دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

بررسی اثر واحدهای زمین‌شناسی بر توزیع فلزات سنگین در رسوبات رودخانه حوزه آبخیز سردآبرود

قربان وهاب‌زاده کبریا[۱]، یزدان برسان[۲] و سید مسعود مسعودی[۲]

۱- استادیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، (نویسنده مسوول: gh.Vahabzadeh@sanru.ac.ir)
۲- کارشناس ارشد، سازمان صنعت، معدن و تجارت استان مازندران

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۱/۷/۳۰

چکیده

در حوزه آبخیز سرد آبرود کلاردشت مازندران سازندهای رسوبی کربناتی، با سن پرمین و کرتاسه و سازند حساس به فرسایش شمشک، سنگ‌های بازیک و اسیدی خروجی و نیز سنگ‌های دگرگونی مجاورتی در بالادست این حوزه آبخیز رخنمون دارند. برای بررسی تأثیر واحدهای زمین شناسی و لیتولوژی‌های مختلف بر تمرکز فلزات سنگین شامل: عناصر کرم، منگنز، جیوه، کبالت، مس، نیکل، سرب، قلع و روی در رسوبات، ۳۳ نمونه از رسوبات سطحی رودخانه حوزه آبخیز سردآبرود برداشت گردید. این نمونه‌ها پس از آماده سازی در شرکت Amdel در کشور استرالیا به روش ICP_MS آنالیز عنصری شدند و سپس به روش‌های آماری و بخصوص آنالیز خوشه‌ای بررسی گردیدند. بر اساس نوع سنگ بالادست، ۴ جامعه متفاوت سنگی، شناسایی شد. علاوه بر واحدهای زمین شناسی، تمام نمونه‌ها به علت قرارگیری آغل‌های متعدد و بعضاً مناطق مسکونی تحت تأثیر مواد آلی قرار دارند. این نمونه‌ها برای ۱۰ عنصر از فلزات سنگین آنالیز شدند. سپس غلظت هر یک از فلزات در جوامع مختلف مورد بررسی قرار گرفت. بر این اساس، انتشار بیشترین مقدار Cr، Mn در محیط از سازند شمشک، انتشار بیشترین مقدار Pb از سازندهای کربناته و بیشترین مقدار Sn از سنگ‌های آذرین می باشد. در مورد سایر عناصر تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید.

واژه‌های‌کلیدی: فلزات سنگین، رسوبات رودخانه‌ای، واحدهای زمین‌شناسی، رودخانه سردآبرود

مقدمه

اهمیت حفاظت محیط زیست در جوامع امروزی امری بدیهی است و بدون شک اقدام و اجرای هر گونه برنامه، نیاز به دانش کافی و شناخت لازم از محیط زیست و آلاینده‌های آن دارد (۱۳،۱). از این نقطه نظر فلزات سنگین از جمله آلاینده‌های مهم آب و رسوب می‌باشند که از دیدگاه اکولوژیکی و خطرات زیست محیطی دارای اهمیت خاصی هستند. فلزات سنگین به گروهی از عناصر اطلاق می‌گردد که از عنصر استرانسیوم یا Sr سنگین‌تر هستند یعنی عدد اتمی آنها بزرگتر از عدد ۳۸

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-21]

می‌باشد و مهم‌ترین عناصر سنگین که از دیدگاه خطرات زیست محیطی در محیط‌های آب و رسوب دارای اهمیت می‌باشند عبارتند از: Ni، Mn، Fe، Hg، Zn، V، Co، As، Cd، Cr و Cu (۱۹،۱۶،۱۴). مطالعه کیفیت آب رودخانه‌ها از نظر فلزات سنگین به علت غلظت بسیار کم و در نتیجه دقت پایین اندازه‌گیری آنها در آب مشکل است، در حالیکه غلظت عناصر در رسوبات به مراتب بالاتر می‌باشد. این موضوع باعث شده تا رسوبات بستر به عنوان ابزاری برای تخمین وضعیت آلودگی رودخانه‌ها به کار گرفته شوند (۳،۲). بخشی از غلظت عناصر در رسوبات رودخانه ها بطور عمده در اثر هوازدگی سنگ‌های بستر، واریزه‌های غیر آلوده و شستشوی سنگ‌های حوزه آبخیز رودخانه‌های غیر آلوده روی هم انباشته شده و اجزای اصلی رسوبات را تشکیل می‌دهند (۶، ۱۹،۱۲). عناصر سنگین دارای منشاء طبیعی و انسانی می‌باشند. این عناصر برخلاف بسیاری از آلاینده‌های انسان ساخت بطور طبیعی در اشکال مختلف سنگ‌ها، کانی‌ها، مواد معدنی و خاک‌ها وجود دارند (۱۵). منشاء طبیعی عناصر سنگین در رسوبات رودخانه های ناشی از فرآیند فرسایش و انحلال خاک، سازندهای زمین شناسی و تابع لیتولوژی حوزه آبخیز می‌باشد (۵،۴). روش‌های مختلفی برای منشاء یابی عناصر سنگین در رسوبات رودخانه ای و ارتباط آنها با سازندهای زمین شناسی وجود دارد (۱۹،۱۰) که در زیر به برخی از آنها اشاره می‌گردد. دیلیپ و سابرامانیان (۴) با تعیین غلظت کل فلزات سنگین (Mn، Ti و Fe) در رسوبات سطحی رودخانه‌های گنگ، براهماپوترا و مگنا در بنگال نشان دادند که بدلیل تشابه زمین‌شناسی در بازه پایینی آنها، غلظت فلزات یکسان بوده و اختلاف در میزان غلظت فلزات در بازه میانی و بالایی به دلیل تنوع سازندهای زمین‌شناسی می‌باشد (۴). هوواری و بنات (۱۱) با تعیین غلظت فلزات سنگین جیوه، آهن، روی، کادمیوم و سرب در ۴۶ نمونه از رسوب بستر رودخانه‌های یارموک و جردن در تگزاس نشان دادند که بجز عنصر جیوه غلظت سایر عناصر مشابه مقدار طبیعی اولیه آنها در شیل می‌باشد. مریلو و همکاران (۱۶) با نمونه‌برداری ۱۷ نقطه از رسوبات رودخانه ادیل و سر شاخه‌های آن در اسپانیا، غلظت و تفکیک شیمیایی As، Cd، Cr، Cu، Ni، Mn، Fe، Hg، Zn و Co را در هر نمونه بررسی نمودند و نتیجه گرفتند که غلظت بالا این فلزات به فعالیت‌های معدن کاری مرتبط است. پاگنالی و همکاران (۱۷) آلودگی فلزات سنگین Zn، As، Cd، Pb، Cu، Mn و Fe را در رسوبات رودخا نه ای در اطراف یک معدن پیریت در ایتالیا مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که غلظت بالای عناصر بدلیل جذب سطحی می‌باشد. پیکی (۱۸) با نمونه برداری رسوبات سطحی در ۸ ایستگاه در طول سواحل شمالی آیزمیتی‌بی ترکیه و تعیین غلظت عناصر سنگین و عناصر اصلی (Al، Ti، Ba، Fe، Mg و کربن آلی) توسط تکنیک جذب اتمی (ICP-AES) به این نتیجه رسیدند که آرسنیک، کادمیوم، سرب و روی بیشترین غنی‌شدگی را بدلیل سازندهای حاوی ذغال سنگ در حوزه آبخیز مورد نظر دارا می باشند. میکو و همکاران (۱۵) با بکار گیری آنالیز چند

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-21]

متغیره (آنالیز خوشه‌ای) روی ۵۴ نمونه از خاک و رسوب در ایالت آلیکانت اسپانیا نتیجه گرفتند که غلظت آنها با لیتولوژی سنگ مادر در ارتباط می‌باشد. دراگویک و همکاران (۵) به منظور مشخص نمودن منشاء فلزات سنگین در حوزه آبخیز زلاتیبور (Zlatibor) که تحت کاربری اراضی کشاورزی قرار داشتند از آنالیز خوشه‌ای استفاده کردند. کرباسی و همکاران (۱۳) با نمونه‌برداری رسوبات سطحی از ۱۲ ایستگاه در طول رودخانه شور در اطراف معدن سرچشمه و تعیین غلظت کل عناصر Al، Ca، Fe، Zn، Cd، Pb، Cu، I و Lo نشان دادند که بالاتر بودن غلظت فلزات کمیاب نسبت به میزان اولیه آنها با فعالیت‌های معدنکاری همبستگی بالایی دارد. انصاری و همکاران (۱) با بررسی غلظت عناصر سنگین (سرب، کادمیوم، کبالت، کروم و نیکل) در آب و رسوب کف رودخانه کارون حد فاصل بند قیر تا جنوب اهواز به این نتیجه رسیدند که بدلیل برهم‌کنش‌های شیمیایی رسوب با آب از بالادست به پایین دست، شوری آب و رسوب افزایش یافته است. همانطور که در بالا ملاحظه گردید غلظت عناصر بخصوص عناصر سنگین در رسوبات رودخانه‌ای توسط سازندهای زمین شناسی حوزه آبخیز متأثر می‌گردد و بنابراین می‌توان با اندازه‌گیری غلظت این عناصر در رسوبات رودخانه‌ها به رابطه‌ی بین سازندهای زمین شناسی و غلظت عناصر پی برد. با توجه به پژوهش‌های صورت گرفته در داخل و خارج کشور نتایج حاصل از روش آنالیز خوشه‌ای در خصوص ارتباط بین غلظت عناصر شیمیایی و سازندهای زمین‌شناسی مثبت ارزیابی شده و رابطه بین لیتولوژی سازندهای زمین‌شناسی و غلظت عناصر سنگین بدست آمده است. با توجه به اینکه در حوزه آبخیز سردآبرود انواع سنگ‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی رخنمون دارند که حاوی عناصر سنگین می‌باشند، لذا هدف اصلی این تحقیق نشان دادن رابطه‌ی سازندهای زمین‌شناسی و غلظت عناصر سنگین در رسوبات رودخانه سردآبرود می‌باشد که در اثر فرسایش سنگ‌ها تولید می‌شوند. از آنجایی که رسوبات جایگاه خوبی برای تجمع فلزات سنگین هستند و می‌توانند خصوصیات ژئوشیمیایی سنگ بالادست خود را به خوبی نشان دهند (۱۹). مطالعه ژئوشیمیایی رسوبات در محیط‌های آبی مانند رودها می‌تواند گام مؤثری در جهت شناسایی منشاء رسوبات و ارزیابی زیست محیطی آن باشد، زیرا این آلاینده‌ها به مدت طولانی در رسوبات باقی مانده و بر اثر فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی وارد آب می‌شوند (۱۳).

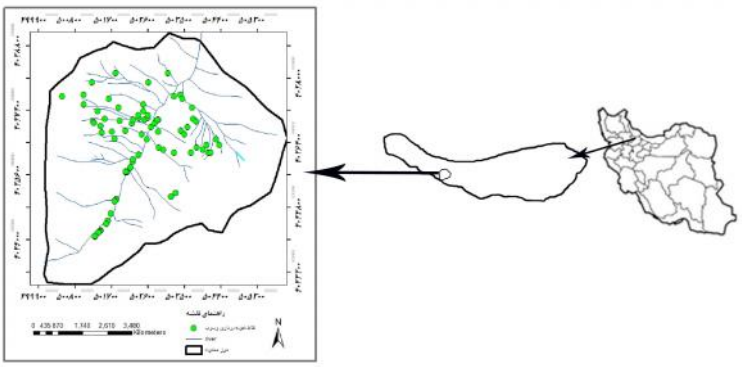
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

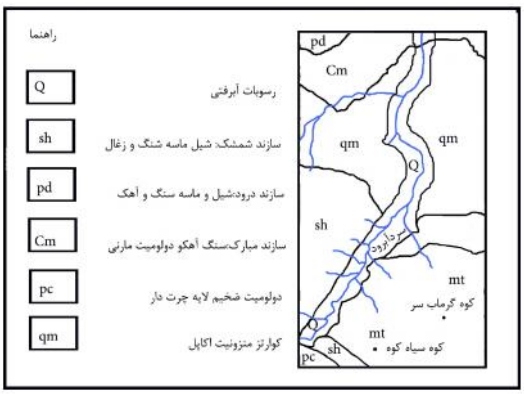
رودخانه سردآبرود در جنوب کلاردشت در غرب استان مازندران قرار دارد. این حوزه در طول جغرافیای ۳۶-۲۰ ۳۶ و عرض جغرافیایی ۵۱-۱۰ ۵۱ واقع شده است. سرچشمه‌ی این رودخانه کوه‌های بلند گرماب سر، سیاهکوه و گرما با ارتفاع ۴۲۶۰ متر می‌باشد (شکل ۱). در حوزه آبخیز این رودخانه سازندهای

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-21]

شمشک، روته، مبارک، نسن، درود، سازند چالوس و بخصوص واحدهای آتشفشانی آن شامل بازالت و توفها رخنمون دارند. علاوه بر سازندهای فوق واحدهای آذرین شامل مونزونیت کوارتز دار آکاپل و نفلین سینیت در سطح وسیعی حضور دارند. دگرگونی مجاورتی نیز سبب تشکیل هاله دگرگونی با تنوع سنگ‌شناسی شده است. سازند کواترنر نیز در محدوده کمی در پایین دست رودخانه برونزد دارد (شکل ۲).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و محل برداشت نمونه‌های رسوب



شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی حوزه آبخیز سردآبرود

برای بررسی نقش واحدهای زمین‌شناسی، نمونه‌ها به چهار گروه بر اساس خصوصیات واحدهای سنگ‌شناسی بالادست محل برداشت نمونه‌ها تقسیم شدند. نمونه‌های گروه اول تنها در پایین دست رخنمون سنگ‌های آذرین (IG) (۵ نمونه) انتخاب گردیدند. به عبارت دیگر این نمونه‌ها فقط تحت تاثیر بیرون‌زدگی سنگ‌های آذرین شامل بازالت، توف، مونزونیت وسینیت در بالادست محل این نمونه‌ها بوده‌اند. گروه دوم نمونه‌ها (۹ نمونه) در محل‌هایی برداشت شدند که در بالادست حوزه آبخیز آنها دو سری سنگ شامل سنگ‌های

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-21]

آذرین فوق‌الذکر و سنگ‌های سازند شمشک یاSH (ماسه سنگ، سیلت استون یا لای سنگ و شیل) بیرون زدگی دارند و این نمونه‌ها تحت تاثیر این سنگ هستند. گروه سوم نمونه‌ها (۵ نمونه) از محل‌هایی انتخاب گردیدند که در بالادست حوزه آبخیز آنها دو سری سنگ شامل سنگ‌های آذرین فوق الذکر و سنگ‌های کربناته یا CA (آهک‌ها و دولومیت‌ها) بیرون‌زدگی دارند.

گروه چهارم نمونه‌ها (۱۴ نمونه) از مکان‌هایی گرفته شدند که در بالا دست حوزه آبخیز آنها تمامی واحدهای سنگی بالا رخنمون دارند. یعنی این نمونه‌ها از تمام سنگ‌های موجود در حوزه آبخیز متاثر گردیدند. این نمونه‌ها به روش ICP-MS در شرکت Amdel در کشور استرالیا آنالیز شدند. ابتدا پارامترهای آماری برای ۳۳ نمونه برداشت شده محاسبه گردید (جدول ۱) و متوسط مقادیر به عنوان مقدار زمینه ناحیه‌ای در نظر گرفته شد (۵). زیرا مقایسه مقادیر با میانگین جهانی عنصر، معیار درستی به دست نمی‌دهد (۶). سپس پارامترهای آماری مربوط به جوامع مختلف محاسبه و با مقدار زمینه ناحیه‌ای مقایسه گردید تا تأثیر واحدهای زمین‌شناسی بر غلظت عناصر بررسی گردد. در نهایت با روش آنالیز خوشه‌ای رابطه‌ی بین غلظت عناصر سنگین و سازندهای زمین‌شناسی و یا لیتولوژی در حوزه آبخیز سرد آبرود مورد بحث و بررسی قرار گرفت (۱۹،۱۰).

جدول ۱- متغیرهای آماری در کل نمونه‌های برداشتی

نمونه‌ها		Cr	Mn	Hg	Co	Cu	Mo	Ni	Pb	Sn	Zn
	تعداد	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳
		۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
میانگین		۶۶/۱۵	۹۳۲/۹۴	۰/۱	۱۷/۱۱	۳۵/۷	۵/۴۱	۴۴	۶۴/۰۶	۹۸/۱۴	۲/۲۹
میانه		۶۳	۸۳۳	۰/۱	۱۴/۹	۲۵/۵	۴/۱	۳۸	۳۹/۴	۹۰/۸	۲/۴
انحراف استاندارد		۳۳/۳۰	۳۴۰/۴۶	۰/۰۷	۶/۶۷	۲۳/۷۴	۳/۳۲	۱۵/۳۹	۶۷/۹۱	۵۱/۶۰	۰/۵۹
واریانس		۱۱۰۸/۹۵	۱۱۵۹۱۱/۳۱	۰/۰۰	۴۴/۴۴	۵۶۳/۵۸	۱۱/۰۵	۲۳۷/۰۰	۴۶۱۱/۵۱	۲۶۶۲/۹۹	۰/۳۵
چولگی		۰/۹۹	۱/۰۵	۰/۵۶	۰/۹۱	۲/۰۰	۱/۴۶	۰/۲۵	۲/۹۵	۱/۴۹	۱/۱۰
کشیدگی		۰/۸۴	۰/۹۵	-۰/۸۶	۰/۴۳	۴/۶۷	۲/۱۶	-۱/۱۴	۹/۷۵	۲/۸۸	۲/۹۴
کمترین مقدار		۲۱	۳۹۷	۰/۰۳	۸/۱	۱۵/۸	۲/۱	۲۱	۱۰/۸	۳۲/۸	۱/۴
بیشترین مقدار		۱۵۸	۱۸۹۰	۰/۲۴	۳۵/۶	۱۲۳	۱۶/۳	۷۳	۳۴۸	۲۶۲	۴/۳
صدک‌ها	۲۵	۳۷	۶۶۵	۰/۰۳	۱۲/۲	۱۹/۲	۲/۸۵	۳۲	۲۷/۵	۶۵/۳	۱/۷۵
	۵۰	۶۳	۸۳۳	۰/۱	۱۴/۹	۲۵/۵	۴/۱	۳۸	۳۹/۴	۹۰/۸	۲/۴
	۷۵	۸۷	۱۱۴۵	۰/۱۵	۲۰/۹	۴۸/۴۵	۸/۱۵	۵۷	۷۰/۱۵	۱۲۰/۵	۲/۵۵

تخمین مقدار زمینه ناحیه‌ای

برای محاسبه مقادیر زمینه ناحیه‌ای از میانه مقادیر عناصر استفاده می‌شود. علت این امر عدم تأثیر مقادیر کرانه ای بر میانه است درحالی‌که میانگین، برخلاف میانه، علاوه بر این که تحت تأثیر مقادیر کرانه ای است، به تابع توزیع نیز بستگی دارد. با توجه به موارد گفته شده، مقدار زمینه برای عناصر، با

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-21]

محاسبه میانه هر عنصر از جامعه تمامی نمونه‌ها به دست آمد (جدول ۲). مقایسه این مقادیر با مقادیر هر یک از جوامع که بر اساس سنگ بستر جدا شده‌اند (جداول ۳، ۴ و ۵)، می‌تواند به عنوان معیاری از تأثیر واحدهای زمین‌شناسی بر توزیع فلزات سنگین مطرح گردد.

جدول ۲- مقادیر زمینه عناصر در منطقه مورد مطالعه

	Cr	Mn	Hg	Co	Cu	Mo	Ni	Pb	Sn	Zn
میانه	۶۳	۸۳۳	۰/۱	۱۴/۹	۲۵/۵	۴/۱	۳۸	۳۹/۴	۹۰/۸	۲/۴

جدول ۳- متغیرهای آماری در نمونه‌های برداشتی تحت تاثیر جامعه سنگ‌های آذرین (بازالت، توف، مونزونیت و سینیت)

نمونه‌ها	تعداد	Cr	Mn	Hg	Co	Cu	Mo	Ni	Pb	Sn	Zn
		۵ ۰	۵ ۰	۵ ۰	۵ ۰	۵ ۰	۵ ۰	۵ ۰	۵ ۰	۵ ۰	۵ ۰
میانگین		۶۵	۸۶۲	۰/۱۷۶	۱۹/۴۴	۲۳/۴	۴/۱	۴۶	۲۵/۶۲	۱۰۰/۹۴	۲/۵۸
میانه		۵۹	۸۲۱	۰/۲	۱۸/۶	۱۹/۱	۳/۶	۴۶	۲۵/۷	۱۰۷	۲/۵
انحراف استاندارد		۲۱/۶۲	۷۵/۸۳	۰/۰۸	۴/۷۲	۱۲/۶۸	۱/۳۷	۱۵/۵۶	۱/۵۳	۲۲/۴۷	۰/۳۸
واریانس		۴۶۷/۵	۵۷۵۰	۰/۰۰۷	۲۲/۲۶۳	۱۶۰/۷۹۵	۱/۸۹	۲۴۲	۲/۳۳۲	۵۰۴/۹۰۸	۰/۱۴۲
چولگی		۰/۴۹	۰/۵۵	-۲/۰۱	۱/۴۹	۲/۱۵	۰/۵۷	-۰/۱۶	۰/۱۷	-۰/۲۶	۱/۳۸
کشیدگی		-۲/۳۴	-۳/۲۶	۴/۳۲	۲/۷۹	۴/۶۸	-۱/۲۷	-۱/۶۹	-۰/۳۶	-۲/۹۰	۲/۵۲
کمترین مقدار		۴۵	۷۹۷	۰/۰۳	۱۴/۹	۱۵/۸	۲/۶	۲۶	۲۳/۷	۷۷/۳	۲/۲
بیشترین مقدار		۹۳	۹۴۵	۰/۲۴	۲۷/۳	۴۵/۹	۶	۶۴	۲۷/۷	۱۲۵	۳/۲
صدک‌ها	۲۵	۴۵/۵	۸۰۰	۰/۱۱۵	۱۵/۹۵	۱۶/۲	۲/۹۵	۳۱	۲۴/۲	۷۷/۳۵	۲/۳
	۵۰	۵۹	۸۲۱	۰/۲	۱۸/۶	۱۹/۱	۳/۶	۴۶	۲۵/۷	۱۰۷	۲/۵
	۷۵	۸۷/۵	۹۴۴/۵	۰/۲۲۵	۲۳/۳۵	۳۲/۷۵	۵/۵	۶۱	۲۷	۱۲۱/۵	۲/۹

جدول ۴- متغیرهای آماری در نمونه های برداشتی تحت تاثیر جامعه دو سنگی آذرین و سازند شمشک (ماسه سنگ، سیلت استون و شیل)

نمونه‌ها	تعداد	Cr	Mn	Hg	Co	Cu	Mo	Ni	Pb	Sn	Zn
		۹ ۰	۹ ۰	۹ ۰	۹ ۰	۹ ۰	۹ ۰	۹ ۰	۹ ۰	۹ ۰	۹ ۰
میانگین		۶۵	۵۲/۳۳	۱۰۱۶/۶۷	۰/۰۸	۱۴/۵۲	۴۱/۳۴	۵/۳۱	۴۰/۸۹	۸۰/۰۳	۱۰۰/۵۰
میانه		۵۹	۵۵	۷۵۳	۰/۱۱	۱۴/۴	۲۸/۶	۳/۲	۳۶	۴۷/۶	۹۰/۲
انحراف استاندارد		۲۱/۶۲	۲۴/۸۹	۴۶۱/۴۹	۰/۰۴	۵/۱۲	۳۳/۴۸	۳/۷۶	۱۲/۷۷	۶۷/۹۸	۷۲/۰۸
واریانس		۴۶۷/۵	۶۱۹/۵۰	۲۱۲۹۷۵/۵۰	۰/۰۰	۲۶/۲۰	۱۱۲۱/۲۳	۱۴/۱۰	۱۶۳/۱۱	۴۶۲۱/۳۰	۵۱۹۵/۹۶
چولگی		۰/۴۹	۰/۲۴	۰/۸۶	-۰/۵۱	۰/۰۷	۲/۱۷	۰/۸۹	۱/۵۲	۱/۶۷	۱/۵۱
کشیدگی		-۲/۳۴	-۱/۴۱	-۰/۳۸	-۲/۰۰	-۱/۴۲	۵/۱۰	-۱/۱۳	۲/۲۰	۲/۰۶	۲/۷۲
کمترین مقدار		۴۵	۲۱	۵۷۳	۰/۰۳	۸/۱	۱۷/۲	۲/۱	۲۹	۳۱/۴	۳۲/۸
بیشترین مقدار		۹۳	۹۲	۱۸۹۰	۰/۱۲	۲۲/۱	۱۲۳	۱۱/۱	۶۹	۲۲۸	۲۶۲
صدک‌ها	۲۵	۳۰	۶۵۹/۵	۰/۰۳	۸/۹۵	۱۹/۵۵	۲/۴	۳۲	۳۵/۱	۳۹/۴۵	۱/۶
	۵۰	۵۵	۷۵۳	۰/۱۱	۱۴/۴	۲۸/۶	۳/۲	۳۶	۴۷/۶	۹۰/۲	۱/۹
	۷۵	۷۳/۵	۱۳۸۰	۰/۱۱	۱۹/۴	۵۳/۰۵	۹/۶	۴۹	۱۲۱	۱۳۰/۵	۲/۴۵

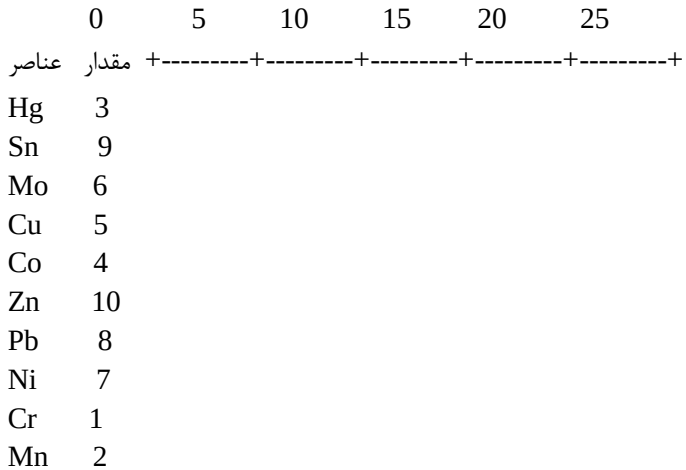
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-21]

جدول ۵- متغیرهای آماری نمونه برداشت شده تحت تاثیر جامعه دو سنگی آذرین و کربناته (آهک و دولومیت)

نمونه‌ها		Cr	Mn	Hg	Co	Cu	Mo	Ni	Pb	Sn	Zn
تعداد		۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰
میانگین		۶۵	۴۳/۴	۶۸۶/۶	۰/۱۰۲	۱۲/۸۸	۲۳/۱۸	۴/۳	۳۹	۱۱۹/۰۶	۷۵/۹
میانه		۵۹	۳۸	۶۱۴	۰/۰۸	۱۰/۸	۲۴/۱	۴/۱	۳۷	۳۹/۴	۶۶/۱
انحراف استاندارد		۲۱/۶۲	۱۳/۷۴	۲۴۷/۳۷	۰/۰۷	۵/۵۲	۶/۲۹	۱/۲۲	۱۶/۲۳	۱۳۶/۱۸	۲۹/۵۰
واریانس		۴۶۷/۵	۱۸۸/۸۰	۶۱۱۹۴/۳۰	۰/۰۱	۳۰/۴۴	۳۹/۶۱	۱/۵۰	۲۶۳/۵۰	۱۸۵۴۴/۸۰	۸۷۰/۵۳
چولگی		۰/۴۹	۱/۴۶	۰/۴۶	۱/۴۶	۲/۰۶	۰/۴۳	۰/۶۵	۱/۴۷	۱/۶۸	۱/۱۳
کشیدگی		-۲/۳۴	۲/۱۱	-۰/۷۶	۲/۹۷	۴/۴۵	-۰/۵۶	۰/۱۹	۲/۸۲	۲/۵۴	۱/۸۹
کمترین مقدار		۴۵	۳۱	۳۹۷	۰/۰۳	۸/۹	۱۶/۲	۲/۹	۲۳	۲۷/۳	۴۳/۹
بیشترین مقدار		۹۳	۶۶	۱۰۳۰	۰/۲۲	۲۲/۶	۳۲/۱	۶/۱	۶۶	۳۴۸	۱۲۳
صدک‌ها	۲۵	۳۳/۵	۴۷۸	۰/۰۵۵	۹/۷۵	۱۷/۲	۳/۲۵	۲۷	۳۲/۹۵	۵۴/۵۵	۱/۵
	۵۰	۳۸	۶۱۴	۰/۰۸	۱۰/۸	۲۴/۱	۴/۱	۳۷	۳۹/۴	۶۶/۱	۱/۷
	۷۵	۵۶	۹۳۱/۵	۰/۱۶	۱۷/۰۵	۲۸/۷	۵/۴۵	۵۲	۲۴۵	۱۰۲/۱۵	۲/۴۵

تحلیل خوشه‌ای

نمودار درختی، یک شکل شماتیک از همبستگی عناصر را نشان می‌دهد. همانگونه که در شکل ۳ دیده می‌شود، جیوه، قلع، مولیبدن و مس یک گروه با همبستگی خوب تشکیل داده‌اند. سرب، روی و کبالت و تاحدی نیکل همبستگی خوبی را نشان می‌دهند. این دو گروه نیز همراه با کروم همبستگی نسبتاً خوبی دارند. و تنها منگنز است که از سایر عناصر جدا شده است. این امر نشان دهنده آن است که عناصر مورد مطالعه در طی فرآیندهای تشکیل سنگ در آن وجود داشته‌اند و فرآیندهای ثانویه نقشی در تمرکز آنها نداشته‌اند.



شکل ۳- نمودار درختی عناصر فلزی در رسوبات حوزه آبخیز سردآبرود

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-21]

نتایج و بحث

بررسی توزیع عناصر در جامعه‌های مختلف نمونه‌ها نشان می‌دهد که مهم‌ترین عامل مربوط به سازند در توزیع عناصر، سازند شمشک است. این سازند در توزیع عناصر کروم، منگنز، مس، کبالت و مولیبدن مهم‌ترین نقش را داراست. این امر به علت جذب سطحی فلزات توسط شیل موجود در این سازند است. مقدار جیوه توسط واحد سنگی آذرین کنترل می‌شود. مقدار سرب در رسوبات به وسیله واحد سنگی کربناته کنترل شده است. مقدار قلع و نیکل در ۷۵٪ از نمونه‌هایی که تحت تاثیر جامعه سنگ‌های آذرین (بازالت، توف، مونزونیت و سینیت) می‌باشد بالاتر از زمینه است. این امر نشانگر کنترل این فلزات توسط واحد آذرین در رسوبات است. با توجه به اسیدی بودن سنگ‌های آذرین منطقه، بالا بودن مقدار نیکل (مقدار کلارک این عنصر در سنگ‌های اسیدی برخلاف سنگ‌های بازیک پایین است) عجیب به نظر می‌رسد اما وجود دایک‌های سنگی بازیک و اولترابازیک این مسأله را توجیه می‌کند. واحدهای سنگی کربناته هیچ نقشی در توزیع عناصر کروم، کبالت و جیوه ندارند و در توزیع نیکل، قلع، منگنز، مولیبدن، نیز نقش ناچیزی دارند. اما در توزیع عناصر سرب و روی نقش اصلی را با بالا بودن مقدار فلز نسبت به زمینه در ۸۰٪ نمونه‌ها ایفا می‌کنند. هرچند مقدار روی در کلیه نمونه‌ها پایین است. در زیر توزیع عناصر و ارتباط آن با جامعه‌های مختلف نمونه‌ها بیش‌تر بررسی می‌شود.

عنصر کرم

مقدار زمینه این عنصر با توجه به جدول ۳، برابر ppm ۶۳ است. بیش‌ترین مقدار عنصر Cr، ۱۵۸ گرم در تن و متعلق به نمونه ۱۳ از جامعه سه سنگی (آذرین، شمشک و کربنات‌ها) است که تمام واحدهای منطقه را در بر می‌گیرد. سه نمونه بعدی (۱۲، ۱۱، ۱۰) که بیش‌ترین مقدار این عنصر را دارند نیز متعلق به همین جامعه هستند. در جامعه نمونه‌هایی که سنگ بالادست آنها تنها سنگ‌های آذرین است، دو نمونه (۵۰٪ نمونه‌ها) مقداری بالاتر از زمینه دارند (نمونه ۲۲ با ۹۳ و نمونه ۲۴ با ۸۲ گرم در تن). در جامعه دو سنگی آذرین- سازند شمشک، ۳ نمونه (۳۳٪ نمونه‌ها) با مقدار کروم بالاتر از زمینه وجود دارد (۳۳ با ppm ۹۲، ۳۲ با ppm ۷۶ و ۳۰ با ppm ۷۱). در نمونه‌های جامعه‌ی دو سنگی (آذرین- کربنات) تنها نمونه ۱۵ با غلظت ۶۶ گرم در تن مقداری بالاتر از زمینه دارد (۲۰٪ نمونه‌ها).

عنصر منگنز

نمونه ۳۱ از جامعه دو سنگی آذرین- سازند شمشک با غلظت۱۸۹۰ گرم در تن بیشترین مقدار Mn را داراست. دومین غلظت بالای این عنصر مربوط به نمونه ۹ (ppm ۱۷۱۰) است که متعلق به جامعه سه سنگی شامل آذرین، شمشک و کربنات‌ها است. ۹ نمونه (۶۴٪ نمونه‌ها) جامعه سه سنگی آذرین- کربنات- سازند شمشک مقداری بالاتر از زمینه دارند. ۴ نمونه (۴۴٪ نمونه‌ها) با مقدار بالاتر از زمینه نیز متعلق به

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-21]

جامعه دوسنگی آذرین- سازند شمشک هستند. هیچ یک از نمونه‌هایی که از پایین دست سنگ آذرین برداشته شده‌اند مقداری بالاتر از زمینه ندارند. از جامعه دو سنگی کربنات- آذرین تنها نمونه شماره ۱۵ مقداری بالاتر از زمینه دارد.

عنصر جیوه

بالاترین مقدار جیوه مربوط به نمونه ۲۱، با غلظت ۰/۲۴ppm از جامعه سنگ‌های آذرین است. در این جامعه ۴ نمونه (۸۰٪ نمونه‌ها) مقداری بالاتر از زمینه دارند. پنج نمونه از جامعه سه سنگی شامل آذرین، شمشک و کربنات‌ها (۳۵/۷٪ نمونه‌ها) نیز همین وضعیت را دارند. از جامعه دو سنگی آذرین- سازند شمشک، ۵ نمونه (۵۵٪ نمونه‌ها) غلظتی بالای مقدار زمینه دارند. از جامعه دوسنگی کربنات - آذرین تنها نمونه شماره ۱۵، با غلظت ۰/۲۲ ppm مقداری بالاتر از زمینه دارد.

عنصر کبالت

بالاترین مقدار کبالت مربوط به نمونه ۱۴، با غلظت ۳۵/۶ ppm از جامعه سه سنگی شامل آذرین، شمشک و کربنات‌ها است. در این جامعه ۷ نمونه (۵۰٪ نمونه‌ها) مقداری بالاتر از زمینه دارند. سه نمونه از جامعه سنگ آذرین (۶۰٪ نمونه‌ها) همین وضعیت را دارند. از جامعه دو سنگی آذرین- سازند شمشک، ۵ نمونه (۵۵٪ نمونه‌ها) غلظتی بالای مقدار زمینه دارند. از جامعه دو سنگی کربنات- آذرین تنها نمونه شماره ۱۵ (۲۰٪ نمونه‌ها)، با غلظت ۲۲/۶ ppm مقداری بالاتر از زمینه دارد.

عنصر مس

بالاترین مقدار مس مربوط به نمونه ۳۱، با غلظت ۱۲۳ ppm از جامعه دو سنگی آذرین- سازند شمشک است. در این جامعه ۵ نمونه (۵۵٪ نمونه‌ها) مقداری بالاتر از زمینه دارند. هشت نمونه از جامعه سه سنگی (۵۷٪ نمونه‌ها) همین وضعیت را دارند. از جامعه سنگ‌های آذرین تنها نمونه ۲۲ (۲۰٪ نمونه‌ها) غلظتی بالای مقدار زمینه دارد. از جامعه دو سنگی کربنات- آذرین تنها نمونه شماره ۱۵ (۲۰٪ نمونه‌ها)، با غلظت ۳۲/۶ ppm مقداری بالاتر از زمینه دارد.

عنصر مولیبدن

بالاترین مقدار این فلز مربوط به نمونه ۵، با غلظت ۱۶/۳ ppm از جامعه سه سنگی آذرین- کربنات- سازند شمشک است. در این جامعه ۸ نمونه (۵۷٪ نمونه‌ها) مقداری بالاتر از زمینه دارند. در۴ نمونه از جامعه دو سنگی آذرین- سازند شمشک (۴۴٪ نمونه‌ها) مقدار مولیبدن بالاتر از زمینه است. در جامعه سنگ آذرین دو نمونه ۲۲ و ۲۳ (۴۰٪ نمونه‌ها) غلظت مولیبدن بالای مقدار زمینه است. در جامعه دو سنگی کربنات- آذرین دو نمونه ۱۵ و ۱۶ (۴۰٪ نمونه‌ها)، مقدار این فلز بالاتر از زمینه است.

عنصر نیکل

بالاترین مقدار این فلز مربوط به نمونه ۱۰، با غلظت ۷۳ ppm از جامعه سه سنگی آذرین- کربنات- سازند شمشک است. در این جامعه ۹ نمونه (۶۴٪ نمونه‌ها) مقداری بالاتر از زمینه دارند. در ۳ نمونه از جامعه دو سنگی

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-21]

آذرین- سازند شمشک (۳۳٪ نمونه‌ها) مقدار این فلز بالاتر از زمینه است. در جامعه سنگ آذرین سه نمونه (۶۰٪ نمونه‌ها) این وضعیت را دارند. در جامعه دو سنگی کربنات- آذرین تنها نمونه شماره ۱۵ (۲۰٪ نمونه‌ها) با غلظت ppm ۶۶، مقداری بالاتر از زمینه داراست.

سرب

بالاترین مقدار این فلز مربوط به نمونه ۱۸، با غلظت ppm ۳۴۸ از جامعه دو سنگی آذرین- کربنات است. در این جامعه ۴ نمونه (۸۰٪ نمونه‌ها) مقداری بالاتر از زمینه دارند. در۳ نمونه از جامعه دو سنگی آذرین- سازند شمشک (۳۳٪ نمونه‌ها) مقدار سرب بالاتر از زمینه است. در جامعه سه سنگی کربنات- آذرین- سازند شمشک ۸ نمونه (۵۷٪ نمونه‌ها)، مقداری بالاتر از زمینه دارند. در جامعه سنگ آذرین، غلظت سرب در تمامی نمونه‌ها کمتر از زمینه است.

قلع

بالاترین مقدار این فلز با غلظت ppm ۲۶۲ در نمونه ۳۱ از جامعه دو سنگی آذرین- سازند شمشک دیده شده است. در این جامعه ۴ نمونه (۴۴٪ نمونه‌ها) مقدار قلع بالاتر از زمینه است. در جامعه نمونه‌های پایین دست آذرین- کربنات ۳ نمونه (۶۰٪ نمونه‌ها) مقداری بالاتر از زمینه دارند. در ۶ نمونه از جامعه سه سنگی کربنات- آذرین- سازند شمشک (۴۴٪ نمونه‌ها)، مقداری بالاتر از زمینه دارند. در جامعه سنگ آذرین نیز غلظت قلع در ۲ نمونه (۵۰٪ نمونه‌ها) بیشتر از زمینه است.

روی

بالاترین مقدار روی در نمونه ۵، با غلظت ppm ۴/۳ از جامعه سه سنگی آذرین- کربنات- سازند شمشک دیده شده است. در این جامعه ۴ نمونه (۲۸٪ نمونه‌ها) مقداری بالاتر از زمینه دارند. در ۴ نمونه از جامعه دو سنگی آذرین- کربنات (۸۰٪ نمونه‌ها) مقدار روی بالاتر از زمینه است. در جامعه دو سنگی آذرین- سازند شمشک تنها در نمونه شماره ۲۷ (۱۱٪ نمونه‌ها)، مقداری بالاتر از زمینه مشاهده می‌شود. در جامعه سنگ آذرین دو نمونه با مقدار روی بیشتر از زمینه وجود دارد.

منابع

1. Ansari, M., M. Chorom, M. Shafaei Bajestan and S.A. Mahmoodi Kordestani. 2007. Study of Karoon river pollution with heavy metal pollution between (Bandeghir and Omme Altomeir). Proceeding of the 7th international river engineering conference, 28-30 January. Shahid Chamran University. Ahvaz. Iran. (In Persian)
2. Bartra, J. and R. Balance. 1996. Water quality monitoring. A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programs. Pergamon press .435 pp.
3. Dehghan Madise, S., S. Sabzalizadeh, F. Esmaili and F. Kianersi. 2007. Investigation of sediments heavy metal concentration (Zn, Ni, Pb, Co, Cd, Cu) in Bahmanshir River by voltammetry method. Proceeding of the 7th international river

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-21]

engineering conference, 28-30 January. Shahid Chamran University. Ahvaz. Iran. (In Persian)
4. Dilip, M. and S. Sabramanian. 1998. Distribution and fractionation of heavy metals in the surface sediments of the Ganges-Brahmaputra-Meghna River system in the Bengla basin. Environmental Geology, 36: 1-2.
5. Dragovic, S., N. Mihailovic and B. Gajic. 2008. Heavy metals in soil: Distribution, relationship with soil characteristics and radionuclides and multivariate assessment of contamination sources. Chemosphere, 72: 491-495.
6. Fergusson, J. 1989. The heavy elements, chemistry, environmental impact and health effects. Pergamon press.437 pp
7. Geological Survey of Iran. 2001. Geological map of Marzan-Abad. Scale: 1:100000.
8. National Geography Organization of Iran.2002. Topographical map of Marzan-Abad. Scale: 1:150000.
9. Gourzadi, M. 2008. Investigation on heavy element concentration and source in Tileh Bon river sediments in Tajan watershed (Case study: Kiasar). MSc Thesis of watershed management. Natural Resources Faculty. University of Mazandaran, 85 pp.
10. Hasenipak, A. 2003. The analysis of exploration data. Tehran University publication, 701 pp.
11. Howardi, F.M. and K.M. Banat. 2000. Assesment of Fe, Zn, Cd, Hg and Pb in the Jordan and Yermok river sediments in relationship to their physicochemical properties and sequential extraction characterization. Chemosphere, 43-59 pp.
12. Karbasi, A., A. Bayati and Q. Bidhandi. 2008. Investigation of heavy element pollution in Sharood river sediments, Journal of Environment Study 39: 41-48. (In Persian)
13. Karbassi, A.R. and I. Bayati. 2007. Environmental geochemistry. Kavoshghalam publication, 258 pp.
14. Kishe, M.A. and J.F. Machiwa. 2008. Distribution of heavy metals in sediments of Mwanza Gulf of Lake Victoria, Tanzania. Environment International, 28: 619-625.
15. Mic0, C. Recatala, L. Peris and M. Sanchez. 2006. Assessment heavy metals sources in agricultural soils of an European Mediterranean area by multivariate analysis. Chemosphere, 65: 863-872.
16. Morillo, J., J. Jose, J. Usero and G. Ignacio. 2002 Partitioning of metals in sediments from the Odiel River (Spain). Environmental International, 28: 263-271.
17. Pagananelli, F., E. Moscardini, V. Gioliono and L. Toro. 2004. Sequential extraction of heavy metalsin river sediments of an abandoned pyrite mining area: pollution detection and affinity series. Environmental Pollution, 132: 189-2002.
18. Pekey, H. 2001. Heavy metal assessment in sediments of the Izmit Bay, Turkey, 2006. Environmental Monitoring and Assessment, 123: 219-231.
19. Rose, A.W., H.E. Hawkes and J.S. Webb. 1990. Geochemistry in mineral exploration. 2nd Edition. Academic Press, 657 pp.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-21]

Investigation of Effect of Geological Formation Units on Heavy Metal Distribution in Sediments of Sardabrood Watershed

Ghorban Vahabzadeh[1], Yazdan Barsan[2] and Seyed Masoud Masoudi[3]

1- Assistant Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
(Corresponding author: Gh.Vahabzadeh@sanru.ac.ir)
2- M.Sc., Mino and Trade Organization, Mazandaran Province
Received: February 15, 2012 Accepted: October 21, 2012

Abstract

Geological formation in Sardabrood river basin are carbonate sedimentary (with age of cretaceous and Permian), shamshak formation, basic and acidic and metamorphic rocks in upstream of the basin. To study effect of lithologic and geologic units on heavy metals concentration in sediments, 33 samples from surface water were analysed by ICP_MS method in Amdel Company in Australia. This analysis was done using cluster analysis technique after preparing. The results show that based on type of upstream rocks, 4 different rock clusters were determined. In addition to geologic units, all samples shown some organic matter due to rural area in upstream. The results indicate max. Distribution rate of Mn and Cr is from shamshak formation, Pb originates from carbonate formation and Sn is due to magmatic rocks.

Keywords: Heavy metals, Sediments, Geologic units, Sardabrood river basin

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-21]