



## Technical Note

### Study of Water Quality of Aras River Using Physico-Chemical Variables

E. Solgi<sup>1\*</sup> and H. Sheikhzadeh<sup>2</sup>

#### Abstract

Certainty about the water quality for drinking, agricultural, industrial or recreational purposes is of prime importance. Accordingly assessment of river water quality can be an important element in the evaluation of water resources. The present study investigated the water quality of Aras River to provide an overview of the relationship and sources of physicochemical variables. A total of 20 samples were taken from the Aras River at 10 stations of which 10 samples were used for the analysis of heavy metals and 10 samples for nitrate, nitrite, Na, Ca, K, pH, EC and TDS variables. Atomic Absorption Spectro-photometry, Spectrophotometer, Flame Photometer, and pH and EC Meters were used for measuring water quality variables. The results showed that the mean concentration of nitrate, nitrite, sodium, potassium, calcium, and TDS in the Aras River were 297, 0.57, 67.3, 6.4, 57.4, and 1014.73 mg/l, respectively. Lead and cadmium contents were measured as 0.07 and 0.61 µg/l, respectively. Also the mean value of electrical conductivity was 1254.3 µs/cm and the mean value of pH was 8.22. The concentration of nitrate, nitrite and electrical conductivity were higher than the acceptable WHO standard and other variables were less than or within the WHO standard range. It seems that municipal wastewater and agricultural runoff are important factors affecting the water quality in Aras River.

**Keywords:** Water quality, Physico-chemical variables, Aras River

Received: March 4, 2016

Accepted: April 30, 2016

## یادداشت فنی

### مطالعه کیفیت آب رودخانه ارس با استفاده از متغیرهای فیزیکی-شیمیایی

عیسی سلگی<sup>۱\*</sup> و حسن شیخزاده<sup>۲</sup>

#### چکیده

اطمینان از کیفیت آب قبل از استفاده برای کاربردهای شرب، کشاورزی، صنعتی یا تفریحی ضروری است. از این رو ارزیابی کیفیت آب رودخانه عنصری برجسته در ارزیابی منابع آب است. پژوهش حاضر به بررسی کیفیت آب رودخانه ارس پرداخته و نمای کلی از ارتباط و منابع متغیرهای فیزیکی-شیمیایی فراهم می‌آورد. در این پژوهش روی هم رفته ۲۰ نمونه آب از ۱۰ ایستگاه در رودخانه ارس برداشت شد که ۱۰ نمونه برای سنجش فلزات سنگین و ۱۰ نمونه برای اندازه‌گیری متغیرهای نیترات، نیتريت، Na، Ca، K، pH، EC و TDS مورد واکاوی قرار گرفت. برای سنجش متغیرهای کیفیت آب از دستگاه جذب اتمی، دستگاه اسپکتروفوتومتر، فلیم فتومتر، pH و EC متر استفاده شد. یافته‌های این پژوهش نشان داد که میانگین غلظت نیترات، نیتريت، سدیم، پتاسیم، کلسیم، TDS، در آب رود ارس به ترتیب ۲۹۷، ۰/۵۷، ۶۷/۳، ۶/۴، ۵۷/۴، ۱۰۱۴/۷۳، میلی‌گرم بر لیتر و میانگین غلظت سرب و کادمیوم ۰/۰۷ و ۰/۶۱ میکروگرم بر لیتر هستند. همچنین میانگین هدایت الکتریکی ۱۲۵۴/۳ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و میانگین pH ۸/۲۲ به‌دست آمد. نیترات، نیتريت و هدایت الکتریکی بیشتر از استاندارد WHO و سایر متغیرها دارای مقایره کمتر یا در دامنه این استاندارد بودند. به نظر می‌رسد ورود رواناب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های شهری عامل مهم تأثیرگذار بر کیفیت آب رودخانه ارس هستند.

**کلمات کلیدی:** کیفیت آب، متغیرهای فیزیکی-شیمیایی، رود ارس.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۱۲/۱۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۲/۱۱

1- Assistant Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Iran. Email: e.solgi@malayeru.ac.ir, e.solgi@yahoo.com  
2-M.Sc. Student of Environment, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

\*- Corresponding Author

۱- استادیار گروه محیط‌زیست دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشگاه ملایر  
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست، پردیس دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران  
\*- نویسنده مسئول

## ۱- مقدمه

کیفیت آب رودخانه از نگرانی‌های بزرگ محیط‌زیستی است زیرا که یکی از منابع عمده آب شیرین موجود برای مصرف انسان است (Simeonov et al., 2004). در طول تاریخ تمدن بشر، رودخانه‌ها همواره در معرض آلودگی بوده‌اند که دلیل آن دسترسی آسان آن‌ها برای دفع مواد زائد و فاضلاب است. با این حال، پس از انقلاب صنعتی ظرفیت برد رودخانه‌ها برای پذیرش مواد زائد به شکل چشمگیری کاهش یافته است (Mahvi et al., 2005; Samarghandi et al., 2007). آلودگی آب مهم‌ترین تهدید برای کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه به شمار می‌آید. فعالیت‌های صنعتی در مقیاس بزرگ و تولید انواع ترکیب‌های شیمیایی باعث کاهش کیفیت محیط‌زیست در سطح جهانی شده است (Chakravarty et al., 2010). با نگرش به محدود بودن آب شیرین در سراسر جهان و نقش فعالیت‌های انسانی در کاهش کیفیت آب، حفاظت از این منابع آب به‌عنوان اولویت اصلی در قرن ۲۱ در نظر گرفته شده است (USEPA, 2007). کیفیت آب سطحی داده‌های مهمی در مورد منابع موجود برای حمایت از زندگی در این اکوسیستم فراهم می‌کند (Manikannan et al., 2011). ترکیب فیزیکی، شیمیایی و زیستی آب‌های سطحی تحت تأثیر عوامل گوناگونی مانند عوامل طبیعی (بارندگی، زمین‌شناسی منطقه، آب و هوا و توپوگرافی) و عوامل انسانی (فاضلاب‌های شهری، فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی) است. افزایش آلودگی آب‌های سطحی نه تنها کیفیت آب را کاهش می‌دهد بلکه موجب تهدید سلامت انسان، برهم خوردن توازن اکوسیستم‌های آبی و همچنین مختل شدن توسعه اقتصادی و رفاه اجتماعی می‌شود (Milovanovic, 2007). اکوسیستم‌های آبی به‌طور طبیعی دریافت کننده نهایی فلزات سنگین هستند (Peng et al., 2009). برخی از فلزات سنگین برای انسان سرطان‌زا هستند. در فصل بارش در اثر ورود رواناب کشاورزی، فاضلاب‌های شهری و صنعتی غلظت این عناصر در آب می‌تواند به حد بالایی برسد (Gaur et al., 2005). با توجه به این که رود ارس تنها منبع حیاتی تأمین آب شمال استان اردبیل است پژوهش حاضر، بر ارزیابی وضعیت کیفیت آب رودخانه ارس متمرکز شده است. این پژوهش سعی دارد به شناسایی متغیرهای مهم مؤثر بر کیفیت آب بپردازد. از دیگر اهداف این تحقیق تعیین غلظت سرب و کادمیوم در آب رودخانه ارس و مقایسه با استانداردها است.

## ۲- مواد و روش‌ها

## ۲-۱- منطقه پژوهش

شهرستان پارس‌آباد مغان جلگه‌ای کمابیش گسترده است که با مساحتی افزون بر ۱۳۸۳ کیلومتر مربع حدود ۱۴ درصد از مساحت استان اردبیل را به خود اختصاص داده و شمالی‌ترین شهرستان استان است. این شهرستان در مختصات جغرافیایی ۴۷ درجه و ۵۵ دقیقه طول شرقی و ۳۹ درجه ۲۸ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. عمده منابع آبی دشت مغان آب‌های سطحی است که مهم‌ترین و اصلی‌ترین منبع آن رودخانه ارس است (Ardabili, 2001). رودخانه ارس به طول ۱۰۷۲ کیلومتر از داخل خاک ترکیه سرچشمه گرفته و در شمال ایران به صورت مرز مشترک بین ایران و جمهوری‌های ارمنستان و آذربایجان جریان دارد. این رود در قسمت شمال شرقی پارس‌آباد مغان وارد خاک آذربایجان گردیده و در آنجا به رود عظیم کورا و سپس به دریای خزر می‌ریزد.

## ۲-۲- نمونه‌برداری

نمونه‌برداری اواسط خرداد ۱۳۹۳ و از ۱۰ ایستگاه بر اساس بازدید از مسیر، پراکنش ورودی منابع آلوده‌کننده و پراکنش اراضی کشاورزی صورت گرفت. ظروف نمونه‌برداری از جنس پلی‌اتیلن ۱ لیتری بود که قبل از نمونه‌برداری اسیدشویی شده و با آب مقطر نیز شسته شدند، در موقع نمونه‌برداری نیز سه بار با آب مورد نظر شست‌وشو انجام گرفت. در هر نقطه نمونه‌برداری، دو ظرف آب برداشته شد که در یکی اندازه‌گیری نیترات، نیتريت، Na، Ca، K، EC، TDS و دیگری اندازه‌گیری فلزات سنگین مد نظر بود. نمونه فلزات سنگین با استفاده از اسیدنیتريك غلیظ تا pH زیر ۲ اسیدی شد تا از رسوب احتمالی کاتیون‌ها و رشد میکروارگانیسم‌ها جلوگیری شود و همچنین جذب سطحی به وسیله دیواره‌های ظرف به حداقل برسد. در محل نمونه‌برداری موقعیت جغرافیائی هر یک از نقاط نمونه‌برداری با دستگاه موقعیت‌یاب جهانی (GPS) ثبت شد سپس نمونه‌ها بی‌درنگ به آزمایشگاه منتقل شده و مورد آزمایش قرار گرفتند. در جدول شماره ۱ محل ایستگاه‌ها و مختصات جغرافیایی آنها آورده شده است. اندازه‌گیری سرب و کادمیوم توسط دستگاه جذب اتمی به روش کوره گرافیتی انجام شد. همچنین غلظت نیترات، نیتريت و TDS با دستگاه اسپکتروفتومتر، Ca، K، Na با دستگاه Flame photometer و pH و EC نیز با دستگاه‌های pH متر و EC متر اندازه‌گیری شد.

## جدول ۱- محل ایستگاه‌های نمونه برداری در رود ارس

| شماره و محل ایستگاه         | طول جغرافیایی | عرض جغرافیایی |
|-----------------------------|---------------|---------------|
| ۱- روبروی ایاز کندی         | ۴۷°۴۸'۱۸/۳۳"  | ۳۹°۳۹'۱/۵۹"   |
| ۲- حوالی برجک ۵۹/۲ پاسگاه   | ۴۷°۴۹'۵۸/۲"   | ۳۹°۳۹'۲۹/۳"   |
| ۳- روبروی روستای بیوک خانلو | ۴۷°۵۹'۲۷/۸۳"  | ۳۹°۴۰'۶/۳۹"   |
| ۴- حوالی روستای عربلو       | ۴۷°۵۵'۴/۹۱"   | ۳۹°۳۹'۶/۵۲"   |
| ۵- روبروی روستای عربلو      | ۴۷°۵۶'۱۵/۹"   | ۳۹°۴۰'۳۰/۱۸"  |
| ۶- بین روستای عربلو و دوست  | ۴۷°۵۶'۵۰/۸۷"  | ۳۹°۴۰'۴۵/۹"   |
| ۷- روبروی روستای دوست کندی  | ۴۷°۵۷'۸/۵۱"   | ۳۹°۴۰'۵۴/۱۴"  |
| ۸- بین روستای دوست کندی و   | ۴۷°۵۷'۴۰/۹۹"  | ۳۹°۴۱'۱۳/۶"   |
| ۹- روبروی منبع آب           | ۴۷°۵۸'۲/۰۲"   | ۳۹°۴۱'۲۸/۲۸"  |
| ۱۰- روبروی روستا پتلو       | ۴۷°۵۸'۲۶/۳۴"  | ۳۹°۴۱'۴۲/۵۴"  |

## ۳-۲- آنالیز آماری

تمامی آنالیزهای آماری توسط نرم‌افزار SPSS ویرایش ۲۰ انجام شد برای بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون شاپیروویلیک استفاده شد سرب، کادمیوم و سدیم از توزیع نرمال برخوردار نبودند ولی سایر متغیرها از توزیع نرمال تبعیت می‌نمودند. برای بررسی روابط همبستگی بین متغیرهای کیفیت آب آزمون اسپیرمن استفاده شد.

## ۳- نتایج

آمار توصیفی برای متغیرهای فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های آب رود ارس در جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس یافته‌های این پژوهش دامنه غلظت نیترات ۳۱ میلی‌گرم بر لیتر تا ۶۰۷ میلی‌گرم بر لیتر با میانگین ۲۹۷ میلی‌گرم بر لیتر است که بیشترین مقدار آن در ایستگاه شماره ۳ (روبروی روستای بیوک خانلو) و کمترین مقدار آن در ایستگاه شماره ۲ (پاسگاه مرزی بیوک خانلو) است. در مورد نیتریت کمترین میزان آن با غلظت ۰/۰۴ میلی‌گرم بر لیتر در ایستگاه شماره ۲ و بیشترین میزان آن با ۰/۹۴ میلی‌گرم بر لیتر در ایستگاه شماره ۳ به دست آمد و میانگین غلظت ایستگاه‌ها برابر با ۰/۵۷ میلی‌گرم بر لیتر است. همچنان که در جدول ۲ مشاهده می‌شود بیشترین میزان هدایت الکتریکی ۱۹۸۹ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و کمترین میزان آن ۶۸۱ میکروزیمنس بر سانتی‌متر است که به ترتیب مربوط به ایستگاه شماره ۱۰ (روبروی روستا پتلو) و ایستگاه شماره ۲ می‌باشد. میانگین هدایت الکتریکی نیز ۱۲۵۴/۳ میکروزیمنس بر سانتی‌متر است. pH آب بین ۷/۵۷-۸/۷۱ متغیر بود که بیشترین مقدار را در ایستگاه شماره ۳ و کمترین مقدار را در ایستگاه شماره ۹ (روبروی منبع آب) داشت و میانگین ایستگاه‌ها ۸/۲۲ است که بیان‌گر این

است که آب رودخانه ارس به طور عمده طبیعت قلیایی دارد. میزان سدیم با میانگین ۶۷/۳ میلی‌گرم بر لیتر، در ایستگاه شماره ۱۰ با ۸۸ میلی‌گرم بر لیتر بیشترین مقدار و در ایستگاه شماره ۱ (روبروی ایاز کندی) با ۵۵ میلی‌گرم بر لیتر کمترین مقدار را نشان داد. میزان پتاسیم با ۵/۹ میلی‌گرم بر لیتر کمترین مقدار را نشان داد که مربوط به ایستگاه‌های شماره ۱ و ۹ است و بیشترین مقدار آن مربوط به ایستگاه شماره ۷ با ۷/۳ میلی‌گرم بر لیتر است و میانگین پتاسیم ایستگاه‌ها نیز ۶/۴ میلی‌گرم بر لیتر است. میزان کلسیم بیشترین مقدار را با ۷۲ میلی‌گرم بر لیتر در ایستگاه شماره ۲ و کمترین مقدار را با ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر در ایستگاه شماره ۸ (بین روستای دوست کندی و پتلو) و میانگین غلظت کل ایستگاه‌ها با ۵۷/۴ میلی‌گرم بر لیتر را داشت. بیشترین میزان TDS مربوط به ایستگاه شماره ۱۸۴۹/۷۷ میلی‌گرم بر لیتر و کمترین میزان آن مربوط به ایستگاه شماره ۲ با ۴۲۹/۰۳ میلی‌گرم بر لیتر بود و میانگین ایستگاه‌ها نیز ۱۰۱۴/۷۳ میلی‌گرم بر لیتر است. سرب با دامنه غلظت ۰/۰۴ میکروگرم بر لیتر تا ۰/۱ میکروگرم بر لیتر و میانگین ۰/۰۷ میکروگرم بر لیتر بیشترین مقدار را در ایستگاه شماره ۳ و کمترین مقدار را در ایستگاه‌های شماره ۴ (حوالی روستای عربلو)، ۵ (روبروی روستای عربلو)، ۶ (بین روستای عربلو و دوست کندی)، ۸ نشان داد. بیشترین مقدار کادمیوم را در ایستگاه شماره ۱ با ۲/۹ میکروگرم بر لیتر و کمترین مقدار آن را در ایستگاه شماره ۲ با ۰/۰۱ میکروگرم بر لیتر را شاهد بودیم و میانگین غلظت کادمیوم در ده ایستگاه مورد نظر نیز ۰/۶۱ میکروگرم بر لیتر را نشان داد.

ماتریس همبستگی به‌دست آمده در جدول شماره ۳ نشان داده شده است. مطابق این جدول بین متغیرهای EC و TDS همبستگی معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ وجود دارد، همچنین این همبستگی معنی‌دار در سطح ۰/۰۱ بین متغیرهای Pb و Ca نیز دیده می‌شود. همچنین بین متغیرهای نیترات و نیتریت، EC، Na و TDS، Na و K، Ca و همبستگی معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ وجود دارد.

## ۴- بحث و نتیجه‌گیری

## ۴-۱- نیترات و نیتریت

غلظت نیترات در بیشتر ایستگاه‌ها به جز ایستگاه شماره ۲ از حد مجاز تعیین شده توسط استاندارد جهانی (US-EPA, 2012) و در تمامی ایستگاه‌ها از استاندارد ملی آمریکا (Balogh et al., 2006) بالاتر است که علت بالا بودن نیترات می‌تواند فعالیت‌های گسترده کشاورزی در حاشیه رودخانه و ورود پساب‌های کشاورزی

ایستگاه‌های ۲، ۸، ۹، ۱۰ در محدوده مجاز بوده و در بقیه ایستگاه‌ها بالاتر از حد مجاز است (جدول ۴).

#### ۴-۲- EC (هدایت الکتریکی)

هدایت الکتریکی اندازه‌گیری میزان یون‌های محلول است که در واقع اندازه‌گیری غیرمستقیم مواد جامد محلول در آب است (Rao and Rao, 2010). میزان هدایت الکتریکی به غیر از ایستگاه شماره ۲ در نه ایستگاه دیگر بالاتر از حد مجاز تعیین شده توسط WHO و استاندارد ملی آمریکا است که به نظر می‌رسد ورود فاضلاب شهری و خانگی و پساب کشاورزی نقش مهمی در بالا بودن غلظت آن داشته باشد.

(Shen et al, 2011) و نیز تخلیه فاضلاب شهری (در دو نقطه به شکل مستقیم به رودخانه) باشد. با نگرش به جنگلی بودن و حفاظت منطقه در حاشیه ایستگاه شماره ۲ و نبود کاربری ویژه میزان غلظت نیترات در این ایستگاه در حد مجاز است. نیترات از آلاینده‌های برجسته‌ای است که غلظت بالای آن در آب می‌تواند باعث مشکلات بیماری‌های گوناگونی شود. غلظت بالای نیترات در فصل زمستان به دلیل فعالیت‌های میکروبی و باکتریایی باعث کاهش و تبدیل نیترژن به نیترات و نیتريت می‌شود (WHO, 2008). با توجه به وجود همبستگی بین متغیرهای نیترات و نیتريت مقدار نیتريت نیز در ۹ ایستگاه نمونه‌برداری شده بالاتر از حد مجاز استاندارد ملی آمریکا است و تنها در ایستگاه شماره ۲ مقدار نیتريت در محدوده غلظت مجاز قرار دارد. بر اساس استاندارد WHO نیز غلظت نیتريت در

جدول ۲- آماره‌های توصیفی متغیرهای فیزیکی و شیمیایی آب رود ارس

| متغیرها                   | واحد  | تعداد نمونه | کمینه  | بیشینه  | میانگین | انحراف معیار | چولگی | کشیدگی |
|---------------------------|-------|-------------|--------|---------|---------|--------------|-------|--------|
| نیترات (NO <sub>3</sub> ) | mg/L  | ۱۰          | ۳۱     | ۶۰۷     | ۲۹۷     | ۱۹۵/۸۲       | ۰/۴۹  | -۰/۹۱  |
| نیتريت (NO <sub>2</sub> ) | mg/L  | ۱۰          | ۰/۰۴   | ۰/۹۴    | ۰/۵۷    | ۰/۳۰         | -۰/۴۴ | -۰/۸۵  |
| هدایت الکتریکی (EC)       | μS/cm | ۱۰          | ۶۸۱    | ۱۹۸۹    | ۱۲۵۴/۳۰ | ۳۸۱/۶۹       | ۰/۹۰  | ۰/۸۶   |
| pH                        | -     | ۱۰          | ۷/۵۷   | ۸/۷۱    | ۸/۲۲    | ۰/۴۲         | -۰/۲۳ | -۱/۳۰  |
| سدیم (Na)                 | mg/L  | ۱۰          | ۵۵     | ۸۸      | ۶۷/۳۰   | ۱۰/۶۰        | ۱/۲۱  | ۰/۷۷   |
| پتاسیم (K)                | mg/L  | ۱۰          | ۵/۹۰   | ۷/۳۰    | ۶/۴۰    | ۰/۵۱         | ۰/۹۶  | -۰/۳۵  |
| کلسیم (Ca)                | mg/L  | ۱۰          | ۴۰     | ۷۲      | ۵۷/۴۰   | ۱۱/۴۵        | -۰/۴۵ | -۱/۱۹  |
| مقدار کل مواد جامد (TDS)  | mg/L  | ۱۰          | ۴۲۹/۰۳ | ۱۸۴۹/۷۷ | ۱۰۱۴/۷۳ | ۴۶۸/۷۶       | ۰/۷۵  | -۰/۴۴  |
| سرب (Pb)                  | μg/L  | ۱۰          | ۰/۰۴   | ۰/۱۰    | ۰/۰۷    | ۰/۲۴         | -۰/۱۳ | -۱/۹۶  |
| کادمیوم (Cd)              | μg/L  | ۱۰          | ۰/۰۱   | ۲/۹۰    | ۰/۶۱    | ۰/۹۳         | ۲/۰۱  | ۴/۰۹   |

جدول ۳- نتایج آزمون همبستگی اسپیرمن بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب

| متغیرها         | NO <sub>3</sub> | NO <sub>2</sub> | EC    | pH    | Na    | K     | Ca     | TDS   | Pb    | Cd |
|-----------------|-----------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|----|
| NO <sub>3</sub> | ۱               |                 |       |       |       |       |        |       |       |    |
| NO <sub>2</sub> | ۰/۶۸*           | ۱               |       |       |       |       |        |       |       |    |
| EC              | ۰/۴۲            | -۰/۱۲           | ۱     |       |       |       |        |       |       |    |
| pH              | -۰/۰۰           | ۰/۲۵            | -۰/۲۴ | ۱     |       |       |        |       |       |    |
| Na              | -۰/۱۸           | -۰/۲۶           | ۰/۷۵* | -۰/۱۵ | ۱     |       |        |       |       |    |
| K               | -۰/۱۸           | ۰/۲۸            | -۰/۱۷ | ۰/۲۵  | -۰/۰۵ | ۱     |        |       |       |    |
| Ca              | -۰/۲۱           | ۰/۰۸            | -۰/۰۹ | ۰/۳۱  | -۰/۱۰ | ۰/۷۲* | ۱      |       |       |    |
| TDS             | ۰/۴۲            | -۰/۱۲           | ۱**   | -۰/۲۴ | ۰/۷۵* | -۰/۱۷ | -۰/۰۹  | ۱     |       |    |
| Pb              | -۰/۲۹           | ۰/۲۰            | -۰/۲۵ | ۰/۳۵  | -۰/۲۸ | ۰/۴۲  | ۰/۷۸** | -۰/۲۵ | ۱     |    |
| Cd              | ۰/۱۴            | ۰/۱۴            | -۰/۴۱ | -۰/۳۴ | ۰/۲۴  | -۰/۵۹ | -۰/۲۸  | ۰/۴۱  | -۰/۱۹ | ۱  |

\* . همبستگی معنی دار در سطح ۰/۰۵

\*\* . همبستگی معنی دار در سطح ۰/۰۱

جدول ۴- مقایسه میزان غلظت متغیرهای فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه ارس با استاندارد WHO و استاندارد ملی آمریکا

| Cd   | Pb   | TDS     | Ca    | K    | Na    | pH      | EC      | NO <sub>2</sub> | NO <sub>3</sub> |               |
|------|------|---------|-------|------|-------|---------|---------|-----------------|-----------------|---------------|
| μg/L | μg/L | mg/L    | mg/L  | mg/L | mg/L  |         | μS/cm   | mg/L            | mg/L            |               |
| ۰/۰۱ | ۰/۰۴ | ۴۳۹/۰۳  | ۴۰    | ۵/۹۰ | ۵۵    | ۷/۵۷    | ۶۸۱     | ۰/۰۴            | ۳۱              | کمینه         |
| ۲/۹۰ | ۰/۱  | ۱۸۴۹/۷۷ | ۷۲    | ۷/۳۰ | ۸۵    | ۸/۷۱    | ۱۹۸۹    | ۰/۹۴            | ۶۰۷             | بیشینه        |
| ۰/۶۱ | ۰/۰۷ | ۱۰۱۴/۷۳ | ۵۷/۴۰ | ۶/۴۰ | ۶۷/۳۰ | ۸/۲۲    | ۱۲۵۴/۳۰ | ۰/۵۷            | ۲۹۷             | میانگین       |
| ۳    | ۱۰   | ۱۴۰۰    | ۲۰۰   | ۱۲   | ۲۰۰   | ۶/۵-۸/۵ | ۱۰۰۰    | ۰/۵             | ۵۰              | استاندارد WHO |
| ۳    | ۱۰   | ۵۰۰     | ۲۰۰   | ۱۲   | ۲۰۰   | ۶/۵-۸/۵ | —       | ۰/۱             | ۱۰              | استاندارد ملی |

(Kotaiyah and Swamy, 1994). مقدار کل مواد جامد محلول (TDS) با توجه به دارا بودن همبستگی با هدایت الکتریکی (EC) و با افزایش EC غلظت آن نیز افزایش پیدا کرده است به گونه‌ای که مقدار TDS بر پایه استاندارد ملی آمریکا تنها در ایستگاه شماره ۲ در حد مجاز است و در بقیه ایستگاه‌ها بالاتر از حد مجاز تعیین شده است. بر اساس استاندارد WHO نیز مقدار TDS در دو ایستگاه ۹ و ۱۰ بیشتر از محدوده غلظت تعیین شده است که مقدار آن‌ها به ترتیب ۱۶۹۰/۷۴ میلی‌گرم بر لیتر و ۱۸۴۹/۷۷ میلی‌گرم بر لیتر است. ایستگاه‌های ۹ و ۱۰ محل تخلیه اصلی فاضلاب شهری و خانگی است.

#### ۴-۶- فلزات سنگین (سرب و کادمیوم)

مقدار سرب در همه ایستگاه‌ها در مقایسه با استاندارد WHO در محدوده غلظت مجاز قرار دارد و در منطقه مورد مطالعه آلودگی نسبت به فلز سنگین سرب مشاهده نگردید. مقدار کادمیوم بر اساس استاندارد WHO و استاندارد ملی ایران (ISIRI, 2009) در همه ایستگاه‌ها در محدوده غلظت مجاز قرار دارد و تنها در ایستگاه شماره ۱ به حد مجاز نزدیک است (بر اساس استاندارد WHO). (Fataei, 2011) مقدار کادمیوم در رودخانه ارس را که به کانال‌های آبرسانی می‌انجامد را بالاتر از حد مجاز استاندارد ملی بیان می‌کند که به دلیل عبور رودخانه ارس در مسیر خود از کشورهای ترکیه، ارمنستان، آذربایجان و ایران و دریافت منابع آلاینده گوناگون، آلودگی آب کانال آبرسانی به فلزات سنگین را متاثر از این منابع می‌داند (Fataei, 2011). به نظر می‌رسد کادمیوم در طول مسیر رودخانه طی فرآیند خودپالایی رودخانه و یا رسوب در بستر رودخانه از مقدارش در محدوده مورد مطالعه کاسته شده باشد.

#### ۴-۷- بررسی رابطه بین متغیرها

با توجه به وجود همبستگی بین نیترات و نیتريت و یکسان بودن

EC آب به دلیل وجود مواد جامد غیرآلی محلول مانند کاتیون‌های کلرید، سولفات، سدیم، منیزیم، کلسیم، آهن می‌باشد (Rao and Rao, 2010).

#### ۴-۳- pH

طبق مطالعه حاضر آب رودخانه ارس بیشتر در محدوده قلیایی قرار دارد. قلیایی بودن آب باعث تلخی طعم آب شده و برای آبیاری مناسب نبوده، میزان محصول را کاهش داده و باعث کاهش کیفیت خاک می‌شود (Sundar and Saseetharan, 2008). مقدار pH آب رودخانه ارس با توجه به استاندارد WHO و استاندارد ملی آمریکا در سه ایستگاه ۳، ۵ و ۱۰ بالاتر از حد مجاز است که مقادیر آنها به ترتیب ۸/۸، ۷/۷۱ و ۸/۶۶ است. در ایستگاه‌های ۵ و ۱۰ تخلیه فاضلاب شهری و خانگی و در ایستگاه شماره ۳ فعالیت‌های کشاورزی وجود دارد.

#### ۴-۴- نوترینت‌ها

سدیم در آب بسیار محلول است. سدیم در غلظت‌های بالا می‌تواند باعث بیماری‌های قلبی و عروقی و همچنین در مورد زنان باعث مشکلات آبستنی شود (Shah et al., 2008). یون پتاسیم و کلسیم در آب به‌طور طبیعی بسیار مهم بوده و از عناصر غذایی ضروری به شمار می‌روند. با توجه به آزمایش‌های انجام گرفته مقدار نوترینت‌ها (K، Ca، Na) در تمامی ایستگاه‌ها در محدوده غلظت مجاز تعیین شده توسط WHO و استاندارد ملی آمریکا است و هیچ‌گونه آلودگی مربوط به این ترکیبات مشاهده نگردید.

#### ۴-۵- TDS (مقدار کل مواد جامد)

TDS بیشتر در برگرفته نمک‌های غیر آلی مانند کربنات‌ها، بی‌کربنات‌ها، کلریدها، سولفات‌ها، فسفات‌ها و نیترات‌های کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم، آهن و مقدار کمی از مواد آلی است

رودها دارای غلظت‌های نزدیک به هم هستند. البته این مقایسه بدون در نظر گرفتن شکل و هیدرولوژی رودخانه‌ها، زمین‌شناسی مناطق، کاربری‌های موجود در اطراف رودخانه و عوامل دیگر انجام گرفته که تمام این عوامل بر غلظت و میزان این متغیرها تأثیرگذار است.

با نگرش به یافته‌های به‌دست آمده از این پژوهش کیفیت آب رودخانه ارس در محدوده مورد مطالعه از نظر بسیاری از متغیرهای مهم عنوان شده در وضعیت مناسبی قرار ندارد که به نظر می‌رسد وجود فعالیت‌های گسترده کشاورزی و استفاده بی‌رویه از سموم و کودهای شیمیایی و ورود پساب‌های ناشی از این فعالیت و همچنین تخلیه مستقیم فاضلاب شهری و خانگی به رودخانه برجسته‌ترین عوامل پایین بودن کیفیت آب آن هستند. به همین منظور انجام بررسی‌های بیشتر و دوره‌ای در رودخانه ارس بایسته به نظر می‌رسد.

#### ۵- تشکر و قدردانی

بدین وسیله کمال تشکر و قدردانی خود را از پرسنل هنگ مرزی شهرستان پارس‌آباد مغان و فرماندهی محترم جناب آقای سرهنگ جوانشیر و خانم درگاهی مسئول آزمایشگاه و کنترل کیفی آب و فاضلاب شهرستان پارس‌آباد مغان که نهایت همکاری را داشتند به عمل می‌آوریم.

منابع آن‌ها و تبدیل نیترات به نیتريت طی فرآیند شیمیایی می‌تواند نتیجه گرفت بالا بودن غلظت این متغیرها به دلیل استفاده بی‌رویه از سموم و کودهای شیمیایی استفاده شده در کشاورزی و همچنین ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی می‌تواند باشد. پژوهش انجام گرفته در رودخانه Tinishu Akaki در اتیوپی بیانگر افزایش غلظت این متغیرها در نتیجه فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و تخلیه فاضلاب‌های شهری است (Melaku et al., 2007). در مورد EC و TDS نیز نزدیک بودن متغیرهای تأثیرگذار بر این دو و همبستگی موجود بین این دو متغیر می‌تواند نشان دهنده یکسان بودن منابع تأثیرگذار بر آن‌ها باشد که بیشترین آن آلودگی ناشی از ورود فاضلاب‌های شهری و صنعتی است. همبستگی بین Na و EC به دلیل تأثیر مستقیم سدیم بر میزان EC است و سدیم یکی از عوامل به وجود آمدن هدایت الکتریکی است (Rao and Rao, 2010)، در رابطه با همبستگی TDS و Na نیز به همین ترتیب که سدیم از عوامل تأثیرگذار بر TDS است (Kotaiyah and Swamy, 1994). همبستگی موجود بین Ca و Pb نیز احتمال می‌رود به دلیل وجود منبع یا منابع یکسان بین این دو متغیر باشد. در جدول شماره ۵ مقایسه برخی متغیرهای شیمیایی آب رودخانه ارس با برخی از رودخانه‌های ایران و دنیا انجام گرفته است. مطابق این جدول میزان نیترات و نیتريت در مقایسه با بیشتر رودخانه‌های مقایسه شده بالاتر است و در رابطه با فلزات سنگین نیز رودخانه ارس نسبت به سایر

جدول ۵- مقایسه برخی متغیرهای شیمیایی رودخانه ارس با سایر رودخانه‌های ایران و دنیا

| منبع                            | Cd<br>$\mu\text{g/L}$ | Pb<br>$\mu\text{g/L}$ | NO <sub>2</sub><br>$\text{mg/L}$ | NO <sub>3</sub><br>$\text{mg/L}$ | رودخانه، کشور           |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| پژوهش حاضر                      | ۰/۶۱                  | ۰/۰۷                  | ۰/۵۷                             | ۲۹۷                              | ارس، ایران              |
| (Yosofi Falakdehi et al., 2012) | ۰/۵۶                  | —                     | —                                | ۱۴/۴۵                            | زبلی رود، ایران (گیلان) |
| (Badr et al., 2014)             | ۰/۹۴                  | ۹/۱                   | —                                | ۱۶۴/۱۷                           | Hasbani، لبنان          |
| (Santhai and Rajan, 2014)       | —                     | —                     | ۰/۱                              | ۸                                | Irrukkankudi، هند       |
| (Adewumi et al., 2014)          | —                     | —                     | ۴/۵                              | ۳/۳                              | Ala، نیجریه             |
| (Khan et al., 2014)             | —                     | —                     | ۰/۳۲                             | ۷/۱                              | Sardaryab، پاکستان      |

Badr R, Holail H, Olama Z (2014) Water quality assessment of Hasbani river in south Lebanon: microbiological and chemical characteristics and their impact on the ecosystem. *Journal of Global Biosciences* 3(2):536-551

Balogh J, Fausey N, Harmel R, Hughes K, King K (2006) Nitrate-nitrogen and dissolved reactive phosphorus in subsurface drainage from managed turfgrass. *Journal of Soil and Water Conservation* 61(1):31-41

#### ۶- مراجع

Adewumi DF, Daniyan IA, Adeodu AO (2014) Physico-chemical properties of Ala-river, Akure Ondo state, Nigeria (a case study of Ala river in Akure, south western Nigeria). *Journal of Physical and Chemical Sciences* 1(2):1-6

Ardabili B (2001) Aras hydrology. Regional Water Organization. Office of Surface Water Research (In Persian)

- Samarghandi M, Nouri J, Mesdaghinia AR, Mahvi AH, Nasseri S, Vaezi F (2007) Efficiency removal of phenol, lead and cadmium by means of UV/TiO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> processes. *International Journal of Environmental Science* 4(1): 19-25
- Santhi AS, Rajan MK (2014) Studies on the various physico-chemical parameters of dam water in Irrukkankudi, Virudhunagar, Tamilnadu, India. *Journal of Recent Science* 3:279-282
- Shah MC, Shilpkar PG, Acharya PB (2008) Ground water quality of Gandhinagartaluka, Gujarat, India. *E-Journal of Chemistry* 5(3):435-446
- Shen Y, Lei H, Yang D, Kane S (2011) Effects of agricultural activities on nitrate contamination of groundwater in a yellow river irrigated region. water quality: current trends and expected climate change impacts (proceedings of symposium H04 held during IUGG2011 in Melbourne, Australia, July 2011) (IAHS Publ. 348, 2011).
- Simeonov V, Simeonova P, Tsitouridou R (2004) Chemometric quality assessment of surface waters two case studies. *Chemical and Engineering Ecology* 11(6): 449-469
- Standard (2009) No. 1053. Drinking water, Physical and chemical characteristics, Institute of Standard and Industrial Research of Iran (ISIRI), 5<sup>th</sup> edition (In Persian)
- Sundar ML, Saseetharan MK (2008) Ground water quality in Coimbatore, Tamil Nadu along Noyyal river. *Journal of Environmental Science and Engineering* 50(3):187-190
- USEPA (2007) Recent recommended water quality criteria. United States Environmental Protection Agency
- US-EPA (2012) Water monitoring and assessment. [water.epa.gov/type/rsi/monitoring.vms55.cfm](http://water.epa.gov/type/rsi/monitoring.vms55.cfm)
- WHO (World Health Organization) (2008) Guidelines for drinking water quality, 3rd ed. recommendations, vol. 1. WHO press, World Health Organization, 20 Avenue Appia, 1211 Geneva 27, Switzerland
- Yosofi Falakdehi O, Golperoz GH, Safdel H, Valashnashaei MA (2012) Evaluation of pollution of Zylaki river in Gilan province. *Iranian Water Research Journal* 6(10):197-202 (In Persian)
- Chakravarty P, SenSarma N, Sarma HP (2010) Biosorption of cadmium (II) from aqueous solution using heartwood powder of *Areca catechu*. *Chemical Engineering Journal* 162: 949-955
- Fataei A (2011) Evaluation of quality parameter values in water supply channels from Parsabad county. *Scientific Journal of Environment* 50:72-81(In Persian)
- Gaur VK, Gupta SK, Pandey SD, Gopal K, Mishra V (2005) Distribution of heavy metals in sediment and water of river Gomti. *Environmental Monitoring and Assessment* 102(1-3):419-433
- Khan A, Khan Q, Raziq S, Naheed J, Yousafzai AM (2014) Monitoring of water quality parameters to know the suitability of water for fish fauna at River sardaryab, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Journal of Zool Study* 1(3):31-37
- Kotaiah B, Swamy NK (1994) Environmental engineering laboratory manual, 1st ed, Charotar Publishing House, Anand, India
- Mahvi AH, Nouri J, Babaei AA, Nabizadeh R (2005) Agricultural activities impact on groundwater nitrate pollution. *International Journal of Environmental Science and Technology* 2(1):41-47
- Manikannan R, Asokan S, Samsoor-Ali AM (2011) Seasonal variations of physic-chemical properties of the great Vedaranyam swamp, point Calimere wildlife sanctuary, South-east coast of India, *African Journal of Environmental Science and Technology* 5(9):673-681
- Melaku S, Wondimu T, Dams R, Moens L (2007) Pollution states of Tinishu Akaki river and ITS tributaries (Ethiopia) evaluated using physic-chemical parameteres, major ions and nutrients. *Chemical Society of Ethiopia* 21(1): 13-22
- Milovanovic M (2007) Water quality assessment and determination of pollution sources along the Axios/Vardar river, Southeastern Europe. *Desalinization* 213(1-3):159-173
- Peng JF, Song YH, Yuan P, Cui XY, Qiu GL (2009) The remediation of heavy metals contaminated sediment. *Journal of Hazard Maters* 161:633-640
- Rao GS, Rao GN (2010) Study of groundwater quality in greater Visakhapatnam city, Andhra Pradesh (India). *Journal of Environment Science Engineering* 52(2):137-146