin и сар., 2013), мада је у Србији забележена и у водама благо киселе реакције (Andrejić и сар., 2010). Што се трофичности екосистема тиче, врста је бележена у водама сиромашним неорганским супстанцама (Sládeček, 1973; Dell'Uomo, 1991; Gutowski и сар., 2004; Tardella и сар., 2009; Ceschin и сар., 2013), али и у мезотрофним и еутрофним водама (Sheath и Cole, 1984; Sabater и сар., 1989; Rott и сар., 1997, 1999; Eloranta и Kwadrans, 1996, 2002, 2004). У овом истраживању врста је пронађена у опсегу литературних података о еколошким факторима.

5.1.4. Заједнице црвених алги са другим алгама

Као што је претходно поменуто, слатководне црвене алге налажене су у заједници са различитим представницима цијанобактерија (Simić S., 2002; Simić S. и Đorđević, 20176) и зелених алги (Matonićkin и Pavletić 1960; Petrovska, 1966; Simić S., 2002, 2008a; Ceschin и сар., 2013; Shea и сар., 2014; Simić S. и Đorđević, 20176; Rodríguez-Flores и Carmona-Jiménez, 2018), али и са представницима жутозелених (Simić S., 2002; Simić S. и Đorđević, 20176), златних (Kashta и Miho, 2016) и мрких алги (Skuja, 1925; Budde, 1927; Zimmermann, 1927; Fritsch, 1929; Geitler, 1932; Waern, 1938; Kann, 1966; Holmes и Whitton, 1977a, б; Sabater и сар., 1989; Kusel-Fetzmann 1996; Dell'Uomo, 2001; Stoyneva и сар., 2003; Jakubas и сар., 2014; Koletić и сар., 2018; Täuscher и Krumbiegel, 2020; Trbojević и сар., 2024). Резултати ове докторске дисертације су показали да се слатководне црвене алге најчешће јављају у заједници са другим таксонима црвених алги и са зеленим алгама. С обзиром на то да су црвене алге, осим у заједници са другим таксонима ове групе алги, налажене у заједници са 22 таксона представника цијанобактерија, жутозелених, златних, силикатних, мрких, зелених алги и

пршљенчица, било би преобимно дискутовати сваку заједницу појединачно. Зато ће у наставку бити више речи о две најзначајније заједнице откривене у овом истраживању.

Слатководна кораста црвена алга *R. rivularis* релативно често је налажена у заједници са слатководном корастом мрком алгом *Heribaudiella fluviatilis* (Täuscher и Krumbiegel, 2020). Ову заједницу први је описао Fritsch (1929) као заједницу *Hildenbrandia-Lithoderma*, док су Täuscher и Krumbiegel (2020) променили назив заједнице у *Hildenbrandia rivularis-Heribaudielletum fluviatilis* Fritsch 1929 corr. Täuscher 2020. С обзиром да су последњим филогенетским истраживањима слатководни представници рода *Hildenbrandia* пребачени у новоописани род *Riverina* (Vieira и сар., 2024), неопходна је промена имена заједнице у *Riverina rivularis-Heribaudielletum fluviatilis*.

Ова заједница је често бележена у северној и централној Европи (Skuja, 1925; Budde, 1927; Fritsch, 1929; Geitler, 1932; Waern, 1938; Kann, 1966; Holmes и Whitton, 1977а, б; Kusel-Fetzmann, 1996), док су у јужној Европи ове две врсте углавном налажене одвојено (Margalef, 1953; Anagnostidis, 1968; Lazar, 1975; Sabater и сар., 1989; Dell'Uomo, 2001). На подручју Балкана, ова заједница налажена је једино у Бугарској (Stoyneva и сар., 2003), Хрватској (Koletić и сар., 2018) и Србији (Sabovljević и сар., 2023; Trbojević и сар., 2024). Литературни подаци указују да у овој заједници *H. fluviatilis* често расте преко талуса *R. rivularis* (Budde, 1927; Fritsch, 1929; Geitler, 1932; Kusel-Fetzman, 1996). У овој докторској дисертацији, заједница је забележена на два локалитета, при чему је у Ракитској реци забележено да се *R. rivularis* развија преко талуса *H. fluviatilis* (Слика 18а), док је у реци Темштици забележено да се *H. fluviatilis* развија преко талуса *R. rivularis* (Слика 18б). На оба локалитета, забележено је и да се врсте развијају и одвојено, при чему је покривност *H. fluviatilis* била већа од покривности *R. rivularis*.

Täuscher и Krumbiegel (2020) су недавно дали детаљан извештај о појави ове заједнице у Немачкој, истичући важност сваког њеног налаза за очување биодиверзитета и станишта ових врста, са чиме су сагласни и Trbojević и сарадници (2024). Чињеница да се ове две врсте јављају и независно једна од друге, указује на специфичност њихових сопствених еколошких ниша, што је показала и анализа главних компоненти (РСА). Међутим, иако резултати овог истраживања нису показали преклапање срединских фактора одговорних за њихову појаву у акватичним екосистемима Србије, чињеница да се ове две врсте на глобалном нивоу често јављају у заједници сугерише да се њихове еколошке нише знатно преклапају. Овде је битно напоменути да је од 2008. године до данас, *R. rivularis* забележена на преко 50 локалитета у Србији (Simić S., 2008б; Blagojević и сар., 2017; Rakonjac и сар., 2022; Rakonjac и Simić S., 2023; Tomović и сар., 2023; Trbojević и сар., 2024), али је заједница *Hildenbrandia rivularis-Heribaudielletum fluviatilis* забележена на свега три локалитета.

Друга интересантна заједница пронађена у овом истраживању јесте заједница *Paralemanea-Hydrurus*. Овде је битно истаћи да ово није први налаз заједнице представника родова *Lemanea* и *Paralemanea* и златне алге *H. foetidus* (Mitrović и сар., 2021), међутим, оно по чему се ова заједница издваја од до сада описаних је да се у овој заједници *H. foetidus* развија епифитски на талусима *P. catenata* и *P. torulosa* (Rakonjac и Simić S., 2024б).

Макроскопска колонијска алга *H. foetidus* је широко распрострањена на северној хемисфери (Bursa, 1934; Canter-Lund и Lund, 1995; Klaveness, 2017), али је њена дистрибуција условљена ниском температуром воде (Rott и сар., 2000, 2006а; Cantonati и сар., 2012, 2016; Rott и Schneider, 2014; Klaveness, 2019). Јавља се у различитим

климатским условима, с тим што се у умереним климатским регионима јавља од касне зиме до раног пролећа, у периоду године када се конкурентске бентосне алге још увек не развијају. Како температура воде расте, долази до доминације конкурентских алги и макробескичмењака у текућим екосистемима, и до нестајања ове златне алге (Rott и сар., 2006б). У изворишним деловима акватичних екосистема, стабилност станишта обезбеђује одрживе услове за развој ове врсте, због чега врста из ових станишта не нестаје већ континуирано колонизује епилитски супстрат током целе године (Cantonati и сар., 2016). Као што је претходно речено, врста *H. foetidus* је хладностенотермна врста, а оптимална температура за њен раст и развој је између 2 °C и 12 °C (Bursa, 1934; Kristiansen, 2005; Nicholls и Wujek, 2015), док се температура изнад 16 °C сматра леталном за врсту (Bursa, 1934; Kann, 1978; Canter-Lund и Lund, 1995; Remias и сар., 2013; Klaveness, 2019). Према Bursa (1934), Kann (1978) и Canter-Lund и Lund (1995), када температура воде током летњих месеци достигне 16 °C, талуси *H. foetidus* почињу да пропадају и нестају. Како температура воде у јесен почне да опада, талуси почињу да се развијају и за кратко време достижу велику бројност (Uehlinger и сар., 1998; Kristiansen, 2005). Међутим, Машић и сарадници (2020) су недавно ову врсту забележили на температури од 19,9 °C. У овом истраживању, популације *H. foetidus* су забележене у Дојкиначкој и Јеловичкој реци. Иако су у питању високопланинске реке, температура воде у њима приликом истраживања била је >18 °C. Управо у овим условима забележен је и епифитски развој *H. foetidus* на талусима *P. catenata* и *P. torulosa* (Rakonjac и Simić S., 2024б). Литературни подаци показују да се ова златна алга често јавља у заједници са цијанобактеријама, црвеним, жутозеленим и филаментозним зеленим алгама (Petković, 1980; Simić S., 2002; Kashta и Miho, 2016; Stanković и Lietner, 2016; Koletić и сар., 2017), али никада није забележен њен епифитски развој на другим макроалгама. У периоду узорковања, талуси *P. catenata* и *P. torulosa* били су углавном оштећени, вероватно због испаше акватичних макробескичмењака, што је омогућило да се *H. foetidus* закачи за талусе *P. catenata* и *P. torulosa* и развије на тим оштећеним деловима. На овај начин, тражећи склониште међу талусима *Paralemanea*, *H. foetidus* се штити од високе инсолације током летњих месеци. Ово би могла бити стратегија преживљавања врсте током високих температура, али и начин прилагођавања на утицаје климатских промена. Овде је такође битно напоменути да епифитски развој врсте *H. foetidus* није забележен на талусима цијанобактерије *Nostoc* sp. у Дојкиначкој реци, као ни на маховинама у Јеловичкој реци.

5.2. Мрке алге (Phaeophyceae) Србије

5.2.1. Диверзитет мрких алги у Србији

Мрке алге несумњиво представљају најмање разноврсну групу слатководних алги, која према Wehr (2015, 2016), Eloranta и сарадницима (2011), Dittami и сарадницима (2020) и Guiry и Guiry (2024), обухвата шест родова и седам врста. Ове алге први пут су у Србији забележене приликом овог истраживања. Три врсте, колико је забележено у Србији (Simić S. и сар., 2019а; Sabovljević и сар., 2023; Rakonjac и Simić S., 2024а), чине 42,86% укупног познатог диверзитета ове групе алги на глобалном нивоу (Guiry и Guiry, 2024).

Упркос релативно дугој историји истраживања ове групе алги, стварни диверзитет слатководних представника још увек није у потпуности познат (Wehr, 2015, 2016; Eloranta и сар., 2011). Разлог вероватно лежи у чињеници да су талуси ове групе алги прилично једноставне морфологије и малих димензија, а својим изгледом могу да

подсећају на макроскопске агрегације цијанобактерија, силикатних алги или пак на лишајеве (Holmes и Whiton, 1975), због чега често бивају занемарени приликом теренских истраживања (Wehr, 2015). Додатно, идентификација слатководних мрких алги још увек се заснива на морфолошким и репродуктивним карактеристикама јер методологија молекуларно-генетичких анализа за ову групу алги још увек није довољно развијена. Бројни покушаји ДНК баркодирања (McCauley и Wehr, 2007; Draisma и сар., 2001, 2010, Silberfeld и сар., 2014) нису могли у потпуности да разјасне филогенетске односе неких представника ове групе алги (Wehr, 2015).

Молекуларно-генетичке анализе у којима су коришћени гени 18S rDNA и *rbcL* су се показале корисним за разјашњавање филогенетских односа великог броја морских мрких алги (Assali и сар., 1990; Andersen и сар., 1998; Müller и сар., 1998; Peters и Ramírez, 2001; Draisma и сар., 2001, 2002; Burrowes и сар., 2003). Међутим, што се слатководних представника мрких алги тиче, добијање жељених секвенци ових гена, али и *psbC* гена, применом ланчане реакције полимеразе (PCR), је углавном неуспешно (Draisma и сар., 2001). McCauley и Wehr (2007) и Draisma и сарадници (2010) у својим радовима истичу да коришћење дужих секвенци циљаних гена углавном не даје жељене резултате, због чега је за добијање PCR продуката неопходно коришћење мањих фрагмената гена. У овом истраживању, према препоруци McCauley и Wehr (2007) и Draisma и сарадника (2010), коришћене су различите комбинације прајмера (различитих дужина секвенци) *rbcL* и *psbC* гена. Међутим, применом различитих комбинација прајмера ових гена и протокола за PCR реакцију, амплификација жељених секвенци није била успешна и PCR продукти пластидне ДНК нису добијени. Истраживања ове групе алги у Србији ће и у наредном периоду бити оријентисана на дизајнирање нових прајмера и наставак молекуларно-генетичких анализа.

Иако су последња истраживања донекле решила филогенетски положај врста *B. lauterborni* и *H. fluviatilis* (de Reviers и сар., 2015), филогенетски положај врсте *P. fluviatile* у оквиру класе Phaeophyceae још увек је неизвестан (Wehr, 2015). Међутим, Draisma и сарадници (2010) истичу да је за смештање слатководних мрких алги у више таксономске категорије неопходно много више података о великом броју секвенци различитих гена.

Све претходно поменуте студије бавиле су се разјашњавањем филогенетских односа слатководних мрких алги унутар класе Phaeophyceae, док истраживања са фокусом на идентификацију таксона ове групе алги комбинацијом савремених молекуларних и традиционалних морфолошких анализа не постоје. Истраживања McCauley и Wehr (2007) су показала да род *Heribaudiella* нема монофилетско порекло. На основу секвенци *rbcL* гена доказано је да се популације *H. fluviatilis* из Канаде разликују од популација врсте из Немачке, при чему су популације врсте из Немачке показале велику филогенетску повезаност са врстом *B. lauterborni*. Ова филогенетска блискост претходно поменутих врста један је од разлога зашто су неки аутори мишљења да је врста *B. lauterborni* стадијум у развоју врсте *H. fluviatilis*, о чему ће више речи бити у наставку овог поглавља. Стога ће планирани наставак истраживања филогенетских односа *B. lauterborni* и *H. fluviatilis* у Србији покушати да разјасни пре свега однос између ових врста.

Приликом првог проналаска *B. lauterborni* и *H. fluviatilis*, макроскопске агрегације обе врсте личиле су на макроскопске агрегације цијанобактерија (Слике 60 и 64), док су у наредним узорковањима врсте *H. fluviatilis* бележене типичне макроскопске агрегације описане у литератури (Слика 65).

Врста *B. lauterborni*, која се сматра једном од најређих алги на глобалном нивоу, позната је само из дубоких језера (дубина >15 m), где расте на стеновитим подлогама (Eloranta и сар., 2011; Wehr, 2015). Сходно томе, налаз ове алге у дрвеном коританцету кроз који се вода из извора доводи за пиће, био је неочекиван. Након поновљених узорковања, детаљне анализе сакупљеног материјала и прегледа доступне литературе, врста је идентификована. Wehr (2015) талусе ове алге описује као базалне или пузеће филаменте који на стеновитим подлогама формирају макроскопске агрегације у виду малих браон јастучића, док Geitler (1928) описује псеудопаренхиматичне дискове изграђене од пузећих једноосовинских и често неправилно гранатих филамената. У литератури, ћелије талуса су неправилног облика (јајасте, овалне, квадратне, угаоне, заобљене) (Wehr, 2015). У овом истраживању талуси врсте су пронађени у виду браонкасто црних јастучастих превлака чврсто причвршћених за дрвену или камениту подлогу, изграђени од богато неправилно гранатих полеглих филамената (Rakonjac и Simić S., 2024a). Ћелије су биле цилиндричне и овалне, али нешто дуже и шире од ћелија описаних у литератури. Завршне танке и кратке длаке, забележене само у материјалу из културе (Müller и Geller, 1978) у овом истраживању нису забележене. Као што је раније поменуто, репродуктивни циклус ове врсте је недовољно познат. У доступним литературним описима, унилокуларне спорангије са око 16 планоспора по спорангији забележене су само у култури (Eloranta и сар., 2011). Никакве репродуктивне структуре нису забележене у узорцима сакупљеним у овом истраживању, што доводи до закључка да се популације у Србији вероватно размножавају само вегетативно.

Врста *H. fluviatilis* према доступној литератури образује корасте талусе са заобљеним или неправилним, али изразитим рубовима, маслинастобраон или браон боје (Eloranta и сар., 2011; Wehr, 2015). Први пронађени талуси ове врсте у Ракитској реци били су у облику дебелих, тамних до готово црних кора (Слика 64). Талуси су покривали читаву површину осушеног камена, 15 cm изнад нивоа воде. Овај неочекиван макроскопски изглед врсте, налик на макроскопске агрегације неких цијанобактерија, према Wehr (2015) представља последицу изложености талуса ваздуху услед чега фукани постају оксидирани и потамне. Приликом следећег узорковања, на локалитету Ракитске реке, али и на осталим локалитетима, пронађени су типични корасте талуси *H. fluviatilis* (Слика 65), али макроскопски изглед као приликом првог узорковања никада више није забележен. На локалитетима је забележено и да се појединачни талуси понекад преклапају и на тај начин прекривају читаву површину камените подлоге. Ћелије филамената су биле нешто дуже и шире од ћелија описаних у доступној литератури (Eloranta и сар., 2011; Wehr, 2015).

Животни циклус већине слатководних мрких алги није довољно познат, а подаци о њиховој морфологији и репродукцији су непотпуни, уз бројне нејасноће у њиховом развојном циклусу (Wehr, 2015, 2016). Тако, на пример, на основу сличности у морфолошким карактеристикама и филогенетске повезаности, неки аутори сугеришу да би врста *B. lauterborni* могла бити морфолошка варијанта врсте *H. fluviatilis* (McCauley и Wehr, 2007; Wehr, 2015). Са тим у вези учињени су покушаји разјашњавања њихове класификације и филогеније, што је резултирало закључком да су ове две врсте генетички прилично повезане (McCauley и Wehr, 2007; Draisma и сар., 2001, 2010, Silberfeld и сар., 2014; de Reviers и сар., 2015). Међутим, питање да ли је *B. lauterborni* морфолошка варијанта врсте *H. fluviatilis* још увек није разјашњено и према Guiry и Guiry (2024), оне се третирају као две одвојене врсте. На основу опсежних морфолошких анализа сезонски прикупљених узорака ових врста, током трогодишњих истраживања у Србији, није утврђено да је *B. lauterborni* морфолошка варијанта *H. fluviatilis* (Sabovljević и сар., 2023; Rakonjac и Simić S., 2024b). Штавише, ове две врсте се морфолошки веома

разликују (Табела 60, Табела 63). Талуси *B. lauterborni* налажени су у виду јастучастих превлака, микроскопски гледано састављени од лабаво повезаних, богато и неправилно гранатих филамената (Слика 61), док су талуси *H. fluviatilis* били корасте, микроскопски гледано изграђени од неправилно гранатих филамената, густо распоређених у неколико слојева (Слика 66). Стога, резултати овог истраживања сугеришу да талуси *B. lauterborni* и *H. fluviatilis* макроскопски, као и микроскопски, изгледају потпуно другачије, али ће даља молекуларна анализа покушати да допринесе разјашњавању њиховог таксономског статуса.

Врста *P. fluviatile* је такође таксономски недовољно истражена. Додатно, кроз историју алголошких истраживања помиње се неколико синонима врсте, што читав род *Porterinema* чини проблематичним (Wehr, 2015). Врста је првобитно описана као *Streblonema fluviatile* (Porter, 1894). Након тога, Waern 1946. године у приобалним водама архипелага Орегрунд проналази алгу коју идентификује као *P. fluviatile*, да би потом упоредио свој налаз са налазом Porter-а и закључио да се ради о истим врстама (Waern, 1952). Belcher (1959) је сакупио сличну алгу и идентификовао је као *Apistonema pyrenigerum*. Jaasund (1965) из горњег сублиторала фјорда у северној Норвешкој проналази морску популацију рода *Porterinema* и описује врсту *P. marina*, која се од врсте *P. fluviatile* разликује на основу веће уједначености филамената и мањих варијација у величини, као и по типу станишта. Додатно, како је врста пронађена као ендوفита у морским мрким алгама *Punctaria plantaginea* (Roth) Greville и *Dictiosiphon chordaria* Areschoug, Jaasund (1965) сматра да се врста разликује од свих већ описаних. Dop (1979) и Rhodes (1972) ове две врсте сматрају конспецифичним, при чему је *P. marina* синоним за *P. fluviatile*. Gerloff (1967) је описао врсту *Pseudobodanella peterfii*, која је такође идентична врсти *P. fluviatile* (Wehr, 2015). Последњи у низу је налаз Geitler-а (1970) који је у језеру Нежидер у Аустрији сакупио примерке које је идентификовао као *Apistonema expansum*. Након тога, Dop (1979), Bourrelly (1981) и Kusel-Fetzman (2014) сугеришу да су ранији налази *A. pyrenigerum*, *A. expansum* и *P. marina* синоними врсте *P. fluviatile*. Према Guiry и Guiry (2024) род *Porterinema* је монотипски род, са врстом *P. fluviatile*.

Талуси врсте *P. fluviatile* сакупљени са локалитета у Србији били су изграђени од лабаво спојених и неправилно разгранатих филамената (Simić S. и сар., 2019a). Ћелијске длаке описане у Eloranta и сарадници (2011) и Wehr (2015) нису забележене у овом истраживању, али су вршне ћелије филамената биле издужене и постепено се сужавале ка врху (Simić S. и сар., 2019a). У доступној литератури не постоје подаци о облику и димензијама вегетативних ћелија младих филамената, али су описане веће, овалне вегетативне ћелије (Porter, 1894; Waern, 1952; Rautenberg, 1960; Jaasund, 1965; Reith, 1969; Geitler, 1970; Wilce и сар., 1970; Dop, 1979, Eloranta и сар., 2011; Wehr, 2015). У овом истраживању први пут је дат детаљан опис младих вегетативних ћелија, док су се облик и величина овалних ћелија у овом истраживању поклапали са литературним описима (Simić S. и сар., 2019a).

Према доступним литературним подацима, једини забележени тип репродукције ове врсте је бесполно бифлагелатним планоспорама које се образују углавном у плурилокуларним, а ређе у унилокуларним спорангијама (Eloranta и сар., 2011; Wehr, 2015). Неки аутори истичу да је идентификација *P. fluviatile* заснована управо на јединственим плурилокуларним спорангијама облика круне, изграђеним од четири ћелије (Porter, 1894; Waern, 1952; Rautenberg, 1960; Jaasund, 1965; Reith, 1969; Geitler, 1970; Wilce и сар., 1970; Dop, 1979). У популацији сакупљеној у Србији забележене су само интеркаларне плурилокуларне спорангије изграђене од четири до осам (ређе 16)

ћелија (Simić S. и сар., 2019a). Више од четири ћелије у плурилокуларним спорангијама бележе и Dor (1979) и Kusel-Fetzman (2014). Dor (1979) такође наводи да код ове врсте постоје два типа прилично различитих плурилокуларних спорангија. Интеркаларни тип спорангија настаје одвајањем ћелија чији ћелијски зид на крају окружује целу плурилокуларну спорангију, док је терминални тип спорангија у облику круне и настаје као резултат цепања ћелија, при чему се четири лабаво повезане ћелије (споре) јављају на заједничкој дршци. Плурилокуларне спорангије се углавном развијају у великом броју, док су унилокуларне спорангије ретке (Wehr, 2015). У материјалу сакупљеном у врелу Млаве унилокуларне и терминалне плурилокуларне спорангије нису забележене, док су интеркаларне спорангије биле веома честе (Simić S. и сар., 2019a). Према истраживањима Dor-а (1979), повишена концентрација хлорида у води утиче на раст и структуру талуса, као и на образовање спорангија, али не утиче на тип спорангија. Поред бесполог размножавања бифлагелатним планоспорама, у популацији у Србији је по први пут забележено бесполо размножавање апланоспорама (Слика 71) (Simić S. и сар., 2019a). У вегетативним ћелијама апикалних филамената долази до поделе протопласта на два до седам делова, и до формирања ћелијског зида око сваког од ових делова док су још увек у вегетативној ћелији. На овај начин настају непокретне апланоспоре које се у спољашњу средину ослобађају пуцањем ћелијског зида. Размножавање апланоспорама представља нови тип бесполог размножавања за врсту (Simić S. и сар., 2019a).

5.2.2. Станишта мрких алги и еколошки фактори који утичу на дистрибуцију ових алги у Србији

Подаци о дистрибуцији и еколошким преференцијама *B. lauterborni* и *P. fluviatile* су прилично оскудни, док за најчешће налажену врсту слатководних мрких алги, *H. fluviatilis*, постоји знатно више података (Eloranta и сар., 2011; Wehr, 2015).

Сви досадашњи налази *B. lauterborni* су из глацијалних субалпијских језера, формираних на карстном терену, на надморским висинама од 395 m до 750 m (Müller, 2002; Teubner и Dokulil, 2002). Литературни подаци говоре да су сва ова језера била олиготрофна. Од првог проналазка врсте у Боденском језеру 1925. године (Zimmermann, 1927), услови животне средине у овом језеру су се драстично променили, пре свега због појаве инвазивне врсте слатководних шкољки *Dreissena polymorpha* (Pallas), али и због повећања концентрације фосфата, и сходно томе, повећане продукције фитопланктона у овом језеру (Kinzelbach, 1972). Након примећене еутрофизације, Међународна комисија за заштиту Боденског језера је 1964. године, са циљем поновног успостављања олиготрофног статуса воде, започела спровођење програма пречишћавања отпадних вода у сливном подручју језера, који је имао велики успех (Müller, 2002; Petri, 2006). Међутим, последњи покушаји да се врста пронађе у њеном типском станишту током 2017-2019. године били су неуспешни (Schütz и сар., 2021). Стога, након скоро 100 година од њеног првог проналазка у Боденском језеру, Schütz (2019) у Црвеној књизи црвених и мрких алги Баден-Виртемберга наводи да је врста локално изумрла на типском локалитету, због чега је питање њеног присуства у преостала три језера постало круцијално. Нажалост, неки подаци сугеришу да су се услови животне средине и у ова три језера променили, такође као последица еутрофизације, због чега је опстанак популација у природи постао упитан (Schütz и сар., 2021). Исти аутори наводе да би се материјал из колекције културе могао користити за реинтродукцију врсте у Боденско језеро, међутим, проблем инвазивне врсте *D. polymorpha*, а у последње време нове инвазивне врсте *D. rostriformis* Andrusov, готово је немогуће решити. Због тога ови аутори сматрају да реинтродукција ове врсте вероватно не би била успешна. Откриће *B.*

lauterborni у Србији, у три извора на Власини, несумњиво показују да врста није изумрла у природи.

У Србији, резултати РСА анализе су показали да *B. lauterborni* преферира више надморске висине, веома ниску температуру воде, малу дубину воде и ширину корита, као и услове високе концентрације и сатурације кисеоника, ниских вредности електропроводљивости и тврдоће воде, и благо алкалне воде (График 1). Станиште у којем је врста пронађена није „типично“ станиште ове врсте, мада је врста, према доступним литературним подацима, забележена на свега четири локалитета, а еколошки услови у којима је пронађена нису детаљно описани. Из литературе је познато да врста преферира дубока језера и камениту подлогу, као и нижу температуру и услове смањене светлости или њено потпуно одсуство (Geitler, 1928; Kann 1982a, б; Müller и Geller, 1978; Eloranta и сар., 2011; Wehr, 2015). Налази у Србији су из потпуно другачијих станишта у односу на до сада описана, с тиме да се може рећи да је врста хладностенотермна (Rakonjac и Simić S., 2024a). Оно што је специфично за налазе ове врсте у Србији јесте да је на два локалитета пронађена на дрвеном коританцету којим је вода спроведена за пиће, на свега 5 cm дубине, док је на трећем локалитету пронађена у траговима на камењу и у муљу, такође на дубини од 5 cm, при чему је у овом извору коританце којим је вода спроведена за пиће било изграђено од пластике. У литератури је такође познато да врста преферира олиготрофне воде, што је потврђено и у овом истраживању.

Налази врсте *B. lauterborni* у три извора на Власини представљају њено прво откриће у југоисточној Европи и Србији уопште, као и пето откриће на глобалном нивоу, у условима животне средине потпуно другачијим од до сада описаних. Иако мрке алге у копненим водама насељавају углавном потоке и реке, њихова појава је не тако ретко бележена и у изворима (Wolle, 1885; Stoyneva и сар., 2003; Wehr, 2015; Koletić и сар., 2018). Могућа веза потенцијално лежи у томе да је геолошка подлога на којој је врста до сада налажена и геолошка подлога на којој је пронађена у Србији, изграђена је од кристаластих шкриљаца (Dragišić, 1997). Додатно, појаву *B. lauterborni* у ова три извора могуће је објаснити и тиме што је на овим просторима у плеистоцену постојало природно језеро (Cvijić, 1896).

Подаци о географској дистрибуцији и екологији врсте *P. fluvatile* такође су веома оскудни. Према доступним литературним подацима, врста је забележена на ≈14 локалитета у Аустрији (Kusel-Fetzmann, 2014), Балтичком мору (Nielsen и сар., 1995; Kontula и Fühapter, 2012), Енглеској (John и сар., 2011), Немачкој (Eloranta и сар., 2011), Шведској (Waern, 1952), Норвешкој (Jaasund, 1965), Холандији (Eloranta и сар., 2011), на Гренланду (Pedersen, 2011) и у Северној Америци (Wehr, 2016). Већина ових налаза била је у бракичним водама, док је мали број популација забележен у морској и слаткој води (Simić S. и сар., 2019a).

Након проналаска у архипелагу Орегрунд, врста *P. fluvatile* је дуго сматрана бракичном врстом (Waern, 1952). Међутим, каснији налази у слатководним и морским екосистемима указују на то да је ова врста изузетно толерантна на промене салинитета (Eloranta и сар., 2011; Wehr, 2016; Simić S. и сар., 2019a). Према Eloranta и сарадницима (2011), представници слатководних мрких алги преферирају неутралне до слабо алкалне воде. Јављају се у водама различитог степена трофије, од олиготрофних до еутрофних, али нису толерантни на органско загађење. У литератури нема довољно података о еколошким преференцама *P. fluvatile* према трофији воде, али Kusel-Fetzmann (2014) наводи да је врста забележена у еутрофној води језера Нежидер. У Србији, врста је забележена у слатководном крашком врелу реке Млаве, у чистој, слабо алкалној и

тврдој, добро аерисаној води, високе електропроводљивости, у условима незнатно повишене концентрације ортофосфата (Simić S. и сар., 2019a).

Према Eloranta и сарадницима (2011), слатководне мрке алге се у текућим водама боље развијају у условима смањене светлости. Додатно, Kusel-Fetzmann (2014) наводи да *P. fluviatile* преферира засенчене делове акватичних екосистема. Стога, проналазак врсте на дубини од 20 m у врелу реке Млаве, у условима потпуног одсуства светлости, подржава литературне наводе.

Налаз врсте *P. fluviatile* у подземној води врела реке Млаве представља први локалитет у југоисточној Европи и Србији уопште, у условима животне средине потпуно другачијим од до сада описаних. Врста *P. fluviatile* налажена је у каналима (Rhodes, 1972; Dor и Vroman, 1976; McCauley и Wehr, 2007), потоцима (Gerloff, 1967), рибањацима (Dor и Vroman, 1976), шљункарама (Belcher, 1959), мочварама (Rhodes, 1972; Wilce и сар., 1970), језерима (Gerloff, 1967; Geitler, 1970; Kusel-Fetzman, 2014), фјордовима (Jaasund, 1965), естуарима (Porter, 1894; Wilce и сар., 1970) и морима (Waern, 1952). У Србији, врста је забележена у потопљеном сифонском каналу врела Млаве, у узорку фитопланктона (Simić S. и сар., 2019a). Како је према претходно поменутих аутора врста *P. fluviatile* бентосна алга, која може да расте епилитски, епифитски, ендофитски, али и епизоично, претпоставка је да је приликом узорковања врста откинута са стеновите подлоге зидова сифонског канала. Друга теорија је да је врста подземним водама донета са другог, за сада непознатог станишта, чиме би се објаснила чињеница да алга није поново пронађена током наредних десетогодишњих истраживања (Simić S. и сар., 2019a).

Међу представницима слатководних мрких алги, врста *H. fluviatilis* има највећи ареал распрострањења, али је он ограничен на северну хемисферу (Wehr, 2015). Иако је ареал распрострањења релативно широк, врста је забележена на малом броју међусобно удаљених локалитета у Европи, Северној Америци, Русији, Јапану и Кини (AlgaeBase, <https://www.algaebase.org>), због чега се сматра ретком врстом (Wehr, 2016).

Ова врста је и даље на глобалном нивоу недовољно истражена и са аспекта екологије. У истраживањима спроведеним за потребе израде ове докторске дисертације, РСА анализа је показала да врста преферира више надморске висине и већу брзину протока воде, као и ниже вредности електропроводљивости и тврдоће воде (График 1). Међутим, у реци Нери, ова врста је забележена и на нижој надморској висини (80 m) и у условима виших вредности електропроводљивости ($288 \mu\text{S cm}^{-1}$) и тврдоће воде (203 mg L^{-1}) (Trbojević и сар., 2024). Koletić и сарадници (2018) је такође налазе у условима виших вредности електропроводљивости (од $239 \mu\text{S cm}^{-1}$ до $844 \mu\text{S cm}^{-1}$). Бројни аутори истичу да *H. fluviatilis* преферира тврде воде (Jakubas-Krzak и сар., 2023; Täuscher и Krumbiegel, 2020), што овим истраживањем није потврђено. Што се брзине протока воде тиче, у литератури је познато да она преферира већу брзину протока воде, што је у складу са резултатима ове докторске дисертације (Stoyneva и сар., 2003; Jakubas-Krzak и сар., 2023; Wehr, 2015; Koletić и сар., 2018; Trbojević и сар., 2024). Бројни аутори истичу да *H. fluviatilis* преферира камениту подлогу, добро аерисане и алкалне воде, док је у погледу температуре еуривалентна (Koletić и сар., 2018; Täuscher и Krumbiegel, 2020; Jakubas-Krzak и сар., 2023). У овом истраживању, РСА анализа је показала да је ова врста позитивно корелисана са каменитом подлогом, концентрацијом и сатурацијом кисеоника, а негативно корелисана са температуром и рН реакцијом воде, ширином корита и дубином воде, као и неорганским хранљивим материјама. Неки аутори истичу да се јавља у β - до α -мезосапробним условима (Täuscher и Krumbiegel, 2020; Jakubas-Krzak и сар., 2023), док други напомињу да је индикатор ниских концентрација

неорганских нутријената (Wehr, 2015; Wehr и сар., 2019). Koletić и сарадници (2018) *H. fluviatilis* налазе у различитом опсегу концентрација амонијум јона, нитрата и ортофосфата, док Scheider и Lindstrøm (2011) истичу да је индикатор ниских концентрација укупног фосфора. У погледу степена осунчаности станишта, РСА анализа је показала да она преферира осунчана станишта, што је у сагласности са резултатима Koletić и сарадника (2018) и Trbojević и сарадника (2024), али супротно резултатима Täuscher и Krumbiegel (2020) и Jakubas-Krzak и сарадника (2023) који истичу да врста преферира услове засене.

Генерално, подаци о географској дистрибуцији и екологији слатководних мрких алги су веома оскудни, због чега су се дуго времена ове алге сматрале ретким (Eloranta и сар., 2011; Wehr, 2015). Међутим, најновија истраживања показују да ова група алги није толико ретка, већ да је прилично занемарена приликом теренских истраживања, и сходно томе недовољно узоркована (Wehr и сар., 2013, 2019; Koletić и сар., 2018). У Србији, подаци о диверзитету и дистрибуцији мрких алги су у порасту, услед интензивних алголошких истраживања последњих година (Simić S. и сар., 2019a; Sabovljević и сар., 2023; Rakonjac и Simić S., 2024a). Сходно томе, аутор ове докторске дисертације подржава ово мишљење и истиче да би у југоисточној Европи диверзитет и дистрибуција слатководних мрких алги могли бити већи, а њихов ареал распрострањења шири од до сада познатог, али је неопходно предузети систематична теренска истраживања.

5.2.3. Заједнице мрких алги са другим алгама

Слатководне мрке алге налажене су у заједници са цијанобактеријама, црвеним и зеленим алгама (Zimmermann, 1927; Budde, 1927; Jao, 1944; Waern, 1952; Holmes и Whitton, 1977a, б; Wehr и Stein, 1985; Kann, 1993; Kusel-Fetzmann, 1996; Stoyneva и сар., 2003; Wehr и Perrone, 2003; Wehr и сар., 2013; Koletić и сар., 2018; Täuscher и Krumbiegel, 2020; Sabovljević и сар., 2023; Trbojević и сар., 2024). Резултати ове докторске дисертације су показали да се слатководне мрке алге најчешће јављају у заједници са зеленим и црвеним алгама (Табела 58).

Heribaudiella fluviatilis, како је претходно речено, често је налажена у заједници са корастом црвеним алгом *R. rivularis* (Täuscher и Krumbiegel, 2020; Sabovljević и сар., 2023; Trbojević и сар., 2024). Ова врста је такође забележена у заједници и са другим бентосним макроскопским агрегацијама, углавном представницима црвених алги родова *Audouinella*, *Bangia* и *Lemanea* (Wehr, 2015; Koletić и сар., 2018), али и са цијанобактеријама родова *Schizothrix*, *Homoeothrix* и *Nostoc*, као и зеленом алгом *Chaetophora pisiformis* (Roth) C. Agardh (Wehr, 2015). У овој докторској дисертацији, врста је забележена у заједници са црвеним алгама *R. rivularis*, *Paralemanea annulata*, зеленим алгама *Cladophora* sp, *Gongrosira* sp., *Ulothrix* sp. и *U. zonata*, док је на једном локалитету забележена у заједници са цијанобактеријом рода *Nostoc* (Табела 58).

5.3. Угроженост и заштита црвених и мрких алги на подручју Србије

5.3.1. Фактори угрожавања црвених и мрких алги и њихових станишта на подручју Србије

Висок степен угрожености црвених и мрких алги на подручју Србије у великој мери је, поред малог броја популација или малог броја јединки у популацијама, проистекао и као последица уоченог нарушавања квалитета станишта које ове алге насељавају.

На подручју Србије, акватични екосистеми се налазе под интензивним антропогеним притисцима, пре свега због загађења различитог типа (неорганско, органско, токсично), деградације, модификације и нестанка станишта, прекомерне експлоатације песка и шљунка, уношења инвазивних врста и патогена, туризма и рекреације, као и климатских промена (Simić S. и сар., 2010, 2019б, 2020, 2021а, б, 2022, 2023, 2024; Stojanović и сар., 2017; Ristić и сар., 2018; Simić V. и сар., 2020; Jakovljević O. и сар., 2021а, б, 2024; Mitrović и Simić S., 2021; Mitrović и сар., 2021; Milićević и сар., 2024). Све наведене активности утичу негативно на целокупан живи свет акватичних екосистема, укључујући и црвене и мрке алге.

На територији Србије рађена су бројна истраживања црвених алги, али без детаљног евидентирања потенцијалних угрожавајућих фактора, осим у раду Simić S. и сарадника (2010). Оно што посебно забрињава је да су угрожавајући фактори забележени на стаништима строго заштићених врста, већином унутар граница заштићених природних подручја различитих категорија. Како је у уводном делу поменуто, 10 врста црвених алги је на списку у Прилогу 1 Правилника о проглашењу и заштити строго заштићених и заштићених дивљих врста биљака, животиња и гљива (Службени гласник РС, бр. 5/2010, 47/2011, 32/2016 и 98/2016), чијим чланом 4 је прописано да се заштита ових врста спроводи забраном коришћења, уништавања и/или предузимања свих активности које могу на било који начин угрозити врсте и/или њихова станишта. Иако је Правилник донет још 2010. године, приликом израде хидробиолошких студија и давања услова од стране надежних институција, строго заштићене црвене алге до сада нису праћене на адекватан начин. У овом истраживању, на стаништима црвених и мрких алги забележени су умерени до јаки антропогени угрожавајући фактори.

5.3.1.1. Комуникациона и саобраћајна инфраструктура

Исушивањем и измештањем корита река, због изградње саобраћајне инфраструктуре, трајно се уништавају станишта ретких и угрожених врста алги и других водених организама. Тако је, за потребе изградње аутопута Милош Велики, станиште црвене алге *R. rivularis* у месту Доња Горевница трајно уништено. Наиме, након измештања корита реке, станиште врсте на овом локалитету је потпуно деградирано, а врста није поново забележена.

5.3.1.2. Антропогени притисци и сметње – рекреативне активности

Проблем туризма и рекреације у Србији посебно је изражен у заштићеним подручјима. Изградњом скистаза на планинама које се налазе у оквиру националних паркова и заштићених подручја (Копоник, Тара, Стара планина), уништавају се станишта многих угрожених, ретких и/или заштићених врста, укључујући и слатководне

алге. Изградња инфраструктуре за потребе смештаја, транспорта и рекреативних активности туриста доводи до загађивања акватичних екосистема услед, врло често, директног изливања канализационих отпадних вода. Додатно, станишта црвених и мрких алги бивају девастирана каптирањем извора и формирањем хидроаккумуляција које служе за вештачко оснеживање скистаза. Излетишта су углавном позиционирана поред извора, потока и река, а због несавесних туриста, велика количина отпада остављеног дуж обала временом доспева у акватичне екосистеме и додатно нарушава њихов квалитет (Simić S. и сар., 2010, 2016, 2019, 2020, 2021a, б, 2022, 2023, 2024).

У оквиру националног парка Копаоник, на станишту *Batrachospermum sensu lato* у Самоковској реци, забележено је уливање отпадних канализационих вода. Додатно, на локалитету у овој реци на којем Simić S. (2002) први пут бележи *Batrachospermum sensu lato*, приликом истраживања спроведених од 2019. до 2024. године, талуси ове алге нису забележени. Simić S. и сарадници (2024) на овом локалитету 2024. године бележе пену на површини воде, што указује на могућност загађења услед директног испуштања отпадних канализационих вода. На врелу Млаве, које је заштићено природно добро и станиште црвене алге *Batrachospermum sensu lato* и мрке алге *P. fluvatile*, уочено је директно уливање отпадних канализационих вода из мотела смештеног на левој обали. Излетишта, која су углавном позиционирана поред извора, потока и река, посебно су угрожена због несавесних туриста који за собом остављају велике количине отпада дуж обала. Овај отпад временом доспева у акватичне екосистеме и доводи до нарушавања њиховог квалитета (Simić S. и сар., 2010).

5.3.1.3. Модификације природних система

Модификације акватичних екосистема забележене су на већем броју станишта црвених алги у Србији, које се пре свега односе на изградњу МХЕ, али и изградњу ХЕ, каптирање извора и експлоатацију шљунка, песка, седре и камења.

Највеће негативне последице изграђених МХЕ у Србији забележене су на Ибру и његовим притокама, Студеници, Јошаничкој и Самоковској реци (Ristić и сар., 2018; Simić S. и сар., 2021a) и Љубовиђи (Milićević и сар., 2024). У овој докторској дисертацији, негативне последице изграђених МХЕ забележене су на Црновршкој реци, Млави, Брусничкој реци, Самоковској реци, Власини и Градској реци. У Црновршкој реци је забележен драстичан пад бројности популације *P. annulata*, која је у овој реци била стабилна пре изградње МХЕ. Исти случај је и са популацијом *P. catenata* у реци Млави. У Брусничкој реци, након изградње МХЕ, популација *B. atropurpurea* је драстично смањена, док је популација *R. rivularis* још увек стабилна. Популација *L. rigida* забележена низводно од МХЕ на Градској реци била је изузетно мала, што се поред негативног утицаја МХЕ може приписати и негативном утицају локалног становништва, који се огледа у виду немарног одлагања отпада различитог порекла на обале и у само корито реке, али и у виду испуштања отпадних канализационих вода у корито реке. Највећи негативан утицај МХЕ свакако је забележен на реци Власини, на којој је до сада изграђено девет МХЕ. На локалитету узводно од МХЕ „Горње Гаре 1“ констатована је стабилна популација *L. fluvatilis*. Међутим, низводно је речно корито било у потпуности девастирано, и бентосне макроалге нису налажене. На реци Ресави, узводно од станишта *B. atropurpurea* и *L. fluvatilis*, изграђен је водозахват за МХЕ. У тренутку узорковања, популације обе врсте су биле стабилне, а будућа истраживања ће показати да ли ће се утицај МХЕ, и на који начин, испољити на популације ових врста. Релативно мала популација *B. atropurpurea* забележена је у Голијској Моравици у

периоду изградње МХЕ на овој реци, узводно од бране МХЕ. Локалитет на коме је ова алга забележена још увек није потопљен водозахватом изграђене МХЕ, али уколико до тога дође, једино познато станиште *B. atropurpurea* у овој реци биће трајно изгубљено.

Поред изградње МХЕ, изградња великих брана и хидроелектрана (ХЕ) такође негативно утиче на слатководне макроалге. Иако у Србији постоји велики број ХЕ, црвене алги и промене њихових популација на таквим стаништима до сада нису проучаване. Прва истраживања заједница алги пре пуњења акумулације ХЕ „Сврачково“ вршена су у мају месецу 2018. године у оквиру пилот-истраживања научно-истраживачког друштва студената биологије и екологије „Јосиф Панчић“, када је први пут у овој реци забележена популација *L. fluviatilis*. Прва интензивна истраживања заједница алги читавог тока ове реке урађена су 2021. године (Simić V. и сар., 2021). Ова истраживања су показала да пуњењем акумулације, чија изградња је у току, станиште црвене алге *L. fluviatilis* ће бити у потпуности поплављено, што ће довести до губитка једног од малог броја станишта ове врсте у Србији.

Последњих деценија, у Србији је приметан тренд каптирања извора за потребе водоснабдевања, наводњавања или вештачког оснеживања (Dragović и сар., 2014). У погледу угрожавајућег дејства каптирања извора на угрожене црвене и мрке алге, најзначајнији су бетонски објекти каптаже који у потпуности девастирају станиште, услед чега долази до потпуног уништавања живог света. Тако је каптирањем извора уз реку Градац трајно уништено станиште припадника групе *Batrachospermum sensu lato*. Врста пронађена у овом извору, првобитно описана као *Batrachospermum ectocarpum* (Veljić и Свијан, 1993), строго је заштићена Правилником (Службени гласник РС, бр. 5/2010, 47/2011, 32/2016 и 98/2016). Током истраживања спроведених за потребе израде ове докторске дисертације, локалитети на којима је *B. ectocarpum* раније забележен истраживани су сезонски, при чему ова врста није пронађена ни на другом познатом локалитету, у реци Власини (Nikitović и Laušević, 1999). На овом локалитету реке Власине забележено је екстремно загађење настало као последица изградње викенд насеља на обалама Власинске акумулације и директног испуштања канализације у акумулацију преко Цветкове реке. Каптирање извора и формирање хидроакумулација за потребе вештачког оснеживања скистаза забележено је на Барској реци, у оквиру националног парка Копаоник. Барска река представља још једно станиште алги из групе *Batrachospermum sensu lato* у овом националном парку, а узимање воде са извора реке може довести до смањеног водостаја или потпуног пресушивања ове реке, што може резултирати нестајањем припадника групе *Batrachospermum sensu lato* са овог станишта.

Интензивна експлоатација песка и шљунка, као фактор угрожавања црвених алги, забележена је у Белом Тимоку на локалитету Минићево, где су 2020. и 2021. године забележене црвене алге *R. rivularis* и *P. annulata*. Као последица тога, речно корито је девастирано, што довело до тога да приликом истраживања 2022. и 2023. популација врсте *P. annulata* није поново забележена, док је присуство врсте *R. rivularis*, која је мање осетљива на промене животне средине, забележено. Додатно, управо прекомерна експлоатација шљунка, али и бујичне воде након интензивних падавина, условиле су промену корита реке и девастације целог станишта црвене алге *Th. hispida* у Белом Тимоку, на локалитету у близини Зајечара (Simić S., 2002). Последњих пар година, поред експлоатације песка и шљунка, на локалитетима црвених алги забележено је извлачење седре и камења из река, такође за потребе грађевинске индустрије, што доводи до угрожавања специфичних станишта у крашким рекама Србије. Овај тренд је нарочито приметан у реци Грзи, у чијем извору су пронађени талуси представника групе *Batrachospermum sensu lato*. У самом кориту реке Грзе, која је заштићено природно добро

(споменик природе), забележена је интензивна изградња потпорних зидова, али и изградња различитих грађевина на обали реке, при чему се за њихову изградњу користе седрени блокови извучени из реке.

5.3.1.4. Инвазивне и друге проблематичне врсте, гени и заразе

Угрожавајући фактор по црвене и мрке алге, иако не тако чест, су и инвазивне врсте. Њихов посредан утицај забележен је у врелу Млаве, станишту црвене алге из групе *Batrachospermum sensu lato* и мрке алге *P. fluviatile*. У ово врело је самоиницијативно убачена алохтона калифорнијска пастрмка (*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum)), која се гаји за потребе ресторана мотела Врело (Mitrović, 2015). Као пример утицаја проблематичних аутохтоних врста може се навести случај реинтродукције европског дабра (*Castor fiber* Linnaeus), који је 2004. године реинтродукован у Батарску реку, на подручју специјалног резервата природе Засавица. Управо у Батарској реци налази се једино познато станиште представника групе *Batrachospermum sensu lato* на подручју Војводине. Ова алга је у Батарској реци први пут забележена 1999. године, а 2002. године је овај налаз потврђен (Simić V. и сар., 2007). Међутим, након реинтродукције европског дабра, услед његове активности дошло је до формирања бране, што је довело до потпуне промене станишта у морфометријском и хидроеколошком погледу, па након тога талуси *Batrachospermum sensu lato* више нису забележени у Батарској реци (Simić V. и сар., 2007; Simić S. и Đorđević, 2017a).

5.3.1.5. Загађење

Као посебан угрожавајући фактор црвених и мрких алги на подручју Србије издваја се загађење, настало као последица вишедеценијске глобализације, урбанизације и индустријализације (Walsh и сар., 2005; Dudgeon и сар., 2006). Угроженост водотокова огледа се пре свега у уливу велике количине отпадних канализационих вода оптерећених органским и неорганским материјама, али и велике количине чврстог суспендованог материјала. Хемијска контаминација, настала услед повећане концентрације амонијум јона, нитрата, нитрита, гвожђа и мангана у акватичним екосистемима, деструктивно утиче на читав живи свет у њима. Посебно забрињава чињеница да је загађење отпадним канализационим водама присутно и у заштићеним подручјима. На простору националног парка Копаоник, канализациона мрежа није адекватно регулисана, па се стога велики број канализационих одвода излива у различите потоке, али и директно у Самоковску реку, која је станиште представника групе *Batrachospermum sensu lato*. Ово је засигурно утицало на промене станишта на коме је популација *Batrachospermum sensu lato* некада налажена (Simić S. и Đorđević, 2017a).

Велика количина загађујућих материја у акватичне екосистеме доспева из отпадних вода пољопривреде, спирањем пестицида и минералних ђубрива богатих нитратима и фосфатима након обилних падавина, али и из аквакултуре. За слатководне алге посебно је значајно загађење пореклом из аквакултуре (Koçer и Sevgili, 2014; Simić S. и сар., 2016; Stojanović и сар., 2017; Jakovljević O. и сар., 2021a, б). С обзиром да је изградња пастрмских рибњака везана за брдско-планинске текућице, које су највећим делом станишта слатководних црвених алги, њихова изградња директно или индиректно утиче на ове алге. Пад диверзитета осетљивих таксона, и, са друге стране, пораст броја таксона толерантних на загађење, први је показатељ да је дошло до пораста концентрације нутријената. Током истраживања спроведених за потребе израде ове

докторске дисертације, испуштање отпадних вода из аквакултуре забележено је на стаништима представника групе *Batrachospermum sensu lato* (Крупајско врело) и врста *L. fluviatilis* (Власина и Милешевка) и *P. catenata* (Млава).

Посебан вид загађења представља токсично и хемијско загађење из рударских активности, чији негативан утицај на акватичне системе најпре настаје услед изливања отпадних вода у водене екосистеме, цурења са јаловишта и акумулације тешких метала у седимент (Ђорђевић и сар., 2024). На локалитетима црвених и мрких алги у Србији овај тип загађивања није забележен. Међутим, планиране будуће истраживачке активности и потенцијално ископавање минералних сировина у ширем подручју Дрине и Млаве, потенцијално може негативно утицати на станишта *Batrachospermum sensu lato* и *P. catenata*, као и на врело Млаве које је станиште *Batrachospermum sensu lato* и *P. fluviatile*.

5.3.1.6. Климатске промене и екстремни временски услови

Посебан фактор угрожавања слатководних црвених и мрких алги и њихових станишта представљају климатске промене. У садашњем времену, климатске промене се дешавају веома брзо, што несумњиво представља опасност по биодиверзитет на глобалном нивоу (Bănăduc и сар., 2022, 2024). Према досадашњим проценама, управо слатководни екосистеми су најугроженији климатским променама (Heino и сар., 2009). Неколико студија је показало озбиљан утицај климатских промена на токове и реке у земљама јужне Европе (Liuzzo и сар., 2015; Sellami и сар., 2016). Међутим, истраживања утицаја климатских промена на слатководне организме углавном су оријентисана на рибе, док се мање пажње поклања слатководним бескичмењацима и алгама (Santos и сар., 2015).

На основу доступне литературе, истраживања утицаја климатских промена на слатководне црвене и мрке алге нису рађена. Ипак, Jakubas-Krzak и сарадници (2023) су приликом истраживања акватичних екосистема у Пољској установили да је *R. rivularis* последњих година драстично проширила свој ареал у овој земљи, при чему све више насељава топлије и загађеније воде. Истраживања Rybak и Woyda-Ploszczyca (2024) ову промену обрасца дистрибуције *R. rivularis* приписују климатским променама, с обзиром да су истраживања показала да унос O_2 у алгу није био детектован на температурама нижим од 15 °C. Стабилно дисање алге забележено је на температурама између 20 °C и 35 °C, док је максимална брзина дисања била на температурама од 40 °C и 45 °C. У истраживањима спроведеним за потребе израде ове докторске дисертације, присуство црвених алги забележено у водама нешто више температуре у односу на ранија истраживања у Србији, док су мрке алге пронађене у неочекиваним стаништима. Иако су популације *R. rivularis* у овом истраживању углавном налажене на температурама до 17 °C, њене стабилне популације забележене су у условима драстично смањеног нивоа воде током летњих месеци. У оваквим условима први пут је пронађена и популација слатководне мрке алге *H. fluviatilis* у Ракитској реци. Нажалост, за већину угрожених врста црвених и мрких алги у Србији нису уочене адаптације на климатске промене. Модели дистрибуције слатководних бентосних алги у односу на климатске промене још увек не постоје, а њихово формирање је веома важно са аспекта предвиђања реакције ове групе организама на потенцијалне климатске промене.

Сви претходно наведени угрожавајући фактори самостално негативно утичу на слатководне црвене и мрке алге, међутим, њихово синергистичко и кумулативно дејство може имати фаталне последице за њих.

5.3.2. Статус угрожености црвених и мрких алги у Србији

Тренутне стопе губитка биодиверзитета у слатководним екосистемима су пет пута веће у поређењу са терестричним екосистемима (Ricciardi и Rasmussen, 1999). Додатно, ови екосистеми трпе утицај синергистичког дејства вишеструких стресора, као и претње изазване климатским променама (Downing и сар., 2014; Cantonati и сар., 2020). Међутим, упркос претходно поменутој чињеници, било је јако мало напора усмерених на очување алги, генерално (Brodie и сар., 2009).

Процена категорије угрожености слатководних алги урађена је у неким европским земљама, а слатководне црвене и мрке алге налазе се у малом броју Црвених листа или Црвених књига ових земаља (Табела 74).

Табела 74. Категорије угрожености врста црвених и мрких алги у европским земљама

Врста	Категорија угрожености	Земља	Литература
<i>Bangia atropurpurea</i>	EX	Пољска	Siemińska, 1992
		Финска	Hyvärinen и сар., 2019
	EN	Словачка	Marhold и Hindák, 1998
		Немачка	Foerster и сар., 2018
<i>Riverina rivularis</i>	EN	Словачка	Marhold и Hindák, 1998
	VU	Пољска	Siemińska, 1992
		Немачка	Foerster и сар., 2018
	NT	Бугарска	Temniskova и сар., 2008
		Финска	Hyvärinen и сар., 2019
<i>Lemanea fluviatilis</i>	EN	Словачка	Marhold и Hindák, 1998
	VU	Пољска	Siemińska, 1992
		Немачка	Foerster и сар., 2018
<i>Paralemanea annulata</i>	VU	Бугарска	Temniskova и сар., 2008
<i>Paralemanea catenata</i>	VU	Бугарска	Temniskova и сар., 2008
<i>Paralemanea torulosa</i>	NT	Бугарска	Temniskova и сар., 2008
<i>Thorea hispida</i>	EX	Пољска	Siemińska, 1992
	CR	Словачка	Marhold и Hindák, 1998
		Бугарска	Temniskova и сар., 2008
	VU	Немачка	Foerster и сар., 2018
<i>Bodanella lauterborni</i>	ретка	Немачка	Foerster и сар., 2018
<i>Heribaudiella fluviatilis</i>	CR	Саксонија (Немачка)	Täuscher и Krumbiegel, 2020
	DD	Немачка	Foerster и сар., 2018
		Финска	Hyvärinen и сар., 2019
<i>Pleurocladia lacustris</i>	ретка	Немачка	Foerster и сар., 2018

Црвена листа угрожених врста црвених и мрких алги у овој докторској дисертацији обухвата осам врста црвених и три врсте мрких алги сврстаних у категорију CR (критично угрожене врсте), док једна врста црвених алги има статус рањиве врсте (VU) (Табела 69, Табела 70). Висок ниво угрожености ових алги је последица малог

ареала, мале реалне површине насељавања, малог броја популација, малог броја јединки у популацијама, као и уоченог угрожавања станишта ових врста приликом дугогодишњих теренских истраживања.

Упоређујући процењене категорије угрожености врста црвених алги током овог истраживања са категоријама из 2009. године (Simić S. и Simić V., 2009; Simić V. и сар., 2011), уочава се да све процењене врсте имају вишу категорију угрожености у односу на претходну процену. Највећи број врста категорисан је на основу малог процењеног обима распрострањења (ЕОО) или мале реалне површине насељавања (АОО), затим малог броја налазишта, малог броја репродуктивно зрелих јединки, очекиваног продужења опадања ЕОО и АОО, као и нарушеног квалитета станишта. Врста *B. atropurpurea* категорисана је на основу мале АОО, као и на основу малог броја репродуктивно зрелих јединки у свакој од субпопулација, док је врста *R. rivularis* категорисана на основу мале АОО, нарушеног квалитета станишта и потенцијалне вероватноће изумирања.

Као што је претходно поменуто, IUCN критеријуми за процену категорија угрожености (IUCN, 2012) прилагођенији су крупнијим организмима. Стога је, додатно, за процену ризика од изумирања и одређивање приоритета конзервације на локалном нивоу, у овој докторској дисертацији извршена модификација модела ESHIPPO (Simić V. и сар., 2007). У овој докторској дисертацији, прво унапређење модела се односило на модификацију параметара ES, чиме су параметри прилагођени макроалгама, а главни дискриминишући фактор за процену еколошке специјализације таксона била је изолација популација. Друго унапређење модела се односило на додавање елемента IAFMP, који показује локалну адаптираност популација слатководних макроалги, у овом случају слатководних црвених и мрких макроалги.

Резултатима процене на основу ESHIPPO-*fma* модела (Табела 71, Табела 72) највише је допринела висока еколошка специјализација процењиваних таксона, а потом и степен локалне адаптираности популација. Међутим, пресудан је био утицај HIPPO фактора. То се најбоље види из примера слатководних мрких алги *B. lauterborni* и *P. fluviatile*. За обе врсте је утврђен висок степен еколошке специјализације и мали ниво локалне адаптираности популација, али је на станишту *P. fluviatile* забележен висок ниво утицаја HIPPO фактора, док је на стаништима *B. lauterborni* утицај HIPPO фактора умерен, што је довело до тога да врсте на подручју Србије имају различит ризик од изумирања, и стога различит приоритет конзервације. Слична је ситуација и са слатководном црвеном алгом *L. fucina*. Са друге стране, за комплекс врста *Batrachospermum sensu lato* и врсту *P. annulata* утврђен је умерен степен еколошке специјализације и висок ниво локалне адаптираности популација за *Batrachospermum sensu lato*, односно веома висок ниво локалне адаптираности популација за *P. annulata*. Међутим, на стаништима ових црвених алги забележен је веома висок ниво утицаја HIPPO фактора, што је довело до тога да ове алге имају први степен приоритета конзервације. Утврђени ризик од изумирања и приоритет конзервације на локалном нивоу у случају врсте *B. atropurpurea*, у односу на процену из 2007. године (Simić V. и сар., 2007), указује на погоршање квалитета станишта ове врсте на подручју Србије и неопходност предузимања хитних мера у циљу заштите врсте и њених станишта.

Резултати процене категорија угрожености црвених и мрких алги на основу критеријума IUCN-а, као и резултати процене на основу ESHIPPO-*fma* модела, указују на неопходност заштите ових група алги на подручју Србије. Оно што додатно забрињава јесте чињеница да ће се негативни ефекти уочених антропогених активности појачати услед климатских промена (Stefanidis и сар., 2018), што ће додатно угрожити

слатководне црвене и мрке алге. Ово су потврдила и истраживања Jakovljević M. и сарадника (2024), који су коришћењем модификованог ESHIPPOClim модела утврдили интерактивне ефекте климатских промена и антропогених угрожавајућих фактора на рибе популације и слатководне екосистеме.

5.3.3. Предложене мере за конзервацију популација црвених и мрких алги на подручју Србије

Да би се обезбедила заштита угрожених врста алги и њихових станишта од негативног утицаја пастрмских риба, од кључне важности је примена и поштовање законских регулатива. У том смислу је неопходно успостављање регулативе којом ће бити прописан константан мониторинг угрожених врста алги, али и еколошки одржив проток воде у аутохтоном делу станишта, који обезбеђује опстанак штићених врста. Испуштање непречишћених отпадних вода риба у акватичне екосистеме треба потпуно забранити и прописати строге казне у случају кршења прописа.

Резултати ове докторске дисертације показали су забрињавајућ ниво угрожености популација црвених и мрких алги на подручју Србије, што указује на неопходност хитне примене мера заштите ових алги и њихових станишта. Конзервација угрожених врста може се постићи на два начина, заштитом угрожених организама и заштитом њихових станишта (Brodie и сар., 2009).

Да би се омогућила заштита и конзервација угрожених врста слатководних црвених и мрких алги законски прописаним мерама, неопходно је стављање ових врста на Црвену листу алги Србије.

На основу доступних литературних података, као и података који су резултат ове докторске дисертације, 53,5% популација црвених алги у Србији живи у заштићеним природним подручјима. Додатно, популације *Batrachospermum sensu lato* и *L. fluviatilis* су забележене у Великом Рзаву, на подручју које још увек нема званичан статус заштите на националном нивоу, али се ово подручје налази у поступку заштите (<https://ekologija.gov.rs/obavestenja/zastita-prirode/obavestenje-o-postupku-pokretanja-zastite-specijalnog-rezervata-prirode-veliki-rzav-novo>). У извору и горњем току реке Пањице, на подручју које се не налази у оквиру заштићених природних подручја, забележене су популације три црвене алге (Табела 20). Стога је посебна препорука да се покрену истраживања биодиверзитета кањона реке Пањице, са циљем успостављања заштите овог подручја подручја.

У циљу заштите и спречавања губитка станишта црвених и мрких алги на подручју Србије, пре свега је неопходно стриктно спровођење постојећих мера заштите прописаних националном и међународном легислативом, али и успостављање нових мера заштите које би допринеле одржавању стабилности популација ових група алги у Србији (Ristić и сар., 2018). С обзиром на то да црвене и мрке алге на подручју Србије насељавају различите типове станишта на којима су уочени различити угрожавајући фактори, предложене мере заштите ових алги и њихових станишта односе се пре свега на њихово умањивање или потпуно спречавање. Међутим, свакако најефикаснија мера заштите очувања станишта црвених и мрких алги од негативног утицаја МХЕ била би потпуна забрана њихове изградње на стаништима ових алги. Да би се то обезбедило, неопходно је увести обавезу израде студија процене утицаја на животну средину за све МХЕ, без обзира на инсталисани капацитет и то да ли се изградња МХЕ планира у заштићеном или незаштићеном подручју. Додатно, неопходно је да студије о процени

утицаја на животну средину садрже и биолошка истраживања свих акватичних заједница, укључујући и алге.

Проблем губитка станишта услед каптаже извора чисте пијаће воде постаје све учесталији. Како би се негативне последице каптирања извора ублажиле, а са циљем очувања биодиверзитета ретких и угрожених акватичних организама, укључујући и алге, неопходно је водити рачуна о могућности рационалног и одрживог коришћења воде (Marković, 1998). То се може постићи једино пројектовањем и изградњом водозавода који су уклопљени у природни амбијент, при чему је веома важно да се води рачуна о количини захваћене воде. Додатно, приликом планирања каптаже извора за водоснабдевање неопходно је спровести биолошка истраживања ових извора, и уколико се у њима забележи појава угрожених врста црвених и мрких алги, каптирање таквих извора треба строго забранити.

Што се проблема експлоатације песка и шљунка тиче, у Правилник о утврђивању плана вађења речних наноса (Службени гласник РС, бр. 107/2021) треба унети одредбе о забрани њиховог вађења на стаништима угрожених врста црвених и мрких алги, као и угрожених и ретких акватичних организама генерално, и обезбедити поштовање тих одредби.

Проблем загађења акватичних екосистема можда је и најтеже решити с обзиром на чињеницу да врло често извор загађења није познат (Simić V. и Simić S., 2012). Како би се загађење акватичних екосистема на време детектовало, потребно је проширити мрежу локалитета на којима ће Агенција за заштиту животне средине спроводити надзорни и оперативни мониторинг. Такође, неопходно је и додавање нових, осетљивих и ефикасних метода мониторинга и на основу макроалги и осталих бентосних микроалги. Постојећа типологија вода изоставила је велики број водотокова на којима су забележе угрожене црвене и мрке алге у Србији (Simić S. и сар., 2021a). Стога, формирање стандардизоване базе података о акватичним екосистемама, ревизија типологије и дефинисање референтних локалитета најмање изложених антропогеним притисцима, представљају битан корак ка испуњењу једног од кључних циљева Оквирне директиве о водама (Directive 2000/60/EC), а то је заштита и побољшање статуса акватичних екосистема. Ревидирање постојеће законске легислативе спречило би даље погоршање и побољшало квалитет акватичних екосистема. Како би се очували водни ресурси у Србији, једно од могућих решења је континуиран биомониторинг. У Србији, као и у многим земљама света, биомониторинг текућих екосистема, када су у питању алге, углавном је заснован на коришћењу бентосних силикатних алги, док се друге групе бентосних алги у процени квалитета воде користе у свега неколико земаља света (Charles и сар., 2021). Разлози за њихову ретку употребу везани су за проблеме идентификације и квантификације врста, као и за њихову неравномерну дистрибуцију у текућницама (Sheath и Cole, 1992; Fetscher и сар., 2014; Poikane и сар., 2016). Међутим, познато је да су многи представници бентосних алги стеновалентни у односу на велики број еколошких параметара (Simić S., 1996, 2002, 2007a; Simić S. и Ranković, 1998; Simić S. и сар., 2010; Blaženčić, 2014; Simić S. и Đorđević, 2017a, б; Markeljić и сар., 2024), а врло често и доминантна група организама у рекама, због чега веома добро одражавају еколошки и хемијски статус воде у дужем временском периоду (Schaumburg и сар., 2004; Whitton, 2012). Стога би имплементација употребе и других група алги осим силикатних алги у процени еколошког статуса водних тела у Србији значајно допринела бољем познавању структуре и трендова популација ових врста у Србији, чиме би се на време могли уочити угрожавајући фактори и предузети ригорозније мере заштите и очувања њихових станишта.

Законском регулативом је неопходно забранити изградњу објеката за туризам и рекреацију на стаништима или у непосредној близини станишта угрожених врста алги и обезбедити строго поштовање регулативе приликом издавања услова за изградњу. Додатно, као мера заштите угрожених врста црвених и мрких алги и њихових станишта, а у вези са туризмом и рекреацијом, предлаже се постављање едукативних табли о њиховом присуству и значају.

Поред активних видова заштите слатководних црвених и мрких алги и њихових станишта, као и законске регулативе, подизање нивоа опште свести људске популације о значају опстанка ових група алги кроз едукацију је од круцијалног значаја. Као предложене мере заштите црвених и мрких алги у Србији издвајају се и формално и неформално образовање грађанства и подизање свести у друштву, у смислу успостављања активне комуникације са заинтересованим странама и општом јавношћу.

Битно је истаћи да, без обзира на то што су црвене алге и пршљенчице у Србији строго заштићене Правилником (Службени гласник РС, бр. 5/2010, 47/2011, 32/2016 и 98/2016), у поступку израда студија процене утицаја на животну средину и издавања услова Завода за заштиту природе Србије, али и приликом израда студија поводом проглашавања заштите подручја, ове алге, за разлику од других биљних и животињских врста из Прилога 1 и 2 Правилника (Службени гласник РС, бр. 5/2010, 47/2011, 32/2016 и 98/2016), нису коришћене. Стога се као мера предлаже коришћење алги у поступцима израде студија, као што су то урадили Simić V. и сарадници (2021) у студији заштите специјалног резервата природе „Велики Рзав“.

6. Закључци

Према постављеним циљевима, а у складу са добијеним резултатима овог истраживања, изведени су следећи закључци:

- На основу литературних података и резултата истраживања спроведених у периоду од априла месеца 2017. до јуна месеца 2024. године на укупно 454 локалитета, на подручју Србије је забележено укупно 15 таксона црвених алги, и то: *Bangia atropurpurea*, *Riverina rivularis*, *Audouinella chalybea*, *A. hermannii*, *A. pygmaea*, *Batrachospermum sensu lato*, *Lemanea fluviatilis*, *L. fucina*, *L. rigida*, *Lemanea* sp. 1, *Lemanea* sp. 2, *Paralemanea annulata*, *P. catenata*, *P. torulosa* и *Thorea hispida*. Врсте *L. fucina* и *L. rigida* су нове за флору алги Србије. Представнике групе *Batrachospermum sensu lato* и *Lemanea* sp. 1 и *Lemanea* sp. 2 није било могуће идентификовати на основу морфолошких и репродуктивних карактеристика. За поуздану идентификацију до нивоа врсте неопходна је примена молекуларно-генетичких анализа у комбинацији са морфолошким анализама.
- На основу литературних података и резултата овог истраживања, на подручју Србије забележене су три врсте мрких алги, и то: *Bodanella lauterborni*, *Heribaudiella fluviatilis* и *Porterinema fluviatile*. Представници мрких алги у Србији су по први пут забележени током овог истраживања. Флористичко богатство ове групе алги у Србији може се сматрати значајним с обзиром на чињеницу да је до сада познато свега седам слатководних представника, који су углавном веома ретко налажени на глобалном нивоу.
- Током овог истраживања, црвене алге забележене су на укупно 114 локалитета. Најчешће су налажени представници *Batrachospermum sensu lato* (34 локалитета) и врсте *R. rivularis* (32 локалитета) и *P. annulata* (20 локалитета). *Paralemanea catenata* забележена је на 14 локалитета, односно на 12 локалитета *L. fluviatilis*, док је *Bangia atropurpurea* забележена на шест локалитета. Врсте *L. rigida* и *P. torulosa* забележене су на по свега три локалитета, *Lemanea* sp. 2 забележена је на два локалитета, док су *L. fucina* и *Lemanea* sp. 1 пронађене на по само једном локалитету у Србији. Ове алге су забележене како у заштићеним природним подручјима различите категорије, тако и на локалитетима који се не налазе под заштитом. Мрке алге су забележене на укупно седам локалитета. Врсте *B. lauterborni* и *H. fluviatilis* нађене су на по три локалитета, док је *P. fluviatile* забележена на само једном локалитету.
- Применом анализе главних компоненти (РСА анализа) утврђени су еколошки фактори животне средине који су имали највећи утицај на појаву таксона црвених и мрких алги у акватичним екосистемима Србије. Резултати РСА анализе су објаснили свега 35,69% варијабилности срединских фактора, што је и очекивано обзиром да су ове алге налажене у доста сличним еколошким условима. Најзначајнији средински фактори који су утицали на дистрибуцију црвених и мрких алги у акватичним екосистемима Србије били су надморска висина, електропроводљивост, тврдоћа воде, ширина корита, концентрација и сатурација кисеоника.
- Представници црвених алги, изузев *Lemanea* sp. 1 и *Lemanea* sp. 2, налажени су у заједници са макроскопским агрегацијама алги из раздела *Cyanobacteria* (*Phormidium* и *Nostoc*), *Rhodophyta*, *Heterokontophyta* (*Chrysophyceae* –*Hydrurus foetidus*, *Xanthophyceae* –*Tribonema* и *Vaucheria*, *Bacillariophyceae* –*Diatoma*,

Melosira и *Odontidium*, Phaeophyceae – *Heribaudiella fluviatilis*), Chlorophyta (*Chaetophora*, *Cladophora*, *Gongrosira* и *Oedogonium*) и Charophyta (Conjugatophyceae – *Spirogyra*).

- Током истраживања, заједница *B. atropurpurea* и *R. rivularis* забележена је само на локалитету Брусничке реке. *R. rivularis* пронађена је у заједници и са *P. annulata* на пет локалитета, док је у заједници са представницима групе *Batrachospermum sensu lato* забележена на четири локалитета. Поред заједнице са *R. rivularis*, представници *Batrachospermum sensu lato* су пронађени у заједници са *P. catenata* и *P. torulosa* на по једном локалитету. *P. catenata* је на једном локалитету забележена у заједници са *L. rigida*. У заједници са мрком алгом *H. fluviatilis* забележене су *R. rivularis* и *P. annulata* на два, односно три локалитета, респективно.
- У овом истраживању први пут је забележена заједница *Paralemanea-Hydrurus* у којој се *H. foetidus* развија епифитски на талусима *P. catenata* и *P. torulosa*.
- Мрке алге у Србији, изузев *P. fluviatile*, забележене су у макроскопским агрегацијама са представницима раздела Cyanobacteria (под *Nostoc*), Rhodophyta (родови *Riverina* и *Paralemanea*), Heterokontophyta (Bacillariophyceae – род *Odontidium*) и Chlorophyta (родови *Cladophora*, *Gongrosira* и *Ulothrix*).
- На стаништима црвених и мрких алги у Србији забележени су фактори угрожавања врста и њихових станишта, и то: загађење, деградација, модификација и нестанак станишта (изградња малих и великих хидроелектрана, каптирање извора, прекомерна експлоатација песка и шљунка, изградња саобраћајне инфраструктуре), рекретивне активности, инвазивне и друге проблематичне аутохтоне врсте. Потенцијални фактори угрожавања јесу и климатске промене у виду суша, екстремних температура и олуја и поплава, као и потенцијалне рударске активности.
- На основу резултата процене категорија угрожености према критеријумима IUCN-a - *B. atropurpurea*, *L. fluviatilis*, *L. fucina*, *L. rigida*, *P. annulata*, *P. catenata*, *P. torulosa*, *Th. hispida*, *B. lauterborni*, *H. fluviatilis* и *P. fluviatile* имају статус CR (критично угрожена врста) у Србији, док *R. rivularis* има статус VU (рањива врста).
- Резултати процене угрожености црвених и мрких алги у Србији омогућили су формирање Црвене листе црвених и мрких алги на подручју Србије са 11 врста у категорији критично угрожене врсте (CR) и једном врстом у категорији рањива врста (VU).
- Модификација основног модела ESHIPPO у ESHIPPO-*fma* модел извршена је прилагођавањем параметара ES макроалгама и додавањем елемента ILAFMP (Индекс локалне адаптираност популација слатководних макроалги).
- Резултати процене ризика од изумирања и приоритета конзервације на локалном нивоу применом модификованог ESHIPPO-*fma* модела су показали да *B. atropurpurea*, *L. fluviatilis*, *L. fucina*, *L. rigida*, *P. annulata* и *P. catenata* имају истакнут критичан ниво изумирања, што указује на степен приоритета

конзервације 1. За *R. rivularis*, *P. torulosa*, *B. lauterborni* и *H. fluviatilis* утврђен је умерен ризик од изумирања, што указује на степен приоритета конзервације 2.

- На основу процењених категорија угрожености применом критеријума IUCN-а и процењеног ризика од изумирања и приоритета конзервације на локалном нивоу применом модификованог ESHIPPO-*fma* модела, формирана је Црвена листа алги Србије на којој се налазе врсте *B. atropurpurea*, *R. rivularis*, *L. fluviatilis*, *L. fucina*, *L. rigida*, *P. annulata*, *P. catenata*, *P. torulosa*, *Th. hispida*, *B. lauterborni*, *H. fluviatilis* и *P. fluviale*.
- У циљу заштите и спречавања губитка станишта угрожених црвених и мрких алги на подручју Србије, неопходно је стриктно спровођење постојећих мера заштите прописаних националном и међународном легислативном, али и успостављање нових мера које би допринеле одржавању стабилности популација ових алги у Србији. Неопходно је и успостављање регулативе којом ће бити прописан константан мониторинг популација ових алги.

7. Литература

- Akgül, R., Kizilkaya, B., Akgül, F., Erduğan, H. (2015). Total Lipid and Fatty Acid Composition of Twelve Algae from Çanakkale (Turkey). *Indian Journal of Geo-Marine Science* 44(4): 495-500.
- American Public Health Association (APHA) (2005). *Standard Methods (Standard methods for examination of water and wastewater, 21st Edn.)*. American Public Health Association; Washington DC USA.
- Anagnostidis, K. (1968). Untersuchungen über die Salz- und Süßwasser-Thiobiocönos (Sulphuretum) Griechenlands. *Wissenschaftliches Jahrbuch der Physiko-Mathematischen Fakultät Aristoteles-Universität Thessaloniki* 1: 406-860.
- Andersen, R.A., Potter, D., Bidigare, R.R., Latasa, M., Rowan, K., O'Kelly, C.J. (1998). Characterization and phylogenetic position of the enigmatic goledn alga *Phaeothamnion confervicola*: ultrastructure, pigment composition and partial SSU rDNA sequence. *Journal of Phycology* 34: 286-298. <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.1998.340286.x>
- Andrejić, J., Cvijan, M., Simić, S. (2010). New record of endangered red alga *Bangia atropurpurea* (A. Roth) C. Agardh (Bangiales, Rhodophyta) in the Nišava River, Serbia. *Archives of Biological Sciences* 62(4): 1239-1243. <https://doi.org/10.2298/ABS1004239A>
- Aristya, G.R., Chang, W.R., Fontana, S., Necchi, O., Liu, S.L. (2022). Species diversity of the freshwater red algal genus *Kumanoa* in Taiwan with the description of two new species: *Kumanoa taiwanensis* sp. nov. and *Kumanoa yuanyangensis* sp. nov. *Phycologia* 61(5): 459-472. <https://doi.org/10.1080/00318884.2022.2073092>
- Assali, N.E., Mache R., Loiseaux-De Goer, S. (1990). Evidence for a composite phylogenetic origin of the plastid genome of the brown alga *Pylaiella littoralis* (L.) Kjellm. *Plant Molecular Biology* 15: 307-315. <https://doi.org/10.1007/BF00036916>
- Auderset, J.D., Schwarzer, A. (2012). Rote Liste Armleuchteralgen. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010 Federal Office for the Environment FOEN, Laboratoire d'écologie et de biologie aquatique (LEBA), University of Geneva, Geneva.
- Backhaus, D. (2006). Litorale Aufwuchsalgen im Hoch- und Oberrhein. *Carolinea* 64: 5-68. <https://doi.org/10.57962/regionalia-19393>
- Barinova, S. (2013). Diversity, Ecology and Survivor of Freshwater Red Algae in Israel. *Natural Resources and Conservation* 1(2): 21-29. <https://doi.org/10.13189/nrc.2013.010201>
- Barsanti, L., Gualtieri, P. (2022). *Algae - Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology*. CRC Press, Boca Raton, 456 pp. <https://doi.org/10.1201/9781003187707>
- Bănăduc, D., Simić, V., Cianfaglione, K., Barinova, S., Afanasyev, S., Öktener, A., McCall, G., Simić, S., Curtean- Bănăduc, A. (2022). Freshwater as a Sustainable Resource and Generator of Secondary Resources in the 21st Century: Stressors, Threats, Risks, Management and Protection Strategies, and Conservation Approaches. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19(24): 16570. <https://doi.org/10.3390/ijerph192416570>
- Bănăduc, D., Curtean- Bănăduc, A., Barinova, S., Lozano, V.L., Afanasyev, S., Leite, T., Branco, P., Gomez Isaza, D.F., Geist, J., Tegos, A., Simić, S.B., Olosutean, H.,

- Cianfanglione, K. (2024). Multi-Interacting Natural and Anthropogenic Stressors on Freshwater Ecosystems: Their Current Status and Future Prospects for 21st Century. *Water* 16: 1483. <https://doi.org/10.3390/w16111483>
- Belcher, J.H. (1959). Some uncommon Chlorophyceae from the Lee Valley. *British Phycological Bulletin* 1: 73-74.
- Bellinger, E.G., Sigeo, D.C. (2015). *Freshwater Algae, Identification and Use as Bioindicators*. Wiley-Blackwell, John Wiley & Sons, Ltd, 271 p.
- Bhosale, R., Rout, J., Chaugule, B. (2012). The Ethnobotanical Study of an Edible Freshwater Red Alga, *Lemanea fluviatilis* (L.) C.Ag. from Manipur, India. *Ethnobotany Research & Applications* 10: 69-76.
- Blagojević, A., Subakov Simić, G., Blaženčić, J., Ilić, M., Petrović, J., Kostić, D., Marjanović, P. (2017). First record of *Paralemanea torulosa* (Roth) Sheath & A.R. Sherwood and new findings of *Lemanea fluviatilis* (Linnaeus) C. Ag. and *Hildenbrandia rivularis* (Liebmann) J. Agardh (Rhodophyta) in Serbia. *Botanica Serbica* 41(1): 55-63. <https://doi.org/10.5281/zenodo.454096>
- Blaženčić, J., Martinović-Vitanović, V., Cvijan, M., Filipi-Matutinović, S. (1985). Bibliografija radova o algama i algološkim istraživanjima u SR Srbiji od 1947. do 1980. godine. *Glasnik Instituta Botaničke bašte Univerziteta u Beogradu* 19: 233-266.
- Blaženčić, J. (1986). Pregled razvoja algologije u Srbiji od 1883. do 1983. godine. *Glasnik Instituta Botaničke bašte Univerziteta u Beogradu* 20: 99-108.
- Blaženčić, J. (1989 (1991)). Dopuna bibliografije o algama i algološkim istraživanjima u SR Srbiji do 1980. godine. *Glasnik Instituta za botaniku i Botaničke bašte Univerziteta u Beogradu Tom XXIII*: 99-105.
- Blaženčić, J., Cvijan, M., Vodeničarov, D., Kirjakov, I. (2000). *Batrachospermum cayennense* Montagne ex Kützing, 1849, (Rhodophyta), a new species for Europe. *Archives of Biological Sciences* 52(3): 169-172.
- Blaženčić, J., Cvijan, M., Vodeničarov, D., Kirjakov, I. (2002). The genus *Batrachospermum* (Rhodophyta) in ex-Yugoslavia. *Archiv für Hydrobiologie, Algological studies* 104: 97-107, Stuttgart.
- Blaženčić, J., Stevanković, B., Blaženčić, Ž., Stevanović, V. (2006). Red Data List of charophytes in the Balkans. In: Hawksworth, D.L., Bull, A.T. (eds), *Marine, freshwater, and wetlands biodiversity conservation*. Springer, New York, pp. 77-89.
- Blaženčić, J. (2014). Overview of the stoneworts (Charales) of Serbia with estimation of the threat status. *Botanica Serbica* 38(1): 121-130.
- Bonada, N., Resh, V.H. (2013). Mediterranean-climate streams and rivers: geographically separated but ecologically comparable freshwater systems. *Hydrobiologia* 719: 1-29. <https://doi.org/10.1007/s10750-013-1634-2>
- Bourrelly, P. (1981). *Les algues d'eau douce. Vol. II. Les algues jaunes et brunes, Chrysophycees, Phaeophycees, Xanthoophycees, et Diatomees*, rev. ed. Soc. Nouv des Editions Boubée, Paris. 438 pp.

- Branković, S., Trajković, S., Simić, V., Simić, S. (2007). Hydrobiological research of Sićevo and Jelašnica Gorges. In: Trajković, S., Branković, S. (eds.), Sićevo and Jelašnica Gorges Environment Status Monitoring. Institute for Nature Conservation of Serbia, Faculty of Civil Engineering and Architecture Niš, pp. 59-83.
- Brautigam, A. (1999). The freshwater biodiversity crisis. *World Conservation* 2: 4-5.
- Brodie, J., John, D.M., Tittley, I., Holmes, M.J., Williamson, D.B. (2007). Important plant areas for algae: a provisional review of sites and areas of importance for algae in the United Kingdom. Plantlife International, Salisbury.
- Brodie, J., Zuccarello, G.C. (2007). Systematics of the species-rich algae: red algal classification, phylogeny and speciation. In: Hodgkinson, T.R., Parnell, J., Waldren, S. (eds), The taxonomy and systematics of large and species-rich taxa: building and using the Tree of Life. Systematics Association Series, CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 317-330.
- Brodie, J., Andersen, R.A., Kawachi, M., Millar, A.J. (2009). Endangered algal species and how to protect them. *Phycologia* 48(5): 423-438. <https://doi.org/10.2216/09-21.1>
- Budde, H. (1927). Die Rot- und Braunalgen des Westfälischen Sauerlandes. *Berichte der Deutschen botanischen Gesellschaft* 45: 143-150.
- Burrowes, R., Rousseau, F., Müller, D.G., de Reviers, B. (2003). Taxonomic placement of *Microzonina* (Phaeophyceae) in the Syringodermatales based on the rbcL and 28S nrDNA sequences. *Cryptogamie Algologie* 24: 63-73.
- Bursa, A. (1934). *Hydrurus foetidus* Kirch. w Polskich Tatrach. *Hydrurus foetidus* Kirch. in der Polnischen Tatra. I. Oekologie, Morphologie. II. Phenologie. *Bull. Int. Acad. Pol. Sci. Lett. Cl. Sci. Math. Nat. Sér. B. Science and Nature* I: 69-84.
- Buss, D.F., Baptista, D.F., Nessimian, J.L., Egler, M. (2004). Substrate specificity, environmental degradation and disturbance structuring macroinvertebrate assemblages in neotropical streams. *Hydrobiologia* 518(1): 179-188. <https://doi.org/10.1023/B:HYDR.0000025067.66126.1c>
- Caisová, L. (2006). *Pleurocapsa cuprea*, originally described as blue - green alga, is a eukaryotic alga similar to the species *Hildenbrandia rivularis* (Rhodophyta). *Fottea* 6: 69-76.
- Canter-Lund, H., Lund, J.W.G. (1995). *Freshwater Algae: Their Microscopic World Explored*. Biopress.
- Cantonati, M., Rott, E., Spitale, D., Angeli, N., Komárek, J. (2012). Are benthic algae related to spring types? *Freshwater Science* 31(2): 481-498. <https://doi.org/10.1899/11-048.1>
- Cantonati, M., Lowe, R.L. (2014). Lake benthic algae: Toward an understanding of their ecology. *Freshwater Science* 33: 475–486. <https://doi.org/10.1086/676140>
- Cantonati, M., Spitale, D., Scalfi, A., Guella, G. (2016). Exploring the contrasting seasonal strategies of two crenic macroalgae. *Fottea* 16(1): 133-143. <https://doi.org/10.5507/fot.2015.029>
- Cantonati, M., Stevens, L.E., Sagadelli, S., Springer, A.E., Goldscheider, N., Celico, F., Filippini, M., Ogata, K., Gargini, A. (2020). Ecohydrogeology: The interdisciplinary convergence needed to improve the study and stewardship of springs and othe

- groundwater-dependent habitats, biota and ecosystems. *Ecological indicators* 110: 105803. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105803>
- Carmona, J., Perona, E., Sánchez-Díaz, E., Loza, V. (2011). Morphological and ecological characterization of *Batrachospermales* (Rhodophyta) in the Jarama Basin, Iberian Peninsula. *Limnetica* 30(1): 117-128. <https://doi.org/10.23818/limn.30.10>
- Carmona, J.J., Necchi, O.Jr. (2002). Taxonomy and distribution of *Paralemanea* (Lemaneaceae, Rhodophyta) in Central Mexico. *Cryptogamie Algologie* 23: 39-49.
- Carmona Jiménez, J., Montejano, G., Cantoral Uriza, E.A. (2004). The distribution of Rhodophyta in streams of central Mexico. *Algological Studies* 114: 39-52. <https://doi.org/10.1127/1864-1318/2004/0114-0039>
- Carmona Jiménez, J. (2011). Las algas rojas (Rhodophyta) de agua dulce en la region de México. *Taxonomia y distribución. Monografías Ficológicas* 4: 1-43.
- Carmona, J.J., Bojorge, M., Ramirez, R.R. (2013). Phenology of *Paralemanea mexicana* (Batrachospermales, Rhodophyta) in high-altitude stream in central Mexico. *Phycological Research* 62: 86-93. <https://doi.org/10.1111/pre.12042>
- Caro Borrero, A., Carmona Jiménez, J., Márquez Santamaría, K., Perona, E. (2021). Relationships Between Environmental Conditions and Macroalgae Structure on the Benthic Macroinvertebrate Establishment: Diversity and Conservation in rivers of Central Spain and Mexico. *Journal of Insect Conservation* 25: 769-781. <https://doi.org/10.1007/s10841-021-00342-7>
- Caro-Borrero, A., Carmona-Jiménez, J. (2016). Associations Between Macroinvertebrates and *Paralemanea mexicana*, an endemic freshwater red alga from a Mountain River in Central Mexico. *Neotropical Entomology* 45(6): 665-674. <https://doi.org/10.1007/s13744-016-0420-z>
- Cărauş, I. (2012). Algae of Romania. A distributional checklist of actual algae. Version 2.3 third revision. Bacau: University of Bacau.
- Ceschin, S., Ricci, S., Abati, S., Bisceglie, S., Minciardi, M.R., Zuccarello, V. (2013). Distribution and ecology of red algae in Italian rivers. *Fundamental and Applied Limnology* 183(3): 223-237. <https://doi.org/10.1127/1863-9135/2013/0493>
- Chankaew, W., Sakset, A., Chankaew, S., Kumano, S. (2015). Possibility of freshwater red algae as bioindicator for water quality of streams in Nakhon Si Thammarat province, Thailand. *Journal of Agricultural Technology* 11(6): 1349-1358.
- Chapuis, I.S., Necchi, O.Jr., Zuccarello, G.C., Xie, S., Aboal, M., Sánchez Castillo, P.M., Vis, M.L. (2017). A new genus, *Volatus* and four new species of *Batrachospermum* sensu stricto (Batrachospermales, Rhodophyta). *Phycologia* 56(4): 454-468. <https://doi.org/10.2216/16-73.1>
- Charles, D.F., Kelly, M.G., Stevenson, R.J., Poikane, S., Theroux, S., Zgrundo, A., Cantonati, M. (2021). Benthic algae assessments in the EU and the US: striving for consistency in the face of great ecological diversity. *Ecological Indicators* 121: 107082. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107082>
- Carter, R.L., Lowe, R.L. (2001). Distribution and abundance of a previously unreported brown alga, *Pleurocladia lacustris*, in the littoral zone of northeastern Lake Michigan. *Proceedings of the North American Benthological Society* La Crosse, WI, USA.

- Charnofsky, K., Torvill, L.R., Sommerfeld, M.R. (1982). Light requirements for monospore germination in *Bangia atropurpurea* (Rhodophyta). *Journal of Phycology* 18: 417-422. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.1982.tb03204.x>
- Chiasson, W.B., Salomaki, E.D., Vis, M.L. (2014). New collections of freshwater red algae (Batrachospermales, Rhodophyta) from historically important areas in France. *Cryptogamie Algologie* 35: 303-326. <https://doi.org/10.7872/crya.v35.iss3.2014.303>
- Chudyba, H. (1970). *Hildenbrandia rivularis* (Liebm.) I. Ag. i glony towarzyszące w rzece Krutyni. *Zesz. Nauk. Wyższa Szkoła Rolnicza w Olsztynie* 26: 637-671.
- Collén, J., Porcel, B., Carré, W., Ball, S.G., Chaparro, C., Tonon, T., Barbeyron, T., Michel, G., Noel, B., Valentin, K., et al. (2013). Genome structure and metabolic features in the red seaweed *Chondrus crispus* shed light on evolution of the Archaeplastida. *Proceedings of the National Academy of Science (PNAS)* 110: 5247-5252. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1221259110>
- Costa, J.F., Lin, S.M., Macaya, E.C., Fernández-García, C., Verbruggen, H. (2016). Chloroplast genomes as a tool to resolve red algal phylogenies: a case study in the Nemaliales. *BMC Evolutionary Biology* 16: 205. <https://doi.org/10.1186/s12862-016-0772-3>
- Cvijan, M. (1986). Taksonomska i floristička studija algi termo-mineralnih voda u SR Srbiji. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Biološki fakultet, Beograd.
- Cvijan, M., Blaženčić, J. (1986). Nova nalazišta vrste *Chantransia chalybea* (Lyngb.) Fries (Rhodophyta) u SR Srbiji. *Glasnik Instituta Botaničke bašte Univerziteta u Beogradu* 20: 125 -129.
- Cvijan, M., Veljić, M. (1993/94). *Chantransia pygmaea* Kütz 1845 (Rhodophyta) a new species in flora of Serbia. *Bulletin of the Natural History Museum in Belgrade* 48: 93-97.
- Cvijan, M. (2002). Material for the algae flora of Serbia. II: Rhodophyta (Red Algae), Review. *Archives of Biological Sciences* 54(1-2): 1-10.
- Cvijan, M., Blaženčić, J., Subakov-Simić, G. (2003). Flora algi Srbije 2 – Rhodophyta. *NNK international*, Beograd, pp. 74.
- Cvijić, J. (1896). Izvori, tresave i vodopadi u istočnoj Srbiji. *Glas Srpske Kraljevske Akademije* 18: 11-22.
- Čado, I. (1977). Litofitska vegetacija na Ohridskoto ezero. *Zbornik na rabotite XVI*, 1(86): 1-38.
- de Reviers, B., Rousseau, F., Draisma, S.G.A. (2007). Classification of the Phaeophyceae from past to present and current challenges. In: Brodie, J., Lewis, J. (eds), *Unravelling the Algae: The Past, Present, and Future of Algal Systematics*. Systematics Association Special Volume Series, London, pp. 267-284.
- de Reviers, B., Rousseau, F., Silberfeld, T. (2015). 19. Class Phaeophyceae Kjellman. In: Frey, W. (ed), *Syllabus of Plant Families, Adolf Engler's Syllabus der Pflanzenfamilien*, 13th edition, Part 2/1 Phototrophic eukaryotic Algae, pp. 139-176.
- Dell'Uomo, A. (1970). Contributo alla flora algale del fiume Potenza (Marche). *Riv. Idrobiol.* 9(3): 201-234.

- Dell'Uomo, A. (1981). Alghe di acque correnti e loro impiego come bioindicatori. *Giornale Botanico Italiano* 115: 327-342. <https://doi.org/10.1080/11263508109427990>
- Dell'Uomo, A. (1986). La flora algale del Fiume Aso (Marche – Italia). *Archivio Botanico Biogeografico Italiano* 62: 67-82.
- Dell'Uomo, A. (1991). Use of benthic macroalgae for monitoring rivers in Italy. In: Whitton, B.A., Rott, E., Friedrich, G. (eds), *Use of algae for monitoring river*. Universität of Innsbruck, Institut für Botanik. Innsbruck, pp. 129-138.
- Dell'Uomo, A. (2001). Les algues des milieux lotiques et leur importance dans l'évaluation de la qualité biologique de l'eau. In X. Optima Meeting, Palermo, 13–19 Septembre 2001., p. 84.
- Directive 2000/60/EC. Directive of the European Parliament and of the Council on establishing a framework for Community action in the field of water policy.
- Dittami, S.M., Gravot, A., Goullitquer, S., Rousvoal, S., Peters, A.F., Bouchereau, A., Boyen, C., Tonon, T. (2012). Towards deciphering dynamic changes and evolutionary mechanisms involved in the adaptation to low salinities in *Ectocarpus* (brown algae). *The Plant Journal* 71: 366-377. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2012.04982.x>
- Dittami, S.M., Peters, A.F., West, J.A., Cariou, T., Klein Jan, H., Burgunter-Delamare, B., Prechoux, A., Egan, S., Boyen, C. (2020). Revisiting Australian *Ectocarpus subulatus* (Phaeophyceae) From the Hopkins River: Distribution, Abiotic Environment, and Associated Microbiota. *Journal of Phycology* 56(3): 719-729. <https://doi.org/10.1111/jpy.12970>
- Dop, A.J., Vroman, M. (1976). Observations on some interesting freshwater algae from the Netherlands. *Acta Botanica Neerlandica* 25(5): 321-328. <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1976.tb01069.x>
- Dop, A.J. (1979). *Porterinema fluviale* (Porter) Waern (Phaeophyceae) in the Netherlands. *Acta Botanica Neerlandica* 28(6): 449-458. <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1979.tb01169.x>
- Downing, J., Blumberg, L., Hallstein, E. (2014). Reducing Climate Risks with Natural Infrastructure. Report for the Nature Conservancy California, pp. 1-28.
- Dragišić, V. (1997). Geološko-hidrološke karakteristike sliva Vlasinskog jezera. In: Blaženčić, J. (ed), *Vlasinsko jezero – hidrobiološka studija*. Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, 25-34.
- Dragović, N., Vuković, M., Štrbac, N. (2014). Low-temperature geothermal waters in Southern Serbia. *Proceeding of International May Conference on Strategic Management – IMKSM2014*, 23-25 May 2014, Bor, Serbia, pp. 722-732.
- Draisma, S.G.A., Prud'homme van Reine, W.F., Stam, W.T., Olsen, J.L. (2001). A reassessment of phylogenetic relationships within the Phaeophyceae based on RUBISCO large subunit and ribosomal DNA sequences. *Journal of Phycology* 37: 586-603. <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.2001.037004586.x>
- Draisma, S.G.A., Prud'homme van Reine, W.F., Kawai, H. (2010). A revised classification of the Sphacelariales (Phaeophyceae) inferred from a psbC and rbcL based phylogeny.

- European Journal of Phycology 45: 308-326.
<https://doi.org/10.1080/09670262.2010.490959>
- Dudgeon, D., Arthington, A.H., Gessner, M.O., Kawabata, Z.-I., Knowler, D.J., Lévêque, C., Naiman, R.J., Prieur-Richard, A.-H., Soto, D., Stiassny, C.A., Sullivan, C.A. (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews* 81(2): 163-182. <https://doi.org/10.1017/S1464793105006950>
- Dudgeon, D. (2020). *Freshwater biodiversity. Status, Threats and Conservation*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Đorđević, D., Tadić, J.M., Grgur, B., Ristić, R., Sakan, S., Brezjanović, J., Stevanović, V., Šolaja, B. (2024). The influence of exploration activities of a potential lithium mine to the environment in Western Serbia. *Scientific Reports* 14: 17090. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-68072-9>
- Duretanović, S. (2020). *Filogenija, filogeografija i konzervacija vrste *Astacus astacus* (Decapoda, Astacidae) na području Balkanskog poluostrva*. Doktorska disertacija, Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Kragujevcu.
- Eloranta, P., Kwandrans, J. (1996). Distribution and ecology of freshwater red algae (Rhodophyta) in some central Finnish rivers. *Nordic Journal of Botany* 16: 107-117. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1996.tb00220.x>
- Eloranta, P., Kwandrans, J. (2002). Notes on some interesting freshwater Rhodophyta from Finland. *Archiv für Hydrobiologie, Algological Studies* 105: 95-109. https://doi.org/10.1127/algol_stud/105/2002/95
- Eloranta, P., Kwandrans, J. (2004). Indicator value of freshwater red algae in running waters for water quality assessment. *Oceanological and Hydrobiological Studies* 33(1): 47-54.
- Eloranta, P., Kwandrans, J. (2007). *Freshwater red algae (Rhodophyta). Identification guide to European taxa, particularly to those in Finland*. Finland: Norrlinia 15: 1-103.
- Eloranta, P., Kwandrans, J., Kusel-Fetzmann, E. (2011). Rhodophyceae and Phaeophyceae. In: Budel, B., Gartner, G., Krienitz, L., Preisig, H.R., Schagerl, M. (eds): *Freshwater flora of Central Europe Band 7*. Spectrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, 155 pp.
- Eloranta, P., Kwandrans, J. (2012). *Illustrated guidebook to common freshwater red algae*. W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków, 50 p.
- Eloranta, P., Eloranta, A., Perämäki, P. (2016). Intensive study of freshwater red algae (Rhodophyta) in Finland. *Fottea* 16(1): 122-132. <https://doi.org/10.5507/fot.2015.025>
- Eloranta, P. (2019). Freshwater red algae in Finland. *Plant and Fungal Systematics* 64(1): 4-51. <https://doi.org/10.2478/pfs-2019-0006>
- Entwistle, T.J., Kraft, T.G. (1984). Survey of freshwater red algae (Rhodophyta) of south-eastern Australia. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 35(2): 213-259. <https://doi.org/10.1071/MF9840213>
- Entwistle, T.J. (1989). Macroalgae in the Yarra river basin: flora and distribution. *Proceedings of the Royal Society of Victoria* 101: 1-76.

- Entwistle, T.J., Vis, M.L., Chiasson, W.B., Necchi, O.Jr., Sherwood, A.R. (2009). Systematics of the Batrachospermales (Rhodophyta) – a synthesis. *Journal of Phycology* 45: 704-715. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2009.00686.x>
- Evans, J.R., Chapuis, I.S., Vis, M.L. (2017). Adding to the freshwater red algal diversity in North America: *Lympha mucosa* gen. et sp. nov. (Batrachospermales, Rhodophyta). *Algae* 32(3): 171-179. <https://doi.org/10.4490/algae.2017.32.9.8>
- Fang, K.-P., Nan, F.-R., Feng, J., Lv, J.-P., Liu, Q., Liu, X.-D., Xie, S.-L. (2021). A New Species of *Kumanoa* (Batrachospermales, Rhodophyta) from Baiyun Mountain, Guangdong, China. *Phytotaxa* 523(1): 89-98. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.523.1.5>
- Fang, K., Nan, F., Feng, J., Lv, J.-P., Liu, Q., Liu, X.-D., Xie, S.-L. (2022). *Sheathia yunnanensis*, a new species of freshwater red alga (Rhodophyta: Batrachospermales) from Yunnan, China. *Nordic Journal of Botany* 5: e03476. <https://doi.org/10.1111/njb.03476>
- Fetscher, E.A., Stancheva, R., Kociolek, P.J., Sheath R.G., Stein, E.D., Mazon, R.D., Ode, P.R., Busse, L.B. (2014). Development and comparison of stream indices of biotic integrity using diatoms vs. non-diatom algae vs. a combination. *Journal of Applied Phycology* 26: 433-450. <https://doi.org/10.1007/s10811-013-0088-2>
- Fijko, R., Zelenáková, M. (2017). Impact of small hydropower plant on the biodiversity of the selected area. *Proceedings of 10th International Conference “Environmental Engineering”*, 27 – 28 April 2017, Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania, pp. 1-6.
- Foerster, J., Knappe, J., Gutowski, A. (2018). Rote Liste und Gesamtartenliste der limnischen Braunalgen (Phaeophyceae) und Rotalgen (Rhodophyta) Deutschlands. In: Metzger, D., Hofbauer, N., Ludwig, G., Matzke-Hajek, G. (eds), *Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Band 7: Pflanzen. – Münster (Landwirtschaftsverlag). Naturschutz und Biologische Vielfalt* 70(7): 535-564.
- Francoeur, S.N., Pinowska, A., Clason, T.A., Makosky, S., Lowe, R.L. (2002). Unionid bivalve influence on benthic algal community composition in a Michigan lake. *Journal of Freshwater Ecology* 17: 489-500. <https://doi.org/10.1080/02705060.2002.9663927>
- Friedrich, G., Geissler, U., Gerloff, J. (1984). Vorläufige Rote Liste der Braun- und Rotalgen des Süßwassers (Phaeophyceae und Rhodophyceae). In: Blab, J., Nowak, E., Trautmann, W., Sukopp, H. (eds), *Rote Liste der gefährdeten Tiere und Pflanzen in der Bundesrepublik Deutschland*. Kilda Verlag, Greven, pp. 187-189.
- Fritsch, F.E. (1929). The encrusting algal communities of certain fast-flowing streams. *New phytologist* 28: 165-196. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1929.tb06754.x>
- Fuelling, L.J., Adams, J.A., Badik, K.J., Bixby, R.J., Caprette, C.L., Caprette, H.E., Chiasson, W.B., Davies, C.L., Decolibus, D.T., Glascock, K.I., Hall, M.M., Perry, W.L., Schultz, E.R., Taylor Taylor, D.A., Vis, M.L., Verb, R.G. (2011). An unusual occurrence of *Thorea hispida* (Thore) Desvaux chntransia on rusty crayfish in West Central Ohio. *Nova Hedwigia* 94: 355-366. <https://doi.org/10.1127/0029-5035/2012/0018>
- Ganesan, E.K., West, J.A., Necchi, O.Jr. (2018). A catalogue and bibliography of non-marine (freshwater and estuarine) Rhodophyta (red algae) in India. *Phytotaxa* 364(1): 1-48. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.364.1.1>

- Gardavský, A., Hindák, F., Husák, Š., Lenský, V., Lhotský, O., Lukavský, J., Marvan, P. (1995). Sinice a řasy. In: Kotlaba F (ed), Červená kniha ohrožených a vzácných druhů rostlin a živočichů ČR a SR, vol 4. Sinice a řasy, houby, lišejníky, mechorosty. Příroda, Bratislava, pp. 7-29.
- Gargiulo, M.G., Culoso, F., Genovese, G., De Masi, F. (1996). Kariology and effects of temperature and photoperiod on the life-history of *Bangia atropurpurea* (Roth.) C. Ag. (Bangiales, Rhodophyta) from the Mediterranean Sea. *Cryptogamie Algologie* 17(1): 45-55.
- Gartner, A., Tuya, F., Lavery, P.S., McMahon, K. (2013). Habitat preferences of macroinvertebrate fauna among seagrasses with varying structural forms. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 439: 143-151. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2012.11.009>
- Gasith, A., Resh, V.H. (1999). Streams in mediterranean climate regions: abiotic influences and biotic responses to predictable seasonal events. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 30: 51-81. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.30.1.51>
- Gärdenfors, U. (1996). Application of IUCN Red List categories on a regional scale. In: Baillie, J., Groombridge, B. (eds), IUCN Red List of threatened animals. World Conservation Union, Gland, Switzerland, pp. 63-66.
- Gärdenfors, U. (2001). Classifying threatened species at national versus global levels. *Trends in Ecology and Evolution* 16: 511-516. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(01\)02214-5](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(01)02214-5)
- Gärdenfors, U., Hilton-Taylor, C., Mace, G.M., Rodriguez, J.P. (2001). The application of IUCN Red List criteria at regional levels. *Conservation Biology* 15: 1206-1212. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2001.00112.x>
- Geist, J. (2011). Integrative freshwater ecology and biodiversity conservation. *Ecological Indicators* 11(6): 1507-1516. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.002>
- Geitler, L. (1928). Über die Tiefenflora an Felsen im Lunzer Untersee. *Archiv für Protistenkunde* 62: 96-104.
- Geitler, L. (1932). Notizen über *Hildenbrandia rivularis* und *Heribaudiella fluviatilis*. *Archiv für protistenkunde* 76: 581-588.
- Geitler, L. (1970). Beiträge zur epiphytischen Algenflora des Neusiedler Sees. *Österreichische botanische Zeitschrift* 118: 17-29. <https://doi.org/10.1007/BF01373218>
- Gerloff, J. (1967). Eine neue Phaeophyceae aus dem Süßwasser: *Pseudobodanella peterfii* nov. gen. et nov. spec. *Revue Roumaine de Biologie – Série de Botanique* 12(1): 27-35.
- Gibson, M.T., Whitton, B.A. (1987). Hairs, phosphatase activity and environmental chemistry in *Stigeoclonium*, *Chaetophora* and *Draparnaldia* (Chaetophorales). *British Phycological Journal* 22: 11-22. <https://doi.org/10.1080/00071618700650021>
- Geißler, U., Kies, L. (2003). Artendiversität und Veränderungen in der Algenflora zweier städtischer Ballungsgebiete Deutschlands: Berlin und Hamburg. *Nova Hedwigia Beiheft* 126, 777 p.
- Goodman, K.M., Hay, M.E. (2013). Activated chemical defenses suppress herbivory on freshwater red algae. *Oecologia* 171: 921-933. <https://doi.org/10.1007/s00442-012->

[2455-0](#)

- Graham, L.E., Graham, J.M., Wilcox, L.W., Cook, M.E. (2016). *Algae*, 3rd Edition. Madison, LJLM Press.
- Grimm, N.B., Fisher, S.G. (1989). Stability of periphyton and macroinvertebrates to disturbance by flash floods in a desert stream. *Journal of the North American Benthological Society* 8(4): 293-307. <https://doi.org/10.2307/1467493>
- Groombridge, B., Jenkins, M. (1998). *Freshwater biodiversity: a preliminary global assessment*. World Conservation Press, Cambridge.
- Grover, V.I. (2015). Impact of climate change on the water cycle. In: Shrestha, S., Anal, A., Salam, P., van der Valk, M. (eds), *Managing Water Resources under Climate Uncertainty*. Springer Water. Springer, Cham.
- Guelmino, J. (1973). Zenta és környékének növényei. II Virágtalanok, In: *Grada Za Monografiju Sente* 12/B: 39-103.
- Guillen, J., Asche, F., Carvalho, N., Polanco, J. M. F., Llorente, I., Nielsen, R., Villasante, S. (2019). Aquaculture subsidies in the European Union: Evolution, impact and future potential for growth. *Marine Policy* 104: 19-28. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.02.045>
- Guiry, M.D. (2024). How Many Species of Algae Are There? A Reprise. Four Kingdoms, 14 Phyla, 63 Classes and Still Growing. *Journal of Phycology* 60(2): 2014-228. <https://doi.org/10.1111/jpy.13431>
- Guiry, M.D., Guiry, G.M. (2024). *AlgaeBase*. World-wide electronic publication. National University of Ireland., <https://www.algaebase.org>, Retrieved April 26, 2025.
- Gutowski, A., Mollenhauer, D. (1996). Rote Liste der Zieralgen (Desmidiaceae) Deutschlands. In: Ludwig, G., Schnittler, M. (eds), *Rote Liste—gefährdeter Pflanzen Deutschlands*. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, pp. 679-708.
- Gutowski, A., Foerster, J., Schaumburg, J. (2004). The use of benthic algae, excluding diatoms and Charales, for the assessment of the ecological status of running fresh waters: a case history from Germany. *Oceanological and Hydrobiological Studies* 33(2): 3-15.
- Hambrook, J.A., Sheath, R.G. (1991). Reproductive ecology of the freshwater red alga *Batrachospermum boryanum* Sirodot in a temperate headwater stream. *Hydrobiologia* 218: 233-246. <https://doi.org/10.1007/BF00038837>
- Han, J., Nan, F., Feng, J., Lv, J., Liu, Q., Liu, X., Xie, S. (2022). *Thorea baiyunensis* sp. nov. (Thoreales, Rhodophyta) and *T. okadae*, a new record from China. *PhytoKeys* 193: 107-123. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.193.79667>
- Harding, J.P.C., Whitton, B.A. (1981). Accumulation of zinc, cadmium and lead by field populations of *Lemanea*. *Water Research* 15: 301-319. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(81\)90034-8](https://doi.org/10.1016/0043-1354(81)90034-8)
- Hasan, A.H.H., Al-Bader, D.A., Woodward, S., Antóny, C., Ong, J.K., Peters, A.F., Küpper, F.C. (2023). Assessment of the macroalgal diversity of Kuwait by using the Germling Emergence Method. *Algae* 38(2): 127-139. <https://doi.org/10.4490/algae.2023.38.4.30>

- Hearnshaw, J.S., Hughey, F.D. (2010). A tolerance range approach for the investigation of values provided by Te Waihora/Lake Ellesmere. Lincoln University, Canterbury, New Zealand.
- Heino, J., Virkkala, R., Toivonen, H. (2009). Climate change and freshwater biodiversity: detected patterns, future trends and adaptations in northern regions. *Biological Reviews* 84(1): 39-54. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2008.00060.x>
- Hershkovitz, Y., Gasith, A. (2013). Resistance, resilience, and community dynamics in mediterranean-climate streams. *Hydrobiologia* 719: 59-75. <https://doi.org/10.1007/s10750-012-1387-3>
- Hilton-Taylor, C., Mace, G.M., Capper, R.D., Collar, J.N., Stuart, N.S., Bibby, J.C., Pallock, C., Thomson, B.J. (2000). Assessment mismatches must be sorted out: they leave species at risk. *Nature* 404: 541. <https://doi.org/10.1038/35007238>
- Hindák, F. (ed) (1978). *Slatkovodne riasy*. Slovenske Pedagogicke Nakladatelstvo. Bratislava, 225 pp.
- Hohla, M., Gregor, T. (2011). Katalog und Rote Liste der Armeleuchteralgen (Characeae) Oberösterreichs. *Stapfia* 95: 110-140.
- Holmes, N.T.H., Whitton, B.A. (1975). Notes on some macroscopic algae new or seldom recorded for Britain: *Nostoc parmelioides*, *Heribaudiella fluviatilis*, *Cladophora aegagropila*, *Monostroma bullosum*, *Rhodoplax schinzii*. *Vasculum* 60: 47-55.
- Holmes, N.T.H., Whitton, B.A. (1977a). The macrophytic vegetation of the River Tees in 1975: observed and predicted changes. *Freshwater Biology* 7: 43-60. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1977.tb01656.x>
- Holmes, N.T.H., Whitton, B.A. (1977b). The macrophytic vegetation of the River Swale, Yorkshire. *Freshwater Biology* 7: 545-558. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1977.tb01706.x>
- Holmes, N.T.H., Whitton, B.A. (1981). Phytobenthos of the River Tees and its tributaries. *Freshwater Biology* 11: 139-163. <https://doi.org/10.1365-2427.1981.tb01250.x>
- Howard, R.V., Parker, B.C. (1981). A nonobligate association between the red alga *Boldia* and pleurocerid snails. *Sterkiana* 71: 18-23.
- Hyvärinen, E., Juslén, A., Kemppainen, E., Udström, A., Liukko, U.-M. (eds) (2019). Suomen lajien uhanalaisuus. The 2019 Red List of Finnish Species. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. Helsinki.
- Iltis, H. (1913). Über eine Symbiose zwischen *Planorbis* und *Batrachospermum*. *Biologisches Centralblatt* 33: 686-700.
- IPCC. (2019). Summary for Policymakers, In: Shukla, P.R., Skea, J., Calvo Buendia, E., Masson-Delmotte, V., Portner, H.-O., Roberts, D.C., Zhai, P., Slade, R., Connors, S., van Diemen, R., Ferrat, M., Haughey, E., Luz, S., Neogi, S., Pathak, M., Petzold, J., Portugal Pereira, J., Vyas, P., Huntley, E., Kissick, K., Belkacemi, M., Malvley, J. (eds), *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*.

- IPCC. (2023). Sections. In: Lee, H., Romero, J. (eds), Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of working groups I, II and III to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115.
- Israelsson, G. (1938). Über die Süßwasserphaeophycéen Schwedens. Botaniska Notiser 1938: 113–128.
- IUCN. (2012). IUCN Red List Categories and Criteria: version 3.1 (ed. 2). – IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. IUCN. iv + 32pp. [available et <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/RL-2001-001-2nd.pdf>]
- IUCN (2024). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2024-1. [available at <https://www.iucnredlist.org/>]
- Jaasund, E. (1965). Aspects of the marine algal vegetation of North Norway. Botanica Gothoburgensia 4: 1-174.
- Jakovljević, M., Đuretanović, S., Kojadinović, N., Nikolić, M., Petrović, A., Simović, P., Simić, V. (2024). Assessing spirllin *Alburnoides bipunctatus* (Bloch, 1782) as an early indicator of climate change and anthropogenic stressors using ecological modeling and machine learning. Science of the Total Environment 951: 175723. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.175723>
- Jakovljević, O., Popović, S., Živić, I., Stojanović, K., Vidaković, D., Naunović, Z., Krizmanić, J. (2021a). Epilithic diatoms in environmental bioindication and trout farm`s effects on ecological quality assessment of rivers. Ecological Indicators 128: 107847. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107847>
- Jakovljević, O., Popović, S., Živić, I., Stojanović, K., Krizmanić, J. (2021b). Seasonal dynamics of epilithic diatom community from the Vrla River (Southeastern Serbia). Kragujevac Journal of Science 43: 109-122. <https://doi.org/10.5937/kgjsoci2143109j>
- Jakovljević, O., Krizmanić, J., Vasiljević, B., Popović, S. (2024). The response of diatom community to small hydropower plant and fish farm. International Journal of Limnology 60: 4. <https://doi.org/10.1051/limn/2024004>
- Jakubas, E., Gąbka, M., Joniak, T. (2014). Factors determining the distribution of reophil and protected *Hildenbrandia rivularis* (Liebmann) J. Agardh 1851, the Rhodophyta freshwater species, in lowland river ecosystems. Polish Journal of Ecology 62: 679-693. <https://doi.org/10.3161/104.062.0412>
- Jakubas, E., Gąbka, M. (2015). Significance of current velocity gradients for distribution patterns of charophytes versus mosses and vascular plant communities in a lowland stream. Oceanological and Hydrobiological Studies 44: 139-150. <https://doi.org/10.1515/ohs-2015-0014>
- Jakubas-Krzak E., Gąbka M., Panek P., Kowalski W.W., Lisek D., Smoczyk M., Rybak A.S. (2023). The red alga *Hildenbrandia rivularis* is a weak indicator of the good ecological status of riverine habitats. Ecological Indicators 147: 109918. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.109918>
- Janković, M., Janković, M.M. (1962). Ekološki uslovi vodene vegetacije u vreli Mlave kod Žagubice, sa posebnim osvrtom na biljku *Callitriche verna*. Archives of Biological Sciences 14(3–4): 157-168.

- Janouškovec, J., Liu, S.-L., Martone, P.T., Carré, W., Leblanc, C., Collén, J., Keeling, P.J. (2013). Evolution of red algal plastid genomes: ancient architectures, introns, horizontal gene transfer, and taxonomic utility of plastid markers. PLoS One 8: e59001. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0059001>
- Jao, C.C. (1943). Studies on the freshwater algae of China. XI. *Sphacelaria fluviatilis*, a new freshwater brown alga. Sinensia 14: 151-154.
- Jao, C.-C. (1944). Studies on the freshwater algae of China XII. The attached algal communities of the Kialing River. Sinensia 15: 61-73.
- Jayalakshmi, P.S., John, J. (2021). *Kumanoa chaugulei* (Batrachospermales, Rhodophyta), a new species of freshwater red algae from the Western Ghats, India. Phycologia 60(4): 314-320. <https://doi.org/10.1080/00318884.2021.1924511>
- Jayalakshmi, P.S., John, J., Sidharthan, A. (2022). *Kumanoa periyarensis*, a new species of freshwater red algae (Batrachospermales, Rhodophyta) from the Western Ghats, India. Phycologia 61(4): 419-424. <https://doi.org/10.1080/00318884.2022.2068292>
- Johansson, C. (1982). Attached algal vegetation in running waters of Jämtland, Sweden. Acta Phytogeographica Suecica 71: 1-83.
- Johansson G, Aronsson M, Bengtsson R, Carlson L, Kahlert M, Kautsky L, Kyrkander T, Wallentinus I, Willén E (2010) Alger—algae. Nostocophyceae, Phaeophyceae, Rhodophyta & Chlorophyta. In: Gardenfors, U. (ed), Rödlistade arter i Sverige 2010. ArtDatabanken, Uppsala, pp. 223-229.
- John, D., Whitton, B.A., Brook, A.J. (2011). The freshwater algal flora of the British Isles, Second Edition. Cambridge University Press, Cambridge, 896 pp.
- Johnston, E.T., Lim, P., Buhari, N., Keil, E.J., Djawad, M.I., Vis, M.L. (2014). Diversity of freshwater red algae (Rhodophyta) in Malaysia and Indonesia from morphological and molecular data. Phycologia 53(4): 329-341. <https://doi.org/10.2216/13-223.1>
- Juráň, J., Kaštovský, J. (2019). The Procedure of Compiling the Red List of Microscopic Algae of the Czech Republic. Biodiversity and Conservation 28: 2499-2529. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01792-x>
- Jüttner, I., Williams, D.M., Levkov, Z., Falasco, E., Battegazzore, M., Cantonati, M., Van de Vijver, B., Angele, C., Ector, L. (2015). Reinvestigation of the type material for *Odontidium hyemale* (Roth) Kützing and related species, with description of four new species in the genus *Odontidium* (Fragilariaceae, Bacillariophyta). Phytotaxa 234(1): 1-36. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.234.1.1>
- Kamboj, V., Kamboj, N., Sharma, S. (2017). Environmental impact of river bed mining – A review. International Journal of Scientific Research and Reviews 7(1): 504-520.
- Kann, E. (1966). Der Algenaufwuchs in einigen Bächen Österreichs. Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie 16: 646-654. <https://doi.org/10.1080/03680770.1965.11895742>
- Kann, E., Tschamler H. (1976). Algenaufwuchs unter natürlichen Bedingungen auf Kunststoffen. Chemie Kunststoff Aktuell 1976: 63-71.
- Kann, E. (1978). Systematik und Ökologie der Algen österreichischer Bergbäche. Archiv für Hydrobiologie, 53(4): 405-643.

- Kann, E. (1982a). Qualitative Veränderungen der litoralen Algenbiocönose österreichischer Seen (Lunzer Untersee, Traunsee, Attersee) im Laufe der letzten Jahrzehnte. Archiv für Hydrobiologie, Supplement 62 (Monographische Beiträge): 440-490.
- Kann, E. (1982b). Die litorale Algenvegetation des Zeller Sees (Salzburg, Österreich). Archiv für Hydrobiologie 94: 492-501.
- Kann, E. (1993). Der littorale Algaenaufwuchs in See Erken und in seinem Abfluss (Uppland, Schweden). Algological Studies 69: 91-112.
- Kapraun, D.F., Braly, K.S., Freshwater, D.W. (2007). Nuclear DNA content variation in the freshwater red algal orders Batrachospermales and Thoreaales (Florideophyceae, Nemaliophycidae). Phycologia 46(1): 54-62. <https://doi.org/10.2216/06-18.1>
- Kashta, L., Miho, A. (2016). The more frequently occurring macroalgae in Albanian running waters. BSHN 21/2016: 31-40.
- Kato, A., Morita, N., Hiratsuka, T., Suda, S. (2009). Recent introduction of a freshwater red alga *Chantransia macrospora* (Batrachospermales, Rhodophyta) to Okinawa, Japan. Aquatic Invasions 4: 567-574. <https://doi.org/10.3391/ai.2009.4.4.1>
- Keith, D.A., McCarthy, M.A., Regan, H., Regan, T., Bowles, C. Drill, C., Craig, C., Pellow, B., Brugman, M.A., Master, L.L., Ruckelshaus, M., Mackenzie, B., Andelman, S.J., Wade, P.R. (2004). Protocols for listing threatened species can forecast extinction. Ecology Letters 7(11): 1101-1108. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00663.x>
- Keith, D.A., Mahony, M., Hines, H., Elith, J., Regan, T.J., Baumgartner, J.B., Hunter, D., Heard, G.W., Mitchell, N.J., Parris, K.M., Penman, T., Scheele, B., Simpson, C.C., Tingley, R., Tracy, C.R., West, M., Akçakaya, H.R. (2014). Detecting Extinction Risk from Climate Change by IUCN Red List Criteria. Conservation Biology 28(3): 810-819. <https://doi.org/10.1111/cobi.12234>
- Keller, V., Zbinden, N., Schmid, H., Volet, B. (2005). A case study in applying the IUCN “regional guidelines” for national red lists. Conservation Biology 19: 1827–1834. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00257.x>
- Kibler, K.M., Tullos, D. D. (2013). Cumulative biophysical impact of small and large hydropower development in Nu River, China. Water Resources Research 49: 3104-3118. <https://doi.org/10.1002/wrcr.20243>
- Kingston, N. (2012). Checklist of protected & rare species in Ireland. Unpublished National Parks & Wildlife Service Report.
- Kinzelbach, R. (1972). Einschleppung und Einwanderung von Wirbellosen in Ober- und Mittelrhein. Mainzer Naturwissenschaftliches Archiv 11: 109-150.
- Kipp, R. M., McCarthy, M., Fusaro, A. (2021). *Bangia atropurpurea* (Dillwyn) Lyngbye: U.S. Geological Survey, Nonindigenous Aquatic Species Database, Gainesville, FL, and NOAA Great Lakes Aquatic Nonindigenous Species Information System, Ann Arbor, MI. Available: <https://nas.er.usgs.gov/queries/greatLakes/FactSheet.aspx?SpeciesID=1700&Potential=N>.
- Kirkby, S.M., Hibberd, D.J., Whitton, B.A. (1972). *Pleurocladia lacustris* A. Braun (Phaeophyta)—a new British Record. Vasculum 57: 51-56.

- Kiss, K.T., Pelyhe, T. (2004). Rhodophyta divízó. In: Ács E., Kiss K.T. (eds), *Algológiai praktikum*. Eötvös Kiadó, Budapest, pp. 87-93.
- Klaveness, D. (2017). *Hydrurus foetidus* (Chrysophyceae): An inland macroalga with potential. *Journal of Applied Phycology* 29: 1485-1491. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-1047-5>
- Klaveness, D. (2019). *Hydrurus foetidus* (Chrysophyceae): An update and request for observations. *Algae - Korean Phycological Society* 34(1): 1-5. <https://doi.org/10.4490/algae.2019.34.1.15>
- Knappe, J., Geissler, U., Gutowski, A., Friedrich, G. (1996). Rote Liste der limnischen Braunalgen (Fucophyceae) und Rotalgen (Rhodophyceae) Deutschlands. In: Ludwig G, Schnittler M (eds), *Rote Liste—gefährdeter Pflanzen Deutschlands*. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, pp. 609-623.
- Koistinen, M. (2010). Stoneworts/Näkinpartaislevät. In: Rassi P, Hyvärinen E, Juslén A, Mannerkoski I (eds), *The 2010 Red List of Finnish species/Suomen lajien uhanalaisuus: Punainen kirja 2010 Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus*, Helsinki, pp. 204-207.
- Kojadinović, N. (2021). Mogućnost konzervacije fragmentisanih populacija riba na primerupotočne mreže (*Barbus balcanicus* Kotlík, Tsigenopoulos, Ráb and Berrebi, 2002). Doktorska disertacija, Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Kragujevcu.
- Koletić, N., Alegro, A., Šegota, V., Vuković, N., Rimac, A., Vilović, T. (2017). New sites of rare cold-water golden algae *Hydrurus foetidus* (Villars) Trevisan (Ochromytha: Chrysophyceae) in Croatia. *Natura Croatica* 26(2): 305-311. <https://doi.org/10.20302/NC.2017.26.22>
- Koletić, N., Alegro, A., Vuković, N., Rimac, A., Šegota, V. (2018). Spotting the Spots: The Freshwater Brown Alga *Heribaudiella fluviatilis* (Areschoug) Svedelius within Stream Communities of Southeastern Europe. *Cryptogamie, Algologie* 39(4): 449-463. <https://doi.org/10.7872/crya/v39.iss4.2018.449>
- Koletić, N., Rimac, A., Alegro, A., Lajtner, J., Vuković, N., Šegota, V. (2019). Dynamics of epizoic populations of *Thorea hispida* (Thore) Desvaux (Thoreaceae, Rhodophyta) on aquatic gastropods in the carbonate stream in Croatia. *Nova Hedwigia* 109: 1-15. https://doi.org/10.1127/nova_hedwigia/2019/0546
- Koletić, N., Alegro, A., Rimac, A., Vuković, N., Šegota, V. (2020). Catalogue of Croatian Freshwater Rhodophytes. *Phytotaxa* 434(2): 151-169. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.434.2.2>
- Komárek, J. (2013). Cyanoprokaryota 3. Teil: Heterocytous Genera. In: Büdel, B., Gärtner, G., Krienitz, L., Schagerl, M. (eds), *Süßwasserflora von Mitteleuropa Band 19/3*. Springer Spektrum Verlag, Heidelberg, Berlin, 1130 pp.
- Košanin, N. (1908). Alge Vlasinskog blata. *Nastavnik* 20(11-12): 429-433.
- Koçer, M.A.T., Sevgili, H. (2014). Parameters selection for water quality index in the assessment of the environmental impacts of land-based trout farms. *Ecological Indicators* 36: 672-681. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.09.034>
- Kontula, T., Fürhapter, K. (2012). Checklist documentation and distribution data for Baltic Sea macrophyte species. In: Kontula, T., Haldin, J. (eds), *Checklist of Baltic Sea macro-*

- species. Baltic Sea Environment Proceedings No. 130. Helsinki Commission, Helsinki, pp. 9-12.
- Krause, W. (1984). Rote Liste der Armleuchteralgen (Charophyta). In: Blab J, Nowak E, Trutmann W, Sukopp H (eds), Rote Liste der gefährdeten Tiere und Pflanzen in der Bundesrepublik Deutschland. Kilda Verlag, Greven, pp. 184-187.
- Krawiec, F. (1935). Interesting red algae *Hildenbrandia rivularis* (Liebm.) J.G. Ag. and *Thorea ramosissima* Bory in Wielkopolska. Acta Societatis Botanicorum Poloniae 12: 299-300.
- Kristiansen, J. (2005). Golden Algae – A biology of Chrysophytes. A.R.G. Gantner Verlag Kommanditgesellschaft.
- Krizmanić, I., Živić, I., Niketić, M., Vukov, T., Ćirović, D., Kuzmanović, N., Vesović, N., Anđelković, M., Cvijanović, G., Nikolić, D., Penezić, A., Maričić, M., Bogdanović, N., Popović, M., Lakušić, D. (2021). The Jadar project: Biodiversity and biological impacts. In: Stevanović, V., Šolaja, B., Radmilović, V. (eds), The Jadar Project – What is Known? Serbian Academy of Sciences and Arts, Scientific Conferences 202, pp. 157-176.
- Kučera, P., Marvan, P. (2004). Taxonomy and distribution of *Lemanea* and *Paralemanea* (Lemaneaceae, Rhodophyta) in the Czech Republic. Preslia 76:163-174.
- Kučera, P., Uher, B., Komárek, O. (2006). Epiphytic cyanophytes *Xenococcus kernerii* and *Chamaesiphon minutus* on the freshwater red alga *Paralemanea catenata* (Rhodophyta). Biologia 61: 11-13. <https://doi.org/10.2478/s11756-006-0002-3>
- Kučera, P., Grulich, V., Fránková, M., Bureš, P. (2008). Distribution of freshwater red algal family Lemaneaceae (Rhodophyta) in the Czech Republic: an update. Fottea 8(2): 125-128.
- Kumano, S., Hirose, H. (1959). On the swarms and reproductive organs of a phaeophyceous fresh-water alga of Japan, *Heribaudiella fluviatilis* (Areschoug) Svedelius. Bulletin of the Japanese Society of Phycology 7: 45-51.
- Kumano, S. (2002). Freshwater Red Algae of the World. Bristol: Biopress Ltd, pp. 375.
- Kusel-Fetzmann, E.L. (1996). New records of freshwater Phaeophyceae from lower Austria. Nova Hedwigia 62: 79-89. <https://doi.org/10.1127/nova.hedwigia/62/1996/79>
- Kusel-Fetzmann, E.L., Kusel, H. (2007). *Cordylophora caspia* Pallas – Erstfund im Neusiedlersee. Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Österreich 144: 39-47.
- Kusel-Fetzmann, E.L. (2014). *Porterinema fluviatile* (Porter) Waern – eine Brackwasser Braunalge im Neusiedlersee (Burgenland, Österreich). Acta ZooBot Austria 150/151, 33–40.
- Kwandrans, J., Eloranta, P. (2010). Diversity of freshwater red algae in Europe. Oceanological and Hydrobiological Studies 39(1): 161-169.
- Lakušić, D., Kuzmanović, N., Lazarević, P. (2022). Generalizovana klasifikacija staništa Srbije (GKSS). Draft Verzija 4. Centar za informacije o biodiverzitetu, Univerzitet u Beogradu – Biološki fakultet, Beograd.

- Lange-Bertalot, H., Steindorf, A. (1996). Rote Liste der limnischen Kieselalgen (Bacillariophyceae) Deutschlands. In: Ludwig, G., Schnittler, M. (eds), Rote Liste—gefährdeter Pflanzen Deutschlands. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, pp. 633-677.
- Lange, K., Meier, P., Trautwein, C., Schmid, M., Robinson, C.T., Weber, C., Brodersen, J. (2018). Basin-scale effects of small hydropower on biodiversity dynamics. *Frontiers in Ecology and the Environment* 16(7): 397-404. <https://doi.org/10.1002/fee.1823>
- Laplace-Treytore, C., Peltre, M.C., Lambert, E., Rodriguez, S., Vergon, J.P., Chauvin, C. (2014). Guide pratique de détermination des algues macroscopiques d'eau douce et de quelques organismes hétérotrophes. Irstea, Bordeaux, Cestas, 204 p.
- Laušević, R. (1992). Florističko - ekološka studija algi Samokovske reke. Magistarski rad. Univerzitet u Beogradu. 195 str.
- Laušević R. (1993). Floristical composition of algae in the Samokovska river [Serbia (Yugoslavia)]. *Archives of Biological Sciences* 45(3-4): 125-136.
- Lazar, J. (1975). Widespread of Fresh-water Algae in Slovenia. Ljubljana: Slovenska Akademija Znanosti in Umetnosti, 83 p.
- Leal Filho, W., Hunt, J., Lingos, A., Platje, J., Vieira, L.W., Will, M., Gavrilletea, M.D. (2021). The Unsustainable Use of Sand: Reporting on a Global Problem. *Sustainability* 13: 3356. <https://doi.org/10.3390/su13063356>
- Lee, J.M., Cho, C.H., Park, S.I., Choi, J.W., Song, H.S., West, J.A., Bhattacharya, D., Yoon, H.S. (2016). Parallel evolution of highly conserved plastid genome architecture in red seaweeds and seed plants. *BMC Biology* 14: 75. <https://doi.org/10.1186/s12915-016-0299-5>
- Lilleleht, V., Ernits, P., Hang, V et al (2008). Red data book of Estonia. Commission for nature conservation of the Estonian academy of sciences. <http://www.zbi.ee/punane/english/index.html>. Accessed 28 Jan 2018.
- Lin, C.K., Blum, J.L. (1977). Recent invasions of a red alga (*Bangia atropurpurea*) in Lake Michigan. *Journal of Fisheries Research Board of Canada* 34: 2413-2416. <https://doi.org/10.1139/f77-326>
- Lindstrom, S.C. (2017). Class Bangiophyceae. In: Frey, W. (ed), *Syllabus of Plant Families – A. Engler's Syllabus der Pflanzenfamilien Part 2/2: Photoautotrophic eukaryotic Algae - Rhodophyta*. Borntraeger Science, Stuttgart, pp. 89-129.
- Liuzzo, L., Noto, L.V., Arnone, E., Caracciolo, D., La Loggia, G. (2015). Modifications in water resources availability under climate changes: a case study in a Sicilian basin. *Water Resources Management* 29: 1117-1135. <https://doi.org/10.1007/s11269-014-0864-z>
- Lüder, U.H., Clayton, M.N. (2004). Induction of phlorotannins in the brown macroalga *Ecklonia radiata* (Laminariales, Phaeophyta) in response to simulated herbivory—the first microscopic study. *Planta* 218: 928-937. <https://doi.org/10.1007/s00425-003-1176-3>
- Magnus, P. (1889). *Thorea ramosissima* Bory bei Belgrad in Serbien und deren weitere Verbreitung. *Hedvigia* 2: 113-115.

- Mancini, G., Santini, L., Cazalis, V., Akçakaya, R., Lucas, P.M., Brooks, T.M., Foden, W., Di Marco, M. (2023). A standard approach for including climate change responses in IUCN Red List assessments. *Conservation Biology* 38: e14227. <https://doi.org/10.1111/cobi.14227>
- Mannino, A.M., Barone, R., Raimondo, F.M. (2003). First record of *Paralemanea catenata* (Rhodophyta) from Italian Peninsula. *Bocconeia* 16(2): 1053-1058.
- Margalef, R. (1953). Algunos organismos interesantes de las aguas dulces de los Pirineos. *Pirineos* 9: 407-420.
- Marhold, K., Hindák, F. (1998). Checklist of non-vascular and vascular plants of Slovakia. Veda Publishing House of SAV, Bratislava.
- Marinović, R. (1959). Algen in der Quellen des Flusses Gradac. *Glasnik Instituta Botaničke bašte Univerziteta u Beogradu* 1(1): 9-22.
- Marinović, R. (1960). Ispitivanje saprobiteta izvora Popovo vrelo i alga nastanjenih u njemu. *Zaštita prirode* 21-25: 151-158.
- Marinović, R. (1962a). Alge u izvorštima tekućih voda. *Glasnik Prirodnjačkog muzeja B*(18): 21-34.
- Marinović, R. (1962b). O zaštiti algi naseljenih u izvorštu reke Banje. *Zaštita prirode* 21-25: 151-158.
- Marinović, R. (1964). Die algen in sammeltichter des Flusses Banja bei Valjevo. *Glasnik Botaničke Bašte Univerziteta u Beogradu* 1(3): 237-252.
- Marinović, R., Gecaj, A., Stanković, B. (1976). O odnosu crvene alge *Batrachospermum moniliforme* Roth prema svetlosti. *Zbornik radova PMF u Prištini* 4: 5-16.
- Martinović-Vitanović, V. (1987). Novo stanište vrste *Audouinella chalybea* (Lyngb.) Fries (Rhodophyta) u flori Srbije (Jugoslavija). *Biosistematika* 13: 91-99.
- Mariotti, A., Zeng, N., Yoon, J.-H., Artale, V., Navarra, A., Alpert, P., Li, L.Z.X. (2008). Mediterranean water cycle changes: transition to drier 21st century conditions in observations and CMIP3 simulations. *Environmental Research Letters* 3: 044001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/3/4/044001>
- Markeljić, K., Rakonjac, A., Dorđević, N., Brković, D., Simić, S. (2024). Benthic algae as bioindicators in assessing ecological status of Čemernica and Dičina rivers. *Proceedings of 2nd International Symposium on Biotechnology*, 14-15 March 2024, Čačak, Serbia, pp. 289-294. <https://doi.org/10.46793/SBT29.37KM>
- Marković, A., Trbojević, I. (2022). Preliminary Red List of charophytes in Serbia. *Environmental and Experimental Biology* 20(2). Abstracts of the 23rd Meeting of the Group of European Charophytologists (GEC), 16-19 August, Riga, Latvia. p. 133.
- Marković, J.Đ. (1970). Regionalna geografija SFR Jugoslavije. Građevinska knjiga. Beograd.
- Marković, Z. (1998). Izvori brdsko-planinskih područja Srbije: ekološka studija makrozoobentosa. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Biološki fakultet, Beograd.

- Matoničkin, I., Pavletić, Z. (1960). Sudelovanje pojedinih životinjskih i biljnih skupina u izgradnji životnih zajednica na sedrenim i erozijskim slapovima Bosne i Hercegovine. Godišnjak Biološkog Instituta u Sarajevu 8(1-2): 41-62.
- Mašić, E., Barudanović, S., Žero, S., Ramić, E., Macanović, A., Fejzić, S. (2020). New data on distribution of *Hydrurus foetidus* (Villars) Trevisan in freshwater habitats of Vranica Mountain (Bosnia and Herzegovina). Biologica Nyssana 11(2): 93-101. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4393955>
- McCauley, L.R., Wehr, J.D. (2007). Taxonomic reappraisal of the freshwater brown algae *Bodanella*, *Ectocarpus*, *Heribaudiella* and *Pleurocladia* (Phaeophyceae) on the basis of *rbcL* sequences and morphological characters. Phycologia 46: 429-439. <https://doi.org/10.2116/05-08.1>
- Microsoft Corporation. (2018). Microsoft Excel. Retrieved from <https://office.microsoft.com/excel>
- Miličević, A., Jakovljević, O., Popović, S., Krizmanić, J., 2024. Responses of Epilithic Diatoms to the Construction of Small Hydropower Plant in a Serbian River. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 24(7): TRJFAS25621. <https://doi.org/10.4194/TRJFAS25621>
- Milovanović, D. (1949). Bibliografski pregled algoloških ispitivanja u Srbiji do 1947. godine. Glasnik Instituta Botaničke bašte Univerziteta u Beogradu (1-2): 323-329.
- Mitrović, A. (2015). Zajednica algi u zaštićenim prirodnim područjima – Vrelo Mlave i Krupajsko vrelo. Master rad. Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno-matematički fakultet, Kragujevac.
- Mitrović, A.B., Djordjević, N.B., Simić, S.B. (2018). Nova nalazišta retkih crvenih algi (Rhodophyta) u Srbiji. Zbornik abstrakata, Drugi kongres biologa Srbije, 25.-30. septembar 2018, Kladovo, Srbija. 209 p.
- Mitrović, A.B., Đorđević, N.B., Simić, S.B. (2019). Diversity of macroalgal aggregations in the Jelovičko spring. Book of abstracts, 13th Symposium on the Flora of Southeastern Serbia and Nighboring Regions, 20-23 June 2019, Stara planina Mt., Serbia, 50 p.
- Mitrović, A.B., Simić, S.B. (2021). On *Bangia atropurpurea* (Bangiales, Rhodophyta), the strictly protected red alga in Serbia. Botanica Serbica 45(2): 263-272. <https://doi.org/10.2298/BOTSERB2102263M>.
- Mitrović, A.B., Đorđević, N.B., Simić, S.B. (2021). A review of research on the *Lemanea* genus in Serbia. Oceanological and Hydrobiological Studies 50(1): 47-59. <https://doi.org/10.2478/oandhs-2021-0006>
- Mollenhauer, D., Christensen, T.A. (1996). Rote Liste der Schlauchalgen (Vaucheriaceae) Deutschlands. In: Ludwig, G., Schnittler, M. (eds), Rote Liste—gefährdeter Pflanzen Deutschlands. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, pp. 625-632.
- Mollenhauer, D., Gutowski, A. (1996). Rote Listen für die Algen Deutschlands. Schriftenreihe für Vegetationskunde 28: 527-546.
- Müller, D.G., Geller, W. (1978). Einige Beobachtungen an Kulturen der Süßwasser-Braunalge *Bodanella lauterborni* Zimmermann. Nova Hedwigia 29: 735-741.

- Müller, D.G., Parodi, E.R., Peters, A.F. (1998). *Asterocladon lobatum* gen. et sp. nov., a new brown alga with stellate chloroplast arrangement, and its systematic position judged from nuclear rDNA sequences. *Phycologia* 37: 425-432. <https://doi.org/10.2216/i0031-8884-37-6-425.1>
- Müller, H. (2002). Lake Constance – a model for integrated lake restoration with international cooperation. *Water Science and Technology* 46(6-7): 93-98. <https://doi.org/10.2166/wst.2002.0667>
- Müller, K.M., Lynch, M.D.J., Sheath, R.G. (2010). Bangiophytes: From one Class to Six; Where Do We Go from Here? In: Seckbach, J., Chapman, D. (eds), *Red Algae in the Genomic Age. Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology*, vol 13. Springer, Dordrecht, 241-259.
- Nan, F., Feng, J., Lv, J., Liu, Q., Fang, K., Gong, C., Xie, S. (2017). Origin and evolutionary history of freshwater Rhodophyta: further insights based on phylogenomic evidence. *Scientific Reports* 7: 2934. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-03235-5>
- Nan, F., Zhao, Y., Feng, J., Lv, J., Liu, Q., Liu, X., Xie, S. (2022). Morphological and Molecular Phylogenetic Analysis of a *Lemanea* Specimen (Batrachospermales, Rhodophyta) from China. *Diversity* 14: 479. <https://doi.org/10.3390/d14060479>
- Necchi, O.Jr. (1987). Sexual reproduction in *Thorea* Bory (Rhodophyta, Thoreaceae). *Japanese Journal of Phycology* 35(106):112.
- Necchi, O.Jr., Entwistle, T. (1990). A reappraisal of generic and subgeneric classification in the Batrachospermaceae (Rhodophyta). *Phycologia* 29(4): 478-488. <https://doi.org/10.2216/i0031-8884-29-4-478.1>
- Necchi, O.Jr., Pascoaloto, D. (1993). Seasonal dynamics of macroalgal communities in the Preto River basin, São Paulo, southeastern Brazil. *Archiv für Hydrobiologie* 129(2): 231-252. <https://doi.org/10.1127/archiv-hydrobiol/129/1993/231>
- Necchi, O.Jr., Moreira, J.C.L. (1995). Longitudinal distribution of macroalgae in two tropical lotic ecosystems from southeastern Brazil. *Archiv Fur Hydrobiologie* 135: 113-128. <https://doi.org/10.1127/archiv-hydrobiol/135/1995/113>
- Necchi, O.Jr., Branco, Z.C.Z., Branco, Z.H.L. (1999). Distribution of Rhodophyta in streams from São Paulo state, southeastern Brazil. *Archiv für Hydrobiologie* 147(1): 73-89. <https://doi.org/10.1127/archiv-hydrobiol/147/1999/73>
- Necchi, O., Zucchi, M.R. (2001). Photosynthetic performance of freshwater Rhodophyta in response to temperature, irradiance, pH and diurnal rhythm. *Phycological Research* 49: 305-318. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1835.2001.00251.x>
- Necchi, O.Jr. (2005). Light-related photosynthetic characteristics of freshwater Rhodophyta. *Aquatic Botany* 82:193-209. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2005.02.010>
- Necchi, O.Jr., Alves, A.H.S. (2005). Photosynthetic characteristics of the freshwater red alga *Batrachospermum delicatulum* (Skuja) Necchi & Entwistle. *Acta Botanica Brasilica* 19(1): 125-137. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062005000100012>
- Necchi, O.Jr. (2016). Red algae (Rhodophyta) in Rivers. In: Necchi, O.Jr. (ed), *River algae*. Springer, Switzerland, pp. 65-91. https://doi.org/10.1007/978-3-319-31984-1_4

- Necchi, O.Jr., Agostinho, D.C., Vis, M.L. (2018). Revision of *Batrachospermum* Section Virescentia (Batrachospermales, Rhodophyta) with the establishment of the new genus, *Virescentia* stat. nov. *Cryptogamie Algologie* 39: 313-338. <https://doi.org/10.7872/crya/v39.iss3.2018.313>
- Necchi, O.Jr., West, J.A., Ganesan, E.K., Yasmin, F., Rai, S.K., Rossignolo, N.L. (2019a). Diversity of the genus *Sheathia* (Batrachospermales, Rhodophyta) in northeast India and east Nepal. *Algae* 34: 277-288. <https://doi.org/10.4490/algae.2019.34.10.30>
- Necchi, O.Jr., Filho, A.G., Paiano, M.O. (2019b). Revision of *Batrachospermum* sections Acarposporophytum and Aristata (Batrachospermales, Rhodophyta) with the establishment of the new genera *Acarposporophycos* and *Visia*. *Phytotaxa* 395(2): 51-65. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.395.2.1>
- Necchi, O., Fo, A.S.G., Paiano, M.O., Vis, M.L. (2019b). Revision of *Batrachospermum* section Macrospora (Batrachospermales, Rhodophyta) with the establishment of the new genus *Montagnia*. *Phycologia* 58(6): 1-10. <https://doi.org/10.1080/00318884.2019.1624143>
- Necchi, O.Jr., Vis, M.L. (2021a). History of Freshwater Red Algal Studies; Taxonomic Diversity and Phylogeny; Biogeographic Trends; Collection of Freshwater Red Algae; Scope and Organization of This Book. In: Vis, M.L., Necchi, O.Jr. (eds), *Freshwater Red Algae: Phylogeny, Taxonomy, and Biogeography*. Cham: Springer Nature, pp. 1-25. https://doi.org/10.1007/978-3-030-83970-3_1
- Necchi, O.Jr., Vis, M.L. (2021b). Subphylum Cyanidiophytina, Class Cyanidiophyceae; Subphylum Proteorhodophytina, Classes Compsopogonophyceae, Porphyridiophyceae, Rhodellaphyceae, and Stylonematophyceae. In: Vis, M.L., Necchi, O.Jr. (eds), *Freshwater Red Algae: Phylogeny, Taxonomy, and Biogeography*. Cham: Springer Nature, pp. 27-56. https://doi.org/10.1007/978-3-030-83970-3_2
- Necchi, O.Jr., Vis, M.L. (2021b). Subphylum Eurhodophytina, Classes Bangiophyceae and Florideophyceae, Subclasses Corallinophycidae, Hildenbrandiophycidae, and Rhodymeniophycidae. In: Vis, M.L., Necchi, O.Jr. (eds), *Freshwater Red Algae: Phylogeny, Taxonomy, and Biogeography*. Cham: Springer Nature, pp. 57-94. https://doi.org/10.1007/978-3-030-83970-3_3
- Neméth, J. (2005). Red list of algae in Hungary. *Acta Botanica Hungarica* 47: 379-417. <https://doi.org/10.1556/abot.47.2005.3-4.7>
- Newman, J.R., Dawson, F.H., Holmes, N.T.H., Chadd, S., Rouen, K.J., Sharp, L. (1997). Mean Trophic Rank: a User's manual. R & D Technical Report, Bristol, pp. 1-156.
- Nicholls, K.H., Wujek, D.E. (2015). Chrysophyceae and Phaeothamniophyceae. In Wehr, J.D., Sheath, R.G., Kociolek, J.P. (eds), *Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification*. Academic Press, pp. 537-586.
- Nichols, H.W. (1965). Culture and Development of *Hildenbrandia rivularis* from Denmark and North America. *American Journal of Botany* 52(1): 9-15. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1965.tb06751.x>
- Nielsen, R., Kristiansen, A., Mathiesen, L., Mathiesen, H. (1995). Distributional index of the benthic marine macroalgae of the Baltic Sea area. *Acta Botanica Fennica* 155: 1-70.

- Niketić, M. (2021). Aplikacija za procenu ugroženosti vrsta u Srbiji prema IUCN kriterijumima – Verzija 03. Univerzitet u Beogradu – Biološki fakultet.
- Nikitović, J., Laušević, R. (1999). Benthic algae in the river Vlasina (Serbia, Yugoslavia). *Ekologija* 34(1-2): 19-26.
- Notoya, M., Iijima, N. (2003). Life history and sexuality of archeospore and apogamy of *Bangia atropurpurea* (Roth) Lyngbye (Bangiales, Rhodophyta) from Fukaura and Enoshima, Japan. *Fisheries Science* 69: 799-805. <https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2003.00689.x>
- Obušković, Lj. (1993). Algološka i saprobiološka analiza nekih voda sliva reke Visočice i Temšice. Zbornik radova III Simpozijuma o flori jugoistočne Srbije, 1. Flora i vegetacija, 1-4 jun 1993, Leskovac-Pirot. 1-15 str.
- Obušković, Lj., Maslić, M. (1997). Studies of phytoplankton and some chemical parameters of the Danube waters at river section km 1162-1115 [Yugoslavia]. *Archives of Biological Science* 49(1-2): 37-41.
- Obušković, Lj., Obušković, M. (1998). Ispitivanje kvaliteta vode mikroakumulacije na Gvozdačkoj reci (sliv Ibra) na osnovu alki kao bioindikatora. Zbornik radova Konferencije „Zaštita voda 1998”, 9-12 jun 1998, Kotor, Crna Gora.
- Obušković, Lj., Obušković, M. (2000). Algoloska i saprobioloska ispitivanja reka Veliki i Mali Rzav. Zbornik radova Konferencije „Zaštita voda 2000“, 6-9 jun 2000, Mataruska banja, Srbija.
- Obušković, Lj. (2002). Algološka flora i saprobiološke karakteristike glavnih pritoka Sjeničkog jezera. Zbornik radova Konferencije „Zaštita voda 2002“, 11-14 jun 2002, Vrnjačka banja, Srbija.
- Palamar-Mordvintseva, G.M., Tsarenko, P.M. (2004). Red list of charales of the Ukraine. *Algae* 6: 305-318. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v6.j4.10>
- Paredes, E., Ward, A., Probert, I., Gouhier, L., Campbell, C.N. (2021). Cryopreservation of Algae, In: Wolkers, W.F., Oldenhof, H. (eds), *Cryopreservation and Freeze-Drying Protocols. Methods in Molecular Biology* 2180: 607-621. Humana, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-0783-1_32
- Paukert, C., Schloesser, J., Fischer, J., Eitzmann, J., Pitts, K., Thornbrugh, D., Bouska, K. (2008). Effect of Instream Sand Dredging on Fish Communities in the Kansas River USA: Current and Historical Perspectives. *Journal of Freshwater Ecology* 23: 623-633. <https://doi.org/10.1080/02705060.2008.9664250>
- Pavia, H., Toth, G.B. (2000). Inducible chemical resistance to herbivory in the brown seaweed *Ascophyllum nodosum*. *Ecology* 81: 3212-3225. <https://doi.org/10.2307/177411>
- Pedersen, P.M. (2011). Grønlands havalger. Forlaget Epsilon, DK, Copenhagen, pp. 1-208.
- Peerapornpisal, Y., Nualcharoen, M., Suphan, S., Kunpradid, T., Chao, M.-B.-W., Yang, M.-B.-W. (2006). Diversity and habitat characteristics of freshwater red algae (Rhodophytes) in some water resources of Thailand. *Science Asia* 1: 63-70. [https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2006.32\(s1\).063](https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2006.32(s1).063)

- Peters, A.F., Ramírez, M.E. (2001). Molecular phylogeny of small brown algae, with special reference to the systematic position of *Caepidium antarcticum* (Adenocystaceae, Ectocarpales). *Cryptogamie Algologie* 22: 187-200.
- Petković, S. (1980). Jesenji algofloristički aspekt nekih crnogorskih Rijeka. *Poljoprivreda i šumarstvo* 26(1): 71-89.
- Petković, S., Petković, S. (1991). Composition, structure and character of microphytobenthic and macrozoobenthic communities of River Tara and its tributaries. *Poljoprivreda i šumarstvo* 37(3-4): 13-36.
- Petković, S., Petković, S. (1976). Studies on the microphyto and microzoobenthos of the preimpundment basion of Piva Lake, Reservoir in Crna Gora Jugoslavia. *Poljoprivreda i šumarstvo* 12(3): 65-84.
- Petri, M. (2006). Water Quality of Lake Constance. *Handbook of Environmental Chemistry* 5: 127-138. https://doi.org/10.1007/698_5_018
- Petrović, A. (2014). Mogućnost korišćenja baze podataka u strategiji konzervacije biodiverziteta makrobeskičmenjaka kopnenih voda na nacionalnom nivou. Doktorska disertacija, Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Kragujevcu.
- Petrovska, Lj. (1966). Rodoficeii vo algenata flora na Makedonija. *Fragment Balkan* 5: 189-194.
- Petrovska, Lj. (1969). Mikroflora na termalnite izvori vo Niška Banja. *Fragment Balkan* 7: 21-30.
- Pipp, E., Rott, E. (1994). Clasification of running-water sites in Austria based on benthic algal community structure. *Verhand lungen Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 25: 1610-1613. <https://doi.org/10.1080/03680770.1992.11900453>
- Poikane, S., Kelly, M., Cantonati, M. (2016). Benthic algal assessment of ecological status in European lakes and rivers: Challenges and opportunities. *Science of the Total Environment* 568: 603-613. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.02.027>
- Porter, H.C. (1894). Abhängigkeit der Breitling- und Unterwarnow-Flora vom Wechsel des Salzgehaltes. Diss. Rostock.
- Pueschel, C.M., Stein, J.R. (1983). Ultrastructure of a freshwater brown alga from western Canada. *Journal of Phycology* 19: 209-215. <https://doi.org/10.1111/j.0022-3646.1983.00209.x>
- QGIS Development Team (2024). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Retrieved from <https://qgis.org> version 3.38.2
- Qiu, H., Price, D.C., Yang, E.C., Yoon, H.S., Bhattacharya, D. (2015). Evidence of ancient genome reduction in red algae (Rhodophyta). *Journal of Phycology* 51: 624-36. <https://doi.org/10.1111/jpy.12294>
- Rakonjac, A.B., Đorđević, N.B., Simić, S.B. (2022). Korasta crvena alga *Hildenbrandia* u Srbiji. *Zbornik abstrakata, Treći kongres biologa Srbije*, 21-25. septembar 2022, Zlatibor, Srbija. str. 223.
- Rakonjac, A., Simić, S. (2023). Updating knowledge on the distribution of red algae

- (Rhodophyta) in Serbia (Southeast Europe). Kragujevac Journal of Science 45: 239-244. <https://doi.org/10.5937/KgJSci2345239R>
- Rakonjac, A.B., Simić, S.B. (2024a). New discovery of a rare freshwater brown alga *Bodanella lauterborni* W.M Zimmermann (Serbia, Southeast Europe). Book of abstracts, 9th Aquatic Biodiversity International Conference, 20-24 September 2024, Sibiu, Transylvania, Romania, 36 p.
- Rakonjac, A.B., Simić, S.B. (2024b). New ecological notes on freshwater chrysophycean alga *Hydrurus foetidus* (Chrysophyceae, Heterokontophyta): a study from Serbia (Southeast Europe). Oceanological and Hydrobiological Studies 53(4): 375-385. <https://doi.org/10.26881/oahs-2024.4.05>
- Rautenberg, E. (1960). Zur Morphologie und Ökologie einiger epiphytischer und epi-endophytischer Algen. Botanica Marina 2: 133-148. <https://doi.org/10.1515/botm.1960.2.1-2.133>
- Rašomavičius, V. (2007). Lietuvos raudonoji knyga. Lututė, Vilnius.
- Reeb, V., Bhattacharya, D. (2010). The Thermo-Acidophilic Cyanidiophyceae (Cyanidiales). In: Seckbach, J., Chapman, D. (eds), Red Algae in the Genomic Age. Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology. Springer, Dordrecht, pp. 409-426. https://doi.org/10.1007/978-90-481-3795-4_22
- Reith, A. (1969). Über eine auf Vaucherien im Arterner Salzgebiet epiphytische Alge und die durch sie aufgeworfene Problematik. Archiv für Protistenkunde 111: 129-139.
- Remias, D., Jost, S., Boenigk, J., Wastian, J., Lütz, C. (2013). *Hydrurus*-related golden algae (Chrysophyceae) cause yellow snow in polar summer snowfields. Phycological Research 61: 277-285. <https://doi.org/10.1111/pre.12025>
- Rhodes, R.G. (1972). Studies on the biology of brown algae on the Atlantic coast of Virginia. I. *Porterinema fluviatile* (Porter) Waern. Journal of Phycology 8: 117-119. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.1972.tb.04009.x>
- Ricciardi, A., Rasmussen, J.B. (1999). Extinction Rates of North American Freshwater Fauna. Conservation Biology 13(5): 1220-1222. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1999.98380.x>
- Ristić, R., Malušević, I., Polovina, S., Milčanović, V., Radić, B. (2018). Small hydropower plants – derivation type: insignificant energy benefit and immeasurable environmental damage. Vodoprivreda 50(294-296): 311-317.
- Rodríguez, R.R., Carmona, J.J., Martorell, C. (2007). Microhabitat and morphometric variation in two species of *Prasiola* (Prasiolales, Chlorophyta) from stream in central Mexico. Aquatic Ecology 41: 161-168. <https://doi.org/10.1007/s10452-006-9068-9>
- Rodríguez-Flores, R., Carmona-Jiménez, J. (2018). Ecology and distribution of macroscopic algae communities in streams from the Basin of Mexico. Botanical Sciences 96(1): 63-75. <https://doi.org/10.1712/botsoci.1237>
- Rossignolo, N.L., Necchi, O.Jr. (2016). Revision of section Setacea of the genus *Batrachospermum* (Batrachospermales, Rhodophyta) with emphasis on specimens from Brazil. Phycologia 55(4): 337-346. <https://doi.org/10.2216/15-144.1>

- Rossignolo, N.L., Necchi, O.Jr., Guiry, M.D. (2017). *Atrophycus*, a new genus name for “*Setacea* (De Toni) Necchi & Rossignolo”. *Notulae Algarum* 26: 1-2.
- Rossignolo, N.L., Yasmin, F., West, J.A., Ganesan, E.K., Necchi, O.Jr. (2020). Molecular and morphological evidence for a new species in the genus *Sirodotia* (Batrachospermales, Rhodophyta) from the State of Assam, India. *Phytotaxa* 437: 121-134. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.437.3.1>
- Rossignolo, N.L., Vis, M.L., Paiano, M.O., Eloranta, P., West, J.A., Ganesan, E.K., Yasmin, F., Phaik-Eem, L., Necchi, O.Jr. (2021). Revision of the genus *Sirodotia* (Batrachospermales, Rhodophyta) with description of four new species. *Cryptogamie Algologie* 42(8): 93-127. <https://doi.org/10.525/cryptogamie-algologie2021v42a8>
- Rott, E., Hofmann, G., Pall, K., Pfister, P., Pipp, E. (1997). Indikationslisten für Aufwuchsalgen. Teil 1: Saprobielle Indikation. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- Rott, E., Pfister, P., Van Dam, H., Pall, K., Pipp, E., Binder, N., Ortel, K. (1999). Indicationslisten für Aufwuchsalgen in österreichischen Fließgewässern. Teil 2: Trophieindikation sowie geochemische Präferenz, taxonomische und toxikologische Anmerkungen. Wasserwirtschaftskataster. Bundesministerium für Land- und forstwirtschaft, Wien.
- Rott, E., Walser, L., Kegele, M. (2000). Ecophysiological aspects of macroalgal seasonality in a gravel stream in the Alps (River Isar, Austria). *Verhandlungen - Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 27(3): 1622-1625. <https://doi.org/10.1080/03680770.1998.11901513>
- Rott, E., Cantonati, M., Füreder, L., Pfister, P. (2006a). Benthic algae in high altitude streams of the Alps - a neglected component of the aquatic biota. *Hydrobiologia* 562(1): 195-216. <https://doi.org/10.1007/s10750-005-1811-z>
- Rott, E., Füreder, L., Schütz, C., Sonntag, B., Wille, A. (2006b). A conceptual model for niche differentiation of biota within an extreme stream microhabitat. *Verhandlungen - Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 29(5): 2321-2323. <https://doi.org/10.1080/03680770.2006.11903108>
- Rott, E., Schneider, S.C. (2014). A comparison of ecological optima of soft-bodied benthic algae in Norwegian and Austrian rivers and consequences for river monitoring in Europe. *The Science of the Total Environment* 475: 180-186. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.08.050>
- Rueness, J., Bjærke, M.R., Fredriksen, S., Langangen, A., Lindstrøm, E.-A., Moy, F., Sjøtun, K. (2006). In: Kålås, J.A., Viken, Å., Bakken, T. (eds), *Alger Cyanophyta, Rhodophyta, Phaeophyceae, Ulvophyceae, Charophyceae*. Norsk Rødliste 2006–2006 Norwegian Red List. Artsdatabanken, Norway, pp. 95-101.
- Ruggiero, M.A., Gordon, D.P., Orrell, T.M., Bailly, N., Bourgoin, T., Brusca, R.C., Cavalier-Smith, T., Guiry, M.D., Kirk, P.M. (2015). A Higher Level Classification of All Living Organisms. *PLOS ONE* 10(4): e0119248. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119248>
- Russel, G., Bolton, J. (1975). Euryhaline ecotypes of *Ectocarpus siliculosus* (Dillw.) Lyngb. *Estuarine and Coastal Marine Science* 3: 91-94. [https://doi.org/10.1016/0302-3524\(75\)90008-0](https://doi.org/10.1016/0302-3524(75)90008-0)

- Rybak, A.S., Woyda-Ploszczyca, A.M. (2024). The influence of temperature on oxygen uptake of red alga *Hildenbrandia rivularis* – the next step of the indicatory potential revision. *Environmental and Sustainability Indicators* 24: 100503. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2024.100503>
- Ržaničanin, A., Cvijan, M., Krizmanić, J. (2005). Phytoplankton of the Tisa River. *Archives of Biological Sciences* 57(3): 223-235.
- Sabater, S., Aboal, M., Cambra, J. (1989). Nuevas observaciones de Rodoficeas en aguas epikontinentales del ne y se de España. *Limnética* 5: 93-100.
- Saber, A.A., Cantonati, M., Vis, M.L., Anesi, A., Guella, G. (2016). Multifaceted characterization of a *Lemanea fluviatilis* population (Batrachospermales, Rhodophyta) from a glacial stream in the south-eastern Alps. *Fottea, Olomouc* 16(2): 234-243. <https://doi.org/10.5507/fot.2016.014>
- Sabovljević, M., Tomović, G., Pantović, J.P., Djurović, S.Z., Buzurović, U., Denchev, T.T., Denchev, C.M., Boycheva, P., Dimitrova, T., Marković, A., Sabovljević, A.D., Ștefănuț, S., Ciprian Bîrsan, C., Šabanović, E., Djordjević, V., Niketić, M., Šovran, S., Mašić, E., Stoykov, D., Papp, B., Assyov, B., Slavova, M. (2022). New records and noteworthy data of plants, algae and fungi in SE Europe and adjacent regions, 9. *Botanica Serbica* 46(2): 311-320. <https://doi.org/10.2298/BOTSERB2202311S>
- Sabovljević, M., Tomović, G., Kunev, G., Taşkın, H., Bozok, F., Šovran, S., Knežević, A., Cimerman, Ž., Strgulc Krajšek, S., Kuzmanović, N., Lazarević, P., Assyov, B., Stoykov, D., Szelağ, Z., Vladimirov, V., Rakonjac, A., Simić, S., Sabovljević, A., Papp, B., Pantović, J., Stanković, M. (2023). New records and noteworthy data of plants, algae and fungi in SE Europe and adjacent regions, 13. *Botanica Serbica* 47(1): 183-194. <https://doi.org/10.2298/BOTSERB2301183S>
- Salomaki, E.D., Kwandrans, J., Eloranta, P., Vis, M.L. (2014). Molecular and morphological evidence for *Sheathia* gen. nov. (Batrachospermales, Rhodophyta) and three new species. *Journal of Phycology* 50(3): 526-542. <https://doi.org/10.1111/jpy.12179>
- Santos, R.M.B., Sanches Fernandes, L.F., Varandas, S.G.P., Pereira, M.G., Sousa, R., Teixeira, A., Lopes-Lima, M., Cortes, R.M.V., Pacheco, F.A.L. (2015). Impacts of climate change and land-use scenarios on Margaritifera margaritifera, an environmental indicator and endangered species. *Science of the Total Environment* 511: 477-488. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.12.090>
- Schaarschmidt, J. (1883). Fragmenta Phycologiae Bosniaco-Serbicae. *Magyar Növénytani Lapok* 7(75): 33-39.
- Schaumburg, J., Schranz, C., Foerster, J., Gutowski, A., Hofmann, G., Meilinger, P., Schneider, S., Schmedtje, U. (2004). Ecological classification of macrophytes and phytobenthos for rivers in Germany according to the Water Framework Directive. *Limnologica* 34: 283-301. [https://doi.org/10.1016/S0075-9511\(04\)80002-1](https://doi.org/10.1016/S0075-9511(04)80002-1)
- Schloesser, R.E. (1977). The identification of a new freshwater brown alga from the Lake Michigan sublittoral zone. Master Thesis, University of Wisconsin, Milwaukee.
- Schloesser, R.E., Blum, J.L. (1980). *Sphacelaria lacustris* sp. nov., a freshwater brown alga from Lake Michigan. *Journal of Phycology* 16: 201-207. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.1980.tb03020.x>

- Schmedtje, U., Gutowski, A., Hofmann, G., Leukart, P., Melzer, A., Mollenhauer, D., Schneider, S., Tremp, H. (1998). Mapping of the trophic status of running waters dominated by periphytic algae and macrophytes. Information Reports of the Bavarian Water Management Agency 5/98, pp. 1-501.
- Schmidt, D., Van de Weyer, K., Krause, W., Kies, L., Garnel, A., Giessler, U., Gutowski, A., Samietz, R., Scheutz, W., Vahle, H.-C.H., Wolff, P., Meizer, A. (1996). Rote Liste der Armleuchteralgen (Charophyceae) Deutschlands, Bundesamt für Naturschutz. Schriftenreihe für Vegetationskunde 28: 547-566.
- Schneider, S.C., Lindstrøm, E.A. (2011). The periphyton index of trophic status PIT: a new eutrophication metric based on non-diatomaceous benthic algae in Nordic rivers. *Hydrobiologia* 665: 143-155. <https://doi.org/10.1007/s10750-011-0614-7>
- Schoenwaelder, M.E.A. (2002). The occurrence and cellular significance of physodes in brown algae. *Phycologia* 41: 125-139. <https://doi.org/10.2216/i0031-8884-41-2-125.1>
- Schoenwaelder, M.E.A. (2008). The biology of phenolic containing vesicles. *Algae* 23: 163-175. <https://doi.org/10.4490/algae.2008.23.3.163>
- Schories, D., Haerdle, W., Kaminski, E., Kell, W., Kuhner, E., Pankow, H. (1996). Rote List und Florenlisten der marinen Makroalgen (Chlorophyceae, Rhodophyceae et Fucophyceae) Deutschlands, Bundesamt für Naturschutz. Schriftenreihe für Vegetationskunde 28: 577-607.
- Schütz, W. (2019). Erläuterungen zur Roten Liste der limnischen Rot- und Braunalgen Baden-Württembergs. LUBW Online-Veröffentlichung.
- Schütz, W., Kelly, M.G., King, L., Cantonati, M. (2021). Did zebra mussel fill the type habitat of worldwide-rare freshwater brown macroalga? *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 31(12): 3657-3659. <https://doi.org/10.1002/aqc.3731>
- Sheffield, J., Wood, E.F. (2008). Projected changes in drought occurrence under future global warming from multi-model, multi scenario, IPCC AR4 simulations. *Climate Dynamics* 31: 79-105. <https://doi.org/10.1007/s00382-007-0340-z>
- Sekulić, G., Dimović, D., Kalmar Krnajski Jović, Z., Todorović, N. (2012). Procena ranjivosti na klimatske promene – Srbija. WWF (Svetski fond za prirodu), Centar za unapređenje životne sredine. Beograd.
- Sellami, H., Benabdallah, S., La Jeunesse, I., Vanclooster, M. (2016). Quantifying hydrological responses of small Mediterranean catchments under climate change projections. *Science of the Total Environment* 543: 924-936. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.006>
- Shea, T.B., Sheath, R.G., Chhun, A., Vis, M.L., Chiasson, W.B., Müller, K.M. (2014). Distribution, seasonality and putative origin of the non-native red alga *Bangia atropurpurea* (Bangiales, Rhodophyta) in the Laurentian Great Lakes. *Journal of Great Lakes Research* 40: 27-34. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2014.01.004>
- Sheath, R.G., Cole, K.M. (1980). Distribution and salinity adaptations of *Bangia atropurpurea*, a putative migrant into the Laurentian Great Lakes. *Journal of Phycology* 16: 412-420. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.1980.tb03053.x>
- Sheath, R.G. (1984). The biology of freshwater red algae. In: Round, F.E., Chapman, D.J. (eds), *Progress in phycological research*, 3. Biopress Ltd., Bristol, pp. 89-157

- Sheath, R. G., Cole, M. K. (1984). Systematics of *Bangia* (Rhodophyta) in North America. I. Biogeographic trends in morphology. *Phycologia*. 23 (3): 383-396. <https://doi.org/10.2216/i0031-8884-23-3-383.1>
- Sheath, R.G., Morison, M.O., Korch, J.E., Kaczmarczyk, D., Cole, K.M. (1986). Distribution of stream macroalgae in south-central Alaska. *Hydrobiologia* 135: 259-269. <https://doi.org/10.1007/BF00006538>
- Sheath, R.G. (1987). Invasions into the Laurentian Great Lakes by marine algae. *Archiv für Hydrobiologie - Ergebnisse der Limnologie* 25: 165-186.
- Sheath, R.G., Hambrook, J.A. (1988). Mechanical adaptations to flow in freshwater red algae. *Journal of Phycology* 24: 107-111. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.1988.tb04462.x>
- Sheath, R.G., Hambrook, J.A. (1990). Freshwater ecology. In: Cole, M.K., Sheath, R.G. (eds), *Biology of the Red Algae*. Cambridge University Press. New York, pp. 423-453.
- Sheath, R.G., Cole, M.K. (1992). Biogeography of stream macroalgae in North America. *Journal of Phycology* 28: 448-460. <https://doi.org/10.1111/j.0022-3646.1992.00448.x>
- Sheath, R.G., Müller, K.M., Larson, D.J., Cole, K.M. (1995). Incorporation of freshwater Rhodophyta into the cases of caddisflies (Trichoptera) from North America. *Journal of Phycology* 31: 889-896. <https://doi.org/10.1111/j.0022-3646.1995.00889.x>
- Sheath, R.G., Müller, K.M., Vis, M.L., Entwistle, T.J. (1996). A re-examination of the morphology, ultrastructure and classification of genera in the Lemnaceae (Batrachospermales, Rhodophyta). *Phycological Research* 44: 233-246. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1835.1996.tb00053.x>
- Sheath, R.G., Sherwood, A.R. (2002). Phylum Rhodophyta (Red Algae). In: John, D.M., Whitton, B.A., Brook, A.J. (eds), *The freshwater algal flora of the British Isles. An identification guide to freshwater and terrestrial algae*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 123-143.
- Sheath, R.G., Vis, M.L. (2015). Red algae. In: Wehr, J.D., Sheath, R.G., Kociolek, J.P. (eds), *Freshwater algae of North America*. Elsevier Academic Press, pp. 237-264.
- Sheath, R.G., Wehr, J.D. (2015). Introduction to the Freshwater Algae. In: Wehr, J.D., Sheath, R.G., Kociolek, J.P. (eds), *Freshwater algae of North America*. Elsevier Academic Press, pp. 1-11.
- Siemińska, J. (1992). List of threatened plants in Poland (2nd edition). In: Zarzycki, K., Wojewoda, W., Heinrich, Z. (eds), *List of threatened plants in Poland*. Polish Academy of Sciences, W. Szafer Institute of Botany, Poland, pp. 7-19.
- Silberfeld, T., Leigh, J.W., Verbruggen, H., Cruaud, C., de Reviers, B., Rousseau, F. (2010). A multi-locus time-calibrated phylogeny of the brown algae (Heterokonta, Ochrophyta, Phaeophyceae): Investigation the evolutionary nature of the “brown algal crown radiation”. *Molecular phylogenetics and evolution* 56: 659-674. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2010.04.020>
- Silberfeld, T., Racault, M.-F.L.P., Fletcher, R.L., Couloux, A., Rousseau, F., de Reviers, B. (2011). Systematics and evolutionary history of pyrenoid-bearing taxa in brown algae.

- European journal of phycology 46: 362-278.
<https://doi.org/10.1080/09670262.2011.628698>
- Silberfeld, T., Rousseau, F., de Reviers, B. (2014). An Updated Classification of Brown Algae (Ochrophyta, Phaeophyceae). *Cryptogamie, Algologie* 35(2): 117-156.
<https://doi.org/10.7872/crya.v35.iss2.2014.117>
- Simić, S. (1995). Bentosne zajednice algi Trgoviškog Timoka. Magistarski rad. Biološki fakultet. Univerzitet u Beogradu.
- Simić, S. (1996). Alge Trgoviškog Timoka (Srbija, Jugoslavija). *Glasnik Instituta za botaniku i Botaničke bašte Univerziteta u Beogradu* 30: 107-118.
- Simić, S., Ranković, B., Simić, V. (1996). Kvalitet vode reke Trgoviški Timok na osnovu indikatorskih vrsta algi i makrozoobentosa. *Zaštita voda' 96*. Ulcinj. 312-317 str.
- Simić, S., Ranković B. (1998). New data on the distribution, morphology and ecology of red algae (Rhodophyta) in rivers of Serbia. *Archives of Biological Sciences* 50(1): 43-50.
- Simić, S., Ranković, B. (2001). Crvene alge (Rhodophyta) reke Mlave. *Zbornik radova Naučnog skupa „Zasavica 2001“*, 27-30. jun 2001, Sremska Mitrovica, Srbija, str. 68-74.
- Simić, S. (2002). Makroalge u tekućica brdsko-planinskih područja Srbije. Doktorska disertacija. Biološki fakultet, Univerzitet u Beogradu.
- Simić, S. (2007a). Morphological and ecological characteristics of rare and endangered species *Lemanea fluviatilis* (L.) C. Ag. (Lemaneaceae, Rhodophyta) on new localities in Serbia. *Kragujevac Journal of Sciences* 29: 97-106.
- Simić, S. (2007b). *Paralemanea* (Lemaneaceae, Rhodophyta) – new genus for flora of algae of Serbia. Book of abstracts of 9th Symposium on Flora of Southeastern Serbia and Neighbouring Regions. 1-3 September 2007, Niš, Serbia, 15 p.
- Simić, S. (2008a). New find of the rare and endangered species *Bangia atropurpurea* (Roth) C. Agardh (Rhodophyta) in Serbia. *Archives of Biological Sciences* 60(4): 727-731.
<https://doi.org/10.2298/ABS0804727S>
- Simić, S. (2008b). New finding of species *Hildenbrandia rivularis* (Liebmann) J. Agardh 1851 (Rhodophyta) in Serbia. *Biotechnology & Biotechnological Equipment* 22(4): 973-976.
<https://doi.org/10.1080/13102818.2008.10817591>
- Simić, S., Simić, V. (2009). The „BAES *ex situ*“ data base and its importance for the assessment of the level of endangerment of the red algae (Rhodophyta) in Serbia. 5th Balkan Botanical Congress. Book of abstracts, p. 95. Beograd.
- Simić, S., Pantović, N. (2010). Observations on the rare alga *Thorea hispida* (Thore) Desvaux (Rhodophyta) from Serbia. *Cryptogamie Algologie* 31(3): 343-353.
- Simić, S., Pantović, N., Vasiljević, B. (2010). Factors threatening the habitats of rare species of Rhodophyta in Serbia. Proceeding of Conference on water observation and information system for decision suport, Balwois, 25–29 May 2010, University St. Kliment Ohridski, Hydrobiological Institute Naum, Ohrid, Republic of Macedonia, pp. 440-451.

- Simić, S., Djordjević, N. (2011). *Lemanea fucina* Bory, 1808 (Lemaneaceae, Rhodophyta), a rare species with a variable morphology: first record in the Republic of Montenegro. Archives of Biological Sciences 63(2): 511-515. <https://doi.org/10.2298/ABS1102511S>
- Simić, S.B., Đorđević, N.B., Vasiljević, B.M. (2014). New record of red alga *Thorea hispida* (Thore) Desvaux (Rhodophyta) in the River Sava (Sremska Mitrovica, Serbia). Water Research and Management 4(1): 47-52.
- Simić, S.B., Karadžić, V.R., Cvijan, M.V., Vasiljević, B.M. (2015). Algal Communities Along the Sava River. In: Milačić, R., Ščančar, J., Paunović, M. (eds), The Sava River. The Handbook of Environmental Chemistry, 31. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 229-248.
- Simić, S.B., Đorđević, N., Mitrović, A. (2016). Diversity of algae in protected natural habitats – the Mlava springhead and the Krupaj springhead. Proceedings of 2nd International symposium on nature conservation, Nature conservation – experiences and perspectives, 01-02 April 2016, Novi Sad, Serbia, pp. 105-117.
- Simić, S. B., Đorđević, N.B. (2017a). New data on distribution and ecology of *Batrachospermum* (Rhodophyta) in Serbia. Botanica Serbica 41(1): 65-70. <https://doi.org/10.5281/zenodo.454422>
- Simić, S.B., Đorđević, N.B. (2017b). Morphology, distribution and ecology of the freshwater red algae *Paralemanea* (Batrachospermaceae, Batrachospermales, Rhodophyta) in Serbia. Archives of Biological Sciences 69(1): 167-174. <https://doi.org/10.2298/ABS160211093S>
- Simić, S., Krizmanić, J. (2018). Istraživanja bentosnih crvenih i silikatnih algi u Srbiji – prošlost, sadašnjost, perspektiva. II Kongres biologa Srbije, Knjiga sažetaka: 200 p.
- Simić, S.B., Mitrović, A.B., Đorđević, N.B. (2019a). New data on the morphology, reproduction and distribution of a freshwater brown alga *Porterinema fluvatile* (Porter) Waern (Phaeophyceae). Cryptogamie Algologie 40(9): 95-103. <https://doi.org/10.5252/cryptogamie-algologie2019v40a9>
- Simić, S., Simić, V., Petrović, A., Mitrović, A. (2019b). Istraživanje bentosnih zajednica vodotokova NP „Kopaonik”, sa posebnim osvrtom na retke i zaštićene vrste. JP NP „Kopaonik” i Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Kragujevcu.
- Simić, S.B., Đorđević, N.B., Mitrović, A.B. (2019c). Review of the research on red algae (Rhodophyta) in freshwater ecosystems in Montenegro. Proceedings of International Conference “Adriatic Biodiversity Protection”, 07-11 April 2019, University of Montenegro, Institute of Marine Biology, Kotor, Montenegro, 113 p.
- Simić, S., Simić, V., Petrović, A., Đorđević, N., Mitrović, A. (2020). Istraživanje bentosnih zajednica vodotokova NP „Kopaonik”, sa posebnim osvrtom na retke i zaštićene vrste. JP NP „Kopaonik”, i Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Kragujevcu.
- Simić, S.B., Mitrović, A.B., Đorđević, N.B., Radosavljević, S.S. (2021a). Ecological status assessment of the Samokovska River - 2018 case study. Kragujevac Journal of Science 43, 167–181.
- Simić, S., Simić, V., Petrović, A., Đorđević, N., Mitrović, A. (2021b). Istraživanje bentosnih zajednica vodotokova NP „Kopaonik”, sa posebnim osvrtom na retke i zaštićene vrste. JP NP „Kopaonik”, i Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Kragujevcu.

- Simić, S., Simić, V., Petrović, A., Đorđević, N., Rakonjac, A. (2022). Istraživanje bentosnih zajednica vodotokova NP „Kopaonik”, sa posebnim osvrtom na retke i zaštićene vrste. JP NP „Kopaonik”, i Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Kragujevcu.
- Simić, S., Simić, V., Petrović, A., Đorđević, N., Rakonjac, A. (2023). Istraživanje bentosnih zajednica vodotokova NP „Kopaonik”, sa posebnim osvrtom na retke i zaštićene vrste. JP NP „Kopaonik”, i Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Kragujevcu.
- Simić, S., Simić, V., Petrović, A., Đorđević, N., Rakonjac, A. (2024). Istraživanje bentosnih zajednica vodotokova NP „Kopaonik”, sa posebnim osvrtom na retke i zaštićene vrste. JP NP „Kopaonik”, i Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Kragujevcu.
- Simić, V., Simić, S. (2003). Macroalgae and macrozoobenthos of the Pčinja River. Archives of Biological Science 55(3-4): 121-132.
- Simić, V., Simić, S., Petrović, A., Šorić, V., Paunović, M., Dimitrijević, V. (2006). Biodiverzitet akvatičnih ekosistema Srbije i *ex situ* zaštita »BAES *ex situ*«. <http://baes.pmf.kg.ac.rs>
- Simić, V., Simić, S., Paunović, M., Cakić, P. (2007). Model of assessment of the critical risk of extinction and the priorities of protection of endangered aquatic species at the national level. Biodiversity Conservation 16: 2471-2493. <https://doi.org/10.1007/s10531-006-9130-x>
- Simić, V., Simić, S., Petrović, A., Ćirković, M., Milošković, A., Kovačević, S., Radojković, N., Rajković, M. (2011). Preliminarna crvena lista Rhodophyta, dekapodnih rakova i riba Srbije, dobijena analizom baze podataka „BAES *ex situ*“. Zbornik referata, rezimea referata i poster prezentacija (Knjiga Br 2) Konferencije „Zaštita prirode u XXI vijeku“, 20-23 September 2011, Žabljak, Crna Gora, str. 473-477.
- Simić, V., Simić, S. (2012). Ekologija kopnenih voda (Hidrobiologija I). Univerzitet u Beogradu, Biološki fakultet, Beograd i Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno-matematički fakultet, Kragujevac.
- Simić, V., Simić, S., Stojković-Piperac, M., Petrović, A., Milošević, Dj. (2014). Commercial fish species of inland waters: A model for sustainability assessment and management. Science of the Total Environment 497: 642-650. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.07.092>
- Simić, V., Maguire, I., Rajković, M., Petrović, A. (2015). Conservation strategy for the endangered crayfish species of the family Astacidae: the ESHIPPO crayfish model. Hydrobiologia 760: 1-13. <https://doi.org/10.1007/s10750-015-2295-0>
- Simić, V., Simić, S., Paunović, M., Radojković, N., Petrović, A., Talevski, T., Milošević, Dj. (2016). The *Alburnus* benthopelagic fish species of the Western Balkan Peninsula: An assessment of their sustainable use. Science of the Total Environment 540: 410-417. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.030>
- Simić, V., Simić, S., Mitrović, A., Simović, P., Đoković, M. (2020). Hidrobiološka istraživanja algi i makrobeskičmenjaka u rekama Srbije koje su pod uticajem malih hidroelektrana. Svetska fondacija za prirodu “Adria” – Srbija, “Water Logist” doo i Centar za ribarstvo i konzervaciju biodiverziteta kopnenih voda – Akvarijum, Institut za biologiju i ekologiju, Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Kragujevcu.

- Simić, V., Simić, S., Petrović, A., Mitrović, A., Veličković, T., Simović, P. (2021). Ekološke vrednosti reke Veliki Ržav značajne za formiranje rečnog ekološkog rezervata (RER-VR). „Water Logist“ d.o.o i Prirodno-matematički fakultet, Kragujevac. (The Nature Conservancy).
- Simić, V., Bănađuc, D., Curtean- Bănađuc, A., Petrović, A., Veličković, T., Stojković-Piperac, M., Simić, S. (2022). Assessment of the ecological sustainability of river basins based on the modified the ESHIPPOfish model on the example of the Velika Morava basin (Serbia, Central Balkans). *Frontiers in Environmental Science* 10: 952692. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.952692>
- Skuja, H. (1925). Bemerkungen über die Süswasserarten der Gattung *Lithoderma* in Lettland. *Hedwigia* 65: 331-340.
- Skuja, H. (1938). Comments on fresh-water rhodophyceae. *Botanical Review* 4: 665-676.
- Sládeček, V. (1973). System of water quality from the biological point of view. E. Schweizerbatsche verlagstbuchhondlung 7. 218 pp.
- SRPS EN 15708. (2011). Water quality - Guidance standard for the surveying, sampling and laboratory analysis of phytobenthos in shallow running water. Institute for Standardization of Serbia.
- Stanković, I., Leitner, P. (2016). The first record of *Hydrurus foetidus* (Villars) Trevisan (Ochrophyta: Chrysophyceae) in Croatia with ecological notes. *Natura Croatica* 25(2): 223-231. <https://doi.org/10.20302/NC.2016.25.18>
- Starmach, K. (1969). *Hildenbrandia rivularis* and associating it algae in the stream Cedronka near Wejherowo (Gdańsk voivode). *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica* 15: 387-398.
- Starmach, K. (1977). Freshwater flora of Poland, vol. 14. In: Phaeophyta, Rhodophyta. PWN, Warszawa-Kraków.
- Starmach, K. (1982). Red algae in the Kryniczanka stream. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica* 28: 257-293.
- Starmach, K. (1984). Red algae in the Kryniczanka stream-Krasnorosty potoku Kryniczanka. *Fragmenta Floristica et Geobotanica* 28(2): 257-293.
- StatSoft INC. (2015). Statistica, Data Analysis Software System, version 13.0.
- Stefanidis, K., Panagopoulos, Y., Mimikou, M. (2018). Response of a multi-stressed Mediterranean river to future climate and socio-economic scenarios. *Science of the Total Environment* 627: 756-769. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.282>
- Steinman, A.D., McIntire, C.D. (1986). Effects of current velocity and light energy on the structure of periphyton assemblages in laboratory streams. *Journal of Phycology* 22: 352-361. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.1986.tb00035.x>
- Stewart, N.F., Church, J.M., Palmer, M.A. (1992). Red Data Books of Britain and Ireland. Stoneworts. Joint Nature Conservation Committee, Peterborough
- Stojanović, K., Živić, M., Dulić, Z., Marković, Z., Krizmanić, J., Milošević, Dj., Miljanović, B., Jovanović, J., Vidaković, D., Živić, I. (2017). Comparative study of the effects of a small-scale trout farm on the macrozoobenthos, potamoplankton and epilithic diatom

- communities. Environmental Monitoring and Assessment 189(8): 403.
<https://doi.org/10.1007/s10661-017-6114-0>
- Stoyneva, M.P., Stancheva, R., Gärtner, G. (2003). *Heribaudiella fluviatilis* (Aresch.) Sved. (Phaeophyceae) and the *Hildenbrandia rivularis* (Lieb.) J.Ag. - *Heribaudiella fluviatilis* (Aresch.) Sved. association newly recorded in Bulgaria. Berichte des naturwissenschaftlichenmedizinischen Verein Innsbruck 90: 61-71.
- Svedelius, N. (1930). Über die sogenanntem Süßwasser-Lithodermen. Zeitschrift für Botanik 23: 892-918.
- Szinte, A.L., Taylor, J.C., Abosede, A.T., Vis, M.L. (2020). Current status of freshwater red algal diversity (Rhodophyta) of the African continent including description of new taxa (Batrachospermales). Phycologia 59: 187-199.
<https://doi.org/10.1080/00318884.2020.1732149>
- Службени гласник РС. (2010). Уредба о еколошкој мрежи. Службени гласник РС, бр. 102/2010. ЈП Службени гласник, Београд.
- Службени гласник РС. (2012). Уредба о режимима заштите. Службени гласник РС, бр. 31/2012. ЈП Службени гласник, Београд.
- Службени гласник РС. (2015). Правилник о критеријумима вредновања и поступку категоризације заштићених подручја. Службени гласник РС, бр. 97/2015. ЈП Службени гласник, Београд.
- Службени гласник РС. (2016). Правилник о проглашењу и заштити строго заштићених и заштићених дивљих врста биљака, животиња и гљива. Службени гласник РС, бр. 5/2010, 47/2011, 32/2016 и 98/2016. ЈП Службени гласник, Београд.
- Службени гласник РС. (2018). Закон о водама. Службени гласник РС, бр. 30/2010, 93/2012, 101/2016, 95/2018 и 95/2018-др. закон. ЈП Службени гласник, Београд.
- Службени гласник РС. (2021). Закон о заштити природе. Службени гласник РС, бр. 36/2009, 88/2010, 91/2010-исправка, 14/2016, 95/2016-др. Закон и 71/2021). ЈП Службени гласник, Београд.
- Службени гласник РС. (2021). Правилник о утврђивању плана вађења речних наноса. Службени гласник РС, бр. 107/2021. ЈП Службени гласник, Београд.
- Šovran, S., Knežević, A., Mašić, E. (2024). Checklist of freshwater red algae (Rhodophyta) in Bosnia and Herzegovina. Oceanological and Hydrobiological Studies 53(2): 127-143.
<https://doi.org/10.26881/oahs-2024.2.04>
- Tajima, N., Sato, S., Maruyama, F., Kurokawa, K., Ohta, H., Tabata, S., Sekine, K., Moriyama, R., Sato, N. (2014). Analysis of the complete plastid genome of the unicellular red alga *Porphyridium purpureum*. Journal of Plant Research 127: 389-397.
<https://doi.org/10.1007/s10265-014-0627-1>
- Tardella, F.M., Torrisi, M., Dell'Uomo, A., Orsomando, E. (2009). Flora ripariale e comunità algali reofile del fiume Nera (Italia Centrale). Atti dei Convegni Lincei 250: 271-279.
- Temniskova, D., Stoyneva, P.M., Kirjakov, K.I. (2008). Red List of the Bulgarian algae. I Macroalgae. Phytologia Balcanica 14(2): 193-206.

- Teubner, K., Dokulil, M.T. (2002). ¹⁴C-Photosynthesis of phytoplankton in an oligotrophic alpine lake (Traunsee, Austria) and its response to turbidity caused by industrial tailings. *Water, Air, & Soil Pollution: Focus* 2: 181-190. <https://doi.org/10.1023/A:1020368327579>
- Thompson, R.H. (1975). The freshwater brown alga *Sphacelaria fluviatilis*. *Journal of Phycology*. 11: 5.
- Tomović, G., Sabovljević, M., Irimia, I., Taşkın, H., Zupan, E., Boycheva, P., Ivanov, D., Papp, B., Pantović, J., Marković, A., Djurović, S., Buzurović, U., Šovran, S., Mašić, E., Ștefănuț, S., Denchev, T., Denchev, C., Šabanović, E., Djordjević, V., Stoykov, D., Niketić, M., Slavova, M., Assyoy, B. (2022). New records and noteworthy data of plants, algae and fungi in SE Europe and adjacent regions, 10. *Botanica Serbica* 46(2): 321-330. <https://doi.org/10.2298/BOTSERB2202321T>
- Tomović, G., Sabovljević, M., Assyoy, B., Kutnar, L., Boycheva, P., Ivanov, D., Papp, B., Pantović, J., Sabovljević, A., Šabanović, E., Jovanović, F., Šovran, S., Knežević, A., Aleksić G.R., Niketić, M., Shivarov, V.V., Yaneva, G., Ștefănuț, S., Bîrsan, C.-C., Szelag, Z., Djordjević, V., Kabaš, E., Dudáš, M., Kolarčík, V. (2023). New records and noteworthy data of plants, algae and fungi in SE Europe and adjacent regions, 12. *Botanica Serbica* 47(1): 173-182. <https://doi.org/10.2298/BOTSERB2301173T>
- Tomović, G., Sabovljević, M.S., Djordjević, V., Krdžić, S., Niketić, M., Šovran, S., Knežević, A., Szűcs, P., Stoykov, D., Ștefănuț, M., Vidaković, D., Krizmanić, J., Ranimirović, M., Buzurović, U., Milivojević, L., Vukojičić, S., Kutnar, L., Kuzmanović, N., Stevanoski, I., Trbojević, I., Šinžar Sekulić, J. (2024). New records and noteworthy data of plants, algae and fungi in SE Europe and adjacent regions, 16. *Botanica Serbica* 48(1): 93-104. <https://doi.org/10.2298/BOTSERB2401093T>
- Trbojević, I., Milovanović, V., Šinžar Sekulić, J., Sekulić, N., Krizmanić, J., Subakov Simić, G. (2024). Brown and Red Shades in the Riverbed of the Nera River (Serbia) - update on the Distribution and Ecology of the association *Hildenbrandia rivularis*-*Heribaudiellum fluviatilis* Fritsch 1929 corr. Täuscher 2020 in Southeastern Europe. *Oceanological and Hydrobiological Studies* 50(3): 218-226. <https://doi.org/10.26881/oahs-2024.3.01>
- Täuscher, L., Krumbiegel, A. (2020). Erstfunde der Krusten-Rotalge *Hildenbrandia rivularis* (Liebmann) JG Agardh und der Krusten-Braunalge *Heribaudiella fluviatilis* (Areschoug) Svedelius im Tangelnschen Bach (Sachsen-Anhalt, Deutschland). *Mitteilungen zur floristischen Kartierung in Sachsen-Anhalt* (Halle 2020) 25: 19-30. <https://doi.org/10.21248/mfk.35>
- Uehlinger, U., Zah, R., Bürgi, H.R. (1998). The Val Roseg project: temporal and spatial patterns of benthic algae in an Alpine stream ecosystem influenced by glacier runoff. In: Kovar, K., Tappeiner, U., Peters, N.E., Craig, R.G. (eds), *Hydrology, Water Resources and Ecology in Headwaters*. IAHS Publication, pp. 419-424.
- Urošević, V. (1996). Algae of Lepenac Springs on the Šar-Planina Mt. University of Priština, *Natural Science* 3(1): 23-32.
- van den Hoek, C., Mann, D.G., Jahns, H.M. (1995). *Algae: An Introduction to Phycology*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 623 p.

- Varišćić, M. (2011). Rijeka bez povratka, ekologija i politike velikih brana. Heinrich böll stiftung, Bosna i Hercegovina.
- Veličković, T. (2023). Koncipiranje modela za održivo korišćenje populacija kompleksa potočne pastrmke (*Salmo* spp.) na području Srbije. Doktorska disertacija. Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno-matematički fakultet, Kragujevac.
- Veljić, M., Cvijan, M. (1993). New habitats of species of *Batrachospermum* Roth (Rhodophyta) in Serbia. Archives of Biological Sciences 45(1-2): 55-57.
- Veljić, M., Cvijan, M. (1997). Qualitative analysis of algae of the confluences and the middle flow of the Kolubara river. Archives of Biological Sciences 49 (1-2): 43-49.
- Veljović, V. (1982). Ekologija i geografija biljaka. NRIO "Svetlost". Kragujevac.
- Vieira, C., Brooks, C.M., Akita, S., Kim, M.S., Saunders, G.W. (2024). Of sea, rivers and symbiosis: Diversity, systematics, biogeography and evolution of the deeply diverging florideophycean order Hildenbrandiales (Rhodophyta). Molecular Phylogenetics and Evolution 197(108106): 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2024.108106>
- Vis, L., Sheath, R.G. (1992). Systematics of the freshwater red algal family Lemnaceae in North America. Phycologia 31(2): 164-179.
- Vis, M.L., Saunders, G.W., Sheath, R.G., Dunse, K., Entwistle, T.J. (1998). Phylogeny of the Batrachospermales (Rhodophyta) inferred from rbcL and 18S ribosomal DNA gene sequences. Journal of Phycology 34: 341-350. <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.1998.340341.x>
- Vis, M.L., Entwistle, T.J. (2000). Insights into the phylogeny of the Batrachospermales (Rhodophyta) from rbcL sequences data of Australian taxa. Journal of Phycology 36: 1175-1182. <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.2000.99224.x>
- Vis, M.L., Entwistle, T.J., West, J.A., Ott, F.D. (2006). *Ptilothamnion richardsii* (Rhodophyta) is a chntransia stage of *Batrachospermum*. European Journal of Phycology 41: 125-130. <https://doi.org/10.1080/09670260500418504>
- Vis, M.L., Necchi, O.Jr., Chiasson, W.B., Entwistle, T.J. (2012). Molecular phylogeny of the genus *Kumanoa* (Batrachospermales, Rhodophyta). Journal of Phycology 750-758. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2012.01141.x>
- Vis, M.L. (2016). Biogeography of River Algae. In: Necchi, O.Jr. (eds), River Algae. Springer, Cham, pp. 219-243. https://doi.org/10.1007/978-3-319-31984-1_10
- Vis, M.L., Tiwari, W., Evans, J.R., Stancheva, R., Sheath, R.G., Kennedy, B., Lee, J., Eloranta, P. (2020a). Revealing hidden diversity in the *Sheathia arcuata* morphospecies (Batrachospermales, Rhodophyta) including four new species. Algae 35: 213-224. <https://doi.org/10.4490/algae.2020.35.8.31>
- Vis, M.L., Lee, J., Eloranta, P., Chapuis, I.S., Lam, D.W., Necchi, O.Jr. (2020b). *Paludicola* gen. nov. and revision of the species formerly in *Batrachospermum* section Turfosa (Batrachospermales, Rhodophyta). Journal of Phycology 56: 844-861. <https://doi.org/10.1111/jpy.13001>
- [Vis, M.L., Necchi, O.Jr. \(2021a\).](#) Subphylum Eurhodophytina, Class Florideophyceae, Subclass Nemaliophycidae, Orders Acrochaetiales, Balbianiales, and Thoreales. In: Vis, M.L., Necchi, O.Jr. (eds), Freshwater Red Algae: Phylogeny, Taxonomy, and

- Biogeography. Cham: Springer Nature, pp. 95-128. https://doi.org/10.1007/978-3-030-83970-3_4
- Vis, M.L., Necchi, O.Jr. (2021a). Subphylum Eurhodophytina, Class Florideophyceae, Subclass Nemaliophycidae, Order Batrachospermales. In: Vis, M.L., Necchi, O.Jr. (eds), Freshwater Red Algae: Phylogeny, Taxonomy, and Biogeography. Cham: Springer Nature, pp. 129-332. https://doi.org/10.1007/978-3-030-83970-3_5
- Vis, M.L., Necchi, O.Jr. (2021b). Freshwater red algae: Phylogeny, Taxonomy, and Biogeography. Cham: Springer Nature, 338 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-83970-3>
- Vishnyakov, V. (2018). On the first record of *Heribaudiella fluviatilis* (Phaeophyceae), a freshwater brown alga in Sibeia. Algologia 28(1): 78-88. <https://doi.org/10.1615/InterJAlgae.v20.i1.20>
- Vodeničarov, D., Kirjakov, I., Blaženčić, J., Cvijan, M. (1987). Rod *Batrachospermum* Roth 1797 (Rhodophyta) v SFR Jugoslavija [Genus *Batrachospermum* Roth 1797 (Rhodophyta) in SFR Yugoslavia]. IV nacionalna konferencija – Botanika, Plovdiv.
- Waern, M. (1938). Om *Cladophora aegagropila*, *Nostoc pruniforme* och andra alger i Lilla Ullevifjorden, Mälaren. Botanische noten 1938: 129-142.
- Waern, M. (1952). Rocky-shore algae in the Öregrund archipelago. Acta Phytogeographica Suecica 30: 1-298.
- Walsh, C.J., Roy, A.H., Feminella, J.W., Cottingham, P.D., Groffman, P.M., Morgan, R.P. (2005). The urban stream syndrome: current knowledge and the search for a cure. Journal of the North American Benthological Society 24(3): 706-723. <https://doi.org/10.1899/04-028.1>
- Wehr, J.D., Stein, J.R. (1985). Studies on the biogeography and ecology of the freshwater phaeophycean alga *Heribaudiella fluviatilis*. Journal of Phycology 21: 81-93. <https://doi.org/10.1111/j.0022-3646.1985.00081.x>
- Wehr, J.D., Perrone, A.A. (2003). A new record of *Heribaudiella fluviatilis*, a freshwater brown alga (Phaeophyceae) from Oregon. Western north American naturalist 63: 517-523.
- Wehr, J.D., Sheath, R.G. (2003). Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification. Elsevier, San Diego, CA, USA, 917 p.
- Wehr, J.D., Stancheva, R., Truhn, K., Sheath, R.G. (2013). Discovery of the rare freshwater brown alga *Pleurocladia lacustris* (Ectocarpales, Phaeophyceae) in California streams. Western North American Naturalist 73(2): 148-157. <https://doi.org/10.3398/064.073.0204>
- Wehr, J.D. (2015). Brown Algae. In: Wehr, J. D., Sheath, R.G., Kociolek, J.P. (eds), Freshwater algae of North America, ecology and classification. Elsevier, San Diego, pp. 851-871.
- Wehr, J.D., Sheath, R.G., Kociolek, J.P. (2015). Freshwater algae of North America: Ecology and classification. Elsevier, San Diego, CA, USA, 1050 p.

- Wehr, J.D. (2016). Brown Algae (Phaeophyceae) in Rivers. In: Necchi, O.Jr. (ed), River Algae. Springer International Publishing, Switzerland, pp. 129-151. https://doi.org/10.1007/978-3-319-31984-1_6
- Wehr, J.D., Steirer, S.E., Sleith, R.S. (2019). Rediscovery of the Freshwater Brown Alga *Heribaudiella* in Connecticut After 100 Years. *Northeastern Naturalist* 26(2): 343-361. <https://doi.org/10.1656/045.026.0209>
- Wells, M.L., Potin, P., Craigie, J.S., Raven, J.A., Merchant, S.S., Helliwell, K.E., Smith, A.G., Camire, M.E., Brawley, S.H. (2017). Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. *Journal of Applied Phycology* 29: 949-982. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0974-5>
- West, J.A., Kraft, G.T. (1996). *Ectocarpus siliculosus* (Dillwyn) Lyngb. from Hopkins River Falls, Victoria – the first record of a freshwater brown alga in Australia. *Muelleria* 9: 29-33. <https://doi.org/10.5962/p.198431>
- Whitton, B.A. (2012). Changing approaches to monitoring during the period of the Use of Algae for Monitoring Rivers symposia. *Hydrobiologia* 695: 7-16. <https://doi.org/10.1007/s10750-012-1121-1>
- Wilce, R.T. (1966). *Pleurocladia lacustris* in Arctic America. *Journal of Phycology* 2: 57-66. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.1966.tb04595.x>
- Wilce, R., Webber, E., Sears, J. (1970). *Petroderma* and *Porterinema* in the New World. *Marine Biology* 5(2): 119-135. <https://doi.org/10.1007/BF00352595>
- Wolle, F. (1885). Fresh-Water Algae X. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 12: 125-129. <https://doi.org/10.2307/2476768>
- Wu, N.C., Jiang, W.X., Fu, X.C., Zhou, S.C., Li, F.Q., Cai, Q.H., Fohrer, N. (2010). Temporal impacts of a small hydropower plant on benthic algal community. *Fundamental and Applied Limnology* 177(4): 257-266. <https://doi.org/10.1127/1863-9135/2010/0177-0257>
- Wujek, D.E., Thompson, R.H., Timpano, P. (1996). The occurrence of the freshwater brown alga *Sphacelaria fluviatilis* Jao from Michigan. *Michigan Botanist* 35: 111-114.
- Xiaocheng, F., Tao, T., Wanxiang, J., Fengqing, L., Naicheng, W., Scuchan, Z., Qinghua, C. (2008). Impacts of small hydropower plants on macroinvertebrate communities. *Acta Ecologica Sinica* 28(1): 45-52. [https://doi.org/10.1016/S1872-2032\(08\)60019-0](https://doi.org/10.1016/S1872-2032(08)60019-0)
- Yamagishi, Y., Ohta, Y., Masuda, M., Abe, T. (2014). *Dasya enomotoi* sp. nov. (Dasyaceae, Ceramiales), a new large *Dasya* from Japan. *Phycological Research* 62(1): 63-72. <https://doi.org/10.1111/pre.12038>
- Yang, E.C., Kim, K.M., Kim, S.Y., Lee, J.M., Boo, G.H., Lee, J.-H., Nelson, W.A., Gangman, Y., Schmidt, W.E., Fredericq, S., Boo, S.M., Bhattacharya, D., Yoon, H.S. (2015). Highly conserved mitochondrial genomes among multicellular red algae of the Florideophyceae. *Genome Biology Evolution* 7(8): 2394-2406. <https://doi.org/10.1093/gbe/evv147>
- Yang, H., Huo, Y., Yee, J.C., Yarish, C. (2021). Germplasm cryopreservation of macroalgae for aquaculture breeding and natural resource conservation: A review. *Aquaculture* 544: 737037. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737037>

- Yoon, H.S., Hackett, J.D., Pinto, G., Bhattacharya, D. (2002). The single, ancient origin of chromist plastids. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)* 99(24): 15507-15512. <https://doi.org/10.1073/pnas.242379899>
- Yoon, H.S., Zuccarello, G.C. and Bhattacharya, D. (2010). Evolutionary history and taxonomy of red algae. In: Seckbach, J., Chapman, D.J. (eds), *Red Algae in the Genomic Age. Cellular Origin, Life in Extreme Habitats and Astrobiology*. Springer, Dordrecht, pp. 25-42. https://doi.org/10.1007/978-90-481-3795-4_2
- Yoshizaki, M., Miyaji, K., Kasaki, H. (1984). Amorphological study of *Heribaudiella fluviatilis* (Areschoug) Svedelius (Phaeophyceae) from central Japan. *Nankiseibutu Nanki biological society* 26: 19-23.
- Young, E.B., Tucker, R.C., Pansch, L.A. (2010). Alkaline phosphatase in freshwater *Cladophora*-epiphyte assemblages: regulation in response to phosphorus supply and localization. *Journal of Phycology* 46: 93-101. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2009.00782.x>
- Zimmermann, W. (1927). Über Algenbestände aus der Tiefenzone des Bodensees. Zur Ökologie und Soziologie der Tiefseepflanzen. *Zeitschrift für Botanik* 20: 1-28.
- Zucchi, M.R., Necchi, O.Jr. (2003). Blue-greenish acrochaetoid algae in freshwater habitats are 'Chantransia' stages of Batrachospermales "sensu lato" (Rhodophyta). *Cryptogamie Algologie* 24: 117-131.
- Żelazna-Wieczorek, J., Ziulkiewicz, M. (2008). *Hildenbrandia rivularis* (Rhodophyta) in central Poland. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 77: 41-47. <https://doi.org/10.5586/asbp.2008.006>
- Чемерис, Е.В., Бобров, А.А. (2009). Находки видов в реках верхнего Поволжья и прилегающих территорий. *Ботанический журнал* 94(10): 1568-1583.

Коришћене интернет странице:

<https://ekologija.gov.rs/obavestjenja/zastita-prirode/obavestjenje-o-postupku-pokretanja-zastite-specijalnog-rezervata-prirode-veliki-rzav-novo>

<https://www.iucnredlist.org/resources/classification-schemes>

<https://labfriendcoredataprod.blob.core.windows.net/labfriendcore-data-prod/files/Aqualytic%20AL400%20Photometer%20System%20Instruction%20Manual.pdf>

<https://zzps.rs/централни-регистар-заштићених-приро/>

8. Прилози

Прилог 1. ILAFMP елемент и HIPPO фактори ESHIPPO–fma модела за слатководне црвене алге

Екосистем	Локалитет	ILAFMP			HIPPO фактори						
		Врста присутна на локалитету	Процентуална покривност таксона на локалитету (DAFOR)	Заштита подручја	Н		И	Р	Р	О	
Бели Тимок	БТ1	<i>Riverina rivularis</i> <i>Paralemanea annulata</i>	F F	–	5	5	3	1	3	3	1
	БТ2	<i>Riverina rivularis</i>	O	–	3	3	3	1	5	3	1
Бигар поток	БП1	<i>Riverina rivularis</i>	R	+	1	1	1	1	1	1	1
Голема река	ГЛ	<i>Lemanea fluviatilis</i>	A	+	1	3	1	1	3	1	1
Добродолска река	ДО	<i>Lemanea fluviatilis</i>	F	–	3	3	1	1	3	3	1
Дојкиначка река	ДЈ2	<i>Lemanea fluviatilis</i>	O	+	1	3	1	1	1	1	1
	ДЈ3	<i>Lemanea fluviatilis</i>	O	+	1	3	1	1	1	1	1
	ДЈ4	<i>Lemanea fluviatilis</i>	O	+	1	3	1	1	1	1	1
	ДЈ5	<i>Paralemanea catenata</i>	F	+	1	3	1	1	3	1	1
	ДЈ6	<i>Paralemanea catenata</i>	A	+	1	3	1	1	3	1	1
	Јаворска река	ЈА2	<i>Paralemanea annulata</i>	A	+	1	3	1	1	3	1
Јеловичка река	Ј	<i>Paralemanea torulosa</i>	D	+	1	1	1	1	3	1	1
Јеловичко врело	ЈВ	<i>Paralemanea torulosa</i>	R	+	1	1	1	1	1	1	1
Млава	МЈ4	<i>Paralemanea catenata</i>	F	–	3	3	1	1	3	1	1
	МЈ5	<i>Paralemanea catenata</i>	A	–	3	3	1	1	3	1	1
Нишава	НИ6	<i>Riverina rivularis</i>	O	+	3	3	1	1	3	1	1
	НИ8	<i>Paralemanea annulata</i>	F	–	3	3	1	1	5	5	1
Ракитска река	РК	<i>Riverina rivularis</i>	O	+	1	3	1	1	3	1	1
		<i>Paralemanea annulata</i>	O								
Ресава	РЕ1	<i>Bangia atropurpurea</i> <i>Lemanea fluviatilis</i>	O F	–	5	5	5	1	1	1	1
	РЕ5	<i>Paralemanea annulata</i>	O	–	1	3	1	1	3	3	1
Росомачка река	РО1	<i>Riverina rivularis</i>	O	+	1	1	1	1	1	1	1
		<i>Paralemanea annulata</i>	O								
Сврљишки Тимок	СТ4	<i>Lemanea fluviatilis</i>	R	–	3	3	1	1	3	3	1

Прилог 1. Наставак

Екосистем	Локалитет	ILAFMP			HIPPO фактори						
		Врста присутна на локалитету	Процентуална покривност таксона на локалитету (DAFOR)	Заштита подручја	Н		И	Р	Р	О	
Сокобањска Моравица	СМЗ	<i>Paralemanea catenata</i>	F	+	1	3	1	1	3	1	1
Темштица	ТЕ1	<i>Paralemanea annulata</i>	F	+	1	3	1	1	1	1	1
	ТЕ2	<i>Paralemanea annulata</i>	F	+	1	3	1	1	1	1	1
	ТЕ3	<i>Paralemanea annulata</i> <i>Riverina rivularis</i>	O O	+	3	3	1	1	3	1	1
Топли извор "Врело"	ТИ	<i>Riverina rivularis</i>	A	–	3	5	1	1	3	3	1
Топлодолска река	ТО	<i>Paralemanea annulata</i>	O	+	1	3	1	1	3	1	1
Трговишки Тимок	ТТ5	<i>Bangia atropurpurea</i>	R	–	5	3	3	1	3	1	1
Црни Тимок	ЦТ3	<i>Paralemanea annulata</i>	O	–	1	3	3	1	3	1	1
	ЦТ4	<i>Paralemanea catenata</i>	A	–	1	3	3	1	3	1	1
Црновршка река	ЦР1	<i>Paralemanea annulata</i>	F	+	5	3	5	1	3	1	1
Безимени поток на Копаонику	БПК	<i>Riverina rivularis</i>	O	+	1	1	1	1	1	1	1
Божичка река	БЖ	<i>Lemanea fluviatilis</i>	F	–	1	3	1	1	1	1	1
Божички канал	БК	<i>Lemanea rigida</i>	O	+	1	3	1	1	1	1	1
Власина	ВЛ6	<i>Lemanea fluviatilis</i>	F	–	3	5	5	1	3	1	1
Вучјанка	ВУ1	<i>Paralemanea catenata</i>	F	–	1	3	3	1	1	3	1
	ВУ2	<i>Paralemanea catenata</i>	F	–	3	3	3	1	3	3	1
Гобелска река	ГБ1	<i>Riverina rivularis</i>	R	+	1	3	1	1	1	1	1
Градишка река	ГР	<i>Paralemanea torulosa</i>	O	–	1	1	1	1	1	1	1
Градска река	ГА	<i>Lemanea rigida</i>	O	–	1	3	3	1	5	1	1
Јелашница	ЈЛ1	<i>Lemanea rigida</i>	O	–	3	3	5	1	3	1	1
		<i>Paralemanea catenata</i>	O								

Прилог 1. Наставак

Екосистем	Локалитет	ILAFMP			HIPPO фактори						
		Врста присутна на локалитету	Процентуална покривност таксона на локалитету (DAFOR)	Заштита подручја	Н	И	Р	Р	О		
Јерма	ЈЕ2	<i>Paralemanea annulata</i>	A	+	3	3	1	1	3	3	1
	ЈЕ3	<i>Paralemanea annulata</i>	F	+	3	3	1	1	3	3	1
Јужна Морава	ЈМ1	<i>Paralemanea catenata</i>	O	–	3	3	3	1	3	3	1
Пчиња	П	<i>Paralemanea annulata</i>	D	+	1	3	1	1	1	1	1
Рипивода	РИ	<i>Paralemanea annulata</i>	A	+	1	3	1	1	1	1	1
Рупска река	РУ	<i>Lemanea fluviatilis</i>	O	–	3	5	5	1	3	1	1
Брвеница	БВ	<i>Riverina rivularis</i>	O	+	3	3	1	1	3	1	1
Бресничка река	БС	<i>Riverina rivularis</i>	O	–	3	3	1	1	3	1	1
Брусничка река	БУ3	<i>Bangia atropurpurea</i>	R	+	3	3	5	1	3	1	1
		<i>Riverina rivularis</i>	R								
Велики Рзав	БР5	<i>Lemanea fluviatilis</i>	R	–	3	5	3	1	3	1	1
Вељушница	ВЕ	<i>Lemanea fucina</i>	F	+	3	3	1	1	1	1	1
Голијска Моравица	ГМ3	<i>Bangia atropurpurea</i>	R	–	3	5	3	1	3	1	1
Градачка река	ГД	<i>Riverina rivularis</i>	D	+	3	3	1	1	3	1	1
Ђетиња	ЂЕ1	<i>Riverina rivularis</i>	O	–	3	3	1	1	3	3	1
	И2	<i>Paralemanea annulata</i>	A	–	1	3	1	1	3	1	1
Ибар	И3	<i>Riverina rivularis</i>	O	–	3	3	1	1	3	1	1
		<i>Paralemanea annulata</i>	O								
Изубра	ИЗУ	<i>Riverina rivularis</i>	O	+	1	3	1	1	1	1	1
Лим	Л1	<i>Paralemanea catenata</i>	R	–	3	3	3	1	5	3	1
	Л2	<i>Paralemanea catenata</i>	O	–	3	3	3	1	5	3	1
Милешевка	М1	<i>Lemanea fluviatilis</i>	O	–	3	3	1	1	3	1	1
Ношница	НО	<i>Riverina rivularis</i>	O	–	3	3	1	1	3	1	1
Пањица	ПА1	<i>Riverina rivularis</i>	D	–	1	1	1	1	1	1	1
	ПА2	<i>Bangia atropurpurea</i>	R	–	1	3	1	1	1	1	1

Прилог 1. Наставак

Екосистем	Локалитет	ILAFMP			HIPPO фактори						
		Врста присутна на локалитету	Процентуална покривност таксона на локалитету (DAFOR)	Заштита подручја	Н	И	Р	Р	О		
Ратајска река	РАТ	<i>Riverina rivularis</i>	F	–	3	5	3	1	1	1	1
Рашка река	РА2	<i>Bangia atropurpurea</i>	O	–	3	3	3	1	1	1	1
Рудничка река	РУД	<i>Riverina rivularis</i>	O	–	3	3	1	1	3	1	1
Студеница	С3	<i>Paralemanea annulata</i>	F	+	3	3	3	1	3	1	1
	С4	<i>Paralemanea annulata</i>	F	+	3	3	3	1	3	1	1
Трнавска река	ТР	<i>Riverina rivularis</i>	O	–	1	3	1	1	3	1	1
Бањски поток	БА	<i>Riverina rivularis</i>	O	+	1	3	1	1	1	1	1
Безимени поток на Авали	БПА	<i>Riverina rivularis</i>	O	+	1	3	1	1	1	1	1
Борачка река	БО2	<i>Riverina rivularis</i>	R	+	3	3	1	1	3	1	1
Вољевица	ВО1	<i>Riverina rivularis</i>	F	–	1	1	1	1	1	1	1
	ВО2	<i>Riverina rivularis</i>	F	–	5	3	1	1	5	3	1
Западна Морава	ЗМ1	<i>Riverina rivularis</i>	F	–	5	3	5	1	5	3	1
Каменица	КА	<i>Riverina rivularis</i>	O	–	3	3	1	1	3	3	1
Година	ГО	<i>Riverina rivularis</i>	O	+	3	3	1	1	1	1	1
Дегурићки поток	ДП	<i>Riverina rivularis</i>	D	+	1	1	1	1	1	1	1
Дрина	Д1	<i>Paralemanea catenata</i>	F	–	3	3	3	1	3	1	1
	Д3	<i>Paralemanea catenata</i>	F	–	3	3	3	1	5	3	1
Попово врело	ПВ	<i>Riverina rivularis</i>	O	+	1	1	1	1	1	1	1

ILAFMP – индекс локалне адаптираности популација слатководних макроалги, Н – промена станишта, И – алохтоне врсте, Р – загађење, Р – раст хумане популације, О – експлоатација.

Прилог 2. ILAFMP елемент и HIPPO фактори ESHIPPO–*fma* модела за слатководне мрке алге

Екосистем	Локалитет	ILAFMP			HIPPO фактори					
		Врста присутна на локалитету	Процентуална покривност таксона на локалитету (DAFOR)	Заштита подручја	Н	И	Р	Р	О	
Безимени извор на Власини удаљен 100 m од извора Свети Никола	ИБ1	<i>Bodanella lauterborni</i>	O	+	1	1	1	1	1	1
Безимени извор на Власини удаљен 1 km од извора Свети Никола	ИБ2	<i>Bodanella lauterborni</i>	O	+	1	1	1	1	1	1
Извор Свети Никола	ИСН	<i>Bodanella lauterborni</i>	D	+	1	1	1	1	1	1
Ракитска река	РК	<i>Heribaudiella fluviatilis</i>	O	+	1	3	1	1	3	1
Темштица	ТЕ1	<i>Heribaudiella fluviatilis</i>	R	+	1	3	1	1	1	1
	ТЕ3	<i>Heribaudiella fluviatilis</i>	O	+	3	3	1	1	3	1
Млава	МЛ1	<i>Porterinema fluviatile</i>	R	+	1	3	1	5	5	1

ILAFMP – индекс локалне адаптираности популација слатководних макроалги, Н – промена станишта, И – алохтоне врсте, Р – загађење, Р – раст хумане популације, О – експлоатација.

ЛИСТА СЛИКА

- Слика 1.** Макроскопске агрегације слатководних црвених алги у виду слободних филамената. а) *Bangia atropurpurea*, б) *Lemanea* sp., в) *Paralemanea* sp. (Фото: Александра Ракоњац)
- Слика 2.** Макроскопске агрегације представника *Batrachospermum* sensu lato у виду желатинозних филамената (Фото: Александра Ракоњац)
- Слика 3.** Макроскопске агрегације рода *Audouinella* у виду прамена/чуперка (Фото: Александра Ракоњац)
- Слика 4.** Корасте макроскопске агрегације рода *Riverina* (Фото: Александра Ракоњац)
- Слика 5.** *Heribaudiella fluvialis* у виду корастих превлака (Фото: Александра Ракоњац)
- Слика 6.** Категорије угрожености врста према критеријумима и подкритеријумима IUCN-а
- Слика 7.** Географски положај истраживаних локалитета (2014-2024. год.)
- Слика 8.** Географска дистрибуција заједница таксона црвених алги, као и таксона црвених и мрких алги
- БА – Бањски поток, БП1 – Бигар поток (извор), БТ1 – Бели Тимок (Минићево), БУ3 – Брусничка река (1 km узводно од ушћа у Студеницу), ДЗ – Дрина (Тадића вајати), ДП – Дегурићки поток, ИЗ – Ибар (Матарушка бања), ЈВ – Јеловичко врело, ЈЛ1 – Јелашница (узводно од бране старе МХЕ), МЛ1 – Млава (извор), ПА1- Пањица (извор), ПВ – Попово врело, РЕ1 – Ресава (горњи ток), РК – Ракитска река (Топли До), РО – Росомачка река (Росомачки лонци), ТЕ1 – Темштица (горњи ток), ТЕ3 – Темштица (излетиште Криви вир)
- Слика 9.** Хабитус талуса *Bangia atropurpurea* а) Ресава, б) Рашка (Фото: Александра Ракоњац)
- Слика 10.** *Bangia atropurpurea* а) микроскопски изглед талуса, б) базални део талуса, в) филамент изграђен од више редова ћелија, г) формирање моноспорангија (бар скала: а – 100 μm ; б-г – 10 μm) (Фото: Александра Ракоњац)
- Слика 11.** Дистрибуција врсте *Bangia atropurpurea* у Србији (2017-2024. год.)
- БУ3 – Брусничка река (1 km узводно од ушћа у Студеницу), ГМ3 – Голијска Моравица (манастир Клисуре), ПА2 – Пањица (код водопада), РА2 – Рашка река (код манастира Сопотани), РЕ1 – Ресава (горњи ток), ТТ5 – Трговишки Тимок (Горња Каменица код гробља), ГВ1, ГВ2, ГВ3 – Гвоздачка река, НИ – Нишава (ушће Јерме), НИ – Нишава (Сићевачка клисура), ТТ3 – Трговишки Тимок (Коренатачка клисура), БЖ1 – Божичка река, БСЧ – Бресничка река, ПО – Поповска река, КП – Казановски поток
- Слика 12.** Типови станишта врсте *Bangia atropurpurea* а) стални, брзи и турбулентни токови без нивоа варирања воде – Ф2.2 (Рашка), б) филм

воде која се прелива по стенама – Ф2.6 (Пањица) (Фото: Александра Ракоњац)

Слика 13. Хабитус талуса *Riverina rivularis* а) Градачка река, б) Пањица, в) Вољевица, г) Дегурићки поток (Фото: Александра Ракоњац)

Слика 14. *Riverina rivularis* а) површина талуса, б-в) базални слој и усправни филаменти, г) гранање усправног филамента (бар скала 10 μm) (Фото: Александра Ракоњац)

Слика 15. Дистрибуција врсте *Riverina rivularis* у Србији (2017-2024. год.)

БА – Бањски поток, БПА – Безимени поток на Авали, БПК – Безимени поток на Копаонику, БТ1 – Бели Тимок (Минићево), БТ2 – Бели Тимок (Бурдаци), БП1 – Бигар поток (извор), БО2 – Борачка река (код дрвеног мостића), БВ – Брвеница, БС – Бресничка река, БУ3 – Брусничка река (1 km узводно од ушћа у Студеницу), ВО1 – Вољевица (кањон), ВО2 – Вољевица (Мишевићи), ГД – Градачка река (Градачка бања), ГБ1 – Гобелјска река (узводно од МХЕ Ђорђевићи), ГО – Година (извор), ДП – Дегурићки поток, ЂЕ1 – Ђетиња (кањон), ЗМ1 – Западна Морава (Доња Горевница), ИЗ – Ибар (Матарушка бања), ИЗУ – Изубра (горњи ток), КА – Каменица (Рошци), НИ6 – Нишава (Просек), НО – Ношница, ПА1 – Пањица (извор), ПВ – Попово врело, РК – Ракитска река (Топли До), РАТ – Ратајска река (у близини манастира Пустиња), РО – Росомачка река (Росомачки лонци), РУД – Рудничка река, ТЕ3 – Темштица (излетиште „Криви вир“), ТИ – Топли извор „Врело“, ТР – Трнавска река, ЦП – Цветића поток, ПБП – поток у Биоштанског бањи, ДР1, ДР2 – Драговиштица, ДЕ – Дејанов поток, БД – Братин Дол, БЖ1- Божицка река, БСМ – Бресничка река, ЗЛ – Злидолска река, МАР – Мала река, ПО – Поповска река, РБ – Равнобучка река, ГЛ1 – Голема река, СМ – Сокобањска Моравица, БРА – Бранковачка река, НЕ - Нера

Слика 16. Типови станишта врсте *Riverina rivularis* а) стални, брзи и турбулентни токови без нивоа варирања воде – Ф2.2 (Ношница), б) филм воде која се прелива по стенама – Ф2.6 (Ракитска река), в) извор слатке тврде воде Ф2.12 (Бигар поток), г) улаз у Дегурићку пећину – Д1.1, д) унутрашњост водене пећине реке Пањице – Д1.2, ђ) веома вештачка вода – Х9 (топли извор „Врело“) (Фото: Александра Ракоњац)

Слика 17. Заједница врсте *Riverina rivularis* са а) *Cladophora* sp. и б) *Gongrosira* sp. (Фото: Александра Ракоњац)

Слика 18. Заједница *Hildenbrandia rivularis*-*Heribaudiellum fluviatilis* а) развој *R. rivularis* преко талуса *H. fluviatilis*, б) развој *H. fluviatilis* преко талуса *R. rivularis* (Фото: Александра Ракоњац)

Слика 19. Хабитус талуса *Batrachospermum sensu lato* а) Бањски поток, б) Мечкино кладенче, в) Бања, г) Лисинска река, д) Мировштица (Фото: Александра Ракоњац)

Слика 20. Хабитус талуса *Batrachospermum sensu lato* а) Бањски поток, б) Мировштица, в) Крупачко врело, г) Јеловичко врело (Фото: Александра Ракоњац)

Слика 21. *Batrachospermum sensu lato* а) осовински део талуса прекривен кортикалним филаментима, б) бачвасти пршљени, в) сферични пршљени, г) пршљени неправилног облика (бар скала: а – 20 μm ; б-г – 100 μm) (Фото: Александра Ракоњац)

Слика 22. *Batrachospermum sensu lato* а-б) сперматангије на вршним гранама асимилатора, в) карпогон са паличастим трихогином, г) карпогон са флашоликим трихогином, д) карпогон са трихогином обрнуто купастог облика, ђ) карпогон са цилиндричним трихогином са дршком, е) карпоспорофит, ж) карпоспоре (бар скала: а-б – 20 μm ; в-ђ, ж – 10 μm ; е – 50 μm) (Фото: Александра Ракоњац)

Слика 23. Дистрибуција *Batrachospermum sensu lato* у Србији (2017-2024. год.)

Б1 – Бања (извор), БА – Бањски поток, БР – Барска река (излетиште „Барска река“), БП1 – Бигар поток (извор), БП2 – Бигар поток (манастир Светог Онуфрија), БО1 – Борачка река (100 m низводно од старе бране), ВР1 – Велики Рзав (Мочиоци), КМ – Вештачки канал поред Милешевке, ВЧ – Вучијска чесма, Г1 – Грачаница (горњи ток, код старе хидроелектране), ГЗ1 – Грза (извор), ГЗ2 – Грза (резервоар), ДП – Дегурићки поток (водена пећина, поток), ДЗ – Дрина (Тадића вајати), Ђ2 – Ђерекарска река (Ђерекаре), Ђ3 – Ђерекарска река (50 m узводно од Пештерског језера), ЈВ – Јеловичко врело, К – Крупајско врело, КР – Крупачко врело, ЛИ1 – Лисинска река (извор), МК – Мечкино кладенче, МИ1 – Милива (извор), МЛ1 – Млава (извор), МР1 – Мировштица (извор), МР2 – Мировштица (код етно хотела Балашевић), ПА1 – Пањица (извор), ПВ – Попово врело, РА1 – Рашка река (извор), СА1 – Самоковска река (Кадијевац), СА3 – Самоковска река (код водовода), СА4 – Самоковска река (Ђоров мост), СТ2 – Сврљишки Тимок (Лозан), СМ1 – Сокобањска Моравица (извор), ЦТ1 – Црни Тимок (извор), ЦТ2 – Црни Тимок (излетиште Пећура), Ц1 – Црница (извор), ВЛ – Власинско блато, ВЛ1 – Власина, ВЛ2 – Власина (код моста), ВЛ3 – Власина (5 km низводно од Власинске акумулације), ИРГ – мали извор уз реку Градац, РА3 – Рашка река (Пазариште), ВА – Вапа, ИБП – извор код Беле Паланке, КИЦ – каптиран извор у Церовцу, БАТ – Батарска река

Слика 24. Типови станишта *Batrachospermum sensu lato* а) извор слатке тврде воде – Ф2.12 (Крупајско врело), б) стални, брзи и турбулентни токови без нивоа варирања воде – Ф2.2 (Дрина), в-ђ) веома вештачке воде – Х9 (в – извор реке Бање, г – вештачки канал поред Милешевке, д – Грза (резервоар), ђ – Вучијска чесма) (Фото: Александра Ракоњац)

Слика 25. Епизоичан развој *Batrachospermum sensu lato* на љуштури пужа *Planorbarius corneus* (Фото: Александра Ракоњац)

Слика 26. Хабитус талуса *Lemanea fluviatilis* (Фото: Александра Ракоњац)

Слика 27. *Lemanea fluviatilis* а) прелазак стерилног базалног дела у фертилни део талуса, б) уздужни пресек талуса са видљивим аксијалним филаментом, в-г) нодуси са добро одвојеним сперматангијалним папилама, интернодуси, д) попречни пресек кроз талус (стенобласт), ђ) карпоспоре

у низовима (бар скала: а, в-г – 100 μm ; б, д-ђ – 50 μm) (Фото: Александра Ракоњац)

Слика 28. Регенерација талуса код *Lemanea fluviatilis* (Фото: Александра Ракоњац)

Слика 29. Дистрибуција врсте *Lemanea fluviatilis* у Србији (2017-2024. год.)

БЖ – Божичка река (Божица), ВР5 – Велики Рзав (Кљештине – Роге), ВЛ6 – Власина (код пастрмског рибњака), ГЛ – Голема река (Црни Врх), ДО – Добродолска река, ДЈ2 – Дојкиначка река (узводно од водопада Тупавица), ДЈ3 – Дојкиначка река (Чедина чесма), ДЈ4 – Дојкиначка река (узводно од планинарског дома), М1 – Милешевка (код пастрмског рибњака), РЕ1 – Ресава (горњи ток), РУ – Рупска река, СТ4 – Сврљишки Тимок (Ргоште), С – Студеница, РЕ – Ресава (пастрмски рибњак)

Слика 30. Типови станишта врсте *Lemanea fluviatilis*. а) стални, брзи и турбулентни токови без нивоа варирања воде – Ф2.2 (Ресава), б) филм воде која се прелива по стенама – Ф2.6 (Дојкиначка река) (Фото: Александра Ракоњац)

Слика 31. Хабитус талуса *Lemanea fucina* (Фото: Александра Ракоњац)

Слика 32. *Lemanea fucina* а) прелазак стерилног базалног дела у фертилни део талуса, б) нодуси са добро одвојеним сперматангијалним папилама, интернодуси, в) попречни пресек кроз талус (стенобласт), г) зреле карпоспоре, д-ђ) *Chantransia* стадијум (бар скала: а-б, д – 100 μm ; в-г, ђ – 50 μm) (Фото: Александра Ракоњац)

Слика 33. Дистрибуција врсте *Lemanea fucina* у Србији (2017-2024. год.)

ВЕ – Вељушница (ушће у Увачку акумулацију)

Слика 34. Станиште врсте *Lemanea fucina* (Вељушница) (Фото: Александра Ракоњац)

Слика 35. Хабитус талуса *Lemanea rigida* а) Божички канал, б) Јелашница (Фото: Александра Ракоњац)

Слика 36. *Lemanea rigida* а) прелазак стерилног базалног дела у фертилни део талуса, б) нодуси са добро одвојеним сперматангијалним папилама, интернодуси, в) попречни пресек кроз талус (стенобласт), г) карпоспоре у низовима, д-ђ) *Chantransia* стадијум (бар скала: а-б, д – 100 μm ; в-г, ђ – 50 μm) (Фото: Александра Ракоњац)

Слика 37. Дистрибуција врсте *Lemanea rigida* у Србији (2017-2024. год.)

БК – Божички канал (ушће у Власинску акумулацију), ГА – Градска река (Састав река), ЈЛ1 – Јелашница (узводно од бране старе МХЕ)

Слика 38. Типови станишта врсте *Lemanea rigida* а) стални, брзи и турбулентни токови без нивоа варирања воде – Ф2.2 (Градска река), б) филм воде која се прелива по стенама – Ф2.6 (Божички канал) (Фото: Александра Ракоњац)

- Слика 39.** а) епилитски развој врсте *Audouinella hermannii*, б) епифитски развој врсте *A. hermannii* на талусима врсте *Lemanea rigida* (Фото: Александра Ракоњац)
- Слика 40.** Хабитус талуса *Lemanea* sp. 1 (Фото: Александра Ракоњац)
- Слика 41.** *Lemanea* sp. 1 а) прелазак стерилног базалног дела у фертилни део талуса, б-в) нодуси са добро одвојеним сперматангијалним папилама, интернодуси, г) попречни пресек кроз талус (стенобласт) (бар скала: а-б – 100 μm ; в-г – 50 μm) (Фото: Александра Ракоњац)
- Слика 42.** Хабитус талуса *Lemanea* sp. 2 а) Масуричка река, б) Вунева (Фото: Александра Ракоњац)
- Слика 43.** *Lemanea* sp. 2 а) прелазак стерилног базалног дела у фертилни део талуса, б-г) нодуси са добро одвојеним сперматангијалним папилама, интернодуси, д) попречни пресек кроз талус (стенобласт), ђ) карпоспоре у низовима (Фото: Александра Ракоњац)
- Слика 44.** Дистрибуција *Lemanea* sp. 1 и *Lemanea* sp. 2 у Србији (2017-2024. год.)
ПУА – Безимени поток у Арбињу, МА – Масуричка река (клисура), Вунева (100 m узводно од ушћа у Масуричку реку)
- Слика 45.** а) Тип станишта *Lemanea* sp. 1 – стални, брзи и турбулентни токови без нивоа варирања воде – Ф2.2 (Безимени поток у Арбињу), б) Тип станишта *Lemanea* sp. 2 – филм воде која се прелива по стенама – Ф2.6 (Вунева) (Фото: Александра Ракоњац)
- Слика 46.** Хабитус талуса *Paralemanea annulata* а) Црновршка река, б) Ибар, в) Бели Тимок (Фото: Александра Ракоњац)
- Слика 47.** *Paralemanea annulata* а) прелазак базалног, стерилног, дела у фертилни део талуса, б) уздужни пресек кроз талус са видљивим кортикалним филаментима који обавијају аксијални филамент, в) нодус, интернодус, распоред сперматангијалних папила, г) карпоспоре, д-ђ) регенерација талуса код *Paralemanea annulata* (стрелица) (бар скала: а-в – 100 μm ; г – 20 μm) (Фото: Александра Ракоњац)
- Слика 48.** **Слика 48.** Дистрибуција врсте *Paralemanea annulata* у Србији (2017-2024. год.)
БТ1 – Бели Тимок (Минићево), И2 – Ибар (Милијина глава), И3 – Ибар (Матарушка бања), ЈА2 – Јаворска река (200 m узводно од дрвеног viseћег моста), ЈЕ2 – Јерма (код манастира Поганово), ЈЕ3 – Јерма (Петачинци), НИ8 – Нишава (Ниш код ДИС-а), П – Пчиња (код манастира Прохор Пчињски), РК – Ракитска река (Топли До), РЕ5 – Ресава (код манастира Манасија), РИ – Рипивода (водопад), РО1 – Росомачка река (Росомачки лонци), С3 – Студеница (узводно од мотела Радочело), С4 – Студеница (код манастира Студеница), ТЕ1 – Темштица (горњи ток), ТЕ2 – Темштица (мртвачки мост), ТЕ3 – Темштица (излетиште Криви вир), ТО – Теплодолска река (Топли До), ЦТ3 – Црни Тимок (Гамзиградска бања), ЦР1 – Црновршка река (водопад Бобук), БЧ – Бучевка, ВИ6 – Височица, ЗМ2 – Западна Морава (Талпе), ИБ1, ИБ2 – Ибар, МА1 –

Масуричка река, ДЈ – Дојкиначка река, БУ – Брусничка река, МП – Мрчки поток, СП – Студенат поток

- Слика 49.** Типови станишта *Paralemanea annulata* а) стални, брзи и турбулентни токови без нивоа варирања воде – Ф2.2 (Темштица), б-в) филм воде која се прелива по стенама – Ф2.6 (б – Темштица, в – Јаворска река), г) водопади – Ф2.24 (водопад Бобук – Црновршка река) (Фото: Александра Ракоњац)
- Слика 50.** Хабитус талуса *Paralemanea catenata* а) Лим, б) Млава (Фото: Александра Ракоњац)
- Слика 51.** *Paralemanea catenata*. а) прелазак базалног, стерилног, дела у фертилни део талуса, б) уздужни пресек кроз талус са видљивим кортикалним филаментима који обавијају аксијални филамент, в) нодус, интернодус, распоред сперматангијалних папила, г) карпоспоре (бар скала: а-в – 100 μm ; г – 20 μm) (Фото: Александра Ракоњац)
- Слика 52.** Дистрибуција врсте *Paralemanea catenata* у Србији (2017-2024. год.)
ВУ1 – Вучјанка (Поречје), ВУ2 – Вучјанка (Вучје), ДЈ5 – Дојкиначка река (Брлог), ДЈ6 – Дојкиначка река (низводно од мотела Врело), Д1 – Дрина (ребир испод бране), ДЗ – Дрина (Тадића вајати), ЈЛ1 – Јелашница (узводно од бране старе МХЕ), ЈМ1 – Јужна Морава (Гариње), Л1 – Лим (Бродарево), ЈЛ2 – Лим (Прибој), МЛ4 – Млава (код манастира Горњак), МЛ5 – Млава (код пастрмског рибњака), СМЗ – Сокобањска Моравица (Лептерија), ЦТ4 – Црни Тимок (Звездан), НИ4 – Нишава
- Слика 53.** Типови станишта *Paralemanea catenata* а) стални, брзи и турбулентни токови без нивоа варирања воде – Ф2.2 (Црни Тимок), б-в) филм воде која се прелива по стенама – Ф2.6 (б – Дојкиначка река, в – Сокобањска Моравица) (Фото: Александра Ракоњац), г) веома вештачка вода – Х9 (Вучјанка) (Фото: Снежана Симић)
- Слика 54.** Епифитски развој *Hydrurus foetidus* на талусима *Paralemanea catenata* (Фото: Александра Ракоњац)
- Слика 55.** Хабитус талуса *Paralemanea torulosa* (Фото: Александра Ракоњац)
- Слика 56.** *Paralemanea torulosa* а) прелазак базалног, стерилног, дела у фертилни део талуса, б) уздужни пресек кроз талус са видљивим кортикалним филаментима који обавијају аксијални филамент, в) нодус, интернодус, распоред сперматангијалних папила, г) карпоспоре (бар скала: а-в – 100 μm ; г – 20 μm) (Фото: Александра Ракоњац)
- Слика 57.** Дистрибуција врсте *Paralemanea torulosa* у Србији (2017-2024. год.)
ГР – Градишка река (500 m узводно од ушћа у Масуричку реку), Ј – Јеловичка река (код излетишта Врело), ЈВ – Јеловичко врело, ВИ – Височица, Д2, ДЗ – Дрина, Ј1 – Јеловичка река
- Слика 58.** Типови станишта *Paralemanea torulosa* а) филм воде која се прелива по стенама – Ф2.6 (Јеловичка река), б) извор слатке тврде воде – Ф2.12 (Јеловичко врело) (Фото: Александра Ракоњац)

- Слика 59.** Епифитски развој *Hydrurus foetidus* на талусима *Paralemanea torulosa* (Фото: Александра Ракоњац)
- Слика 60.** Хабитус талуса *Bodanella lauterborni* а) извор Свети Никола, б) Безимени извор на Власини удаљен 100 m од извора Свети Никола (Фото: Александра Ракоњац)
- Слика 61.** *Bodanella lauterborni* а-б) микроскопски изглед талуса, в-г) вегетативне ћелије, д) формирања попречног ћелијског зида, ђ) апибалне ћелије старијих филамената (бар скала: а-б – 50 μm ; в – 20 μm , г-ђ – 10 μm) (Фото: Александра Ракоњац и Снежана Симић)
- Слика 62.** Дистрибуција врсте *Bodanella lauterborni* у Србији (2017-2024. год.)
ИБ1 - Безимени извор на Власини удаљен 100 m од извора Свети Никола,
ИБ2 - Безимени извор на Власини удаљен 1 km од извора Свети Никола,
ИСН - Извор Свети Никола
- Слика 63.** Станишта *Bodanella lauterborni* а) извор Свети Никола, б) Безимени извор на Власини удаљен 100 m од извора Свети Никола (Фото: Александра Ракоњац), в) Безимени извор на Власини удаљен 1 km од извора Свети Никола (Фото: Снежана Симић)
- Слика 64.** Хабитус осушеног талуса *Heribaudiella fluviatilis* (Фото: Александра Ракоњац)
- Слика 65.** Хабитус талуса *Heribaudiella fluviatilis* а-б) Ракитска река, в) Темштица (ТЕ1), г) Темштица (ТЕ3) (Фото: Александра Ракоњац)
- Слика 66.** *Heribaudiella fluviatilis* а-б) микроскопски изглед талуса, в-г) усправни филаменти талуса (бар скала: а-в – 50 μm ; г – 20 μm) (Фото: Александра Ракоњац)
- Слика 67.** Дистрибуција врсте *Heribaudiella fluviatilis* у Србији (2017-2024. год.)
РК – Ракитска река (Топли До), ТЕ1 – Темштица (горњи ток), ТЕ3 – Темштица (излетиште Криви вир), НЕ - Нера
- Слика 68.** Станишта врсте *Heribaudiella fluviatilis* а) Ракитска река, б) Темштица (Фото: Александра Ракоњац)
- Слика 69.** *Porterinema fluviatile* а) филаменти изграђени од издужених вегетативних ћелија, анастомозе између филамената, б) вегетативне ћелије са пластидима, в-г) трансформација издужених вегетативних ћелија у овалне вегетативне ћелије (бар скала: 10 μm) (Фото: Александра Ракоњац и Снежана Симић)
- Слика 70.** *Porterinema fluviatile* а) вегетативне ћелије, б-в) ћелије у процесу формирања плурилокуларних спорангија, г) плурилокуларна спорангија (бар скала: а – 20 μm ; б-г – 10 μm) (Фото: Александра Ракоњац и Снежана Симић)
- Слика 71.** *Porterinema fluviatile* а-б) ћелије у процесу формирања апланоспора, д) непокретне апланоспоре, ђ) развој новог талуса из апланоспора (бар скала: 10 μm) (Фото: Александра Ракоњац и Снежана Симић)

Слика 72. Дистрибуција врсте *Porterinema fluviatile* у Србији (2014-2024. год.)

МЛ1 – Млава (извор)

Слика 73. а) Станиште врсте *Porterinema fluviatile* (врело Млаве) (Фото: Александра Ракоњац), б-в) Скица потопљеног сифонског канала врела Млаве (<http://www.jkpbelosavac.rs>)

Слика 74. Епифитски развој цијанобактерије *Romeria leopoliensis* на талусу *Porterinema fluviatile* (бар скала: 10 μm) (Фото: Александра Ракоњац)

ЛИСТА ТАБЕЛА

- Табела 1.** Класификација слатководних црвених алги подраздела Eurhodophytina (Vis и Necchi, 2021в; Guiry и Guiry, 2024)
- Табела 2.** Класификација слатководних мрких алги (Guiry и Guiry, 2024)
- Табела 3.** Литературни подаци просторне дистрибуције *Bangia atropurpurea* на подручју Србије
- Табела 4.** Литературни подаци просторне дистрибуције *Riverina rivularis* на подручју Србије
- Табела 5.** Литературни подаци просторне дистрибуције рода *Audouinella* на подручју Србије
- Табела 6.** Литературни подаци просторне дистрибуције *Batrachospermum sensu lato* на подручју Србије
- Табела 7.** Литературни подаци просторне дистрибуције *Lemanea fluviatilis* на подручју Србије
- Табела 8.** Литературни подаци просторне дистрибуције рода *Paralemanea* на подручју Србије
- Табела 9.** Литературни подаци просторне дистрибуције *Thorea hispida* на подручју Србије
- Табела 10.** Преглед IUCN критеријума и подкритеријума за процену степена угрожености таксона
- Табела 11.** IUCN категорије угрожености црвених алги (Rhodophyta) у Србији (Simić S. и Simić, 2009; Simić V. и сар., 2011)
- Табела 12.** Присуство црвених и мрких алги у заштићеним подручјима Србије (сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, РБ – резерват биосфере)
- Табела 13.** Списак истраживаних локалитета (р. бр. – редни број локалитета; сРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, РБ – резерват биосфере, Е – Емералд подручје, IPA – значајно подручје за биљке, IBA – значајно подручје за птице, PBA – одабрано подручје за дневне лептире)
- Табела 14.** DAFOR скала коришћена за одређивање бројности/покривности таксона макроскопских агрегација бентосних алги
- Табела 15.** Приказ угрожавајућих фактора слатководних црвених и мрких алги и њихових станишта
- Табела 16.** Табела 16. Параметри и систем бодовања за процену Еколошке Специјализације (ES) ESHIPPO–*fma* модела.
- Табела 17.** Параметри и систем бодовања за процену Индекса локалне адаптираности популација слатководних макроалги (ILAFMP) ESHIPPO–*fma* модела

- Табела 18.** Параметри и систем бодовања HIPPO фактора ESHIPPO–*fma* модела
- Табела 19.** Бодовна скала за одређивање нивоа ризика изумирања и приоритета конзервације популација слатководних макроалги према ESHIPPO–*fma* моделу
- Табела 20.** Диверзитет и дистрибуција црвених алги у акватичним екосистемима Србије (2017-2024.) са приказом покривности, заједница са макроскопским агрегацијама алги других група и њихове покривности, типова станишта и постојећег степена заштите станишта (D – доминантан таксон, A – обилан таксон, F – чест таксон, O – повремен таксон, R – редак таксон, Д1.1 – Улази у пећине, Д1.2 – Унутрашњост пећина, Ф2.12 – Извори слатке тврде воде, Ф2.2 – Стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде, Ф2.24 – Водопади, Ф2.6 – Филм воде која се прелива по стенама, X9 – Веома вештачке воде, cРП – строги резерват природе, СРП – специјални резерват природе, НП – национални парк, ПП – парк природе, РБ – резерват биосфере, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, Е – Емералд подручје, ИРА – значајно подручје за биљке, ИВА – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)
- Табела 21.** Таксономски статус врсте *Bangia atropurpurea*
- Табела 22.** Морфолошке карактеристике *Bangia atropurpurea* на истраживаним локалитетима у Србији (2017-2024. год.)
- Табела 23.** Морфометријске и физичке карактеристике станишта врсте *Bangia atropurpurea*
- Табела 24.** Хемијске карактеристике воде станишта врсте *Bangia atropurpurea* са прегледом уочених фактора угрожавања класификованих према IUCN класификационим шемама (Threats Classification Scheme (Version 3.3))
- Табела 25.** Таксономски статус врсте *Riverina rivularis*
- Табела 26.** Морфолошке карактеристике *Riverina rivularis* на истраживаним локалитетима у Србији (2017-2024. год.)
- Табела 27.** Морфометријске и физичке карактеристике станишта врсте *Riverina rivularis*
- Табела 28.** Хемијске карактеристике воде станишта представника *Riverina rivularis* са прегледом уочених фактора угрожавања класификованих према IUCN класификационим шемама (Threats Classification Scheme (Version 3.3))
- Табела 29.** Таксономски статус представника *Batrachospermum sensu lato*
- Табела 30.** Морфолошке карактеристике *Batrachospermum sensu lato* на истраживаним локалитетима у Србији (2017-2024. год.)
- Табела 31.** Репродуктивне карактеристике *Batrachospermum sensu lato* на истраживаним локалитетима у Србији (2017-2024. год.)
- Табела 32.** Морфометријске и физичке карактеристике станишта представника *Batrachospermum sensu lato*

- Табела 33.** Хемијске карактеристике воде станишта представника *Batrachospermum sensu lato* са прегледом уочених фактора угрожавања класификованих према IUCN класификационим шемама (Threats Classification Scheme (Version 3.3))
- Табела 34.** Таксономски статус врсте *Lemanea fluviatilis*
- Табела 35.** Морфолошке и репродуктивне карактеристике *Lemanea fluviatilis* на истраживаним локалитетима у Србији (2017-2024. год.)
- Табела 36.** Морфометријске и физичке карактеристике станишта врсте *Lemanea fluviatilis*
- Табела 37.** Хемијске карактеристике воде станишта врсте *Lemanea fluviatilis* са прегледом уочених фактора угрожавања класификованих према IUCN класификационим шемама (Threats Classification Scheme (Version 3.3))
- Табела 38.** Епифитске алге на талусима *Lemanea fluviatilis*
- Табела 39.** Таксономски статус врсте *Lemanea fucina*
- Табела 40.** Морфометријске, физичке и хемијске карактеристике станишта врсте *Lemanea fucina* са прегледом уочених фактора угрожавања класификованих према IUCN класификационим шемама (Threats Classification Scheme (Version 3.3))
- Табела 41.** Таксономски статус врсте *Lemanea rigida*
- Табела 42.** Морфолошке и репродуктивне карактеристике *Lemanea rigida* на истраживаним локалитетима у Србији (2017-2024. год.)
- Табела 43.** Морфометријске, физичке и хемијске карактеристике станишта врсте *Lemanea rigida* са прегледом уочених фактора угрожавања класификованих према IUCN класификационим шемама (Threats Classification Scheme (Version 3.3))
- Табела 44.** Епифитске алге на талусима *Lemanea rigida*
- Табела 45.** Морфолошке и репродуктивне карактеристике *Lemanea* sp. 1 и *Lemanea* sp. 2 на истраживаним локалитетима у Србији (2017-2024. год.)
- Табела 46.** Морфометријске, физичке и хемијске карактеристике станишта *Lemanea* sp. са прегледом уочених фактора угрожавања класификованих према IUCN класификационим шемама (Threats Classification Scheme (Version 3.3))
- Табела 47.** Таксономски статус врсте *Paralemanea annulata*
- Табела 48.** Морфолошке и репродуктивне карактеристике *Paralemanea annulata* на истраживаним локалитетима у Србији (2017-2024. год.)
- Табела 49.** Морфометријске и физичке карактеристике станишта врсте *Paralemanea annulata*
- Табела 50.** Хемијске карактеристике воде станишта врсте *Paralemanea annulata* са прегледом уочених фактора угрожавања класификованих према IUCN класификационим шемама (Threats Classification Scheme (Version 3.3))

- Табела 51.** Таксономски статус врсте *Paralemanea catenata*
- Табела 52.** Морфолошке и репродуктивне карактеристике *Paralemanea catenata* на истраживаним локалитетима у Србији (2017-2024. год.)
- Табела 53.** Морфометријске и физичке карактеристике станишта врсте *Paralemanea catenata*
- Табела 54.** Хемијске карактеристике воде станишта врсте *Paralemanea catenata* са прегледом уочених фактора угрожавања класификованих према IUCN класификационим шемама (Threats Classification Scheme (Version 3.3))
- Табела 55.** Таксономски статус врсте *Paralemanea torulosa*
- Табела 56.** Морфолошке и репродуктивне карактеристике *Paralemanea torulosa* на истраживаним локалитетима у Србији (2017-2024. год.)
- Табела 57.** Морфометријске, физичке и хемијске карактеристике станишта врсте *Paralemanea torulosa* са прегледом уочених фактора угрожавања класификованих према IUCN класификационим шемама (Threats Classification Scheme (Version 3.3))
- Табела 58.** Диверзитет и дистрибуција мрких алги у акватичним екосистемима Србије (2014-2024.) са приказом покровности, заједница са макроскопским агрегацијама алги других група и њихове покровности, типова станишта и постојећег степена заштите станишта (D – доминантан таксон, A – обилан таксон, F – чест таксон, O – повремен таксон, R – редак таксон, Д1.5 – Подземне текуће воде, Ф2.11 – Извори слатке меке воде, Ф2.2 – Стални, брзи и турбулентни токови без варирања нивоа воде, Ф2.6 – Филм воде која се прелива по стенама, ПП – парк природе, ПИО – предео изузетних одлика, СП – споменик природе, Е – Емералд подручје, ИРА – значајно подручје за биљке, ИВА – значајно подручје за птице, РВА – одабрано подручје за дневне лептире)
- Табела 59.** Таксономски статус врсте *Bodanella lauterborni*
- Табела 60.** Морфолошке карактеристике *Bodanella lauterborni* на истраживаним локалитетима у Србији (2017-2024. год.)
- Табела 61.** Морфометријске, физичке и хемијске карактеристике станишта *Bodanella lauterborni* са прегледом уочених фактора угрожавања класификованих према IUCN класификационим шемама (Threats Classification Scheme (Version 3.3))
- Табела 62.** Таксономски статус врсте *Heribaudiella fluviatilis*
- Табела 63.** Морфолошке и репродуктивне карактеристике *Heribaudiella fluviatilis* на истраживаним локалитетима у Србији (2017-2024. год.)
- Табела 64.** Морфометријске, физичке и хемијске карактеристике станишта *Heribaudiella fluviatilis* са прегледом уочених фактора угрожавања класификованих према IUCN класификационим шемама (Threats Classification Scheme (Version 3.3))
- Табела 65.** Таксономски статус врсте *Porterinema fluviatile*

- Табела 66.** Морфометријске, физичке и хемијске карактеристике станишта врсте *Porterinema fluviatile* са прегледом уочених фактора угрожавања класификованих према IUCN класификационим шемама (Threats Classification Scheme (Version 3.3))
- Табела 67.** Вредности корелационог коефицијента анализираних фактора животне средине шест главних компоненти
- Табела 68.** Вредности корелационог коефицијента анализираних црвених и мрких алги у 6 главних компоненти
- Табела 69.** IUCN категорије угрожености црвених алги (Rhodophyta) на подручју Србије
- Табела 70.** IUCN категорије угрожености мрких алги (Phaeophyceae) на подручју Србије
- Табела 71.** Резултати процене нивоа ризика изумирања и приоритета конзервације популација црвених алги према ESHIPPO-*fma* моделу
- Табела 72.** Резултати процене нивоа ризика изумирања и приоритета конзервације популација мрких алги према ESHIPPO-*fma* моделу
- Табела 73.** Црвена листа црвених и мрких алги у Србији
- Табела 74.** Категорије угрожености врста црвених и мрких алги у европским земљама

ЛИСТА ГРАФИКА

График 1. Анализа главних компоненти (РСА) морфометријских, физичких и хемијских параметара животне средине и таксона црвених и мрких алги. НВ – надморска висина, ШК – ширина корита, ДУБ – максимална дубина воде, ПОД – тип подлоге, БРЗ – брзина протока воде, ТЕМ – температура воде, ЕП – електропроводљивост, ТВ – тврдоћа воде, KO_2 – концентрација раствореног кисеоника, CO_2 – сатурација раствореног кисеоника, ОС – степен осунчаности станишта

ЛИСТА ПРИЛОГА

- Прилог 1.** ILAFMP елемент и HIPPO фактори ESHIPPO-*fma* модела за слатководне црвене алге.
- Прилог 2.** ILAFMP елемент и HIPPO фактори ESHIPPO-*fma* модела за слатководне мрке алге.

БИОГРАФИЈА

Александра Б. Ракоњац (рођ. Митровић) рођена је 25.11.1991. год. у Крагујевцу, где је завршила основно и средње образовање. Све нивое студија завршила је на Природно-математичком факултету Универзитета у Крагујевцу (Основне академске студије биологије, модул екологија – 2013. год., Мастер академске студије биологије, модул биолог-еколог – 2015. год.). Докторске академске студије биологије уписала је на истом факултету школске 2016/2017. год, где је положила све предмете предвиђене наставним планом са просечном оценом 10,00.

У звање истраживач-сарадник у области биотехничких наука у Институту за повртарство Смедеревска Паланка изабрана је 27.09.2023. год. одлуком Научног већа бр. 16/52. Од октобра 2023. год. запослена је у наведеном Институту.

Бави се научно-истраживачким радом у области биологије, екологије, таксономије и биогеографије слатководних алги. У Институту за повртарство Смедеревска Паланка, бави се научно-истраживачким радом у области биотехнологије. Аутор је и коаутор 54 научне публикације: 11 радова у научним часописима категорије М20 (1 × М21, 2 × М22, 5 × М23, 3 × М24), 4 рада у националним научним часописима (М51), 27 саопштења са међународних (М30) и 12 саопштења са националних скупова (М60). Коаутор је два поглавља и 12 чланака о врстама у монографији водећег националног значаја (М41) (*Црвена књига флоре Србије 1 – Алге*). Била је учесник на изради већег броја студија мониторинга у области хидробиологије и заштите вода, програма управљања рибарским подручјима, и једног индикатора за 6. Национални извештај према Конвенцији о биолошкој разноврсности РС.

Члан је међународног пројекта COST action CA23160 Effective Lake management: reducing cyanobacteria by actions in the catchment (CYANOACTION), 2024-2028.

Резултати истраживања спроведених у оквиру ове докторске дисертације објављени су у следећим публикацијама:

Рад објављен у истакнутом међународном часопису – категорија M₂₂

- Simić, S.B., Mitrović, A.B., Đorđević, N.B. (2019). New data on the morphology, reproduction and distribution of a freshwater brown alga *Porterinema fluviatile* (Porter) Waern (Phaeophyceae). *Cryptogamie Algologie* 40(9): 95-103. doi: 10.5252/cryptogamie-algologie2019v40a9. IF₂₀₁₉: 1,791.

Радови објављени у научним часописима међународног значаја – категорија M₂₃

- **Rakonjac, A.B.**, Simić, S.B. (2024). New ecological notes on freshwater chrysophycean alga *Hydrurus foetidus* (Chrysophyceae, Heterokontophyta): a study from Serbia (Southeast Europe). *Oceanological and Hydrobiological Studies* 53(4): 375-385. doi: 10.26881/oahs-2024.4.05. IF₂₀₂₃: 0,9.
- Sabovljević, M.S., Tomović, G., Kunev, G., Taşkin, H., Bozok, F., Šovran, S., Knežević, A., Cimerman, Ž.L., Krajšek Strgulc, S., Kuzmanović, N., Lazarević, P., Assyov, B., Stoykov, D., Szelağ, Z., Vladimirov, V., **Rakonjac, A.B.**, Simić, S.B., Sabovljević, A.D., Papp, B., Pantović, J., Stanković, M. (2023). New records and noteworthy data of plants, algae and fungi in SE Europe and adjacent regions, 13. *Botanica Serbica* 47(1): 183-194. doi: 10.2298/BOTSERB2301183S. IF₂₀₂₃: 0,9.
- **Mitrović, A.B.**, Simić, S.B. (2021). On *Bangia atropurpurea* (Bangiales, Rhodophyta), the strictly protected red alga in Serbia. *Botanica Serbica* 45(2): 263-272. doi: 10.2298/BOTSERB2102263M. IF₂₀₂₂: 0,8.
- **Mitrović, A.B.**, Đorđević, N.B., Simić, S.B. (2021). A review of research on the *Lemanea* genus in Serbia. *Oceanological and Hydrobiological Studies* 50(1): 47-59. doi: 10.2478/oandhs-2021-0006. IF₂₀₂₂: 0,9.

Рад објављен у часопису међународног значаја који је верификован посебним одлукама – категорија M₂₄

- **Rakonjac, A.B.**, Simić, S.B. (2023). Updating knowledge on the distribution of red algae (Rhodophyta) in Serbia (Southeast Europe). *Kragujevac Journal of Science* 45: 239-244. doi: 10.5937/KgJSci2345239R.

Саопштења са међународних скупова штампана у изводу – категорија M₃₄

- **Rakonjac, A.B.**, Simić, S.B. (2024). New discovery of a rare freshwater brown alga *Bodanella lauterborni* W.M Zimmermann (Serbia, Southeast Europe). Book of abstracts, 9th Aquatic Biodiversity International Conference, 20-24 September 2024, Sibiu, Transylvania, Romania, 36 p.
- **Mitrović, A.B.**, Đorđević, N.B., Simić, S.B. (2019). Diversity of macroalgal aggregations in the Jelovičko spring. Book of abstracts, 13th Symposium on the Flora of Southeastern Serbia and Nighboring Regions, 20-23 June 2019, Stara planina Mt., Serbia, 50 p.

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини – категорија М₆₃

- Simić, S.B., Đorđević, N.B., **Mitrović, A.B.** (2016). Diverzitet algi u zaštićenim prirodnim područjima – Vrelo Mlave i Krupajsko vrelo. Zbornik radova, II simpozijum o zaštiti prirode sa međunarodnim učešćem, „Zaštita prirode- iskustva i perspektive“, Pokrajinski zavod za zaštitu prirode, 01.-02. april 2016, Novi Sad, Srbija, str. 105-117. ISBN 978-86-915199-9-5.

Саопштења са скупова националног значаја штампана у изводу – категорија М₆₄

- **Rakonjac, A.B.**, Đorđević, N.B., Simić, S.B. (2022). Korasta crvena alga *Hildenbrandia* u Srbiji. Treći kongres biologa Srbije, 21.-25. septembar 2022, Zlatibor, Srbija. Zbornik abstrakata, str. 223. ISBN 978-86-81413-09-8.
- **Mitrović, A.B.**, Djordjević, N.B., Simić, S.B. (2018). Nova nalazišta retkih crvenih algi (Rhodophyta) u Srbiji. Drugi kongres biologa Srbije, 25.-30. septembar 2018, Kladovo, Srbija. Zbornik abstrakata, str. 209. ISBN 978-86-81413-08-1.

New data on the morphology, reproduction and distribution of a freshwater brown alga *Porterinema fluviatile* (Porter) Waern (Phaeophyceae)

Snežana B. SIMIĆ
Aleksandra B. MITROVIĆ

aleksandra.mitrovic@pmf.kg.ac.rs (corresponding author)

Nevena B. ĐORĐEVIĆ

University of Kragujevac, Faculty of Science,
Institute of Biology and Ecology, 34000 Kragujevac (Serbia)

Submitted on 25 September 2018 | Accepted on 9 April 2019 | Published on 18 October 2019

Simić S. B., Mitrović A. B. & Đorđević N. B. 2019. — New data on the morphology, reproduction and distribution of a freshwater brown alga *Porterinema fluviatile* (Porter) Waern (Phaeophyceae). *Cryptogamie, Algologie* 40 (9): 95–103. <https://doi.org/10.5252/cryptogamie-algologie2019v40a9>. <http://cryptogamie.com/algologie/40/9>

ABSTRACT

This paper provides information on the morphology, reproduction and distribution of a freshwater brown alga, *Porterinema fluviatile* (Porter) Waern (Phaeophyceae). The alga was recorded in oligotrophic water from Mlava Spring, a karst limnocrène in eastern Serbia (44°11'298"N, 21°47'021"E). This is the first record of freshwater brown algae in general in Serbia, and the first record of *P. fluviatile* in southeastern Europe. The thallus of *P. fluviatile* formed small, dark-brown tufts, with multicellular, uniseriate filaments that were irregularly branched. An anastomosis was noticeable between some filaments. The vegetative cells of the young filaments were cylindrical (17–38 µm long × 2.5–4.0 µm wide). The cells had 1 or 2, rarely 3, plate-like parietal plastids. The reproductive organs of *P. fluviatile* (asexual reproduction) originate from the transformation of vegetative cells. Elongated vegetative cells develop inflated vegetative cells (5–10 µm in diameter) with lipid droplets. Further transformation of these cells leads to the formation of intercalary plurilocular sporangia with 4 to 8 (rarely 16) cells. Nonmotile, round aplanospores, which develop by protoplast division in elongated vegetative cells, are described for the first time in this species.

KEY WORDS

Freshwater,
Phaeophyceae,
lipid droplets,
plurilocular sporangia,
aplanospores.



New ecological notes on the freshwater chrysophycean alga *Hydrurus foetidus* (Chrysophyceae, Heterokontophyta): a study from Serbia (Southeast Europe)

by

Aleksandra B. Rakonjac^{1,2,*},
Snežana B. Simić²

DOI: <https://doi.org/10.26881/oahs-2024.4.05>

Category: **Original research paper**

Received: **January 23, 2024**

Accepted: **June 14, 2024**

¹Institute for Vegetable Crops, Karađorđeva 71,
11420 Smederevska Palanka, Serbia

²University of Kragujevac, Faculty of Science,
Department of Biology and Ecology, Radoja
Domanovića 12, 34000 Kragujevac, Serbia

* Corresponding author: aleksandra.mitrovic@pmf.kg.ac.rs

Abstract

Hydrurus foetidus (Chrysophyceae, Ochrophyta) is a freshwater benthic alga that appears as a mucilaginous, filamentous thallus. It is geographically widespread but restricted to cold waters, with optimal temperatures for growth between 2°C and 12°C. The lethal temperature for this alga is 16°C. This paper reports the second occurrence of *H. foetidus* in waters with temperatures much above the recorded lethal temperature. In addition, we describe the non-obligate *Hydrurus*–*Paralemanea* association for the first time, with *Paralemanea* being a substrate for *Hydrurus* growth. This non-obligate association may be a strategy for the species' survival during the summer season or the species' response to climate change. Furthermore, we present co-occurring macroalgae, with special emphasis on the first finding of the rare freshwater chrysophycean alga *Phaeodermatium rivulare* in Serbian aquatic ecosystems.

Key words: ecology, temperature, *Phaeodermatium*, *Paralemanea*, *Hydrurus*–*Paralemanea*, distribution

online at www.oandhs.ug.edu.pl



Original Scientific Paper

On *Bangia atropurpurea* (Bangiales, Rhodophyta), the strictly protected red alga in Serbia

Aleksandra B. MITROVIĆ* and Snežana B. SIMIĆ

University of Kragujevac, Faculty of Science, Department of Biology and Ecology, R. Domanovića 12, 34000 Kragujevac, Serbia

* Correspondence: aleksandra.mitrovic@pmf.kg.ac.rs

ABSTRACT:

The first observation of the red alga *Bangia atropurpurea* (Bangiales, Rhodophyta) in Serbia was in 1991 in the Trgoviški Timok River (Eastern Serbia). From 1991 to 2017, the species was sporadically observed at four more locations in three hill-mountain rivers in Southwestern (the Gvozdačka River and the Raška River) and Eastern (the Nišava River - two localities) Serbia. More intensive research on this alga was carried out from 2017 to 2020, and a total of 220 localities in 132 hill-mountain watercourses were studied. *Bangia atropurpurea* was recorded at six locations in Southwestern and Eastern Serbia. Five of these locations represent new *B. atropurpurea* localities in Serbia (the Brusnička River, the Golijska Moravica River, the Panjica River, the Resava River, and the second locality in the Trgoviški Timok River), while one of them is already known from previous studies (the Raška River). The species was found in running, moderately hard and very hard, well-oxygenated, slightly alkaline waters, mainly low in inorganic nutrients, and in highly variable values of temperature and conductivity. Despite the long period since its first observation in Serbian rivers, the species is still known in a small number of localities. The small number of localities, low relative abundance, and various anthropogenic influences affecting its habitats have led the species to be recognized as endangered and strictly protected in Serbia. The intensive development of small hydropower plants which have emerged in recent years may threaten *B. atropurpurea* habitats.

Keywords:

freshwater algae, morphology, ecology, river, threat factors

UDC: 561.273(497.11)

Received: 23 February 2021

Revision accepted: 03 September 2021

INTRODUCTION

The red algal order Bangiales is represented by five genera: *Bangia* Lyngbye, *Dione* W. A. Nelson, *Minerva* W. A. Nelson, *Pseudobangia* K. M. Müller & R. G. Sheath, and *Porphyra* C. Agardh, almost exclusively marine (KUMANO 2002; MÜLLER *et al.* 2005; NELSON *et al.* 2005). Only the members of the genus *Bangia* have been recognized in freshwaters (KUMANO 2002; SHEATH & SHERWOOD 2002; ELORANTA & KWANDRANS 2004; GUIRY & GUIRY 2021).

Bangia atropurpurea (Mertens ex Roth) C. Agardh is the only freshwater member of the genus *Bangia* which can also be found in brackish water (KUMANO 2002; SHEATH & SHERWOOD 2002; ELORANTA & KWANDRANS

2004; GUIRY & GUIRY 2021). The geographical distribution and ecology of *B. atropurpurea* have been quite well studied by many authors. The species is common in European countries (ELORANTA *et al.* 2011), but also occurs in North America (WEHR & SHEATH 2003), Asia (NOTOYA & IJIMA 2003; BARINOVA 2013; CHOU *et al.* 2015; XU *et al.* 2016), Australia (WOOLCOTT & KING 1998), and New Zealand (BOEDEKER *et al.* 2008). In Europe, it has been reported in Albania (KASHTA & MIHO 2016), Austria (ROTT *et al.* 1999), Bosnia and Herzegovina (MAŠIĆ *et al.* 2020), the British Isles (SHEATH & SHERWOOD 2002), Bulgaria (VODENIČAROV *et al.* 1991), Croatia (KOLETIĆ *et al.* 2020), Finland (ELORANTA & KWANDRANS 2007), France (VERLAQUE 2001), Germany (GUTOWSKI *et al.* 2004; KUSBER *et*



A review of research on the *Lemanea* genus in Serbia

by

Aleksandra B. Mitrović*,
Nevena B. Đorđević,
Snežana B. Simić

DOI: **10.2478/oandhs-2021-0006**

Category: **Original research paper**

Received: **May 18, 2020**

Accepted: **August 13, 2020**

University of Kragujevac, Faculty of Science,
Department of Biology and Ecology,
R. Domanovića 12, 34 000 Kragujevac,
Serbia

* Corresponding author: aleksandra.mitrovic@pmf.kg.ac.rs

Abstract

The first data on the *Lemanea* genus in Serbia come from the late 20th century. Only one species, *L. fluviatilis*, was reported from 10 localities in Serbian riverine ecosystems between 1991 and 2017. Extensive research on this genus was performed in April–November 2017–2019, surveying 150 localities in 97 upland and mountain rivers. During this study period, the *Lemanea* genus was recorded at 14 localities in 12 rivers, while it disappeared from five previously reported localities. A total of four taxa were identified: *Lemanea fucina*, *L. rigida*, *Lemanea* sp. and *L. fluviatilis*. *Lemanea fucina* and *L. rigida* were recorded in Serbia for the first time. *L. fluviatilis* was the most common taxon. Our research confirmed that *Lemanea* species prefer similar specific environmental conditions. These species were found in temperate, soft or moderately hard, well-oxygenated and weakly alkaline waters, with low, moderate or high conductivity, and in waters with low content of inorganic nutrients. Due to their sensitivity to changes in environmental conditions, *Lemanea* species are exposed to negative anthropogenic impact leading to the degradation of their habitats. Intensive construction of small hydropower plants has threatened most habitats of the Rhodophyta species in the last few years.

Key words: *Lemanea fluviatilis*, *Lemanea fucina*, *Lemanea rigida*, morphology, ecology, distribution, negative anthropogenic impact

online at www.oandhs.ug.edu.pl



New records and noteworthy data of plants, algae and fungi in SE Europe and adjacent regions, 13

Marko S. SABOVLJEVIĆ^{1,2,*}, Gordana TOMOVIĆ^{1*}, Georgi KUNEV³, Hatıra TAŞKIN⁴, Fuat BOZOK⁵, Sanja ŠOVRAJ¹, Ana KNEŽEVIĆ¹, Žan L. CIMERMAN⁶, Simona STRGULC KRAJŠEK⁶, Nevena KUZMANOVIĆ¹, Predrag LAZAREVIĆ¹, Boris ASSYOV⁷, Dimitar STOYKOV⁷, Zbigniew SZELAĞ⁸, Vladimir VLADIMIROV^{9,10}, Aleksandra B. RAKONJAC¹¹, Snežana B. SIMIĆ¹¹, Aneta D. SABOVLJEVIĆ¹, Beata PAPP¹², Jovana PANTOVIĆ¹ and Mihajlo STANKOVIĆ¹³

¹ Institute for Botany and Botanical Garden, Faculty of Biology, University of Belgrade, Takovska 43, 11 000 Belgrade, Serbia

² Department of Botany, Institute of Biology and Ecology, Faculty of Science, Pavol Jozef Šafárik University in Košice, Mánesova 23, 040 01 Košice, Slovakia

³ Department of Botany, Faculty of Biology, Sofia University "St. Kliment Ohridski", 8 "Dragan Tzankov" Blvd., Sofia 1164, Bulgaria

⁴ Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Cukurova University, 01330 Adana, Turkey

⁵ Department of Biology, Faculty of Arts and Science, Osmaniye Korkut Ata University, 80000 Osmaniye, Turkey

⁶ Department of Biology, Biotechnical Faculty, University of Ljubljana, Večna pot 111, SI-1000 Ljubljana, Slovenia

⁷ Institute of Biodiversity and Ecosystem Research, Bulgarian Academy of Sciences, 2 Gagarin St., 1113 Sofia, Bulgaria

⁸ Pedagogical University of Cracow, Institute of Biology, Podchorążych 2, 30-084 Kraków, Poland

⁹ Department of Plant and Fungal Diversity and Resources, Institute of Biodiversity and Ecosystem Research, Bulgarian Academy of Sciences, Acad. Georgi Bonchev St., bl. 23, 1113 Sofia, Bulgaria

¹⁰ Botanical Garden, Bulgarian Academy of Sciences, P.O. Box 664, 1000 Sofia, Bulgaria

¹¹ Department of Biology and Ecology, Faculty of Science, University of Kragujevac, Radoja Domanovića 12, 34000 Kragujevac, Serbia

¹² Department of Botany, Hungarian Natural History Museum, HU-1476 Budapest, Pf. 222, Hungary

¹³ Special Nature Reserve Zasavica / Pokret gorana Sremska Mitrovica, Svetog Save 19, Sremska Mitrovica,

* column editors, to whom contribution should be sent (botanicaserbica@bio.bg.ac.rs)

ABSTRACT:

This paper presents new records and noteworthy data on the following taxa in SE Europe and adjacent regions: brown alga *Heribaudiella fluviatilis*, red alga *Batrachospermum skujae*, saprotrophic fungus *Gnomonia geranii-macrorrhizi*, mycorrhizal fungi *Amanita alseides* and *Russula griseascens*, liverwort *Ricciocarpos natans*, moss *Blindia acuta*, *Leucodon sciuroides* var. *morensis* and *Pseudostereodon procerrimus*, monocots *Allium ampeloprasum*, *Carex ferruginea* and *Carex limosa* and dicots *Convolvulus althaeoides*, *Fumana aciphylla*, *Hieracium petrovae*, *Lamium bifidum* subsp. *bifidum* and *Ranunculus fontanus* are given within SE Europe and adjacent regions.

Keywords:

new report, *Allium ampeloprasum*, *Amanita alseides*, *Batrachospermum skujae*, *Blindia acuta*, *Carex ferruginea*, *Carex limosa*, *Convolvulus althaeoides*, *Fumana aciphylla*, *Gnomonia geranii-macrorrhizi*, *Hieracium petrovae*, *Heribaudiella fluviatilis*, *Lamium bifidum* subsp. *bifidum*, *Leucodon sciuroides* var. *morensis*, *Pseudostereodon procerrimus*, *Ranunculus fontanus*, *Ricciocarpos natans*, *Russula griseascens*, SE Europe

UDC: 581.95:561.261+561.273+561.28+
561.32+561.52+561.6/.9(292.4)

Received: 31 January 2023

Revision accepted: 27 March 2023

UPDATING KNOWLEDGE ON THE DISTRIBUTION OF RED ALGAE (RHODOPHYTA) IN SERBIA (SOUTHEAST EUROPE)

Rakonjac B. Aleksandra*, Simić B. Snežana

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

*Corresponding author; E-mail: aleksandra.mitrovic@pmf.kg.ac.rs

(Received February 15, 2023; Accepted May 04, 2023)

ABSTRACT. Freshwater red algae (Rhodophyta) were surveyed in Serbia by examining 411 localities of 196 springs, streams and rivers during 2017-2022. A total of 80 new records of algae were made: species of the genera with *Batrachospermum*-like morphology (18), *Hildenbrandia rivularis* (30), *Lemanea* sp. (1), *L. fluviatilis* (2), *Paralemanea annulata* (15), *P. catenata* (11) and *P. torulosa* (3).

Keywords: red algae, *Batrachospermum*, *Hildenbrandia*, *Lemanea*, *Paralemanea*.

Red algae (Rhodophyta) are predominantly marine, with less than 3% occurring in freshwater environments. Freshwater members are distributed worldwide, but in scattered locations. These algae are mostly macroalgae and are well-represented in lotic environments (NECCHI, 2016; NECCHI and VIS, 2021; VIS and NECCHI, 2021a, 2021b). Freshwater red algae inhabit springs, streams, rivers, and lakes, principally being encountered in soft, clean, pure waters on a rocky substrate and variable current velocity (CESCHIN *et al.*, 2013; NECCHI, 2016). Due to their long and complex life cycle and high sensitivity to environmental impacts, the distribution and abundance of freshwater red algae are environmentally dependent (ELORANTA and KWANDRANS, 2004; NECCHI, 2016; NECCHI and VIS, 2021; VIS and NECCHI, 2021a, 2021b).

The first data about red algae in Serbia date back to the end of the 19th century when MAGNUS (1889) reported the occurrence of *Thorea hispida* (Thore) Desvaux (= *T. ramosissima* Bory) in the Danube River. From that period till now, 19 freshwater red algal taxa have been documented to occur in approximately 125 localities in Serbian aquatic ecosystems: *Audouinella chalybea* (Roth) Bory (as *Chantransia chalybea* (Roth) Fries), *A. pygmaea* (Kützinger) Weber Bosse (as *Ch. pygmaea* Kützinger), *Bangia atropurpurea* (Roth) C.Agardh, *Batrachospermum* sp., *B. cayennense* Montagne ex Kützinger, *B. confusum* (Bory) Hassal, *B. ectocarpum* Sirodot, *B. gelatinosum* (Linnaeus) De Candole, *B. turfosum* Bory, *B. virgatodecaisneanum* Sirodot, *Hildenbrandia rivularis* (Liebmann) J.Agardh, *Lemanea* sp., *Lemanea fluviatilis* (Linnaeus) C.Agardh, *L. fucina* Bory, *L. rigida* (Sirodot) De Toni, *Paralemanea annulata* (Kützinger) M.L.Vis & R.G.Sheath, *P. catenata* (Kützinger) M.L.Vis & Sheath, *P. torulosa* (Roth) Sheath & A.R.Sherwood, and *T. hispida* (SIMIĆ and KRIZMANIĆ, 2018; MITROVIĆ and SIMIĆ, 2021; MITROVIĆ *et al.*, 2021; SABOVLJEVIĆ *et al.*, 2022; TOMOVIĆ *et al.*, 2022). The most frequently reported are the species of genera *Audouinella* and *Batrachospermum*, while *H. rivularis* is the most rarely reported freshwater red alga in Serbia (SIMIĆ and KRIZMANIĆ, 2018).

ИЗЈАВА АУТОРА О ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

Изјављујем да докторска дисертација под насловом:

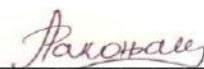
„Диверзитет и конзервација црвених алги (Rhodophyta) и мрких алги (Phaeophyceae) на подручју Србије“

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,

У Крагујевцу, 09. 05. 2025. године,



потпис аутора

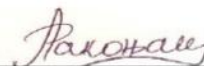
**ИЗЈАВА АУТОРА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ
ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Изјављујем да су штампана и електронска верзија докторске дисертације под насловом:

**„Диверзитет и конзервација црвених алги (Rhodophyta) и мрких алги
(Phaeophyceae) на подручју Србије“**

ИСТОВЕТНЕ.

У Крагујевцу, 09. 05. 2025. године,



потпис аутора

ИЗЈАВА АУТОРА О ИСКОРИШЋАВАЊУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Ја, Александра Б. Ракоњац,

☒

дозвољавам

☐

не дозвољавам

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

„Диверзитет и конзервација црвених алги (Rhodophyta) и мрких алги (Phaeophyceae) на подручју Србије“

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

☐

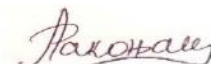
не дозвољавам¹

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, 09. 05. 2025. 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/>