

ИНСТИТУТ ПО БИОРАЗНООБРАЗИЕ И ЕКОСИСТЕМНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

ОТДЕЛ „ВОДНИ ЕКОСИСТЕМИ“

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертация за присъждане на образователна и научна степен „доктор“ на тема

ИЗСЛЕДВАНЕ НА БЕНТОСНИТЕ ДИАТОМЕЙНИ СЪОБЩЕСТВА ВЪВ ВРЕМЕННО ПРЕСЪХВАЩИ РЕКИ НА ЮЖНА БЪЛГАРИЯ И ПРИЛОЖЕНИЕТО ИМ ЗА ОЦЕНКА НА ЕКОЛОГИЧНОТО СЪСТОЯНИЕ



Цветелина Ясенова Ишева

Научен ръководител

проф. д-р Йордан Узунов

Научен консултант

гл. ас. д-р Пламен Иванов

Научна специалност: 01.06.11 „Хидробиология“

София, 2024 г.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита на разширено заседание на отдел „Водни екосистеми“ при Института по биоразнообразие и екосистемни изследвания на БАН, състояло се на 06 февруари 2024 г.

Дисертационният труд съдържа 152 страници текст, 31 фигури, 19 и таблици и 7 приложения. Списъкът с цитирана литература е съставен от 310 заглавия, от които 19 са на кирилица и 291 на латиница.

Защитата ще се състои на 20 юни 2024 г. (четвъртък) от 10.00 ч.
в Заседателната зала на ИБЕИ-БАН, с адрес: ул. Майор Юрий Гагарин № 2.

Научното жури е назначено със Заповед № 26/05.03.2024 г. на Директора на ИБЕИ-БАН и е в състав:

Вътрешни членове:

- 1. доц. д-р Детелина Белкинова (ИБЕИ-БАН) - председател*

Външни членове:

- 2. проф. д-р Йордан Узунов (пенсионер) - научен ръководител*
- 3. проф. д-р Надя Огнянова (ИГ-БАН)*
- 4. проф. д-р Снежана Мончева (ИО-БАН)*
- 5. доц. д-р Ралица Зидарова (ИО-БАН)*

Резервни членове:

- 1. доц. д-р Емилия Варадинова (ИБЕИ-БАН) - вътрешен член*
- 2. доц. д-р Гана Гечева (ПУ) - външен член*

ИНСТИТУТ ПО БИОРАЗНООБРАЗИЕ И ЕКОСИСТЕМНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

ОТДЕЛ „ВОДНИ ЕКОСИСТЕМИ“

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертация за присъждане на образователна и научна степен „доктор“ на тема

**ИЗСЛЕДВАНЕ НА БЕНТОСНИТЕ ДИАТОМЕЙНИ СЪОБЩЕСТВА ВЪВ
ВРЕМЕННО ПРЕСЪХВАЩИ РЕКИ НА ЮЖНА БЪЛГАРИЯ И
ПРИЛОЖЕНИЕТО ИМ ЗА ОЦЕНКА НА ЕКОЛОГИЧНОТО СЪСТОЯНИЕ**

Цветелина Ясенова Ишева

Научен ръководител

проф. д-р Йордан Узунов

Научен консултант

гл. ас. д-р Пламен Иванов

Рецензенти

проф. д-р Надя Огнянова

доц. д-р Ралица Зидарова

Научна специалност: 01.06.11 „Хидробиология“

София, 2024 г.

*“Few objects are more beautiful than the minute siliceous cases of the diatomaceae:
these were created that they might be examined and admired
under the higher powers of the microscope”*

Charles Darwin

On the origin of species by means of natural selection, 1872

1. УВОД

Временно пресъхващите реки се срещат на всички континенти при най-разнообразни климатични условия на средата и представляват значителна част (над 60%) от общия брой, дължина и отток на речните екосистеми в света. Тези местообитания се считат за по-често срещани от т. нар. постоянни реки и в близко бъдеще поради социо-икономически и климатични промени, много автори прогнозираят, че броят им значително ще се увеличи. Реките от типа са включени в *Европейския червен списък на сладководните местообитания* (C2.5a) като силно застрашени и уязвими екосистеми. Основната заплаха за тяхното биоразнообразие се изразява в нарастването на времевата и пространствена липса на хидрологична свързаност по време на периодите на пресъхване, морфологичните изменения в естествения режим на оттока, глобалните климатични промени и не на последно място – замърсяването на водата.

Сладководното биологично разнообразие се счита за едно от най-силно засегнатите от измененията в климата, като степента на въздействие е много по-ясно изразена при реки с пресъхващ характер в сравнение с такива с постоянен воден режим. Притокът на алохтонна органика и еутрофикацията оказват много по-силен натиск върху състоянието на водата при временните реки, тъй като концентрациите на замърсителите се увеличават многократно с понижението на водните нива. Въпреки това, пресъхващите реки поддържат едно високо биоразнообразие, поради това че освен типичните за лотичната среда хидробионти, обитават и такива характерни за лентичната и сухоземна/почвена среда, които са неизменна част от хидродинамиката и пътищата на колонизация и реколонизация на тези екосистеми. Естествените цикли на пресъхване и „омокряне“ служат като еволюционни сигнали за организмите адаптирани за живот в тази хидрологично така повлияна среда, проявявайки специфично и богато

разнообразие от биологични, физиологични, поведенчески, морфологични и екологични приспособления за оцеляване и експлоатация на специфичните водни цикли.

Диаомеите (кремъчни/диатомови водорасли, отдел Bacillariophyta) представляват една от най-успешните и важни в екологично отношение еукариотни фотосинтезиращи групи микроорганизми, широко разпространени във всички водни, влажни и терестриални местообитания. Те са най-голямата група първични продуценти във водните екосистеми. Съгласно РДВ, те са един от основните биологични елементи за качество – „фитобентос“ при оценка на екологичното състояние на сладководните повърхностни води. Високото видово богатство и обилие, космополитния характер на разпространението им и относително късите жизнени цикли, позволяват бързата им реакция към промените на околната среда и антропогенните смущения. Чувствителността им към факторите на среда (условия и ресурси) и произтичащата от това промяна във видовия и количествен състав, ги прави отлични биоиндикатори за оценка на екологичното състояние на водните екосистеми. Независимо от приложимостта на съобществото в хидробиологичния мониторинг, все още има не малко пропуски в знанията за разпространението и екология в различни местообитания, както и за факторите, които влияят върху разнообразието им.

В този контекст, настоящото изследване имаше за цел да опише, дефинира и сравни разнообразието, разпределението и динамиката на диатомейните съобщества от временно пресъхващи реки в България с различна степен на натиск, през два хидрологични периода. Флористичните проучвания в научната работа, направени съвместно с екологично ориентирания изследвания върху микрофитобентосните съобщества, спомагат за по-доброто разбиране на структурата и функциите на тази важна група организми и предоставят данни за биогеографията и аутоекологията на диатомеите от тези местообитания като цяло.

2. ЦЕЛ И ЗАДАЧИ

Основната цел на дисертационния труд е установяване на таксономичното разнообразие, разпространение, доминантна структура, сезонна динамика и екология на диатомейните съобщества от Субсредиземноморски реки с пресъхващ характер, разпространени в Южна България (екорегион 07) и оценка на тяхното екологично състояние.

За обект на изследване са подбрани представителни пунктове, отговарящи на националната типология на речен тип R14 от поречията на реките Струма, Арда, Марица и Тунджа, където типът е естествено разпространен.

За постигане на целта са поставени следните основни задачи:

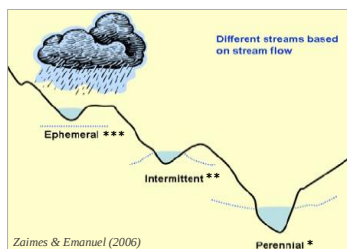
1. Изследване на качествения и количествения състав на епилитните диатомейни съобщества. Определяне на спецификата на тяхната доминантна структура и сезонна динамика и сравнение на установената флора между изследваните поречия и периоди.
2. Изследване на основни физични, химични и хидроморфологични фактори на средата и тяхното влияние върху диатомейните съобщества.
3. Определяне на екологичните спектри, жизнени форми, размерна структура и функционални групи на установените диатомейни таксони и тяхното отношение спрямо хидрологичния режим и екологичното състояние.
4. Разработване и актуализиране на методологията и класификационната система за оценка на екологичното състоянието на изследвания речен тип по биологичния елемент за качество „фитобентос“.
5. Оценка и сравнение на екологичното състояние на изследваните реки чрез приложение на диатомейния индекс IPS.

Основната работна хипотеза е:

Съставът, структурата и екологичните спектри на диатомейните съобщества през различните хидрологични фази ще се различават значително и получените резултати ще потвърдят нуждата от актуализиране на националната класификационна методология и скала за оценка на екологичното състояние по биологичния елемент за качество „фитобентос“.

3. ЛИТЕРАТУРЕН ОБЗОР

В научната литература се използват различни термини при описанието на реки и потоци, за които е характерна периодичната загуба на повърхностен отток. Повечето дефиниции и категории се основават на хидрологията на тези реки, които в най-голяма степен отразяват техния естествен континуум. Въз основа на нея се разделят на три основни групи, според повърхностния отток и свързаността му с нивата на подземните води:



Постоянни реки и потоци* - имат многогодишен отток, но части от тях могат да пресъхнат по време на продължителни и екстремални суши;

Временно пресъхващи реки и потоци** - имат точно определен канал, по който те-

кат, като участъци с различни пространствени размери, най-често пресъхват всяка година по време на горещите периоди. Оттокът на тези реки бива пряко засегнат от валежи, отводняване, от нивата на подземни води или комбинирания ефект от факторите;

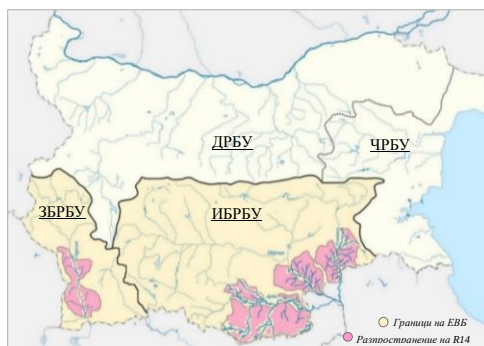
Ефемерни (поройни) реки и потоци***, които най-често нямат ясно дефиниран канал, по правило текат непредвидимо, основно след обилни и продължителни валежи и често причиняват разрушителни наводнения.

До скоро, реките с непостоянен воден режим бяха разглеждани като бедни на видове и биологично слабоактивни системи. Днес, все повече изследвания показват, че това е една погрешна представа. Пресъхващите реки осигуряват местообитания за разнообразна и уникална флора и фауна и функционират като биогеохимични горещи точки, които запазват, преобразуват и прехвърлят въглерод, хранителни вещества и материя. В световен мащаб, изследванията на биотата на пресъхващи реки са все още относително малко, като повечето са фокусирани върху лотичната фаза. Статиите посветени на бентосните диатомейните съобщества от пресъхващи реки са все още малко на брой и на този етап се считат за една слабо проучена група сладководни организми.

През последните няколко десетилетия диатомейните съобщества от реки с постоянен воден режим в България са относително добре проучени, но изследвания на реки с временен характер до неотдавна липсваха. Единствените публикувани разработки посветени на темата, представят резултатите от настоящата работа.

4. ТИПОЛОГИЯ НА ИЗСЛЕДВАНИТЕ РЕКИ

Националната речна типология класифицира реки и потоци със силно променлив воден режим и частично или напълно пресъхващ характер, разположени в югозападната и югоизточната част на България, поречията на Струма, Арда, Марица и Тунджа, в Егейския водосборен басейн (фиг. 1) като



Фигура 1. Граници на Егейски водосборен басейн (ЕВБ). Западно-беломорски (ЗБРБУ), Източно-беломорски (ИБРБУ), Дунавски (ДРБУ) и Черноморски (ЧРБУ) район за басейново управление. Разпространение на речен тип R14.

Субсредиземноморски малки (<100 км²) и средни (<1200 км²) реки с пресъхващ характер – речен тип R14. Те се отличават със силно изразена хетерогенност и вариабилност, както във факторите на средата, така и по отношение на редица хидрологични, морфологични и биологични характеристики. Основен белег на реките от типа са силно изразените сезонни амплитуди в оттока им, с формиране на кратки високи вълни, практически целогодишно, като хидроложкият пик най-често е през есента и зимата.

Средиземноморското климатично влияние, липсата на значими водоносни хоризонти и естествената дренираност на терените са основните фактори за наблюдаваното сезонно частично или напълно пресъхване на тези реки и поройния им характер.

	<u>Състояние на водния отток</u>	<u>Категории на водния отток</u>	<u>Фази на водния отток</u>	<u>Характерен период</u>	
	Обилни водни количества, много силно течение, наводнения. Дрифт на седименти, субстрат и на повечето от биотата.	Течащи	Лотична фаза	ноември-март/април	
	Нормално течение. Всички мезохабитати са активни и свързани.			април/май-юни	
	Оскъдно течение. Образуване на стоящи басейни, свързани с поточета.	Слабо течащи	Стагнатна фаза	юни-юли	
	Липса на повърхностен отток, наличие на изолирани басейни, без повърхностна връзка между тях.	Стоящи Изолирани басейни		август-октомври	
	Липса на повърхностен отток, наличие мокър алувий, позволяващ развитието на активен хипореал.	Мокро корито	Суха фаза		
	Липса на повърхностен отток, напълно сух алувий, липса на активни водни организми.	Сухо корито			

5. МАТЕРИАЛИ

Работата е изготвена въз основа на 89 фитобентосни проби от 49 речни пункта на 37 реки (фиг. 2, табл. 1), събрани през 2012–2015 гт. Теренните изследвания са извършени през период на *нормални водни нива* (лотичен/пролетен) и *ниски водни нива* (лентичен/летен). Температура, pH, кислородно съдържание и електропроводимост бяха измерени *in situ*. Допълнителни количествени и качествени хидроморфологични и биологични наблюдения са регистрирани по време на изследванията на терен (ширина/дълбочина, субстрат, крайречната растителност, наличие и описание на съпътстваща нисша и висша водна растителност и др.



Фигура 2. Карта на изследваните речни пунктове по водосбори: Струма (1–5); Арда (6–22); Марица (23–34) и Тунджа (35–49).

Изследваните реки отразяват широк спектър от флувиални системи, от силикатни до варовити, често със смесена геология, с различни нива на човешки натиск и с голямо разнообразие от хидрологични и морфологични параметри на средата. Повечето от тях са действащи пунктове от *Национална система за мониторинг на водите в България* и са подбрани

така с цел: данните да могат да бъдат използвани при разработването и актуализацията на класификационната система за оценка на реките от изследвания тип и да могат да бъдат използвани при сравнение на изменени-ята в състоянието на тези екосистеми във времето.

Таблица 1. Местоположение и координати на изследваните речни пунктове. Със са по-сочени тези, използвани в процеса на ИК на методите за оценка на екологичното състояние по „фитобентос“.*

П/№	Река	Водосбор	N	E	Местоположение
1	Брежанска *	Струма	41.88000	23.20333	преди с. Брежани
2	Железничка*		41.92260	23.10712	мост, с. Железница
3	Копривен*		42.11358	23.02835	до с. Драгодан
4	Потока		41.96028	23.27722	до с. Полена
5	Сушичка*		41.85606	23.13019	мост, с. Черниче
6	Бююклере		41.61858	25.71908	преди с. Орешари
7	Боровица		41.71283	25.22713	преди вливане в яз. Кърджали
8	Върбица 1*		41.38805	25.12881	след гр. Златоград
9	Върбица 2*		41.35873	25.33935	мост, с. Крилатица
10	Върбица 3*		41.53864	25.39370	преди яз. Студен кладенец
11	Джебелска 1*	Арда	41.49960	25.28665	преди гр. Джебел
12	Джебелска 2*		41.49189	25.32153	след гр. Джебел
13	Нановица		41.57842	25.54611	разклон за с. Гургулица
14	Крумвица*		41.58529	25.66847	мост, с. Моряни
15	Кулджийска		41.64728	25.79353	устие, след с. Бряговец
16	Къзардере		41.64917	25.46403	мост, разклон за с. Звезделина
17	Кюшдере		41.62108	25.35094	след гр. Кърджали, пътя за с. Резбарци
18	Неделинска 1*		41.46868	25.06037	преди гр. Неделино
19	Неделинска 2*		41.44678	25.10032	след гр. Неделино
20	Перперек 1*		41.71315	25.48387	с. Горна крепост
21	Перперек 2*	Марица	41.75432	25.34702	мост, с. Черноочене
22	Перперек 3		41.68941	25.49779	мост, с. Чифлик
23	Бисерска*		41.86383	26.06914	мост за гр. Любимец
24	Соколища*		42.12446	26.14090	мост, с. Владимирово
25	Бяла 1		41.42644	26.15333	м/у с. Сив Кладенец и с. Одринци
26	Бяла 2		41.37989	26.02975	при с. Меден бук
27	Йерусалимсовска		41.87461	26.08953	под с. Йерусалимово
28	Каламица		41.72033	26.32953	до КПП К. Андреево
29	Канаклийска 1		41.85206	26.20453	над с. Пъстрогор
30	Канаклийска 2		41.75633	26.21697	след гр. Свиленград
31	Левченска 1	Тунджа	41.78997	26.24817	западно от с. Димитровче
32	Левченска 2		41.73367	26.26797	с. Генералово, мост към К. Андреево
33	Луда		41.40408	26.16128	с. Сив Кладенец
34	Ченгенедере		41.84367	26.30547	м/у с. Мустрак и с. Райкова могила
35	Араплийска		42.11775	26.61207	преди с. Чернозем
36	Ахлатлийска		42.06256	26.95081	м/у с. Воден и с. Странджа
37	Боадере		42.29247	26.60920	устие, мост шосе Ямбол-Елхово
38	Боялъшка		42.27250	26.82111	между с. Ст. Караджово и с. Поляна
39	Дереорман		42.23475	26.59512	устие, след разклона за с. Бояново
40	Дряновска		42.26327	26.51185	между с. Маломир и с. Дряново
41	Карабашка	Тунджа	41.85344	26.46269	мост, с. Сладун
42	Манастирска 1*		42.03195	26.42015	мина Мрамор
43	Манастирска 2		42.02429	26.45091	устие, мост с. Устрем
44	Поповска 1		42.05803	26.89989	м/у с. Воден и с. Крайново
45	Поповска 2*		42.15013	26.80463	мост гр. Болярово
46	Поповска 3*		42.13353	26.54258	устие
47	Фишера		41.86867	26.49550	м/у с. Сладун и с. Варник
48	Явуздере		42.15236	26.39092	с. Чукарово
49	Мелнишка*		42.05175	26.56920	преди устие, с. Гранитово - с. Мелница

6. МЕТОДИ

Всички методи в проведените изследвания: събиране на биологичен материал, лабораторна обработка, таксономична идентификация, преброяване и интерпретация на фитобентосните проби са извършени съгласно EN БДС 13946:2014 “Стандарт за идентификация, преброяване и интерпретация на проби на бентосни диатомеи от реки и езера” и 14407:2014 „Стандарт за рутинно събиране и предварителна обработка на бентосни диатомеи от реки и езера“. Микроскопският анализ включва определяне на качествен (видов) и количествен състав (относителна численост/таксон; преброяване 400 валви $\pm$ 10/проба) на представените диатомеи. Допълнително са изследвани жизнени форми, размерна структура, функционални групи и екологични спектри на диатомейните съобщества. Екологичното състояние е оценено чрез приложението на диатомейния индекс IPS (*Indice de polluo-sensibilité*) и екологичния коефициент за качество EQR.

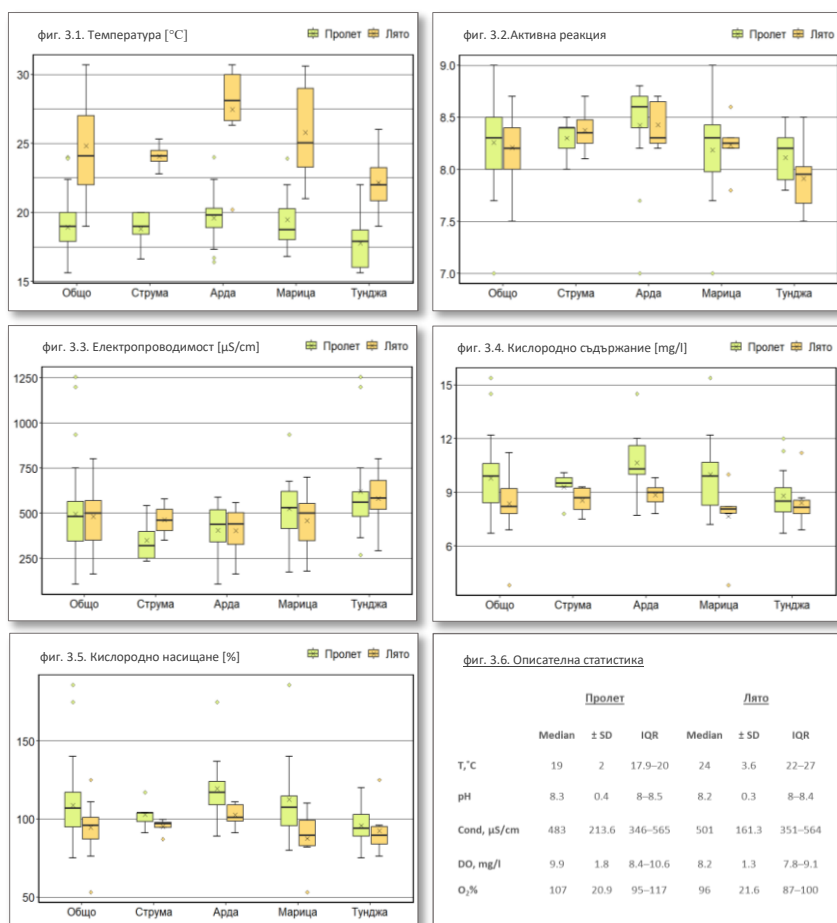
Статистическата обработка и анализ на данните са направени с помощта на MO Excel© и Data Analysis Tool©, Primer 6©, Statistica©, Past© и специализираната програма за диатомейни индекси Omnidia©. Приложени са: 1) коефициент на линейна корелация на Pearson (r); 2) непараметрични корелации на Spearman; 3) линейна регресия на IPS с променливите на натиск и 4) непараметричен U-тест на Mann-Whitney за сравнение на хипотезата за наличие или липса на статистически значими разлики между хидрологичните периоди и поречия с изследваните променливи и използваните индекси. Структурата на диатомейните съобщества е анализирана с индексите за *видово богатство* (S'); *видово разнообразие* – Shannon-Weaver H'), *изравненост* – Pielou E'

За целите на присъединяване на българския фитобентосен метод към европейските в Средиземноморската интеркалибрационна група е изчислен: *Индексът за натиск* и *Общата интеркалибрационна метрика ICM* ($=EQR-IPS+EQR-TI$)/2), която включва два индекса: IPS и трофичен индекс на Rott (TI).

7. РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

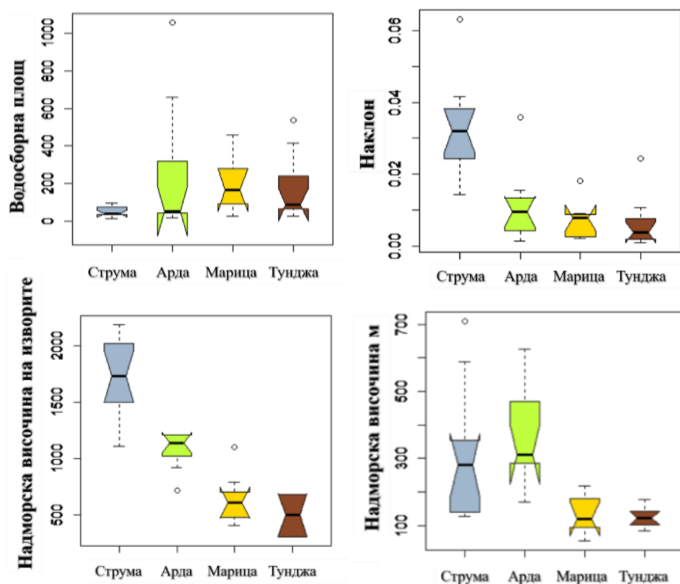
7.1. Изследвани параметри на средата

По време на пролетния хидрологичен период, основните физични и химични условия на средата са в относително нормални граници за естествените реки от типа (фиг. 3: 1–6), но с намаляване на водните количества, загубата на течение и формирането на изолирани стоящи басейни, условията се влошават, особено при засушаване за по-дълъг период от време.



Фигура 3: 1–6. Основни физични и химични променливи между изследваните хидрологични периоди и поречия.

Процесът на верификация на типологията потвърди, че реките от националния речен тип R14 принадлежат към „общите европейски типове“ R–M1 и R–M2 (*River-Mediterranean*) от Средиземноморската географска интеркалибрационна група. Режимът на речния отток (силно вариращ), размерът (малки <100 км² и средни <1000 км²) и геологията (смесена) са възприети като водещи фактори при тяхното сравнение с реките от R14.



Фигура 4. Сравнение на основни хидроморфологични показатели между реките от изследваните поречия.

С най-голяма дължина и водосборна площ се отличават притоците на Арда, следвани от тези на Тунджа и Марица и на последно място Струма. Въз основа на изследваните основни (фиг. 4) и допълнителни хидроморфологични и биологични показатели, типът е подразделен на два подтипа:

	R14a	R14b
Максимална нмв на водосбора	Ниска (300–800 м нмв)	Висока (до 2000 м нмв)
Наклон	Нисък (<0.1‰, <0.5‰)	Среден – висок (>0.5‰, <1.0‰)
Скорост на оттока	Ниска – средна	Средна – висока
Преобладаващ субстрат	Мек (тиня/пясък)	Твърд (чакъл/камъни)
Водосбор	Тунджа + Марица	Струма + Арда

Подтип R14a обединява реките от поречията на Марица и Тунджа, при които средната нмв на изворите, пунктовете и наклонът са относително ниски, скоростта на течението е умерено до бавно, а доминиращият дънен субстрат е с преобладаване на меките и фини фракции. В тях общото разнообразие хабитата е оценено като високо, поради многообразието от установените микро- и мезоестообитания и условия на средата;



добре развитите съобщества от нисша и висша водна, полупотопена и крайречна растителност. През летния период са установени по-големи, дълбоки и близко разположени едни до други, стоящи басейни, често свързани със слаб повърхностен отток.

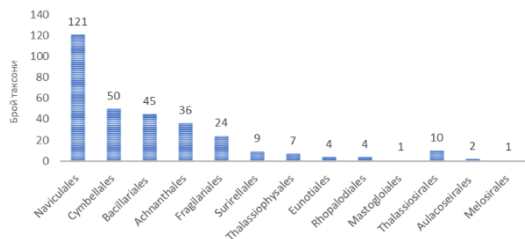
Подтип R14b включва притоците на Арда и Струма, при които средната нмв на изворите е в полупланинската и планинската зона. Наклонът е относително голям, скоростта на течението е умерено до бързо, а доминиращият дънен субстрат са камъни и чакъл. В тях не е установена (или оскъдна) нисша и



висша водна растителност. В повечето случаи, характера на локалните местообитания е еднообразен, а крайречната и полупотопена висша водна растителност са мозаечно представени. Поради тези причини общото разнообразие на хабитатите на тези реки е оценено като относително по-бедно, в сравнение с тип R14a. Също така, през летния период са установени по-малки по площ и дълбочина и по-отдалечени едни от други стоящи басейни (локви).

7.2. Таксономичен състав, доминантна структура и сезонна динамика

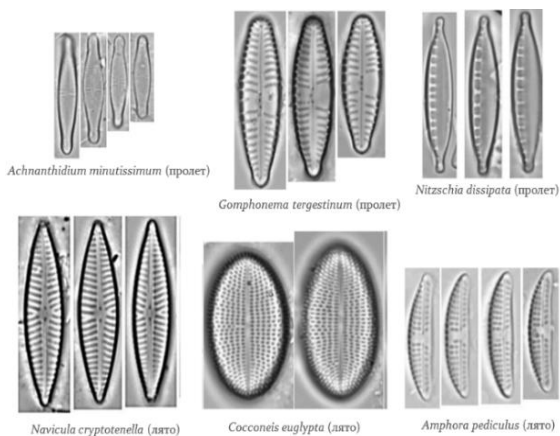
Установени са 287 вида, разновидности и форми от 71 рода и 13 раз-
реда (фиг. 5); четиринадесет са новите за алгофлората на България, а един



Фигура 5. Разпределение на броя установени таксони по разреда.

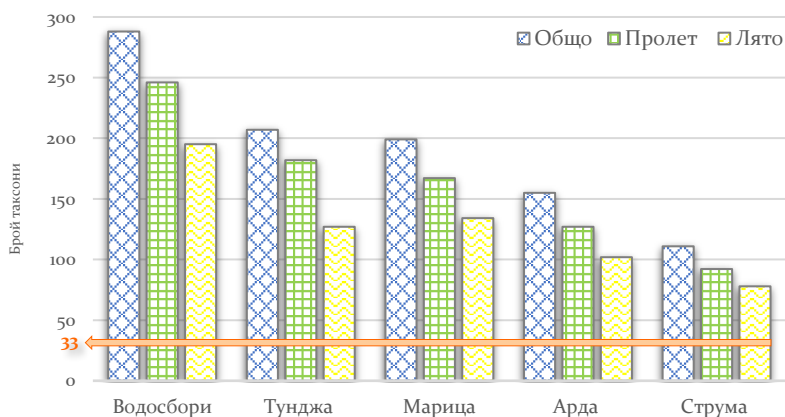
вид е нов за Европа; регистрирани с относителна численост под 1% са 138 таксона (49% от всички); с вероятна видова принадлежност – 9, а 17 с неустановена.

Шевните пенатни диатомеи (клас Bacillariophyceae) са 86.2% от всички; с най-богати на таксони родове – *Navicula* (42), *Nitzschia* (35), *Gomphonema* (23) и *Achnanthidium* (16). Безшевните пенатни (подклас Fragilariophycidae) са 8.8%, с *Fragilaria* s.l (10) и *Diatoma* (4). Центричните диатомеи (клас Coscinodiscophyceae) са най-слабо представени, около 5%.



Диатомеите устано-
вени само за пролетния
период са типични пред-
ставители на литорео-
филната ценоза, а през
летния – характерни за
стоящи води, влажни,
почвени и пресъхващи
местообитания, такива с
високо съдържание на
електролити или слабо
бракични.

През периода на нормални водни нива са идентифицирани 87% от всички, а през периода на ниски – 69%. Във всички изследвани поречия по време на двата хидрологични периода присъстват 33 таксона (11.7%). Изследваните реки от поречието на Тунджа са с най-високо видово многообразие, следвани от тези от басейна на Марица и Арда, а с най-ниско са струмските притоци (фиг. 6).

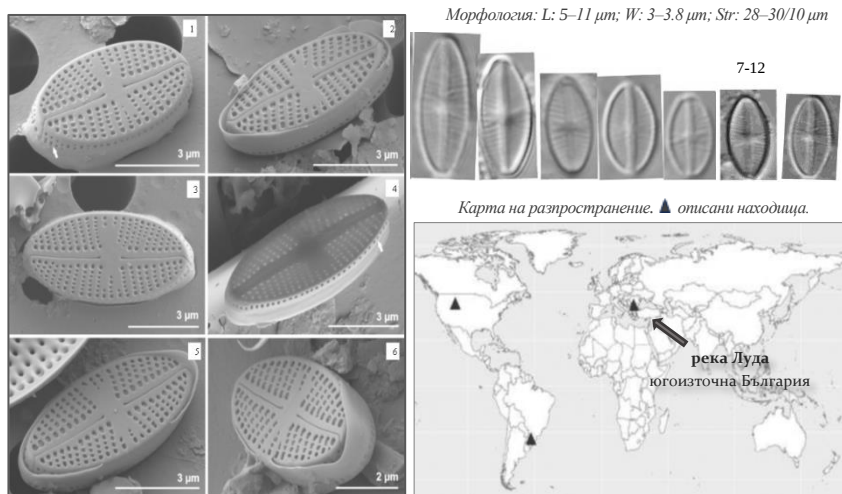


Фигура 6. Брой установени таксони по поречия за пролетния и летния хидрологичен период.

7.3. Разпространение и екология на диатомейните съобщества

По отношение на ареалът на видовете, около 80% от представените таксони са с космополитно разпространение. Останалите се срещат в относително ограничен географски мащаб, като някои от тях до този момент имат само няколко известни находища в света. Около 10% от всички установени таксони фигурират в *Червения списък на диатомеите от Централна Европа* и *Червения списък на микроводораслите в България*. Наред с новите за българската алгофлора диатомеи, един вид *Sellaphora madida* (Kociolek) Wetzel (фиг. 7) е нов за европейската.

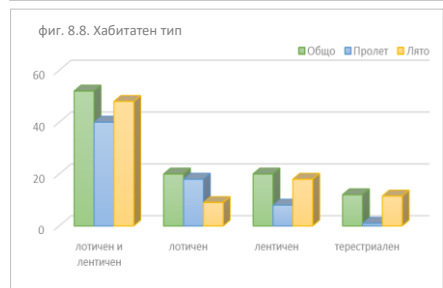
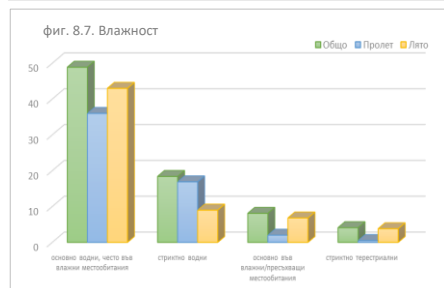
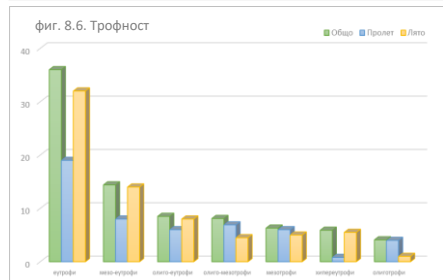
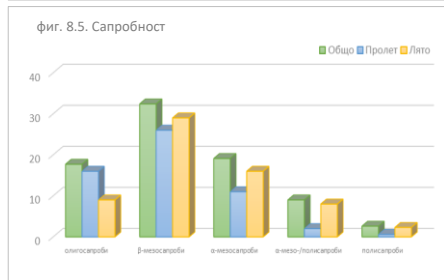
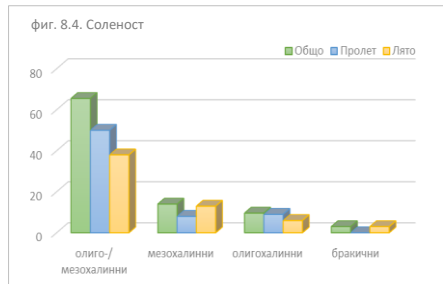
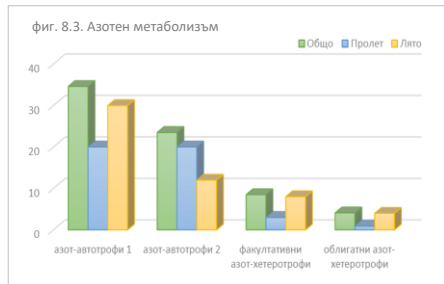
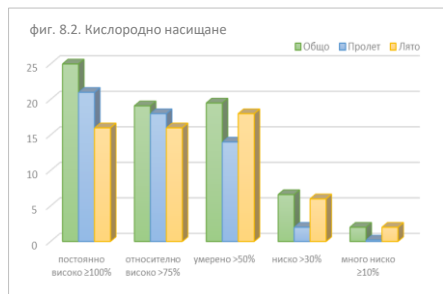
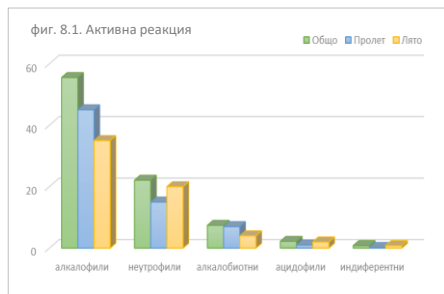
Първоначално, *S. madida* е описана от ез. Спарс в Орегон, САЩ, последствие е открита в язовир от басейна на р. Рио Пардо в Южна Бразилия. За пръв е регистрирана в Европа през 2015 г. в р. Луда (ПЗ3), по време на маловодния хидрологичен период. Новото находище, с описания на морфологията и екологията ѝ са публикувани през 2017 г. (Marquardt et al.).



Фигура 7. Микрофотографии на сканиращ електронен (1–6) и светлинен микроскоп (7–12) на българската популация на *S. madida*.

Видовото богатство на изследваните субсредиземноморски реки се характеризира с относително висока степен на видово богатство, с редица рядко срещани, нови и интересни, малко познати представители.

Въз основа на аутоекологията на установените диатомеи е направен профил на таксоните, които са най-добре представени и адаптирани към условията на средата в пресъхващите реки. Изследваните екологични спектри дефинират оптимума и толеранс на развитието на видовете по отношение на показатели, графично илюстрирани във Фигури 8: 1-8.



Фигура 8: 1-8. Процентно разпределение на относителната численост на установените диатомеи според изискванията и индикаторните им стойности към изследваните екологични показатели.

Резултатите от направените анализи показват, че с прекъсването на повърхностния поток намалява разнообразието на диатомеите типични за лотичната среда, но същевременно се увеличава това за лентичната и сухоземната и се изменя разпределението на относителната численост според екологичните изисквания на видовете, характерни за различните хидрологични периоди. През маловодния период се наблюдава повишение на аерофилните и факултативно аерофилни представители, както и на тези типични за временно пресъхващи местообитания. По време на него са регистрирани и по-високи стойности на индексите за разнообразие и изравненост в сравнение с лотичния (табл. 2).

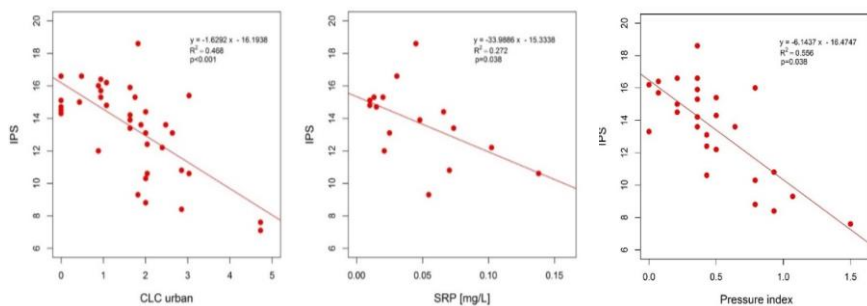
<u>Пролет</u>				<u>Лято</u>		
	Median	± SD	IQR	Median	± SD	IQR
S	40	12.2	32–47	42	13.6	37–56
H'	3.45	0.8	3–3.9	4.1	0.6	3.5–4.3
E'	0.66	0.12	0.6–0.7	0.7	0.1	0.7–0.8

Таблица 2. Медиана, стандартно отклонение ($\pm SD$) и интерквартилен диапазон (IQR) на индексите за видово богатство (S), разнообразие (H') и изравненост (E') за хидрологичните периода.

Субсредиземноморските реки поддържат едно относително високо богатство от специализирани таксони, което показва добрата им адаптация към терестриални хабитати и високата им способност за оцеляване и устойчивост при неблагоприятни условия на средата. Те от своя страна, благоприятстват възстановяването и реколонизация на микрофитобентосните съобщества в тези хидрологично повлияни местообитания.

7.4. Разработка на класификационна система за оценка на състоянието

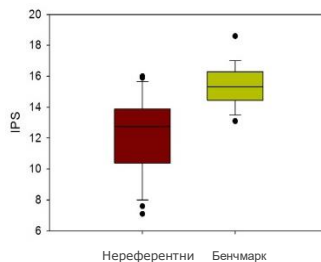
Диатомейният индекс IPS доказва, че реагира добре на променливите *Урбанизация* (CLC urban); *Ортофосфати* (SRP) и общата хидроморфологична деградация, оценена чрез *Индекса за натиск* и в голяма степен отразява наличните антропогенни въздействия и натиск. Най-високата стойност на R^2 обясни най-голямата част от отклонението на IPS и е представена от комбинацията на тези три типа натиск (фиг. 9).



Фигура 9. Най-силни връзки натиск-въздействие за R14, получени между индекса IPS и урбанизацията (CLC urban); ортофосфатите (SRP) и Индекса за натиск (Pressure index).

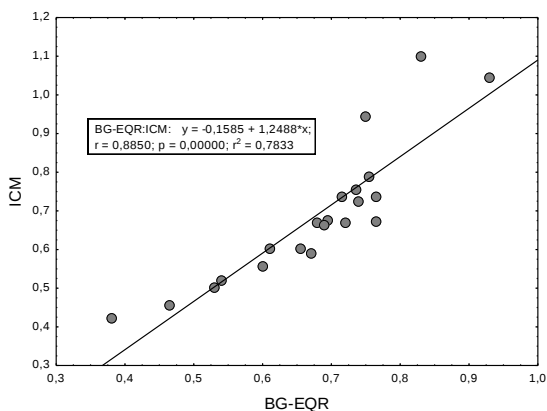
Специфичните референтни и „близко до референтни“ или още *бенчмарк* условия са установени въз основа на хидрологични, хидрохимични и биологични критерии, описани в РДВ (CIS №10).

Стойността на индекса IPS ($=14.5$) е потвърдена и определена като индикативна за "минимално повлияни" условия на средата (фиг. 10). Дефинирането на границите на петте екологично състояние е следното: *отлично/добро* е получена от изменението на стойностите на IPS за пунктовете, които отговарят на *бенчмарк* условията;



Фигура 10. Сравнение на стойностите на IPS между „бенчмарк“ и нереферентните реки.

оставащият континуум на деградация е разделен на четири еднакви по големина класове. Стойностите за EQR са получени от граничните за класове IPS, чрез разделянето им на референтната му стойност (=20). Според изискванията за присъединяване на националния фитобентосен метод за R14 за оценка на екологичното състояние към европейските в Средиземноморската географска група, той трябва да се сравни с европейските реки от тип R-M1 и R-M2, към които е приравнен. За тази цел е изчислена т.нар. *обща интеркалибрационна метрика* (ICM), която установи линейната регресия между стойностите на EQR (R14) и ICM, което от своя страна позволи националните граници на класовете екологично състояние да бъдат пренесени към нея (фиг. 11). След което, е направена задължителна проверка на резултатите, чрез изчисление на отклонението на границите на BG-EQR (R14) за класовете екологично състояние с ICM и дали те са в приемливата степен на съгласуваност. Единствено границата *добро/умерено* състояние



Фигура 11. Точкова графика на регресията между EQR от набора от данни за R14 (BG-EQR) към европейската метрика ICM. OLS уравнение и корелационен коефициент на Пийърсън.

е приведена в съответствие чрез корекция на BG-EQR, съответно и на индекса IPS. По този начин, националният метод за оценка на реките от тип R14 отговори напълно на критериите за съпоставимост и е в съответствие с вече интеркалибрираните методи в средиземноморската група за биологичния елемент за качество „фитобентос“.

Таблица 3 представя новоразработената и актуализирана типово-специфична скала за оценка на екологичното състояние на речен тип R14.

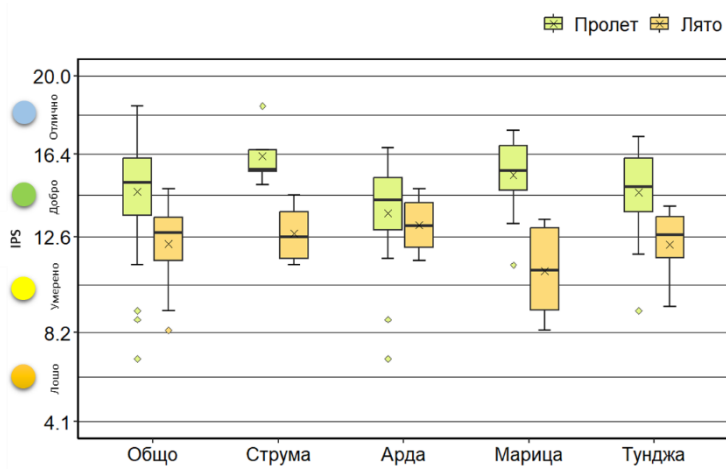
Таблица 3. Актуализирана типово-специфична скала за оценка на екологично състояние по БЕК „фитобентос“ на речен тип R14, базирана на индекса IPS и коефициента EQR.

Екологично състояние	IPS	EQR
Отлично	IPS >16.4	EQR > 0.82
Добро	12.6 < IPS ≤16.4	0.63 < EQR ≤0.82
Умерено	8.2 < IPS ≤12.6	0.41 < EQR ≤ 0.63
Лошо	4.1 < IPS ≤8.2	0.21 < EQR ≤0.41
Много лошо	IPS ≤4.1	EQR ≤0.21

Класификационната система е разработена през втория интеркалибрационен кръг на *географските групи* за присъединяване на нови или актуализирани национални методи за оценка на екологичното състояние към европейските такива. Публикувана е на платформата на Европейската комисия и обнародвана в националното, както и в европейското законодателство. Речният тип R14 е един от първите интеркалибрирани по БЕК „фитобентос“ в България.

7.5. Оценка на екологичното състояние на изследваните реки

През пролетния период, IPS варира от 18.6 (*отлично*) до 7.1 (*лошо*): IPSmedian ±SD= 15.1±2.3, IQR= 13.6–16.2 и е с по-високи стойности през пролетта и по-ниски през лятото в едни и същи пунктове (фиг. 12). U-тестът показва статистически значима разлика ($p < 0.001$) между двата изследвани хидрологични периода. Най-силно изразен спад се наблюдаваше при реките от поречието на Марица, следвани от тези от Струма и Тунджа, а най-слабо изразен при Арда. Наред с намаляващите стойностите на индекса, повече от половината (54%) пунктове промениха класа си екологично състояние в по-нисък такъв. Промените в стойностите на индекса и екологичното състояние през двата изследвани периода отчитат естественото изменение на условията на средата, вследствие на постепенното намаляване на водните количества и скоростта на оттока.



Фигура 12. Разпределение на стойностите на IPS и екологичното състояние общо и по поречия за пролетния и летния хидрологичен период.

Тези резултати отбелязват и необходимостта от дефиниране на подходящ период за събиране на биологични и екологични данни за речния тип, с цел достоверност и сравнимост на получената информация, както и за постигане на екологичните цели на РДВ. Въпреки че, по време на летния хидрологичен период се регистрират влошени условия в състоянието, считаме, че пробите от изолирани, стоящи басейни не са представителни при оценката на екологичното състояние по изследвания елемент за качество.

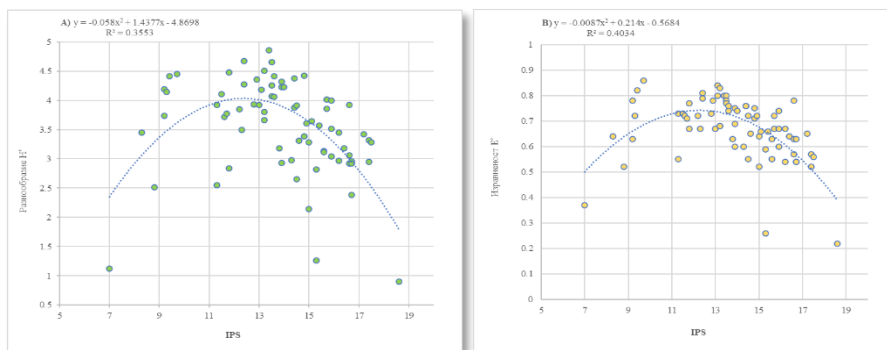
Разработени са условия за представителност на фитобентосните проби от Субсредиземноморски реки, които са възприети в националната методологията за оценка на екологичното състояние. Най-важното и основно условие е, че биомониторингът на реки от тип R14 по елемента за качество, следва да бъде провеждан по време на един и същи хидрологичен период всяка година, през пролетта, при нормални водни нива.

Индексите за видово разнообразие H' и изравненост E' на съобществата са по-високи през летния в сравнение с пролетния период. Направена е регресия на средните им стойности с интензитета на натиск, възприет

като промяна на метриката IPS. С нейното увеличение, натискът намалява и обратно с понижението ѝ се усилва. Най-високото видово разнообразие и изравненост на диатомейните съобщества са регистрирани в средната част на размаха на IPS, в обхвата между 9 и 15. Извън него се наблюдава спад в H' и E' (табл. 4, фиг. 13), т.е. най-ниските и най-високите стойности на IPS отчитат значима корелация с установените ниски стойности на индексите за разнообразие и изравненост. Въз основа на което можем да обобщим, че биоразнообразието е най-високо при междинните нива на продуктивност на екосистемите и намалява при ниска такава поради недостиг на ресурси, но също така и при висока, където е възможно други фактори да имат лимитиращо действие (напр. конкурентни отношения).

Таблица 4. Средни стойности на индексите за видово разнообразие H' и изравненост E' в различни части от размаха на IPS.

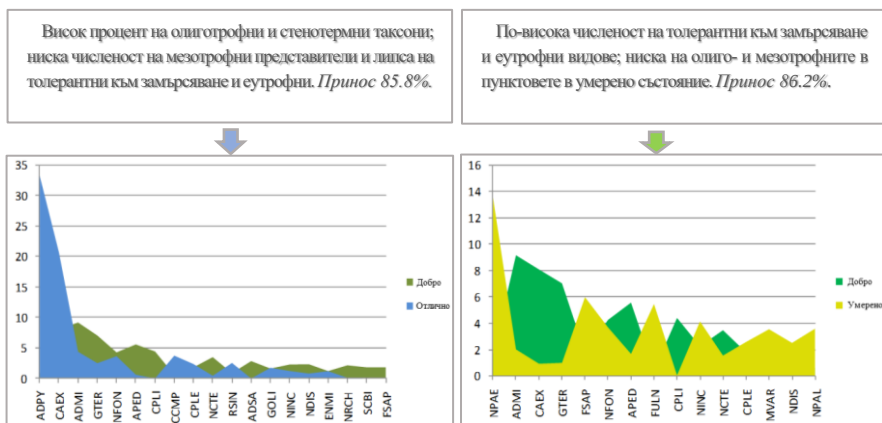
IPS	7–9	9–11	11–13	13–15	15–17	17–19
H'	2.4	4.2	3.8	3.9	3.1	2.8
E'	0.5	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5



Фигура 13. Графики на регресията между индексите IPS и H' (A) и E' (B).

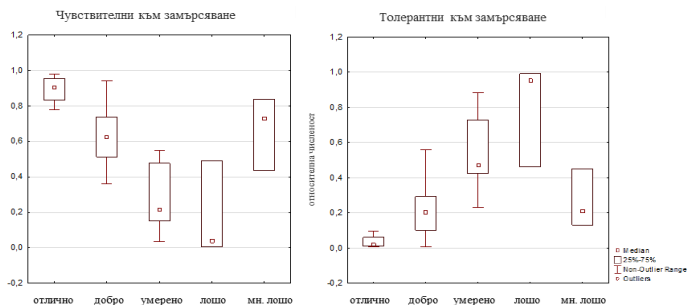
7.6. Диатомейни съобщества при *отлично, добро* и *умерено* състояние

Динамиката на диатомейните съобщества, индикативни за различно екологично състояние е изследвана чрез SIMPER-анализ (сходство на Bray-Curtis) за определяне на таксоните, които имат най-голям кумулативен принос към средното различие между пунктовете, които попадат в *отлично/добро* и *добро/умерено* състояние (фиг. 14).



Фигура 14. Диаграми на разпределението на средните числености на диатомеите (в %), които допринасят за различията между *отлично/добро* и *добро/умерено* екологично състояние.

Допълнително структурата на диатомейните съобщества, които попадат в различен екологичен клас е оценена чрез сравнение на вариацията на съотношението между чувствителните и устойчивите към замърсяване таксони (фиг. 15).

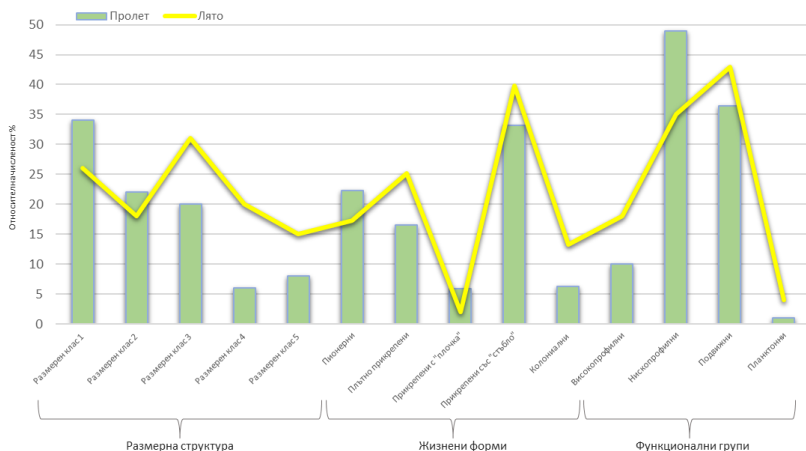


Фигура 15. Чувствителни и толерантни към замърсяване таксони за пунктовете в различно екологично състояние.

7.7. Жизнени форми, размерна структура и екологични групи диатомеи

Ефектите от замърсяването и промените във водния режим предизвикват отговори в състава и структурата на фитобентосните сообщества, но липсват системни изследвания, по отношение на физиологичните, морфологични и поведенчески характеристики на диатомеите, които им позволяват устойчивост към стреса от пресъхване. Освен с помощта на различни индекси, диатомейните сообщества са анализирани и оценени според няколко допълнителни биологични характеристики: размерна структура, жизнени форми и екологични/функционални групи (гилдии).

Тестваните разлики показват и потвърждават тенденциите в разпределението на видовете според хидрологичния режим (фиг. 16) и нивата на замърсяване (фиг. 17). За част от изследваните биологични показатели не са установени значими различия в численостите им през хидрологичните периоди, което предполага че в реките от типа действат фактори на филтриране на състава на сообществата, избирайки таксони с тези очевидни постоянни черти (унаследени или пробити), които са най-устойчиви към комбинацията от специфичните условия на средата.



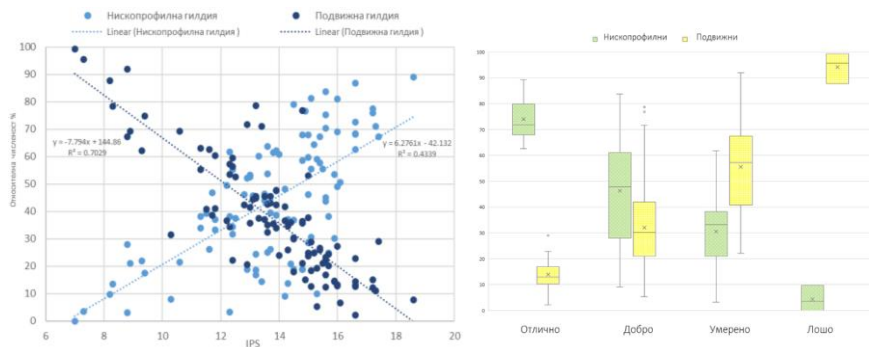
Фигура 16. Сравнение на числеността (%) на диатомейните таксони между пролетен и летен хидрологичен период според изследваните биологичните черти.

Статистически значими коефициенти на корелация, установени между изследваните биологични черти са представени в Таблица 5. През двата хидрологични периода, нископрофилната и подвижната функционална група

са най-добре застъпени в диатомейните съобщества. Най-висока корелация е установена именно между техните относителни количества и индексите IPS и PT% (табл. 5). Също така, те показаха и най-голяма способност за разграничаване между класовете екологично състояние.

Таблица 5. Коефициенти на корелация ($p < 0.001$) на размерните класове, жизнените форми и екологичните групи с индексите IPS и PT%. РК (размерен клас); НПГ (нископрофилна); ВПГ (високопрофилна); ПГ (подвижна гилдия) и П (пионерни).

	IPS	%PT	РК1	РК2	РК3	РК4	РК5	НПГ
IPS	1							
%PT	-0.68	1						
РК2	-0.03	0.19	-0.43	1				
РК3	0.11	-0.08	-0.49	-0.14	1			
РК5	-0.02	-0.14	-0.24	-0.17	-0.12	-0.18	1	
ВПГ	0.24	-0.24	-0.40	-0.02	0.12	0.51	0.03	
НПГ	0.66	-0.57	0.24	-0.09	0.01	-0.23	-0.08	1
ПГ	-0.84	0.77	0.06	0.11	-0.10	-0.16	0.05	-0.72
п	0.39	-0.44	0.70	-0.40	-0.29	-0.20	-0.16	0.64



Фигура 31. Линейна регресия между относителната численост на нископрофилната и подвижната екологична група според IPS и разпределението ѝ спрямо екологичното състояние.

8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ИЗВОДИ

Настоящата работа представя първото изследване на бентосната диатомейна флора в реки от националния тип R14 (Субсредиземноморски малки и средни временно пресъхващи реки) от четири поречия в ЕВБ, еcoreгион 07. Въз основа на предварителните теренни проучвания и анализи са подбрани 49 представителни мониторингови пунктове, които в най-голяма степен обхващат естественото географско разпространение и хетерогенността на изследвания речен тип; разнообразието на различните фактори на средата и степента на антропогенен натиск. Изследвани са основни физични и химични променливи и са регистрирани редица хидроморфологични и биологични наблюдения. Качественият и количествен състав, доминантната структура, сезонната динамика, биологичните черти и екологичните спектри на установените фито-бентосни съобщества и екологичното състояние на реките са определени, анализирани и сравнени между изследваните поречия и хидрологични периоди. Типологията, методологията за събиране на диатомейни проби и класификационната система за оценка на екологичното състояние въз основа на „фито-бентос“ са разработени, актуализирани и интеркалибрирани, понастоящем приети в националното и европейското законодателство.

Получените резултати от изследването, потвърждават работната ни хипотеза, че диатомейните съобщества се различават значимо през различните фази на воден отток и са съставени от индикаторни видове характеризиращи и от диференциращи отделните класове екологично състояние. Установените типово-специфични, *близко до референтни условия* и гранични стойности на индексите IPS и EQR в новоразработената система за оценка на състоянието по БЕК „фито-бентос“, вече отговарят на общоевропейските за реки с пресъхващ характер и отразяват в най-голяма степен естествените промени в условията и факторите на средата, както и комбинацията от на различни типове натиск (хидрохимичен, хидроморфологичен и земеползване).

В резултат могат да бъдат направени следните изводи:

1. Диатомейната флора на изследваните субсредиземноморски реки показва висока степен на видово богатство, представена от 287 вида, разновидности и форми от 71 рода и 13 разряда, съставена преимуществено от класа на шевните, пенатни кремъчни водорасли (Bacillariophyceae).
2. Най-богати на видове и с най-голяма численост са подвижните родове *Navicula*, *Nitzschia* и прикрепените *Gomphonema* и *Achnanthydium*, което е показател за функционалността и по-добрата адаптивност и устойчивост на тези групи диатомеи към силно изразени промени и непостоянство в условията на средата.
3. Бентосните диатомейни съобщества се характеризират с по-високо видово богатство през пролетния хидрологичен период в сравнение с летния. Относително малкият брой регистрирани таксони, които се срещат във всички изследвани поречия и в двата периода на провеждане на изследванията, показва ясната привързаност на много голяма част от тях към скоростта на водния отток и специфичните условия на средата в реките от типа.
4. Високото видово богатство и разнообразие на притоците на Марица и Тунджа и по-ниско на тези от Арда и Струма е пряко следствие от разнообразието и разликите в изследваните хидроморфологични и биологични характеристики между пресъхващите реки от различните поречия.
5. Сезонната динамика във видовия състав се изразява в по-високата срещаемост и численост на реофилни, олиго- до мезотрофни и стенотермни видове типични за лотичната среда, както и индикатори за *отлично/добро* екологично състояние през пролетта, докато летният хидрологичен период се характеризира с по-високо разнообразие на мезо- до еутрофни представители и такива типични за лентични, почвени и аерофилни местообитания.

6. Установените екологични изисквания на видовете към хидрологичния режим и типа местообитание: диатомеи, които се срещат само в периодите на нормални водни нива, е показателно за приспособеността им и нуждата от постоянно наличие на водно течение и постоянно високи нива на кислородно съдържание; и такива установени само за периодите на ниски водни нива (слабо/липса течение, изолирани басейни), което отразява свързаността им с лентични, почвени и пресъхващи местообитания, с характерните за тях специфични условия на средата.
7. Въз основа на оптимума и толеранс на развитие на видовете към различни средообразуващи показатели и хидрологични фази, е направен екологичен профил на съобществата, който показва най-добре представените и адаптирани към условията на средата групи диатомеи, в изследваните реки и поречия.
8. Относително високият процент на устойчивите към засушаване, почвените и типично аерофилните представители, показва високата екологична стойност на реките от българския субсредиземноморски тип и добрия им потенциал за реколонизация на микрофитобентосните съобщества.
9. През пролетния хидрологичен период, екологичното състояние на изследваните реки е по-добро, в сравнение с летния, което е отражение на по-благоприятните и оптимални условия на средата по време на лотичната фаза. Постепенната промяна в оттока при прехода към лентична среда и породените от това естествени изменения в тях са отчетени с по-ниски стойности на индекса IPS и респективно на екологичното състояние. Въз основа на това е установен най-подходящият период за провеждане на рутинни теренни изследвания и събиране на фитобентосни проби от речен тип R14, който е през пролетта (април-юни), по време на нормални водни нива и при наличие на воден отток.
10. Най-голям принос към разликите между пунктовете в *отлично* и *добро* екологично състояние имат индикаторните видове *Achnanthyidium pyrenaicum*, *Cymbella excisa*, *Achnanthyidium minutissimum*, *Gomphonema*

tergestinum и др., а към тези в *добро* и *умерено* състояние: *Nitzschia paleacea*, *Fragilaria ulna*, *Melosira varians*, *Fistulifera saprophila* и др.

11. Стойностите на индексите за видово разнообразие и изравненост се различават значимо през хидрологичните периоди. Те са по-високи през лятото в сравнение с пролетта, регистрирани в средната част на размаха на индекса IPS, който отразява умерени нива на натиск.
12. Размерната структура на диатомейните съобщества показва пряка връзка с хидрологичния режим, със съществени различия между лотичния и лентичния период. Най-малките размерни класове са най-добре представени през пролетта, а през лятото средните и големи, като съотношенията им пропорционално се изменят в зависимост от водните количества и наличието на повърхностен отток.
13. Жизнените форми показват тенденция в запазването на относителните си количества през изследваните хидрологични фази, което предполага че тези физиологични и морфологични черти на видовете са най-устойчиви към комбинацията от специфичните условия на средата в пресъхващите реки.
14. Диатомейните съобщества в биофилмите на изследваните реки са съставени основно от представителите на нископрофилната и мотилната функционална група. Това предполага, че плътното прикрепяне и подвижността им осигурява преимущество пред високопрофилните в това, че могат да устояват и толерират температурен и воден стрес, силна осветеност, засушаване/пресъхване и условия на средата често под оптималните за развитие на видовете.
15. Нископрофилната и подвижната функционална група показват значима способност за разграничаване между класовете екологично състояние (респективно силата и посоката на натиск), което доказва, че по-голямата част от диатомеите с нисък профил са индикативни за реки бедни на биогени, намиращи се в *отлично* и *добро* състояние, а повечето подвижни за реки с повишени нива на биогени, и в по-ниско екологично състояние.

Справка за приносите на дисертационния труд

Приноси с флористичен характер:

1. За пръв път са изследвани бентосните диатомейни съобщества от субсредиземноморски малки и средни пресъхващи реки в Южна България по време на два хидрологични периода. Резултатите от изследването обогатяват знанията за българската и регионалната алгофлора, за разпространението и екологията на видовете, изграждащи съобществата в тези изключително интересни, разнообразни, специфични и силно застрашени местообитания.

2. Четиринадесет са новите диатомеи за България и един е нов за Европа, последният познат още само с две находища в света. Установени са редица застрашени и рядко срещани видове. Направени са детайлни описания на морфологията, аутоекологията и разпространението на част от тях и са документирани със снимки на светлинен и сканиращ електронен микроскоп.

Приноси с научно-приложен характер:

3. Националният речен тип R14 е приведен в съответствие и интеркалибриран с Европейските типове R-M1 и R-M2 от СГИГ. Класификационната система, методология за оценка на екологичното състояние и най-релевантния период за събиране на проби за БЕК „фитобентос“ са разработени и актуализирани, понастоящем приети и обнародвани в НАРЕДБА № Н-4/2013 (посл. изм. и доп. ДВ бр. 85 от 02.10.2020 г. и бр. 67 от 04.08.2023 г.), както и в европейското законодателство.

4. За пръв път е оценено екологичното състояние на реките от изследвания тип и е направено сравнение на състоянието им по време на два хидрологични периода.

Приноси с потвърдителен характер:

5. Физиологичните, морфологични и екологични черти на диатомейните съобщества са отлични показатели, отразяващи вариабилността и хетерогенността в условия на средата и могат успешно да бъдат прилагани при първични изследвания на разнообразни местообитания (водни, влажни, терестриални) в различни биогеографски региони на света, особено слабо проучени такива, както и при изготвянето на индикативна оценка на екологичното им състояние.

Публикации на научните резултати и цитирания:

Isheva T. & Ivanov P. 2016. Epilithic diatom flora from sub-Mediterranean intermittent rivers in Bulgaria during two hydrological periods. *Botanica Serbica* 40(2): 153–160.

Цитирана в:

1. Tornés E., Colls M., Acuña V. & Sabater S. 2021. Duration of water flow interruption drives the structure and functional diversity of stream benthic diatoms. *Science of the Total Environment* 770, 144675.

2. Pissaridou P., Vasselon V., Christou A., Chonova T., Papatheodoulou A., Drakou K., Tziortzis I., Dörflinger G., Rimet F., Bouchez A. & Vasquez M. 2021. Cyprus' diatom diversity and the association of environmental and anthropogenic influences for ecological assessment of rivers using DNA metabarcoding. *Chemosphere* 272, 129814.

3. Tornés E., Mor J-R., Mandaric L. & Sabater S. 2018. Diatom responses to sewage inputs and hydrological alteration in Mediterranean streams. *Environmental Pollution* 238: 369-378.

4. Jakovljević O., Popović S., Živić I., Stojanović K., Vidaković D., Naumović Z. & Krizmanić J. 2021. Epilithic diatoms in environmental bioindication and trout farm's effects on ecological quality assessment of rivers. *Ecological Indicators* 128, 107847.

5. Jakovljević O., Predojević D., Knežević J., Karadžić V., Krizmanić J., Subakov Simić G. & Slađana Popović. 2024. First insight in cyanobacterial and algal communities from cave stream (Stopić Cave, Serbia). *Aquat Sci* 86, 10.

6. Trbojević I., Predojević D., Subakov Simić G. & Krizmanić J. 2019. Periphytic diatoms in the presence of a cyanobacterial bloom: a case study of the Vrutci Reservoir in Serbia. *Arch Biol Sci* 71, 2.

7. Marquardt, G., Bicudo C., Ector L. & Wetzel C. 2017. *Sellaphora tropicomadida* sp. nov., a new freshwater diatom species (Bacillariophyta) from a tropical Brazilian reservoir. *Braz. J. Bot* 40, 1051–1062.

8. Evtimova V., Tyufekchieva V., Varadinova E., Vidinova Y., Ihtimanska M., Georgieva G., Todorov M. & Soufi R. 2021. Macroinvertebrate communities of sub-Mediterranean intermittent rivers in Bulgaria: Association with environmental parameters and ecological status. *Ecologia Balkanica* 4: 49–64.

9. AgAtabay A., Mirzahasanlou J., Rostami Charati F., Akbari R. 2021. Biodiversity of Diatoms in Khormarud River, Golestan Province. *Journal of Natural Environment* 4 Volume 73(4): 625-636.

Isheva T. & Uzunov Y. 2020. Diatom-based ecological status assessment of intermittent sub-Mediterranean rivers in Bulgaria within two hydrological periods. *Comptes Rendus de l'Academie Bulgare des Sciences* 73(2): 227–235.

Цитирана в:

10. Đukić, N. N., Vasiljević, B., Milošević, Đ., Valjarević, A. Đ., Jakšić, T. R., Vasić, P. S., & Štrbac, S.. (2020). A water quality assessment based on benthic diatoms of the Timok river basin (Eastern Serbia) under multiple anthropogenic pressures. *Comptes rendus de l'Acad'emie bulgare des Sciences Academic Publishing House.*, 73(12), 1696-1702.

Участие в научни форуми:

Иванов П., Ишева Ц. и Чешмеджиев С. “Оценка на екологичното състояние на реки с кремъчни водорасли в района на Златица и Пирдоп“. *Семинар по екология – 2012, 26-27 април 2012, София.*

Isheva T., Gyosheva B. & Ivanov P. “Diatom and aquatic macrophyte diversity in intermittent rivers in Southeastern Bulgaria. *Семинар по екология - 2013“*, 25-26 Април 2013 г., София.

Isheva T. & Ognjanova-Rumenova N. Diversity and distribution of benthic diatom assemblages in small and medium sized Black sea rivers and assessment of their ecological status. *Семинар по екология, 26-27 април 2018 г. София.*

Isheva T. & Ivanov P. Benthic diatom diversity of mountain springs and streams in Vitosha Mt. Nature Park, Bulgaria. A morphological characterization of one new Gomphonema species. *6th Central European Diatom Meeting, 22-25 March 2012, Innsbruck, Austria.*

БЛАГОДАРНОСТИ

Изказвам най-искрените си благодарности на:

Научният ми ръководител проф. д-р Йордан Узунов за неизменната подкрепа и вяра в мен през годините; за това че ми даде свободата да развивам своите умения, но и за незаменимия опит и знания, които ми предаде по време на работата по настоящата дисертация, както и при съвместните ни участия в различни научни проекти и разработки.

Моят научен консултант гл. ас. д-р Пламен Иванов, който ме въведе в прекрасния свят на диатомеите; за безценната му помощ, подкрепа и напътствия по време на дългогодишната ни съвместна работа.

Д-р Daša Hlúbiková, д-р Georg Wolfram, д-р Karl Donabaum (от DWS Hydro-Ökologie, Vienna, Austria), Дойчин Тодоров и Емил Тодоров, с които съвместно беше разработен новият класификационен метод представен в работата. На ръководителите на „Дикон Груп“ за представената възможност да участвам в проекта по „Интеркалибриране на методите за анализ на БЕК за типовете повърхностни води в България, съответстващи на общи европейски типове в СГИГ“, който беше пряко свързан с темата на представената научна разработка.

Научното жури на дисертацията, за ценните коментари, забележки и препоръки, благодарение на които работата придоби своя много по-завършен и добър вид.

Всички прекрасни колеги от ИБЕИ-БАН за съветите, ползотворните дискусии, обмяната на опит, информация и практики.

На моето семейство за помощта и подкрепата, търпението и любовта!

Study on benthic diatom assemblages in intermittent rivers in Southern Bulgaria and their application for assessment of ecological status.

Tsvetelina Isheva

PhD Thesis

Summary

The study presents the first investigation of the benthic diatom flora in intermittent rivers in Southern Bulgaria, national type R14 (*Sub-Mediterranean small and medium-sized rivers*) from four basins in the Aegean catchment province (Ecoregion 7, Eastern Balkans) during two hydrological periods (spring and summer). These rivers have strong seasonal fluctuations in water levels and runoff, including dry and/or pool stages alternating with longer periods of surface flow. Their intermittent nature is due to the strong influence of the transitional Mediterranean (sub-Mediterranean) climate, the amount of precipitation, the natural drainage of the terrain and the insufficient levels of underground water reserves.

Based on preliminary field surveys and analysis, 49 representative monitoring sites were selected, which to a great extent cover the natural geographical distribution and heterogeneity of the investigated river type; the variability of environmental factors and degree of anthropogenic pressures. Epilithic diatom samples (89) from 37 rivers were analyzed following European standard protocols. Taxonomic composition, relative abundance, seasonal dynamics, biological traits and ecological spectra of the phytobenthic communities were determined, analyzed and compared between the studied river basins and hydrological periods. Taxa richness, Shannon's diversity and Pielou's evenness indices were calculated and compared between the two sampling seasons. The typology, methodology for collecting diatom samples, reference conditions and classification system for assessing ecological status based on the BQE "phytobenthos" were developed, updated and intercalibrated, currently accepted in the national and European legislation. The ecological status, based on the metric IPS and EQR, was assessed for the first time, using the new type-specific system for Bulgarian sub-Mediterranean intermittent rivers, presented in the study.

The results show that the diatom communities differ significantly during the hydrological periods and are composed of indicator species characterizing and differentiating the individual classes of ecological status. The type-specific, close to reference conditions and class boundaries of IPS and EQR, correspond to the ones in the Mediterranean GIG (river types R-M1 R-M2) and reflect to the great extent the natural changes in the environmental conditions, as well as the combination of different types of pressures - hydrochemical, hydromorphological and land use.