بررسی و تعیین میزان فلزات سنگین

(جیوه، کادمیم، سرب، روی، کبالت)

در چند گونه از ماهیان خوراکی تالاب انزلی

(کپور، اردک ماهی، کاراس، فیتوفاگ)

مرجان صادقی راد

مؤسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران

بخش آبشناسی، انستیتو تحقیقات بین‌المللی تاسماهیان دریای خزر - رشت، صندوق پستی ۳۴۶۴-۴۱۶۳۵

چکیده

در این بررسی میزان ۵ فلز سنگین: روی، کبالت، جیوه، سرب و کادمیم در عضله ۴ گونه از ماهیان تالاب انزلی شامل : کاراس (*Carassius auratus*)، کپور (*Cyprinus carpio*)، اردک ماهی (*Esox lucius*) و فیتوفاگ (*Hypophthalmichthys molitrix*) که از مهمترین ماهیان اقتصادی تالاب می‌باشند اندازه‌گیری شده است. اندازه‌گیری عناصر فوق با استفاده از دستگاههای جذب اتمی (دارای شعله جهت روی، کبالت، سرب و کادمیم) و جذب اتمی بدون شعله (بخارات سرد جیوه جهت اندازه‌گیری جیوه) انجام گرفت.

میانگین فلزات سنگین در این بررسی ($x \pm STD$) برای روی ppm ۴/۸۳۰ ± ۱۷/۲۸۰، کادمیم ۰/۰۲۱ ± ۰/۰۲۵، کبالت ۰/۴۸۰ ± ۰/۶۹۳، سرب ۰/۶۰ ± ۱/۰۴ و جیوه ppm ۰/۱۲۰ ± ۰/۳۰۰ (وزن خشک) بدست آمده است. میانگین مقادیر عناصر فوق پایین‌تر از حد مجاز تعیین شده از سوی سازمان بهداشت جهانی می‌باشد. با وجود این بررسی‌ها، لزوم توجه به مسائل زیست محیطی تالاب انزلی را هشدار داده و ضرورت پالایش پس‌آبهای کارخانجات حوزه آبخیز را نشان می‌دهد.

مقدمه

آب به شکلهای مختلف آلوده می‌شود و این آلودگی‌ها زندگی آبزیان بخصوص ماهیان را به مخاطره انداخته، نظم اکولوژیک ماهیان را مختل، وگاهی باعث تلفات بی‌شمار آنان می‌گردد. از جمله آلاینده‌هایی که به دلیل اثرات سمی و ایجاد تجمعات بیولوژیک حائز اهمیت می‌باشند، می‌توان فلزات سنگین را نام برد. اکنون مشخص شده است که این عناصر در زنجیرهٔ غذایی وارد و تجمع زیستی (Bioaccumlation) ایجاد می‌نمایند. امروزه مراکز علمی و فنی جهان توجه بیشتری به شناسایی و بررسی سمیت فلزات سنگین در محیط آبی و بخصوص ماهیان نموده‌اند، دلیل این امر افزایش تواناییهای تکنولوژیک تجزیه مواد با توسعه روشهای طیف بینی جذب اتمی می‌باشد که می‌تواند اثرات زیان‌آور آلودگی فلزات سنگین در محیطهای آبی را به اثبات رساند.

ثبات و پایداری فلزات سنگین در بدن موجودات زنده و انتقال آن به حلقه‌های بعدی زنجیره غذایی در حیات موجودات آبزی بسیار حائز اهمیت می‌باشد (امینی رنجبر ♦ ۱۳۷۳ الف). تجمع فلزات در رودخانه‌های Ystwyth و Rheidol در West Wales به عنوان یک مورد مشخص از آلودگی و نابود کننده ماهیان و جانوران در اوایل سال ۱۹۲۵ مورد توجه قرار گرفت، منشا آلودگی فلزات جدا شده، از معادن متروک بوده است (Jones 1935) و (Carpenter 1924). این دو رودخانه تا اوایل قرن نوزدهم تا زمانی که هنوز ضایعات معادن را به داخل رودخانه تخلیه نکرده بودند از آزاد ماهیان سالمی برخوردار بودند. اما در سال ۱۹۱۹ نشانه‌ای از حیات ماهیان وجود نداشت و فقط وجود اجتماعات کوچک نرم‌تنان گزارش شده بود. معدن سرب در سال ۱۹۲۰ سرانجام بسته شد و از آن به بعد این دو رودخانه دوباره حیاتی نو یافتند. افزایش نرمتنان از ۱۴ دسته به ۱۰۳ دسته در سال ۱۹۳۲ و به ۱۹۱ دسته در سال ۱۹۵۵ در رودخانه Rheidol ارتباط این مسئله را بهتر نشان می‌دهد، گونه‌های از بین رفته نیز دوباره برگشتند (Jones 1949) و (Neville & Howells 1969). علیرغم این گونه وقایع تا زمانی که یک سری از رویدادهای مربوط به مسمومیت‌های انسانی منتهی به مرگ ناشی از کادمیم و جیوه رخ نداده بود، ارتباط آلودگی فلزات سنگین با این قبیل مسائل مورد توجه قرار نگرفت. مسمومیت ناشی از مصرف ماهیان آلوده در انسان برای اولین بار در میناماتای ژاپن اتفاق افتاد، این ناحیه نیمه بسته ساحلی،

فاضلاب کارخانه Chisso Corporation را که در سال ۱۹۰۷ ساخته شده بود دریافت می‌نمود ((Fujiki 1972 & Smith 1972, 1973). موجودات دریایی جزء اصلی غذای مردم میناماتا بود (۲۸۶ گرم ماهی در روز در زمستان و ۴۱۰ گرم در روز در تابستان برای هر نفر). خروجی کارخانه Chisso شامل دامنه وسیعی از فلزات بود. دو سال بعد متیل جیوه جزء ترکیب اصلی بود که در صدفها و لجن فاضلاب کارخانه تشخیص داده شد. تا سال ۱۹۷۵، ۸۰۰ مورد قربانی میناماتا گزارش شد که ۱۰۷ نفر از آنها مردند و بعدها ۲۸۰۰ قربانی دیگر نیز گزارش شد.

در سوئد و کانادا و امریکا مشکلات مهمی در سیستم‌های آبی که بار خروجی کارخانه‌ها را دریافت می‌کردند شناخته شده است. در سال ۱۹۴۷ در ژاپن ۴۴ مورد از بیماری theumatic در دهکده‌های اطراف رودخانه Jintsu گزارش شد، این بیماری با ناهنجاریهای استخوانی همراه با درد ظاهر می‌شد و به دلیل درد سخت و طاقت‌فرسا و ناراحت کننده، این بیماری را itai - itai (اخ - اخ) نامیدند. پس از تحقیقات، این بیماری رسماً به کادمیم نسبت داده شد (Kobayshi 1971). پژوهشهایی که در زمینه آلودگی فلزات سنگین در اکوسیستمهای آبی انجام می‌شود، حداقل از دو دیدگاه ملی قابل بررسی می‌باشند (Pourang 1994):

۱ - سلامتی و بهداشت عمومی: هدف اصلی این قبیل بررسی‌ها، پیشگیری از ابتلاء انسان به امراض و عوارض گوناگون ناشی از استفاده غذایی از آبزیان آلوده به فلزات سنگین می‌باشد.

۲ - حفظ حالت توازن اکوسیستم آبی و جلوگیری از زوال زیستی آنها بواسطه تأثیرات سوء این آلاینده‌ها می‌باشد.

تالاب انزلی زمانی طولانی به عنوان محل تخمریزی و مکان رشد نوزادان مهمترین ماهیان اقتصادی دریای خزر چون ماهی سفید، سیم و سوف از اهمیت بسزایی برخوردار بوده و هم چنین تالاب از نقطه نظر حیات وحش دارای اهمیت بین‌المللی می‌باشد (منوری ۱۳۶۹). برای اعاده نقش تالاب به مثابه محل تخمریزی و زایش و پرورش نوزادان ماهیان مهاجر و با اهمیت اقتصادی، باید به یک استراتژی نائل گردید که اهداف آن بر پایه اصول حاکم بر حوزه آبخیز تالاب استوار باشد. یعنی بر مبنای تعیین کمی و دقیق بار رسوبی، مواد ارگانیک، مواد مغذی، فلزات سنگین و بار آفت‌کشها که در حوزه آبخیز ایجاد و از طریق شبکه رودخانه‌های وسیع وارد تالاب

می‌شوند (اولا ۱۹۹۰). با توجه به دیدگاه اول در زمینه آلودگی فلزات سنگین و اهمیت تالاب به عنوان یک منبع صید و امرار معاش صیادان و تأمین بخشی از پروتئین حیوانی با ارزش و نیز ورود پس مانده‌های صنعتی به این اکوسیستم و در پی بررسی‌های انجام شده بر روی فلزات سنگین در آب (نوروز اصل ۱۳۷۲) و رسوبات تالاب انزلی (امینی رنجبر ۱۳۷۳ ب)، بر آن شدیم که به بررسی میزان عناصر جیوه، کادمیم، سرب، روی و کبالت در ماهی کاراس (*Carassius auratus*)، کپور (*Cyprinus carpio*)، فیتوفاگ (*Hypophthalmichthys molitrix*) و اردک ماهی (*Esox lucius*) بپردازیم که از مهمترین ماهیان اقتصادی تالاب انزلی بوده و هر کدام سطح غذایی ویژه‌ای را دارا می‌باشند. کپور و کاراس بیشتر کفزی‌خوار و نیز همه‌چیزخوار، فیتوفاگ یک ماهی فیتوپلانکتون‌خوار و اردک ماهی گوشتخوار (شکارچی) است.

مواد و روشها

منطقه مورد بررسی :

تالاب انزلی با مساحتی حدود ۲۱۸ کیلومترمربع در جنوب دریای خزر (´۲۸ ´۳۷ عرض شمالی و ´۲۵ ´۴۹ طول شرقی) در استان گیلان واقع شده و به چهار بخش شرقی، مرکزی، غربی و سیاه کشیم که در جنوب بخش غربی قرار گرفته تقسیم می‌گردد (Nezami 1993). نمونه‌های مورد مطالعه در این پروژه در سال ۱۳۷۲ از سه منطقه غرب، پیربازار و شیجان (شرقی) صید شده و از منطقه سیاه‌کشیم به دلیل عدم وجود گونه‌های مورد مطالعه نمونه‌برداری انجام نشد.

نمونه‌گیری و آماده‌سازی نمونه‌ها :

در این بررسی تعداد ۶۷ نمونه ماهی شامل کپور ماهیان ۳ تا ۸ ساله با دامنه طولی ۳۱ تا ۵۹/۲ سانتیمتر، کاراس‌های ۳ تا ۶ ساله با دامنه طولی ۲۱ تا ۳۳/۲ سانتیمتر، اردک ماهی‌های ۳ تا ۷ ساله با دامنه طولی ۳۰/۴ تا ۶۹/۵ سانتیمتر و فیتوفاگ‌های ۱ تا ۳ ساله با دامنه طولی ۲۹ تا ۵۱/۸ سانتیمتر مورد مطالعه قرار گرفتند.

صید نمونه‌ها بوسیله دستگاه صید الکتریکی (Electroshocker) انجام و در دمای ۱۷- درجه

سانتیگراد منجمد و جهت آزمایش نگه‌داری شدند. گوشت نمونه‌های مورد آزمایش با استفاده از کارد استیل بر طبق استاندارد (UNEP , 1984) جدا و در مخلوط کن با تیغه استیل مخلوط شد و جهت خشک نمودن و تعیین درصد آب در خشک کن (فور) در دمای ۱۰۵ درجه تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شد. (کلیه وسایل و ظرفهای استفاده شده بوسیله اسید نیتریک ۱۰٪ شستشو داده شدند).

برای اندازه‌گیری سرب، روی، کادمیم و کبالت از روش هضم اسیدی براساس وزن خشک (Dry Weight) و جهت اندازه‌گیری جیوه از روش هضم تر (Wet Digestion) استفاده شد (Welz & Melcher , 1984) و (قاضی عسگر ۱۳۶۶). به منظور اندازه‌گیری عناصر سرب، روی، کادمیم و کبالت در نمونه‌ها از دستگاه جذب اتمی با شعله (FAAS مدل Shimadzu AA-680) و برای جیوه از دستگاه اندازه‌گیری بدون شعله (Flamless مدل Shimadzu MVU-IA) استفاده شد. به منظور تهیه محلول‌های استاندارد از آمپول‌های تیترازول ترکیبات عناصر فوق با درجه خلوص بالا از کارخانه Merck آلمان استفاده شد که محلول‌های استاندارد مصرفی از استاندارد مادر با غلظت ppm ۱۰۰۰ تهیه گردید. اندازه‌گیری‌های نهایی عناصر در نمونه‌ها با استفاده از روش منحنی استاندارد (مستقیم Direct) و دستورالعمل دستگاههای فوق و شرایط آورده شده در جدول ذیل صورت گرفته است :

جدول شماره ۱ : شرایط دستگاه برای اندازه‌گیری فلزات سنگین مورد مطالعه

فلز	طول موج (nm)	پهنای شکاف (nm)	شعله
Zn	213.9	0.5	AIR/C2H2
Pb	217	0.3	AIR/C2H2
Cd	228.3	0.3	AIR/C2H2
Co	240	0.15	AIR/C2H2
Hg	253.7	0.7	---

روشهای آماری :

در محاسبات آماری انجام شده از نرم‌افزارهای Explore , Quatropro و Statgraphic استفاده گردید. بررسی آماری نتایج با احتمال P< ۰/۰۵ به شرح ذیل بوده است :

- پردازش داده‌ها جهت تطابق یا عدم تطابق با توزیع نرمال (Goodness of Fit trst)
- اعمال قضیه حد مرکزی (Central limit theorem)
- آنالیز یک طرفه (ANOVA) جهت بررسی میانگین تجمع فلزات در جنس‌های مختلف و آنالیز چند طرفه جهت بررسی میانگین تجمع فلزات در ماهی‌های بررسی شده براساس مناطق و نوع رژیم غذایی
- بدست آوردن گروههای یکسان براساس میانگین تجمع فلزات با توجه به آزمون توکی

نتایج و بحث

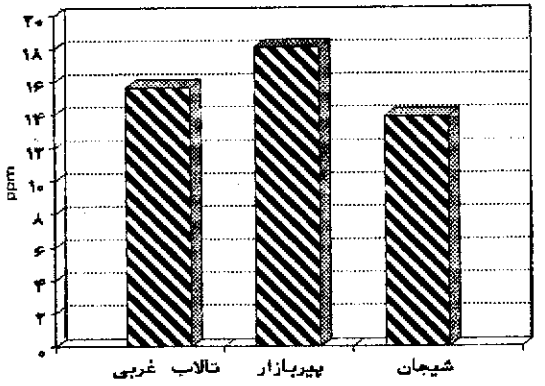
نمودارهای شماره ۱ تا ۱۰ میانگین فلزات جیوه، کادمیم، سرب، روی و کبالت را در سه منطقه مورد بررسی و همچنین چهار گونه ماهی متفاوت نشان می‌دهند.

میانگین فلز روی در ماهی‌های بررسی شده برابر ppm ۴/۸۳۰ ± ۱۷/۲۸۰ (X±STD) وزن خشک، بیشترین آن ppm ۲۷/۹۸۰ و کمترین آن ppm ۵/۳۹۰ وزن خشک بود. ماهیان منطقه پیربازار با میانگین ppm ۱۸/۰۴۶ و از میان گونه‌های مختلف اردک ماهی با ppm ۲۷/۹۸۰ وزن خشک بالاترین میزان را به خود اختصاص دادند.

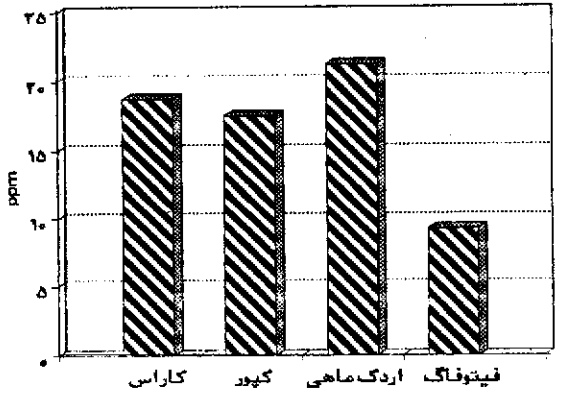
مقدار روی اندازه‌گیری شده در ۱۵ گونه از ماهیان همه چیزخوار و گوشتخوار که از مناطق صنعتی و کشاورزی دریاچه بزرگ امریکا (Great Lake USA) صید شده بودند معادل ppm ۱۶ تا ۸۲ و ppm ۳ تا ۹ وزن تر گزارش شده است. (Moore & Ramamoorthy 1984) آزمونهای آماری نشان داد که میانگین فلز روی در گونه‌های ماهیان، رژیم غذایی متفاوت و مناطق مختلف دارای اختلاف معنی‌دار بودند.

میزان روی در ماهیان منطقه پیربازار با میانگین ppm ۱۸/۰۴۶ (وزن خشک) نسبت به دو منطقه دیگر دارای تفاوت معنی‌دار بود و ماهیان دو منطقه شیجان و حوضچه غربی از این نظر در

گروههای یکسان قرار داشتند. ماهیان همه چیزخوار (کپور و کاراس) و گوشتخوار (اردک ماهی) به ترتیب با میانگین‌های ppm ۱۸/۰۵۰ و ppm ۲۰/۰۸ وزن خشک در یک گروه بوده و تفاوت معنی‌داری با ماهیان فیتوپلانکتون‌خوار با میانگین ۹/۴۲ نشان دادند.



نمودار ۱ : میانگین فلز روی در ماهی‌های مختلف سه منطقه تالاب انزلی (سال ۱۳۷۲)

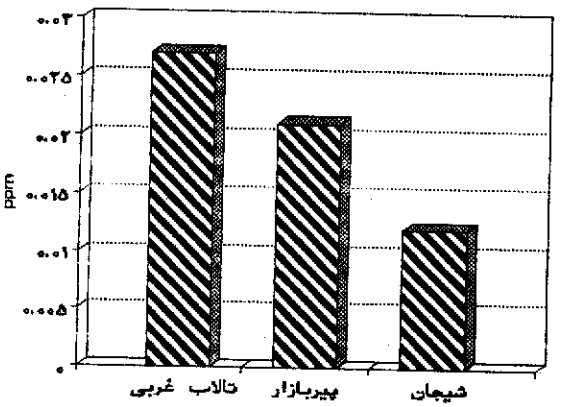


نمودار ۲ : میانگین فلز روی در چهار نوع ماهی مختلف تالاب انزلی (سال ۱۳۷۲)

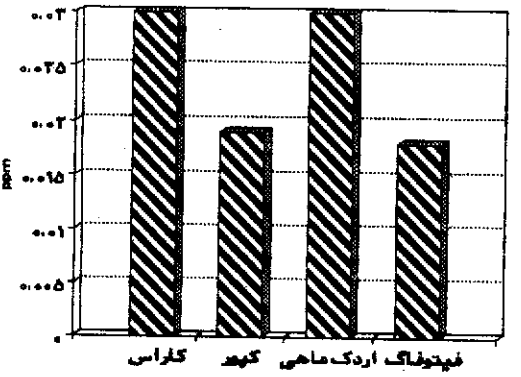
میانگین کادمیم در ماهیان بررسی شده برابر با ppm ۰/۰۲۰ ± ۰/۰۲۵ وزن خشک و ماکزیمم کادمیم ثبت شده برابر ppm ۰/۰۸۵ وزن خشک بوده است. منطقه تالاب غرب با میانگین ppm ۰/۰۳ بالاترین میزان کادمیم را به خود اختصاص داده است. در بررسی تجربی که از ماهیان آلوده بدست آمده، توزیع کادمیم در عضله، کبد، کلیه، آبشش، استخوان و پوست بترتیب ۱/۲، ۴۳/۴، ۱/۶، ۶/۹، ۱۱/۳، ۸ و ۶/۹ و بقیه اعضا ۲۷/۸ درصد بوده است (Edgren & Notter 1980).

در بررسی حاضر میانگین میزان فلز کادمیم در گونه‌های مورد بررسی در مناطق مختلف و با رژیم‌های غذایی مختلف تفاوت معنی‌داری نداشت.

کمیسیون غذایی سازمان بهداشت جهانی (WHO) حد آستانه مجاز کادمیم در ماهی‌ها را ۰/۱ توصیه کرده است. با توجه به میزان فوق میانگین فلز کادمیم در گوشت ماهیان مورد آزمایش پایین‌تر از حد مجاز بوده است.



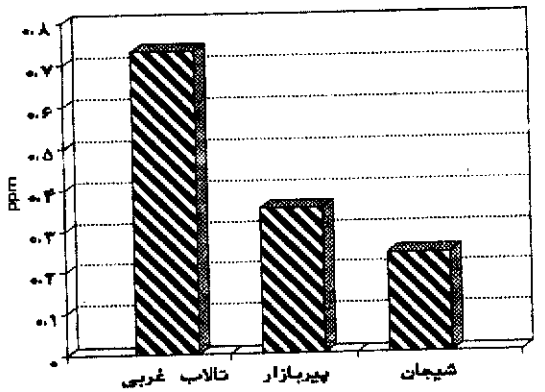
نمودار ۳: میانگین فلز کادمیم در ماهی‌های مختلف سه منطقه تالاب انزلی (سال ۱۳۷۲)



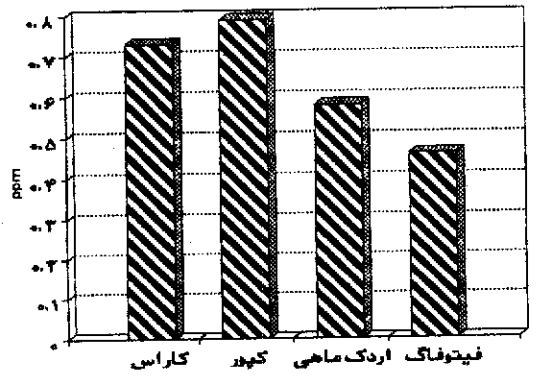
نمودار۴ : میانگین فلز کادمیم در چهار نوع ماهی مختلف تالاب انزلی (سال ۱۳۷۲)

میانگین فلز کبالت در ماهی‌های بررسی شده برابر ppm ۰/۴۸ ± ۰/۶۹ (وزن خشک) و حداکثر مقدار ثبت شده ppm ۱/۸۷ (وزن خشک) بود. ماهیان منطقه غربی با میانگین ppm ۰/۷۳ و ماهی کپور با ppm ۰/۷۹ بالاترین میزان فلز کبالت را به خود اختصاص دادند. میزان کبالت در ماهیان منطقه تالاب غربی بیشتر از دو منطقه دیگر بوده و در گونه‌های مختلف بررسی شده تفاوت معنی‌داری از نظر میزان فلز کبالت بدست نیامد.

در اندازه‌گیری‌های انجام شده بر روی ماهیان سیم و اردک ماهی در Kremenchug Reservoir میزان کبالت در ماهی سیم کمترین مقدار ppm ۰/۰۰ ± ۰/۰۰ در کبد، قبل از تخمریزی و بیشترین آن در ماهیچه معادل ppm ۰/۰۰ ± ۰/۴۵ بدست آمده است. در اردک ماهی کمترین مقدار در ماهیچه بعد از تخمریزی معادل ppm ۰/۰۳ ± ۰/۰۵ و بیشترین مقدار ppm ۰/۰۰ ± ۰/۷۰ در دوره قبل از تخمریزی بوده است (Karasin 1991 و Malyarevskaya).



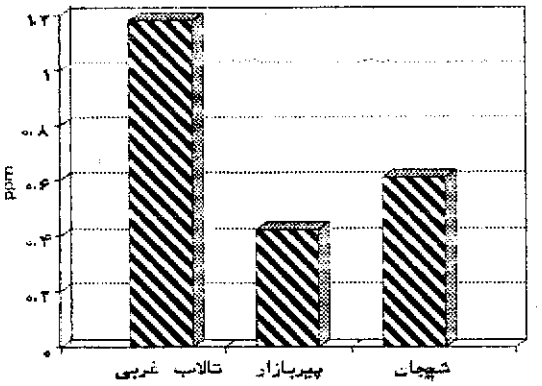
نمودار ۵: میانگین فلز کبالت در ماهی‌های مختلف سه منطقه تالاب انزلی (سال ۱۳۷۲)



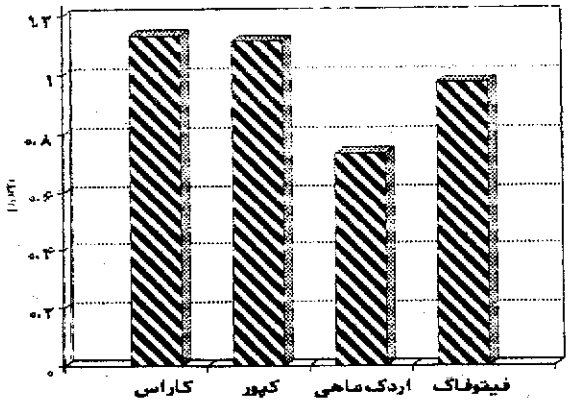
نمودار ۶: میانگین فلز کبالت در چهار نوع ماهی مختلف تالاب انزلی (سال ۱۳۷۲)

میانگین میزان سرب در ماهی‌های بررسی شده برابر ppm ۰/۶۰ ± ۱/۰۴ (وزن خشک)، بیشترین مقدار آن ppm ۲/۹۶ و کمترین میزان ppm ۰/۰۶ بود. ماهیان منطقه تالاب غرب با میانگین ppm ۱/۱۸۷ و ماهی کاراس با ppm ۱/۱۳ بالاترین میزان فلز سرب را به خود اختصاص

دادند. اختلاف معنی‌داری بین ماهیان منطقه غربی که بیشتر مقدار انباشت را داشته و دو منطقه دیگر وجود داشت، اما بین ماهیان دو منطقه پیربازار و شیجان تفاوت معنی‌دار وجود نداشت. حداکثر مقدار مجاز سرب در مواد غذایی مورد مصرف انسان ppm ۲/۵ وزن خشک و در گوشت ماهی ppm ۰/۳۰ وزن تر ذکر شده است (Mason 1991). میانگین مقادیر سرب بدست آمده در این بررسی در آستانه این مقدار قرار دارد.



نمودار ۷: میانگین فلز سرب در ماهی‌های مختلف سه منطقه تالاب انزلی (سال ۱۳۷۲)

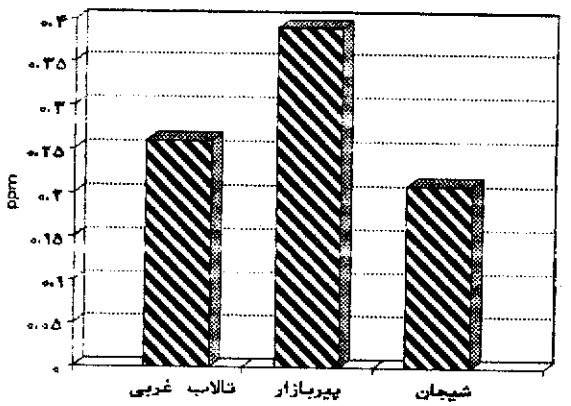


نمودار ۸: میانگین فلز سرب در چهار نوع ماهی مختلف تالاب انزلی (سال ۱۳۷۲)

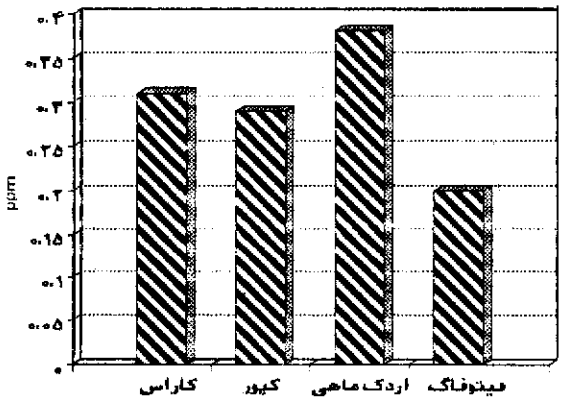
میانگین میزان جیوه در ماهی‌های بررسی شده برابر ppm ۰/۱۲ ± ۰/۳۰ وزن خشک، بیشترین آن ppm ۰/۶۲ و کمترین آن ppm ۰/۱۱۳ وزن خشک بود.

ماهیان منطقه پیربازار با میانگین ppm ۰/۳۹ و اردک ماهی با میانگین ppm ۰/۳۸ وزن خشک، بالاترین میزان فلز جیوه را به خود اختصاص دادند. میانگین میزان جیوه در مناطق و گونه‌های مختلف دارای تفاوت معنی‌دار بود. میزان فلز جیوه در ماهی‌های منطقه پیربازار بیشترین مقدار بوده و نسبت به مناطق دیگر دارای تفاوت معنی‌دار بوده و کپور و کاراس به ترتیب با میانگین‌های ppm ۰/۲۹ و ppm ۰/۳۱ در یک گروه یکسان قرار داشتند. حد مجاز جیوه در گوشت ماهی ppm ۰/۵ می‌باشد که میانگین میزان جیوه در سه منطقه مورد بررسی در تالاب انزلی از حد مجاز کمتر است. ماکزیمم جیوه بدست آمده (ppm ۰/۶۲۳) از اردک ماهی ۶ ساله مربوط به منطقه پیربازار، مقدار هشدار دهنده در این بررسی می‌باشد. میانگین جیوه در یک گونه از کوسه ماهیان خلیج فارس ppm ۰/۰۲۳ ± ۰/۱۹ بدست آمده است (امینی ، ۱۳۷۳ الف). بنابراین میزان انباشت جیوه در ماهیان تالاب انزلی بیش از کوسه ماهی مذکور می‌باشد.

مطالعات نشان داده‌اند میزان جیوه در اعضای داخلی بدن بیشتر از بافت عضله است، برای مثال اندازه‌گیری نسبت جیوه موجود در عضله به کبد در ماهیان دریای سیاه مقدار ۱/۴:۱ را نشان داده است (Mackay et al. 1975). در ماهیان نیز مانند بی‌مهرگان نوع آلی جیوه سریعتر از نوع معدنی آن جذب می‌شود، میزان جذب سطحی جیوه اصولاً به دما بستگی دارد (Macleod & Pessah 1973). نیمه عمر متیل جیوه از طولانی‌ترین نیمه عمرهای شناخته شده برای فلزات می‌باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که میزان دفع جیوه به درجه حرارت و میزان متابولیسم بستگی ندارد (Jarvenpaa et al. 1970). بررسی‌های دیگر نشان می‌دهد که رسوبات و جلبکها منبع اصلی جیوه برای بی‌مهرگان گیاهخوار و ماهیان می‌باشند (Moore & Ramamoorthy 1984).



نمودار ۹ : میانگین فلز جیوه در ماهی‌های مختلف سه منطقه تالاب انزلی (سال ۱۳۷۲)



نمودار ۱۰ : میانگین فلز جیوه در چهار نوع ماهی مختلف تالاب انزلی (سال ۱۳۷۲)

با توجه به نتایج بدست آمده از این مطالعات برای جلوگیری از پیشرفت آلودگی کارخانجات حوزه آبخیز تالاب انزلی بایستی ملزم به نصب سیستم تصفیه پسابهای خود شوند، چرا که این پسابها حیات آبزیان تالاب را دچار مخاطره کرده و نهایتاً این بارهای آلودگی از طریق زنجیره غذایی به انسان منتقل می‌شود.

با توجه به اینکه تشخیص وجود آلودگی‌های ناشی از تجمع فلزات سنگین در محیطهای آبی، رسوبات، گوشت و سایر اعضای بدن آبزیان فقط از طریق آزمایشات مربوطه قابل بررسی می‌باشد، باید کیفیت ماهیان مورد مصرف انسان بطور دائم کنترل شود.

تشکر و قدردانی

با تشکر فراوان از مهندس فریبرز جمالزاد و کلیه همکاران ایستگاه تالاب و مسئولین محترم مرکز تحقیقات گیلان و سایر همکارانی که به نحوی در انجام این پروژه همکاری داشته‌اند همچنین با تشکر از مرکز تحقیقات شیلاتی مازندران، بخش تکنولوژی فرآورده‌های شیلاتی، بخصوص مهندس غلام‌پور که در موارد خاص همکاری صمیمانه داشته‌اند، همچنین از برادران مهندس کریمپور و مهندس حسین‌پور که در تدوین مقاله اینجانب را راهنمایی نمودند سپاس فراوان دارم.

منابع

امینی رنجبر غ.، ۱۳۷۳ الف. تعیین میزان جیوه در یک گونه از کوسه ماهیان خلیج فارس. مجله علمی شیلات ایران، سال سوم شماره ۲، سازمان تحقیقات و آموزش شیلات ایران، تهران

امینی رنجبر غ.، ۱۳۷۳ ب. بررسی میزان تجمع فلزات سنگین در رسوبات تالاب انزلی. مجله علمی شیلات ایران، سال سوم، شماره ۳، مؤسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران، تهران

اولا یانوش، ۱۹۹۰. آلودگی ناشی از فضولات خانگی (شهری) کشاورزی، صنعتی و طبیعی، ساختار و نقش تالاب انزلی در مقابل آنها، سند شماره ۲، مرکز تحقیقات شیلاتی

استان گیلان،بندر انزلی

قاضی عسگر م.، ۱۳۶۶. تعیین کمی و کیفی عناصر سنگین و سمی در ماهیهای پرورشی در فاضلاب تصفیه شده و مقایسه آنها با ماهیهای دیگر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه مازندران، مرکز تحقیقاتی و آموزشی شیمی

نوروزاصل ر.، ۱۳۷۲. مطالعه فلزات سنگین در تالاب انزلی به روش اسپکتروسکپی جذب اتمی و کرماتوگرافی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پایه، تهران

Carpenter K., 1924. A study of fauna of rivers polluted by lead mining on the Aberystwyth district of Cardiganshire Annals applied Biology. 11:1-23

Edgren M. and et al., 1980. Cadmium uptake by fingerling of perch (*Perca fluviatilis*) studied by Cd-115m at two different temperatures. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicity. 24:647-651

Fujiki M., 1972. The transitional condition of Minamata Bay and the neighbouring sea polluted by factory waste water containing mercury. In:6th International Conference on Water Pollution Research, Jerusalem, paper No.12

Jarvenpaa T. and et. al., 1970. Methylmercury: half-time of elimination in flounder, pike and eel. Suomen Kemistilehti B 43:439-442

Jones, J.R.E., 1935. The toxic action of heavy metal salt on the three spind stickleback (*Gasterosteus aculeatus*). Jour. Expt. Biol.

Jones, J.R.E., 1949. An ecological study of river Rheidol, North Cardiganshire, Wals. J. Animal Ecol. 18:67-88

Kobayshi J., 1971. Relation between the Itai-Itai disease and the pollution of river water by cadmium from a mine. In Advances Water Research, Proceedings of the 5th International Conference, San Francisco

Mackay N.J. and et. al., 1975. Selenium and heavy metals in black marlin. Marine Pollution Bulletin 6:57-60

Macleod J.C. and et al., 1973. Temperature effects on mercury accumulation

toxicity and metabolic rate in rainbow trout (*Salmo gaidneri*). Journal of the Fisheries Research Board of Canada 30:485-492

Malyarevskaya A. Ya. and et al., 1991. Determination of Co, Zn and Hg in Bream, Pike and Roach in the Kremenchug Reservoir. Journal of Fish Biology Jan. Vol. 12, pp:111-124.

Mason C.F., 1991. Biology of freshwaterpollution. Second edition Longman Scientific & Technical

Moore J.W. and Ramamoorthy S., 1984. Heavy Metals in Natural Waters. Spring-Verlag, Nre York Inc.

Nezami B.S.A., 1993. Nutrient load, community structure and metabolism in the eutrophying Anzali Lagoon Iran. Ph.D. thesis. L. Kossuth University and Fish Culture Research Istitute. Debrecen-Szarvas Hungary. 139 pp.

Neville Jones A. and et. al., 1969. Recovery of the River Rheidol Effluent and Water Treat J.9(11):605-610

Pourang N. 1994. Heavy metal accumulation in different tissues of two fish species with regards to their feeding habits and trophic levels. Environmental Monitoring Assessment 35:207-219

Smith W.E. and et. al., 1972,1973. Minamata. New York Holt, Rinehart and Winston, 192pp.

UNEP, 1984. Sampling of Selected Marine Organisms and Sample Preparation for Trace Metal Analysis, No.7 Rev. 2.19

Welz B. and Melcher M., 1984. Decomposition of marine biological tissues for determination of Arsenic, Selenium, and Mercury using Hydride Generation and Cold-Vapor Atomic Absorption Spectrometries. American Chemical Society.