13(4) 89-96, Winter 2022

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Using of black kite (*Milvus migrans*) as a biological indicator of heavy metals in landfills (Case study: the northern of Iran)

Hamid Reza Pourkhabbaz [1*], Hosein Yousofnia [1], Mitra Cheraghi [2], Saeideh Javanmardi [1]

[1] *Department of Environment, Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran*
[2] *Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran*

Key Words
Heavy metals
Waste leachate
Bird feather
Black kite
Babol city

Abstract

Introduction: Heavy metals are dangerous for living organisms and are causing many problems. These metals can enter the food chain in different ways and cause severe illness and sometimes fatal, so it is crucial to monitor the pollution of heavy metals. Among the human various sources of landfills, where the possibility of heavy metals in them are great, and these elements are then absorbed through the food chain, monitoring of these elements is essential in these areas seems. The aim of this study was to investigate the level of toxic metals contamination in landfill Angeli Si of Babol city using bird feathers and leachate.

Materials & Methods: Therefore, to achieve this objective in the study area, a feathers of black kite birds, because food diet and Gathering place, with leachate to measurement heavy metals concentration, were sampled and prepared. The metals concentration was determined using the ICP instrument and Mercury Analyzer AMA 254 for Hg.

Result: The results showed that Cd and Hg have the concentration highest (11.5 mg/kg) and lowest (4 mg/kg) respectively in bird feathers.

Conclusion: General the pattern of heavy elements distribution in the bird, are the following: Cd> Pb> As> Hg.

* Corresponding Author's email: pourkhabbaz@yahoo.com
Received: 26 August 2020; Reviewed: 4 October 2020; Revised: 6 December 2020; Accepted: 10 January 2021
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.258300.2411

مقاله پژوهشی

استفاده از کورکور سیاه (*Milvus migrans*) به‌عنوان شاخص زیستی فلزات سنگین در محل دفن زباله (مطالعه موردی: شمال ایران)

حمیدرضا پورخباز[1]، حسین یوسف‌نیا[1]، میترا چراغی[2]، سعیده جوانمردی[1]*

[1] گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران

[2] گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

کلمات کلیدی

فلزات سنگین
شیرابه زباله
پر پرنده
کورکور سیاه
شهر بابل

چکیده

مقدمه: فلزات سنگین برای موجودات زنده خطرناک بوده و باعث مشکلات زیادی برای آن‌ها می‌گردد. این فلزات به طرق مختلف می‌توانند وارد زنجیره غذایی شوند و باعث بیماری‌های متعدد و گاهی اوقات مرگ گردند، بنابراین پایش آلودگی این فلزات اهمیت دارد. در میان منابع مختلف انسانی مکان‌های دفن زباله، که احتمال حضور و جذب فلزات سنگین از طریق زنجیره غذایی در آن‌ها زیاد است، بایستی پایش شوند. هدف مطالعه حاضر تخمین سطح آلودگی فلزات سمی (کادمیوم، آرسنیک، سرب و جیوه) در مکان دفن زباله انجلی سی شهر بابل با استفاده از پر پرندگان و شیرابه است.

مواد و روش‌ها: بنابراین جهت رسیدن به این هدف، پر پرنده کورکور سیاه، با توجه به رژیم غذایی و محل تجمع آن در این مکان، به همراه شیرابه زباله این محل برای اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین، نمونه‌برداری و آماده‌سازی شدند و غلظت فلزات با دستگاه ICP و فلز جیوه با دستگاه Mercury Analyzer AMA 254 تعیین شدند.

نتایج: نتایج نشان داد که کادمیوم بالاترین (۱۱/٥ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و جیوه کم‌ترین (٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم) میانگین غلظت را در پر پرنده داشته‌اند.

نتیجه‌گیری و بحث: به‌طورکلی الگوی پراکنش فلزات سنگین در پر پرنده به‌صورت زیر می‌باشد: Cd> Pb> As> Hg

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: pourkhabbaz@yahoo.com

تاریخ دریافت: ٥ شهریور ۱۳۹۹؛ تاریخ داوری: ۱۳ مهر ۱۳۹۹؛ تاریخ اصلاح: ۱٦ آذر ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: ۲۱ دی ۱۳۹۹
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.258300.2411

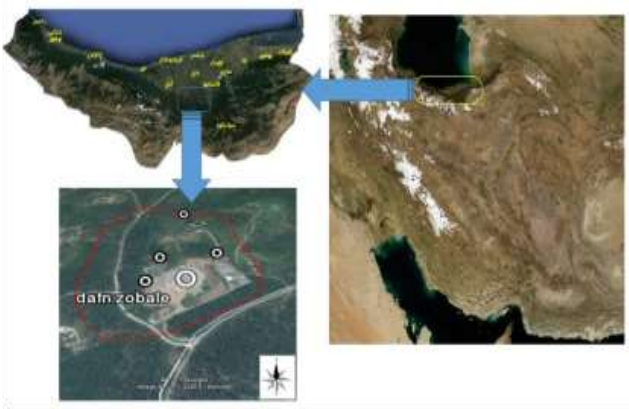
مقدمه

فلزات سنگین از جمله آلاینده‌های مهم محیط زیست بوده که به طرق مختلفی وارد اکوسیستم می‌شوند. در این میان، پرندگان از طریق آب و غذای آلوده، به‌طور مستقیم در معرض مواد شیمیایی گوناگون نظیر فلزات سنگین قرار دارند (۱) و به‌دلیل قرارگیری در سطوح بالای زنجیره‌غذایی جهت مطالعه تجمع زیستی فلزات سنگین مناسب هستند (۲). این موجودات قادرند بخش قابل توجهی از بار فلز سنگین را از طریق پرریزی و پوست‌اندازی دفع کنند (۳، ۴). اثرات سینرژیک و آنتاگونیسم یا اثر متقابل تجمعی فلزات سنگین ممکن است به‌طور بالقوه، فیزیولوژی، ژنتیک و رفتار پرندگان وحشی را تحت تأثیر قرار دهد و سرانجام دینامیک‌های جمعیت را تغییر دهد. از آن‌جا که پرندگان وحشی در استراتژی‌های چرخه زندگی، رفتار و اکولوژی‌شان متغیر هستند، در نتیجه احتمالاً اثرات فلزات سنگین بین گونه‌ها تغییر می‌کند. به‌عنوان مثال پرندگان گوشت‌خوار در مقایسه با پرندگانی که از سطوح پایین‌تر زنجیره غذایی تغذیه می‌کنند نسبت به آلاینده‌های فلزی که وارد زنجیره غذایی شده و سبب بزرگ‌نمایی‌زیستی می‌شوند در معرض خطر بیش‌تری قرار دارند. گونه‌های گله‌ای و گروهی که فرم کلونی دارند، ممکن است بیش‌تر تحت تأثیر حوادث آلاینده‌های محلی نسبت به گونه‌های توزیع شده قرار گیرند. حشره‌کش‌ها و آلاینده‌هایی هم‌چون فلزات سنگین به‌عنوان تهدیدات احتمالی برای گونه‌های رایج و نادر ذکر شده‌اند (۵). سنجش فلزات سنگین در پرندگان می‌تواند تصویر بهتری از حضور این عناصر در محیط زیست و نیز خطراتی که انسان را تهدید می‌کند، نشان دهد (۶). به‌طورکلی برای تعیین غلظت فلزات سنگین در بدن پرندگان از بافت‌های پر، کبد، کلیه و عضله استفاده می‌کنند (۷ ، ۸، ۹). در بین بافت‌های ذکر شده، پر پرندگان شناساگر مفیدی برای ارزیابی وضعیت فلزات سنگین آلاینده‌ها است (۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳). زیرا جمع‌آوری نمونه پرها و نگه‌داری از آن بسیار آسان است، از سوی دیگر نیاز به نگه‌داری در دمای پایین ندارد، پر بافتی غیرمخرب است و می‌توان آن‌را از پرنده‌های زنده به‌دست‌آورد که این خود خصوصیت ویژه‌ای برای گونه‌های کمیاب محسوب می‌شود. ضمناً پر می‌تواند در ذخیره و حذف فلزات سنگین مؤثر باشد (۱۴، ۱۵، ۱۶). به اثبات رسیده که پر پرندگان شکاری شاخص خوبی از وضعیت آلودگی زیست محیطی فلزات سنگین است (۱۳). Ghasempouri و همکاران مقادیر جیوه موجود در پر ۷ نوع از پرندگان تاکسیدرمی شده از موزه تاریخ طبیعی ایران (۱۷)، Akati و Esmaeili Sari پژوهشی در مورد میزان تجمع فلز سنگین سرب در پر پرندگان مناطق جنوب‌غربی ایران (۱۸)، Eslamzadeh و Esmaeili Sari تحقیقی با هدف بررسی غلظت سرب در پر دم ۶۱ پرنده متعلق به ۲۱ گونه از پرندگان سواحل جنوب‌غرب ایران (۱۹)، Houserova و همکاران میزان غلظت جیوه را در بافت‌های کبد، کلیه، عضله و پر ۳ گونه از پرندگان یک اکوسیستم آبی در جمهوری چک (۲۰) و Furtado و همکاران غلظت آرسنیک و جیوه را در پرهای ۵ گونه پرنده دریایی مورد ارزیابی قرار دادند (۲۱). دفع زباله‌های شهری در ایران، عمدتاً به‌روش‌های دفن در زمین یا سوزاندن و تلنبار در زمین صورت می‌گیرد، که از طریق ورود شیرابه به آب‌های زیرزمینی و آب‌های جاری وارد محیط می‌شود که پرندگان را در معرض آلاینده‌ها قرار می‌دهند. در این ارتباط میزان تولید زباله در شهرستان بابل ۲۲۰-۱۴۰ تن در شبانه روز است که سرانه زباله تولیدی در این شهر معادل ۹۰۰ گرم به‌ازای هر نفر می‌باشد (۲۲) که این مقدار زباله به‌همراه زباله‌های مناطق اطراف در مرکز دفن زباله انجلی سی در جنوب بابل تلنبار می‌شود، که سبب جمع شدن تعداد زیادی از گونه‌های پرنده از قبیل کورکور سیاه و کلاغ‌ها گردیده است. کورکور سیاه *(Milvus migrans)* به‌عنوان مصرف‌کننده بالا در زنجیره مواد غذایی (۲۳) در شمال ایران به‌خصوص در اطراف مراکز دفن زباله به تعداد زیادی یافت می‌شوند. حداکثر وابستگی زیستگاهی و تغذیه‌ای به مکان دفن زباله، حضور در منطقه در تمام طول سال، همه‌چیزخوار و تغذیه اصلی از زباله، جمعیت مناسب آن، شناسایی و جمع‌آوری آسان و اندازه مناسب از جمله عوامل مهم در انتخاب کورکور سیاه در منطقه مورد مطالعه بود. مطالعات اندکی د خصوص بررسی میزان غلظت فلزات سنگین در پر پرندگان برای پایش تغییرات محیط زیست صورت گرفته است، درحالی‌که بسیاری از محققین استفاده از پرندگان را برای این منظور را بسیار مناسب می‌دانند. در ایران نیز درخصوص مقایسه میزان غلظت فلزات سنگین در پر پرندگان شکاری با تاکید بر خاستگاه مختلف رویشی و با در نظر گرفتن مکان‌های دفن زباله مطالعه چندانی صورت نگرفته، بنابراین انجام مطالعات در این زمینه ضروری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه: زباله تولیدی در شهرستان بابل بیش از ۳۵۰ تن و بدون در نظر گرفتن روستاهای آن ۲۵۰ تن است، به طوری‌که سرانه زباله تولیدی در این شهر معادل ۹۰۰ گرم به‌ازای هر نفر است. محل دفن زباله‌های شهری بابل در منطقه انجلی سی (۳۰ کیلومتری جنوب‌غربی) در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۹دقیقه و ۴۷ ثانیه شمالی و طول ۵۲ درجه و ۴۳دقیقه و ۴۱ ثانیه شرقی (شکل ۱)، با مساحتی حدود ۴ هکتار و شیب حدود ۱۴ درصد است. پرندگانی که در حوالی مرکز دفن زباله مشاهده می‌شوند شامل کورکور سیاه، کلاغ، جیجاق، توکای باغی و سیاه، جغد و غیره می‌باشد.

میزان شیرابه اولیه زباله با توجه به هفتاد درصد رطوبت و ظرفیت زباله، به حدود ۱۱/۸ مترمکعب در روز می‌رسد (۲۴).



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه

نحوه جمع‌آوری نمونه‌ها: به‌دلیل فراوانی زیاد گونه کورکور سیاه در منطقه و ساکن شدن دائم آن و با توجه به قدرت پرواز این پرندگان، قلمرو زیستی، تغذیه‌ای و استراحت آن‌ها، نمونه‌برداری به‌طور تصادفی از کل منطقه از شاهپر بال و پرهای دم ۱۵ پرنده صورت گرفت (۲۵، ۳، ۲۶، ۲۷، ۲۸). نمونه‌های پر جمع‌آوری شده درکیسه‌های پلاستیکی مخصوص کدگذاری شده قرار داده و به آزمایشگاه فرستاده شدند و در دمای معمولی تا زمان شروع هضم اسیدی نگه‌داری گردید. برای نشان دادن غلظت زمینه فلزات سنگین در منطقه از شیرابه دفن زباله هم نمونه‌گیری صورت گرفته است، نمونه‌های شیرابه در پنج نقطه مجزا برداشت شده تا کل منطقه را شامل شود. نمونه‌ها در داخل ظرف‌های استریل شده و با رعایت مسائل کیفی برداشت و به آزمایشگاه فرستاده شده است. سپس نمونه‌ها را درون یخچال و در دمای۳ درجه سانتی‌گراد نگه‌داری کرده و در زمان مربوطه آماده‌سازی شده برای آنالیز توسط دستگاه جذب اتمی به آزمایشگاه منتقل گردید.

آماده‌سازی نمونه‌ها: قبل از آماده‌سازی نمونه‌ها، برای به‌حداقل رساندن خطای ممکن، لازم است که تمامی وسایل مورد استفاده را طی مراحل مختلف آزمایش به‌مدت حدود ۲۴ ساعت در ظرف اسید نیتریک با غلظت ۵ درصد، شستشو نموده و سپس دوبار با آب مقطر شسته و مورد استفاده قرار گیرند. جهت آنالیز نمونه‌های پر، ابتدا نمونه‌ها با استفاده از مواد شوینده و آب شیر شسته، سپس با آب مقطر و استون آبکشی شدند، شستن نمونه‌ها سبب می‌شود کلیه آلودگی‌های خارجی موجود در پر از بین برود (۱۱، ۳). پس از قرار دادن نمونه‌ها در دمای اتاق و خشک شدن سطحی، جهت رسیدن به وزن ثابت از آون با دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت استفاده گردید تا کاملاً خشک شوند. سپس این نمونه‌ها با استفاده از هاون چینی پودر شدند. ابتدا یک گرم از هر نمونه پر را با کمک ترازو وزن کرده و در درون ظروف پلی‌اتیلنی ۵۱ میلی‌لیتری ریخته و به نسبت ۱:۴ اسید نیتریک ۶۵ درصد و اسید پرکلریدریک ۶۰ درصد اضافه شد (۸میلی‌لیتر اسیدنیتریک و ۲ میلی‌لیتر اسیدپرکلریدریک) و نمونه‌ها در حمام آبی در زیر هود به‌مدت حداقل یک ساعت قرار داده شد تا حرارت دیده و کاملاً هضم شود و رنگ شفافی بگیرد. پس از هضم کامل، نمونه‌ها در هوای محیط قرار گرفت تا کاملاً سرد گشتند و در نهایت با استفاده از کاغذ صافی واتمن۴۲، صاف شده تا محلول شفاف به‌دست آید. سپس این محلول شفاف را توسط آب مقطر به‌حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانده و درون‌ظروف پلی‌اتیلنی دربسته و استریل ریخته و کدگذاری شده و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد یخچال نگه‌داری گردیدند (۳، ۲۳). در نهایت برای اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین از دستگاه طیف‌سنجی پلاسمای جفت‌شده القایی (ICP JY 138 ULTRACE) استفاده شد. علاوه بر نمونه‌های هضم شده، در هر سری ۸ تایی در حمام بن ماری یک نمونه شاهد خالص اسیدی نیز در کنار سایر نمونه‌ها تهیه گردید تا نمایان‌گر خطای احتمالی کار باشد. جهت تعیین غلظت جیوه، ۵۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم از هر نمونه توسط ترازوی دیجیتالی وزن گردید و در ظرف نیکلی دستگاه قرار داده شد، سپس غلظت جیوه توسط دستگاه Mercury Analyzer AMA 254 بر طبق استاندارد ASTM شماره D-۶۷۲۲ تعیین گردید. به‌منظور ارزیابی قابلیت تجزیه و تحلیل روش مورد استفاده و صحت روش آنالیز جیوه، کنترل کیفی با استفاده از مواد استاندارد مرجع شامل NIST-1633b، NIST- 2709 و NIST- 2711 صورت‌گرفت و میانگین صحت دستگاه ۹۳٪ تعیین گردید. در نهایت تحلیل آماری توسط نرم‌افزار SPSS انجام شد. پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون کلموگروف اسمیرنوف و حصول اطمینان از نرمال‌بودن داده‌ها، برای مقایسه غلظت فلزات سنگین در رویشگاه‌های مختلف پر در قسمت‌های مختلف پرنده از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه استفاده شد. در صورت معنی‌دار بودن اختلاف، برای تفکیک گروه‌های دارای اختلاف از پس آزمون توکی استفاده شد. هم‌چنین برای بررسی همبستگی‌ها بین شیرابه منطقه دفن زباله با بخش‌های مختلف پر پرنده از رگرسیون استفاده شده و برای همبستگی بین عناصر مختلف و بخش‌های مختلف پر از آزمون همبستگی پیرسون استفاده گردید.

تعیین شاخص نسبی تجمع (RAI: Relative Accumulation Index): به‌منظور تعیین الگوی توزیع فلزات بین شیرابه موجود در دفن زباله و پر کورکور سیاه در منطقه دفن زباله انجلی سی از این شاخص استفاده شد. در رابطه زیر غلظت فلزات در شیرابه دفن زباله به عنوان مبنا برای تعیین شاخص نسبی تجمع در نظر گرفته شد (۲۹).

شاخص نسبی = غلظت فلز مورد بررسی در پر / غلظت همان فلز در شیرابه

نتایج

غلظت فلزات سنگین در پرهای نواحی مختلف کورکور

سیاه: در این مطالعه میزان غلظت عناصر سنگین در پرهای شاهپر بال (ابتدا و انتهای شاهپر) و پردم گونه کورکور سیاه تعیین گردید. جدول ۱ میزان تجمع فلزات سنگین کادمیوم، سرب، آرسنیک و جیوه در قسمت‌های مختلف پر کورکور سیاه را نشان می‌دهد.

جدول ۱: غلظت فلزات سنگین (میلی گرم بر کیلوگرم) در پرهای مختلف پرنده (وزن خشک)

نوع پر	فلزات سنگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار ± میانگین
شاهپر بال	کادمیوم	۷	۱۰	۸/۴۰±۱/۱۲
	آرسنیک	۳/۹۵	۶	۴/۸۰±۰/۸۴
	سرب	۴/۹	۶/۵	۵/۸±۰/۶۳
	جیوه	۳	۴/۶	۳/۳±۰/۴۲
پردم	کادمیوم	۱۰	۱۱/۵	۱۱±۰/۷۴
	آرسنیک	۵/۸	۶/۲	۶±۰/۱۴
	سرب	۴/۵	۶/۳	۵/۴±۰/۶۵
	جیوه	۳	۴	۳/۵±۰/۳۸

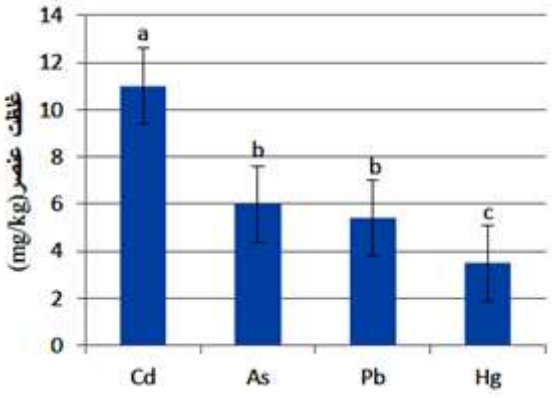
با توجه به این جدول بیش‌ترین میانگین برای عنصر کادمیوم درقسمت پر دم به‌میزان ۱۱/ ۵ میلی‌گرم برکیلوگرم‌و کم‌ترین مقدار آرسنیک در قسمت شاهپر بال به‌میزان ۳/۹۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم وجوددارد، میانگین‌غلظت سرب و جیوه‌در هردو خاستگاه‌تا حدودی یکسان می‌باشد. غلظت جیوه در هر دو خاستگاه کم‌ترین میزان را بین فلزات دارد.

مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در رویشگاه پر دم کورکور سیاه

براساس جدول ۲ و شکل ۲، نتایج حاصل از آزمون واریانس یک‌طرفه نشان‌داد که بین‌غلظت عناصر سنگین در رویشگاه پر دم اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P<۰/۰۵). با استفاده از بررسی آزمون توکی جایگاه این اختلاف موردشناسایی قرارگرفت، بیش‌ترین غلظت عناصر متعلق به کادمیوم و کم‌ترین آن متعلق به جیوه است اما عناصر سرب و آرسنیک اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

جدول ۲: اختلاف معنی‌داری عناصر سنگین در پر دم کورکور سیاه با استفاده از تجزیه واریانس

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig
بین گروه	۱۵۹/۹۱	۳	۵۳/۳۰	۱۸۸/۱۸	۰/۰۰۰
درون گروه	۴/۵۳	۱۶	۰/۲۸		
کل	۱۶۴/۴۴	۱۹			

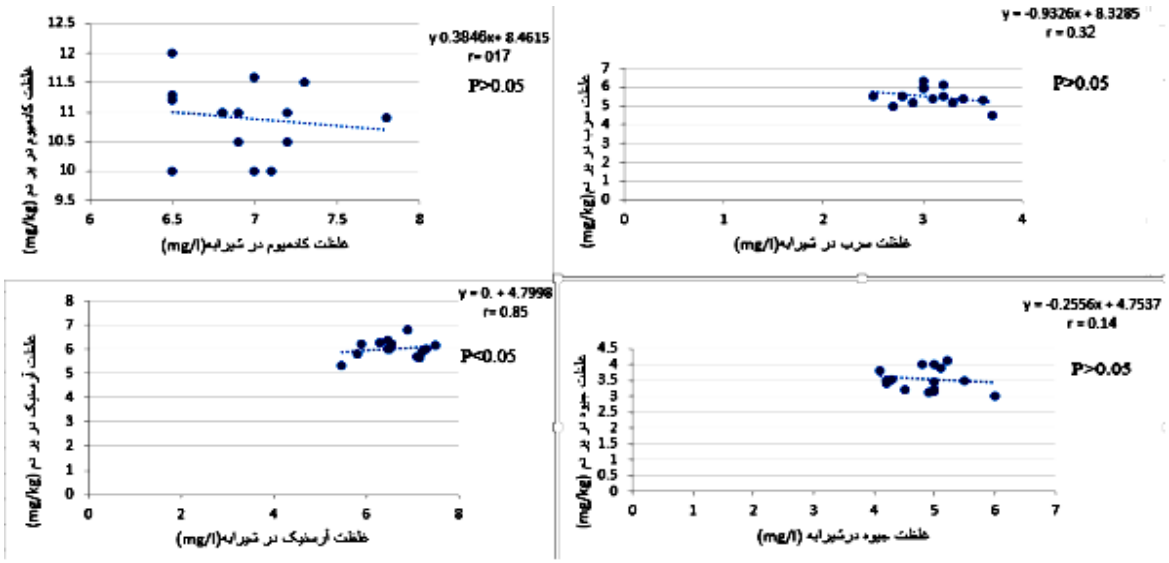


شکل ۲: مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در قسمت پر دم پرنده

شکل ۳ همبستگی غلظت فلزات سنگین در پر دم با غلظت آن‌ها در شیرابه را نشان می‌دهد. همان‌گونه که از شکل استنباط می‌شود بین عناصر کادمیوم، آرسنیک، سرب و جیوه تنها غلظت آرسنیک در شیرابه با غلظت آرسنیک در پر دم پرنده رابطه معنی‌داری وجود دارد (P<۰/۰۵).

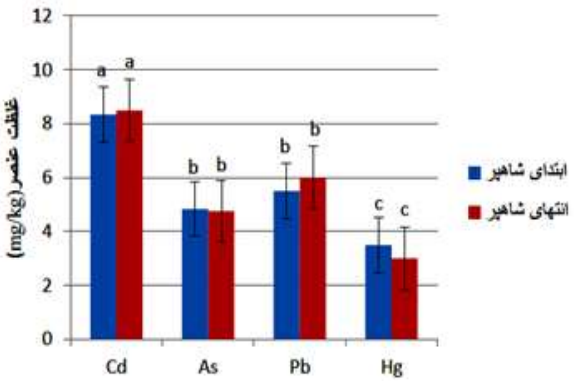
مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در رویشگاه شاهپر پروازی بال (ابتدا و انتهای شاهپر) کورکور سیاه:

بر اساس جدول ۳ و شکل۴، نتایج حاصل از آزمون واریانس یک‌طرفه نشان داد که بین غلظت فلزات در ابتدا و انتهای شاهپر اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (P>۰/۰۵)، اما بین غلظت عناصر مختلف در خاستگاه رویشی پر اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P<۰/۰۵). نتایج پس آزمون توکی نشان داد که بیش‌ترین غلظت عناصر به فلز کادمیوم و کم‌ترین به عنصر جیوه در خاستگاه رویشی پر تعلق دارد. شکل ۵ ارتباط همبستگی عناصر سنگین در ابتدا و انتهای شاهپر با نمونه‌های شیرابه دفن زباله را نشان می‌دهد. براساس این نتایج غلظت عنصر کادمیوم موجود در شیرابه با کادمیوم موجود در انتهای شاهپر ارتباط معنی‌داری را نشان می‌دهد (P<۰/۰۵).

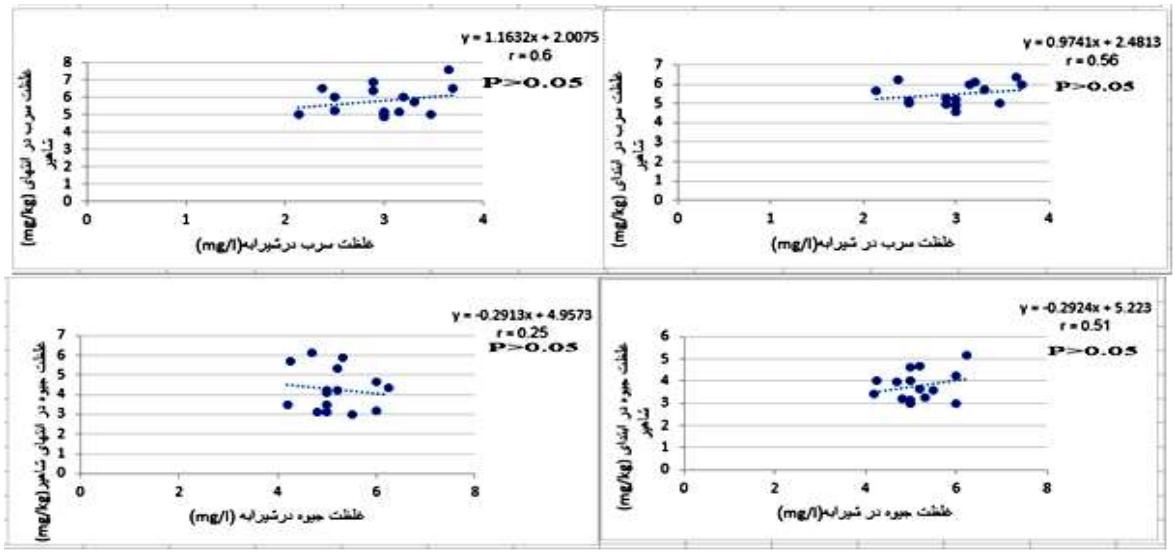


شکل ۳: همبستگی غلظت فلزات سنگین (کادمیوم، آرسنیک، سرب، جیوه) در قسمت پر دم پرنده با شیرابه زباله

تعیین شاخص نسبی تجمع در نمونه‌های شیرابه مکان دفن زباله و کورکور سیاه: نتایج حاصل از این پژوهش به‌منظور تعیین الگوی توزیع فلزات بین شیرابه موجود در محل دفن زباله و پر کورکور سیاه در منطقه دفن زباله انجلی سی استفاده شد. در این رابطه از غلظت فلزات سنگین در شیرابه دفن زباله به عنوان مبنا برای تعیین شاخص نسبی تجمع استفاده گردید. طبق نتایج (جدول۴) بیش‌ترین تجمع نسبی برای عنصر کادمیوم در قسمت رویشگاه پر دم کسب شد، برای آرسنیک بیش‌ترین تجمع نسبی در رویشگاه کرک پر یافت شد، برای عنصر سرب بیش‌ترین شاخص تجمع نسبی در رویشگاه پر سینه‌ای و هم‌چنین برای عنصر جیوه بیش‌ترین مقدار آن در رویشگاه‌های کرک پر و پر سر دریافت شد.



شکل ۴: مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در قسمت شاهپر پرنده



شکل ۵: همبستگی غلظت فلزات سنگین در شاهپر پروازی بال (ابتدا و انتهای شاهپر) پرنده با شیرابه زباله

جدول ۳: اختلاف معنی داری عناصر سنگین در شاهپر پروازی بال کورکور سیاه با استفاده از تجزیه واریانس

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	Sig
بین گروه	۶۹/۰۰۸	۳	۲۳/۰۰۳	۳۶/۴۲	۰/۰۰۰
درون گروه	۱۰/۱۰۴	۱۶	۰/۶۳		
کل	۷۹/۱۱۲	۱۹			

جدول ۴: شاخص نسبی تجمع فلزات سنگین در شیرابه و پر کورکور سیاه در مکان دفن زباله

فلزات سنگین	غلظت در شیرابه زباله (میلی‌گرم بر لیتر)	غلظت در پر کورکور سیاه (میلی‌گرم بر کیلوگرم)			
		شاهپر بال	RAI	پر دم	RAI
کادمیوم	۷	۸/۴۰	۱/۲	۱۱	۱/۵۷
آرسنیک	۷	۴/۸۰	۰/۶۸	۶	۰/۸۵
سرب	۳	۵/۸	۱/۹۳	۵/۴	۱/۸
جیوه	۵	۳/۳	۰/۶۶	۳/۵	۰/۷

بحث

بررسی غلظت عناصر سنگین در پر کورکور سیاه: نتایج سایر تحقیقات حاکی از آن است که بافت پر نسبت به سایر بافت‌های پرندگان نظیر کبد و کلیه، غلظت بیش‌تری از فلزات سنگین را دارا می‌باشد (۲۳). جدول ۵ مقایسه نتایج مطالعه حاضر را با سایر مطالعات نشان می‌دهد. طبق جدول ۵، میزان کادمیوم، آرسنیک، سرب و جیوه در پر پرنده به‌ترتیب برابر ۹/۷۰، ۵/۴۰، ۵/۶۲ و ۳/۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده که همه عناصر مقادیری بالاتر از استاندارد را نشان داده‌اند. هم‌چنین غلظت این عناصر در شیرابه با استانداردهای موجود مقایسه شده و نتایج نشان داد به‌غیر از سرب میزان سایر فلزات از مقدار استاندارد مشخص شده برای شیرابه بالاتر می‌باشد که این افزایش می‌تواند ناشی از تصفیه ناقص شیرابه و وجود زباله‌های خطرناک صنعتی و بیمارستانی باشد. بیش‌ترین مقدار فلزات در شیرابه و پر پرنده مربوط به عنصر کادمیوم می‌باشد.

جدول ۵: مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه با سایر مطالعات (۳۰)

	Cd	As	Pb	Hg
میانگین در پر پرنده (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۹/۷۰	۵/۴۰	۵/۶۲	۳/۴۰
میانگین در شیرابه زباله (میلی‌گرم بر لیتر)	۷	۷	۳	۵
استاندارد در شیرابه (میلی‌گرم بر لیتر) براساس EPA	۱	۵	۵	۰/۲
استاندارد در پر پرندگان (میلی‌گرم بر کیلوگرم) براساس EPA	۰/۰۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱۵	۰/۰۰۲

اما با مقایسه میانگین فلزات سنگین در پر کورکور سیاه با استاندارد این عناصر در EPA مشخص می‌شود که غلظت نمونه‌های پر پرنده منطقه مورد بررسی خیلی بالاتر از حد استاندارد است، که دلیل اصلی آن را تغذیه از منطقه دفن زباله می‌توان اشاره کرد. الگوی غلظت عناصر در خاستگاه رویشی پر کورکور سیاه به‌ترتیب زیر می‌باشد:

پر دم کورکور سیاه: کادمیوم > آرسنیک ≈ سرب > جیوه

شاهپر پروازی بال پرنده کورکور سیاه: کادمیوم>سرب≈آرسنیک>جیوه

Eisler بیان کرد که در اکثر پرندگان غلظت جیوه ۵ قسمت در میلیون، آثار شدیدی بر فرایندهای تولیدمثل دارد و سبب ایجاد اختلالات رفتاری شدیدی می‌شود (۳۱)، در این غلظت جیوه باعث کاهش نرخ زادآوری، نرخ زنده ماندن، اندازه تخم و کاهش موفقیت تولیدمثلی می‌گردد (۳۱، ۳۲، ۱۱). نتایج این پژوهش، نیز از نزدیک بودن به این مقدار بالای جیوه حکایت دارد، به‌خاطر همین امکان تأثیر جیوه بر روی پرنده مورد مطالعه خیلی قوی می‌شود. Kim و Oh (۳۳) و Houshyari(۳۴) میزان استاندارد فلز کادمیوم برای پر پرندگان را بین ۳ تا ۸ میکروگرم بر گرم ارائه دادند. Calow نیز میزان استاندارد فلز کادمیوم در پر پرندگان را بین ۰/۳ تا ۶ میکروگرم بر گرم بیان داشت (۳۵) که از نتایج مطالعه ما کم‌تر بوده است. Clark و Scheuhammer میزان استاندارد سرب در پر پرندگان را حدود ۶ میکروگرم بر گرم بیان کردند (۳۶) که از مطالعه ما کم‌تر بوده است. نتایج حاکی از یکسان بودن میانگین غلظت جیوه نواحی شاهپرها با پر دم دارد، که چنین نتیجه می‌شود که هر رویشگاهی در زمان رشد پرهای قسمت خود شرایط تقریباً یکسانی را فراهم می‌آورد. پرهای دمی اغلب متقارن نیستند و اغلب با افزایش سن این وضعیت افزایش می‌یابد. این پرها به‌صورت متفاوت در فصول پاییز و گاهی اوقات زمستان ریزش می‌کنند. نوع همبستگی به‌دست آمده در غلظت فلزات سنگین در رویشگاه‌های مختلف پر کورکور سیاه (در سطح ۰/۰۵) را می‌توان به‌دلیل نحوه قرار گرفتن پر در پلوماژ، اثر نیروی جاذبه زمین و نحوه گردش خون و مهم‌تر از همه زمان رشد پر در رویشگاه‌های مختلف و میزان غلظت فلزات سنگین در شیرابه دفن زباله دانست. نتایج حاصل از همبستگی موجود بین غلظت فلزات سنگین در شیرابه و رویشگاه‌های مختلف پر نشان داد که ارتباط مثبتی بین تغذیه و غلظت فلزات سنگین در پر پرنده وجود دارد. مقدار کادمیوم در شیرابه و انتهای شاهپر (r=۰/۸) و مقدار آرسنیک در شیرابه و پر دم (r=۰/۸۵) همبستگی معنی‌داری داشته است. نتایج حاصل با تحقیقات Barbour و همکاران (۳۷)، Fox و همکاران (۳۸)، Jacobs و همکاران (۳۹)، Richards و همکاران (۴۰)، Burger و Gochfeld (۱۱) و Innangi و همکاران (۴۱) هم‌خوانی داشته است. در این تحقیقات بیان شده هر چه میزان فلزات سنگین در تغذیه پرنده زیاد باشد، مقدار انباشت آن در بافت پرنده بیش‌تر می‌شود، به

دلیل این‌که مقدار فلزات سنگین در دفن‌زباله زیاد بوده تأثیر به‌سزایی در تجمع و افزایش آن در پر پرنده داشته است.در راستای تأیید نتایج این پژوهش، می‌توان به تحقیقات Blanco و همکاران بر روی کورکور سیاه در مرکز دفن زباله اشاره نمود که نتایج حاکی از این بود که تغذیه پرنده از مراکز دفن زباله بر روی جذب عناصر تأثیر می‌گذارد (۴۲). هم‌چنین Arjamand به این نتیجه دست یافتند که در طول زنجیره غذایی پرندگان، غلظت فلزات سنگین در انتهای زنجیره که پرندگان شکاری می‌باشند، افزایش می‌یابد و بیش‌ترین میزان عناصر را در بافت پر پرندگان مشاهده کرد (۴۳). Barbieri و همکاران در مطالعه‌ای بر روی کاکایی دریایی به این نتیجه رسیدند که بخش زیادی از غلظت فلزی بدن پرنده در پر ذخیره می‌گردد (۲۸)، که با نتایج تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد.تقریباً در تمام تحقیقات انجام‌شده پرهای پرواز بال و پرهای پرواز دمی برای آنالیز انتخاب‌شده است که به نتایج خوبی دست یافتند (۴۴). الگوی کاهش غلظت عناصر سنگین در پر ریزی‌ها توسط محققین مختلف که بر روی پرندگان مختلف مطالعه کرده‌اند به اثبات رسیده است (۴۵، ۴۶، ۴۷، ۱۱). هم‌چنین مطالعه Davodpour و همکاران نشان داد که ضریب همبستگی مثبت بین محتوی عناصر آرسنیک، روی، سرب و نیکل نمونه‌های گل گون با زنبور عسل در مقایسه با نمونه‌های گل گون با عسل می‌تواند بیانگر آن باشد که زنبور به‌عنوان گونه حلقه واسط در بوم‌سازگان از قابلیت معرفی به‌عنوان شناساگر بالقوه برای ردیابی روند انتقال فلزات سنگین در زنجیر خاک و گیاه و ارزیابی کیفیت محیط در مقایسه با سایر فرآورده‌های این گونه هم‌چون عسل برخوردار است(۴۸).ضمن بررسی منطقه مورد مطالعه و با توجه به نتایج غلظت فلزات کادمیوم، آرسنیک، سرب و جیوه در شیرابه دفن زباله و هم‌چنین رویشگاه‌های مختلف کورکور سیاه، مقایسه آن‌ها با استانداردهای ارائه شده جهانی و پژوهش‌های انجام شده در داخل و خارج کشور و تجزیه و تحلیل داده‌ها با احتمال آماری ۹۵ درصد نتیجه‌گیری می‌گردد که میزان فلزات سنگین در پر پرنده و شیرابه مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه از حد مجاز استاندارد توصیه شده بیش‌تر می‌باشد. از آن‌جایی که فعال‌ترین منبع آلودگی منطقه مورد مطالعه دفن پسماندهای مختلف می‌باشد، لذا می‌تواند عاملی برای ورود آلودگی به حیات‌وحش منطقه به‌ویژه کورکور سیاه گردد. از این‌رو این شاخص، می‌تواند هشداری برای مدیران و عموم مردم برای مشکلات زیست محیطی آینده باشد، که پیشنهاد می‌گردد سیستم مدیریت پسماند در منطقه فعال گردد و ابتدا طرح مکان‌یابی دفن زباله اجرا و سپس دفن بهداشتی صورت گیرد.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد گرایش آلودگی محیط‌زیست دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان بوده و نویسندگان لازم می‌دانند از تمامی افرادی که در انجام این پژوهش مساعدت نموده‌اند به‌ویژه معاونت پژوهشی و آزمایشگاه محیط‌زیست دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، تشکر و قدردانی نمایند.

منابع

1. **Savinov, V.M., Gabrielsen, G.W. and Savinova, T.N., 2003.** Cadmium, zinc, copper, arsenic, selenium and mercury in seabirds from the Barents Sea: levels, inter-specific and geographical differences. Sci. Total. Environ. 306: 133-158.
2. **Veerle, J., Dauwe, T., Rianne, P., Lieven, B., Ronny, B. and Marcel, E., 2004.** The importance of exogenous contamination on heavy metal levels in bird feathers. A field experiment with free free living great tits, *Parus majer*. Environmental Monitoring. 6: 356-360.
3. **Dauwe, T., Bervoets, L., Pinxten, R., Blust, R. and Eens, M., 2003.** Variation of heavy metals within and among feathers of birds of prey: effects of molt and external contamination. Environmental Pollution. 124: 429-436.
4. **Massouri, B. and Majnoni, F., 2014.** Comparison of the metal concentrations in organs of two bird species from western of Iran. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 92: 433-439.
5. **Solgi, A., 2017.** Assessing the risk of mercury contamination among meat eaters in Iran and determining individual and environmental factors affecting it. Master thesis of Tarbiat Modares University. 55 p. (In Persian)
6. **Karimi, A., Yazdan Dad, H. and Ismaili, A., 2007.** Investigating the accumulation of heavy metals cadmium, chromium, copper, zinc and iron in *Phalacrocorax carbo*, some organs of the big cormorant in the Anzali lagoon. Journal of Environmental Studies. 33(43): 83-92. (In Persian)
7. **Hosseinpour-Mohamadabadi, Z., Malekian, M. and Mirghaffari, N., 2015.** Bioaccumulation of mercury in aquatic and terrestrial birds in Isfahan province. Journal of Animal Environmental. 6(4): 103-111. (In Persian)
8. **Palma, L., Beja, P., Tavares, P.C. and Monteiro, L.R., 2005.** Spatial variation of mercury levels in nesting Bonelli's eagles from Southwest Portugal: effects of diet composition and prey contamination. Environmental Pollution. 134: 549-557.
9. **Spalding, M.G., Fredrick, P.C., McGill, H.C., Bouton, S.N. and McDowell L.R., 2000.** Methylmercury Accumulation in Tissues and Its Effects on Growth and Appetite in Captive Great Egrets. Journal of Wildlife Diseases. 36(3): 411-422.
10. **Eens, M., Pinxten, R., Verheyen, R.F., Blust, R. and Bervoets, L., 1999.** Great and blue tits as indicators of heavy metal contamination in terrestrial ecosystems. Ecotoxicol Environ. 44: 81-85.
11. **Burger, J. and Gochfeld, M., 2000.** Metal level in feather of 12 species of seabird from Midway Atoll in the Northern Pacific Ocean. The Science of Total Environmental. 257: 37-52.
12. **Brait, C.H.H. and Antoniosi Filho, N.R., 2011.** Use of feathers of feral pigeons (*Columba livia*) as a technique for metal quantification and environmental monitoring. Environ Monit Assess. 179: 457-467.
13. **Solomen, T. and Lodenius, M., 2013.** Feathers of birds of prey as indicators of mercury contamination in southern Finland. Holarctic Ecology. 13: 229-237.
14. **Zulfaghari, Gh., Esmaeili Sari, A., Ghasempouri, M. and Hassanzadeh Kiabi, b., 2004.** Investigating the concentration of mercury in the feathers of 37 species of

Iranian birds: the effect of feeding level, feeding strategy and classification site. Iranian Journal of Marine Sciences. 4(3): 1-11. (In Persian)

15. **Movalli, P.A., 2000.** Heavy metal and other residues in feathers of laggar falcon Falco biarmicus jugger from six districts of Pakistan. Environ Pollut. 109: 267-275.
16. **Ahmadpour, M., Hoseini, H., Mashrofeh, A., SinkaKarimi, M.H., Ghasempouri, S.M., Pourkhabbaz, A.R. and Eskandari, T., 2014.** Assessment of Mercury Concentration in Feathers of Six Species of Waterbirds in Southern Caspian Sea Wetlands, West & Central Asian Ornithological Journal. 8(2): 38-44.
17. **Ghasempouri, M., Esmaeili Sari, A. and Ghasemabadi, A., 2015.** Study of mercury levels in the feathers of 7 types of taxidermies carnivorous birds from the Natural History Museum of Iran, Environmental Protection Organization. The first specialized conference on environmental engineering. 1-6. (In Persian)
18. **Akati, N. and Esmaeili Sari, A., 2016.** The ecological function of birds in monitoring lead pollution in the southwest coast of Iran. The fourth international congress of geographers of the Islamic world. 1-3. (In Persian)
19. **Eslamzadeh, N. and Esmaeili Sari, A., 2017.** Investigating the concentration of lead in the feathers of 21 species of birds in Iran (southwest to Persian Gulf coast), in terms of classification, habitat and feeding level. The second specialized conference on environmental engineering. 22-27. (In Persian)
20. **Houserova, P., Kuban, V., Kracmar, S. and Sitko, J., 2007.** Total Mercury and Mercury Species in Birds and Fish in an Aquati Ecosystem in the Czech Republic. Environmental Pollution. 145: 185-194.
21. **Furtado, R., Pereira, M.E., Granadeiro, J.P. and Catry, P., 2019.** Body feather mercury and arsenic concentrations in five species of seabirds from the Falkland Islands. Marine Pollution Bulletin. 149: 7 p.
22. **Asgharnia, H., Amoui, A., Fallah, S.H. and Mohammadi, A., 2013.** Investigation of the status of solid waste management in the city of Babol. The sixth national conference and the first international conference on waste management. 10-13. (In Persian)
23. **Godshe, S., Bhavna, B. and Geeta, P., 2012.** Quantification and Assessment of Various Environmental Toxicants from Feather of Black Kite (*Milvus Migrans* Govinda): A Preliminary Study. Int J Pharm Bio Sci. 3(4): 465-474.
24. **Azimi, M., 2013.** Locating the landfill site of urban waste (case study: Mazandaran province (Babol city). The first annual conference of the future building. Mazandaran, Sari. 56-60. (In Persian)
25. **Honda, K., Nasu, T. and Tatsukawa, R., 1986.** Seasonal changes in mercury accumulation in the black-eared kite, *Milvus migrans* lineatus. Environ Pollut Ser. 42: 325-334.
26. **Burger, J., Gochfeld, M., Jeitner, C., Snigaroff, D., Snigaroff, R., Stamm, T. and Volz, C., 2007.** Assessment of metals in down feathers of female common eiders and their eggs from the Aleutians: arsenic, cadmium, chromium, lead, manganese, mercury, and selenium. Environ Monit Assess. DOI: 10.1007/s10661-007-9973.
27. **Final Report. 2009.** Existing mercury concentration in csprey and ecological risk assessment environment baselin report lcp 535743, Prepared by Minaskuat Limited Partnership for Newfoundland and Labrador Hydro, Component Studies Aquatic Environment, Report. 3-5.
28. **Barbieri, E., Passos, E.A., Filippini, A., Santos, I.S. and Garcia, C.A.B., 2010.** Assessment of trace metal concentration in feathers of seabird (*Larus dominicanus*) sampled in the Florianópolis, SC, Brazilian coast. Environ Monit Assess. 169: 631-638.
29. **Ravanbakhsh, M.H., Kowalchuk, G.A. and Jousse, A., 2019.** Optimization of plant hormonal balance by microorganisms prevents plant heavy metal accumulation. Journal of Hazardous Materials. https://doi.org/10.1016/ j.jhazmat.
30. **Associates, F., 1989.** Characterization of Products Containing Lead and Cadmium in Municipal Solid Waste in the United States, 1970 to 2000, EPA 530-SW-89-015C.

31. **Eisler, R., 1987.** Mercury hazards to fish wildlife and invertebrates: a synoptic review. US fish and wildlife service biological report. 1(1): 85-86.
32. **Furness, R.W., Johnston, J.L., Love, J.A. and Thompson, D.R., 1989.** Pollution burdens and reproductive success of golden eagles *Aquila chrysaetox* exploiting marine and terrestrial food webs in raptors in the modern world. Berlin: WWGBP. 495-500.
33. **Kim, J. and Oh, J.M., 2012.** Monitoring of heavy metal contaminants using feathers of shorebirds, Korea. J Environ Monit. 14: 651-656.
34. **Houshyari, A., 2013.** Determination of heavy metal contamination in the tissues of the coast egret (*Egretta gularis*) and the Siberian egret (*Larus heuglini*) in the mangrove biosphere reserve. Master's thesis of Birjand University. 38-78. (In Persian)
35. **Calow, P., 1998.** Handbook of ecotoxicology. Imprint: oxford, Blackwell.
36. **Clark, A.J. and Scheuhammer, A.M., 2003**. Lead poisoning in upland foraging birds of prey in Canada. Ecotoxicology. 12: 23-30.
37. **Barbour, E.K., Hamadeh, S.K., Abi Ghanem, D., Haddad, J.J. and Safieh-Garabedian, B., 1998.** Humoral and cell-mediated immunopotentiation in vaccinated chicken layers by thymic hormones and zinc. Vaccine. 16: 1650-1655.
38. **Fox, M.R., Tao, S.H., Stone, C.L. and Fry Jr., B.E., 1984.** Effects of zinc, iron and copper deficiencies on cadmium in tissues of Japanese quail. Environ. Health Perspect. 54: 57-65.
39. **Jacobs, R.M., Jones, A.O., Fox, M.R. and Lener, J., 1983.** Effects of dietary zinc, manganese, and copper on tissue accumulation of cadmium by Japanese quail. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 172: 34-38.
40. **Richards, M.P., Rosebrough, R.W. and Steele, N.C., 1987.** Effects of starvation and refeeding on tissue zinc, copper and iron in turkey poults. J. Nutr. 117: 481-499.
41. **Innangi, M., De Rosa, D., Danise, T., Fozzi, I., Giannotti, M. and MarilenaIzzo, M., 2019.** Analysis of 11 trace elements in flight feathers of Italian Sparrows in southern Italy: A study of bioaccumulation through age classes, variability in three years of sampling, and relations with body condition. Science of The Total Environment. 651(2): 2003-2012.
42. **Blanco, G., Begona. J., Oscar, F., Javier, M. and Jose, A., 2004.** Contamination with nonessential metals from a solid-waste incinerator correlates with nutritional and immunological stress in prefledgling black kites (*Milvus migrans*). Environmental Research. 94: 94-101.
43. **Arjamand, F., 2013.** Bioaccumulation of heavy metals in the food chain of some birds of Dena Biosphere Reserve. Master's thesis, Isfahan University of Technology. 28-41. (In Persian)
44. **Furness, R.W., Muirhead, S.J. and Woodburn, M., 1986.** Using Bird Feathers to Measure Mercury in the Environment: Relationships between Mercury Content and Moult. Marine Pollution Bulletin. 17(1): 27-30.
45. **Buhler, U. and Norheim, G., 1981.** The mercury content in feathers of the Sparrowhawk Accipiter nisus in Norway. Fauna norv. Set. C, Cinclus. 5: 43-46.
46. **Lindberg, P. and Odsjo, T., 1983.** Mercury levels in feathers of Peregrine Falcon *Falco peregrinus* compared with total mercury content in some of its prey species in Sweden. Environ. PoUut. B. 5: 297-318.
47. **Gochfeld, M., 1997.** Factors affecting susceptibility to metals. Environ. Health Perspect. 105: 817-822.
48. **Davodpour, R., Cheraghi, M., Sobhan Ardakani, S., Abdi, N. and Lorestani, B., 2020.** Feasibility study of use of honeybees as a bioindicator for detection of variation trends of heavv metals in the environment. Journal of Animal Environmental. 12(2): 299-310. (In Persian)