

## ارزیابی آلودگی ناشی از کارگاه های پرورش ماهی قزل آلا (مطالعه موردی: رودخانه هراز)

میترا توکل<sup>۱\*</sup>

[mitra\\_tavakol@yahoo.com](mailto:mitra_tavakol@yahoo.com)

منصوره شایقی<sup>۲</sup>

سید مسعود منوری<sup>۳</sup>

عبدالرضا کرباسی<sup>۴</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۷/۶/۲۷

تاریخ دریافت: ۹۵/۲/۵

### چکیده

زمینه و هدف: گسترش آبرزی پروری و لزوم توسعه همگام آن با معیارهای زیست محیطی نیاز به مطالعه آثار نامطلوب احتمالی این صنعت را آشکار می‌سازد. از جمله این آثار ورود فاضلاب های تصفیه نشده ناشی از مزارع پرورش ماهی به آب رودخانه می باشد که می‌تواند موجب آثار زیست محیطی زیانباری در اکوسیستم های آبی پذیرنده باشد. بر این اساس، تحقیق پیش رو با هدف ارزیابی آلودگی ناشی از کارگاه های پرورش ماهی قزل آلا بر کیفیت آب رودخانه هراز واقع در شمال ایران انجام گرفت.

روش بررسی: برای این منظور، نمونه برداری ۲۴ پارامتر فیزیکی و شیمیایی آب در ۱۵ ایستگاه بر اساس متدهای استاندارد طی یکسال انجام گردید. نقشه های توپوگرافی، زمین شناسی، هیدرولوژی، خاکشناسی و کاربری اراضی منطقه و راههای دسترسی محدوده مورد مطالعه تهیه و مورد بررسی قرار گرفت. هم چنین منابع آلاینده شامل استخرهای پرورش ماهی، اراضی کشاورزی، استقرار مراکز مسکونی، صنایع موجود و آبگرم های معدنی شناسایی شدند.

یافته ها: نتایج حاصل حاکی از آن است که، غلظت  $BOD$ ،  $NO_3^-$  و  $PO_4$  در ایستگاه های ۷ و ۱۰ بسیار زیاد می باشد. دلیل این امر را می توان در قرار گرفتن چندین مزرعه پرورش ماهی کنار هم جستجو کرد. مضافا به اینکه، غلظت  $DO$  در ایستگاه های مذکور کاهش قابل ملاحظه ای داشته است که می تواند به دلیل افزایش مصرف اکسیژن آب در این ایستگاه ها به علت تعدد استخرهای پرورش ماهی باشد.

۱- دکتری، گروه علوم محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. \* (مسوول مکاتبات)

۲- استاد تمام، گروه حشره شناسی پزشکی و مبارزه با ناقلین، دانشکده بهداشت، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۳- استادیار، گروه علوم محیط زیست، دانشکده محیط زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۴- دانشیار، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

**بحث و نتیجه گیری :** به طور کلی یافته های تحقیق تاییدی بر تاثیر قابل تامل استخرهای پرورش ماهی بر کیفیت منابع آب سطحی در محدوده مطالعاتی است. این امر لزوم اتخاذ تدابیر مدیریتی لازم جهت کنترل آلاینده های ناشی از این صنعت در قالب دستورالعمل ها و ضوابط زیست محیطی را مشخص می نماید.

**واژه های کلیدی:** کیفیت آب، کارگاه پرورش ماهی، رودخانه هراز، ارزیابی.

## **Assessment of Pollution from Trout Farms (Case Study: Haraz River)**

**Mitra Tavakol<sup>1\*</sup>**

[mitra\\_tavakol@yahoo.com](mailto:mitra_tavakol@yahoo.com)

**Mansoureh Shayeghi<sup>2</sup>**

**Seyed Masoud Monavari<sup>3</sup>**

**Abdolreza Karbasi<sup>4</sup>**

Admission Date: September 18, 2018

Date Received: April 24, 2016

### **Abstract**

**Background and Objective:** Development of aquaculture and the necessity to comply with environmental standards reveal the need to study the potential adverse effects of this industry. One of the most devastating effects of aquaculture would be water pollution caused by the discharge of untreated effluent from fish farms into the host aquatic ecosystems. Accordingly, the present study was performed to assess the contamination caused by trout farms on water quality of Haraz River in northern Iran.

**Method:** For this purpose, a total number of 24 physical and chemical water quality parameters were sampled from 15 stations over a one-year period based on the standard methods. The maps of Topography, Geology, Hydrology, Soil, Land use, and access roads of the study area were prepared and studied. Furthermore, the pollutant sources, including fish farming pools, agricultural fields, residential areas, industries, and hot water mineral springs, located within the boundaries of the study area were also identified.

**Findings:** The results showed that concentration of BOD, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, and PO<sub>4</sub> at the stations 7 and 10 was very high. The reason for this can be proximity of several fish farms close to each other. Moreover, the concentration of DO in the mentioned stations showed a substantial decline that may be due to increased consumption of oxygen due to proximity of multiple fish farms in these stations.

**Discussion and Conclusion:** Overall, the results confirm the considerable impact of fish farms on the quality of surface water resources in the study area. This highlights the need to take the necessary management measures to control pollutants from the industry in the form of environmental guidelines and regulations.

**Key words:** Water Quality, Trout Farm, Haraz River, Assessment.

---

1- Ph.D., Department of Environmental Science, Faculty of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran \*(Corresponding Author)

2- Full Professor, Department of Medical Entomology and Vector Control, School of Public Health, Tehran University, Tehran, Iran

3- Assistant Professor, Department of Environmental Science, Faculty of Environment and Energy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

4- Associate Professor, Department of Environmental Engineering, School of Environment, Tehran University, Tehran, Iran

## مقدمه

آب های سطحی پتانسیل زیادی برای آلوده شدن دارند. این آب ها از دیرباز به لحاظ سهولت در برداشت، مورد استفاده جوامع بشری بمنظور تامین آب شرب، صنعتی و کشاورزی، مورد استفاده بوده است. پساب تولیدی از مراکز مسکونی، صنعتی و کشاورزی به آب های سطحی راه یافته و باعث آلودگی آب های سطحی شده اند. در نتیجه شرایط اکولوژیکی زیستگاههای آبریزان با خطرات جدی مواجهه شده است (۱،۲،۳،۴). یکی از استفاده های مرسوم از منابع آب، پرورش آبریزان می باشد. احداث کارگاه های پرورش ماهیان سردابی در کنار رودخانه ها به صورت امری رایج درآمده است. فاضلاب این کارگاه ها مستقیماً وارد رودخانه ها شده و موجب بروز آثار سوء و زینباری از جمله به هم خوردن تعادل طبیعی بوم سازگانه های آبی می گردند (۵،۶،۷،۸،۹).

گسترش آبرزی پروری و لزوم توسعه همگام آن با معیارهای زیست محیطی نیاز به مطالعه آثار نامطلوب احتمالی آبرزی پروری را آشکار می سازد. از جمله این آثار ورود فاضلاب های تصفیه نشده به آب رودخانه و در نتیجه آلودگی میکروبی محیط های آبی و بیماریهای انگلی آبریزان می باشد. امروزه فعالیت های آبرزی پروری به عنوان یکی از منابع مهم تامین غذا در دنیا از رشد قابل ملاحظه ای برخوردار شده اند. به موازات این توسعه، مانند هر صنعت دیگری، عوارض زیست محیطی ناشی از آن طی مطالعات و تحقیقات مختلف مورد موشکافی واقع شده اند. Boyd و Pine در سال ۲۰۱۱ (۱۴) تاثیر استخرهای پرورش ماهی را در شور شدن منابع آب سطحی در منطقه Blackland Prairie مورد بررسی قرار دادند. آن ها ضمن تایید اثرات زینبار ناشی از این صنعت در محیط های آبی گزارش کردند که محتویات کلراید در اطراف این مناطق از  $230 \text{ mg/L}$  تجاوز نموده است.

Saremi و همکاران (۱۵) تاثیر پساب ناشی از آبرزی پروری را بر پارامترهای کیفی آب رودخانه هراز مورد مطالعه قرار دادند طبق گزارش آن ها، احداث مزارع پرورش ماهی با ظرفیت بالا می تواند تاثیرات آشکاری بر حوضه آبریز هراز داشته باشد علی-الخصوص در کاهش اکسیژن محلول و افزایش غلظت مواد

مغزی و BOD. در مطالعه دیگری بر روی رودخانه هراز توسط Yousefi و Bandpei در سال ۲۰۱۳، (۱۶) وضعیت پارامترهای فیزیکی آب در طول رودخانه مورد بررسی قرار گرفت. طبق نتایج آن ها، تفاوت معناداری بین میزان کل فسفات در بالادست و پایین دست مزارع پرورش ماهی مشاهده شد. Ruiz-Zarzuela و همکاران (۱۷) اثرات ناشی از فعالیت های مزارع پرورش ماهی را بر کیفیت آب دوازده رودخانه در شمال شرق اسپانیا مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها حاکی از کاهش قابل ملاحظه pH و اکسیژن محلول و همچنین افزایش شدید COD، آمونیوم، فسفات ها و پارامترهای میکروبی در پایین دست مزارع پرورش ماهی بود. Varedi و همکاران (۱۸) تاثیر پساب ناشی از مزارع پرورش قزل الای رنگین کمان را بر کیفیت آب رودخانه هراز مورد مطالعه قرار داده و گزارش کردند مقادیر  $\text{PO}_4^{-3}$ , TP,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NH}_4^+$ , TDS, EC از مزرعه ای به مزرعه دیگر به طور قابل ملاحظه ای افزایش داشته اند. Mahboobi Soofiani و همکاران (۱۹) در بررسی اثرات پساب مزارع پرورش ماهی قزل آلا بر کیفیت آب رودخانه زاینده رود هیچ یک از پارامترهای کیفی آب را فراتر از حد مجاز ندیدند. با این حال، طبق نتایج آن ها، پارامترهای COD، BOD و TSS در اطراف مزارع افزایش قابل ملاحظه ای داشته اند.

در حال حاضر علی رغم کمبود آب آشامیدنی، در اغلب شهرهای کوچک و بزرگ ایران، هیچگونه استاندارد مشخصی جهت ایجاد کارگاه های تکثیر و پرورش ماهیان سردابی بر روی رودخانه های جاری با آب دائم که از شاهرگ های حیاتی جامعه به شمار می روند صورت نمی گیرد. این کنترل که باید از جهت میزان ترکیبات آلاینده در خروجی کارگاه ها و امکان شرایط پالایش آن ها از یک سو و رعایت فاصله مطمئن با کارگاه بعدی جهت فرصت خودپالایی رودخانه انجام گیرد، در حال حاضر رعایت نمی شود. با توجه به سیاست کشور مبنی بر افزایش تولید ماهیان پرورشی، بدون هر گونه مطالعه ای اقدام به ایجاد کارگاه های تکثیر و پرورش ماهیان سردابی بر روی رودخانه هایی نظیر هراز می گردد که در طراحی و ساخت آن ها

پرباب شمال کشور محسوب می شود (۲۱). طول رودخانه هراز ۱۸۵ کیلومتر بوده (۲۱) و حوزه آبخیز رودخانه هراز با مساحتی حدود ۵۱۰۰ کیلومتر مربع در بخش شمالی سلسله جبال البرز، ۳۵ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۲۷ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۴۲ دقیقه طول شرقی واقع شده است (۲۲).

این رودخانه در طی مسیر خود از لار تا سرخورد، آب چندین رود فرعی را دریافت می کند که مهم ترین آن ها رود نمارستاق با دبی ۳ متر مکعب در ثانیه و رود نور با دبی ۳/۵ متر مکعب در ثانیه می باشد. آبدهی متوسط رودخانه هراز، ۹۴۰ میلیون متر مکعب و فصل زمستان با متوسط آبدهی ۱۳۲ میلیون متر مکعب می باشد. (۲۲) طول رودخانه در مسیر درازترین شاخه (لار)، ۱۴۸ کیلومتر است. شیب کف رودخانه در دشت حدود ۱ درصد، حد وسط دشت و شهر آمل، حدود ۷-۸ درصد و در بالا دست آمل حدود ۱۲-۱۳ درصد می باشد (۲۳).

#### روش بررسی

برای انجام نمونه برداری ابتدا نقشه های توپوگرافی، زمین شناسی، هیدرولوژی، خاکشناسی و کاربری اراضی منطقه و راههای دسترسی محدوده مورد مطالعه تهیه و مورد بررسی قرار گرفت. انتخاب ایستگاه های نمونه برداری با توجه به شرایط طبیعی و امکان دسترسی به رودخانه و همچنین در نظر داشتن عوارض طبیعی و انسانی، از جمله شاخه های فرعی رودخانه، تغییر ساختارهای زمین شناسی و منابع آلاینده شامل استخرهای پرورش ماهی، اراضی کشاورزی، استقرار مراکز مسکونی، صنایع موجود و آبگرم های معدنی انجام شد. بطور کلی پنج معیار دخیل در انتخاب ایستگاه ها عبارت بودند از: (۱) قبل از محل اتصال جریان های فرعی به رودخانه و بعد از آن در جایی که آب کاملاً مخلوط شده است یعنی خروجی و ورودی استخرهای پرورش ماهی، (۲) محل انفصال یک جریان فرعی از رودخانه (قبل و بعد از انفصال)، (۳) محل هایی که تغییر مشخصی در زمین شناسی یا خاک منطقه رخ می دهد، (۴) قبل و بعد از تخلیه منابع آلاینده نقطه ای (جائی که آلاینده با آب

دقت لازم نسبت به رعایت فواصل با کارگاه های بالا دست یا پایین دست و همچنین امکان پالایش آب خروجی قبل از ورود به مسیر رودخانه نشده است. بدیهی است در فاصله زمانی نه چندان زیاد به علت نیاز به منابع آبی جدیدآشامیدنی، آلودگی آن ها از معضلات جدی خواهد بود (۸). طبق گزارش فائو در سال ۲۰۰۴، فعالیت های آبی پروری در کنار رودخانه هراز بیش از یک سوم مصارف ماهی مصرف شده در منطقه را تامین می کند (۱۶).

موارد یاد شده ضرورت سنجش آلاینده های ناشی از این صنعت را به وضوح بیان می کند. در این راستا، تحقیق پیش رو با هدف ارزیابی آلودگی ناشی از کارگاه های پرورش ماهی قزل آلا در رودخانه هراز به انجام رسید. گفتنی است که رودخانه هراز از سه جهت دارای اهمیت است. نخست اینکه به عنوان یک رودخانه دائمی از قلب شهر آمل گذشته و از نظر منظر شهری امتیاز خاصی به این شهر می بخشد، دوم اینکه به لحاظ وجود دو مرکز شهری (آمل، گزنک) و چهل مرکز روستایی دارای جمعیت در حوضه آبریز (۲۰) آن و اراضی کشاورزی گسترده و واحدهای تولیدی و صنعتی آلاینده در پیرامون آن و ورود پساب ها و زه آب های ناشی از این مراکز و همچنین پساب آب های گرم معدنی در معرض آلودگی قرار دارد. سوم اینکه رودخانه هراز در پایین دست در آینده نزدیک، جهت تامین آب شرب شهر آمل از طریق سد انحرافی، از اهمیت اجتماعی خاصی برخوردار می باشد. بنابراین به لحاظ اهمیت رودخانه هراز به عنوان یکی از مهم ترین منابع تامین آب آشامیدنی و کشاورزی منطقه، ارتقا و حفظ سطح کیفی آب، هدف اصلی این مطالعه و به تبع آن مدیریت این منبع غیرقابل جایگزین، می باشد. همینطور محدود و آسیب پذیر بودن این منبع آبی از یک سو و هزینه های بالای تصفیه آب از سوی دیگر و واقع شدن منطقه در اقلیم نیمه مرطوب، نگرانی و حفظ آب از آلودگی ها و منابع آلاینده از منشاء را الزامی می نماید.

#### محدوده مطالعاتی

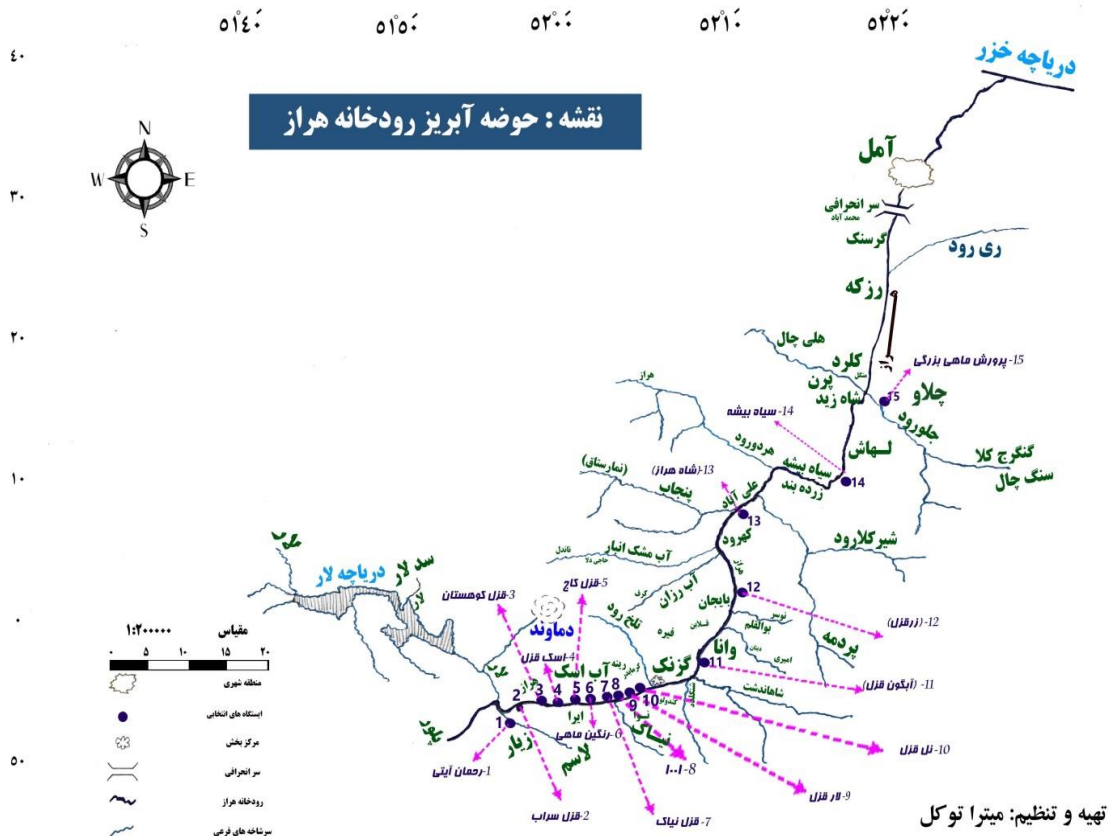
رودخانه هراز یکی از رودخانه های مهم حوزه آبریز دریای خزر بوده و پرباب ترین رودخانه غرب مازندران و یکی از ۳ رودخانه

آمونیاک ( $NH_3$ )، و فلزات سنگینی چون کادمیم (Cd) و سرب (Pb)، به صورت ماهیانه و برای سموم نباتی دیازینون (Diazinon)، فنیتروتیون (Fenitrothion) و دی کلرووس (Dichlorovous)، اتیون (Ethion)، دی متوات (Demethoat)، پروفنوفوس (Profenofos) و مالاتیون (Malathion) به صورت فصلی در دو فصل گرم سم پاشی (بهار و تابستان) انجام گرفت. آنالیز نمونه ها بر اساس دستور العمل ذکر شده در استاندارد متد (۲۰۰۵) انجام گردید. (۲۴) روشها و دستگاه های مورد استفاده جهت آنالیز نمونه ها به شرح جدول ۱ می باشد.

مخلوط شده و حالت یکسانی بوجود آمده است، انتخاب می-شود، و (۵) بالادست و پایین دست منابع آلاینده غیرنقطه ای. پس از مشخص شدن ایستگاه های نمونه برداری موقعیت و مختصات این نقاط از طریق موقعیت یاب جهانی (GPS) روی نقشه مشخص شد. موقعیت ایستگاه ها در شکل ۱ نشان داده شده است. تعیین اولویتها در انتخاب پارامترهای مورد بررسی، بر اساس تعدادی از عوامل مانند سرعت ایجاد خطر ناشی از یک آلاینده، نگرانی و توجه خاص عموم نسبت به آلاینده ای خاص، قابلیت کنترل منابع آلاینده موجود و پتانسیل آلودگی آن ها و نوع استفاده از آب بوده است. در بررسی های زیست محیطی به منظور دستیابی به وسعت و حدود تغییرات آلودگی، پارامترهای فیزیکوشیمیایی و میکروبی آب رودخانه در ۱۵ ایستگاه تعیین گردید. تعداد ۱۲ نمونه از هر ایستگاه برداشت شد و نمونه برداری طی یک دوره یکساله از شهریورماه (سپتامبر) ۱۳۹۲ تا شهریورماه (سپتامبر) سال ۱۳۹۳ انجام شد.

نمونه برداری از طریق بطری های شیشه ای انجام گرفت. ظروف نمونه برداری ابتدا با دترجنت و آب معمولی و سپس با اسید نیتریک و بعد با آب مقطر شستشو داده شدند. قبل از انتقال نمونه ها به آزمایشگاه کارهای مقدماتی از قبیل تثبیت کردن نمونه ها با مواد شیمیایی مورد نیاز، تعیین درجه حرارت آب و هوا، تهیه بر چسب (شامل مشخصات ایستگاه، زمان نمونه برداری، وضعیت جوی) انجام گردید. نمونه ها پس از آماده سازی لازم در شرایط مناسب دمایی و در حداقل زمان ممکن به آزمایشگاه منتقل و تا قبل از انجام آزمایش در یخچال نگه داری شدند.

نمونه برداری و آنالیز برای ۲۵ پارامتر فیزیکی و شیمیایی شامل: دما (Temp.)، اسیدیته (pH)، باقیمانده خشک (TDS)، کدورت (Turb.)، اکسیژن محلول (DO)، اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی (BOD)، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD)، هدایت الکتریکی (EC)، کل کلیفرم (TColi.)، کلیفرم مدفوعی (FColi) نیترات ( $NO_3^-$ )، فسفات ( $PO_4^{3-}$ ).



شکل ۱- ایستگاه های سنجش پارامترهای کیفی آب رودخانه هراز

Figure 1. water quality mentoring stations in Haraz River

جدول ۱- روش ها و دستگاه های مورد استفاده جهت آنالیز پارامترهای کیفی آب رودخانه هراز

Table 1. measurement methods and devices used in the present research

روش یا دستگاه آزمایشگاهی مورد استفاده	استاندارد آزمایشگاهی	واحد اندازه گیری	کلمات اختصاری	پارامترها	ردیف
Sension156 Hach	Standard method	S cm <sup>-1</sup> μ	EC	Electrical conductivity	۱
Sension156 Hach	Standard method	mgL <sup>-1</sup>	DO	Dissolved oxygen	۲
Sension156 Hach	Standard method	NTU	Turb.	Turbidity	۳
Sension156 Hach	Standard method	pH unit	pH	pH	۴
Sension156 Hach	Standard method	°c	Temp.	Temperature	۵
Spectrophotometric	Nitrate with Test	mgL <sup>-1</sup>	No <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrate nitrogen	۶
Spectrophotometric	Ammonium with vario power pach	mgL <sup>-1</sup>	NH <sub>3</sub>	Ammonical nitrogen	۷
Spectrophotometric	Phosphate orth LR with Tube Test	mgL <sup>-1</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Phosphate	۸
Dichromate reflex method	COD Total with Vario Tube	mgL <sup>-1</sup>	COD	Chemical oxygen demand	۹
Winkler azide method	روش دستگاهی	mgL <sup>-1</sup>	BOD	Biochemical oxygen demand	۱۰

Multiple tube method	سیستم ۹ لوله ای	MPN/100ml	TColi.	Total coliform	۱۱
Multiple tube method	سیستم ۹ لوله ای	MPN/100ml	FColi.	Feacal coliform	۱۲
Sension156 Hach	Standard method	mgL <sup>-1</sup>	TDS	Total dissolved solids	۱۳
Sension156 Hach	Standard method	mgL <sup>-1</sup>	TSS	Total suspended solids	۱۴
Colorimeter	Standard method	پلاتین/Lmg	Color	Color	۱۵
Atomic Absorption	روش تبخیر سرد	mgL <sup>-1</sup>	Cd	Cadmium	۱۶
Atomic Absorption	روش تبخیر سرد	mgL <sup>-1</sup>	Pb	Lead	۱۷
HPLC	دتکتور UV	mgL <sup>-1</sup>	Malathion	Malathion	۱۸
HPLC	دتکتور UV	mgL <sup>-1</sup>	Profenofos	Profenofos	۱۹
HPLC	دتکتور UV	mgL <sup>-1</sup>	Demethoat	Demethoat	۲۰
HPLC	دتکتور UV	mgL <sup>-1</sup>	Ethion	Ethion	۲۱
HPLC	UVدتکتور	mgL <sup>-1</sup>	Dichlorovous	Dichlorovous	۲۲
HPLC	UVدتکتور	mgL <sup>-1</sup>	Fenitrothion	Fenitrothion	۲۳
HPLC	UVدتکتور	mgL <sup>-1</sup>	Diazinon	Diazinon	۲۴

کادمیوم و سرب در آزمایشگاه دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران از طریق دستگاه جذب اتمی اندازه گیری گردید. برای تثبیت نمونه ها در محل نمونه برداری از محلول اسید نیتریک استفاده شد. آزمایش های مربوط به اندازه گیری سموم نباتی دیازینون، فنیتروتیون، دی کلرووس، اتیون، دی متوات، پروفنوفوس و مالاتیون با هماهنگی انجام شده در آزمایشگاه حشره شناسی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران از طریق دستگاه گاز کروماتوگرافی و HPTLC انجام گرفت. برای تثبیت نمونه ها در محل نمونه برداری از ۵۰ سی سی محلول دی کلرومتان استفاده گردید.

قبل از انجام تجزیه های آماری، ابتدا داده های حاصل از ارزیابی پارامترهای مورد مطالعه با استفاده از شاخص کلمگروف - اسمیروف (K-S) از نظر نرمال و تناسب داده ها مورد بررسی قرار گرفت. بر این اساس یک تست برازش نرمال بودن به روش های پارامتری انجام گردید. پس از اطمینان از توزیع نرمال داده، برای بررسی تفاوت بین ایستگاه ها از نظر تغییرات میزان پارامترهای مختلف از آنالیز واریانس ANOVA استفاده گردید. برای مقایسه میانگین پارامترهای با F معنی دار در بین

تعدادی از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی با استفاده از دستگاه های پرتابل (قابل حمل) در محل اندازه گیری گردید. آزمایش های انجام یافته در محل نمونه برداری شامل پارامترهای دما، هدایت الکتریکی، اکسیژن محلول، کل جامدات محلول و pH توسط دستگاه پرتابل Sension156 Hach و کدورت توسط دستگاه Horriba بوده. نتایج حاصل از اندازه گیری صحرائی در فرم های مخصوص ثبت می گردید. اطلاعات ثبت شده در فرم های مذکور شامل اطلاعات مربوط به روز نمونه برداری از جمله تاریخ و ساعت نمونه برداری، وضعیت جوی، نوع منبع و کد ایستگاه مورد پایش، نتایج حاصل از اندازه گیری پارامترهای فوق، و توضیحات مربوط به نمونه های آب تهیه شده برای ارسال به آزمایشگاه جهت اندازه گیری سایر پارامترها بود. آزمایشات مربوط به پارامترهای نیترات، آمونیاک، فسفات، EC، TDS، BOD، COD، رنگ، کل کلیفرم ها و کلیفرم های مدفوعی در آزمایشگاه اداره کل سازمان محیط زیست استان مازندران و آزمایشگاه پاکزیست البرز کاسپین (آزمایشگاه معتمد سازمان حفاظت محیط زیست کشور) به انجام رسید. آزمایش های اندازه گیری مقادیر فلزات سنگین



برداری و اندازه گیری مقادیر متغیرهای کیفی آب رودخانه هراز در مورد پارامترهای فیزیکوشیمیایی، میکروبی و سموم در طول یکسال نمونه برداری در جدول ۲ و ۳ ارائه شده است. همانطور که در جدول قابل مشاهده است، بیشترین میزان DO برابر  $9/1 \text{ ml/litr}$  و کمترین میزان برابر  $3/5$  بوده است. برای BOD بیشترین مقدار اندازه گیری شده  $150 \text{ mg/lit}$  بوده است. همینطور سایر پارامترها از جمله نیترات بیشترین مقدار اندازه گیری شده  $8/1 \text{ mg/lit}$  و کمتری مقدار  $0/04 \text{ mg/lit}$  بوده و مقدار اندازه گیری شده برای فسفات،  $3/7 \text{ mg/lit}$  بیشترین و  $0/01 \text{ mg/lit}$  کمترین مقدار بوده است.

ایستگاه ها (چند گانه) از آزمون دانکن در سطح احتمال  $5\%$  استفاده گردید. تمامی محاسبات آماری و ریاضی از طریق نرم افزارهای 2007 Excell، و 16 SPSS انجام گردید.

#### یافته ها

در این تحقیق با انتخاب فاکتورهای مؤثر از جمله موقعیت نقاط نمونه برداری، پارامترهای کیفی آلودگی آب، دوره های نمونه برداری، روش های آزمایشگاهی و آنالیز داده ها، سعی گردید تا نتایج حاصل نشان دهنده وضعیت کیفی رودخانه هراز در حوزه مورد مطالعه و منابع آلاینده آن باشد. توصیف آماری ( شاخص های مرکزی و شاخصهای پراکندگی) نتایج حاصل از نمونه

#### جدول ۲- مشخصات آماری متغیرهای کیفی آب (فیزیکوشیمیایی و میکروبی)

Table 2. statistical specification of the water quality parameters (physiochemical variables)

پارامتر	واحد اندازه گیری	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار
DO	mgL-1	3/50	9/10	6/23	1/09
Temp	c°	4/00	25/00	11/33	5/36
pH	pH unit	6/60	8/50	7/69	0/45
BOD	mgL-1	1/00	150/00	25/42	36/25
Turbidity	NTU	7/00	1490/00	310/22	424/05
Nitrate	mgL-1	0/04	8/10	2/42	2/08
PHosphate	mgL-1	0/01	3/70	0/73	0/91
Coliforms	MPN/100ml	110/00	1000/00	312/47	236/68
TDS	mgL-1	110/00	1410/00	493/94	234/50
EC	$\mu \text{ S cm-1}$	200/00	1320/00	602/26	234/13
TSS	mgL-1	25/00	1890/00	562/53	502/40
COD	mgL-1	2/00	592/00	79/13	143/23
NH <sub>3</sub>	mgL-1	0/01	0/66	0/12	0/13
Color	color unit	5/00	50/00	21/91	13/22
Pb	mgL-1	0/01	0/70	0/21	0/19
Cd	mgL-1	0/00	0/09	0/02	0/02
T.coli	MPN/100ml	2400/00	2400/00	2400/00	0/00

## جدول ۳- مشخصات آماری متغیرهای کیفی آب (سموم)

Table 3. statistical specification of the water quality parameters (toxins)

انحراف معیار	میانگین	بیشینه	کمینه	واحد اندازه گیری	پارامتر
۰/۷۰	۲/۴۱	۳/۲۱	۱/۳۵	mgL-1	Diazinon
۰/۱۸	۰/۶۷	۰/۹۱	۰/۴۴	mgL-1	Fenitrothion
۰/۵۱	۱/۶۱	۲/۱۱	۰/۷۵	mgL-1	dichlorovous
۰/۱۱	۰/۵۶	۰/۷۱	۰/۴۲	mgL-1	Ethion
۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۴	mgL-1	Demthoat
۰/۰۹	۰/۴۸	۰/۶۲	۰/۳۵	mgL-1	Profenofos
۰/۷۲	۱/۵۲	۲/۵۰	۰/۹۰	mgL-1	Malathion

## آنالیز کیفی آب بر حسب ماه های مختلف

BOD برابر بود با ۱ mg/lit در ایستگاه های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵. غلظت کم BOD در این ماه را می توان برودت هوا و همینطور کوهستانی بودن منطقه دانست که منجر به رفع آلودگی در منطقه گردید. کمترین میزان فسفات در این ماه ۰/۰۱ mg/lit در ایستگاه های ۳ و ۴ بود. سرمای هوا و کوهستانی بودن منطقه دو عامل کاهش غلظت فسفات در منطقه می باشند. کمترین مقدار کلی فرم در این ماه برابر ۱۱۰ MPN در ایستگاه های ۴ و ۵ بود. کمترین میزان COD در ماه آذر ۲ mg/lit در ایستگاه های ۱، ۲ و ۴ بود. دلیل آنرا می توان در سرما و کوهستانی بودن منطقه جستجو کرد. کمترین مقدار NH<sub>3</sub> در این ماه برابر بود با ۰/۰۱ mg/lit در ایستگاه شماره ۱۵. سرمای هوا دلیل رفع آلودگی در منطقه است. در این ماه کمترین مقدار سرب ۰/۰۱ mg/lit در ایستگاه های ۱، ۲، ۳، ۴ گزارش شد. کمترین مقدار کادمیوم در این ماه ۰/۰۰۱ mg/lit بود که در ایستگاه های ۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۵ اندازه گیری شده بود. در دی ماه، بیشترین میزان کدورت برابر بود با ۱۴۹۰ ntu که در ایستگاه شماره ۱۴ به ثبت رسید. دلیل بالا بودن کدورت در این ایستگاه مربوط است به تعدد کارگاه های شن و ماسه در منطقه. کمترین میزان کلی فرم در این ماه معادل با ۱۱۰ MPN در ایستگاه های ۲، ۳ و ۴ باندازه گیری شد. بیشترین میزان TDS در این ماه برابر بود با ۱۴۱۰ mg/lit در ایستگاه شماره ۱۴ به دلیل تعداد زیاد کارگاه های شن و ماسه در این منطقه. بیشترین واحد رنگ در این ماه برابر بود با ۵۰ واحد که

بررسی مشخصات آماری متغیرهای کیفی آب بر حسب ماه های مختلف نشان می دهد در مهرماه بیشترین میزان pH برابر با ۸/۵ در ایستگاه شماره ۱۴ و ۱۵ منطقه سیاه بیشه و چلاو بود و کمترین میزان BOD برابر با ۱ mg/lit مربوط به ایستگاه های ۲ و ۳ بود که نشانه پاکیزگی آب رودخانه می باشد. بیشترین میزان سرب در این ماه برابر با ۰/۷ mg/lit در ایستگاه های ۸ و ۱۰ و ۱۱ و ۱۲ و ۱۳ و ۱۴ بود. دلیل این امر استفاده بیش از اندازه از کودهای شیمیایی حاوی فلزات سنگین جهت تغذیه ماهیان می باشد. کمترین میزان کادمیوم برابر با ۰/۰۰۱ mg/lit در ایستگاه های ۳، ۴، ۵ بود. دلیل آن را می توان مربوط دانست به جریان تند آب رودخانه در منطقه کوهستانی که منجر به رفع آلودگی آب می گردد. در آبان ماه، کمترین میزان BOD برابر با ۱ mg/lit در ایستگاه های ۱، ۲ و ۳ بود. شدت جریان آب رودخانه (دبی بالای رودخانه) در منطقه کوهستانی و سرمای هوا (دمای آب ۶ درجه سانتی گراد) منجر به رفع آلودگی در منطقه گردید. کمترین میزان کلی فرم در این ماه ۱۱۰ MPN در ایستگاه شماره ۸ در منطقه نوا بود (گرمابدر). این امر نیز به دلیل جریان تند آب رودخانه و رفع آلودگی آب و همچنین سرمای هوا می باشد. گفتنی است تراکم کمتر جمعیت انسانی (به دلیل کوهستانی بودن و سرمای هوا) و در نتیجه تولید کمتر فاضلاب انسانی در این امر بی تاثیر نبوده است. کمترین میزان Cd در این ماه ۰/۰۰۱ mg/lit در ایستگاه های ۲، ۳، ۴، ۵ گزارش شد. در آذرماه، کمترین میزان

واقع در مناطق بالادست اندازه گیری شد. علت آن به بالا بودن نرخ بارش و کاهش آلودگی در منطقه قابل انتساب است. کمترین میزان سرب و کادمیم در این ماه به ترتیب برابر با  $0.01 \text{ mg/lit}$  و  $0.001 \text{ mg/lit}$  در تیر ماه، بیشترین میزان کلی فرم برابر بود با  $1000 \text{ MPN}$  که در ایستگاه های ۱۴ و ۱۵ اندازه گیری شد. به دلیل آن مربوط می شود به تخلیه فاضلاب انسانی در آب رودخانه و نزدیکی به شهر، تراکم جمعیت انسانی در نزدیکی رودخانه، و همینطور جمعیت کارگری که درحاشیه رودخانه مشغول سد سازی می باشند. کمترین میزان سرب  $0.01 \text{ mg/lit}$  در ایستگاه های ۱، ۲، ۳ و ۴ و کمترین میزان کادمیم  $0.001 \text{ mg/lit}$  در ایستگاه ۱ و ۲ اندازه گیری شدند. بیشترین میزان کادمیم مربوط به این ماه برابر بود با  $0.09 \text{ mg/lit}$  که در ایستگاه ۱۲ به ثبت رسید. دلیل آن به استفاده زیاد از کود شیمیایی حاوی فلزسنگین در استخرها به عنوان غذای ماهی قابل انتساب است. بیشترین میزان دما در مرداد ماه و در ایستگاه ۱۰ به ثبت رسید که برابر بود با ۲۵ درجه سانتی گراد. دمای بالای این ایستگاه به گرمای هوا در فصل تابستان مربوط می شود. کمترین میزان pH در این ماه برابر بود با ۶/۶۰ که در ایستگاه ۱۰ به ثبت رسید. دلیل آنرا می توان در ورود املاح اسیدی از چند مزرعه و بالا بودن آلودگی در این ماه جستجو کرد. بیشترین میزان BOD در این ماه و در ایستگاه ۱۰ گزارش شد که برابر بود با  $150 \text{ mg/lit}$ . قرارگیری چند مزرعه پرورش ماهی کنار هم باعث بالا رفتن BOD در این منطقه گردیده است. مضافا به اینکه دمای هوا نیزسرعت واکنش ها را افزایش داده است. بیشترین میزان فسفات در این ماه به میزان  $3/7 \text{ mg/lit}$  در ایستگاه ۱۰ اندازه گیری شد که علت آن کنار هم قرار گرفتن چند استخر پرورش ماهی در این ایستگاه و افزایش املاح و مواد غذایی داخل استخرها می باشد. بیشترین میزان TSS در این ماه و در ایستگاه ۱۴ گزارش شد که برابر بود با  $1890 \text{ mg/lit}$ . از جمله دلایل مسبب آن، املاح زیاد و نزدیکی به کارگاه های شن و ماسه و افزایش فعالیت استفاده از شن و ماسه در این ماه می باشد. بیشترین میزان COD نیز در این ماه در ایستگاه ۱۴ به

در ایستگاه شماره ۱۰ به ثبت رسید. دلیل آن به استفاده بیش از حد از قارچ کش در استخرهای پرورش ماهی مربوط می شود. در این ماه کمترین میزان سرب معادل  $0.01 \text{ mg/lit}$  در ایستگاه های ۱، ۲، ۴ اندازه گیری شد. کمترین میزان کادمیم  $0.001 \text{ mg/lit}$  بود که در ایستگاه های ۱، ۴، ۵، ۶ به ثبت رسید. کمترین میزان دما در بهمن ماه برابر بود با ۴ درجه سانتی گراد که در ایستگاه های شماره ۱، ۳ و ۴ واقع در منطقه برفگیر اسک و پلور ثبت شد. کمترین میزان نیترات در این ماه برابر بود با  $0.04 \text{ mg/lit}$  که در ایستگاه شماره ۲ اندازه گیری شد. دلیل آن را می توان به سرمای هوا و جریان تند رودخانه نسبت داد. کمترین میزان کلی فرم، سرب و کادمیم در این ماه به ترتیب برابر بود با ۱۱۰ میلی گرم بر لیتر،  $0.01 \text{ mg/lit}$  و  $0.001 \text{ mg/lit}$  در آخرین ماه سال، کمترین میزان کدورت برابر با ۷ ntu در ایستگاه های ۲، ۳ و ۴ واقع در منطقه اسک و پلور گزارش شد. دلیل آنرا می توان در شدت جریان و کاهش آلودگی آب در این منطقه دانست. در ماه اسفند، کمترین میزان کلی فرم، سرب و کادمیم به ترتیب برابر با  $110 \text{ MPN}$ ،  $0.01 \text{ mg/lit}$  و  $0.001 \text{ mg/lit}$  گزارش شد. در فروردین ماه، کمترین میزان کادمیم برابر با  $0.001 \text{ mg/lit}$  در ایستگاه های ۱، ۲ و ۳ گزارش شد. در اردیبهشت ماه، به دلیل آب شدن برفها و کم شدن مواد معلق در آب، کمترین میزان کدورت معادل ۷ ntu در ایستگاه های ۳ و ۴ واقع در منطقه اسک اندازه گیری شد. کمترین میزان TSS در این ماه  $25 \text{ mg/lit}$  بود که در ایستگاه شماره ۱ به ثبت رسید. دلیل کم بودن میزان ذرات معلق را می توان به آب شدن برف ها در سرچشمه و زلالی آب نسبت داد. کمترین میزان Pb در این ماه برابر با  $0.01 \text{ mg/lit}$  در ایستگاه های ۳، ۴، ۵ و کمترین میزان Cd برابر با  $0.001 \text{ mg/lit}$  در ایستگاه های ۱، ۲ اندازه گیری شد. بیشترین میزان نیترات مربوط به ماه خرداد برابر بود با  $8/10 \text{ mg/lit}$  که در ایستگاه شماره ۹ واقع در منطقه گرمابدر به ثبت رسید. علت آن به قرار گیری چندین مزرعه پرورش ماهی کنار هم در این منطقه مربوط است. کمترین میزان TDS در این ماه برابر بود با  $110 \text{ mg/lit}$  که در ایستگاه های ۳ و ۴

نزدیکی به شهر و حتی تخلیه زباله جستجو کرد. بیشترین میزان EC در این ماه و در ایستگاه ۱۵ معادل ۱۳۲۰ mg/lit به ثبت رسیده است. تخلیه فاضلاب انسانی و مواد دفعی حاصل از استخرهای پرورش ماهی به درون رودخانه از جمله مهم ترین دلیل مسبب افزایش غلظت این پارامتر عنوان می شود کمترین میزان سرب در این ماه برابر با ۰/۰۱ mg/lit می باشد که در ایستگاه های ۱، ۲، ۳ و ۴ اندازه گیری شد. همچنین، کمترین میزان کادمیوم در این ماه برابر با ۰/۰۰۱ mg/lit می باشد که از ایستگاه های ۱، ۴ و ۵ گزارش شده است.

#### آنالیز واریانس و مقایسه میانگین داده ها

برای داده های بدست آمده تمامی پارامترها در ۱۵ ایستگاه نمونه برداری در قالب طرح بلوک های کاملاً تصادفی به صورت جداگانه برای دوره های نمونه برداری به عنوان تکرار و ایستگاه های نمونه برداری به عنوان تیمار، با استفاده از نرم افزار SPSS تجزیه واریانس صورت گرفت. نتایج تجزیه واریانس برای پارامترهایی که در ایستگاه ها و در دوره های زمانی مختلف اندازه گیری شده بودند، نشان داد، اختلاف معنی داری بین ایستگاه ها و دوره های نمونه برداری شده وجود دارد. بنابراین به منظور اطمینان از ارزیابی صحیح روند تغییرات پارامترهای اندازه گیری شده در ایستگاه ها، آزمون دانکن در سطح ۵٪ اجرا گردید.

ثبت رسید که معادل ۵۹۲ mg/lit می باشد. دلیل آن مربوط است به نزدیکی به چند کارگاه شن و ماسه. بیشترین میزان  $NH_3$  در این ماه برابر بود با ۰/۶۶ که در ایستگاه شماره ۱۳ به ثبت رسید. دلیل این امر را می توان در مجاورت با استخرهای پرورش ماهی و فضولات و مواد دفعی ماهیان دانست. کمترین میزان سرب در این ماه برابر با ۰/۰۱ mg/lit در ایستگاه های ۱، ۲، ۳ و ۴ اندازه گیری شد. همچنین، کمترین میزان کادمیوم در این ماه برابر بود با ۰/۰۰۱ mg/lit که از ایستگاه های ۱، ۲ و ۳ گزارش شد. بیشترین میزان کادمیوم نیز در این ماه برابر بود با ۰/۰۹ mg/lit که در ایستگاه ۷ و ۹ به ثبت رسید. علت آنرا می توان در گرمای هوا و بالا رفتن میزان مصرف کودهای شیمیایی به عنوان غذای ماهیان دانست.

کمترین میزان DO در ماه شهریور در ایستگاه های ۱۳ و ۱۴ معادل با ۳/۵۰ mg/lit گزارش شد. بی او دی فاضلاب انسانی در محل کارگاه های شن و ماسه و افزایش مواد دفعی استخرهای پرورش ماهی (عمدتاً حاوی مواد آلی) به درون رودخانه از جمله عمده ترین دلیل افت اکسیژن محلول در این ایستگاه می باشد. کمترین میزان pH در این ماه در ایستگاه ۱۰ معادل ۶/۶ بوده که دلیل آن ورود املاح فراوان در این ایستگاه است، که محل تلاقی چندین استخر پرورش ماهی می- باشد. بیشترین میزان کلی فرم در این ماه برابر ۱۰۰۰ MPN در ایستگاه های ۱۲ و ۱۵ گزارش شد. دلیل آن را می توان در تخلیه فاضلاب انسانی بیشتر در این ماه به داخل رودخانه و

جدول ۴- آزمون آنالیز واریانس و مقایسه میانگین پارامترها در ماه های مختلف نمونه برداری

Table 4. ANOVA test results for comparison of mean value of water quality parameters in different months of sampling

ANOVA						
پارامترها		مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار فیشر	مقدار معناداری
DO	Between Groups	۱۲۳/۰۶	۱۱	۱۱/۱۸	۲۰/۹۴	۰/۰۰
	Within Groups	۸۹/۷۴	۱۶۸	۰/۵۳		
	Total	۲۱۲/۸۱	۱۷۹			
Temp	Between Groups	۳۸۵۵/۱۱	۱۱	۳۵۰/۴۶	۴۵/۲۲	۰/۰۰
	Within Groups	۱۳۰۱/۸۰	۱۶۸	۷/۷۴		
	Total	۵۱۵۶/۹۱	۱۷۹			
pH	Between Groups	۳۱/۲۷	۱۱	۲/۸۴	۹۰/۲۷	۰/۰۰
	Within Groups	۵/۲۹	۱۶۸	۰/۰۳		
	Total	۳۶/۵۶	۱۷۹			
BOD	Between Groups	۱۲۷۳۴۰/۵۹	۱۱	۱۱۵۷۶/۴۱	۱۸/۰۲	۰/۰۰
	Within Groups	۱۰۷۸۷۷/۴۶	۱۶۸	۶۴۲/۱۲		
	Total	۲۳۵۲۱۸/۰۶	۱۷۹			
Turbidity	Between Groups	۱۵۷۲۴۱۰/۸۶	۱۱	۱۴۲۹۴۶/۴۴	۰/۷۸	۰/۶۵
	Within Groups	۳۰۶۱۶۲۹۶/۸۰	۱۶۸	۱۸۲۲۳۹/۸۶		
	Total	۳۲۱۸۸۷۰۷/۶۶	۱۷۹			
nitrate	Between Groups	۱۴۹/۱۶	۱۱	۱۳/۵۶	۳/۶۲	۰/۰۰
	Within Groups	۶۲۸/۵۱	۱۶۸	۳/۷۴		
	Total	۷۷۷/۶۸	۱۷۹			
phosphate	Between Groups	۶۵/۶۸	۱۱	۵/۹۷	۱۱/۹۷	۰/۰۰
	Within Groups	۸۳/۸۰	۱۶۸	۰/۴۹		
	Total	۱۴۹/۴۹	۱۷۹			
Coliforms	Between Groups	۲۷۰۲۰۰۴/۸۶	۱۱	۲۴۵۶۳۶/۸۰	۵/۶۳	۰/۰۰
	Within Groups	۷۳۲۵۷۷۰/۰۰	۱۶۸	۴۳۶۰۵/۷۷		
	Total	۱۰۰۲۷۷۷۴/۸۶	۱۷۹			
TDS	Between Groups	۲۸۱۲۱۷۹/۱۷	۱۱	۲۵۵۶۵۲/۶۵	۲/۴۹	۰/۰۰
	Within Groups	۱۷۲۱۷۰۰۴/۲۶	۱۶۸	۱۰۲۴۸۲/۱۶		
	Total	۲۰۰۲۹۱۸۳/۴۴	۱۷۹			
EC	Between Groups	۱۷۲۲۵۳۴/۵۳	۱۱	۱۵۶۵۹۴/۰۴	۳/۲۵	۰/۰۰
	Within Groups	۸۰۹۰۱۹۲/۶۶	۱۶۸	۴۸۱۵۵/۹۰		

	Total	۹۸۱۲۷۲۷/۲۰	۱۷۹			
TSS	Between Groups	۶۳۳۳۶۷۴/۹۹	۱۱	۵۷۵۷۸۸/۶۳	۲/۴۹	۰/۰۰
	Within Groups	۳۸۸۴۷۴۳۹/۷۳	۱۶۸	۲۳۱۲۳۴/۷۶		
	Total	۴۵۱۸۱۱۱۴/۷۲	۱۷۹			
COD	Between Groups	۱۹۱۴۵۹۳/۰۶	۱۱	۱۷۴۰۵۳/۹۱	۱۶/۶۳	۰/۰۰
	Within Groups	۱۷۵۷۶۷۹/۷۳	۱۶۸	۱۰۴۶۲/۳۷		
	Total	۳۶۷۲۲۷۲/۸۰	۱۷۹			
NH <sub>3</sub>	Between Groups	۰/۳۳	۸	۰/۰۴	۳/۱۲	۰/۰۰
	Within Groups	۰/۶۷	۵۰	۰/۰۱		
	Total	۱/۰۱	۵۸			
Color	Between Groups	۵۳۰۶/۴۴	۱۱	۴۸۲/۴۰	۳/۱۱	۰/۰۰
	Within Groups	۲۶۰۱۲/۱۳	۱۶۸	۱۵۴/۸۳		
	Total	۳۱۳۱۸/۵۷	۱۷۹			
Pb	Between Groups	۰/۶۵	۱۱	۰/۰۵	۱/۶۸	۰/۰۸
	Within Groups	۵/۹۰	۱۶۸	۰/۰۳		
	Total	۶/۵۵	۱۷۹			
Cd	Between Groups	۰/۰۲	۱۱	۰/۰۰	۴/۴۱	۰/۰۰
	Within Groups	۰/۰۷	۱۶۱	۰/۰۰		
	Total	۰/۰۹	۱۷۲			

سطح ۹۵٪ تفاوت معنادار وجود دارد. کمترین میزان دما، در ماه‌های بهمن، آذر، اسفند، آبان، فروردین و دی به دلیل سرمای هوا رخ داد. بیشترین میزان دما مربوط به ماه‌های شهریور، تیر و مرداد به دلیل گرما و تابستان بوده است. در مقایسه ی دو به دوی میزان pH، تفاوت معنادار در سطح ۹۵٪ در ماه‌های مختلف گزارش شد. کمترین میزان pH مربوط است به ماه‌های مرداد و شهریور که در آن به دلیل ورود املاح و مواد غذایی از استخرهای پرورش ماهی آب رودخانه به حالت اسیدی نزدیکتر شد. بیشترین میزان pH در ماه‌های آذر، آبان و مهر بود چراکه در سرما آب بیشتر به حالت قلیایی نزدیک می‌شود. در مقایسه ی دو به دوی پارامتر BOD، اختلاف معناداری در ماه‌های مختلف در سطح ۹۵٪ مشاهده شد. کمترین میزان BOD در ماه‌های آذر، آبان، اسفند، فروردین، بهمن، مهر، اردیبهشت، دی و خرداد اندازه گیری شد که نشان دهنده کاهش آلودگی و کاهش اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی در این

با توجه به مقدار معناداری آزمون آنالیز واریانس مشخص شد که تنها در میزان پارامتر کدورت و هم چنین سرب تفاوت معنادار در ماه‌های مختلف وجود ندارد ( $p\text{-value} \geq 0.05$ ) و در نتیجه نیازی به استفاده از آزمون تعقیبی دانکن برای مقایسه ی دو به دوی پارامتر کدورت و سرب در ماه‌های مختلف دیده نمی‌شود. برای مابقی پارامترهای نمونه گیری شده در ماه‌های مختلف تفاوت معنادار ( $p\text{-value} \leq 0.05$ ) گزارش شد. در ادامه، با استفاده از آزمون تعقیبی دانکن به مقایسه ی دوبه دوی موجود از نظر پارامترهای نمونه گیری شده پرداخته می‌شود. کمترین میزان DO در ماه شهریور گزارش شد که دلیل آن به مصرف زیاد اکسیژن در نتیجه افزایش سوخت و ساز در استخرهای پرورش ماهی مربوط می‌شود. بیشترین میزان DO در ماه‌های دی، بهمن و اسفند به دلیل سرمای هوا و رفع آلودگی اتفاق افتاد. با توجه به آزمون دانکن مشخص شد که در مقایسه ی دو به دوی میزان پارامتر دما در ماه‌های مختلف در

زمان در استخرهای پرورش ماهی می باشد. بیشترین میزان  
 گرمای هوا و استفاده بیشتر از مواد غذایی و همچنین سوخت و  
 BOD در ماه های مرداد و شهریور اندازه گیری شد. علت آن  
 ساز بیشتر در استخرهای پرورش ماهی می باشد.

#### جدول ۵- آزمون تعقیبی ( دانکن ) جهت مقایسه پارامترها در ایستگاه های مختلف

Table 5. ANOVA and post hoc (Duncan) test results for comparison of the measurement parameters at different stations

پارامترها		مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار فیشر	معناداری
DO	Between Groups	۶۶/۳۲	۱۴	۴/۷۳	۵/۳۳	۰/۰۰
	Within Groups	۱۴۶/۴۸	۱۶۵	۰/۸۸		
	Total	۲۱۲/۸۱	۱۷۹			
Temp	Between Groups	۹۹۶/۴۳	۱۴	۷۱/۱۷	۲/۸۲	۰/۰۰
	Within Groups	۴۱۶۰/۴۷	۱۶۵	۲۵/۲۱		
	Total	۵۱۵۶/۹۱	۱۷۹			
pH	Between Groups	۰/۰۹	۱۴	۰/۰۰	۰/۰۳	۱/۰۰
	Within Groups	۳۶/۴۷	۱۶۵	۰/۲۲		
	Total	۳۶/۵۶	۱۷۹			
BOD	Between Groups	۴۶۷۱۶/۴۷	۱۴	۳۳۳۶/۸۹	۲/۹۲	۰/۰۰
	Within Groups	۱۸۸۵۰/۱۵۸	۱۶۵	۱۱۴۲/۴۳		
	Total	۲۳۵۲۱۸/۰۶	۱۷۹			
Turbidity	Between Groups	۲۶۳۹۱۵۱۹/۹۱	۱۴	۱۸۸۵۱۰۸/۵۶	۵۳/۶۵	۰/۰۰
	Within Groups	۵۷۹۷۱۸۷/۷۵	۱۶۵	۳۵۱۳۴/۴۷		
	Total	۳۲۱۸۸۷۰۷/۶۶	۱۷۹			
Nitrate	Between Groups	۵۴۸/۱۵	۱۴	۳۹/۱۵	۲۸/۱۴	۰/۰۰
	Within Groups	۲۲۹/۵۲	۱۶۵	۱/۳۹		
	Total	۷۷۷/۶۸	۱۷۹			
PHosphate	Between Groups	۵۱/۸۱	۱۴	۳/۷۰	۶/۲۵	۰/۰۰
	Within Groups	۹۷/۶۷	۱۶۵	۰/۵۹		
	Total	۱۴۹/۴۹	۱۷۹			
Coliforms	Between Groups	۵۴۳۹۰/۱۴/۴۴	۱۴	۳۸۸۵۰/۱/۰۳	۱۳/۹۶	۰/۰۰
	Within Groups	۴۵۸۸۶۷۰/۴۱	۱۶۵	۲۷۸۱۰/۶۶		
	Total	۱۰۰۲۷۷۷۴/۸۶	۱۷۹			
TDS	Between Groups	۱۳۸۱۳۹۹۲/۷۷	۱۴	۹۸۶۷۱۳/۷۷	۲۶/۱۹	۰/۰۰
	Within Groups	۶۲۱۵۱۹۰/۶۶	۱۶۵	۳۷۶۶۷/۸۲		
	Total	۲۰۰۲۹۱۸۳/۴۴	۱۷۹			
EC	Between Groups	۶۶۱۵۱۷۹/۸۶	۱۴	۴۷۲۵۱۲/۸۴	۲۴/۳۸	۰/۰۰

	Within Groups	۳۱۹۷۵۴۷/۳۳	۱۶۵	۱۹۳۷۹/۰۷		
	Total	۹۸۱۲۷۲۷/۲۰	۱۷۹			
TSS	Between Groups	۳۲۷۲۸۴۷۸/۴۷	۱۴	۲۳۳۷۷۴۸/۴۶	۳۰/۹۷	۰/۰۰
	Within Groups	۱۲۴۵۲۶۳۶/۲۵	۱۶۵	۷۵۴۷۰/۵۲		
	Total	۴۵۱۸۱۱۱۴/۷۲	۱۷۹			
COD	Between Groups	۵۴۶۶۹۷/۶۳	۱۴	۳۹۰۴۹/۸۳	۲/۰۶	۰/۰۱
	Within Groups	۳۱۲۵۵۷۵/۱۶	۱۶۵	۱۸۹۴۲/۸۸		
	Total	۳۶۷۲۲۷۲/۸۰	۱۷۹			
NH <sub>3</sub>	Between Groups	۰/۳۶	۸	۰/۰۴	۳/۵۶	۰/۰۰
	Within Groups	۰/۶۴	۵۰	۰/۰۱		
	Total	۱/۰۱	۵۸			
Color	Between Groups	۲۱۵۶۲/۴۱	۱۴	۱۵۴۰/۱۷	۲۶/۰۴	۰/۰۰
	Within Groups	۹۷۵۶/۱۶	۱۶۵	۵۹/۱۲		
	Total	۳۱۳۱۸/۵۷	۱۷۹			
Pb	Between Groups	۴/۶۴	۱۴	۰/۳۳	۲۸/۶۰	۰/۰۰
	Within Groups	۱/۹۱	۱۶۵	۰/۰۱		
	Total	۶/۵۵	۱۷۹			
Cd	Between Groups	۰/۰۴	۱۴	۰/۰۰	۱۱/۶۰	۰/۰۰
	Within Groups	۰/۰۴	۱۵۸	۰/۰۰		
	Total	۰/۰۹	۱۷۲			

در سطح ۰/۹۵٪. بیشترین میزان کلیفرم در ماه های خرداد، تیر، مرداد و شهریور بود که علت آن را می توان در افزایش میزان جمعیت انسانی در ماه های گرم سال جستجو کرد. کمترین میزان کلی فرم در ماه های بهمن، دی، اسفند، آبان، اردیبهشت، آذر، مهر، و فروردین به علت سرما و کاهش جمعیت در زمان سرما در منطقه رخ داد. آزمون دانکن نشان داد که بین پارامتر TDS ماه های مختلف در سطح ۰/۹۵٪ تفاوت معنادار وجود دارد. بیشترین میزان TDS مربوط به در ماه های اردیبهشت، تیر، مرداد، شهریور، بهمن، دی، فروردین و اسفند به علت افزایش املاح آب ناشی از پساب استخرهای پرورش ماهی بود. کمترین میزان TDS در ماه های آبان، خرداد، آذر، مهر، اردیبهشت، تیر، مرداد، شهریور به علت سرما و کم شدن املاح آب رخ داد. تفاوت میزان EC در ماه های مختلف در سطح ۰/۹۵٪ معنادار بود. کمترین میزان EC در ماه های آذر، خرداد، اردیبهشت، آبان، اسفند، فروردین و بهمن به علت کاهش املاح

باتوجه به آزمون دانکن جدول ۵ مشخص شد که میزان پارامتر نیترات در ماه های مختلف در سطح ۰/۹۵٪ تفاوت معناداری دارد. کمترین میزان نیترات در ماه های آذر، آبان، مهر، اسفند، تیر، فروردین، بهمن و مرداد اندازه گیری شد که ناشی از پساب خروجی از استخرهای پرورش ماهی بود. بیشترین میزان نیترات در ماه خرداد ثبت شد که مربوط به مصرف مواد غذایی و فضولات ناشی از استخرهای پرورش ماهی بود. نتایج آزمون دانکن در مقایسه ی پارامتر فسفات نشان می دهد که غلظت عامل در ماه های مختلف در سطح ۰/۹۵٪ تفاوت معناداری دارد. بیشترین میزان فسفات در ماه های شهریور و مرداد به افزایش مصرف مواد غذایی در استخرهای پرورش ماهی و سوخت و ساز زیاد در ماه های گرم سال مربوط بود. کمترین میزان فسفات در ماه های آذر، آبان، مهر، اسفند، بهمن، دی، فروردین، اردیبهشت به علت سرما گزارش شد. مقایسه ی دو به دوی پارامتر کلیفرم نیز حکایت داشت از یک اختلاف معنادار در ماه های مختلف



تیر، آذر، شهریور، آبان و مهر بیشتر بود. کمترین میزان Pb نیز در ماه های اردیبهشت، فروردین، بهمن، خرداد، مرداد، اسفند، دی، تیر و آذر به دست آمد که به دلیل کاهش مصرف کودهای شیمیایی، سرما و رفع آلودگی بوده است. مقایسه ی دو به دو میزان Cd در ماه های مختلف نیز نشان داد که تفاوت بین این متغیرها در سطح احتمال ۹۵٪ معنادار بوده است. بیشترین میزان Cd در ماه های شهریور، تیر، مرداد بود که به استفاده از کودهای شیمیایی حاوی فلزات سنگین جهت تغذیه ماهیان مربوط می شد و کمترین میزان این پارامتر در ماه های خرداد، فروردین، اردیبهشت، اسفند، آذر، آبان، دی، مهر، بهمن به دست آمد.

روند تغییرات پارامترهای نیترات، فسفات، اکسیژن محلول، آمونیاک و اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی در ایستگاه های مورد مطالعه در شکل ۴ ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می گردد روند تغییرات BOD در ایستگاه های ۷ و ۱۰ به صورت صعودی بوده است. بالا بودن میزان این پارامتر در این ایستگاه ها به دلیل قرار گرفتن چندین مزرعه پرورش ماهی در مجاورت هم (سه مزرعه پرورش ماهی کنار هم در ایستگاه ۷، دو مزرعه پرورش ماهی کنار هم در ایستگاه ۹ و سه مزرعه پرورش ماهی کنار هم در ایستگاه ۱۰) می باشد. قرار گیری مزرعه های پرورش ماهی کنار هم، باعث تغییرات میزان پارامتر NO<sub>3</sub> نیز در این ایستگاه ها شده است که این نتیجه با نتایج تحقیق حسینی و همکارانش (25) در تناقض می باشد. نتایج مطالعه ی حسینی و همکارانش بر روی استخر پرورش ماهی قزل آلا نشان داد که بین میزان نیترات به دست آمده از ایستگاه های مطالعاتی اختلاف معناداری وجود ندارد. آنها در مطالعه ی خود تاثیر پساب کارگاه های پرورش ماهی قزل آلا ی رنگین کمان بر پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب رودخانه ریجاب در استان کرمانشاه را مورد بررسی قرار دادند. گرچه منطقه مورد مطالعه در این تحقیق از نظر فیزیکی با منطقه ریجاب در استان کرمانشاه متفاوت است ولی شرایط فیزیکی و شیمیایی دو رودخانه تفاوت چندانی باهم ندارند.

آب در سرما اتفاق افتاد. بیشترین میزان EC در ماه های تیر، مهر، دی، مرداد، شهریور به علت افزایش املاح ناشی از استخرهای پرورش ماهی ثبت شد.

نتایج مقایسه ی داده ها به روش دانکن نشان داد که بین میزان TSS در ماه های مختلف سال در سطح احتمال ۹۵٪ تفاوت معناداری وجود دارد. TSS به دست آمده از کارگاه های پرورش ماهی و کارگاه های شن و ماسه، در ماه های شهریور، تیر، خرداد و مرداد بیشترین مقدار را داشت و در ماه های آذر، مهر، آبان، بهمن، اسفند، دی، اردیبهشت، فروردین، شهریور، تیر و خرداد به علت سرما و کاهش میزان آلودگی مقدار این پارامتر کمتر بود.

تفاوت بین میزان COD در ماه های مختلف سال نیز در سطح احتمال ۹۵٪ معنادار بود. بیشترین میزان COD به دست آمده، مربوط به ماه مرداد بود. دلیل بالا بودن مقدار این پارامتر در این ماه از سال را می توان گرما و افزایش اکسیژن ناشی از مصرف مواد شیمیایی در استخرهای پرورش ماهی و مناطق صنعتی دانست. در ماه های آذر، مهر، آبان، بهمن، اسفند، دی، فروردین، اردیبهشت و خرداد نیز به علت سرما و کاهش مصرف مواد شیمیایی، میزان COD ثبت شده کمتر بود.

بین میزان رنگ در ماه های مختلف سال در سطح احتمال ۹۵٪ تفاوت معناداری وجود داشت. در ماه های مرداد، اردیبهشت، اسفند، فروردین، بهمن، دی و خرداد از مواد رنگی مانند قارچ کش مالاشیت گرین استفاده می شد به همین دلیل میزان رنگ در این ماه ها از سال بیشترین مقدار خود را دارا بود. کمترین میزان رنگ نیز به دلیل عدم استفاده از مواد رنگی در مهر، آذر، تیر، شهریور، آبان، مرداد، اردیبهشت و اسفند، در این ماه ها وجود داشت.

بین میزان پارامتر Pb نیز در ماه های مختلف سال در سطح ۹۵٪ تفاوت معناداری داشت. به علت استفاده از کودهای شیمیایی حاوی فلز سنگین جهت تغذیه ماهیان، میزان Pb در ماه های بهمن، خرداد، مرداد، اسفند، دی،

غذایی جهت تغذیه ماهیان، افزایش خروجی از استخرها شامل مواد دفعی ماهیان و افزایش آلودگی استخرهای باشد. گرم بودن هوا نیز یکی از علل افزایش BOD در این زمان ها بوده است. چرا که گرم شدن هوا به افزایش سوخت و ساز کمک می کند و در نتیجه باعث مصرف بیشتر اکسیژن بیولوژیکی می-گردد.

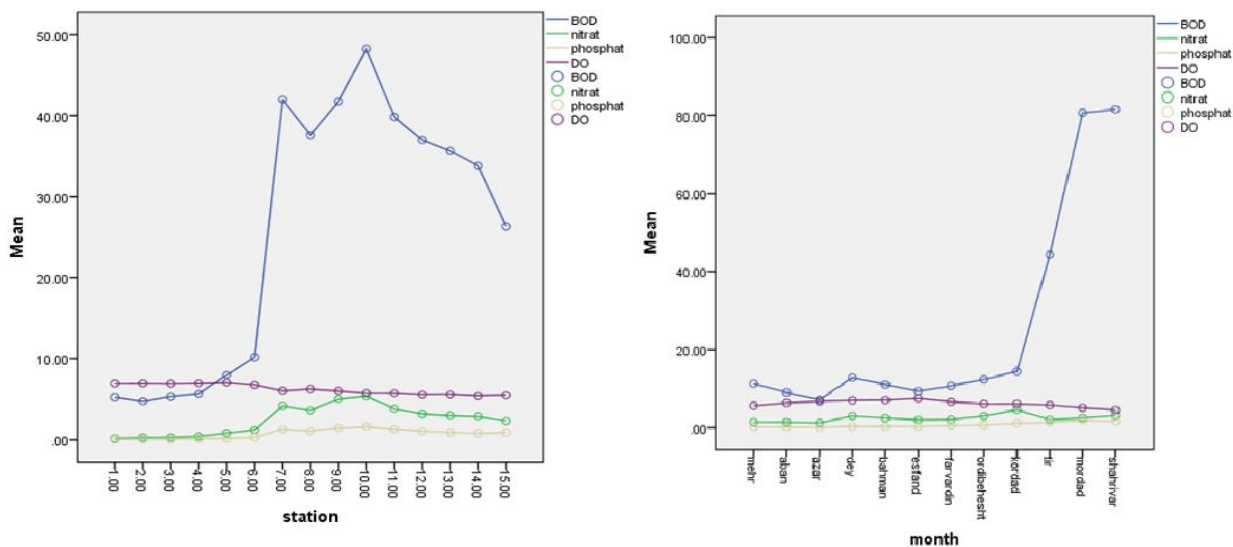
مقدار نیترات نیز در ماه خرداد به علت افزایش مصرف مواد غذایی جهت تغذیه ماهیان، افزایش تولید و خروجی استخرها (مواد دفعی ماهیان) بیشترین مقدار خود را داراست.

غذای ماهیان و تولید استخرها در ماه های گرم سال بیشتر است به همین دلیل میزان تغییرات پارامتر  $PO_4$  نیز در این ماهها بیشتر می باشد. اما بالعکس مقدار DO در ماه های گرم سال (مرداد و شهریور) کمتر بوده است. علت کاهش DO در این زمان ها، افزایش مصرف اکسیژن محلول در استخرهای پرورش ماهی است که ناشی از افزایش تولید در ماه های گرم در استخرها و افزایش سوخت و ساز در این ماهها می باشد.

در تحقیقی که در شمال غربی لهستان انجام گرفت بیشترین مقدار افزایش در مواد آلی و مواد غذایی رودخانه در زمان تخلیه پساب استخرهای پرورش ماهی گزارش شد. در این زمان، میزان  $BOD_5$  از 8.9 به  $18.3 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$  افزایش داشت. (۳۰) Farmaki و همکارانش (۳۱) نیز بر تاثیر آبی پروری در افزایش فسفر و نیترات منابع آبی پذیرنده تاکید داشتند. León-Muñoz و همکارانش (۳۲) نیز تاثیر همزمان احداث استخرهای پرورش ماهی قزل آلا و تغییرات کاربری اراضی را بر کیفیت آب و رسوبات در دریاچه Rupancho در شیلی مورد بررسی قرار دادند و نتایج مشابهی را ارائه نمودند. نتایج مطالعه León-Muñoz و همکارانش نشان داد که ترکیبات نیتروژنی هم در آب و هم در رسوبات دریاچه افزایش قابل ملاحظه ای داشتند. آنها این تغییرات را نتیجه تبدیل اراضی پیرامونی دریاچه به چراگاهها، زمینهای زراعی و استخرهای پرورش ماهی عنوان کردند.

میزان پارامتر  $PO_4$  نیز در ایستگاه ۷ و ایستگاه ۱۰ افزایش داشت. افزایش  $PO_4$  در این ایستگاه ها نیز به دلیل کنار هم قرار داشتن استخرهای ماهی در این مکان ها بود. اما میزان پارامتر DO در ایستگاه های ۷ و ۱۰ نشان داد که مقدار اکسیژن محلول در آب به علت تعدد استخرهای پرورش ماهی و افزایش مصرف اکسیژن آب در این ایستگاه ها کاهش یافت. مطالعه ارجمندی و همکارانش (۲۶) نیز نتایج به دست آمده از این مطالعه را تایید می کنند. آنها در مطالعه ی خود تغییر پارامترهایی نظیر نیترات، BOD، و موادمعلق را از جمله اثرات-زیست محیطی ناشی از آبی پروری دانستند. وطن دوست و همکارانش (۲۷) نیز ضمن تایید اثرات زیانبار ناشی از استخرهای پرورش ماهی، اقداماتی همچون بهبود کیفیت مدیریت استخرها، چرخش پساب ها قبل از ورود به محیط طبیعی، استفاده از فیلترهای طبیعی برای کنترل و کاهش شدت آلودگی پساب ها را از جمله عوامل موثر در کنترل آثار زیانبار این صنایع اعلام کردند. در طرح انجام شده توسط بابایی و همکاران، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور در سال ۱۳۹۰ (۲۸) بر روی پساب های خروجی آب های مزارع سرد آبی انفرادی نیز مشخص گردید که پساب خروجی مزارع پرورش ماهی نقش بسزایی در افزایش میزان مواد مغذی، مواد معلق جامد،  $BOD_5$ ، COD داشته و بین مقادیر این پارامترها با میزان غذا و تراکم ماهی ارتباط مستقیم وجود دارد (۲۸). در تحقیق انجام شده توسط Ray و همکارانش (۲۹) درخلیج چسپایک (Chesapeake) نیز تاثیر یک مزرعه پرورش میگو بر کیفیت منابع آب بالا دست و پایین دست بررسی شد. آن ها نتایج مشابه با تحقیق پیش رو ارائه دادند و اعلام کردند که مزرعه پرورش میگو سبب افزایش قابل ملاحظه در مقادیر نیتروژن غیرآلی منابع آبی پذیرنده در پایین دست می گردد.

بر اساس شکل ۲، تغییرات BOD در ماه های گرم سال (تابستان) بسیار بالابوده است و در مرداد و شهریور به اوج خود رسیده است. بالا بودن میزان BOD در این ماه ها به علت افزایش تولید در استخرهای پرورش ماهی، افزایش مصرف مواد



شکل ۲- روند تغییرات پارامترهای نیترات، فسفات، اکسیژن محلول، آمونیاک و اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی در ایستگاه های مورد مطالعه و در ماه های مختلف

Figure 2. Changing trend of nitrate, phosphate, DO, ammonium, and BOD over the various stations and different months in Haraz River (mg/lit)

### بحث و نتیجه گیری

باشد. به طور کلی یافته های تحقیق تاییدی بر تاثیر قابل تامل استخرهای پرورش ماهی بر کیفیت منابع آب سطحی است. این امر لزوم اتخاذ تدابیر زیست محیطی لازم جهت کنترل آلاینده های ناشی از این صنعت در قالب دستورالعمل ها و ضوابط زیست محیطی را مشخص می نماید. کل جامدات معلق در آب، تقاضا برای اکسیژن بیولوژیک و بقایای داروها و مواد شیمیایی سه جزء آلوده کننده پساب مزارع پرورش ماهی محسوب می گردند که می توانند از منابعی همچون مواد غذایی مصرف نشده، مدفوع، ادرار و بقایای مواد و داروها مثل قارچ کش ها (مالاشیت گرین) و آنتی بیوتیک ها باشند. پیشنهاد می گردد اقدامات مدیریتی مناسب جهت کنترل ورود این سه جز آلاینده به منابع آبی پذیرنده مورد توجه ویژه قرار بگیرد. در این راستا ضرورت دارد سازمان ها یا موسسات صادرکننده مجوز تاسیس استخرهای پرورش، قبل از اقدام به صدور، پیامدهای زیست محیطی آن را در نظر گرفته و صدور مجوز را مشروط به رعایت کلیه الزامات زیست محیطی مربوطه بدانند تا با آبرزی پروریهای صحیح و اصولی شاهد عوارض زیست محیطی ناشی از آن درآینده نباشیم.

مشکل آلودگی رودخانه ها به عنوان یکی از مهم ترین منابع آبی در دسترس بشر، همواره به عنوان یکی از سرفصل های مهم تحقیقاتی و مطالعاتی در زمینه ابداع و کاربرد روشهایی به منظور شناخت و کنترل آلودگی ها قرار داشته است. برای اعمال تکنیکها و روشهای موثر و در واقع مدیریتی صحیح به منظور مبارزه با این مشکل، شناخت واقعیت مسئله و استفاده از مدلها و مسیریابی که حتی الامکان به این واقعیت نزدیک تر بوده و مطابقت بیشتری با آن داشته باشند، امری ضروری و اجتناب ناپذیر است.

بررسی روند تغییرات پارامترهایی نظیر نیترات، فسفات، آمونیاک و اکسیژن مورد نیاز بیولوژیکی در ایستگاه های مورد مطالعه نشان می دهد این پارامترها در ایستگاه های مجاور استخرهای پرورش ماهی افزایشی فراتر از حد مجاز داشته اند. طبق گزارشات، غلظت BOD،  $\text{NO}_3^-$  و  $\text{PO}_4^-$  در ایستگاه های ۷ و ۱۰ بسیار زیاد می باشد. دلیل این امر را می توان در قرار گرفتن چندین مزرعه پرورش ماهی کنار هم جستجو کرد. مضافا به اینکه، غلظت DO در ایستگاه های مذکور کاهش قابل ملاحظه ای داشته است که علت آن افزایش مصرف اکسیژن آب در این ایستگاه ها به علت تعدد استخرهای پرورش ماهی می

- Bulletin, Volume 69, Issues 1–2, Pages 165-171.
5. Herath, S.S., Satoh, S., 2015.15 - Environmental impact of phosphorus and nitrogen from aquaculture. *Feed and Feeding Practices in Aquaculture*, 2015, Pages 369-386.
  6. Jiang, Zh., Liao, Y., Liu, J., Shou, L., Chen, Q., Yan, X., Zhu, G., Zeng, J., 2013. Effects of fish farming on phytoplankton community under the thermal stress caused by a power plant in a eutrophic, semi-enclosed bay: Induce toxic dinoflagellate (*Prorocentrum minimum*) blooms in cold seasons. *Marine Pollution Bulletin*, Volume 76, Issues 1–2, Pages 315-324
  7. Dos Santos Rosa, R., Carolina Fornero Aguiar, A., Gonçalves Boëchat, I., Gücker, B., 2013. Impacts of fish farm pollution on ecosystem structure and function of tropical headwater streams. *Environmental Pollution*, Volume 174, Pages 204-213
  8. Esmaili sari, A., *Fundamentals of water quality management in aquaculture*. Tehran. Iranian Fisheries Research Institute. 2000. (In Persian)
  9. Cartier, L.E., Carpenter, K.E., 2014. The influence of pearl oyster farming on reef fish abundance and diversity in Ahe, French Polynesia. *Marine Pollution Bulletin*, Volume 78, Issues 1–2, Pages 43-50
  10. Thi Anh, P., Kroeze, C., Bush, S.R., Mol, A.P.J., 2010. Water pollution by intensive brackish shrimp farming in south-east Vietnam: Causes and options for control. *Agricultural Water Management*, Volume 97, Issue 6, Pages 872-882.
  11. Jan, R.-Q., Kao Sh.-J., Dai Ch.-F., Ho Ch.-T., 2014. Assessment of the

## تشکر و قدردانی

بدینوسیله بر خود واجب می دانم از اداره کل محیط زیست استان مازندران و همینطور آزمایشگاه معتمد سازمان محیط زیست آمل که همواره در نمونه برداری و آنالیز نمونه ها، یار و یاور اینجانب بوده اند، نهایت تشکر و قدر دانی را داشته باشم.

## Reference

1. Rabassó, M., Hernández, J. M., 2015. Bioeconomic analysis of the environmental impact of a marine fish farm. *Journal of Environmental Management*, Volume 158, Pages 24-35
2. Kalantzi, I., Shimmield, T.M., Pergantis, S.A., Papageorgiou, N., Black, K.D., Karakassis, I., 2013. Heavy metals, trace elements and sediment geochemistry at four Mediterranean fish farms. *Science of The Total Environment*, Volume 444, Pages 128-137
3. Authman, M.M.N., Abbas, W.T., Gaafar, A.Y., 2012. Metals concentrations in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) from illegal fish farm in Al-Minufiya Province, Egypt, and their effects on some tissues structures. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Volume 84, Pages 163-172
4. Martinez-Garcia, E., Sanchez-Jerez, P., Aguado-Giménez, F., Ávila, P., Guerrero, A., Sánchez-Lizaso, J. L., Fernandez-Gonzalez, V., González, N., Ignasi Gairin, J., Carballeira, C., García-García, B., Carreras, J., Carlos Macías, J., Carballeira, A., Collado, C., 2013. A meta-analysis approach to the effects of fish farming on soft bottom polychaeta assemblages in temperate regions. *Marine Pollution*

18. Varedi, S.E., Nasrollahzadeh, H.S., Farabi, S.M.V., Vahedi, F., 2009. Characterization and Impact of Rainbow Trout Farm Effluent on Water Quality of Haraz River. 8th International River Engineering Conference, Ahwaz, Iran.
19. Mahboobi Soofiani, N., Hatami, R., Hemami, M. R., Ebrahimi, E., 2012. Effects of Trout Farm Effluent on Water Quality and the Macrobenthic Invertebrate Community of the Zayandeh-Roud River, Iran. North American Journal of Aquaculture. 74:2, 132-141.
20. Statistical Center of Iran. General Population and Housing Census, Detailed results of Amol city. Iran Statistics Center Publications, 2007. (In Persian)
21. Afshin Nezhad, Y., Iranian rivers. Volume 2, Ministry of Energy Publications- Jamab Consulting Engineers Company, 1994. (persian)
22. Roshan Tabari, M., 1996. Haraz River Hydrology and Hydrobiology, Iranian Fisheries Scientific Journal. Volume ۷, Pages 28-45. (In Persian)
23. Moghadas, D. Determination of the amount of lead and cadmium elements in water, suspended sediments, bed sediments, fish and benthic of Haraz river. Master Thesis. Environment College. Tarbiat Modares University, 1999. (In Persian)
24. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2005). 21th edn, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC, USA.
25. 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, Volume 86, Issues 1-2, Pages 111-121
12. Harnisz, M., Korzeniewska, E., Gołaś, I., 2015. The impact of a freshwater fish farm on the community of tetracycline-resistant bacteria and the structure of tetracycline resistance genes in river water. Chemosphere, Volume 128, Pages 134-141
13. Iranian Fisheries Company. Haraz River Hydrology Report, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, 2005, page 75. (In Persian)
14. Pine, H.J., Boyd, C.E., 2011. Stream Salinization by Inland Brackish-Water Aquaculture. Journal: North American Journal of Aquaculture Volume 73, Issue 2, April 2011, pages 107-113.
15. Saremi, A., Saremi, K., Saremi, A., Sadeghi, M., Sedghi, H., 2013. The effect of aquaculture effluents on water quality parameters of Haraz River. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 12(2), 445-453.
16. Mohseni-Bandpei, A., Yousefi, Z., 2013. Status of Water Quality Parameters along Haraz River. International Journal of Environmental Research, 7 (4), 1029-1038
17. Ruiz-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 Sci Technol. 2009; 60(3):663-71. Doi: 10.2166/wst.2009.435.

- Chesapeake Bay, USA .Aquacultural Engineering, Volume 68, Pages 35-42
30. Raczyńska, M., Machula, S., Choinński, A., Sobkowiak, L., 2012. Influence of the fish pond aquaculture effluent discharge on abiotic environmental factors of selected rivers in Northwest Poland. *Acta Ecologica Sinica*, Volume 32, Issue 3, June 2012, Pages 160-164
31. Farmaki, E.G., Thomaidis, N.S., Pasias, I.N., Baulard, C., Papaharisis, L., Efstathiou, C.E., 2015. Environmental impact of intensive aquaculture: Investigation on the accumulation of metals and nutrients in marine sediments of Greece. *Science of The Total Environment*, Volumes 485–486, Pages 554-562.
32. León-Muñoz, J., Echeverría, C., Marcé, R., Riss, W., Sherman, B., Luis Iriarte, J., 2013. The combined impact of land use change and aquaculture on sediment and water quality in oligotrophic Lake Rupanco (North Patagonia, Chile, 40.8°S) .*Journal of Environmental Management*, Volume 128, Pages 283-291.
- The effect of rainbow trout farms on the physicochemical parameters of Rijab river water, Kermanshah province. *Aquatic Ecology Magazine*, Volume 2(4), Pages 29-39. (In Persian)
26. Arjmandi, A., Karbasi, A .R., Mogoi, R.2007. Investigating the environmental effects of aquaculture in Iran. *Journal of Environmental Science and Technology*. Ninth period, Number 2. , Pages 19-28. (In Persian)
27. Vatandost, S., Bozorgnia, A. Assessing the environmental effects of the Development of aquaculture workshops on the country's water resources. 4th Geological and Environmental Conference. Islamic Azad University, Islamshahr Branch. 2008. Islamshahr.Iran. (In Persian)
28. Babai, H., 2011. Investigating the effluents of individual water farms. Fisheries Research Institute. Approved project code number: 88050-12-73-4. Running unit: Indoor Aquaculture Research Institute, Bandar Anzali. Operation place: Hamedan province. The year begins: 2009. Hamedan. Iran. (In Persian)
29. Ray, N.E., J. Li, Kangas, P.C., Terlizzi D.E., 2015. Water quality upstream and downstream of a commercial oyster aquaculture facility in