

СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“

Биологически факултет

Катедра „Зоология и антропология“



ЕЛЕНА ПЕТРОВА ТОДОРОВА

**КАЧЕСТВЕН И КОЛИЧЕСТВЕН СЪСТАВ НА НЯКОИ ОСНОВНИ
ГРУПИ БЕЗГРЪБНАЧНИ ЖИВОТНИ С ВАЖНО ЗНАЧЕНИЕ ЗА
ЕЗЕРО ВАЯ**

АВТОРЕФЕРАТ

**НА ДИСЕРТАЦИОНЕН ТРУД
ЗА ПОЛУЧАВАНЕ НА ОБРАЗОВАТЕЛНАТА И НАУЧНА СТЕПЕН
„ДОКТОР“**

**Направление 4.3 Биологически науки
(Зоология - Зоология на безгръбначните животни)**

Научни ръководители:

Проф. д-р Мария Делова Шишиньова

Доц. д-р Апостол Методиев Апостолов

СОФИЯ

2014

Дисертационния труд съдържа общо 267 страници, включително 107 фигури, 11 таблици, 1 приложение (2 таблици) и 366 литературни източника.



Защитата на дисертационния труд ще се състои на 3.12.2014 г.от

В

на Биологически факултет, СУ Св. Кл. Охридски

КАЧЕСТВЕН И КОЛИЧЕСТВЕН СЪСТАВ НА НЯКОИ ОСНОВНИ ГРУПИ БЕЗГРЪБНАЧНИ ЖИВОТНИ С ВАЖНО ЗНАЧЕНИЕ ЗА ЕЗЕРО ВАЯ

1.УВОД

Езеро Вая, е най-голямото, най-плиткото черноморско езеро и най-голямото естествено езеро в България. Разположено е на миграционния орнитологичен път Via Pontica и е с важно значение за опазването на редица редки и застрашени видове птици. Рамсарски обект, включен в националната екологична мрежа Натура 2000 като защитена зона, обявена като критично застрашена влажна зона в Червения списък на българските влажни зони (Michev & Stoyneva, 2007). От възникването си до днес (особено през последните 50 години), подложено е на силен антропогенен натиск. Ез. Вая е претърпяло съществени промени, сред които изплитняване, комбинирано с изравняване на дъното, намаляване на водната площ и драстично намаляване на солеността при съответно осладняване, за което допринася затлачването на канала, свързващ езерото с Черно море. Влияние оказват разнообразни антропогенни фактори, като заустване на битови и промишлени отпадни води, внасяне на биогенни елементи във влажната зона чрез речния вток и др.

Зоопланктонът и зообентосът са важни компоненти и междинно звено в хранителните вериги и като хранителен ресурс за много видове риби, поради което са от съществено значение за функционирането им. Те имат значим ефект върху обилието на бактериопланктона и фитопланктона. Структурата им в Бургаското езеро, както и индикаторният им потенциал спрямо променящите се екологични условия на средата са слабо проучени. Зоопланктонните и зообентосните съобщества имат безспорна роля в кръговрата на веществата в плитките водни басейни, каквото е Бургаското езеро. Те участват и в самопречиствателните процеси, усвоявайки значително количество детритни частици. Бентосното съобщество е изключително чувствително към засиления антропогенен натиск от изток - североизток и всяко увеличение на емисиите на замърсителите може да доведе до увеличаване на площта от дъното със слаб хранителен потенциал за рибните популации. Липсата на системни хидробиологични изследвания върху планктонните организми и дънната фауна на езерото през последните 50 години, както и променената екологична обстановка в езерото, определят необходимостта от извършването на подобни изследвания. Те биха допринесли за по-нататъшното използване на езерото като рибостопански обект от гледна точка на наличните хранителни ресурси за рибите. Липсата на настоящи данни

за екологична оценка на езерото ни дават основание за по-задълбочено изследване на индикаторните видове и тяхната роля при определяне на екологичното състояние на езеро.

2. ЛИТЕРАТУРЕН ОБЗОР

Литературният обзор включва извършените във времето хидрохимични изследвания, както и изследванията върху фито- и зоопланктона и зообентоса на езерото Вая и някои лимани в страната. Проследено е изменението на основни **хидрохимични параметри** на езерото през годините до нашите изследвания и процеса на влошаване на хидрохимичните условия, поради намаляване на проточността и замърсяването на езерните води, и последствията за безгръбначната и рибна фауна. В литературният обзор е отбелязана промяната в кислородното съдържание, ходът на изменението на окисляемостта, активната реакция (рН), промяната на температурата и алкалността и зависимостта от количеството и качеството на постъпващите води, изпаренията, влиянието на дънните тини, цъфтежите и гниенето. Проследени са промени във връзка със заустването на отпадните води от НХК – Бургас и влиянието на река Айтоска. Литературният преглед поражда въпроси, свързани с еутрофикацията на езерото и свързаните с това последствия. Като биоиндикатори за качеството на водите, състоянието на хидроекосистемата и тяхното антропогенно изменение могат да се използват практически всички хидробионти, техните популации и съобщества (Шуский, В. и кол., 2002). Това прави актуални и значими настоящите изследвания върху планктона и зообентоса на езеро Вая. Литературната справка на изследванията върху **фитопланктона, зоопланктона и зообентоса** показва, че първите алгологични бележки за езеро Вая са дадени от Петков (1919) и Вълканов (1936). Зашев и Ангелов (1958) изследват фитопланктона на Вая. Петрова (1967) и Petrova-Karadjova (1974) и много по-късно Stoyneva (2003) отбелязват тежки цъфтежи на водорасли. Първите изследвания върху безгръбначната фауна на езеро Вая са извършени от Вълканов, А. (1936). Зашев и Ангелов (1958) правят първите систематизирани изследвания на езерото и установяват видовия състав на флората и фауната. Найденов (1967) съобщава за 3 вида ротифери, 5 вида клadoцери и 3 вида копеподи във Вая. Димов (1967) прави проучвания върху биомасата на зоопланктона на Вая и на други наши крайбрежни езера и определя ез. Вая като такова с най-висока продуктивност. Консулов (1973) публикува списък със 7 вида ротифери, 9 вида клadoцери и 4 вида копеподи. Pandourski (2001) установява 27 вида ротифери, 10 вида клadoцери, 4 вида копеподи и 2 протозойни вида. Зашев и Ангелов (1958) проследяват обилието на установените

зообентосни видове и влиянието на променящата се соленост върху видовия състав. Авторите разделят видовете на морски и сладководни и установяват, че групата на морските видове (32) е по-богато застъпена от тази на сладководните (7). Кънева – Абаджиева и Маринов (1967) установяват доминиране на сладководния комплекс във фауната на езерото. Установени са общо 5 вида диптери и 2 вида олигохети. Pandourski, (2001) установява групите Chironomidae, Oligochaeta и Chaoboridae. Макрозообентосът достига максимално количество в западната част на езерото и в сектора пред индустриалната зона на Бургас, където се вливат голямо количество от битовите и индустриални отпадни води. Зообентосът намалява в източна посока. Направеният литературен обзор ни даде градивна представа за променящото се състояние на езерото през годините и ни даде основания да насочим и задълбочим нашето внимание към проучване на хидрохимичните изменения, фито-, зоопланктона и зообентоса на Вая, като сравним резултатите с тези от предишни изследвания.

3. ЦЕЛ И ЗАДАЧИ

Целта на настоящото изследване е:

Да се извършат фаунистични и екологични проучвания на някои зоопланктонни и зообентосни групи безгръбначни животни в условията на засилен съвременен антропогенен натиск на езеро Вая с оглед установяване на тенденциите в неговото развитие.

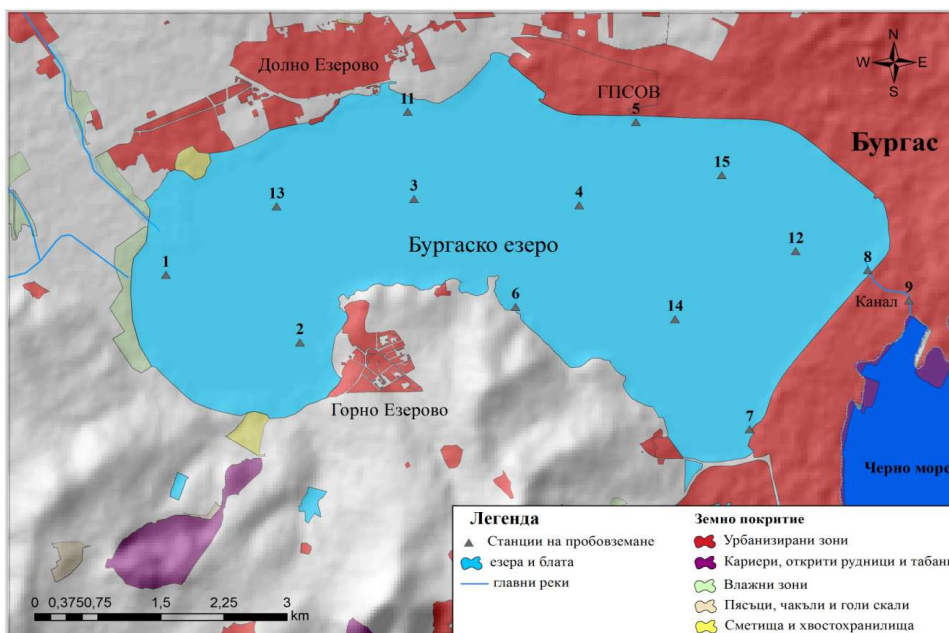
За изпълнение на тази цел са поставени следните **задачи**:

1. Установяване на качествения и количествен състав на зоопланктонните (Rotifera, Cladocera, Copepoda) и зообентосните (Oligochaeta, Chironomidae) безгръбначни животни;
2. Сезонна динамика на видовия състав, числеността и биомасата на изследвания зоопланктон и зообентос;
3. Анализ на структурата на изследваните зоопланктонни и зообентосни съобщества в езерото;
4. Определяне ролята на основните физични и физикохимични характеристики на езерните води в структурата и функциите на изследваните популации безгръбначни животни;
5. Установяване на качествения и количествен състав на фитопланктона на езеро Вая през сезоните на най-активна фотосинтеза;
6. Екологична оценка на състоянието на езерото през периода на изследване.

4. МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

4.1. Материал, станции и координати на станциите на пробовзимане.

Настоящите изследвания за езерото Вая са проведени в рамките на три последователни години – от октомври 2003 до април 2007. Първоначално бяха определени 11 постоянни станции (пунктове) на пробовзимане, а през 2005, 2006 и 2007 г. те бяха увеличени на 14 (Фиг.1).



Фиг.1. Езеро Вая и станции, от които са събирани пробите.

Координатите на станциите са определени с GPS приемник Etrex Summit (GARMIN). Станциите са обхождани с моторна лодка по зададените в GPS координати с точност 3 - 5 m. GPS координатите на точките на пробовзимане са:

1 - N42°29.655, E27°20.925; 2 - N42°29.194, E27°22.085; 3 - N42°30.160, E27°23.082; 4 - N42°30.113, E27°24.518; 5 - N42°30.674, E27°25.013; 6 - N42°29.428, E27°23.961; 7 - N42°28.593, E27°25.988; 8 - N42°29.665, E27°27.021; 9 - N42°29.458, E27°27.376; 11 - N42°30.750, E27°23.032; 12 - N42°29.796, E27°26.394; 13 - N42°30.114, E27°21.888; 14 - N42°29.340, E27°25.344; 15 - N42°30.312, E27°25.758.

Събрани са общо 501 проби, от които: 167 количествени планктонни проби, 167 качествени планктонни проби, 167 бентосни проби и 44 фитопланктонни проби (подбрани от августовските и октомврийските месеци на 2004г., 2005г. и 2006г.)

4.2. Методи за изследване на основни хидрохимични параметри.

На място е мерена дълбочина и са извършвани хидрохимични изследвания за: температура на водата (T°C), рН (рНер 5 - HANNA instruments) и електропроводимост (DiST 4 - HANNA instruments) - инструментално, докато алкалност (обща и свободна), киселинност и разтворен кислород (по Винклер) - титриметрично. Проби по 0,5 l за останалите хидрохимични анализи са замразявани и транспортирани в термоизолираща

кутия. Хидрохимичните изследвания бяха извършени с помощта на гл.ас. Сава Тишков от Катедрата по Обща и промишлена микробиология на БФ, СУ.

4.3. Методи за изследване на фитопланктона.

Изследванията върху фитопланктона са проведени през летните и есенни месеци на 2004, 2005 и 2006 година, като за фитопланктонните изследвания са подбрани 8 пункта - 1,2,3,4,5,8,9 и 11. Пробите са събирани в еднолитрови бутилки, фиксирани в 4% формалин и допълнително утаявани в лабораторни условия. Обработени са 44 проби и са изготвени 308 временни микроскопски препарати. Определянето на фитопланктона е извършено с помощта на проф. Мая Стойнева и Ралица Димитрова в Катедрата по ботаника на Биологически ф-т, СУ.

4.4. Методи за изследване на зоопланктона и зообентоса.

4.4.1. Методи за изследване на зоопланктона.

Качествените и количествени зоопланктонни проби са събрани с мрежа тип Arstein - малък размер с входящ диаметър 16 cm и с размери на "очите" 55 µm. Поради малките дълбочини в езерото Вая, количествените проби са събирани посредством директно филтриране на вода (dm³) през мрежа Arstein. Изброените начини за събиране на проби са стандартни за лимнологичната практика у нас и по света (Национална програма за биомониторинг на България, 1999). За фиксирането на събрания материал е използван 40% разтвор на формалин, който в пробите е доведен до 4% разтвор. Фиксацията е извършена на място. Лабораторната обработка на **количествените** зоопланктонни проби е извършена по модифициран метод на Hensen – Димов (1959). Биомасата е изчислена въз основа на индивидуални стандартни тегла по Жадин (1949, 1960); Уломский (1952); Мордухай – Болтовской (1954); Петипа (1959); Численко (1968). Повечето кладоцери и копеподите са предварително препарирани под стереомикроскоп. Определени са до вид, а когато това не е възможно - до род.

Качественият състав на зоопланктона от групата **Cladocera** е определен с помощта на следните литературни източници: Рылов (1940); Мануилова (1964); Scourfield, Harding (1966); Кутикова, Старобогатов, (1977); Negrea (1983); Balcer, Korda, Dodson (1984); Schwartz et al. (1985); Giebler (2001); Benzie (2005); Алексеев, Цалолихин (2010). Качественият състав на зоопланктона от групата **Copepoda** е определян с помощта на следните литературни източници: Рылов (1948); Монченко (1974); Harding, Smith (1974); Кутикова, Старобогатов (1977); Czaika (1982); Fiers, Van de Velde (1984); Balcer, Korda, Dodson (1984); Ranta et al.(1993); Pesce (1996); Martin, Davis (2001); Mirabdullayev, Defaye (2004); Rybak, Błędzki (2005); Алексеев, Цалолихин (2010), както

и с помощта и съдействието на доц. д-р Иван Пандурски от Института по биоразнообразие и екосистемни изследвания (ИБЕИ), БАН и д-р Мариета Станачкова от Катедра Обща и приложна хидробиология на БФ, СУ. Определянето на качествения състав на групата **Rotifera** е извършено с помощта на д-р Мариета Станачкова.

4.4.2. Методи за изследване на зообентоса.

Успоредно с планктонните проби са събрани зообентосни проби с дъночерпател „тип Екман“ с размер 20x20 cm. Зообентосните проби са фиксирани с 4% формалин. При работата се придържахме към международните стандарти за събиране и обработка на бентосни проби: **EN ISO 9391: 1995** Water quality – Sampling in deep waters for macro – invertebrates – Guidance on the use of colonization, qualitative and quantitative samplers (ISO 9391: 1993) (Пробонабиране от дълбоки води за макробезгръбначни – Ръководство за използване на колонизиращи, качествени и количествени пробовземни устройства); **EN ISO 5667 – 3: 2003/ AC: 2007** Water quality – Sampling – Part 3: Guidance on the preservation and handling of water samples (ISO 5667 – 3: 2003) (Ръководство за консервиране и съхраняване на водни проби).

Качественият и количествен състав на лабораторните проби, включващи групата **Olygochaeta**, е определен с помощта на проф. Йордан Узунов и докторант Галя Георгиева от ИБЕИ, БАН. Видовият състав на групата **Chironomidae** (Diptera) е определен със съдействието на гл.ас. д-р Стефан Стойчев от ИБЕИ, БАН.

4.5. Статистическа обработка и анализ на получените резултати.

а. Систематизиране, анализ и графично представяне на данните за видовия състав на отделните групи зоопланктонни и зообентосни животни, тяхната численост и честота на срещане (pF).

б. Оценка на разнообразието на изследваните съобщества в езеро Вая:

индекси за алфа-разнообразие, базиращи се на богатството на видове и екземпляри, разнообразието, изравнеността на видовете по обилие и на доминирането: броя на видовете и екземплярите.

Структурният анализ на биоценозата включва основните показатели за общото състояние на изследваната биоценоза: индекс за индивидуално видово разнообразие (**H**) (**Shannon-Weaver**, 1963), индекс на **Simpson** (1949) за определяне доминирането в съобществото (**C**); индекс на **Pielou** (1966) за определяне на изравнеността (**E**) в съобществото.

в. Сходство между съобществата по качествен и количествен състав:

Кластерен анализ за оценка на сходство между установения видовия състав на тип Rotifera и този, установен през периода 1953-1957 г. (Зашев и Ангелов, 1958) на база сходство по Jaccard (1901); Индекси на сходство по видов състав на Czekanovski - Dice-Sorensen, за всички двойки станции; Индекси на сходство по качествен и количествен състав и биомаса на Bray-Curtis, за всички двойки площадки; Кластерен анализ, въз основа на индексите на сходство, с метод на присъединяване на кластерите е UPGMA - unweighted pair-group method using arithmetic averages; Кластерен анализ за установяване различието между станциите на пробовзимане по качествения състав на зообентоса и зоопланктона в зависимост от честотата на присъствие на установените видове по сезони и по години, проведен по метода за кластериране на Ward (програма Statistica). Използвана е модифицираната от Mitov (2007) скала за фаунистично сходство, предложена от Злотин (1975). Според нея сходството е определено като: много високо (>85%); високо (85-55%); средно (54-35%) и ниско (<35%).

г. Сходства и различия между съобществата, групирани на базата на даден фактор:

ANOSIM (Analysis of similarities) за доказване на достоверни различия, във връзка с фактори на средата и др.; SIMPER (Similarities percentages) за определяне на сходството и различията, както и приноса на отделните видове.

д. Пространствена структура на съобществата

ординационни анализи: Анализ на главните компоненти - **Principal Component Analysis (PCA)** е използван, за да се разграничат станциите в езерото чрез анализ на главните компоненти на факторите на средата. Да се обобщят основните тенденции на вариране в рамките на получените данни за факторите на средата и връзката между различните параметри, като по този начин се характеризира изследваното езеро.

Detrended Correspondance Analysis (DCA) - с видовият състав на зоопланктона и зообентоса, за да се разграничат ясно особеностите на зоопланктонните и зообеносните комплекси в езерото. DCA е градиентен ординационен анализ и е използван за обясняване на вариациите в пробите и видовете, спрямо основни градиенти на средата. Той е за качествен и количествен анализ, като количественият е на меристични белези (какъвто е броят индивиди от даден вид в дадена станция).

е. Използвани програми за изчисление и графично представяне: Excel, SigmaStat, Sigma Plot, Statistica, Past version 2.05, Primer version 6.1.6.

5. КРАТКА ФИЗИКОГЕОГРАФСКА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ЕЗЕРО ВАЯ

Езеро Вая (Бургаско езеро; до 1942 г. - Вая-къойско блато) е открит, широк и плитък лиман, със слаба, но постоянна връзка с морето. В западния му край е формиран един от най – обширните тръстикови масиви в страната. Общата водна повърхност е 27,6 km². Дъното е покрито с органична тиня. Най-голямата дължина на езерото е 9,6 km, а най-голямата ширина - 4,5 km. Свързано е с морето посредством тесен и плитък канал, дълъг около 350 m. В западната част на езерото се вливат реките Айтоска, Сънър-дере и Чакърлийка. Езеро Вая попада в климатичен район на Бургаската низина. Есента е значително по-топла от пролетта. Вятърът е характерен елемент за района. През студеното полугодие най-често духа от запад и север, а през топлото полугодие източната посока доминира над останалите посоки. Бризовата циркулация оказва влияние върху степента на вълнение и размесване на водите. Висшата водна растителност е важна за създаване на специфични екологични условия за развитието на различни водни съобщества (Rasporov, I. et al., 2002). За района на Вая са отбелязани следните типове растителност (Бондев, И., 1991): тръстика (*Phragmites australis*), папур (*Typha angustifoliae*, *T. latifoliae*), камъш (*Schoenoplecteta lacustris*, *S. triquetri*) и др. Асоциациите на *Ph. australis*, *T. angustifolia*, *T. latifolia* заемат значителни площи в западната и северозападна част на езерото. *Potamogeton pectinatus* се среща на петна в открити водни площи на ограничени пространства или фрагментарно.

6. РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

6. 1. ХИДРОЛОГИЯ И ХИДРОХИМИЯ ПРЕЗ ИЗСЛЕДВАНИЯ ПЕРИОД

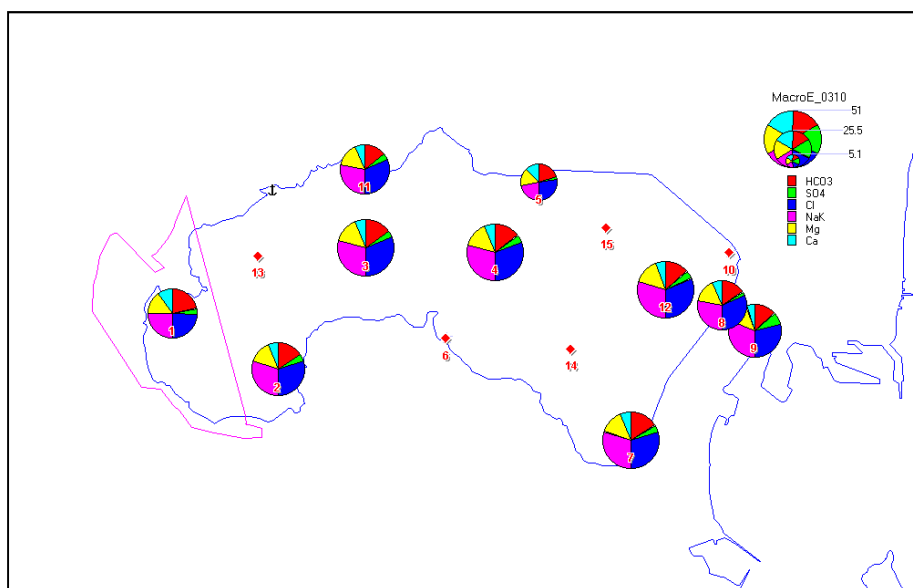
Предварителни хидрохимични изследвания през октомври 2003 г (Т°С, рН, O₂, обща алкалност-Am, HCO₃, Cl, SO₄, Ca, Mg, Na+K)

Резултатите от предварителните изследвания са приведени в **Табл. 1.**

Табл.1. Хидрохимични показатели на езерото Вая (октомври 2003).

| станция | Temp °C | pH | O ₂ mg/l | Am MEq/l | HCO ₃ mg/l | Cl mg/l | SO ₄ mg/l | Ca mg/l | Mg mg/l | Na+K mg/l | M mg/l |
|---------|------------|------|------------------------|-------------|--------------------------|------------|-------------------------|------------|------------|--------------|-----------|
| 1 | 13.8 | 9.03 | 5.86 | 8.33 | 508.13 | 332.34 | 74.64 | 75.15 | 71.28 | 241.18 | 1302.72 |
| 2 | 14.8 | 8.89 | 4.15 | 7.00 | 427.00 | 484.67 | 97.46 | 57.81 | 77.12 | 336.76 | 1480.82 |
| 3 | 15.8 | 8.86 | 4.07 | 7.33 | 447.13 | 540.06 | 97.14 | 61.66 | 88.81 | 355.14 | 1589.94 |
| 4 | 15.5 | 8.73 | 4.07 | 7.17 | 437.37 | 533.13 | 110.32 | 61.66 | 88.81 | 352.95 | 1584.24 |
| 5 | 16.2 | 7.25 | 3.66 | 4.67 | 284.87 | 221.56 | 29.97 | 57.81 | 44.40 | 125.06 | 763.67 |
| 6 | 14.2 | 8.84 | 3.85 | 7.56 | 460.96 | 535.44 | 103.36 | 61.02 | 88.42 | 362.28 | 1611.47 |
| 7 | 14.2 | 8.93 | 3.42 | 8.17 | 498.37 | 533.13 | 102.61 | 59.73 | 87.64 | 378.74 | 1660.23 |
| 8 | 13.6 | 7.14 | 1.95 | 6.00 | 366.00 | 422.35 | 49.74 | 50.10 | 72.45 | 262.20 | 1222.84 |
| 9 | 13.4 | 7.14 | 2.20 | 6.00 | 366.00 | 456.97 | 162.86 | 48.17 | 73.62 | 345.50 | 1453.13 |
| 11 | 12.4 | 8.84 | 2.93 | 5.67 | 345.87 | 443.13 | 82.20 | 52.03 | 75.95 | 275.80 | 1274.97 |
| 12 | 14.1 | 8.77 | 4.31 | 6.50 | 396.50 | 546.98 | 115.14 | 52.03 | 89.98 | 358.17 | 1558.80 |
| средно | 14.4 | 8.40 | 3.68 | 6.76 | 412.56 | 459.07 | 93.22 | 57.92 | 78.04 | 308.52 | 1409.35 |

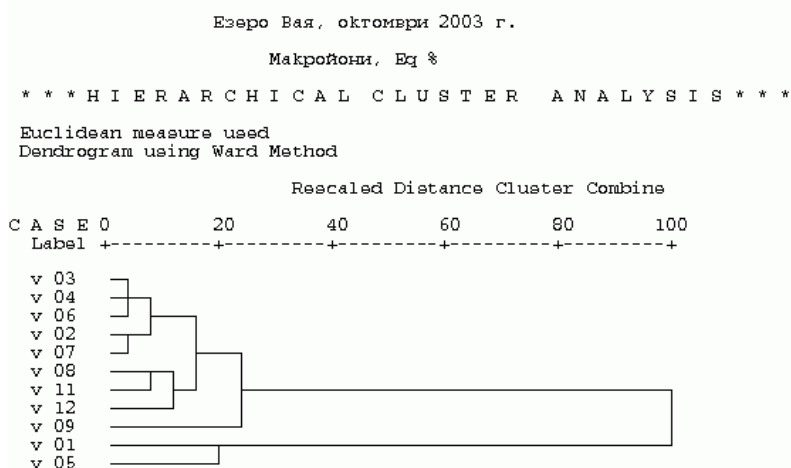
Средните стойности на концентрациите на макрокомпонентите и минерализацията (солеността) се различават значително от публикуваните за периодите 1950 - 1961 и 1962 - 1966 (Рождественски, 1967). Минерализацията е намаляла около 7 пъти спрямо първия и 5 пъти спрямо втория цитиран период. По своята съвременна минерализация Вая може да се отнесе към слабосолените езера - β -миксоолигохалинно по Венецианската система (1958). Данните за йонния състав показват голяма промяна в съотношенията между макрокомпонентите (**Фиг.2**).



Фиг. 2. Съотношение между концентрациите на макройоните (Eq %). Площта на кръговете е пропорционална на сумата от еквивалентите. Октомври 2003.

Относителното съдържание на хидрогенкарбонатни йони (в Eq%) се е повишило съответно 8 и 4 пъти спрямо предходните периоди за сметка на намаляване на хлоридните и сулфатните йони. Нарастнало е и относителното съдържание на калциевите и магнезиевите за сметка на натриевите йони. Тези данни доказват продължаващата промяна на езеро Вая от солен към сладководен басейн. Причина за същественото осладняване на езерните води е прекъсването на притока на морска вода поради затворените гардове на канала. Допълнително осладняване се получава и от заустването на води от ГПСОВ - Бургас. Докато проточността на езерото през 60-те години е била около 2 обема, понастоящем тя възлиза на около 3 обема годишно. Различията на химическия състав на езерната вода в различните участъци се вижда от **фиг.2**. Най-ниска е минерализацията при ст. 5 (ГПСОВ). Други участъци с понижена минерализация са тези при ст. 1, 8 и 11. Съотношението между макройоните също показва различия. По тези показатели могат да се отличат ст. 1, 5 и 9. При ст. 1, където се влива Айтоска река, нараства процента на хидрогенкарбонатните и калциевите йони, което е характерно за смесването на речната с езерната вода. Подобно е положението и

при ст. 5, където се вливат водите от ГПСОВ. Ст. 9 се отличава с повишен процент на сулфатните йони. Това може да е резултат от заустваните в канала отпадъчни води от промишлените предприятия. Степента на сходство между отделните станции по относително съдържание на макройони (в Eq %) се вижда от кластерния анализ (Фиг. 3). От него се вижда голямата разлика между ст.1 и 5 и всички останали, както и по-различния състав на водата в ст.9.



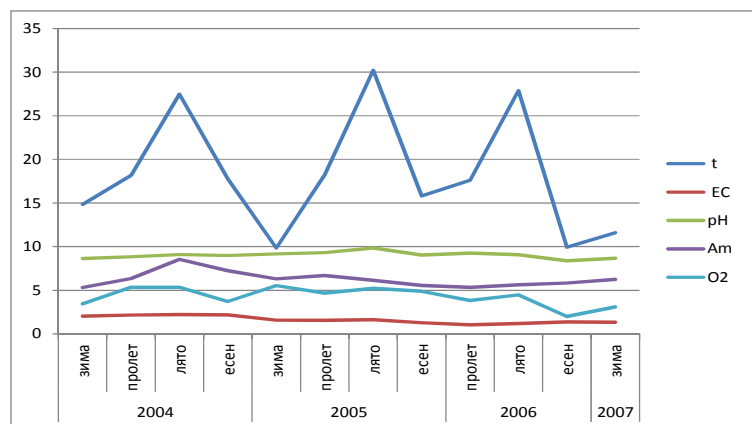
Фиг. 3. Дендрограма на сходство на станциите по съдържанието на макройони (Eq %).

През 2004-2007 хидрохимичните изследвания включват показателите: температура на водата ($T^{\circ}\text{C}$), електропроводимост (EC mS/cm), активна реакция (pH), обща алкалност (A_m mE/l), свободна алкалност (A_p mE/l), обща киселинност (K_p mE/l), съдържание на разтворен кислород (O_2 mg/l) и насищане с кислород (sat %). Стойностите на pH и A_m са взаимосвързани с показателите на карбонатната буферна система, като от своя страна заедно с разтворения O_2 се влияят силно от интензивността на фотосинтезата и другите биологични процеси във водоема. Температурният режим на езерото е типичен за плитководните езера. През зимата езерото често се покрива с лед. Резултатите за **електропроводимостта (ЕС)** на водата показват местата на вливане на пресни води от реките (ст. 1) и ГПСОВ (ст. 5), които са с най-ниски стойности на ЕС. Повишена спрямо средната, е минерализацията при ст. 7, където следствие работата на дълбачката за добив на пясък, дълбочината е най-голяма. През всички сезони на 2004 г. и 2005 г. стойността на **pH** е най-ниска при ст. 5. През лятото на 2004 г. понижение се наблюдава и при ст. 1, където са установени анаеробни условия в резултат на постъпване на замърсени речни води. Пролетният максимум при ст. 2 през 2004 г. се свързва с интензивната фотосинтеза на фитопланктон и макрофити. Изключително високи стойности на pH са отчетени във всички станции през целия летен сезон на 2005 г., когато интензивността на фотосинтезата беше много висока. Максимумите са отчетени

в ст. 5 (рН10,16), ст. 6 (рН 10,04), ст. 11 (рН10,01) и ст. 15 (рН10,05). Стойностите на **общата алкалност (Am)** през 2004 г. са по-ниски при ст. 5, като най-ниска стойност в тази станция е отбелязана през пролетта (3,00 mEq/l). Тя е най-ниската отбелязана стойност за този показател и през трите години. При ст. 1 през лятото на 2004 г. е отчетена най-високата стойност (12 mEq/l), което е свързано с анаеробните процеси, при които се повишават концентрациите на хидрокарбонатните и хидросулфидните йони. След началото на постъпването на значителни количества мандренска вода алкалността във Вая се увеличава. Алкалността расте при по-малкото участие на морските води в подхранването на езерото и при безотточното натрупване на бикарбонати и карбонати. Месечните, сезонните и годишните изменения на алкалността зависят от количеството и качеството на постъпващите води, испаренията, влиянието на дънните тини, цъфтежите и гниенето. Концентрацията на **разтворения O₂** показва пространствено разпределение, различно през сезоните. През 2004 г. съдържанието на O₂ е най-ниско при ст. 5, независимо от сезона. Рязко се откроява ст. 1 през лятото на 2004 г., когато O₂ липсва и се развива сулфатредукция. През зимата и есента кислородното съдържание при тази станция също е по-ниско от средното за езерото. През лятото е отбелязана най-висока стойност на разтворен O₂ за 2004 г. в ст.4. През есента на 2006 г. са отчетени най-ниските средни стойности на разтворен O₂, в сравнение с всички останали сезони на трите години. По години най-високо съдържание на разтворен O₂ се наблюдава през 2005 г., с максимум през зимата. Следва 2004 г. с максимум през пролетта. С най-ниски стойности е 2006-2007 г. - с максимум през лятото.

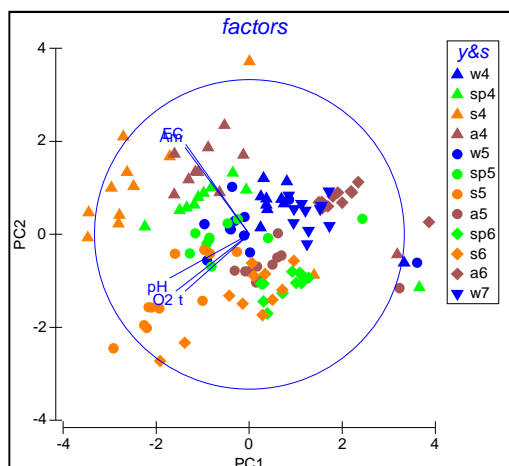
Обобщение

На **фиг.4** са представени средните стойности на основните хидрохимични показатели:



Фиг. 4. Средни стойности на хидрохимическите показатели за периода 2004-2007 г.

Направен е анализ на главните компоненти (PCA) (Principal Component Analysis) (Фиг.5).



Фиг.5. Анализ на главните компоненти (PCA) на абиотичните фактори. Означения: ЕС – електропроводимост; Am – обща алкалност; pH – водороден показател; O₂ – кислород; t – температура; w – зима; sp – пролет; s – лято; a – есен; 4 – 2004 г.; 5 – 2005 г.; 6 – 2006 г.; 7 – 2007 г.

В анализа са включени абиотичните фактори (O, pH, T, ЕС, Am) и станциите през изследваните сезони и години. Изследваните станции бяха разграничени чрез анализ (PCA) на главните компоненти на факторите на средата, който показва влиянието на комбинации от химични фактори върху групирането на станциите. Формират се две групи от оси, около които през различните сезони и години се обединяват по различен начин станциите. Първата определя 46,6%, втората 22,6%, третата 13,5%, четвъртата 8,9% и петата 8,3% от вариациите. Първите две оси са свързани с ЕС и Am и отделят всички станции с ниска ЕС и висока Am. Плиткостта на водоема в комбинация с повишаването на температурата на водата през пролетта и лятото на 2005 г., високите стойности на pH следствие на фотосинтезата и сравнително високите стойности на разтворения O₂ групират станциите около другите три основни оси.

Проведеният **дисперсионен анализ** на разглежданите показатели при фактори сезон и станции показва следното: **1.** Електропроводимостта доказано се различава по станции и не зависи от сезона; **2.** Свързаните с развитието на хидробионтите показатели (pH, Am, Ar и O₂) показват достоверни сезонни различия и (с изключение на разтворения кислород) по станции, т.е. пространствено. При същия анализ, но с фактори година (четирите сезона) и станции, резултатите за пространствените различия се потвърждават за всички показатели с изключение на разтворения кислород и се доказват достоверни различия между годишните средни – специално ЕС и Am понижават стойността си от 2004 г. до 2006-2007 г. От **получените резултати за химизма на езерото**, става ясно наличието на пространствената нееднородност на

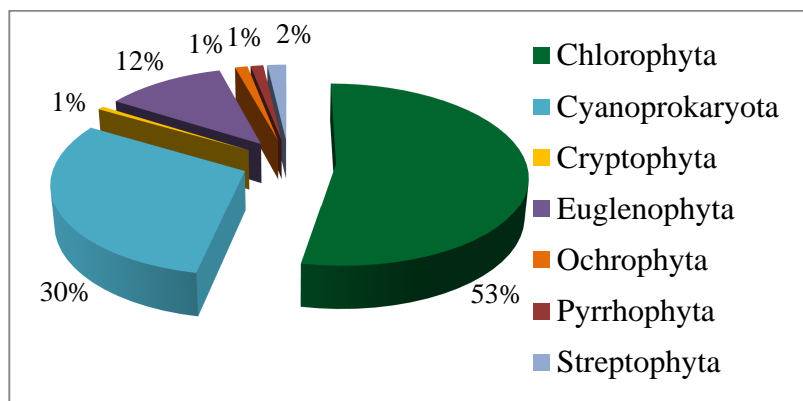
езерните води в резултат на антропогенна дейност. Променените хидрохимични условия на Бургаското езеро дават отражение и върху условията на живот на флората и фауната на водния басейн, респ. на развитието на планктона и бентоса в него.

6.2. ФИТОПЛАНКТОН

6.2.1. Видов състав на фитопланктона

Установени са 165 вида, 8 разновидности и 1 форма от 80 рода на 7 отдела. Те са представени в Табл.1 от Приложенията на дисертацията, заедно с честотата на срещане на видовете по периоди.

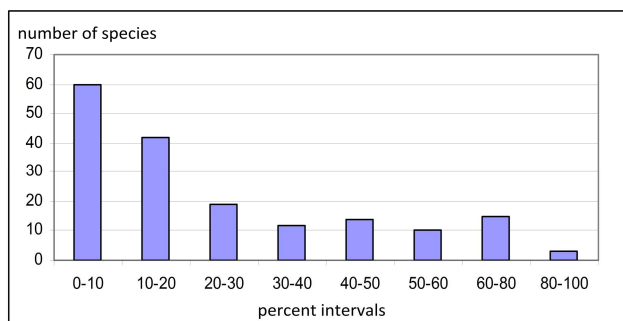
Структурата на фитопланктона е представена на фиг. 6.



Фиг. 6. Структура на фитопланктона на ез. Вая.

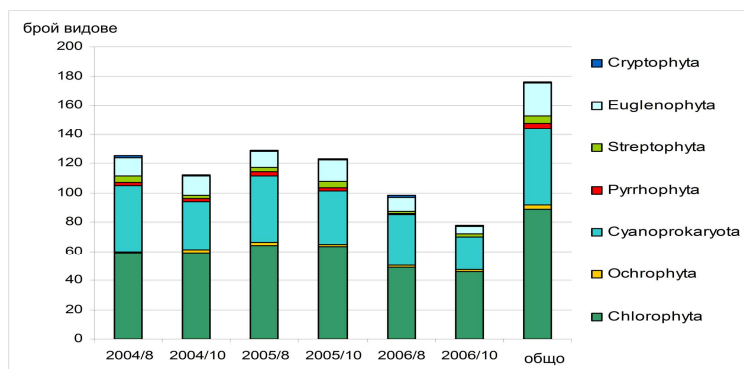
Най-голямо е видовото разнообразие на отдел **Chlorophyta** (40 рода, 86 вида, 3 разновидности). Следват: **Cyanoprokaryota** (25 рода, 49 вида, една разновидност, една форма); **Euglenophyta** (19 вида и 2 разновидности от 6 рода). По-слабо са представени отделите: **Streptophyta**; **Pyrrhophyta**; **Ochrophyta**; **Cryptophyta**. Установен е тропичният инвазивен вид *Cylindrospermopsis raciborskii*, известен с висока токсичност, вариабилност в морфологично отношение и предпочитания към висока Т (27-30°C)!

Честота на срещане на видовете (pF) (фиг. 7) - в процентни класове от 0 до 100%.



Фиг.7. Честота на срещане на видовете в ез. Вая, разпределени в процентни класове.

Най-много видове (102) са с pF до 20%. С pF (20-50%) са 26 вида, докато с 50-60% - 10 вида, а 15 вида са с 60-80%. Само три вида са с pF 80-100% - *Pl. agardhii*, *Ps. limnetica* и *Sc. acuminatus*. Фиг. 8 показва отделите по периоди, чрез броя на установените видове.



Фиг. 8. Брой видове и съотношение на таксономичните групи през отделните периоди на изследване и общ брой видове.

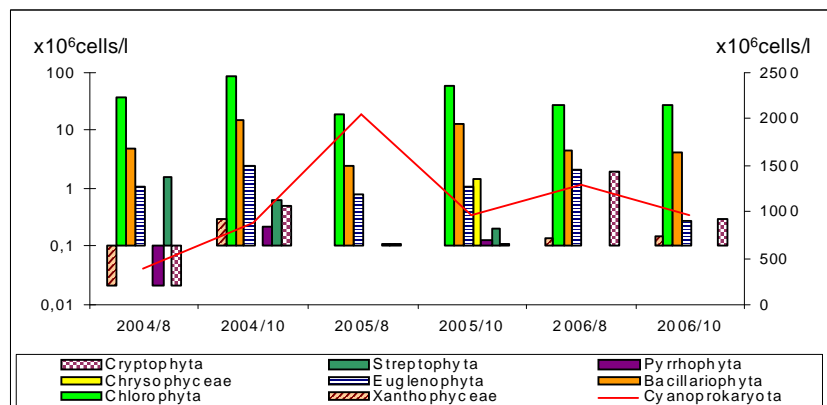
6.2.2. Численост на фитопланктона

Общата численост на фитопланктона варира (419×10^6 cells/l - $2071,5 \times 10^6$ cells/l). Абсолютната средна стойност за периода е 1135×10^6 cells/l (Фиг. 9).



Фиг. 9. Средна численост на фитопланктона в ез. Вая.

Максималната численост се пада на отдел Cyanoprokaryota (376×10^6 cells/l за август 2004 г. и 2049×10^6 cells/l за октомври 2005 г.) (Фиг. 10). Следват Chlorophyta, Bacillariophyta и Euglenophyta.



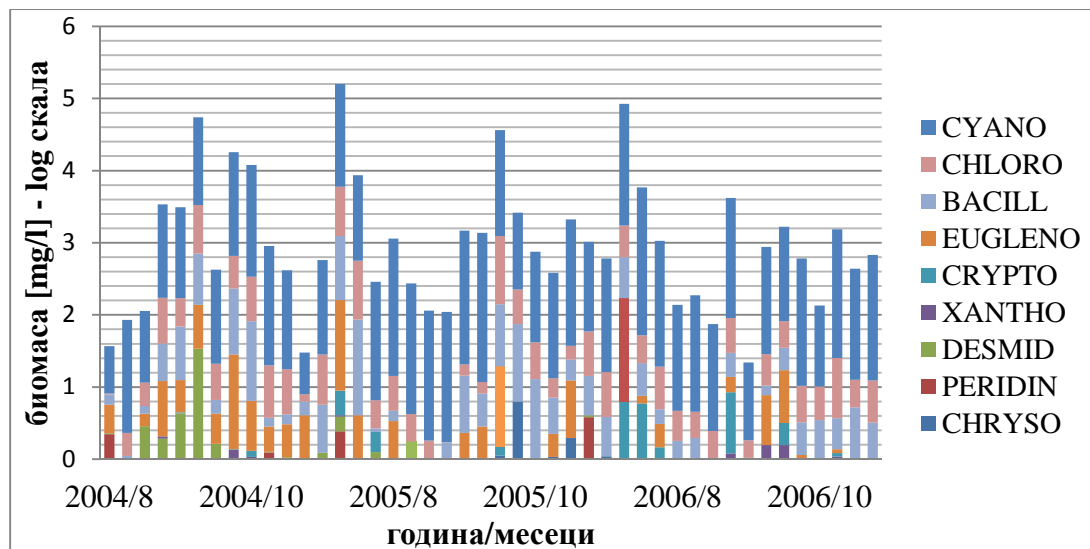
Фиг. 10. Средна численост на фитопланктона в ез. Вая по отдели.

Изобразени са на две оси: на дясната са представени стойностите само за Cyanoprokaryota, на лявата съответстват всички останали групи.

Най-висока е числеността в ст. 11 ($1498,62 \times 10^6$ cells/l). Следват ст. 8, 9, 2, 3, 4 с близки стойности. Най-малко е обилието на фитопланктона в ст. 1 и 5 ($647,3 \times 10^6$ cells/l и 710×10^6 cells/l). С най-висока численост се отличават *Cyanoprokaryota*. В сравнение с наблюдаваното обилие преди 30 и повече години, числеността се е повишила средно за летния период със 147 пъти, а за есенния до 300 пъти.

6.2.3. Биомаса на фитопланктона

Биомасата през изследвания период варира като значително се увеличава през 2005 и 2006 г. в сравнение с 2004 г. Стойностите са между 27,13 mg/l (август 2004 г) и 69,5 mg/l (август 2005 г). Средната стойност на биомасата за всички периоди е 46 mg/l, което показва, че Вая е хипертрофен водоем (Узунов и Ковачев, 2002; Michev&Stoyneva, 2007). При сравнение на средните стойности на биомасата за всички периоди се установява, че най-висока стойност биомасата има в пункт 11, а най-ниска - в пункт 5. Най-голяма част от общата биомаса се пада на *Cyanoprokaryota* (Фиг. 11).



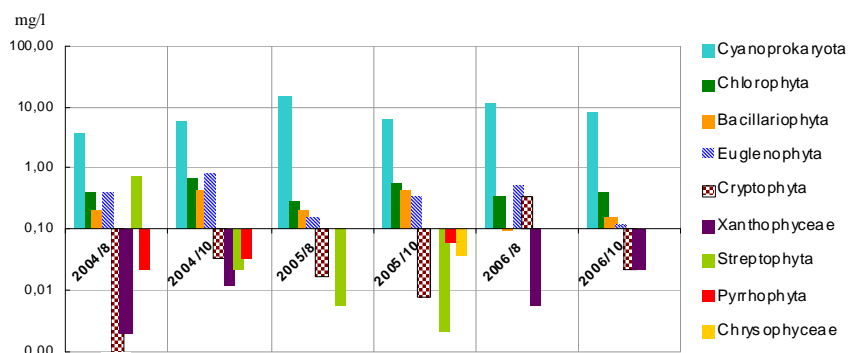
Фиг. 11. Биомаса на фитопланктона по таксономични групи.

Bacillariophyta заемат второ място, най-висока е биомасата им в ст. 1, 2 и 11. Euglenophyta са на трето място според приноса си към общата биомаса. Високи стойности са установени в ст. 1 и 11. Chlorophyta присъстват с ниска биомаса, както и останалите групи.

6.2.4. Въглеродно съдържание на фитопланктона

Средната стойност за изследвания период е 9,7 mg/l, което показва висока първична продукция на езеро Вая. Максималната средна стойност (август 2005 г) е 15,5 mg/l. *Cyanoprokaryota* доминират в общото въглеродно съдържание на фитопланктона - от 3,75 до 14,81 mg/l (през август 2005 г.). Средното съдържание на въглерод по станции варира от 4,29 mg/l (ст. 1) до 9,8 mg/l (в ст. 11). Chlorophyta са с най-високо съдържание

на въглерод през октомврийските периоди, с високи стойности в ст. 1, 3, 4 и 11. Въглеродното съдържание на Bacillariophyta варира от 0,13 (в ст. 5) до 0,45 mg/l (ст. 1). Euglenophyta допринасят към общото въглеродно съдържание на фитопланктона с 0,03-1,10 mg/l. Максимумът е отчетен през август 2006г. в ст. 1 и октомври на 2004г. в ст. 11. Останалите групи допринасят по-слабо за въглеродното съдържание. (Фиг. 12).



Фиг. 12. Въглеродно съдържание на фитопланктона в ез. Вая по отделни.

Направен е **структурен анализ** на съобществото - видово разнообразие, изравненост и доминиране. Стойностите на индекса за видово разнообразие на Shannon (H) за периода на изследване варират от 0,55 (ст. 11, октомври 2006 г.) до 3 (ст. 8, август 2004 г.). Установена е ясна тенденцията за намаляване на индекса през август и особено през октомври 2006г. Индексът на изравненост на Pielou (E) на фитопланктона варира 0,17 до 0,78. Индексът се запазва сравнително висок за изследвания период, но има тенденция на намаляване през 2006г. Коефициентът за доминиране на Simpson (C) варира от 0,09 (ст. 5, през август 2004 г.) до 0,78 (ст. 11, през октомври 2006г.). Когато трофичното ниво на водоема се промени до еутрофно се наблюдава силно намаляване на видовото разнообразие с успоредно увеличаване на коефициента за доминиране, следствие на което остава един доминант или асоциация от няколко (Узунов и Ковачев, 2009; Scheffer, 2004 и др.). Това съответства с получените резултати. Доминирането на Суанпрокариота е тема, която обхваща не само екологични въпроси, свързани с хидроекосистемата, но включва и разглеждането на т. нар. „здравословен характер”. Токсичните вещества отделяни от Суанпрокариота са няколко групи в химично отношение. Родове *Microcystis*, *Plankthotrix*, *Anabaena* са отговорни за отделянето на токсини (Frémy&Lassus, 2001 и др.). Род *Anabaena* е посочван като токсичен и инхибиращ за зоопланктонните обитатели (Arnold, 1971 и др.). При висока плътност водораслите от род *Chlorella* са токсични за ротиферата *B. calyciflorus* (Halbach&Halbach-Keup, 1974). Rohrlack et all. (1999) установяват токсичният ефект на *M. aeruginosa* върху *D. galeata*. Lampert, (1981) изучава инхибиращия и токсичен ефект

на синьо-зелените водорасли върху *Daphnia* sp. На този етап можем да дадем няколко обяснения за състоянието на хидросистемата на Вая с ясно доминиране на нишковидни цианопрокариоти: **1.** Плиткостта на басейна и голямата площ определят холополимиктичният характер на водоема с висока зависимост от ветровата дейност, което води до размесване на придънните утайки и увеличаване на мътността на водата. Това води до доминирането на група, толерантна към светлинното лимитирне (Scheffer et al., 1997, 2003; Узунов, и Ковачев, 2009 и др.). **2.** Предположението за по-високо температурно толериране на цианопрокариотите предполага развитието на нишковидите синьозелени водорасли, особено през летните месеци (Dokulil&Teubner, 2000; Znachor, 2006). **3.** Фитоценът на континенталните водоеми има съществено значение не само за укрепването на дъното, но и в конкуретните взаимоотношения за биогенни елементи. Субмерзната растителност според някои изследвания повлиява върху подобряването на прозрачността (Scheffer, 2004, 2007; Узунов и Ковачев, 2009). Петрова-Караджова (1974) констатира „изобилно обрастване с *P. pectinatus*, което изчерпва биогенните елементи и потисна развитието на фитопланктона”. Съществува теория, според която въздействието върху фитопланктона и по-специално върху *Cyanoprokaryota* се обяснява с алелопатичните взаимодействия, които оказва водната растителност върху растежа и развитието на фитопланктона (Scheffer, 2004). Бурното развитие на *Cyanoprokaryota* във Вая може да се дължи и на липсата на богата субмерзна растителност през последните години в изследваните пунктове. **4.** Някои анализи показват, че доминирането на синьозелените водорасли, които са фиксатори на N_2 , е в пряка зависимост от съотношението между азот и фосфор (Kim et al., 2007 и др.) или от концентрациите на отделните елементи (Scheffer, 2004). В конкуренцията за хранителни ресурси *Cyanoprokaryota* могат да контролират способността да се задържат на повърхността чрез газова везикули, като влияние оказва и афинитета им към усвояване и натрупване на фосфорни запаси. Според Reynolds et al. (2002) съществуват функционални асоциативни групи във фитопланктона, чиито видове имат специфични предпочитания и адаптации към условията на средата. За функционалната група S според Reynolds et al. (2002) е характерно светлинно адаптиращи се нишковидни синьозелени водорасли с обичайно присъствие в плитки и обогатени водоеми, като S₁ е представена от *Pl. agardhii*, *Pseudanabaena* spp. и *Limnothrix redekei*, а за група S_N е характерно наличие на видове, толерантни към богати на фосфор водоеми – *C. raciborskii* и *Anabaena minutissima* (които обаче не са наблюдавани в съвместна асоциация). От S_N е установен *Cylindrospermopsis raciborskii*. **5.** Една от идеите за

доминирането на нишковидните Cyanoprokaryota е невъзможността на зоопланктерите да ги консумират, като една от вероятните причини е отделянето на токсини (Dokulil&Teubner, 2000; Scheffer, 2004; Kozak et al., 2007). Резултатите показват, че поради наличието на силно токсични щамове сред тези водорасли и качествено обедняване на алгофлората на езерото, фитопланктонът не само, че не може да се посочи като добра трофична база, но е и потенциално опасен за животинските обитатели. Като се има пред вид и факта, че поради дебелия сапропелен слой в езерото не може да се развива и истински микрофитобентос, който да се използва за храна от зообентоса и/или от зоопланктона, са наложителни спешни мерки за олиготрофикация на езерните води.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЗООПЛАНКТОННИ И ЗООБЕНТОСНИ ГРУПИ БЕЗГРЪБНАЧНИ ЖИВОТНИ В ЕЗЕРО ВАЯ ПРЕЗ ПЕРИОДА 2003 – 2007 г.

В следващата Табл. 2 е представен таксономичният състав на изследваните основни групи зоопланктонни и зообентосни безгръбначни животни и присъствието им (съответно отсъствието) по сезони и години. Установени са общо 80 таксона на ниво семейство, род и вид. Заедно с някои допълнително установявани компоненти общият брой е 88 и е представен паралелно с установения видов състав за периода 1953 – 1957 г. (Вълканов, 1936; Зашев и Ангелов, 1958) (Табл. 2 от Приложения на дисертацията).

6.3. ЗООПЛАНКТОН

6.3.1. Тип Rotifera.

6.3.1.1. Видов състав на ротиферите.

Установени са 14 рода и 26 вида ротифери (Табл. 2). Ротиферният комплекс е обновен в сравнение с този, установен по време на изследванията на Зашев и Ангелов (1958) за периода 1953-1957 г. Само 1 вид (*Br.calyciflorus*) е общ за двата периода. Повечето от установените видове са с биоиндикаторна стойност, потвърждаващи хипертрофния статус на водоема.

6.3.2. Разред Cladocera.

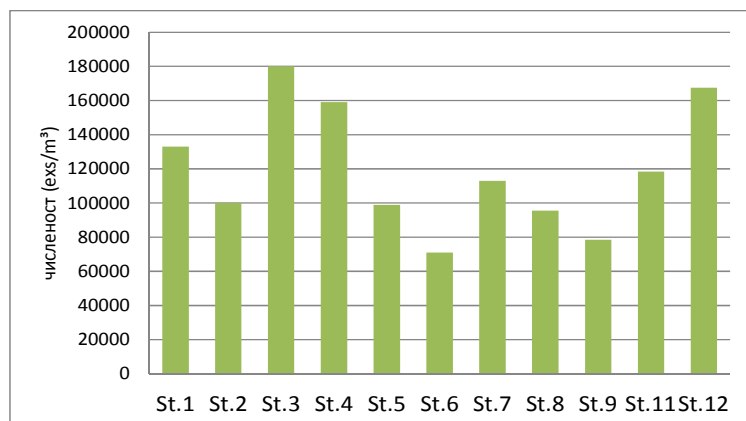
6.3.2.1. Видов състав на кладацерите.

Разред Cladocera са представени с две семейства (Daphnidae и Bosminidae), 3 рода и 8 вида (Табл. 2). В текста на дисертацията е се намира кратко описание и честотата на срещане (pF) на видовете в пробите.

6.3.2.2. Количествен анализ (численост и биомаса) на кладацерите.

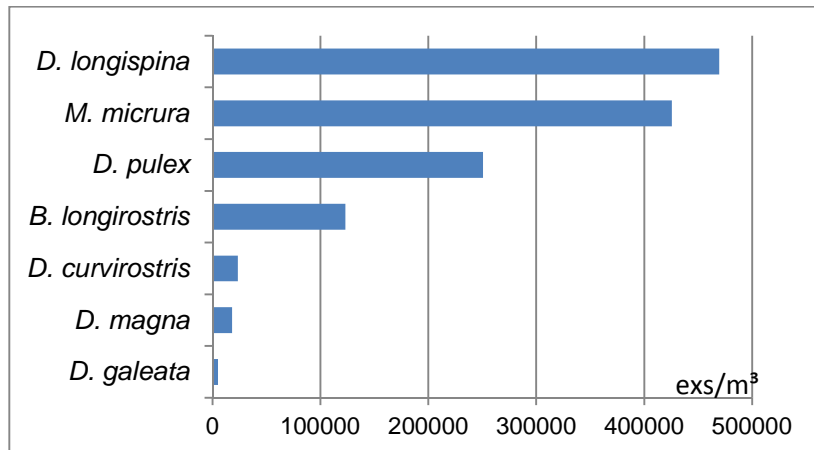
Сезонна динамика на числеността на кладацерите.

Общата численост на установените при изследванията кладоцери, е $1,315 \times 10^6$ exs/m³. Най-голяма е през зимата (525 000 exs/m³; exs/m³), а най-малка през есента (14500 exs/m³). Динамиката на общата численост по станции е представена на **Фиг. 13**.



Фиг. 13. Разпределение на общата численост на Cladocera по станции (exs/m³).

Най-голяма е общата численост на Cladocera в станциите по централната ос на водоема (3,12 и 4). В ст. 3 е най-голяма (180 000 exs/m³), а най-ниска е в ст. 6 (71 000 exs/m³) и ст. 9 (78 500 exs/m³). В централните станции е около 2,5 пъти по-голяма от числеността в периферните станции. В 8 от станциите като доминант се наблюдава вида *D. longispina*. Най-слабо представителство има *D. galeata*, установена само през есента, но не във всички станции. Числеността на кладоцерите по видове е представена на **фиг.14**.



Фиг. 14. Обща численост на Cladocera по видове (exs/m³).

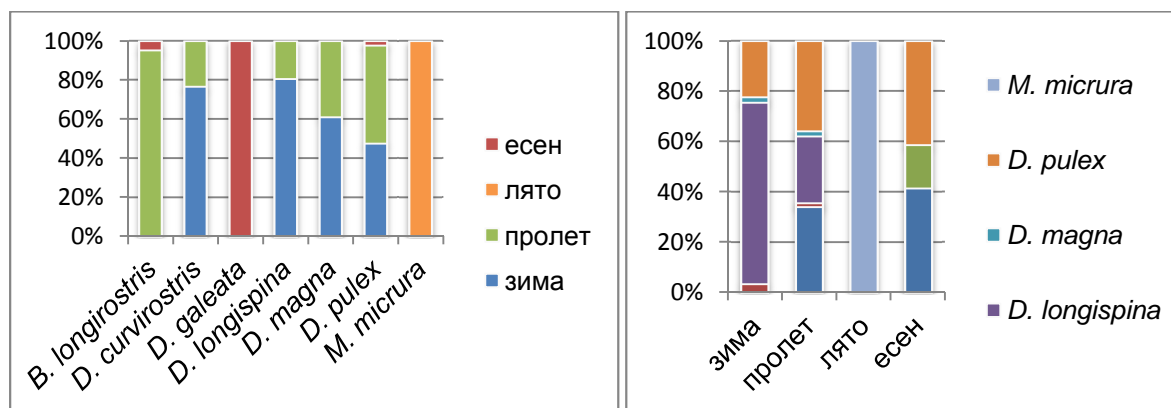
Табл. 2. Видов състав на основните групи зоопланктонни и зообентосни безгръбначни животни, установени в нашите проби през периода 2003 – 2007 г. Със знак “+” е отбелязано присъствието им по сезони и години.

| № | Таксон | Сезон / Година | | | | | | | | | | | | |
|----|--|----------------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| | | Есен 2003 | Зима 2004 | Пролет 2004 | Лято 2004 | Есен 2004 | Зима 2005 | Пролет 2005 | Лято 2005 | Есен 2005 | Пролет 2006 | Лято 2006 | Есен 2006 | Зима 2007 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| | Тип Rotifera | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | <i>Anuraeopsis fissa</i> (Gosse, 1851) | + | - | - | + | - | - | - | + | - | - | - | - | - |
| 2 | <i>Asplanchna sieboldi</i> (Leydig, 1854) | - | - | - | + | - | - | - | - | - | + | - | - | - |
| 3 | <i>Brachionus calyciflorus</i> (Pallas, 1776) | - | - | - | + | - | - | - | + | - | - | - | - | - |
| 4 | <i>Brachionus angularis</i> (Gosse, 1851) | + | - | - | + | - | + | + | + | - | + | - | - | - |
| 5 | <i>Brachionus diversicornis</i> (Daday, 1883) | - | - | - | - | - | - | - | + | - | + | - | - | - |
| 6 | <i>Brachionus urceus</i> (Linnaeus, 1758) | + | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 7 | <i>Colurella adriatica</i> (Ehrenberg, 1831) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - |
| 8 | <i>Encentrum marinum</i> (Dujardin, 1841) | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - |
| 9 | <i>Filinia terminalis</i> (Plate, 1886) | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - |
| 10 | <i>Filinia passa</i> (Müller, 1786) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - |
| 11 | <i>Hexarthra sp.</i> | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 12 | <i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851) | + | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - |
| 13 | <i>Keratella quadrata</i> (Carlin, 1943) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - |
| 14 | <i>Keratella tecta</i> (Gosse, 1851) | + | - | - | - | - | - | - | + | - | + | - | - | - |
| 15 | <i>Keratella tropica</i> (Apstein, 1907) | - | - | - | + | - | - | - | + | - | - | - | - | - |
| 16 | <i>Polyarthra vulgaris</i> (Carlin, 1943) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - |
| 17 | <i>Polyarthra dolichoptera</i> (Idelson, 1925) | + | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - |
| 18 | <i>Polyarthra remata</i> (Skorikov, 1896) | + | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - |
| 19 | <i>Ptygura melicerta</i> (Ehrenberg, 1832) | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - |
| 20 | <i>Pompholix complanata</i> (Gosse, 1851) | - | - | + | - | - | + | + | + | - | - | - | - | - |
| 21 | <i>Proalex sp.</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 22 | <i>Testudinella parva</i> (Ternetz, 1892) | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - |
| 23 | <i>Testudinella emarginula</i> (Stenroos, 1898) | + | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - |
| 24 | <i>Testudinella sp.</i> | - | - | + | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - |
| 25 | <i>Trichocerca pusilla</i> (Jennings, 1903) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - |
| 26 | <i>Trichocerca capucina</i> (Wierzejski & Zacharias, 1893) | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - |
| | Тип Arthropoda Клас Crustacea Подклас Branchiopoda Разред Cladocera | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | <i>Daphnia pulex</i> (Leydig, 1860) | + | + | + | - | + | - | + | - | - | + | - | - | + |
| 28 | <i>Daphnia longispina</i> (Müller, 1785) | - | + | + | - | - | - | + | - | - | + | - | - | + |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 29 | <i>Daphnia magna</i> (Straus, 1820) | - | + | + | - | - | - | + | - | - | + | - | - | - |
| 30 | <i>Daphnia curvirostris</i> (Eylmann, 1887) | - | + | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - |
| 31 | <i>Daphnia cucullata</i> (Sars, 1864) | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 32 | <i>Daphnia galeata</i> (Sars, 1864) | + | - | - | - | + | - | + | - | - | - | - | - | - |
| 33 | <i>Daphnia sp.</i> | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - |
| 34 | <i>Moina micrura</i> (Kurz, 1875) | - | - | - | + | - | - | - | + | - | - | + | - | - |
| 35 | <i>Bosmina longirostris</i> (Müller, 1785) | - | - | - | - | - | - | + | - | - | + | - | + | - |
| | Подклас Соперода | | | | | | | | | | | | | |
| | Разред Cyclopoida | | | | | | | | | | | | | |
| 36 | <i>Acanthocyclops vernalis</i> (Fischer, 1853) | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 37 | <i>Cyclops vicinus</i> (Uljanin, 1875) | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 38 | <i>Thermocyclops oithonoides</i> (Sars, 1863) | + | - | - | + | + | - | - | + | + | + | + | - | - |
| 39 | Соперодитес | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 40 | Nauplii | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| | Тип Annelida | | | | | | | | | | | | | |
| | Клас Oligochaeta | | | | | | | | | | | | | |
| | Семейство Tubificidae | | | | | | | | | | | | | |
| 41 | <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> (Claparede, 1862) | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 42 | <i>Limnodrilus claparedeanus</i> (Ratzel, 1868) | + | + | + | | + | | + | + | + | + | + | + | + |
| 43 | <i>Limnodrilus profundicola</i> (Verrill, 1871) | + | + | + | + | + | + | - | + | + | - | - | + | |
| 44 | <i>Limnodrilus sp. juv.</i> | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 45 | <i>Potamothrix hammoniensis</i> (Michaelsen, 1901) | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 46 | <i>Rhyacodrilus coccineus</i> (Vejdovsky, 1876) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + |
| 47 | <i>Tubifex tubifex</i> (Muller, 1974) | + | - | - | + | - | + | + | - | - | - | - | + | + |
| | Семейство Naididae | | | | | | | | | | | | | |
| 48 | <i>Dero obtusa</i> (Udekem, 1855) | - | - | - | - | - | - | - | + | + | + | - | - | - |
| 49 | <i>Dero digitata</i> (Muller, 1774) | - | - | + | + | + | + | + | + | + | - | - | - | - |
| 50 | <i>Nais barbata</i> (Muller, 1774) | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 51 | <i>Nais pardalis</i> (Piguet, 1906) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - |
| 52 | <i>Pristina rosea</i> (Piguet, 1906) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - |
| 53 | <i>Stylaria lacustris</i> (Linnaeus, 1767) | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - |
| | Тип Arthropoda | | | | | | | | | | | | | |
| | Клас Insecta | | | | | | | | | | | | | |
| | Разред Diptera | | | | | | | | | | | | | |
| | Семейство Chironomidae | | | | | | | | | | | | | |
| 54 | <i>Chironomus riparius</i> (Meigen, 1804) | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 55 | <i>Chironomus gr. plumosus</i> (Linnaeus, 1758) | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 56 | <i>Chironomus sp.</i> | - | + | + | - | - | + | + | - | - | - | - | + | + |
| 57 | <i>Cricotopus (I) sylvestris</i> (Fabricius, 1794) | + | + | + | + | + | + | - | + | + | + | + | + | + |
| 58 | <i>Cricotopus (C) algarum</i> (Kieffer, 1911) | + | + | + | + | + | + | - | + | + | + | + | + | + |
| 59 | <i>Cricotopus (C) bicinctus</i> (Meigen, 1818) | | | | | | + | | | | | | | |
| 60 | <i>Cricotopus (C) fuscus</i> (Kieffer, 1909) | - | - | - | - | - | - | - | - | + | + | + | - | - |
| 61 | <i>Cricotopus (C) annulator</i> (Goetghebuer, 1927) | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - |
| 62 | <i>Cricotopus sp.</i> | + | | + | + | + | - | - | - | - | - | + | + | - |
| 63 | <i>Cryptochironomus defectus</i> (Kieffer, 1913) | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 64 | <i>Cryptochironomus gr. defectus</i> (Kieffer, 1913) | - | - | - | - | - | + | + | - | - | - | - | - | - |
| 65 | <i>Cryptochironomus sp.</i> | - | - | + | + | - | - | + | - | - | - | + | - | + |
| 66 | <i>Demicrochironomus vulneratus</i> (Zetterstedt, 1838) | - | - | - | - | - | - | - | + | + | + | - | - | - |
| 67 | <i>Dicrotendipes nervosus</i> (Staeger, 1839) | - | - | - | - | - | + | + | - | + | - | + | - | - |
| 68 | <i>Endochironomus tendens</i> (Fabricius, 1775) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - |
| 69 | <i>Endochironomus sp.</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - |
| 70 | <i>Eukiefferiella gracei</i> (Edwards, 1929) | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | - | + |
| 71 | <i>Eukiefferiella similis</i> (Goetghebuer, 1939) | - | - | - | + | - | - | - | + | + | + | - | - | - |
| 72 | <i>Eukiefferiella clypeata</i> (Thienemann, 1919) | - | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | - | - |
| 73 | <i>Eukiefferiella sp.</i> | - | + | - | - | - | - | + | - | - | - | - | - | + |
| 74 | <i>Glyptotendipes sp.</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | - | - | - |
| 75 | <i>Polypedilum pedestre</i> (Meigen, 1830) | - | - | - | - | - | - | - | + | - | + | - | - | - |
| 76 | <i>Polypedilum sp.</i> | + | - | - | - | - | - | - | - | + | + | - | - | - |
| 77 | <i>Tanytarsus gregarius</i> (Kieffer, 1909) | + | + | + | + | + | + | + | + | + | - | + | + | + |
| 78 | <i>Tanytarsus sp.</i> | - | - | + | - | + | + | - | - | - | + | - | - | + |
| 79 | <i>Tvetenia calvescens</i> (Edwards, 1929) | + | - | - | - | - | + | + | - | + | - | + | - | - |
| 80 | <i>Tvetenia sp.</i> | - | + | + | - | + | + | - | + | - | - | + | - | + |

Изразена сезонна динамика се наблюдава по отношение на числеността на отделните видове (Фиг. 15 и Фиг. 16).

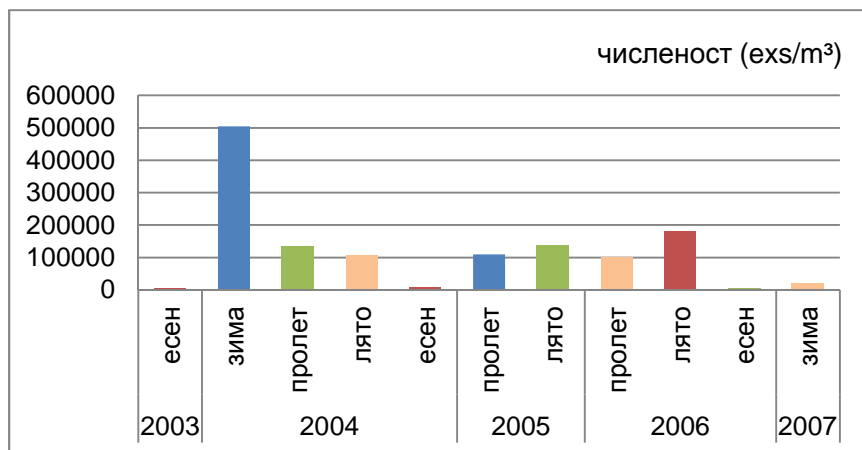


Фиг. 15. Обща численост на Cladocera по видове и сезони.

Фиг. 16. Процентно представяне на числеността на видовете кладацери по сезони (%).

Най-голям дял в общата численост има *D. longispina* (469 500 exs/m³). Най-добре представен е този вид през зимата (378 500 exs/m³). С най-голяма численост е установен в централните станции (3, 4 и 12). *M. micrura* (425 500 exs/m³) е установена изключително само през лятото на трите години, с най-голяма численост в ст. 1 (80 000 exs/m³) и ст.11 (50 500 exs/m³). *D. pulex* (247 000 exs/m³), е установен през зимата и пролетта в близки количества, с лек превес през пролетта (123 500 exs/m³), а през есента е с повече от 2 пъти по-ниска численост. *B. longirostris* (обща численост 123 000 exs/m³) също е с ясно изразено сезонно представяне – 117 000 exs/m³ през пролетта, и много малък процент – през есента. *D. curvirostris* (23 500 exs/m³) и *D. magna* (18 000 exs/m³), са с по-ниски и близки стойности на числеността, констатирани и при двата вида през зимата и пролетта на трите години, като почти два пъти по-високи са зимните стойности и при двата вида. Най-високите стойности на числеността на *D. magna* са отбелязани в южните и източните станции на езерото. С най-ниска обща численост е установен видът *D. galeata* (2500 exs/m³) - само през есента. Сезонната динамика на числеността на кладацерите е вървяла в низходящ ред (фиг. 17).

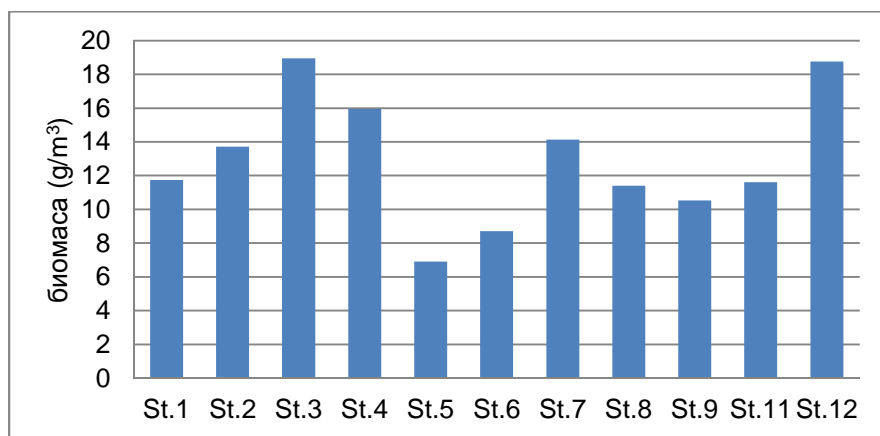
Ясно се откроява пика в развитието на кладацерите през зимата на 2004 г., където доминира *D. longispina*, следвана от *D. pulex*, докато през зимата на следващата 2005 г. кладацерите липсват изцяло, а през 2007 г. са в малко количество. Есенните стойности са ниски и през трите години.



Фиг. 17. Сезонна динамика на числеността на Cladocera.

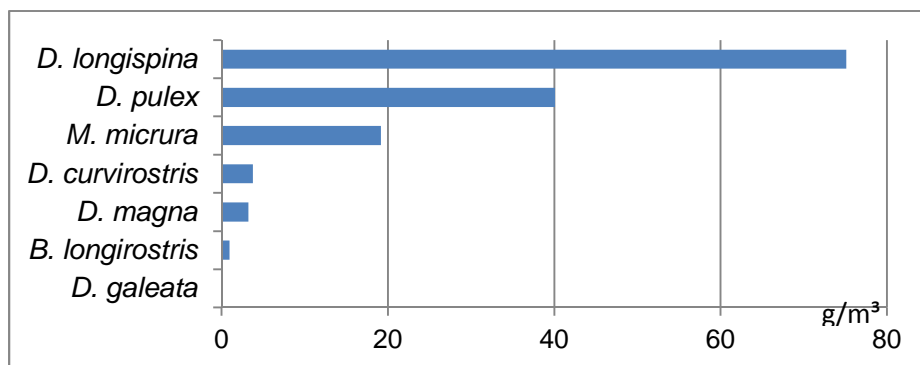
Сезонна динамика на биомаса на Cladocera.

Общо установената биомаса за кладацерите през трите години е 142,40 g/m³. Общата биомаса по години е най-голяма през 2004 г. (108,55 g/m³), а най-малка- през 2005 г. (14,88 g/m³). Динамиката на биомасата по станции е представена на **фиг. 18**.



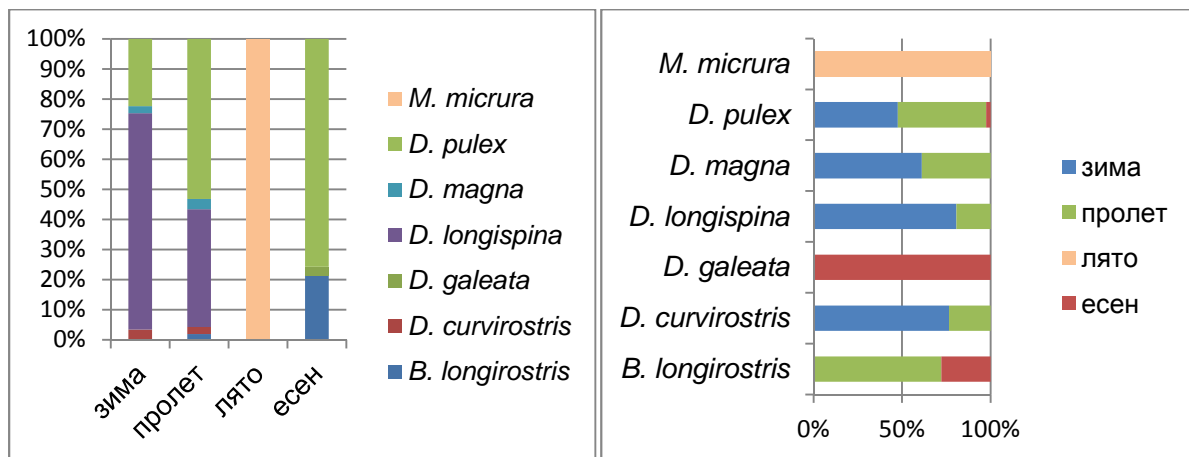
Фиг. 18. Динамика на биомасата на Cladocera по станции (mg/m³).

Най-голяма биомаса е отчетена в ст. 3,12 и 4, което съвпада с най-голяма численост там. Но за някои от станциите, напр. в ст. 7,1 и 5 се наблюдава обратна зависимост между численост и биомаса. Общата биомаса на кладацерите по видове е представена на **фиг. 19**.



Фиг. 19. Обща биомаса на Cladocera по видове (mg/m³).

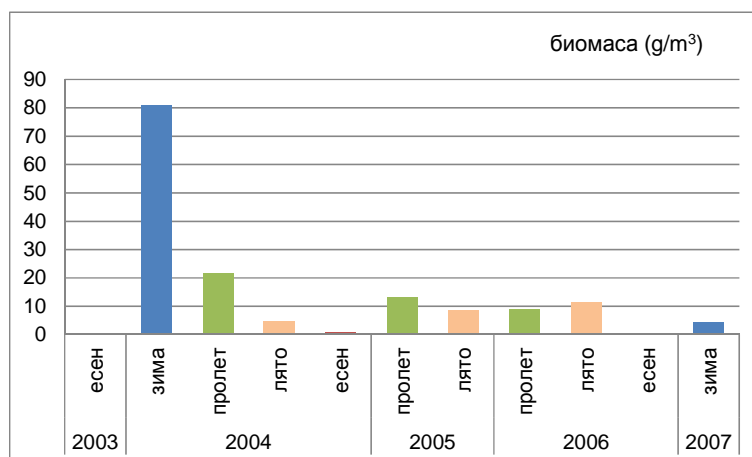
Променя се участието на видовете в общата биомаса, спрямо участието им в числеността. *D. longispina* запазва първо място и по отношение на общата биомаса. Второ място се пада на *D. pulex*, а *M. micrura* е на трето място по обща биомаса, поради по-малкото индивидуално тегло. *D. curvirostris* и *D. magna* изместват *B. longirostris*. Биомасата на кладоцерите (в %) по видове и по сезони е представена на следващата **фиг. 20**. На **фиг. 21** е представено участието на всеки вид в биомасата по сезони.



Фиг. 20. Процентно представяне на биомасата на кладоцерите по видове и по сезони. (по биомаса) по сезони.

Фиг.21. Процентно участие на видовете (по биомаса) по сезони.

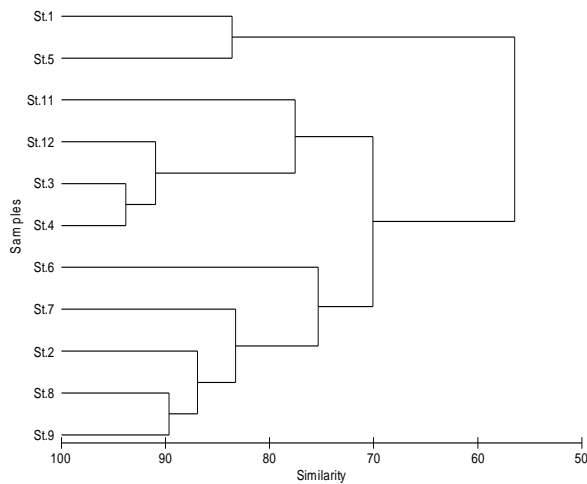
През зимата доминантно положение си запазва вида *D. longispina*. През пролетта обаче нараства дялът на *D. pulex* в биомасата за сметка на *B. longirostris*, чиято численост през пролетта е била близка до тази на другите два вида – *D. longispina* и *D.pulex*. Лятната биомаса съответства на лятната численост, дължащи се на *M. micrura*. През есента по отношение на биомасата доминира вида *D. pulex* за сметка на намаляване на дяловете на *D. galeata* и *B. longirostris*. Общо сезонната динамика на биомасата през всички години е вървяла в низходящ ред. Сезонната динамика на биомасата по години е представена на **фиг. 22**.



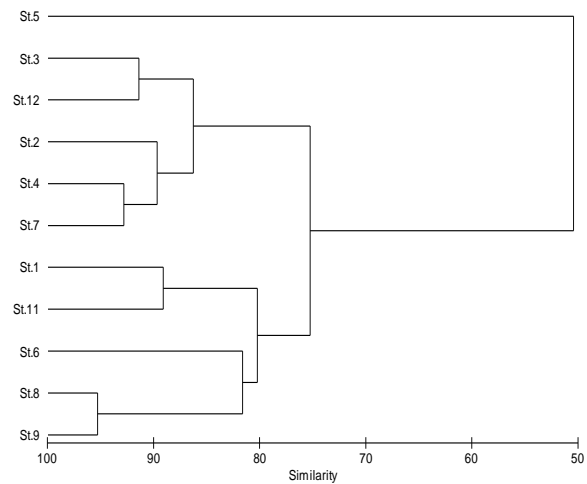
Фиг. 22. Сезонна динамика на биомасата на Cladocera.

Сходство и различия

Направена е дендрограма на сходство по **видов и количествен състав** на Cladocera (фиг. 23).



Фиг. 23. Дендрограма на сходство по **видов и количествен състав** на клadoцерите (Индекс Bray-Curtis).



Фиг. 24. Дендрограма на сходство по **видов състав и биомаса** на клadoцерите (Индекс Bray-Curtis).

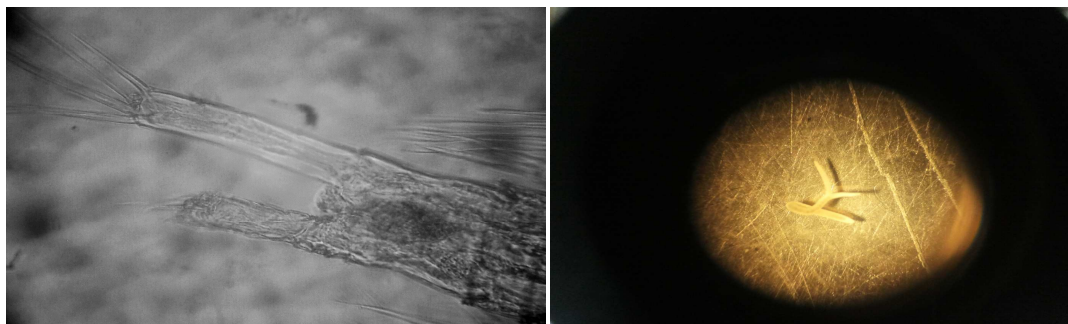
Ст. 1 и ст.5 се отличават с еднаквата и най-ниска численост на *D. magna*, както и много близката и най-висока численост на *M. micrura*. В станции 3, 4, 11 и 12 се наблюдават най-високи стойности на числеността на клadoцерите, които основно се дължат на близки стойности на *D. longispina* и *M. micrura*. Ст. 9, 8, 2 и 7 формират една група с над 83% сходство. В тях се наблюдава близка численост на *D. pulex*.

Дендрограмата на сходство по **видов състав и биомаса** за клadoцерите (фиг. 24) показва 75% сходство между всички станции с изключение на ст. 5, която ясно се откроява с най-ниска обща биомаса.

6.3.3. Разред Cyclopoidea (Подклас Copropoda).

6.3.3.1. Видов състав на циклопоидите.

Установихме 3 рода и 3 вида от разред Cyclopoidea (Табл. 2) и техните честоти на срещане. Установен е един екземпляр от *C. vicinus* с тератологични изменения (Сн.1) - скъсяване на фурката и промяна на броя на четинките върху нея.



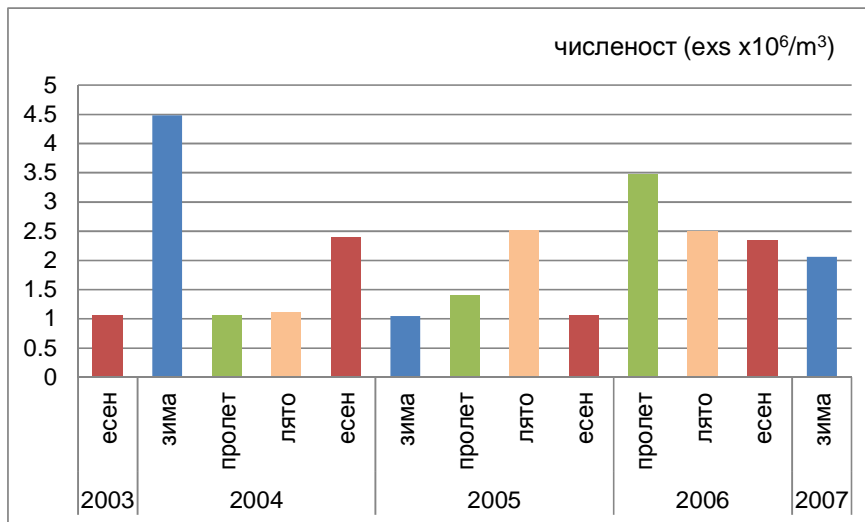
Сн. 1 – тератологични изменения при фурката на *C.vicinus*; **Сн. 2** - тератологични изменения на опашния край на представител от клас Olygochaeta.

Тератологични изменения открихме и при *Olygochaeta* (в опасни край) (Сн.2).

6.3.3.2. Количествен анализ (численост и биомаса) на *Sorceroda*.

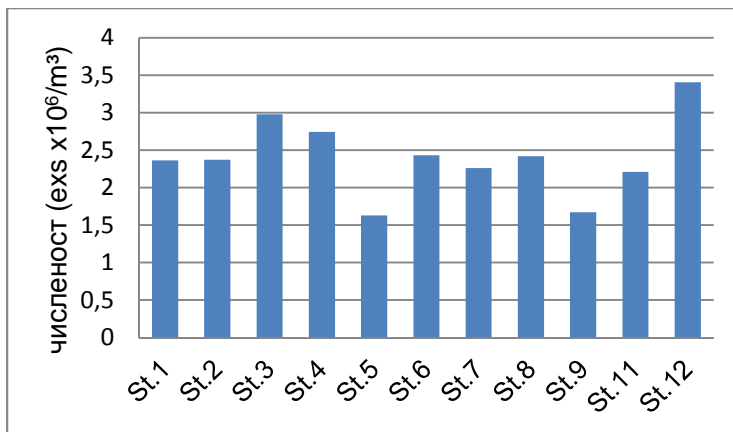
Сезонна динамика на числеността на копеподите.

Общата численост на *Sorceroda* през целия изследван период е $26,48 \times 10^6$ exs/m³. Най-голяма е през 2006-2007 г. ($10,36 \times 10^6$ exs/m³), а най-малка през 2005 г. ($6,02 \times 10^6$ exs/m³). Сезонната динамика е представена на **фиг. 25**.



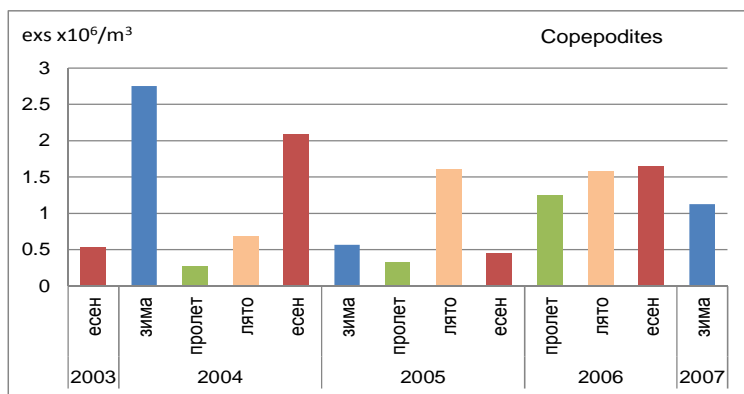
Фиг. 25. Сезонна динамика на общата численост на *Sorceroda*.

Разпределението на числеността по станции се вижда от **фиг. 26**.



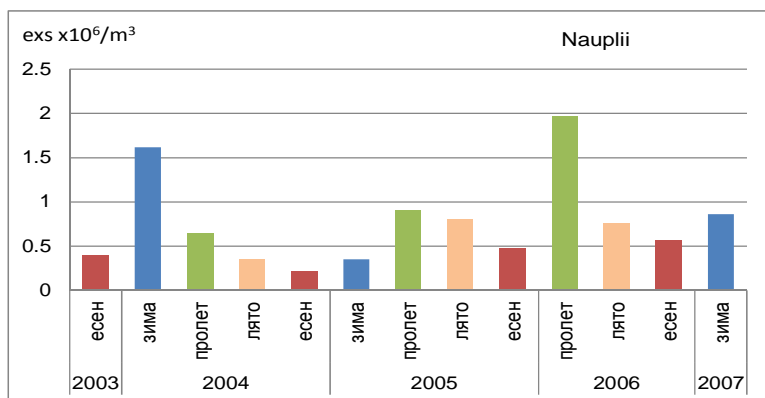
Фиг. 26. Разпределение на числеността на *Sorceroda* по станции.

Най-висока е в ст.12, 3 и 4, а най-ниска - в ст. 5 и ст. 9. На първо място по обща численост са *Sorcerodites*. Общата численост на *Sorcerodites* е $14,89 \times 10^6$ exs/m³ (най-голяма е през 2004 г., най-малка през 2005 г.) (**фиг. 27**). Най-висока е в ст. 12, 3 и 4, а най-ниска - в ст. 5 и ст. 9.



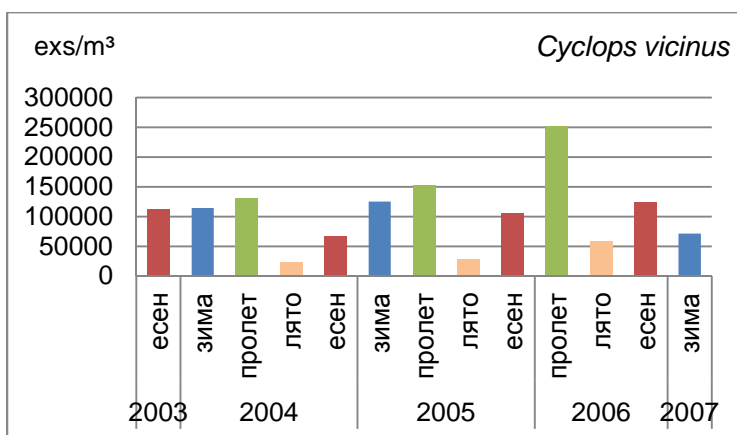
Фиг. 27. Сезонна динамика на числеността на *Copepodites*.

На второ място по обща численост са *Nauplii* ($9,96 \times 10^6$ exs/m³). Най-голяма е през 2006-2007 г., а най-малка - през 2005 г. Сезонната динамика на числеността показва два пика в числеността им (**фиг. 28**). В ст.12, 4 и 8 е най-висока, а най-ниска - в ст.5 и 9.



Фиг. 28. Сезонна динамика на числеността на *Nauplii*.

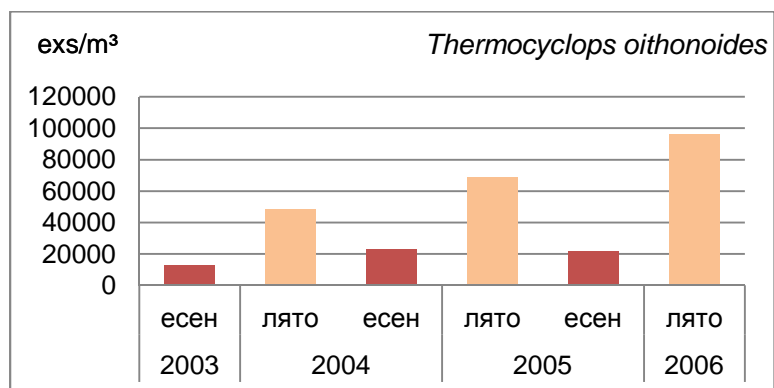
Общата численост на *C. vicinus* е $1,36 \times 10^6$ exs/m³. Най-голяма е през 2006-2007 г., а най-ниска – през 2004 г. (**Фиг. 29**). В ст.12, 4 и 3 е най-висока, а най-ниска – в ст.5 и 7.



Фиг. 29. Сезонна динамика на числеността на *Cyclops vicinus*.

Най-малка е общата численост на *Th. oithonoides* ($271\,500$ exs/m³). Сезонната динамика (**фиг. 30**) показва най-добро количествено развитие през августовските месеци, като

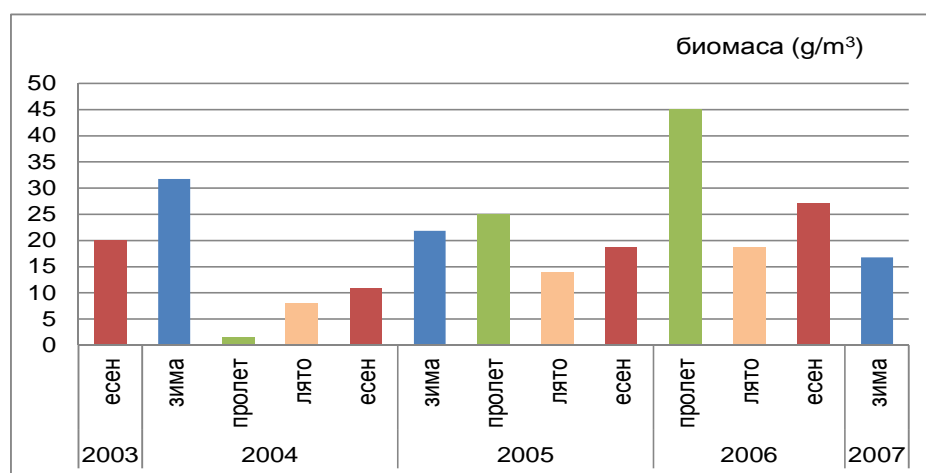
през годините на изследването числеността се изменя във възходящ ред. Най-голяма е числеността в ст.4, 3 и 12, а най-ниска – в ст.5, 8 и 9.



Фиг. 30. Сезонна динамика на числеността на *Thermocyclops oithonoides*.

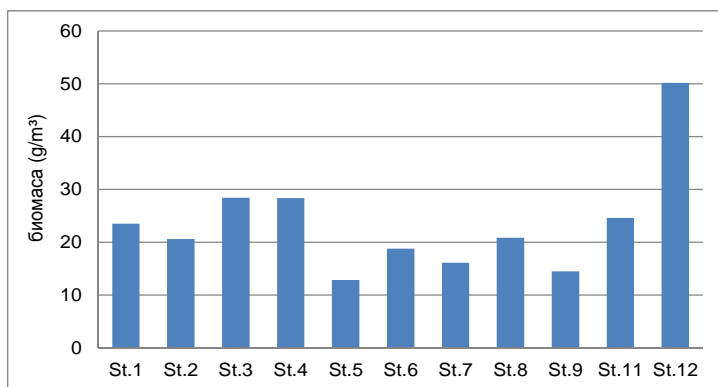
Сезонна динамика на биомасата на копеподите

Общата установена биомаса на *Sopropoda* е 258,97 g/m³. Най-голяма е през 2006-2007 г. (107,50 g/m³), а най-малка - през 2004 г. (52,110 g/m³). Сезонната динамика на биомасата (Фиг. 31) показва пик през пролетта на 2006 г. Тази зависимост е обратна на установената за общата численост, която е с пик през зимата на 2004 г. Голямата численост през зимата на 2004 г. е за сметка на дребни по размери видове ювенилни форми. Числеността през пролетта на 2006 г. съответства на по-голяма биомаса, дължаща се основно на *C.vicinus*, *Nauplii* и *Sopropodites*.



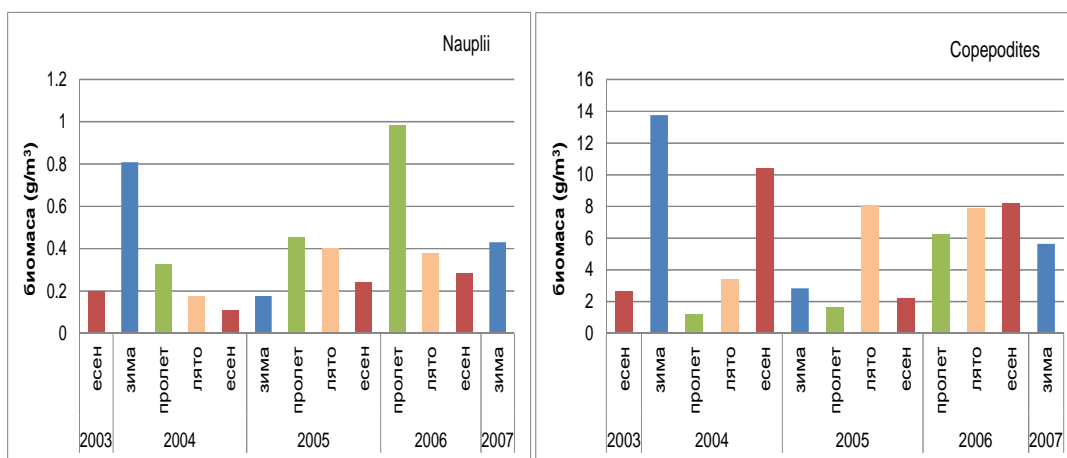
Фиг. 31. Сезонна динамика на биомасата на *Sopropoda*.

Динамиката на биомасата на копеподите по станции е представена на фиг. 32.



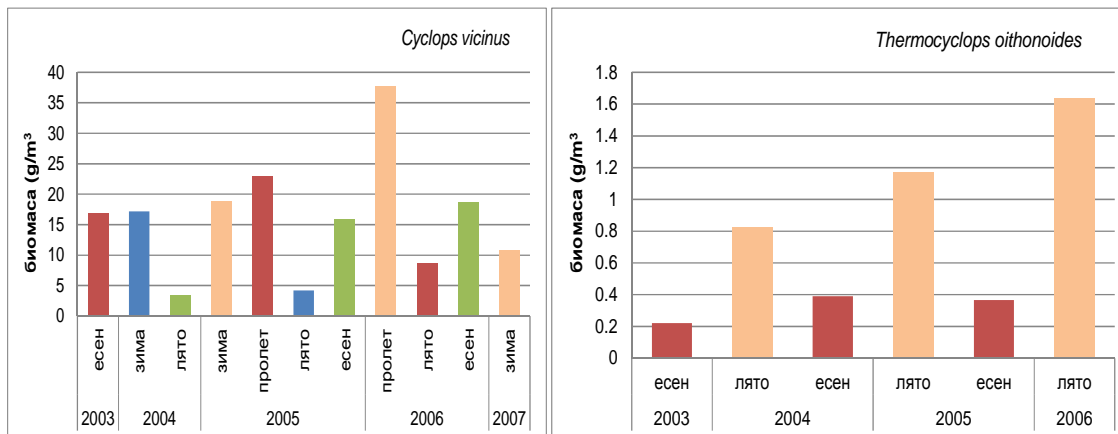
Фиг. 32. Разпределение на биомасата на *Ceropoda* по станции.

Фиг. 33, 34, 35 и 36 показват сезонната динамика на биомасата на *Ceropoda* по групи:



Фиг. 33. Сезонна динамика на биомасата на *Nauplii*.

Фиг. 34. Сезонна динамика на биомасата на *Copepodites*.

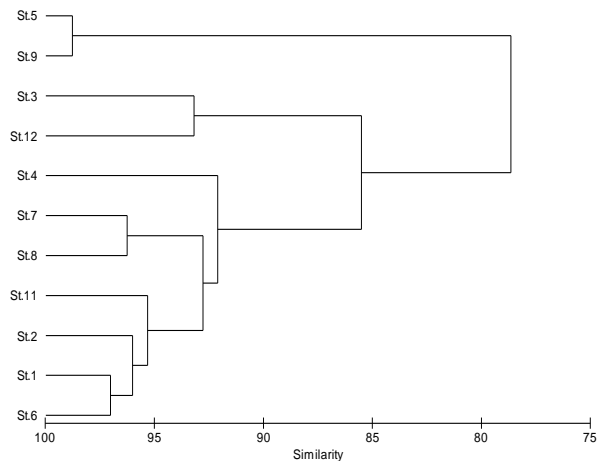


Фиг. 35. Сезонна динамика на биомасата на *Cyclops vicinus*.

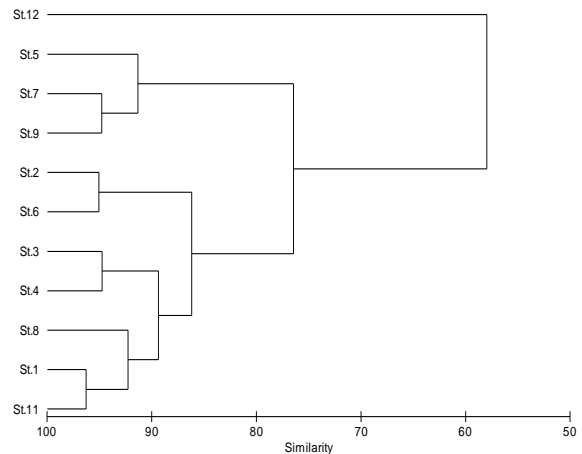
Фиг. 36. Сезонна динамика на биомасата на *Thermocyclops oithonoides*.

Сходство и различия

Сходството на станциите по численост е отразено на дендрограмата на Фиг. 37.



Фиг. 37. Дендрограма на сходство по численост на копеподите.

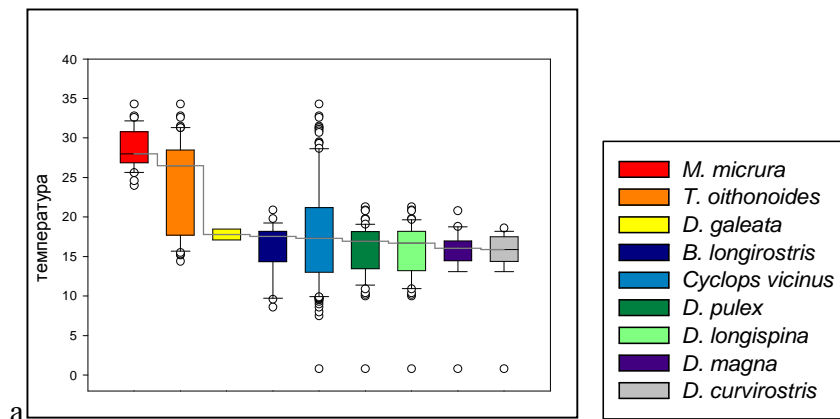


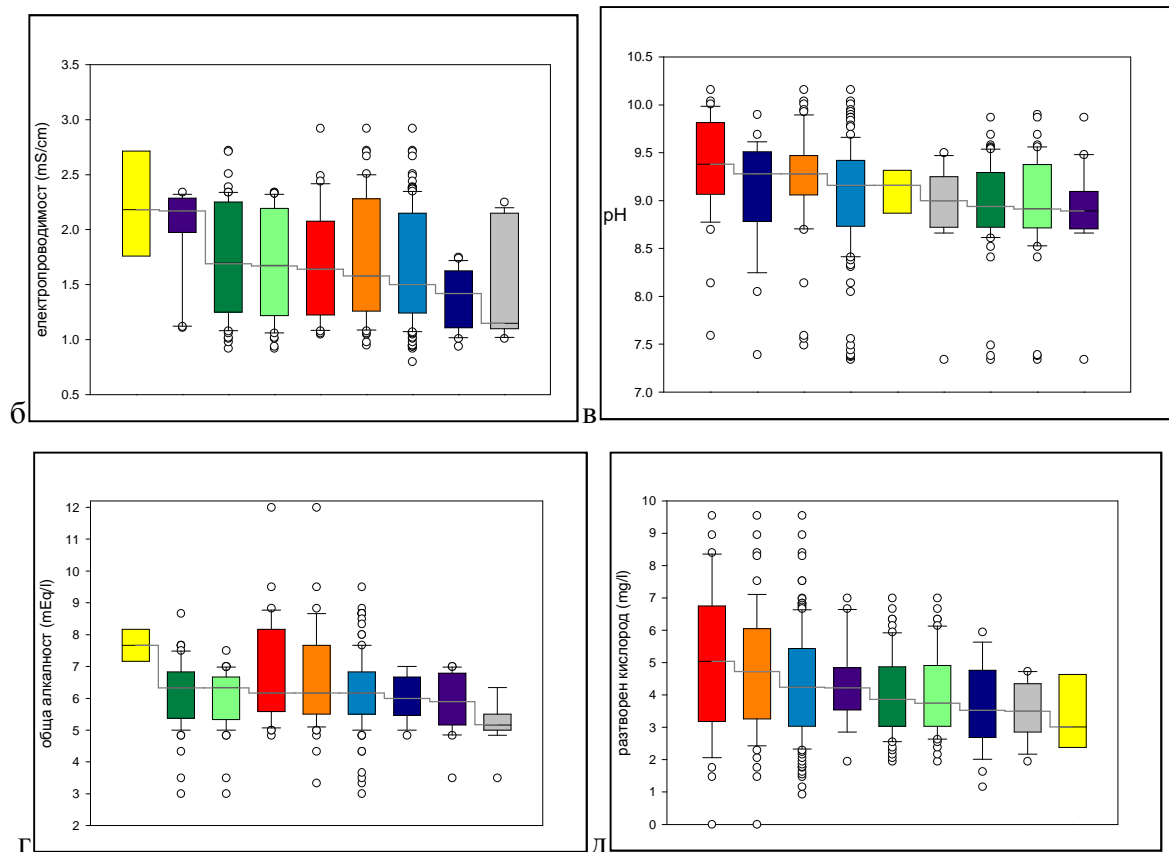
Фиг. 38. Дендрограма на сходство по биомаса на копеподите.

Повечето станции, в които са установени видовете и ювенилните стадии, са с над 85% сходство в числеността. Отличават се ст.5 и 9, които за всички групи копеподи са с слабо числено представяне. Дендрограмата на сходство по биомаса (Фиг. 38) показва, че ясно се откроява ст.12 с висока стойност на биомасата, която се формира предимно от *C. vicinus* и *Copepodites*. Около 87% сходство имат ст.3,4,8,1,11, 2 и ст.6.

6.3.4. Обобщение за двете зоопланктонни групи (*Cladocera* и *Copepoda*)

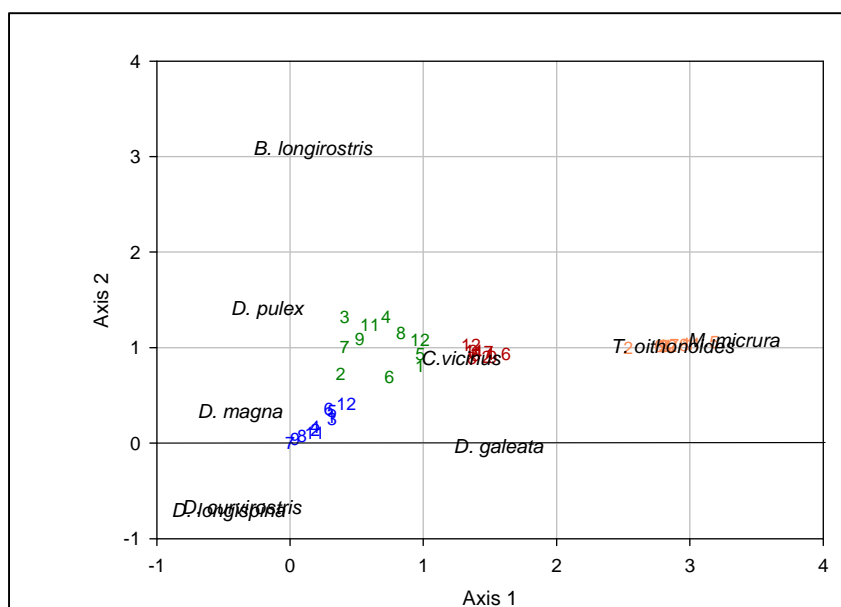
На Фиг. 39 а, б, в, г, д са представени секвентни редове с максималните, минималните стойности и медианите на отделните химични фактори за всички зоопланктонни видове.





Фиг. 39. Секвентни редове на зоопланктонните видове според: а. Т; б. ЕС; в. рН; г. Ам; д. O2.

Detrended Correspondence analyses (DCA) е използван, за да се определи структурата и разпределението на видовете от зоопланктона в езеро Вая (Фиг. 40). В DCA са включени установените видове от Cladocera и Copepoda. Вариацията на видовете, обяснена с първата ос е 77,8%, а втората е 9%. Първият градиент оказва значително по-голямо влияние върху наблюдавания видов състав на езерото.



Фиг. 40. Detrended Correspondence analyses. Цифрите показват станциите, а цветовете – сезоните.

Направен е **структурен анализ** - оценка на видовото разнообразие на Cladocera и Copepoda в езеро Вая на базата на индексите на видово разнообразие на **Shannon (H)**, на изравненост на **Pielou (E)** и на доминиране на **Simpson (C)**. За изследваните съобщества на зоопланктона се наблюдава малко видово разнообразие, което е свързано с ниски средни стойности на (H) по години, сезони и станции. Намаляването на видовото разнообразие се съпровожда с увеличаване на доминирането на един вид (или група от видове) и стойностите на (C) нарастват. До голяма степен високото (C) се дължи на почти постоянното присъствие и доминиране на Copepodites и Nauplii във всички проби и то в голяма численост. В повечето от случаите е установено, че индексите за доминиране на Simpson (C) са в обратна зависимост с тези на (H), докато индексите за изравненост (E) на съобществото в повечето случаи са сравнително високи и близки. Подобна ситуация съответства на силно еутрофни водоеми (Protasov, 2002). За някои станции през есента и зимата трите индекса показваха сравнително близки средни стойности по сезони и по станции, което предполага запазване на стабилни еутрофни условия във водоема. Общата тенденция в стойностите на трите индекса по години е вървяла в низходящ ред.

Направен е **кластерен анализ по сезони и години** според честотата на присъствие (F) на всички установени зоопланктонни видове от Cladocera и Copepoda в дадена станция за периода 2004 – 2007.

6.4. ЗООБЕНТОС

6.4.1. Клас Olygochaeta

6.4.1.1. Видов състав на олигохетите

Установени са 2 семейства, 8 рода и 13 вида от клас Olygochaeta (**Табл.2**) и честотата на срещане (pF) на видовете. От **сем. Tubificidae** са установени 4 рода и 7 вида (**Табл. 3**):

Табл. 3. Сезонно разпределение на видовете от Сем. Tubificidae.

| Сем. Tubificidae | | | | | |
|---------------------------------|------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------|------------------------------|
| вид | год. | сезон | | | |
| | | зима | пролет | лято | есен |
| <i>Tubifex tubifex</i> | 2003 | | | | ст.2 |
| | 2004 | | | Ст. 1,2,3,4, 11,12 | |
| | 2005 | ст.8 | ст.12 | Ст.8 | |
| | 2006 | | | | ст.4 |
| | 2007 | ст.13 | | | |
| <i>Potamothrix hammoniensis</i> | 2003 | | | | Ст.1,3,4,6,11,12 |
| | 2004 | Ст.1,2,4,6,8,11,12 | Ст.1,2,3,4,6,8,11,12 | Ст.2,3,4,8,11,12 | Ст.1,3,4,6,8,12 |
| | 2005 | Ст.1,2,3,4,6,8,11,12, 13,14,15 | Ст.1,3,4,6,11,12, 13,14,15 | Ст.4,6,8,11,13,14, 15 | Ст.1,2,3,4,6,11, 12,13,14,15 |
| | 2006 | | Ст.1,2,3,4,6,8,11, 12,13,14,15 | Ст.1,2,3,4,8,13,15 | Ст.3,4,12,13,14, 15 |
| | 2007 | Ст.2,4,11,12,13,14,15 | | | |
| <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> | 2003 | | | | Ст.1,3,6,11,12 |
| | 2004 | Ст.1,2,3,4,6,11,12 | Ст.1,2,3,4,6,8,11,12 | Ст.1,2,3,4,8,11,12 | Ст.1,3,4,6,11,12 |

| | | | | | |
|----------------------------------|------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------------------|
| | 2005 | Ст.1,2,3,4,6,11,12,13, 14,15 | Ст.1,3,4,6,11,12,13,14,15 | Ст.4,6,8,11,12,13,14,15 | Ст.1,2,3,4,11,12,13,14,15 |
| | 2006 | | Ст.1,2,3,4,8,11,12,13,14,15 | Ст.1,8,11,12 | Ст.3,4,12,13,14, 15 |
| | 2007 | Ст.2,3,4,11,13,14,15 | | | |
| <i>Limnodrilus claparedeanus</i> | 2003 | | | | Ст.4,6,11,12 |
| | 2004 | Ст.12 | Ст.2,4,12 | - | Ст.1,4 |
| | 2005 | - | Ст.4,12 | Ст.4,15 | Ст.1,13,15 |
| | 2006 | | Ст.1,4,13,15 | Ст.4 | Ст.3 |
| | 2007 | Ст.11 | | | |
| <i>Limnodrilus profundicola</i> | 2003 | | | | Ст.11 |
| | 2004 | Ст.1,3,4,11,12 | Ст.2,6,12 | Ст.2 | Ст.1 |
| | 2005 | Ст.2,4,6,8,11,12 | - | Ст.6 | Ст.4,14 |
| | 2006 | | - | - | Ст.4 |
| | 2007 | - | | | |
| <i>Limnodrilus sp. juv.</i> | 2003 | | | | Ст.1,2,3,4,6,11,12 |
| | 2004 | Ст.1,2,3,4,11,12 | Ст.3,4,6,11,12 | Ст.4,12 | Ст.3,4,8,11,12 |
| | 2005 | Ст.1,2,3,4,8,11,12,13,15 | Ст.1,2,3,4,6,11,12,15 | Ст.2,4,6,8,11,12,15 | Ст.1,2,3,4,11,14 |
| | 2006 | | Ст.3,8,11,14,15 | Ст.2,3,4,11,12,13,15 | Ст.4,12,13,15 |
| | 2007 | Ст.3,4,11,13,14,15 | | | |
| <i>Rhyacodrilus coccineus</i> | 2003 | | | | - |
| | 2004 | - | - | - | - |
| | 2005 | - | - | - | - |
| | 2006 | | - | - | - |
| | 2007 | Ст.11 | | | |

От сем. **Naididae** установяваме 4 рода и 7 вида (Табл. 4).

Табл. 4. Сезонно разпределение на видовете от сем. *Naididae*.

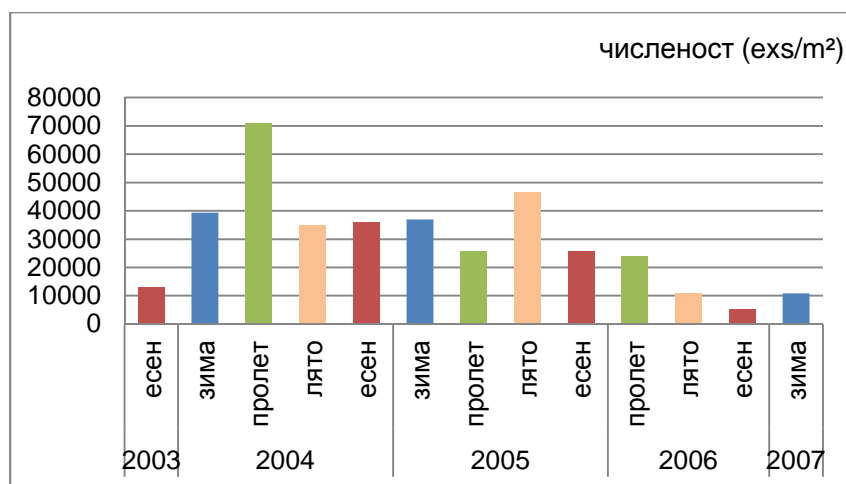
| Сем. <i>Naididae</i> | | | | | |
|---------------------------|------|------------|----------|------------|-------|
| ВИД | ГОД. | сезон | | | |
| | | зима | пролет | лято | есен |
| <i>Nais barbata</i> | 2003 | | | | - |
| | 2004 | - | - | Ст.2 | - |
| | 2005 | - | - | - | - |
| | 2006 | | - | - | - |
| | 2007 | - | | | |
| <i>Nais pardalis</i> | 2003 | | | | - |
| | 2004 | - | - | - | - |
| | 2005 | - | - | - | - |
| | 2006 | | Ст.14 | - | - |
| | 2007 | - | | | |
| <i>Dero obtusa</i> | 2003 | | | | - |
| | 2004 | - | - | - | - |
| | 2005 | - | - | Ст.4,11,14 | Ст.6 |
| | 2006 | | Ст.11,14 | - | - |
| | 2007 | - | | | |
| <i>Dero digitata</i> | 2003 | | | | - |
| | 2004 | - | Ст.1,12 | Ст.3,12 | Ст.12 |
| | 2005 | Ст.3,11,14 | Ст.1,14 | Ст.11 | Ст.3 |
| | 2006 | | - | - | - |
| | 2007 | - | | | |
| <i>Stylaria lacustris</i> | 2003 | | | | - |
| | 2004 | - | - | - | - |
| | 2005 | Ст.3 | - | - | - |
| | 2006 | | - | - | - |
| | 2007 | - | | | |
| <i>Pristina rosea</i> | 2003 | | | | - |
| | 2004 | - | - | - | - |
| | 2005 | - | - | - | - |
| | 2006 | | Ст.15 | - | - |
| | 2007 | - | | | |

Най-много видове са установени в ст.11 (9 вида), ст.3 (8 вида), ст.1,2,4 и 12 (7 вида), ст.6 (6 вида) и ст.8 (5 вида). В ст.5, ст.7 и ст.9 липсват олигохети. *L. hoffmeisteri*, *P. hammoniensis*, *Limnodrilus sp.* и *L. profundicola* са намерени в 8 станции; *L. claparedeanus* и *T. tubifex* – в 7; *D. digitata* – в 4 станции.

6.4.1.2. Количествен анализ (численост и биомаса) на олигохетите

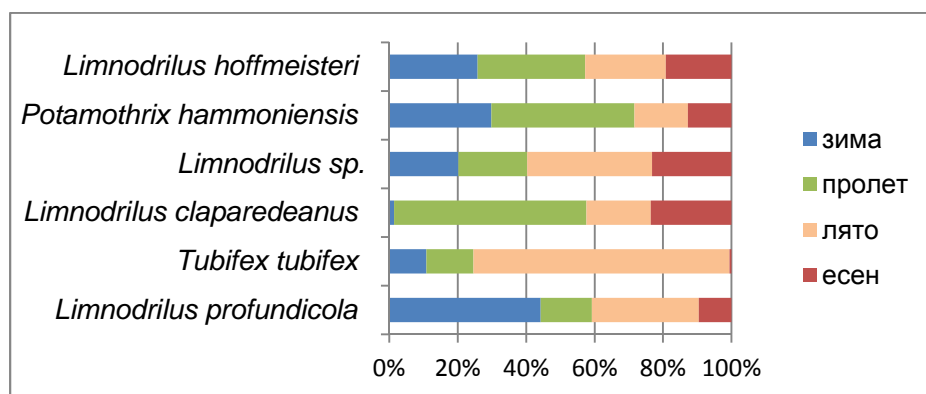
Сезонна динамика на числеността на олигохетите

Общата установена численост на олигохетите е 379 664 exs/m². Сезонната динамика (фиг. 41) показва, че тя е най-голяма през пролетта (120 579 exs/m²)(33%), а най-малка през есента (66 802 exs/m²)(18%). През пролетта на 2004 г. олигохетите са най-много, а най-малко са отчетени през есента на 2006 г.



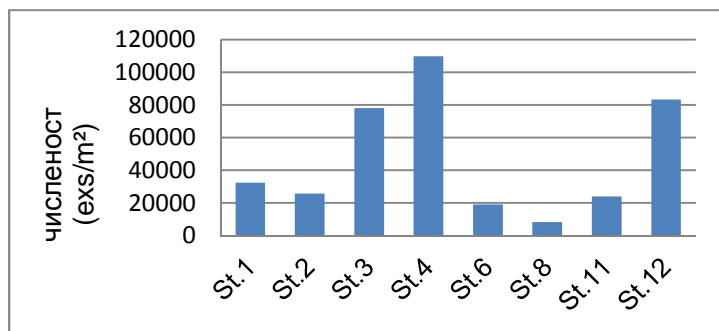
Фиг. 41. Сезонна динамика на числеността на олигохетите (exs/m²).

На фиг. 42 е представена числеността на основните видове олигохети по сезони (%).



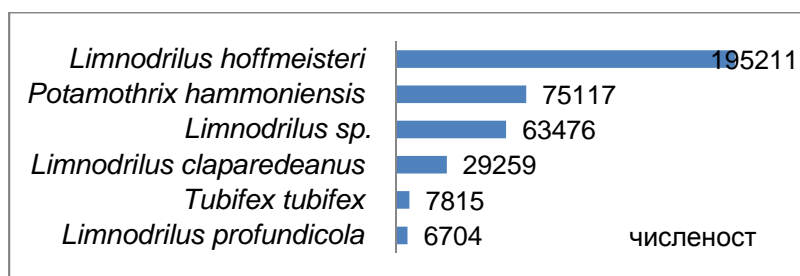
Фиг. 42. Разпределение на числеността на олигохетите по видове и сезони (в %).

Общата численост на олигохетите по станции е представена на фиг. 43. Най-голяма е тя в ст. 4 (109789 exs/m²), а най-малка - в ст. 8 (8080 exs/m²).



Фиг. 43. Обща численост на олигохетите (exs/m²) по станции.

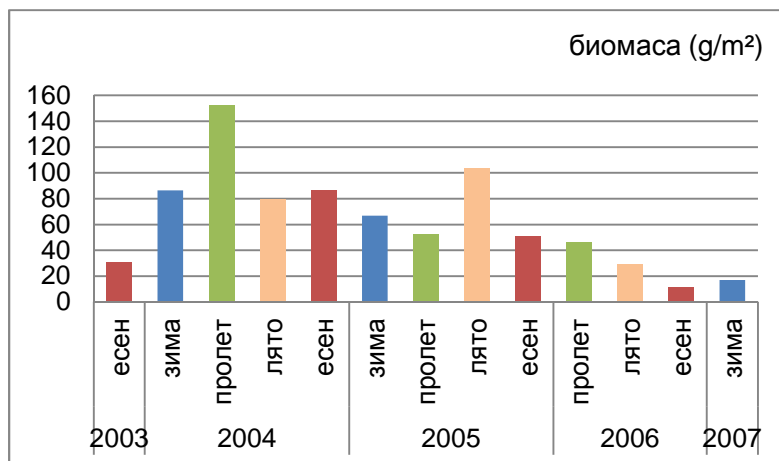
Видовете с най-голяма численост са представени на следващата **фиг. 44**. *L. hoffmeisteri*, *P. hammoniensis* и *L. claparedeanus* имат най-голямо участие във високата численост през пролетта. Най-висока е числеността им в ст.4,3 и 12, които са в централната част на водоема. *Limnodrilus sp.* и *T. tubifex* обаче срещат по-благоприятни условия през лятото. *T. tubifex* е намерен с най-голяма численост през лятото на 2004 г. Най-висока численост за него е установена в ст.12, 8, 3 и 1, което потвърждава адаптивните възможности и разпространение на този вид. *L. profundicola* е установен с най-високи стойности през зимата на 2005 г.



Фиг. 44. Видове олигохети с най-голяма обща численост (exs/m²).

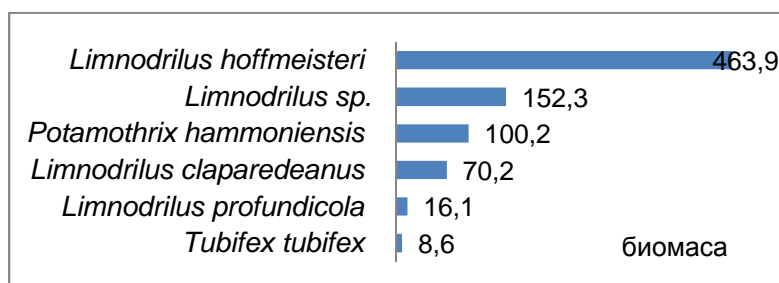
Сезонна динамика на биомасата на олигохетите

Общата установена биомаса на олигохетите е 811,78 g/m². Сезонната динамика на биомасата (**фиг. 45**) се променя аналогично на числеността. Най-голяма обща биомаса имат олигохетите през пролетта (250,74 g/m²), най-ниска - през есента (148,20 g/m²). През 2004 г. е най-голяма (404,24 g/m²), а най-малка през 2006-2007 г. (103,19 g/m²).



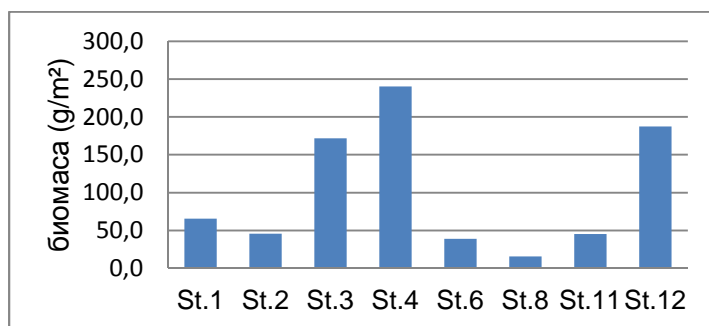
Фиг. 45. Сезонна динамика на биомасата на олигохетите.

Фиг. 46 показва видовете олигохети с най-голяма обща биомаса.



Фиг. 46. Видове олигохети с най-голяма биомаса (g/m²) за целия изследван период.

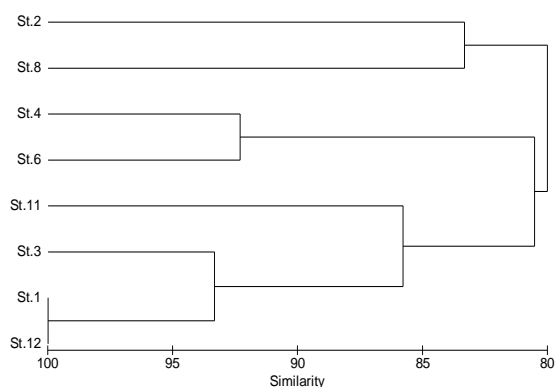
Биомасата на олигохетите по станции следва хода на числеността по станции. В ст. 4 общата биомаса е 240,4 g/m², а в ст. 8 - 15,7 g/m² (фиг. 47).



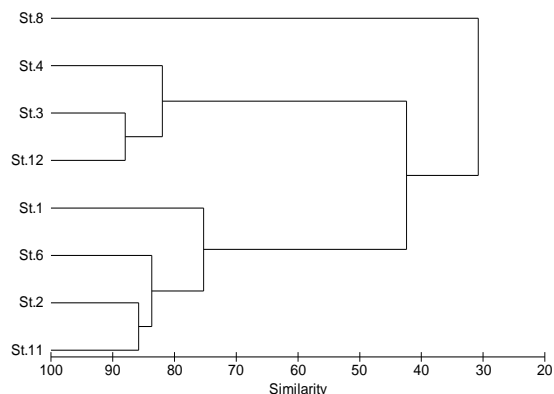
Фиг. 47. Обща биомаса на олигохетите (g/m²) по станции.

Сходство и различия

Направена е дендрограма на сходство по **видов състав** за всички станции (фиг. 48), която показва 80% сходство на всички станции, което се дължи на *L. hoffmeisteri*, *L. profundicola*, *Limnodrilus sp. juv.* и *P. hammoniensis*. *T. tubifex* не се среща в ст. 6. В ст.2 и ст.8 не са намерени повечето представители от сем. Naididae (*N. pardalis*, *D. obtusa*, *D. digitata*, *S. lacustris* и *P. rosea*).



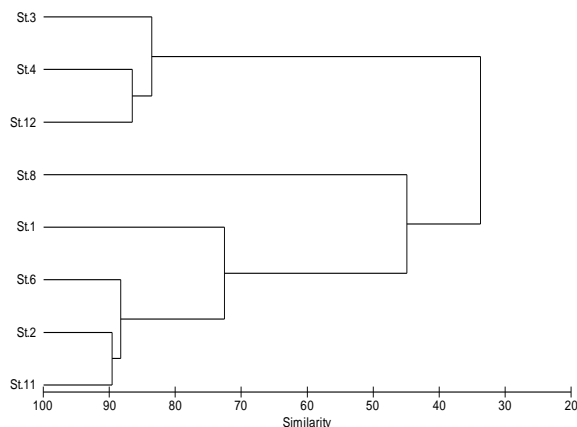
Фиг. 48. Дендрограма на сходство по видов състав на олигохетите (Индекс Czekanovski-Dice-Sorensen).



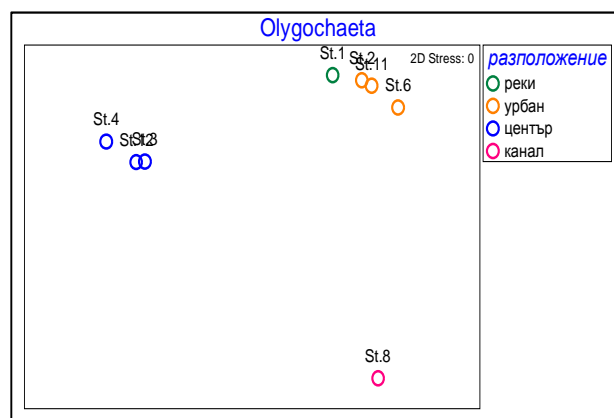
Фиг. 49. Дендрограма на сходство по видов и количествен състав на олигохетите (Индекс Bray-Curtis).

Дендрограмата на сходство по **видов и количествен състав (фиг. 49)** показва нисък процент на сходство между двата основни кластера. Ст.8, в която липсват изцяло представители на сем. Naididae се обособява като самостоятелна. Дендрограмата на сходство по **биомаса** на олигохетите (**Фиг. 50**) следва хода на тази на числеността.

Направен е допълнителен многомерен факторен анализ за изясняване на сходствата и различията (**ANOSIM и SIMPER**) (**Фиг. 51**). Той показва достоверни различия между групите станции, според разположение и натовареност с органика, по количествени данни ($R = 0.97$; $p = 0,004$).



Фиг. 50. Дендрограма на сходство на станциите по биомаса на олигохетите.



Фиг. 51. Сходства и различие между станциите (ANOSIM и SIMPER).

6.4.2. Семейство Chironomidae (Разред Diptera, Клас Insecta)

6.4.2.1. Видов състав на хирономидите.

Установени са общо 27 таксона от семейство Chironomidae (разред Diptera), от които са определени 18 вида от 11 рода, а 9 таксона са на ниво sp. (Табл. 2) Пространственото разпределение по станции за съответната година и сезон е представено на Табл. 5 :

Табл. 5. Пространствено разпределение на видовете от Сем. Chironomidae.

| Сем. Chironomidae | | | | | |
|-------------------------------------|------|----------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| вид | год. | сезон | | | |
| | | зима | пролет | лято | есен |
| <i>Chironomus gr.plumosus</i> | 2003 | | | | Ст.3 |
| | 2004 | Ст.12 | Ст.4,12 | Ст.3,4,6,12 | Ст.3,4 |
| | 2005 | Ст.4,12,13,14,15 | Ст.4,12,13,14,15 | Ст.3,4,12,13,14,15 | Ст.3,14,15 |
| | 2006 | | Ст.2,3,4,13,14,15 | Ст.3,4,11,13,15 | Ст.14 |
| | 2007 | Ст.13 | | | |
| <i>Chironomus riparius</i> | 2003 | | | | Ст.1,2,4,12 |
| | 2004 | Ст.1,2,3,4,6,8,12 | Ст.1,2,3,4,6,12 | Ст.1,2,3,4,6,8,11,12 | Ст.1,3,4,11,12 |
| | 2005 | Ст.2,3,4,6,14 | Ст.1,2,6,12,13,14,15 | Ст.1,2,3,8,11,13,14,15 | Ст.1,2,6,8,15 |
| | 2006 | | Ст.1,2,12 | Ст.1,6,15 | Ст.1,3,4,12,13,14,15 |
| | 2007 | Ст.1,3,4,13,14,15 | | | |
| <i>Chironomus sp</i> | 2003 | | | | - |
| | 2004 | Ст.9 | Ст.9 | - | - |
| | 2005 | Ст.6 | Ст.1,6 | - | - |
| | 2006 | | - | - | Ст.1,8 |
| | 2007 | Ст.4,8 | | | |
| <i>Cryptochironomus gr.defectus</i> | 2003 | | | | - |
| | 2004 | - | - | - | - |
| | 2005 | Ст.4,12,13,14,15 | Ст.1 | - | - |
| | 2006 | | - | - | - |
| | 2007 | - | | | |
| <i>Cryptochironomus defectus</i> | 2003 | | | | Ст.1,2,3,4,6,12 |
| | 2004 | Ст.4,6,12 | Ст.2,3 | Ст.1,2,4,11,12 | Ст.1,4,6,8,12 |
| | 2005 | Ст.1 | Ст.13 | Ст.1,2,3,4,11 | Ст.1,2,3,8,11 |
| | 2006 | | Ст.2,11,12,15 | Ст.4,15 | Ст.1,4,6,12,15 |
| | 2007 | Ст.1,2,3,4,14,15 | | | |
| <i>Cryptochironomus sp</i> | 2003 | | | | - |
| | 2004 | - | Ст.12 | Ст.12 | - |
| | 2005 | - | Ст.1 | - | - |
| | 2006 | | - | Ст.11 | - |
| | 2007 | Ст.14 | | | |
| <i>Cricotopus fuscus</i> | 2003 | | | | - |
| | 2004 | - | - | - | - |
| | 2005 | - | - | - | Ст.8 |
| | 2006 | | Ст.2 | Ст.2,4 | - |
| | 2007 | - | | | |
| <i>Cr. annulator</i> | 2003 | | | | - |
| | 2004 | - | - | - | - |
| | 2005 | - | - | - | Ст.6,12 |
| | 2006 | | - | - | - |
| | 2007 | - | | | |
| <i>Cr. algarum</i> | 2003 | | | | Ст.2,3 |
| | 2004 | Ст.4,6,11 | Ст.3 | Ст.1,3,4,6 | Ст.3,4,12 |
| | 2005 | Ст.3,4,15 | - | Ст.1,3,4 | Ст.1,2,3,4,13 |
| | 2006 | - | Ст.12,13,14 | Ст.6,11,13 | Ст.2,11 |
| | 2007 | Ст.12 | | | |
| <i>Cr. bicinctus</i> | 2003 | | | | - |
| | 2004 | - | - | - | - |
| | 2005 | Ст.1 | - | - | - |
| | 2006 | | - | - | - |
| | 2007 | - | | | |
| <i>Cr. sylvestris</i> | 2003 | | | | Ст.1,2,6,11 |
| | 2004 | Ст.6,11 | Ст.3,11,12 | Ст.1,12 | Ст.4,6,11,12 |
| | 2005 | Ст.1,3,4,12,13,14,15 | - | Ст.1 | Ст.1,2,6,12,14,15 |
| | 2006 | | Ст.2,6 | Ст.15 | Ст.2 |
| | 2007 | Ст.6 | | | |
| <i>Cricotopus sp.</i> | 2003 | | | | Ст.1 |

| | | | | | |
|--|------|------------|----------|---------------|--------------|
| | 2004 | | Ст.11,12 | Ст.3 | Ст.1 |
| | 2005 | - | - | - | - |
| | 2006 | | - | Ст.15 | Ст.2 |
| | 2007 | - | | | |
| <i>Eukieferiella gracei</i> | 2003 | | | | Ст.1 |
| | 2004 | Ст.1 | Ст.1 | Ст.1 | Ст.1 |
| | 2005 | Ст.1 | Ст.1 | Ст.1 | Ст.1 |
| | 2006 | | Ст.1 | Ст.1 | - |
| | 2007 | Ст.1 | | | |
| <i>E. clypeata</i> | 2003 | | | | - |
| | 2004 | - | - | - | - |
| | 2005 | Ст.1 | - | - | - |
| | 2006 | | - | - | - |
| | 2007 | - | | | |
| <i>E. similis</i> | 2003 | | | | - |
| | 2004 | - | - | Ст.1 | |
| | 2005 | - | - | Ст.1 | Ст.1 |
| | 2006 | | Ст.1 | - | - |
| | 2007 | - | | | |
| <i>Eukieferiella sp.</i> | 2003 | | | | - |
| | 2004 | Ст.1 | - | - | - |
| | 2005 | - | Ст.1 | - | - |
| | 2006 | - | - | - | - |
| | 2007 | Ст.1 | | | |
| <i>Endochironomus tendens</i> | 2003 | | | | - |
| | 2004 | - | - | - | - |
| | 2005 | - | - | - | - |
| | 2006 | | Ст.13 | - | - |
| | 2007 | - | | | |
| <i>Endochironomus sp.</i> | 2003 | | | | - |
| | 2004 | - | - | - | - |
| | 2005 | - | - | - | Ст.14,15 |
| | 2006 | | - | - | - |
| | 2007 | - | | | |
| <i>Polypedilum pedestre</i> | 2003 | | | | - |
| | 2004 | - | - | - | - |
| | 2005 | - | - | Ст.8 | - |
| | 2006 | | Ст.8 | - | - |
| | 2007 | - | | | |
| <i>Polypedilum sp.</i> | 2003 | | | | Ст.2 |
| | 2004 | - | - | - | - |
| | 2005 | - | - | - | Ст.2,4,13 |
| | 2006 | | Ст.11 | - | - |
| | 2007 | - | | | |
| <i>Tanytarsus gregarium</i> | 2003 | | | | Ст.1,2,6,12 |
| | 2004 | Ст.2,4,12 | Ст.1,3,4 | Ст.3,12 | Ст.1,4,12 |
| | 2005 | Ст.1,14 | Ст.1,3 | Ст.1,13,14,15 | Ст.1,2,12,13 |
| | 2006 | | - | Ст.8 | Ст.2,12 |
| | 2007 | Ст.3,13,14 | | | |
| <i>Tanytarsus sp.</i> | 2003 | | | | - |
| | 2004 | - | Ст.4 | - | Ст.4,12 |
| | 2005 | Ст.3 | - | - | - |
| | 2006 | | Ст.13 | - | - |
| | 2007 | Ст.14 | | | |
| <i>Tvetenia calvescens</i> | 2003 | | | | Ст.2 |
| | 2004 | - | - | - | - |
| | 2005 | Ст.1 | Ст.3 | - | Ст.2,8 |
| | 2006 | | - | Ст.1 | - |
| | 2007 | - | | | |
| <i>Tvetenia sp.</i> | 2003 | | | | - |
| | 2004 | Ст.1 | Ст.1 | Ст.2,12 | Ст.1 |
| | 2005 | - | - | Ст.2 | - |
| | 2006 | | - | Ст.8 | - |
| | 2007 | Ст.1 | | | |
| <i>Demicriptochironomus vulneratus</i> | 2003 | | | | - |
| | 2004 | - | - | - | - |
| | 2005 | - | - | Ст.1 | Ст.1,2 |
| | 2006 | | Ст.11 | - | - |
| | 2007 | - | | | |
| <i>Dicrotendipes nervosus</i> | 2003 | | | | - |
| | 2004 | - | - | - | - |
| | 2005 | Ст.1 | Ст.1 | | Ст.2,8 |

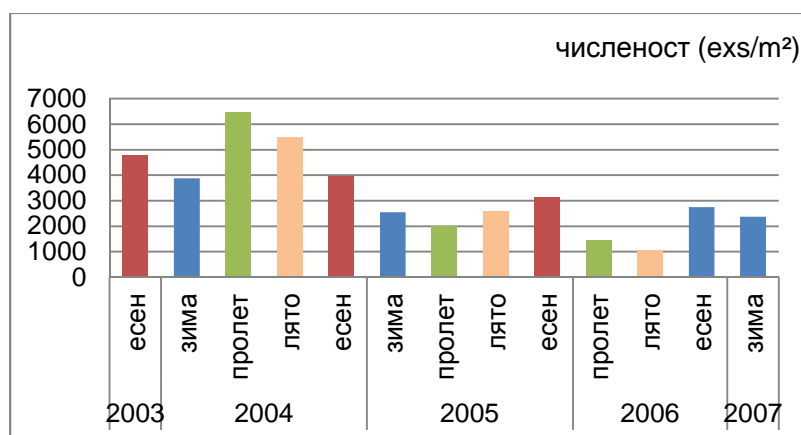
| | | | | | |
|---------------------------|------|---|-------|-------|---|
| | 2006 | | - | Ст.12 | - |
| | 2007 | - | | | |
| <i>Glyptotendipes sp.</i> | 2003 | | | | - |
| | 2004 | - | - | - | - |
| | 2005 | - | - | - | - |
| | 2006 | - | Ст.15 | - | - |
| | 2007 | - | | | |

Най-много видове са установени в ст. 1 (17 вида) , следвана от ст. 2 и 12 (по 12 вида), ст.4 (11 вида), ст. 3 и 11 (по 9 вида) и ст. 6 и 8 (по 8 вида). *Cr. defectus* и *Ch. riparius* са установени в най-много станции (8); *T. gregarius*, *C. sylvestris* и *C.algarum* (7), *Ch.gr.plumosus* (6) и *Cricotopus sp.* (5). Сем. Chironomidae изцяло липсват в ст. 5 и ст. 7. Едни от най-разпространените видове в езеро Вая са *Chironomus gr.plumosus* и *Chironomus riparius*. Разпространението на видовете се вижда от горната таблица, както и в дисертацията със съответните честоти на срещане. В сравнение с направените през периода 1953-1957 изследвания от Зашев и Ангелов (1958), се наблюдава сериозна промяна във видовия състав на зообентоса на езеро Вая (**Табл. 2 в Приложенията на дисертацията**).

6.4.2.2. Количествен анализ (численост и биомаса) на хириноmidите.

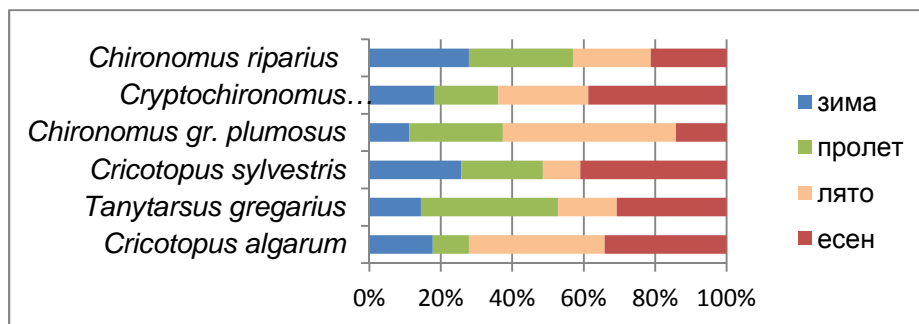
Сезонна динамика на числеността на хириноmidите

Общата установена численост на хириноmidите е 42 450 exs/m². Най-голяма е тя през пролетта (9900 exs/m²) (26,3%), а най-малка през зимата (8800 exs/m²) (23,4%). Сезонната динамика (**фиг. 52**) показва, че през 2004 г. общата численост на хириноmidите е най-голяма (19 775 exs/m²), а най-ниска е през 2006–2007 г. (7600 exs/m²). През лятото на 2006 г. е с най-ниска стойност (1050 exs/m²).



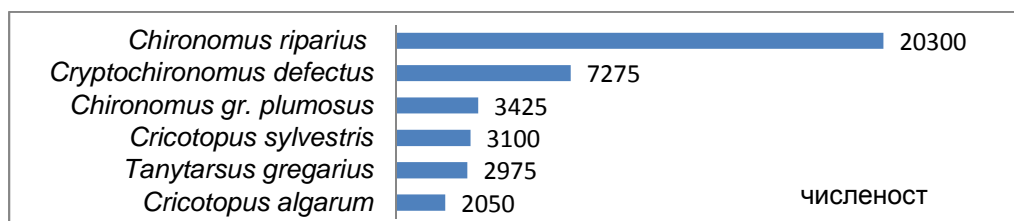
Фиг. 52. Сезонна динамика на числеността на хириноmidите (exs/m²).

Общата численост по видове и сезони (%) е представена на следващата **фиг. 53**.



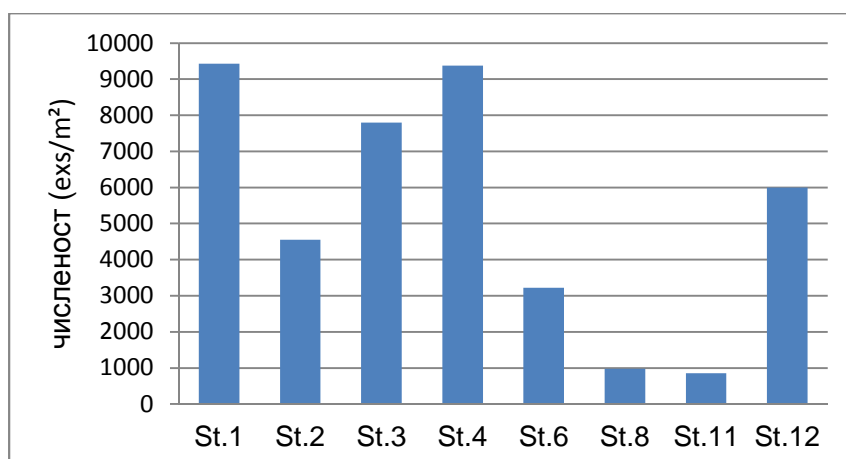
Фиг. 53. Разпределение на числеността на хириноmidите по видове и сезони (в %).

Видовете с най-голяма численост за целият изследван период е представена на **фиг. 54**.



Фиг. 54. Видове хириноmidи с най – голяма численост за целия изследван период.

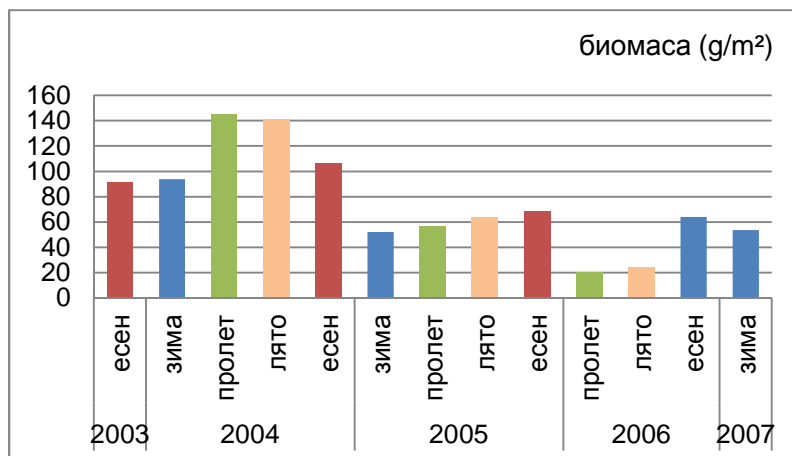
Числеността на хириноmidите по станции е представена на следващата **фиг. 55**.



Фиг. 55. Обща численост на Chironomidae (exs/m²) по станции.

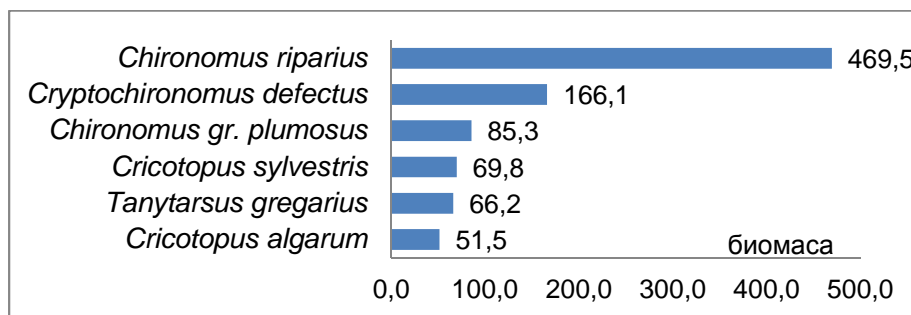
Сезонна динамика на биомаса на хириноmidите

Общата установена биомаса на хириноmidите е 979,18 g/m². Най-голяма е през 2004 г. (485,6 g/m²), като през пролетта е най-висока (144,65 g/m²), а най-ниска е през пролетта на 2006 г. – едва 20,43 g/m². Сезонната динамика на биомасата следва сезонната динамика на числеността (**фиг. 56**).



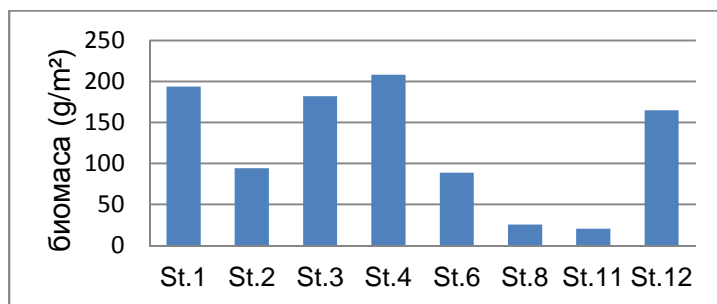
Фиг. 56. Сезонна динамика на биомасата на Chironomidae.

С най-голямо участие са видовете, представени на фиг. 57.



Фиг. 57. Видове хириномиди с най-голяма обща биомаса за целия период.

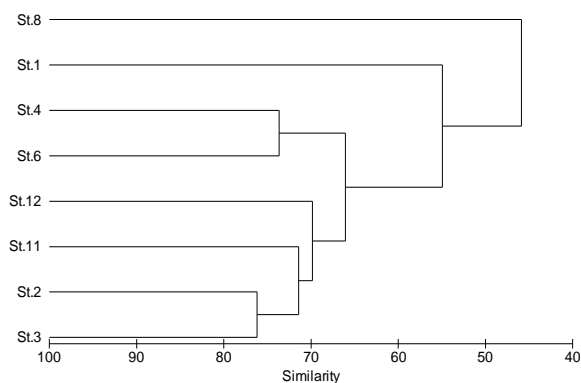
Разпределението на общата биомаса на хириномидите по станции (фиг. 58) следва хоризонталното разпределение на числеността им.



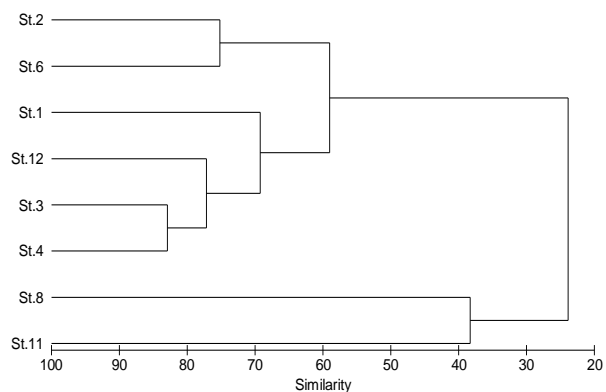
Фиг. 58. Разпределение на биомасата на Chironomidae по станции.

Сходство и различия

Дендрограмата на сходство по **видов състав** показва под 80% сходство във всички случаи. (Фиг. 59). Най-много се откроява ст. 8. Дендрограмата на сходство по **видов и количествен състав** (фиг. 60) показва, че ст.8 и ст.11 се отделят по много ниската численост, което ги отличава от другите станции.

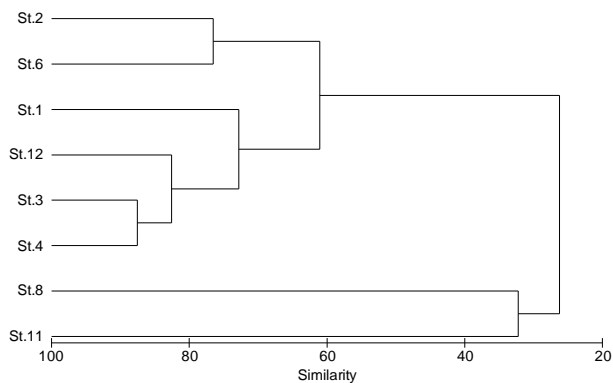


Фиг. 59. Дендрограма на сходство по видов състав на хириноmidите (Индекс на Czekanovski-Dice-Sørensen).



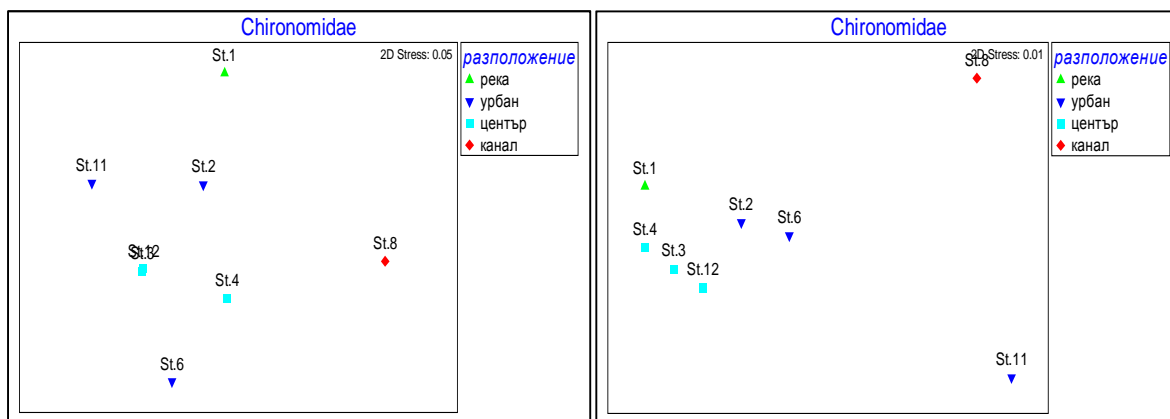
Фиг. 60. Дендрограма на сходство по видов и количествен състав на хириноmidите (Индекс на Bray – Curtis).

Дендрограмата на сходство по **биомаса** (фиг. 61) показва повече от 80% сходство в ст.3, 4 и 12. Най-ниската биомаса е в ст.8 и 11, които се отделят в една група.



Фиг. 61. Дендрограма на сходство по биомаса на хириноmidите.

Направен е допълнителен многомерен факторен анализ за изясняване на сходствата и различията между отделните станции за хириноmidите – **ANOSIM** и **SIMPER**. Той показва достоверни различия между групите станции, според разположение и натовареност с органика, по **видов състав** на хириноmidите ($R=0,515$, $p=0,0036\%$) (фиг. 62). Анализите показаха достоверни различия между станциите и по **количествен състав** ($R=0,561$, $p=0,0025\%$) (Фиг. 63).

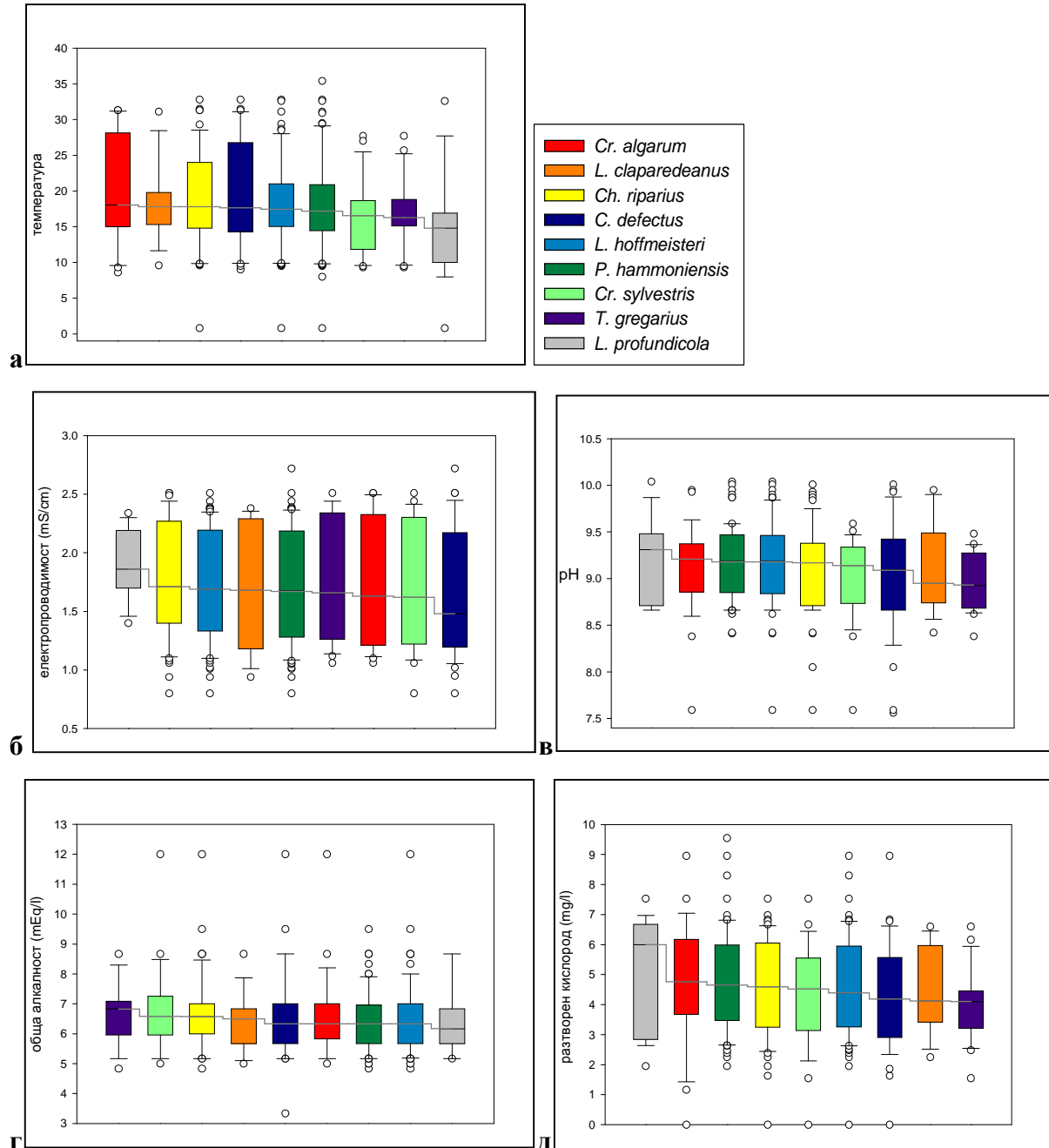


Фиг. 62. Сходство по видов състав на хирономидите (ANOSIM и SIMPER).

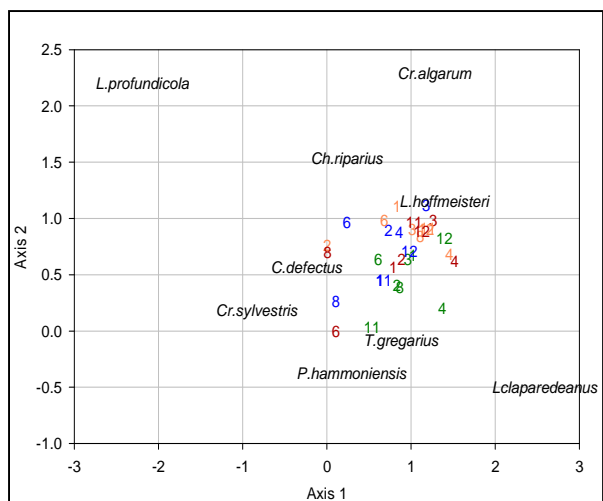
Фиг. 63. Сходство по видов състав и количество (ANOSIM и SIMPER).

6.4.3. Обобщение за двете бентосни групи (*Oligochaeta* и *Chironomidae*).

На Фиг. 64 а, б, в, г, д, са представени секвентни редове с максималните, минималните стойности и медианите на отделните химични фактори за основните зообентосни видове:



Фиг. 64. Секвентни редове на зообентосните видове според: а. T; б. EC; в. pH; г. Am; д. O2



Фиг. 65. Detrended Correspondence Analysis. Цифрите показват станциите, а цветовете – сезоните.

Detrended Correspondence analyses (DCA) (Фиг. 65) е използван, за да се определи структурата и разпределението на основните видове от изследваните зообентосни групи в езеро Вая по сезони и по станции. В анализа са включени някои от основните установени видове от двете бентосни групи: от Oligochaeta (*P.hammoniensis*, *L.hoffmeisteri*, *L.claparedeanus*, *L.profundicola*), а от Chironomidae (*Ch.riparius*, *C.algarum*, *C.sylvestris*, *Cr.defectus*, *T.gregarius*). Вариацията на видовете, обяснена с първата ос е 16,1%, а втората е 7%, т. е. първата и втората ос обясняват много малък процент на вариацията на качествения и количествен състав на зообентоса.

Направен е **структурен анализ** на видовото разнообразие на двете зообентосни групи в езеро Вая. Използвани са индекси на: Shannon (H); Simpson (C) и Pielou (E). Установено е, че средните стойности на биоценотичните индекси през 2004 г. и 2005 г. са близки. През 2006 – 2007 г. се наблюдава намаляване на средната стойност на (H). Индексите за доминиране на Simpson (C) бяха в обратна зависимост с тези за (H), докато индексите за изравненост (E) на съобществото бяха сравнително високи. За някои станции бяха установени ниски стойности на (H) (ст.6, 8, 11) през 2006 – 2007 г., високи стойности на C и ниските стойности на E. Ниските стойности на (H) и (E), може да са показателни за дестабилизиране на средата. Това е наблюдавано в ст.11 през 2006 – 2007 г. (H – 0,77 и E - 0,38). Ниските стойности на E демонстрират относително неравномерно разпределение на видовете в общата численост, за което може да влияят както абиотичните, така и биотичните фактори. Относително по-дълбоките станции 3, 4 и 12, създават по-благоприятни условия за живот на дъното по отношение на средообразуващите фактори и това се отразява на структурата на съобществото, стойността на (H) в тези станции бе по-висока. Направен е **кластерен анализ на**

станциите по години и сезони според честотата на присъствие на всички установени бентосните видове в дадена станция за периода 2004 – 2007 г.

6. 5. Екологична оценка (ЕО) и екологично състояние (ЕС) на езеро Вая

(по Белкинова, Д.и др., 2013).

Направена е екологична оценка за състоянието на езеро Вая на базата на получените данни за олигохетите (% Olygochaeta), представен със скала за оценка на ЕС. При езеро Вая (L8 – езерен тип съгласно Наредба № Н-4/14.09.2012 г. на МОСВ) ЕО и ЕС се определят по следната скала:

| L1 – L10 | EQR | % Olygochaeta | |
|-------------------------|-------------|---------------|-------------|
| Естествени езера | 0,8 - 1,0 | 0 - 20 | Много добро |
| Скала за % Olygochaeta | 0,6 – 0,799 | 20,1 - 40 | Добро |
| 0 – 100 | 0,4 – 0,599 | 40,1 - 60 | Средно |
| Само за литорални проби | 0,2 – 0,399 | 60,1 - 80 | Лошо |
| | 0 – 0,199 | 80,1 - 100 | Много лошо |

Резултати за процента олигохети спрямо останалия установен макрозообентос (сезон/година/станция) са представени в следващата таблица:

Есен (% Olygochaeta и EQR)

| Год. | Станции | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---------|--------|--------|--------|---|--------|---|--------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| 2003 | 62,362 | 26,842 | 83,130 | 89,463 | 0 | 91,943 | 0 | 100 | 0 | 93,854 | 74,438 | | | | |
| EQR | 0,376 | 0,732 | 0,169 | 0,105 | | 0,081 | | 0 | | 0,061 | 0,256 | | | | |
| 2004 | 58,291 | 0 | 92,987 | 93,036 | 0 | 41,315 | 0 | 81,618 | 0 | 54,128 | 92,588 | | | | |
| EQR | 0,417 | | 0,070 | 0,070 | | 0,587 | | 0,184 | | 0,459 | 0,074 | | | | |
| 2005 | 84,975 | 89,254 | 96,444 | 82,033 | 0 | 83,008 | 0 | 0 | 0 | 97,405 | 78,022 | 88,883 | 73,958 | 78,025 | |
| EQR | 0,150 | 0,107 | 0,036 | 0,180 | | 0,170 | | | | 0,026 | 0,220 | 0,111 | 0,260 | 0,220 | |
| 2006 | 0 | 0 | 79,784 | 73,513 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 85,795 | 85,236 | 76,861 | 57,903 | |
| EQR | | | 0,202 | 0,265 | | | | | | | 0,142 | 0,148 | 0,231 | 0,421 | |
| 2007 | | | | | | | | | | | | | | | |

Зима (% Olygochaeta и EQR)

| Год. | Станции | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---------|--------|--------|--------|---|--------|---|--------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| 2003 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2004 | 84,313 | 66,611 | 99,401 | 89,088 | 0 | 31,949 | 0 | 48,630 | 0 | 97,950 | 97,505 | | | | |
| EQR | 0,157 | 0,334 | 0,006 | 0,109 | | 0,681 | | 0,514 | | 0,021 | 0,025 | | | | |
| 2005 | 90,570 | 84,192 | 94,826 | 90,453 | 0 | 72,527 | 0 | 100 | 0 | 100 | 95,227 | 73,765 | 90,485 | 70,765 | |
| EQR | 0,094 | 0,158 | 0,052 | 0,095 | | 0,275 | | 0 | | 0 | 0,048 | 0,262 | 0,095 | 0,292 | |
| 2006 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2007 | 0 | 68,944 | 73,238 | 64,825 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 99,976 | 0 | 80,076 | 73,878 | 71,513 | |
| EQR | | 0,311 | 0,268 | 0,352 | | | | | | 0 | | 0,199 | 0,261 | 0,285 | |

Пролет (% Olygochaeta и EQR)

| Год. | Станции | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---------|--------|--------|--------|---|--------|---|--------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| 2003 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2004 | 88,422 | 94,228 | 74,970 | 95,016 | 0 | 84,560 | 0 | 100 | 0 | 93,157 | 94,287 | | | | |
| EQR | 0,116 | 0,058 | 0,250 | 0,050 | | 0,154 | | 0 | | 0,068 | 0,057 | | | | |
| 2005 | 67,438 | 14,865 | 99,268 | 99,179 | 0 | 94,765 | 0 | 0 | 0 | 100 | 89,320 | 80,636 | 79,658 | 96,192 | |
| EQR | 0,326 | 0,851 | 0,007 | 0,008 | | 0,052 | | | | 0 | 0,107 | 0,194 | 0,203 | 0,038 | |
| 2006 | 90,374 | 86,627 | 96,530 | 99,454 | 0 | 25,882 | 0 | 91,438 | 0 | 94,879 | 83,354 | 98,715 | 87,017 | 95,804 | |
| EQR | 0,096 | 0,134 | 0,035 | 0,005 | | 0,741 | | 0,086 | | 0,051 | 0,166 | 0,013 | 0,130 | 0,042 | |
| 2007 | | | | | | | | | | | | | | | |

Лято (% Olygochaeta и EQR)

| Год. | Станции | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---------|--------|--------|--------|---|--------|---|--------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| 2003 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2004 | 81,085 | 95,247 | 86,426 | 81,812 | 0 | 0 | 0 | 93,102 | 0 | 96,748 | 88,482 | | | | |
| EQR | 0,189 | 0,048 | 0,136 | 0,182 | | | | 0,069 | | 0,033 | 0,115 | | | | |
| 2005 | 0 | 36,224 | 0 | 98,348 | 0 | 99,990 | 0 | 94,794 | 0 | 98,652 | 99,521 | 90,934 | 93,288 | 85,984 | |
| EQR | | 0,638 | | 0,017 | | 0 | | 0,052 | | 0,013 | 0,005 | 0,091 | 0,067 | 0,140 | |
| 2006 | 21,308 | 98,085 | 94,111 | 94,944 | 0 | 0 | 0 | 95,847 | 0 | 90,715 | 92,537 | 98,524 | 0 | 87,150 | |
| EQR | 0,787 | 0,019 | 0,059 | 0,051 | | | | 0,042 | | 0,093 | 0,075 | 0,015 | | 0,129 | |
| 2007 | | | | | | | | | | | | | | | |

Направената екологична оценка за състоянието на езеро Вая, показва, че най-лошо е състоянието на езерото през пролетта и лятото, с най-много станции в „червената зона” („много лошо”), както и в „оранжевата зона” („лошо”), които по стойности често доближават границата с „червената зона”. По-малко станции попадат в „зелената”, и още по-малко в „синята” зона, което показва, че при взимане на целенасочени мерки за намаляване на еутрофикацията на езерото би могло да се подобри неговото състояние.

7. ИЗВОДИ

1. Тип Rotifera е представен от 14 рода и 26 вида. Ротиферният комплекс е напълно обновен в сравнение с периода 1953-1957 г., с изключение на един общ вид - *Brachionus calyciflorus*. Повечето от видовете са с биоиндикаторна стойност и наличието им потвърждава хипертрофния статус на водоема.

2. Подклас Сорерода е представен с два вида - *Cyclops vicinus* и *Thermocyclops oithonoides*, които заедно с науплиусовите и копеподитни стадии показват голяма численост. Общо установената численост на Сорерода през целия изследван период ($26,48 \times 10^6$ exs/m³) варира по години и станции. Бедният видов състав на Cyclopoidea, съчетан с голямата численост е типично за водоем в условия на еутрофикация и хипертрофизация.

3. Установеният видов състав от разред Cladocera е сравнително беден - 3 рода и 7 вида, но е съпроводен със значителна численост (обща $1,32 \times 10^6$ exs/m³), което също потвърждава хипертрофизацията на езерото.
4. Клас Oligochaeta е застъпен с 2 семейства: Tubificidae - с 4 рода и 7 вида и Naididae – с 4 рода и 6 вида. По-голямата част са биоиндикатори за замърсяването и доказват хипертрофния статус на водоема. Основен принос към числеността и биомасата има сем. Tubificidae. Общият брой установени олигохети за изследвания период е 379 664 exs/m².
5. От сем. Chironomidae са установени 11 рода и 18 вида с обща численост 42 450 exs/m². Някои от представителите се приемат за биоиндикатори (род *Chironomus*).
6. Най-големи стойности на числеността и биомасата на зоопланктонните и зообентосни групи са отчетени в станциите по централната ос на водоема, което показва по - благоприятните условия на средата в тази част на езерото, свързани с дълбочина, хидрохимични параметри и особености на субстрата.
7. За зоопланктона трите индекса (Н, Е, С) не показват отчетливо различни средни стойности по сезони и по станции, което е свързано със стабилни еутрофни условия във водоема. За зоопланктона и за зообентоса индексът (С) в повечето случаи е в обратна зависимост с индекса (Н), докато индексът за изравненост (Е) е със сравнително високи и близки стойности. Подобна ситуация съответства на силно еутрофни водоеми.
8. Установеният видов състав на изследваните зоопланктонни и зообентосни групи безгръбначни животни показва почти пълна промяна в сравнение с периода 1953 – 1957 г., с изключение на 4 общи вида за двата периода (*Brachionus calyciflorus*, *Daphnia magna*, *Moina micrura*, *Chironomus gr. plumosus*).
9. Хидрохимичните показатели доказват продължаващата промяна на езеро Вая от солен към сладководен басейн.
10. Установен е богат видов състав на фитопланктона на Вая - 165 вида, 8 разновидности и 1 форма от 80 рода на 7 отдела. С най-много видове се отличават отдел Chlorophyta (86 вида и 3 разновидности от 40 рода) и отдел Cyanoprokaryota (49 вида, 1 сорт и 1 форма от 25 рода). Установено е наличието на тропичния инвазивен вид *Cylindrospermopsis raciborskii*, известен с много високата си токсичност!

11. Високата численост (средна стойност 1135×10^6 cells/l) и биомаса (средна стойност 46 mg/l) на фитопланктона, в които най-голям дял има отдел *Cyanoprokaryota*, недвусмислено показват, че Вая е хипертрофен водоем.

12. Въглеродното съдържание на фитопланктона (средна стойност 9,7 mg/l) доказва високата първична продукция на водоема.

13. Екологичната оценка за състоянието на езеро Вая показва най-лошо състояние на езерото през пролетта и лятото. Най-много са станциите в „червената зона“ („много лошо“) и в „оранжевата зона“ („лошо“), като последните по стойности често доближават границата с „червената зона“. По-малко станции попадат в „зелената“, и още по-малко в „синята“ зона. При взимане на целенасочени мерки, би могло да се подобри екологичното състояние на езерото.

8. ПРИНОСИ

1. След няколко десетилетия от последните изследвания на езеро Вая е определен цялостният видов състав на фитопланктона и основните зоопланктонни и зообентосни групи безгръбначни животни в езерото.

2. Изяснени са видовия състав и структурно – функционалните показатели на зоопланктона и зообентоса на езерото във връзка с осладняването на езерните води.

3. Установени са тератологични екземпляри както от разред *Cyclopoidea*, така и от клас *Oligochaeta*.

4. Установени са числеността и биомасата и сезонната динамика на някои основни зоопланктонни и зообентосни групи безгръбначни животни в езеро Вая.

5. Направена е екологична оценка на езерото на базата на установените резултати за *Oligochaeta*, които показват, че по-голямата част от станциите попадат в „червената“ и „оранжевата“ зона на „много лошо“ и „лошо“ екологично състояние на езеро Вая.

6. Резултатите от хидробиологичните и хидрохимичните изследвания могат да послужат за вземане на съответни административни и практически мерки за контрол на състоянието на екосистемата в желаната (положителна) посока.

5. Получените количествени резултати от хидробиологичните изследвания могат да бъдат използвани за възстановяване на рибостопанската експлоатация на езерото.

Препоръки:

Природозащитната стойност на защитена местност “Вая” и Рамсарското място “Езеро Вая” е изключително висока. Тук е формиран уникален комплекс от природни местообитания на влажна зона с международно значение и концентрации на множество

редки и застрашени видове водолюбиви птици. Тази висока потенциална стойност на територията може да бъде увеличена чрез реализация на редица мерки за управление. С предприемане на редица мерки е възможно да се създадат условия за привличането и завръщането на много видове птици, застрашени от изчезване.

Езерото Вая и защитена местност “Вая” са от изключително значение за целите на природозащитното образование и възпитание, а наличието на голямо видово разнообразие е предпоставка за повишен научен интерес.

Могат да се препоръчат някои възстановителни дейности:

Да се възстанови хидрологичния режим и хидрохимичния състав на езерните води на най-голямата лиманна екосистема в България, с цел подобряване на условията за живот на бракичните видове риби и безгръбначни животни, като хранителна база за голям брой световно застрашени и редки видове птици.

За възстановяване на хидрологичния режим на езерото, респективно защитената територия, може да допринесе:

1. Изграждане на заустващ колектор на ГПСОВ – Бургас до друг приемник (Черно море, Окислителни езера на “ЛУКОЙЛ - Нефтохим - Бургас” АД) или да влезе в експлоатация третото стъпало на ГПСОВ;

2. Почистване на канала за възстановяване на връзката на ез. Вая с Черно море, с цел осигуряване на обмен на водите и миграция на рибите;

3. Обръщане на канализацията на редица предприятия в Северната и Южна промишлени зони към колекторите на ГПСОВ; изграждане на пречиствателни съоръжения или свързване с колектора на ГПСОВ на битовите отпадните води на Долно. Езерово и Лозово;

4. Премахване на многобройните незаконово действащи или не отговарящи на законовите изисквания зауствания в езерото;

5. Организиране на охрана (както на защитената местност, така и на цялата Рамсарска територия), за да се спрат извършваните многобройни нарушения;

6. Създаване на нови открити водни площи чрез управление на тръстиките масиви.

СТАТИИ, ПРЯКО СВЪРЗАНИ С ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. **Nenova, E.**, S. Tishkov, M. Shishiniova, 2007. Investigation of hydrochemical parameters of the Vaya lake and their influence on the quantitative composition of plankton invertebrates, *Ecol.eng.and env.protection*, v.1, p.13-20.
2. Dimitrova, R., **E. Nenova**, B. Uzunov, M. Shishiniova & M. Stoyneva, 2014. Phytoplankton abundance and structural parameters of the critically endangered protected area Vaya Lake (Bulgaria), *Biotechnology & Byotechnological Equipment (Online)* (ID: 947718 DOI: 10.1080/13102818.2014.947718). Impact Factor: 0,622
3. Dimitrova, R., **E. Nenova**, B. Uzunov, M. Shishiniova & M. Stoyneva (in press) Phytoplankton composition of Vaya Lake (2004 - 2006). *Bulgarian Journal of Agricultural Science (BJAS)*. Impact Factor: 0,14.

БЛАГОДАРНОСТИ

Изказвам най-искрени и сърдечни благодарности на моите научни ръководители Проф. д-р Мария Шишиньова и Доц.д-р Апостол Апостолов за неограничената подкрепа, доверие и помощ при изготвянето на дисертационния труд.

Специални благодарности отдавам на Проф. Шишиньова за това, че през всичките ми години на работа с нея е била до мен и ми е помагала със знанията и опита си, както и с ценните си съвети.

Безкрайно съм благодарна и на Доц.д-р Елена Ташева и Гл.ас. Сава Тишков за оказаната ми ценна помощ при статистическата обработка на резултатите. Благодаря на Гл.ас. Тишков и за помощта при теренните експедиции в езерото и извършването на химичните изследвания.

Специални благодарности отправям към Проф. д-р Йордан Узунов и докт. Галя Георгиева от ИБЕИ, които ми оказаха безценна помощ при обработката на пробите с олигохети и определянето им.

Благодаря и на Доц. д-р Иван Пандурски от ИБЕИ за ценните консултации при определянето на копеподите.

Голяма благодарност изказвам и на Гл.ас. д-р Стефан Стойчев от ИБЕИ за помощта му при определянето на хириноmidите.

Изказвам сърдечни благодарности и на Проф. д-р Мая Стойнева за съдействието и подкрепата, която ми оказа при определянето на фитопланктона, както и на Доц. д-р Стефан Драганов за помощта и ценните му съвети по време на работата ми.

Изключително съм благодарна на Д-р Мариета Станачкова от Катедра Обща и приложна хидробиология на БФ, както за помощта ѝ при определянето на ротиферите, така и за ценните съвети и приятелска подкрепа по време на работата.

Благодаря и на Гл. ас. д-р Диана Златанова от катедрата по Зоология и антропология за съдействието ѝ при компютърната обработка на картата на езерото.

Специални благодарности отправям към Руси Русев от жк. Долно Езерово, гр. Бургас, който осигури лодката за влизане в езерото при събиране на пробите.

Най-искрени благодарности изказвам и на всички мои колеги от Катедра Зоология и антропология при БФ на СУ "Св. Кл. Охридски" за безрезервната и ценна приятелска подкрепа и разбиране, които получавах от тях през периода на работа!

Не на последно място и с огромна любов бих искала да благодаря и на моите родители, детето ми и съпруга ми, за изключителната духовна и материална подкрепа, разбиране и търпение по време на работата ми.