Online ISSN: 2821-1782

Journal of HumanEcology

journal homepage: http://www.landscapeecologyjournals.ir/

Research Paper

Evaluation of the Effects of rainbow trout fish Farms on Qala-Rodkhan River Water using physicochemical parameters - Gilan province

Ali jahani[1*], Mahsa Imandar[2], Amir Satari Rad[2], Javid Imanpour Namin[3]

1* Corresponding author, Faculty of Assessment and Environment Risks Department, Research Center of Environment and Sustainable Development, Tehran, Iran.

2 College of Environment, Karaj, Iran.

3 Faculty of Aquaculture Department, University of Guilan, Rasht, Iran.

ARTICLE INFO

Article history:
Received: 30 March 2023
Accepted: 10 April 2023

Keywords:
Effluent, Rudkhan Castle, Salmon, physical and chemical parameters, Guilan

ABSTRACT

The effect of rainbow trout fish farms effluent on the physical and chemical components of Qala Rudkhan river water was investigated. 6 study stations were selected along the river 2 stations from Foshe branch (as control stations) and 4 stations from Qala Rudkhan branch). The parameters were measured every 30 days for 9 months from October 2014 to June 2015. The evidence shows that there is no significant difference between the water physical parameters (water temperature, dissolved oxygen and flow rate) of the control station and other stations ($p>0.05$). At the same time, in terms of water chemical parameters (nitrite, nitrate, phosphate, and ammonium), a significant difference was found between station 1 of Qala Rudkhan (Effluent exit location) and the control station ($p<0.05$). Also, no significant difference was found between station 4 of Qala Rudkhan and the control station, except for the nitrate component. The results showed that, in the conditions of this research, during the sampling period, the river of Qala Rudkhan has a suitable self-purification capability in the downstream stations.

*Corresponding Author.
Email Adresses: Ajahani@ut.ac.ir

To cite this article:
Jahani, A., Imandar, M., Satari Rad, A., & Imanpour, J. (2023). Evaluation Of The Effects Of Rainbow Trout Fish Farms On Qala-Rodkhan River Water Using Physicochemical Parameters - Gilan Province. ***HumanEcology***, *2*(2), 127-140.

Doi: 10.22034/el.2023.391377.1009

سال دوم، شماره دوم ، بهار ۱۴۰۲، ۱۴۰-۱۲۷.

شاپای الکترونیکی: ۱۷۸۲-۲۸۲۱

فصلنامه اکولوژی انسانی

http:// www.landscapeecologyjournals.ir

مقاله پژوهشی

ارزیابی اثرات مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان بر پارامترهای فیزیکو شیمیایی آب رودخانه قلعه‌رودخان، استان گیلان

علی جهانی * [۱] مهسا ایماندار [۲] امیر ستاری راد [۳] جاوید ایمانپور [۴]

۱ دانشیار، گروه ارزیابی و مخاطرات محیط زیست، پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار، تهران، ایران.

۲ دانشگاه محیط زیست. کرج. ایران.

۳ دانشگاه محیط زیست، کرج ، ایران.

۴ گروه شیلات، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

چکیده

اثر پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان بر مؤلفه های فیزیک و شیمیایی آب رودخانه قلعه رودخان بررسی شد. در امتداد رودخانه ٦ ایستگاه مطالعاتی انتخاب گردید ۲ ایستگاه از انشعاب فوشه (به عنوان ایستگاه‌های شاهد) و ٤ ایستگاه از انشعاب قلعه رودخان). پارامترها به فاصله زمانی هر ۳۰ روز یکبار طی ۹ ماه از مهر ۹۳ لغایت خرداد ۹٤ اندازه گیری شدند. شواهد نشان می‌دهد که بین پارامترهای فیزیکی آب (دمای آب، اکسیژن محلول و سرعت جریان) ایستگاه شاهد و دیگر ایستگاه ها اختلاف معناداری وجود ندارد (p<۰/۰۵ .(درعین‌حال، از نظر پارامترهای شیمیایی آب (نیتریت، نیترات، فسفات و آمونیوم) بین ایستگاه ۱ قلعه رودخان (محل خروج پساب) و ایستگاه شاهد، اختلاف معنادار یافت گردید (p<۰/۰۵ .(همچنین هیچگونه اختلاف معناداری بین ایستگاه ٤ قلعه رودخان و ایستگاه شاهد به جز در مؤلفه نیترات یافت نگردید. نتایج حاصل در مجموع نشان داد که رودخانه قلعه رودخان در شرایط این تحقیق، در طول دوره نمونه برداری از قابلیت خود پالایی مناسبی در ایستگاه های پایین دست برخوردار است.

اطلاعات مقاله

دریافت مقاله:
۱۰ فروردین ۱۴۰۲

پذیرش نهایی:
۲۱ فروردین ۱۴۰۲

واژگان کلیدی:
پساب قلعه رودخان
قزل‌آلا پارامترهای فیزیک و شیمیایی گیلان

۱. مقدمه

ماهی به عنوان یک واقعیت شناخته شده، سرشار از پروتئین و اسیدهای آمینه ضروری است. با رشد روز افزون جمعیت، گنجاندن ماهی در رژیم غذایی، مورد توجه بسیاری از مردم جهان قرار گرفته است (Jayasankar,2018). آبزی پروری نه تنها مواد غذایی ضروری برای مصرف انسان را تامین می نماید، بلکه فرصت های عالی برای اشتغال و درآمدزایی ایجاد می کند. به طور کلی ۱۰ الی ۱۲ درصد معیشت جمعیت جهان بدین طریق تأمین می شود (FAO, 2016). در حال حاضر بیش از ۵۰ درصد مصرف جهانی ماهی به واسطه آبزی پروری فراهم می شود. (Subasinghe *et al*., 2009).

طبق گزارشات تحقیقات بین المللی، رشد سریع صنعت آبزی‌پروری بدون توجه به استانداردها و اصول توسعه پایدار، منجر به مشکلاتی عمیقی در حوزه های زیست‌محیطی، فنی، اقتصادی و اجتماعی شده است(Neiland *et al*., 2001) آب‌های سطحی از پتانسیل بالایی برای آلوده شدن برخوردارند (Afyouni And Irfanmanesh, 2011). یکی از منابع آلودگی در رودخانه‌ها، تخلیه پساب حاصل از مزارع پرورش ماهی است که منجر به افزایش فسفر و مواد نیتروژن دار در آب و کاهش کیفیت آب رودخانه‌ها می شود. (Turcios And Papenbrock, 2014) بنابراین، کیفیت آب، یک عامل تعیین کننده در موفقیت یا شکست عملیات آبزی پروری است. کیفیت خوب منابع آبی به تعداد زیادی از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی بستگی دارد. ارزیابی و پایش این پارامترها برای شناسایی مقدار و منبع آلودگی ضروری است (Thirupathaiah *et al*., 2012). ارزیابی اثرات محیط زیستی مهمترین ابزار کنترلی دولت ها در مواجهه با رشد سریع و روزافزون صنایع است (Shirani Sarmazeh *et al*., 2017; Abdollahi *et al*., 2017). رشد سریع صنعت پرورش ماهی و منابع محدود آب شیرین و افزایش آلاینده‌های محیطی بر اهمیت ارزیابی کیفیت آب رودخانه ها می‌افزاید (Khalaji *et al*.,2016). یکی از راه‌های پی بردن به آلودگی رودخانه‌ها برای تشخیص آب آلوده از غیر آلوده از طریق اندازه‌گیری عوامل فیزیکی و شیمیایی آب می‌باشد که از این طریق می‌توان به کیفیت آب پی برد (Karr, 1998). همچنین پارامترهای فیزیکی به تنهایی نمی‌تواند تأثیرات ناشی از فعالیت‌های انسانی را نشان دهد لذا بررسی پارامترهای شیمیایی نیز لازم می‌باشد (Adams, 2002; Jahani and Saffariha, 2020; Saffariha *et al*., 2021). با اندازه‌گیری مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب می‌توان تفاسیر دقیق‌تری بر روی‌داده‌ها انجام داد و محل دقیق ورود آلودگی و میزان ورود را مشخص کرد که به روشن‌تر شدن شرایط رودخانه کمک شایانی می‌کند. شرایط مختلف اکولوژیکی مانند عمق، دما، میزان مواد آلی و دانه‌بندی رسوبات بستر روی پراکنش موجودات کفزی مؤثرند (Nybakken, 1993). با توجه به اهمیت حفظ بوم‌سازگان رودخانه‌های استان گیلان ازجمله رودخانه قلعه رودخان، می‌توان با اندازه‌گیری پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه و مقایسه آن در ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری، تأثیر پساب مزارع تکثیر و پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان را بر کیفیت آب رودخانه قلعه رودخان مشخص نموده و اطلاعات پایه را در اختیار مسئولان برای مدیریت پساب مزارع قرار داد.

۱-۱. مبانی نظری

آبزی پروری

به طور کلی آبزی پروری به توصیف پرورش سازمان یافته، تغذیه، تکثیر یا حفاظت از منابع آبزی، برای اهداف تجاری، تفریحی یا عمومی می پردازد (FAO, 2018). آبزی پروری از زمان پیدایش خود، حداقل ۴۰۰۰ سال پیش (Stickney and Treec, 2012)، تا حد زیادی برای تولید موادغذایی و سایر محصولات تجاری، مانند گونه های زینتی برای آکواریوم، محصولات مراقبت های بهداشتی، داروها و بستری برای کاربردهای تجاری مورد استفاده قرار گرفته است (Froehlich *et al*., 2017; Jahani *et al*, 2022) آبزی پروری (آب شیرین و دریایی) اکنون بیش از نیمی از کل تولید آبزیان جهانی را بر عهده دارد. در سال ۲۰۱۹، آبزی پروری مسئول ۵۶.۳ میلیون تن ماهی باله (۶۶ درصد کل آبزی پروری) بوده است و برخی از فشارها را بر منابع آبزی وحشی کاهش می دهد و تغذیه و معیشت مردم را در تعدادی از کشورها بهبود می بخشد (Nasr-Allah *et al*., 2020).

پساب خروجی مزارع پرورش ماهی

در برخی موارد، رشد سریع بخش آبزی پروری منجر به بروز اثرات متعاقبی بر اکوسیستم های اقیانوسی و آب شیرین(Mizuta *et al*., 2022)، از جمله افزایش انتقال بیماری، معرفی گونه های غیر بومی و مهاجم، آلودگی، تخریب زیستگاه و غیره شده است. از جمله مهمترین ترکیبات آلاینده پساب مزارع پرورش قزل آلا که تأثیرات مخرب بر جوامع گیاهی و جانوری رودخانه ها دارد، می توان به مواد مغذی، مواد جامد معلق، عوامل بیماری زا و غیره اشاره نمود(Sobhan Ardakani *et al*., 2014). ضایعات متابولیکی تولید شده توسط ماهی ها، منشأ اکثر ضایعات نیتروژن و فسفر حل شده ناشی از عملیات شدید آبزی پروری است. مقدار بیش از اندازه این دو عنصر در پساب سیستم های آبزی پروری منجر به اوتریفیکاسیون و در نتیجه تغییر در اکوسیستم آبی می شود (Jahan *et al*., 2003). سطوح نیتروژن و فسفر در غذای ماهی و کارایی

استفاده از آنها بر مقادیر این مواد مغذی که در محیط دفع می شوند تأثیر می گذارد (Lazzari and Baldisserotto, 2008) و افزایش تولید ماهی، منجر به مصرف بیشتر مواد شیمیایی (دارو و مواد ضد عفونی کننده) شده و در نتیجه مواد دفعی نیز افزایش می یابد (Afshari *et al.*, 2022). پساب مزارع پرورش ماهی قزل آلا به طور عمده شامل مواد جامد معلق (بقایای غذا و مدفوع ماهی)، مواد محلول (آمونیوم و اوره) و مواد شیمیایی باقی- مانده از دارو ها و انواع آنتیبیوتیک ها می باشد. دو مورد اول منجر به اختلالات شیمیایی آب از جمله تغییرات pH و اکسیژن محلول می شوند (Mirrasooli *et al.*, 2013).

ارزیابی کیفیت آب

ارزیابی کیفیت آب یکی از مهمترین جنبه ها در مطالعات آب است. امروزه کیفیت آب های سطحی و رودخانه ها برای مصارف گوناگون همچون آب شرب، آبزی پروری و کشاورزی، به مهمترین مسئله درباره آب ها تبدیل شده است. کیفیت آب های سطحی تحت تاثیر دو عامل فرایندهای طبیعی (از جمله تغییرات اقلیمی) و غیر طبیعی نظیر فعالیت های آبزی پروری، کشاورزی و غیره می باشد (Singh and Kumar, 2017) و کنترل آلودگی رودخانه ها و داشتن داده های اطمینان بخش در مورد کیفیت آب برای مدیریت آن بسیار موثر است. از همین رو، نظارت و ارزیابی منظم کیفیت آب برای حفاظت، کنترل و مدیریت (Singh et al. 2005; Barakat *et al.* 2016) و به دلیل تقاضای شدید و آسیب پذیری بالا به خصوص در کشور های در حال توسعه امری ضروری می باشد. از پارامتر های فیزیکی و شیمیایی (از جمله اکسیژن محلول، اسیدیته، فسفر، نیتروژن و غیره) جهت ارزیابی کیفیت آب استفاده می شود زیرا مقدار نامطلوب این پارامتر ها تغییرات قابل توجهی در ساختار اکوسیستم ایجاد می کنند (Bronmark and Hansson, 2005).

۲-۱. پیشینه تحقیق

Alizadesabet و همکارانش (۲۰۱۹) در مطالعه ای به بررسی اثرات مزارع پرورش ماهی بر کیفیت آب رودخانه چشمه کیله بر اساس پارامتر های فیزیکو شیمیایی در ۱۳ ایستگاه طی یکسال پرداختند. نتایج این مطالعه اختلاف معناداری برای مقادیر کلسیم، منیزیم، کربنات، بی‌کربنات، دی اکسیدکربن و کلر بین ایستگاه های مختلف نشان نداد و شاخص کیفیت آب بر اساس NSFWQI بین ۶۳ تا ۷۵ بود که در طبقه متوسط تا خوب ارزیابی گردید.

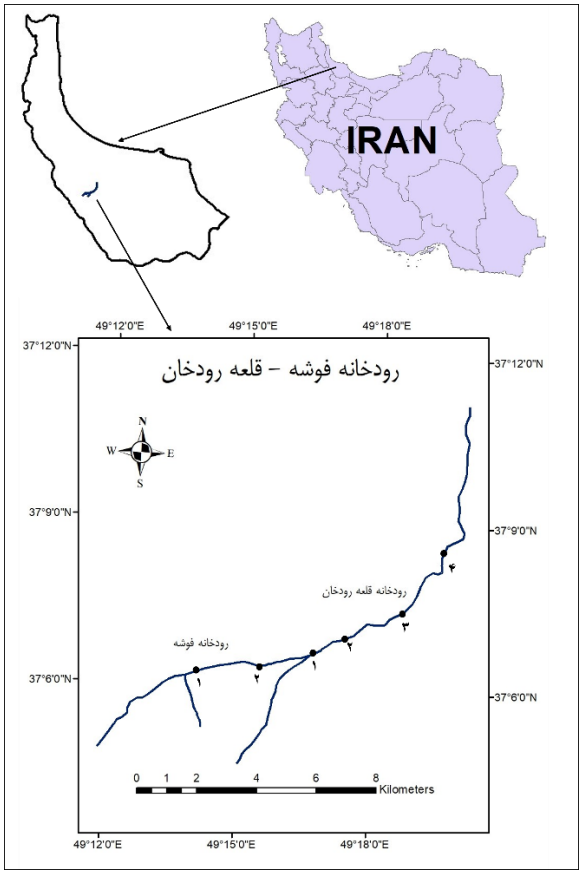
Sobhan Ardakani و همکارانش (2014) به منظور ارزیابی تأثیر کارگاهی پرورش بر کیفیت آب رودخانه کبکیان، در سال ۱۳۹۰ طی سه فصل از ۱۲ ایستگاه در رودخانه نمونه‌گیری کردند. در این مطالعه، مقایسه میانگین غلظت پیرا سنجه‌های مورد ارزیابی با حد استاندارد تعیین‌شده برای منابع آب سطحی و مصارف کشاورزی در نمونه‌های ایستگاه پایین‌دست، نشان داد که رودخانه کبکیان در حال حاضر توان خود پالایی آلاینده‌ها را دارد.

Simões و همکارانش (۲۰۰۸) به منظور مدیریت و بررسی اثرات فعالیت‌های آبزی‌پروری بر دو رودخانه Macuco و Queixada در برزیل، در طی ۲ سال به بررسی شاخص کیفیت آب با استفاده از سه پارامتر قابل اندازه‌گیری کدورت، فسفر کل و اکسیژن محلول پرداختند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که با استفاده از این سه پارامتر، تخریب در این حوزه آبریز به سادگی اندازه‌گیری می‌شود و در تعیین کیفیت آب نتایج خوبی را ارائه می‌دهند.

۲. مواد و روش

۲-۱.منطقه مورد مطالعه

شهر فومن در ۲۷ کیلومتری جنوب غربی رشت واقع‌شده است. رودهای دائمی و پرآب، جوی‌ها و مسیل‌های متعدد در این بخش از گیلان جریان دارد، که همگی تحت عنوان حوضه‌ی تالاب انزلی (فومن- صومعه‌سرا) از یال شمالی البرز سرچشمه می‌گیرند و به تالاب انزلی می‌ریزند. رود «شاخزر» از ارتفاع ۳۰۰۰ متری «متەخانی» سرچشمه می‌گیرد و دو شاخه‌ی فرعی آن، «گشت رودخان» و «قلعه‌رودخان» در ارتفاع ۱۰۰ متری به یکدیگر متصل می‌شوند. شاخه‌ی قلعه‌رودخان که منطقه‌ی مورد مطالعه است در محدوده‌ی جغرافیایی ۴۹ درجه و ۱۴ دقیقه و ۱۹ ثانیه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۰۳ دقیقه و ۵۱ ثانیه عرض شمالی واقع‌شده است و به دو شاخه فرعی «نظرآلات» و «حیدرآلات» تقسیم می‌شود (Sadeghi Nezhad, 2009).



شکل ۱. موقعیت رود قلعه رودخان و ایستگاه های مورد مطالعه

انتخاب ایستگاه و نمونه‌برداری

در مجموع ۶ ایستگاه مطالعاتی که ۲ ایستگاه از انشعاب فوشه و به‌عنوان ایستگاه‌های شاهد و ۴ ایستگاه از انشعاب قلعه رودخان انتخاب شد که در میان آن‌ها، ایستگاه ۱ در محل خروج پساب کارگاه پرورش ماهی، ایستگاه ۲ با فاصله ۲/۵ کیلومتر، ایستگاه ۳ با فاصله ۷/۵ کیلومتر و ایستگاه ۴ با فاصله ۱۷/۵ کیلومتر از ایستگاه ۱ در طول رودخانه، به منظور بررسی کیفیت آب از نظر پارامتر های فیزیکو شیمیایی قرار دارد و به فاصله زمانی هر ۳۰ روز یکبار طی ۹ ماه از مهر ۹۳ لغایت خرداد ۹۴ نمونه برداری انجام گردید.

سنجش فاکتورها

پارامترهایی همچون دمای آب، pH، اکسیژن محلول و سرعت آب در محل نمونه‌برداری توسط دستگاه مولتی پارامتر پرتابل (Multiline-P4) به‌صورت لحظه‌ای اندازه‌گیری و یادداشت شد. سپس نمونه‌های آب در ظروف پلی‌اتیلن تمیز در تاریکی و در یک محفظه سرد به آزمایشگاه منتقل شدند (Camargo *et al*., 2011). پس از انتقال نمونه‌های آب به آزمایشگاه میزان فسفات، نیترات، نیتریت و آمونیوم به روش رنگ سنجی و در آزمایشگاه با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر مورد سنجش قرار گرفتند (APHA, 2005).

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها

جهت بررسی همگنی و معناداری اختلاف میانگین ایستگاه های نمونه برداری، داده ها جمع آوری شده با استفاده از آزمون های آماری ANOVA و Tukey با حداقل سطح معناداری ($P<0.05$) در نرم افزاری SPSS و Excel 2016 مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

۳. نتایج

توصیف آماری (شاخص‌های مرکزی و شاخص‌های پراکندگی) نتایج حاصل از نمونه‌برداری و اندازه‌گیری مقادیر متغیرهای کیفی آب رودخانه قلعه رودخان در مورد پارامترهای فیزیکوشیمیایی در طول ۹ ماه نمونه‌برداری در جدول ۱ ارائه‌شده است.

جدول ۱: نتایج آماری داده های حاصل از نمونه برداری های انجام شده در ایستگاه ها برای هر پارامتر

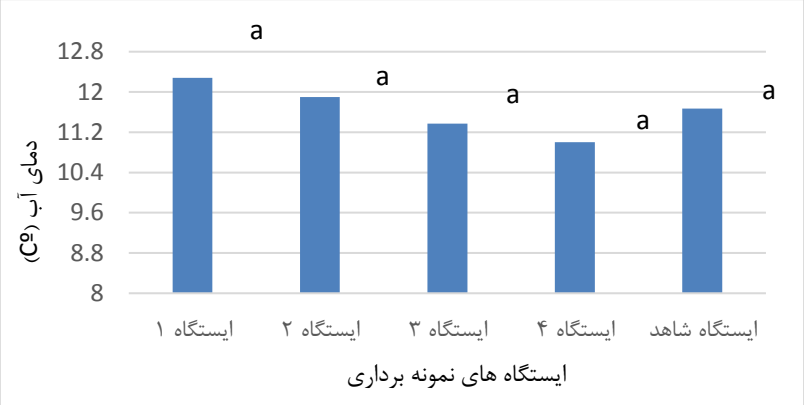
	ایستگاه ۱	ایستگاه ۲	ایستگاه ۳	ایستگاه ۴	ایستگاه شاهد*
دما (C°)	۱۲/۲۸ ± ۴/۷۸ ^{a}	۱۱/۹ ± ۴/۴۴ ^{a}	۱۱/۳۷ ± ۴/۳۵ ^{a}	۱۱/۰۰ ± ۴/۲۱ ^{a}	۱۱/۶۷ ± ۵/۲۵ ^{a}
اکسیژن محلول (mg/l)	۱۲/۰۳ ± ۱/۵۶ ^{a}	۱۱/۴ ± ۱/۶۳ ^{a}	۱۲/۵۱ ± ۱/۶۹ ^{a}	۱۳/۰۷ ± ۱/۷۸ ^{a}	۱۲/۶۶ ± ۲/۰۴ ^{a}
سرعت جریان (km/h)	۱/۰۷۲ ± ۰/۴۶ ^{a}	۰/۹۹ ± ۰/۴۲ ^{a}	۱/۰۳۷ ± ۰/۴۸ ^{a}	۱/۰۰۶ ± ۰/۴۷ ^{a}	۱/۰۲۶ ± ۰/۳۶ ^{a}
pH	۷/۹۷ ± ۰/۲ ^{a}	۷/۹۶ ± ۰/۱۸ ^{a}	۷/۹۷ ± ۰/۱۱ ^{a}	۷/۹۱ ± ۰/۱۳ ^{a}	۷/۹۹ ± ۰/۱۹ ^{a}
فسفات (mg/l)	۰/۶۳ ± ۰/۱۶ ^{a}	۰/۵۸ ± ۰/۱۲ ^{a}	۰/۳۷ ± ۰/۰۹ ^{b}	۰/۳۲ ± ۰/۰۷ ^{b}	۰/۳۳ ± ۰/۰۲ ^{b}
نیترات (mg/l)	۶/۵ ± ۰/۴ ^{a}	۵/۴ ± ۰/۳ ^{b}	۵/۳ ± ۰/۳ ^{bc}	۵/۰ ± ۰/۲ ^{c}	۴/۱ ± ۰/۱ ^{d}
نیتریت (mg/l)	۰/۰۸۳ ± ۰/۰۱۷ ^{a}	۰/۰۵۶ ± ۰/۰۱۸ ^{b}	۰/۰۵۷ ± ۰/۰۲۳ ^{b}	۰/۰۲۳ ± ۰/۰۰۷ ^{c}	۰/۰۲۵ ± ۰/۰۰۹۶ ^{c}
آمونیوم (mg/l)	۰/۲۲ ± ۰/۰۲۸ ^{a}	۰/۱۱ ± ۰/۰۱۴ ^{b}	۰/۱۱ ± ۰/۰۳۷ ^{b}	۰/۰۷۸ ± ۰/۰۰۴۴ ^{c}	۰/۰۸۳ ± ۰/۰۰۹ ^{bc}

*ایستگاه شاهد: میانگین ایستگاه ۱ و ۲ فوشه می‌باشد.

*حروف کوچک بیانگر معناداری ایستگاه ها نسبت به یکدیگر می باشد.

دمای آب (C°)

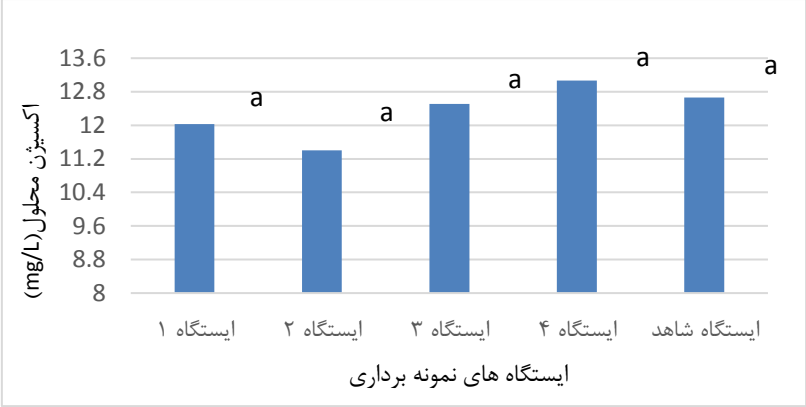
نتایج حاصل در زمان بررسی نشان داد که کمترین میزان دمای آب در ایستگاه ۲ فوشه در دی‌ماه (۵/۸) و بیشترین میزان دمای آب در ایستگاه ۱ فوشه در اردیبهشت‌ماه (۲۲/۷) ثبت شد. با توجه همگنی واریانس میان داده‌های دمایی، نتایج آزمون توکی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین ایستگاه‌ها وجود ندارد (شکل ۲).



شکل ۲. نتایج سنجش مؤلفه دمای آب در ایستگاه های مختلف نمونه برداری (بر حسب درجه سانتیگراد)

اکسیژن محلول(mg/L)

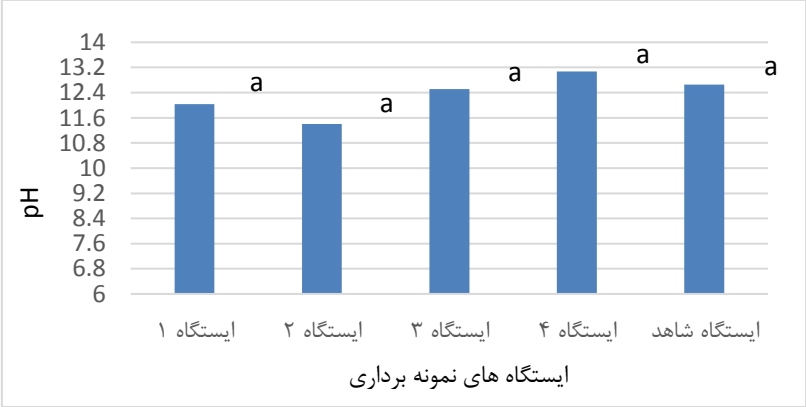
نتایج حاصل در مدت‌زمان بررسی بیانگر این است که کمترین میزان اکسیژن در ایستگاه قلعه رودخان ۱ (۸/۸) و بیشترین میزان اکسیژن در ایستگاه فوشه ۱ و قلعه رودخان ۴ در دی و اسفندماه (۱۵) ثبت شد. طبق شکل ۳، میزان اکسیژن در ایستگاه ۱ قلعه رودخان که محل خروج پساب‌های کارگاه پرورش ماهی است پایین‌تر از سایر ایستگاه‌ها می‌باشد. با توجه همگنی واریانس میان داده‌های اکسیژن، نتایج آزمون توکی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین ایستگاه‌ها وجود ندارد.



شکل ۳ . نتایج سنجش مؤلفه اکسیژن محلول در ایستگاه های مختلف نمونه برداری (بر حسب میلی گرم در لیتر)

pH

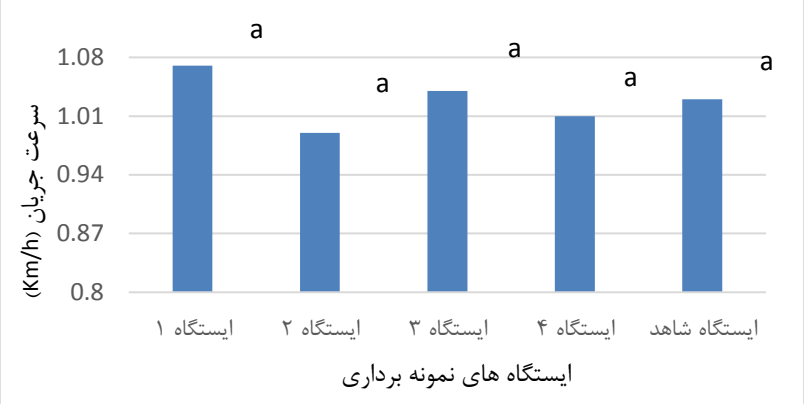
نتایج حاصل در مدت‌زمان بررسی بیانگر این بود که کمترین میزان pH در ایستگاه ۱ (محل خروج پساب) و ۲ قلعه رودخان در آذر و اردیبهشت ماه (۷/۶) و بیشترین میزان pH در ایستگاه فوشه ۱ و ۲ در ماه‌های بهمن و اسفند (۸/۳) ثبت شد. درعین‌حال با بررسی داده‌های pH در ایستگاه‌های مختلف و انجام آزمون‌های آماری مشخص شد که بین هیچ‌یک از ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌دار وجود ندارد (شکل ۴).



شکل ٤. نتایج سنجش مؤلفه pH در ایستگاه های مختلف نمونه برداری

سرعت جریان(km/h)

نتایج حاصل در مدت‌زمان بررسی بیانگر این بود که کمترین میزان سرعت جریان در ایستگاه ۳ قلعه رودخان در اردیبهشت‌ماه (۰/۲) و بیشترین میزان سرعت جریان در ایستگاه ۲ قلعه رودخان در آبان و آذر (۱/۷) ثبت شد. با بررسی داده‌های به‌دست‌آمده از ایستگاه‌های مختلف در رابطه با سرعت جریان و مقایسه دوبه‌دوی آن‌ها با توجه آزمون توکی، مشاهده شد بین ایستگاه‌ها اختلاف معناداری وجود ندارد (شکل ۵).



شکل ۵. نتایج سنجش مؤلفه سرعت جریان در ایستگاه های مختلف نمونه برداری (بر حسب کیلومتر بر ساعت)

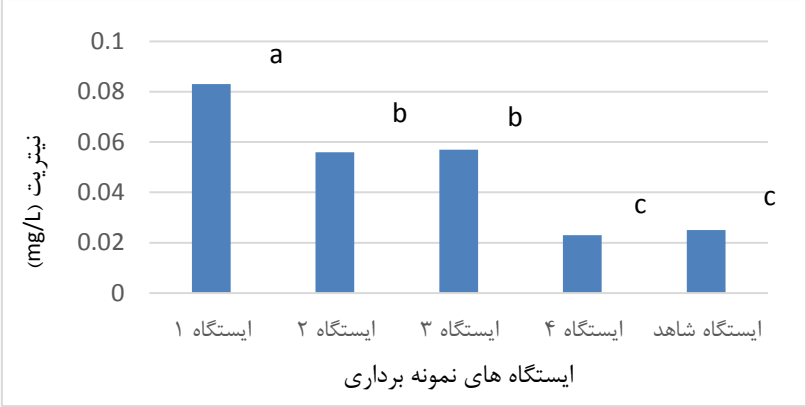
نیترات (mg/L)

نتایج حاصل در مدت‌زمان بررسی بیانگر این بود که کمترین میزان نیترات در ایستگاه ۴ قلعه رودخان در آذر و دی‌ماه (۴/۶) و ایستگاه ۲ فوشه (۳/۹) و بیشترین میزان نیترات در ایستگاه ۱ قلعه رودخان در اردیبهشت (۷/۰) ثبت شد. میزان نیترات در ایستگاه ۱ قلعه رودخان که محل خروج پساب‌های کارگاه پرورش ماهی است بالاتر از سایر ایستگاه‌ها می‌باشد. با بررسی داده‌های به‌دست‌آمده از ایستگاه‌های مختلف در رابطه با نیترات و انجام آزمون‌های آماری مشاهده شد بین ایستگاه ۲ و ۳ همچنین بین ۳، ۴ و شاهد اختلاف معنی‌داری نیست اما در بین سایر ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌دار وجود دارد (شکل ۶).

شکل ٦. نتایج سنجش مؤلفه نیترات در ایستگاه های مختلف نمونه برداری (بر حسب میلی گرم در لیتر)

نیتریت (mg/L)

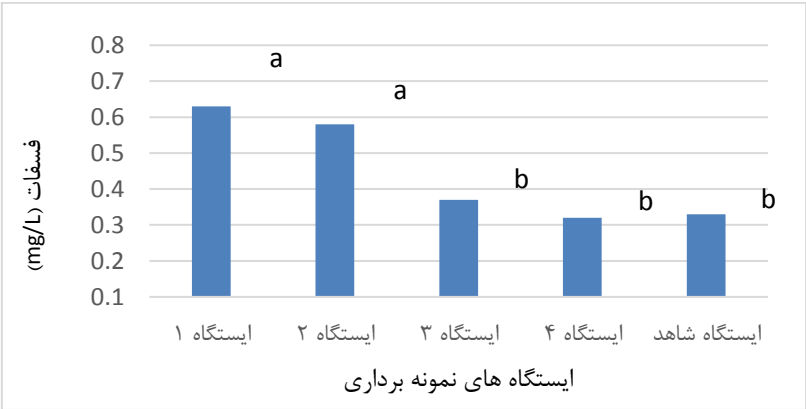
نتایج حاصل در مدت‌زمان بررسی بیانگر این بود که کمترین میزان نیتریت در ایستگاه ۴ قلعه رودخان در آذر و فوشه ۱ در آذر و اردیبهشت‌ماه (۰/۰۱) و بیشترین میزان نیتریت در ایستگاه ۱ قلعه رودخان در اردیبهشت‌ماه (۰/۱۱) ثبت شد. میزان نیتریت در ایستگاه ۱ قلعه رودخان که محل خروج پساب‌های کارگاه پرورش ماهی است بالاتر از سایر ایستگاه‌ها می‌باشد. با بررسی داده‌های به‌دست‌آمده از ایستگاه‌های مختلف در رابطه با نیتریت و انجام آزمون‌های آماری مشاهده شد بین ایستگاه ۲ و ۳ همچنین بین ۴ قلعه رودخان و ایستگاه شاهد (میانگین ایستگاه ۱ و ۲ فوشه) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و بین ایستگاه ۱ با سایر ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌دار وجود دارد (شکل ۷).



شکل ۷. نتایج سنجش مؤلفه نیتریت در ایستگاه های مختلف نمونه برداری (بر حسب میلی گرم در لیتر)

فسفات (mg/L)

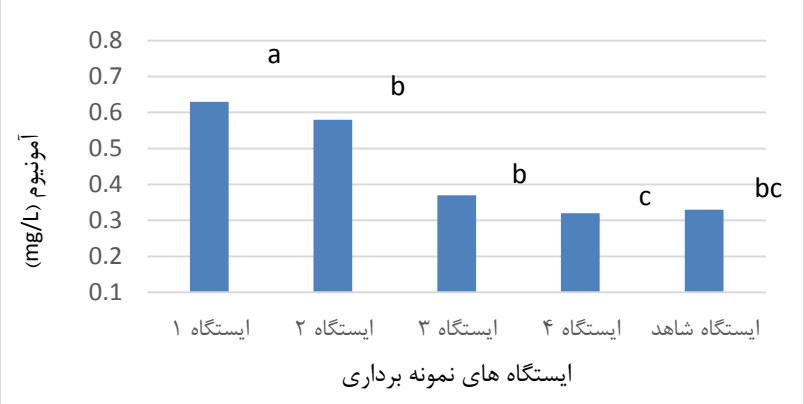
نتایج حاصل در مدت‌زمان بررسی بیانگر این بود که کمترین میزان فسفات در ایستگاه ۴ قلعه رودخان در آذر و فوشه ۲ در آذرماه (۰/۲۹) و بیشترین میزان فسفات در ایستگاه ۱ قلعه رودخان در اردیبهشت‌ماه (۰/۹) ثبت شد. میزان فسفات در ایستگاه ۱ قلعه رودخان که محل خروج پساب‌های کارگاه پرورش ماهی است بالاتر از سایر ایستگاه‌ها می‌باشد. با بررسی داده‌های فسفات بین ایستگاه‌ها و انجام آزمون‌های آماری مشخص شد که بین ایستگاه ۱ و ۲ قلعه رودخان و همچنین بین ایستگاه‌های ۳ و ۴ و ایستگاه شاهد (میانگین ایستگاه ۱ و ۲ فوشه) اختلاف معنی‌دار وجود ندارد اما در بین این دو دسته اختلاف معنی‌دار وجود دارد. (شکل ۸).



شکل۸. نتایج سنجش مؤلفه فسفات در ایستگاه های مختلف نمونه برداری (بر حسب میلی گرم در لیتر)

آمونیوم(mg/L)

نتایج حاصل در مدت‌زمان بررسی بیانگر این بود که کمترین میزان آمونیوم در ایستگاه ۴ قلعه رودخان در آذر (۰/۰۷) و فوشه ۱ در آذر و اردیبهشت‌ماه (۰/۰۷) و بیشترین میزان آمونیوم در ایستگاه ۱ قلعه رودخان در اردیبهشت‌ماه (۰/۲۶) ثبت شد. بررسی‌های به‌عمل‌آمده در بین ایستگاه‌ها نشان داد که ایستگاه ۱ با سایر ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌دار دارد. میزان آمونیوم در ایستگاه ۱ قلعه رودخان که محل خروج پساب‌های کارگاه پرورش ماهی است بالاتر از سایر ایستگاه‌ها می‌باشد. . (شکل ۹).



شکل۹. نتایج سنجش مؤلفه آمونیاک در ایستگاههای مختلف نمونه برداری (بر حسب میلی گرم در لیتر)

٤. بحث و نتیجه‌گیری

بررسی تغییرات محیطی و عوامل اکولوژیکی اولین گام در ارزیابی اثرات محیط زیستی است(Shirmohammadi *et al*., 2017; Rezazadeh et al., 2019). نتایج به‌دست‌آمده از بررسی تغییرات دمایی آب رودخانه قلعه رودخان حاکی از کاهش دما در فصل زمستان و افزایش آن به بالاترین سطح در فصل بهار می‌باشد بااین‌وجود مقادیر دما اختلاف معناداری میان ایستگاه‌ها نشان نداد. در مطالعه‌ای بر روی رودخانه Oyun در کشور نیجریه که تحت تأثیر استخرهای پرورش ماهی می‌باشد سنجش مقادیر دما به لحاظ کمی بین ایستگاه‌ها اختلاف معناداری نشان نداد (Mustapha, 2008). درعین‌حال، در مطالعه‌ای دیگر بر روی رودخانه سیروان، اختلاف معناداری برای مقادیر دما بین ایستگاه های پایین دست و بالا دست یافت گردید (Weisi *et al*., 2018). نتیجه تحقیق حاضر ازنظر پارامتر دما با پژوهش Mustapha مشابه است اما با تحقیق Weisi و همکارانش مطابقت ندارد.

در مطالعه انجام‌شده میزان pH در محدوده ۸.۳ – ۷.۶ در ایستگاه‌های مختلف طی زمان نمونه‌برداری به ثبت رسید که نشان می‌داد میزان این فاکتور در ایستگاه‌ها مناسب می‌باشد، زیرا محدوده pH برای آب‌های سطحی جهت حفظ تنوع بیولوژیکی بین ۹ – ۶.۵ بیان‌شده است (Barbour *et al* ., 1996). نتایج به‌دست‌آمده در رابطه با pH حاکی از عدم وجود اختلاف معنادار بین ایستگاه‌ها می‌باشد. نتایج تحقیقات Fries and Bowles (2002) بر روی رودخانه San Marcos در ایالت تگزاس و تحقیقات Khosh akhlagh و همکاران (۲۰۱۵) بر روی رودخانه ماربر سمیرم حاکی از عدم معناداری ایستگاه‌های پایین‌دست و بالادست می‌باشد.

طبق گزارش آژانس حفاظت از محیط زیست (EPA)، حداکثر سطح غلظت نیترات برای آب های سطحی برابر با ۱۰ میلی گرم در لیتر تعیین شده است (Self and Waskom, 2008). میزان نیترات در ایستگاه‌های مختلف نمونه برداری بین ۰/۷– ۳/۹ میلی‌گرم در لیتر متغیر می باشد که در حد استاندارد زیست‌محیطی گزارش‌شده است. مقادیر نیترات در ایستگاه ۱ قلعه رودخان که محل خروج پساب استخر پروش ماهی می‌باشد با سایر ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌دار دارد. همچنین بین ایستگاه شاهد (میانگین ایستگاه ۱ و ۲ فوشه) و سایر ایستگاه ها نیز اختلاف معنی‌دار وجود دارد که می‌تواند به دلیل عدم وجود آلاینده‌های نیتروژنی همچون نیترات در ایستگاه شاهد باشد. در مطالعه ای بر روی رودخانه ریجاب که به بررسی عوامل فیزیکوشیمیایی پرداخته شده بود از نظر مقادیر نیترات، اختلاف معناداری بین ایستگاه‌های مختلف محرز نشد (Hoseini *et al*.,2013). نتایج آن ها از نظر تغییرات میزان نیترات در ایستگاه های مختلف با این تحقیق مطابقت ندارد.

نتایج حاصل از این تحقیق در خصوص یون‌های آمونیوم و نیتریت حاکی از وجود اختلاف معنادار بین ایستگاه ۱ (محل خروج پساب) و سایر ایستگاه‌ها می‌باشد. به‌طوری‌که میزان آن‌ها در محل خروج پساب به‌طور چشمگیری افزایش‌یافته است. با توجه به یافته‌ها، این مقادیر در ایستگاه‌های پایین‌دست کاهش پیداکرده است با توجه به نتایج آماری و داده‌های حاصل از نمونه‌برداری، میزان نیتریت در ایستگاه ۲ و ۳ و آمونیوم در ایستگاه ۲ همچنان بالا بوده اما در ایستگاه ۴ اثر بسیار کمی از نیتریت و آمونیوم مشاهده می گردد به‌طوری‌که با ایستگاه شاهد تفاوت معناداری ندارند. بنابراین آب رودخانه قلعه رودخان توانایی پالایش نیتریت و آمونیوم در ایستگاه‌های پایین‌دست را دارد. نتایج این پژوهش بامطالعه‌ای که بر روی رودخانه کبگیان از نظر کیفیت فیزیکو شیمیایی آب انجام‌شده بود (Sobhan Ardakani *et al*., 2014) مطابقت دارد و نتایج حاکی از وجود اختلاف معنادار یون‌های نیتریت و آمونیوم بین ایستگاه‌های بالادست و پایین‌دست می‌باشد.

نتایج به‌دست‌آمده در رابطه با فسفات نشان داد بین ایستگاه ۱ با سایر ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌دار وجود دارد و میزان فسفات در ایستگاه ۱ و ۲ قلعه رودخان نسبت به سایر ایستگاه بیشتر می‌باشد. Tavakol و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی رودخانه هراز، افزایش میزان فسفات در محل

استخرهای پرورش ماهی را تأیید نمودند. همچنین غذای ماهیان و تولید استخرها در ماه‌های گرم سال بیشتر است به همین دلیل میزان تغییرات پارامتر فسفات نیز در این ماه‌ها بیشتر می‌باشد. نتایج ایستگاه ۲ که بعد از ایستگاه ۱ می‌باشد نیز نشان می‌دهد که میزان فسفات در آب همچنان بالا بوده اما در ایستگاه ۳ و ۴ کاهشی بوده که حاکی از خود پالایی آب در ایستگاه‌های پایین‌دست می‌باشد. در عین حال نتایج این تحقیق با نتایج Shirdel and Zabardast (۲۰۲۰) در بررسی رودخانه تجن و هراز از نظر تغییرات میزان فسفات مطابقت ندارد.

در رابطه با اکسیژن محلول اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌ها و نتایج حاصل از آن مشاهده شد با اینکه ایستگاه ۱ قلعه رودخان کمترین میزان اکسیژن را در بین سایر ایستگاه‌ها داراست که به علت خروج پساب استخرهای پرورش ماهی و مصرف اکسیژن آب در آن‌ها می‌باشد. بااین‌وجود بین این ایستگاه و سایر ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌دار وجود ندارد. دلیل این امر می‌تواند به علت بستر سنگی و همچنین جریان مداوم این رودخانه باشد که سبب می‌شود دائماً هوا با آب رودخانه در تماس باشد. در مطالعه ای که توسط Zarzuela و همکاران (۲۰۰۹) بر روی رودخانه‌های شمال شرقی اسپانیا انجام شد، اکسیژن محلول ایستگاه‌های بالادست و پایین‌دست اختلاف معناداری داشتند که با نتایج این تحقیق در خصوص این پارامتر تطابق ندارد.

به‌طورکلی نتایج این تحقیق نشان می دهد که پساب کارگاه‌های پرورش ماهی منجر به کاهش کیفیت آب، افزایش میزان برخی از پارامترهای شیمیایی (فسفات، نیترات، نیتریت و آمونیوم) و آلودگی آب رودخانه می‌گردد. درعین‌حال بر اساس یافته ها، رودخانه قلعه‌رودخان توانایی خود پالایی در حذف این اثرات را تا حدودی در ایستگاه‌های پایین‌دست دارد.

پیشنهادات

برای کاهش مقدار آلاینده ها توصیه می شود از سیستم های تصفیه پساب استفاده شود و نه این که الزاماً حجم تولید کاهش یابد. همچنین پیشنهاد می شود به ظرفیت رقیق سازی و توان خودپالایی رودخانه در تنظیم میزان تولید مزارع هنگام تصویب مجوز توجه گردد. البته باید توجه داشت که عوامل دیگری از جمله نوع کاربری آب رودخانه نیز بر کیفیت آب مؤثر بوده و نمی توان تأثیر آن ها را در ارزیابی کیفی آب نادیده گرفت. از طرفی تعیین استاندارد های کیفی برای پساب های خروجی و الزامات اجرایی برای آن ها می تواند تا حد بسیار زیادی از انتشار آلودگی جلوگیری نماید. علاوه بر این بهتر است پایش پساب های تخلیه شده همراه با انجام آزمایش ها هر ۲ تا ۴ سال یکبار به منظور کنترل کیفیت پساب خروجی انجام گردد.

۵. منابع

1. Abdollahi. A., Jahani. A., Rayegani. B., Mohammadi Fazel. A. (2017). Impact Assessment of Dam Construction on Land Use Changes in the Western and Southern Catchments of Lake Urmia Using Satellite Images. Environmental Researches, 8 (15): 39-50. (in Persian)
2. Adams, S.M. (2002). Biological indicators of aquatic ecosystem stress. American Fisheries Society. Bethesda, Maryland, 644p.
3. Afshari, A., Alamdari, P., GholChin, A., Askari, M. S. (2022). Investigating the effect of fish ponds on water quality of Ghezel Ozan river. *Journal of Environmental Science and Technology*, *24*(2): 273-284. (in Persian)
4. Afyouni,M., Irfanmanesh, M. (2011). Environmental Pollution: Water, Soil And Air. Arkan Danesh. 290 p. (in Persian)
5. Alizadesabet. H. R., Abedini. A., Erfani.M. (2019). the effects of fish farms waste on water quality of Cheshmehkileh river. Journal of Aquatic Caspian Sea, 4(12): 25-36.
6. APHA. (2005). Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association; American Water Works Association; Water Environment Federation. Washington, D.C.: APHAAWWA- WEF. ISBN: 9780875532875
7. Barbour. M.T., Gerrtsen. B.D., Synder. B.D., Stribling. J.B. (1999). Rapid bioassessment protocols for use in stream and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrate and fish. Second Edition, EPA 841-8-99-002.
8. Bronmark C, Hansson LA. (2005). The biology of lakes and ponds. Oxford University Press, Oxford, 285 p. (in Persian)

9. Camargo. J. A., Gonzalo C., Alonso l. (2011). Assessing trout farm pollution by biological metrics and indices based on aquatic macrophytes and benthic macroinvertebrates. Ecological Indicators, 11: 911–917.
10. FAO. Fishery and aquaculture stastistics. (2014). Food and Agricultural Organisation. Rome, 204 p.
11. FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture (2018). Meeting the Sustainable Development Goals. United Nations Food and Agriculture Organization.
12. Fries, Loraine., Bowles, David. (2002). Water Quality and Macroinvertebrate Community Structure Associated with a Sportfish Hatchery Outfall. North American Journal of Aquaculture, 64: 257-266.
13. Froehlich HE, Gentry RR, Halpern BS. (2017). Conservation aquaculture: shifting the narrative and paradigm of aquaculture's role in resource management. Biol Conserv,215:162-168.
14. Hoseini, S.H., Sajadi, M.M., Kamrani, E.,Soori nezhad, I., Ranjbar, H. (2013). effects of cage fish-farming on damselfish-associated food chains using stable-isotope analyses. Marine Pollution Bulletin, 86, (1–2): 111-121. (in Persian)
15. Jahan, P., Watanabe, T., Kiron, I., Satoh, S.H. (2003). Improved carp diets based on plant protein sources reduce environmental phosphorus loading. Fisheries Science, Tokyo, 69:219-225.
16. Jahani, A., Imandar, M., Satari Rad, A., Imanpour Namin, J. (2022). Evaluation of the Effects of Rrainbow Trout Fish Farms on Quality of Qaleh Roudkhan Forest River in Guilan Province Using Biological Indicators. Journal of Environmental Studies, *48*(3): 345-362. (in Persian)
17. Jahani, A., Saffariha, M. (2020). The prediction model of tourism impact assessment in vegetation canopy cover of Qhamishloo National Park and Wildlife Refuge. Journal of Natural Environment, 73(2): 257-270. (in Persian)
18. Jayasankar, P. (2018). Present status of freshwater aquaculture in India - A review. Indian Journal of Fisheries. 65(4): 157-165.
19. Karr, J. R. (1998). Rivers as Sentile: Using the Biology of Rivers to Guide Landscape Management, Final Report for USEPA, 28p.
20. Khalaji, M., Ebrahimi, E., Hashemenejad, H., Motaghe, E., Asadola, S. (2016). Water Quality Assessment of The Zayandehroud Lake Using WQI Index. Iranian Scientific Fisheries Journal, 25(5): 51-64. (in Persian)
21. Khosh Akhlagh, M., Kamrani, E., Ebrahimi Dorcheh, E., Sourinejad, I. (2015). The Effect of Rainbow Trout Farms Effluents on Benthic Macro-Invertebrates of Marber River in Semirom. Journal Of Aquatic Ecology, 5(1): 103-112. (in Persian)
22. Lazzari, R ., Baldisserotto, B. (2008). Nitrogen and phosphorus waste in fish farming. Boletim do Instituto de Pesca, 34: 591-600.
23. Mirrasooli, E., Nezami, Sh. A., Ghorbani, R., and Khara, H. (2013). The Impact of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) farm effluents on water quality in Zarringol Stream. Journal of Fisheries, 6(2):81-92.
24. Mizuta, Darien & Froehlich, Halley & Wilson, Jono. (2022). The changing role and definitions of aquaculture for environmental purposes. Reviews in Aquaculture,15(10).
25. Mustapha, M. K. (2008). Assessment of the Water Quality of Oyun Reservoir, Offa, Nigeria, Using Selected Physico-Chemical Parameters. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 8 (2).
26. Nasr-Allah, Ahmed., Karanja, Alice., Dompreh, Eric & Murphy, Seamus & Rossignoli, Cristiano & Phillips, Michael & Karisa, Harrison C. (2020). Employment generation in the Egyptian aquaculture value chain: implications for meeting the Sustainable Development Goals (SDGs). Aquaculture, 520 (10):1016
27. Neiland, Arthur., Soley, Neill., Varley, Joan., Whitmarsh, David. (2001). Shrimp aquaculture: Economic perspectives for policy development. Marine Policy, 25: 265-279.
28. Nybakke, J.W. (1993). Marine Biology: An Ecological Approach. Harper Collins College Publishers, 445 p.

29. Rezazadeh, S., Jahani, A., Goshtasb, H., Makhdoum Farkhondeh, M. (2019). Development Environmental Impact Assessment in Bashgol Protected Area Using Landscape Degradation Model, Journal of Environment Researches 10 (19): 15-26.
30. Sadeghi Nezhad, Azar. (2009). The Qala-Rodkhan, a Pearl as Wide as the Mountains and the River. Tourism Magazine.12 (27). (in Persian)
31. Saffariha, M., Jahani, A., Jahani, R. (2021). A Comparison of Artificial Intelligence Techniques for Predicting Hyperforin Content in Hypericum Perforatum L. in Different Ecological Habitats. Plant Direct Journal, 5(11): 363.
32. Self,J.R., Waskom,R.M. (2022). Nitrates in drinking water, no.0.517.Colorado State University Extension, Available from https://extension.colostate.edu/topic-areas/agriculture/nitrates-in-drinking-water-0-517/. Accessed 23th July 2022.
33. Shirani Sarmazeh, N., Jahani, A., Goshtasb, H., Etemad, V. (2017). Ecological Impacts Assessment of Recreation on Quality of Soil and Vegetation in Protected Areas (Case Study:Qhamishloo National park and Wildlife Refuge), Natural Environment, 70(4): 881-891.
34. Shirdel, I., Zabardast Rostami, H. (2020). Assessing the effects of aquaculture farms on water quality of Haraz and Tajan rivers. Journal of Animal Environment, 12(3): 353-364. (in Persian)
35. Shirmohammadi, I., Jahani, A., Etemad, V., Zargham, N., Makhdoum, M. (2017). Environmental impact assessment in Karkas protected area using degradation model. Environmental researches, 7(14): 91-102.
36. Simões, F & Moreira, A & Bisinoti, M & Gimenez, S & santos yabe, M. (2008). Water Quality Index as a Simple Indicator of Aquaculture Effects on Aquatic Bodies. Ecological Indicators, 8: 476-484.
37. Singh, A.K., Mondal, G.C., Kumar, S., Singh, T.B, Tewary BK, Sinha A. (2008). Major ion chemistry, weathering processes and water quality assessment in upper catchment of Damodar River basin. India. Environ Geol, 54:745–758.
38. Sobhan Ardakani, S., Mehrabi, Z., Ehteshami, M. (2014). Effect of Aquaculture Farms Wastewater on Physicochemical Parameters of Kabkian River, 2011-12. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, 24(113): 140-149. (in Persian)
39. Stickney, R.R., Treece, G.D. (2012). History of aquaculture. In: Tidwell JH, ed. Aquaculture Production Systems. Wiley-Blackwell, 15(50).
40. Subasinghe, R., Soto, D., Jia, J. (2009). Global Aquaculture and Its Role in Sustainable Development. Rev. Aquac,1: 2-9.
41. Tavakol, M., Shayeghi, M., Monavari, S., Karbasi, A. (2020). Assessment of Pollution from Trout Farms (Case Study: Haraz River). Journal of Environmental Science and Technology, 22(5): 327-348. (in Persian)
42. Thirupathaiah, M., Samatha, Ch., Sammaiah, C. (2012) Analysis of Water Quality Using Physico-Chemical parameters in Lower Manair Reservoir of Karimnagar District, Andhra Pradesh. International Journal of Environmental Sciences, 3(1):172-180.
43. Turcios, A., Papenbrock, J. (2014). Sustainable Treatment of Aquaculture Effluents What Can We Learn from the Past for the Future? Sustainability. 6: 836-856.
44. Weisi T, Ahmadifard N, Agh N, Kamali M. (2018). Investigating the Effect of Palangan fish Farms on Water Quality of Sirvan River Using Physicochemical and Biological Indicators. J. Aqu. Eco, 8 (1) :41-54 p. (in Persian)
45. Zarzuela, I., Halaihel, N., Balcázar, J.L., Ortega, C., Vendrell, D., Pérez, T., Alonso, J.L., de Blas, I. (2009). Effect Of Fish Farming on The Water Quality of Rivers in Northeast Spain. Water Science and Technology, 60(3): 663-671.