

## اثر پساب مزرعه تکثیر و پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بر برخی خصوصیات غیرزیستی و زیستی آب رودخانه دریاسر (استان مازندران)

علیرضا نوروزرجی<sup>۱</sup>، رسول قربانی\*<sup>۱</sup>، امید عبدی<sup>۲</sup>، عیسی نبوی<sup>۳</sup>

۱- گروه تولید و بهره‌برداری آبیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، صندوق پستی: ۳۸۶

۲- اداره کل مرع و آبخیزداری استان گلستان، گرگان، ایران، صندوق پستی: ۳۲۲۵۴۵۱

۳- سازمان شیلات ایران، معاونت آبی‌پروری، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۴۱۸۶۳۶۳۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۵

### چکیده

هدف این مطالعه، ارزیابی اثر پساب مزرعه تکثیر و پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان روی برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و شاخص‌های زیستی آب رودخانه دریاسر (استان مازندران) بود. نمونه‌برداری از ۵ ایستگاه از آب و کفزیان بصورت دو هفته یکبار در فصل تابستان ۱۳۹۰ انجام شد. ایستگاه شاهد قبل از ورودی استخر و ایستگاه‌های بعدی در فاصله ۳۵، ۱۲۵، ۴۰۰، ۷۵۰ متری بعد از خروجی انتخاب شدند. نتایج نشان داد که فعالیت مزرعه باعث اختلاف معنی‌دار در بیشتر کمیت‌های فیزیکوشیمیایی آب نشد ( $P > 0.05$ ) ولی اختلاف ترکیبات ازته و فسفره آب، در قبل و بعد از خروجی مزرعه، معنی‌دار بود ( $P < 0.05$ ). ارزیابی شاخص‌های زیستی حاکی از سلامت رودخانه دریاسر دارد. بنظر می‌رسد به سبب تناژ تولیدی پایین مزرعه (حدود ۲۰ تن) و سطح مطلوب مدیریت مزرعه، پساب ورودی به رودخانه دریاسر تاثیر نامطلوب چندانی بر سلامت آب نداشته و میزان کمیت‌های شیمیایی آب در محدوده استانداردهای ملی تخلیه پساب در آب‌های سطحی می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** مزرعه قزل‌آلای رنگین‌کمان، پساب، بزرگ‌بی‌مهرگان کفزی، خصوصیات فیزیکوشیمیایی، رودخانه دریاسر.

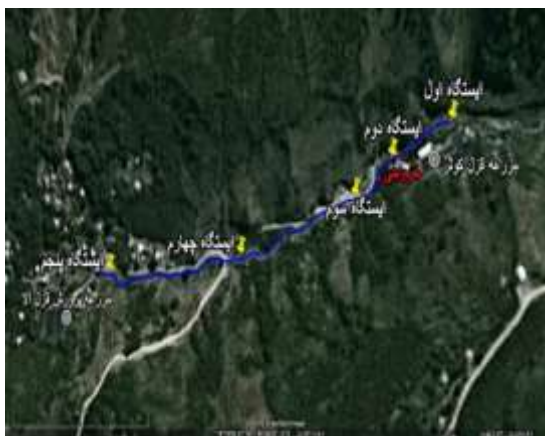
## مقدمه

در کشور ما استفاده از رودخانه‌ها و نهرهای مناطق کوهستانی به منظور تکثیر و پرورش ماهیان سردابی رونق فراوان یافته و کشور را در زمره تولیدکنندگان بزرگ ماهی قزل‌آلا در دنیا قرار داده است. هر چند این میزان تولید منجر به تامین بخش زیادی از نیاز به گوشت سفید و همچنین رونق اقتصادی شده است، ولی این گسترش تولید، اثرات محیط زیستی خود را نیز برجا می‌گذارد. ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) مهم‌ترین گونه پرورشی سردابی در ایران است. خروجی مزارع پرورش قزل‌آلا می‌تواند دارای سه نوع آلودگی باشد: باکتری‌ها، ویروس‌ها و انگل‌ها؛ داروها و گندزدهای مورد استفاده برای کنترل انگل‌ها و غذای رسوب شده و مواد دفعی. این سه نوع آلودگی به‌عنوان مهم‌ترین عوامل تولیدکننده تغییرات فیزیکوشیمیایی، بیولوژیکی در خروجی مزارع پرورش ماهی بروز می‌کند (Camargo *et al.*, 2010). Živić و همکاران (۲۰۰۹) مهم‌ترین اثرات مزارع پرورش ماهی بر رودهای پذیرنده، افزایش غلظت فسفات محلول و غیر محلول، افزایش غلظت ترکیبات نیتروژنی، کاهش اکسیژن محلول و تجمع ذرات بی‌ثبات در بستر، می‌باشند اما استثناهای زیادی گزارش شده است (Tekinay *et al.*, 2009)؛ Kırkağaç *et al.*, 2009). استفاده از روش‌های کنترل کیفیت باکتریایی آب به‌عنوان روشی ضروری و قابل اطمینان برای ارزیابی آلودگی آب‌ها، بالاخص آب‌های آشامیدنی، به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگرچه آنالیزهای فیزیکوشیمیایی می‌تواند به‌عنوان یک نشانه خوب از وضعیت آلودگی رودها و جویبارها مطرح باشد ولی این آنالیزها به بررسی وضعیت جوامع

بیولوژیکی نمی‌پردازد. بنابراین نمی‌تواند به خوبی وضعیت اکوسیستم آب جاری را منعکس کند. بزرگ‌بی‌مهرگان کفزی قادرند تغییرات کیفیت آب را نشان داده و به‌عنوان شاخص‌های زیستی، در شناخت تغییرات محیطی هم مورد استفاده قرار گیرند. اثرات پرورش ماهی به علت ته‌نشین شدن رسوبات، بر کفزیان بیش از ماهیان است (Boaventura *et al.*, 1997). این اثرات، بر روی ماکروبتوزها کمتر مورد بررسی قرار گرفته است (Roberts, 2005). مزارع پرورش ماهی به‌عنوان یک تهدید پایدار برای جویبارهای مناطق مرتفع به‌شمار می‌آید، مخصوصاً در دوره‌هایی که میزان آب کم است (Živić *et al.*, 2009). به طوری که در تابستان با شدت گرفتن فعالیت مزارع و افزایش تولید مواد مغذی، کاهش دبی آب و افزایش دما، آثار پساب مزارع بر اکوسیستم رودخانه و کیفیت آب آن شدت بیشتری پیدا می‌کند (نادری جلودار و همکاران، ۱۳۸۵). در بررسی اثرات مزارع پرورشی در قزل‌آلا بر روی کیفیت آب رودخانه‌ها تحقیقات زیادی صورت گرفته که از جمله می‌توان به تحقیقات موسوی (۱۳۸۹) بر روی کیفیت آب رودخانه دو هزار تنکابن و نادری جلودار و همکاران (۱۳۸۵) بر روی کیفیت آب رودخانه هراز (شامل دما، سختی کل، کدورت، اکسیژن محلول، نترات، نیتريت، فسفات، آمونیاک، اسیدیته، ذرات جامد سوسپانسیون شده کل و ذرات جامد حل شده کل) و روند خود پالایی آن ذکر کرد. همچنین Camargo و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی واکنش‌های اکولوژیک ماکروفیت‌های آبی و بزرگ‌بی‌مهرگان کفزی به پساب‌های مزارع پرورش قزل‌آلا در قسمت بالایی رودخانه تاجونا<sup>۱</sup> (در مرکز اسپانیا) با

<sup>۱</sup>Taju~na

پروری وجود نداشت. بیشتر فعالیت آن مربوط به فعالیت‌های تکثیر و نگهداری مولدین و مقدار فعالیت‌های پرورشی کم بود. در مجموع در بیشترین فعالیت، ظرفیت آن به ۲۰ تن می‌رسد.



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌ها و مزرعه‌های پرورشی در رودخانه دریاسر

نمونه‌برداری از ۵ ایستگاه شامل: ایستگاه ۱ (شاهد)؛ ایستگاه ۲ (در ۳۵ متری آخرین خروجی مزرعه)؛ ایستگاه ۳ (در فاصله نزدیکی از خروجی در ۲۰۰ متر ابتدایی)؛ ایستگاه ۴ (۴۰۰ متری) و ایستگاه ۵ (در ۷۶۰ متری از خروجی و ۵۰ متری از ورودی استخر بعدی) انتخاب شدند. نمونه‌برداری در هر ایستگاه از سه نقطه نمونه‌برداری کفزیان (به‌عنوان تکرار) انتخاب شد. فاصله زمانی بین هر دوره نمونه‌برداری، دو هفته یکبار بود. نمونه‌برداری از کفزیان با استفاده از نمونه‌بردار سوربر با دهانه ۲۵×۲۵ سانتی‌متر، دارای توری با چشمه ۲۵۰ میکرون انجام شد. سپس نمونه با استفاده از فرمالین ۴ درصد تثبیت شد. شناسایی در سطح خانواده‌ها و جنس‌های شاخص با استفاده از کلید شناسایی Clifford (1991) انجام شد و نمونه‌های شناسایی شده به ظروف شیشه‌ای منتقل شد و در آنجا با استفاده از فرمالین ۴ درصد، تثبیت و نگهداری شدند. کمیت‌های دبی (متر مکعب بر ثانیه)، سرعت لحظه‌ای (متر بر ثانیه)، با

مقایسه اندازه‌گیری‌ها و شاخص‌های بیولوژیکی بین جوامع بالای خروجی پساب و پایین دست آن و Fabrizio و همکاران (2010) به بررسی اثرات پرورش متراکم ماهی قزل‌آلا بر ساختار جمعیتی بی‌مهرگان آبی و پارامترهای فیزیکی‌شیمیایی، در ۱۰۰ متر قبل و بعد ۱۲ مزرعه پرورش ماهی در رودخانه آپنینه<sup>۱</sup> در ایتالیا پرداختند. Selong و Helfrich (۱۹۹۸) در بررسی اثرات پساب پرورش ماهی قزل‌آلا بر خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی جوامع ماکروبتوزها در جنوب غربی ویرجینیا، ۴ ایستگاه (۱۰۰ متر قبل، دقیقاً در خروجی، در نقطه اختلاط خروجی و آب رودخانه و در ۴۰۰ متری از خروجی) را مورد مطالعه قرار دادند. Batoli و همکاران (۲۰۰۷) در یک دوره ۲۴ ساعته به ارزیابی ذرات و ریزمغذی‌ها در یک مزرعه کوچک ماهی قزل‌آلا (ظرفیت ۲۰ تن) در پارما (ایتالیا) به بررسی کمیت‌های فیزیکی‌شیمیایی آب در ورودی و خروجی و ۵۰۰ متری خروجی پرداختند. هدف از این تحقیق، اثر فعالیت مزرعه تکثیر و پرورش قزل‌آلای رنگین کمان بر خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی آب در رودخانه دریاسر است.

## مواد و روش‌ها

این بررسی در نهر دریاسر که از سرشاخه‌های رودخانه دوهزار است، انجام شد. این رودخانه در جنوب غربی بخش مرکزی شهرستان تنکابن، استان مازندران جریان دارد. مزرعه تکثیر و پرورش قزل‌آلای قزل کوثر در بالادست روستای هلوکله واقع شده است (شکل ۱). یکی از دلایل انتخاب این مزرعه، موقعیت خاص آن بود که در بالادست آن هیچ فعالیت آبی-

<sup>۱</sup>Apennine

تعداد احتمالی در ۱۰۰ میلی‌لیتر از نمونه آب است. محیط‌های کشت مورد نیاز برای تست، محیط کشت لاکتوز برات، بریلیانت گرین لاکتوز بایل برات و محیط EC MUG است. در این مطالعه به منظور ارزیابی زیستی کیفیت آب از شاخص‌های متعددی شامل؛ شاخص هیلسنهوف (Hilsenhoff, 1988)، شاخص BMWP<sup>۴</sup>، شاخص ASPT (Washington, 1984) و شاخص MMIF (Bohmer et al., 2004) استفاده شد. در روش ارزیابی با استفاده از بزرگ بی‌مهرگان آبی، با استفاده از شاخص مرکب MMIF، شاخص‌های پایه مورد استفاده عبارتند از: غنای گونه‌ای (TAX)، تعداد EPT، تعداد تاکزون‌های حساس به آلودگی غیر از EPT، شاخص شانون - وینر (SWD) و میانگین نمره مقاومت به آلودگی (MTS).

### شاخص هیلسنهوف (سطح خانواده)

جهت ارزیابی کیفیت آب در هر ایستگاه از شاخص هیلسنهوف از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$HFBI = \frac{\sum(x_i t_i)}{n}$$

تعداد افراد در هر گروه =  $X_i$ ؛ ارزش تحمل به آلودگی در آن گروه =  $t_i$

### شاخص BMWP

این شاخص یک مقدار منحصر به فرد برای هر خانواده از ماکروبتوزها بر حسب تحمل آن خانواده در برابر آلودگی ارائه می‌کند. هر چه مقدار تحمل آلودگی در آن خانواده بیشتر باشد، ضریب انحصاری آن کوچک‌تر خواهد بود.

استفاده از خط‌کش راد، دانه‌بندی بستر با استفاده از روش امتیازدهی ارائه شده در پروتکل USEPA<sup>۱</sup> انجام شد. بستر در یک محیط به مساحت تقریبی ۰/۵ متر مربع به داخل تشت پلاستیکی منتقل شد. سپس با الک به گروه‌هایی با قطر کمتر از ۲ میلی‌متر، کمتر از ۱ سانتی‌متر، کمتر از ۵ سانتی‌متر، کمتر از ۲۵ سانتی‌متر و بیشتر از آن جداسازی شد و درصد وزنی آنها اندازه‌گیری شد. همچنین کمیت‌های دما (بر حسب سلسیوس)، pH، قابلیت هدایت الکتریکی (EC)، (میکروزیمنس بر سانتی‌متر)، مجموع ذرات حل شده (TDS) (بر حسب میلی‌گرم بر لیتر)، کدورت (بر حسب NTU)، اکسیژن محلول (بر حسب ppt)، نیتريت، نترات، آمونیاک-آمونوم، فسفات (تمام کمیت‌های شیمیایی بر حسب میلی‌گرم بر لیتر) با دستگاه آزمایشگاه سیار Wagtech CP100 به وسیله کیت‌های دیجیتال و فتومتر آن (مدل Photometer 7100) اندازه‌گیری شد. به علاوه کمیت BOD<sub>5</sub> نیز به صورت ماهیانه توسط آزمایشگاه مرکز تحقیقات ماهیان سردابی تنکابن اندازه‌گیری شد. نمونه‌های آب با ظروف پلاستیکی ۲۵۰ میلی‌لیتری گرفته شد و با اسید سولفوریک غلیظ (۲ سی‌سی به ازای هر لیتر) تثبیت شد و در آزمایشگاه با محلول سود ۰/۱ مولار خنثی شد. برای ارزیابی بهتر اثر پساب مزرعه بر محیط پذیرنده آن، خصوصیات باکتریولوژی آب شامل کمیت‌های E-coli و total coliform نیز به صورت ماهیانه توسط آزمایشگاه مرکز تحقیقات ماهیان سردابی تنکابن اندازه‌گیری شد. برای تعیین میزان کلیفرم و باکتری E.coli از نمونه آب، از روش MPN ۹ لوله‌ای استفاده شد. MPN<sup>۳</sup> بیشترین

1US Environmental Protection Agency

2Nephelometric Turbidity Units

3 Most probable number

4Biological Monitoring Working Party

**شاخص ASPT**

این شاخص از میانگین ضریب در برابر آلودگی خانواده‌ها و راسته کم تاران در شاخص BMWP، بدست می‌آید. بر اساس این شاخص می‌توان ارزیابی از وضعیت سیستم داشت.

**شاخص مرکب MMIF**

در روش ارزیابی با استفاده از بزرگ بی‌مهرگان آبی، پارامترهای فراوانی و غنای تاکزونی با شاخص گونه‌های حساس به مقاوم ترکیب می‌شوند. شاخص مولتی‌متریکی وضعیت یک اکوسیستم را به‌وسیله

چندین متغیر (متریکی) تشریح می‌کند. هر کدام از این متغیرها، ترکیب مختلفی از کیفیت اکوسیستم ارائه می‌دهند و در یک شاخص ارزش‌گذاری می‌شوند. شاخص‌های پایه مورد استفاده در شاخص MMIF شامل غنای گونه‌ای (TAX)، تعداد EPT، تعداد تاکزون‌های حساس به آلودگی غیر از EPT، شاخص شانون - وینر (SWD) و میانگین نمره مقاومت به آلودگی (MTS) هستند.

جدول ۱- شاخص‌های پایه مورد محاسبه در شاخص مرکب MMI

شاخص	روش محاسبه
TAX	تعداد کل خانواده‌های موجود
EPT	تعداد خانواده‌های افروپترا، پلکوپترا و تریکوپترا
NST	تعداد تاکزون‌های حساس موجود با درجه تحمل بالای ۵ (غیر از EPT)
SWD	تنوع شانون - وینر
MTS	میانگین درجه تحمل کل خانواده‌ها

وضعیت بد و نمره ۴ نشان دهنده وضعیت خوب زیستی است (Gabriels *et al.*, 2009).

هر شاخص پایه بر اساس کیفیت مربوط به آن شاخص در چهار طبقه کیفی بین صفر، ۱، ۲، ۳ و ۴ قرار می‌گیرند. بنابراین نمره صفر برای هر شاخص نمایانگر

جدول ۲- معیار نمرات مورد محاسبه شاخص مولتی‌متریکی برای هر یک از شاخص‌های پایه

نمره / شاخص	TAX	EPT	NST	SWD	MTS
۰	≤ ۵	۰	۰	≤ ۰/۲	≤ ۲
۱	≤ ۱۲/۲۵	≤ ۱/۷۵	≤ ۲/۲۵	≤ ۱/۰۲۵	≤ ۳/۱۲۵
۲	≤ ۱۹/۵	≤ ۳/۵	≤ ۴/۵	≤ ۱/۸	≤ ۴/۲۵
۳	≤ ۲۶/۷۵	≤ ۵/۲۵	≤ ۶/۷۵	≤ ۲/۶۷	≤ ۵/۳۷۵
۴	> ۲۶/۷۵	> ۵/۲۵	> ۶/۷۵	> ۲/۶۷	> ۵/۳۷۵

دارد و به ترتیب نشان‌دهنده وضعیت کیفی بد و خیلی خوب اکولوژیکی است.

در نهایت نمرات این ۵ شاخص پایه با همدیگر جمع شده و متعاقباً تقسیم بر ۲۰ می‌شوند تا نهایتاً ارزش شاخص نهایی به‌دست می‌آید که مقداری بین صفر تا ۱

جدول ۳- ارزیابی آب رودخانه ها با استفاده از شاخص زیستی ASPT، BMWP، MMI و Hillsenhof

شاخص	ارزیابی	نمره	ارزیابی	درجه شاخص	ارزیابی کیفی	مقدار	ارزیابی
هیلسنهوف	کیفی	BMWP	کیفی	MMI		ASPT	کیفی
۷/۲۶-۱۰	بسیار ضعیف	< ۲۵	کم	۰/۰-۰/۲۹	بد	< ۴	احتمال آلودگی شدید
۶/۵۱-۷/۲۵	ضعیف	۲۶-۵۰	متوسط	۰/۵-۰/۶۹	متوسط	۴-۵	احتمال آلودگی متوسط
۵/۷۶-۶/۵۰	نسبتاً ضعیف	۵۱-۱۰۰	خوب	۰/۳-۰/۴۹	ضعیف	۵-۶	مشکوک به آلودگی
۵/۰۱-۵/۷۵	مناسب	۱۰۱-۱۵۰	خیلی خوب	۰/۷-۰/۸۹	خوب	۶<	آب تمیز
۴/۲۶-۵/۰	خوب	> ۱۵۰	استثنایی	۰/۹-۱	عالی	-	-
۳/۷۶-۴/۲۵	خیلی خوب	-	-	-	-	-	-
۰-۳/۷۵	عالی	-	-	-	-	-	-

**نتایج**

خصوصیات شیمیایی آب در برخی ایستگاه‌ها - اختلاف معنی‌دار داشت. کمترین میزان کمیت‌های شیمیایی اندازه‌گیری شده مربوط به ایستگاه ۱ بود. میزان این کمیت‌ها بعد از خروجی، همیشه افزایش داشت.

جهت مقایسه مقادیر شاخص‌های زیستی و مقادیر کمیت‌های فیزیکوشیمیایی و باکتریولوژیک در ایستگاه‌ها و زمان‌های نمونه‌برداری مختلف از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه و مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۵ درصد استفاده گردید. برای انجام این تجزیه و تحلیل‌ها از نرم‌افزارهای SPSS18، Excel2010 استفاده شد.

جدول ۴ - خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب در ایستگاه‌های مختلف در نهر دریا سر

خروجی	۵	۴	۳	۲	۱	ایستگاه
-	۱۴/۳±۱/۷ <sup>a</sup>	۱۴/۰±۲/۴ <sup>a</sup>	۱۳/۵±۲/۵ <sup>a</sup>	۱۳/۴±۲/۵ <sup>a</sup>	۱۳/۵±۲/۶ <sup>a</sup>	دمای آب (درجه سانتی‌گراد)
-	۹/۷۷±۰/۰۹ <sup>a</sup>	۹/۷۴±۰/۰۷ <sup>a</sup>	۹/۷۵±۰/۱۳ <sup>a</sup>	۹/۷۹±۰/۱۴ <sup>a</sup>	۹/۸۴±۰/۰۵ <sup>a</sup>	اکسیژن محلول (میلی‌گرم بر لیتر)
-	۱۶۰±۴ <sup>a</sup>	۱۶۰±۳ <sup>a</sup>	۱۶۰±۲ <sup>a</sup>	۱۶۱±۳ <sup>a</sup>	۱۵۸±۲ <sup>a</sup>	کل ذرات جامد حل شده (میلی‌گرم بر لیتر)
-	۱۶/۸۵±۳/۴۹ <sup>a</sup>	۱۴/۶۷±۲/۱۲ <sup>ab</sup>	۱۳/۲۵±۲/۵۲ <sup>ab</sup>	۱۲/۳۳±۲/۰۴ <sup>b</sup>	۱۲/۰۸±۳/۳۵ <sup>a</sup>	کدورت (NTU)
-	۰/۸۳±۰/۱۲ <sup>a</sup>	۰/۶۹±۰/۱۲ <sup>a</sup>	۰/۹۸±۰/۲۹ <sup>a</sup>	۰/۸۶±۰/۱۳ <sup>a</sup>	۰/۷۱±۰/۰۹ <sup>a</sup>	سرعت لحظه‌ای (متر بر ثانیه)
-	۱۴/۷±۲/۵ <sup>a</sup>	۱۴±۲ <sup>a</sup>	۱۵±۳ <sup>a</sup>	۱۶/۷±۱/۵ <sup>a</sup>	۱۵±۱/۷ <sup>a</sup>	امتیاز دانه‌بندی بستر
-	۰/۹۵±۰/۳۳۵ <sup>a</sup>	۰/۹۶±۰/۲۰۱ <sup>a</sup>	۰/۹۲±۰/۰۸۵ <sup>a</sup>	۰/۸۱±۰/۱۳۱ <sup>ab</sup>	۰/۵۶۹±۰/۱۲۶ <sup>b</sup>	نیترات (میلی‌گرم بر لیتر)
-	۰/۰۱۹±۰/۰۰۵ <sup>a</sup>	۰/۰۱۶±۰/۰۰۷ <sup>a</sup>	۰/۰۲۲±۰/۰۰۴ <sup>a</sup>	۰/۰۱۹±۰/۰۰۲ <sup>a</sup>	۰/۰۰۹±۰/۰۰۱ <sup>b</sup>	نیتريت (میلی‌گرم بر لیتر)
-	۰/۲۲±۰/۰۰۸ <sup>b</sup>	۰/۲۸±۰/۱۳ <sup>b</sup>	۰/۴۴±۰/۱۶ <sup>a</sup>	۰/۴۵±۰/۱۱ <sup>a</sup>	۰/۰۵±۰/۰۱ <sup>c</sup>	آمونیاک-آمونیم (میلی‌گرم بر لیتر)
-	۰/۲±۰/۰۲ <sup>b</sup>	۰/۲۲±۰/۰۴ <sup>b</sup>	۰/۲۸±۰/۰۵ <sup>a</sup>	۰/۲۹±۰/۰۵ <sup>a</sup>	۰/۰۴±۰/۰۱ <sup>c</sup>	فسفات (میلی‌گرم بر لیتر)
-	۸/۵۵±۰/۱ <sup>a</sup>	۸/۵۲±۰/۱ <sup>a</sup>	۸/۴۷±۰/۰۹ <sup>a</sup>	۸/۴۶±۰/۰۹ <sup>a</sup>	۸/۵۳±۰/۲۴ <sup>a</sup>	pH
-	۳۲۰±۷ <sup>a</sup>	۳۲۱±۶ <sup>a</sup>	۳۲۳±۵ <sup>a</sup>	۳۲۲±۶ <sup>a</sup>	۳۱۶±۶ <sup>a</sup>	هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی‌متر)
۱/۵۳ <sup>a</sup>	۰/۶۴۷ <sup>a</sup>	۰/۷۰۸ <sup>a</sup>	۰/۸۲۴ <sup>a</sup>	۰/۹۱۱ <sup>a</sup>	۰/۶۲۷ <sup>a</sup>	اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی
۲۱/۷ <sup>a</sup>	۹/۳ <sup>a</sup>	۱۷/۷ <sup>a</sup>	۱۲/۷ <sup>a</sup>	۷/۳ <sup>a</sup>	۴۱ <sup>a</sup>	توتال کلی فرم
۱۳/۷ <sup>a</sup>	۹/۳ <sup>a</sup>	۱۲ <sup>a</sup>	۱۰ <sup>a</sup>	۶ <sup>a</sup>	۱۸/۳ <sup>a</sup>	توتال اشرشیاکولی

بیوشیمیایی در بین ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌داری نداشت. میزان آن در خروجی افزایش محسوسی داشت و با فاصله گرفتن از خروجی میزان آن کاهش داشت. میزان کدورت با فاصله گرفتن از خروجی زیاد شده و تنها بین ایستگاه ۵ با ایستگاه‌های ۱ و ۲ تفاوت معنی‌دار مشاهده گردید. بجز نیتريت، سایر کمیت‌های شیمیایی آب در دوره‌های مختلف تفاوت معنی‌داری نداشت.

میزان نیتريت در ایستگاه ۱ با تمامی ایستگاه‌ها بجز ۲، اختلاف معنی‌دار داشت. نیتريت، آمونیاک-آمونوم و فسفات ایستگاه شاهد نیز با تمامی ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌دار داشت. تفاوت معنی‌دار در میزان توتال کلی-فرم و توتال اشرشیاکولی در بین ایستگاه‌های مختلف مشاهده نشد ولی میزان این کمیت‌ها در ورودی بسیار بیشتر از سایر ایستگاه‌هاست و تا ایستگاه ۲ روند کاهشی و بعد از آن روند افزایشی دارد. میزان اکسیژن مورد نیاز

جدول ۵- خصوصیات فیزیکی‌وشیمیایی آب در دوره‌های مختلف نمونه‌برداری (دوره سوم نمونه‌برداری انجام نشد)

دوره	۱۵ تیر	۳۰ تیر	۳۰ مرداد	۱۵ شهریور	۳۰ شهریور
دمای آب (درجه سانتی‌گراد)	۱۵/۷±۰/۶ <sup>b</sup>	۱۶/۷±۰/۳ <sup>a</sup>	۱۲/۲±۰/۳ <sup>c</sup>	۱۲/۱±۰/۸ <sup>c</sup>	۱۱/۹±۰/۸ <sup>c</sup>
اکسیژن محلول (میلی‌گرم بر لیتر)	۹/۷۳±۰/۱۶ <sup>a</sup>	۹/۷۷±۰/۱۲ <sup>a</sup>	۹/۷۴±۰/۰۸ <sup>a</sup>	۹/۸۴±۰/۰۳ <sup>a</sup>	۹/۸۱±۰/۰۵ <sup>a</sup>
کل ذرات جامد حل شده (میلی‌گرم بر لیتر)	۱۶۰±۲ <sup>bc</sup>	۱۶۳±۲ <sup>a</sup>	۱۶۱±۱ <sup>b</sup>	۱۵۷±۲ <sup>d</sup>	۱۵۸±۲ <sup>cd</sup>
کدورت (NTU)	۱۲/۸±۳/۳ <sup>b</sup>	۱۲/۳۳±۲/۰۴ <sup>b</sup>	۱۳/۲۵±۲/۵ <sup>ab</sup>	۱۴/۰۷±۰/۹۹ <sup>ab</sup>	۱۵/۶۵±۰/۹ <sup>a</sup>
نیتريت (میلی‌گرم بر لیتر)	۱/۰۰۳±۰/۲۲ <sup>a</sup>	۰/۸۵۱±۰/۲۲ <sup>a</sup>	۰/۸۷۶±۰/۲۲ <sup>a</sup>	۰/۶۹۸±۰/۲۴ <sup>a</sup>	۰/۷۸۶±۰/۲ <sup>a</sup>
نیتريت (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۰۱۸±۰/۰۰۷ <sup>ab</sup>	۰/۰۲۱±۰/۰۰۷ <sup>a</sup>	۰/۰۱۳±۰/۰۰۴ <sup>b</sup>	۰/۰۱۵±۰/۰۰۵ <sup>ab</sup>	۰/۰۱۸±۰/۰۰۵ <sup>ab</sup>
آمونیاک-آمونوم (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۳۳±۰/۲۲ <sup>a</sup>	۰/۴۲±۰/۲۳ <sup>a</sup>	۰/۱۹±۰/۰۶ <sup>a</sup>	۰/۲۱±۰/۱۴ <sup>a</sup>	۰/۲۸±۰/۱۸ <sup>a</sup>
فسفات (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۲۴±۰/۱۲ <sup>a</sup>	۰/۲۴±۰/۱۲ <sup>a</sup>	۰/۲۱±۰/۱ <sup>a</sup>	۰/۱۶±۰/۰۸ <sup>a</sup>	۰/۲±۰/۰۹ <sup>a</sup>
pH	۸/۷۱±۰/۱۴ <sup>a</sup>	۸/۳۹±۰/۰۷ <sup>c</sup>	۸/۵±۰/۰۳ <sup>b</sup>	۸/۴۸±۰/۰۳ <sup>bc</sup>	۸/۴۶±۰/۰۴ <sup>bc</sup>
هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی‌متر)	۳۱۹±۵ <sup>bc</sup>	۳۲۸±۲ <sup>a</sup>	۳۲۳±۱ <sup>ab</sup>	۳۱۶±۷ <sup>c</sup>	۳۱۷±۳ <sup>c</sup>
دبی (مترمکعب بر ثانیه)	۲/۶۳	۱/۴۴	۱/۰۷	۱/۰۶	۱/۰۵

جدول ۶- خصوصیات فیزیکی‌وشیمیایی آب در ایستگاه‌های مختلف نمونه برداری

دوره	۱۵ تیر	۳۰ تیر	۳۰ مرداد	۱۵ شهریور	۳۰ شهریور
دمای آب (درجه سانتی‌گراد)	۲/۶±۱۳/۵	۲/۵±۱۳/۴	۲/۵±۱۳/۵	۲/۴±۱۴	۱/۷±۱۴/۳
اکسیژن محلول (میلی‌گرم بر لیتر)	۰/۰۵±۹/۸۴	۰/۱۴±۹/۷۹	۰/۱۳±۹/۷۵	۰/۰۷±۹/۷۴	۰/۰۹±۹/۷۷
کل ذرات جامد حل شده (میلی‌گرم بر لیتر)	۲±۱۵۸	۳±۱۶۱	۲±۱۶۰	۳±۱۶۰	۴±۱۶۰
کدورت (NTU)	<sup>b</sup> ۳/۳۵±۱۲/۰۸	<sup>b</sup> ۲/۰۴±۱۲/۳۳	<sup>ab</sup> ۲/۵۲±۱۳/۲۵	<sup>ab</sup> ۲/۱۲±۱۴/۶۷	<sup>a</sup> ۳/۴۹±۱۶/۸۵
نیتريت (میلی‌گرم بر لیتر)	<sup>b</sup> ۰/۱۳±۰/۵۶۹	<sup>ab</sup> ۰/۱۳۱±۰/۸۱۱	<sup>a</sup> ۰/۰۸۵±۰/۹۱۷	<sup>a</sup> ۰/۲۰۱±۰/۹۶۲	<sup>a</sup> ۰/۳۳۵±۰/۹۵۴
نیتريت (میلی‌گرم بر لیتر)	<sup>b</sup> ۰/۰۰۱±۰/۰۰۹	<sup>a</sup> ۰/۰۰۲±۰/۰۱۹	<sup>a</sup> ۰/۰۰۴±۰/۰۲۲	<sup>a</sup> ۰/۰۰۷±۰/۰۱۶	<sup>a</sup> ۰/۰۰۵±۰/۰۱۹
آمونیاک-آمونوم (میلی‌گرم بر لیتر)	<sup>c</sup> ۰/۰۱±۰/۰۰۵	<sup>a</sup> ۰/۱۱±۰/۴۵	<sup>a</sup> ۰/۱۶±۰/۴۴	<sup>b</sup> ۰/۱۳±۰/۲۸	<sup>b</sup> ۰/۰۸±۰/۲۲
فسفات (میلی‌گرم بر لیتر)	<sup>c</sup> ۰/۰۱±۰/۰۰۴	<sup>a</sup> ۰/۰۵±۰/۲۹	<sup>a</sup> ۰/۰۵±۰/۲۸	<sup>b</sup> ۰/۰۴±۰/۲۲	<sup>b</sup> ۰/۰۲±۰/۲۰
pH	۰/۲۴±۸/۵۳	۰/۰۹±۸/۴۶	۰/۰۹±۸/۴۷	۰/۱۰±۸/۵۲	۰/۱۰±۸/۵۵
هدایت الکتریکی (میکروموس بر سانتی‌متر)	۶±۳۱۶	۶±۳۲۲	۵±۳۲۲	۶±۳۲۱	۷±۳۲۰

ورودی بسیار بیشتر از سایر ایستگاه هاست و تا ایستگاه ۲ روند کاهشی و بعد از آن روند افزایشی دارد.

جدول ۷- میانگین خصوصیات باکتریولوژی آب

ایستگاه‌ها	توتال کلی فرم	توتال اشرشیا کولی
۱	۴۱ <sup>a</sup>	۱۸/۳ <sup>a</sup>
خروجی	۲۱/۷ <sup>a</sup>	۱۳/۷ <sup>a</sup>
۲	۷/۳ <sup>a</sup>	۶ <sup>a</sup>
۳	۱۲/۷ <sup>a</sup>	۱۰ <sup>a</sup>
۴	۱۷/۷ <sup>a</sup>	۱۲ <sup>a</sup>
۵	۹/۳ <sup>a</sup>	۹/۳ <sup>a</sup>

در بررسی فون بی مهرگان کفزی نهر دریاسر، در مجموع ۵۹ خانواده شناسایی شدند که به ۱۹ راسته، ۸ رده و ۵ شاخه Nematoda، Platyhelminthes، Mollusca، Arthropoda و Annelida تعلق دارند. در مجموع در این بررسی، تعداد ۱۷۴۷۵۲ بی مهره کفزی جداسازی و شناسایی شد. بیشترین فراوانی مربوط به خانواده‌های Simuliidae، Chironomidae، Heptageniidae، Baetidae، Hydropsychidae، Planariidae و Nemouridae و Elmidae بود. در بین بی مهرگان کفزی شکارچی، خانواده‌های Rhyacophilidae و Perlidae از غالبیت خوبی نسبت به سایرین برخوردار بودند.

دبی در فاصله ۱۳۰ متری از خروجی (در ایستگاه ۳) اندازه گیری شد. دبی در دوره اول تقریباً دو برابر سایر دوره‌ها بود. در دوره سوم نمونه برداری بعد از نمونه برداری از کف زیان، آب سیلابی شد و باعث تلفات شدید در مزرعه شد که به دلیل واقعی نبودن داده‌های فیزیکوشیمیایی نمونه برداری صورت نگرفت. دمای آب در دوره اول و دوم با سایر دوره‌ها تفاوت معنی دار داشت. دوره اول با دوم نیز دارای تفاوت معنی دار بود. تفاوت معنی داری در اکسیژن محلول دیده نشد. بیشترین مقدار کمیت الکتریکی مربوط به دوره دوم بود که با همه دوره‌ها بجز دوره چهارم اختلاف معنی داری داشت. مقدار کمیت TDS در دوره‌های مختلف اختلاف معنی داری داشت. این وضع در مورد pH هم صادق بود. بیشترین میزان نیتريت در دوره دوم ثبت شد و تنها با دوره چهارم اختلاف معنی دار داشت. بیشترین کدورت در ایستگاه ۵ و کمترین کدورت در ایستگاه ۱ مشاهده شد. خصوصیات شیمیایی آب در بین ایستگاه‌های مختلف تفاوت زیادی مشاهده گردید. میزان نترات در ایستگاه ۱ با تمامی ایستگاه‌ها بجز ۲، اختلاف معنی دار داشت. نیتريت، کل نیتروژن آمونیاکی و فسفات ایستگاه شاهد (۱) نیز با تمامی ایستگاه‌ها اختلاف معنی دار داشت. کمترین مقادیر خصوصیات شیمیایی اندازه گیری شده مربوط به ایستگاه ۱ بوده و میزان آنها بعد از خروجی، همیشه افزایش داشت. نتایج حاصل از کمیت‌های باکتریولوژی آب در جدول ۷ آمده است. مطابق با نتایج، تفاوت معنی دار در میزان توتال کلی فرم و توتال اشرشیا کولی در بین ایستگاه‌های مختلف مشاهده نشد ولی میزان این کمیت‌ها در

جدول ۸- شمای کلی از بزرگ بی مهرگان کفزی شناسایی شده در نهر دریاسر

شاخه	رده	راسته	خانواده
		Collembola	Isotomidae Unknow taxa
		Coleoptera	Hydroscaphidae Unknow taxa1
			Curculionidae Unknow taxa2
	Ephemeroptera	Hydrophilidae	Staphylinidae -
		Baetidae	Heptageniidae -
		Ephemerellidae	Oligoneuriidae -
		Anthomyiidae	Dixidae Simuliidae
		Athericidae	Dolichopodidae Stratiomyidae
	Diptera	Blephariceridae	Emphididae Tabanidae
			Ceratopogonidae
	Insecta	Chironomidae	Psychodidae Tipulidae
			Hymenoptera
	Plecoptera	Nemouridae	Perlidae
		Luctricidae	Perlodidae
		Beraiedae	Hydroptilidae Rhyacophilidae
Arthropoda	Trichoptera	Goeridae	Lepidostomatidae Polycentropodidae
		Glossosomatidae	Limnephilidae
		Hydropsychidae	Psychomyiidae
	Lepidoptera	Pyralidae	
	Megaloptera	Corydalidae	
Crustacea	Isopoda	Asellidae	
	Amphipoda	Gammaridae	
Malacostraca	Decapoda	Unknow taxa	
Arachnida	Trombidiformes	Hydrachnidiae	Unknow taxa
	Araneae	Pisauridae	
Annelida	Lumbriculida	Lumbriculidae	Tubificidae
	Clitellata	Haplotaxida	Naididae
Nematoda		Unknow taxa	
Platyhelminth	Turbellaria	Tricladida	Planariidae
Mollusca	Gastropoda	Neotaenioglossa	Heydrobiidae

خروجی) در دوره چهارم بود. از دید کلی در تمامی دوره ها میزان شاخص تراکم بعد از ایستگاه شاهد به یکباره افزایش چشمگیری داشت و سپس روند کاهشی در پیش گرفت. حتی در دوره چهارم که متاثر از سیلابی شدن نیز بود، میزان شاخص تراکم در ایستگاه ۲، دو برابر ایستگاه شاهد بود (جدول ۹).

در دوره اول و پنجم نمونه برداری، تفاوت معنی داری بین ایستگاه‌ها از نظر فراوانی وجود ندارد. در بین ایستگاه‌ها در مجموع، بیشترین میانگین تراکم مربوط به ایستگاه دوم (که در ۳۵ متری خروجی قرار داشت) در دوره نمونه برداری سوم و کمترین میانگین تراکم مربوط به ایستگاه اول (در ۱۱۵ متری قبل

جدول ۹- شاخص تراکم بزرگ بی مهرگان کفزی شناسایی شده در نهر دریا سر

دوره / ایستگاه	1	2	3	4	5
۱۵ تیر	۸۲۰±۲۸۵ <sup>Aa</sup>	۲۷۲۴±۱۰۴۸ <sup>Abc</sup>	۲۹۸۵±۲۸۵ <sup>Aa</sup>	۱۲۴۸±۲۷۶ <sup>Aab</sup>	۳۱۹۹±۲۲۰۰ <sup>Aa</sup>
۳۰ تیر	۹۳۲±۸۶۳ <sup>Ca</sup>	۵۰۲۰±۱۲۸۶ <sup>Aab</sup>	۳۱۹۷±۱۲۶۸ <sup>Bab</sup>	۲۱۸۱±۶۱۰ <sup>BCa</sup>	۲۰۱۲±۴۳۴ <sup>BCa</sup>
۱۵ مرداد	۹۹۲±۳۶۶ <sup>Ba</sup>	۶۸۳۵±۴۴۴۴ <sup>Aa</sup>	۳۷۹۳±۱۶۷۴ <sup>ABabc</sup>	۱۸۴۴±۶۷۸ <sup>Bab</sup>	۲۱۷۲±۱۱۲۴ <sup>Ba</sup>
۳۰ مرداد	۵۲۹±۵۰ <sup>Aa</sup>	۱۰۵۲±۲۶۳ <sup>Ac</sup>	۱۰۰۱±۵۸۹ <sup>Abc</sup>	۱۵۲۰±۱۰۰۳ <sup>Aab</sup>	۱۵۰۹±۳۷۰ <sup>Aa</sup>
۱۵ شهریور	۵۸۹±۱۹۷ <sup>Ba</sup>	۱۷۸۳±۱۰۹۴ <sup>ABbc</sup>	۶۹۱±۳۰۱ <sup>Bc</sup>	۹۶۹±۲۸۶ <sup>ABb</sup>	۲۰۱۶±۷۷۰ <sup>Aa</sup>
۳۰ شهریور	۵۴۰±۱۲۸ <sup>Ca</sup>	۱۷۰۴±۷۵۶ <sup>Bbc</sup>	۷۳۲±۱۷۹ <sup>Cc</sup>	۱۳۶۱±۱۷۸ <sup>ABab</sup>	۲۲۹۹±۵۶۴ <sup>Aa</sup>

تذکر- حروف بزرگ لاتین برای مقایسه بین ایستگاه‌ها و حروف کوچک لاتین برای مقایسه بین دوره‌های نمونه برداری

ایستگاه ۱ با ایستگاه‌های ۴ و ۵ اختلاف معنی داری داشت. در دوره ششم، ایستگاه ۲ با ایستگاه‌های ۱ و ۳ اختلاف معنی دار داشت. ایستگاه‌های ۱ و ۲ و ۵ در دوره‌های مختلف، اختلاف معنی داری نداشتند (جدول ۱۰).

در دوره اول و چهارم نمونه برداری، اختلاف معنی داری بین ایستگاه‌ها وجود نداشت. در دوره دوم ایستگاه‌های ۲ و ۵ تفاوت معنی داری با ایستگاه‌های ۱ و ۳ و ۴ داشتند. در دوره دوم و سوم بین ایستگاه‌های ۲ و ۱ اختلاف معنی داری وجود داشت. در دوره پنجم،

جدول ۱۰- مقادیر بیومس بزرگ بی مهرگان کفزی شناسایی شده در نهر دریا سر

دوره / ایستگاه	1	2	3	4	5
۱۵ تیر	۱/۱۲±۰/۴۴ <sup>Aa</sup>	۳/۰۲±۱/۴۵ <sup>Aa</sup>	۳/۶۲±۲/۲۲ <sup>Aa</sup>	۱/۶±۰/۵۸ <sup>Ac</sup>	۲/۵۶±۱/۲۱ <sup>Aa</sup>
۳۰ تیر	۱/۲۳±۰/۸۴ <sup>Ba</sup>	۴/۴۷±۱/۱۴ <sup>Aa</sup>	۳/۲۷±۱/۱۲ <sup>Bab</sup>	۲/۷۲±۱/۱۳ <sup>Babc</sup>	۴/۱۵±۱/۶۳ <sup>Aa</sup>
۱۵ مرداد	۱/۳۵±۰/۶۱ <sup>Ba</sup>	۵/۶۴±۲/۶۹ <sup>Aa</sup>	۳/۲±۱/۰۵ <sup>ABab</sup>	۳/۹۳±۰/۶ <sup>ABab</sup>	۲/۸۵±۱/۶۵ <sup>ABa</sup>
۳۰ مرداد	۱/۴۵±۰/۵۱ <sup>Aa</sup>	۳/۳۱±۰/۸ <sup>Aa</sup>	۱/۵۳±۰/۹ <sup>Aab</sup>	۳/۱۸±۱/۷۷ <sup>Abc</sup>	۳/۰۸±۰/۳۹ <sup>Aa</sup>
۱۵ شهریور	۱/۱±۰/۴۶ <sup>Aa</sup>	۳/۳±۱/۳۶ <sup>ABa</sup>	۱/۰۸±۰/۴۶ <sup>ABb</sup>	۲/۴۲±۰/۵۷ <sup>BCbc</sup>	۲/۲۵±۰/۳۷ <sup>Ca</sup>
۳۰ شهریور	۱/۷۲±۰/۱۶ <sup>Ba</sup>	۳/۱۷±۰/۷۲ <sup>Aa</sup>	۱/۳۵±۰/۷۸ <sup>Bab</sup>	۴/۶۹±۱/۳۴ <sup>ABa</sup>	۳/۲۹±۰/۹۵ <sup>ABa</sup>

تذکر- حروف بزرگ لاتین برای مقایسه بین ایستگاه‌ها و حروف کوچک لاتین برای مقایسه بین دوره‌های نمونه برداری

ایستگاه بود مربوط به ایستگاه ۱ بود. آلوده‌ترین ایستگاه‌ها به ترتیب ایستگاه‌های ۵ و ۲ بودند. بیشترین میزان آلودگی از ایستگاه ۲ در سومین دوره نمونه برداری ثبت شد. اختلاف بین دوره‌ها در ایستگاه‌های مختلف از الگوی خاصی پیروی نمی‌کرد. در دید کلی، میزان این شاخص در بعد از خروجی به یکباره افزایش پیدا کرد. شاخص BMWP، به غیر از دوره اول و آخر، در سایر دوره‌ها تغییری در بین ایستگاه‌ها وجود نداشت. در دوره اول، ایستگاه‌های ۲ و ۳ با ایستگاه‌های ۴ و ۵

میزان شاخص غنای هیلسنهوف در دوره‌های اول و دوم بین ایستگاه شاهد و سایر ایستگاه‌ها تفاوت معنی دار داشت. در دوره سوم نیز این مقدار در ایستگاه اول با ایستگاه‌های ۲ و ۳ تفاوت معنی دار داشت. در دوره چهارم، ایستگاه‌های ۱ با ایستگاه‌های ۳ و ۵ تفاوت معنی داری داشت. در دوره پنجم ایستگاه ۱ با تمامی ایستگاه‌ها تفاوت معنی دار داشت. در دوره ششم ایستگاه‌های ۱ و ۲ با ایستگاه ۵ تفاوت معنی داری داشت. کمترین میزان این شاخص که نشانگر پاک‌ترین

الگوی خاصی پیروی نمی‌کرد. در ایستگاه ۴، تفاوتی بین دوره‌های مختلف نمونه‌برداری دیده نشد. میزان این شاخص در ایستگاه ۲ نسبت به ایستگاه شاهد تفاوت محسوسی داشت (جدول ۱۱).

تفاوت معنی‌دار داشت. در دوره ششم، ایستگاه ۱ با ایستگاه‌های ۲ و ۳ تفاوت معنی‌دار داشت. همچنین این دو ایستگاه با ایستگاه‌های ۴ نیز اختلاف معنی‌دار داشت. تغییرات بین ایستگاه‌ها در دوره‌های زمانی مختلف از

جدول ۱۱- مقادیر شاخص‌های اندازه‌گیری شده در ایستگاه و دوره‌های مختلف زمانی در نهر دریا سر

ایستگاه/دوره	۱۵ تیر	۳۰ تیر	۱۵ مرداد	۳۰ مرداد	۱۵ شهریور	۳۰ شهریور
۱	۳/۱۶ ± ۰/۳۱ <sup>Bb</sup>	۳/۱۳ ± ۰/۲۹ <sup>Bb</sup>	۳/۶۵ ± ۰/۱۴ <sup>Ba</sup>	۳/۶۵ ± ۰/۱۴ <sup>Ba</sup>	۳/۱۳ ± ۰/۲۹ <sup>Cb</sup>	۳/۹۶ ± ۰/۱۴ <sup>Ba</sup>
۲	۴/۴۳ ± ۰/۴۲ <sup>Abc</sup>	۴/۷۹ ± ۰/۴۱ <sup>Aab</sup>	۵/۱۹ ± ۰/۵۵ <sup>Aa</sup>	۴/۰۲ ± ۰/۰۷ <sup>Ac</sup>	۴/۰۵ ± ۰/۴۵ <sup>Bc</sup>	۳/۹۳ ± ۰/۵۵ <sup>Bc</sup>
۳	۴/۵۷ ± ۰/۳۴ <sup>Aa</sup>	۴/۳۹ ± ۰/۳ <sup>Aab</sup>	۵/۰۱ ± ۰/۵۱ <sup>Aab</sup>	۴/۲۷ ± ۰/۵۶ <sup>Aab</sup>	۴/۰ ± ۰/۴۲ <sup>Bb</sup>	۴/۲۳ ± ۰/۱۶ <sup>ABab</sup>
۴	۴/۳ ± ۰/۷۵ <sup>Aab</sup>	۴/۶۷ ± ۰/۲۵ <sup>Aa</sup>	۴/۲۲ ± ۰/۳۳ <sup>Bab</sup>	۳/۹۳ ± ۰/۱۶ <sup>ABb</sup>	۴/۰۴ ± ۰/۲۵ <sup>Bab</sup>	۴/۲۲ ± ۰/۰۲ <sup>ABab</sup>
۵	۴/۹۶ ± ۰/۵۶ <sup>Aa</sup>	۴/۲۷ ± ۰/۳۹ <sup>Aab</sup>	۴/۱۹ ± ۰/۰۸ <sup>Bb</sup>	۴/۲ ± ۰/۰۴ <sup>Ab</sup>	۴/۸۰ ± ۰/۳۵ <sup>Aab</sup>	۴/۴۸ ± ۰/۴۸ <sup>Aab</sup>
۱	۱۴۳ ± ۳۳ <sup>ABa</sup>	۱۲۹ ± ۲۶ <sup>Aab</sup>	۱۱۷ ± ۷ <sup>Aab</sup>	۱۰۷ ± ۱۱ <sup>Aab</sup>	۹۷ ± ۱۶ <sup>Ab</sup>	۹۷ ± ۶ <sup>Bb</sup>
۲	۱۶۰ ± ۲۱ <sup>Aa</sup>	۱۵۱ ± ۱۱ <sup>Aab</sup>	۱۳۵ ± ۱۴ <sup>Abc</sup>	۱۲۶ ± ۱۱ <sup>Acd</sup>	۱۰۹ ± ۹ <sup>Ad</sup>	۱۱۹ ± ۳ <sup>Ccd</sup>
۳	۱۵۴ ± ۷ <sup>Aa</sup>	۱۳۶ ± ۱۳ <sup>Aa</sup>	۱۳۱ ± ۸ <sup>Aa</sup>	۹۸ ± ۲۸ <sup>Ab</sup>	۸۳ ± ۶ <sup>Ab</sup>	۷۷ ± ۹ <sup>Cb</sup>
۴	۱۱۳ ± ۲۲ <sup>Ba</sup>	۱۱۷ ± ۳۱ <sup>Aa</sup>	۱۲۳ ± ۸ <sup>Aa</sup>	۹۵ ± ۱۶ <sup>Aa</sup>	۹۱ ± ۲۶ <sup>Aa</sup>	۱۰۲ ± ۶ <sup>Aa</sup>
۵	۱۰۷ ± ۱۵ <sup>Bab</sup>	۱۳۶ ± ۱۷ <sup>Aa</sup>	۱۲۲ ± ۲۶ <sup>Aa</sup>	۱۰۵ ± ۱۵ <sup>Aab</sup>	۸۲ ± ۹ <sup>Ab</sup>	۸۹ ± ۱۸ <sup>BCb</sup>
۱	۶/۳ ± ۰/۳ <sup>Ab</sup>	۷ ± ۰/۳ <sup>Aa</sup>	۶/۷ ± ۰/۴ <sup>Aab</sup>	۶/۳ ± ۰/۱ <sup>Ab</sup>	۶/۵ ± ۰/۲ <sup>Ab</sup>	۶/۲ ± ۰/۳ <sup>Ab</sup>
۲	۵/۹۴ ± ۰/۱ <sup>Aa</sup>	۶/۲۸ ± ۰/۰۸ <sup>Ba</sup>	۶/۰۶ ± ۰/۳ <sup>Ba</sup>	۶/۱۲ ± ۰/۲۹ <sup>Aa</sup>	۶/۰۹ ± ۰/۲۱ <sup>ABa</sup>	۵/۹۴ ± ۰/۲۸ <sup>Aa</sup>
۳	۶/۲۶ ± ۰/۱۴ <sup>Aa</sup>	۶/۰۸ ± ۰/۰۲ <sup>Ba</sup>	۶/۲۴ ± ۰/۲۹ <sup>ABa</sup>	۶/۲۵ ± ۰/۱۲ <sup>Aa</sup>	۶/۰۹ ± ۰/۲۸ <sup>ABa</sup>	۶/۲۲ ± ۰/۲۳ <sup>Aa</sup>
۴	۶/۱۴ ± ۰/۲۴ <sup>Aa</sup>	۶/۰۴ ± ۰/۲۱ <sup>Ba</sup>	۶/۱۵ ± ۰/۱۲ <sup>ABa</sup>	۵/۸۹ ± ۰/۲۸ <sup>Aa</sup>	۵/۹۹ ± ۰/۳۸ <sup>BCa</sup>	۶/۲۷ ± ۰/۰۶ <sup>Aa</sup>
۵	۶/۱۵ ± ۰/۳۲ <sup>Aabc</sup>	۶/۴۴ ± ۰/۳ <sup>Bab</sup>	۶/۵۵ ± ۰/۲۷ <sup>ABa</sup>	۵/۹۵ ± ۰/۸ <sup>Abcd</sup>	۵/۵۹ ± ۰/۰۵ <sup>Ccd</sup>	۵/۸۸ ± ۰/۳۹ <sup>Ad</sup>
۱	۰/۸۳ ± ۰/۰۶ <sup>Aa</sup>	۰/۷۳ ± ۰/۰۶ <sup>Ab</sup>	۰/۷۵ ± ۰/۰ <sup>Ab</sup>	۰/۷۵ ± ۰/۰ <sup>Ab</sup>	۰/۷۲ ± ۰/۰۳ <sup>Ab</sup>	۰/۷۳ ± ۰/۰۳ <sup>Ab</sup>
۲	۰/۸۲ ± ۰/۰۳ <sup>Aa</sup>	۰/۷۸ ± ۰/۰۳ <sup>Aab</sup>	۰/۷۷ ± ۰/۰۳ <sup>Aab</sup>	۰/۷۸ ± ۰/۰۳ <sup>Aab</sup>	۰/۷۵ ± ۰/۰ <sup>Ab</sup>	۰/۷۷ ± ۰/۰۶ <sup>Aab</sup>
۳	۰/۸ ± ۰/۰ <sup>Aa</sup>	۰/۸ ± ۰/۰ <sup>Aa</sup>	۰/۷۸ ± ۰/۰۳ <sup>Aa</sup>	۰/۷۳ ± ۰/۱۲ <sup>Aa</sup>	۰/۷۳ ± ۰/۰۳ <sup>Aa</sup>	۰/۷ ± ۰/۰۵ <sup>Aa</sup>
۴	۰/۷۵ ± ۰/۰۵ <sup>ABa</sup>	۰/۷۵ ± ۰/۰۵ <sup>Aa</sup>	۰/۷۸ ± ۰/۰۳ <sup>Aa</sup>	۰/۷۲ ± ۰/۰۶ <sup>Aa</sup>	۰/۷۵ ± ۰/۰ <sup>Aa</sup>	۰/۷۲ ± ۰/۰۳ <sup>Aa</sup>
۵	۰/۷ ± ۰/۰۵ <sup>ABb</sup>	۰/۷۸ ± ۰/۰۳ <sup>Aa</sup>	۰/۷۸ ± ۰/۰۳ <sup>Aa</sup>	۰/۷۲ ± ۰/۰۳ <sup>Ab</sup>	۰/۷۲ ± ۰/۰۳ <sup>Ab</sup>	۰/۷ ± ۰/۰ <sup>Ab</sup>

(حروف بزرگ لاتین برای مقایسه بین ایستگاه‌ها و حروف کوچک لاتین برای مقایسه بین دوره‌های نمونه‌برداری)

مقایسه بین دوره‌های مختلف، مقادیر این شاخص در ایستگاه ۲ و ۳ و ۴، تفاوتی نداشت (جدول ۱۲).

شاخص ASPT در دوره اول و چهارم و ششم تفاوت معنی‌داری بین ایستگاه‌ها مشاهده نشد. در دوره دوم بین ایستگاه شاهد و سایر ایستگاه‌ها تفاوت‌های معنی‌دار وجود داشت. در ماه سوم، این اختلاف تنها در بین ایستگاه‌های ۱ و ۲ دیده شد. در دوره پنجم، ایستگاه شاهد با ایستگاه‌های ۴ و ۵ اختلاف معنی‌دار داشت. در

جدول ۱۲- کیفیت آب بر اساس شاخص های زیستی

ایستگاه/دوره	شاخص ها	۱۵ تیر	۳۰ تیر	۱۵ مرداد	۳۰ مرداد	۱۵ شهریور	۳۰ شهریور
۱	BMWP	خیلی خوب	خیلی خوب	خیلی خوب	خیلی خوب	خوب	خوب
	ASPT	آب تمیز	آب تمیز	آب تمیز	آب تمیز	آب تمیز	آب تمیز
	MMIF	خوب	خوب	خوب	خوب	خوب	خوب
	Hillsenhof	عالی	عالی	عالی	عالی	عالی	خیلی خوب
۲	BMWP	استثنایی	استثنایی	خیلی خوب	خیلی خوب	خیلی خوب	خیلی خوب
	ASPT	مشکوک به آلودگی	آب تمیز	آب تمیز	آب تمیز	آب تمیز	مشکوک به آلودگی
	MMIF	خوب	خوب	خوب	خوب	خوب	خوب
	Hillsenhof	خوب	خوب	مناسب	خیلی خوب	خیلی خوب	خیلی خوب
۳	BMWP	استثنایی	خیلی خوب	خیلی خوب	خوب	خوب	خوب
	ASPT	آب تمیز	آب تمیز	آب تمیز	آب تمیز	آب تمیز	آب تمیز
	MMIF	خوب	خوب	خوب	خوب	خوب	خوب
	Hillsenhof	خوب	خوب	مناسب	خوب	خیلی خوب	خیلی خوب
۴	BMWP	خیلی خوب	خیلی خوب	خیلی خوب	خوب	خوب	خیلی خوب
	ASPT	آب تمیز	آب تمیز	آب تمیز	مشکوک به آلودگی	مشکوک به آلودگی	آب تمیز
	MMIF	خوب	خوب	خوب	خوب	خوب	خوب
	Hillsenhof	خوب	خوب	خیلی خوب	خیلی خوب	خیلی خوب	خیلی خوب
۵	BMWP	خیلی خوب	خیلی خوب	خیلی خوب	خیلی خوب	خوب	خوب
	ASPT	آب تمیز	آب تمیز	آب تمیز	مشکوک به آلودگی	مشکوک به آلودگی	مشکوک به آلودگی
	MMIF	خوب	خوب	خوب	خوب	خوب	خوب
	Hillsenhof	خوب	خوب	خیلی خوب	خیلی خوب	خیلی خوب	خوب

داشت. در دوره پنجم، ایستگاه ۱ با ایستگاه های ۴ و ۵ اختلاف معنی داری داشت. در دوره ششم، ایستگاه ۲ با ایستگاه های ۱ و ۳ اختلاف معنی دار داشت. ایستگاه های ۱، ۲ و ۵ در دوره های مختلف، اختلاف معنی داری نداشتند (جدول ۱۲).

### بحث

بررسی کامل همه گونه های موجود در یک جامعه، کار بی نهایت مشکلی است. چنین مطالعاتی اغلب

شاخص MMIF در تمامی دوره ها در بین ایستگاه ها اختلاف معنی داری نداشت. مقدار این شاخص در ایستگاه های ۳ و ۴، در تمامی دوره ها، فاقد تفاوت معنی دار بود. در سایر ایستگاه ها نیز تفاوت بین دوره ها از الگوی خاصی پیروی نمی کرد. در دوره اول و چهارم، اختلاف معنی داری بین ایستگاه ها وجود نداشت. در دوره دوم، ایستگاه های ۲ و ۵ تفاوت معنی داری با ایستگاه های ۱، ۳ و ۴ داشتند. در دوره دوم و سوم بین ایستگاه های ۲ و ۱ اختلاف معنی داری وجود

کاهش تراکم با فاصله گرفتن از آن، اشاره شده است (Allan, 1945). سرعت و نیروهای فیزیکی وابسته به آن شاید مهمترین عوامل محیطی موثر بر جانداران آب های جاری محسوب گردند. البته نه تنها پی بردن به خود جریان و اندازه گیری آن مشکل است، بلکه اندازه، شکل و روش زندگی جانور عمیقاً بر چگونگی تاثیر نیروهای هیدرودینامیک بر آنها اثر می گذارد. از طرفی دیگر عامل تعیین کننده دانه بندی و انتقال مواد آلی است (Gillar and Malmqvist, 1998).

مقدار شاخص هیلسنهوف (HFBI) در دوره پر آبی به خوبی اثر پساب را بر آلودگی رودخانه نشان داد. مقدار این شاخص همیشه بعد از خروجی افزایش یافت که نشان دهنده افزایش بار مواد آلی ناشی از فعالیت مزرعه بود که با مطالعات نادری جلودار و همکاران (۱۳۹۰) و Živić و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت داشت. در مجموع، بنظر می رسد پساب مزرعه پرورش ماهی قزل کوتر اثر نامطلوبی بر سلامت زیستگاه های کفزیان و کیفیت آب نداشته است.

از بین شاخص های ارزیابی زیستی BMWP، ASPT و MMIF، شاخص ASPT تا اندازه ای موفق تر از دو شاخص دیگر توانست تغییر جمعیت ها را در دوره های اوج فعالیت مزرعه در زمان کم آبی مشخص کند. ضعف این شاخص ها به این علت هست که به بررسی جمعیت ها، مستقل از تعداد افراد و توزیع نسبی آنها در جمعیت می پردازد. ولی از آنجایی که تفاوت حضور خانواده ها در بین ایستگاه ها چندان زیاد نبود، این شاخص ها تغییرات خاصی را نشان نداد. موسوی (۱۳۸۹) بیان کرد که ممکن است این شاخص های ASTP و BMWP برای ارزیابی کیفیت آب رودخانه دو هزار تنکابن از حساسیت لازم و

معمول نیستند. به علت ناکافی بودن دانش رده بندی در بسیاری از گروه ها، خسته کننده بودن، تغییرات لاروها در مراحل رشد<sup>۱</sup>، اندازه بسیار کوچک برخی از لاروها، محدودیت در مهیا کردن امکانات و محدودیت های زمانی، در مطالعات زیستی از شناسایی در سطح گونه اجتناب می شود (Bouchard et al., 2005). از طرفی دیگر اکثر شاخص های زیستی بر حسب خانواده و راسته تدوین شده اند. برخی از شاخص ها مانند هیلسنهوف به دو صورت تدوین شده است: یکی بر اساس جدول ضریب تحمل گونه ها و دیگری بر اساس جدول ضریب تحمل خانواده ها.

در این تحقیق، تنوع و تعداد بالای خانواده های شناسایی شده می تواند به علت کوهستانی بودن منطقه و شرایط مساعد محیطی باشد. در مجموع نیز فضای زیستی موجود در مناطق بالادست رودخانه ها بیشتر از مناطق پایین دست است که این خود فراهم کننده شرایط بهتری برای بی مهرگان کفزی است. وقوع سیلاب و شرایط نامساعد به وجود آمده از آن باعث شده که کفزیان در شرایط آب آورد<sup>۲</sup> قرار گیرند (Dunlop et al., 2005) که شاهد این امر را می توان کاهش شدید کفزیان در ایستگاه های ۲ و ۳ دانست. همچنین علت اصلی افزایش تراکم در بعد از خروجی مزرعه مربوط به پر غذایی ناشی از افزایش ذرات آلی معلق است (Camargo et al., 2010)؛ نادری جلودار و همکاران، (۱۳۹۰). به همین علت گروه های فیلترکننده (خانواده سیمولیده) افزایش چشمگیری در ایستگاه های نزدیک به خروجی داشتند. در منابع دیگر نیز به افزایش تراکم ناشی از افزایش مواد معلق در نزدیکی خروجی سدها و

<sup>۱</sup>Instar<sup>۲</sup>Drift

مناسبی برخوردار نباشد. وی همچنین بیان نمود که به-طور کلی شاخص زیستی هیلسنهوف به نسبت شاخص ASPT توانایی بیشتری در ارزیابی کیفی رودخانه دارد. Kırkağaç و همکاران (۲۰۰۹) بیان نمودند که اثر پساب مزرعه، بسته به شرایط محلی، حجم و تراکم مواد در پساب در مقابل نسبت جریان آب پذیرنده و زمان تخلیه به طور معنی داری متفاوت است. به دلیل میزان تولیدی پایین مزرعه و گذر آب خروجی از استخرها از مسیر پلکانی به طول حدوداً ۵۰ متر، کاهش معنی دار اکسیژن محلول و افزایش اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی مشاهده نگردید. میزان بالای تقاضای اکسیژن محلول در مزارع مرتبط با بیومس ماهی ها و دفعات و میزان غذادهی است (Pulatso et al., 2004).

کدورت برخلاف مطالعه نادری جلودار و همکاران (۱۳۸۵)، با فاصله گرفتن از خروجی روند افزایشی داشت ولی معنی دار نبود. این امر نشان دهنده این است که فعالیت مزرعه اثری بر افزایش کدورت نداشته و علت این افزایش می تواند عوامل دیگری همچون عدم ثبات دیواره های رودخانه در ایستگاه های پایین دست به علت جاده سازی باشد. آلن (۱۹۹۵) معتقد است مقدار کل ذرات جامد محلول به علت تفاوت های طبیعی و ورود ضایعات انسانی به رودخانه از مکانی به مکان دیگر متفاوت است.

منشا آمونیاک در خروجی استخرها به دفع آن به صورت گاز از آبشش ماهی به عنوان محصول نهایی پروتئین و تجزیه ادرار و مدفوع و غذاهای خورده نشده ماهی برمی گردد. حد مجاز آمونیاک یونیزه نشده برای پرورش قزل آلا رنگین کمان ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر برای بچه ماهیان و ۰/۰۳ میلی گرم در لیتر برای ماهیان پرواری است. با توجه به جداول استاندارد، نسبت

آمونیم به آمونیاک یونیزه نشده در دماها و pH مختلف (Lawson, 1943) و با در نظر گرفتن میانگین دما و pH در این بررسی (دما حدوداً ۱۴ و pH حدوداً ۸/۵) حدود ۷ درصد از مقدار گزارش شده در نتایج کل نیتروژن آمونیاکی، آمونیاک یونیزه نشده است که مقداری فراتر از حد مجاز در هیچ ایستگاهی مشاهده نشد. میزان نترات و نیترات با فاصله گرفتن از خروجی به دلیل نیترو فیکاسیون افزایش یافت. میزان فسفات در تمامی ایستگاه ها با ایستگاه شاهد تفاوت معنی دار داشت و با دور شدن از خروجی، کم کم کاهش پیدا کرد که می تواند به علت جذب آن توسط خزه ها و گیاهان حاشیه ای باشد و باعث خودپالایی گردد (Midlen and Redding, 1998). حد مجاز تخلیه کل نیتروژن آمونیاکی، نترات، نیتريت و فسفات به آبهای سطحی به ترتیب ۲/۵، ۵۰، ۱۰ و ۶ میلی گرم بر لیتر است (دفتر استانداردها و معیارهای فنی وزارت نیرو، ۱۳۸۴). میزان فعالیت پرورشی و تخلیه این ترکیبات در مزرعه مورد مطالعه بسیار کمتر از این ارقام بود.

فعالیت مزرعه قزل آلا ی مورد مطالعه تاثیر معنی داری بر میزان توتال کلی فرم و اشرشیاکلی رودخانه نداشته بود. میزان این کمیت ها در رودخانه مورد بررسی پایین بود. اکثر مطالعات انجام شده در مورد اثرات پرورش ماهی بر فون باکتریایی مربوط به اثرات مضر استفاده بی رویه از آنتی بیوتیک ها در مزارع پرورشی قزل آلا و اثر آنتی بیوتیک ها بر روی فون باکتریایی و مقاوم شدن تدریجی باکتری ها نسبت به آن بود (Midlen and Redding, 1998). مقدار این کمیت می تواند در اثر آلودگی مدفوعی چهارپایان، به صورت نقطه ای بالا برود. در این تحقیق، نمی توان علت قطعی کاهش توتال کلی فرم ها و توتال اشرشیاکلی در

کفزی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی - واحد علوم تحقیقات تهران. ۱۵۲ صفحه.

۴. نادری جلو‌دار، م.، احمدی، م.ر.، سیف آبادی، س.ج.، عبدلی، ا.، ۱۳۸۵. بررسی آلودگی ناشی از کارگاه‌های پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان بر روی پارامترهای کیفی آب رودخانه هراز. مجله علوم محیطی. سال چهارم. شماره دوم. صفحه ۲۱-۳۶.

۵. نادری جلو‌دار، م.، عبدلی، ا.، میرزاخانی، م. ک. شریفی جلو‌دار، ر.، ۱۳۹۰. پاسخ بزرگ بی‌مهرگان کفزی رودخانه هراز به پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان. نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران - دانشگاه تهران. ۶، ۲، ۱۷۶-۱۶۳.

6. Batoli, M., Nizzoli, D., Longhi, D., Laini, A., Pierluigi, V., 2007. Impact of a trout farm on the water quality of an Apennine creek from daily budgets of nutrients. *Chemistry and Ecology*. 23, 1-11.
7. Boaventura, R., Pedro, A.M., Coimbra, J., Lencastre, E., 1997. Trout farm effluents: characterization and impact on the receiving streams. *Environment Pollution*. 95, 379-387.
8. Bohmer, J., Rawer-Jost, C., Zenker, A., Meier, C., Feld, C.K., Biss, R., Hering, D., 2004. Assessing streams in Germany with benthic invertebrates: development of a multimetric invertebrate based assessment system. *Limnologia* 34, 416-432.
9. Bouchard, Jr., Huggins, D., Kriz, J., 2005. A review of the issues related to taxonomic resolution in biological monitoring of aquatic ecosystems with an emphasis on macroinvertebrates. *Central Plains Center for Bioassessment Kansas Biological Survey*. Pp.5-8.
10. Camargo, J. A., Gonzalo, C., Alonso, A., 2010. Assessing trout farm pollution by biological metrics and indices based on aquatic macrophytes and benthic

خروجی را به آنتی‌بیوتیک‌ها نسبت داد. زیرا میزان دقیق استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها، دفعات استفاده و میزان رسوب آنتی‌بیوتیک‌ها در کانال‌ها و بستر استخرها مشخص نیست.

بطور کلی می‌توان نتیجه گرفت که به سبب نوع فعالیت مزرعه، تناژ تولیدی پایین مزرعه (حدود ۲۰ تن) و سطح مطلوب مدیریت مزرعه پرورش ماهی قزل‌آلای قزل کوثر در دوره زمانی مورد بررسی، پساب ورودی به رودخانه دریاسر تاثیر نامطلوبی بر سلامت آب نداشت و میزان کمیت‌های شیمیایی آب در تمامی ایستگاه‌ها، کمتر از استانداردهای ملی تخلیه پساب در آب‌های سطحی بود.

### سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می‌دانیم که از زحمات تمام کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند سپاسگزاری نماییم.

### منابع

۱. آلن، د.، ۱۹۴۵. اکولوژی رودخانه: ساختار و عمل آب‌های جاری. ترجمه ابراهیم نژاد، م. ۱۳۸۴. دانشگاه اصفهان. ۶۹۵ صفحه.
۲. دفتر استانداردها و معیارهای فنی وزارت نیرو، ۱۳۸۴. پیش‌نویس راهنمای مطالعات ظرفیت خودپالایی رودخانه‌ها. نشریه شماره ۲۹۲-الف. ۹۹ صفحه.
۳. موسوی، م. س.، ۱۳۸۹. مطالعه اثرات پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای بر کیفیت آب رودخانه دو هزار تنکابن بر اساس فون درشت بی‌مهرگان

- Aquaculture. Kluwer Academic Publishers, London: 215pp.
19. Pulatso, S., Rad, F., Koksai, G., Aydin, F., Benli, K., Topcu, A., 2004. The impact of rainbow trout farm effluents on water quality of Karasu Stream, Turkey. *Turkish Journal of Fish Aquatic Sciences*. 4, 9-15.
  20. Roberts, L. D., 2005. Benthic macroinvertebrate susceptibility to trout farm effluents. Unpublished M.Sc. Dissertation. Virginia University. 80 pp.
  21. Selong, J. H., Helfrich. L. A., 1998. Impacts of trout culture effluent on water quality and biotic communities in Virginia Headwater Streams. *The Progressive Fish-Culturist*. 60, 4, 247-262.
  22. Tekinay, A. A., Guroy, D., Çevik, N., 2009. The environmental effect of a land-based trout farm on Yuvarlakçay, Turkey. *Ekoloji*. 19, 73, 65-70.
  23. Washington, H. G., 1984. Diversity, biotic and similarity indices: A review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water research*. 18, 6, 653-694.
  24. Živić, I., Marković, Z., Živić, M., 2009. Influence of a trout farm on macrozoobenthos communities of the Trešnjica River, Serbia. *Archives of Biological Sciences*. Belgrade, 61 (3), 483-502.
  11. Clifford, H.F., 1991. *Aquatic Invertebrates of Alberta*. Edmonton, Alberta: University of Alberta Press. 538 p.
  12. Dunlop, J., McGregor, G., Horrigan, N., 2005. Characterisation of impacts and a discussion of regional target setting for riverine ecosystems in Queensland. Queensland Department of Natural Resources and Mines. Pp.47-48.
  13. Fabrizi, A., Goretti, E., Compin, A., Cereghino, R., 2010. Influence of Fish Farming on the Spatial Patterns and Biological Traits of River Invertebrates in an Appenine Stream System (Italy). *International review of Hydrobiology*. 95, 4-5, 410-427.
  14. Gabriels, W., Lock, K, Pauw, N. D, Goethals, P. L. M., 2009. Multimetric Macroinvertebrate Index Flanders (MMIF) for biological assessment of rivers and lakes in Flanders (Belgium). *Limnologica*. 40, 199-207.
  15. Gillar, P. S., Malmqvist, M., 1998. *The biology of stream and river*. Oxford University Press. 296pp.
  16. Hilsenhoff, W. L., 1988. Use of arthropods to evaluate water quality of streams. *Technical Bulletin Wisconsin Department Natural Resources*. 100, 15 pp.
  17. Kırkağaiç, M.U., Pulatsu, S., Topcu, A., 2009. Trout arm effluent effects on water sediment quality and benthos. *Clean*, 37(4-5). P. 386 – 391.
  18. Midlen, A., Redding, T.A., 1998. *Environmental Management for macroinvertebrates: A case study*. *Ecological Indicators*, 11, 911-917.