بررسی فلزات سنگین (مس، سرب،کادمیوم و روی) آب در مراحل مختلف تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری مجتمع شهید دکتر بهشتی

عما ارشد*[۱]، مرجان صادقی راد[۱]، علیرضا علی‌اکبر[۲]، فروزان چوبیان[۱]

۱- موسسه تحقیقات بین المللی ماهیان خاویاری دکتر دادمان، بخش اکولوژی، رشت، ایران، صندوق‌پستی: ۳۴۶۴-۴۱۶۳۵

۲- دانشگاه گیلان، دانشکده علوم پایه، گروه شیمی، رشت، ایران، صندوق پستی: ۴۱۳۳۴-۱۹۱۴

تاریخ دریافت: ۱۷ دی ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: ۱۶ اردیبهشت ۱۳۹۳

چکیده

با توجه به تأمین آب کارگاه تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری دکتر شهید بهشتی از طریق رودخانه سفیدرود و امکان آلودگی آب مورد استفاده کارگاه به فلزات سنگین از طریق پساب‌ها و زهاب‌های کشاورزی، اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین روی، مس، کادمیوم و سرب آب در مراحل مختلف تکثیر و پرورش انجام شد. بررسی غلظت فلزات سنگین (مس، روی، کادمیوم و سرب) درآب در مراحل مختلف تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری در کارگاه شهید بهشتی انجام شد. نمونه‌های آب از استخر مادر (ورودی و خروجی)، استخر کورانسکی، سالن انکوباسیون، حوضچه‌های ونیرو، استخرهای خاکی پرورشی و در محل رهاکرد بچه ماهیان (مصب رودخانه) جمع‌آوری گردید. غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های آب با استفاده از روش جذب اتمی اندازه‌گیری شد. در بین ۴ فلز سنگین عنصر روی با غلظت ppb ۳/۶ ±۳۶/۰ بالاترین غلظت را درآب ورودی استخر مادر داشته است و کمترین مقدار به‌دست آمده برای این عنصر ppb ۰/۲۶ ±۰/۹۸ بوده است. اما حداکثر و حداقل غلظت فلز مس به ترتیب ppb ۱/۱۸±۱۰/۵ و ppb ۰/۲۶±۰/۶۵، سرب ۱/۱۹ ± ۹/۳۳ و ppb ۰/۰۱ ±۱۵/ و کادمیوم در مراحل مختلف نمونه‌برداری ppb ۰/۰۱۹ ± ۰/۱۱۶ و ppb ۰/۰۰۳ ±۰/۰۱۶ ثبت گردید. اگرچه نتایج حاصل بیانگر وجود فلزات سنگین در آب مجتمع شهید بهشتی می‌باشد، اما این بررسی نشان دادکه مقدار غلظت‌های آن‌ها پائین‌تر از حد مجاز برای این آلاینده‌ها در آب کارگاه تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری بوده است.

کلمات کلیدی: ماهی خاویاری، فلزات سنگین، انکوباسیون، حوضچه‌های ونیرو، استخرهای خاکی.

* عهده‌دار مکاتبات (✉). umenon94@yahoo.com

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1393.8.2.1.9]

مقدمه

اثرات آلاینده‌ها علاوه بر نوع و سطح آلاینده در محیط (هوا، آب و رسوبات) به عکس‌العمل موجودات در مراحل مختلف رشد آن‌ها و همچنین تأثیر متقابل بین موجود و محیط بستگی دارد.

به‌عنوان مثال عواقب اثرات آلاینده‌ها در سلول‌های در حال رشد در مقایسه با سلول‌های سوماتیک شدیدتر خواهد بود. در مراحل جنینی و لاروی، موجودات به دلیل جثه کوچک‌تر در مقابل آلاینده‌ها حساس‌تر می‌باشند. سلامت، سن، وضعیت تغذیه‌ای و تولیدمثلی موجودات نیز بر عکس‌العمل آن‌ها نسبت به آلودگی تأثیرگذار می‌باشد (Lawrence and Hemingway, 2003).

یک بررسی گسترده از غلظت‌های فلزات سنگین درآب، رسوب و موجودات استخرها و دریاچه‌ها به‌وسیله Nriagu (۱۹۷۹) انجام شد و مشخص گردید که فلزات سنگین اثرات مختلفی مانند کاهش رشد، تغییر رفتار، تغییرات ژنتیکی و مرگ‌ومیر در آبزیان را باعث می‌شوند. این اثرات سبب زوال زیستی آبزیان می‌گردد. پژوهش‌های مشابه‌ای از اثرات فلزات سنگین در رودخانه‌ها موجود می‌باشد (Mason,1981; Dixit and Witcomb, 1983; Barak and Mason,1989).

ماهیان خاویاری از جمله آبزیانی هستند که تحت تأثیرآلاینده‌های وارده به دریای خزر می‌باشند. این گونه‌ها ازگرانبهاترین ماهیان اقتصادی دریای خزر محسوب می‌شوند که مشکل حفاظت از آن‌ها از طرق مختلف بایستی مورد بررسی قرار گیرد. هر چند غلظت فلزات سنگین در تاسماهیان دریای خزر پایین و مشابه ماهیان آب شیرین است، اما غلظت این فلزات در تاسماهیان بالاتر از ماهیان دریایی است. گزارش Khodorevskaya و همکاران (۱۹۹۷) بیانگر آن است که آتروفی ماهیچه و اختلال در رشد گناد تاسماهیان در اثر افزایش سطوح آلودگی در دریای خزر بوجود آمده است.

در دهه‌های اخیر سطح آلاینده‌ها در دریای خزر به دلیل فشارهای ناشی از فعالیت‌های انسانی در اکوسیستم دریایی و ساحلی افزایش یافته است. ۵٪ ازکل آبی که وارد دریای خزر می‌شود، از طریق ۱۲۸ رودخانه در سواحل ایران تأمین می‌شودکه حدود ۳۶ رشته از آن‌ها به عنوان رودخانه‌های اصلی حوزه آبی می‌باشند. میانگین کل جریان‌های رودخانه‌ها بیش از ۶ ۱۰× ۱۶۸۳۹ متر مکعب است. از آنجایی‌که بیش از ۹۰ درصد آلودگی‌های دریاها از طریق رودخانه‌ها می‌باشد(Anon, 1998) بنابراین مطالعات مستمر رودخانه‌ها علاوه بر اطلاع از چرخه هیدرولیکی آن‌ها، تأمین کننده تخمین بارآلودگی وارده به دریا نیز می‌باشد(صادقی راد،۱۳۸۴).

به‌طورکلی مطالعه رودخانه‌های سواحل دریای خزر از سه جنبه حائز اهمیت است: اول اینکه رودها تأمین کننده اصلی آب دریای خزر می‌باشند که کاهش یا افزایش حجم آبی وارده در انتقال مواد بیوژن و حاصلخیزی دریا تأثیر بسزائی دارد، ثانیاً به دلیل رود کوچ بودن اکثر ماهیان، رودخانه‌ها زایشگاه و محل تکثیر و تولید مثل آن‌ها محسوب می‌شوند که تغییرات دهه‌های اخیر در مهار آب‌ها و استفاده ازآن برای مصارف کشاورزی و صنعتی سبب تخریب بسیاری از مکان‌های تخم ریزی وکاهش زادآوری طبیعی ماهیان (از جمله ماهیان اقتصادی خاویاری) خزر گردیده است. همچنین امروزه با کاهش شدید ذخایر ماهیان خاویاری در جهان علی‌الخصوص در دریای

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1393.8.2.1.9]

خزر نیاز به تکثیر و پرورش هرچه بیشتر این ماهیان احساس می‌شود که رودخانه‌ها باید محل‌های امن و مناسبی برای رها کرد بچه ماهیان باشند (Jenkins, 2001).

یکی از محورهای اساسی در حفظ ذخایر، توسعه تکثیر مصنوعی و پرورش گونه‌های بومی و تأمین بچه ماهی مقاوم در شرایط پرورشی مطلوب و تغذیه مناسب در دوره نوزادی و انگشت قد، در نهایت افزایش وزن رهاسازی به دریا می‌باشد. امروزه اغلب متخصصین معتقدند که ذخایر فعلی وابسته به تکثیر و پرورش مصنوعی این ماهیان در شرایط مناسب و کنترل شده است. لذا محیط پرورشی مناسب، عامل مهمی در جهت افزایش مقاومت و بازماندگی لاروها و بچه ماهیان در دوره تکثیر و پرورش است.

با توجه به تأمین آب کارگاه تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری دکتر شهید بهشتی از طریق رودخانه سفیدرود و امکان آلودگی آب مورد استفاده کارگاه به فلزات سنگین از طریق پساب‌ها و زهاب‌های کشاورزی، اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین روی، مس، کادمیوم و سرب آب در مراحل مختلف تکثیر و پرورش انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی آلاینده‌ها (فلزات سنگین) در آب بخش‌های مختلف مجتمع تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری شهید بهشتی، نمونه‌برداری از آب استخر مادر (دو نقطه ورودی و خروجی)، استخرکورنسکی، انکوباتورها، حوضچه‌های ونیرو، استخرهای پرورشی بچه ماهیان مجتمع تکثیر و پرورش شهید بهشتی و همچنین محل رهاکرد آن‌ها در رودخانه سفیدرود انجام شد (شکل ۱).

در طی نمونه‌برداری فاکتورهای pH، دمای آب و هوا ثبت گردید و سپس حدود ۵۰ لیترآب جهت اندازه گیری فلزات سنگین (مس، کادمیوم، سرب و روی) در ظرف‌های پلاستیکی جمع‌آوری و به آزمایشگاه انتقال داده شد.

جهت تعیین فلزات سنگین ۳ لیتر آب از هر نمونه، با روش حرارت دهی خیلی ملایم (حدود ۱۵ ساعت) به ۱۰ میلی لیتر تغلیظ شدند. غلظت فلزات سنگین از طریق اندازه‌گیری به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی FAAS-Varian AA- ۲۲۰ انجام شد (حد تشخیص دستگاه برای سرب ppm ۲۵-۰/۳ ، مس ppm ۱۵-۰/۱ و کادمیوم ppm ۳-۰/۰۳ به‌دست آمد). استانداردهای هر فلز به‌طور جداگانه تهیه و با استفاده از لامپ مخصوص هر فلز در دستگاه، منحنی استاندارد تهیه و سپس نمونه‌ها به‌طور جداگانه به دستگاه تزریق شدند. آنگاه با استفاده از معادله منحنی استاندارد، غلظت فلزات در نمونه‌ها به‌دست آمد (ASTM, 1996).

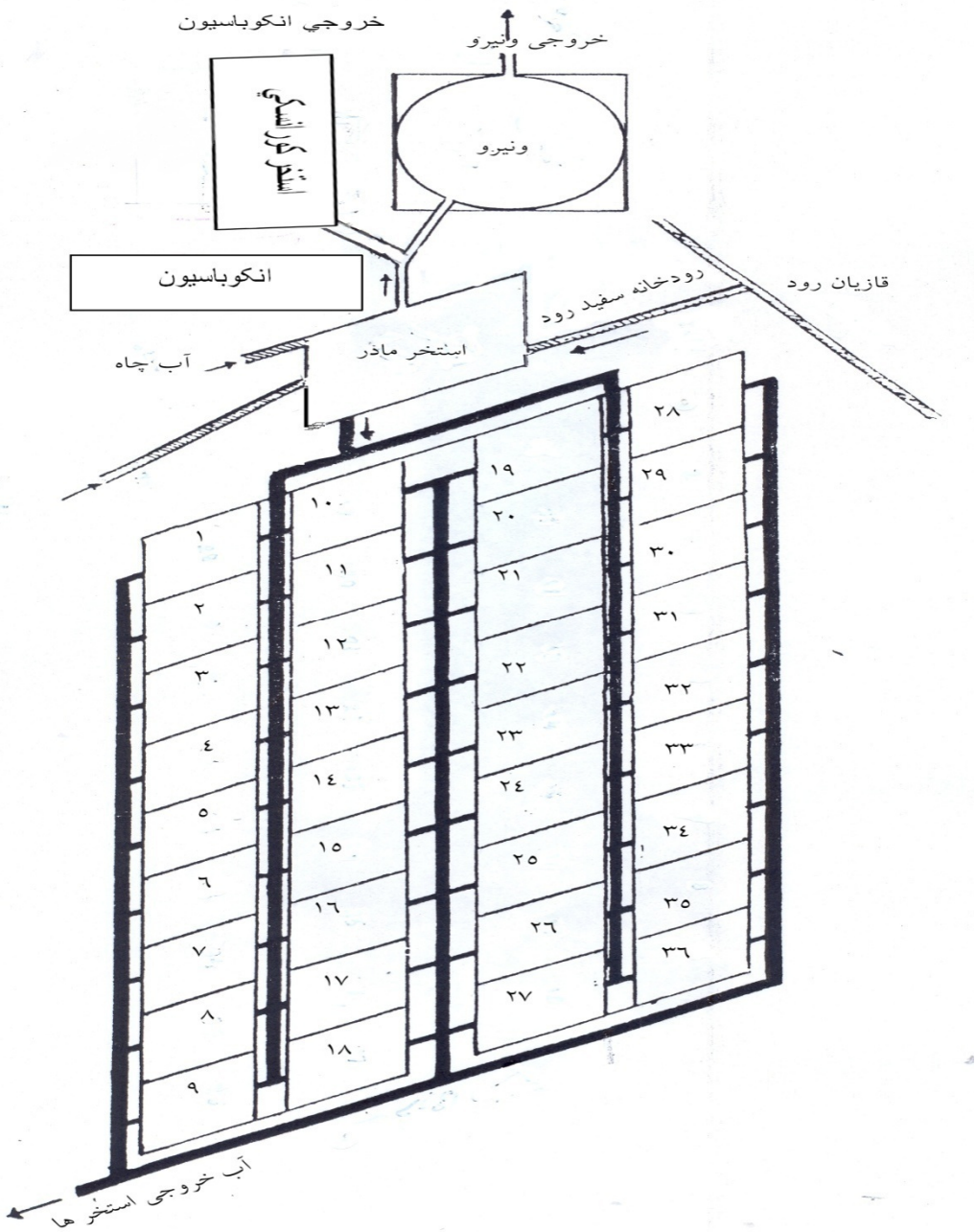
به منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم افزار SPSS (نسخه ۱۷) و آزمون‌های آماری واریانس یک‌طرفه استفاده شد.

نتایج

میانگین غلظت فلزات سنگین در آب مراحل مختلف کارگاه تکثیر و پرورش شهید بهشتی طبق جدول ۱ می‌باشد. بالاترین مقدار ثبت شده مربوط به فلز روی و پائین‌ترین غلظت برای کادمیوم به‌دست آمد.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1393.8.2.1.9]



شکل ۱: شمای عمومی کارگاه تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری شهید بهشتی

بالاترین غلظت روی درآب ورودی استخر مادر (۳۶ ppb) به‌دست آمد. در حالی‌که خروجی آن با غلظت ۱۸/۸۳ ppb کمتر از ورودی بوده است. کمترین مقدار به‌دست آمده (۰/۹۸ ppb) مربوط به آب استخر کورانسکی محل نگهداری مولدین بوده است.

بیشترین غلظت فلز مس در آب ورودی استخر مادر (۱۰/۵ ppb) و پائین‌ترین حد آن مربوط به آب استخرخاکی پرورش بچه ماهیان (۰/۶۵ ppb) به‌دست آمده است (شکل ۲).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

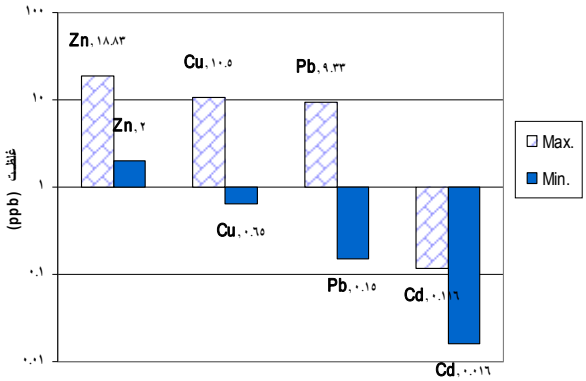
[DOR: 20.1001.1.23223545.1393.8.2.1.9]

جدول ۱: غلظت‌های فلزات سنگین (SD ± میانگین) در آب در مراحل مختلف تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری

نمونه	تاریخ	Cu (ppb)	Zn (ppb)	Cd (ppb)	Pb (ppb)
استخر مادر (ورودی)	۸۱/۰۲/۱۸	۱۰/۵±۱/۱۸	۳۶/۰±۳/۶	۰/۱۱۶±۰/۰۱۹	۹/۳۳±۱/۱۹
استخرمادر(خروجی)	۸۱/۰۲/۱۸	۶/۵±۰/۹۵	۱۸/۸۳±۲/۸۴	۰/۰۸۳±۰/۰۹۸	۴/۶۶±۰/۰۵۶
استخر کورنسکی	۸۱/۰۲/۲۲	۸/۳۳±۱/۴۶	۱۱/۱۶±۲/۴۸	۰/۰۱۶±۰/۰۰۳	۱۰/۳۳ ± ۰/۱۳
	۸۱/۰۳/۲۱	۱/۰۱±۰/۱۷	۰/۹۸±۰/۲۶	۰/۱۱±۰/۰۳۵	۷/۸±۰/۹۸
انکوباسیون	۸۱/۰۲/۲۲	۳/۶۶±۰/۴	۱۰/۶۶±۱/۳۱	۰/۱۵±۰/۰۱۴	۲/۰۰± ۰/۱۷
	۸۱/۰۳/۲۱	۲/۹±۰/۳۶	۲۲/۳۳±۵/۶۴	۰/۱۶±۰/۰۰۷	۱۰/۲± ۰/۳۴
ونیرو	۸۱/۰۳/۰۳	۱±۰/۴۵	۲/۰±۰/۳۲	۰/۰۰۷±۰/۱	۷/۴± ۰/۶۱
	۸۱/۰۳/۲۸	۲/۸۳±۰/۱۷	۱۱/۶۶±۲/۸۹	۰/۱۵±۰/۰۲۱	۰/۱۵± ۰/۰۱
استخرخاکی	۸۱/۰۴/۰۸	۰/۶۵±۰۲۶	۱۹/۱۵±۳/۹۲	۰/۱۵±۰/۰۲۸	۷/۶±۰/۳۴
محل رهاکرد	۸۱/۰۵/۰۸	۱/۶۶±۰/۰۳۶	۵/۱۵±۱/۸	۰/۲۰±۰/۰۳۵	۶/۳± ۰/۶۵

که بالاترین غلظت سرب ppb ۹/۳۳ مربوط به آب ورودی استخر مادر و پائین‌ترین غلظت آن در آب حوضچه‌های ونیرو (ppb ۰/۱۵) اندازه‌گیری و ثبت گردید.

غلظت کادمیوم در مراحل مختلف نمونه‌برداری نیز همین روند را نشان می‌دهد که بالاترین میزان آن در ورودی آب استخر مادر (ppb۰/۱۱۶) و پائین‌ترین غلظت آن در استخرکورانسکی (ppb ۰/۰۱۶) ثبت گردید (شکل ۲).



شکل ۲: مقادیر حداقل و حداکثر فلزات در آب کارگاه تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری شهید دکتر بهشتی

بحث

با توجه به اینکه آب مورد استفاده درکارگاه تکثیر و پرورش دکتر شهید بهشتی از طریق رودخانه سفیدرود تأمین می‌شود و در مسیر خود تحت تأثیر زهاب‌های کشاورزی و فاضلاب‌های صنعتی قرارمی‌گیرد، وجود مواد شیمیایی مختلف از قبیل سموم کشاورزی، فلزات سنگین و ... در آن اجتناب‌ناپذیرخواهد بود.

در بررسی حاضر الگوی پراکنش غلظت فلزات اندازه‌گیری شده در مراحل مختلف نمونه‌برداری به شکل زیر می‌باشد: Zn>Cu>Pb>Cd . بالاترین غلظت مربوط به فلز روی (ppb ۳۶) و کمترین مربوط به کادمیوم با غلظت (ppb ۰/۰۱۶) می‌باشد. مهم‌ترین مطالعات پژوهشی مستند در خصوص ۴ عنصر Cd، Cr، Ni و Pb درآب هفت ایستگاه از دهانه رودخانه سفیدرود در مصب تا پشت سد منجیل در سه فصل بهار، تابستان و پاییز در سال ۱۳۷۲ بیانگر تغییرات زیاد این عناصر در فصول مختلف در طول رودخانه سفیدرود است. این تغییرات به دلیل حجم پساب‌های

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1393.8.2.1.9]

وارده و مکان‌هائی است که این مواد از آنجا منشأ می‌گیرند. در بین این چهارعنصر، غلظت نیکل از همه بیشتر بوده (ppb ۲۰۰-۵۱) و این روند در همه ایستگاه‌ها دیده‌شده است، مقدارآن در فصل پاییزکه احتمالاً با فعال شدن کارخانجات ارتباط دارد بیشتر است. حداقل و حداکثر غلظت کادمیوم و سرب در این بررسی به ترتیب ppb ۰/۰۵±۰/۹، ppb ۰/۵۵۷±۷/۴ و ppb ۰/۳۵±۱۲/۷، ppb ۰/۹۴±۲۶۰ به‌دست آمده است (مرتضوی ،۱۳۷۳).

در بررسی حاضر حداقل و حداکثرکادمیوم ppb ۰/۰۰۳ ± ۰/۰۱۶ و ppb ۰/۰۱۹±۰/۱۱۶ و سرب ppb۰/۰۱ ± ۰/۱۵ وppb ۰/۱۳±۱۰/۳۳ به‌دست آمده پایین‌تر از مقادیر به‌دست‌آمده در بررسی گذشته (مرتضوی، ۱۳۷۳) می‌باشد که احتمالاً به دلیل کاهش مقدار آن‌ها از منابع آلوده‌کننده است. حداکثر غلظت مجاز برای عناصر سرب، روی، مس و کادمیوم برای بچه تاسماهیان ایرانی به ترتیب ۱۲/۸۴، ۰/۹۷، ۰/۰۰۲۵، ۰/۴۱ میلی‌گرم در لیتر و برای ازون برون به ترتیب ۱۲/۰۶۱، ۰/۸۶۵، ۰/۰۰۱۸ و ۰/۵۱ میلی گرم در لیتر تعیین شد. این نتایج از آزمایشات سمیت حاد (Acute toxicity) این فلزات برای بچه ماهیان خاویاری ازون برون و تاسماهی ایرانی مشخص گردید. LC50 96h فلزات سرب، روی، مس و کادمیوم برای بچه ماهیان قره برون به ترتیب ۱۲۸/۴، ۹/۷، ۰/۰۲۵ و ۴/۱ میلی گرم در لیتر و برای بچه ماهیان ازون برون به‌ترتیب ۱۲۰/۶۱، ۸/۶۵ ، ۰/۰۱۸ و ۵/۱ میلی گرم در لیتر به‌دست آمده است (میرزایی، ۱۳۸۳). مقادیر به‌دست‌آمده برای فلزات در این بررسی به جز مس پائین تر از حد مجاز (جدول۲) برای زیست آبزیان (Gardiner and Mance, 1984) و سلامت آب (WHO,1993) می‌باشد. تأثیر فلزات سنگین بر اکوسیستم آبی به حدی است که یک بررسی گسترده از غلظت‌های فلزات سنگین در آب، رسوب و موجودات استخرها و دریاچه‌ها به وسیلهNriagu (۱۹۷۹) انجام شد. کارهای مشابه‌ای از اثرات فلزات سنگین درردودخانه‌ها موجود می‌باشد. عوامل مهمی که در غلظت فلزات سنگین و موجودیت زیستی آن در آب‌های شیرین تأثیر دارند، به‌وسیله Mason (۱۹۸۱)، Hellawell (۱۹۸۶)، Connel و Miller (۱۹۸۴) و Kelly (۱۹۸۸) به اثبات رسیده‌است.

جدول ۲: مقایسه حداکثر غلظت فلزات (ppb) در بررسی حاضر با مقادیر حد مجاز استاندارد

منطقه و استاندارد	Cd	Cu	Pb	Zn
حداکثر مقادیر به‌دست آمده در بررسی حاضر	۰/۱۱۶	۱۰/۵	۱۰/۳۳	۳۶
حداکثر سطح مجاز برای زندگی آبزیان Gardiner and (Mance, 1984)	۵	۵	۲۵	۴۰
استاندارد سلامت آب (WHO1993)	۵	–	۱۰	۳۰۰۰
حفاظت از حیات در آب‌های شور (Anon,1998)	۲/۵ (دریا) ۵ (مصب)	۵	۲۵	۴۰

تجمع فلزات سنگین در موجودات ممکن است در نتیجه جذب مستقیم از طریق محیط اطراف و عبور از دیواره بدن یا از طریق غذا و یا به‌وسیله ترکیبی از آن‌ها باشد. غالباً این مسئله به‌طور واضح مشخص نیست که کدام مسیرمهم‌تراست، اگرچه این سمیت ممکن است از طریق انتشار فلزات در اندام‌های داخلی مورد توجه قرارگیرد. در محیط‌های خاکی ممکن است مهم‌ترین راه جذب از طریق غذا باشد (Ireland, 1983). اما در

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1393.8.2.1.9]

موجودات آبزی غالباً جذب از طریق سطح بدن است (Rainbow, 1989) و دلیل آن را می‌توان شناور بودن دائم این فلزات در یک محیط آبی دانست زیرا همواره حجم عظیمی از این آب در زمان تبادلات گازی از سطوح تنفسی بدن عبور می‌کند و این فلزات وارد بدن جانوران می‌شود. اگر چه برای خیلی از بی‌مهرگان و مهره‌داران (ماهی‌ها و پستانداران دریایی) احتمال جذب مستقیم فلزات از آب کمتر است.

در تحقیقاتی، تاسماهی روسی انگشت قد (*Acipenser gueldenstaedtii*) طی ۲ ماه در معرض غلظت‌هایی از فلزات سنگین، سموم کشاورزی و ترکیبات نفتی قرارگرفت و غلظت فلزات سنگین (۳۰ میلی‌گرم در لیتر روی، ۳۰ میلی‌گرم در لیتر کادمیوم، ۱۵ میلی‌گرم در لیتر مس، ۳ میلی‌گرم در لیتر جیوه و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات)، سموم کشاورزی (۰/۱ میلی‌گرم در لیتر کلرپریفوس) و محصولات نفتی (روغن موتور ۲ قسمت، سوخت دیزل ۱ قسمت بر اساس میزان هیدروکربورها ۰/۰۹۶ میلی‌گرم در لیتر) در بافت عضلانی مورد سنجش قرارگرفت و مشخص گردید که بافت عضلانی بچه تاسماهیان در این سن در مرحله تجزیه فعال و ضخیم شدن قرار می‌گیرد که در این تحقیق شدیدترین تخریب در مرحله میوژنز و تحت تأثیر این مواد سمی مشاهده‌شد (عادلی، ۱۳۷۸).

مقادیر به‌دست آمده برای این فلزات در مقایسه با نتایج به‌دست آمده توسط میرزایی(۱۳۸۳) زیر حد کشنده برای بچه تاسماهیان بوده است اما نمی‌توان اذعان داشت که این مقادیر موجب اثرات پاتولوژیک و هیستولوژیک نگردد و نیازمند بررسی‌های گسترده‌تری می‌باشد.

بنابراین جهت موفقیت در برنامه پرورشی بچه ماهیان خاویاری، بررسی دقیق آلاینده‌ها و کنترل اثرات آن‌ها در محیط الزامی است.

سپاسگزاری

در اینجا لازم می‌دانیم از مسئولین محترم موسسه تحقیقات بین المللی ماهیان خاویاری و کلیه همکاران عزیزی که در اجرای این کار تحقیقاتی ما را یاری نموده‌اند قدردانی نماییم. از جناب آقای فریبرز جمالزاد به جهت همکاری و مشاوره در کارآماری و همچنین از مسئول محترم کارگاه تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری دکتر شهید بهشتی و کارشناسان و کارکنان صدیق که امکان نمونه‌برداری‌ها را در مراحل مختلف انجام پروژه فراهم نمودند سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

۱. صادقی راد، م.، ۱۳۸۴. دریای خزر، ماهیان خاویاری، آلودگی. انستیتو تحقیقات بین المللی ماهیان خاویاری، ۷۵ صفحه.

۲. عادلی، ی.، ۱۳۷۸. تأثیر مواد سمی مختلف بر هیستوژنز بافت عضلانی بچه تاسماهی روسی (*Acipenser gueldenstaedtii*) ترجمه و نشر فارسی: مرکز تحقیقات شیلات استان گیلان. ترجمه از متن روسی یوگنوا، ت.، پ. و کوچریوشکینا. مسکو ۱۹۹۴، ۶ صفحه.

۳. مرتضوی م.ص.، ۱۳۷۳. مطالعه فلزات سنگین در رودخانه سفیدرود، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، ۱۳۷ صفحه .

۴. میرزایی، ج.، ۱۳۸۳. مطالعه سمیت حاد فلزات سنگین سرب، روی، مس و کادمیم روی دو گونه از ماهیان خاویاری دریای خزر (تاسماهی ایرانی و ازون برون).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1393.8.2.1.9]

پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، ۱۰۰صفحه.

5. Annual Book of ASTM Standards, 1996. Water and Environmental Technology. Water (1). Publication code number (PCN). 01-110196-16, 11.01, 824 p.
6. Anon, 1998. Caspian Sea Environment National report of I. R. Iran. Department of the Environment. 129 P.
7. Barak, N.A.E., Mason, C.F., 1989. Heavy metals in water, sediment and invertebrates from rivers in eastern England. Chemosphere, 19, 1709-1714.
8. Connell, D.W., Miller, G.J., 1984. The Chemistry and Ecotoxicology of Pollution. John Wiley & Sons, New York. 444 P.
9. Dixit, S.S., Witcomb, D., 1983. Heavy metal burden in water, substrate and macro-invertebrate body tissue of a polluted river Irwell (England). Environ. Pollut., 6, 161-172.
10. Gardiner, J., Mance, G., 1984. Water quality standards arising from European community directives, Water Research Center, No. 204.
11. Hellawell, J.M., 1986. Biological Indicators of Fresh-water Pollution and Environmental Management. Elsevier Applied Science Publishers, London. 456 P.
12. Ireland, M.P., 1983. Heavy metal uptake and tissue distribution in earthworms. In: Earthworm Ecology (d. J.E. Satchell), Chapman & Hall, London, 247-265.
13. Jenkins, R.G., 2001. Sustainable sturgeon fisheries In the Caspian Sea. Will a trade ban contribute to achieving this objective? IWMC – World Conservation Trust.12 p.
14. Kelly, M., 1988. Mining and the Freshwater Environment. Elsevier Applied Science Publishers, London, 231p.
15. Khodorevskaya, R.P., Dovgopol, G.F., Zhuravleva, O.L., Vlasenko, A.D., 1997. Present status of commercial stocks of sturgeons in the Caspian Sea basin. Environment Biology of Fishes. 48, 209-219.
16. Lawrence, A.J., Hemingway, K.C., 2003. Effects of Pollution on Fish. Blackwell Publishing. 342 p.
17. Mason, C.F., 1981. Biology of Freshwater Pollution. Longman, London. 387 P.
18. Niagru, J.O., 1979. Copper in the Environment, Parts 1 and 2. Wiley Interscience, Chichester.
19. Rainbow, P.S., 1989. Copper, cadmium and zinc concentrations in oceanic amphipod and eupausiid crustaccans, as a source of heavy metals to pelagic seabirds. Marin Biology. 103, 513-518.
20. World Health Organization (WHO), 1993. Revision of WHO Guidelines for Water Quality. WHO. Geneva, 11p.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1393.8.2.1.9]