

بررسی و تعیین میزان فلزات (As و Hg، Cu، Mo) در آب و رسوب رودخانه ارس در محدوده استان آذربایجان شرقی

- محمود رامین^{۱*}، حسن نصراله زاده ساروی^۲، مسطوره دوستدار^۳، حمید قاسمی^۴، نیما پورنگ^۵ و مهرناز بنی اعمام^۶
- ۱، ۳، ۵. موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران
۲. پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری
۴. اداره کل محیط زیست استان آذربایجان شرقی
۶. موسسه پژوهش های برنامه ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی، وزارت جهاد کشاورزی، تهران
- تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۵/۰۹

چکیده

این مطالعه به کیفیت آب رودخانه ارس براساس برخی فلزات (مولیبدن، مس، آرسنیک و جیوه) در چهار ایستگاه (از شهرستان جلفا تا ۲۵ کیلومتر بعد از مرز نوردوز) طی چهار فصل در سال ۹۵-۱۳۹۴ پرداخته است. برای این منظور تعداد ۳۲ نمونه آب و رسوبات سطحی جمع آوری شد. میزان فلزها در نمونه های آب و رسوبات پس از آماده سازی (استخراج و عمل هضم) بوسیله دستگاه جذب اتمی اندازه گیری گردید. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تغییرات غلظت فلزات مولیبدن، مس، جیوه و آرسنیک در آب به ترتیب برابر ۰/۱۰-۲۳/۰۱، ۰/۰-۴۰/۰، ۳/۰-۰/۸۱، ۰/۰۲-۰/۱۰۴/۶، ۲۳/۷-۱۰۴/۶ میکروگرم بر لیتر (ppb) و رسوبات رودخانه ارس ۰/۱-۱۱۱/۶، ۰/۱۷/۵-۴۸۲/۵، ۰/۱۴۵-۰/۰۰۰۱، ۳۰۳/۶-۴۶/۸ میکروگرم بر گرم وزن خشک می باشد. نتایج نشان می دهد که آب رودخانه ارس بر طبق میانگین غلظت عنصر مس در کلاس III (آلودگی متوسط) قرار دارد. غلظت عنصر مولیبدن آب در بیشتر فصول کمتر از حد مجاز بود. آب رودخانه ارس بر طبق میانگین غلظت عنصر جیوه و آرسنیک به ترتیب در کلاس IV و II قرار گرفته است. حداکثر غلظت عنصر مولیبدن و مس در رسوبات در تمام فصول در ایستگاه های ۳ و ۴ ثبت گردید که احتمالاً به دلیل تخلیه فاضلاب های معادن حاوی مولیبدن، طلا و سایر فلزات کشور ارمنستان در ایستگاه ۳ بوده است. غلظت آرسنیک در رسوبات از استانداردهای بین المللی مانند WHO بیشتر بوده است اما غلظت جیوه کمتر ثبت گردید.

واژگان کلیدی: عناصر فلزی، آب، رسوبات، آلودگی، رودخانه ارس، آذربایجان شرقی

مقدمه

در سال های اخیر با توسعه روز افزون فعالیت های انسانی در کشورهای حاشیه رودخانه ارس و با تخلیه فاضلاب ها و پساب های صنعتی، شهری و کشاورزی، احتمال تغییرات اکوسیستم این رودخانه دور از انتظار نبوده و نگرانی های زیست محیطی را به همراه دارد (فارابی، ۱۳۸۹). ارس رودخانه ای نسبتاً پر آب و خروشان است که در فاصله ۲ کیلومتری جلغا پس از گذشت از بستر تنگ کوهستانی که در کوه های نزدیک جلغا ایجاد نموده است وارد جلغا می شود. رودخانه ارس که از کشور ترکیه سرچشمه می گیرد، با طول تقریبی ۱۳۴۶ کیلومتر (، CEO, 2002) و حدود ۴۵۰ کیلومتر از مرز آبی جمهوری اسلامی ایران با کشورهای آذربایجان و ارمنستان را تشکیل می دهد (یوسفی و مستخدمی، ۱۳۸۷) و حوضه آبریز آن (۱۸۸۵۰ کیلومتر مربع) در پنج کشور ترکیه (۲۱٪) و ایران (۳۹٪)، ارمنستان (۲۲٪) و آذربایجان (۱۸٪) قرار دارد (، USAID, 2002). در خصوص آلودگی رودخانه ارس براساس عناصر فلزی تحقیقاتی انجام شده است که به شرح ذیل به آنها اشاره می شود. فارابی و همکاران (۱۳۹۳) طی گزارشی در محدوده استان اردبیل واقع در منطقه مرزی شمال غربی کشور ایران، طی خرداد ۱۳۸۷ تا اردیبهشت ۱۳۸۸ به مدت یکسال در سه ایستگاه با هدف مقایسه کیفیت آب رودخانه ارس از محل ورود به استان اردبیل تا قبل از سد انحرافی اصلاندوز و تأثیر حوضه آبریز این استان بر آب رودخانه مورد بررسی قرار دادند. بیشترین مقادیر غلظتی فلز مس آب در ایستگاه ۲ و ماه آبان (۰/۰۷۹ میلی گرم بر لیتر) ثبت شد. اما در فصل های مختلف دارای اختلاف معنی دار بود ($P < 0/05$). حداکثر غلظت فلز مس در رسوبات با ۳۸۷ میکروگرم بر گرم در ایستگاه ۱ و فصل

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

در تحقیق حاضر در محدوده مرز ایران و کشور ارمنستان و با در نظر گرفتن محل های ورود منابع آلاینده به رودخانه و

بهار بدست آمد. Nasehi و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی برخی فلزات در محدوده استان اردبیل طی سال ۲۰۱۰ گزارش کردند که ترتیب عناصر فلزی در رسوبات پنج ایستگاه انتخابی به ترتیب برابر $Fe > Cu > Ni > Zn > Pb > Cd$ بوده است. میانگین فلز مس برابر $9/95 \pm 7/10$ میکروگرم بر گرم و غلظت جیوه در رسوبات خارج از حد تشخیص دستگاه بوده است. UNECE (۲۰۰۴) طی گزارشی در خصوص کیفیت آب پایه رودخانه های کورا-ارس عنوان کرد که آب رودخانه ارس براساس استاندارد کیفیت آب ترکیه در کلاس های I (بدون آلودگی) و II (آلودگی کم) قرار دارد. همچنین در مطالعه ای در سال های ۲۰۰۶ الی ۲۰۰۹ در محل قبل و بعد از معدن مس ارمنستان در مسیر رودخانه ارس بیان نمود که غلظت مس به ترتیب برابر $3/9$ و $2/2$ میکروگرم بر لیتر اندازه گیری شد. همچنین غلظت برخی فلزات در محدوده پایه ژئوشیمیایی بوده است. Nabi Bidhendi و همکاران (۲۰۰۷) در گزارشی تأثیر معدن مس سونگون بر آب رودخانه ارس را بررسی کرده و عنوان نمودند که غلظت فلزات Al, Cu, Cr, Mn و Mo در آب این رودخانه بیش از استاندارد بین المللی آمریکا بوده است و اینکه استفاده از این آب در کشاورزی، شرب و صنعت با احتیاط صورت پذیرد. با توجه به این نکته که در مرز بین ارمنستان و ایران مطالعات کیفیت آب براساس عناصر فلزی کمی صورت پذیرفته است، بنابراین هدف از انجام تحقیق حاضر بررسی کیفیت آب رودخانه ارس در محدوده شهرستان جلغا تا ۲۵ کیلومتر بعد از مرز نوردوز با استفاده از غلظت عناصر فلزی در آب و رسوبات و مقایسه با استاندارد و مطالعات دیگر می باشد.

امکان دسترسی تعداد ۴ ایستگاه انتخاب شد و نمونه برداری در چهار فصل سال های (تابستان، پاییز و زمستان) ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ (بهار) صورت پذیرفت. جدول (۱) و شکل (۱) موقعیت جغرافیایی ایستگاه ها را نشان می دهد.

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه های نمونه برداری رودخانه ارس (۹۵-۱۳۹۴)

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	۶ کیلومتری شهرستان جلفا	45.44.206	38.55.392
۲	پایانه مرزی نوردوز	46.11.427	38.51.068
۳	۱۰ کیلومتری نوردوز	46.16.072	38.53.860
۴	۲۵ کیلومتری نوردوز	46.24.01	38.55.312



شکل ۱- تصویر ماهواره ای موقعیت مکانی ایستگاه های رودخانه ارس

آماده سازی نمونه ها

روش های آماده سازی نمونه ها و اندازه گیری آلاینده عناصر فلزی در آب براساس روش استاندارد (APHA, 2005) انجام گردید. نمونه های آب پس از فیلتر (۰/۴۵ میکرومتر) و افزودن ۱/۵ml نیتریک اسید (جهت تثبیت) برای انجام استخراج آماده گردید. ابتدا ۱۰۰ میلی لیتر از هر نمونه به قیف دکانته انتقال داده شد و به مقدار ۱ml APDC یک درصد و ۱۰ میلی لیتر حلال MIBK (متیل ایزو بوتیل کتون) اضافه شد، سپس فاز جدا شده آلی را در بشر ۲۵ میلی لیتری ریخته و در دمای پایین (حمام آب) و یا هوای آزمایشگاه تبخیر و با ۱۰ میلی لیتر محلول نیتریک اسید (۱:۱) شستشو، فیلتر و به حجم رسانده شد. در تمام نمونه ها نمونه ی شاهد برای تزریق به دستگاه آماده سازی گردید.

تمامی فلزات با دستگاه جذب اتمی مدل Thermo, Electron Corporation AA Serio System با لامپ زمینه دوتریم آنالیز گردیدند. فلزات Cu با سیستم شعله، As, Mo با کوره گرافیتی و Hg با بخارات سرد تعیین

غلظت گردید (APHA, 2005). حد تشخیص دستگاه برای فلزات مس (Cu)، مولیبدن (Mo)، آرسنیک (As) به ترتیب برابر ۰/۰۱۰، ۰/۰۵۰، ۰/۰۱۰ (میلی گرم بر لیتر) و برای فلز جیوه (Hg) برابر ۰/۳۸۹ (میکروگرم بر لیتر) بود.

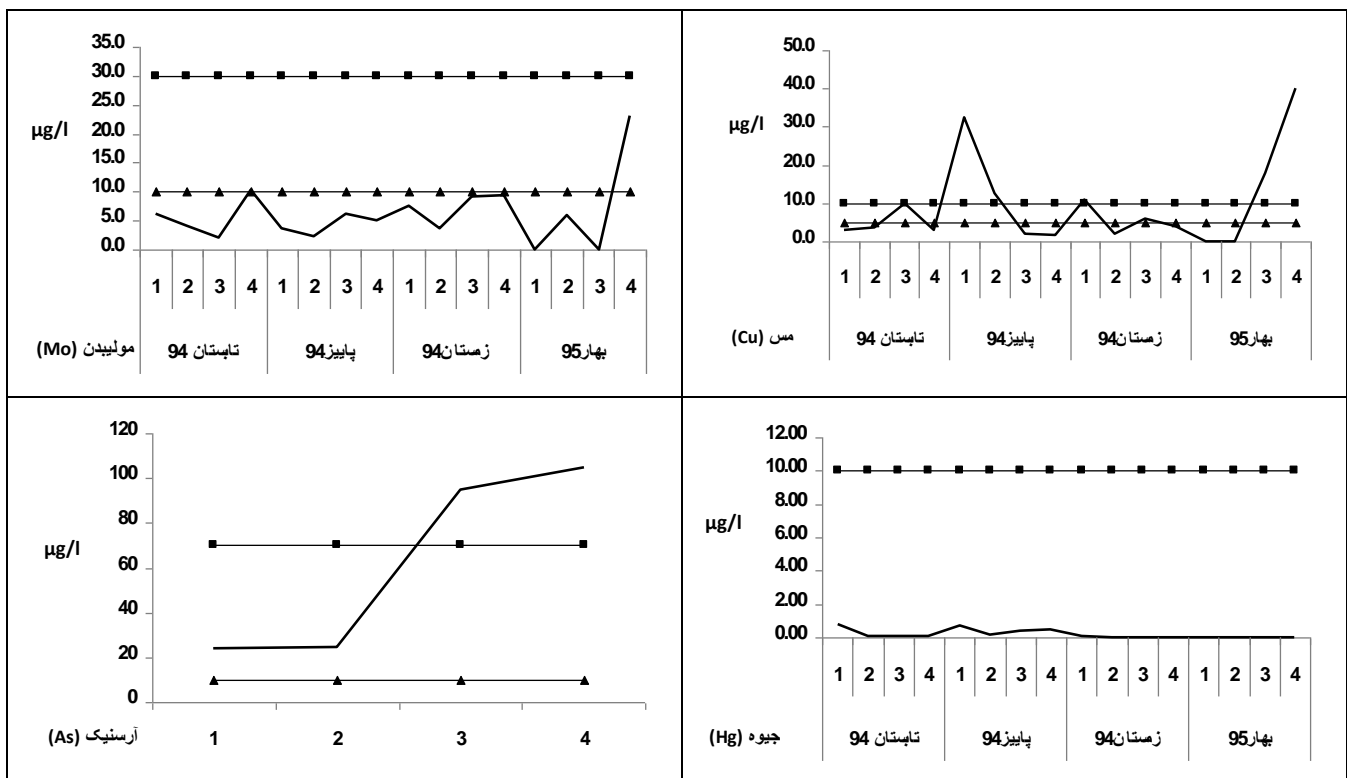
نمونه های رسوب خشک شده به روش انجماد خشک برای آنالیز آماده شد. مقدار ۰/۳ گرم نمونه خشک شده توزین و درون ویال ریخته شد. سپس نیتریک اسید (۱/۵ml) و هیدروکلریک اسید (۴/۵ml) اضافه شد و بمدت یک شب در دمای آزمایشگاه نگهداری شدند. در ادامه بر روی صفحه داغ در ۱۲۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳ ساعت ۳۰ دقیقه عمل هضم انجام گردید. برای اندازه گیری جیوه مقدار ۰/۳ گرم نمونه رسوب توزین شد. با افزودن ۴ میلی لیتر نیتریک اسید و ۲ میلی لیتر سولفوریک اسید بمدت یک ساعت در دمای اتاق قرار داده شد و سپس برای عمل هضم در دمای ۹۰ درجه سانتی گراد بمدت ۳ ساعت بر روی هات پلیت قرار گرفت. پس از سرد شدن، ۲۰ میلی لیتر آب مقطر و ۱ میلی لیتر

ارس طی فصول مختلف در شکل (۱) نشان داده شد. حداکثر میانگین غلظت فلز مولیبدن، مس و آرسنیک در ایستگاه (۴) ثبت گردید و حداکثر میانگین غلظت مولیبدن و مس در فصل بهار و حداکثر فلز جیوه در فصل پاییز در ایستگاه (۱) فصل بهار مشاهده شد. تغییرات غلظت فلز مولیبدن (Mo)، فلز مس (Cu)، جیوه (Hg) و آرسنیک (As) در رسوبات چهار ایستگاه رودخانه ارس طی فصول مختلف در شکل (۲) ارائه شده است. بر اساس نتایج حداکثر میانگین غلظت فلز مولیبدن، مس و جیوه در ایستگاه (۳ و ۴) بود. حداکثر میانگین غلظت مولیبدن و جیوه در فصل تابستان و حداکثر فلز مس در فصل بهار مشاهده شد.

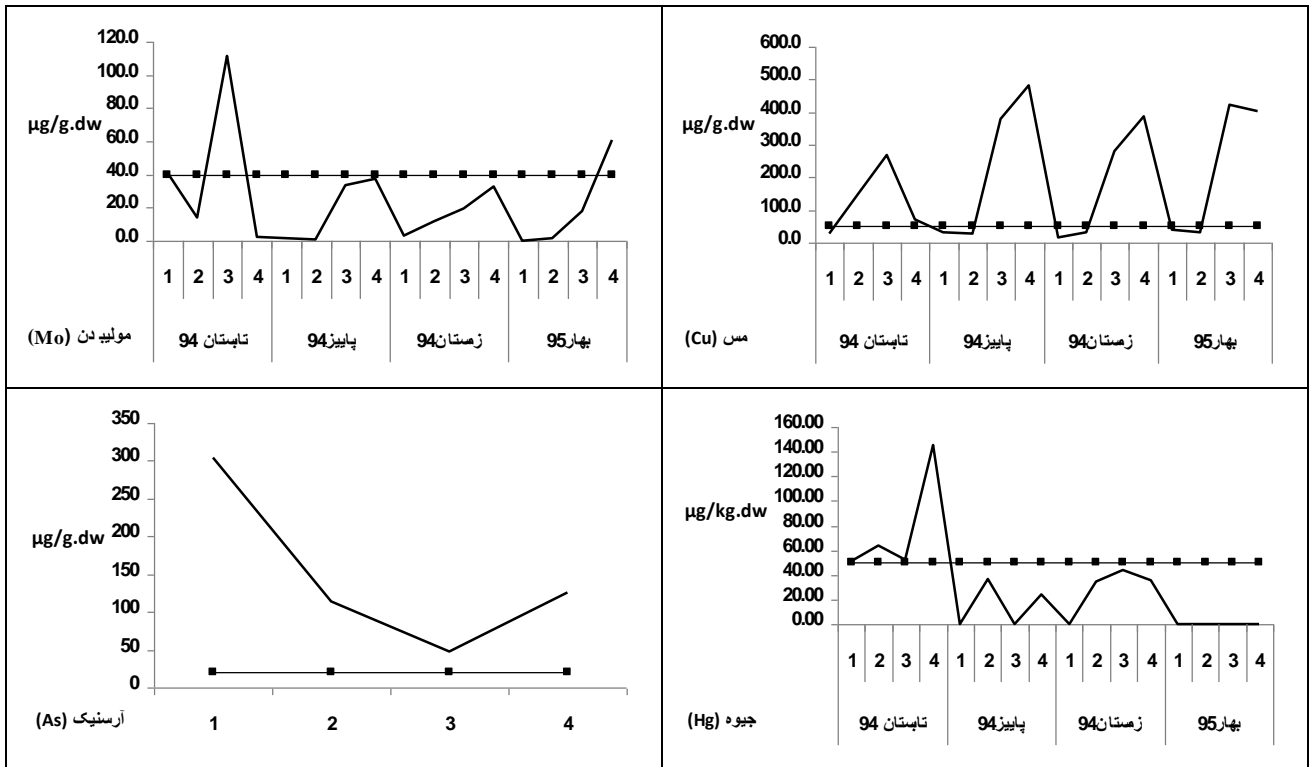
پتاسیم بی کرومات (۲ درصد) اضافه شد و پس از فیلتر نمودن به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده شد. در تمامی سنجش ها نمونه ی شاهد برای تزریق دستگاه آماده سازی شد (MOOPAM, 1999). در ضمن برای تعیین راندمان از نمونه استاندارد رسوب SRM 2711 استفاده گردید. حد تشخیص دستگاه برای فلزات مس (Cu)، مولیبدن (Mo)، آرسنیک (As) به ترتیب برابر ۰/۰۱۱، ۰/۰۰۴۰/۰۱۰، ۰/۰۱۱ (میکروگرم بر گرم) و برای فلز جیوه (Hg) برابر ۰/۰۴۹ (نانوگرم بر گرم) بود.

نتایج

تغییرات غلظت فلز مولیبدن (Mo)، مس (Cu)، جیوه (Hg) و آرسنیک (As) در نمونه های آب چهار ایستگاه رودخانه



شکل ۲- تغییرات غلظت فلزات مس، مولیبدن، جیوه و آرسنیک به همراه حد مجاز استاندارد (خط افقی) در آب رودخانه ارس (۹۴-۱۳۹۵)



شکل ۳- تغییرات غلظت فلزات مس، مولیبدن، جیوه و آرسنیک به همراه حد مجاز استاندارد (خط افقی) در رسوبات رودخانه ارس (۹۴-۱۳۹۵)

بحث و نتیجه گیری

طغیان رودخانه و تخلیه فاضلاب صنعتی در زمان نمونه برداری بوده است. UNECE (۲۰۰۴) طی گزارشی در خصوص کیفیت آب پایه رودخانه های کورا-ارس در مطالعه ای در سال های ۲۰۰۶-۲۰۰۹ در محل قبل و بعد از معدن مس ارمنستان در مسیر رودخانه ارس بیان نمود که غلظت مس به ترتیب برابر ۳/۹ و ۲/۲ میکروگرم بر لیتر اندازه گیری شد که در مقایسه با تحقیق حاضر غلظت آن چند برابر کمتر بوده است.

غلظت عنصر مولیبدن (Mo) در آب از میزان استاندارد های مختلف کمتر بوده است اما حداکثر غلظت این فلز از حداقل برخی استانداردها بالاتر بوده است. Eisler (1989) گزارش کرده است که در رودخانه های شمالی آمریکا غلظت مولیبدن در آبهای مناطق غیر آلوده به ۰/۴ میکروگرم بر لیتر بوده است بنابراین با مقایسه با تحقیق حاضر آب رودخانه ارس بیش از این مقدار بوده است (شکل ۱).

نتایج همچنین نشان داد میانگین غلظت آرسنیک در آب بیش از استاندارد های مختلف آب شرب و چاه ها بوده است و چندین برابر غلظت پایه رودخانه های تمیز بوده است. Durum و همکاران (۱۹۷۱) گزارش کردند که در آبهای سطحی غیر آلوده میزان غلظت آرسنیک کمتر از ۱۰

رودخانه ارس رودخانه ای مرزی است و در حوضه آبریز دریای خزر قرار دارد. ارس رودخانه ای بزرگ و پرآب است و برای مصارف خانگی، کشاورزی، صنعتی و معادن مورد استفاده قرار می گیرد. ورود برخی از آلاینده های زیست محیطی از جمله عناصر فلزی (بخصوص مس و مولیبدن) ناشی از فعالیت برخی معادن در حاشیه این رودخانه باعث آلودگی آن شده است (Ewing, 2003; Nasehi et al., 2013). بنابراین در این مطالعه بررسی و تعیین برخی عناصر فلزی در آب و رسوبات رودخانه ارس در محدوده استان آذربایجان شرقی مورد بررسی قرار گرفته است. ۳۱ درصد از داده های آنالیز شده غلظت عنصر مس (Cu) در آب طی فصول مختلف از میزان استاندارد در شکل (۲) بطور میانگین تقریباً ۱/۵ برابر بالاتر بوده است. بر اساس شکل (۲) طبقه بندی آب رودخانه ارس بر طبق میانگین غلظت عنصر مس در کلاس III (آلودگی متوسط) قرار گرفته است، همچنین براساس حداکثر غلظت عنصر مس آب این رودخانه در کلاس V قرار دارد. حداکثر فلز مس در آب طی فصول در ایستگاه های مختلف متغیر است اما در فصل بهار ۹۵ حداکثر در ایستگاه (۴) که در فاصله ۲۵ کیلومتری شهرستان نوردوز بوده است که این افزایش بدلیل

بندی آب رودخانه ارس بر طبق میانگین غلظت عنصر آرسنیک در کلاس II قرار گرفته است. غلظت عنصر جیوه (Hg) در آب از میزان استاندارد آبهای سطحی بسیار کمتر بوده است شکل (۱). اما بر اساس جدول (۲) طبقه بندی آب رودخانه ارس میانگین غلظت عنصر جیوه در کلاس IV قرار گرفته است.

میکروگرم بر لیتر می باشد بنابراین نتایج تحقیق حاضر نشان میدهد که تقریباً غلظت میانگین عنصر آرسنیک ۶ برابر از مقدار فوق بالاتر بوده است نشان دهنده آلوده بودن این رودخانه نسبت به این عنصر می باشد نمودار (۱). منشاء آلودگی آرسنیک در این منطقه نامشخص می باشد اما احتمالاً می تواند سموم کشاورزی در مناطق بالادست باشد (Pais & Jones, 1997). اما بر اساس شکل (۲) طبقه

جدول ۲- غلظت فلزات سنگین در آب برای مناطق تحقیق شده و استاندارد ها

منبع	جیوه	آرسنیک	مولیبدن	مس	مناطق و استاندارد ها
EPA, 2003	-	-	-	۴/۸-۹/۱۹	آب های شیرین (ppb)
ANZECC & ARMCANZ (2000)	۱۰	70	-	-	آب های سطحی (ppb)
Chappell, 1979	-	-	۷۰	-	برای آب های شرب (ppb)
ISIR, 1996	-	۵۰	-	-	آبه ای شرب و چاه ها (ppb)
WHO, 1992, 2011	-	۱۰	-	-	آب های شرب (ppb)
Krenekel, 2011	-	-	۱۰-۲۰	-	آب های سطحی (رودخانه ها) (ppb)
Wilson & Cole, 1998	-	-	۱۰-۳۰	-	آب های سطحی (رودخانه ها) (ppb)
Froelich <i>et al.</i> , (1985); Seyler & Martin (1991)	-	۰/۸۳ (۰/۰۲-۱/۱)	-	-	غلظت پایه رودخانه ها (ppb)
تحقیق حاضر	۰/۱۸±۰/۲۶ (۰/۰۲-۰/۸۱)	۶۱/۹±۴۳/۷ (۲۳/۷-۱۰۴/۰)	۶/۲±۵/۴ (۰/۱-۲۳/۰)	۹/۳±۱۱/۷ (۰/۱-۴۰/۰)	آب های سطحی رودخانه ارس (ppb)

جدول ۳- طبقه بندی استاندارد و حد مجاز برخی فلزات ($\mu\text{g/l}$) در آب های سطحی برای حفظ موجودات زنده (UNECE, 1994)

Class V	Class IV	Class III	Class II	Class I	
>۱۸	۱۲-۱۸	۷-۱۲	۲-۷	<۲	مس
>۳۶۰	۱۹۰-۳۶۰	۱۰۰-۱۹۰	۱۰-۱۰۰	<۱۰	آرسنیک
>۲/۴	۰/۰۱۲/۲۰۴	۰/۰۰۷-۰/۰۱۲	۰/۰۰۳-۰/۰۰۷	<۰/۰۰۳	جیوه

عناصر موجود در صخره ها (rock-forming elements) مانند آلومینیم و آهن صدق نمی کند (Adriano, 2001). منشاء اصلی عناصر فلزی طبیعی (صخره ها و خاک) می باشد. افزایش غلظت این عناصر ناشی از فعالیت های انسان ساخت از قبیل کودها، سموم کشاورزی، معادن، فضولات انسانی، پساب های صنعتی، اتومبیل ها و غیره می باشد (Adriano, 2001; Luoma & Rainbow, 2008). نتایج این تحقیق

اندازه گیری عناصر فلزی در رسوبات به دلیل پتانسیل اثرات بر موجودات زنده اهمیت فراوان دارد (Luoma & Rainbow, 2008). در حال حاضر فلزات به عنصری اطلاق می گردد که در محیط با غلظت کم (کمتر از ۰/۱ درصد) وجود داشته باشد (Pais & Jones, 1997)، البته این تعریف در خصوص

نتایج این تحقیق نشان داد ۱۹٪ از کل داده های بدست آمده عنصر مولیبدن از حد مجاز ($40 \mu\text{g/g.dw}$) کشور آلمان (Dutch, 1986) بیشتر و میانگین غلظت عنصر مولیبدن در رسوبات کمتر از استاندارد فوق بوده است. با توجه به جدول (۴) عنصر مولیبدن پتانسیل بالایی به جذب رسوبات دارد بطوریکه میانه غلظت عنصر مولیبدن در این تحقیق ۱۲ برابر بیش از میانه غلظت مرجع می باشد بنابراین انتظار می رود که غلظت این عنصر در این محیط بیشتر باشد. بالا بودن نسبت عنصر مولیبدن در رسوبات نسبت به غلظت آن در آب (برابر ۳۹۱۶) با نتایج فوق مطابقت دارد. شکل های (۱) و (۲) نشان می دهند که در تمام فصول همانند عنصر مس حداکثر غلظت عنصر مولیبدن در ایستگاه های (۳ و ۴) ثبت گردید از آنجایی که تخلیه فاضلاب هایی از قبیل مولیبدن، طلا و سایر فلزات ارمنستان در ایستگاه ۳ بوده است این افزایش بدست آمده است (شکل ۲).

میانگین غلظت عنصر آرسنیک و ۱۰۰٪ از کل داده های بدست آمده در رسوبات سطحی از حداقل حد مجاز کشورهای آمریکا، کانادا، استرالیا و هلند بیشتر بوده است اما میانگین این عنصر از حداکثر غلظت کشورهای مختلف کمتر می باشد. با توجه به جدول (۴) عنصر آرسنیک پتانسیل متوسط به جذب رسوبات دارد و همانطور که نتایج نشان داد میانه غلظت عنصر آرسنیک در این تحقیق ۲ برابر بیش از میانه غلظت مرجع می باشد که از بقیه فلزات کمتر بوده است. همچنین کمتر بودن نسبت عنصر آرسنیک در رسوبات نسبت به غلظت آن در آب (برابر ۵۰) در مقایسه با سایر عناصر با نتایج فوق مطابقت دارد.

نشان داد ۵۶٪ از کل داده های بدست آمده عنصر مس از حداقل حد مجاز کشورهای مختلفی آمریکا، کانادا، استرالیا و هلند بیشتر و همچنین میانگین غلظت عنصر مس در رسوبات بیش از استانداردهای کشورهای مختلف جدول (۴) (به غیر از ERM و ISQG-High) بوده است. با توجه به جدول (۴) عنصر مس پتانسیل بالایی به جذب رسوبات دارد بطوریکه میانه غلظت عنصر مس در این تحقیق ۳/۲ بیش از میانه غلظت مرجع می باشد بنابراین انتظار می رود که غلظت این عنصر در این محیط بیشتر باشد. بالا بودن نسبت عنصر مس در رسوبات نسبت به غلظت آن در آب (برابر ۱۹۰۰۰) با نتایج فوق مطابقت دارد. همانطوریکه شکل (۱) نشان می دهد غلظت عنصر مس از فصل تابستان ۱۳۹۴ به بهار ۱۳۹۵ روند افزایشی را نشان داد که این امر احتمالاً بیانگر ورود بیشتر این عنصر از فاضلاب های صنعتی منطقه (پساب معدن مس ارمنستان) بوده است. همچنین این نمودار نشان می دهد که در تمام فصول حداکثر غلظت عنصر مس در ایستگاه های (۳ و ۴) ثبت گردید از آنجایی که تخلیه پساب معدن مس ارمنستان در ایستگاه (۳) (شهرستان نوردوز) بوده است این افزایش دور از انتظار نمی باشد. براساس استاندارد آمریکا (Great Lakes Water Quality Board, Dredging Subcommittee, 1982) اگر غلظت مس در رسوبات به بیش از ۵۰ میکروگرم بر گرم برسد آن رسوب نسبت به وضعیت طبیعی شدت آلوده می باشد. با مقایسه میانگین نتایج تحقیق حاضر جدول (۴) در می یابیم که غلظت میانگین تقریباً ۳/۸ برابر حد مجاز بالاتر بوده است بنابراین می توان بیان نمود که رسوبات این منطقه بخصوص در ایستگاه های (۳ و ۴) نسبت به عنصر مس آلوده می باشد (شکل ۲).

جدول ۴- استاندارد و حد مجاز برخی عناصر فلزی ($\mu\text{g/g.dw}$) در رسوبات کشورهای مختلف دنیا و تحقیق حاضر

عناصر	آمریکا		کانادا		استرالیا		هلند		تحقیق حاضر
	ERL	ERM	ISQG	PEL	ISQG-Low	ISQG-High	NEC	MPC	
Cu	۳۴	۲۷۰	۱۸/۷	۱۰۸	۶۵	۲۷۰	۳۶	۷۳	$۱۹۰/۶ \pm ۱۷۶/۴$ ($۱۷/۵ - ۴۸۲/۳$)
Mo	-	-	-	-	-	-	-	-	$۲۳/۵ \pm ۳۰/۰$ ($۰/۱۰ - ۱۱۱/۶$)
As	۸/۲	۷۰	۷/۲۴	۴۱/۶	۲۰	۷۰	۲۹	۵۵	$۳۰/۵ \pm ۳۹/۵$ ($۰/۱۰ - ۱۴۵/۳$)
Hg	۰/۱۵	۰/۷۱	۰/۱۳	۰/۷۰	۰/۱۵	۱	۰/۳	۱۰	$۰/۰۳۱ \pm ۰/۰۳۹$ ($۰/۰۴۷ - ۰/۳۰$)

بر آلاینده های زیست محیطی مس و مولیبدن " بوده که طی سالهای ۹۵-۱۳۹۴ در پژوهشکده اکولوژی دریای خزر انجام گردید. بدینوسیله از موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور که زمینه علمی و آزمایشگاهی و نیز اداره کل محیط زیست استان آذربایجان شرقی که پشتیبانی مالی این تحقیق را فراهم آورده اند، کمال سپاسگزاری به عمل می آید. همچنین از کلیه همکاران و دست اندرکاران محترم در بخش اکولوژی و نیز نمونه برداران پژوهشکده، مدیران و کارشناسان محیط زیست آذربایجان شرقی و پرسنل محیط زیست جلفا سپاسگزاری می گردد.

درباره عنصر جیوه نیز غلظت آن و کل داده های بدست آمده در رسوبات سطحی از حداقل و حداکثر حد مجاز کشورهای مختلف آمریکا، کانادا، هلند و استرالیا کمتر بوده است. همچنین میانگین غلظت این عنصر از حداکثر حد مجاز کشورهای آمریکا، کانادا، استرالیا و هلند کمتر ثبت گردید. با توجه به جدول (۴) عنصر جیوه پتانسیل بالایی به جذب رسوبات دارد بطوریکه میانگین غلظت عنصر جیوه در این تحقیق ۳ برابر بیش از میانگین غلظت مرجع می باشد بنابراین انتظار می رود که غلظت این عنصر در این محیط بیشتر باشد.

سپاسگزاری

این مقاله بخشی از طرح تحقیقاتی با عنوان "تعیین کیفیت آب رودخانه ارس در محدوده استان آذربایجان شرقی با تاکید

منابع

- فارابی، س.م. و، گنجیان خناری، ع.، واحدی، ف. و شریفیان، م. ۱۳۹۳. بررسی توسعه آبی پروری در حوضه رودخانه ارس - منطقه استان اردبیل. *مجله شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آذرشهر*، ۸(۱): ۱۱۰-۱۰۱.
- Adriano, D.C. 2001. Trace elements in terrestrial environments—Biogeochemistry, bioavailability, and risks of metals (2nd ed.). Springer-Verlag. New York.
- ANZECC & ARMCANZ (Australian and New Zealand Environment and Conservation Council and Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand). 2000. Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality. Available at: <http://www.environment.gov.au/water/publications/quality/index.html#nwqmsguidelines>.
- APHA. 2005. Standard methods for the examination of water and waste water. American Public Health Association .Washington, DC.
- CEO (Caucasus Environment Outlook). 2002. Caucasus Environment Outlook Report, completed through financial assistance provided by UNDP and the Swiss Agency for Environment, Forests, and Landscape, Available at: <http://www.gridtb.org/projects/CEO/full.htm>.
- Chappell, W.R. 1979. Human health effects of molybdenum in drinking water. US Environmental Protection Agency, (EPA-600A-79-006). Cincinnati, USA.
- Durum, W. H., Hem, J. D. & Heidel, S. G. 1971. Reconnaissance of selected minor elements in surface waters of the United States, October 1970. US Department of Interior (Geological Survey Circular 643). Washington, DC.
- Dutch, B. (Indicative value for further investigation) from Moen, J.E.T., Cornet, J.P and Evers, C.W.A (1986) Soil protection and remedial actions: criteria for decision-making and standardisation of requirements, in Assink, J.W and van den Brink, W.M (1986) Contaminated Soils, First International TNO Conference on Contaminated Soil 11-15 November 1985.
- Eisler, R. 1989. Molybdenum hazard to fish, wildlife, and invertebrates, a synoptic review. U.S. Fish Wildl. Serv. Biol. Rep. 85 (1.19).
- EPA. 2003. Draft update of ambient water quality criteria for copper. U.S. Environmental Protection Agency Report EPA-822-R-03-026, Office of Water, Office, Washington, DC, USA.
- Ewing, A. 2003. Water Quality and Public Health Monitoring of Surface Waters in the Kura-Araks River Basin of Armenia, Azerbaijan, and Georgia. Water Resources Program The University of New Mexico. Albuquerque, New Mexico.
- Froelich, P.N., Kaul, L.W., Byrd, J.T., Andreae, M.O. & Roe, K.K. 1985. Arsenic, barium, germanium, tin, dimethyl sulfide and nutrient biogeochemistry in Charlotte Harbor, Florida, a phosphorus-enrichment estuary. *Estuary and Coastal Shelf Science*, 20: 239-264.
- Great Lakes Water Quality Board, Dredging Subcommittee. 1982. Guidelines and register for evaluation of Great Lakes dredging projects: International Joint Commission, Great Lakes Regional Office, Digital Archive: <https://scholar.uwindsor.ca/ijcarchive/322>.
- ISIR (Institute of Standard and Industrial Research) 1996. National standard of drinking water. Tehran, Islamic Republic of Iran.
- Krenekel, P.A. 2011. Heavy metals in the aquatic environment, Pergamon publisher, 349 P.
- Luoma, S.N. & Rainbow, P.S. 2008. Metal contamination in aquatic environments—Science and lateral management. Cambridge University Press. New York.
- MOOPAM. 1999. Manual of oceanographic observations and pollutant analyses methods, Kuwait.
- Nabi Bidhendi, G. R., Karbassi, A. R., Nasrabadi, T. & Hoveidi, H. 2007. Influence of copper mine on surface water quality. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 4 (1): 85-91.
- Nasehi, F., Monavari, M., Naderi, Gh., Vaezi, M. A. & Madani, F. 2013. Investigation of heavy metals accumulation in the sediment and body of carp fish in Aras River. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 12(2): 398-410.

- Pais, I. & Jones, J.B. Jr. 1997. The handbook of trace elements. CRC Press. USA.
- Seyler, P. & Martin, J.M. 1991. Arsenic and selenium in a pristine river-estuary system: the krkal, Yugoslavia. *Marine Chemistry*, 34: 137-151.
- UNECE 1994. Standard Statistical Classification of Surface Freshwater Quality for the Maintenance of Aquatic Life. In: Readings in International Environment Statistics, United Nations Economic Commission for Europe, United Nations, New York and Geneva.
- UNECE. 2004. Drainage basin of the Caspian Sea. Chapter 4 . Kura-Aras River Basin Transboundary Diagnostic Analysis. Project Reducing Trans-boundary Degradation of the Kura-Aras River Basin. Available at: https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/water/.../H_PartIV_Chapter4_En.pdf.
- USAID (U.S. Agency for International Development). 2002. Water Management in the South Caucasus Analytical Report: Water Quantity and Quality in Armenia, Azerbaijan, and Georgia, dated February 27; report prepared by Development Alternatives, Inc. for USAID, obtained from Paul Dreyer, DAI, Inc.
- WHO .2011 . Molybdenum in drinking water. Background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality. Geneva, Switzerland.
- WHO. 1992. GEMS/Water Operational Guide. Third edition. World Health Organization, Geneva.
- Wilson, M.G.C. & Cole, D.I. 1998. Molybdenum. In The Mineral Resources of South Africa: Handbook. Silvertown: Council for Geoscience. Australia.

Study on **Trace Elements (Mo, Cu, Hg and As) in Water and Sediments in Aras River in East Azerbaijan Province**

Ramin^{1*}, R., Nasrollahzadeh Saravi², H., Dostar³, M., Ghasemi⁴, H., Pourang⁵, N. & Baniamam⁶, M.

1, 3, 5. Fisheries Research Institute, Research, Education and Promotion Organization, Tehran

2. Iran Caspian Sea Ecology Research Institute, Research Institute of Fisheries Sciences of Iran, Organization for Research, Education and Promotion of Agriculture, Sari

4. Environmental Directorate of East Azerbaijan province

6. Institute for Planning Research, Agricultural Economics and Rural Development, Ministry of Jihad-e-Agriculture, Tehran

Abstract

This study was conducted to determine water quality of Aras River (Western Azerbaijan), based on metals (Mo, Cu, As, Hg) at four stations (From Julfa to 25km after Nourdos border) during four seasons from 2015 to 2016. Thirty two samples of water and sediments were collected. All samples were analyzed using standard methods (digestion and extraction), using an atomic absorption spectrophotometer instrument. Results showed that Mo, Cu, As and Hg concentrations in water and sediments ranged between 0.10-23.01, 3.0-40.0, 0.02-0.81, 23.7-104.6 $\mu\text{g/l}$, and 0.1-111.6, 17.5-482.5, 0.001-0.145, 46.8-303.6 $\mu\text{g/g.dw}$, respectively. As a conclusion, water quality of Aras River was classified as class III (moderately polluted) based on mean concentration of Cu. Mo concentration was found to be less than permissible level. Water quality of Aras River was classified as class IV and II based on mean values of Hg and As, respectively. Maximum levels of Mo and Cu in surface sediments were found at stations 3 and 4 during all seasons, which is because of effluents and sewage from Mo, gold and other metal mines from Armenia. Mean concentration of As at surface sediment was higher than recommended standard value, but concentration of Hg was lower than recommended value.

Keywords: Elements, water, sediment, Aras River, East Azerbaijan

*Corresponding author: mrifro@yahoo.com