



Online ISSN: 2821-1782

Journal of Land Ecology

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 Imandar², Amir Satari Rad², Javid Imanpour Namin³

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 Addresses: 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. *Land Ecology*, 2(2), 123-136.

 Doi: [10.22034/el.2023.391377.1009](https://doi.org/10.22034/el.2023.391377.1009)



مقاله پژوهشی

ارزیابی اثرات مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان بر پارامترهای فیزیکی شیمیایی آب رودخانه قلعه رودخان، 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.

اطلاعات مقاله

چکیده

دریافت مقاله:

۱۰ فروردین ۱۴۰۲

پذیرش نهایی:

۲۱ فروردین ۱۴۰۲

اثر پساب مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان بر مؤلفه های فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه قلعه رودخان بررسی شد. در امتداد رودخانه ۶ ایستگاه مطالعاتی انتخاب گردید ۲ ایستگاه از انشعاب فوشه (به عنوان ایستگاه‌های شاهد) و ۴ ایستگاه از انشعاب قلعه رودخان). پارامترها به فاصله زمانی هر ۳۰ روز یکبار طی ۹ ماه از مهر ۹۳ لغایت خرداد ۹۴ اندازه گیری شدند. شواهد نشان می‌دهد که بین پارامترهای فیزیکی آب (دمای آب، اکسیژن محلول و سرعت جریان) ایستگاه شاهد و دیگر ایستگاه‌ها اختلاف معناداری وجود ندارد ($p > 0.05$). 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 ($p < 0.05$). همچنین هیچگونه اختلاف معناداری بین ایستگاه ۴ 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.

واژگان کلیدی:

پساب قلعه رودخان

قزل‌آلای پارامترهای فیزیکی

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). آبی پروری نه تنها مواد غذایی ضروری برای مصرف انسان را تأمین 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 آبی پروری فراهم می شود. (Subasinghe et al., 2009).

طبق گزارشات تحقیقات بین المللی، رشد سریع صنعت آبی پروری بدون توجه به استانداردها و اصول توسعه پایدار، منجر به مشکلات عمیقی در حوزه های زیست محیطی، فنی، اقتصادی و اجتماعی شده است (Neiland et al., 2001) آب های سطحی از پتانسیل بالایی برای آلوده شدن برخوردارند (Afyouni And Irfanmanesh, 2011). یکی از منابع آلودگی در رودخانه ها، تخلیه پساب حاصل از مزراع پرورش ماهی است که منجر به افزایش فسفر و مواد نیتروژن دار در آب و کاهش کیفیت آب رودخانه ها می شود. (Turcios And Papenbrock, 2014) بنابراین، کیفیت آب، یک عامل تعیین کننده در موفقیت یا شکست عملیات آبی 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 آلاینده های محیطی بر اهمیت ارزیابی کیفیت آب رودخانه ها می افزاید (Khalaji et al., 2016). یکی از راه های پی بردن به آلودگی رودخانه ها برای تشخیص آب آلوده از غیر آلوده از طریق اندازه گیری عوامل فیزیکی و شیمیایی آب می باشد که از این طریق می توان به کیفیت آب پی برد (Karr, 1998). همچنین پارامترهای فیزیکی به تنهایی نمی تواند تأثیرات ناشی از فعالیت های انسانی را نشان دهد لذا بررسی پارامترهای شیمیایی نیز لازم می باشد (Adams, 2002; Jahani and Saffariha, 2020; Saffariha et al., 2021). با اندازه گیری مشخصات فیزیکی و شیمیایی آب می توان تفاسیر دقیق تری بر روی داده ها انجام داد و محل دقیق ورود آلودگی و میزان ورود را مشخص کرد که به روشن تر شدن شرایط رودخانه کمک شایانی می کند. شرایط مختلف اکولوژیکی مانند عمق، دما، میزان مواد آلی و دانه بندی رسوبات بستر روی پراکنش موجودات کفزی مؤثرند (Nybakken, 1993). با توجه به اهمیت حفظ بوم سازگان رودخانه های استان گیلان از جمله رودخانه قلعه رودخان، می توان با اندازه گیری پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه و مقایسه آن در ایستگاه های مختلف نمونه برداری، تأثیر پساب مزراع تکثیر و پرورش ماهی قزل آلی رنگین کمان را بر کیفیت آب رودخانه قلعه رودخان مشخص نموده و اطلاعات پایه را در اختیار مسئولان برای مدیریت پساب مزراع قرار داد.

۱-۱. مبانی نظری

آبی پروری

به طور کلی آبی پروری به توصیف پرورش سازمان یافته، تغذیه، تکثیر یا حفاظت از منابع آبی، برای اهداف تجاری، تفریحی یا عمومی می پردازد (FAO, 2018). آبی پروری از زمان پیدایش خود، حداقل ۴۰۰۰ سال پیش (Stickney and Treec, 2012)، تا حد زیادی برای تولید مواد غذایی 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) آبی پروری (آب شیرین و دریایی) اکنون بیش از نیمی از کل تولید آبیان جهانی را بر عهده دارد. در سال ۲۰۱۹، آبی پروری مسئول ۵۶.۳ میلیون تن ماهی باله (۶۶ درصد کل آبی پروری) بوده است و برخی از فشارها را بر منابع آبی وحشی کاهش می دهد و تغذیه و معیشت مردم را در تعدادی از کشورها بهبود می بخشد (Nasr-Allah et al., 2020).

پساب خروجی مزراع پرورش ماهی

در برخی موارد، رشد سریع بخش آبی 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 مزراع 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 آبی پروری است. مقدار بیش از اندازه این دو عنصر در پساب سیستم های آبی 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 (آمونوم 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، آبی 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 آبی 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).

۱-۲. 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 فیزیکی شیمیایی در ۱۳ ایستگاه طی یکسال پرداختند. نتایج این مطالعه اختلاف معناداری برای مقادیر کلسیم، منیزیم، کربنات، بی کربنات، دی اکسید کربن و کلر بین ایستگاه های مختلف نشان نداد و شاخص کیفیت آب بر اساس NSFQI 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 نمونه گیری کردند. در این مطالعه، مقایسه میانگین غلظت پیرا سنجی های مورد ارزیابی با حد استاندارد تعیین شده برای منابع آب سطحی و مصارف کشاورزی در نمونه های ایستگاه پایین دست، نشان داد که رودخانه کبکیان در حال حاضر توان خود پالایی آلاینده ها را دارد.

Simões و همکارانش (۲۰۰۸) به منظور مدیریت و بررسی اثرات فعالیت های آبی پروری بر دو رودخانه Macuco و Queixada در برزیل، در طی ۲ سال به بررسی شاخص کیفیت آب با استفاده از سه پارامتر قابل اندازه گیری کدورت، فسفر کل و اکسیژن محلول پرداختند. نتایج این مطالعه نشان می دهد که با استفاده از این سه پارامتر، تخریب در این حوزه آبریز به سادگی اندازه گیری می شود و در تعیین کیفیت آب نتایج خوبی را ارائه می دهند.

۲. مواد و روش

۱-۲. منطقه مورد مطالعه

شهر فومن در ۲۷ کیلومتری جنوب غربی رشت واقع شده است. رودهای دائمی و پرباب، جوی ها و مسیل های متعدد در این بخش از گیلان جریان دارد، که همگی تحت عنوان حوضه تالاب انزلی (فومن- صومعه سرا) از یال شمالی البرز سرچشمه می گیرند و به تالاب انزلی می ریزند. رود «شاخزر» از ارتفاع ۳۰۰۰ متری «مته خانی» سرچشمه می گیرد و دو شاخه فرعی آن، «گشت رودخان» و «قلعه رودخان» در ارتفاع ۱۰۰ متری به یکدیگر متصل می شوند. شاخه قلعه رودخان که منطقه مورد مطالعه است در محدوده جغرافیایی ۴۹ درجه و ۱۴ دقیقه و ۱۹ ثانیه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۰۳ دقیقه و ۵۱ ثانیه عرض شمالی واقع شده است و به دو شاخه فرعی «نظر آلات» و «حیدر آلات» تقسیم می شود (Sadeghi Nezhad, 2009).



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

انتخاب ایستگاه و نمونه برداری

در مجموع ۶ ایستگاه مطالعاتی که ۲ ایستگاه از انشعاب فوشه و به عنوان 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 پارامترهای فیزیکی 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 نمونه برداری توسط دستگاه مولتی پارامتر پرتابل (Multiline-P4) به صورت 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، نترات، نیتريت و آمونیوم به روش رنگ سنجی و در آزمایشگاه با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر مورد سنجش قرار گرفتند (APHA, 2005).

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

جهت بررسی همگنی و معناداری اختلاف میانگین ایستگاه‌های نمونه برداری، داده‌ها جمع‌آوری شده با استفاده از آزمون‌های آماری ANOVA و Tukey با حداقل سطح معناداری ($P < 0.05$) در نرم‌افزاری 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 ارائه شده است.

جدول ۱: نتایج آماری داده‌های حاصل از نمونه‌برداری‌های انجام شده در ایستگاه‌ها برای هر پارامتر

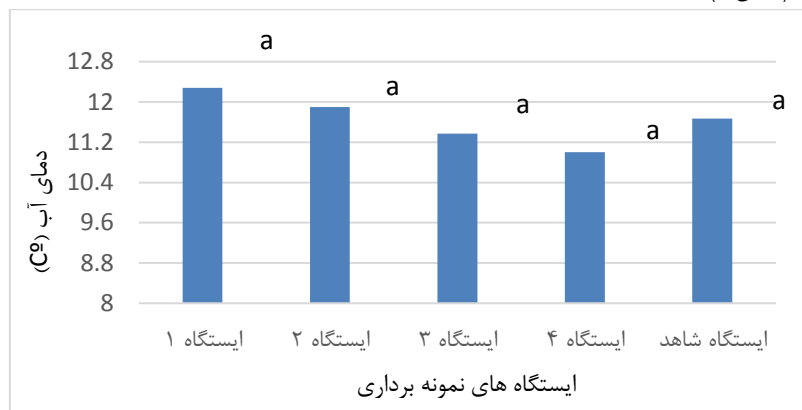
ایستگاه شاهد*	ایستگاه ۴	ایستگاه ۳	ایستگاه ۲	ایستگاه ۱	
۱۱/۶۷ ± ۵/۲۵ ^a	۱۱/۰۰ ± ۴/۲۱ ^a	۱۱/۳۷ ± ۴/۳۵ ^a	۱۱/۹ ± ۴/۴۴ ^a	۱۲/۲۸ ± ۴/۷۸ ^a	دما (C°)
۱۲/۶۶ ± ۲/۰۴ ^a	۱۳/۰۷ ± ۱/۷۸ ^a	۱۲/۵۱ ± ۱/۶۹ ^a	۱۱/۴ ± ۱/۶۳ ^a	۱۲/۰۳ ± ۱/۵۶ ^a	اکسیژن محلول (mg/l)
۱/۰۲۶ ± ۰/۳۶ ^a	۱/۰۰۶ ± ۰/۴۷ ^a	۱/۰۳۷ ± ۰/۴۸ ^a	۰/۹۹ ± ۰/۴۲ ^a	۱/۰۷۲ ± ۰/۴۶ ^a	سرعت جریان (km/h)
۷/۹۹ ± ۰/۱۹ ^a	۷/۹۱ ± ۰/۱۳ ^a	۷/۹۷ ± ۰/۱۱ ^a	۷/۹۶ ± ۰/۱۸ ^a	۷/۹۷ ± ۰/۲ ^a	pH
۰/۳۳ ± ۰/۰۲ ^b	۰/۳۲ ± ۰/۰۷ ^b	۰/۳۷ ± ۰/۰۹ ^b	۰/۵۸ ± ۰/۱۲ ^a	۰/۶۳ ± ۰/۱۶ ^a	فسفات (mg/l)
۴/۱ ± ۰/۱ ^d	۵/۰ ± ۰/۲ ^c	۵/۲ ± ۰/۳ ^{bc}	۵/۴ ± ۰/۳ ^b	۶/۵ ± ۰/۴ ^a	نیترات (mg/l)
۰/۰۲۵ ± ۰/۰۰۹ ^c	۰/۰۲۳ ± ۰/۰۰۷ ^c	۰/۰۵۷ ± ۰/۰۲۳ ^b	۰/۰۵۶ ± ۰/۰۱۸ ^b	۰/۰۸۳ ± ۰/۰۱۷ ^a	نیتریت (mg/l)
۰/۰۸۳ ± ۰/۰۰۹ ^{bc}	۰/۰۷۸ ± ۰/۰۰۴ ^c	۰/۱۱ ± ۰/۰۳۷ ^b	۰/۱۱ ± ۰/۰۱۴ ^b	۰/۲۲ ± ۰/۰۲۸ ^a	آمونیم (mg/l)

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

* حروف کوچک بیانگر معناداری ایستگاه‌ها نسبت به یکدیگر می‌باشد.

دمای آب (C°)

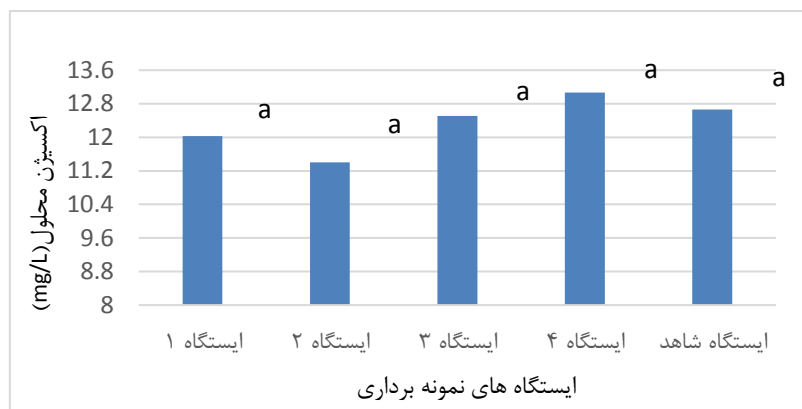
نتایج حاصل در زمان بررسی نشان داد که کمترین میزان دمای آب در ایستگاه ۲ فوشه در دی‌ماه (۵/۸) و بیشترین میزان دمای آب در ایستگاه ۱ فوشه در اردیبهشت‌ماه (۲۲/۷) ثبت شد. با توجه همگنی واریانس میان داده‌های دمایی، نتایج آزمون توکی نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین ایستگاه‌ها وجود ندارد (شکل ۲).



شکل ۲. نتایج سنجش مؤلفه دمای آب در ایستگاه‌های مختلف نمونه‌برداری (بر حسب درجه سانتیگراد)

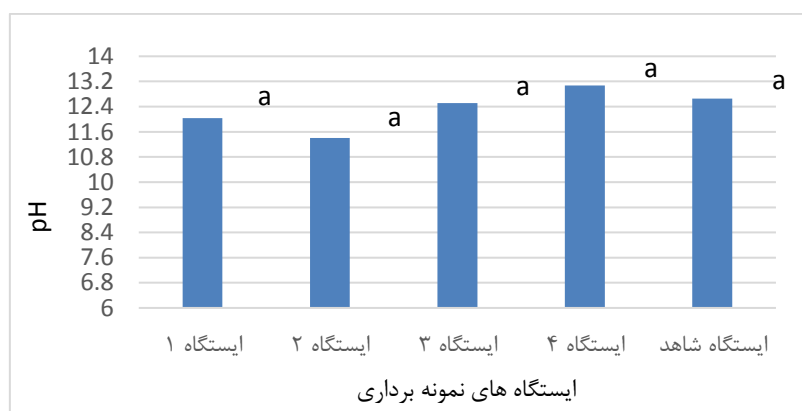
اکسیژن محلول (mg/L)

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 ایستگاه‌های مختلف نمونه برداری (بر حسب میلی گرم در لیتر)

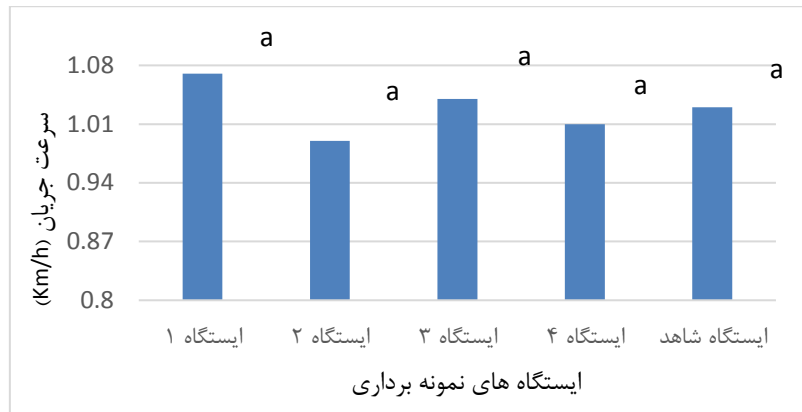
pH
 نتایج حاصل در مدت‌زمان بررسی بیانگر این بود که کمترین میزان pH در ایستگاه ۱ (محل خروج پساب) و ۲ قلعه رودخان در آذر و اردیبهشت ماه (۷/۶) و بیشترین میزان pH در ایستگاه فوشه ۱ و ۲ در ماه‌های بهمن و اسفند (۸/۳) ثبت شد. درعین‌حال با بررسی داده‌های pH در ایستگاه‌های مختلف و انجام آزمون‌های آماری مشخص شد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



شکل ۴. نتایج سنجش مؤلفه pH در ایستگاه‌های مختلف نمونه برداری

سرعت جریان (km/h)

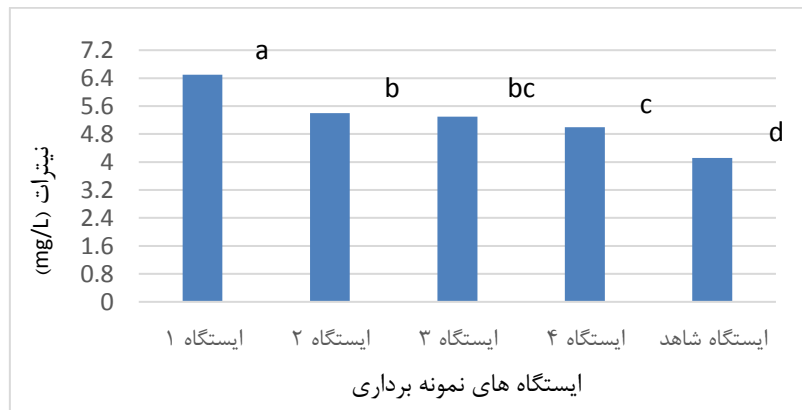
نتایج حاصل در مدت‌زمان بررسی بیانگر این بود که کمترین میزان سرعت جریان در ایستگاه ۳ قلعه رودخان در اردیبهشت‌ماه (۰/۲) و بیشترین میزان سرعت جریان در ایستگاه ۲ قلعه رودخان در آبان و آذر (۱/۷) ثبت شد. با بررسی داده‌های به‌دست‌آمده از ایستگاه‌های مختلف در رابطه با سرعت جریان و مقایسه دوبه‌دوی آن‌ها با توجه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



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

نیترات (mg/L)

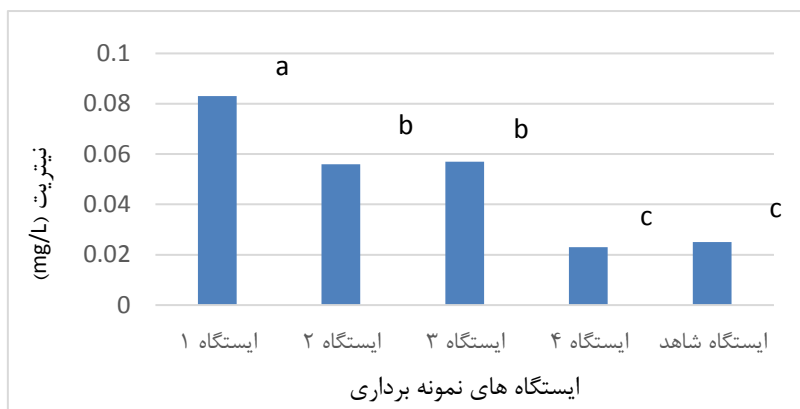
نتایج حاصل در مدت زمان بررسی بیانگر این بود که کمترین میزان نیترات در ایستگاه ۴ قلعه رودخان در آذر و دی ماه (۴/۶) و ایستگاه ۲ فوشه (۳/۹) و بیشترین میزان نیترات در ایستگاه ۱ قلعه رودخان در اردیبهشت (۷/۰) ثبت شد. میزان نیترات در ایستگاه ۱ قلعه رودخان که محل خروج پساب‌های کارگاه پرورش ماهی است بالاتر از 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 ۶. نتایج سنجش مؤلفه نیترات در ایستگاه‌های مختلف نمونه برداری (بر حسب میلی گرم در لیتر)

نیتريت (mg/L)

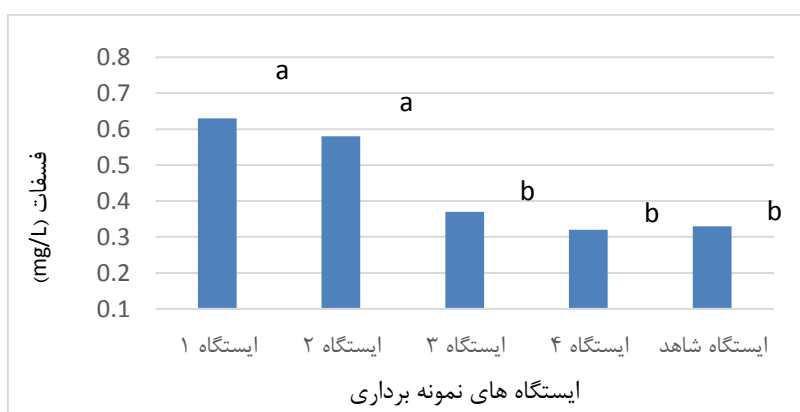
نتایج حاصل در مدت زمان بررسی بیانگر این بود که کمترین میزان نیتريت در ایستگاه ۴ قلعه رودخان در آذر و فوشه ۱ در اردیبهشت ماه (۰/۰۱) و بیشترین میزان نیتريت در ایستگاه ۱ قلعه رودخان در اردیبهشت ماه (۰/۱۱) ثبت شد. میزان نیتريت در ایستگاه ۱ قلعه رودخان که محل خروج پساب‌های کارگاه پرورش ماهی است بالاتر از سایر ایستگاه‌ها می‌باشد. با بررسی داده‌های به‌دست‌آمده از ایستگاه‌های مختلف در رابطه با نیتريت 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 نیتريت 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).



شکل ۸. نتایج سنجش مؤلفه فسفات در ایستگاه های مختلف نمونه برداری (بر حسب میلی گرم در لیتر)

آمونیم (mg/L)

نتایج حاصل در مدت‌زمان بررسی بیانگر این بود که کمترین آمونیم در ایستگاه ۴ قلعه رودخان در آذر (۰/۰۷) و فوشه ۱ در آذر و اردیبهشت‌ماه (۰/۰۷) و بیشترین آمونیم 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 آمونیم در ایستگاه ۱ قلعه رودخان که محل خروج پساب‌های کارگاه پرورش ماهی است بالاتر از سایر ایستگاه‌ها می‌باشد. (شکل ۹).



شکل ۹. نتایج سنجش مؤلفه آمونیاک در ایستگاههای مختلف نمونه برداری (بر حسب میلی گرم در لیتر)

۴. بحث و نتیجه گیری

بررسی تغییرات محیطی و عوامل اکولوژیکی اولین گام در ارزیابی اثرات محیط زیستی است (Shirmohammadi et al., 2017; Rezazadeh et al., 2019). نتایج به دست آمده از بررسی تغییرات دمایی آب رودخانه قلعه رودخان حاکی از کاهش دما در فصل زمستان و افزایش آن به بالاترین سطح در فصل بهار می باشد با این وجود مقادیر دما اختلاف معناداری میان ایستگاهها نشان نداد. در مطالعه ای بر روی رودخانه Oyun در کشور نیجریه که تحت تأثیر استخرهای پرورش ماهی می باشد سنجش مقادیر دما به لحاظ کمی بین ایستگاهها اختلاف معناداری نشان نداد (Mustapha, 2008). در عین حال، در مطالعه ای 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 از نظر پارامتر دما با پژوهش Mustapha مشابه است اما با تحقیق Weisi و همکارانش مطابقت ندارد.

در مطالعه انجام شده میزان pH در محدوده ۸.۳ - ۷.۶ در ایستگاههای مختلف طی زمان نمونه برداری به ثبت رسید که نشان می داد میزان این فاکتور در ایستگاهها مناسب می باشد، زیرا محدوده pH برای آب های سطحی جهت حفظ تنوع بیولوژیکی بین ۹ - ۶.۵ بیان شده است (Barbour et al., 1996). نتایج به دست آمده در رابطه با pH حاکی از عدم وجود اختلاف معنادار بین ایستگاهها می باشد. 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 پایین دست و بالادست می باشد.

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

نتایج حاصل از این تحقیق در خصوص یون های آمونیم و نیتريت حاکی از وجود اختلاف معنادار بین ایستگاه ۱ (محل خروج پساب) و سایر ایستگاهها می باشد. به طوری که میزان آن ها در محل خروج پساب به طور چشمگیری افزایش یافته است. با توجه به یافته ها، این مقادیر در ایستگاههای پایین دست کاهش پیدا کرده است با توجه به نتایج آماری و داده های حاصل از نمونه برداری، میزان نیتريت در ایستگاه ۲ و ۳ و آمونیم در ایستگاه ۲ همچنان بالا بوده اما در ایستگاه ۴ اثر بسیار کمی از نیتريت و آمونیم مشاهده می گردد به طوری که با ایستگاه شاهد تفاوت معناداری ندارند. بنابراین آب رودخانه قلعه رودخان توانایی پالایش نیتريت و آمونیم در ایستگاههای پایین دست را دارد. نتایج این پژوهش با مطالعه ای که بر روی رودخانه کبگیان از نظر کیفیت فیزیکی شیمیایی آب انجام شده بود (Sobhan Ardakani et al., 2014) مطابقت دارد و نتایج حاکی از وجود اختلاف معنادار یون های نیتريت و آمونیم بین ایستگاههای بالادست و پایین دست می باشد.

نتایج به دست آمده در رابطه با فسفات نشان داد بین ایستگاه ۱ با سایر ایستگاهها اختلاف معنی دار وجود دارد و میزان فسفات در ایستگاه ۱ و ۲ قلعه رودخان نسبت به سایر ایستگاه بیشتر می باشد. 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 کاهش یافته که حاکی از خود پالایی آب در ایستگاه‌های پایین دست 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. با این وجود 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 پایین دست اختلاف معناداری داشتند که با نتایج این تحقیق در خصوص این پارامتر تطابق ندارد.

به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که پساب کارگاه‌های پرورش ماهی منجر به کاهش کیفیت آب، افزایش میزان برخی از پارامترهای شیمیایی (فسفات، نیترات، نیتريت و آمونیوم) و آلودگی آب رودخانه می‌گردد. در عین حال بر اساس یافته‌ها، رودخانه قلعه‌رودخان توانایی خود پالایی در حذف این اثرات را تا حدودی در ایستگاه‌های پایین دست دارد.

پیشنهادات

برای کاهش مقدار آلاینده‌ها توصیه می‌شود از سیستم‌های تصفیه پساب استفاده شود و نه این که الزاماً حجم تولید کاهش یابد. همچنین پیشنهاد می‌شود 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 نمی‌توان تأثیر آن‌ها را در ارزیابی کیفی آب نادیده گرفت. از طرفی تعیین استاندارد های کیفی برای پساب های خروجی و الزامات اجرایی برای آن‌ها می‌تواند تا حد بسیار زیادی از انتشار آلودگی جلوگیری نماید. علاوه بر این بهتر است پایش پساب های تخلیه شده همراه با انجام آزمایش‌ها 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 Ghezal 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 I. (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 statistics. (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 Rainbow 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 Semirrom. *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., Dompreeh, 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. Thirupathaiiah, 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.