

## بررسی تأثیر تالاب آلاگل بر تصفیه آب رودخانه اترک

رامین رخشانی، معصومه فراستی\*، علی حشمت پور و سیدمرتضی سیدیان<sup>۱</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۵/۵)

### چکیده

در این پژوهش به بررسی تأثیر تالاب آلاگل بر تصفیه آب رودخانه اترک پرداخته شد. بدین منظور از خرداد ۱۳۹۵ تا اردیبهشت ۱۳۹۶ در روز پانزدهم هر ماه از آب میانه و خروجی تالاب چهار نمونه آب برداشت شد، تالاب فقط در ماه‌های شهریور، آبان و بهمن آگیری شده و در هر ماه، نمونه آب برداشت شد. با توجه به نتایج، pH آب در ورودی و خروجی تفاوت معنی‌داری داشت. DO در خروجی تالاب بیشتر از میانه و ورودی بوده که نشان‌دهنده بهتر شدن کیفیت آب و بالا بودن اکسیژن محلول در خروجی تالاب بوده است. میزان COD، BOD و  $\text{NO}_3$  در خروجی تالاب ۱۲، ۲۶ و ۵۱ درصد نسبت به ورودی کاهش یافته است. میزان اکسیژن محلول در خروجی تقریباً ۶۰ درصد نسبت به ورودی تالاب افزایش یافته است. همین‌طور با توجه به نتایج در ماه‌های شهریور، آبان و بهمن‌ماه که از رودخانه اترک آگیری شده، کیفیت آب در میانه و خروجی تالاب نسبت به ورودی تالاب بهتر شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده تالاب آلاگل آلاینده‌های  $\text{NO}_3$ ،  $\text{NH}_4$ ،  $\text{PO}_4$ ، COD، BOD را کاهش داده و غلظت آنها به کمتر از حد مجاز رسیده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده، تالاب در خروجی، ۱۰ درصد شوری رودخانه را کاهش داده است. اما با توجه به اینکه شوری در ورودی تالاب خیلی زیاد بوده، میزان آن در خروجی هم بالاتر از حد مجاز بوده است و تالاب نتوانسته شوری را به مقدار قابل توجهی کاهش دهد. نتایج این پژوهش نشان داد که میزان بار آلودگی کیفی آب در ورودی به‌جز پارامترهای اکسیژن محلول و درجه حرارت بالا بوده و در میانه به‌صورت متوسط و در خروجی کاهش پیدا کرده است. با توجه به کیفیت خروجی تالاب، از آب تالاب آلاگل می‌توان برای مراکز پرورش ماهی استفاده کرد. در صورت کشت زمین‌ها در خروجی تالاب، باید از گیاهان مقاوم به شوری از جمله نی، گز و آتریپلکس استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: کیفیت آب، تصفیه طبیعی، تالاب آلاگل، نیترات

۱. گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد، ایران

\*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: farasati2760@gmail.com

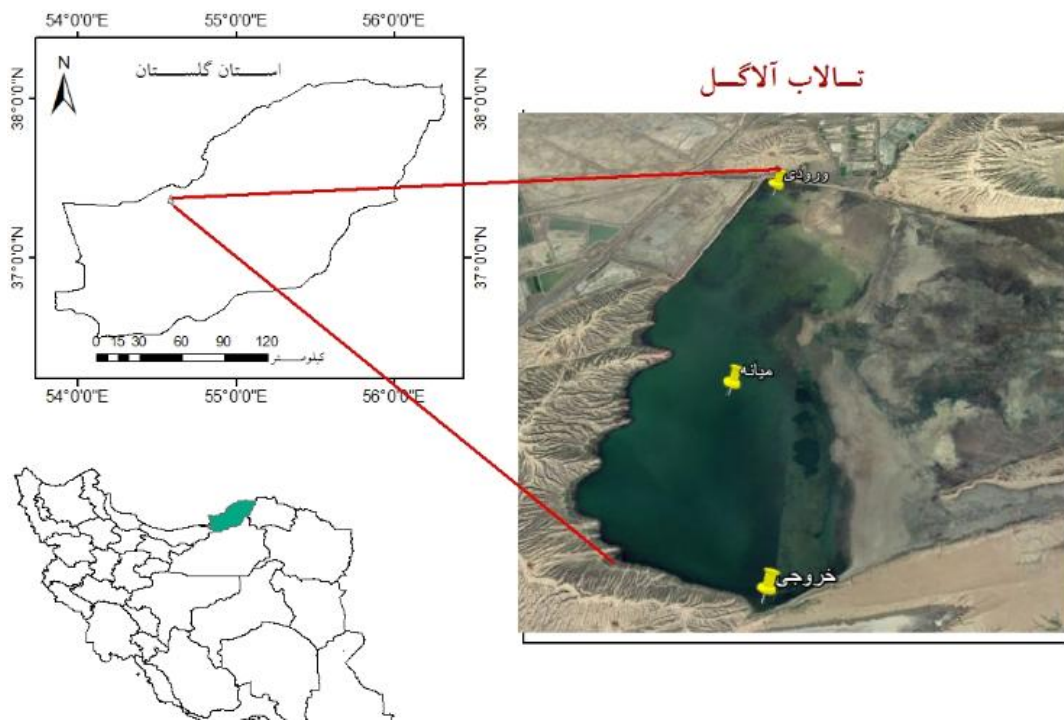
## مقدمه

افزایش آلاینده‌ها از جمله نیتروژن و فسفر در منابع آبی باعث وقوع پدیده شکوفایی و در صورت تداوم شرایط منجر به جلبکی شدن و کاهش کیفیت آب بر اثر اوتریفیکاسیون می‌شود. استفاده از سیستم‌های تصفیه فاضلاب با تکنولوژی پایین و عدم مصرف انرژی یا مصرف کم، علاوه بر تناسب با نیازهای یک اقتصاد در حال توسعه، در اصلاح و بهبود محیط زیست نیز نقش مؤثری دارد. متأسفانه کشورهای در حال توسعه به‌جای استفاده از این سیستم‌های ارزان و مناسب به تبعیت از کشورهای پیشرفته به تکنولوژی‌های بالا روی آورده‌اند که با مشکلات متعدد بهره‌برداری، نگهداری، مصرف انرژی زیاد و... روبه‌رو شده‌اند و با وجود هزینه‌های زیاد از کارایی لازم برخوردار نیستند و این در صورتی است که اکنون سیستم‌های طبیعی به‌علت عدم نیاز به انرژی و کارایی بالا مورد توجه و علاقه جدی کشورهای پیشرفته قرار گرفته‌اند (۱۷). کشورهای در حال توسعه هنوز از مزایای تصفیه طبیعی از قبیل عدم ارزشبری، کاربری آسان و شرایط آب‌وهوایی مناسب و همچنین هزینه بسیار ناچیز بهره‌برداری غافل مانده و از روش‌های متداول و پیشرفته تصفیه فاضلاب و صرف هزینه‌های بسیار استفاده می‌کنند (۱۸). پژوهشگران در تلاشند تا راه‌حلی از ارزان‌تر و سازگارتر با محیط زیست برای حذف آلاینده‌ها از آب‌های طبیعی بیابند. پژوهش‌ها در دو دهه اخیر نشان داده ساختارهای تالابی یکی از مناسب‌ترین روش‌ها برای این منظور است. تالاب‌ها با روش‌های مختلف فیزیکی، بیولوژیکی و شیمیایی می‌توانند به‌شکل مؤثری غلظت انواع آلاینده‌های شیمیایی و باکتری‌های بیماری‌زا را کاهش دهند. طبق تعریف کنوانسیون رامسر تالاب به مناطق مردابی، آبگیر، توربزار آبی به صورت طبیعی، مصنوعی، دائم یا موقت با آب ساکن، جاری شیرین، لب‌شور یا شور مشتمل بر آن دسته از آب‌های دریایی که عمق آب آنها از ۶ متر تجاوز نکند گفته می‌شود. تالاب‌ها از نظر تصفیه آب به دو نوع طبیعی و مصنوعی طبقه‌بندی می‌شوند. قدمت تالاب‌های طبیعی به قدمت زمین می‌رسد (۱۸).

نفر و همکاران به بررسی غلظت برخی فلزهای سنگین در آب تالاب‌های بین‌المللی آلاگل، آماگل و آجی‌گل در استان گلستان پرداختند که نتایج نشان‌دهنده بالاترین غلظت‌های فلزهای اندازه‌گیری شده در تالاب آلاگل و پایین‌ترین غلظت‌ها در تالاب آجی‌گل بوده است (۹). حاجی بیگلو و شیخ به مکان‌یابی ایجاد تالاب‌های رودخانه‌ای در حوزه‌های آبخیز رودخانه تجن پرداختند (۳). تانویر و همکاران در پژوهشی، عملکرد تالاب مصنوعی با دو گیاه نی و زنبق را برای تصفیه آب‌های آلوده رودخانه بورجانگا در بنگلادش بررسی کردند. متوسط میزان حذف برای نیتروژن آمونیاکی، نیتروژن معدنی، فسفات، اکسیژن خواهی بیوشیمیایی، اکسیژن‌خواهی شیمیایی به ترتیب ۰/۷۶، ۰/۵۱، ۰/۰۸، ۰/۵۱ و ۲/۴۹ گرم بر مترمربع در روز به‌دست آمد (۱۵).

در پژوهشی با عنوان مقایسه عملکرد برکه‌های تثبیت و تالاب مصنوعی با جریان زیرسطحی در تصفیه فاضلاب شهری در یزد به این نتیجه رسیدند که راندمان حذف COD, BOD و فسفات در فصل پاییز و تابستان بیشتر از سایر فصل‌ها بوده است؛ بنابراین می‌توان گفت که تالاب‌ها هم از لحاظ کارایی و هم از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه‌تر از برکه‌های تثبیت هستند (۲). در مطالعه‌ای در ارتباط با حذف فسفر از پساب روستایی توسط سیستم تالابی کشت برنج در حوضه دریاچه تایلند چنین بیان داشتند که غلظت فسفر درون تالاب کشت برنج در یک بازه زمانی به‌طور قابل توجهی کاهش پیدا کرده است (۶).

میرزایی و همکاران به بررسی میزان کارایی تالاب مصنوعی زیرسطحی در کاهش ازت آمونیاکی و فسفر از فاضلاب مصنوعی مشابه خانگی در مقیاس آزمایشگاهی پرداختند. نتایج نشان داد کارایی راکتور تالاب مصنوعی زیرسطحی با بستر ذغال و پوکه معدنی، با استفاده از گیاهان علف دم‌گره‌ای و نی معمولی، در حذف ازت آمونیاکی و فسفر مناسب بوده و می‌تواند با فراهم کردن شرایط مناسب راهبری و نگهداری به‌عنوان یک جایگزین دوستدار محیط زیست به‌جای سایر سیستم‌های مکانیکی تصفیه فاضلاب باشد (۸).



شکل ۱. نقشه منطقه مورد مطالعه

گنبد کاووس حدود ۷۵ کیلومتر است. آلاگل ۲۵ کیلومتر مربع مساحت و حداکثر ۲/۵ متر عمق دارد. آب این تالاب مانند سایر تالاب‌های این منطقه از رودخانه اترک و زهکش‌های طبیعی و نهرهای شور به نام‌های سامان و شورجه تأمین می‌شود. آب‌وهوای این منطقه در تابستان گرم‌وخشک و در زمستان‌ها معتدل است. متوسط بارندگی این منطقه کمتر از ۳۰۰ میلی‌متر در سال است. شکل (۱) نمایی از منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

در این پژوهش، سه ایستگاه در ورودی رودخانه اترک به تالاب، میانه تالاب و خروجی تالاب انتخاب شد و از خردادماه ۱۳۹۵ تا اردیبهشت ماه ۱۳۹۶ در روز پانزدهم هر ماه از آب میانه و خروجی تالاب چهار نمونه آب برداشت شد. همچنین با توجه به اینکه تالاب آلاگل فقط در ماه‌های شهریور، آبان و بهمن آبیگیری می‌شد، از ایستگاه ورودی به تالاب فقط در ماه‌های آبیگیری نمونه آب برداشت شد. در مجموع ۱۰۸ نمونه در همه ماه‌ها برداشت و پس از نمونه‌گیری، نمونه آب‌ها برای اندازه‌گیری پارامترهای pH، هدایت الکتریکی (EC)،

در پژوهشی، پهنه‌بندی کیفی آب رودخانه اترک با استفاده از شاخص‌های متفاوت کیفی پرداختند. پهنه‌بندی یا طبقه‌بندی کیفی آب این رودخانه بر اساس روش شاخص‌های NSFQI، BCWQI و همچنین روش شاخص ساده مدیریتی بررسی شد. نتایج این دو روش در این منطقه یکسان به نظر می‌رسد ولی نتایج روش BCWQI که شرایط را مناسب تا ضعیف نتیجه می‌دهد، کمی محافظه کارانه‌تر از دو روش دیگر است (۹). با توجه به مطالب گفته شده و کیفیت رودخانه اترک، نیاز به تصفیه این رودخانه است. با توجه به اینکه تا به حال اثر تالاب آلاگل بر کیفیت رودخانه اترک مورد بررسی قرار نگرفته است؛ بنابراین در پژوهش حاضر، تأثیر تالاب آلاگل بر تصفیه آب رودخانه اترک مورد بررسی قرار گرفت.

### مواد و روش‌ها

تالاب آلاگل بزرگ‌ترین دریاچه استان گلستان و یک تالاب آب شور است که در شهرستان گنبد کاووس، بخش داشلی‌برون و در کنار شهر اینچه‌برون واقع است. فاصله این تالاب تا شهر

جدول ۱. پارامترهای هواشناسی تالاب آلاگل در ماه‌های مورد مطالعه

ماه	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت
تبخیر (میلی متر در روز)	۸	۹/۱	۸/۵	۸/۵	۴/۶	۲	۱/۴	۱/۴	۱/۱	۲/۷	۳/۴	۵/۵
دما (میلی متر)	۳۰/۸	۳۱/۵	۳۲/۳	۲۶	۱۷/۷	۱۰/۱	۷/۷	۷/۳	۶/۵	۱۲/۵	۱۷/۲	۲۴/۳
بارش (میلی متر)	۰	۵/۱	۱۸	۶/۶	۹	۴۳/۶	۲۷/۱	۲۷/۱	۳۰/۷	۲۲/۲	۳۲	۰/۲

جدول ۲. دبی ورودی به تالاب آلاگل در ماه‌های مختلف

ماه	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت
دبی (متر مکعب بر ثانیه)	۰	۰	۰	۴/۳۵	۰	۴/۷۵	۰	۰	۴/۵۸	۰	۰	۰

استفاده و رسم نمودار روند تغییرات زمانی و مکانی مقادیر در محیط نرم‌افزاری Excel انجام شد. جدول‌های (۱) و (۲) پارامترهای هواشناسی منطقه تالاب آلاگل را در ماه‌های مورد مطالعه و میزان دبی ورودی به تالاب آلاگل را در زمان آبیگری (شهریور، آبان و بهمن‌ماه) نشان می‌دهد.

### نتایج و بحث

تجزیه واریانس کرت‌های خرد شده برای فاکتورهای کیفیت آب در طول دوره نمونه‌برداری در جدول (۳) آورده شده است.

**مقایسه میانگین فاکتورهای کیفیت آب در طول دوره نمونه‌برداری**  
فاکتورهایی که اثر متقابل آنها معنی‌دار شد از روش برش‌دهی، برای مقایسه میانگین بین آنها استفاده شد. با توجه به جدول (۳)، اثرات متقابل زمان و مکان خروجی فاکتورهای فسفات، اسیدیته، هدایت الکتریکی، دمای آب، نیترات، اکسیژن محلول، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی و اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین حاصل در جدول (۴) و (۵) آورده شده است.

جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴) نشان داد که

فسفات ( $PO_4$ )، آمونیاک ( $NH_3$ )، نیترات ( $NO_3$ )، اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی (BOD)، اکسیژن‌خواهی شیمیایی (COD) و اکسیژن محلول (DO) به سرعت به آزمایشگاه منتقل شد. برای اندازه‌گیری دمای آب از دماسنج استاندارد (مدل Waterproof Ectestr 11)، هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج الکتریکی، اسیدیته آب با دستگاه pH متر، اندازه‌گیری فسفات، نیترات و آمونیاک با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، BOD با دستگاه BOD سنج مدل BD 600، COD با استفاده از COD سنج، اندازه‌گیری شد (۱). پارامترهای pH، EC، TDS، DO، جریان ورودی و خروجی با استفاده از دستگاه پورتابل مدل HQ ۴۰ d HACH اندازه‌گیری شد. به منظور مقایسه خصوصیات کیفی آب در مکان و زمان‌های مختلف از آزمون کرت‌های خرد شده در واحد زمان استفاده شد. بدین منظور ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرونوف مورد بررسی قرار گرفت. در صورت نرمال نبودن سری داده از با تبدیل مناسب BOX-COX لگاریتمی، داده‌ها نرمالیزه شدند. در نهایت با انتقال داده‌ها به نرم‌افزار SAS، آزمون کرت‌های خرد شده در واحد زمان (Split plot in time) انجام شد. برای انجام مقایسه میانگین نیز از آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری LSD

جدول ۳. تجزیه واریانس فاکتورهای کیفیت آب در طول دوره نمونه برداری

منابع تغییر	درجه آزادی	هدایت الکتریکی	اکسیژن محلول	فسفات	آمونیاک	اکسیژن مورد نیاز شیمیایی	دما	اسیدیته	نیترات	اکسیژن خواهی بیوشیمیایی
تکرار	۳	۰**	۰/۰۰۰۹**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۵**	۰/۰۰۰۲**	۰/۰۰۰۱**	۶/۶۴**	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۵**
مکان	۱	۰/۰۰۰۶۳**	۷۰/۷۹**	۱/۰۵**	۵/۹۶**	۲۹/۵۵**	۰/۲۷**	۱/۰۰۰۱**	۰/۰۴**	۲۸/۹۴**
خطای (۱)	۳	۰	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱۴	۰/۰۰۰۲۴	۰/۰۰۰۱	۱/۴۴	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۲۳
زمان	۱۱	۰/۰۰۰۰۵**	۱۹۶/۰۳**	۰/۵۸**	۲/۴۴**	۴۱۴/۰۱**	۱۰/۴۵**	۱/۴۶**	۴/۰۵**	۴۱۳/۰۴**
مکان × زمان	۱۱	۰/۰۰۰۰۱**	۲/۲۶**	۰/۰۰۰۷**	۰/۷۰**	۶۳۰۱**	۰/۰۱۸**	۳/۶۴**	۰/۰۴**	۱/۲۵**
خطای (۲)	۶۶	۰	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۱۳	۰/۰۱۵	۰/۰۰۰۰۹	۹/۰۷	۰/۰۰۰۰۰۶	۰/۰۰۰۲۸
ضریب تغییرات		۰/۱۷۶	۰/۳۸	۷/۴۵	۳/۶۷	۰/۵۶	۰/۷۱	۱/۲۸	۲/۲۸	۰/۹۸

جدول ۴. مقایسه میانگین فاکتورهایی با اثرات متقابل معنی دار در مکان میانه و زمانهای مختلف دوره نمونه برداری

ماه‌های نمونه برداری	دمای آب (درجه سانتی گراد)	اسیدیته	اکسیژن محلول (میلی گرم بر لیتر)	هدایت الکتریکی (میلی موس بر سانتی متر)	اکسیژن خواهی بیولوژیکی (میلی گرم بر لیتر)
خرداد	۲۸/۵±۰/۳۶ <sup>c</sup>	۸/۴۵±۰/۰۲ <sup>d</sup>	۱/۷۹±۰/۰۲ <sup>b</sup>	۳/۲۵±۰/۰۲ <sup>d</sup>	۱۴/۰۸±۰/۰۲ <sup>d</sup>
تیر	۳۱/۹۵±۰/۱ <sup>b</sup>	۹/۴۷±۰/۰۲ <sup>a</sup>	۰/۹۱±۰/۰۱ <sup>h</sup>	۳/۳±۰/۰۲ <sup>c</sup>	۱۶/۵۶±۰/۰۵ <sup>b</sup>
مرداد	۳۳/۹۷±۰/۱۲ <sup>a</sup>	۸/۲۵±۰/۰۵ <sup>f</sup>	۰/۵±۰/۰۲ <sup>j</sup>	۳/۶±۰/۰۲ <sup>b</sup>	۱۷/۷۵±۰/۰۳ <sup>a</sup>
شهریور	۲۷/۰۲۵±۰/۰۵ <sup>d</sup>	۸/۰۱±۰/۰۱ <sup>h</sup>	۰/۳۲±۰/۰۱ <sup>k</sup>	۳/۷±۰/۰۱ <sup>a</sup>	۱۵/۸۶±۰/۰۷ <sup>c</sup>
مهر	۲۲±۰ <sup>e</sup>	۸/۳۱±۰ <sup>e</sup>	۰/۶۳±۰/۰۲ <sup>i</sup>	۳/۵۸±۰/۱ <sup>b</sup>	۱۲/۸۱±۰/۰۴ <sup>g</sup>
آبان	۱۲±۰/۱۶ <sup>h</sup>	۸/۲۶±۰/۰۲ <sup>f</sup>	۰/۹۱±۰/۰۲ <sup>h</sup>	۳/۲±۰ <sup>e</sup>	۱۳/۰۱±۰/۰۴ <sup>f</sup>
آذر	۹/۰۷۵±۰/۱۵ <sup>k</sup>	۸/۴۲±۰/۰۲ <sup>d</sup>	۱/۱۲±۰/۰۲ <sup>f</sup>	۳/۱۴±۰ <sup>f</sup>	۱۲/۱۶±۰/۰۳ <sup>h</sup>
دی	۹/۴۷۵±۰/۰۵ <sup>j</sup>	۸/۶۴±۰/۰۱ <sup>c</sup>	۱/۲۲±۰/۰۷ <sup>e</sup>	۳/۱±۰ <sup>g</sup>	۱۱/۸۹±۰/۱۳ <sup>i</sup>
بهمن	۷/۱±۰ <sup>l</sup>	۸/۶±۰ <sup>c</sup>	۱/۹۶±۰/۰۱ <sup>a</sup>	۳±۰/۰۱ <sup>h</sup>	۱۱/۳۱±۰/۰۳ <sup>k</sup>
اسفند	۱۱/۳۷±۰/۰۵ <sup>i</sup>	۸/۸۲±۰/۰۲ <sup>b</sup>	۱/۶۷±۰/۱ <sup>c</sup>	۳/۱±۰/۰۵ <sup>g</sup>	۱۱/۴۸±۰/۰۳ <sup>j</sup>
فروردین	۱۷/۸۲±۰/۰۵ <sup>g</sup>	۸/۱۲±۰/۰۱ <sup>g</sup>	۱/۳۸±۰/۰۴ <sup>d</sup>	۳/۱۵±۰/۰۱ <sup>f</sup>	۱۲/۷۹±۰/۰۵ <sup>g</sup>
اردیبهشت	۲۰/۰۷±۰/۱ <sup>f</sup>	۸/۲۸±۰/۰۴ <sup>f</sup>	۱/۰۲±۰/۰۳ <sup>g</sup>	۳/۲±۰/۰۴ <sup>e</sup>	۱۳/۱۸±۰/۰۴ <sup>e</sup>

جدول ۵. مقایسه میانگین فاکتورهایی با اثرات متقابل معنی دار در مکان میانه و زمانهای مختلف دوره نمونه برداری

ماه‌های نمونه برداری	نیترات	آمونیاک	فسفات	اکسیژن‌خواهی شیمیایی
خرداد	۲/۱۱±۰/۰۱ <sup>e</sup>	۲/۸۲±۰/۰۲ <sup>i</sup>	۰/۳±۰/۰۸ <sup>n</sup>	۲۸/۵۱±۰/۰۲ <sup>d</sup>
تیر	۲/۱۷±۰/۰۲ <sup>d</sup>	۳/۵۳±۰/۰ <sup>f</sup>	۰/۸۶±۰/۰۶ <sup>e</sup>	۲۹/۹۲±۰/۰۵ <sup>b</sup>
مرداد	۲/۱۹±۰/۰۲ <sup>d</sup>	۴/۱۷±۰/۰۱ <sup>c</sup>	۱/۲۴±۰/۰۱ <sup>a</sup>	۳۰/۴۸±۰/۰۳ <sup>a</sup>
شهریور	۳/۵±۰/۰۶ <sup>a</sup>	۵/۲۵±۰/۰۱ <sup>a</sup>	۱/۱±۰ <sup>b</sup>	۲۹/۰۸±۰/۰۷ <sup>c</sup>
مهر	۲/۳۶±۰/۰۱ <sup>c</sup>	۵/۰۴±۰/۰۲ <sup>b</sup>	۱/۰۲±۰/۰۱ <sup>c</sup>	۲۷/۱۸±۰/۰۴ <sup>f</sup>
آبان	۳/۱۲±۰/۰۱ <sup>b</sup>	۵/۰۹±۰/۰۱ <sup>b</sup>	۱/۱±۰/۰۱ <sup>b</sup>	۲۷/۵±۰/۰۴ <sup>e</sup>
آذر	۲/۳۷±۰/۰۱ <sup>c</sup>	۴±۰/۰۲ <sup>d</sup>	۰/۹۲±۰ <sup>d</sup>	۲۵/۶۵±۰/۰۳ <sup>i</sup>
دی	۲/۰۷±۰/۰۲ <sup>e</sup>	۳/۸۶±۰/۰۵ <sup>e</sup>	۰/۷۸±۰/۰۲ <sup>f</sup>	۲۳/۶۸±۰/۰۱۳ <sup>l</sup>
بهمن	۱/۸۲±۰/۰۲ <sup>f</sup>	۳/۱۱±۰/۰۱ <sup>h</sup>	۰/۴۶±۰/۰۲ <sup>i</sup>	۲۳/۹۳±۰/۰۳ <sup>k</sup>
اسفند	۱/۷۲±۰/۰۲ <sup>g</sup>	۳/۱۹±۰ <sup>g</sup>	۰/۵۴±۰ <sup>h</sup>	۲۴/۱۸±۰/۰۳ <sup>j</sup>
فروردین	۱/۸۵±۰/۰۳ <sup>f</sup>	۳/۵±۰/۰۲ <sup>f</sup>	۰/۶۹±۰/۰۴ <sup>g</sup>	۲۵/۸۴±۰/۰۵ <sup>h</sup>
اردیبهشت	۱/۴±۰/۰۸ <sup>c</sup>	۴/۱۹±۰/۰۴ <sup>c</sup>	۰/۸۸±۰/۰۲ <sup>e</sup>	۲۷/۰۴±۰/۰۴ <sup>g</sup>

بیشترین میزان دمای آب در فصل تابستان به‌ویژه تیر و مرداد به ترتیب ۳۱/۹۵ و ۳۳/۹۷ درجه سلسیوس بوده است. از لحاظ آماری بین تمام فصل‌ها اختلاف معنی دار مشاهده شد. اهمیت درجه حرارت به دلیل تأثیر آن در انجام واکنش‌های شیمیایی است که در آب اتفاق می‌افتد. افزایش درجه حرارت آب، کاهش میزان دبی آب را به دنبال داشته و در نهایت باعث کاهش کیفیت آب در تالاب می‌شود. نتایج این پژوهش، با نتایج قلی پور و علامتیان که با افزایش درجه حرارت، سرعت افزایش BOD در مقایسه با COD بیشتر شده و میزان نیترات با افزایش دما افزایش و کیفیت آب کاهش یافته است مطابقت داشت (۴). با توجه به جدول (۴)، اسیدیته در محدوده ۸/۰۱ تا ۹/۴۷ قرار دارد و قلیایی بودن pH، نشان‌دهنده درصد بالایی از نمک‌های محلول در آب است. بیشترین اسیدیته مربوط به تیرماه (۹/۴۷) و کمترین مقدار مربوط به شهریورماه (۸/۰۱) بوده و تفاوت اسیدیته در ماه‌های مختلف معنی دار است (جدول ۴).

در آبان‌ماه به دلیل بالا بودن میزان اکسیژن محلول آب ورودی به تالاب (۷۵/۰ میلی‌گرم در لیتر)، کاهش دمای آب (۱۲

درجه) و بیشترین بارش (۴۳/۶)، اکسیژن محلول آب افزایش داشته است. بارندگی با ایجاد تلاطم در آب باعث افزایش اکسیژن محلول شده است. در بهمن‌ماه به دلیل بالا بودن میزان اکسیژن محلول ورودی به تالاب (۸/۱ میلی‌گرم بر لیتر) و کاهش دمای آب (۷/۱ درجه سانتی‌گراد)، میزان اکسیژن محلول در میانه تالاب بیشتر شده است. جلبک‌ها با کمک نور خورشید و مواد مغذی، فتوسنتز کرده و اکسیژن محلول تولید می‌شود. کمترین مقدار اکسیژن محلول مربوط به شهریورماه و برابر ۰/۳۲ میلی‌گرم در لیتر بوده که دلیل آن دمای بالای آب در این ماه‌ها و کم بودن بارندگی و آبیگری تالاب است. تغییرات اکسیژن محلول در زمان، از فصل پاییز به زمستان حالت افزایشی و سپس روند کاهشی داشت. در میانه تالاب با افزایش دمای آب و هوا، به دلیل افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های هوازی در سطح آب، میکروارگانیسم‌ها اکسیژن محلول را مصرف کرده و باعث کاهش آن شده‌اند. بنابراین در فصل‌های گرم و دمای بالای آب، میزان اکسیژن محلول کمتر شده است. همچنین در زمان آبیگری به دلیل ورود آب رودخانه با دبی ۴/۵ مترمکعب در ثانیه، میزان

داشت (۱۶). تغییرات اکسیژن بیوشیمیایی در ماه‌های مختلف غیر از مهر و فروردین معنی‌دار بود.

با توجه به جدول (۵)، بیشترین مقدار نیترات در میانه تالاب، در شهریورماه با نیترات ۳/۵ میلی‌گرم در لیتر به‌دلیل غلظت نیترات آب ورودی به تالاب، دمای بالای آب و تبخیر زیاد به‌دست آمده است. کمترین مقدار نیترات برابر با ۱/۸۲ میلی‌گرم در لیتر مربوط به بهمن‌ماه به‌دلیل دمای پایین آب، بارش به‌نسبت زیاد و تبخیر کم از سطح آب بوده است. در آبان ماه نیز بارش زیاد و دمای آب کم بوده اما غلظت بالای نیترات ورودی به تالاب باعث افزایش نیترات شده است. در این ماه، بارندگی باعث افزایش حجم آب تالاب و کاهش نیترات شده، اما با توجه به اینکه بالاترین بارش همزمان با زمان آبیگری تالاب بوده، کیفیت آب رودخانه بر غلظت نیترات در تالاب تأثیر گذاشته و آن را افزایش داده است.

در یک مطالعه که مبرو و همکاران روی مقایسه تالاب‌های مصنوعی و برکه‌های تثبیت در دانشکاه کشاورزی و تکنولوژی جوموکنیاتا انجام دادند برکه‌های تثبیت، راندمان بهتری در حذف آمونیوم و تالاب مصنوعی راندمان بالاتری در حذف نیترات داشت. تغییر میزان نیترات در ماه‌های مختلف معنی‌دار شد (۶).

با توجه به جدول (۵)، بیشترین مقدار آمونیاک مربوط به شهریورماه با غلظت ۵/۲۵ میلی‌گرم در لیتر است. در شهریورماه به‌دلیل تبخیر زیاد از سطح آب، بارش کم و آبیگری تالاب، غلظت آمونیاک افزایش یافته است. در آبان‌ماه به‌دلیل آبیگری تالاب، غلظت آمونیاک افزایش یافته اما در این ماه بارش بسیار زیاد بوده و باعث شده که آمونیاک در این ماه کمتر افزایش یابد. کمترین آمونیاک در خرداد ماه به مقدار ۲/۸۲ میلی‌گرم بر لیتر به‌دست آمد. مبرو و همکاران در تحقیقی به نتیجه رسیدند که راندمان حذف آمونیوم در تالاب کمتر از برکه تثبیت بوده است (۶). تغییر میزان آمونیاک بین مرداد، مهر و آبان‌ماه تفاوت معنی‌داری نداشت. جدول (۵) مقایسه میانگین بین داده‌ها نشان داد که بیشترین میزان فسفات در فصل تابستان بوده است.

اکسیژن محلول آب رودخانه بر میزان اکسیژن محلول تالاب تأثیر گذاشته است. با توجه به جدول (۳)، تغییرات اکسیژن محلول در ماه‌های مختلف معنی‌دار بود.

با توجه به جدول (۴)، هدایت الکتریکی بین ۳ تا ۳/۷ دسی‌زیمنس بر متر متغیر بوده است. مفتاح هلقی بیان داشت که به‌دلیل بالا بودن هدایت الکتریکی رودخانه اترک، آب این رودخانه جزء دسته آب‌های شور دسته‌بندی می‌شود (۷). در شهریور، آبان و بهمن‌ماه به‌دلیل ورود آب رودخانه اترک به تالاب با دبی ۴/۵ مترمکعب در ثانیه، کیفیت آب تالاب بدتر شده و شوری آب تالاب به‌ترتیب به ۳/۷، ۳/۲ و ۳/۰ دسی‌زیمنس بر متر رسیده است. در آبان‌ماه میزان تبخیر از سطح آب کم و بارش خیلی زیاد بوده است که باعث افزایش حجم آب و کاهش شوری شده، اما به‌دلیل آبیگری تالاب در این ماه با شوری ۳/۴۲ دسی‌زیمنس بر متر، شوری آب تالاب افزایش یافته است. تفاوت هدایت الکتریکی در ماه‌های مختلف غیر از شهریور، دی و اردیبهشت معنی‌دار بود. همچنین بر اساس طبقه‌بندی آب‌ها، تالاب آلاگل جزء آب‌های شور محسوب می‌شود.

با توجه به جدول (۴)، مقدار اکسیژن بیوشیمیایی بین ۱۱/۳۱ (بهمن‌ماه) تا ۱۷/۷۵ میلی‌گرم در لیتر (مردادماه) متغیر بوده است. در مردادماه به‌دلیل بالا بودن دمای آب و هوا، میزان BOD تالاب افزایش یافته است. در ماه‌های شهریور و آبان به‌دلیل ورود آب رودخانه به تالاب با BOD بالا، مقدار BOD افزایش یافته و به‌ترتیب برابر ۱۵/۸۶ و ۱۳/۰۱ میلی‌گرم در لیتر شده است. با توجه به نتایج به‌دست آمده، در فصل‌های گرم با افزایش دمای آب و تبخیر، فعالیت میکروارگانیسم‌ها بیشتر شده و با مصرف اکسیژن بیشتر و تجزیه مواد آلی، BOD افزایش یافته است. همچنین میزان BOD جریان ورودی بالا بوده و وارد میانه تالاب شده و بر میزان BOD تالاب تأثیر گذاشته است. نتایج این پژوهش با پژوهش‌های یگانه بختیاری و همکاران که در استفاده از تالاب در شهر سقز، کاهش BOD مشاهده شد، مطابقت

محلول در آب است (۱۵). با توجه به جدول (۶)، بیشترین اسیدیته مربوط به تیرماه و کمترین مربوط به شهریورماه بوده است. با توجه به حد مجاز pH برای تخلیه به آب‌های سطحی (۶/۵-۸/۵) و زیرزمینی (۵-۹) و کشاورزی (۶-۸/۵)، میزان pH در خروجی تالاب کمتر از حد مجاز بوده و آب تالاب مشکلی از نظر pH ندارد.

بیشترین میزان اکسیژن محلول در طول دوره پژوهش ۲/۲۱ میلی‌گرم در لیتر در بهمن‌ماه سال ۱۳۹۵ بود. مقدار بالای اکسیژن محلول ناشی از دمای پایین آب و تبخیر از سطح آب و بارش‌های شدید در این ماه (۳۰/۷ میلی‌متر) بوده است. همچنین در بهمن‌ماه بالا بودن میزان اکسیژن محلول ورودی به تالاب (۱/۸ میلی‌گرم برلیتر) و کمترین مقدار آن نیز مربوط به شهریورماه برابر با ۰/۷۵ میلی‌گرم در لیتر اندازه‌گیری شد. در آبان‌ماه به دلیل بالا بودن میزان اکسیژن محلول در آب ورودی به تالاب (۱/۱ میلی‌گرم در لیتر)، کاهش دمای آب (۱۲ درجه) و بیشترین بارش (۴۳/۶)، میزان اکسیژن محلول افزایش یافته است. همچنین وجود جلبک در سطح و کف تالاب باعث افزایش اکسیژن محلول شده است. در شهریورماه به دلیل گل‌آلودگی آب ورودی و داشتن کلیرم، اکسیژن محلول ورودی ۰/۲۴، تبخیر از سطح آب زیاد (۸/۵ میلی‌متر در روز)، میزان بارش کم و دمای آب به نسبت بالا بوده است، به همین دلیل میزان اکسیژن محلول نسبت به سایر ماه‌های آبیاری کمتر شده است. با یافته‌های عباس‌پور و همکاران، که نشان دادند میزان اکسیژن محلول در تمامی ایستگاه‌ها در ماه‌های تیر و مرداد به حداقل مقدار و در زمستان به حداکثر مقدار خود می‌رسد تا حدودی مطابقت دارد (۱).

با توجه به جدول (۶) هدایت الکتریکی بین ۲/۸۱ تا ۳/۵ متغیر بوده است. با توجه شوری مجاز آب برای آبیاری (۰/۷ دسی زیمنس بر متر)، هدایت الکتریکی آب تالاب بالا بوده و نمی‌توان برای کشاورزی از این آب استفاده کرد. در صورت استفاده باید از گیاهان مقاوم به شوری استفاده کرد. صادق زاده و همکاران در تحقیقی — بررسی

بیشترین مقدار فسفات در شهریور و آبان‌ماه برابر ۱/۱ میلی‌گرم در لیتر بوده که دلیل آن افزایش دمای آب و هوا، بالا بودن تبخیر از سطح آب و آبیاری در این ماه‌ها است. کمترین مقدار فسفات در خردادماه برابر ۰/۳ میلی‌گرم در لیتر بوده است. در ماه‌های آبیاری تالاب، غلظت فسفات ورودی بر غلظت فسفات در این ماه‌ها تأثیر گذاشته است. بیشترین مقدار فسفات مربوط به شهریورماه بوده است. با توجه به جدول (۵)، بیشترین مقدار اکسیژن مورد نیاز شیمیایی در خروجی ۳۰/۴۸ میلی‌گرم بر لیتر مربوط به مردادماه و کمترین مقدار میانگین ۲۳/۶۸ میلی‌گرم بر لیتر مربوط به دی‌ماه است. در فصل تابستان به دلیل بالا رفتن دمای آب، فعالیت میکروارگانیسم‌ها بیشتر شده و اکسیژن بیشتری برای تجزیه مواد آلی استفاده شده و به همین دلیل میزان COD افزایش یافته است. با سردتر شدن آب و هوا، فعالیت میکروارگانیسم‌ها کمتر شده و در نهایت COD کاهش یافته است. در یک نزار آزمایشگاهی با زمان ماند هیدرولیکی در دو روز حذف اکسیژن مورد نیاز شیمیایی را تا نود درصد گزارش دادند (۱۲).

جدول (۶) و (۷) مقایسه میانگین فاکتورهای با اثرات متقابل معنی‌دار در مکان خروجی و زمان‌های مختلف دوره نمونه‌برداری را نشان می‌دهد. در کل دوره نمونه‌برداری که یک سال به طول انجامید، به تعداد ۱۲ مرتبه از ایستگاه میانه نمونه‌برداری انجام شد. فاکتورهایی که اثر متقابل آنها معنی‌دار شد از روش برش‌دهی، برای مقایسه میانگین بین آنها استفاده شد. برش‌دهی بین داده‌ها در ۱۲ ماه و ایستگاه میانه انجام شد. اثرات متقابل زمان و مکان خروجی فاکتورهای فسفات، اسیدیته، هدایت الکتریکی، دمای آب، نیترات، اکسیژن محلول، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی و اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی معنی‌دار شد. نتایج حاصل در جدول (۶) آورده شده است.

با توجه به جدول مقایسه میانگین بین داده‌ها (جدول ۶)، میزان درجه حرارت و اسیدیته نیز مانند میانه تالاب روند افزایشی داشته است. اسیدیته در محدوده ۸/۱۷ تا ۹/۴۵ قرار داشت و قلیایی بودن pH نشان‌دهنده درصد بالایی از نمک‌های



جدول ۶. مقایسه میانگین فاکتورهایی با اثرات متقابل معنی دار در مکان خروجی و زمانهای مختلف دوره نمونه برداری

اکسیژن خواهی بیوشیمیایی	هدایت الکتریکی	اکسیژن محلول	اسیدیته	دما	ماه های نمونه برداری
۱۲/۳۸±۰/۰۵ <sup>d</sup>	۳/۱۵±۰/۰۵ <sup>e</sup>	۱/۹۷±۰/۰۴ <sup>b</sup>	۸/۳۸±۰ <sup>e</sup>	۲۹/۵۲±۰/۲۱ <sup>c</sup>	خرداد
۱۳/۵۳±۰/۰۴ <sup>c</sup>	۳/۱۹±۰/۰۱۴ <sup>d</sup>	۱/۴۵±۰/۰۳ <sup>f</sup>	۹/۴۵±۰/۰۱ <sup>a</sup>	۳۱/۰۲±۰/۱۴ <sup>b</sup>	تیر
۱۴/۲۴±۰/۰۹ <sup>b</sup>	۳/۳±۰/۰۹ <sup>b</sup>	۰/۹۸±۰/۰۵ <sup>h</sup>	۸/۳۱±۰/۰۱ <sup>f</sup>	۳۳±۰/۳۶ <sup>a</sup>	مرداد
۱۴/۹±۰/۰۹ <sup>a</sup>	۳/۵±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۰/۷۵±۰/۰۱۸ <sup>i</sup>	۸/۱۲±۰/۰۲ <sup>i</sup>	۲۶/۳±۰/۱۴ <sup>d</sup>	شهریور
۱۰/۴۱±۰/۰۶ <sup>h</sup>	۳/۲۴±۰/۰۳ <sup>c</sup>	۱/۰۷±۰/۰۴ <sup>g</sup>	۸/۳۳±۰/۰۱ <sup>f</sup>	۲۰/۵۷±۰/۱۵ <sup>e</sup>	مهر
۱۱/۸۲±۰/۰۸ <sup>e</sup>	۳±۰/۰۱ <sup>h</sup>	۱/۱±۰/۰۶ <sup>g</sup>	۸/۲±۰/۰۱ <sup>g</sup>	۱۱/۲۵±۰/۱ <sup>h</sup>	آبان
۹/۶۸±۰/۰۷ <sup>i</sup>	۲/۹±۰/۰۶ <sup>i</sup>	۱/۶۲±۰/۰۵ <sup>d</sup>	۸/۵۳±۰/۰۱ <sup>c</sup>	۷/۹۲±۰/۵۱ <sup>i</sup>	آذر
۸/۷۷±۰/۰۲۱ <sup>i</sup>	۲/۸۱±۰/۰۱۶ <sup>j</sup>	۱/۸۴±۰/۰۴ <sup>c</sup>	۸/۴۵±۰/۰۲ <sup>d</sup>	۷/۷۲±۰/۴۹ <sup>k</sup>	دی
۹/۰۷±۰/۰۳ <sup>k</sup>	۲/۹±۰/۰۴ <sup>i</sup>	۲/۲۱±۰/۰۱ <sup>a</sup>	۸/۵۳±۰/۰۱ <sup>c</sup>	۶/۲۵±۰/۱۹ <sup>l</sup>	بهمن
۹/۸۹±۰/۰۴ <sup>i</sup>	۳/۰۱±۰/۰۴ <sup>h</sup>	۱/۸۵±۰/۰۶ <sup>c</sup>	۸/۷۱±۰/۰۳ <sup>b</sup>	۱۰/۷۵±۰/۱۹ <sup>i</sup>	اسفند
۱۱/۱۵±۰/۰۴ <sup>g</sup>	۳/۱±۰/۰۴ <sup>g</sup>	۱/۶۸±۰/۰۱۳ <sup>e</sup>	۸/۱۷±۰/۰۱ <sup>h</sup>	۱۷/۴۷±۰/۱۵ <sup>g</sup>	فروردین
۱۱/۶۳±۰ <sup>f</sup>	۳/۱۳±۰/۰۵ <sup>f</sup>	۱/۳۱±۰/۰۷ <sup>g</sup>	۸/۳۸±۰/۰۴ <sup>e</sup>	۱۹/۱۷±۰/۱۵ <sup>f</sup>	اردیبهشت

جدول ۷- مقایسه میانگین فاکتورهایی با اثرات متقابل معنی دار در مکان خروجی و زمانهای مختلف دوره نمونه برداری

اکسیژن خواهی شیمیایی	فسفات	آمونیاک	نیترات	ماه های نمونه برداری
۲۳/۶۵±۰/۰۵ <sup>f</sup>	۰/۱۲±۰/۰۲ <sup>i</sup>	۱/۷۱±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۱/۰۷±۰/۰۱ <sup>f</sup>	خرداد
۲۴/۳۸±۰/۰۴ <sup>e</sup>	۰/۳۷±۰/۰۶ <sup>g</sup>	۲/۳۱±۰/۰۸ <sup>f</sup>	۱/۲۲±۰ <sup>d</sup>	تیر
۲۵/۹۲±۰/۰۹ <sup>b</sup>	۰/۵۴±۰/۰۱ <sup>e</sup>	۳/۱۹±۰/۰۵ <sup>d</sup>	۱/۳۳±۰/۰۲ <sup>c</sup>	مرداد
۲۷/۳۷±۰/۰۹ <sup>a</sup>	۰/۷۵±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۳/۹۷±۰/۰۱ <sup>a</sup>	۲/۵۶±۰/۰۵ <sup>a</sup>	شهریور
۲۵/۳۷±۰/۰۶ <sup>d</sup>	۰/۶۳±۰ <sup>c</sup>	۳/۱۱±۰/۰۱ <sup>e</sup>	۱/۱۳±۰/۰۲ <sup>e</sup>	مهر
۲۵/۵±۰/۰۸ <sup>c</sup>	۰/۷۱±۰/۰۶ <sup>b</sup>	۳/۲۴±۰/۱۱ <sup>c</sup>	۱/۴۶±۰/۰۲ <sup>b</sup>	آبان
۲۲/۶۴±۰/۰۷ <sup>g</sup>	۰/۵۸±۰/۰۱ <sup>d</sup>	۲/۱±۰/۰۴ <sup>h</sup>	۱/۳۲±۰/۰۱ <sup>c</sup>	آذر
۱۹/۴۸±۰/۰۲۱ <sup>k</sup>	۰/۳۱±۰ <sup>g</sup>	۳/۸۱±۰/۱۱ <sup>b</sup>	۰/۹۹±۰/۰۱ <sup>g</sup>	دی
۲۱/۶۵±۰/۰۳ <sup>j</sup>	۰/۴۶±۰/۰۱ <sup>f</sup>	۱/۴۶±۰/۰۱ <sup>k</sup>	۰/۷۳±۰/۰۱ <sup>i</sup>	بهمن
۲۱/۹۵±۰/۰۴ <sup>v</sup>	۰/۲۳±۰/۰۱ <sup>h</sup>	۱/۵۶±۰/۰۱ <sup>j</sup>	۰/۶۴±۰/۰۱ <sup>j</sup>	اسفند
۲۲/۲۵±۰/۰۴ <sup>h</sup>	۰/۴۹±۰/۰۱ <sup>f</sup>	۱/۸۴±۰/۰۴ <sup>i</sup>	۰/۹۱±۰/۰۱ <sup>h</sup>	فروردین
۲۲/۷±۰ <sup>g</sup>	۰/۶۳±۰/۰۱ <sup>c</sup>	۲/۲۳±۰/۰۲ <sup>g</sup>	۱/۲۴±۰/۰۴ <sup>d</sup>	اردیبهشت

آمونیاک، میزان آمونیاک افزایش یافته است.

جدول (۷) نشان می‌دهد که بیشترین میزان فسفات در فصل تابستان و پاییز بوده است. کمترین مقدار فسفات در خردادماه برابر ۰/۱۲ میلی‌گرم در لیتر بوده است. ساکادوان و باور برای حذف فسفات و نیترات فاضلاب تصفیه شده از سیستم‌های تصفیه تالابی استفاده کردند به این نتیجه رسیدند که حداکثر حذف فسفر این مجموعه با کمترین دبی ورودی ۲۰۰۰ لیتر در روز و بزرگ‌ترین زمان ماند معادل ۱۵ روز به ۶۳ درصد رسیده است (۱۳). همچنین این پژوهشگران اعلام داشتند که هر چند غلظت فسفر پساب خروجی در همه نهرها کمتر از غلظت فسفات فاضلاب ورودی بوده، در بعضی از موارد این مقدار ناچیز است. جنگ و هنگ بر یک تالاب طبیعی واقع در لوئیزیانای امریکا مشاهده کردند که در خروجی تالاب مقادیر نیترات و فسفر کاهش یافته که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. با توجه به حد مجاز فسفات برای تخلیه به آب‌های سطحی (۱ میلی‌گرم در لیتر) و زیرزمینی (۱ میلی‌گرم در لیتر)، میزان فسفات در خروجی تالاب کمتر از حد مجاز بوده و آب تالاب مشکلی از نظر فسفات ندارد (۵).

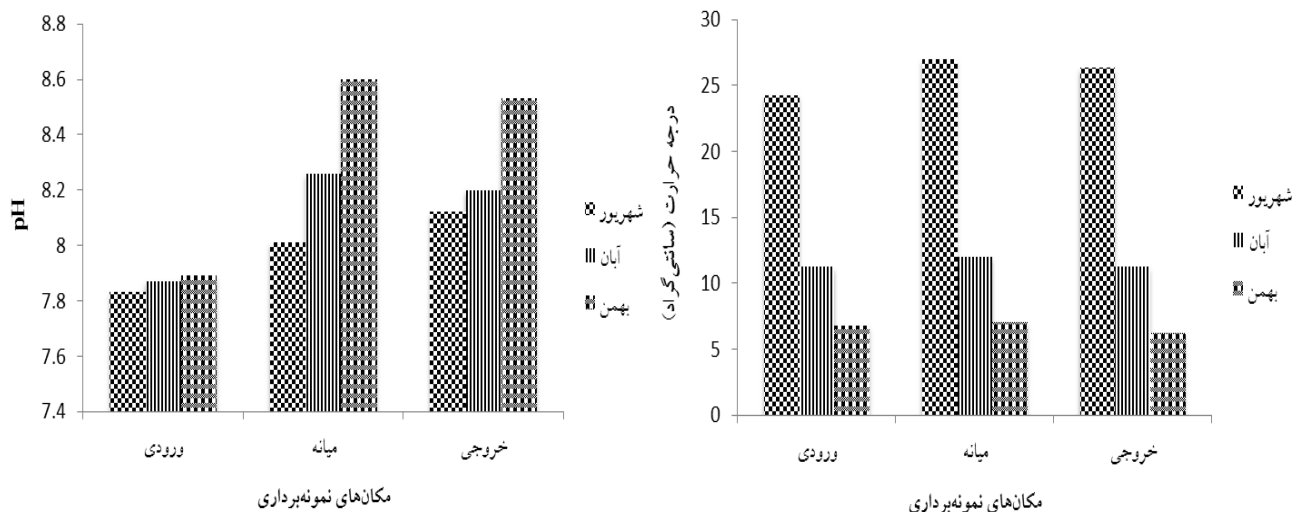
بیشترین مقدار اکسیژن مورد نیاز شیمیایی خروجی ۲۴/۵۷ میلی‌گرم بر لیتر مربوط به شهریورماه (به دلیل آگیری از آب رودخانه اترک و گل‌آلودگی و بالا بودن کلیفرم آب رودخانه) و کمترین مقدار ۱۵/۵۱ میلی‌گرم بر لیتر مربوط به دی‌ماه است. مقایسه پارامترهای نیترات، آمونیاک، فسفات، شوری، BOD، COD، DO در میانه و خروجی تالاب نشان داد که در خروجی تالاب به دلیل رشد گیاهان نی و گز در این منطقه و با جذب این آلاینده‌ها، غلظت پارامترهای مورد مطالعه کاهش یافته است. با توجه به حد مجاز COD برای تخلیه به آب‌های سطحی (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و زیرزمینی (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و کشاورزی (۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، میزان COD در خروجی تالاب کمتر از حد مجاز بوده و آب تالاب مشکلی از نظر COD ندارد.

عملکرد رویشی جمعیت‌های مختلف گز شاهی در اراضی شور و قلیا پرداختند. نتایج نشان داد که درخت گز در خاک‌های شور به خوبی رشد می‌کند (۱۱).

با توجه به جدول (۶)، در ماه‌های شهریور و آبان به دلیل ورود آب رودخانه به تالاب با BOD بالا (به دلیل گل‌آلودگی و بالا بودن کلیفرم آب رودخانه اترک)، مقدار BOD افزایش یافته و به ترتیب برابر ۱۴/۹۰ و ۱۱/۸۲ میلی‌گرم در لیتر شده است. با توجه به نتایج به دست آمده، در فصل‌های گرم و افزایش دمای آب، فعالیت میکروارگانیسم‌ها بیشتر شده و با مصرف اکسیژن بیشتر و تجزیه مواد آلی، BOD افزایش یافته است. با توجه به حد مجاز BOD برای تخلیه به آب‌های سطحی (۵۰ میلی‌گرم در لیتر) و زیرزمینی (۱۰ میلی‌گرم در لیتر) و کشاورزی (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر)، میزان BOD در خروجی تالاب کمتر از حد مجاز بوده و آب تالاب مشکلی از نظر BOD ندارد. نتایج این پژوهش با نتایج قلی پور و همکاران، که با افزایش درجه حرارت، سرعت افزایش BOD در مقایسه با COD بیشتر شده و میزان نیترات با افزایش دما افزایش و کیفیت آب کاهش یافته است، مطابقت داشت (۴).

با توجه به جدول (۷)، بیشترین مقدار نیترات در شهریور ماه با غلظت ۲/۵۶ میلی‌گرم در لیتر و کمترین مربوط به اسفندماه برابر با ۰/۶۴ میلی‌گرم در لیتر بوده است. دلیل کاهش نیترات در خروجی تالاب نسبت به میانه تالاب، حضور گیاه نی و گز در خروجی است که با جذب نیترات، غلظت آن را کاهش داده است. همچنین جوامع جلبکی یا فیتوپلانکتون‌های موجود در آب هم می‌توانند در این امر مؤثر باشند.

با توجه به جدول (۷)، بیشترین مقدار آمونیاک مربوط به شهریورماه، ۳/۹۷ میلی‌گرم بر لیتر و کمترین غلظت آمونیاک در خرداد ماه به مقدار ۱/۷۱ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد. در آبان‌ماه نیز به دلیل بارش زیاد، تبخیر و دمای کم آب، غلظت آمونیاک کاهش یافته است اما به دلیل ورود آب با غلظت زیاد



شکل ۲. تغییرات: الف) pH و ب) درجه حرارت در مکان‌های مختلف تالاب در ماه‌های آبیگری

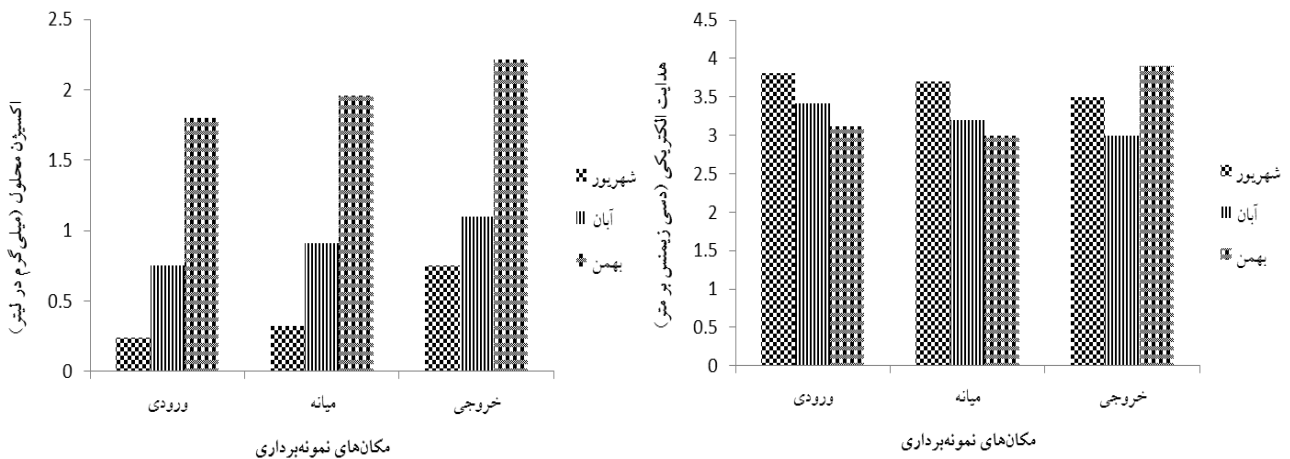
زیرزمینی مشکلی نخواهد داشت. نتایج این پژوهش با پژوهشی که اسلامی و همکاران روی مقایسه عملکرد برکه‌های تثبیت و تالاب مصنوعی با جریان زیرسطحی در تصفیه فاضلاب شهری در یزد داشته‌اند؛ مطابقت دارد (۲). اما در ماه‌های مختلف در محل ورودی تالاب، میزان pH ثابت است. شکل (۲-ب) تغییرات میانگین درجه حرارت را در مکان‌های ورودی، میانه و خروجی در زمان‌های آبیگری شهریور، آبان و بهمن نشان می‌دهد. با توجه به شکل (۲) بیشترین مقدار درجه حرارت مربوط به میانه است که دلیل آن ماندابی بودن آن است و در مکان‌های ورودی و خروجی مقدار آن کمتر است. دما در هر سه مکان ورودی، میانه و خروجی تفاوت معنی‌داری داشت. بیشترین دما در میانه تالاب و کمترین دما در ورودی تالاب (محل آبیگری رودخانه) بود. نتایج این پژوهش با پژوهشی که اسلامی و همکاران روی مقایسه عملکرد برکه‌های تثبیت و تالاب مصنوعی با جریان زیرسطحی در تصفیه فاضلاب شهری در یزد داشته‌اند، مطابقت دارد (۲). همچنین درجه حرارت در هر مکان در ماه‌های مختلف معنادار بود. اثر دما روی اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی، اکسیژن مورد نیاز شیمیایی، نیترات، آمونیاک و فسفات کاملاً مشهود است و با

رحمانی و همکاران در تحقیقی به بررسی عملکرد نزارهای مصنوعی در جریان ناپیوسته برای تصفیه فاضلاب شهری پرداختند. متوسط بازده حذف BOD5، TSS، TKN، TP و TC در جریان پیوسته برای ترکیب پیش‌تصفیه و نزار شاهد به ترتیب ۷۷/۲، ۹۲، ۹۱، ۸۹ و ۹۶/۵ درصد و در جریان ناپیوسته برای ترکیب پیش‌تصفیه و نزار مورد پژوهش به ترتیب ۹۲، ۹۷، ۹۷/۵، ۹۷ و ۹۵/۷۵ درصد به دست آمد (۱۰).

#### تغییرات پارامترهای مورد مطالعه در مکان‌های مختلف نمونه‌برداری

شکل (۲) تغییرات pH و درجه حرارت را در مکان‌های مختلف تالاب در ماه‌های آبیگری نشان می‌دهد.

با توجه به شکل (۲-الف) تغییرات میانگین اسیدیته ورودی با میانه و خروجی معنادار بوده و اسیدیته به صورت محسوسی افزایش پیدا کرده است. میانه و خروجی نسبت به هم معنادار نبودند و تغییری ایجاد نشده است. استاندارد pH در آب‌های سطحی و کشاورزی ۵-۸/۵ و در آب‌های زیرزمینی ۵-۹ است. با توجه به داده‌های pH در ورودی، میانه و خروجی، آب از نظر کشاورزی، آب‌های سطحی و



شکل ۳. الف) تغییرات اکسیژن محلول و ب) هدایت الکتریکی در مکان‌های مختلف تالاب در ماه‌های آبیگری

نتایج به دست آمده، تالاب در خروجی، ۱۰ درصد شوری رودخانه را کاهش داده است. مقدار مجاز EC برای تخلیه به زمین‌های کشاورزی ۰/۷ دسی زیمنس بر متر است و آب تالاب با EC بالا برای زمین‌های کشاورزی هم مناسب نیست و باعث شوری خاک و از بین رفتن محصولات کشت شده می‌شود. همچنین بر اساس طبقه‌بندی آب‌ها، تالاب جزء آب‌های شور محسوب می‌شوند.

شکل (۴) تغییرات نترات و فسفات در مکان‌های مختلف تالاب را در ماه‌های آبیگری را نشان می‌دهد.

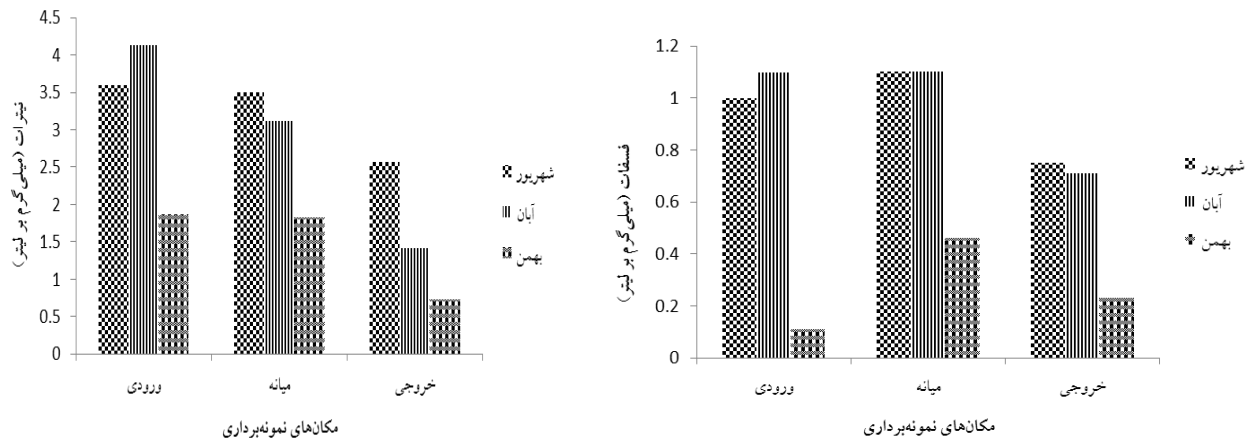
تغییرات نترات با توجه به شکل (۴) در هر سه مکان ورودی، میانه و خروجی معنادار بوده است و روند کاهشی از ورودی به سمت خروجی داشته است. میزان نترات در خروجی تالاب نسبت به ورودی ۵۱ درصد کاهش یافته است. غلظت مجاز نترات برای تخلیه به آب‌های سطحی و زیرزمینی ۵۰ و ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر است. میزان نترات تالاب کمتر از حد مجاز بوده است؛ بنابراین تالاب از نظر نترات منع کاربری ندارد. پژوهش رحمانی و همکاران تحت عنوان عملکرد تالاب‌های مصنوعی در جریان ناپیوسته با ترکیب پیش‌تصفیه برای تصفیه فاضلاب شهری با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (۱۰). عملکرد سیستم تصفیه فاضلاب روستایی به‌روش تالاب

افزایش و کاهش دما راندمان حذف این پارامترها نیز تغییر می‌کند ولی روی بقیه پارامترهای دیگر بی‌تأثیر است (۱۵).

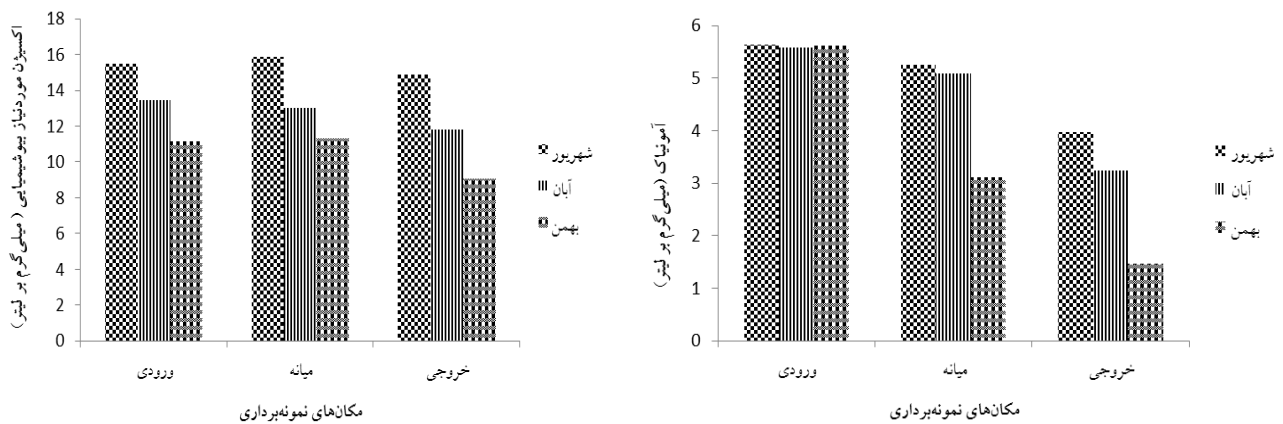
شکل (۳) تغییرات اکسیژن محلول و هدایت الکتریکی را در مکان‌های مختلف تالاب در ماه‌های آبیگری نشان می‌دهد.

میانگین اکسیژن محلول با توجه به شکل (۳) از ورودی به خروجی افزایش یافته و در مکان میانه و ورودی تغییرات معنی‌داری نبوده است. در رودخانه اترک به دلیل گل‌آلودگی و بالا بودن کلیفرم آب، میزان اکسیژن محلول در آب کاهش یافته است که به تدریج در میانه و خروجی آب زلال‌تر شده و کیفیت آب بهتر شده است. میزان اکسیژن محلول در خروجی تقریباً ۶۰ درصد نسبت به ورودی تالاب افزایش یافته است. سلما (۱۴) با احداث هفت بستر نيزار زیرسطحی پوشیده از نی و چهار بستر زیرسطحی بدون نی در مقیاس آزمایشگاهی، جریان ناپیوسته را مورد آزمایش قرار داد و بازده حذف اکسیژن محلول را در هر دو بستر نزدیک به هم گزارش کرد.

میانگین هدایت الکتریکی در مکان‌های مختلف معنادار بوده و از ورودی به خروجی هدایت الکتریکی کمتر شده که تأثیر تالاب بر کاهش هدایت الکتریکی را نشان می‌دهد. EC در ورودی بیشتر بوده و مقدار آن در میانه کاهش یافته است و به سمت خروجی کاهش بیشتر بوده است. کاهش EC میانه نسبت به ورودی تالاب معنی‌داری نبوده است. با توجه به



شکل ۴. الف) تغییرات نیترات و ب) فسفات در مکان‌های مختلف تالاب در ماه‌های آبیگری

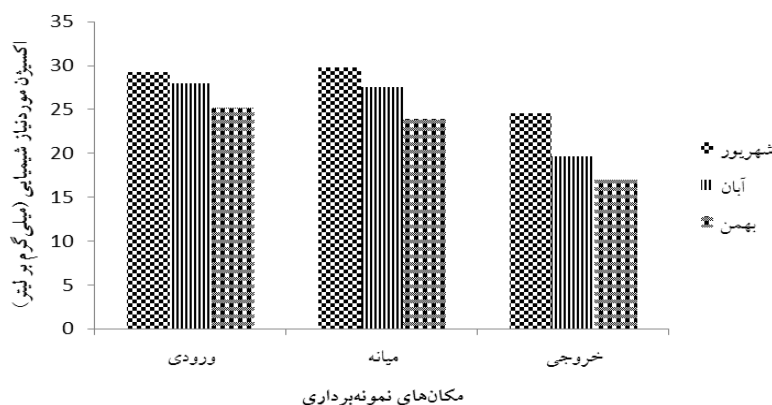


شکل ۵. الف) تغییرات BOD و ب) آمونیاک در مکان‌های مختلف تالاب در ماه‌های آبیگری

۱۰۰ میلی گرم بر لیتر است که با توجه به جدول میزان BOD در آب رودخانه و تالاب در حد مجاز بوده و مشکلی از نظر کاربرد نخواهد داشت. پژوهش رحمانی و همکاران تحت عنوان عملکرد تالاب‌های مصنوعی در جریان ناپیوسته با ترکیب پیش تصفیه برای تصفیه فاضلاب شهری با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (۱۰). در پژوهشی مقدار اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی در خروجی کاهش داشته که با این پژوهش مطابقت دارد (۱۵). تغییرات مقدار آمونیاک با توجه به شکل (۵-ب) در مکان‌های مختلف معنادار بوده و روند کاهشی از ورودی به سمت خروجی دارد. علت آن را می‌توان تبادل اکسیژن اتمسفری در تالاب با جریان زیرسطحی و همچنین بالا بودن

مصنوعی مقدار نیترات در خروجی کاهش داشته که با این پژوهش مطابقت دارد (۱۵). شکل (۴-ب) معناداری فسفات در مکان‌های مختلف را نشان می‌دهد. به طوری که از ورودی به سمت خروجی روند کاهشی داشته است. حد مجاز تخلیه فسفر به آب‌های سطحی، زیرزمینی ۱ میلی‌گرم بر لیتر است. غلظت فسفر در رودخانه اترک و تالاب کمتر از یک بوده است.

با توجه به شکل (۵-الف) اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی در مکان‌های ورودی، میانه و خروجی اختلاف معناداری نداشته است. میزان BOD در خروجی تالاب در ماه‌های آبیگری ۱۲ درصد کاهش یافته است. غلظت BOD مجاز برای ورود به آب‌های سطحی، زیرزمینی و کشاورزی به ترتیب ۵۰، ۵۰ و



شکل ۶. تغییرات COD در مکان‌های مختلف تالاب در ماه‌های آبیگری

ورودی بیشتر بوده و کاهش آن به سمت خروجی بیشتر بوده است. DO در خروجی بیشتر از میانہ و ورودی بوده که نشان‌دهنده بهتر شدن کیفیت آب و بالا بودن اکسیژن محلول در خروجی تالاب بوده است.  $\text{NO}_3$ ،  $\text{NH}_4$  و  $\text{PO}_4$  در ورودی تالاب بیشتر بوده و در خروجی و میانہ کاهش یافته است و تفاوت معنی‌داری بوده است. میزان BOD و COD از ورودی تالاب به سمت میانہ و خروجی کاهش یافته است که نشان‌دهنده کم شدن مصرف اکسیژن محلول برای تجزیه مواد آلی است. احتمالاً به دلیل افزایش زمان ماند و گیاهان بیشتر در ناحیه خروجی، میزان آلاینده‌ها کاهش یافته است. همین‌طور با توجه به نتایج در ماه‌های شهریور، آبان و بهمن که از رودخانه اترک آبیگری شده کیفیت آب در میانہ و خروجی تالاب نسبت به ورودی تالاب بهتر شده که بیانگر اثر تالاب آلاگل بر تصفیه آب رودخانه اترک است. با توجه به غلظت BOD و COD مجاز برای ورود به آب‌های سطحی، زیرزمینی و کشاورزی، میزان BOD در آب رودخانه و تالاب در حد مجاز بوده و مشکلی از نظر کاربرد نخواهد داشت. غلظت نیترات و فسفر در تالاب کمتر از حد مجاز بوده است. PH در آب‌های سطحی و زیرزمینی در محدوده مجاز قرار گرفته است. پارامتر EC در ورودی تالاب، میانہ و خروجی زیاد است که نشان‌دهنده شوری بالای تالاب است و تالاب تأثیر چندانی بر کاهش شوری آب رودخانه نداشته و از حد مجاز شوری

حذف آمونیوم به علت تأمین اکسیژن لازم توسط فتوسنتز جلبکی و هوادهی اتمسفری دانست.

شکل (۶) بیانگر آن است که اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) به صورت معناداری از میانہ به خروجی کاهش داشته است. در رودخانه اترک به دلیل گل‌آلودگی و بالا بودن کلیفرم آب، میزان اکسیژن شیمیایی در آب زیاد بوده که به تدریج در میانہ و خروجی کیفیت آب بهتر شده و میزان COD کاهش یافته است. میزان COD در خروجی تالاب ۲۶ درصد نسبت به ورودی کاهش یافته است. غلظت COD مجاز برای ورود به آب‌های سطحی، زیرزمینی و استفاده کشاورزی ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر است که با توجه به جدول میزان COD در آب رودخانه و تالاب در حد مجاز بوده و مشکلی از نظر کاربرد نخواهد داشت.

### نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی کیفیت آب تالاب آلاگل در سه مکان ورودی، میانہ و خروجی تالاب در زمان‌های مختلف در طول مدت نمونه‌برداری نشان داد که در ورودی تالاب پارامترهای مورد بررسی غیر از اکسیژن محلول بیشترین میزان را نسبت به میانہ و خروجی تالاب دارد. همچنین بیشترین میزان درجه حرارت در میانہ تالاب و بیشترین غلظت اکسیژن محلول در خروجی تالاب بوده است. در مجموع با توجه به نتایج، pH آب در ورودی و انتها تفاوت معنی‌داری داشتند. EC در

تالاب خیلی زیاد بوده، میزان آن در خروجی هم بالاتر از حد مجاز بوده است و تالاب نتوانسته شوری را به مقدار قابل توجهی کاهش دهد.

آب‌های سطحی خیلی بیشتر است. با توجه به نتایج به دست آمده تالاب آلاگل، آلاینده‌های نیترات، فسفات، آمونیاک، BOD، COD و DO را کاهش داده و غلظت آنها به کمتر از حد مجاز رسیده است اما با توجه به اینکه شوری در ورودی

### منابع مورد استفاده

1. Abbaspoor, M. 1993. Environmental Engineering. Tehran: Azad University Scientific Publishing Center. (In Farsi).
2. Eslami, H., S., Ghalmani, A. Salehi, D. Hoseini Shahi, S. Ghaleh Askari and P. Talebi. 2014. Comparison of the performance of stabilized ponds and artificial wetlands with submersible flow in urban wastewater treatment in Yazd. *Water and Wastewater Journal* 6: 100-106. (In Farsi).
3. Hajibeigloo, M. and W. B. Sheikh. 2017. Location and establishment of riverbed in watersheds (Case study: Tajan River, Razavi Khorasan Province, Iran). *Journal of Water and Soil Protection* 24(4): 1-22. (In Farsi).
4. Gholipour, A. and A. Alamatian. 2015. The effect of temperature variations and channel roughness on the quality of waste water in Mashhad province using numerical modeling. *Water and Sustainable Development Journal* 2(1): 51-58. (In Farsi).
5. Jeng, H. and Y. J. Hong. 2005. Assessment of a natural wetland for use in wastewater remediation. *Environmental Monitoring and Assessment* 111: 113-131.
6. Mburu, N., R. D. Sanchez, D. P. Rousseau, J. J. A. Van Bruggen, G. Thumbi, O. R. Stein and P. B. Hook. 2012. Simulation of carbon, nitrogen and sulphur conversion in batch-operated experimental wetland mesocosms. *Ecological Engineering Journal* 42: 304-315.
7. Meftah Holgh, M. 2011. Water quality zoning with different quality indices (Case study: Atrak river). *Journal of Water and Soil Protection* 2: 211-220. (In Farsi).
8. Mirzaee, A. and N. Jafarzadeh. 2011. Investigating the efficiency of underground artificial wetlands in reduction of Ammonia N and Phosphorus artificial wastewater similar to home-made laboratory scale. *Health Research Journal*. (In Farsi).
9. Nafar, R., A. Zamani, A. Parizangeneh and F. Khandoozi. 2018. Investigation of the concentration of some heavy metals in the water of Almaghel, Alagol and Ajigol wetlands in Golestan province. *Fourth International Conference on Environmental Planning and Management*. (2 July 2018). (In Farsi).
10. Rahmaani Sane, A., N. Mehrdadi, A. Azimi and A. Torabian. 2008. Investigation effect of artificial forearms in batch flow for wastewater treatment. *Water and Wastewater Journal* 20(2): 32-40. (In Farsi).
11. Sadeghzadeh, M., D. Azadfar and R. Mirakhoree. 2014. Study of vegetative function of different populations in saline and alkaline land. *Wood and Forest Journal* 22(2): 151-165. (In Farsi).
12. Salari, H., A. H. Hasani, M. Barghee, A. R. Yazdan Baksh and H. Rezaee. 2011. Function of Rural Wastewater System by Artificial Wetland Method in Nitrogen and Phosphorus Wastewater Removal (Case study: Muradtepe Village). *Water and Wastewater Journal* 23(40): 40-47. (In Farsi).
13. Sakadevan, K. and H. J. Bavor. 1995. Phosphate adsorption characteristics of soils, slags and zeolite to be used as substrate in constructed wetland systems. *Water Research Journal* 32(2): 393-399.
14. Selma, C. A. 2001. Treatment of wastewater by natural systems. *Environmental International* 26(3): 189-195.
15. Tanveer, S., P. Biprojit, A. Rumana, A. M. Abdullah and S. Guangzhi. 2016. Floating constructed wetland for the treatment of polluted river water a pilot scale study on seasonal variation and shock load. *Chemical Engineering Journal* 287: 62-37.
16. Yeganeh Bakhteiari, A., A. Ghaheeri, S. Farzadpour, A. Hekmat and M. Moradhaseli. 2006. Investigating the performance of wetlands in the treatment of urban Wastewater in cold regions of the Garrison. *Development and Research of Wastewater Water*.
17. Yousefi, M. and B. Mohseni. 2010. Nitrogen and phosphorus removal from wastewater by subsurface wetlands planted with *Iris pseudacorus*, *Ecological Engineering* 70: 32-39.
18. Yousefi Z., A. Mesdaghinia and M. Ghyasedin. 2001. The role of Water hyacinth in bacterial removal at the subsurface artificial wetland. *Journal of Mazandaran University Medicine Science* 11(31): 7-15. (In Farsi).

## The Effect of Alagol Wetland on the Water Treatment of Atrak River

R. Rakhshani, M. Farasati\*, A. Heshmatpour and M. Seyedian<sup>1</sup>

(Received: March 13-2019 ; Accepted: July 27-2019)

### Abstract

In this research, the impact of the Alagol wetland on the water treatment of Atrak River was studied. From June, 2016, to May, 2017, on the fifteenth day of the month, four samples of water were collected from the middle and the outlet of the wetland. Also, the wetland was fed only in the months of September, November and February. The parameters of acidity, electrical conductivity, phosphate, nitrate, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, chemical oxygen and ammonia were measured. The water pH at the entrance and exit was significantly different. EC was higher at the entrance, and its value was decreased in the middle and output. DO in the outlet of the wetland was higher than that in the middle and inlet, indicating the improved water quality and high dissolved oxygen in the wetland output. NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>, BOD and COD were higher at the entrance to the wetland; also, it was decreased in the outlet and middle, and the difference was significant. Further, according to the results of September, November and February, which were fed to the wetland, water quality in the middle and outlet of the wetland was improved toward the entrance of the wetland. According to the results, Alagol wetlands could reduce the phosphorus, ammonia, BOD, COD and DO, and their concentrations were lower than the limit. However, given that the salinity at the entrance of wetland was too high, its amount in the output was higher than the standard limit and the wetland could not significantly reduce salinity. The results of this study showed that that of water pollution in the inlet, except that the dissolved oxygen parameters and the temperature were high and decreased in the middle outlet. Due to the quality of the wetland outlet, Alagol wetland water could be used for fish farming centers.

**Keywords:** Water quality, Natural treatment, Alagol wetland, Nitrate

---

<sup>1</sup>- Pasture and Watershed Department, College of Agriculture, Gonbad University, Gonbad Kavous, Iran.

\*: Corresponding author, Email: farasati2760@gmail.com