

**БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ИНСТИТУТ ПО ОКЕАНОЛОГИЯ
“ПРОФЕСОР ФРИТЪОФ НАНСЕН”**

Мария Христова Янкова

**ПОПУЛАЦИОННА ДИНАМИКА НА
ЧЕРНОМОРСКИЯ САФРИД
(*TRACHURUS MEDITERRANEUS PONTICUS*) ПРЕД
БЪЛГАРСКИЯ БРЯГ**

АВТОРЕФЕРАТ

**на дисертационен труд за придобиване на образователната и
научна степен “Доктор”**

по научна специалност “Хидробиология” с шифър

01.06.11

Научни консултанти:

**Проф. д-р Георги Даскалов
Проф. д-р Снежана Мончева**

Варна, 2014

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита на разширено заседание на секция „Биология и екология на морето“ при Институт по океанология - БАН, състояло се на 15 април 2014 г.

Дисертационният труд съдържа 181 страници текст, 45 фигури, 32 таблици и 2 приложения. Списъкът на цитираната литература включва 288 заглавия, от които 126 на кирилица, 162 на латиница и 3 Интернет източника.

Дисертационният труд е подготвен чрез докторантура на самостоятелна подготовка (2013 – 2014 г.) към Институт по океанология – БАН.

Научно жури:

Проф. д-р Георги Михайлов Даскалов, ИБЕИ- БАН

Проф. д.б.н Иван Стоянов Доброволов, ТУ- Варна

Проф. д.б.н Марияна Владимирова Филипова-Маринова, Природонаучен музей- Варна (Рецензент)

Доц. д-р Петя Иванова Павлова, ИО- БАН (Председател на Научното жури)

Доц. д-р Лъчезар Златев Пехливанов, ИБЕИ- БАН (Рецензент)

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 22.08.2014 г. от 14.00 часа в заседателната зала на ИО- БАН , ул. "Първи Май" 40, гр. Варна.

БЛАГОДАРНОСТИ

Изказвам най-искрени благодарности на научните ми ръководители проф. д-р Снежана Мончева и проф. д-р Георги Даскалов за оказаната възможност за развитие и за ценните съвети при изготвянето на дисертационния труд.

Изказвам благодарност на ръководството на Институт по Океанология при Българска Академия на Науките за осъществяването на докторантурата.

Благодаря на целия колектив на секция „Биология и екология на морето“ от Институт по океанология „Проф. Фритъоф Нансен“ за изказаните компетентни мнения и съвети в различни етапи от обсъждане на дисертацията.

За оказаната помощ дължа дълбока благодарност на доц. д-р Валентина Дончева и гл. ас. Кремена Стефанова.

Благодаря на семейството ми и моите приятели за вярата в мен и непрестанната подкрепа.

УВОД

Риболова в Черно море в значителна степен се базира на трансграничните мигриращи видове (Коларов 2005). Черноморският сафрид (*Trachurus mediterraneus ponticus*), играе изключително важна роля в хранителната мрежа на пелагичните риби в Черно море като плячка за много хищници - паламуд, лефер, делфини и др. Той е и важен консуматор на зоопланктон, особено когато запасите са големи, като по този начин действа като конкурент на другите риби, хранещи се с планктон (Daskalov *et al.* 2007).

За българския сектор на Черно море сафрида е имал първостепенно значение, но уловите през 90^{те} години се понижават съществено. Причините за това са свързани с промени в черноморската екосистема под въздействието на множество антропогенни фактори (Prodanov *et al.* 2007). Прекомерният улов, нарастващата евтрофикация и присъствието на инвазивния вид ктенофора *Mnemiopsis leydii* влияят върху числеността на вида, водят до трофични каскади и унищожаване на яйцата и ларвите (Проданов 1995; Проданов & Стоянова 1999; Daskalov *et al.* 2007). След известни колебания, дължащи се както на състоянието на запасите пред българския бряг, така и на пониженото риболовно усилие, уловите се увеличават като през 2008 година достигат до ~ 179.607 t, а през 2009 година ~ 176.91 t. Близко два пъти и половина нарастват количествата до съответно ~ 394.8 t през 2011 година.

Предвид фактите, че опазването на живите морски ресурси и управлението на риболова се сблъскват с нарастващи проблеми в Черно море, непрекъснатото обновяване на научната информация за състоянието на морските рибни ресурси е крайно необходима.

Изследванията върху екологията и експлоатационните параметри имат не само теоретично, но и важно практическо значение. Отговорното и устойчиво управление на рибарството изисква решения, базирани на солидна научна основа и дългосрочно управление. Научните резултати от изследванията за определяне биомасата на рибните популации, възрастовата им и размерна структура, темпа на нарастване и др. могат да гарантират устойчивото управление и експлоатацията на рибните ресурси в Черно море. Данните за възрастовата структура на популациите са основни параметри в уравненията за определяне на смъртността, оцеляването и елиминацията. Прилагането на тези уравнения изисква наличието на относително постоянни стойности на редица популационно-екологични параметри.

Получените данни за тегловно - възрастовата структура и нарастването се използват при оценка на запаса на вида в рамките на Работната група за Черно море към Научно - техническия и икономически съвет по рибарство на Европейската комисия.

Важната роля на този вид определя и включването на популационните параметри като качествени дискриптори за определяне на добро състояние на морската

среда (Директива 2008/56/ЕО: Рамкова директива за морска стратегия на Европейската Общност, 2008) и като компонент в политиките по рибарство (Common Fisheries Policy, 2009).

Досега в България не са провеждани комплексни научни изследвания за размерния и възрастов състав, хранителен спектър, разпределението, числеността, морфологията, смъртността и нарастването на вида от българското крайбрежие на Черно море. Всичко гореизложено изисква детайлно изучаване на неговата биология и екология.

ЦЕЛ И ЗАДАЧИ

Целта на дисертационния труд е разкриване на закономерностите в популационната динамика на черноморския сафрид (*T. m. ponticus*), пред българския бряг на Черно море. За изпълнението на тази цел са поставени следните **задачи**:

1. Да се определи динамиката на основните популационни параметри на черноморския сафрид.
2. Да се установи неговата размерна и възрастова структура.
3. Да се извърши морфологична характеристика на черноморския сафрид (*T. m. ponticus*).
4. Да се определи хранителния спектър на вида.
5. Да се извърши приблизителна оценка на коефициентите на обща, естествена и риболовна смъртност.
6. Да се оцени състоянието на запасите от сафрид в Черно море.
7. Да се обсъди състоянието и управлението на риболова на сафрид във водите на Черно море, ЕС и България.

Работна хипотеза: Флуктуациите в хранителната база и повишената риболовна преса върху попълването са най-вероятната причина за вариацията в пределните линейни и тегловни показатели за различните възрастови групи.

ЛИТЕРАТУРЕН ПРЕГЛЕД

Черноморският сафрид (*Trachurus mediterraneus ponticus* Aleev, 1956) е представител на разред Perciformes от сем. Carangidae. Морска, топлолюбива, пелагична, стадна риба. Живее до 15 години.

Направен е подробен преглед на литературата свързана с динамиката на популационната структура, морфологичните и популационно-биологичните изследвания, хранителният спектър, динамиката на химическия състав, величината на запасите, молекулярно-генетичната идентификация на популацията от сафрид за цялото Черно море.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

МАТЕРИАЛ

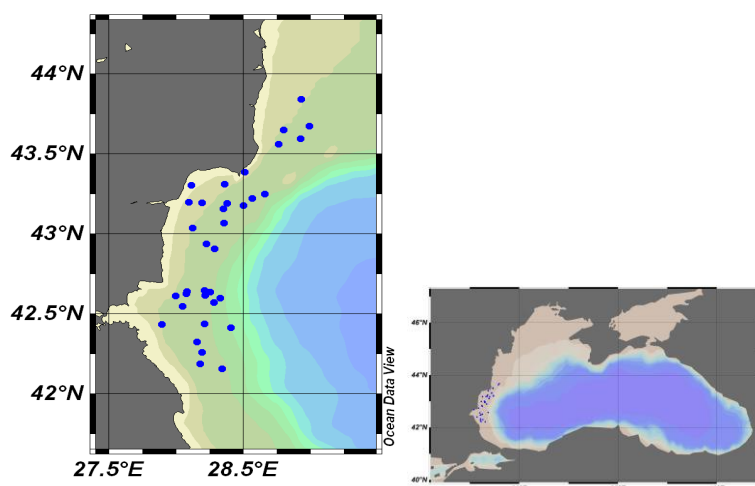
През периода 2004-2010 г. за изследване на популационната динамика на сафрида пред българския бряг на Черно море са събрани и обработени 40471 екземпляра (*Таблица 1*).

Таблица 1. Разпределение на събрания материал по години.

Година	Брой екземпляри	Риболовен уред
V-XI, 2004	6304	далян "I буна", Далян "II буна", греб "Камчия" и от риболовни кораби (РК)
V-XI, 2005	5384	далян "Зеленка", далян "I буна-Варна" греб "Камчия" и от РК
V-XI, 2006	4891	далян "Зеленка", далян "I буна-Варна" греб "Камчия" и от РК
IV-XI, 2007	6300	греб "Камчия", далян "I буна-Варна", далян "Созопол" греб "Камчия" и от РК
V-XII, 2008	4915	далян "Созопол", далян "IV буна-Варна" греб "Камчия" и от РК
V-XII, 2009	5804	далян "IV буна-Варна" и от РК
V-XI, 2010	6873	греб "Камчия", Далян "Созопол" и от РК

Пробите се взимаха от пасивните риболовни уреди (даляни, гребове) и риболовни кораби и са представителни за възрастовата и размерна структура. Екземплярите са събирани от значителни по количества улови и представляват произволна извадка от общия улов, т.е не са подбирани. Обработката на пробите е извършена в лаборатория "Ихтиология" на Институт по рибни ресурси - Варна. Първичната обработка на материала е извършвана непосредствено след уловите на терен или в лабораторни условия, а в случаите на масов улов материалът е замразяван за извършване на по-късна първична обработка в лабораторни условия. На всяка риба е измерена дължината (L) до края на опашната перка и теглото (W) с точност до 0.1g. За установяване на размерния, тегловния и възрастов състав се извърши ежеседмично събиране и обработване на проби (от северното и южно българско крайбрежие на Черно море (*Фигура 1*)).

За целите на морфологичния анализ са обработени 100 екземпляра от Варненски залив и за сравнение 100 екземпляра от н. Инеада (турския бряг на Черно море). Изследването върху диетата на сафрида се основава на анализ на стомашното съдържимо на 1042 броя сафрид, уловени в периода април-септември, 2007 година.



Фигура 1. Полигони на събиране на проби от сафрид пред българския бряг на Черно море.

МЕТОДИ

Метод за определяне възрастта на рибите

Възрастта е определяна по годишните кръгове на отолитите по установената методика на Стоянов (1961), като за целта е използван микроскоп.

Методи за изучаване структурата на популацията

Възrastовата структура на популацията е определена по метода на сумиране на средните проби (Чугунова, 1959). Размерният състав е определен по аналогичен начин. При определяне на размерно-възrastовата структура, според общоприетата практика ”+” във възрастта при материала събиран късно есен е считан за година.

Уравнение на Фон Берталанфи

За установяване характера на линейното и тегловно нарастване на сафрида се използват уравненията на Фон Берталанфи (Bertalanffy, 1938):

$$L_t = L_{\infty} \{1 - \exp[-k(t - t_0)]\}$$

$$W_t = W_{\infty} \{1 - \exp[-k(t - t_0)]\}^n$$

Зависимостта между дължината и теглото на рибите по възрасти се определя по уравнението:

$$W_t = a * L_t^n$$

Методи за сравнителни изследвания на скоростта на растеж:

- а) чрез сравняване коефициентите K от уравненията за линейно или тегловно нарастване на von Bertalanffy (1938), описващи зависимостта на дължината L или теглото W от възрастта t (времето на нарастване).
- б) чрез интегрирания показател- ω (омега параметър), въведен от Galucci, Quinn (1979): $\omega_L = L_{\infty} \cdot K$; $\omega_W = W_{\infty} \cdot K$
- в) чрез показателя на линейното нарастване ϕ_L (Munro, Pauly, 1983; Pauly, Munro, 1984) и чрез показателя на тегловното нарастване ϕ_W (index of weight growth performance) (Pauly, 1979): $\phi_L = \log_{10} k + 2 \log_{10} L_{\infty}$; $\phi_W = \log_{10} k + 2/3 \log_{10} W_{\infty}$;

Метод за изучаване смъртността, оцеляването и елиминацията

Годишните норми на смъртността и оцеляването изразени като част от цялото (Beverton & Holt, 1956; Ricker 1958; Иванов, 1953):

$$v_{i,s} = e^{-Z_{j,s}};$$

$$f_{j,s} = \left[\frac{F}{Z_{j,s}} (1 - e^{-Z_{j,s}}) \right]; m_{j,s} = \left[\frac{M_{j,s}}{Z_{j,s}} (1 - e^{-Z_{j,s}}) \right]; z_{j,s} = 1 - e^{-Z_{j,s}}; v_{0,i,s} = e^{-M_{j,s}}; m_{0,i,s} = 1 - e^{-M_{j,s}};$$

Методи за изчисляване на естествена смъртност

По формулата на Pauly (1979, 1980)

$$\log M = -0.2107 - 0.0824 \log L_{\infty} + 0.6757 \log k + 0.4687 \log T^{\circ}C \text{ Pauly (1980);}$$

$$\ln (M) = -0.4851 - 0.0824 \ln (W_{\infty}) + 0.6757 \ln (k) + 0.4687 \ln (T)$$

където: $T^{\circ}C$ -средногодишната температура на морската вода в хоризонтите на обитаване и размножаване на вида, L_{∞} , W_{∞} и K са параметри в уравнението на Фон Берталанфи;

Метод на Kutty, Qasim (1965)

$$t_c = \ln \frac{\ln(n \cdot k + M) - \ln M}{k} + t_0$$

където: t_c е оптималната експлоатационна възраст; k и t_0 – параметри от уравнението на Фон Берталанфи; M - средната стойност на коефициента на естествена смъртност. С помощта на това уравнение бе проследена зависимостта между стойностите на коефициентите M и t_c .

Методи за изчисляване на обща смъртност (Z) на морските организми

По формулата на Jones and van Zalinge (1981):

$$\ln C(L, L_{\infty}) = a + \frac{Z}{k} * \ln(L_{\infty} - L)$$

По формулата на Beverton and Holt (1956):

$$Z = k^* (L_{\infty} - \bar{L}) / (\bar{L} - L')$$

където: $\bar{L}$ – средна дължина L' – най-малкия размерен клас, който се експлоатира.

По формулата на Ault and Ehrhardt (1991):

$$A(L_{\max}) = Z \left(L_{\max} - \bar{L} \right) + k \left(L_{\infty} - \bar{L} \right)$$

където: $\bar{L}$ – средна дължина на рибите в улова; L' – най-малкият размерен клас, който е застъпен в улова; $L_{\max}$ – най-големият размерен клас, който е регистриран в улова;

По формулата на Powell-Wetherall (1979, 1987):

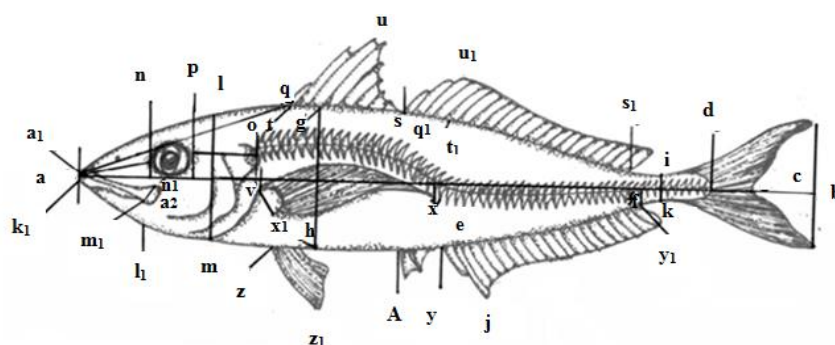
$$L_{\infty} = -a/b; b = -k / (z+k) \text{ и } a = -b \cdot L_{\infty}$$

Изчисляване на биомасата чрез разделният ВПА (VPsep), (Pope and Shepherd, 1982)

На база данните за общия улов на вида в Черно море, уловът по възрасти (C_t), началните тегла по възрастови групи (W_t) и стойността на коефициента на риболовна смъртност (F) е извършен разделният ВПА (VPsep) чрез компютърна програма FLR, 2007.

Морфологични измервания

Биометричният анализ е проведен върху 32 морфометрични и 7 пластични признака (**Фигура 2**). Изчислени са стандартни статистически параметри. Резултатите са сравнени между 2 области от крайбрежието-Варна и Инеада.



Фигура 2. Схема на измерванията на тялото на сафрида (по Правдин, 1966).

Морфологични белези

Получените процентни стойности за морфологичните белези са обработени по метода на вариационния анализ (Плохинский, 1961; Майр, Линзли, Юзингер 1956,

Лакин, 1980). Изчислени са коефициентът на вариация CV, t-критерият на Стюdent, CD-коефициентът на диференциацията, размахът на вариацията Rm за всеки вид риба, като резултатите са представени във вид на таблици.

Корелационно-регресионен анализ

Различните популационно-биологични закономерности са описани с различни функции: линейна, степенна, експоненциална и асимптотична. Техните параметри са определяни по метода на най-малките квадрати (Лакин, 1980). Най-подходящата функция е избрана с математически критерий. Функцията с най-малка дисперсия и най-голяма стойност на r , най-добре описва закономерностите в изменението на изучаваните величини (Сепетлиева, 1968).

Методи за изучаване на храната

За изучаване на храната са използвани следните показатели:

- a) пропорцията на таксона (вида) на жертвата в храната по численост;
- b) пропорцията на таксона (вида) на жертвата в храната по биомаса;
- c) честота на срещаемост на таксона (ЧС, %) - отношението на броя черва, в които се среща даденият хранителен компонент към цялото количество изследвани черва;

Методи за изследване на влиянието на факторите на морската околна среда върху попул. параметри на сафрида.

Приложен е йерархичен кластерен анализ (Bray & Curtis, 1957) за групиране по сходство, като мярка за подобие е използван коефициента на корелация (R кластер) между тях и е прилаган метода "Single linkage". Статистическите анализи са извършени с пакет програми Statistica 5.0, SPSS Statistica и многомерен статистически пакет MVSP. Приложен е каноничен корелационен анализ за взаимовръзките между климатичните променливи, хранителната база и популационните параметри на сафрида през периода 2003-2010 година.

Приложен е анализ на главните компоненти (PCA). Резултатите са представени чрез двумерна ординационна графика. Главен компонент 1 (PC 1) е оста на най-голяма вариация на параметрите, проектирани перпендикулярно върху нея. Главен компонент 2 (PC 2) е ос перпендикулярна на PC 1 избрана така, че да максимизира измененията на параметрите, които не са отразени от PC 1.

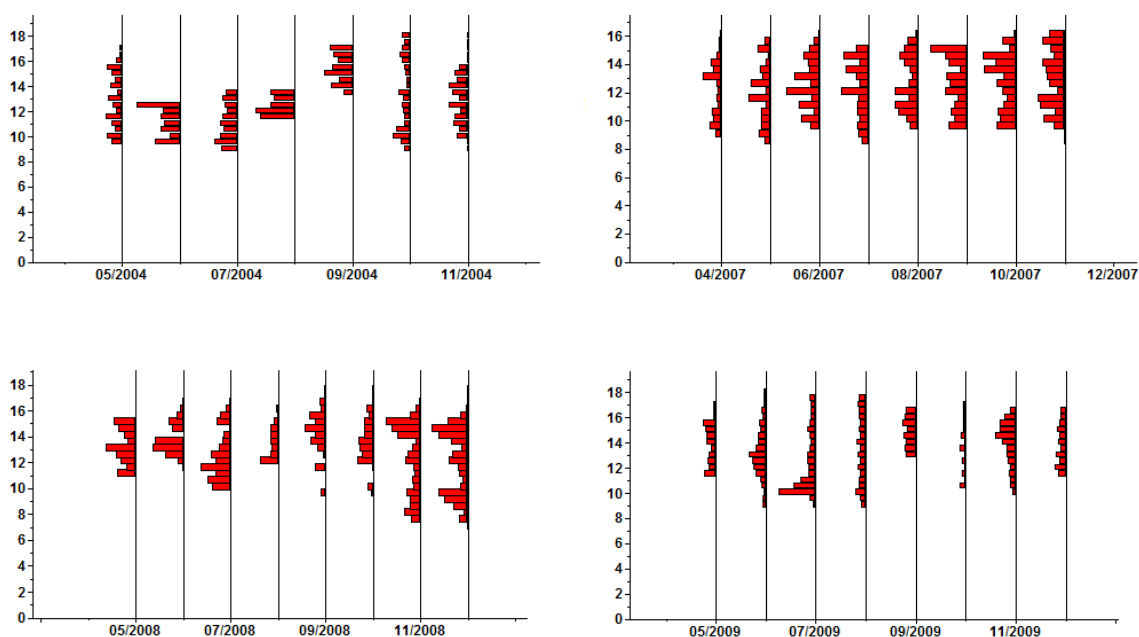
ФИЗИКОГЕОГРАФСКА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ЧЕРНО МОРЕ И БЪЛГАРСКОТО ЧЕРНОМОРСКО КРАЙБРЕЖИЕ

В тази глава се разглеждат физико-географските особености на Черно море като воден баланс, морско ниво, течения, особеностите на термохалинната структура на морската вода.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

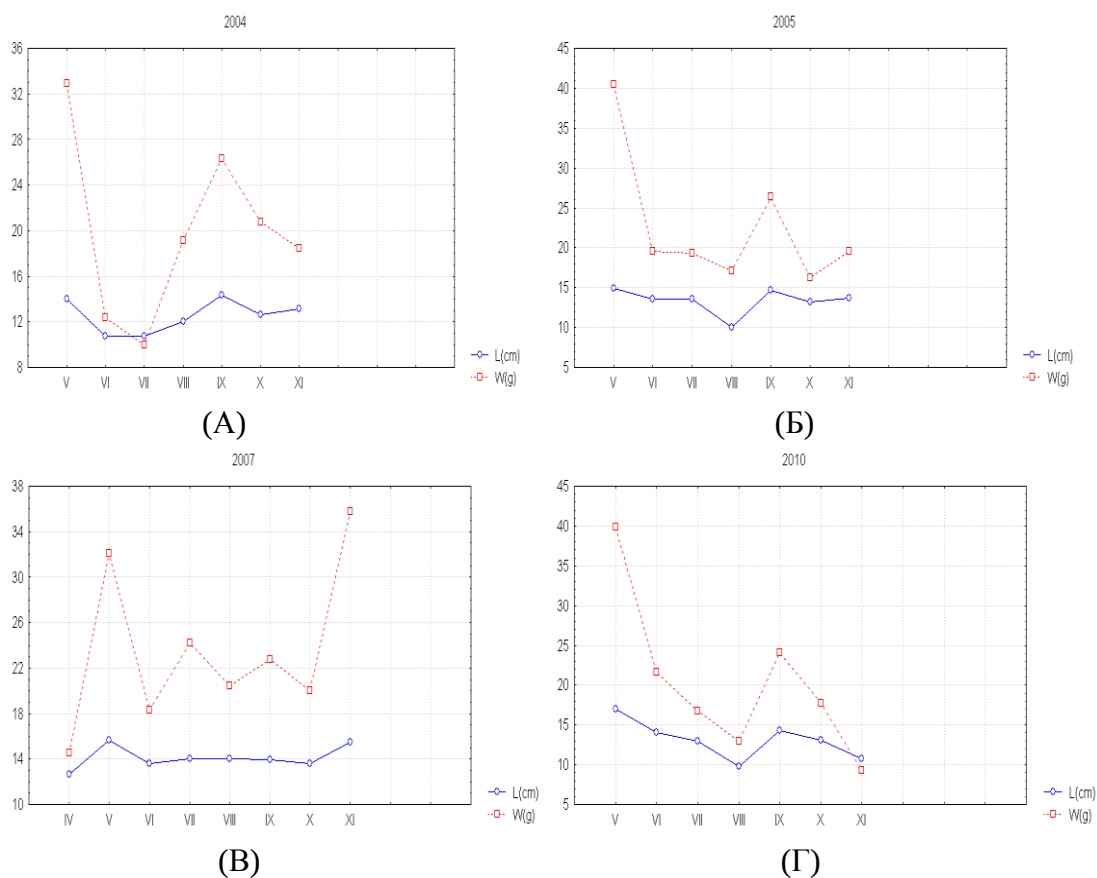
Динамика на популационната структура на сафрида Размерно-тегловна структура

В уловите от българската акватория на Черно море през периода 2004-2010 година, размерният състав е представен от индивиди с дължина на тялото от 7.5 cm до 18.0 cm. Данните за месечната динамиката на размерната структура показват, че през отделни години вариационният ред е прекъснат и от него отсъстват или са представени слабо индивиди с определени размери (*Фигура 3*).



Фигура 3. Размерната структура по месеци.

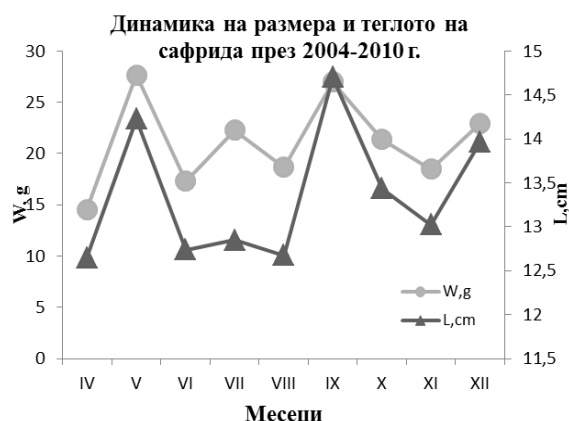
Размерния състав на мигриращите стада през пролетта се изменя непоследователно, но като цяло през месец май закономерно миграцията започна с по-едри екземпляри, с по-голяма дължина на тялото (*Фигура 4 А-Г*).



Фигура 4. Динамика на средната дължина (L) и тегло (W) по месеци.

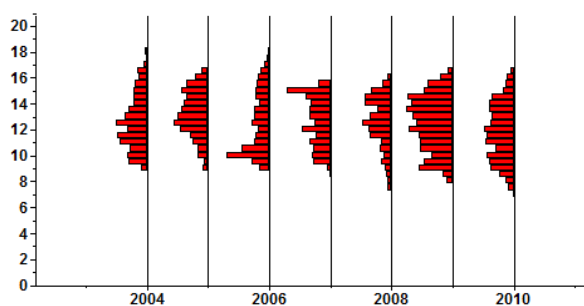
Средните дължини през май (2005, 2007, 2009, 2010 г.) са по-високи в сравнение с месец юни. През месец май 2007 г. средната дължина показва увеличение и достига ~ 15.66 cm (**Фигура 4 Б**). Причината за увеличението на средната дължина на тялото на сафрида, вероятно се определя от обстоятелството, че попълването (м. май 2007 г.) е съставено основно от женски индивиди, които имат по-голяма дължина на тялото и доминирайки в пролетните улови увеличават средната стойност за дължината на тялото. През месец август особеностите в нарастването са сходни – изоставане в натрупване на маса (2005-2010 г.). През август 2004 година се наблюдава повишаване на средното тегло, което корелира и с два пъти по-високите стойности на резервни мазнини (~ 10.5%) установени от изследване на Доброволов & Иванова (2007) за динамиката на мастното съдържание на сафрида.

Доминиране на по-едри индивиди при започване на пролетните миграции (м. V) към българския бряг на Черно море, обуславящо по-големи средни стойности за дължината и за теглото на вида. Постепенно тези стойности намаляват към размножителният период (м. VI, VII, VIII) и се наблюдават по-малки средни стойности на дължина и тегло на тялото. Най-ниско е теглото през юни, юли и август (**Фигура 5**).



Фигура 5. Динамика на дължината (L) и теглото (W) по месеци.

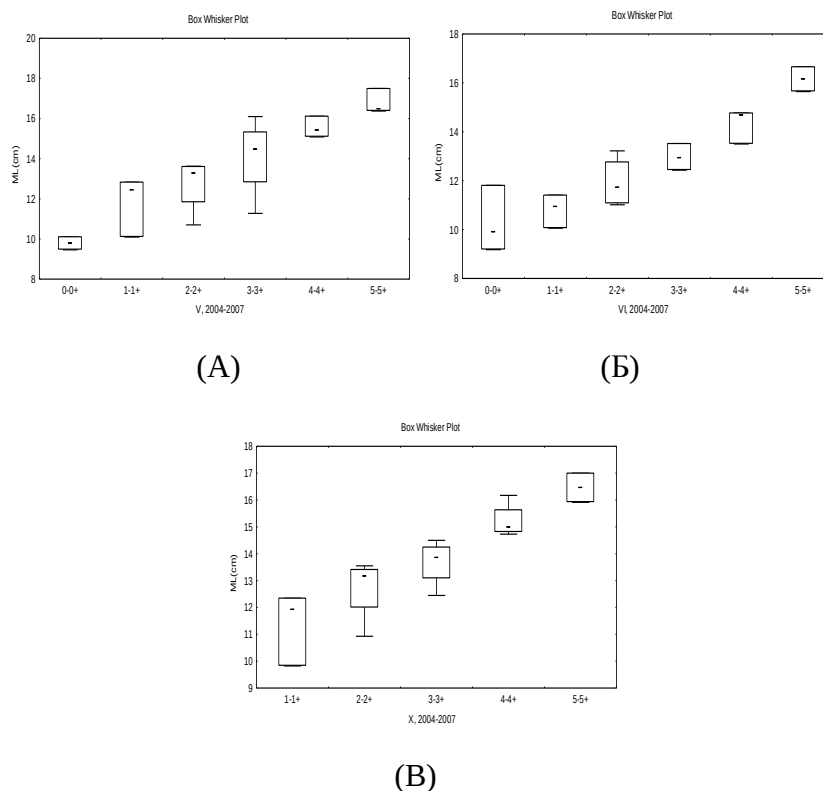
През 2004 г. участието на рибите с дължина до 13.5 cm е ~ 71.66%, а на тези с дължина над 14 cm ~ 28.34% (**Фигура 6**).



Фигура 6. Размерна структура по години.

През 2005 г. рибите с дължина до 13.5 cm достигат ~ 61.22% а тези над 14 cm се увеличават до ~ 38.78%. Участието на размерни групи 12.0, 12.5, 13.0 и 13.5 cm са представени с най-голяма численост в уловите през 2005 година. През 2006 година рибите с дължина до 13.5 cm участват в уловите с ~ 64.26%, а тези над 14 cm на ~ 35.73%. През 2008 г. размерните групи до 13.5 cm намаляват (~ 60.17%), в сравнение с 2006 г., а участието на рибите над 14 cm е 39.8%. През 2009 г. размерните групи до 13.5 cm участват с ~ 53.3% в уловите, а тези над 14 cm с (~ 46.7%). Размерния състав на уловите през 2010 година, е както следва: участието на рибите с дължина до 14 cm е ~ 58.5% спрямо ~ 41.5 % за рибите от размерни групи над 14 cm.

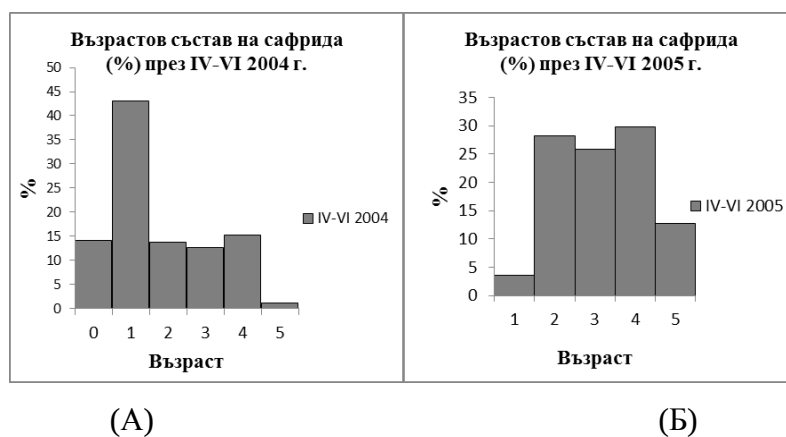
Средните стойности на дължината на сафрида по възрастови групи варират в различни граници (**Фигура 7**).

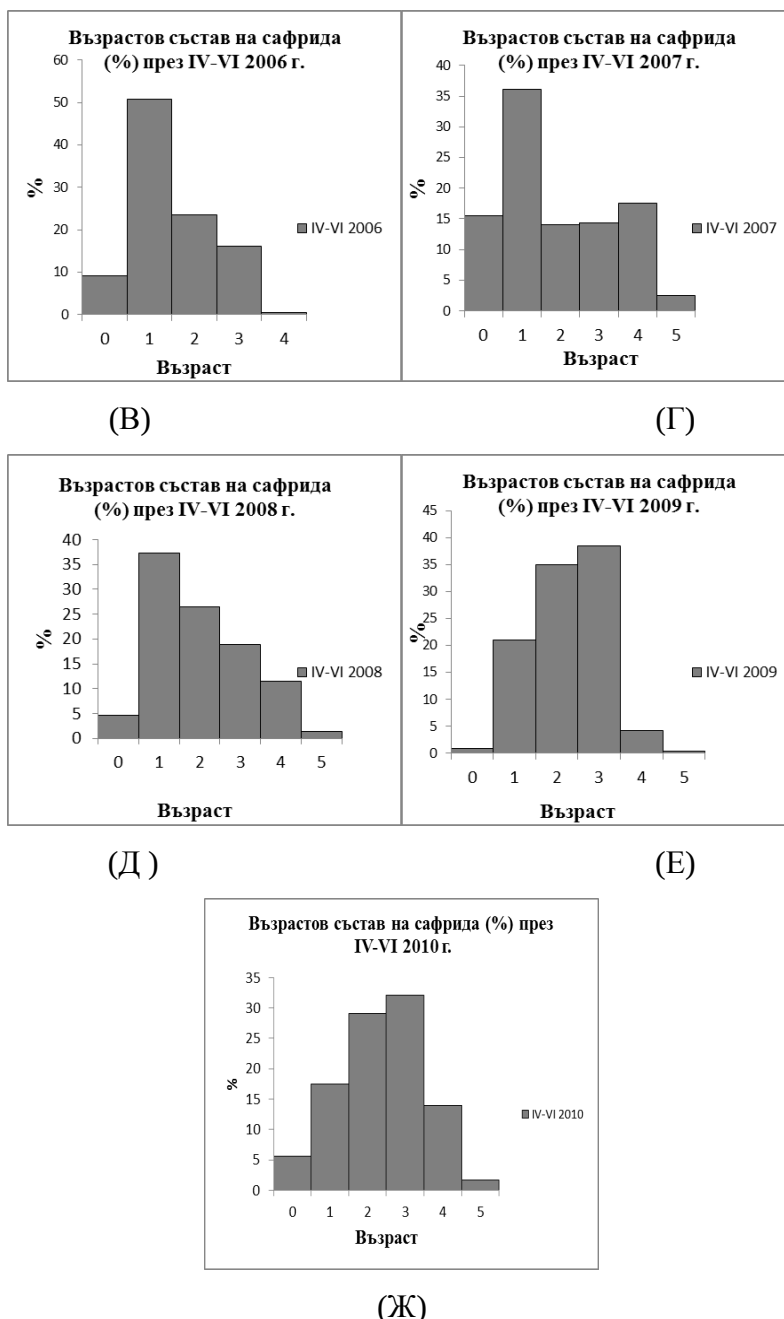


Фигура 7. Box Plot. Разпределение на средната дължина на сафрида по възрастови групи: А- м.май; Б- м.юни; В- м.октомври, 2004-2007г. Медиана на средната дължина и размах на стойностите (25–75%) за 2004-2007г.

Възрастова структура

През пролетния сезон (април-юни) възрастовата структура на сафрида се характеризира с ~ 4 (през 2006 г.), 5 (през 2005 г.) и ~ 6 (през 2004, 2007, 2008, 2009 и 2010 г.) възрастови класа (**Фигура 8А**).

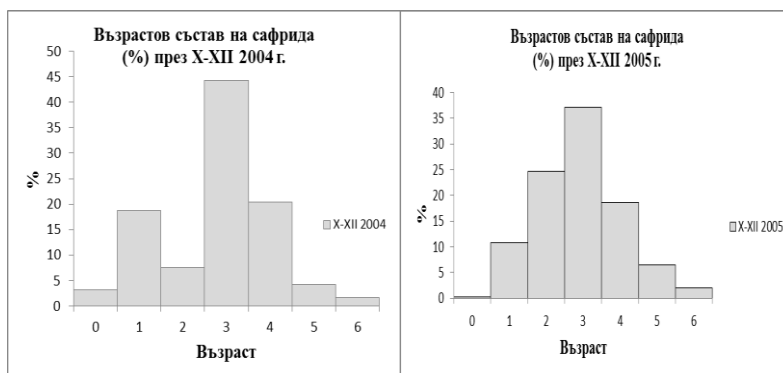




Фигура 8 Възрастова структура (%) по месеци (април- юни).

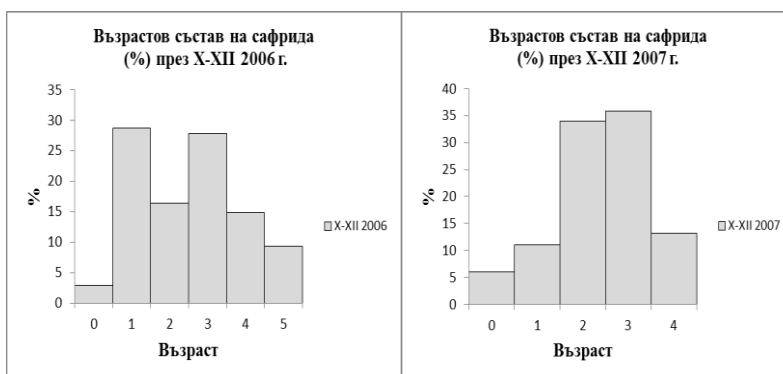
През есенния сезон се наблюдават разлики в процентното участие на отделните възрастови класове (**Фигура 9А-Ж**). С увеличаване на възрастта числеността на сафрида спада през 2004 г. Особено голяма е елиминацията между трета и четвърта възрастова група като тяхното числено участие в уловите е съответно ~ 44 % и ~ 20 %. Разлика се наблюдава и между участието на нула и едногодишните през 2006 година като 0+ годишните участват с ~ 3%, а участието на попълването рязко се покачва на ~ 28%.

През 2004 г. в пролетните улови няма участие на шестгодишни риби, но те участват през есенния сезон. Нулево годишните риби участват с висок процент в пролетните улови на 2007 година, но през септември са представени съвсем слабо (~ 5%).



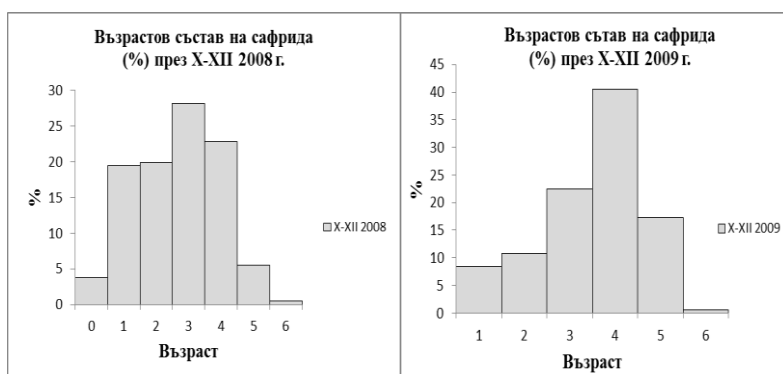
(А)

(Б)



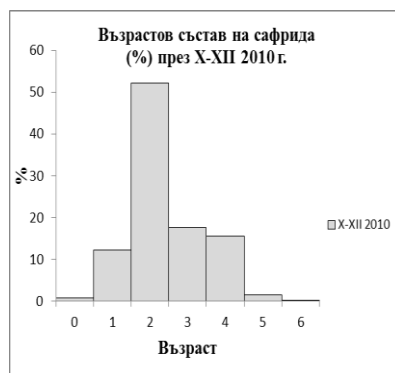
(В)

(Г)



(Д)

(Е)



(Ж)

Фигура 9. Възрастова структура (%) по месеци (октомври-декември).

Възрастовата структура на популацията на черноморския сафрид е представена от 7 възрастови групи (от 0+ до 6 годишни риби). Доминиращата роля на едногодишните потвърждава прогнозите, че това е едно високо числено поколение ~ 26.9% (2004-2010 г.). Двугодишните доминират във възрастовата структура през 2010 г. с ~ 37%. Четиригодишните са най-добре представени през 2009 г. с ~ 21%. За периода 2004-2010 г. индивидите от и след шестгодишна възраст рязко намаляват значението си в уловите, което е показател за нарастващата обща смъртност на старшите възрастови групи.

От обобщените на таблица 2 данни за средния възрастов състав на сафрида през 2004-2010 г. се наблюдава значително участие на първа (с ~ 26.92%), втора (с ~ 22.63%) и трета (с ~ 22.75%), възрастови група. През 2007 година се наблюдава пълното отсъствие на шестия възрастов клас.

Таблица 2. Динамика на възрастовата структура (%) на черноморския сафрид за периода 2004-2010 г.

Година	Възраст						
	0-0+	1-1+	2-2+	3-3+	4-4+	5-5+	6-6+
2004	6.43	26.48	18.25	32.65	12.79	2.70	0.71
2005	7.15	18.45	19.15	27.63	15.53	8.30	3.80
2006	10.74	44.82	15.24	15.73	9.23	4.08	0.16
2007	9.53	21.92	24.27	24.52	18.17	1.59	
2008	2.62	24.26	29.61	20.45	17.24	5.47	0.36
2009	8.57	24.62	15.08	21.17	20.66	9.42	0.48
2010	6.52	27.90	36.78	17.10	10.63	0.94	0.13
2004-2010	7.37	26.92	22.63	22.75	14.89	4.64	0.94

Установената възрастова структура нарежда популацията на черноморския сафрид сред популациите с кратък жизнен цикъл (с пределна възраст до 5-6 год.) (Проданов, Стоянова, 1999).

Закономерности и особености в темпа на растеж

Линейно и тегловно нарастване

Максималният линейен прираст е 10.53 cm, а максималният тегловен - 9.52 g (*Таблица 3*). С увеличаване на възрастта абсолютните прирасти на тегло закономерно нарастват, за разлика от абсолютните линейни прирасти. С увеличаване на възрастта средните годишни линейни прирасти (t) постоянно намаляват от първа ($t=10.53$ cm) до шестата година ($t=0.62$ cm). Темпът на тегловното нарастване се повишава с увеличаване на възрастта.

Таблица 3. Средни дължина и тегло и темп на нарастване на сафрида от българския бряг на Черно море през 2008-2009 г.

Възраст	0	1	2	3	4	5	6
Дължина (cm)	10.53	11.99	13.32	14.39	15.32	16.17	16.79
Прираст(cm)	10.53	1.46	1.32	1.07	0.93	0.85	0.62
Тегло (гр.)	9.52	13.76	19.00	24.42	30.11	35.55	40.05
Прираст (гр.)	9.52	4.24	5.24	5.42	5.69	5.45	4.50

Дължината на едногодишните екземпляри варира през различните години (*Таблица 4*).

Таблица 4. Линейно нарастване на сафрида на възраст 1-1+ годишни.

Година	Вариране	Средна дължина
2004	9.0-10.11 cm	9.55 cm
2005	9.12-10.5 cm	10 cm
2006	9.0-10.0 cm	9.5 cm
2007	11.0-12.0 cm	11.5 cm
2008	8.5-12.2 cm	10.67 cm
2009	9.5-12.0 cm	10.4 cm
2010	9.0-13.0 cm	10.5 cm

Стойностите на скоростта на растежа (K) варира от 0.193 до 0.339 год.⁻¹ (*Фигура 10*). L_{∞} е 21.57 cm (2004 г.), 17.89 cm (2005 г.), 22.11 cm (2006 г.), 23.98 cm (2007 г.) и 17.27 cm (2008 г.). Данните показват, че асимптотичната дължина има най-висока стойност през 2009 и 2010 г. съответно $L_{\infty}=25.28$ cm и $L_{\infty}=25.86$ cm.



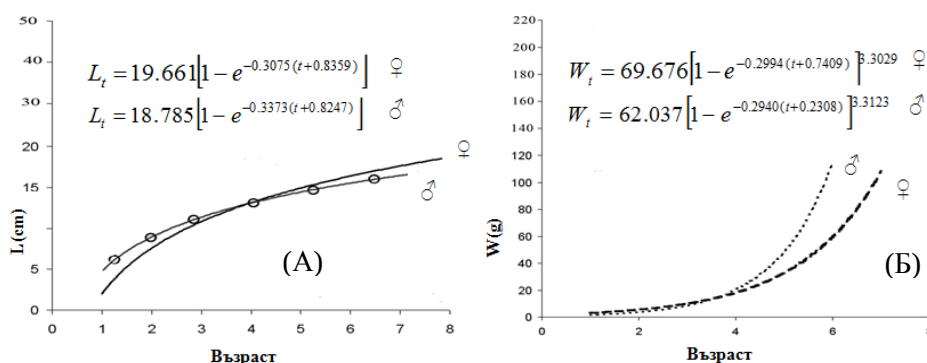
Фигура 10. Динамика на параметрите на нарастването (по Фон Берталанфи, 1938) на сафрида за 2004-2010 г.

Асимптотичното тегло (W_{∞}) е 66.18 g през 2006 г. и 45.06g през 2007г., коефициентът K е 0.408 и 0.216, а пренаталното време (t_0) е -0.251(2006 г.) и -0.123 (2007 г.) при степен на свързаност r между W_t и t 0.99.

Стойностите за пределната (асимптотична) дължина L_{∞} и тегло W_{∞} са по-големи при женските, отколкото при мъжките екземпляри. Изчислените параметри по уравненията на Фон Берталанфи за двата пола са както следва: женски: ($L_{\infty} = 19.66$ cm, $K = 0.2940$, $t_0 = 0.8359$; $W_{\infty} = 69.676$ g, $K = 0.2994$ год⁻¹, $t_0 = -0.7409$); мъжки: ($L_{\infty} = 18.785$ cm, $K = 0.3373$ год⁻¹, $t_0 = 0.8247$, $W_{\infty} = 62.037$ g, $K = 0.2940$ год⁻¹, $t_0 = -0.2308$).

Разглеждан поотделно за двата пола процесът на линейно нарастване показва различия и през първите години от живота си мъжките риби имат малко по-високи средни дължини (**Фигура 11А**), но по-късно женските достигат по-високи линейни размери и по-голяма асимптотична дължина.

Разглеждан поотделно за двата пола процесът на тегловно нарастване показва също различия, като през първите години от живота си женските и мъжките риби имат близки средни тегла (**Фигура 11Б**), но по-късно женските достигат по-високи тегловни размери и по-голямо асимптотично тегло.



Фигура 11. Криви на линейното и тегловно нарастване от уравнението на Фон Берталанфи на женските (♀) и мъжките (♂) екземпляри по възрастови групи.

През целият изследван период нарастването на вида е алометрично ($n \neq 3$), като през 2006 ($n=2.9504$), коефициентът на алометрия доближава стойност 3, показател за изометрично нарастване (**Таблица 5**).

Таблица 5. Параметъра (n) и (a) от зависимостта дължина-тегло на сафрида през 2004-2010 г.

Години	a	n	Уравнение за връзката размер (L) – тегло (W)
2005	0.0192	2.6598	$W=0.0192*L^{2.6598}$
2006	0.0164	2.9504	$W=0.0164*L^{2.9504}$
2007	0.0032	3.3431	$W=0.0032*L^{3.3431}$
2008	0.0199	2.6566	$W=0.0199*L^{2.6566}$
2009	0.0038	3.2773	$W=0.0038*L^{3.2773}$
2010	0.0134	2.7979	$W=0.0134*L^{2.798}$

Измененията на теглото (W) в зависимост от дължината (L) в отделните възрастови групи се описват със следните възрастови уравнения:

$$\begin{aligned}
 W_1 &= 0.0149L^{2.7307} (\ln W_1 = -4.206 + 2.73 \ln L_1); r_1 = 0.99 \\
 W_2 &= 0.0078L^{3.0059} (\ln W_2 = -4.8539 + 3.0059 \ln L_2); r_2 = 0.99 \\
 W_3 &= 0.0059L^{3.1297} (\ln W_3 = -5.1326 + 3.1297 \ln L_3); r_3 = 0.93 \\
 W_4 &= 0.0164L^{2.7294} (\ln W_4 = -4.1097 + 2.7294 \ln L_4); r_4 = 0.95 \\
 W_{5-6} &= 0.0035L^{3.3117} (\ln W_{5-6} = -5.6659 + 3.3117 \ln L_{5-6}); r_{5-6} = 0.99
 \end{aligned}$$

Степента на свързаност между тези величини (L и W) е висока, почти функционална. Коефициентът на корелация, с изключение на трета и четвърта възрастова група ($r=0.93$ и $r=0.95$) е 0.99. В отделните възрастови групи се наблюдават различия в стойностите на коефициентите на уравненията- степенният показател (n) се колебае от 2.7294 до 3.3117, а другият коефициент (a) – съответно от 0.0035 до 0.0164.

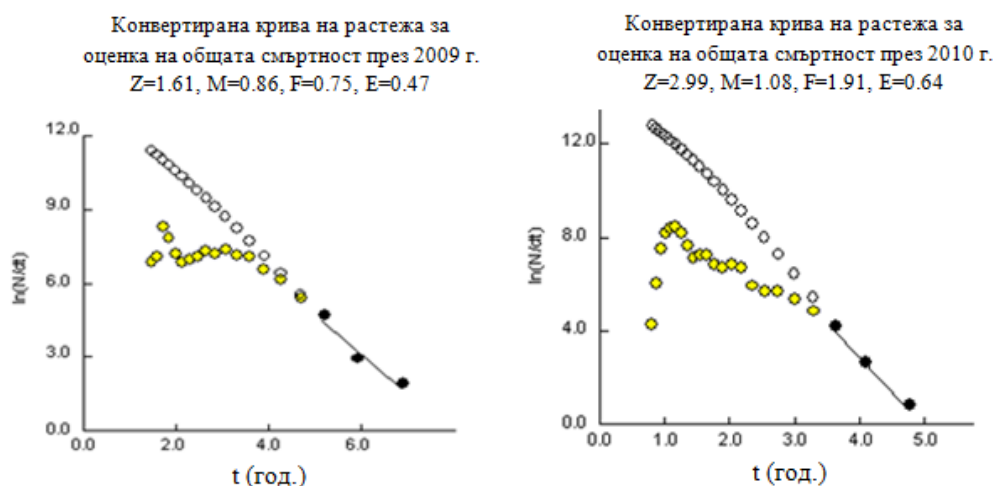
Приблизителна оценка на коефициента на обща (Z), естествена (M) и риболовна смъртност (F)

Коефициентът на общата смъртност (Z) изчислен чрез метода на Beverton and Holt (1956) е 0.342 (за 2003-2006 г.) и 0.364 (за 2007-2010 г.). Средната стойност на Z по метода на Powell, Wetherall (1979, 1987) е 2.284 (средно за 2003-2006 г.) и 1.944 (средно за 2007-2010 г.) (**Таблица 6**). Стойностите на Z изчислени по метода на Hoening (1983), са $Z=0.577$ за 2003-2006 г. и $Z=0.580$ средно за 2006-2010 г.). По метода на Jones and van Zalinge, общата смъртност по този метод е както следва: $Z= 2.772$ (през 2003-2006 г.) и

$Z=2.438$ (2007-2010 г.). Изчислената обща мигновена скорост на смъртността (чрез линейаризирани криви на уловите) през 2009 и 2010 г. е 1.61 и 2.99 (**Фигура 12**)

Таблица 6. Многогодишна динамика на общата смъртност и нейните компоненти за периода 2003-2010 г.

Години	M	Z	F	E	Z	Z	Z	Z	Z
	Pauly (1979, 1980)	Lenth Convert catch			Jones and van Zalinge (1981)	Beverton and Holt (1956)	Ault and Ehrhardt (1991)	Hoening (1982,1983)	Powell Wetherall (1979, 1987)
2003	0.70	1.42	0.72	0.51	3.056	0.104	0.104	0.453	2.106
2004	0.61	0.91	0.30	0.33	2.712	0.297	0.267	0.381	1.840
2005	0.90	1.52	0.62	0.41	2.598	0.148	0.148	0.667	2.839
2006	0.99	2.16	1.17	0.54	2.722	0.822	0.206	0.809	2.174
Средно	0.80	1.50	0.70		2.772	0.342	0.181	0.577	2.284
2007	0.60	0.88	0.28	0.32	1.989	0.069	0.069	0.352	1.897
2008	0.65	1.22	0.57	0.47	2.415	0.142	0.022	0.409	1.654
2009	0.86	1.61	0.75	0.47	2.521	0.428	0.368	0.638	1.871
2010	1.08	2.99	1.91	0.64	2.829	0.815	0.665	0.922	2.354
Средно	0.79	1.67	0.88		2.438	0.364	0.281	0.580	1.944



Фигура 12. Конвертирана крива на растежа за оценка на общата смъртност през 2009 и 2010 г.

Смъртността от естествени причини (M), изчислена по метода на Pauly показва най-висока стойност през 2010 г. (1.083) (**Таблица 7**).

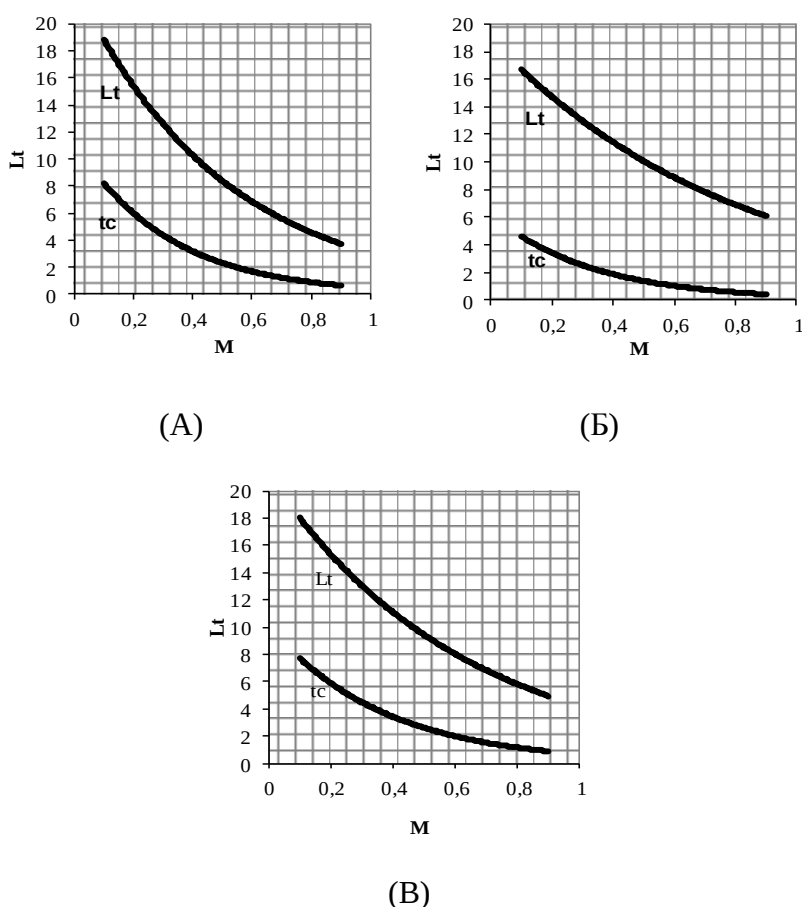
Таблица 7. Стойности на коефициента на естествена смъртност (M) на сафрида съгласно метода на Pauly (1979, 1980).

Година	Метод на Pauly (1979, 1980)	
	1	2
2004	0.60973	
2005	0.99169	
2006	0.99223	0.81919
2007	0.59795	0.55018
2008	0.64503	0.47070
2009	0.86027	-
2010	1.08282	0.52449
средно	0.825674	

След изчисляване на съответните стойности на оптимална експлоатационна възраст (t_c) и оптимална експлоатационна дължина (L_c) (**Таблица 8**), при различни значения на коефициента на естествена смъртност (M), се наблюдава, че има тенденция към тяхното снижаване при нарастване на естествената смъртност (**Фигура 13**).

Таблица 8. Стойности на оптимална експлоатационна възраст (t_c) и оптимална експлоатационна дължина (L_c) на сафрида за 2004-2010 г.

Година	t_c	$L_c(\text{cm})$
2004	2.95	13.02
2005	2.0	13.15
2006	2.17	14.68
Средно	2.37	13.62
2008	3.29	10.29
2009	2.34	12.47
2010	1.85	14.80
Средно	2.49	12.52



Фигура 13. Вариране на оптималната експлоатационна дължина (L_t) и възраст (t_{opt}) на сафрида при различни значения на M : (A)-2004 г., (Б)-2005 г., (В)-2006 г.

През 2004 година средната риболовна смъртност нараства по посока на старшите възрастови групи и този факт може да се обясни като се вземе под внимание обстоятелството, че те са с постепенно намаляваща численост. (Таблица 9). Подобно изменение се наблюдава и при коефициента на излавяне (f) за 2004 г. Средната стойност на коефициента на излавяне е изчислена на 0.451 за 2004 г. и 0.406 за 2010 г.

Таблица 9. Стойност на коефициентите M_t , Z_t , F_t и годишни показатели за смъртността и оцеляването за българските улови от сафрид за 2004 г. (по Иванов, 1983).

Показатели - 2004 г.									
Възраст	M_t	Z_t	F_t	V	f	M	Z	v_o	m_o
0+-1+	0.403	1.416	1.013	0.243	0.542	0.215	0.757	0.668	0.332
1+-2+	0.203	0.372	0.169	0.689	0.141	0.170	0.311	0.816	0.184
2+-3+	0.244	0.582	0.337	0.559	0.256	0.185	0.441	0.783	0.217
3+-4+	0.310	0.937	0.627	0.392	0.407	0.201	0.608	0.734	0.266
4+-5+	0.293	1.556	1.263	0.211	0.640	0.149	0.789	0.746	0.254

5+-6+	0.031	1.340	1.309	0.262	0.721	0.017	0.738	0.970	0.030
Средно	0.247	1.034	0.786	0.393	0.451	0.156	0.607	0.786	0.214

Морфологична характеристика на черноморския сафрид

Биометричният анализ, при съпоставката на изследваните проби, показва сравнително слаба вариабилност на по-голямата част от морфометричните (пластичните) признаци (**Таблица 10**). При една част от меристичните признаци липсва вариране на стойностите им (средното квадратично отклонение $SD = 0.00$). Липса на вариране на стойностите на средното квадратично отклонение (SD) намираме при следните съотношения: ik/ac - най-малка височина на тялото при основата на опашното стебло, отнесена към дължина на тялото; vx_1/ac - ширина на гръдната перка, отнесена към дължина на тялото; zz_1/ac - дължина на коремната перка, отнесена към дължина на тялото; Ay/ac - разстоянието между аналния отвор и аналната перка, отнесена към дължина на тялото; sq_1/ac - разстоянието между първа (qs) и втора (q_1s_1), част на гръбната перка отнесена към дължината на тялото .

Таблица 10. Биометрична характеристика на морфометричните (пластичните) признаци на сафрида от Варненски залив и н. Инеада.

Съотношение		Вариране	$\bar{x} \pm SD$	$\Delta \bar{x}$	t	CV%	ΔV
ac / ab	1*	84.96 - 94.08	88.24±0.2033	0.89	3.07	4.13	0.2
	2*	85.61-97.52	89.13±0.2081			4.33	
ao / ac	1	19.61-27.62	25.15±0.1825	1.34	4.48	3.33	2.24
	2	19.83-28.57	26.49±0.2359			5.57	
ad / ac	1	67.97-76.73	71.22±0.4815	1.43	1.29	3.33	0.91
	2	66.95-78.96	72.65±0.3682			4.24	
od / ac	1	59.85-77.40	67.44±0.3281	0.75	1.63	5.76	0.23
	2	63.12-75.96	68.19±0.3245			5.53	
an / ao	1	26.83-34.25	32.46±0.4571	0.75	5.82	10.8	0.2

	2	30-40	33.21±0.4540			10.6	
np / ao	1	20.83-30.5	27.32±0.3977	0.67	4.07	3.25	1.16
	2	19.51-29.5	26.65±0.4098			4.41	
po / ao	1	33.25-43.81	37.57±0.4869	0.79	1.93	5.55	0.89
	2	34.15-44.33	38.36±0.4069			6.44	
lm / ao	1	64.52-76.23	72.11±0.7740	1.65	3.93	5.15	0.45
	2	65.77-74.11	70.46±0.7927			4.7	
$a_1 a_2 / ao$	1	27.03-34	31.26±0.4219	0.59	4.8	7.8	1.84
	2	29.05-33.17	30.67±0.3599			5.96	
$n_1 m_1 / ao$	1	9.76-14.75	13.31±0.1987	1.29	4.47	3.95	0.46
	2	11.43-16.83	14.60±0.2102			4.41	
$k_1 l_1 / ao$	1	29.73-31	30.48±0.4169	1.13	3.08	3.33	1.91
	2	28.26-30.5	29.35±0.4556			5.24	
gh / ac	1	15.78-26.02	20.46±0.1694	0.87	3.39	2.87	0.77
	2	16.8-26.01	21.33±0.1908			3.64	
ik / ac	1	2.61-6.57	3.55±0.0634	0.29	3.35	0.40	0.17
	2	3.10-5.08	3.84±0.0478			0.23	
aq / ac	1	26.45-44.25	33.39±0.3856	1.38	3.12	10.87	0.21
	2	26.77-37.39	32.01±0.2157			10.66	
rd / ac	1	31.96-40.08	36.51±0.5652	0.4	3.10	9.57	0.42
	2	33.89-40	36.91±0.3095			9.99	
az / ac	1	25.6-35.25	32.95±0.1409	0.42	6.86	4.58	0.4

	2	26.67-36.87	33.37±0.3225			4.98	
ay / ac	1	32.65-43.37	34.94±0.5625	0.99	4.40	6.46	0.14
	2	33.8-44.60	35.93±0.3802			6.32	
fd / ac	1	23.06-33.62	29.17±0.3085	1.06	2.67	6.32	3.2
	2	23.28-38.66	30.23±0.2027			9.52	
qs / ac	1	8.33-15.28	13.64±0.1727	1.86	7.01	4.11	1.13
	2	12.20-20	15.50±0.2683			2.98	
q_1s_1 / ac	1	8.33-19.24	13.61±0.2683	1.6	4.49	7.2	1.7
	2	10.83-24.11	15.21±0.2343			5.5	
tu / ac	1	8.33-16.94	12.58±0.1599	1.61	7.58	2.56	0.59
	2	10.66-18.8	14.19±0.1402			1.97	
t_1u_1 / ac	1	9.42-16.28	12.47±0.1192	0.9	4.88	1.42	0.59
	2	8.85-16.52	13.37±0.1416			2.01	
yy_1 / ac	1	11.71-27.27	17.20±0.2906	1.54	3.54	8.44	2.09
	2	11.21-26.83	15.66±0.3245			10.53	
jA / ac	1	6.80-16.22	11.46±0.1695	0.84	4.11	1.34	1.58
	2	9.45-15.32	12.30±0.1159			2.92	
vx / ac	1	18.85-26.81	23.36±0.1709	1.4	5.69	2.92	0.17
	2	16.81-25.44	21.96±0.1758			3.09	
vx_1 / ac	1	2.04-5.32	3.91±0.0614	0.05	0.59	0.38	0.15
	2	3.15-5.22	3.86±0.0478			0.23	
zz_1 / ac	1	12.07-17.12	14.35±0.099	0.04	0.19	0.99	1.04

	2	11.97-18.42	14.39±0.1424			2.03	
vy/ac	1	22.86-29.46	25.95±0.1284	2.4	7.95	1.64	5.82
	2	21.14-34.51	28.35±0.2732			7.46	
zy/ac	1	15.86-25.23	21.40±0.1651	3.0	9.3	2.73	4.94
	2	18.25-30.97	24.40±0.2769			7.67	
Ay/ac	1	2.13-4.55	3.390±0.0444	0.29	4.67	0.19	0.01
	2	2.70-4.63	3.677±0.0424			0.18	
sq_1/ac	1	2.48-5.32	3.33±0.054	0.21	3.13	0.30	0.17
	2	3.01-4.32	3.54±0.036			0.13	

Легенда: 1* н. Инеада; 2* Варна;

При меристичните признаци се наблюдава сравнително невисока вариабилност в стойностите на SD. Коефициентът на линейна регресия показва, че ширината на гръдните перки vx_1 в двете проби се увеличава като процент от стандартната дължина на тялото (zz_1/ac) (Таблица 11).

Таблица 11. Стойности на регресионния коефициент (b), регресионната константа (a) и коефициента на детерминация R^2 .

Индекс		a	b	R^2
ac/ab	н.Инеада	88.242	0.0044	0.9547
	Варна	88.477	0.013	0.9451
ao/ac	н.Инеада	26.639	-0.0081	0.8913
	Варна	24.72	0.0086	0.9112
ad/ac	н.Инеада	91.241	0.0155	0.9422
	Варна	92.826	0.072	0.9641
od/ac	н.Инеада	66.768	0.0104	0.9255
	Варна	67.853	0.0066	0.9286
an/ao	н. Инеада	35.922	0.024	0.9480
	Варна	41.584	-0.0273	0.8871
np/ao	н.Инеада	27.412	0.0107	0.9525
	Варна	31.044	0.0277	0.9569

po/ao	н.Инеада	42.067	-0.0031	0.9475
	Варна	45.95	-0.071	0.9655
lm/ao	н.Инеада	70.506	0.0376	0.9711
	Варна	73.780	0.0531	0.9547
a_1a_2/ao	н.Инеада	34.908	0.0306	0.9847
	Варна	38.052	0.036	0.9854
n_1m_1/ao	н.Инеада	13.283	0.0066	0.9874
	Варна	15.119	-0.0103	0.9899
k_1l_1/ao	н.Инеада	38.113	0.0374	0.9511
	Варна	43.326	0.0083	0.9584
gh/ac	н.Инеада	19.860	0.0104	0.9614
	Варна	20.292	0.0206	0.9658
ik/ac	н.Инеада	3.5028	0.0019	0.9544
	Варна	3.6609	0.0036	0.9521
aq/ac	н.Инеада	33.392	-0.0098	0.9145
	Варна	31.278	0.0146	0.9251
rd/ac	н.Инеада	42.586	-0.0107	0.8847
	Варна	40.29	0.0045	0.9256
az/ac	н.Инеада	30.279	0.0188	0.9325
	Варна	33.240	0.0026	0.9522
ay/ac	н.Инеада	50.929	0.0249	0.9411
	Варна	54.841	0.0017	0.9518
fd/ac	н.Инеада	28.487	0.0121	0.9647
	Варна	29.008	0.0242	0.9652
qs/ac	н.Инеада	12.92	0.0164	0.8755
	Варна	15.05	0.089	0.8956
q_1s_1/ac	н.Инеада	12.537	0.0186	0.9121
	Варна	15.329	-0.0024	0.9156
tu/ac	н.Инеада	11.961	0.0142	0.8847
	Варна	13.809	0.0076	0.8911
t_1u_1/ac	н.Инеада	11.941	0.0097	0.9244
	Варна	12.387	0.0194	0.9314
yy_1/ac	н.Инеада	16.387	0.0004	0.9655
	Варна	13.357	0.0456	0.9611
jA/ac	н.Инеада	11.107	0.0077	0.9477
	Варна	11.811	0.0097	0.9481
vx/ac	н.Инеада	23.43	-0.0027	0.9623

	Варна	21.333	0.0125	0.9712
vx_1/ac	н.Инеада	4.0043	-0.0012	0.9541
	Варна	3.9606	-0.0019	0.9518
zz_1/ac	н.Инеада	14.186	0.0018	0.9366
	Варна	13.858	0.0105	0.9381
vy/ac	н.Инеада	25.629	0.0152	0.9111
	Варна	29.73	-0.0272	0.9521
zy/ac	н.Инеада	20.908	0.0198	0.9562
	Варна	26.385	-0.0393	0.9554
Ay/ac	н.Инеада	3.3827	0.0015	0.9422
	Варна	3.5559	0.0024	0.9514
sq_1/ac	н.Инеада	3.3340	0.0010	0.9471
	Варна	3.4425	0.0019	0.9628

Изчисленият коефициент на Mayr, Linsley и Usinger (1953) се колебае под допустимите горни граници за повечето белези (**Таблица 12**). Според представените данни се вижда, че стойностите за CD се движат в границите от 0 до 0.443, т.е са много под критичната стойност 1.28, което показва, че екземплярите от настоящето изследване принадлежат към един и същи подвид.

Таблица 12. CD- коефициента на Mayr, Linsley и Usinger на сафрида.

Индекс	CD
ac / ab	0.217
ao / ac	0.319
ad / ac	0.093
od / ac	0.115
an / ao	0.411
np / ao	0.287
po / ao	0.137
lm / ao	0.278
a_1a_2 / ao	0.482
n_1m_1 / ao	0.316
k_1l_1 / ao	0.430
gh / ac	0.240
ik / ac	0.260
aq / ac	0.229

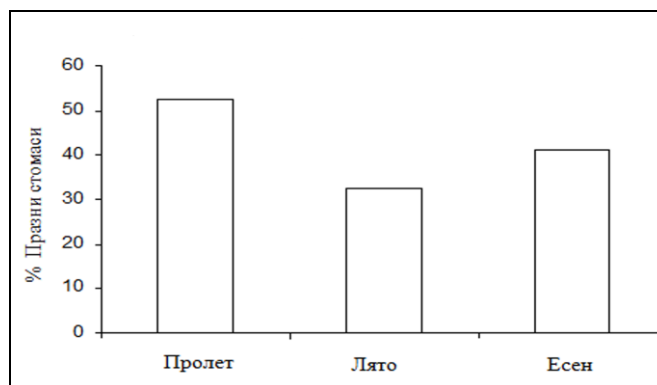
rd / ac	0.443
az / ac	0.521
ay / ac	0.317
fd / ac	0.190
qs / ac	0.497
q_1s_1 / ac	0.318
tu / ac	0.537
t_1u_1 / ac	0.346
yy_1 / ac	0.251
jA / ac	0.296
vx / ac	0.402
vx_1 / ac	0.042
zz_1 / ac	0.013
vy / ac	0.60
zy / ac	0.679
Ay / ac	0.330
sq_1 / ac	0.226

Морфологичния анализ на изследваните екземпляра сафрид показва, че не се наблюдават достатъчно доказателства, за да се разграничат 2 различни субпопулации, но не изключва установените резултати за наличието на две стада на основата на популационно генетичните анализи.

Хранителен спектър

Диета

През летния сезон се наблюдава минимален дял на празни стомаси (~ 32.4%), а през пролетта и есента, процентът на празните стомаси е 52.3% и 41.0% съответно (Фигура 14).



Фигура 14. Процент (%) на броя на празните стомаси по сезони.

При анализ на стомашното съдържимо се откриват следните таксономични групи: Crustacea (Copepoda, Cladocera, Mysidacea, Ampipoda, Isopoda и Decapoda), Polychaeta и Pisces (*Таблица 13*).

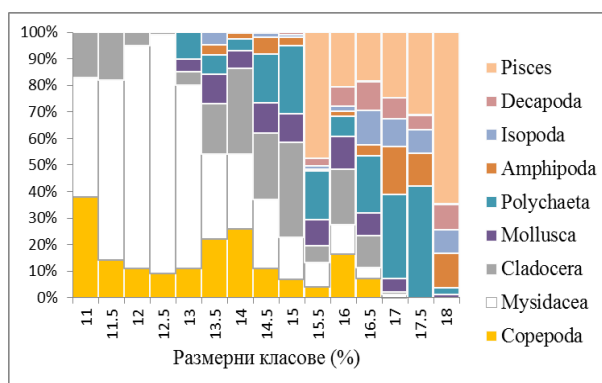
Таблица 13. Видов състав на храната на сафрида пред българския бряг на Черно море през 2008 г.

Видов състав	FO Честота на срещаемост	N (% от общата	M (% от общата биомаса)	IRI Индекс на относителн	% IRI Индекс на относителн
Polychaeta					
<i>Terebellides stroemi</i> (Sars)	13.37	13.84	7.22	281.57	10.04
Crustacea					
Copepoda					
<i>Acartia clausi</i> (Giesbracht)	12.29	0.55	4.63	63.66	4.01
<i>Calanus euxinus</i> (Hulsemann)	0.59	4.52	2.11	3.91	0.19
<i>Pseudocalanus elongatus</i> (Beock)	10.52	6.82	5.34	127.92	2.00
Mysidacea					
<i>Mesopopsis slabberi</i> (van Beneden)	17.86	21.3	15.26	652.96	15.79
<i>Paramysis lacustris</i> (Mart)	14.52	9.52	4.18	198.92	2.17
Cladocera					
<i>Podon polyphemoides</i> (Lueckart)	14.22	0.41	0.66	15.22	0.65
<i>Evadne tergestina</i> (Claus)	9.18	0.62	2.4	27.72	1.02
<i>Evadne nordmani</i> (Loven)	5.41	0.72	0.33	5.68	0.35
<i>Penilia avirostris</i> (Dana)	8.38	1.47	2.51	33.35	0.75
Amphipoda					
<i>Dexamine spinosa</i> (Mont.)	0.37	3.62	0.16	1.4	0.02
<i>Ampelisca diadema</i> (A. Costa)	0.63	1.51	0.35	1.17	0.06
<i>Gammarus subtypicus</i> (Stock)	6.62	2.11	5.28	48.92	1.25
Isopoda					
<i>Idothea baltica</i> (Pallas)	0.77	0.44	0.41	0.66	0.01
Decapoda					
<i>Crangon crangon</i> (Linne)	1.07	5.22	5.08	11.02	0.19
Mollusca					
<i>Gasropoda veliger</i>	1.51	2.18	2.18	6.58	0.12
Pisces					

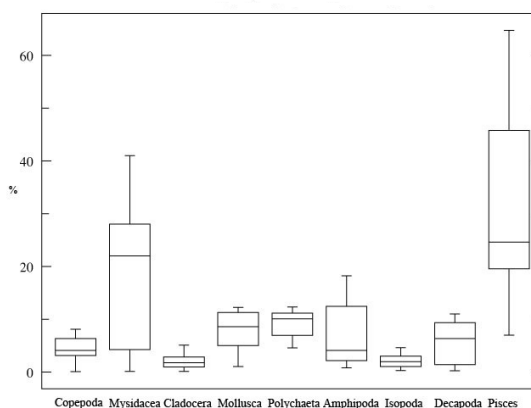
<i>Engraulis encrasicolus ponticus</i>	36.58	13.7	24.26	1388.58	46.59
<i>Sprattus sprattus</i>	23.51	11.45	17.64	683.91	14.79

Хранене на сафрида и връзка с размерните класове

От изследваните групи най-важни за храненето на вида са Mysidacea и Pisces (Фиг. 15, 16), както Mysidacea се среща 45% в стомасите на размера група TL = 11cm. Рибите (*Engraulis encrasicolus* и *Sprattus sprattus*) представляват ~ 55.11% от жертвите в размерен клас 15.5 cm. Decapoda са представени от вида *Crangon crangon*, като честотата на срещаемост на тези таксономични групи е съществена при най-големите размерни класове (над 15 cm).



Фигура 15. Храна на сафрида по размерни класове.

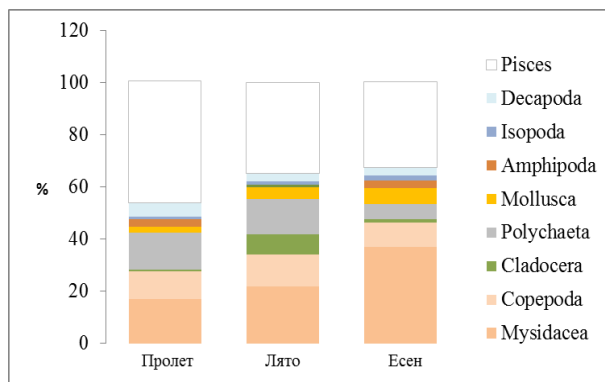


Фигура 16. Box plot. Разпределение на броя на жертвите (медиана, размах на стойностите: 25 – 75 %, минимална и максимална стойност на процента на участие) в стомашното съдържимо на изследваните екземпляри сафрид.

Сезонна динамика в храненето на сафрида

Представителите на Mysidacea, Copepoda и Pisces са доминираща жертва през всички сезони, а Polychaeta също присъстват в храната през всички сезони, но с максимална стойности са регистрирани през периода пролет-лято. При представителите на Mysidacea се наблюдава почти равнопоставено участие в диетата, като през есента се

учеличава присъствието им. Представителите на Decapoda, Isopoda и Amphipoda присъстват в храната през целият период на изследване, но в по-малки количества (*Фигура 17*). Моллюските се наблюдават през 3^{те} сезона, като тяхното участие е най-голямо през есента.

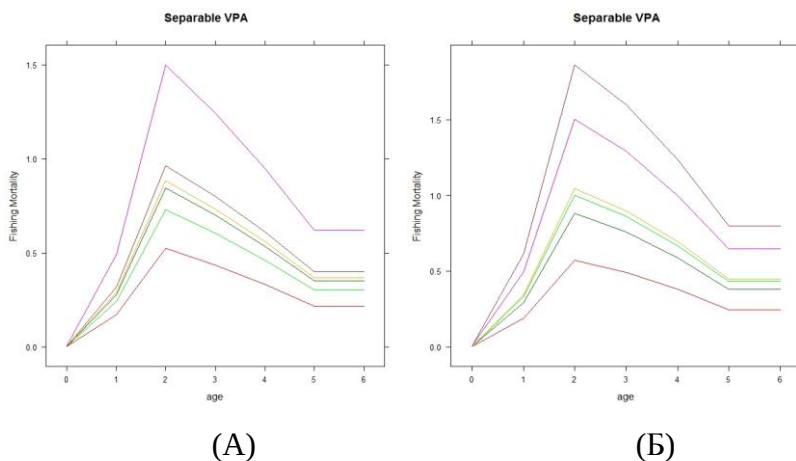


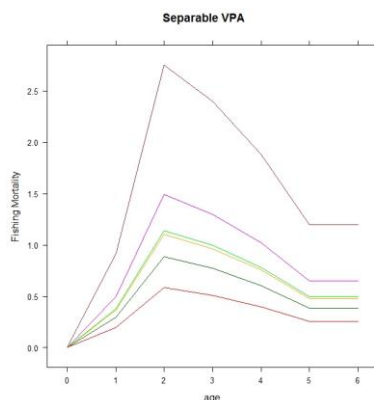
Фигура 17. Храна на сафрида по сезони.

СЪСТОЯНИЕ НА ЗАПАСИТЕ ОТ САФРИД В ЧЕРНО МОРЕ

Оценка на биомасата на сафрид в Черно море

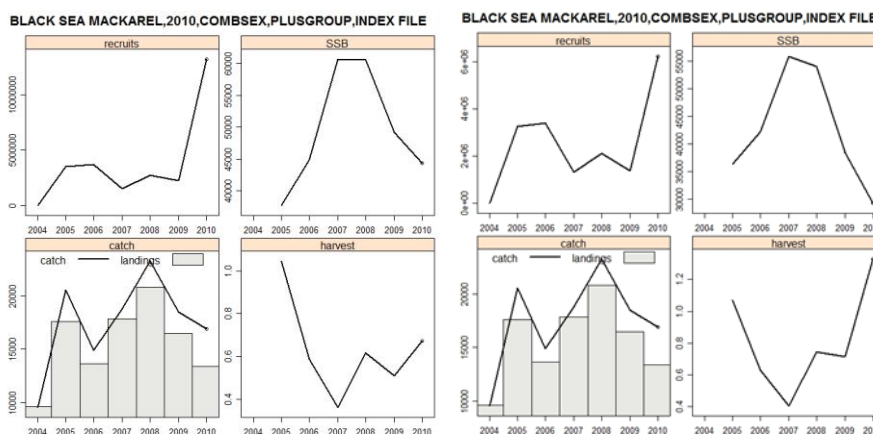
ВПА се извърши в три варианта: - първите два при риболовна смъртност за последната година и възраст $F=0.4$, $F=0.8$ и $F=1.2$, и селективност за последната възраст $S=1$. На *фигури 18 и 19* са посочени резултатите от извършения ВПА при $F=0.4$; $F=0.8$; $F=1.2$.





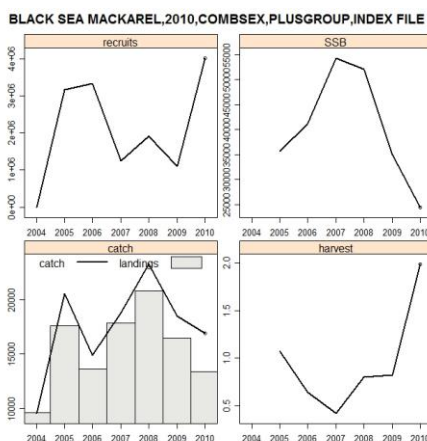
(B)

Фигура 18. Модел (или "характер") на селективността, получен (резултат) от приложения разведен ВПА, при риболовна смъртност $F = 0.4$ (A); $F = 0.8$ (Б); $F = 1.2$ (B).



(A)

(B)



(C)

Фигура 19. Времени серии на оценките на общия запас на популациите от сафрид в Черно море (FLR) с терминална (крайна) стойност на риболовната смъртност $F = 0.4$ (A). $F=0.8$ (Б); $F=1.2$ (B). Попълване (плътна линия) и биомаса на размножителния запас (SSB); Б. улови (в сиво) и смъртност от риболова (плътна линия).

Размножителната биомаса (SSB) на сафрида съгласно данните на ВПА показва известни колебания през различните години (**Таблица 14**). През 2004-2010 г. при $F=0.4$ варира от 37754 (2005 г.) до 60680 хил. тона (2007 г.).

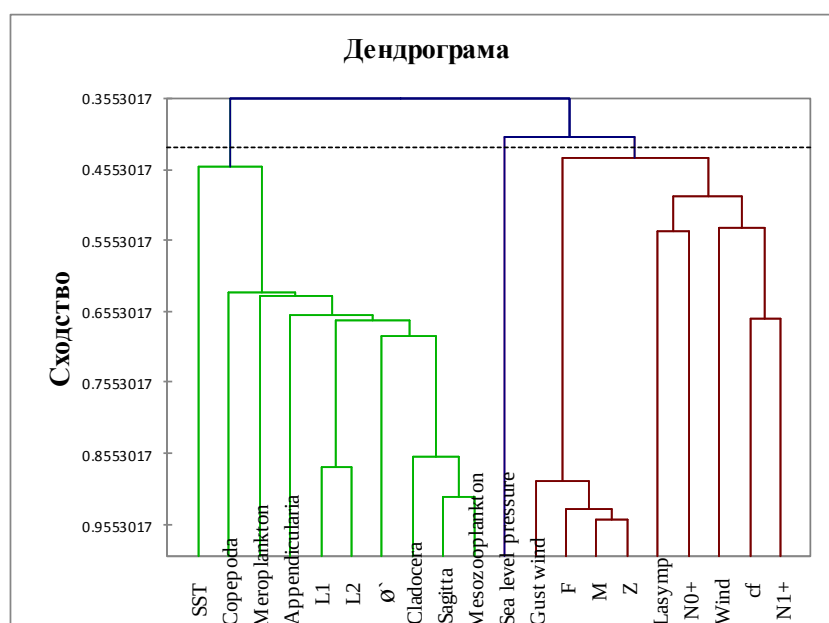
Таблица 14. Параметри на запаса (SSB, R, F, улови) на популациите от сафрид в Черно море с терминална (крайна) стойност на риболовната смъртност. А. ($F=0.4$); Б. ($F=0.8$); В. ($F=1.2$).

А.					
Години	SSB	R	F	Улови	
2004				9633.9	
2005	37754	3503593	1.04554	17602.4	F=0.4
2006	44866	3705772	0.59026	13625.33	
2007	60680	1500324	0.36512	17886.08	
2008	60606	2730272	0.61668	20842.85	
2009	49239	2194065	0.50969	16489.06	
2010	44361	13206063	0.67295	13405.5	
Б.					
Години	SSB	R	F	Улови	
2004				9633.9	
2005	36378	3269500	1.07272	17602.4	F=0.8
2006	42208	3416658	0.62974	13625.33	
2007	55846	1307859	0.40783	17886.08	
2008	54009	2102241	0.74503	20842.85	
2009	38349	1369494	0.71608	16489.06	
2010	29302	6244820	1.32927	13405.5	
В.					
Години	SSB	R	F	Улови	
2004				9633.9	
2005	35723	3173891	1.07638	17602.4	
2006	41197	3329170	0.6402	13625.33	F=1.2
2007	54292	1252966	0.42204	17886.08	
2008	52047	1905232	0.79687	20842.85	
2009	35029	1093149	0.82309	16489.06	
2010	24508	4022171	1.98612	13405.5	

При $F=0.8$ SSB варира от 36378 (2005 г.) до 55846 хил. тона (2007 г.). При $F=1.2$, размножителната биомаса варира от 24508 (2010 г.) до 54292 хил. тона (2007 г.). Общото между разгледаните варианти (при $F=0.8$; $F=1.2$) е, че при всеки от тях минимумът и максимумът SSB е през 2010 и 2007 година, съответно. По отношение на минимумът, при първия вариант ($F=0.4$) той е изместен още по-рано през 2005 г.

ОЦЕНКА НА ВЛИЯНИЕ НА ФАКТОРИТЕ НА МОРСКАТА ОКОЛНА СРЕДА ВЪРХУ ПОПУЛАЦИОННИТЕ ПАРАМЕТРИ НА САФРИДА

Разпределението на изследваните променливи от клъстерния анализ ги групира в две групи- първата, включваща зоопланктонните съобщества, средната дължина на едно и двегодишните риби, повърхностната температура на морската вода и индекса на нарастване и втората, включваща атмосферно налягане на морското ниво, порива и скоростта на вятъра, коефициентите на обща, естествена, риболовна смъртност, асимптотичната дължина, числеността на рибите на възраст 0 и 1 година и коефициента на охрненост (*Фигура 20*).



Фигура 20. Групиране на 20 изследвани елемента (променливи) от клъстер с мярка на подобие коефициента на корелация (R-клъстер).

Връзката между зоопланктона и средните дължини (L_1 , L_2) на възраст 1+ и 2+ годишните риби би следвало да се обясни с факта, че според изследване на диетата на вида (Yankova *et al.* 2010) е установено, че хранителните навици се променят значително с растежа на рибите като по-малките екземпляри се хранят предимно със зоопланктонни видове. Индексът на нарастване (ϕ') корелира положително с биомасата на Cladocera ($r^2=0.269$, $n=8$), на Sagitta ($r^2=0.389$, $n=8$) и с общата биомаса на мезозоопланктона ($r^2=0.476$, $n=8$). Основните видове влизащи в състава на зоопланктона, с които се храни сафрида от представителите на Cladocera са видовете *Podon polyphemoides*, *Evadne tergestina*, *Evadne nordmani*, *Penilia avirostris* (Yankova *et al.* 2010). Следствие на това темпът на нарастване е в тясна връзка с биомасата и продукцията на упоменатите видове зоопланктони.

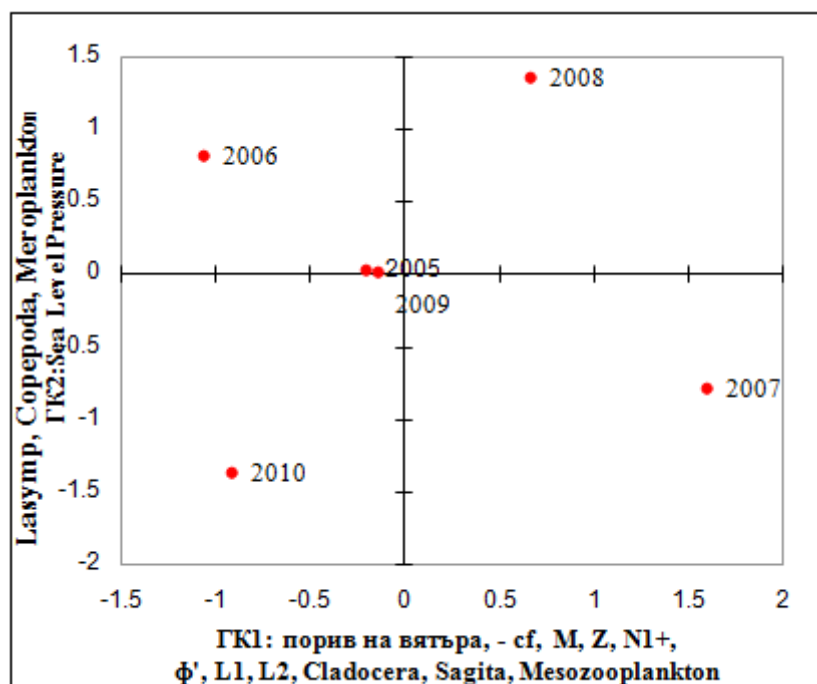
При добре оформената група на коефициентите на обща смъртност (Z) и нейните компоненти - естествена (M) и риболовна (F) смъртност е класиран и фактора порив на вятъра. Той корелира положително ($r^2=0.734$, $n=8$) с коефициента на естествена смъртност. Статистически значима е и корелацията между порива на вятъра и коефициентите на обща ($r^2=0.737$, $n=8$) и риболовна смъртност ($r^2=0.801$, $n=8$).

За оценка на значимостта на отделните фактори в контекста на комплексното въздействие на средата върху черноморския сафрид е приложен PCA.

При първоначалния анализ не се установи ясно разделяне на променливите по фактори (компоненти). Използвана е Варимакс трансформация, чрез която се запазват пълнотата на описание и се получават по-добри интерпретивни качества. Факторните тегла се преразпределят като големите нарастват, а малките намаляват, което води до това, че всеки фактор се обяснява от по-малък брой променливи. На **Таблица 15** и **Фигура 21** са представени резултатите след прилагане на варимакс трансформация.

Таблица 15. Факторни тегла на изследваните променливи по първите два главни компонента.

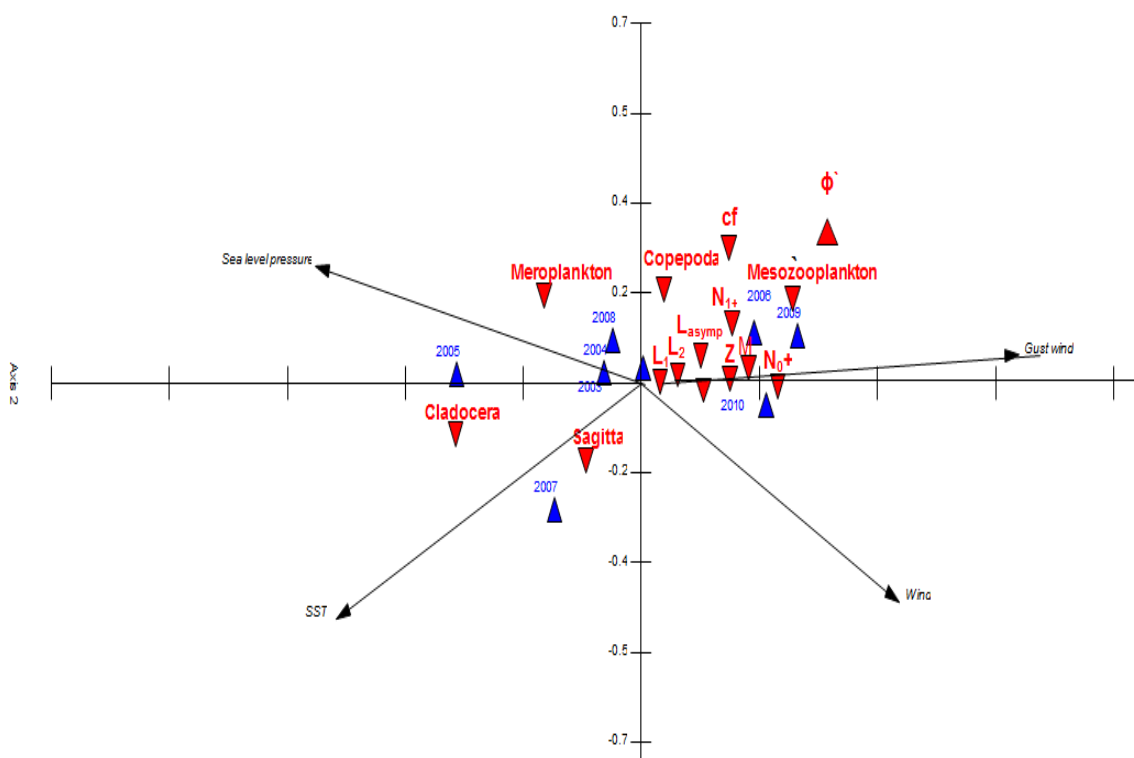
	ГК 1	ГК 2
SST	0.241	-0.619
Wind	0.165	-0.460
Gust wind	-0.754	-0.429
Sea level pressure	0.204	0.806
Lasymp	-0.175	-0.711
cf	-0.754	0.336
Φ^*	0.833	0.226
M	-0.957	-0.286
N_{0+}	0.081	-0.479
N_{1+}	-0.890	0.148
L_1	0.824	0.075
L_2	0.763	0.365
Z	-0.922	-0.357
Copepoda	0.012	0.892
Cladocera	0.704	-0.315
Meroplankton	0.372	0.729
Rotatoria	-0.094	0.007
Appendicularia	0.335	0.291
Sagitta	0.813	-0.380
Mesozooplankton	0.891	-0.051
Expl.Var	8.993	4.729
Prp.Totl	0.409	0.215



Фигура 21. Разпределение на факторните стойности по главни компоненти 1 и 2.

Според разпределението на факторните стойности се отделят следните периоди на 2010 и 2006 г., отличаващи се със силен порив на вятъра и високи естествена (M), обща (Z) смъртност и ниски стойности на коефициент на охраненост (cf), индекс на нарастване (ϕ'), Cladocera, Sagita и мезозоопланктонната биомаса и обратно за периода 2008 и 2007 година (ниски стойности на естествена (M) и обща (Z) смъртност, слаб порив на вятъра и високи стойности на мезозоопланктонната биомаса, дължина на 1 годишните риби (L_1), числеността на 1- годишните риби (N_1) и индекс на нарастване (ϕ'). 2006 и 2008 се различават от 2010 и 2007 година с по ниски стойности на L_{asymp} и високи на Sea Level Pressure, Copepoda, Meroplankton. 2005 и 2009 година заемат междинно положение.

Климатичните фактори като порива на вятъра и температурата на морската вода се корелират с популационните параметри на сафрида както и с биомасите на някои от зоопланктонните групи (**Фигура 22**).



Фигура 22. Биплот на каноничен корелационен анализ за климатичните променливи, хранителната база и популационните параметри на сафрида по години.

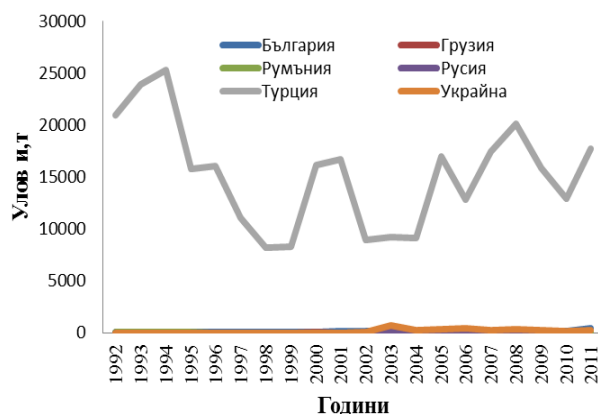
Получените резултати потвърждават значителното участие на *Cladocera* в диетата на вида при по-високи измерени стойности на температурата на морската вода. От изследваните фактори в настоящето изследване се установява, че порива на вятъра оказва влияние върху числеността на 0+ и 1+ годишните риби.

НАУЧНИ ОСНОВИ НА УПРАВЛЕНИЕТО НА РИБОЛОВА НА САФРИД ВЪВ ВОДИТЕ НА ЧЕРНО МОРЕ, ЕС И БЪЛГАРИЯ

Най-важният риболовен уред за сафрида е така нареченият „*Mid-water otter trawl*” - пелагичен трал с размер на очите 6-6.5 mm. За периода 2001-2009 г. относителният дял на уловите от сафрид в обема на черноморския ни риболов възлиза на 874.7209 тона при годишно вариране на реализираните улови от 29.4 тона (2005 г.) до 179.607 (2008 г.). Съотношението между минималния и максималния улов от българския сектор на Черно море е от порядъка на 14%:86%, което е показател за неговото вариране през посочения период. За правилното тълкуване на тези различия в динамиката на рибните популации се налага нуждата от точна статистика на уловите, извършване на ежегодни оценки за състоянието на запасите на вида, както и от

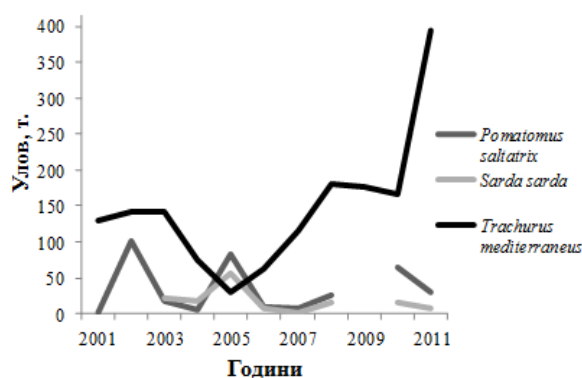
изясняване на основните причини, на които се дължат колебанията в числеността на поколенията.

Анализът на статистиката на уловите показва доминиращата роля на Турция, следвана от Украйна (**Фигура 23**). През целия период пред турския бряг се осъществяват около 97% от уловите на сафрид в Черно море. Независимо от факта, че отхранването и размножаването на популацията се осъществява пред българския бряг, то българските улови са сравнително ниски, но с тенденция на повишение през последните години (2007, 2008, 2009 и 2010 г.).



Фигура 23. Улов на сафрид в Черно море.

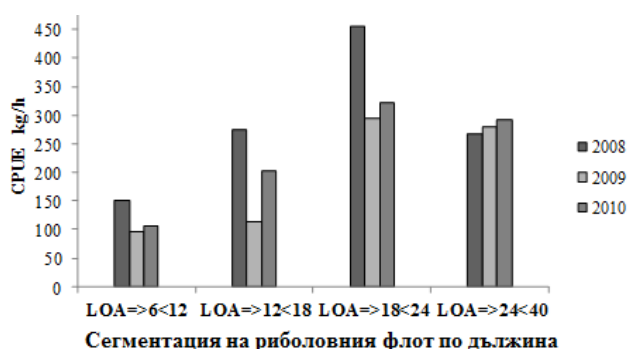
През 2007-2011 г. има тенденция за намаляване на уловите от паламуд и лефер и на увеличение улова от черноморски сафрид (**Фигура 24**).



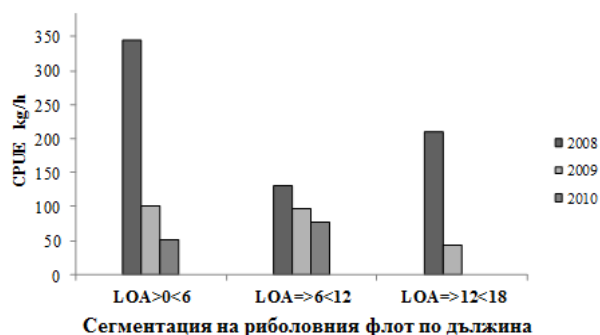
Фигура 24. Изменения на общите годишни улови на лефер, паламуд и сафрид в българската акватория на Черно море през периода 2001-2011г. (Данни: ИАРА).

Резултатите от улова за единица усилие (*Catch Per Unit Effort – CPUE*), изчислен за сафрида по флотен сегмент са представени на фигури 25 и 26. През май-ноември 2008 г. са отбелязани сравнително добри общи улови – 179.607 т. и улови на час тралиране на вида от българския сектор на Черно море. През 2008 г. риболовното усилие е нарастнало значително - 94.74 kg/h за плавателни съдове с дължина ($LOA > 0$

< 6), 92.99 kg/h (за риболовни кораби с дължина $LOA \Rightarrow 6 < 12$), 258.88 kg/h (за $LOA \Rightarrow 12 < 18$) и 458.73 kg/h (за $LOA \Rightarrow 24 < 40$). През 2009 г. уловът на единица усилие е намалял значително в сравнение с 2008 година. Риболовното усилие (CPUE) през 2009 г. за риболовни кораби с дължина $LOA > 0 < 6$ и $LOA \Rightarrow 6 < 12$ е почти двойно по-малко в сравнение с 2008 г. Съществена разлика се наблюдава и при сравнение на улова на единица усилие за риболовни кораби с дължина $LOA \Rightarrow 12 < 18$ около 65.02 kg/h през 2009 г. и 258.88 kg/h през 2008 година. През 2009 г. за риболовните кораби, тралиращи за сафрид, с дължина $LOA \Rightarrow 18 < 24$ уловът на единица усилие е 308.69 kg/h. Съгласно официалната риболовна статистика при риболовните съдове с дължина $LOA \Rightarrow 24 < 40$ не се наблюдават съществени разлики по отношение на разглеждания биологичен показател за периода 2008- 2009 г.



Фигура 25. Улов за единица усилие (Catch per unit effort, CPUE). (На графиката е представен уловът за единица риболовно усилие на сафрида за пелагичен трал (ОТМ) за плавателни съдове с различна дължина, данни за българската акватория на Черно море).



Фигура 26. Улов за единица усилие (Catch per unit effort, CPUE). (На графиката е представен уловът за единица риболовно усилие на сафрида за риболовен уред (FPO) за плавателни съдове с различна дължина, данни за българската акватория на Черно море).

За управлението на риболова на вида във водите на Черно море от съществено значение са и продължението на научните изследванията в следните направления:

- изследвания на качествения и количествен състав на ихтиопланктона (яйца и личинки на сафрид) както и на зоопланктона, който участва в хранителния спектър на вида;
- численост и биомаса на ктенофорите *Mnemiopsis* и *Beroe* и тяхното влияние върху запасите на топлолюбивите видове риби;
- продължаване на изследването на популационни параметри на вида в Черно море;
- извършване на оценка на запаса чрез хидроакустични методи;

ПРЕПОРЪКИ

1. В литературен обзор са посочени генетични доказателства за съществуването на две стада „черноморско” и „мраморноморско” пред българския бряг на Черно море. Прецизната идентификация на неразличими в морфологично отношение стада е особено важна при точното определяне на запасите на сафрида и рационалното му използване и опазване. В тази връзка е наложително оценката на запасите от този вид да се извършва на база на комплексното прилагане на ихтиологични и генетични методи.
2. Едно от най-важните неща, касаещи запасите на вида в Черно море, е това, че риболовът трябва да бъде регулиран и то най-вече в зимовалните райони по турското крайбрежие, тъй като уловите там са много големи.
3. Целесъобразно е черноморските страни да избягват улова на маломерен сафрид, като въвеждат забрана за риболова с кораби в местата, където доминират размерни групи до 12 cm.
4. Необходимо е да се вземат спешни мерки за регулиране на т.н съпътстващ улов - с мрежите за улов на други видове се излавят и малък (млад) сафрид.
5. С оглед влиянието на различните сегменти върху биомасата на сафрида България може да предприеме редуциране с различни проценти от риболовния капацитет в сегмент над 24 метра.
6. Да се обърне специално внимание на съществуваща голяма липса на данни относно улова на единица усилие.

ОБОБЩЕНИ РЕЗУЛТАТИ И ИЗВОДИ

1. През периода 2004-2010 година, вида е представен със седем възрастови групи, но последната е застъпена рядко с екземпляри основно от женски пол. Преобладават рибите на 1 години (26.92%), следвани от тригодишните (22.75%) и двегодишните (22.63%). Най-малобройни са пета и шеста възрастови групи - съответно ~ 4.64% и 0.94%. Установената възрастова структура нарежда

популацията на черноморския сафрид сред популациите с кратък жизнен цикъл (с пределна възраст до 5-6 год.).

2. Флуктуациите в размерно-възрастовата структура на черноморския сафрид от пролетните и есенните улови пред българския бряг на Черно море са твърде променливи и са в резултат на особеностите при групиране на стадата по време на миграцията и размножаването, риболовната преса и факторите на средата.
3. Уравненията на Фон Берталанфи описват добре линейното и тегловно нарастване. Параметрите на тези уравнения потвърждават теоретичното предположение, че колкото е по-бърз темпът на растеж, толкова по-малки са асимптотичните размери (дължина или тегло) на вида.
4. Разглеждан поотделно за двата пола процесът на линейно и тегловно нарастване показва различия, като през първите години от живота си мъжките риби имат малко по-високи средни дължини. При тегловно нарастване, през първите години от живота си женските и мъжките риби имат близки средни тегла, но по-късно женските достигат по-високи тегловни размери. Стойностите за пределната (асимптотична) дължина и тегло са по-големи при женските, отколкото при мъжките риби.
5. През 2004 година риболовната смъртност нараства по посока на старшите възрастови групи и този факт може да се обясни като се вземе под внимание обстоятелството, че те са с постепенно намаляваща численост. През 2010 година годишният коефициент на смъртност от риболова и годишната норма на излавяне са най-големи за първа възрастова група и намаляват с увеличаване на възрастта.
6. Морфологичния анализ на изследваните екземпляри сафрид (*T. m. ponticus*) не показва различия между сравняваните популации. С направената характеристика на морфологичните признаци на вида се извеждат корелационни зависимости между някои морфометрични и меристични признаци.
7. За изследваната популация са установени различия в състава на храната, които корелират с линейният размер на потребителя. В хранителния спектър участвуват 18 вида, които се разпределят в следните таксономични групи: Crustacea (Copepoda, Cladocera, Mysidacea, Ampipoda, Isopoda, и Decapoda), Polychaetous и Pisces.
8. Текущото състояние на оценката не дава възможност за прогнозиране на размера на запаса и размножителната биомасата при различни сценарии за управление.

ПРИНОСИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

1. За първи път е направена детайлна морфометрична характеристика на черноморския сафрид *Trachurus mediterraneus ponticus*, в югозападната част на Черно море.
2. Получени са нови данни за динамиката на размерно-възрастовата и тегловна структура за седемгодишен период от 2004-2010 година.
3. Изведени са стойностите на параметрите в уравненията на Фон Берталанфи за седемгодишен период от 2004-2010 година. Получените растежни показатели се използват при анализа на популационната динамика на вида.
4. За първи път са изведени параметрите за линейно и тегловно нарастване за двата пола.
5. Изчислени са годишните показатели за смъртността и оцеляването на сафрида.
6. Представени са нови данни и анализи върху многогодишните колебания на уловите за цялото Черно море.
7. Определен е хранителният спектър на сафрида и са изчислени индексите на относителна значимост на различните хранителни обекти.
8. Направен е опит да се определи биомасата на вида за цялото Черно море на база на виртуално-популационния анализ (ВПА).

СПИСЪК НА СТАТИИТЕ ВЪВ ВРЪЗКА С ДИСЕРТАЦИЯТА

1. **Yankova, M.,** Raykov, V., 2006. Morphological properties of Horse mackerel, *Trachurus mediterraneus ponticus* Aleev (Osteichthyes: Carangidae) from the Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* Vol.6, № 2, 85-91.

Цитирана в:

Bektas, Y., Belduz, A.O., 2008. Molecular phylogeny of Turkish *Trachurus* species (Perciformes: Carangidae) inferred from mitochondrial DNA analyses. *Journal of Fish Biology*. Vol. 73, Issue 5, pages 1228-1248. ISI Indexed Journal, **Импакт фактор= 1.33.**

Muhammad, N., Salam A., Ashraf M., Khalid, M., Ishtiaq, A., 2011. External morphometric study of hatchery reared mahseer (*Tor putitora*) in relation to body size and condition factor. *African Journal of Biotechnology*, Vol. 10 36, pp. 7071-7077, **Импакт фактор= 0.565.**

Ndimele, P.E., Kumolu-Johnson, C.A., 2011. Preliminary Study on Physico-chemistry and Comparative Morphometric Characterisation of *Cynothrissa mento* (Regan, 1917) from Ologe, Badagry and Epe Lagoons, Lagos Nigeria. *International Journal of Agricultural Research* 6(10): 736-746, ISSN 1816-4897/DOI: 10.3923/ijar. 2011.736.746.

Pešić, A., Joksimović, Al., Đurović, M., Mandić, M., Marković Ol., Ikica Z., 2012. Biological Characteristic of Mediterranean Horse Mackerel (*Trachurus Mediterraneus*, Steindachner, 1868) from the Montenegrin Shelf (Southern Adriatic). *Water Research and Management*. Vol. 2, No. 3, 29-33.

Düzgüneş E., Öztürk, B., Zengin M. Eds., 2014. Turkish Fisheries in the Black Sea. Published by Turkish Marine Research Foundation (TUDAV), Publication number: 40, Istanbul, Turkey.

2. **Yankova M.**, Mihneva V., Radu G., Mehanna S. 2010. General biology of horse mackerel *Trachurus mediterraneus* (Aleev, 1956) off the Bulgarian Black Sea coast. *Известия на Съюза на Учените*, ISSN 1310-5833, 73-77.

Цитирана в:

Demirel, N., Yüksek, Ah., 2013. Spawning Frequency of *Trachurus mediterraneus* (Carangidae) in The Sea of Marmara *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 13: 441-446. ISSN 1303-2712, DOI: 10.4194/1303-2712-v13_3_06, **Импакт фактор= 1.07.**

3. **Янкова М.**, Стефанова К., Дончева В. 2013. Влияние на факторите на морската околна среда върху популационните параметри на сафрида (*Thrachurus mediterraneus ponticus* Aleev, 1956) пред българският бряг на Черно море. *Известия на Съюза на Учените*, 25 октомври 2013 г: "Месец на науката Варна 2013":Заклучителна конференция - "Науката в служба на обществото", под печат.