

## بررسی میزان آرسنیک، سرب و کادمیوم در منابع آب زیرزمینی شهرستان‌های فردوس و طبس

نسرین آقاولی<sup>۱</sup>، معصومه نژادعلی<sup>۲</sup> و مهناز قمی<sup>۳</sup>

۱- دانشکده داروسازی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم دارویی تهران.

۲- استادیار گروه زیست شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر.

۳- گروه آموزشی شیمی دارویی دانشکده شیمی دارویی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم دارویی تهران.

### چکیده

مصرف آب آلوده به فلزات سنگین می‌تواند عوارض بهداشتی را در افراد ایجاد نماید. مقدار استاندارد در آب آشامیدنی ایران برای آرسنیک و سرب ۱۰ میکروگرم بر لیتر و برای کادمیوم ۳ میکروگرم بر لیتر تعیین شده است. با توجه به مشخص شدن آلودگی آرسنیک در بعضی نقاط کشور لازم است مطالعه منابع آبی که مصارف آشامیدن دارند در کلیه مناطق کشور حداقل یکبار صورت گیرد. هدف از این مطالعه تعیین میزان آرسنیک، کادمیوم و سرب در منابع آب زیرزمینی منطقه فردوس و طبس است. از تعداد ۴ چاه موجود در شهرستان فردوس، ۵ چاه و ۳ چشمه در شهرستان طبس و اطراف آن که مصرف آشامیدنی داشتند بصورت استاندارد نمونه‌برداری شد. متغیرهای فیزیکوشیمیایی (EC, Eh, pH) در محل با دستگاه pH متر پورتابل اندازه‌گیری شدند. مقدار آرسنیک، سرب و کادمیوم با دستگاه ICP-MS تعیین شد. مقدار سرب و کادمیوم همه نمونه‌ها پایین‌تر از حد استاندارد آب آشامیدنی کشور است و آلودگی این دو فلز در آبهای این مناطق وجود ندارد، اما مقدار آرسنیک در یک ناحیه فردوس و دو منطقه طبس بالاتر از حد مجاز ۱۰ میکروگرم بر لیتر است. بیشترین همبستگی مثبت آرسنیک با pH و Eh دیده شد. با توجه به عوارض زیاد آلودگی آرسنیک در آب آشامیدنی و گسترش روزافزون استفاده از آب زیرزمینی به عنوان منابع آب آشامیدنی در کشور، لازم است آب آشامیدنی مناطقی که بالاتر از استاندارد است در اسرع وقت توسط منابع سالم جایگزین شوند و کنترل دوره‌ای غلظت آرسنیک در آب آشامیدنی مناطق مسکونی در دستور کار سازمان‌های مسئول قرار گیرد.

واژگان کلیدی: آرسنیک، آب زیرزمینی، آلودگی، فردوس، طبس.

### مقدمه

بود یاری نماید. آلودگی محیط زیست با فلزات سنگین به دلیل غیر قابل جذب بودن و داشتن اثرات فیزیولوژیکی در

عمده‌ای بر سلامت انسانها، فعالیت صنایع، کشاورزی و محیط زیست دارد (Jousma et al, 1987). امروزه اهمیت آب شیرین و تأثیر زیاد آن بر نحوه و میزان پیشرفت جوامع در زمینه‌های صنعتی و کشاورزی بر هیچ کس پوشیده نیست و با توجه به جمعیت رو به افزایش جهان به خصوص در کشورهایی که با محدودیت منابع آب مواجه هستند، بررسی و کنترل کمیت و کیفیت منابع آب به خصوص منابع آب زیرزمینی به عنوان بخشی از منبع تأمین آب شیرین می‌تواند این جوامع را در رویارویی با بحران آب که در آینده‌ای نه چندان دور گریبان‌گیر بشر خواهد

بود یاری نماید. آلودگی محیط زیست با فلزات سنگین به دلیل غیر قابل جذب بودن و داشتن اثرات فیزیولوژیکی در غلظت پایین بر فعالیت جانداران دارای اهمیت ویژه‌ای است (Salaheddin et al, 2011). در این بررسی سه فلز که سمیت بیشتری نسبت به سایر فلزات دارند انتخاب شدند که عبارتند از: آرسنیک، سرب و کادمیوم. وارد شدن بیش از اندازه این فلزات به بدن باعث ایجاد عوارض و صدمات بسیاری از جمله اختلالات عصبی، گوارشی، استخوانی، اختلال در عمل آنزیمها، کلیه‌ها، بیضه‌ها، مراکز خون‌ساز و عقب ماندگی ذهنی، سرطان‌ها و غیره خواهد شد (Heikkinen et al, 2002 & Joseph et al, 2000). بر پایه استاندارد ملی ۱۰۵۳ ایران برای آب آشامیدنی مقادیر مجاز فلزات آرسنیک، سرب و کادمیوم به ترتیب ۱۰، ۱۰ و ۳

همکاران، ۱۳۹۴). مهم ترین اثر سرب اختلال در نمو عصبی کودکان می باشد. (ملکوتیان و خاشی ۱۳۹۳).

آژانس حفاظت از محیط زیست در آمریکا در حال تلاش جهت پایین آوردن میزان سرب تا ۵ میکروگرم بر لیتر است و در مورد فلزات دیگر نیز استانداردها بسیار سختگیرانه و در حد میکروگرم می باشد (صادقی و همکاران ۱۳۹۳).

کادمیوم در محیط بسیار پایدار است (ملکوتیان و خاشی ۱۳۹۳). کادمیوم سبب آسیب به کلیه، کبد و طحال می شود. تمرکز بیش از حد کادمیوم در بدن موجب ناراحتی هایی همچون سستی استخوان، برونشیت، تخریب کلیه، افزایش فشار خون و بیماری تصلب شرایین می شود. (Ardekani et al, 2015 & Malakootian, 2014). وجود میکروگلوبولین در ادرار از نشانه های مشخص مسمومیت با کادمیوم است (حاجی نجفی و همکاران ۱۳۸۹).

ایران در اقلیم خشک و نیمه خشک قرار گرفته و میزان بارندگی در آن یک سوم متوسط جهانی است. در نتیجه با افزایش جمعیت و نیاز به منابع آب آشامیدنی و کشاورزی استفاده از منابع آب زیرزمینی به شدت در حال افزایش است. آب آشامیدنی معمولاً به طور محلی تأمین شده و به ژئوشیمی محلی وابسته است. مشکلاتی به دلیل وجود آلودگی آرسنیک در آب آشامیدنی از نقاط خاصی در آرزانتین، شیلی، تایوان، هند و بنگلادش گزارش شده است (Kar et al, 2010 & McArthur et al, 2004). این عوارض در مناطقی از استان های آذربایجان شرقی و کردستان نیز گزارش شده است. بنابراین با توجه به این که آب های زیرزمینی تنها منبع تأمین کننده آب جهت مصارف شرب، صنعت و کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک ایران می باشد، حفاظت کمی و کیفی این منابع از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. از اینرو به دلیل اهمیت زیست محیطی و بهداشتی در تحقیق حاضر غلظت فلزات سنگین در آب های منطقه طبس و فردوس بررسی شده است.

#### روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه شهرستان های طبس و فردوس در استان خراسان جنوبی می باشد. شرایط آب و هوایی منطقه گرم و خشک بوده و قسمت عمده آب برای مصارف آشامیدنی از منابع آب زیرزمینی تأمین می شوند. از چاه های آشامیدنی و کشاورزی شهرستان فردوس و روستاهای اطراف آن

میکروگرم بر لیتر است. آرسنیک به خودی خود یک فلز سنگین نیست و بر اساس سمیت آن به فهرست فلزات سنگین اضافه شده است (Rosado et al, 2007). منبع اصلی دریافت آرسنیک توسط انسان، آشامیدن آب دارای آرسنیک است. در بیشتر مناطقی که آرسنیک یک مشکل جدی در آب زیرزمینی است فرایند متحرک سازی سبب آزاد شدن این عنصر از رسوبات و سنگ در شرایط طبیعی و ورود آن به محیط می شود. فعالیت های انسان مانند معدنکاری، سوزاندن سوخت های فسیلی و آفت کش ها، حشره کش ها و کارخانه های شیشه سازی نیز نقش مهمی در افزایش آرسنیک آب های زیرزمینی دارند. (مرادیان و رزم آرا، ۱۳۹۳).

آرسنیک به علت اثرات بد بر سلامتی انسان اهمیت بالایی دارد. ضعف عمومی در عضلات، آرسینوکوزیس، کاهش اشتها، تهوع، التهاب غشای مخاطی چشم، بینی و حنجره، ضایعات پوستی، مشکلات باروری، اختلالات روانی و عصبی و بیماری های قلبی از عوارض مواجه با آرسنیک است (Rosado et al, 2007). مغز مهمترین عضو مورد هدف آرسنیک است. که بروز سرطان پوست در اثر مواجهه مزمن با آرسنیک تأیید شده است (Steinmaus, 2009).

سرب به طور معمول از کانی رایج گالن بدست می آید. این کانی در ذخایر گرمایی یافت می شود. امروزه تترائیل سرب و ترکیبات وابسته به آن به عنوان ماده افزودنی به بنزین اضافه شده که این سرب از طریق دود خروجی اتومبیل ها وارد اتمسفر شده و در نهایت از طریق دانه های باران وارد منابع آبی می شود. آبیاری مزارع با آب های آلوده به ترکیبات سرب دار و مواد دفع آفات نباتی سرب دار موجب جذب این ترکیبات در محصولات کشاورزی می گردد. سرب از طریق دستگاه گوارش، سیستم تنفسی و پوست جذب می شود (حاجی نجفی و همکاران، ۱۳۸۹).

کم خونی اولین نشانه آلودگی به سرب است و از دیگر آثار آن تغییر در نرخ زاد و ولد، تغییر بر میزان رشد، اثر بر مغز، تأثیر بر هموگلوبین، اثر بر کلیه ها، کوتاه شدن دوران بارداری، سقط های غیراختیاری، ناتوانی در یادگیری است (Ardekani et al, 2009). با افزایش سرب از دست دادن جهت یابی، اغماء و مرگ حاصل می شود. سرب از طریق جایگزینی آهن باعث کم خونی و از طریق جمع شدن در استخوان ها باعث کم شدن کلسیم در بدن می شود (طالبی و

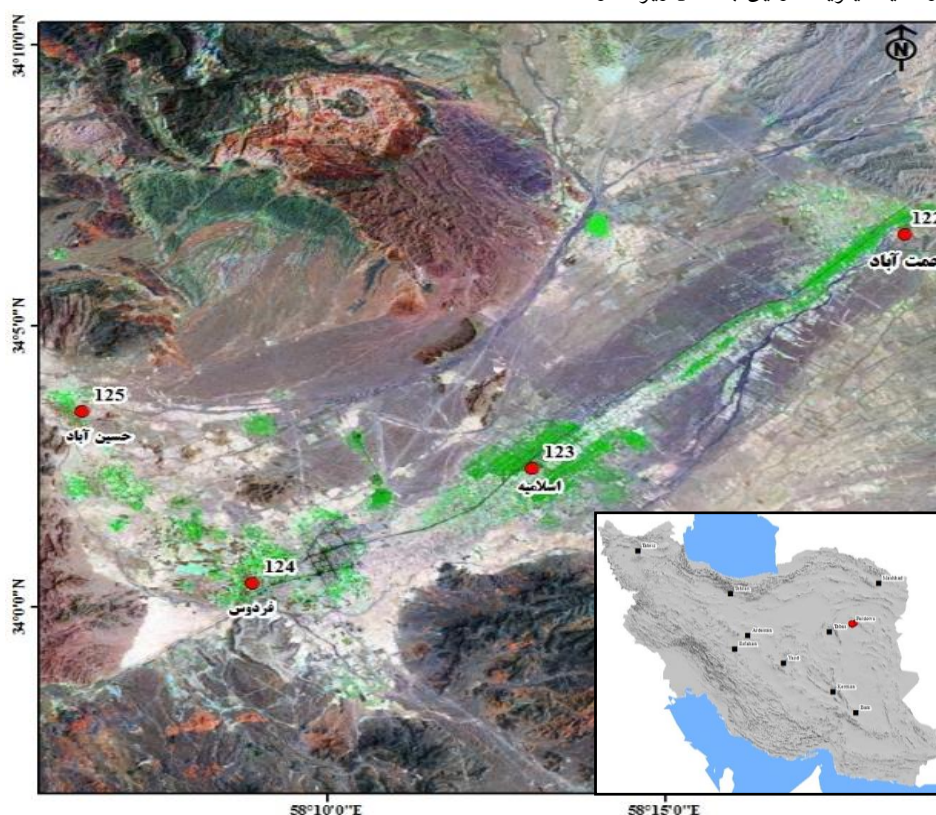
تعداد ۴ نمونه و از چاه‌ها و چشمه‌های شهرستان طبس و محدوده‌های اطراف به ترتیب ۵ و ۳ نمونه بررسی شد. موقیعت منطقه و چاه‌های نمونه‌گیری شده در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

#### روش نمونه برداری

نمونه‌ها به روش استاندارد برداشت شده و متغیرهای EC, pH, Eh با استفاده از pH متر پورتابل مدل HQ40D شرکت HACH آلمان در محل نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها پس از فیلتر کردن با استفاده از کاغذ صافی ۰/۴۵ میکرومتر در ظرف پلی اتیلن ۲۵۰ سی‌سی ریخته شده و با استفاده از اسید نیتریک رقیق به pH زیر ۲ رسانده

مقادیر فلزات سنگین با استفاده از روش ICP-MS مدل HP 4500 آزمایشگاه شرکت زرآما اندازه‌گیری شدند. نمونه بعدی در ظرف دیگر بدون اسیدی کردن جهت تجزیه شیمیایی کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی به روش تیتراسیون به آزمایشگاه ارسال شدند. در این مطالعه تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS و ضریب همبستگی پیرسون انجام شد.

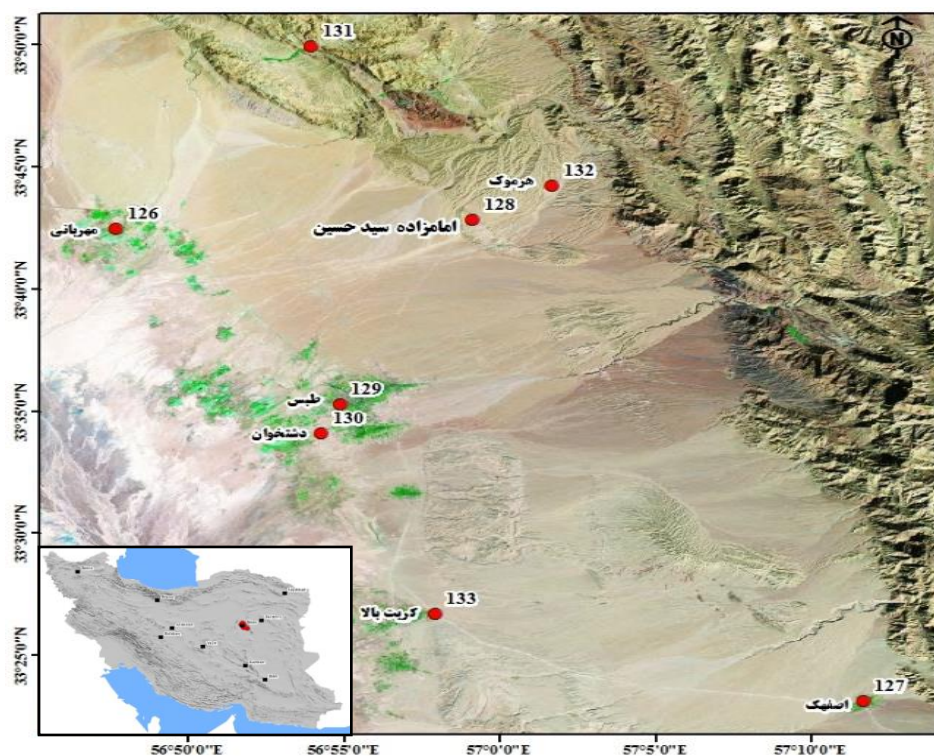
شد تا تشکیل ک سنگین جلوگیری (2017).



#### بحث و نتایج

نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های صورت گرفته بر روی نمونه‌های برداشت شده منطقه فردوس در جدول ۱ نشان داده شده است. PH نمونه‌ها در بازه ۷/۷-۷/۳ تغییر نموده و طبیعت خنثی تا مقدار کمی قلیایی دارند و همه در حد مجاز برای آب آشامیدنی استاندارد کشور هستند (۶/۵-۹) که در جدول ۱ مشاهده می‌شود. مقدار کادمیوم و سرب همه نمونه‌ها زیر حد مجاز استاندارد قرار دارند. غلظت

کادمیوم کمتر از ۰/۱ میکروگرم و برای سرب کمتر از ۱ میکروگرم تعیین شد. در نمونه شماره ۱۲۴ مربوط به چاه جنوب شرق شهرستان فردوس مقدار آرسنیک با ۱۵ میکروگرم بر لیتر بالاتر از حد مجاز استاندارد است و در مورد استفاده از آن باید احتیاط شود.



شکل ۲ - موقعیت محل نمونه برداری در منطقه طبس

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی آب نمونه‌های منطقه فردوس

Pb	Cd	As	Mg	Na	K	Ca	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Eh	pH	نمونه از چاه
μg/L			mg/L									Mv	
<۱	<۰/۱	<۰/۵	۳۶	۲۳۴/۲	۳/۰۲	۶۰	۲۳۰	<۱۰	۱۵۱	۱۶۹	-۱۶	۷/۷	۱۲۲
<۱	<۰/۱	۲	۱۴۲	۷۵۵/۷	۵/۸۴	۳۳۶	۱۹۰	<۱۰	۱۰۵۶	۹۸۷	۵/۳	۷/۳	۱۲۳
<۱	<۰/۱	۱۵	۱۱۸	۱۹۳۱	۲۷/۳۱	۴۶۹	۲۱۰	<۱۰	۱۷۶۱	۲۱۷۶	-۱۵	۷/۷	۱۲۴
<۱	<۰/۱	۴	۲۷۸	۲۴۴۴	۱۱/۴	۵۲۸	۱۹۵	<۱۰	۴۳	۳۱۹۴	-۷/۲	۷/۶	۱۲۵

جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیایی آب نمونه‌های منطقه طبس

Pb	Cd	As	Mg	Na	K	Ca	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Eh	pH	EC	منبع	نمونه
μg/L			mg/L									Mv	mS/Cm		
<۱	<۰/۱	۱۵/۹	۲۱۰/۹۸	۱۹۰۴/۹۴	۸/۲۹	۳۶۹/۰۹	۲۶۵/۴۲۵	<۱۰	۱۶۹۸/۷	۲۷۵۹/۷	۶۴۵/۱	۷/۹۳	۸/۷۷۵	چاه	۱۲۶
<۱	<۰/۱	۸/۱	۷۰/۹۷	۲۸۵/۰۲	۴/۳۴	۱۲۰/۹۹	۲۱۱/۳۹۳	<۱۰	۳۲۹/۵۹	۴۳۲/۳۱	-۳۹	۶/۱۶	۱/۹۹۱	چاه	۱۲۷
<۱	۰/۳	۸/۱	۶۴/۴۶	۱۱۷۰/۱۲	۷/۶۳	۱۳۶/۹۸	۱۸۰/۹۳	<۱۰	۵۴۰/۲۹	۴۰۵/۹۴	۲۲/۲	۷/۱۶	۴/۵۲۳	چاه	۱۲۸
<۱	<۰/۱	۴/۱	۶۹/۳۶	۳۸۰/۲	۴/۰۱	۱۳۳/۵۸	۱۶۹/۹۶۵	<۱۰	۸۱۰/۹۳	۱۴۰۵/۴	۴۱/۳	۶/۵	۲/۰۹	چاه	۱۲۹
<۱	<۰/۱	۱۲/۶	۹۰/۵۵	۱۱۶۴/۲۲	۹/۷۹	۱۴۲/۴۳	۱۸۴/۳۸۴	<۱۰	۵۷۹/۵	۸۹۸/۱۵	۷۰/۹	۶/۷۱	۴/۹۶۴	چاه	۱۳۰
<۱	<۰/۱	۸/۲	۱۹/۰۷	۳۷۷/۲۹	۲/۲	۴۹/۲۹	۱۶۹/۸۶۵	<۱۰	۶۸۰/۸۲	۴۱۲/۶۵	۱۲۳/۲	۸/۶۶	۱/۸۹۹	چشمه	۱۳۱
<۱	۰/۱۲	۶/۲	۴۵/۹۲	۷۵۱/۰۸	۶/۳	۱۰۷/۵۴	۱۷۰/۵۳۷	<۱۰	۱۲۵	۷۰/۷۱	-۲۹	۵/۸۵	۳/۱۳۳	چشمه	۱۳۲
<۱	<۰/۱	۴/۸	۲۲/۹۲	۷۲/۹۷	۲/۹۲	۴۸/۲۴	۱۶۷/۲۶	<۱۰	۵۲۵/۳	۱۶۰/۱/۴	-۱/۳	۶/۲۵	۰/۶۳۴	چشمه	۱۳۳

نشد. بنابراین به نظر می‌رسد این متغیرها نقش چندانی در فلزات سنگین کادمیم و سرب با متغیرهای اصلی تغییر میانگین غلظت تجمع یافته عناصر مورد مطالعه در نمونه‌های مورد مطالعه ندارند. در منطقه طبس تعدادی از نمونه‌ها اسیدی بوده و قابلیت آشامیدن ندارد. در مطالعه حاضر مشابه برخی از تحقیقات، فلزات سنگین با مقادیر بالاتر از حد استاندارد آب آشامیدنی در برخی نمونه‌ها مشاهده شده است. ملکوتیان و خاشی در سال ۱۳۹۳ نشان دادند که میزان آرسنیک، سرب و کادمیم در جنوب شرقی دشت رفسنجان بالاتر از حد استاندارد بوده و ۱۰/۴ درصد از جمعیت منطقه در معرض مواجهه با آرسنیک، ۶/۶۶ درصد در معرض سرب و ۴۶/۷ درصد در معرض کادمیم بالاتر از حد قرار دارند (ملکوتیان و خاشی ۱۳۹۳). اگرچه در هیچ یک از نمونه‌های تحقیق حاضر، آلودگی سرب و کادمیوم مشاهده نشد اما در ۲ نمونه منطقه طبس و یک نمونه فردوس مقدار آرسنیک بیش از حد مجاز استاندارد کشور بود. این امر می‌تواند ناشی از هوازدگی سنگهای منطقه باشد. ضریب همبستگی بین فلزات آرسنیک و متغیرهای اصلی فیزیکوشیمیایی آب نشان می‌دهد که بین آنها همبستگی مثبت معنی‌داری مشاهده می‌شود (Guo et al, 2008).

در منطقه طبس (جدول ۲) pH نمونه‌ها در بازه ۸/۶۶ - ۵/۸۵ تغییر می‌کند و طبیعت اسیدی تا قلیایی دارند و در سه نمونه ۱۳۲، ۱۳۳ و ۱۲۷ خارج از حد مجاز برای آب آشامیدنی استاندارد کشور هستند (۹-۶/۵). مقدار سرب و کادمیوم همه نمونه‌ها زیر حد مجاز استاندارد آب آشامیدنی کشور قرار دارد. غلظت تمام نمونه‌ها کمتر از ۰/۱ میکروگرم برای کادمیم و ۱ میکروگرم برای سرب است. مقدار آرسنیک در نمونه‌های چاه‌های روستاهای دشتخوان و مهربانی بالاتر از حد مجاز بوده و به ترتیب برابر ۱۲/۶ و ۱۵/۹ میکروگرم بر لیتر است که مقادیر خیلی بالایی نیستند ولی لازم است آب‌های آن مناطق مورد بررسی مجدد قرار گیرند. همبستگی بالایی بین آرسنیک و مقادیر pH و Eh دیده می‌شود. این به دلیل حساسیت بالای تحرک پذیری آرسنیک به شرایط اکسیداسیون-احیایی آب است (جدول ۳). تجزیه شیمیایی آب چاه‌ها و چشمه‌ها در طبس و فردوس، نشان می‌دهد غلظت سرب و کادمیوم در نمونه‌های برداشت شده هر دو منطقه کمتر از حد مجاز استاندارد آب آشامیدنی کشور است. مقدار کادمیم و سرب به ترتیب کمتر از ۰/۱ میکروگرم و ۱ میکروگرم است. به عبارتی آلودگی در آبهای این مناطق از نظر سرب و کادمیم وجود ندارد. بین فیزیکوشیمیایی آب همبستگی مثبت معنی‌داری مشاهده

جدول ۳- همبستگی بین فلزات سنگین مورد مطالعه و متغیر فیزیکوشیمیایی آب منطقه طبس

Cd	As	Mg	Na	K	Ca	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Eh	pH	EC	
												۱	EC
											۱	۰/۲۶	pH
										۱	۰/۶۰	۰/۳۰	Eh
									۱	۰/۶۰	۰/۲۱	۰/۰۷	Cl
								۱	۰/۶۰	۰/۷۰	۰/۷۹	۰/۳۶	SO <sub>4</sub>
							۱	-۰/۲۵	۰/۴۱	۰/۰۵	-۰/۲۵	-۰/۵۸	CO <sub>3</sub>
						۱	-۰/۵۸	۰/۱۴	۰/۱۲	۰/۳۰	۰/۰۷	۰/۷۶	HCO <sub>3</sub>
					۱	۰/۸۱	-۰/۵۸	۰/۵۲	۰/۲۶	۰/۳۰	۰/۳۶	۰/۹۳	Ca
				۱	۰/۸۶	۰/۷۹	-۰/۴۱	۰/۱۰	۰/۰۵	۰/۱۰	۰/۰۵	۰/۹۳	K
			۱	۰/۸۱	۰/۸۶	۰/۶۲	-۰/۵۸	۰/۴۳	-۰/۰۲	۰/۱۰	۰/۴۳	۰/۹۵	Na
		۱	۰/۵۷	۰/۷۹	۰/۸۸	۰/۸۸	-۰/۴۱	۰/۳۶	۰/۴۵	۰/۴۰	۰/۰۵	۰/۷۶	Mg
	۱	۰/۴۸	۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۵۷	۰/۶۵	-۰/۴۱	۰/۳۸	۰/۱۲	۰/۸۰	۰/۶۲	۰/۵۹	As
۱	-۰/۱۶	-۰/۲۳	۰/۴۱	۰/۲۶	۰/۰۵	۰/۰۲	-۰/۲۲	-۰/۴۵	-۰/۷۳	-۰/۷۱	-۰/۱۷	۰/۲۶	Cd



منطقه انجام شود در این تحقیق از آب لوله‌کشی شهرستان‌های فردوس و طبس نمونه‌برداری نشده است ولی با توجه به آلودگی منابع آب زیرزمینی منطقه و توجه به اینکه منبع اصلی دریافت آرسنیک توسط انسان، آشامیدن آب دارای آرسنیک است لازم است آب لوله‌کشی منطقه نیز پایش شود. اگرچه بر اساس بررسی‌های انجام شده در آب منطقه از لحاظ میزان سرب و کادمیوم مشکلی مشاهده نشد، و به نظر می‌رسد غیر از موارد خاص، از جمله آلودگی انسانی و یا شرایط خاص زمین شناسی، مشکل آلودگی کادمیوم و سرب در منابع آب کشور وجود نداشته باشد. اما لازم است از طرف سازمان‌های مسئول توجه بیشتری به آب روستاهای منطقه صورت گیرد و حداقل کنترل دوره‌ای آن در دستور کار قرار گیرد.

#### منابع

- حاج نجفی، غ.، جعفری، م.، الماسیان، م.، هوشیار، م.، (۱۳۸۹)، " بررسی اثرات زیست محیطی فلزات سنگین منطقه سیاه جنگل - سرکهنو"، فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی و محیط زیست، سال چهارم، شماره ۱۱، ص ۱۰-۱.
- صادقی، ش.، ساقی، م.، صمدی، م.، یحیی پور، ز. (۱۳۹۳)، "اندازه‌گیری و پایش فلزات سنگین در رودخانه دره مرادبیک همدان"، فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی و محیط زیست، سال هشتم، شماره ۲۹، ص ۸-۱.
- طالبی، ن.، حق نظر، ش.، بازوبندی، م.، (۱۳۹۴)، "مطالعه آلودگی‌ها زیست محیطی و ژئوشیمی معدن سرب و روی لاریخانی جنوب سیاهکل"، فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی و محیط زیست، سال نهم، شماره ۳۰، ص ۸۷-۷۱.
- مرادیان، ع.، رزم آرا، م.، (۱۳۹۳)، " بررسی میزان پراکندگی و نقش متغیرهای ژئوشیمیایی در انحلال و تحرک آرسنیک در منابع آب دشت سفید رود" فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی و محیط زیست، سال هشتم، شماره ۲۹، ص ۲۵-۹.
- ملکوتیان، م.، خاشی، ز.، (۱۳۹۳)، "بررسی غلظت فلزات سنگین آرسنیک، کادمیوم، سرب، مس در منابع آب آشامیدنی روستاهای جنوب شرقی دشت رفسنجان"، فصلنامه بهداشت در عرصه، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، بهداشت، دوره ۲، شماره ۱، ص ۹-۱.

بنابراین می‌توان چنین استنباط کرد که متغیرهای اصلی افیزیکوشیمیایی آب نقش مؤثری در تغییر میانگین غلظت تجمع یافته عناصر مورد مطالعه‌ها در نمونه‌ها دارند که ناشی از تأثیر زمین شناسی منطقه است (Rabbani et al, 2016 & Ramkumar et al, 2013 & Olmez et al, 1994) در این مطالعه آرسنیک همبستگی مثبت و نسبتاً بالایی با منیزیم و کلسیم دارد و نشان می‌دهد که کمپلکس‌های آنها در تمرکز و حمل آرسنیک نقش دارد.

همچنین همبستگی بالایی بین آرسنیک و مقادیر pH و Eh مشاهده شد که بیانگر حساسیت بالای تحرک پذیری آرسنیک به شرایط اکسیداسیون-احیایی آب است. آب‌هایی که قدرت یونی بالایی دارند مانع از تشکیل رسوب توسط آرسنیک می‌شود. غلظت فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی به عوامل متعددی وابسته است که از جمله می‌توان به نوع و میزان سموم مصرفی کشاورزی، شرایط اقلیمی منطقه، سطح سفره‌های زیرزمینی، زمین‌شناسی و (Heikkinen, 2002 & emiroglu, 2011 & Dinka, 2016) توسعه زمین‌های کشاورزی، عملکرد شدید فرایند فرسایش و تخریب و بار آلودگی فیزیکی و شیمیایی اشاره نمود (صادقی و همکاران، ۱۳۹۳).

بیشتر آب شرب روستاهای شهرستان‌های فردوس و طبس از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌گردد. هر چند در این بررسی آلودگی کادمیوم و سرب در این مناطق مشاهده نشد و آلودگی به آرسنیک نیز در سه ناحیه کمی بیشتر از حد مجاز بود، اما این نکته مهم باید توجه شود که در اغلب روستاهای منطقه هیچگونه تصفیه خاصی بر روی آب قبل از استفاده انجام نمی‌گیرد و کلر زنی نیز در تعدادی از روستاها بصورت نامنظم انجام می‌گیرد، لذا باید کنترل دوره‌ای آب این منطقه مورد توجه قرار گیرد.

#### نتیجه‌گیری

جمعیت منطقه فردوس و طبس در معرض مواجهه با غلظت‌های مختلف آرسنیک از طریق آب شرب قرار دارند لذا لزوم انجام پایش‌های فصلی در این منطقه کاملاً مشهود است. آلودگی به سرب و کادمیوم در آب این منطقه وجود ندارد. پیشنهاد می‌شود جهت تعیین منبع دقیق آلودگی آرسنیک در آب‌های زیرزمینی آزمایشات بر روی خاک این

other trace elements in groundwater and human urine in Ha Nam province, the Northern Vietnam: contamination characteristics and risk assessment", *Environ Geochem Health*, 39, pp517-529.

**-Rabbani, U., Mahar, G., Siddique, A., Fatmi, Z., (2016),** "Risk assessment for arsenic-contaminated groundwater along River Indus in Pakistan. *Environ Geochem Health*, 39, pp179-190.

**-Ramkumar, T., Venkatramanan, S., Anithamary I., Sayed Ibrahim S.M., (2013),** "Evaluation of hydrogeochemical parameters and quality assessment of the groundwater in Kottur blocks, Tiruvarur district, Tamilnadu, India". *Arab J Geosci*, 6, pp101-108.

**-Rosado, J.L., Ronquillo, D., Kordas, K., Rojas, O., Alatorre J., Lopez P., (2007),** "Arsenic exposure and cognitive performance in Mexican schoolchildren". *Environmental health perspectives*, 115(9), pp1371-75.

**-Sappa, G., Ergul, S., Ferranti, F., (2014),** "Geochemical modeling and multivariate statistical evaluation of trace elements in arsenic contaminated groundwater systems of Viterbo Area, (Central Italy). *Sappa et al. Springer Plus*, 237, pp1-19.

**-Smith, A.H., Steinmaus, C.M.,(2009),** "Health effects of arsenic and chromium in drinking water: recent human findings", *Annual review of public health*, 30, pp107-22.

**-Alsuhami, A.O., AlMohaimidi, K.M., Momani KA., (2016),** "Preliminary assessment for physicochemical quality parameters of groundwater in Oqduş Area, Saudi Arabia". *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 251.11p.

**-Ardekani, S., Maanijou, M., Asadi, H., (2015),** "Investigation of Pb, Cd, Cu and Mg Concentrations in Groundwater Resources of Razan Plain". *Scientific Journal of Hamadan University of Medical Science*, 4, pp319-328.

**-Bondu, R., Cloutier, V., Rosa, E., Benzaazoua M., (2017),** "Mobility and speciation of geogenic arsenic in bedrock groundwater from the Canadian Shield in western Quebec, Canada". *Science of the Total Environment*, 574, pp509-519.

**-Demiroglu, M., Orgun, Y., Yaltrak, C., (2011),** "Hydrogeology and hydrogeochemistry of Gu'nyu'zu' semi-arid basin (Eskis'ehir, Central Anatolia)". *Environ Earth Sci*, 64, pp1433-1443.

**-Dinka MO., ( 2016),** " Quality Composition and Irrigation Suitability of Various Surface Water and Groundwater Sources at Matahara Plain. *Water Resources*, 43, pp677-689.

**-Guo, H., Yang, S., Tang, X., Li, Y., Shen, Z., (2008),** "Groundwater geochemistry and its implications for arsenic mobilization in shallow aquifers of the Hetao Basin, Inner Mongolia", *Science of The Total Environment*, 393, pp131-144.

**-Heikkinen, P.M., Korkka-Niemi, K., Lahti M., Salonen, V.P, 2002),** "Groundwater and surface water contamination in the area of the Hitura nickel mine, Western Finland. *Environmental Geology*, 42, pp313-329.

**-Joseph, A., (2000),** " Salvato, *Environmental Engineering and Sanitation* ".John Wileyand Sons, TD145.11. S24.

**-Jousma, G., Bear, J., Haines, Y.Y., Walter, F., (1987),** " Groundwater contamination: Use of models in decision- making" *Kluwer AcademicPublisher*, p. 178.

**-Kar, S., Maity, J.P., Jean, J.S., Liu, C.C., Nath, B., Yang, H.J., (2010),** " Arsenic-enriched aquifers: occurrences and mobilizationof arsenic in groundwater of Ganges Delta Plain, Barasat, WestBengal, India". *Appl Geochem*, 25, 1805-1814.

**-Malakootian M., Khashi Z., (2014),"** Heavy metals contamination of drinking water supplies in southeastern villages of Rafsanjan plain: survey of arsenic, cadmium, lead and copper". *Journal of Health in the Field*, 1, pp1-9.

**-McArthur, J.M., Banerjee, D.M., Hudson-Edwards, K.A., Mishra R., Purohit R., Ravenscroft P., Cronin A., Howarth R.J., Chatterjee A., Talukder, R., Lowry D., Houghton S., Chadha DK.,(2004),** "Natural organic matter in sedimentary basins and its relation toarsenic in anoxic groundwater: the example of West Bengal andits worldwide implications". *Appl Geochem*, 19, pp1255-1293.

**-Olmez, I., Beal, J.W., Villaume, JF. , (1994),** "A new approach to understanding multiple source groundwater contamination factor analysi and chemical mass balances". *Pergamon*, 28, pp1095-1101.

**-Phan, L.H., Nguyen, H.T., Tran C.V., Nguyen H.M., Nguyen T.H., Tu M.B.,(2017),"** Arsenic and

