

سنجش پارامترهای کیفی آب رودخانه گاماسیاب و عوامل مؤثر بر آن

لیما طیبی^۱

سهیل سبحان اردکانی*^۲

s_sobhan@iauh.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۸۷/۱۱/۱۵

تاریخ دریافت: ۸۷/۷/۱۲

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، نیتريت، نیتريت 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 نیتريت 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 پروراری در مقایسه با کارگاه قزل زاگرس با تولید ۱۹۰ تن ماهی پروراری 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 آبی 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، آبی پروری، فاضلاب روستایی، همدان.

مقدمه

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

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 آبیان ضروری به نظر می رسد.

Rennert (۱۹۹۴) اثر پساب ناشی از کارگاه پرورش ماهی قزل آلی رنگین کمان را بر پیراسنجه های کیفی رودخانه براندن برگ بررسی کرد. در این تحقیق کل ازت غیر

پایین دست مزرعه نیز با توجه به فقدان اختلاف معنی 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 پرورش ماهی سرد آبی هلوکله را روی بوم سازگان رودخانه دوهزار تنکابن و توان خودپالایی آن رودخانه را در کاهش و حذف آلودگی ها مطالعه نمود. این بررسی در سه زمینه کیفیت آب، موجودات کف زی و توان خودپالایی رودخانه با در نظر گرفتن ۴ ایستگاه نمونه برداری (بالادست رودخانه، خروجی کارگاه و دو ایستگاه در پایین دست رودخانه) به انجام رسید. نتایج این تحقیق حاکی از آن بود که قدرت تبادل کاتیونی، میزان جامدات معلق، غلظت یون های آمونیوم، نیتريت، نیترات، اورتوفسفات، اکسیژن محلول و اکسیژن مورد نیاز زیست-شیمیایی دارای اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ خطا بین ایستگاه ها بودند. به عبارت دیگر، پساب مزرعه پرورش ماهی در مورد پیراسنجه های ذکر شده بر کیفیت آب تأثیر سوء می گذارد. نتایج کلی این تحقیق بیانگر آن بود که مزرعه پرورش ماهی مورد نظر هر چند سبب تغییرات جزئی در برخی از پیراسنجه های کیفیت آب می گردد، ولی در مجموع اثر قابل توجهی بر بوم سازگان رودخانه دوهزار نداشته و تغییر عمده ای در این بوم سازگان ایجاد نمی کند (۷).

کاظم زاده (۱۳۸۱) با انتخاب ۳ ایستگاه در بالادست اولین مزرعه، خروجی مزارع و همچنین پایین دست آخرین مزرعه و نمونه برداری در دو نوبت صبح و عصر تأثیرات پساب ۳ مزرعه پرورش ماهی قزل آلا را بر کیفیت پیراسنجه های کیفی آب رودخانه هراز از جمله اکسیژن محلول، pH، هدایت الکتریکی، اکسیژن مورد نیاز زیست-شیمیایی، آمونیوم، نیتريت، نیترات و اورتوفسفات مورد ارزیابی قرار داد. نتایج مقایسه پیراسنجه های مورد مطالعه با جدول طبقه کیفی آب ها بیانگر آن بود که آب رودخانه هراز در طبقه کیفی بتا-مزوساپروپ قرار داشت (۸).

در این تحقیق سعی بر آن است تا ضمن سنجش پیراسنجه های کیفی آب رودخانه گاماسیاب، میزان تأثیر

است که این امر بیانگر افت کیفیت آب می باشد. این دانشمندان تغییراتی همچون افزایش رسوب گذاری، افزایش غلظت جامدات معلق و مواد آلی محلول، کاهش غلظت اکسیژن محلول و افزایش مقدار اکسیژن مورد نیاز زیست-شیمیایی، افزایش غلظت یون های آمونیوم، نیتريت و نیترات را در نتیجه فعالیت های آبی پروری و به تناسب نوع گونه، اندازه، سن و تراکم ماهی ها در رودخانه ها محتمل دانستند (۴).

Helfrich و Selong (۱۹۹۸) اثر پنج کارگاه پرورش ماهی قزل آلا را بر روی کیفیت آب رودخانه هداوتر در ویرجینیا بررسی کردند. نتایج این تحقیق بیانگر آن بود که غلظت یون های آمونیوم و نیتريت به طور چشمگیری در پایین دست رودخانه افزایش یافته ولی زیر سطح آستانه پیشنهادی برای تماس کشنده با موجودات آب زی بوده است. همچنین غلظت اکسیژن محلول نیز در پایین دست رودخانه کاهش یافته بود ولی در دمای آب، pH و کل غلظت فسفر بالادست و پایین دست رودخانه مذکور تفاوت معنی دار مشاهده نشد (۵).

اعرابی (۱۳۷۲) اثر فاضلاب مزرعه پرورش ماهیان سرد آبی بر روی کیفیت و موجودات کف زی آب رودخانه جاجرود را در سه ایستگاه ورودی و خروجی و پایین دست مزرعه پرورش ماهی در سه مرحله در حالت عادی، هنگام تغذیه و پس از شستشوی استخرها بررسی نمود. بر اساس نتایج آزمایش های آب در حالت عادی اختلاف عمده ای بین ایستگاه ها به چشم نمی خورد. در ایستگاه خروجی پساب مزرعه، غلظت اکسیژن محلول کم ترین مقدار و اورتوفسفات، اکسیژن مورد نیاز زیست-شیمیایی و اکسیژن خواهی شیمیایی بیشترین میزان را نشان دادند. در حالت تغذیه ماهیان، اختلاف بین نتایج آزمایش های ایستگاه ها به ویژه در مورد پیراسنجه هایی همچون اکسیژن مورد نیاز زیست-شیمیایی و اکسیژن خواهی شیمیایی بیشتر مشهود گردید. به همین دلیل با توجه به بررسی های انجام گرفته در زمان تغذیه ماهیان، آلودگی آب افزایش می یابد. همچنین نتایج بررسی ها در زمان شستشوی استخرها نیز از افزایش بار مواد آلی آب حکایت داشت. نتایج بررسی ایستگاه

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

۴۸ درجه و ۲۵ دقیقه و ۳۷۳ ثانیه طول شرقی و ارتفاع ۱۷۰۹ متر از سطح دریا می باشد.

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، آمونیم، نیتريت، نترات، 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 (B₁) و کانال خروجی پساب (B₂) صورت گرفت.

C- پل روستای وراینه: 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 (D₁) و کانال خروجی پساب (D₂) صورت گرفت.

E- پل روستای قلعه قباد: مختصات جغرافیایی این ایستگاه ۳۴ درجه و ۵ دقیقه و ۹۹۲ ثانیه عرض شمالی و

- 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، آمونیم، نیتريت، نترات 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

خروجی ایستگاه B در نمونه برداری عصر مردادماه متغیر بود.

- دامنه تغییرات هدایت الکتریکی از $151 \mu\text{S/cm}$ در نمونه برداری عصر ایستگاه A در شهریورماه تا $335 \mu\text{S/cm}$ در نمونه برداری صبح ایستگاه E در اسفندماه متغیر بود.

- دامنه تغییرات اکسیژن مورد نیاز زیست-شیمیایی از 0.72 میلی گرم بر لیتر در نمونه برداری صبح ایستگاه A در اسفندماه تا 2.41 میلی گرم بر لیتر در نمونه برداری عصر خروجی ایستگاه D و ایستگاه E در شهریورماه متغیر بود.

- دامنه تغییرات غلظت یون آمونیوم از 0.05 میلی گرم بر لیتر در نمونه برداری عصر ایستگاه A در اسفندماه تا 0.23 میلی گرم بر لیتر در نمونه برداری عصر خروجی ایستگاه D در مردادماه متغیر بود.

- دامنه تغییرات غلظت یون نیترات از $1/1 \text{ mg/L}_N$ در نمونه برداری صبح ایستگاه A در مردادماه تا $4/1 \text{ mg/L}_N$ در نمونه برداری عصر خروجی ایستگاه D در اسفندماه متغیر بود.

- دامنه تغییرات غلظت یون های نیتريت و اورتوفسفات (بر حسب mg/L_P) ایستگاه ها نیز در حد حساسیت دستگاه HPLC نبوده و غلظت آن ها ناچیز تعیین شد (جدول ۱ تا ۳).

نمونه آماده شده در بطری های BOD، بطری ها به مدت ۵ روز در دمای 20 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 95% 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 $6/21$ میلی گرم بر لیتر در خروجی ایستگاه D در نمونه برداری عصر مردادماه تا $9/73$ میلی گرم بر لیتر در ایستگاه A در نمونه برداری صبح اسفندماه متغیر بود.

- دامنه تغییرات pH از $6/99$ در ورودی ایستگاه D در نمونه برداری صبح شهریورماه تا $8/02$ در

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 (μ S/cm)		BOD ₅ (mg/L)		NH ₄ ⁺ (mg/L)		NO ₃ ⁻ (mg/L _N)	
	صبح	عصر	صبح	عصر	صبح	عصر	صبح	عصر	صبح	عصر	صبح	عصر
A	۸/۴۷	۷/۹۸	۷/۶۶	۷/۶۹	۱۵۷	۱۵۷	۰/۸۸	۰/۸۹	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰
B ورودی	۸/۲۱	۷/۸۱	۷/۴۱	۷/۴۵	۱۶۳	۱۶۱	۰/۸۹	۰/۹۱	۰/۱۳	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۱۵
B خروجی	۷/۶۴	۶/۹۹	۷/۹۳	۸/۰۲	۱۷۵	۱۷۵	۱/۵۴	۲/۱۵	۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۱۹
C	۷/۶۹	۶/۸۷	۷/۸۸	۷/۸۱	۱۸۰	۱۷۸	۱/۶۳	۱/۹۸	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۱۶
D ورودی	۷/۵۷	۷/۱۲	۷/۰۵	۷/۱۱	۱۸۸	۱۹۱	۱/۹۹	۲/۲۱	۰/۲۰	۰/۲۱	۰/۲۰	۰/۲۱
D خروجی	۷/۴۴	۶/۲۱	۷/۶۵	۷/۶۶	۱۹۰	۱۹۱	۲/۲۹	۲/۳۸	۰/۲۱	۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۲۳
E	۷/۳۷	۶/۷۱	۸/۰۰	۷/۸۹	۱۹۰	۱۸۵	۲/۱۱	۲/۳۵	۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۱۸

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 (μ S/cm)		BOD ₅ (mg/L)		NH ₄ ⁺ (mg/L)		NO ₃ ⁻ (mg/L _N)	
	صبح	عصر	صبح	عصر	صبح	عصر	صبح	عصر	صبح	عصر	صبح	عصر
A	۸/۵۵	۸/۱۱	۷/۲۰	۷/۱۷	۱۵۲	۱۵۱	۰/۹	۰/۸۹	۰/۰۷	۰/۰۶	۱/۱۲	۱/۴۵
B ورودی	۸/۳۲	۷/۹۸	۷/۳۰	۷/۳۷	۱۵۹	۱۶۳	۰/۸۵	۰/۹۰	۰/۱۲	۰/۱۵	۱/۴۲	۱/۸۱
B خروجی	۷/۸۳	۷/۲۹	۷/۷۷	۷/۹۸	۱۸۰	۱۸۲	۱/۴۷	۲/۰۱	۰/۱۶	۰/۱۸	۲/۰۳	۲/۳۷
C	۷/۹۹	۷/۱۳	۷/۷۲	۷/۸۰	۱۷۷	۱۷۹	۱/۶۰	۱/۹۹	۰/۱۸	۰/۱۷	۲/۵۵	۲/۷۴
D ورودی	۷/۹۰	۷/۵۷	۶/۹۹	۷/۰۶	۱۷۶	۱۸۲	۱/۸۸	۲/۳۴	۰/۲۰	۰/۲۲	۳/۰۰	۳/۱۰
D خروجی	۷/۸۴	۶/۴۵	۷/۵۱	۷/۵۴	۱۸۵	۱۹۲	۲/۱۱	۲/۴۱	۰/۲۱	۰/۲۲	۳/۴۳	۳/۸
E	۷/۹۶	۶/۹۹	۷/۷۳	۷/۶۰	۱۸۸	۱۸۹	۲/۰۳	۲/۴۱	۰/۱۹	۰/۱۹	۳/۱۴	۳/۲۵

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 (μ S/cm)		BOD ₅ (mg/L)		NH ₄ ⁺ (mg/L)		NO ₃ ⁻ (mg/L _N)	
	صبح	عصر	صبح	عصر	صبح	عصر	صبح	عصر	صبح	عصر	صبح	عصر
A	۹/۷۳	۸/۱۱	۷/۲۵	۷/۲۱	۲۴۱	۲۳۷	۰/۷۲	۰/۸۰	۰/۰۹	۰/۰۵	۱/۲۳	۱/۵۷
B ورودی	۸/۸۷	۸/۱۳	۷/۳۷	۷/۳۹	۲۳۵	۲۲۴	۰/۷۹	۰/۸۱	۰/۱۰	۰/۱۲	۱/۵۷	۱/۸۱
B خروجی	۸/۰۱	۷/۷۷	۷/۸۰	۷/۹۶	۲۹۸	۲۸۷	۱/۳۳	۱/۷۷	۰/۱۱	۰/۱۷	۲/۴۷	۲/۶۱
C	۸/۳۹	۷/۷۴	۷/۷۷	۷/۸۲	۲۸۱	۲۸۹	۱/۴۸	۱/۶۱	۰/۱۷	۰/۱۳	۲/۸۹	۲/۸۰
D ورودی	۸/۳۶	۷/۸۹	۷/۰۳	۷/۱۱	۲۷۷	۲۷۰	۱/۶۰	۲/۰۹	۰/۱۹	۰/۲۰	۳/۳۹	۳/۲۸
D خروجی	۸/۲۱	۷/۰۱	۷/۶۲	۷/۶۱	۲۹۸	۲۸۷	۲/۰۰	۲/۱۳	۰/۲۱	۰/۲۱	۳/۵۹	۴/۱
E	۸/۳۴	۷/۵۹	۷/۸۰	۷/۶۸	۳۳۵	۳۲۱	۱/۵۳	۱/۸۴	۰/۱۰	۰/۱۴	۳/۷۸	۳/۸۱

در صورتی که بین ماه های مرداد و اسفند ($t_6 = 4.82$ و $P < 0.05$) و شهریور و اسفند ($t_6 = 3.85$ و $P < 0.05$) تفاوت معنی دار وجود دارد.

- میانگین غلظت یون آمونیوم ماه های مرداد و شهریور در مقایسه با یکدیگر اختلاف معنی دار نداشته ($t_6 = 1.4$ و $P > 0.05$) در صورتی که بین ماه های مرداد و اسفند ($t_6 = 3.81$ و $P < 0.05$) و شهریور و اسفند ($t_6 = 2.96$ و $P < 0.05$) تفاوت معنی دار وجود دارد.

- میانگین غلظت یون نترات ماه های مرداد و شهریور در مقایسه با یکدیگر اختلاف معنی دار ندارند ($t_6 = -0.5$ و $P > 0.05$) در صورتی که بین ماه های مرداد و اسفند ($t_6 = -4.37$ و $P < 0.05$) و شهریور و اسفند ($t_6 = -3.96$ و $P < 0.05$) تفاوت معنی دار وجود دارد (جدول ۴).

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 ($t_6 = -5.71$, $t_6 = -12.91$ و $P < 0.05$).

- میانگین مقادیر pH ماه های مرداد و اسفند در مقایسه با یکدیگر اختلاف معنی دار نداشته ($t_6 = 2.2$ و $P > 0.05$) در صورتی که بین ماه های مرداد و شهریور ($t_6 = 2.98$ و $P < 0.05$) و شهریور و اسفند ($t_6 = -4.31$ و $P < 0.05$) تفاوت معنی دار وجود دارد.

- میانگین مقادیر هدایت الکتریکی ماه های مرداد و شهریور در مقایسه با یکدیگر اختلاف معنی دار نداشته ($t_6 = 0.95$ و $P > 0.05$) در صورتی که بین ماه های مرداد و اسفند ($t_6 = -10.76$ و $P < 0.05$) و شهریور و اسفند ($t_6 = -12.22$ و $P < 0.05$) 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 ($t_6 = 1.65$ و $P > 0.05$)

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٪

P-Value	درجه آزادی	آماره t	فاصله اطمینان (۹۵٪)		میانگین اشتباه معیار	انحراف معیار	میانگین	پیراسنجه
			حد بالایی	حد پایینی				
۰/۰۰۱	۶	-۵/۷۱۵	-۰/۱۵۶۴	-۰/۳۹۰۷	۴/۷۸۷	۰/۱۲۶۶	-۰/۲۷۳۶	DO (5&6)
۰/۰۰۰	۶	-۱۲/۶۲۱	-۰/۵۷۹۸	-۰/۸۵۸۷	۵/۶۹۹	۰/۱۵۰۸	-۰/۷۱۹۳	DO (5&12)
۰/۰۰۰	۶	-۱۲/۹۱	-۰/۳۵۹۵	-۰/۵۲۷۶	۳/۴۳۶	۹/۰۹۱	-۰/۴۴۳۶	DO (6&12)
۰/۰۲۴	۶	۲/۹۸۴	۰/۳۲۱۱	۳/۱۷۷	۵/۹۱۲	۰/۱۵۶۴	۰/۱۷۶۴	pH (5&6)
۰/۰۷۰	۶	۲/۲۰۴	۰/۲۶۹۸	-۱/۴۱	۵/۸۰۱	۰/۱۵۳۵	۰/۱۲۷۹	pH (5&12)
۰/۰۰۵	۶	-۴/۳۱۶	-۱/۹۲	-۶/۹۴	۱/۰۲۶	۲/۷۱۵	-۴/۴۳	pH (6&12)
۰/۳۷۷	۶	۰/۹۵۳	۶/۶۲۳۴	-۲/۹۰۹۱	۱/۹۴۷۹	۵/۱۵۳۶	۱/۸۵۷۱	EC (5&6)
۰/۰۰۰	۶	-۱۰/۷۶	-۷۷/۲۰۳۲	-۱۲۲/۶۵۳۹	۹/۲۸۷۴	۲۴/۵۷۲۱	-۹۹/۹۲۸۶	EC (5&12)
۰/۰۰۰	۶	-۱۲/۲۲	-۸۱/۴۰۴۴	-۱۲۲/۱۶۷۱	۸/۳۲۹۴	۲۲/۰۳۷۶	-۱۰۱/۷۸۵۷	EC (6&12)
۰/۱۴۹	۶	۱/۶۵۷	۰/۱۰۶۱	-۲/۰۴	۲/۵۸۶	۶/۸۴۳	۴/۲۸۶	BOD ₅ (5&6)
۰/۰۰۳	۶	۴/۸۲	۰/۳۹۸۵	۰/۱۳۰۱	۵/۴۸۳	۰/۱۴۵۱	۰/۲۶۴۳	BOD ₅ (5&12)
۰/۰۰۸	۶	۳/۸۵۱	۰/۳۶۶۸	۸/۱۷۷	۵/۸۲۴	۰/۱۵۴۱	۰/۲۲۴۳	BOD ₅ (6&12)
۰/۲۱۱	۶	۱/۴۰	۱/۷۶۷	-۴/۸۱	۴/۵۹۲	۱/۲۱۵	۶/۴۲۹	NH ₄ ⁺ (5&6)
۰/۰۰۹	۶	۳/۸۱۶	۵/۰۴۱	۱/۱۰۲	۸/۰۵۰	۲/۱۳۰	۳/۰۷۱	NH ₄ ⁺ (5&12)
۰/۰۲۵	۶	۲/۹۵۹	۴/۶۹۸	۴/۴۵۱	۸/۶۹۰	۲/۲۹۹	۲/۵۷۱	NH ₄ ⁺ (6&12)
۰/۶۳۳	۶	-۰/۵۰۲	۳/۳۱۹	-۵/۰۳	۱/۷۰۷	۴/۵۱۶	-۸/۵۷	NO ₃ ⁻ (5&6)
۰/۰۰۵	۶	-۴/۳۷۶	۰/۱۲۰۳	-۰/۴۲۵۴	۶/۲۳۵	۰/۱۶۵۰	۰/۲۷۲۹	NO ₃ ⁻ (5&12)
۰/۰۰۷	۶	-۳/۹۶۴	-۰/۱۰۰۰	-۰/۴۲۲۸	۶/۵۹۵	۰/۱۷۴۵	۰/۲۶۱۴	NO ₃ ⁻ (6&12)

12: اسفندماه

6: شهر یورماه

5: مردادماه

- 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 B₁، B₂ با C و D₁ با D₂ و E در کل دوره نمونه برداری با یکدیگر اختلاف معنی دار نداشته اند.

- میانگین غلظت یون آمونیوم ایستگاه های D₁ با D₂، D₁ با B₂، E و C، B₂ با E، C و B₁ در کل دوره نمونه برداری با یکدیگر اختلاف معنی دار نداشته اند. همچنین میانگین غلظت آمونیوم ایستگاه A در کل

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 B₁ در کل دوره نمونه برداری اختلاف معنی دار نداشته ولی در مقایسه با سایر ایستگاه ها به ویژه ایستگاه D₂ اختلاف معنی دار داشته است.

- میانگین مقادیر pH ایستگاه های B₂، C و E در کل دوره نمونه برداری در مقایسه با یکدیگر اختلاف معنی دار نداشته ولی با ایستگاه های A، B₁ و D₁ اختلاف معنی دار داشته است.

اختلاف معنی دار نداشته اند. همچنین میانگین غلظت نیترات سایر ایستگاه ها در کل دوره نمونه برداری با یکدیگر اختلاف معنی دار نداشته اند (جدول ۵).

دوره نمونه برداری با کلیه ایستگاه ها اختلاف معنی دار داشته است.
- میانگین غلظت یون نیترات ایستگاه های D₂ با E و D₁ با E در کل دوره نمونه برداری با یکدیگر

جدول ۵- گروه بندی آماری ایستگاه ها از نظر مقایسه میانگین غلظت پیراسنجه های

کیفی در کل دوره نمونه برداری

پیراسنجه کیفی مورد ارزیابی						نام ایستگاه
NO ₃ ⁻ (mg/L _N)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	EC (μS/cm)	pH	DO (mg/L)	
F	D	C	A	C	A	A
E	C	C	A	C	AB	B ورودی
D	BC	B	A	A	BC	B خروجی
C	BC	B	A	AB	BC	C
B	AB	A	A	D	BC	D ورودی
A	A	A	A	B	C	D خروجی
AB	BC	A	A	AB	BC	E

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 NO₃⁻ 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).

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 BOD₅ ایستگاه ها در کل دوره نمونه برداری کم تر از حد استاندارد تعیین

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

فاصله اطمینان (%۹۵)	حد بالایی	حد پایینی	- Value	درجه آزادی	آماره t	تفاوت میانگین از استاندارد	تعداد	پیراسنجه
-۰/۸	-۱/۰۱	۰/۰۰۰	۲۰	-۱۴/۰۴	-۰/۹۴	۲۱	pH Test Value = 8.5	
-۲۸/۱۲	-۲۸/۶۲	۰/۰۰۰	۲۰	-۲۳۸/۵۸	-۲۸/۳۷	۲۱	BOD ₅ Test Value = 30 mg/L	
-۲/۳۲	-۲/۳۶	۰/۰۰۰	۲۰	-۲۲۶/۵۸	-۲/۳۴	۲۱	NH ₄ ⁺ Test Value = 2.5 mg/L	
-۴۷/۰۱	-۴۷/۷۹	۰/۰۰۰	۲۰	-۲۵۴/۵۷	-۴۷/۴۰	۲۱	NO ₃ ⁻ Test Value = 50 mg/LN	

رودخانه گاماسیاب طی سال ۸۶-۸۷ به شرح جدول ۹ می باشد:

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

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

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

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/LN)
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 ۸۶-۸۷

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

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 پروراری در مقایسه با کارگاه قزل زاگرس با تولید ۱۹۰ تن ماهی پروراری 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 خورااکوری (Eutrophication) مواجه خواهد شد.

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 (جدول 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

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

IV	III-IV	III	II-III	II	I-II	I	سaproبی
۳/۷-۴	۳/۲-۳/۵	۲/۷-۳/۲	۲/۳-۲/۷	۱/۸-۲/۳	۱/۵-۱/۸	۱-۱/۵	شاخص Buck
<۱	<۲	>۲	>۴	>۶	>۸	>۸	O ₂ (mg/L)
>۲۰	<۲۰	<۱۳	<۱۰	<۵	<۲	<۱	BOD ₅ (mg/L)
>۸	<۸	<۴	<۱	<۰/۵	<۰/۳	<۰/۱	NH ₄ ⁺ (mg/L)
۱	۰/۱	۰	۰	۰	۰	۰	H ₂ S (mg/L)
>۷۵۰۰۰۰	<۷۵۰۰۰۰	<۱۰۰۰۰۰	<۵۰۰۰۰	<۱۰۰۰۰	<۱۰۰۰	<۵۰۰	ml/باکتری

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

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

منابع

- اسماعیلی ساری، ع. ۱۳۷۹. مبانی مدیریت کیفی آب در آب زی پروری، تهران، انتشارات مؤسسه تحقیقات شیلات ایران، ۲۶۰ صفحه.
- سازمان شیلات ایران. ۱۳۸۱. مطالعات برنامه ریزی توسعه منطقه ای شیلات در آب های داخلی در منطقه زاگرس میانی، ۴۶۵ صفحه.
- Rennert, B. 2000. Water pollution by a land-based trout farm, *Journal of Applied Ichthyology*, 16: 373-378.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- علیزاده، م. ۱۳۸۲. روش های آزمایشگاهی اندازه گیری آلودگی آب، تهران، انتشارات موج سبز، ۸۹ صفحه.
- 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.

- 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.
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