

مقایسه میزان فلزات سنگین سرب و کادمیوم در رسوبات و آمفی پود *Gammarus proiactus*

رودخانه قره‌چای در استان مرکزی

راضیه قیومی<sup>۱</sup>، ربابه لطیف<sup>۲</sup>، شیرین بداغی<sup>۱</sup>، عادل اسدی<sup>۱</sup>

[r-ghayoumi@iau-arak.ac.ir](mailto:r-ghayoumi@iau-arak.ac.ir)

[r.ghayoumi@gmail.com](mailto:r.ghayoumi@gmail.com)

۱- دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه محیط زیست

۲- دانشگاه تهران، پردیس علوم، دانشکده زیست شناسی، بخش جانورشناسی

## خلاصه

امروزه آلودگی محیط‌های آبی از چالش‌های مهم انسان با طبیعت است و منابع آبی از حساس‌ترین اکوسیستم‌ها به شمار می‌روند. با توجه به گسترش روز افزون میزان آلاینده‌های فلزات سنگین در محیط‌های آبی و اثرات منفی آنها بر زنجیره غذایی و سلامت انسان، لزوم شناسایی نشانگر زیستی که بتواند به موقع شرایط نامساعد محیطی را هشدار دهد، جهت پایش مداوم تاثیر فلزات سنگین بر موجودات، بسیار ضروری است. بدینوسیله می‌توان تدابیر ویژه‌ای جهت پیشگیری از توسعه آلودگی در محیط را اتخاذ نمود. لذا هدف از مطالعه حاضر ارزیابی شایستگی دوجورپایان به عنوان نشانگر زیستی برای فلزات سنگین و بررسی امکان استفاده از آنها به عنوان ابزار پایش بینی آلودگی محیط زیست است. اهمیت دو جورپایان در پایش آلودگی فلزی به طور گسترده ای در اکوسیستم‌های آبی شناخته شده است. میزان تجمع زیستی فلزات توسط آمفی پودها می‌تواند به عنوان شاخص در دسترس بودن فلز در آب استفاده شود. در این مطالعه، نمونه های آمفی پود از دو ایستگاه در رودخانه قره چای در استان مرکزی جمع آوری شدند و گونه های *Gammarus parthicus* و *Gammarus proiactus* به منظور بررسی های بیشتر شناسایی گردید. در این تحقیق غلظت سرب و کادمیوم در رسوب و آمفی پود اندازه گیری و مقایسه شده است و در خصوص نقش دوجورپایان به عنوان نشانگر زیستی بحث گردیده است. نتایج این مطالعه نه تنها می‌تواند به محققان مربوطه در ارزیابی‌ها و ارائه نظرات کمک نماید، بلکه سر آغاز راهی نوین در خصوص استفاده از نشانگرهایی مؤثر در پایش آلاینده های محیط های آبی می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** آمفی پود، رودخانه قره چای، استان مرکزی، سرب، کادمیوم، تجمع فلزات سنگین.

**Comparative study for heavy metal concentration (Pb and Cd) in sediments and  
*Gammarus proiectus* (Order: Amphipoda) in Gharehchai River of Markazi  
Province**

<sup>1</sup>Ghayoumi, R., <sup>2</sup>Latif, R., <sup>1</sup>Bodaghi, Sh., <sup>1</sup>Asadi, A.

[r-ghayoumi@iau-arak.ac.ir](mailto:r-ghayoumi@iau-arak.ac.ir)

[r.ghayoumi@gmail.com](mailto:r.ghayoumi@gmail.com)

<sup>1</sup>*Environmental Sciences Dept., Faculty of Agriculture and Natural Resources, Islamic Azad  
University, Arak brach, Arak, Iran*

<sup>2</sup>*School of Biology, University College of Science, University of Tehran, Tehran, Iran*

**Abstract:**

Nowadays, water pollution is major challenge between human and nature. The water resources are one of the most sensitive ecosystems. Due to the increasing heavy metal pollutants in the aquatic environment and their negative effects on the food chain and human health, it is necessary to identify bioindicator that could used as a warning of deteriorating conditions before the majority of less sensitive are seriously affected for monitoring the heavy metals pollution. Hence to prevent the development of pollution, certain measures can be done in the environment. The objective of the present study is to evaluate the suitability of amphipods as bioindicator of heavy metals and could be used as a predictive tool to assess environmental quality. Importance of amphipods in metal pollution monitoring is widely recognized in aquatic ecosystems. Bioaccumulation of metals in amphipods could be used as an availability of metals in water. In this study, specimens were collected from two stations on the Gharehchai River in the Markazi Province. Two species including *Gammarus proiectus* and *Gammarus parthicus* were identified for further investigation. In the present study, lead and cadmium concentrations in sediment and amphipods were determined and compared. About validation role of amphipods as bioindicator have been discussed. Statistical analysis of the results in this study not only can be used for a tentative evaluation by researchers but also will be a first step in assessing the effective indicators in monitoring pollutants in aquatic environment.

**Key words:** amphipods, Gharehchai River, Markazi province, lead, cadmium accumulation.

## مقدمه

امروزه با صنعتی شدن اکثر شهرها و ایجاد کارخانه ها در مناطق شهری و عدم استفاده صحیح از سیستم فاضلاب در اکثر کارخانه ها این آلاینده ها بخش اعظم محیط زیست موجودات زنده را تهدید می کنند به طوری که حتی باعث نابودی برخی از گونه های جانوری و گیاهی در چنین مناطقی شده اند و این موضوع در سالهای اخیر اکثر محققین را بر آن داشته تا از موجوداتی از خود اکوسیستم استفاده کرده و با کمک آنها میزان این آلاینده ها را محاسبه نمایند. این موجودات معمولا نسبت به میزان این آلودگی ها حساس بوده و برای از بین بردن اثر سمی این مواد، آنها را در بدن خود انباشته می سازند که این خود می تواند کمک ارزنده ای برای محاسبه دقیق این مواد باشد (Morgan & Morgan, 1988).

از آنجایی که استان مرکزی نیز یک استان صنعتی بوده و به خصوص در سالهای اخیر به علت نزدیکی به پایتخت شاهد تاسیس کارخانه های متعددی بوده است، احتمالا نمی تواند از منابع آلودگی بی بهره باشد. همچنین استان مرکزی یکی از قطبهای کشاورزی در کشور نیز به شمار می رود که فعالیتهای کشاورزی و استفاده از کودهای شیمیایی متعدد همچنین حفر چاههای بی رویه و ورود برخی از آلودگی ها از طریق این چاهها به سفره آبهای زیر زمینی نیز می تواند یکی دیگر از این منابع آلودگی باشد. منابع آلودگی در سطح استان می تواند بسیار وسیع و متعدد باشد، اما منابع آلودگی در منطقه مورد مطالعه بر حسب مورد می تواند ناشی از فعالیتهای انسانی نظیر کشاورزی، استفاده از کودهای شیمیایی، سرازیر کردن پساب کارخانه های صنعتی به منابع آبی و حتی استفاده از پودرهای شوینده و سایر آلاینده های زیست محیطی توسط ساکنین منطقه در سرچشمه ها باشد.

تنها گزارشی که از فون آمفی پودهای منطقه مورد مطالعه گزارش شده است شامل دو گونه *Gammarus parthicus* و *Gammarus proijectus* بوده است که توسط یآوری در سال ۱۳۷۹ گزارش شده است.

آمفی پودها یکی از مهمترین و فراوانترین موجودات در اکوسیستم های آب شیرین به شمار می روند و سهولت دسترسی به آنها، کاربرد آنها به عنوان خوراک ماهی و نقش آنها به عنوان میزبان حد واسط برای بسیاری از ماهیها، پرندگان و دوزیستان، آنها را کاندید مناسبی برای بررسی آلودگی زیست محیطی ساخته است (یآوری، ۱۳۷۹).

دوجورپایان (Amphipoda) راسته ای بزرگ از سخت پوستان متعلق به رده Malacostraca می باشند که در اندازه های ۲۰ تا ۵۰ میلی متر دیده می شوند. البته تعداد کمی از آنها در اندازه های کوچکتر و یا بزرگتر هم یافت می شوند. دوجورپایان در اکوسیستم های آبی در اکثر نقاط جهان شامل آبهای شور، شیرین و لب شور زیست می کنند و از اجزاء مهم و شاخص این اکوسیستم ها می باشند. البته گونه هایی از انواع خاکزی هم از دوجورپایان وجود دارد (یآوری، ۱۳۷۹).

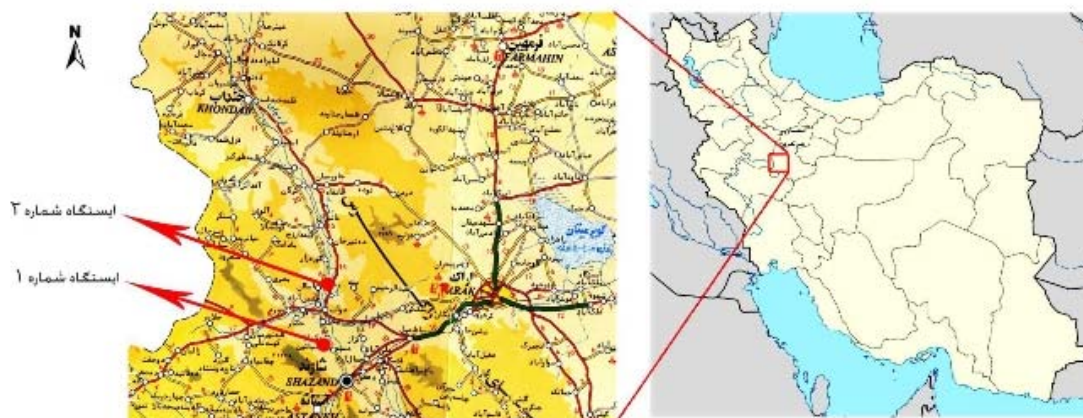
در مبحث حفاظت محیط زیست ، بهداشت و سلامت انسان‌ها فلزاتی مانند سرب، جیوه، مس، کادمیوم ، نیکل، کروم و.. جزء گروه فلزات سنگین بوده که این عناصر و بسیاری از ترکیبات آنها به لحاظ اثرات سوء و زیانبارشان بر سلامت انسان و محیط زیست از سموم پرخطر پیرامون ما محسوب می گردند. حضور فلزات سنگین بیش از استانداردهای تعریف شده در محیط باعث بروز مشکلات و عوارض زیست محیطی برای ساکنان آن محل و اکوسیستم می گردد.

فلزات سنگین اثرات مختلفی مانند کاهش رشد، تغییر رفتار، تغییرات ژنتیکی و مرگ و میر آبزیان را باعث می شوند. این گونه رفتار سبب زوال زیستی آبزیان می گردد. نابودی یا کاهش گونه ای خاص سبب تغییر در اکوسیستم آب گشته و توازن آنها را به هم می زند (Dallinger & Rainbow, 1988).

با توجه به گسترش روزافزون میزان آلاینده های فلزات سنگین در اکوسیستم های آبی و اثرات منفی آنها بر زنجیره غذایی و سلامت انسان لزوم شناسایی بیواندیکاتوری که بتواند به موقع شرایط نامساعد محیطی را قبل از اینکه سایر موجودات تحت تاثیر این شرایط قرار بگیرند، هشدار دهد، جهت پایش مداوم تاثیر فلزات سنگین بر موجودات آبی ، بسیار ضروری است. بدینوسیله می توان تدابیر ویژه ای جهت پیشگیری از توسعه آلودگی در محیط را اتخاذ نمود. بنابراین انجام این مطالعه نه تنها می تواند به محققان مربوطه در ارزیابی ها و ارائه نظرات کمک نماید، بلکه سر آغاز راهی نوین در خصوص استفاده از بیواندیکاتورهای مؤثر در پایش آلاینده های محیط های آبی می باشد.

## مواد و روش‌ها

نمونه برداری از رسوب و آمفی بود در دو ایستگاه چشمه بلاغ و روستای جزنق ، در شهریور ماه ۱۳۸۹ و به صورت تصادفی انجام شد. ایستگاه اول (چشمه بلاغ) در ۴۹ درجه و ۲۱ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۳ درجه و ۵۹ دقیقه عرض جغرافیایی و در ارتفاع ۲۰۰۰ متر از سطح دریا واقع شده است. چشمه ای پرآب که آب آن به وسیله ذوب شدن برف‌های موجود در ارتفاعات کوه ازنا تامین می شود به طوری که در اوایل بهار در فروردین ماه بسیار پر آب است. کف آن پوشیده از شن و سنگ است و با گیاه پوشیده شده است. ایستگاه دوم (روستای جزنق) که در ۳۴ درجه و ۴ دقیقه طول جغرافیایی و ۴۰ درجه و ۲۱ دقیقه عرض جغرافیایی در ارتفاع ۱۸۴۳ متر از سطح دریا قرار دارد. رودخانه قره چای در مسیر خود از قسمت غربی روستا می گذرد. کف رودخانه شنی و دارای قلوه سنگ‌های نسبتاً کوچک و جریان آب ملایم و نسبتاً کم بود و عاری از پوشش گیاهی و حاوی کمی جلبک بر روی قلوه سنگ‌ها بود (شکل ۱).



شکل ۱. منطقه و ایستگاه‌های نمونه‌برداری در استان مرکزی

برای نمونه‌برداری آمفی‌پودها از تور دستی کوچک استفاده شد (شکل ۲). قبل از آماده‌سازی نمونه‌های آمفی‌پود جهت بررسی میزان فلزات سنگین، ابتدا برای جدا کردن گیاهان و دیگر آبریزان همراه آنها چند بار با آب زیستگاه شستشو داده شده و در نهایت نمونه‌ها در ظروف پلاستیکی حاوی آب زیستگاه و زنده به آزمایشگاه انتقال داده شدند و به مدت ۲۴ ساعت در جای خنک و بدون تغذیه نگهداری می‌شوند.



شکل ۲. چشمه بلاغ

بعد از شناسایی نمونه ها آنها را با آب مقطر شستشو داده، سپس سریعاً منجمد شدند. به هنگام آماده سازی نمونه-ها از فریزر خارج و پس از دیفراست شدن، کاملاً مخلوط و ۰/۲ گرم از نمونه‌ها وزن شد. نمونه‌های رسوب حدود ۴۰۰ گرم و به صورت سطحی برداشته شد و در ظروف مخصوص پلاستیکی و در یخدان به آزمایشگاه منتقل شده و سپس منجمد شدند. در زمان آماده‌سازی نمونه‌های رسوب جهت بررسی میزان فلزات سنگین، این نمونه‌ها در oven و در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد، به مدت ۲ روز کاملاً خشک می‌شود و پس از خشک شدن با الک ۶۳ μm الک و ۱ گرم از رسوب وزن گردید.

به منظور هضم نمونه‌ها ۵ میلی لیتر HNO<sub>3</sub> غلیظ و ۲ میلی لیتر آب اکسیژنه ۳۰٪ به نمونه‌ها افزوده و مراحل هضم با میکروویو طبق برنامه ارائه شده در استاندارد AOAC 999.10 انجام گردید. سپس حجم نمونه‌های هضم شده با آب مقطر دیونیزه به ۱۰ میلی لیتر رسانده شده و اندازه گیری جذب فلزات سرب و کادمیوم با کوره گرافیتی (Varian, Spectra AA-400) انجام شد.

## نتایج

به طور کلی بدلیل وسعت حوضه آبریز رودخانه قره چای و همچنین عدم وجود عامل جدا کننده در این حوضه، مطالعات جامع تری برای بررسی و شناسایی کامل گونه های منطقه لازم است. اما از آنجایی که این مطالعه به منظور دیگری طراحی شده است به شناسایی گونه ها، تنها در ایستگاه‌های مورد نظر بسنده شده است. گام اول در این مطالعه شناسایی دو جور پایان حوضه آبریز قره چای تا سطح گونه است. که با استفاده از کلیدهای شناسایی در دسترس صورت گرفت و دو گونه *Gammarus parthicus* و *Gammarus proiectus* شناسایی شدند. این دو گونه آمفی پود در هر دو ایستگاه ۱ و ۲ یافت شد و نمونه ها با نمونه های موزه دانشگاه تهران مقایسه و مورد تایید قرار گرفت.

گونه *G. parthicus* به صورت هم جا با گونه *G. proiectus* زیست می کند. در این گونه لوب‌های جانبی سر صاف هستند و گوشه های مدور دارند. همچنین چشم‌ها لوبیایی شکل می باشد . شاخک دوم دارای مخروط غده ای نوک تیز و متمایل به سمت جلو بو ده و بندهای چهار و پنج پایک و چهارده بند تاژک دارای تارچه های راست و طولی است که از خصوصیات بارز این گونه محسوب می شود . با مشاهده تارچه‌های بلند روی شاخک دوم می توان اعضای این گونه را به راحتی از افراد گونه *G. proiectus* تمیز داد (یاوری، ۱۳۷۹).

در گونه *G. proiectus* لوب های جانبی سر با نوک کند و مدور هستند و چشم‌ها لوبیایی شکل و دارای رنگدانه است . شاخک دوم کوچکتر از شاخک اول است و مخروط غده ای نوک تیز و متمایل به جلویی دارد .

بندهای چهار و پنج پایک و تمام بندهای تاژک به وسیله تارچه های طویل و متراکم بسیار فر خورده به ویژه در سطح شکمی پوشیده شده اند و این نوع تارچه های بلند و فرخورده کمک خوبی برای تشخیص اولیه افراد این گونه است (یاوری، ۱۳۷۹). با تطبیق دادن سایر صفات ذکر شده با کلید های شناسایی نهایتاً افراد این گونه‌ها شناسایی شدند. به علت وفور گونه *G. proiectus*، در انجام این تحقیق از آن استفاده گردید.

### بررسی تجمع فلزات سنگین در نمونه‌ها

میانگین غلظت فلزات سرب و کادمیوم (بر حسب  $\mu\text{g/g}$ ) در آمفی‌پود *G. proiectus* و رسوب در رودخانه قره‌چای به تفکیک ایستگاه در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱. میانگین غلظت فلزات سنگین در نمونه های آمفی‌پود و رسوب بر حسب  $\mu\text{g/g}$

متغیر	ایستگاه	میانگین سرب ( $\pm$ SE) $\mu\text{g/g}$	میانگین کادمیوم ( $\pm$ SE) $\mu\text{g/g}$
آمفی‌پود	ایستگاه ۱ (چشمه بلاغ)	۱/۱۵ $\pm$ ۰/۰۹	۰/۰۵ $\pm$ ۰/۰۰
	ایستگاه ۲ (روستای جزنق)	۱/۰۰ $\pm$ ۰/۰۳	۰/۰۵ $\pm$ ۰/۰۰
رسوب	ایستگاه ۱ (چشمه بلاغ)	۳۷/۵۸ $\pm$ ۲۶/۹۰	۰/۰۱ $\pm$ ۰/۰۰
	ایستگاه ۲ (روستای جزنق)	۱۱/۸۰ $\pm$ ۱/۳۱	۰/۰۱ $\pm$ ۰/۰۰

نتایج t-test نشان می‌دهد، میانگین غلظت فلزات سرب و کادمیوم در نمونه‌های آمفی‌پود به تفکیک ایستگاه، تفاوت معنی‌داری نشان نمی‌دهد. نتایج t-test نشان می‌دهد، میانگین غلظت فلزات سرب و کادمیوم در نمونه‌های رسوب رودخانه به تفکیک ایستگاه، تفاوت معنی‌داری نشان نمی‌دهد.

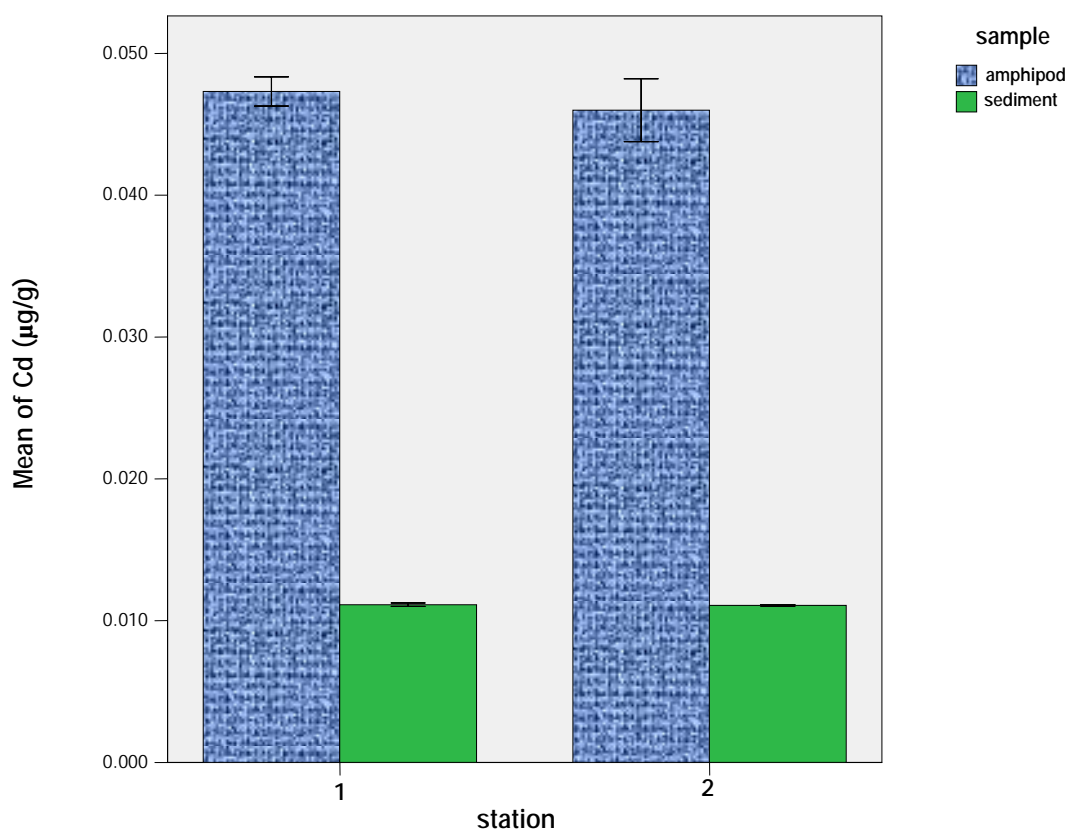
با توجه به نتایج تست‌های Kolmogorov - Smirnov و Shapiro-Wilk توزیع داده‌ها برای مقایسه رسوب و آمفی‌پود نرمال نبوده، لذا برای آنالیز آماری داده‌ها از تست‌های ناپارامتریک استفاده گردید.

نتایج تست Mann-Whitney U نشان می‌دهد میانگین غلظت فلز سرب ( $p < ۰/۰۰۰۵$ ) و  $Mann-Whitney U = ۳/۵۴۱$  و رسوب رودخانه در ایستگاه‌های ۱ و ۲ تفاوت معنی‌داری نشان می‌دهد.

نتایج تست Mann-Whitney U نشان می‌دهد میانگین غلظت فلز سرب در رسوب ایستگاه ۱ به طور معنی‌داری بیش از آمفی‌پودها می‌باشد ( $p = ۰/۰۱۴$  و  $Mann-Whitney U = ۲/۴۴۹$ ). همچنین نتایج تست Mann-

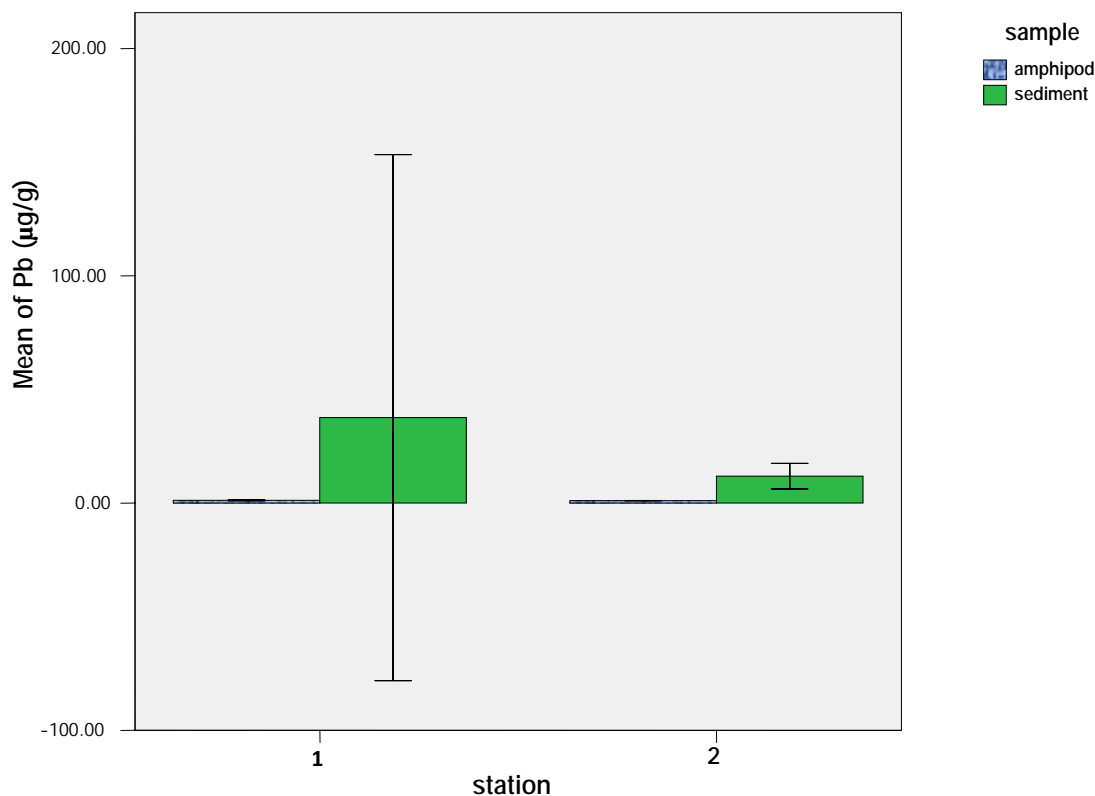
Whitney  $U$  نشان می‌دهد میانگین غلظت فلز کادمیوم در آمفی‌پودها ایستگاه ۱ به طور معنی‌داری بیش از رسوب می‌باشد ( $Mann-Whitney U = ۲/۴۴۹$  و  $p=۰/۰۱۴$ ).

نتایج تست  $Mann-Whitney U$  نشان می‌دهد میانگین غلظت فلز سرب در رسوب ایستگاه ۲ به طور معنی‌داری بیش از آمفی‌پودها می‌باشد ( $Mann-Whitney U = ۲/۴۵۵$  و  $p=۰/۰۱۴$ ). همچنین نتایج تست  $Mann-Whitney U$  نشان می‌دهد میانگین غلظت فلز کادمیوم در آمفی‌پودها ایستگاه ۲ به طور معنی‌داری بیش از رسوب می‌باشد ( $Mann-Whitney U = ۲/۴۵۵$  و  $p=۰/۰۱۴$ ) (نمودار ۱ و ۲).



نمودار ۱. میانگین ( $\pm SE$ ) غلظت کادمیوم در نمونه های آمفی‌پود و رسوب بر حسب  $\mu\text{g/g}$  در دو ایستگاه





نمودار ۲. میانگین ( $\pm SE$ ) غلظت سرب در نمونه های آمفیپود و رسوب بر حسب  $\mu\text{g/g}$  در دو ایستگاه

## بحث

با توجه به روند رو به رشد فعالیت‌های صنعتی در حاشیه شهرها و حجم زیادی از آلاینده ها که به طور مداوم وارد محیط زیست می شوند نیاز به نشانگرهای بیولوژیکی حساس جهت بررسی اثرات آلوده کننده ها در اکوسیستم آبی لازم به نظر می رسد.

سرازیر شدن آلاینده های صنعتی به محیط زیست سبب تجمع انواع فلزات سنگین در محیط می شود، زیرا این فلزات برخلاف مواد آلی سمی در طبیعت از بین نمی روند.

اگرچه حضور برخی از این فلزات در محیط زیست ضروری است، ولی میزان تجمع زیاد آنها می تواند برای موجودات مسموم کننده باشد و روی تنوع، فراوانی و پراکنش آنها تاثیر بگذارد.

یکی از پرتعدادترین گروه‌های آبی از لحاظ تعداد گونه، راسته دوجورپایان می باشد. بنابراین آنها می‌توانند به عنوان یک نشانگر مفید در محیط‌های آبی مورد استفاده قرار گیرند. عناصر سرب و کادمیوم که جز عناصر غیر ضروری در بدن دوجورپایان محسوب می شوند، به میزان مختلفی جذب می شوند که این موضوع توسط Förstner & Wittmann در سال ۱۹۷۹ تایید می شود. از آنجایی که میزان ذخیره این دو عنصر از یکدیگر متفاوت است احتمالاً استراتژی متفاوتی در جذب این دو عنصر در بدن آمفی پود وجود دارد. به منظور بررسی این موضوع داده های حاصل از میانگین سرب و کادمیم موجود در بافت بدن آمفی پود در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت که اختلاف معنی داری بین داده های حاصل از آنها به دست نیامد. آنالیز نتایج حاصل از بررسی رسوب و بافت در نمونه های آمفی پود مورد مطالعه در این تحقیق نشان دهنده این است که با وجود اینکه میزان میانگین تجمع سرب در رسوب ایستگاه ۱ ( $90 \mu\text{g/g} \pm 37/58$ ) و ۲ ( $11/80 \pm 1/31 \mu\text{g/g}$ ) بیشتر از میزان میانگین کادمیوم در رسوب این دو ایستگاه است ( $0/01 \pm 0/00 \mu\text{g/g}$ ). ولی میزان تجمع کادمیوم در نمونه های آمفی پود در ایستگاه ۱ و ۲ ( $0/05 \pm 0/00 \mu\text{g/g}$ ) بیشتر از میزان تجمع سرب در نمونه های ایستگاه ۱ ( $1/15 \pm 0/09 \mu\text{g/g}$ ) و ۲ ( $1/00 \pm 0/03 \mu\text{g/g}$ ) است.

انتظار می رود به علت تجمع بیشتر سرب در رسوبات دو ایستگاه میزان فراوانی این عنصر در بافت نمونه های آمفی-پود بیشتر از کادمیوم باشد، ولی حاصل نشدن این نتیجه می تواند به دلایل مختلف باشد. طبق مطالعات انجام گرفته توسط Zauke (1982) و Zauke et al. (1988, 1995, 1996b) سخت پوستان معمولاً میزانی از فلزات ضروری مورد نیاز را در بدن خود ذخیره می کنند. اما در شرایط کمبود یعنی زمانی که اکثر موجودات آبی در فصل رشد خود به سر می برند، تجمع این فلزات در اکوسیستم های آبی کاهش یافته در نتیجه این موجودات شروع به ذخیره فلزاتی جایگزین در بدن خود می کنند. از جمله عناصری که جز عناصر غیر ضروری بوده و در شرایط خاص توسط سخت پوستان ذخیره می شوند کادمیوم و سرب می باشند (Bousfield, 1982).

احتمالاً یکی از علل تجمع بیشتر کادمیوم می تواند به این دلیل باشد که بهتر می تواند جایگزین عناصر ضروری در بدن باشد و یا اینکه در مدت زمان بیشتری در بدن تجمع یافته و در دوره طولانی تری در بدن حفظ می شود.

همچنین عوامل محیطی متفاوت می تواند اثرات مختلفی را بر روی میزان جذب عناصر مختلف داشته باشد از آنجمله pH و دمای آب می تواند روی رفتار و در نهایت متابولیسم عناصر موثر باشد. تغییرات فصلی نیز می تواند روی میزان جذب فلزات موثر باشد همچنین آلوده کننده ها می توانند اثرات متفاوتی روی افراد مختلف در سطح جمعیت داشته باشند. با توجه به نتایج به دست آمده در این مطالعه احتمالاً گونه آمفی پود *G. proiectus* گونه مناسبتری برای تخمین میزان کادمیوم آب به حساب می آید، چون قادر است میزان کم کادمیوم را در بدن خود

تغلیظ کند. این مسئله برای سنجش فلزات بوسیله دستگاه در محدوده ای که برای دستگاه قابل سنجش باشد بسیار حائز اهمیت است.

### تشکر و قدردانی

از معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک جهت فراهم نمودن امکانات پژوهشی سپاسگزاریم. همچنین از همکاری آقای مقداد بهیار تشکر و قدردانی می‌شود.

### منابع

یاوری، یحیی (۱۳۷۹) بررسی بیوسیستماتیکی مقایسه ای چهار جمعیت محلی دوجورپایان از حوضه آبریز قره چای استان مرکزی، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شیراز.

Bousfield. E.L. (1982) Amphipoda. Synopsis and Classification of living organism, Vol., 2, 254-85.

Dallinger, R. and Rainbow, P.S. (1988.), Ecotoxicology of Metals in Invertebrates. Lewis Publishers, Boca Raton, pp. 461.

Förstner, U. and Wittmann, G.T.W. 1979. Metal Pollution in the Aquatic Environment. Springer Verlag, Berlin.

Morgan, J.E., Morgan, A.J., 1988. Earthworms as biological monitors of Cd, Cu, Pb, and Zn in metalliferous soils. Environ. Pollut. 54, 123-138.

Zauke, G.P. (1982) Cadmium in Gammaridae (Amphipoda: Crustacea) of the rivers Werra and Weser. II. Seasonal variation and correlation to temperature and other environmental variables. Water Res. 16, 785-792.

Zauke, G. P., Meurs, H. G., Todeskino, D., Kunze, S., B., umer, H.-P. and Butte, W. (1988) Zum Monitoring von Cadmium, Blei, Nickel, Kupfer und Zink in Balaniden (Cirripedia: Crustacea), Gammariden (Amphipoda: Crustacea) und Enteromorpha

(Ulvales: Chlorophyta). Umweltbundesamt, Berlin, Forschungsbericht Wasser 102 05 209, Part 3, UBA-FB 86-109, Texte 18/88

Zauke, G.P., Von Lemm, R., Meurs, H.G., Butte, W., (1995) Validation of estuarine gammarid collectives (Amphipoda: Crustacea) as biomonitors for cadmium in semi-controlled toxicokinetic flowthrough experiments. *Environ. Pollut.* 90, 209-219.

Zauke, G. P., Petri, G., Ritterhoff, J., Meurs, H. G., (1996b) Theoretical background for the assessment of the quality status of ecosystems: lessons from studies of heavy metals in aquatic invertebrate *Senckenbergiana marit.* 27, 207-214.