

بررسی اثر فعالیتهای معدنی بر تجمع کادمیوم در پر کبک معمولی

(*Alectoris chukar*) (مطالعه موردی: معدن آهنگران)

رامین رمضانی^{۱*}

ramin0628@yahoo.com

بهاره لرستانی^۲

مهرداد چراغی^۲

قربانعلی محمدپور رودپشتی^۳

فاطمه کاظمینی^۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۸/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۱۵

چکیده

زمینه و هدف: لایه های معدنی طبیعی شامل مقادیر زیادی از فلزات سنگین هستند که طی فرایند معدن کاری با شدت بیشتری در طبیعت منتشر شده و محیط زنده و غیر زنده اطراف را متأثر می کنند. پرندگان از طریق تماس مستقیم با استفاده از آب و غذای آلوده و حتی فرو بردن سنگریزه ها به چینه دان، در معرض فلزات سنگین قرار می گیرند. هدف از مطالعه حاضر بررسی غلظت کادمیوم در پر کبک معمولی معدن آهنگران و تاثیر منطقه، عواملی مانند سن، جنس و بافت پرند بر میزان تجمع عناصر سنگین می باشد. **روش بررسی:** در این مطالعه نمونه گیری از پرهای سینه و دم ۹ نمونه در منطقه معدنی و ۳ نمونه در منطقه شاهد انجام و برای اندازه گیری میزان تجمع فلزات سنگین از دستگاه جذب اتمی مدل SpectraAA 400 استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج حاصل نشان دهنده میانگین غلظت کادمیوم اندازه گیری شده در پر کبک منطقه معدنی ۲/۱۸ ppm اما همین میانگین در منطقه شاهد ۰/۵۴ ppm است. مقایسه با استاندارد های موجود نشان داد میانگین غلظت فلز کادمیوم در منطقه معدنی هر چند از نظر عددی کمی بالاتر از سطح استاندارد بود اما این تفاوت معنادار نبود و در منطقه غیر معدنی پایین تر از سطح استاندارد گزارش شد. اثر نوع منطقه (معدنی و غیر معدنی) و سن (بالغ و نابالغ) بر تجمع فلز کادمیوم در پر گونه کبک معمولی در سطح خطای ۵ درصد معنادار بود. اما اثر نوع بافت (پر سینه و پر دم) و جنسیت (نر و ماده) معنادار نبود.

واژه‌های کلیدی: کادمیوم، معدن، پر، کبک معمولی.

۱- * (مسئول مکاتبات): دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، همدان، ایران.

۲- استادیار گروه محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی، واحد همدان، همدان، ایران.

۳- دانش آموخته دکتری آلودگی های محیط زیست گروه محیط زیست، دانشگاه علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

۴- دانشجوی دکتری سیستماتیک گیاهی گروه زیست شناسی، دانشگاه علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

A Survey on Effect of Mining Activities on Accumulation of Cd in feathers of Common chukar (*Alectoris chukar*)

(Case Study: Ahangaran Mine)

Ramin Zamani ^{1*}

ramin0628@yahoo.com

Bahareh Lorestani ²

Mehrdad Cheraghi ²

Qorbanali Mohammadpour³

Fatemeh Kazemini⁴

Abstract

Background and Objective: Natural mineral layers are composed of large amounts of heavy metals which are released into the nature during the mining process. Birds will be exposed to heavy metals by direct contact, contaminated food and water and even swallowing the gravels and digesting them in their gizzard. The aim of this study was to evaluate the concentration of cadmium in eathers of *Alectoris chukar* in Ahangaran mine and the impact of factors such as age, sex, and tissue on accumulation of heavy metals.

Method: In this study, samples of breast and tail feathers from 9 samples in mining region and from 3 samples in control region were taken. Atomic absorption spectrometry, model SpectrAA 400, was used to measure the accumulation of heavy metals.

Findings: The results indicate that the average cadmium concentration measured in feathers of *Alectoris chukar* in the mineral-rich region was 2/18 µg/g, whereas this average in the control region was 0/54 µg/g. Comparisons showed that in the mining region the concentration of cadmium was slightly higher than the standard level and in the control regions it was lower than the standard level. However, this difference was not significant. Effects of type of region (mineral and non-mineral) and age (adult and immature) on the accumulation of cadmium in the feather of *Alectoris chukar* were significant, but the effect of gender (male and female) was not significant.

Keywords: heavy metals, mine, feather, *Alectoris chukar*.

1- MSc Graduated Department of Environment, Islamic Azad University, Hamedan Branch, Hamedan, Iran.

* (Corresponding Author)

2- Assistant Professor of Environmental Economics, Islamic Azad University, Hamedan, Hamedan, Iran.

3- PhD candidate, Department of Envirinment, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

4- PhD Student, Department of Biology, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

مقدمه

با پیدایش فرهنگ و تمدن و افزونی نیازهای بشری، صنعت معدن و معدن کاوی به عنوان یکی از اجزای لاینفک توسعه و پیشرفت پا به عرصه وجود نهاد. معدن کاوی مواد لازم برای حیات و پیشرفت بشر را فراهم می کند و از طرفی با انتشار آلودگی ها، امکان حیات و استفاده از محیط زیست سالم را از وی سلب می کند. با توجه به این که ایران یک کشور در حال توسعه است، برای توسعه پایدار صنعتی معادن کشور لازم است تا جنبه های زیست محیطی صنایع معدنی (با توجه به اقلیم) مورد شناسایی قرار گیرد (۱). فرآیند معدن کاوی و فرآوری سنگ های معدنی معمولاً شامل مقادیر زیادی از فلزات سنگین بوده و منبع اولیه این نوع آلودگی محسوب می گردد (۲). در سال های اخیر، نگرانی در مورد آثار دراز مدت فلزات سنگین به عنوان آلاینده محیط زیست افزایش یافت است زیرا پایداری بالای گونه های یونی فلزات سنگین، و نیز تجمع زیستی آنها در زنجیره غذایی به دلیل ورود سریع به زنجیره غذایی به علت چگالی وزنی و چگالی بار سطحی نسبتاً بالا موجب به مخاطره افتادن حیات زیستی موجودات زنده می شود. به دلیل عمر طولانی برخی فلزات، سلولهای زنده می توانند آنها را در خود ذخیره کنند که در صورت مرگ سلول نیز در آن باقی می ماند (۳). نقش منفی فلزات سنگین ناشی از فعالیتهای معدنی مانند (Pb, Zn, Cu, Cd, Ba)، بر تنوع زیستی نیز توسط محققین بسیاری اثبات گردیده است (۴). پرندگان به عنوان شاخص های آلودگی فلزات سنگین بسیار مفیدند. بوم شناسی بسیاری از پرندگان کاملاً شناخته شده است. آنها از سطوح تروفی بالاتر در بوم سازگان تغذیه میکنند و در نتیجه می توانند اطلاعاتی در مورد وسعت آلودگی در تمام شبکه غذایی فراهم کنند. سنجش فلزات سنگین موجود در پرندگان ممکن است تصویر بهتری از خطرهای متوجه انسان را نسبت به اندازه گیری آنها در محیط زیست فیزیکی گیاهان، یا بی مهرگان نشان دهد. پرندگان به عنوان اخطار دهندگان اولیه برای بسیاری از آلاینده های زیست محیطی، نظیر DDT، آفت کش ها و فلزات سنگین استفاده شده اند. پرندگان نشان داده اند که بویژه شاخص زیستی بسیار

مفیدی هستند، زیرا قابل رؤیت بوده، حساسیت پذیری آنها به مواد سمی زیاد است و در بالای زنجیره غذایی قرار دارند و بنابراین جزء گونه های زیست سنج محسوب می شوند (۵). استفاده از پر به عنوان یک شاخص برای آلودگی محیط زیست توسط عده ای از محققین پیشنهاد شده است (۶). استفاده از پر برای اندازه گیری آلودگی نسبت به سایر بافتهای پرندگان چند مزیت دارد: ۱- پرها به آسانی جمع آوری می شوند و نگهداری آنها آسان است، زیرا نیاز به نگهداری در دمای پایین ندارند (۷). ۲- پر بافتی غیر مخرب است و نیز می توان آن را از پرنده های زنده به دست آورد که این خود خصوصیتی ویژه برای گونه های کمیاب است (۸). ۳- پر می تواند هم نقش ذخیره و هم نقش حذف فلزات سنگین را ایفا کند، مقدار فلز سنگین موجود در پر، میزان فلز موجود در خون را نیز منعکس می کند زیرا زمانی که پرها به رگهای خونی متصل هستند، فلزات سنگین وارد پر می شوند (۹).

به طور کلی پرندگان عمده فلزات سنگین را در اثر تغذیه، آشامیدن و توسط ژئوفازی (عمل خوردن موادی مانند خاک برای به دست آوردن مواد مغذی ضروری مانند گوگرد و فسفر از خاک) جذب می نمایند، میزان جذب در میان فلزات سنگین بسته به خواص ذاتی، فیزیولوژی گونه و فراهمی زیستی آن فلز در محل های خاص متفاوت است. هنگامی که فلزات از طریق دستگاه گوارش جذب می شوند، از طریق گردش خون در ارگان های مختلف بدن پخش و در نهایت یا به طور مستقیم دفع، و یا در پرها و سایر اندامها انباشته می شوند (۱۰). روش ورود فلزات به پرها به این صورت است که فلزات سنگین به مولکول های پروتئینی خون متصل شده و هنگامی که جریان خون به پر می رسد در طول دوره کوتاه رشد، در پر انباشته می شود و در زمان پرریزی دفع می شود (۱۱)، در نتیجه غلظت فلزات سنگین در پر نمایشگر سطح گردش خون در زمان شکل گیری پر است. تنوع در غلظت فلزات سنگین در پرهای پرنده با الگوهای مختلف پوست اندازی، تفاوت در پیگمانتاسیون پر پرنده یا آلودگی خارجی مرتبط است (۱۲). پرنده های ماده نیز در تخم

معمولی به لحاظ بومی بودن، داشتن حداکثر وابستگی زیستگاهی و تغذیه ای به محدوده و حاشیه معدن، حضور در طول سال در منطقه مورد مطالعه، داشتن جمعیت مناسب و مجاز بودن شکار آن، شناسایی و جمع آوری آسان، داشتن جنه مناسب برای انجام مطالعه تعیین (۲۰)، و مورد مطالعه قرار گرفت. هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر فعالیتهای معدنی بر تجمع کادمیوم در پر کبک معمولی کوه آهنگران منطقه حفاظت شده لشگردر می باشد.

مواد و روش ها

معدن سرب و روی آهنگران با مشخصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۹ دقیقه و ۳۵ ثانیه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۱۱ دقیقه و ۸ ثانیه عرض شمالی، به صورت یک هجده ضلعی با مساحت تقریبی ۲۹/۲۵ کیلومتر مربع در قسمت غربی ایران، جنوب شرقی استان همدان در فاصله ۹۵ کیلومتری شهر همدان و ۲۳ کیلومتری شرق شهرستان ملایر واقع گردیده است (شکل ۱). ظرفیت برداشت سالیانه ۱۲۰۰۰۰ تن سنگ آهن و ۳۶۰۰۰ تن سرب و روی می باشد که از نظر آلودگی پساب، صوت و ذرات معلق دارای مقادیر بیش از حد استاندارد می باشد (۲۱).

و پوست تخم خود برخی از فلزات را دفع می کنند، به عنوان مثال پرندگان دریایی فلزات را در غلظت هایی چند برابر میزان موجود در آب، انباشت کرده و سبب بزرگ نمایی زیستی در موجودات می گردند (۱۳). لذا آلوده شدن آن ها قادر است بیماری ها و یا فلزات سمی را به مردمی که از آن ها مصرف می کند انتقال دهد (۱۴). پرندگان می توانند سطوح بالایی از فلزات را درون بافت های خود از جمله کبد و کلیه و پر نگهداری کنند (۱۵ و ۱۶). کادمیوم عنصری فلزی و نرم به رنگ سفید مایل به آبی است که در مجاورت هوا تیره می شود. کادمیوم مانند سرب یک عنصر غیر ضروری است و به دلیل سمیت بالا و پایداری آن در غذا و در محیط زیست به عنوان یکی از خطرناکترین فلزات سنگین توصیف شده و ممکن است اثرات شدیدی بر موجودات زنده (میکروارگانیزمها، گیاهان و جانوران) داشته باشد. غلظت بالای کادمیوم در پر به شدت با کاهش نرخ رشد استخوان در ارتباط است (۱۷). اثرات سمی کادمیوم در پرندگان شامل کاهش تولید تخم، آسیب کلیوی، آسیب به بیضه و تغییر واکنش رفتاری است (۱۸). بنابراین می توان نتیجه گیری نمود که تجمع فلزات در بافت های پرندگان بیشتر از محیط اطراف است هر چند که اثرات جغرافیایی را نمی توان نادیده گرفت (۱۹). در این بررسی، گونه کبک



شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی معدن آهنگران نسبت به منطقه حفاظت شده لشگردر، شهرستان ملایر، استان همدان و کشور

Figure 1- The map of geographical location of the Ahangaran mine in the Lashgardar protected area, Malayer city, Hamedan province and country

ANOVA (طرح فاکتوریل) می باشد، بخش دوم، بررسی تاثیر عامل سن بر تجمع فلزات سنگین که فقط در منطقه آهنگران بررسی شده و آزمون آماری استفاده شده در این بخش t-test مستقل می باشد و بخش سوم مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین موجود در پر در دو منطقه معدنی (آهنگران) و غیر معدنی (شاهد) با استانداردهای موجود است و آزمون آماری استفاده شده در این بخش آزمون t-test تک نمونه ای می باشد. برای انجام آزمون ها ابتدا نرمال بودن داده ها با استفاده از آزمون کولموگوروف اسمیرنوف مشخص و پس از تشخیص پارامتری یا ناپارامتری بودن روش تحلیل آماری از آزمون های فوق الذکر برای تجزیه و تحلیل داده ها استفاده گردید.

نتایج

از ۱۲ کبک شکار شده ۹ نمونه در منطقه معدنی آهنگران و ۳ نمونه در منطقه شاهد، ۸ قطعه بالای یکسال و ۴ قطعه زیر یکسال، ۷ نر و ۵ ماده بودند. در جدول (۱) میانگین غلظت فلز سنگین کادمیوم در بافت پر نمونه های کبک به تفکیک کلیه عوامل مورد بررسی شامل منطقه، بافت و جنس برحسب میکرو گرم بر گرم ارائه شده است.

نمونه برداری در پاییز و زمستان ۹۱ به تعداد ۹ قطعه در منطقه معدنی آهنگران و ۳ قطعه در منطقه گرمک شهرستان رزن (منطقه شاهد) انجام شد. منطقه شاهد تا معدن آهنگران بیش از ۱۵۴ کیلومتر بود و در فاصله مناسبی قرار داشت. نمونه ها از طریق تفنگ شکاری، شکار شده و پس از تعیین جنسیت از قسمتهای مورد نیاز پرنده (پرهای سینه و دم) به مقدار لازم نمونه برداری صورت گرفت. سپس پرهای مناسب، از بدن پرنده جدا و پس از کد گذاری، با آب مقطر شسته، و در دمای اتاق خشک و آسیاب گردید. یک گرم از هر نمونه توزین و ۱۰ CC اسید نیتریک و ۵CC اسید کلریدریک به آن اضافه و در حمام بن ماری قرار داده شد تا کاملاً هضم شوند (۲۲). نمونه ها با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف و با آب مقطر به حجم ۲۰CC رسانده و درون ظروف پلی اتیلنی نگهداری و جهت آنالیز آماده شد (۲۳). تعیین غلظت کادمیوم با استفاده از دستگاه جذب اتمی مدل SpectraAA 400 انجام گردید.

داده های به دست آمده از پژوهش با استفاده از نرم افزار SPSS 19 تحلیل و در ۳ بخش مورد بررسی قرار گرفته و از ۳ نوع آزمون آماری جداگانه استفاده شده است، بخش اول بررسی تاثیر متغیرهای (منطقه، جنس و بافت) است و آزمون آماری استفاده شده در این بخش آزمون تحلیل واریانس بین آزمودنی

جدول ۱- میانگین مقادیر غلظت کادمیوم به تفکیک عامل و کل نمونه ها برحسب ($\mu\text{g}/[\text{gDW}]$)

Table 1- Average values of cadmium concentration, Divided of Factor and All samples According to ($\mu\text{g}/[\text{gDW}]$)

متغیر	میانگین
عامل منطقه	
آهنگران	۲/۱۸
شاهد	۰/۵۴
عامل بافت	
پر سینه	۱/۸۷
پر دم	۱/۶۷
عامل جنس	

۱/۴۸	نر
۱/۱۸	ماده
عامل سن*	
۲/۵۲	بالای یکسال
۱/۷۶	زیر یکسال

*عامل سن فقط بین نمونه های منطقه معدنی مورد بررسی قرار گرفته است

آزمون تحلیل واریانس ANOVA (طرح فاکتوریل) می باشد و بخش دوم، بررسی تاثیر عامل سن بر تجمع فلزات سنگین که فقط در منطقه آهنگران بررسی شده و آزمون آماری استفاده شده در این بخش t-test مستقل می باشد. در بررسی عوامل منطقه، جنس و بافت، آزمون کولموگروف اسمیرنوف توزیع داده ها را نرمال نشان داد و آزمون لون نیز برابری واریانس ها را تایید نمود، نتایج آزمون پارامتری تحلیل واریانس بین آزمودنی (طرح فاکتوریل) به شرح جدول (۲) ارائه گردیده است.

با توجه به این که تمامی کبک های شکار شده در منطقه شاهد، بالای یکسال می باشند، بنابراین جهت افزایش دقت آزمون های آماری و ایجاد شرایط یکسان، عامل سن تنها در بین نمونه های شکار شده در منطقه آهنگران مورد بررسی قرار گرفته است، لذا داده های به دست آمده از پژوهش در دو بخش مورد بررسی قرار گرفت و از دو نوع آزمون آماری جداگانه استفاده شده است. بخش اول بررسی تاثیر عوامل (منطقه، جنس و بافت) است و آزمون آماری استفاده شده در این بخش

جدول ۲- نتایج آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) فلز سنگین کادمیوم به منظور بررسی اختلاف غلظت عناصر سنگین بین عوامل منطقه، جنس و بافت

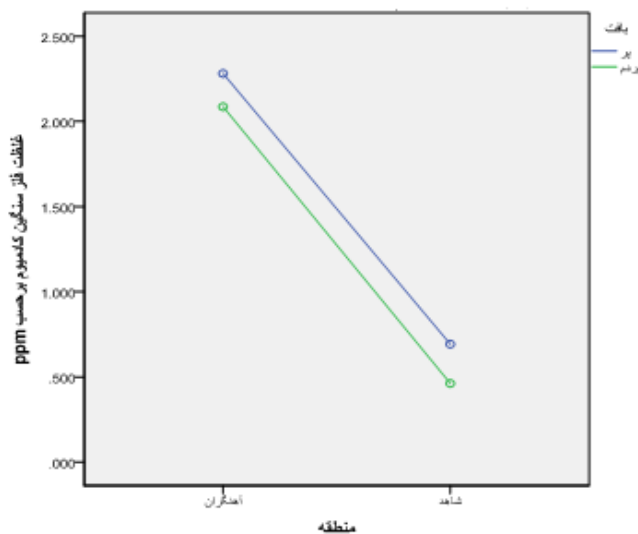
Table 2- Results of analysis of variance (ANOVA) of cadmium heavy metal to evaluate differences concentrations of heavy metals between the factors, region, gender and textures

منابع تغییرات	درجه آزادی	آماره F	سطح معناداری	اندازه اثر
منطقه	۱	۶۳/۴۸۸	۰/۰۰۰	۰/۷۹۹
جنس	۱	۲/۰۹۵	۰/۱۶۷	
بافت	۱	۰/۹۰۲	۰/۳۵۶	
منطقه* جنس	۱		۰/۷۵۵	
منطقه* بافت	۱		۰/۹۹۳	
بافت* جنس	۱		۰/۹۲۵	
منطقه* جنس* بافت	۱		۰/۹۵۶	
خطا	۱۶			
جمع	۲۴			

اندازه اثر عامل منطقه نیز با مقدار ۰/۷۹۹ قابل توجه گزارش می گردد. همچنین اثر جنسیت و نوع بافت و اثر تقابلی هیچ یک از عوامل بر تجمع فلز کادمیوم در پر گونه کبک معمولی

نتایج حاصل از تحلیل واریانس (جدول ۲) نشان میدهد که اثر نوع منطقه (معدنی یا غیر معدنی) بر تجمع فلز کادمیوم در پر گونه کبک معمولی در سطح خطای ۵ درصد معنادار است.

معنادار نیست. تشخیص سطوح عوامل مورد بررسی بوسیله نمودارهای ذیل ارائه گردیده است :

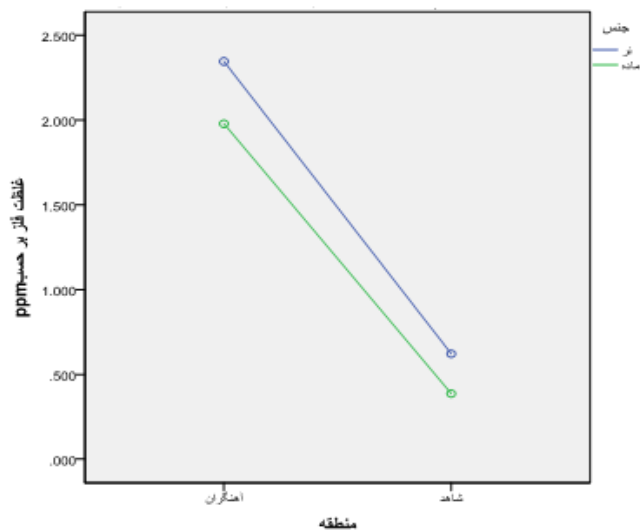


نمودار ۱- نمودار مقایسه ای میزان غلظت کادمیوم در دو منطقه اهنگران (معدنی) و شاهد (غیر معدنی) به تفکیک بافت پرسیینه و پردم

Chart 1- Comparison Chart of the cadmium concentration, in the Ahangaran area (mining) and control zone (non-mining), the separation, Tissue, breast feather and tail feather

تفاوت معنی دار است. همچنین غلظت فلز سنگین کادمیوم در پرسیینه کبک معمولی در هر دو منطقه بیش از پر دم بوده اما این تفاوت معنی دار نمی باشد.

نمودار (۱) نشان می دهد که غلظت فلز سنگین کادمیوم در پر کبک در منطقه معدنی اهنگران بیش از منطقه فاقد فعالیت های معدنی (شاهد) است. که مطابق تحلیل های آماری قبلی این



نمودار ۲- نمودار مقایسه ای میزان غلظت کادمیوم در دو منطقه اهنگران (معدنی) و شاهد (غیر معدنی) به تفکیک جنس نر و ماده

Chart 2- Comparison Chart of the cadmium concentration, in the Ahangaran area (mining) and control zone (non-mining), the separation, Male and female

نمودار (۲) نشان می دهد که غلظت فلز سنگین کادمیوم در جنس نر کبک معمولی در هردو منطقه (معدنی و شاهد) بیش از جنس ماده بوده اما مطابق تحلیل های آماری قبلی این تفاوت معنی دار نمی باشد.

در بررسی عامل سن، آزمون کولموگروف اسمیرنوف توزیع داده ها را نرمال نشان داد و آزمون لون نیز برابری واریانس ها را تایید نمود. نتایج آزمون پارامتری t-test مستقل به شرح جدول (۳) ارائه گردیده است.

جدول ۳- نتایج آزمون t-test مستقل برای بررسی اثر سن بر غلظت کادمیوم

Table 3- Results of independent t-test analysis to assess the effect of age on cadmium concentration

نتایج آزمون t-test مستقل					
	Levene's Test		t-test		
	آماره F	سطح معناداری	درجه آزادی	سطح معناداری	آماره t
کادمیوم	۰/۹۹۰	۰/۳۳۵	۱۶	۰/۰۰۰	۶/۰۸۵

سطح معناداری = $P \leq \alpha = 0/05$

به استناد جدول شماره (۳)، تفاوت غلظت فلز سنگین کادمیوم بین کبک های بالای یک سال و زیر یک سال در سطح احتمال ۹۵٪ معنی دار است.

از آنجا که تا کنون استاندارد فلزات سنگین در پر پرندگان تدوین نگردیده و یا یافت نشده است (۲۰)، بنابراین برای مقایسه نتایج بدست آمده با استاندارد و به دست آوردن آستانه تهدید و آسیب رسان فلز سنگین کادمیوم در پر کبک، به مطالعات و پیشنهادهای دیگران استناد گردیده و بر این اساس مقدار

استاندارد کادمیوم در پر پرندگان ۲ میکروگرم بر گرم تعیین گردیده است (۲۴ و ۹ و ۲۵).

مقایسه نتایج با مقدار استاندارد (۲ میکروگرم بر گرم) در جدول ۴ نشان داده شده است. بر اساس نتایج حاصل، میانگین غلظت فلز کادمیوم در منطقه غیرمعدنی بطور معناداری پایین تر از سطح استاندارد بود اما در منطقه معدنی این تفاوت معنی دار نبود هرچند از نظر عددی کمی بالاتر از میانگین بود. نتایج به تفکیک دو منطقه معدنی و غیر معدنی با استفاده از آزمون t-test تک نمونه ای با استاندارد مورد مقایسه قرار گرفت.

جدول ۴- نتایج آزمون t-test تک نمونه ای کادمیوم

Table 4 - one-sample t-test results of cadmium

نتایج آزمون t-test تک نمونه ای		
۱/۶۸۵	آماره t	منطقه معدنی (آهنگران)
۰/۱۱۰*	سطح معناداری	
-۲۰/۱۱۴	آماره t	منطقه غیر معدنی (شاهد)
۰/۰۰۰	سطح معناداری	
۲	مقدار استاندارد بر حسب قسمت در میلیون	

سطح معناداری = $P \leq \alpha = 0/05$

* = عدم معناداری.

بحث و نتیجه گیری

دو جنس نشان نداد. Burger و همکاران (۱۹۹۴) نیز تفاوت معنی داری در غلظت جیوه در جنس نر و ماده گونه *common loon* مشاهده نکردند (۳۴). جنسیت در میزان فلزات در اندام های پرنده نقشی نداشته و به طور کلی سطح فلزات در میان انواع پرندگان بیشتر بستگی به اکولوژی غذایی، زمان تماس با محیط و همچنین خصوصیات بیوشیمی و فیزیولوژیکی پرنده دارد (۷). علی رغم معنا دار نبودن تفاوت غلظت فلزات سنگین بین جنس های مختلف، میزان میانگین آن در جنس ماده اندکی کمتر از نر بود (جدول-۱) که علت آن می تواند نقش تخم گذاری در دفع و حذف زیستی بخشی از فلزات سنگین بدن باشد (۳۵). پرنده های ماده در تخم و پوست تخم خود برخی از فلزات را دفع می کنند (۱۳). اگرچه پرندگان می توانند میزانی از فلزات سنگین را طی دوره تخم گذاری از بدن دفع کنند اما میزانی از فلز که از این طریق از بدن دفع می شود در مقایسه با میزانی از فلز که طی فرآیند پرریزی از بدن دفع می شود ناچیز است (۳۶). تفاوت میانگین غلظت کادمیوم در دو بافت پر سینه و پر دم معنی دار نبود.

در بررسی تفاوت میانگین غلظت کادمیوم بر حسب سن با توجه به نتایج حاصل از t-test مستقل تفاوت غلظت فلز کادمیوم بین کبک های بالای یکسال و زیر یکسال معنی دار بود. که این موضوع در تحقیقات بسیاری مورد تایید قرار گرفته و این تفاوت را بطور قابل توجهی بیشتر ارزیابی نموده اند (۳۷، ۳۸ و ۲۲). علت این موضوع دوره طولانی تر زندگی پرندگان بالای یکسال به نسبت پرندگان زیر یکسال است که باعث ایجاد تجمع زیستی فلزات سنگین، ابتدا در بافت های داخلی پرندگان و سپس از طریق خون در پر خواهد شد (۳۹).

تشکر و قدردانی

از همکاری و حمایت محیط بانان و کارشناسان اداره کل حفاظت محیط زیست همدان که ما را در انجام این پژوهش یاری نمودند، تشکر و قدردانی می نمایم.

میانگین غلظت کادمیوم اندازه گیری شده در پر کبک بومی در مطالعه حاضر در منطقه آهنگران ppm ۲/۱۸ بود که تقریباً مشابه غلظت اندازه گیری شده به مقدار ppm ۲/۰۰ در پر همین گونه در جنوب ایران (۲۶) و کمتر از غلظت اندازه گیری شده در پر گونه گاوچرانک در پاکستان و بیشتر از بسیاری از مطالعات دیگر انجام شده در پر پرندگان دیگر بود (۲۵). اما همین میانگین در منطقه شاهد ppm ۰/۵۴ بود که تقریباً مشابه غلظت اندازه گیری شده در پر سلیم مغولی در کشور کره بود (۲۷). تفاوت میانگین غلظت کادمیوم در دو منطقه معدنی (آهنگران) و غیر معدنی (شاهد) معنی دار بود که با توجه به وجود فلز مذکور در خاک و گیاهان منطقه معدنی آهنگران به عنوان عنصر همراه فلزات سرب و روی (۲۸، ۲۹ و ۳۰) و وجود ارتباط بین غلظت فلز موجود در اندام پرندگان با فلزاتی که در محیط یافت می شوند (۳۱)، این نتیجه دور از انتظار نبود. در مطالعه دیگری اعلام شده که محیط مسئول بخش عمده ای از آلودگی موجود در بافت پرندگان می باشد (۱۴). و در همین راستا مشاهدات محیط بانان منطقه حفاظت شده لشگردر حاکی از استفاده پرندگان از آب سد باطله معدن سرمک در زمان کم آبی است که می تواند تجمع فلزات سنگین در بافت های پرنده را تشدید نماید. از طرف دیگر گونه کبک بومی منطقه آهنگران به دلیل دانه خوار بودن به ناچار از سنگ ریزه های منطقه معدنی برای هضم بهتر دانه ها در چینه دان خود استفاده می نماید که یکی دیگر از راههای ورود این فلزات به بدن کبک می باشد. علاوه بر این مطالعات متعدد نشان می دهد که تجمع فلزات سنگین خصوصاً سرب در پر و بال می تواند تا حدی به دلیل تماس مستقیم سطح پر و بال پرنده با آلودگی خارجی باشد (۳۲، ۳۳) که با توجه به بومی بودن کبک در منطقه آهنگران و تماس طولانی مدت با خاک آلوده، این موضوع می تواند یکی دیگر از دلایل غلظت بالای آلودگی در پر کبک بومی منطقه آهنگران باشد.

در بررسی تفاوت میانگین غلظت کادمیوم در دو جنس نر و ماده کبک، نتایج تفاوت معنی داری را در مورد فلز کادمیوم بین

- examples concerning European species, *Acta ornithology*; 1999. 34(1).
- 9- Gerbersmann, C, Heisterkamp, M, Adams, F, and Broekaert, J., Tow. methods for the speciation analysis of mercury in fish involving microwave-assisted digestion and gas chromatography-atomic emission spectrometry, *Analytica chimica acta*; 1997. 350:273-285.
- 10- Furness RW, Muirhead SJ, Woodburn M. Using bird feathers to measure mercury in the environment: relationships between mercury content and moult. *Mar Pollut Bull* 17:27-30.; 1986. doi:10.1016/0025-326X(86)90801-5.
- 11- Veerle J, Dauwe T, Rianne P, Lieven R, Ronny B, Marcel E. The importance of exogenous contamination on heavy metal levels in bird feathers. A field experiment with free-living great tits, *Parus major*. *Journal of Environmental Monitoring*.; 2004. 6:356-360. doi:10.1039/b314919f.
- 12- Malik Naseem, R. N. Zeb. Assessment of environmental contamination using feathers of *Bubulcus ibis* L., as a biomonitor of heavy metal pollution, Pakistan, *Ecotoxicology*; 2009. 18:522-536.
- 13- Fasola M, Movalli RA, Gandini C. Heavy metals, organochlorine pesticides and PCBs in eggs and feather of heron breeding in northern Italy. *Arch Environmental Contamination and Toxicology*.; 1998. 34:87-93. doi: 10.1007/s002449900289.
- 14- Jager LP, Rijniere FVJ, Esselink H, Baars AJ. Biomonitoring with the buzzard *Buteo buteo* in the
- منابع
- ۱- چراغی، م.، بلمکی، ب.، لرستانی، ب.، یوسفی، ن.، ارزیابی زیست محیطی معدن آهنگران در استان همدان، اولین همایش ملی معدن و محیط زیست؛ بهار ۱۳۸۸.
- 2- Baker, A. J. M., Reeves and McGrath. In situ decontamination of heavy metal polluted soils using crops of metal accumulating plants, a feasibility study. In *Situ Bioremediation*, eds. R. E. Hinchere, R. F. Olfenbuttel, Butlerworth-Heinemann; 1991. Stoneham MA, Pp 539-544.
- 3- Pais, I. J. and Jones J. R. B. *The Handbook of Trace Elements*. St. Lucie Press, Boca Raton (Fla.), ; 1997. 223 pp.
- 4- Hernandez AJ and Pastor J. Relationship between plant biodiversity and heavy metal bioavailability in grasslands overlying an abandoned mine, *Environmental Geochemistry and Health* ;2008. 30:127-133 doi 10.1007/s10653-008-9150-4
- 5- Burger Joanna. Metals in avian feathers: Bioindicators of environmental pollution. *Rev. Environmental Toxicology*;1993. 5: 203-311.
- 6- Grandjean, P. Possible effect of lead on egg-shell thickness in Kestrels, *WWGBP*, Berlin; 1976. 495-500.
- 7- Savinov VM, Gabrielsen GW and Savinova TN. Cadmium, zinc, copper, arsenic, selenium and mercury in seabird from the Barents Sea: levels, interspecific and geographical differences, *The science of the total environment*; 2003. 306: 133-158.
- 8- Dmowski K. Birds as bioindicators of heavy metal pollution: review and

محیط‌شناسی، ۱۳۸۶، سال سی و سوم، شماره ۴۳،

صفحه ۹۲-۸۳.

۲۱- شرکت آرمان محیط پاک، خوداظهاری وضعیت

آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های معدنی معدن

سرمک، ۱۳۸۹.

22- Mansouri B, Pourkhabbaz A, Babaei H, Houshyari E. Heavy metal contamination in feathers of Western Reef Heron (*Egretta gularis*) and Siberian gull (*Larus heuglini*) from Hara biosphere reserve of Southern Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*; 2011. doi:10.1007/s10661-011-2408-9.

23- Roger N and John D, *Environmental Analysis*, John Wiley and Sons; 1994., N.Y. 263 P.

24- Burger J, Gochfeld M. Metal levels in feathers of 12 species of seabirds from Midway Atoll in the northern Pacific Ocean, *Science of the Total Environment*; 2000., 257:37-52. doi: 10.1016/S0048-9697(00)00496-4

25- Riffat NM, Naila Z . Assessment of environmental contamination using feathers of *Bubulcus ibis* L, as a biomonitor of heavy metal pollution, Pakistan, *Ecotoxicology*; 2009., 18:522-536 doi 10.1007/s10646-009-0310-9

26- Norouzi M, Mansouri B, Hamidian AH, Ebrahimi T, Kardoni F., Comparison of the Metal Concentrations in the Feathers of Three Bird Species from Southern Iran, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*; 2012. DOI 10.1007/s00128-012-0798-1.

27- Kim, J. Park, S.K. and Koo, T. Lead and cadmium concentrations in shorebirds. *Environmental Monitoring and Assessment*; 2007., 134:355-36

Netherlands: heavy metals and sources of variation. *Journal of Ornithology*; 1996.137(3):295-318.

15- Elliott JE, Scheuhammer AM . Heavy metal and metallothionein concentrations in seabirds from the Pacific coast of Canada. *Marine Pollution Bulletin*. 1997. 34:794-801. doi:10.1016/S0025-326X(97)00034-9.

16- Scheuhammer AM, Norris SL. The ecotoxicology of lead shot and lead fishing weights. *Ecotoxicology*; 1996; 5(5): 279-295.

17- Spahn SA, Sherry TW. Cadmium and lead exposure associated with reduced growth rates, poorer fledging success of little blue heron chicks (*Egretta caerulea*) in South Louisiana Wetlands, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*; 1999. 37:377-384. doi:10.1007/s002449900528.

18- Furness, RW, Cadmium in birds. In: Beyer WN, Heinz GH, Redmond-Norwood AW (eds) *In environmental contaminants in wildlife: interpreting tissues concentrations*. Lewis Press, Boca Raton; 1996, pp 389-404.

19- White DH, King KA, Mithell CA, Mulhern BM. Trace elements in sediments, water and American Coots (*Fulica americana*) at a coal-fired power plant in Texas, 1979-1982. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*; 1986. 36(3): 376- 383.

۲۰- کریمی، آ.، یزدان‌داد، ح.، اسماعیلی‌ساری، ع.، بررسی

تجمع فلزات سنگین کادمیوم، کروم، مس، روی و

آهن در برخی اندام‌های باکلان بزرگ در تالاب انزلی،

- Wadden Sea. Environmental Pollution; 1985., 37:311-322
- 34- Burger J, Veitch CR, Gochfeld M. Locational differences in metal concentrations in feathers of Australasian gannet (*Morus serrator*) in New Zealand. Environmental Monitoring and Assessment; 1994., 33:47-57., doi:10.1007/BF00548151.
- 35- Tom D, Bervoets L, Blust R, Pinxten R, Eens M. Are eggshell and egg contents of great and blue tits suitable as indicators of heavy metal pollution, Belgian Journal of Zoology; 1999., 129:439-447
- 36- Furness, R.W. and J.J.D. Greenwood . Birds as Monitors of Environmental Changes British Trust for Ornithology. 1 st Edn. Thetford Norfolk, UK; 1993., pp: 342.
- 37- Furness, RW, Monaghan P. Seabird ecology. Chapman & Hall, New York; 1987., p 164.
- 38- Barbieri, E, Alexandre Borges Garcia, C. de Andrade Passos, E. Kennedy A. S. Aragao, J. do Patrocínio Hora Alves. Heavy metal concentration in tissues of *Puffinus gravis* sampled on the Brazilian coast, Revista Brasileira de Ornitologia; 2007., 15 (1) 69-72
- 39- Burger Joanna. Heavy metal and selenium levels in feathers of Franklin's gulls in interior North America; 1994., Auk., 113, 399-407.
- ۲۸- لرستانی، ب.، بررسی میزان فلزات سنگین در خاک مناطق آلوده همدان و امکان سنجی حذف آن توسط گونه های گیاهی بومی فرا انباشت کننده، پایان نامه دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ۱۳۸۸.
- ۲۹- گل محمدی، ر.، شناسایی گونه های مقاوم و ذخیره کننده فلزات سنگین در منطقه معدن آهنگران و بررسی اثر این فلزات بر برخی مراحل رویان زایی گیاهان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا همدان، ۱۳۸۴.
- ۳۰- امینی، ف.، میرغفاری، ن.، عشقی ملایری، ب.، بررسی غلظت نیکل در خاک و تعدادی از گونه های گیاهی طبیعی اطراف معدن سرب و روی آهنگران در استان همدان، علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۳۹۰، دوره سیزدهم، شماره یک، صفحه ۲۰-۱۱.
- 31- Ferns PN, Anderson JI. Cadmium in the diet and body tissues of Dunlins, *Calidris alpina*, from the Bristol Channel, UK. Environmental Pollution; 1994., 86(2): 225-231
- 32- Dauwe T, Bervoets L, Janssens E, Pinxten R, Blust R, Eens M. Great and blue tit feathers as biomonitors for heavy metal pollution. Ecological Indicators; 2002., 1:227-234. doi:10.1016/S1470-160X (02)00008-0
- 33- Goede AA, de Voogt P. Lead and cadmium in waders from the Dutch