علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره چهاردهم، شماره دو، تابستان ۹۱

سنجش پارامترهای کیفی آب رودخانه گاماسیاب و عوامل مؤثر بر آن

لیما طیبی[۱]

سهیل سبحان اردکانی[*۲]

s_sobhan@iauh.ac.ir

تاریخ دریافت:۸۷/۷/۱۲ **تاریخ پذیرش:۸۷/۱۱/۱۵**

چکیده

از آن جا که استفاده از آب رودخانه گاماسیاب به عنوان بزرگ ترین و پرآب ترین رودخانه استان همدان جهت امور مختلف به ویژه ایجاد و توسعه کارگاه های تکثیر و پرورش ماهی قزل آلا به سرعت رو به گسترش می باشد، لذا لزوم سنجش پیراسنجه های کیفی آب این رودخانه ضروری به نظر می رسد، بر این اساس در این تحقیق جهت سنجش کیفی و ارزیابی عوامل مؤثر بر کیفیت آب رودخانه گاماسیاب به ویژه کارگاه های تکثیر و پرورش ماهی با انتخاب پنج ایستگاه نمونه برداری در طول رودخانه اقدام به سنجش پیراسنجه های کیفی آب و مقایسه آن ها با مقادیر استاندارد نمودیم.

نمونه برداری طی سه ماه مرداد، شهریور و اسفند ۱۳۸۶ از پنج ایستگاه یاد شده در دو نوبت صبح (از ساعت ۹ تا ۱۲) و عصر (از ساعت ۱۴ تا ۱۷) به منظور داشتن پراکنش زمانی مناسب از لحاظ اثرات تغذیه ای ماهیان بر روی ویژگی های کیفی آب انجام شد. نمونه های آب در ظروف پلی اتیلنی درب دار جمع آوری و پیراسنجه های غلظت اکسیژن محلول، pH و هدایت الکتریکی در محل اندازه گیری شد. سپس نمونه ها داخل یخدان قرار گرفته و در کوتاه ترین زمان ممکن جهت اندازه گیری غلظت پیراسنجه های اکسیژن مورد نیاز زیست-شیمیایی، آمونیوم، نیتریت، نیترات و اورتوفسفات به آزمایشگاه منتقل گردید.

نتایج تحقیق بیانگر آن بود که به جز در مورد میانگین مقادیر هدایت الکتریکی که هیچ کدام از ایستگاه ها تفاوت معنی دار با یکدیگر نداشته اند، در مورد سایر پیراسنجه های مورد ارزیابی چنین امری مشاهده نمی شود. به طوری که در مورد میانگین غلظت اکسیژن محلول، pH و اکسیژن مورد نیاز زیست-شیمیایی تنها کانال ورودی آب کارگاه قزل دانش با ایستگاه شاهد تفاوت معنی دار نداشته است. همچنین میانگین غلظت یون های آمونیوم و نیتریت ایستگاه شاهد با سایر ایستگاه های نمونه برداری به دلیل ورود بار قابل توجهی از مواد مغذی به رودخانه بر اثر فعالیت های آب زی پروری و همچنین فاضلاب روستاهای اطراف تفاوت معنی دار داشته است.

۱- مربی گروه شیلات دانشگاه ملایر

۲- استادیار گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان [*](مسئول مکاتبات)

در مقایسه کارگاه های مورد مطالعه از جهت میانگین غلظت مواد مغذی همچون آمونیوم و نیترات با توجه به گروه بندی آماری مشخص شد بین کارگاه ها تفاوت معنی دار آماری وجود دارد. به طوری که کارگاه قزل دانش با تولید ۱۰۰ تن ماهی پرواری در مقایسه با کارگاه قزل زاگرس با تولید ۱۹۰ تن ماهی پرواری بار بیشتری از آلودگی را به رودخانه وارد نموده است.

با مقایسه میانگین غلظت پیراسنجه های مورد ارزیابی آب رودخانه گاماسیاب با جدول کلاسه کیفی آب ها از نظر پیراسنجه های فیزیکی، شیمیایی و زیستی می توان چنین بیان داشت که کیفیت آب این رودخانه در طبقه آب های ندرتاً آلوده تا آب هایی با آلودگی متوسط قرار می گیرد. بنابراین، این رودخانه در حال حاضر توان خودپالایی آلاینده ها را دارد ولی با توجه به سیاست های کشور و به ویژه استان همدان در توسعه صنعت آبزی پروری و همچنین عدم نظارت بر منابع آلاینده وارد شده، این رودخانه در آینده ای نه چندان دور با معضلات جدی به ویژه بروز پدیده خوراکوری مواجه خواهد شد.

واژه های کلیدی: گاماسیاب، پیراسنجه های کیفی، آبزی پروری، فاضلاب روستایی، همدان.

مقدمه

آب موهبتی است الهی که بشر بدون توجه به ارزش آن در عرصه های مختلف مورد مصرف بی رویه قرار می دهد. این امر در غالب اوقات پیامدی جز آلوده سازی این منبع خدادادی ندارد. شدت و ضعف این آلودگی ها بسته به نوع مدیریت آب و نوع بهره برداری از آن متغیر است (۱).

اگرچه بیش از ۷۰٪ سطح کره زمین را آب فراگرفته است، ولی تنها بخش بسیار محدودی (۰/۰۱ درصد) از آن به عنوان آب شیرین قابل استفاده در دسترس بشر قرار گرفته است. توسعه فعالیت های بشری در زمینه های صنعت و کشاورزی در حقیقت، اساس آلودگی منابع آب شیرین اعم از منابع سطحی و زیرزمینی است (۱).

از آن جا که استفاده از آب رودخانه گاماسیاب به عنوان بزرگ ترین و پرآب ترین رودخانه استان همدان جهت امور مختلف به ویژه ایجاد و توسعه کارگاه های تکثیر و پرورش ماهی قزل آلا به سرعت رو به گسترش می باشد (۲)، لذا لزوم سنجش پیراسنجه های (Parameters) کیفی آب این رودخانه و ارزیابی تأثیر کارگاه ها بر آن با توجه به مصرف مواد غذایی، سموم و داروهای مختلف و همچنین دفع فضولات و مواد دفعی آبزیان ضروری به نظر می رسد.

Rennert (۱۹۹۴) اثر پساب ناشی از کارگاه پرورش ماهی قزل آلای رنگین کمان را بر پیراسنجه های کیفی رودخانه براندن برگ بررسی کرد. در این تحقیق کل ازت غیر آلی، فسفر کل، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی و مواد معلق در آب ورودی و پساب خروجی کارگاه اندازه گیری شد. نتایج بیانگر آن بود که هیچ گونه تفاوتی در ازت نیتراتی و نیتریتی در آب ورودی و پساب خروجی وجود نداشته که این مسئله احتمالاً به دلیل فقدان باکتری های عامل واکنش نیتریفیکاسیون بوده است. اما میزان آمونیوم پساب خروجی افزایش چشمگیری داشت که علت آن دفع آمونیوم از آبشش های ماهی ها بوده است. همچنین میزان فسفر کل، مواد معلق و اکسیژن خواهی شیمیایی آب ورودی و پساب خروجی به ویژه در حدود ۷ ساعت پس از غذادهی ماهی ها تفاوت معنی دار با یکدیگر داشتند (۳).

Loch و همکاران (۱۹۹۶) جهت بررسی اثر کارگاه های پرورش ماهی قزل آلا بر روی غنای گونه ای بی مهرگان بزرگ کف زی رودخانه های کارولینای شمالی سه کارگاه پرورش ماهی را انتخاب کرده و در هر کارگاه از آب بالادست، ۲۰ تا ۵۰ متر پایین تر از خروجی کارگاه و ۱/۵ کیلومتر پس از خروجی کارگاه به عنوان سه ایستگاه ۱، ۲ و ۳ نمونه برداری کرده و میزان اکسیژن محلول، دمای آب و اکسیژن مورد نیاز زیست- شیمیایی را در هر یک از ایستگاه ها تعیین نمودند. این دانشمندان با توجه به نتایج حاصل دریافتند که غنای گونه ای بی مهرگان حساس به آلودگی در پایین دست رودخانه در مقایسه با بالادست رودخانه بسیار کمتر

است کـه ایـن امـر بیـانگر افـت کیفیـت آب مـی باشـد. ایـن دانشمندان تغییراتی همچون افـزایش رسـوب گـذاری، افـزایش غلظت جامدات معلق و مواد آلی محلول، کاهش غلظت اکسیژن محلول و افزایش مقدار اکسیژن مـورد نیـاز زیسـت- شـیمیایی، افزایش غلظت یون های آمونیوم، نیتریت و نیترات را در نتیجـه فعالیت های آبزی پروری و به تناسب نوع گونـه، انـدازه، سـن و تراکم ماهی ها در رودخانه ها محتمل دانستند (۴).

Selong و Helfrich (۱۹۹۸) اثـر پـنج کارگـاه پرورش ماهی قزل آلا را بر روی کیفیت آب رودخانه هـدواتر در ویرجینیا بررسی کردند. نتایج ایـن تحقیـق بیـانگر آن بـود کـه غلظت یون های آمونیوم و نیتریت بـه طـور چشـمگیری در پایین دسـت رودخانـه افـزایش یافتـه ولـی زیـر سـطح آسـتانه پیشنهادی برای تماس کشنده با موجودات آب زی بـوده اسـت. همچنین غلظت اکسیژن محلول نیز در پـایین دسـت رودخانـه کاهش یافته بود ولـی در دمـای آب، pH و کـل غلظـت فسـفر بالادسـت و پـایین دسـت رودخانـه مـذکور تفـاوت معنـی دار مشاهده نشد (۵).

اعرابی (۱۳۷۲) اثر فاضلاب مزرعه پـرورش ماهیـان سـرد آبی بر روی کیفیت و موجودات کف زی آب رودخانه جاجرود را در سه ایستگاه ورودی و خروجی و پایین دست مزرعـه پـرورش ماهی در سه مرحله در حالـت عـادی، هنگـام تغذیـه و پـس از شستشوی استخرها بررسی نمود. بر اساس نتایج آزمـایش هـای آب در حالت عادی اختلاف عمده ای بین ایستگاه ها بـه چشـم نمی خورد. در ایستگاه خروجی پساب مزرعـه، غلظـت اکسـیژن محلول کم ترین مقدار و اورتوفسفات، اکسیژن مورد نیاز زیست-شیمیایی و اکسیژن خواهی شیمیایی بیشترین میـزان را نشـان دادند. در حالت تغذیه ماهیان، اختلاف بین نتایج آزمایش هـای ایستگاه ها به ویژه در مورد پیراسنجه هـایی همچـون اکسـیژن مورد نیاز زیست-شیمیایی و اکسیژن خـواهی شـیمیایی بیشـتر مشهود گردید. به همین دلیل با توجه بـه بررسـی هـای انجـام گرفته در زمان تغذیه ماهیـان، آلـودگی آب افـزایش مـی یابـد. همچنین نتایج بررسی ها در زمان شستشـوی اسـتخرها نیـز از افزایش بار مواد آلی آب حکایت داشت. نتـایج بررسـی ایسـتگاه پایین دست مزرعه نیز با توجه به فقدان اخـتلاف معنـی دار در گونه های شاخص کف زی آب این ایستگاه با آب تمیز حاکی از آن بود که عمل خودپالایی در رودخانه رخ داده است (۶).

حسینعلی ثانی (۱۳۷۶) آثار پساب مزرعه پـرورش مـاهی سرد آبی هلوکله را روی بوم سازگان رودخانه دوهـزار تنکـابن و توان خودپالایی آن رودخانه را در کـاهش و حـذف آلـودگی هـا مطالعه نمود. این بررسی در سه زمینـه کیفیـت آب، موجـودات کف زی و توان خودپالایی رودخانه با در نظر گرفتن ۴ ایسـتگاه نمونه برداری (بالادست رودخانه، خروجی کارگـاه و دو ایسـتگاه در پایین دست رودخانه) بـه انجـام رسـید. نتـایج ایـن تحقیـق حاکی از آن بود که قدرت تبادل کاتیونی، میزان جامدات معلق، غلظت یون های آمونیوم، نیتریت، نیترات، اورتوفسفات، اکسیژن محلول و اکسیژن مـورد نیـاز زیسـت-شـیمیایی دارای اخـتلاف معنی دار در سطح ۵٪ خطا بین ایستگاه هـا بودنـد. بـه عبـارت دیگر، پساب مزرعه پرورش ماهی در مورد پیراسنجه هـای ذکـر شده بر کیفیت آب تأثیر سوء می گذارد. نتایج کلی این تحقیـق بیانگر آن بود که مزرعه پرورش ماهی مورد نظر هر چنـد سـبب تغییـرات جزئـی در برخـی از پیراسـنجه هـای کیفیـت آب می گردد، ولی در مجمـوع اثـر قابـل تـوجهی بـر بـوم سـازگان رودخانه دوهزار نداشته و تغییر عمده ای در ایـن بـوم سـازگان ایجاد نمی کند (۷).

کـاظم زاده (۱۳۸۱) بـا انتخـاب ۳ ایسـتگاه در بالادسـت اولین مزرعه، خروجی مزارع و همچنـین پـایین دسـت آخـرین مزرعه و نمونه برداری در دو نوبت صبح و عصر تأثیرات پساب ۳ مزرعه پرورش ماهی قـزل آلا را بـر کیفیـت پیراسـنجه هـای کیفی آب رودخانه هراز از جمله اکسیژن محلـول، pH، هـدایت الکتریکی، اکسیژن مورد نیاز زیست-شیمیایی، آمونیوم، نیتریت، نیتـرات و اورتوفسـفات مـورد ارزیـابی قـرار داد. نتـایج مقایسـه پیراسنجه های مورد مطالعه با جدول طبقه کیفی آب ها بیـانگر آن بود که آب رودخانه هراز در طبقـه کیفـی بتـا- مزوسـاپروب قرار داشت (۸).

در ایـن تحقیـق سـعی بـر آن اسـت تـا ضـمن سـنجش پیراسـنجه هـای کیفـی آب رودخانـه گاماسـیاب، میـزان تـأثیر

کارگاه های تکثیر و پرورش ماهی نیز بر کیفیت آب رودخانه مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش ها

جهت نمونه برداری از آب طی دو نوبت قبل و بعد از غذادهی مزارع و سنجش پیراسنجه های کیفی همچون اکسیژن محلول، pH، هدایت الکتریکی، اکسیژن مورد نیاز زیست-شیمیایی، آمونیوم، نیتریت، نیترات، دما و اورتوفسفات ابتدا ایستگاه هایی جهت نمونه برداری از آب رودخانه گاماسیاب به شرح زیر انتخاب و موقعیت جغرافیایی آن ها توسط دستگاه موقعیت یاب جغرافیایی مشخص گردید:

A- مظهر رودخانه گاماسیاب: مختصات جغرافیایی این ایستگاه ۳۴ درجه و ۲ دقیقه و ۸۲۰ ثانیه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۲۲ دقیقه و ۵۰۳ ثانیه طول شرقی و ارتفاع ۱۷۷۰ متر از سطح دریا می باشد.

B- کارگاه تکثیر و پرورش قزل دانش: مختصات جغرافیایی این ایستگاه ۳۴ درجه و ۴ دقیقه و ۱۰۵ ثانیه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۲۴ دقیقه و ۱۵۴ ثانیه طول شرقی و ارتفاع ۱۷۵۶ متر از سطح دریا می باشد. نمونه گیری از این ایستگاه در دو بخش کانال ورودی آب (B_1) و کانال خروجی پساب (B_2) صورت گرفت.

C- پل روستای ورابنه: مختصات جغرافیایی این ایستگاه ۳۴ درجه و ۴ دقیقه و ۴۵۶ ثانیه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۲۴ دقیقه و ۶۳۹ ثانیه طول شرقی و ارتفاع ۱۷۴۴ متر از سطح دریا می باشد.

D- کارگاه تکثیر و پرورش قزل زاگرس: مختصات جغرافیایی این ایستگاه ۳۴ درجه و ۵ دقیقه و ۳۲ ثانیه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۲۵ دقیقه و ۴۵۹ ثانیه طول شرقی و ارتفاع ۱۷۲۰ متر از سطح دریا می باشد. نمونه گیری از این ایستگاه در دو بخش کانال ورودی آب (D_1) و کانال خروجی پساب (D_2) صورت گرفت.

E- پل روستای قلعه قباد: مختصات جغرافیایی این ایستگاه ۳۴ درجه و ۵ دقیقه و ۹۹۲ ثانیه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۲۵ دقیقه و ۳۷۳ ثانیه طول شرقی و ارتفاع ۱۷۰۹ متر از سطح دریا می باشد.

- جمع آوری نمونه

نمونه برداری طی سه ماه مرداد، شهریور و اسفند ۱۳۸۶ از پنج ایستگاه بالا در دو نوبت صبح (از ساعت ۹ تا ۱۲) و عصر (از ساعت ۱۴ تا ۱۷) به منظور داشتن پراکنش زمانی مناسب از لحاظ اثرات تغذیه ای ماهیان بر روی ویژگی های کیفی آب انجام یافت. نمونه های آب در ظروف پلی اتیلنی درب دار جمع آوری و پیراسنجه های اکسیژن محلول، هدایت الکتریکی و pH توسط دستگاه مدل Multiline /Set 3 ساخت کارخانه WTW در محل اندازه گیری شد. سپس نمونه ها داخل یخدان قرار گرفته و در کوتاه ترین زمان ممکن جهت محاسبه پیراسنجه های اکسیژن مورد نیاز زیست-شیمیایی، آمونیوم، نیتریت، نیترات و اورتوفسفات به آزمایشگاه منتقل گردید.

- آنالیز نمونه ها جهت اندازه گیری مواد مغذی:

جهت اندازه گیری مواد مغذی، نمونه ها پس از انتقال به آزمایشگاه ابتدا به وسیله کاغذ صافی فیلتر شده و در ظروف پلی اتیلنی ریخته شدند. سپس نمونه ها پس از چند بار شستشو با سرنگ معمولی به وسیله فیلترهای آبی فیلتر شده و برای تزریق به دستگاه HPLC آماده شدند (۷ و ۹). نمونه ها پس از آماده سازی توسط دستگاه HPLC مدل Agilent-G1354A با آشکارساز مدل ۱۰۲۴ آنالیز گردید.

- اندازه گیری اکسیژن مورد نیاز زیست- شیمیایی

پس از انتقال نمونه ها به آزمایشگاه آن ها را درون یخچال در دمای ۴ درجه سانتی گراد گذاشته و با توجه به روش تعیین اکسیژن مورد نیاز زیست-شیمیایی، معرف های شیمیایی لازم همچون آب مقطر، محلول بافر فسفات، محلول سولفات منیزیم، محلول کلرید کلسیم، محلول کلرید فریک و آب رقیق سازی را مطابق روش های استاندارد تهیه (۹ و ۱۰) و سپس با تزریق

نمونه آماده شده در بطری های BOD، بطری ها به مدت ۵ روز در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد در انکوباتور قرار داده شد. پس از این مدت نیز با استفاده از روابط مربوط اقدام به محاسبه اکسیژن مورد نیاز زیست-شیمیایی نمودیم (۹، ۱۰ و ۱۱).

- تجزیه و تحلیل آماری نتایج

جهت تجزیه و تحلیل داده ها و به منظور مقایسه پیراسنجه های مورد ارزیابی در ایستگاه ها از آزمون آماری Duncan Multiple Range Test، برای مقایسه مقادیر صبح و عصر پیراسنجه ها در ماه های نمونه برداری از آزمون آماری Paired-Samples T Test و برای مقایسه میانگین مقادیر روزانه پیراسنجه های مورد ارزیابی ایستگاه های پنج گانه با مقادیر استاندارد (۱۶-۱۲) از آزمون آماری One-Sample T Test در سطح اعتماد ۹۵٪ استفاده گردید. کلیه آزمون ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS ویرایش ۱۶ صورت پذیرفت.

نتایج

نتایج اندازه گیری پیراسنجه ها در دو نوبت صبح و عصر به شرح زیر می باشد:

- دامنه تغییرات غلظت اکسیژن محلول از ۶/۲۱ میلی گرم بر لیتر در خروجی ایستگاه D در نمونه برداری عصر مردادماه تا ۹/۷۳ میلی گرم بر لیتر در ایستگاه A در نمونه برداری صبح اسفندماه متغیر بود.
- دامنه تغییرات pH از ۶/۹۹ در ورودی ایستگاه D در نمونه برداری صبح شهریورماه تا ۸/۰۲ در خروجی ایستگاه B در نمونه برداری عصر مردادماه متغیر بود.
- دامنه تغییرات هدایت الکتریکی از ۱۵۱ µS/cm در نمونه برداری عصر ایستگاه A در شهریورماه تا ۳۳۵ µS/cm در نمونه برداری صبح ایستگاه E در اسفندماه متغیر بود.
- دامنه تغییرات اکسیژن مورد نیاز زیست-شیمیایی از ۰/۷۲ میلی گرم بر لیتر در نمونه برداری صبح ایستگاه A در اسفندماه تا ۲/۴۱ میلی گرم بر لیتر در نمونه برداری عصر خروجی ایستگاه D و ایستگاه E در شهریورماه متغیر بود.
- دامنه تغییرات غلظت یون آمونیوم از ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر در نمونه برداری عصر ایستگاه A در اسفندماه تا ۰/۲۳ میلی گرم بر لیتر در نمونه برداری عصر خروجی ایستگاه D در مردادماه متغیر بود.
- دامنه تغییرات غلظت یون نیترات از ۱/۱ mg/L_N در نمونه برداری صبح ایستگاه A در مردادماه تا ۴/۱ mg/L_N در نمونه برداری عصر خروجی ایستگاه D در اسفندماه متغیر بود.
- دامنه تغییرات غلظت یون های نیتریت و اورتوفسفات (بر حسب mg/L_P) ایستگاه ها نیز در حد حساسیت دستگاه HPLC نبوده و غلظت آن ها ناچیز تعیین شد (جداول ۱ تا ۳).

جدول ۱- نتایج آنالیز دستگاهی پیراسنجه های مورد مطالعه در ایستگاه های رودخانه گاماسیاب همدان در ۱۳۸۶/۵/۱۵

نام ایستگاه	DO (mg/L)		pH		EC (µS/cm)		BOD_5 (mg/L)		NH_4^+ (mg/L)		NO_3^- (mg/L_N)	
	عصر	صبح	عصر	صبح	عصر	صبح	عصر	صبح	عصر	صبح	عصر	صبح
A	۷/۹۸	۸/۴۷	۷/۶۹	۷/۶۶	۱۵۷	۱۵۷	۰/۸۹	۰/۸۸	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰
B ورودی	۷/۸۱	۸/۲۱	۷/۴۵	۷/۴۱	۱۶۱	۱۶۳	۰/۹۱	۰/۸۹	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۱۵	۰/۱۳
B خروجی	۶/۹۹	۷/۶۴	۸/۰۲	۷/۹۳	۱۷۵	۱۷۵	۲/۱۵	۱/۵۴	۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۱۸
C	۶/۸۷	۷/۶۹	۷/۸۱	۷/۸۸	۱۷۸	۱۸۰	۱/۹۸	۱/۶۳	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۱۸
D ورودی	۷/۱۲	۷/۵۷	۷/۱۱	۷/۰۵	۱۹۱	۱۸۸	۲/۲۱	۱/۹۹	۰/۲۱	۰/۲۰	۰/۲۱	۰/۲۰
D خروجی	۶/۲۱	۷/۴۴	۷/۶۶	۷/۶۵	۱۹۱	۱۹۰	۲/۳۸	۲/۲۹	۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۲۳	۰/۲۱
E	۶/۷۱	۷/۳۷	۷/۸۹	۸/۰۰	۱۸۵	۱۹۰	۲/۳۵	۲/۱۱	۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۱۹

جدول ۲- نتایج آنالیز دستگاهی پیراسنجه های مورد مطالعه در ایستگاه های رودخانه گاماسیاب همدان در ۱۳۸۶/۶/۱۴

نام ایستگاه	DO (mg/L)		pH		EC (µS/cm)		BOD_5 (mg/L)		NH_4^+ (mg/L)		NO_3^- (mg/L_N)	
	عصر	صبح	عصر	صبح	عصر	صبح	عصر	صبح	عصر	صبح	عصر	صبح
A	۸/۱۱	۸/۵۵	۷/۱۷	۷/۲۰	۱۵۱	۱۵۲	۰/۸۹	۰/۹	۰/۰۶	۰/۰۷	۱/۴۵	۱/۱۲
B ورودی	۷/۹۸	۸/۳۲	۷/۳۷	۷/۳۰	۱۶۳	۱۵۹	۰/۹۰	۰/۸۵	۰/۱۵	۰/۱۲	۱/۸۱	۱/۴۲
B خروجی	۷/۲۹	۷/۸۳	۷/۹۸	۷/۷۷	۱۸۲	۱۸۰	۲/۰۱	۱/۴۷	۰/۱۸	۰/۱۶	۲/۳۷	۲/۰۳
C	۷/۱۳	۷/۹۹	۷/۸۰	۷/۷۲	۱۷۹	۱۷۷	۱/۹۹	۱/۶۰	۰/۱۷	۰/۱۸	۲/۷۴	۲/۵۵
D ورودی	۷/۵۷	۷/۹۰	۷/۰۶	۶/۹۹	۱۸۲	۱۷۶	۲/۳۴	۱/۸۸	۰/۲۲	۰/۲۰	۳/۱۰	۳/۰۰
D خروجی	۶/۴۵	۷/۸۴	۷/۵۴	۷/۵۱	۱۹۲	۱۸۵	۲/۴۱	۲/۱۱	۰/۲۲	۰/۲۱	۳/۸	۳/۴۳
E	۶/۹۹	۷/۹۶	۷/۶۰	۷/۷۳	۱۸۹	۱۸۸	۲/۴۱	۲/۰۳	۰/۱۹	۰/۱۹	۳/۲۵	۳/۱۴

جدول ۳- نتایج آنالیز دستگاهی پیراسنجه های مورد مطالعه در ایستگاه های رودخانه گاماسیاب همدان در ۱۳۸۶/۱۲/۱۵

نام ایستگاه	DO (mg/L)		pH		EC (µS/cm)		BOD_5 (mg/L)		NH_4^+ (mg/L)		NO_3^- (mg/L_N)	
	عصر	صبح	عصر	صبح	عصر	صبح	عصر	صبح	عصر	صبح	عصر	صبح
A	۸/۱۱	۹/۷۳	۷/۲۱	۷/۲۵	۲۳۷	۲۴۱	۰/۸۰	۰/۷۲	۰/۰۵	۰/۰۹	۱/۵۷	۱/۲۳
B ورودی	۸/۱۳	۸/۸۷	۷/۳۹	۷/۳۷	۲۲۴	۲۳۵	۰/۸۱	۰/۷۹	۰/۱۲	۰/۱۰	۱/۸۱	۱/۵۷
B خروجی	۷/۷۷	۸/۰۱	۷/۹۶	۷/۸۰	۲۸۷	۲۹۸	۱/۷۷	۱/۳۳	۰/۱۷	۰/۱۱	۲/۶۱	۲/۴۷
C	۷/۷۴	۸/۳۹	۷/۸۲	۷/۷۷	۲۸۹	۲۸۱	۱/۶۱	۱/۴۸	۰/۱۳	۰/۱۷	۲/۸۰	۲/۸۹
D ورودی	۷/۸۹	۸/۳۶	۷/۱۱	۷/۰۳	۲۷۰	۲۷۷	۲/۰۹	۱/۶۰	۰/۲۰	۰/۱۹	۳/۲۸	۳/۳۹
D خروجی	۷/۰۱	۸/۲۱	۷/۶۱	۷/۶۲	۲۸۷	۲۹۸	۲/۱۳	۲/۰۰	۰/۲۱	۰/۲۱	۴/۱	۳/۵۹
E	۷/۵۹	۸/۳۴	۷/۶۸	۷/۸۰	۳۲۱	۳۳۵	۱/۸۴	۱/۵۳	۰/۱۴	۰/۱۰	۳/۸۱	۳/۷۸

نتایج مقایسه میانگین پیراسنجه های مورد ارزیابی ایستگاه ها در ماه های مختلف نمونه برداری به شرح زیر می باشد:

- میانگین غلظت اکسیژن محلول بین ماه های مختلف نمونه برداری در مقایسه با یکدیگر دارای تفاوت معنی دار می باشند ($P<0.05$ و $t_6= -5.71, t_6= -12.91, t_6= -12.62$).
- میانگین مقادیر pH ماه های مرداد و اسفند در مقایسه با یکدیگر اختلاف معنی دار نداشته ($P>0.05$ و $t_6= 2.2$) در صورتی که بین ماه های مرداد و شهریور ($P<0.05$ و $t_6= 2.98$) و شهریور و اسفند ($P<0.05$ و $t_6= -4.31$) تفاوت معنی دار وجود دارد.
- میانگین مقادیر هدایت الکتریکی ماه های مرداد و شهریور در مقایسه با یکدیگر اختلاف معنی دار نداشته ($P>0.05$ و $t_6= 0.95$) در صورتی که بین ماه های مرداد و اسفند ($P<0.05$ و $t_6= -10.76$) و شهریور و اسفند ($P<0.05$ و $t_6= -12.22$) تفاوت معنی دار وجود دارد.
- میانگین مقادیر اکسیژن مورد نیاز زیست-شیمیایی ماه های مرداد و شهریور در مقایسه با یکدیگر اختلاف معنی دار نداشته ($P>0.05$ و $t_6= 1.65$) در صورتی که بین ماه های مرداد و اسفند ($P<0.05$ و $t_6= 4.82$) و شهریور و اسفند ($P<0.05$ و $t_6= 3.85$) تفاوت معنی دار وجود دارد.
- میانگین غلظت یون آمونیوم ماه های مرداد و شهریور در مقایسه با یکدیگر اختلاف معنی دار نداشته ($P>0.05$ و $t6= 1.4$) در صورتی که بین ماه های مرداد و اسفند ($P<0.05$ و $t6= 3.81$) و شهریور و اسفند ($P<0.05$ و $t6= 2.96$) تفاوت معنی دار وجود دارد.
- میانگین غلظت یون نیترات ماه های مرداد و شهریور در مقایسه با یکدیگر اختلاف معنی دار ندارند ($P>0.05$ و $t_6= -0.5$) در صورتی که بین ماه های مرداد و اسفند ($P<0.05$ و $t_6= -4.37$) و شهریور و اسفند ($P<0.05$ و $t_6= -3.96$) تفاوت معنی دار وجود دارد (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین هر یک از پیراسنجه های مورد ارزیابی ایستگاه های رودخانه گاماسیاب همدان در ماه های مختلف نمونه برداری در سطح اعتماد ۹۵٪

پیراسنجه	میانگین	انحراف معیار	میانگین اشتباه معیار	فاصله اطمینان (۹۵٪)		آماره t	درجه آزادی	P-Value
				حد پایینی	حد بالایی			
DO (5&6)	-۰/۲۷۳۶	۰/۱۲۶۶	۴/۷۸۷	-۰/۳۹۰۷	-۰/۱۵۶۴	-۵/۷۱۵	۶	۰/۰۰۱
DO (5&12)	-۰/۷۱۹۳	۰/۱۵۰۸	۵/۶۹۹	-۰/۸۵۸۷	-۰/۵۷۹۸	-۱۲/۶۲۱	۶	۰/۰۰۰
DO (6&12)	-۰/۴۴۳۶	۹/۰۹۱	۳/۴۳۶	-۰/۵۲۷۶	-۰/۳۵۹۵	-۱۲/۹۱	۶	۰/۰۰۰
pH (5&6)	۰/۱۷۶۴	۰/۱۵۶۴	۵/۹۱۲	۳/۱۷۷	۰/۳۲۱۱	۲/۹۸۴	۶	۰/۰۲۴
pH (5&12)	۰/۱۲۷۹	۰/۱۵۳۵	۵/۸۰۱	-۱/۴۱	۰/۲۶۹۸	۲/۲۰۴	۶	۰/۰۷۰
pH (6&12)	-۴/۴۳	۲/۷۱۵	۱/۰۲۶	-۶/۹۴	-۱/۹۲	-۴/۳۱۶	۶	۰/۰۰۵
EC (5&6)	۱/۸۵۷۱	۵/۱۵۳۶	۱/۹۴۷۹	-۲/۹۰۹۱	۶/۶۲۳۴	۰/۹۵۳	۶	۰/۳۷۷
EC (5&12)	-۹۹/۹۲۸۶	۲۴/۵۷۲۱	۹/۲۸۷۴	-۱۲۲/۶۵۳۹	-۷۷/۲۰۳۲	-۱۰/۷۶	۶	۰/۰۰۰
EC (6&12)	-۱۰۱/۷۸۵۷	۲۲/۰۳۷۶	۸/۳۲۹۴	-۱۲۲/۱۶۷۱	-۸۱/۴۰۴۴	-۱۲/۲۲	۶	۰/۰۰۰
BOD_5 (5&6)	۴/۲۸۶	۶/۸۴۳	۲/۵۸۶	-۲/۰۴	۰/۱۰۶۱	۱/۶۵۷	۶	۰/۱۴۹
BOD_5 (5&12)	۰/۲۶۴۳	۰/۱۴۵۱	۵/۴۸۳	۰/۱۳۰۱	۰/۳۹۸۵	۴/۸۲	۶	۰/۰۰۳
BOD_5 (6&12)	۰/۲۲۴۳	۰/۱۵۴۱	۵/۸۲۴	۸/۱۷۷	۰/۳۶۶۸	۳/۸۵۱	۶	۰/۰۰۸
NH_4^+ (5&6)	۶/۴۲۹	۱/۲۱۵	۴/۵۹۲	-۴/۸۱	۱/۷۶۷	۱/۴۰	۶	۰/۲۱۱
NH_4^+ (5&12)	۳/۰۷۱	۲/۱۳۰	۸/۰۵۰	۱/۱۰۲	۵/۰۴۱	۳/۸۱۶	۶	۰/۰۰۹
NH_4^+ (6&12)	۲/۵۷۱	۲/۲۹۹	۸/۶۹۰	۴/۴۵۱	۴/۶۹۸	۲/۹۵۹	۶	۰/۰۲۵
NO_3^- (5&6)	-۸/۵۷	۴/۵۱۶	۱/۷۰۷	-۵/۰۳	۳/۳۱۹	-۰/۵۰۲	۶	۰/۶۳۳
NO_3^- (5&12)	۰/۲۷۲۹	۰/۱۶۵۰	۶/۲۳۵	-۰/۴۲۵۴	۰/۱۲۰۳	-۴/۳۷۶	۶	۰/۰۰۵
NO_3^- (6&12)	۰/۲۶۱۴	۰/۱۷۴۵	۶/۵۹۵	-۰/۴۲۲۸	-۰/۱۰۰۰	-۳/۹۶۴	۶	۰/۰۰۷

5: مردادماه 6: شهریورماه 12: اسفندماه

نتایج گروه بندی آماری (Statistical Grouping) ایستگاه ها از نظر پیراسنجه های کیفی مورد ارزیابی در کل دوره نمونه برداری به شرح زیر می باشد:

- میانگین غلظت اکسیژن محلول ایستگاه A در مقایسه با ایستگاه B_1 در کل دوره نمونه برداری اختلاف معنی دار نداشته ولی در مقایسه با سایر ایستگاه ها به ویژه ایستگاه D_2 اختلاف معنی دار داشته است.
- میانگین مقادیر pH ایستگاه های B_2، C و E در کل دوره نمونه برداری در مقایسه با یکدیگر اختلاف معنی دار نداشته ولی با ایستگاه های A، B_1 و D_1 اختلاف معنی دار داشته است.
- میانگین مقادیر هدایت الکتریکی هیچ یک از ایستگاه ها در کل دوره نمونه برداری با یکدیگر اختلاف معنی دار نداشته اند.
- میانگین مقادیر اکسیژن مورد نیاز زیست-شیمیایی ایستگاه های A با B_1، B_2 با C و D_1 با D_2 و E در کل دوره نمونه برداری با یکدیگر اختلاف معنی دار نداشته اند.
- میانگین غلظت یون آمونیوم ایستگاه های D_2 با D_1، D_1 با B_2، C و E، B_2 با C، E و B_1 در کل دوره نمونه برداری با یکدیگر اختلاف معنی دار نداشته اند. همچنین میانگین غلظت آمونیوم ایستگاه A در کل

دوره نمونه برداری با کلیه ایستگاه ها اختلاف معنی دار داشته است.

- میانگین غلظت یون نیترات ایستگاه های D_2 با E و D_1 با E در کل دوره نمونه برداری با یکدیگر اختلاف معنی دار نداشته اند. همچنین میانگین غلظت نیترات سایر ایستگاه ها در کل دوره نمونه برداری با یکدیگر اختلاف معنی دار داشته اند (جدول ۵).

جدول ۵- گروه بندی آماری ایستگاه ها از نظر مقایسه میانگین غلظت پیراسنجه های کیفی در کل دوره نمونه برداری

نام ایستگاه	پیراسنجه کیفی مورد ارزیابی						
	DO (mg/L)	pH	EC (µS/cm)	BOD_5 (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	NO_3^- (mg/L_N)
A	A	C	A	C	D	F
B ورودی	AB	C	A	C	C	E
B خروجی	BC	A	A	B	BC	D
C	BC	AB	A	B	BC	C
D ورودی	BC	D	A	A	AB	B
D خروجی	C	B	A	A	A	A
E	BC	AB	A	A	BC	AB

نتایج مقایسه میانگین مقادیر روزانه پیراسنجه های مورد ارزیابی ایستگاه های پنج گانه با مقادیر استاندارد به شرح زیر می باشد:

- میانگین غلظت روزانه DO ایستگاه ها در کل دوره نمونه برداری بیش از حد استاندارد تعیین شده بوده است ($P<0.05$ و $t_{20}= 50.34$) (جدول ۶).
- میانگین مقادیر روزانه EC ایستگاه ها در کل دوره نمونه برداری کم تر از حد استاندارد تعیین شده بوده است ($P<0.05$ و $t_{20}= -14.04$) (جدول ۶).
- میانگین مقادیر روزانه BOD_5 ایستگاه ها در کل دوره نمونه برداری کم تر از حد استاندارد تعیین شده بوده است ($P<0.05$ و $t_{20}= -238.58$) (جدول ۶).
- میانگین غلظت $NH4^+$ ایستگاه ها در کل دوره نمونه برداری کم تر از حد استاندارد تعیین شده بوده است ($P<0.05$ و $t_{20}= -226.58$) (جدول ۶).
- میانگین غلظت NO_3^- ایستگاه ها در کل دوره نمونه برداری کم تر از حد استاندارد تعیین شده بوده است ($P<0.05$ و $t_{20}= -254.57$) (جدول ۶).

جدول ۶- مقایسه میانگین مقادیر روزانه غلظت پیراسنجه های مورد ارزیابی ایستگاه های پنج گانه با مقدار استاندارد در کل دوره نمونه برداری

پیراسنجه	تعداد	تفاوت میانگین از استاندارد	آماره t	درجه آزادی	Value -	فاصله اطمینان (۹۵٪)	
						حد پایینی	حد بالایی
DO Test Value = 2 mg/L	۲۱	۵/۷۶	۵۰/۳۴	۲۰	۰/۰۰۰	۵/۵۲	۶/۰۰
pH Test Value = 8.5	۲۱	-۰/۹۴	-۱۴/۰۴	۲۰	۰/۰۰۰	-۱/۰۱	-۰/۸
BOD_5 Test Value = 30 mg/L	۲۱	-۲۸/۳۷	-۲۳۸/۵۸	۲۰	۰/۰۰۰	-۲۸/۶۲	-۲۸/۱۲
NH_4^+ Test Value = 2.5 mg/L	۲۱	-۲/۳۴	-۲۲۶/۵۸	۲۰	۰/۰۰۰	-۲/۳۶	-۲/۳۲
NO_3^- Test Value = 50 mg/LN	۲۱	-۴۷/۴۰	-۲۵۴/۵۷	۲۰	۰/۰۰۰	-۴۷/۷۹	-۴۷/۰۱

همچنین با توجه به حجم آب دهی رودخانه در سال ۸۷-۸۶ (جدول ۷) و میانگین مواد آلی و مغذی تولید شده در کارگاه ها (جدول ۸) میزان مواد آلی و مغذی وارد شده به رودخانه گاماسیاب طی سال ۸۷-۸۶ به شرح جدول ۹ می باشد:

جدول ۷- دبی رودخانه گاماسیاب در ایستگاه دوآب طی سال آبی ۸۷-۸۶

دبی متوسط اسفندماه (m^3/S)	۳۶/۷۹
دبی متوسط مردادماه (m^3/S)	۲/۸۱
دبی متوسط شهریورماه (m^3/S)	۲/۳۵
دبی متوسط سال آبی ۸۷-۸۶ (m^3/S)	۱۸/۰۱
حجم کل آبدهی سال آبی ۸۷-۸۶ (میلیون مترمکعب)	۲۹۰/۱۱

جدول ۸- میانگین مواد آلی و مغذی تولید شده در کارگاه ها طی دوره نمونه برداری

نام کارگاه	BOD_5 (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)	NO_3^- (mg/L_N)
قزل دانش	۰/۸۵	۰/۰۳۷	۰/۶۹
قزل زاگرس	۰/۱۷	۰/۰۱۲	۰/۵۵

جدول ۹- میزان مواد آلی و مغذی وارد شده به رودخانه گاماسیاب از طریق کارگاه های تکثیر و پرورش ماهی طی سال ۸۷-۸۶

نام کارگاه	BOD_5 (ton)	NH_4^+ (ton)	NO_3^- (ton)
قزل دانش	۲۴۶/۵۹	۷/۸۳	۲۰۰/۱۷
قزل زاگرس	۴۹/۳۲	۳/۴۸	۱۵۹/۵۶
میانگین	۱۴۷/۹۵	۵/۶۵	۱۷۹/۸۶

بحث و نتیجه گیری

نتایج تحقیق بیانگر آن است که به جز در مورد میانگین مقادیر هدایت الکتریکی که هیچ کدام از ایستگاه ها تفاوت معنی دار آماری با یکدیگر نداشته اند، میانگین مقادیر غلظت پیراسنجه های DO، pH، BOD_5، NH_4^+ و NO_3^- در ایستگاه پایین دست رودخانه در مقایسه با ایستگاه بالادست (ایستگاه شاهد) به دلیل ورود بار قابل توجهی از مواد مغذی به رودخانه بر اثر فعالیت های آب زی پروری و همچنین فاضلاب روستاهای اطراف از نظر آماری تفاوت معنی دار دارند (جدول ۵)، که این امر در مورد پیراسنجه های DO، NH_4^+ و NO_2^- مورد ارزیابی در تحقیق Selong و Helfrich (۱۹۹۸) و پیراسنجه های DO و BOD_5 تحقیق اعرابی (۱۳۷۲) نیز صادق بوده است. همچنین، با مقایسه میانگین غلظت پیراسنجه های مورد ارزیابی آب رودخانه گاماسیاب با جدول طبقه کیفی آب ها از نظر پیراسنجه های فیزیکی، شیمیایی و زیستی (جداول ۱۰ و ۱۱) مشخص می گردد که کیفیت آب این رودخانه در طبقه آب های ندرتاً آلوده (α-Meso Saprobe) تا آب هایی با آلودگی متوسط (β- Meso Saprobe) قرار دارد که این امر در مقایسه با تحقیق کاظم زاده (۱۳۸۱) که طی آن با سنجش غلظت پیراسنجه های کیفی آب رودخانه هراز از جمله DO، pH، EC، BOD_5، NH_4^+، NO_2^-، NO_3^- و اورتوفسفات و مقایسه میانگین غلظت پیراسنجه های مورد ارزیابی با جدول طبقه کیفی آب ها نتیجه گرفت آب رودخانه هراز با طبقه کیفی آب هایی با آلودگی متوسط مطابقت دارد.

همچنین نتایج تحقیق بیانگر آن است که رودخانه گاماسیاب از نظر میزان اکسیژن محلول در کل طول دوره نمونه برداری از میزان نسبتاً مطلوبی برخوردار بوده که این مسئله به دلیل پایین بودن نسبی دمای هوا در این منطقه و شیب زیاد رودخانه و در نتیجه سرعت زیاد آب می باشد. از طرف دیگر به علت افزایش میزان دبی رودخانه در اسفندماه در مقایسه با سایر ماه های نمونه برداری، میزان pH تا حدودی کاهش و میزان هدایت الکتریکی به بالاترین حد خود افزایش یافته است. همچنین افزایش فعالیت های انسانی در طول روز منجر به افزایش مواد آلی و نیترات رودخانه شده به طوری که میانگین مقدار این پیراسنجه ها در بعداز ظهرها بیش از صبح می باشد.

با توجه به نتایج حاصل از کارگاه های مورد مطالعه می توان چنین بیان داشت که بار مواد آلی و مغذی وارد شده به رودخانه گاماسیاب از کارگاه قزل دانش با تولید ۱۰۰ تن ماهی پرواری در مقایسه با کارگاه قزل زاگرس با تولید ۱۹۰ تن ماهی پرواری به دلیل استفاده از غذای تر (Wet Food) با ترکیبات غیر استاندارد جهت تغذیه ماهی ها بیشتر بوده است (جدول ۹) که این امر بیانگر مدیریت صحیح، به کارگیری کارشناسان متخصص و استفاده از پلت کارخانه ای با ترکیبات مشخص در کارگاه قزل زاگرس در مقایسه با کارگاه قزل دانش می باشد. بنابراین، می توان نتیجه گرفت که علی رغم تخلیه مقادیر قابل توجه مواد آلی و مغذی به رودخانه توسط فعالیت های آب زی پروری می توان با مدیریت اصولی و استفاده از کارشناسان متبحر گامی مؤثر در کنترل آلاینده های تولیدی برداشت.

در نهایت می توان عنوان نمود که این رودخانه در حال حاضر توان خودپالایی آلاینده ها را دارد ولی با توجه به سیاست های کشور و به ویژه استان همدان در توسعه صنعت آب زی پروری و همچنین عدم نظارت بر منابع آلاینده وارد شده، این رودخانه در آینده ای نه چندان دور با معضلات جدی به ویژه بروز پدیده خوراکوری (Eutrophication) مواجه خواهد شد.

جدول ۱۰- پیراسنجه های فیزیکی، شیمیایی و زیستی در شناخت طبقه کیفی آب ها (۱)

ساپروبی	I	I-II	II	II-III	III	III-IV	IV
شاخص Buck	۱-۱/۵	۱/۵-۱/۸	۱/۸-۲/۳	۲/۳-۲/۷	۲/۷-۳/۲	۳/۲-۳/۵	۳/۷-۴
O_2 (mg/L)	>۸	>۸	>۶	>۴	>۲	<۲	<۱
BOD_5 (mg/L)	<۱	<۲	<۵	<۱۰	<۱۳	<۲۰	>۲۰
NH_4^+ (mg/L)	<۰/۱	<۰/۳	<۰/۵	<۱	<۴	<۸	>۸
H_2S (mg/L)	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱	۱
باکتری/ml	<۵۰۰	<۱۰۰۰	<۱۰۰۰۰	<۵۰۰۰۰	<۱۰۰۰۰۰	<۷۵۰۰۰۰	>۷۵۰۰۰۰

جدول ۱۱- خصوصیات طبقه آب ها و درجه ساپروبی آن ها (۱)

درجه ساپروبی	کلاسه آب	خصوصیات
پلی ساپروب	کلاسه کیفی IV (قرمز)	آب های بسیار شدید آلوده
α-مزوساپروب	کلاسه کیفی III (زرد)	آب های شدیداً آلوده
β- مزوساپروب	کلاسه کیفی II (سبز)	آب هایی با آلودگی متوسط
الیگوساپروب	کلاسه کیفی I (آبی)	آب های ندرتاً آلوده

منابع

۱. اسماعیلی ساری، ع. ۱۳۷۹. مبانی مدیریت کیفی آب در آب زی پروری، تهران، انتشارات مؤسسه تحقیقات شیلات ایران، ۲۶۰ صفحه.

۲. سازمان شیلات ایران. ۱۳۸۱. مطالعات برنامه ریزی توسعه منطقه ای شیلات در آب های داخلی در منطقه زاگرس میانی، ۴۶۵ صفحه.

3. Rennert, B. 2000. Water pollution by a land-based trout farm, Journal of Applied Ichthyology, 16: 373-378.

4. Loch, D.D., West, J.L., and Perlmutter, D.G. 1996. The effect of trout farm effluent on the taxa richness of benthic macroinvertebrates, Aquaculture, 147: 37-55.

5. Selong, J.H., and Helfrich, L.A. 2002. Impact of trout culture effluent on water quality and biotic communities in Virginia Headwater streams, The progressive fish culturist, 76: 247-262.

۶. اعرابی، د. ۱۳۷۲. بررسی اثرات فاضلاب مزارع پرورش ماهیان سردابی بر روی زیستگاه های طبیعی آب زیان (منطقه جاجرود)، پایان نامه کارشناسی ارشد شیلات دانشگاه تهران، ۹۳ صفحه.

۷. حسینعلی ثانی، م. ۱۳۷۶. بررسی آلودگی های حاصل از مزارع تولید ماهی قزل آلا روی بوم سازگان رودخانه دوهزار تنکابن و نقش خودپالایی آن، پایان نامه کارشناسی ارشد محیط زیست دانشگاه تهران، ۱۰۴ صفحه.

۸. کاظم زاده خواجویی، ا. ۱۳۸۱. ارزیابی آلودگی ناشی از کارگاه های پرورش ماهی قزل آلا در رودخانه هراز، پایان نامه کارشناسی ارشد محیط زیست دانشگاه تربیت مدرس، ۸۴ صفحه.

۹. علیزاده، م. ۱۳۸۲. روش های آزمایشگاهی اندازه گیری آلودگی آب، تهران، انتشارات موج سبز، ۸۹ صفحه.

10. Eaton, E.C., Clesceri, L.S., and Greenberg, E.A. 1995. Standard methods for the examination of water and waste water, American public health association.

۱۱. عرفان منش، م. و مجید افیونی، ۱۳۷۹، آلودگی محیط زیست (آب، خاک و هوا)، اصفهان،نشر ارکان، ۳۱۸ صفحه.

۱۲. سازمان حفاظت محیط زیست. ۱۳۷۹. مجموعه قوانین و مقررات حفاظت محیط زیست ایران، تهران، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست، جلد اول، ۵۶۰ صفحه.

13. IDEQ. 2001. West Management Guidelines for Aquaculture Operations, Idaho Division of Environmental Quality, Boise, ID.
14. USEPA. 2006. Ambient Water Quality Criteria for Dissolved Oxygen, EPA 440-5-86-003, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC.
15. USEPA. 2002. Update of Ambient Water Quality Criteria for Ammonia, EPA 822-R-99-014, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC.
16. USEPA. 2002. Summary Table for the Nutrient Criteria Documents. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC.