

ПУ „П. ХИЛЕНДАРСКИ”
БИОЛОГИЧЕН ФАКУЛТЕТ
Катедра “Екология и ООС”

Йорданка Георгиева Христева

**Екологична оценка с макрофити на
пресъхващи реки в Южна България**

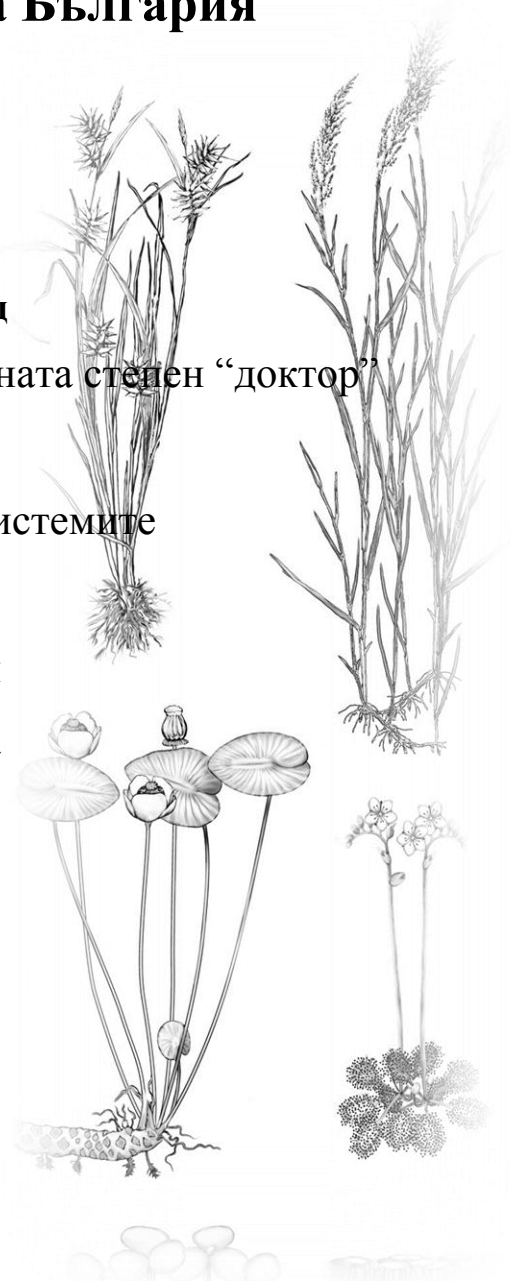
АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационен труд
за получаване на образователната и научната степен “доктор”

Екология и опазване на екосистемите

Научен ръководител
доц. д-р Гана Гечева

Пловдив · 2017 г



Дисертационният труд съдържа 158 страници като включва 22 таблици, 14 фигури, 22 снимки и 4 броя приложения. Цитирани са 174 литературни източника, от които 21 на кирилица и 153 на латиница.

Показателите ХПК, БПК, както и формите на азота и фосфора са анализирани в акредитирана лаборатория „Акватератест” (при „ИССЕ” ООД, София).

Част от проучванията бяха реализирани благодарение на проект „Интеркалибриране на методите за анализ на биологичните елементи за качество (БЕК) за типовете повърхностни води на територията на България, съответстващи на определени общи европейски типове в Географските групи за интеркалибрация“, изпълняван от „Дикон-УБА“.

Дисертационният труд е обсъден и насрочен за защита на разширено заседание на катедра «Екология и ООС», Биологически Факултет, ПУ «П. Хилендарски» (Протокол №182 от 21.06.2017 г.).

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 19.09.2017 год. от 11 ч. в 14 аудитория на Биологическия факултет на ПУ „Паисий Хилендарски”, гр. Пловдив, ул. ”Тодор Самодумов” №2 на открито заседание на Научното жури в състав:

1. доц. д-р Анна Ганева (ИБЕИ-БАН)
2. проф. д.б.н. Димитър Иванов (ИБЕИ-БАН)
3. доц. д-р Емилия Варадинова (ИБЕИ-БАН)
4. проф. д-р Илиана Велчева (БФ-ПУ)
5. доц. д-р Гана Гечева (БФ-ПУ) – научен ръководител

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в Централна библиотека на ПУ „Паисий Хилендарски”.

Автор: Йорданка Георгиева Христева

1. УВОД

Водните и водолюбивите растения имат незаменима роля в структурата и функциите на водните екосистеми. Те са основни продуценти, стабилизират субстрата, укрепват бреговете и осигуряват убежище и храна за водните животни и птици. В резултат на глобалните промени на климата, пресушаването на влажните зони и типичното замърсяване, разнообразието от водни растения намалява. Много от тях са със статут на редки и застрашени от изчезване и са включени в редица национални и международни природозащитни документи.

Водните растения са едни от ключовите елементи за оценка на качеството на водите в Рамковата директива за води (Директива 2000/60/ЕС на Европейския Парламент и на Съвета, 2000), която представлява законова база за развитие на биологичния мониторинг на повърхностни води в Европа и поставя изискването да бъдат изготвени надеждни и обективни оценки на статуса на водите в рамките на всеки речен басейн. През последните години, в съответствие с Рамковата директива за водите на ЕС, в България започнаха активни проучвания на видовия състав и обилието на водните макрофити в реки и езера, с насоченост към оценка на качеството на водите, влиянието на факторите на околната среда и връзката им с трофичния статус на водоемите (Gecheva *et al.*, 2010a, 2011a; Tosheva & Traykov, 2012).

Пресъхващите реки съставляват половината от глобалната речна мрежа и в близко бъдеще се очаква увеличение на този дял като резултат от климатичните промени (Carlisle *et al.*, 2010). В допълнение, антропогенният натиск (напр. водовземане) води до превръщането на много реки в пресъхващи, особено през последните десетилетия с нарастване на водохвацията за напояване и други икономически нужди.

В този речен тип, разпространен в Средиземноморския регион (около 11% от територията на Европа) водните макрофити са доминанти при неповлияни условия. Въпреки това, те не са достатъчно проучени. Към момента, данни за водните растения, разпространени в пресъхващи реки на територията на България са непълни и несистематизирани, а информация за екологичното състояние на този тип реки липсва.

2. ЛИТЕРАТУРЕН ОБЗОР

Съгласно биогеографското райониране по Illies (1978) територията на Европа се разделя на 25 екорегiona. В рамките на дадените екорегioni се определят различни типове води, които съществено се различават (напр. по абиотични характеристики надморска височина, геология и др.), създавайки условия за формирането на съществено различаващи се биотични съобщества.

Пресъхващите реки се дефинират също като Средиземноморски (Annex I, European Communities, 2011), характерни за географски хомогенния Средиземноморски регион, на територията на южно европейските страни (Кипър, Франция, Гърция, Италия, Малта, Португалия, Словения, Испания).

Пресъхващите реки в България са в обхвата основно на Източнобеломорски район и принадлежат към басейните на реките Арда, Тунджа и Марица. И трите басейна са трансгранични с Р. Гърция и Р. Турция.

Най-общо проблемите свързани със замърсяване на водните басейни в района на настоящото изследване са предизвикани от канализации на населени места и индустриални източници, специфични проблеми в определени райони с дейности от рудодобива и стари замърсявания, от селскостопански дейности, морфологични изменения на речното корито от дейности по добив на инертни материали от

речното корито, МВЕЦ, диги, водовземни съоръжения, транспортирането на води за целите на хидроенергетиката и напояването, регулиране на оттока чрез изграждане на язовири, водовземане за различни нужди, проблеми с наводнения и пр.

В историята на проучванията на водните и водолюбивы растения се е преминало през различни разбирания за разграничаването им от останалите растения. В съвременната литература широко използван термин за означаване на видимите с просто око водни растения е терминът водни макрофити. Той включва разнородна група от водни фотосинтезиращи организми – покритосеменни, папратообразни, мъхове и макроводорасли, достатъчно големи, за да се виждат с невъоръжено око, които растат постоянно или периодично (най-малко няколко седмици всяка година) потопени във водния стълб, плаващи на повърхността на водата или преминаващи през нея (Pieterse, 1990).

Локалните характеристики на местообитанията до голяма степен определят макрофитните съобщества в речните системи, по-специално такива са: количеството светлина, скоростта на течението, структурата и субстрата на речното дъно, наличието на хранителни вещества (Birk & Wilby, 2010). Макрофитните съобщества са ключови елементи на сладките води и действат като основни „екосистемни инженери“ на реките (Gurnell *et al.*, 2012).

Макрофитите са представени в 7 растителни отдела: Cyanobacteria, Chlorophyta, Rhodophyta, Xanthophyta, Bryophyta, Pteridophyta и Spermatophyta (Chambers *et al.*, 2008).

Проучвания свързани с водните макрофити са част от флористичните и фитоценологични проучвания в България. Основни проучвания на водната растителност в България е направена преди повече от 30 години от Кочев и Йорданов (1981). Степента и нивото на проученост на водните и водолюбивы растения у нас до края на 20 век са обобщени и анализирани от Воденичаров и др. (1993), а от Apostolova (2007) е направен кратък анализ на изследванията на растителността във влажните зони. През последните години в България се провеждат активни проучвания на видовия състав на водните и влаголюбивите мъхове с насоченост към оценка на качеството на водите, мониторинга и опазването на биоразнообразието (Yurukova & Gecheva, 2004; Hájek *et al.*, 2005a; Papp *et al.*, 2006; Ganeva, 2007; Gecheva *et al.*, 2010b; Gecheva *et al.*, 2011b).

При оценката на екологичното състояние на водните екосистеми се използва информация за три основни групи елементи: биологични (съставлящи водните биоценози), физикохимични и хидроморфологични (представлящи неживата част от водните екосистеми). РДВ определя водеща роля на биологичните елементи при оценка на състоянието на водните тела, тъй като живите организми са най-добрият индикатор на настъпилите негативни промени в неживата среда.

3. ЦЕЛ И ЗАДАЧИ

Основната цел на настоящата дисертация е да се оцени екологичното състояние на реки от типа пресъхващи (R14) на територията на България, чрез използване на макрофити като биологичен елемент за качество. За изпълнението на тази цел бяха поставени следните задачи:

1. Избор на мониторингови пунктове от водосбора на реките Марица, Тунджа, Арда, Бяла и Струма;

2. Проучване на видовия състав и обилието на макрофитната флора в представителни участъци в избраните пунктове, за период от две последователни години (2014-2015 г.);

3. Анализиране на три основни групи показатели за натиск в представителните речни участъци в избраните пунктове;

4. Оценка на екологичното състояние въз основа на националния Референтен Индекс (РИ) и на взаимовръзката с натиска;

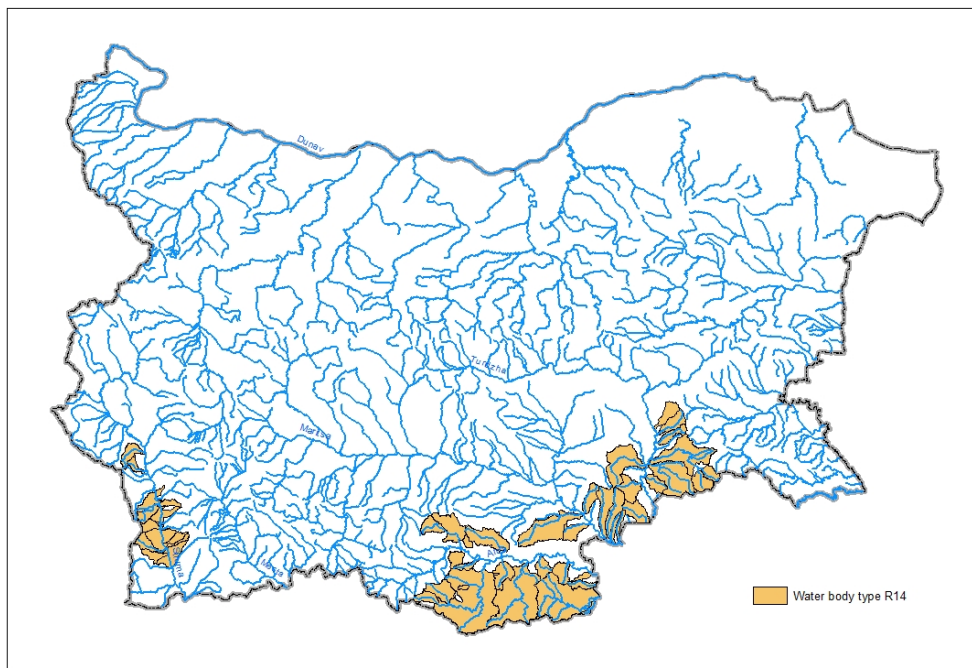
5. Сравнение на приложеният национален метод РИ с интеркалибрирания Френски IBMR индекс;

6. Съпоставяне на класификационната система за оценка след проведената „фит-ин“ процедура и извършване на корекции при необходимост.

4. МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

4. 1. Пресъхващи реки и пунктове за пробонабиране

Реките в България, характеризирани като пресъхващи се отнасят към национален тип R14, разпространени са в югоизточните и югозападните части на страната (**Фиг. 1**) и са изложени на значително средиземноморски климатично влияние. Националният тип R14 се отличава със значими сезонни колебания в оттока.

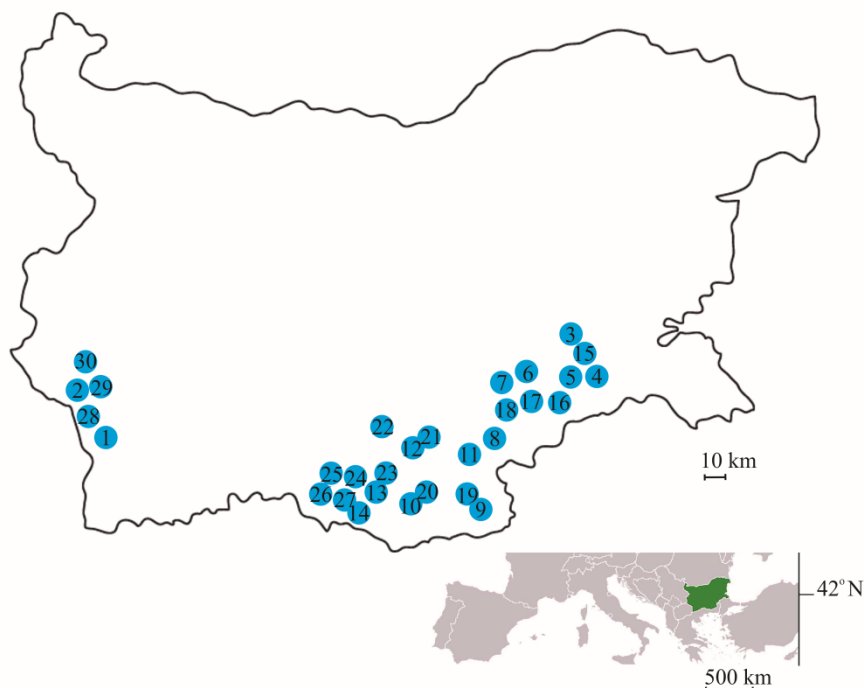


Фиг. 1. Разпространение на реките от национален тип R14 в България.

Бяха наблюдавани 22 пункта в рамките на две мониторингови кампании, които формираха общо 30 описания (**Фиг. 2**). Във водосбора на р. Марица бяха наблюдавани пунктове по течението на реките Бисерска, Йерусалимовска и Соколица. Към водосбора на р. Тунджа се отнасят реките Дерееорман, Манастирска,

Мелнишка и Поповска, респективно към водосбора на р. Арда са реките Върбица, Джебелска, Крумовица, Неделинска, Перперек. Реките Брежанска, Копривен, Стара и Сушичка спадат към водосбора на р. Струма, а пунктът на р. Бяла към едноименния водосборен басейн.

Пробосъбирането бе осъществено през месеците май-юни на 2014 и 2015 г. Във всички наблюдавани пунктове бяха събрани представителни проби от речна вода.



Фиг. 2. Пунктове за наблюдение. Легенда: 1. Брежанска; 2, 29 Стара; 3. Дереворман; 4, 15 Поповска; 5, 16 Мелнишка; 6, 17 Манастирска; 7, 18 Соколица; 8. Йерусалимовска; 9, 19 Бяла; 10, 20 Крумовска; 11. Бисерска; 12, 21, 22 Перперек; 13, 14, 23, 27 Върбица; 24 Джебелска; 25, 26 Неделинска; 28 Сушичка; 30 Копривен.

4.2. Макрофити

В настоящата дисертация сме приели приложението на термини съгласно общоприетите представи (напр. монографията на Кочев & Йорданов, 1981; обзора на Tyler, 1990; Цонева *и др.*, 2012). Определението водни макрофити е използвано за растителните организми, които могат да се наблюдават с просто око независимо от систематичното им положение и степен на организация в реките и по техните брегове.

Представители на водораслите не се съобщават в настоящата дисертация, тъй като съгласно приложените индекси за оценка не са включени като таксони, идикиращи екологично състояние (с изключение на род *Chara*, който не бе регистриран). В случаите с присъствие на род *Cladophora*, е оценяно обилието с оглед евентуално бъдещо включване като допълнителен критерий към оценката.

В понятието бриофити са включени таксономичните групи листнати и чернодробни мъхове (Клас Bryopsida и Клас Marchantiopsida). В случаите с

представители само от една група сме използвали нейното конкретно наименование (съответно листнати мъхове или чернодробни мъхове). Видовете бриофити от екологичните типове хидро- и хигрофити са пробосъбирани от следните субстрати: скали, камъни с различни размери и мъртва дървесина, постоянно или периодически заливани.

Като хелофити са разглеждани висшите водни растения, чиято по-голяма част се развива над водата (Sculthorpe, 1967).

Видовете водни макрофити са наблюдавани през вегетационните сезони в периода от 2014 г. до 2015 г.

На терена видовете бриофити можеха да бъдат определени най-много до род, като единствено *Fontinalis antipyretica* бе възможно да се определи до вид. Микроскопското определяне на бриофитите се проведе в Биологически факултут - ПУ, като за целта бяха използвани определителите на Petrov (1975) и на Smith (1980, 2004).

Номенклатурата на листнатите мъхове следва Hill *et al.* (2006), тази на чернодробните мъхове Grolle & Long (2000).

Таксономията на висшите растения (без мъховете) следва Делипавлов *и др.* (2003) като отделни справки са извършени по Флора на България I-X (Йорданов, 1963-1979; Велчев, 1982-1989; Кожухаров, 1995).

Принадлежността на всеки един вид към съответна група спрямо водата като среда следва Chauvin (по Birk *et al.*, 2007).

Категориите на застрашеност (IUCN) са съгласно Natcheva *et al.* (2006) и Червената книга на европейските мъхове (ECCB, 1995).

Средната честота бе определена на базата данни от броя наблюдения по субстрати, зони и периоди.

4.3. Оценка на ЕС/ЕП с макрофити

В България за всички типове реки се прилага методът Референтен индекс (РИ; Гечева *и др.*, 2013). Той е съвместим с националните и европейските стандарти (БДС EN 14184: 2014, БДС EN 14996: 2006, CEN 230165). Процедурите по оценяване напълно съответстват на изискванията на РДВ (ЕС, 2000) и на групите REFCOND и ECOSTAT. Методът е интеркалибриран в Източноконтинентална група за 3 речни типа през 2011 г.

Пробонабирането се извършва в периода м.май-м.юни за типа пресъхващи реки, в представителен речен участък. Пробонабирането завършва с попълване на общата информация в полевия протокол и данните за структурните параметри. Във втората част на протокола се представят видовете и тяхното обилие по Kohler (1978), като успоредно се индикират потопените и полупотопените видове. В допълнение се оценяват жизнеността и социалността им, както и характерът на субстрата, върху който се развиват.

Процедурата по оценка изисква количествата на видовете индикатори от всяка група да се сумират в общо количество на групата. Групите са общо 3, а РИ се изчислява по следната формула:

където

$$RI = \frac{\sum_{i=1}^{n_A} Q_{Ai} - \sum_{i=1}^{n_C} Q_{Ci}}{\sum_{i=1}^{n_g} Q_{gi}} * 100$$

RI = Референтен Индекс;

QAi = “количество” на i-я таксон от група А;

QCi = “количество” на i-я таксон от група С;

Q_{gi} = “количество” на i -я таксон от всички групи;

n_A = общ брой видове от група A;

n_C = общ брой видове от група C;

n_g = общ брой видове.

Трансформирането на РИ в скала от 0 до 1 се извършва по формулата по-долу:

$$EQR = \{(RI + 100) * 0,5\} / 100$$

В случаите, когато липсата на макрофити е доказан резултат от антропогенен натиск (напр. физикохимични въздействия, хидроморфологични/физични промени или други), то оценката е „много лошо” екологично състояние.

В допълнение е приложен и Френският интеркалибриран метод IBMR като изчисленията следват Naury *et al.* (2006). Направен е и опит за изчисление на трети индекс за оценка на екологичното състояние на реки от същия тип, т.нар. RMI по Kuhar *et al.* (2011).

4.4. Аналитични методи

В рамките на настоящата дисертация, с цел определяне на връзката между натиск и въздействие бяха наблюдавани 3 основни групи показатели за антропогенен натиск. Първата група включва показатели за хидроморфологични изменения в това число хидрологични (натиск, свързан с регулиране на оттока и водните нива – водовземания, МВЕЦ, язовири) и морфологични промени (натиск, свързан с изграждане на ХМС съоръжения – бентове, прагове, диги, корекции и др., както и деградация на бреговата растителност и промени в местообитанията на пункта и в речния сегмент). Измененията в бреговата растителност са класифицирани въз основа на наличната информация като отклонение от естественото състояние чрез 4-степенна скала.

Втората група е обозначена като комбиниран натиск и обхваща земеползване във водосбора и риск от токсични субстанции.

Тези две групи показатели са оценявани при пробонабиранията и/или чрез ГИС анализ и Google Earth сателитни снимки. Всички изброени типове натиск с изключение на формите на земеползване са класифицирани чрез 3- и 4-степенни скали по аналогия с Европейския подход при интеркалибрация. Земеползването е изчислено на база водосбор чрез Corine Land Cover (CLC) (Corine Land Cover, 2006).

Третата група показатели за натиск включва физико-химични параметри. *In situ* бяха измервани киселинна реакция (pH), проводимост (C в микросименс/см) и разтворен кислород (мг/л) с помощта на преносими калибрирани апарати (WTW). Показателите ХПК, БПК, както и формите на азота и фосфора са анализирани по приетите стандарти в акредитирана лаборатория („АКВАТЕРАТЕСТ” при „ИССЕ” ООД, София).

4.5. Статистически методи

При статистическите анализи на описаните съобщества от макрофити са използвани софтуерните продукти Canoco (Ter Braak & Šmilauer, 2002), версия 5; Twinspan версия 2.3 (Hill & Šmilauer, 2005).

За оценка на взаимовръзката натиск-въздействие е приложен софтуер STATISTICA (StatSoft Inc., 2004).

5. РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

5.1. Типове пресъхващи реки

В резултат от извършения анализ по основни и допълнителни критерии в рамките на Проект „Интеркалибриране на методите за анализ на биологичните елементи за качество (БЕК) за типовете повърхностни води на територията на България, съответстващи на определени общи европейски типове в Географските групи за интеркалибрация“, Договор № 0-33-27/26.11.2013 г., първоначално определения за България тип R14 Субсредиземноморски реки в EP7, бе установено че може да се раздели на три подтипа. Валидирането на изследваните пунктове в България спрямо общите европейски типове пресъхващи реки е въз основа на следните параметри: надморска височина, водосбор, данни за хидрологичните характеристики на пунктовете. В резултат на този анализ бе установено, че пунктовете в страната принадлежат на 2 от общите европейски типа: R-M1 и R-M2.

Анализът на макрофитните съобщества в СЗМ ГИГ показва незначително разграничаване между типовете R-M1 и R-M2, както по отношение на референтните пунктове (Global R of ANOSIM =0,263; significance level=0,1%), така и за всички пунктове (Global R of ANOSIM =0,218; significance level=0,1%) (Aguilar *et al.*, 2014). **Поради тази причина гореизброените типове са обработвани заедно в рамките на настоящата дисертация.**

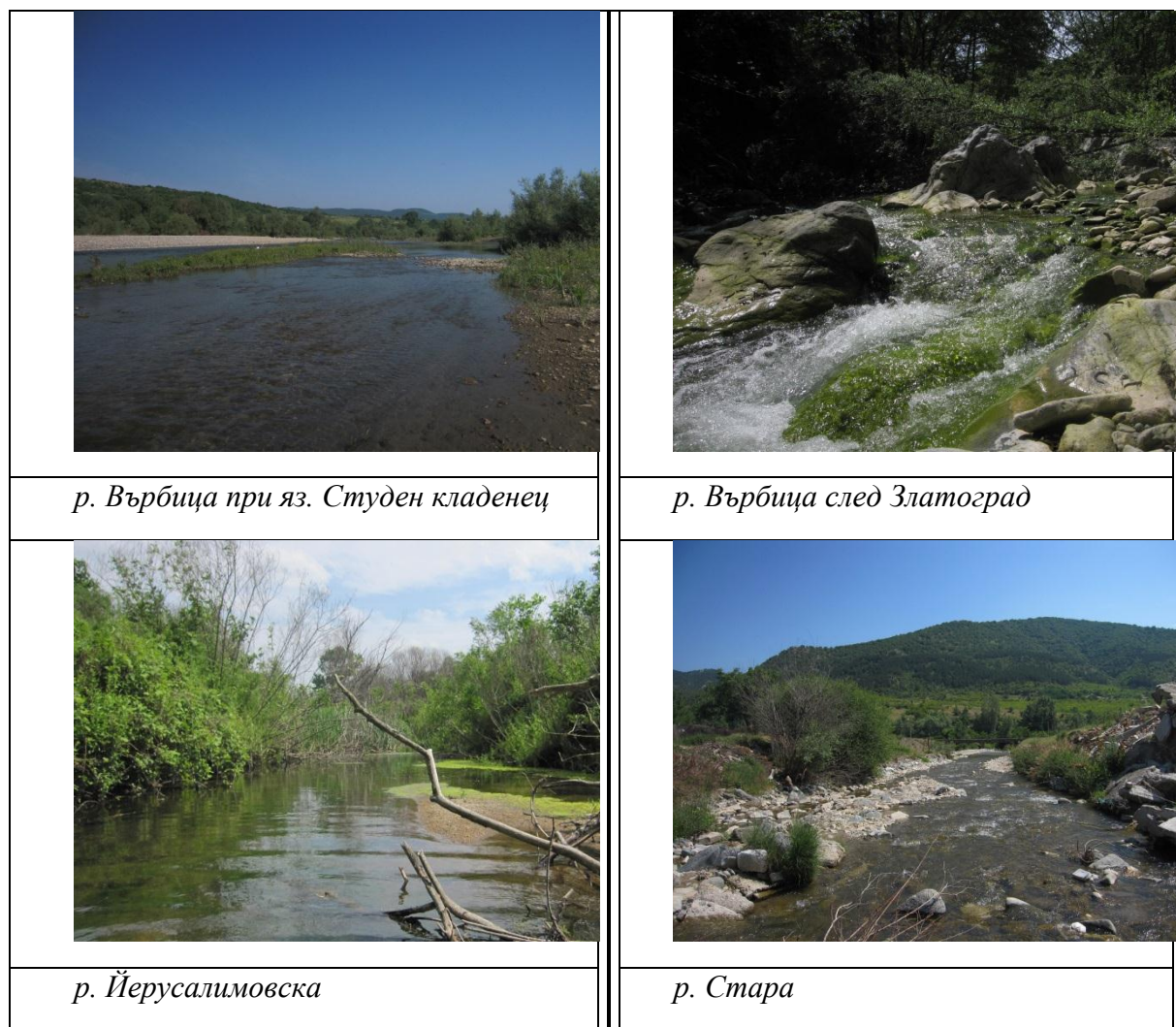
В резултат на проведения класификационен анализ чрез метода TWINSpan (Two-Way Indicator Species Analysis) базата данни бе разделена на 2 групи: първата включва средни по размер реки (среден водосбор 360 км²) при ниска надморска височина (88-273 м) със смесена геология, т.е. R-M2. Установените индикаторни (преференциални) видове са водните цветни растения *Lemna minor*, *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton nodosus*, *Ranunculus trichophyllus*, *Schoenoplectus lacustris*, *Berula erecta*, *Nasturtium officinale*, *Veronica beccabunga*; хелофитите *Alisma lanceolatum*, *Eleocharis palustris*, *Sparganium erectum*, *Typha latifolia*; хигрофитът *Lysimachia nummularia*, крайбрежните *Equisetum arvense*, *Carex pseudocyperus*, *Carex riparia*, *Cyperus longus*. Тези пунктове се характеризират още с бавна до средна скорост на течението, и пясък и чакъл като доминиращ субстрат (**Фиг. 8**)¹.

Гореописаната група е сходна на Група е, установена за югоизточното Средиземноморие (Кипър и Гърция) (Feio *et al.*, 2014).

Втората група обхваща малки реки (водосбор <100 км²) при средна надморска височина (170-540 м), с бързо течение и по-груб субстрат, т.е. R-M1 (**Фиг. 8**)¹. Тези реки се характеризират с видовете *Veronica anagallis-aquatica*, *Equisetum fluviatile*, хелофитът *Agrostis stolonifera*, крайбрежният *Petasites hybridus*, и водни мъхове *Brachythecium rivulare*, *Cratoneuron filicinum*, *Platyhypnidium riparioides*. Втората група, описана в страната представя Група с в Средиземноморската ГИГ (Feio *et al.*, 2014), която е представяна в реки със смесена геология, твърд и груб субстрат, и с малък водосбор (51,1 ± 79.9 км²). Тези реки са разпространени на територията на цялото Средиземноморие (от Испания до Кипър). Доминиращ вид е *Platyhypnidium riparioides*.

Примери от първата подгрупа R-M2 / Група е (Feio <i>et al.</i> , 2014)	Втора подгрупа, R-M1 / Група с (Feio <i>et al.</i> , 2014)
--	--

¹ Номерацията на таблиците и фигурите, включени в автореферата съответства на последователността им в дисертационния труд.



Фиг. 8. Примери за съответствието между подтиповете пресъхващи реки в България и Средиземноморската ГИГ.

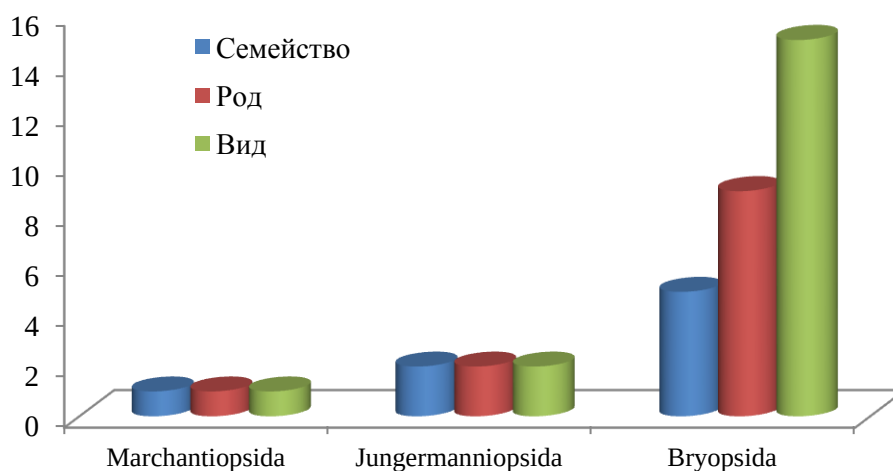
В настоящата разработка бяха подбрани 22 пункта на реки от типа пресъхващи от водосборните области на реките Струма, Марица, Арда, Тунджа и Бяла река. Те са в териториалния обхват на Източнобеломорски – 18 пункта и Западнобеломорски район за басейново управление – 4 пункта. Подборът на пунктовете беше обвързан с предходни налични данни за БЕК Макрофити от тип R14 (11 пункта за мониторинг). Редицата от данни за БЕК включваше резултати от 1-2 години, а данни за физикохимични елементи присъстваха за 8 пункта.

5.2. Макрофити: видов състав, хорология, биологични и екологични особености

През периода на изследването (2014 – 2015 г.), в двадесет и две речни местообитания от типа пресъхващи реки, са установени общо 88 вида. От тях 18 вида съставляват водно бриофитна флора – три чернодробни мъха и 15 вида листнати бриофити. Към папратообразни и семенни растения са регистрирани 70 вида. Папратообразните растения включват четири вида от род *Equisetum*. С най-голям брой видове е представена групата на семенните растения, която наброява 66 вида.

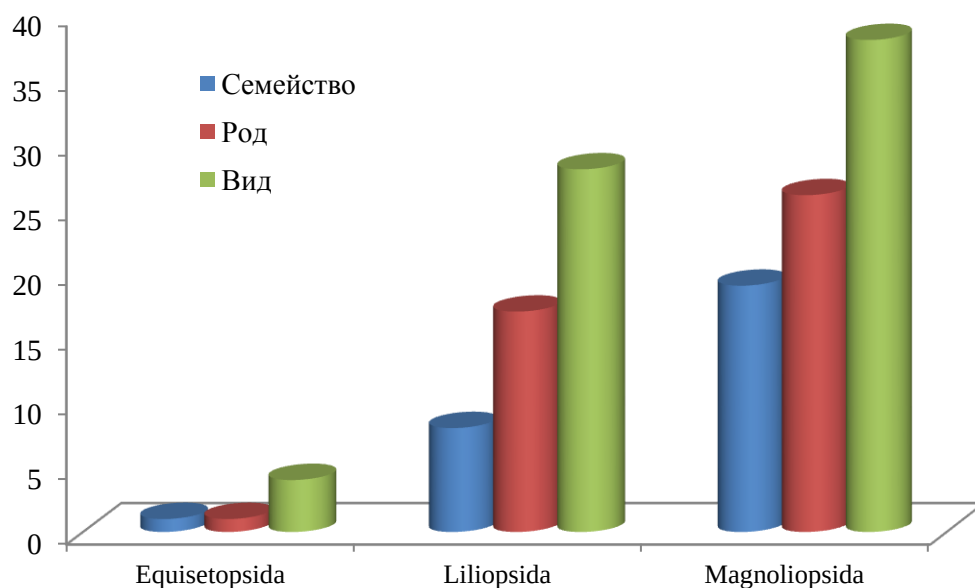
На **Фиг. 9** е представен броя на регистрираните видове водни мъхове (Bryophyta) в съответните таксономични групи. Общо през периода на настоящото

проучване са установени 18 вида водни бриофити принадлежащи към 12 рода и 8 семейства, които са разпределени в 3 класа. Клас Marchantiopsida е представен от един вид - *Marchantia polymorpha* L., а към клас Jungermanniopsida са регистрирани два вида - *Aneura pinguis* (L.) Dumort. и *Pellia endiviifolia* (Dicks.) Dumort. Най-голям брой видове се отнасят към клас Bryopsida, който включва 15 вида разпределени в 9 рода и 5 семейства. От род *Bryum* са установени най-много видове, от които два са с консервационно значение: *Bryum gemmiparum* De Not. и *Bryum weigelii* Spreng. са уязвими, а *Bryum subapiculatum* Hampe е с недостатъчно данни. От останалите регистрирани видове водни бриофити един вид се отнася към категория критично застрашен - *Hygroamblystegium humile* (P.Beauv.) Vanderp. et al.



Фиг. 9. Разпределение на мъховата флора по таксономични групи.

По време на настоящото проучването в речните пунктове общо са регистрирани 70 вида папратообразни и семенни растения, които се отнасят към 44 рода и 28 семейства. Установените видове са разпределени в 3 класа Equisetopsida, Liliopsida и Magnoliopsida (**Фиг. 10**), като с най-малък брой видове е представен клас Equisetopsida, който включва 4 вида. Другите два класа са представени със сравнително голям брой видове. Към клас Liliopsida са регистрирани 28 вида принадлежащи към 17 рода и 8 семейства. Най-много видове са регистрирани към род *Carex*, където са вписани 6 вида следван от род *Potamogeton* с 3 вида. Най-голям брой видове са установени към клас Magnoliopsida, където са регистрирани 38 вида отнасящи се към 26 рода и 19 семейства. Най-много видове включват три рода: *Ranunculus*; *Veronica*; *Mentha*. Те са представени с по три вида, а останалите родове включват един и по-рядко два вида. От семенните растения по отношение на консервационно значение един вид е критично застрашен: *Groenlandia densa* (L.) Fourr.



Фиг. 10. Разпределение на папратообразните и семенните растения по таксономични групи.

Групирането на видовете спрямо водата като среда, следвайки класификацията на Chauvin (по Birk *et al.*, 2007), както и степента на привързаност към водата (по Birk, лична кореспонденция и собствени данни) са представени на **Табл. 9**. С първа степен на привързаност се отбелязват видове, които са изключително водни и живеещи в постоянно водни условия. От установените такива са например видове от представителите на мъховата флора като: *Cratoneuron filicinum* (Hedw.) Spruce; *Platyhypnidium riparioides* (Hedw.) Dixon; *Hygroamblystegium tenax* (Hedw.) Jenn. и видове от род *Fontinalis*. От семенните растения към типично водните видове се отнасят: *Callitriche platycarpa* Kütz.; *Groenlandia densa* (L.) Fourr.; *Ceratophyllum demersum* L.; *Myriophyllum spicatum* L. и видове от родовете *Lemna*; *Potamogeton* и др. Общо представителите от тази група съставляват 19%.

С втора степен на привързаност към водата се отбелязват организми, които могат да обитават сухоземна и водна среда, това са т. нар. амфибии. Те са 17% от общо регистрираните видове. Такива от бриофитите са: *Brachythecium rivulare* Schimp; *Bryum gemmiparum*; *Hygroamblystegium humile*; *Leptodictyum riparium* (Hedw.) Warnst.; *Aneura pinguis* (L.) Dumort.; *Pellia endiviifolia* (Dicks.) Dumort. От папратообразните растения към тази група се отнасят *Equisetum fluviatile* L. и *Equisetum palustre* L. От семенните растения тук се включват следните видове: *Berula erecta* (Huds.) Coville; *Glyceria fluitans* (L.) R. Br.; *Myosotis scorpioides* L.; *Nasturtium officinale* R.Br. и представители от род *Veronica*.

С трета степен на привързване се отбелязват видове водни мъхове и лихенизирани гъби, които са потопени през по-голямата част от хидроложкия цикъл на водата. Към тази група се включват видове, които съставляват едва 1% от установените макрофити: *Brachythecium rutabulum* (Hedw.) Schimp.; *Bryum pallens* Sw. ex anon.; *Bryum subapiculatum* Hampe; *Bryum weigeli* Spreng. и *Oxyrrhynchium hians* (Hedw.) Loeske.

Хелофити или амфифити, чиято основа по-често е потопена във водната среда се означават с четвърта степен на привързаност към водната. Към тях се отнасят най-

голям процент (27%) от регистрираните видове. В тази група сме установили представители на родовете: *Alisma*; *Carex*; *Juncus*; *Lycopus*; *Mentha*; *Typha* и др.

С пета степен се означават хигрофитни токсани, които са потопени във водния стълб през по-голямата част от годината. При проучваните от нас речни пунктове към тази група се отнасят 14% от общо регистрираните видове, такива са: *Bidens cernua* L.; *Cardamine amara* L.; *Galium uliginosum* L.; *Juncus articulatus* L.; *Lysimachia nummularia* L.; *Lythrum salicaria* L.; *Persicaria mitis* (Schrank) Opiz; *Solanum dulcamara* L.; *Cyperus longus* L.; *Rorippa sylvestris* (L.) Besser; *Rumex aquaticus* L.; *Rumex crispus* L.

С шеста степен на привързаност към водата се отбелязват крайбрежни дървесни и храстови видове, които могат да бъдат във водата по време на прилив. Тези видове съставляват 15% от установените, такива видове от папратообразните са *Equisetum arvense* L. и *Equisetum hiemale* L. От чернодробните мъхове към тази група се отнася *Marchantia polymorpha* L., а от листнатите *Plagiomnium medium* (Bruch & Schimp.) T.J.Kop. Семенните растения включват следните видове: *Mentha spicata* L.; *Stellaria nemorum* L.; *Petasites hybridus* (L.) P.Gaertn., B.Mey. & Scherb.; представители от род *Persicaria* и др.

За двадесет и три от регистрираните макрофитни видове няма данни за привързаност към водата. Въз основа на натрупаните през двугодишния период на проучването познания сме определили тяхната привързаност от 1 до 6.

Табл. 9. Списък на регистрираните растителни видове по групи като отношение към водата като среда следва Chauvin (по Birk et al., 2007). и привързаност към водата (Birk, лична комуникация и собствени данни). **Легенда:** НП – неприложимо;

* по предложение на автора въз основа на събраните данни. **Група:** BRh - чернодробни мъхове; BRm - мъхове; PHe - хелофити ; PHg - хигрофити; PHy - хидрофити; PHx - Други форми (таксони от влажни зони); PTE - спорови растения.

Привързаност към водата: 1 - Изключително водни видове (или видове живеещи в постоянно водни условия); 2 - Водни таксони, които имат и сухоземни форми или истински амфибии (организми, които могат да обитават сухоземна и водна среда); 3 – Бриофити и лишеи, разположени на нивото на водата. Обикновено потопени през част от годината; 4 - Хелофити или амфифити, издигнати форми с основа често потопена във водата; 5 - Хигрофитни таксони, потопени във водния стълб през по-голямата част от годината; 6 - Крайбрежни дървесни и храстови видове, пасищни или рудерални тревисти видове. Видове, които могат да се намерят във вода в условия на прилив; 7 - Дървесни крайречни видове, които могат да бъдат временно заляти; 8 - Видове, които се срещат в бракични води или солени мочурища; NA - Няма данни; NR - Не е приложим (по-високо таксономично ниво).

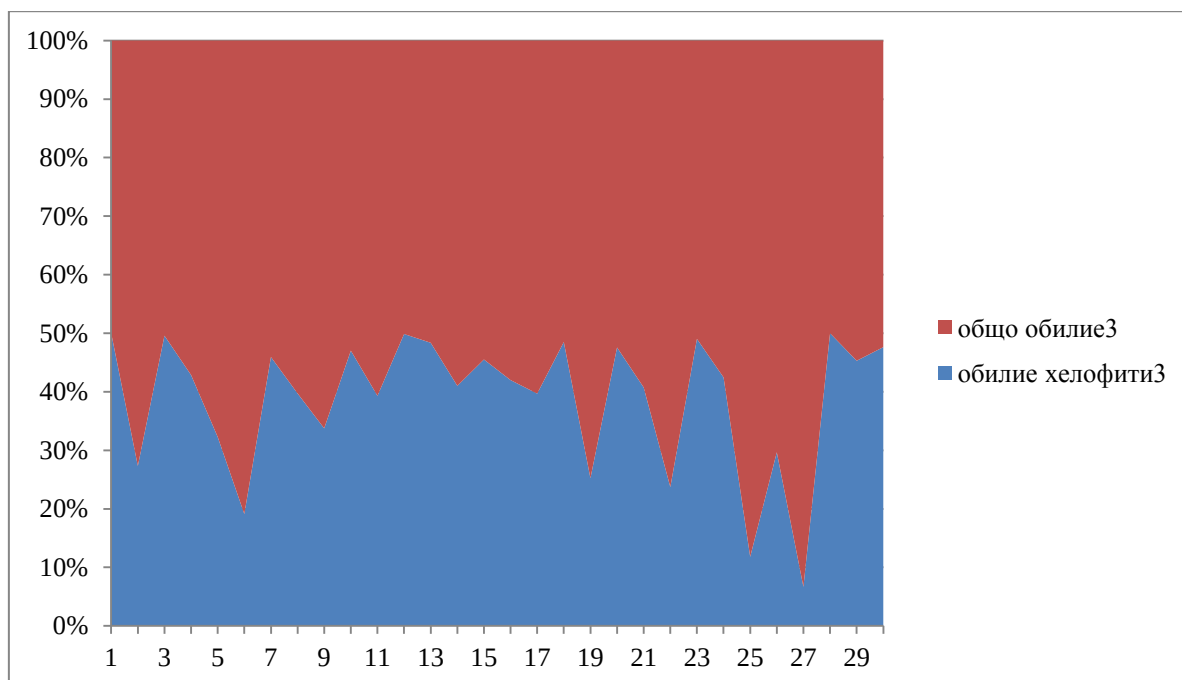
Код на вида	Вид	Група	Привързаност към водата
AGR.STO	<i>Agrostis stolonifera</i>	PHe	4
ALI.LAN	<i>Alisma lanceolatum</i>	PHe	4
ALI.PLA	<i>Alisma plantago-aquatica</i>	PHe	4
ANE.PIN	<i>Aneura pinguis</i>	BRh	2
BER.ERE	<i>Berula erecta</i>	PHe	2
BID.CER	<i>Bidens cernua</i>	PHe	5

Код на вида	Вид	Група	Привързаност към водата
BRA.RIV	<i>Brachythecium rivulare</i>	BRm	2
BRA.RUT	<i>Brachythecium rutabulum</i>	BRm	3*
BRY.GEM	<i>Bryum gemmiparum</i>	BRm	2*
BRY.PAL	<i>Bryum pallens</i>	BRm	3*
BRY.SUB	<i>Bryum subapiculatum</i>	BRm	3*
BRY.WEI	<i>Bryum weigelii</i>	BRm	3*
CAL.PLA	<i>Callitriche platycarpa</i>	Phy	1
CAR.AMA	<i>Cardamine amara</i>	PHg	5
CAR.PSE	<i>Carex pseudocyperus</i>	Phe	4*
CAR.REM	<i>Carex remota</i>	Phe	4*
CAR.RIP	<i>Carex riparia</i>	Phe	4*
CAR.ROS	<i>Carex rostrata</i>	Phe	4
CAR.VES	<i>Carex vesicaria</i>	Phe	4
CAR.VUL	<i>Carex vulpina</i>	Phe	4*
CER.DEM	<i>Ceratophyllum demersum</i>	Phy	1
CRA.FIL	<i>Cratoneuron filicinum</i>	BRm	1
CYP.LON	<i>Cyperus longus</i>	PHg	5*
ECH.CRU	<i>Echinochloa crus-galli</i>	PHe	4*
ELE.PAL	<i>Eleocharis palustris</i>	Phe	4
EQU.ARV	<i>Equisetum arvense</i>	PTE	6
EQU.FLU	<i>Equisetum fluviatile</i>	PTE	2
EQU.HYE	<i>Equisetum hyemale</i>	PTE	6*
EQU.PAL	<i>Equisetum palustre</i>	PTE	2
FON.ANT	<i>Fontinalis antipyretica</i>	BRm	1
FON.HYP	<i>Fontinalis hypnoides</i>	BRm	1
GAL.ULI	<i>Galium uliginosum</i>	PHg	5
GLY.FLU	<i>Glyceria fluitans</i>	Phe	2
GLY.MAX	<i>Glyceria maxima</i>	PHe	4
GRO.DEN	<i>Groenlandia densa</i>	Phy	1
HYG.HUM	<i>Hygroamblystegium humile</i>	BRm	2*
HYG.TEN	<i>Hygroamblystegium tenax</i>	BRm	1
JUN.ART	<i>Juncus articulatus</i>	PHg	5
JUN.EFF	<i>Juncus effusus</i>	PHe	4
LEM.MIN	<i>Lemna minor</i>	PHy	1
LEP.RIP	<i>Leptodictyum riparium</i>	BRm	2
LYC.EUR	<i>Lycopus europaeus</i>	PHe	4
LYC.EXA	<i>Lycopus exaltatus</i>	PHx	4*
LYS.NUM	<i>Lysimachia nummularia</i>	PHe	5
LYT.SAL	<i>Lythrum salicaria</i>	PHe	5

Код на вида	Вид	Група	Привързаност към водата
MAR.POL	<i>Marchantia polymorpha</i>	BRh	6
MEN.AQU	<i>Mentha aquatica</i>	PHe	4
MEN.LON	<i>Mentha longifolia</i>	PHe	4
MEN.SPI	<i>Mentha spicata</i>	PHg	6*
MYO.AQU	<i>Myosoton aquaticum</i>	PHg	4
MYO.SCO	<i>Myosotis scorpioides</i>	PHe	2
MYR.SPI	<i>Myriophyllum spicatum</i>	PHy	1
NAS.OFF	<i>Nasturtium officinale</i>	Phe	2
OEN.AQU	<i>Oenanthe aquatica</i>	PHe	1
OXY.HIA	<i>Oxyrrhynchium hians</i>	BRm	3*
PAS.PAS	<i>Paspalum paspalodes</i>	PHg	4
PEL.END	<i>Pellia endiviifolia</i>	BRh	2
PER.HYD	<i>Persicaria hydropiper</i>	PHe	4
PER.LAP	<i>Persicaria lapathifolia</i>	PHg	6*
PER.MAC	<i>Persicaria maculosa</i>	PHg	6*
PER.MIT	<i>Persicaria mitis</i>	PHg	5
PET.HYB	<i>Petasites hybridus</i>	PHg	6
PHA.ARU	<i>Phalaris arundinacea</i>	PHe	4
PHR.AUS	<i>Phragmites australis</i>	PHe	4
PLA.MED	<i>Plagiomnium medium</i>	BRm	6
PLA.LAN	<i>Plantago lanceolata</i>	нп	нп
PLA.MAJ	<i>Plantago major</i>	нп	нп
PLA.RIP	<i>Platyhypnidium riparioides</i>	BRm	1
POT.CRI	<i>Potamogeton crispus</i>	PHy	1
POT.NOD	<i>Potamogeton nodosus</i>	PHy	1
POT.PUS	<i>Potamogeton pusillus</i>	PHy	1
RAN.MUR	<i>Ranunculus muricatus</i>	PHx*	6*
RAN.REP	<i>Ranunculus repens</i>	PHg	6
RAN.TRI	<i>Ranunculus trichophyllus</i>	PHy	1
ROR.SYL	<i>Rorippa sylvestris</i>	PHg	5*
RUM.AQU	<i>Rumex aquaticus</i>	PHg	5*
RUM.CRI	<i>Rumex crispus</i>	PHg	5*
SCI.LAC	<i>Scirpus lacustris</i>	PHe	1
SOL.DUL	<i>Solanum dulcamara</i>	PHg	5
SPA.ERE	<i>Sparganium erectum</i>	PHe	4
STE.NEM	<i>Stellaria nemorum</i>	PHg	6
TAM.TET.	<i>Tamarix tetrandra</i>	PHx*	6*
TYP.ANG	<i>Typha angustifolia</i>	PHe	4
TYP.LAT	<i>Typha latifolia</i>	PHe	4
URT.DIO	<i>Urtica dioica</i>	PHg	6

Код на вида	Вид	Група	Привързаност към водата
VER.ANA	<i>Veronica anagalis-aquatica</i>	PHe	2
VER.BEC	<i>Veronica beccabunga</i>	PHe	2
VER.CAT	<i>Veronica catenata</i>	PHe	2

При направените 30 описания на двадесет и два речни пункта през двете години на изследването установихме в повече от половината доминиране на хелофити. Близко на 100% хелофити доминират в макрофитната флора на пунктове: Брежанска; Дерееорман; Крумовица през двете години от наблюдението; Перперек при село Горна крепост през 2014г.; Върбица при язовир Студен кладенец през двете години от наблюдението; Соколица през 2015г.; Сушичка и Копривен (**Фиг. 11**).



Фиг. 11. Съотношение между общото обилие на макрофити и хелофити. **Легенда:**

1 - Брежанска (2014г.); 2 - Стара (2014г.); 3 - Дерееорман (2014г.); 4 - Поповска (2014г.); 5 – Мелнишка (2014г.); 6 – Манастирска (2014г.); 7 – Соколица (2014г.); 8 – Йерусалимавска (2014г.); 9 – Бяла (2014г.); 10 – Крумовица (2014г.); 11 – Бисерска (2014г.); 12 – Перперек – село Горна крепост (2014г.); 13 – Върбица - преди яз. Студен кладенец (2014г.); 14 – Върбица - преди Златоград (2014г.); 15 – Поповска (2015г.); 16 – Мелнишка (2015г.); 17 – Манастирска (2015г.); 18 – Соколица (2015г.); 19 – Бяла (2015г.); 20 – Крумовица (2015г.); 21 - Перперек – село Горна крепост (2015г.); 22 – Перперек – село Черноочене (2015г.); 23 - Върбица - преди яз. Студен кладенец (2015г.); 24 – Джебелска (2015г.); 25 – Неделинска преди село Неделино (2015г.); 26 - Неделинска след село Неделино (2015г.); 27 - Върбица - преди Златоград (2015г.); 28 – Сушичка (2015г.); 29 – Стара (2015г.); 30 – Копривен (2015г.)

5.3. Оценка на ЕС на пресъхващи реки

5.3.1. Натиск и базирана на макрофити оценка

Диапазонът на абиотичните характеристики и показателите, използвани за оценка на натиска са представени на **Табл. 10**.

Табл. 10. Списък и обхват на показателите, илюстриращи съществуващия антропогенен натиск в наблюдаваните пунктове.

Показател	мин	макс	показател	мин	макс
Надм. в. (м)	88	540	ХПК-Сг (мг/л)	<5	39,2
Размер на водосборния район (км ²)	24,8	1,058 .8	Общ Р (мг/л)	<0,01	0,17
CLC_урбанизация (%)	0	7,6	SRP (мг/л)	<0,03	0,14
CLC_интензивно СС (%)	0	63,2	Общ N (мг/л)	0,1	9,4
CLC_екстензивно СС (%)	3,9	30,4	NO ₃ -N (мг/л)	0,07	9,1
CLC_естествени (%)	20,9	88,7	NO ₂ -N (мг/л)	0	0,23
Електрическа проводимост (микросименс см)	206	1256	NH ₄ -N (мг/л)	0,04	0,25
Разтворен кислород (мг/л)	6,1	12			
БПК ₅ (мг/л)	1,1	3,3			

През двугодишния период (2014-2015 г.) на настоящото проучване бяха пробонабрани двадесет и два пункта, включващи 30 описания на реки от типа пресъхващи в Южна България. При направената оценка на екологичното състояние по показатели на приложения Референтен индекс установихме, че най-голяма част от пунктовете са в отлично и добро екологично състояние (**Табл. 11**). Приблизително 23% от описанията са в отлично ЕС, а 56% са оценени в добро ЕС. Пунктовете на реките Бяла и Стара през двете години на изследването и пункта на река Неделинска преди село Неделино от 2015 г. са определени с условия близки до референтните. В умерено екологично състояние по БЕК МФ са оценени 13% от описанията. Един пункт е в лошо ЕС (река Сушичка) и един пункт е оценен в рамките на много лошо ЕС по приложения в изследването РИ – река Перперек при село Черноочене. В района на този пункт регистрирахме липса на типично водни макрофити, установените видове са изцяло крайбрежни, което не позволява да бъде изчислен достоверно Референтния индекс.

Табл. 11. Оценка на екологично състояние по БЕК МФ, определено по стойностите на индексите на пунктове от типа пресъхващи реки (R14), за периода на изследване (2014-2015). **Легенда:** *МД – Макрофитна депопулация; **Забележка:** Числото след името на речния пункт е годината на пробонабиране. 11а. Референтен Индекс; 11б. IBMR и RMI. **Цветова легенда:**

отлично екологично състояние
добро екологично състояние
умерено екологично състояние

ЛОШО ЕКОЛОГИЧНО СЪСТОЯНИЕ		
МНОГО	ЛОШО	ЕКОЛОГИЧНО
СЪСТОЯНИЕ		

11а.

№	Пункт	РИ	РИ-EQR
1	Брежанска 2014	0	0,5
2	Стара 2014	74,1	0,8704
3	Дереорман 2014	12,69841	0,56349
4	Поповска 2014	-4,06091	0,4797
5	Мелнишка 2014	54,12844	0,77064
6	Манастирска 2014	54,92958	0,77465
7	Соколица 2014	14,12214	0,57061
8	Йерусалимовска 2014	32,65306	0,66327
9	Бяла 2014	23,18841	0,61594
10	Крумовица 2014	5,714286	0,52857
11	Бисерска 2014	6,870229	0,53435
12	Перперек 2014	11,23596	0,55618
13	Върбица -Ст. кладенец 2014	5,714286	0,52857
14	Върбица - Златоград 2014	12,30769	0,56154
15	Поповска 2015	27,46781	0,63734
16	Мелнишка 2015	14,28571	0,57143
17	Манастирска 2015	-9,04523	0,45477
18	Соколица 2015	1,333333	0,50667
19	Бяла 2015	93,7931	0,96897
20	Крумовица 2015	2,040816	0,5102
21	Перперек - Горна крепост 2015	-14,5833	0,42708
22	Перперек - Черноочене 2015	МД*	0
23	Върбица - Ст. Кладенец 2015	-54,9618	0,22519
24	Джебелска 2015	20,72072	0,6036
25	Неделинска - преди Неделино 2015	86,2069	0,93103
26	Неделинска - след Неделино 2015	60	0,8
27	Върбица - Златоград 2015	81,81818	0,90909
28	Сушичка 2015	-86,4865	0,06757
29	Стара 2015	23,52941	0,61765
30	Копривен 2015	2,631579	0,51316

11б.

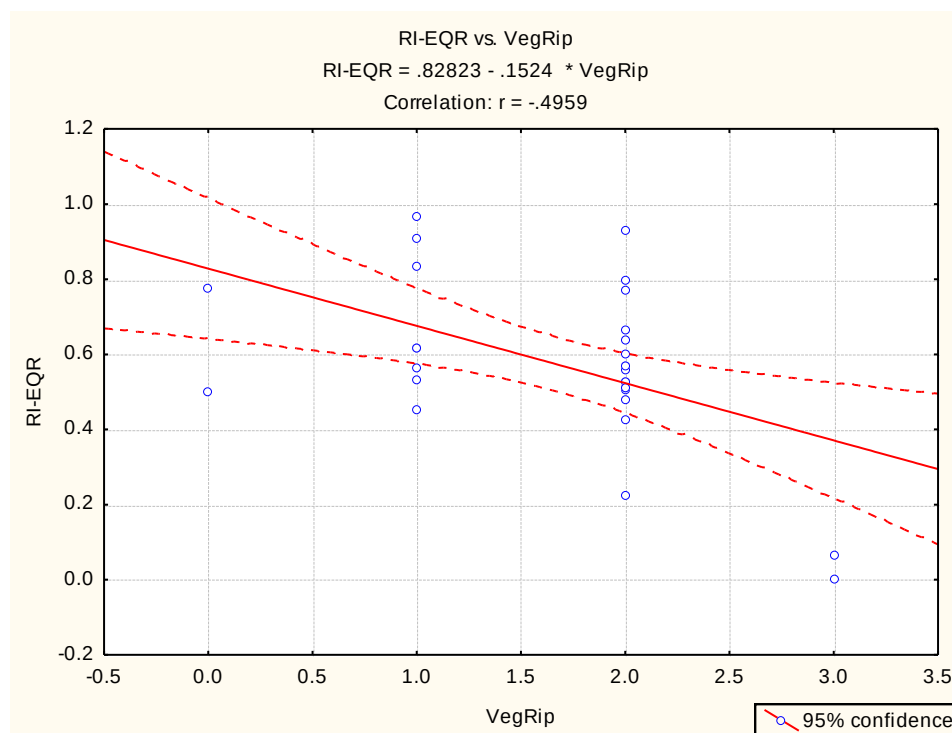
Пункт	IBMR	IBMR- EQR	RMI	RMI- EQR
Поповска 2015	9,241379	0,7637396	0,21	0,605
Мелнишка 2015	11,11111	0,9182607	0,5	0,75
Манастирска 2015	7,804878	0,6450222	0,06	0,53
Соколица 2015	8,478261	0,7006729	-0,2	0,4
Бяла 2015	11,39535	0,9417511	0,16667	0,416667
Крумовица 2015	10,3913	0,8587734	0	0,5
Перперек – Горна Крепост 2015	7,85	0,6487512	0	0,5
Преперек – Черноочене 2015	11	0,9090781	0,5	0,75
Върбица – Студен Кладенец 2015	8,586207	0,7095939	0,4	0,7
Джебелска 2015	10,92857	0,903175	0,67	0,835
Неделинска – преди Неделино 2015	11,81818	0,9766955	1	1
Неделинска – след Неделино 2015	8,588235	0,7097615	н.п.	
Върбица – Златоград 2015	13,08696	1,0815515	н.п.	
Сушичка 2015	9,125	0,7541216	н.п.	
Стара 2015	10,38889	0,8585738	0,333	0,6665
Копривен 2015	10	0,8264347	0,333	0,6665
Дереорман 2014	10,11765	0,8361574	0,5	0,75
Поповска 2014	7,888889	0,6519651	0,2	0,6
Мелнишка 2014	11,5	0,9503999	0,5	0,75
Манастирска 2014	11,89744	0,9832454	0,5	0,75
Соколица 2014	9,540541	0,7884633	0,2	0,6
Йерусалимовска 2014	10,35294	0,855603	0,5	0,75
Бяла 2014	8,48	0,7008166	-0,5	0,25
Брежанска 2014	10,88889	0,8998955	0,7	0,85
Стара 2014	12,35294	1,0208899	н.п.	
Крумовица 2014	11,29412	0,933385	-0,5	0,25
Бисерска 2014	10,77778	0,8907129	-0,25	0,375
Перперек 2014	11	0,9090781	0,5	0,75
Върбица – Студен Кладенец 2014	8,551724	0,7067441	0,625	0,8125
Върбица – Златоград 2014	13,6	1,1239512	0,5	0,75

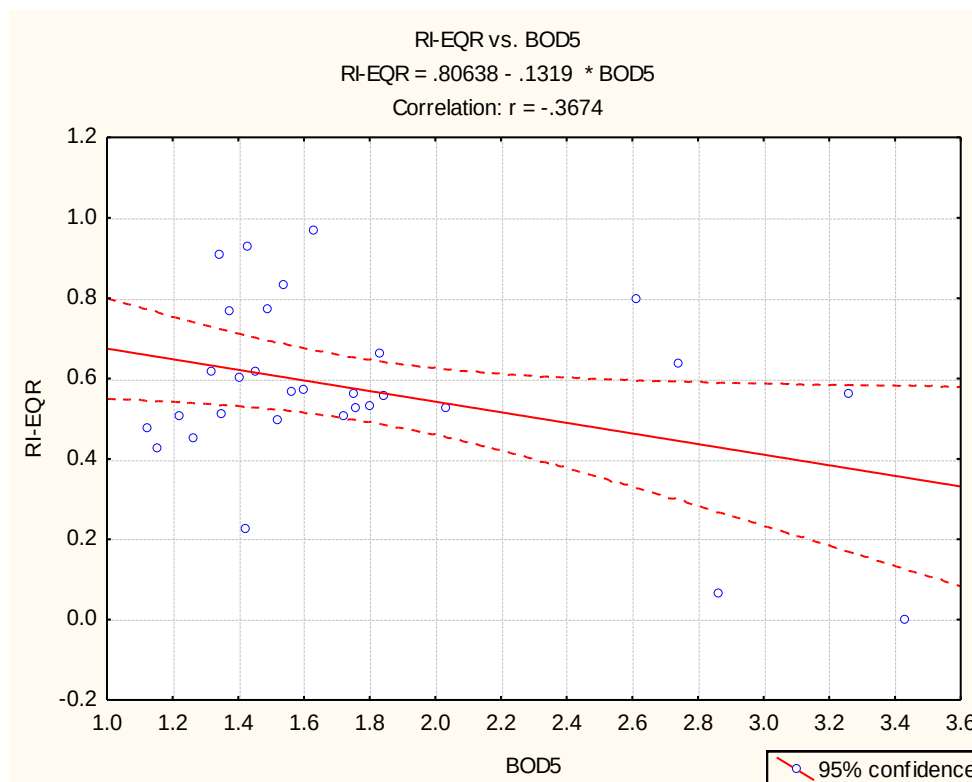
Установена бе достоверна взаимовръзка между оценката по приложения Референтен индекс и комбиниран натиск (*Табл. 12*). В допълнение индексът показва отрицателна корелация със самостоятелно приложени показатели за натиск като промени в крайречната растителност и БПК₅ (*Фиг. 12*).

Табл. 12. Връзката натиск-въздействие на националния метод и избрани показатели за натиск.

Натиск	Изпитван индикатор	r ²	p
Еутрофикация, обща деградация			

1	Комбиниран натиск (Градски райони, Земеделски площи, Заграждения, Водовземане, Изменение на местообитанията, Крайбрежна растителност)	Базиран на макрофити EQR	0,563	<0,05
2	Физико-химични параметри (БПК ₅ , Общ N)	Базиран на макрофити EQR	0,431	<0,05



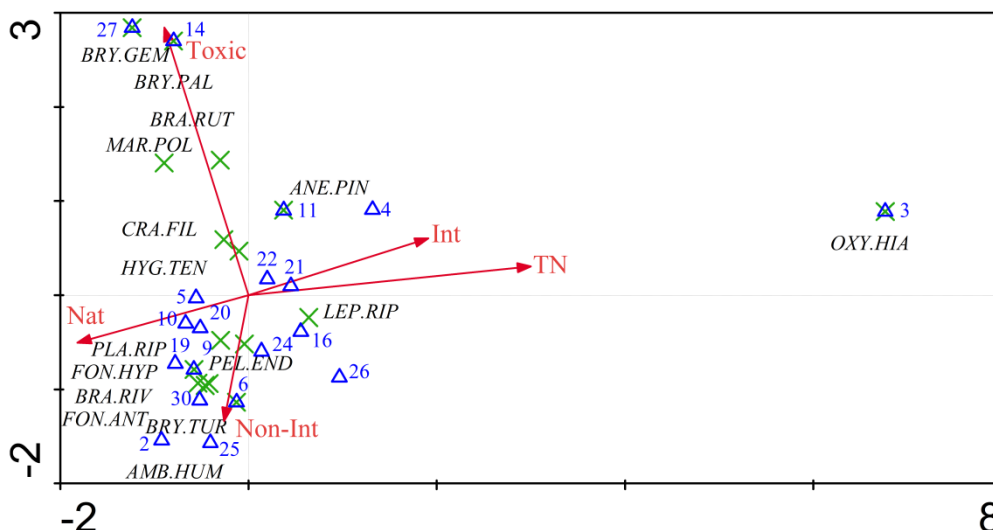


Фиг. 12. Отговор на метода за оценка към различен вид натиск (изменение на крайбрежната растителност и БПК₅).

Съобществата от водни мъхове бяха разделени на първо ниво от проведения класификационен анализ (чрез метода TWINSpan) на две подгрупи (eigenvalue 0,567). Първата се характеризираше от *Cratoneuron filicinum*, *Hygroamblystegium tenax* и *Leptodictyum riparium* и бе разпространена в малки до средни реки (среден водосбор 162 км²) при средна нам.в. (111-480 м), смесена геология и доминиращо бавно течение на водата. Втората подгрупа включваше като характерни видове *Brachythecium rivulare*, *Bryum turbinatum*, *Fontinalis antipyretica* и *F. hypnoides*. Това съобщество бе регистрирано в малки и средни реки (водосбор 26 - 661 км²; среден водосбор 100,8 км²; SD 157,2) при средна надм.в. (120-540 м), бързо течаща вода и твърд субстрат (основно камъни).

Директният градиентен анализ (CCA) беше приложен за оценка на връзката между видовете и натиска (Фиг. 13, eigenvalues=1,503). Първата ос бе положително повлияна от общият азот и интензивното селско стопанство, водещо до еутрофикация. Втората ос разкрива въздействието на комбинирания натиск, по-специално екстензивното селско стопанство и токсичния риск. Съобществата от водни мъхове при висок процент естествена крайречна растителност са представени от потопените *Platyhypnidium riparioides*, *Fontinalis antipyretica*, *F. hypnoides*, *Brachythecium rivulare* (долната лявата част на фигурата). Речните пунктове, разположени в райони с интензивно селскостопанство (понижена скорост на течението и увеличена седиментация) и високи нива на общ азот се характеризират с присъствие на *Leptodictyum riparium*. Интензивното земеползване показва отрицателна корелация с доминиращия субстрат ($R=-0,33$) и скоростта на водата ($R=-0,27$). Видове, регистрирани при увеличен токсичен риск бяха

Hygroamblystegium tenax, *Cratoneuron fillicinum*, и развиващият се по бреговете чернодробен мъх *Marchantia polymorpha* (левия горен ъгъл на диаграмата).



Фиг. 13. CCA ординационна диаграма с избрани показатели за натиск (Int: интензивно и Non-Int: екстензивно селскостопанство %, Nat: естествени земи %, TN: общ азот и Toxic: токсичен риск). Кодовете на видовете са посочени в Табл. 9, номерацията на пунктовете на Фиг. 2.

В хода на проучването бе установено доминиране на мъхове в неповлияни речни пунктове. Разпространението на вида *Hygroamblystegium tenax* в участъци с повишен риск от токсични субстанции потвърждава предходното му съобщаване от замърсени местообитания (Vanderpoorten & Palm, 1998; Gecheva, Yurukova & Ganeva 2011). Описаните съобщества от плеурокарпните (растящи хоризонтално) *Brachythecium rutabulum* и *Leptodictyum riparium* в условия на хидроморфологичен натиск съответстват на докладвано въздействие на водния отток върху морфологията на водните растения (Weekes *et al.*, 2014).

Може да се обобщи, че съобществата при реферетни условия в пресъхващи реки са доминирани от реофилни водни мъхове като *Platyhypnidium riparoides*, *Brachythecium rivulare* и *Fontinalis* spp., формиращи големи „килими“ и индикиращи по-твърди субстрати, по-висока скорост на течението, непроменена крабрежна растителност, респективно засенчени брегове. Надолу по течението, акумулираната органична материя благоприятства развитието само на мезо- до еутрофния *Leptodictyum riparium*, изместващ гореописаните видове. В допълнение мъховата флора изчезва с физични промени като ниска скорост на течението и мек субстрат резултат от водовземане и хомогенизиране на местообитанието.

5.3.2. Адаптиране на методика за оценка на ЕС/ЕП на стоящи води и интеркалибриране

В процеса на интеркалибрация бе изследвана взаимовръзката с натиска, бяха валидирани референтните стойности и бе извършена т.нар. настройка на границите на класовете за екологично състояние като в процеса на обработка на данните

отпаднаха пунктовете Върбица – Златоград 2014 и Перперек – Черноочене 2015. Процесът е представен по-долу с някои от основните стъпки.

>Процес по установяване на референтност/бенчмаркинг и процедура за определяне на граници

>>Описание на процеса по определяне на референтни/бенчмарк стойности

Определянето на референтни стойности бе извършено въз основа на алтернативни бенчмарк пунктове, тъй като в страната липсват истински референтни пунктове. Процедурата следваше подхода на Средиземноморската ГИГ и общи референтни условия. Изискваните прагове на показателите за натиск от Средиземноморската ГИГ за окончателния подбор на референтни стойности (**Табл. 13**) бяха приложени към националния набор от данни.

Табл. 13. Прагове, приложени за избор на референтни пунктове (по Feio et al., 2014).

Канализиране	≤ 2
Изменение на крайбрежието (1–4)	≤ 2
Промяна на хабитати (1–4)	≤ 2
Крайбрежна растителност (1–4)	≤ 2
Свързаност (1–4)	≤ 2
Дебит на потока (1–4)	≤ 2
Влияние на язовири, нагоре по течението (1–4)	≤ 2
Водовземане (1–4)	≤ 2
Разтворен кислород (мг/л)	6,39–13,70
N-NH ⁴⁺ (мг/л)	$\leq 0,09$
N-NO ₃ ⁻ (мг/л)	$\leq 1,15$
P-Общ (мг/л)	$\leq 0,07$
P-PO ₄ – (мг/л)	$\leq 0,06$
% изкуствени площи (водосбор)	≤ 1
% интензивно земеделие (водосбор)	≤ 11
% екстензивно земеделие (водосбор)	≤ 32
% полу-естествени райони (водосбор)	≥ 68

Сравнението с установените прагове на показателите за натиск при референтни условия (**Табл. 13**) показва, че в пет описания (**реките Бяла 2014, Бяла 2015, Неделинска-преди Неделино, Стара 2014 и Стара 2015**) условията са изпълнени. **Тези пунктове са и с най-високи стойности на РИ-EQR (0,969; 0,931;**

0,870). Макрофитните съобщества в тези пунктове се доминират от мъхове (*Brachythecium rivulare*, *Platyhypnidium riparioides*, и др.). Това от своя страна съответства на установената липса или понижение в разнообразието от мъхове в условия на влошаващо се екологично състояние (Aguiar *et al.*, 2014). Допълнителна важна метрика на макрофитните съобщества при референтни условия е високото видово богатство ($S_{\text{средно}} = 12$).

>>Определяне на граници

Границата между отлично и добро състояние се приема като една четвърт (0,25) под максималната стойност, при която са представени само видовете таксони от група А. Границата между добро и умерено състояние е точката, в която Група В (безразлични таксони) е доминираща и Група А е представена с около 30%. При такива условия все още липсват или има много малък брой представители на видовете, индикатори за деградация. Границата умеренно и лошо състояние е определена като средна стойност, при която съобществото се доминира от индикатори за деградация (Група С). Характеризира се с изчезването на водни мъхове. Границата лошо – много лошо състояние е точка, при която макрофитите са изчезнали вследствие на антропогенен натиск. Стойностите на EQR са много ниски.

>>Референтни стойности и граници на класовете за качество

Въз основа на алтернативни референтни стойности, биологичните съобщества при ненарушени условия в средиземноморския тип реки в България (ИК типове R-M1 и R-M2), се характеризират с доминиране на водни мъхове като *Platyhypnidium riparioides*, *Brachythecium rivulare* и *Fontinalis* sp., което илюстрира едри и груби субстрати, по-високи скорости на водния отток и сенчести речни брегове. При прехода към добро състояние успоредно с постоянното присъствие на мъхове, се увеличава изобилието на амфибийни таксони (например: *Veronica* sp.) и хелофити (*Agrostis stolonifera*, *Mentha* sp., *Sparganium erectum*, *Typha* sp.). При умерено и лошо екологично състояние водните семенни растения като *Myriophyllum spicatum*, *Ceratophyllum demersum* и представители на род *Potamogeton* (например: *P. crispus*, *P. nodosus*, *P. pusillus*) имат значителна покритие в макрофитните съобщества.

Наборът от данни в настоящата дисертация в основни линии потвърждава модела, описан от Средиземноморска ГИГ, т.е. в референтните пунктове на речни типове RM1, RM2 и RM4 се наблюдава голямо разнообразие от мъхове (Aguiar *et al.*, 2014). Мъховото покритие (например: *Platyhypnidium riparioides*, *Fontinalis antipyretica*, и т.н.) е по-високо в референтните пунктове, в сравнение с останалите класове за качество, по-специално при добро и умерено състояние. В последните някои видове не се срещат или имат много ниска честота на поява и/или обилие (например: *Potamogeton* sp., *Scirpus lacustris*). В процеса на определяне на референтни условия, бяха коригирани границите на класовете за екологично състояние (**Табл. 14**) спрямо тези съгласно Наредба Н-4 и Гечева *и др.* (2013).

Табл. 14. Референтни стойности и граници на клас за Референтен Индекс и стойността на EQR.

	РИ	EQR
Референтни стойности	100	1,00
Граница Отлично / добро (Н/Г)	48	0,74
Граница Добро / Умерено (Г/М)	-2	0,49
Граница Умерено / Лошо (М/Р)	-60	0,20
Граница Лошо / Много лошо (Р/В)	-100	0
Лошо състояние	Макрофитна депопулация	

>Проверка за съответствие с РВД и оценяване на концепцията за оценка

>>Съгласуване с РВД

Според ЕС (European Communities, 2011) само методите за оценка, отговарящи на изискванията на РВД могат да бъдат интеркалибрирани. Важна стъпка в процедурата по интеркалибриране е проверка на националните методи, разглеждащи различни критерии за съответствие с РВД. Критериите за съответствие с РВД са определени в Приложение VI (European Communities, 2011). Ние следвахме този образец/модел, за да документираме съответствието на националния методи за оценка. Всички критерии в проверката за съответствие са изпълнени.

>>Оценяване на концепцията за оценка

Националният макрофити-базиран метод (Референтен индекс) се основава на мултихабитатното пробонабиране, покриващо целия речен канал и крайбрежие. Референтния индекс дефинира типово-специфични референтни и неспецифични смущения в индикаторните таксони (харови водорасли, мъхове и висши растения). Интеркалибрираните методи в Средиземноморска ГИГ - RMI (Словения) и IBMR (Кипър, Гърция, Франция, Италия, Португалия, Испания) също са методи базирани на индикаторни видове.

Би могло да се заключи, че Българският метод (РИ) има сходни подходи за взимане на проби и концепция за оценка с RMI и IBMR, следователно интеркалибрацията е осъществима, от гледна точка на концепциите за оценка.

>ИК процедура

Групата за макрофитите на Средиземноморска ГИГ е финализираща интеркалибрацията, но България не е била присъединена. За целта, първо е необходимо да се докаже, че националният макрофити-базиран метод е в съответствие с РДВ, нормативните дефиниции и интеркалибрацията е възможна от гледна точка на типологията. Във втора стъпка, трябва да се докаже, че границите за класове на екологично състояние са в съответствие с резултатите от интеркалибрацията.

>>Избор на подходяща фит-ин процедура

Средиземноморската ГИГ успешно приключва интеркалибрацията на реки през 2013 г. като обхваща седем държави-членки (Португалия, Гърция, Франция, Испания, Кипър, Словения и Италия). Всички те използват Френския индекс IBMR (Indice Biologique Macrophytique en Rivière; Naury *et al.*, 2006), като система за оценка. Изключение прави Словения, която използва RMI (River Macrophyte Index). Тъй като по време на опитите да приложим словенския метод за анализ на

българските данни, се появи проблем, по-точно поради малкия брой на индикаторни видове, прилагането на Словения Индекс за много от българските пунктове е невъзможно. Въз основа на това, за фит-ин процедурата ние решихме да следваме Вариант А: „**ИК Вариант 1 или 2, използващ референтни/бенчмарк пунктове**“.

>> *Изисквания за използване на процедурата, описани като Случай А1: Вариант 1 или 2, при използване на референтни/бенчмарк пунктове*

Изисквания за използване на подхода А1

- *Подробни детайли за общата метрика (например: видови множества и тежести на метриката).*

Методът използван за интеркалибрация на Вариант 1 в рамките на Средиземноморската ГИГ е Френския IBMR (Nauy *et al.*, 2006). Подробности за това как е приложен този метод, като обща метрика за интеркалибрацията на Средиземноморска ГИГ, са предоставени в ИК доклад на Средиземноморската ГИГ (Aguar *et al.*, 2014).

>> *Процес по привеждане в съответствие на българския метод с приключилата интеркалибрация*

Стъпка 1: Изчисляване на общата метрика (СМ) въз основа на националния набор от данни.

Общия Средиземноморски метод IBMR (“обща интеркалибрационна метрика”=ICM) е изчислен за националния набор от данни.

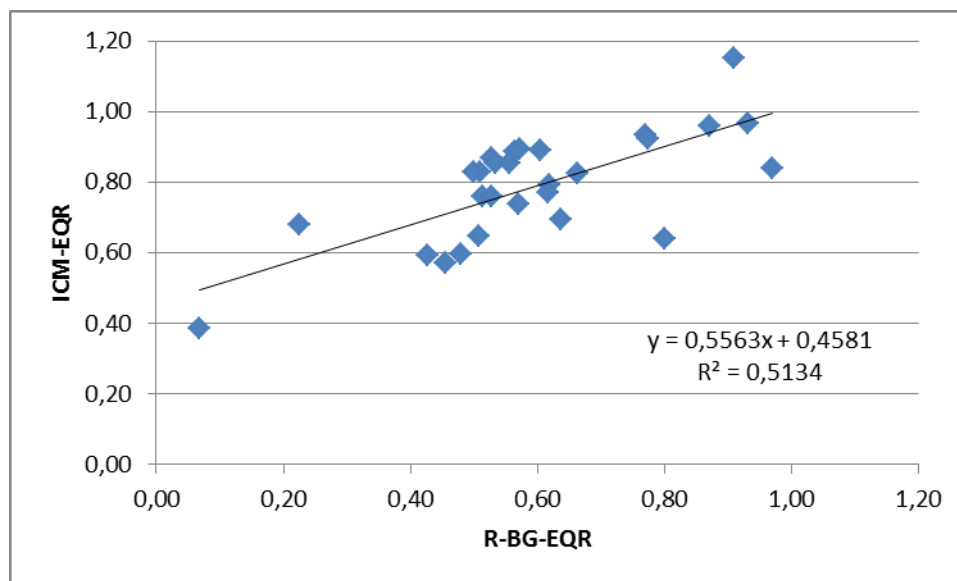
Стъпка 2: Използване на данните, асоциирани с натиск, за идентифициране на пунктовете от националния набор от данни, които отговарят на критериите, установени от ГИГ за избор на референтни или бенчмарк пунктове.

Процедурата следваше подхода на Средиземноморската ГИГ и разработи общи референтни условия.

Стъпка 3: Стандартизиране на общата метрика (СМ_{bm}) към референтните стойности съобразно използвания подход. Ако се стигне до заключението, че не се изисква бенчмарк стандартизация, то за да остане в сила това заключение, средната стойност на общата метрика (СМ) на референтните пунктове на присъединяващия се метод трябва да лежи в диапазона на средните стойности на референтните пунктове на вече интеркалибрираните методи. Ако референтните пунктове на присъединяващия се метод стоят извън този обхват, то присъединяващия се метод трябва да стандартизира своите пунктове на база на референтните стойности, отнасящи се до стойността на глобалната средна СМ на бенчмарк пунктовете.

Стъпка 4: Използване на OLS регресията за определяне на взаимовръзка между СМ_{bm} (y) и EQR на присъединяващия се метод (x). Специален случай е, когато за класификацията на присъединяващия се метод се разчита изцяло на общата метрика, разработена в приключилата интеркалибрация, вместо да се разчита на разработване на свой собствен метод (това е по-скоро като Вариант 1). В този случай, регресията би била безсмислена, тъй като y директно зависи от x. Целта на ДЧ, избори да използват СМ като основа на своя метод, е проста - след всяко определяне на референтни пунктове техните граници трябва просто да лежат в рамките на една четвърт от класа на глобалната средна.

Регресията отговаря на минималните критерии, определени от ЕС, 2011 ($r^2 > 0,25$; $p < 0,001$; $r > 0,5$; **Фиг. 13**).



Фиг. 14. Регресията между ICM (IBMR) и националния РИ-EQR.

Стъпка 5. Определяне на позициите на националните граници за клас (MP, GM, HG и референтните стойности) по скалата на CM_{bm}.

Чрез използване на формулата, представена в **Фиг. 14**, националните граници бяха преобразувани в ICM-граници (**Табл. 19**).

Табл. 19. Преобразуване на националните граници в ICM- граници.

Граница / Референтни условия	RI-BG- EQR	ICM-EQR прогнозирана	ICM-EQR Средиземноморска ГИГ	Отклонение
Max	1,00	1,0144		
H/G	0,74	0,8809	0,9127	-0,0318
G/M	0,49	0,7307	0,7543	-0,0236
M/P	0,20	0,5694		

Стъпка 6. Прилагане на критериите за съпоставимост, обобщени в точка 6.

6.1. Определяне на посоката на отклонение на националните граници HG и GM на присъединяващия се метод по скалата на общата метрика, съответна на глобалната средна, дефинирана в приключилата интеркалибрация.

Националните граници H/G и G/M падат под глобалната средна стойност (виж **Табл. 19**).

6.2. Ако националната граница GM по скалата на общата метрика падне под стойността на глобалната средна стойност, се изчислява размер на това отклонение и се изразява като пропорция/дял от ширината на класа за добро екологично състояние по скалата на общата метрика. Ако стойността е $\leq 0,25$,

границата GM изпълнява критериите на съпоставимост. Ако стойността е $>0,25$, границата GM трябва да бъде повишена докато отклонението между националната граница GM по скалата на общата метрика и стойността на глобалната средна по същата скала достигне стойност $\leq 0,25$ ширина на класа (Табл. 20).

Табл. 20. Изчисляване на размера на отклонението на G/M, изразено чрез пропорция от ширината на класа.

	Ширина на класа	Отклонение	Отклонение
G/M	0,1502	-0,0236	0,1572

Размера на отклонението, изразено чрез пропорция от ширината на клас е $\leq 0,25$ и следователно отговаря на критериите за съответствие.

6.3. Ако националната граница GM по скалата на общата метрика падне под глобалната средна стойност,

Няма съответствие.

6.4. Тези стъпки след това трябва да бъдат повторени за границата HG. По този начин, ако националната граница HG по скалата на общата метрика падне под стойността на глобалната средна стойност, се изчислява размера на отклонението и се изразява като пропорция от ширината на класа за отлично екологично състояние по скалата на общата метрика. Ако тази стойност е $\leq 0,25$, то границата отговаря на критериите за съпоставимост. Ако е $> 0,25$, то границата HG трябва да бъде повишена докато отклонението между националната граница HG по скалата на общата метрика и глобалната средна стойност по същата скала достигне $\leq 0,25$ ширина на класа. Ако националната граница HG по скалата на общата метрика падне под стойността на глобалната средна, се изчислява размера на отклонението и се изразява като пропорция от ширината на класа за добро екологично състояние по скалата на общата метрика. Ако тази стойност е $\leq 0,25$, то границата отговаря на критериите за съответствие. Ако е $> 0,25$, границата HG може да бъде по-ниска, докато отклонението между националната граница HG по скалата на общата метрика и глобалната средна по същата скала достигне стойност $\leq 0,25$ ширина на класа. Въпреки това, не е задължително да се правят тези корекции. Ако отклонението е $> 0,5$ от ширината на класа за добро екологично състояние, корекцията е силно препоръчителна, тъй като това означава, че глобалната средна стойност на границата HG на държавите, които са приключили интеркалибрация е по-близка до границата GM на присъединяващата се държава членка (Табл. 21).

Табл. 21. Изчисляване на размера на отклонението на H/G, изразено като пропорция от ширината на класа, преди и след съгласуването на границата H/G

Ширина на клас	Отклонение abs.	Отклонение rel.
----------------	-----------------	-----------------

H/G първоначална	0,1446	-0,0429	0,2968
H/G коригирана	0,1335	-0,0318	0,2383

Границата H/G трябва да бъде коригирана от 0,74 на 0,76.

Табл. 22. Окончателни стойности на клас границите по БЕК Макрофити за тип R14 (IC типове R-M1 и R-M2).

Гранични стойности	RI	EQR
Реф условия	100	1,00
Отлично / добро	28	0,640
Добро / Умерено	-30	0,350
Умерено / Лошо	-80	0,100
Лошо / Много лошо	-100	0
Много лошо състояние	Макрофитна депопулация	

>Заклучение

Въз основа на взаимовръзките и следвайки CIS Ръководните документи бяха определени референтни стойности и граници на класове за екологично състояние за Референтния Индекс, който се използва за оценка на реки тип R14, на база на БЕК Макрофити. Спазвайки фит-ин процедурата на Wilby *et al.* (2014), националният метод за оценка е сравнен с приключилата интеркалибрация на Средиземноморска ГИГ. Анализът показва добро съгласуване на националния метод с методите на други държави-членки на Средиземноморската ГИГ. Следвайки критериите, определени във фит-ин процедурата, националният метод за оценка на България, с леки корекции на границата H/G, се приема за съпоставим със съществуващия базиран на макрофити метод (IBMR).

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ИЗВОДИ

Съставът и разпространението на съобществата от водни макрофити отразяват съвкупността от условия на средата. В проучените пунктове, при неповлияни условия доминират съобщества от водни мъхове. С поява на еутрофикация и хидроморфологични изменения се развиват видове с пластични растежни форми и стелещи се стъбла (напр. *Brachythecium rutabulum*, *Leptodictyum riparium*). С нарастване на хидроморфологичния натиск съобществата се характеризират с редуциран видов състав, ниско обилие и дори липса на мъхове. *Leptodictyum riparium* доминира в участъци с интензивно земеделие. Видове, характерни за райони с токсично въздействие са *Hygroamblystegium tenax*, *Cratoneuron filicinum* и *Marchantia polymorpha*. Въпреки силната връзка между

съобществата от водни мъхове и антропогенния натиск, е трудно да бъде разграничено въздействието на хидроморфологичните изменения от това на еутрофикацията. Затова понижението във видовото богатство и общото обилие са очертани като сигнални метрики и за двете групи натиск. Мъхове със стелещи се форми отразяват физични промени. *Leptodictyum riparium* е индикатор за деградация на местообитанието и неговото обилие рефлектира нивото на хидроморфологичен и биогенен натиск.

Могат да бъдат направени следните по-важни изводи:

1. В резултат на предварителен анализ и теренни проучвания, бяха селектирани 22 представителни мониторингови пункта от типа пресъхващи от водосбора на реките Струма, Марица, Арда, Тунджа и Бяла река.

2. Установени бяха общо 88 вида макрофити, от които 18 вида съставляват водно бриофитна флора – три чернодробни мъха и 15 вида листнати бриофити. Към папратообразни и семенни растения са регистрирани 70 вида.

3. Определена бе принадлежността на всеки един вид към съответната група спрямо водата като среда и степента на привързаност към водата. Изключително водните видове съставляват 19%, респективно хелофитите и амфифитите са най-голям процент (27%) от регистрираните видове.

4. Валидирането на изследваните национални пунктове спрямо общите европейски типове пресъхващи реки въз основа на надморска височина, водосбор, хидрологични характеристики показва, че пунктовете в страната принадлежат към 2 от общите европейски типове: R-M1 и R-M2.

5. TWINSpan анализът потвърди горепосоченото валидиране като раздели базата данни на 2 групи: средни по размер реки, при ниска надморска височина със смесена геология, т.е. R-M2 с индикатори *Lemna minor*, *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton nodosus*, *Ranunculus trichophyllus*, *Schoenoplectus lacustris*, *Berula erecta* и др. Втората група обхваща малки реки при средна надморска височина, с бързо течение и по-груб субстрат, т.е. R-M1 с доминиращ вид *Platyhypnidium riparioides* и други водни мъхове.

6. Екологичното състояние на реки от типа пресъхващи (R14) на територията на България съгласно приложения Референтен индекс показва, че преобладаващата част са в отлично и добро екологично състояние. Пунктовете на

реките Бяла, Стара и Неделинска преди с. Неделино са определени с условия близки до референтните.

7. Установена бе достоверна силна взаимовръзка ($r^2 = 0,563$; $p < 0,05$) между оценката по приложения Референтен индекс и комбиниран натиск.

8. При съпоставката с френският интеркалибриран индекс IBMR и изследване на взаимовръзката с натиска, бяха валидирани референтните стойности и бе извършена т.нар. настройка на границите на класовете за екологично състояние. Националният метод за оценка с леки корекции на границата H/G бе интеркалибриран.

7. ПРИНОСИ

1. Съставен е *актуален таксономичен списък на водните макрофити* със съответния природозащитен статус, установени в двадесет и два представителни пункта през двугодишния период на настоящото проучване.

2. Представен е *списък на регистрираните растителни видове, разпределени по групи в зависимост от отношението им към водата като среда и привързаност към водата*. За 23 вида се съобщава за *първи път привързаността към водата*, въз основа на събраните данни по време на теренната работа.

3. За първи път е *направена оценка на екологично състояние по МФ въз основа на стойностите на РИ на пунктове от типа пресъхващи реки (R14)*, за периода на изследване (2014-2015 г.).

4. През двугодишния период на изследване за първи път бяха тествани *Френския (IBMR) и Словенския (RMI) индекси*.

5. Това е първото проучване, при което е проведен процес на *интеркалибрация* на реки от типа пресъхващи (R14) на територията на България. За първи път беше извършено *определяне на референтни условия и бяха коригирани границите на класовете за екологично състояние*.

Списък на публикациите по темата на дисертацията:

1. **Hristeva Y.**, G. Gecheva, K. Pall. **2015.** *Flora of the Mediterranean Rivers in Bulgaria*. Ecologia Balkanica, v. 7 (1), 113-120.
2. Gecheva G., K. Pall, **Y. Hristeva.** **2016.** *Bryophyte communities' responses to environmental factors in highly seasonal rivers*. Botany Letters, v. 164 (1), 79-91.

Участия в конференции с материали по темата на дисертацията:

1. **Hristeva Y.**, G. Gecheva, K. Pall, Lilyana Yurukova. *Macrophyte-based ecological status assessment of sub-Mediterranean rivers in Bulgaria*. **2014.** Section "Biology" – Union of Scientists in Bulgaria Institute of Biodiversity and Ecosystem Research- Bulgarian Academy of Sciences. Seminar of ecology – 2014 with international participation, 24-25 April 2014, Sofia, Bulgaria. Poster.
2. **Hristeva Y.**, G. Gecheva, K. Pall. *Bryophyte flora of Mediterranean rivers in Bulgaria*. **2015.** Section "Biology" – Union of Scientists in Bulgaria Institute of Biodiversity and Ecosystem Research- Bulgarian Academy of Sciences. Seminar of ecology – 2015 with international participation, 23-24 April 2015, Sofia, Bulgaria. Oral presentation.