

## تأثیر منابع زیست محیطی در آلودگی آب و رسوبات بستر رودخانه ناشی از انباشتگاه باطله‌های معادن آغ‌دره

رضا شیرین‌آبادی<sup>۱\*</sup>، احسان موسوی<sup>۲</sup>

۱- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی معدن، تهران، ایران. r\_shirinabadi@azad.ac.ir

۲- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، دانشکده فنی و مهندسی، گروه مهندسی معدن، تهران، ایران. Se\_Moosavi@azad.ac.ir

### چکیده

با توجه به معدنی بودن ناحیه تکاب واقع در جنوب شرقی استان آذربایجان غربی از ایران و وجود زه‌آب‌های اسیدی تولید شده در معادن و انباشتگاه باطله‌های معدنی و نیز وجود لایه‌ها و تشکیلات مارنی موجود در اطراف که دارای قابلیت نفوذ بالایی می‌باشند، موجب می‌گردد زه‌آب‌های تولید شده موجبات آزادسازی عناصر فلزی سنگین را فراهم آورد که اثرات سوئی بر روی محیط زیست اطراف و طبیعتاً آب رودخانه‌های منطقه خواهند داشت. بررسی‌های انجام شده و نتایج تجزیه شیمیایی نشان می‌دهد که در اثر فعالیت معادن موجود در منطقه، میزان برخی عناصر در منطقه از حالت طبیعی خود خارج و ناهنجاری‌های زیست محیطی در منطقه ایجاد شده است. از سویی دیگر، بدلیل ریزش‌های جوی و شرایط توپوگرافی منطقه، باعث نفوذ مواد شیمیایی شده که منتج به سرعت و تشدید آلودگی منطقه می‌شود. بررسی نمونه‌های گرفته شده از دو بخش مختلف محل باطله‌ها نشان می‌دهد که آلودگی در منطقه از نوع شیمیایی، عمدتاً با ترکیبات آرسنیک، آنتیموان و جیوه بوده که شدت آن در بخش جنوبی از رودخانه‌های واقع در منطقه بیشتر است. بیشترین بازتاب این ناهنجاری‌ها در رسوبات و آب منطقه به چشم می‌خورد که خاک کشاورزی نیز از این آلودگی‌ها متأثر شده است. با شناخت نواحی و مناطق آلوده می‌توان با ارائه راهکارهایی چون، ایجاد بسترسازی مناسب برای احداث انباشتگاه‌های باطله و نیز کنترل و مهار پساب‌های حاصله با ایجاد حائل‌های بتنی بر این مهم فائق آمد.

واژگان کلیدی: معادن آغ‌دره، آلودگی، انباشتگاه باطله، محیط زیست.

### مقدمه

تأثیر استخراج مواد معدنی بر محیط زیست بستگی به عواملی نظیر روش‌های معدنکاری، جنس و نوع سنگ‌های موجود، شرایط آب‌شناختی و اقلیم منطقه، ابعاد عملیات معدنکاری، توپوگرافی و بسیاری از عوامل مرتبط دارد (Brundland, 1987). با استخراج هر چه بیشتر از معادن و عمیق و وسیع تر شدن فضای عملیاتی آن‌ها، وسعت زمین‌های تحت تأثیر فعالیت‌های معدنکاری، به ویژه انباشتگاه‌های باطله، روز به روز رو به افزایش می‌یابد؛ در نتیجه ضرورت انجام قوانین مبتنی بر محیط زیست معادن نیز بیشتر احساس می‌شود. (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۳) با بررسی اثرات آرسنیک در منطقه معدنی تکاب بر روی نمونه‌های خاک، علوفه، آب و خون دام، مقادیر مجاز در هر نمونه را مورد ارزیابی قرار دادند. نامبردگان، احتمال انتقال مسمومیت دام را از منشاء آب آشامیدنی و وجود مسمومیت از خاک و علوفه دامی را

آشفتگی‌های زیست محیطی معمولاً با شروع فعالیت و پروژه‌های مرتبط با آب و زمین به صورت اثرات ناسازگار گوناگون در اکوسیستم‌های طبیعی مربوط به آن رخ می‌دهد. یک پیامد زیست محیطی به راحتی قابل تبدیل به پیامدهای اجتماعی- فرهنگی یا یک پیامد اقتصادی است. محیط زیست نقش کلیدی در توسعه پایدار هر کشوری داشته و بدون توجه به آن، منابع طبیعی و انسانی دچار نقصان می‌شود. معدنکاری، مواد لازم برای حیات و پیشرفت بشر را فراهم می‌کند و از طرفی با افزایش آلودگی‌ها امکان حیات و استفاده از محیط زیست سالم را از بشر سلب می‌کند. به همین جهت در بسیاری از کشورهای جهان، تأثیرات زیست- محیطی عملیات معدنکاری با تعریف استانداردهایی در این زمینه، فعالیت در این صنعت بسیار مهم را عملیاتی می‌داند (Flakenmark, 1999).

متروکه آنتیموان آغدره بالا، اندیس‌های جیوه یار عزیز، شیرمرد و شاخ شاخ، اندیس گچ و گوگرد روستای گوگردچی وجود دارند. در مطالعات زمین‌شیمی زیست محیطی محدوده مورد مطالعه علاوه بر آب و رسوبات بستر رودخانه از رسوبات آبراه‌های، سنگ‌ها (کانسنگ و سنگ‌های میزبان، سنگ‌های همبر، انباشتگاه‌های باطله و واحدهای سنگی مختلف)، خاک‌های سطحی و کشاورزی و محصولات کشاورزی (عمدتاً شامل گندم، یونجه و سیب) و گیاهان خودروی رشد نموده در مسیر آبراه‌های آلوده نیز نمونه‌برداری به عمل آمده است و مورد تجزیه‌های شیمیایی و بررسی‌های زمین‌شیمیایی مربوطه قرار گرفته‌اند. منطقه شمال تکاب منطقه‌ای کوهستانی و نسبتاً سخت‌گذر است که زمستان‌های سرد و خشک و پوشیده از برف و تابستان‌های با آب و هوای معتدل را شامل می‌شود. بلندترین نقطه ارتفاعی که در انتهای شمال غربی محدوده وارد شده است کوه موسوم به قره داغ است که دارای ارتفاع ۲۹۵۵ متر از سطح دریای آزاد می‌باشد. پست‌ترین نقطه ارتفاعی نیز در جنوب غربی روستای بهرلی واقع در انتهای جنوب غربی محدوده مورد مطالعه واقع شده است که دارای ارتفاع ۱۷۸۵ متر از سطح دریای آزاد می‌باشد. آب و هوای منطقه کوهستانی است و زمین‌های کشاورزی در ناحیه کوهپایه‌ای قرار گرفته‌اند که عموماً دارای شیب‌های تندی می‌باشند. شیب دامنه‌ها در ترازهای بالاتر از ۱۹۰۰ متر زیاد بوده ولی در ارتفاعات پایین‌تر بتدریج کم شده بطوری که به حدود ۲-۳ درصد می‌رسد (وامقی و همکاران، ۱۳۹۳).

به دلیل کوهستانی و مرتفع بودن منطقه بیشتر بارش‌های جوی به صورت برف است و جریان سطحی حاصل از آن توسط سرشاخه‌های اصلی و فرعی به رودخانه‌های موجود و سرانجام به رود اصلی ساروق می‌ریزند، آب رود ساروق در ادامه به سد زربینه رود واقع در ۵۸ کیلومتری جنوب غربی محدوده مورد مطالعه می‌ریزد. رودخانه‌های (شاخاب‌های) دائمی محدوده مورد مطالعه را زرشوران، احمدآباد، آغدره، قیزقپان، نیکنندی و گوگردچی تشکیل می‌دهند. از این بین با توجه به وجود معادن و پتانسیل‌های معدنی در بخش‌های

بی‌تأثیر دانسته‌اند. (عباسی و همکاران، ۱۳۹۶) دفع نادرست باطله‌ها و عدم وجود ژئوممبران در سد باطله جهت جلوگیری از نشت آلودگی به آب‌های منطقه، با وجود مقادیر آرسنیک و جیوه در منطقه معدنی زرشوران تکاب را ارزیابی کردند. محققین مذکور، آب‌های منطقه را مورد مطالعه و عدم قابلیت شرب و عدم کشاورزی را نتیجه گرفتند که می‌تواند اکوسیستم منطقه را کاملاً تحت تأثیر قرار دهد و همچنین باعث امراض تنفسی و پوستی در انسان و حیوانات منطقه شود.

ناحیه شمال تکاب یکی از مهم‌ترین نواحی کانی‌سازی شده در ایران است که در آن پتانسیل و کانسارهای مهمی از طلا و عناصر همراه وجود دارد. محدوده مورد مطالعه عمدتاً دربرگیرنده بخش‌های جنوب غربی ورقه ۱/۱۰۰۰۰۰ زمین شناسی تخت سلیمان و بخش‌هایی جزئی از انتهای شمال غربی ورقه ۱/۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی تکاب و انتهای جنوب شرقی ورقه ۱/۱۰۰۰۰۰ شاهین‌دژ می‌باشد. از نظر ساختاری محدوده مورد مطالعه در زون سندج- سیرجان، زون ساختاری- رسوبی خوی - مهاباد و محل برخورد زون‌های ساختاری البرز- آذربایجان، ایران مرکزی و سندج- سیرجان واقع شده است، از این رو دارای ویژگی‌های زون‌های مذکور می‌باشد (وامقی و شکوفه، ۱۳۹۳). بطورکلی ردیف چینه‌ای سنگ‌ها در محدوده مورد مطالعه و مناطق اطراف آن به ترتیب از پایین به بالا شامل سنگ‌های دگرگونی پرکامبرین، سنگ‌های رسوبی پرکامبرین پسین- کامبرین پیشین و کامبرین - اردوئین، سنگ‌های دگرگونی پالئوزوئیک، توده‌های نفوذی دیوریتی تا گرانیتی، سنگ‌های رسوبی و آتشفشانی اولیگوسن و نهشته‌های جوان پلیوسن و کواترنری می‌باشند.

محدوده مورد مطالعه دربرگیرنده بخش‌های شمال تا شمال- غربی حوضه رودخانه ساروق شمال تکاب می‌باشد که بین طول‌های جغرافیایی ۵۵' تا ۴۶' ۱۵'، ۴۷° شرقی و عرض- های جغرافیایی ۲۵' تا ۳۶'، ۴۵° شمالی واقع شده است. در این محدوده کانسارهای طلا- آرسنیک زرشوران با اندیس‌های معدنی آنتیموان، کانسار طلای آغدره، معدن

به‌دست‌آمده و موقعیت شاخه‌های اصلی و فرعی رودخانه آغ‌دره و موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی بخش‌های معدنکاری شده و محل انباشتگاه‌های باطله از معدن طلای آغ‌دره، مطالعات بر روی جانمایی و بهبود زیرسازی انباشتگاه باطله‌های ضروری به نظر می‌رسد.

طبق بررسی‌های صورت گرفته در معرض قرار گرفتن مزمن با آرسنیک منجر به شکسته شدن رشته DNA در مغز استخوان شده و بدین ترتیب تولید گلبول‌های قرمز کاهش می‌یابد. همچنین، کاهش سطح هموگلوبین و افزایش سطح آنزیم‌های کبدی، همراه با آسیب کبدی را به همراه دارد (Rana et al., 2010).

جیوه فلزی سنگین و سمی، یک ظرفیتی یا دو ظرفیتی و تنها فلزی است که در دمای اتاق به حالت مایع است. متیل‌مرکوری‌ها خطرناک‌ترین و سمی‌ترین ترکیبات جیوه هستند که به طریق مستقیم یا غیرمستقیم بصورت محصول فرعی فرآیندهای صنعتی به آب‌های طبیعی رها شده و وارد محیط زیست می‌شوند. به دلیل ناپایداری زیاد، حلالیت کم به سختی قابل کنترل بوده و خیلی سریع جذب می‌شود و می‌تواند از طریق پوست و شش‌ها جذب بدن شود (Nabais et al., 2006).

آنتیموان شبه فلزی با عدد اتمی ۵۱ است که مهم‌ترین کاربردهای این عنصر در ساختن مواد نیمه‌رسانا، دیودها و آشکارسازهای مادون قرمز، مواد اطفاء حریق، فشنگ‌های منور، آلیاژها، باطری‌های انبارهای، داروهای ضد لیشمانیا و در صنایع پلاستیک‌سازی و سرامیک‌سازی است (Paoletti et al., 2001, Tschan et al., 2009). آنتیموان یک عنصر غیرضروری برای گیاهان و جانوران است که عملکرد بیولوژیکی شناخته‌شده‌ای ندارد (Filella et al., 2002). این عنصر برای انسان و جانوران حالت سمی دارد و در انسان باعث سرطان‌زایی، ناراحتی‌های مزمن تنفسی، برونشیت مزمن، افزایش فشار خون، دردهای شکمی، اسهال و استفراغ، زخم معده، بیماری‌های پوستی، سقط جنین می‌گردد (Shtangeeva et al., 2011). آینسورت و همکاران با اندازه‌گیری غلظت آنتیموان در گیاهان رشد کرده در خاک

بالادست رودخانه‌ها، رودخانه‌های زرشوران و آغ‌دره از نظر زیست‌محیطی دارای اهمیت بیشتری هستند. میانگین بارندگی شهرستان تکاب، اندازه‌گیری شده در ایستگاه آلاسقل و ایستگاه سینوپتیک تکاب به ترتیب ۴۰۰/۳ و ۳۹۹/۱۰ میلی‌متر برآورد شده است. مجموع فاصله از شهر تکاب تا معدن آغ‌دره حدود ۳۸ کیلومتر می‌باشد (پایگاه ملی داده‌های علوم زمین، ۱۳۸۶).

هدف از جمع‌آوری نمونه‌های آب، رسوبات بستر رودخانه و خاک، دست یافتن به یک بخش کوچک و معرف جهت بررسی و تحقیق می‌باشد. در محدوده مورد مطالعه با توجه به وجود فعالیت‌های معدنکاری قدیمی و فعالیت‌های معدنکاری جدید روی پتانسیل و کانسارهای شناخته شده و نیز وجود واحد استحصال طلا می‌توان آلودگی‌های منابع آب، خاک و پوشش گیاهی موجود را ناشی از هر دو منشاء طبیعی و انسان‌زاد دانست. جهت اعمال مدیریت‌های زیست‌محیطی در محدوده مورد مطالعه باید نقش و تأثیر هر کدام از این منابع آلودگی مشخص گردند. بر همین اساس سعی شده است ضمن مشخص ساختن منابع آلودگی، تأثیر هر کدام از این منابع در ایجاد آلودگی، بررسی و مشخص شوند.

#### آلودگی در حوضه آبریز منطقه معدنی آغ‌دره

محدوده مورد مطالعه که شامل حوضه آبریز رودخانه آغ‌دره و محیط پایین دست محل تلاقی رودخانه آغ‌دره با رودخانه ساروق است در شمال غرب شهر تکاب از استان آذربایجان غربی واقع شده است. رودخانه آغ‌دره در بخش‌های بالادست از دو شاخه اصلی و فرعی تشکیل شده است. آب و رسوبات بستر شاخه اصلی سالم و بدون آلودگی خاصی هستند. در حالیکه آب و رسوبات بستر شاخه فرعی رودخانه آغ‌دره دارای آلودگی بسیار بالایی از عناصر بالقوه سمناک جیوه، آنتیموان و آرسنیک می‌باشند. بطوریکه در پایین دست پس از ورود آب شاخه فرعی به شاخه اصلی، آب رودخانه آغ‌دره آلوده گشته و در پایین دست با ورود رواناب بخش‌های معدنکاری شده معدن طلای آغ‌دره به رودخانه آغ‌دره، میزان این آلودگی‌ها بیشتر نیز شده است. بر اساس نتایج

نمونه برداری از واحدهای سنگی مختلف موجود در محدوده مورد مطالعه از انباشتگاه‌های باطله خشک و تر معدن آغ دره در یک دوره زمانی صورت گرفته است. با توجه به اینکه منابع آب سطحی (رودخانه) و آب زیرزمینی (چشمه‌ها) محدوده مورد مطالعه تنها از نظر عناصر آرسنیک و آنتیموان آلوده بوده و رسوبات بستر رودخانه، رسوبات آبراهه‌ای، خاک‌های سطحی و کشاورزی و پوشش گیاهی در بخش-هایی از محدوده مورد مطالعه علاوه بر آرسنیک و آنتیموان از نظر جیوه نیز آلوده می‌باشند. از این رو، تنها فاز و کانی-های اصلی این سه عنصر در محدوده حوضه آبریز که به لحاظ زیست‌محیطی با اهمیت می‌باشند، مورد مطالعه قرار گرفته‌اند.

#### بررسی نمونه‌ها از انباشتگاه باطله‌های معدنی

برای بررسی آلودگی در منطقه، در وهله اول نمونه‌گیری از بخش‌های مختلف باطله‌های انباشته شده، انجام شد. به طور کلی نمونه‌های باطله بسیار زیادی جمع‌آوری شد ولی فقط بر روی تعدادی از آنها مطالعات و آزمایش‌های لازم صورت گرفت. از تعداد بسیار فراوان نمونه‌های گرفته شده از بخش‌های مختلف جنوبی و شمالی انباشتگاه باطله‌ها (با توجه به شیب منطقه و وجود رودخانه‌های منطقه)، ۷ نمونه مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفت. شکل ۱ و ۲ تصاویری از انباشتگاه‌های باطله شمالی و جنوبی را نمایش می‌دهد.



شکل ۱- نمایی از انباشتگاه باطله‌های معدنکاری از معدن آغ-دره - ناحیه شمالی

آلوده به آنتیموان، نشان دادند که جذب آنتیموان از سطح برگ بیشتر از جذب آن از طریق ریشه گیاه صورت می‌گیرد (Ainsworth et al., 1990).

به طور کلی برای بررسی آلودگی ایجاد شده در انباشتگاه باطله‌های معدنکاری شناخت منبع یا منابع آلودگی، نوع، محدوده یا وسعت آلودگی، عوامل زمین‌شناسی و آب‌شناسی کنترل‌کننده آلودگی و نیز شناخت نحوه گسترش آلودگی ضروری است (Bell et al., 2002). باطله‌های معدن طلا و آنتیموان آغ دره در منطقه تکاب که در مراحل مختلف جدا شده و در محلی انباشتگاه می‌گردند، سبب آلودگی لایه‌های خاکی و سنگی در بالای سفره آب زیرزمینی و نهایتاً آلودگی سفره آب زیرزمینی منطقه می‌شوند. در این تحقیق، آلودگی سطحی در اثر وجود این باطله‌ها در منطقه حوضه آبریز تکاب مورد بررسی قرار می‌گیرد. اهمیت این موضوع ضرورت بررسی اثرات آلودگی آرسنیک، جیوه و آنتیموان در منطقه معدنی آغ دره را ایجاب می‌کند.

#### آلودگی در منطقه انباشتگاه باطله‌های آغ دره

هدف از جمع‌آوری نمونه‌ها از انباشتگاه باطله‌های معدنکاری، دست‌یافتن به یک بخش کوچک جهت بررسی و تحقیق می‌باشد. قبل از هر گونه نمونه‌برداری باید طرح نمونه برداری جهت نظارت بر اهداف تحقیق یا برنامه طراحی گردد (Keller, 1999). طرح نمونه‌برداری شامل مطالب ویژه‌ای درباره محل و موقعیت‌های نمونه‌برداری، روش و تکنیک‌ها، شماره نمونه، نوع نمونه، زمان نمونه‌برداری، مدت زمان نگهداری نمونه، نوع مواد نگهدارنده، شماره و نوع نمونه‌های استاندارد جهت کنترل کیفی و تضمین کیفی است. عملیات نمونه‌برداری ممکن است زمان و هزینه بالایی را نیاز داشته باشد. عواملی که در انتخاب و روش‌های نمونه‌برداری باید مدنظر قرار گرفته شوند عبارتند از:

(۱) دقت نمونه‌برداری

(۲) هزینه روش‌های نمونه‌برداری.

## میزان تأثیر منابع آلودگی در حوضه رودخانه‌های آغ‌دره

با توجه به منابع آلودگی اشاره شده در بخش قبلی و با توجه به ماهیت زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی حوضه آبریز رودخانه آغ‌دره، وجود معادن متروکه و فعال و نیز بخش‌های کانی‌سازی شده می‌توان دریافت که آلودگی آب، رسوبات بستر رودخانه و بخشی از خاک‌های سطحی، خاک‌های کشاورزی و پوشش گیاهی محدوده مورد مطالعه از منابع آلودگی ناشی از انباشتگاه باطله‌های معدنی نشأت گرفته است. در این مقاله سعی شده است تأثیر این منابع آلودگی

روی آلودگی آب، رسوبات بستر بررسی گردد.

در جهت بررسی تأثیر منابع آلودگی روی آب و رسوبات بستر رودخانه آغ‌دره، کیفیت آب در پایین‌دست‌ترین نقطه از رودخانه آغ‌دره و قبل از پیوستن به رودخانه ساروق ملاک قرار داده شده است.

غلظت عناصر بالقوه سمناک در آب و رسوبات بستر رودخانه جدای آلودگی فعالیت معدنکاری متأثر از منبع آلودگی طبیعی می‌باشد. از این‌رو، با در اختیار داشتن مقادیر زمینه زمین‌شیمیایی عناصر آرسنیک و آنتیموان آب و آرسنیک، آنتیموان و جیوه رسوبات بستر که ناشی از منشأ آلودگی-های طبیعی هستند و کم کردن این مقادیر از غلظت کل اندازه‌گیری شده عناصر بالقوه سمناک آرسنیک و آنتیموان نمونه آب و رسوبات بستر رودخانه، ضمن تعیین غلظت ناشی از فعالیت‌های معدنکاری می‌توان درصد و میزان تأثیر هر کدام از منابع آلودگی آب و رسوبات رودخانه‌های آغ‌دره را مشخص نمود. جدول ۳ نتایج حاصله از این ارزیابی را نشان می‌دهد.



شکل ۲- نمایی از انباشتگاه باطله‌های معدنکاری از معدن آغ-دره- ناحیه جنوبی

با توجه به نتایج تجزیه‌های شیمیایی به عمل آمده، مشخص شده است که تعدادی از نمونه محدوده مورد مطالعه نیز آلوده بوده و دارای غلظت‌های بالایی از عناصر بالقوه سمناک جیوه، آنتیموان و آرسنیک هستند. با توجه به موقعیت محل‌های نمونه‌برداری می‌توان دریافت که در اغلب موارد، نمونه‌های آلوده، نمونه‌های برجایی هستند که از سنگ منشاء با غلظت بالایی از این عناصر ایجاد شده‌اند و یا اینکه سنگ‌های سطحی حمل شده‌ای هستند که در پایین‌دست سنگ‌های منشاء شکل گرفته‌اند. با توجه به تجزیه‌های شیمیایی می‌توان دریافت که اکثر نمونه‌های محدوده مورد مطالعه از نظر آرسنیک و آنتیموان آلوده محسوب می‌شوند. در مقابل، نمونه‌های محدوده مورد مطالعه از نظر جیوه آلودگی کمتری را به خود اختصاص می‌دهند. جداول ۱ و ۲ نتایج تجزیه شیمیایی از نمونه‌های باطله آبدار و خشک گرفته شده از منطقه رانشان می‌دهد.

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی بر روی نمونه‌های آبدار از انباشتگاه باطله

محیط	عنصر	درصد
انباشتگاه باطله ناحیه جنوبی	As	۷۳/۱۸
	Sb	۸۱/۱۸
	Hg	۳۶/۴۲
انباشتگاه باطله ناحیه شمالی	As	۷۹/۴۵
	Sb	۶۳/۰۶
	Hg	۴۹/۸۶

جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیایی بر روی نمونه‌های آبدار از انباشتگاه باطله

محیط	عنصر	درصد
انباشتگاه باطله ناحیه جنوبی	As	۸۹/۰۴
	Sb	۹۳/۵۳
	Hg	۴۵/۳۷
انباشتگاه باطله ناحیه شمالی	As	۸۴/۶۷
	Sb	۷۷/۷۵
	Hg	۵۷/۱۹

جدول ۳- نتایج میزان تأثیر منابع آلودگی در آلودگی آب و رسوبات بستر رودخانه آغ‌دره

رسوبات بستر رودخانه (%)			آب سطحی (%)		رسوبات بستر رودخانه (ppm)			آب سطحی (ppb)		منابع آلودگی
Hg	Sb	As	Sb	As	Hg	Sb	As	Sb	As	
۴۱/۱۵	۸۲/۲۶	۹۰/۲۲	۸۶/۷۳	۳/۳۲	۰/۴۲۱	۲/۱۸	۵۰/۰۵	۳/۴	۲/۱۵	آلودگی طبیعی
۵۸/۸۴	۱۷/۷۳	۹/۷۷	۱۳/۲۶	۹۶/۶۷	۰/۶۰۲	۰/۴۷	۵/۴۲	۰/۵۲	۶۲/۵۵	فعالیت معدنکاری
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱/۰۲۳	۲/۶۵	۵۵/۴۷	۳/۹۲	۶۴/۷	جمع

## نتیجه‌گیری

وجود باطله‌هایی که از سنگ‌های معدنی استخراج شده از معادن آغ‌دره در منطقه تکاب واقع در شمال غربی ایران، طی مراحل مختلف معدنکاری جدا و در محلی در این منطقه انباشت می‌شوند، به طور طبیعی حاوی مقادیر قابل توجهی ترکیبات جیوه، آرسنیک و آنتیموان بوده و در سطحی گسترده آلودگی سطحی و آب زیرزمینی منطقه را موجب شده‌اند. علاوه بر این، باطله‌های تر یا آبدار حاصله از کارخانه فرآوری و اسیدشویی که در همان محل باطله‌های خشک دور ریخته می‌شوند، دارای مقادیر قابل ملاحظه‌ای عناصر سمناک بوده و بنابراین سبب می‌شوند که شدت آلودگی در منطقه افزایش یابد. عوامل مختلف از جمله ریزش‌های جوی نیز باعث نفوذ مواد شیمیایی بیشتری به همراه آب به زیر سطح زمین شده و در نتیجه سبب می‌شوند که آلودگی رودخانه‌های مجاور در منطقه شدت، سرعت و گسترش بیشتری یابد.

با تفسیر و تجزیه شیمیایی نمونه‌های مورد مطالعه از انباشت باطله‌های معدنی که با توجه به شیب منطقه و مجاورت رودخانه‌های جاری انتخاب شد؛ نتایج حاکی از وجود عناصر سمناک آرسنیک، آنتیموان و جیوه است. بنابراین با توجه به نزولات شدید منطقه در فصول بارانی از سال و وجود رودخانه‌های فعال در منطقه تهدیدات بالقوه‌ای را به لحاظ زیست‌محیطی دارد.

برای جلوگیری از هر گونه پیامدهای ناشی از فعالیت‌های معدنکاری در منطقه، استفاده از سدهای باطله با زیرسازی ژئوسنتتیک در منطقه ضروری به نظر می‌رسد. همچنین به منظور کنترل و مهار پساب‌های حاصله از بخش‌های مختلف معدنکاری شده معادن آغ‌دره نیز می‌توان در محل از احداث حائل‌های بتنی بهره برد. همچنین به منظور تکمیل فرایند زیست‌محیطی منطقه، مطالعات زیست‌محیطی متعددی بر روی آب‌های زیرزمینی منطقه، کشاورزی منطقه و نیز خاک مستعد ناحیه مذکور ضروری به نظر می‌رسد.

## منابع

- Paoletti, F., Sirini, P., Seifert, H., Vehlow, J., (2001), "Fate of antimony in municipal solid waste incineration", *Chemosphere*, 42, pp 533-543.
- Rana, T., Bera, A.K., Das, S., Pan, D., Bandyopadhyay, S., Bhattacharya, D., De, S., Sikdar, S., Das, S.K., (2010), "Effect of ascorbic acid on blood oxidative stress in experimental chronic arsenicosis in rodents", *food chem toxicol*, 48(4), pp 1072-1077.
- Shtangeeva, I., Bali, R., Harris, A., (2011), "Bioavailability and toxicity of antimony", *Journal of Geochemical Exploration*, 110, pp 40-45.
- Tschan, M., Robinson, B., Schulin, R., (2009), "Antimony in the soil-plant system, a review", *Environmental Chemistry*, 6, pp 106-115.
- پای‌نگاه ملی داده‌های علوم زمین، بانک اطلاعات زمین‌پزشکی ایران، ۱۳۸۶.
- عباسی، ب.، ملکی، ر.، پیرخراطی، ح.، (۱۳۹۶)، "مطالعه تأثیر معدنکاری و استخراج طلا بر میزان آلودگی آبها به آرسنیک و جیوه در منطقه زرشوران تکاب"، فصلنامه زمین‌شناسی محیط-زیست، شماره ۴۰، ص ۳۷-۴۹.
- وامقی، ا.، شکوفه، ن.، (۱۳۹۳)، "ژئوشیمی زیست‌محیطی محدوده معدنی آغ‌دره-تکاب، یافتن منشاء عناصر آلاینده آرسنیک، آنتیموان و جیوه و بررسی تأثیر فعالیت‌های معدنکاری"، پایان‌نامه کارشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب، تهران، ایران، ۲۵۲.
- هاشمی، ف.، مر، ف.، کشاورزی، ب.، رحمانی شهرکی، ع.، شریفی، ر.، (۱۳۹۳)، "ارزیابی آلودگی آرسنیک در دامهای منطقه تکاب در استان آذربایجان غربی"، فصلنامه زمین‌شناسی محیط‌زیست، شماره ۲۸، ص ۳۵-۴۴.
- Ainsworth, N., Cooke, J. A., Johnson, M. S., (1990), "Distribution of antimony in contaminated grassland: 1. Vegetation and soils", *Environ. Pollut.* 65, pp 65-77.
- Bell, F.G., De Bruyn, I.A., Stacey, T.R., (2002), "Some examples of impact of metalliferous mining on the environment: a South African perspective", *Bulletin of Engineering Geology and Environment*, 61, pp 1-20.
- Brundland, G.H., (1987), "Our common future", Report of the world commission on environment and development, Oxford university press.
- Filella, M., Belzile, N., Chen, Y. W., (2002), "Antimony in the environment: A review focused on natural waters. I", *Occurrence. Earth Sci. Rev.* 57, pp 125-176.
- Flakenmark, M., Suprato, R.A., (1999), "Population-landscape interactions in development: A water perspective to environmental sustainability", *Ambio*, 21, pp 31-36.
- Keller, E.A., (1999), "Introduction to environmental geology", Prentice Hall, New Jersey, pp 383.
- Nabais J.V., Carrott P.J.M., Ribeiro Carrott M.M.L., Belchior M., Boavida D., Diall T., Gulyurtlu I., (2006), "Mercury removal from aqueous solution and flue gas by adsorption on activated carbon fibres", *Applied Surface Science.*, 252, pp 6046- 6052.

## **Influence of environmental resources on water pollution and sediment of river bed caused by waste dump at Agh-Dareh mines**

**Reaz Shirinabadi<sup>1\*</sup>, Ehsan Moosavi<sup>2</sup>**

1,2-Assistant Professor, Islamic Azad University, South Tehran Branch, Department of Mining Engineering, Tehran, Iran

### **ABSRTACT**

As there are mines in Takab, an area situated in the southeast of western Azerbaijan- Iran, and the acidic canals produced in mines and waste dumps as well as layers and marl formations with high permeability around this area, the produced canals provide the conditions of releasing heavy metal elements which will bring about defects on the environment and the rivers of this area. The results of the chemical analyses and the studies indicate that mining activities have affected the natural situation of this area and they have also made several malformations in this area. On the other hand, the climatic rainfalls and the topographical conditions of this area have directed chemicals to penetrate into the area and rapidly contaminate there. Due to the samples taken from two distinct parts of the waste dump, it is indicated that the contamination in this area is mostly caused by chemicals containing arsenic, antihuman and mercury. The southern part of the rivers is highly contaminated. These malformations are mostly observed in sediments and the water of this area. In fact, the regional farming has been deeply affected. As a result, detecting the contaminated areas and proposing alternatives such as making suitable bedding for waste dump establishments and controlling the waste water by building concrete bulkheads can be considered as the most important solution to overcome the aforementioned problems.

**Keywords:** Agh-Dareh mines, pollution, waste dump, environment.