مجله بوم شناسی آبزیان

Journal homepage: http://jae.hormozgan.ac.ir

تجمع فلزات سنگین (روی، مس، نیکل، سرب و کادمیوم) در رسوب و حلزون سنگی *Tylothais savignyi* جزیره خارگ طی فصول تابستان و زمستان

دانیال یزدان پناه[۱]، علیرضا صفاهیه[۲*]، محمد علی سالاری علی آبادی[۲]، کمال غانمی[۳]

[۱] دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

[۲] گروه زیست‌شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

[۳] گروه شیمی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۹۶/۰۳/۲۴
اصلاح: ۹۶/۰۴/۱۷
پذیرش: ۹۶/۰۴/۲۳

کلمات کلیدی:
جزیره خارگ
حلزون‌سنگی
خلیج‌فارس
فلزات سنگین
Tylothais savignyi

چکیده

این مطالعه به‌منظور تعیین سطح ناپاکی رسوبات و حلزون *Tylothais savignyi* جزیره خارگ نسبت به فلزات سنگین و همچنین بررسی امکان استفاده از این حلزون به‌عنوان پایشگر فلزات سنگین صورت گرفته است. نمونه‌برداری در ماه‌های شهریور و اسفند ۱۳۹۲ از پنج ایستگاه صورت پذیرفت. نمونه‌ها پس از خشک شدن و هضم اسیدی با استفاده از دستگاه جذب اتمی شعله‌ای GBC مدل Savantaa Σ سنجش گردیدند. نتایج نشان داد دامنه غلظت فلزات مس، روی، نیکل و سرب در رسوب جزیره خارگ به ترتیب ۳۸/۲-۲۶/۴، ۷۵-۶۳/۹، ۵۲/۶-۳۵/۷ و ۳۵/۹-۲۷/۲ میکروگرم بر گرم وزن خشک رسوبات بود درحالی‌که غلظت فلز کادمیوم تشخیص داده نشد. دامنه غلظت فلزات مس، روی، نیکل، سرب و کادمیوم در بافت نرم حلزون *T. savignyi* به ترتیب ۵۹۰/۲-۳۶۲/۳، ۱۸۳/۳-۱۲۷/۴، ۱۱/۲-۶/۹، ۴۳/۹-۲۴/۱ و ۱۸/۲-۸/۴ میکروگرم بر گرم وزن خشک بود. در صدف حلزون دامنه غلظت ۴۹/۴-۳۱/۵، ۲۴/۵-۱۸/۲، ۸-۷/۱ و ۳۳/۹-۲۷/۴ میکروگرم بر گرم به ترتیب برای فلزات مس، روی، نیکل و سرب به دست آمد. درحالی‌که غلظت فلز کادمیوم تشخیص داده نشد. مقایسه نتایج به‌دست‌آمده با استانداردهای موجود نشان داد غلظت کلیه فلزات سنگین در رسوب کمتر از حد مجاز بود. درحالی‌که در بافت نرم حلزون غلظت فلزات مس، نیکل، سرب و کادمیوم بالاتر از حد استاندارد بود. باتوجه به نتایج به‌نظر می‌رسد حلزون سنگی قابلیت نسبتاً بالایی در انباشت فلزات سنگین در بدن خود دارد.

مقدمــه

فلزات سنگین به دلیل پایداری زیاد در اکوسیستم و همچنین تجزیه ناپذیر بودن از مهم‌ترین آلاینده‌های دریا محسوب می‌گردند (Katsiki and Florou, 2006). فلزات سنگین از اجزای طبیعی اکوسیستم‌های آبی هستند اما به دلیل فعالیت انسانی در مناطق ساحلی با ورود سطوح بالایی از این آلاینده به محیط‌زیست دریا، مشکلات فراوانی برای آبزیان و اکوسیستم‌های دریایی به وجود آمده است (Bazzi *et al.*, 2015). افزایش فعالیت‌های صنعتی، معدن‌کاوی، کشاورزی، پساب‌های رودخانه‌ای و نشت اتمسفری از جمله فعالیت‌هایی است که موجب ورود آلاینده‌های فلزات سنگین به مناطق ساحلی می‌شود (Rai, 2009). فلزات سنگین هنگام ورود به اکوسیستم دریا محلول بوده که پس از برقراری پیوندهای سست سولفیدی به ذرات مواد آلی

* نویسنده مسئول، پست الکترونیک: safahieh@hotmail.com

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.1.5.4]

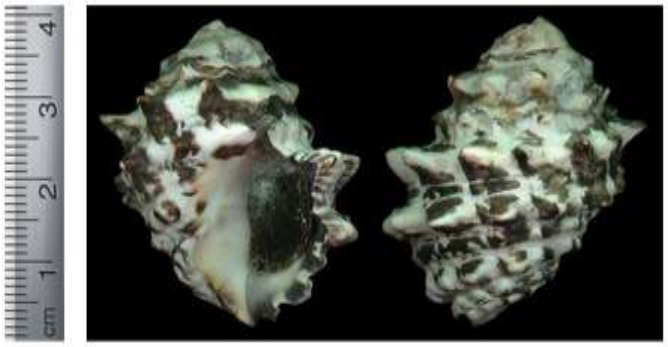
معلق در آب به مرور ته‌نشین شده و در کف دریا تجمع می‌یابند (Zhang and Shan, 2008). بسیاری از گونه‌های دریایی به ویژه جانوران کفزی همواره با رسوب دریا در ارتباط هستند آنها این قابلیت را دارند تا با استفاده از جذب و ورود آلاینده‌ها به بدن خود سطوح بالایی از فلزات سنگین را در بافت‌های خود تجمع دهند (Yi *et al*., 2011). حدود ۳۳ تا ۳۵ درصد فلزات سنگینی که در عضلات تجمع می‌یابند می‌توانند از طریق زنجیره غذایی به سطح بالا انتقال پیدا کنند و سلامت انسان را از این طریق به خطر اندازند و به همین دلیل پایش[1] مناطق ساحلی مورد توجه محققین بسیاری قرار گرفته است (Morales-Hernández *et al*., 2004). آلودگی فلزات سنگین در اکوسیستم‌های دریایی را می‌توان از طریق سنجش در نمونه‌های آب، رسوب و موجودات دریایی تشخیص داد (Cervantes *et al*., 2009). غلظت فلزات سنگین در آب دریا بسیار پایین است لذا سنجش فلزات سنگین در نمونه‌های آب بسیار پر هزینه و پر زحمت می‌باشد. به‌علاوه تمامی اشکال فلزی موجود در آب در دسترس موجودات قرار نداشته و اشکال مختلف آن نیز دارای سمیت‌های متفاوتی هستند. در نتیجه غلظت فلزات سنگین در آب نمی‌تواند معیار خوبی برای بررسی اثرات نامطلوب آن در موجودات دریایی باشد (Blackmore,1998). استفاده از رسوب به‌منظور پایش فلزات سنگین در اکوسیستم‌های آبی نیز دارای مشکلاتی است. از جمله اینکه غلظت فلزات سنگین در رسوبات تحت تاثیر عواملی مانند میزان مواد آلی موجود در آب، اندازه ذرات معلق و سرعت ته‌نشینی آنها دچار نوسان می‌گردد (Idris *et al*., 2007). برای مطالعه پراکنش مکانی و تغییرات زمانی فلزات سنگینی که قابلیت دسترس زیستی دارند می‌توان از موجودات زنده خاصی تحت عنوان پایشگر زیستی[2] استفاده کرد (Lafabrie *et al*., 2007). موجودات زنده با محیط پیرامون خود در ارتباط هستند و به دلیل آنکه نسبت به اغلب تغییرات ایجاد شده در محیط زندگی خود واکنش نشان می‌دهند ما را قادر می‌سازند تا بتوانیم نواساناتی را که در بین فصول و ایستگاههای مختلف در آنان بوقوع می پیوندد را ثبت نماییم (Nicholson and Lam, 2005). در میان نامزدهای مورد استفاده در مطالعات پایش زیستی فلزات سنگین، استفاده از شکم‌پایان[3] همواره نتایج رضایت بخشی را به همراه داشته است (Yap *et al*., 2013). به دلیل اندازه کوچک و تحرک کم نسبت به دیگر بیواندیکاتورهای موجود، مدل بسیار مناسبی برای بررسی اثرات آلودگی فلزات سنگین هستند (AbdAllah and Moustafa, 2002). این موجودات را می‌توان به دلیل در تماس بودن با رسوب و ساده بودن ساختار بدن و فیزیولوژی بدنشان به راحتی مورد ارزیابی قرار داد (Ismail and safahieh, 2004; Yap *et al*., 2009). جزیره خارگ حجم زیادی از صادرات نفت و محصولات پتروشیمی کشور را به خود اختصاص داده است. وجود پایانه‌های نفتی، تردد فراوان نفتکشها، صنایع مربوط به نفت، پتروشیمی و کارخانه‌جات مختلف احتمال بروز آلودگی‌های گوناگون از جمله آلودگی‌های مربوط به فلزات سنگین را افزایش داده است. بنابراین درصورت وقوع آلودگی علاوه بر کردن اکوسیستم حساس این منطقه می‌تواند سلامت ساکنین این جزیره را از طریق مصرف غذایی از آبزیان آلوده به خطر اندازد. به‌منظورجلوگیری از بروز چنین خطری پایش زیستی آلاینده‌های فلزی در منطقه امری ضروری است. حلزون سنگی *Tylothais savignyi* که پیش از این با نام علمی *Thais savignyi* شناخته می‌شد فراوانی مناسبی در جزیره خارگ داشته و می‌تواند به‌عنوان یک پایشگر زیستی مناسب برای پایش فلزات سنگین مورد استفاده قرار گیرد. این مطالعه به‌منظور تعیین میزان ناپاکی رسوب و حلزون *T. savignyi* در جزیره خارگ نسبت فلزات سنگین صورت گرفته است.

مواد و روش‌ها

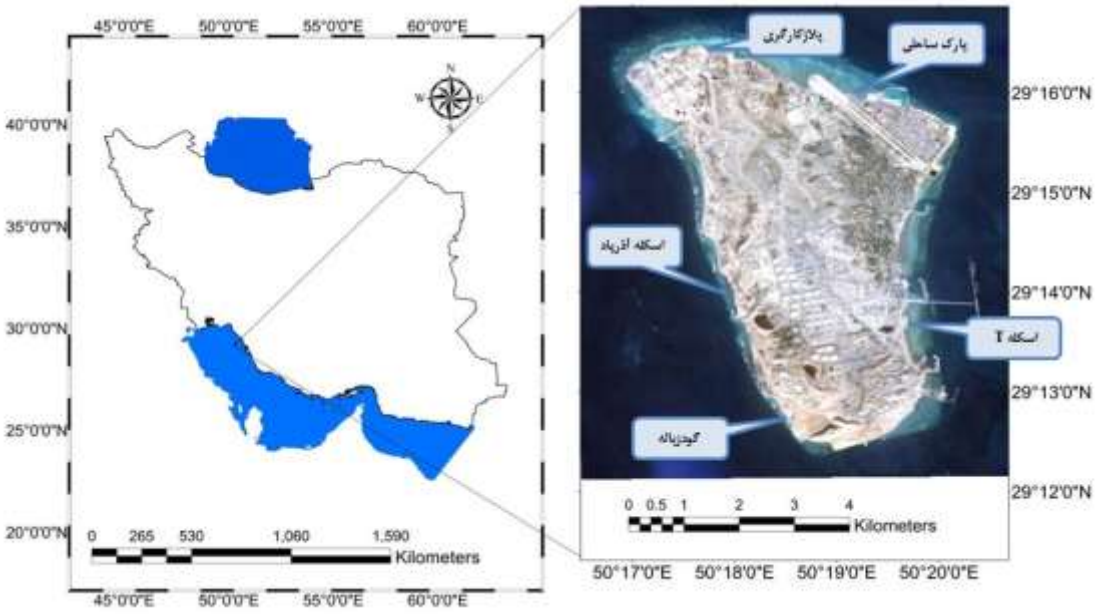
نمونه‌برداری از رسوبات سطحی جزیره خارگ و حلزون سنگی *T. savignyi* در دو فصل تابستان و زمستان (شهریور و اسفند سال ۱۳۹۲) از منطقه بین جزرومدی[4] انجام پذیرفت. با توجه به مساحت جزیره و موقعیت منابع آلوده کننده در آن، نمونه‌ها از ۵ ایستگاه اسکله T، گود زباله، اسکله آذرپاد، پلاژکارگری و پارک ساحلی جمع آوری گردید. شکل ۱ حلزون سنگی جزیره خارگ و شکل ۲ موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.

[1] Monitoring
[2] Biomonitor
[3] Gastropoda
[4] Intertidal zone

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.1.5.4]



شکل ۱. حلزون سنگی *Tylothais savignyi* جزیره خارگ



شکل ۲. موقعیت و مکان ایستگاه های نمونه‌برداری

نمونه‌برداری از حلزون در هنگام جزر صورت گرفت. از هر ایستگاه ۳۰ عدد حلزون تقریباً هم اندازه (۳/۸-۲/۹ سانتی متر) برداشته شد. نمونه‌های برداشت شده با آب دریا شست و شو شدند و به کیسه های پلاستیکی منتقل گردیدند. نمونه‌برداری از پنج سانتی متر سطح رسوب نیز در هنگام جزر و نزدیک به بستر حلزون ها و با سه تکرار انجام شد. نام و مشخصات هر ایستگاه بر روی کیسه های پلاستیکی حاوی رسوب یا حلزون ثبت شده و نمونه‌ها با استفاده از یخدان به آزمایشگاه انتقال یافتند (Delman *et al.*, 2006). در آزمایشگاه ابتدا بافت نرم حلزون با استفاده از پنس[5] از صدف جدا گردید. صدف‌های جدا شده به وسیله اسید نیتریک ۰/۵درصد شست و شو داده شد. بافت نرم و صدف به ترتیب در دمای ۸۰ و ۱۰۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت درون آون قرار داده شدند تا کاملا خشک شوند. نمونه‌های رسوب نیز در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت در آون خشک و از الک ۰/۶۳ میکرون عبور داده شدند. به منظور هضم ۱ گرم از بافت نرم و صدف حلزون، ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک ۶۵٪ و برای هضم ۱ گرم نمونه رسوب، ۱۰ میلی لیتر مخلوطی از اسید نیتریک ۶۵٪ و اسید پرکلریک ۶۰٪ به نسبت ۱:۴ استفاده شد. هضم نمونه‌ها به مدت ۱ ساعت در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد و ۳ ساعت در دمای ۱۴۰ درجه سانتی گراد بر روی دستگاه هضم[6] صورت پذیرفت. نمونه‌ها با استفاده از آب دوبار تقطیر به حجم ۴۰ میلی لیتر رسانده شدند و سپس از کاغذ صافی واتمن ۴۲ عبور داده شدند و تا زمان سنجش در دمای یخچال نگهداری گردیدند (Yap *et al.*, 2003). سنجش با استفاده از دستگاه اسپکتوفوتومتری جذب اتمی[7] GBC مدلΣ Savantaa صورت پذیرفت. به

[5] Forceps
[6] Hot plate digester
[7] Atomic Absorption Spectrophotometric

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]
[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.1.5.4]

منظور پردازش داده ها، پراکنش آنها توسط آزمون Shapiro-Wilk و مقایسه غلظت فلزات در هر ایستگاه به کمک آنالیز واریانس یکطرفه[8] بررسی شد سپس ایستگاههای دارای اختلاف با استفاده از پس آزمون Tukey مشخص گردید.

نتایـج

غلظت فلز مس در رسوب، بافت نرم و صدف حلزون سنگی جزیره خارگ در جدول ۱ نشان داده است. غلظت فلز مس در رسوبات جزیره خارگ طی هر دو تابستان و زمستان تغییرات محدودی داشت و در فصل زمستان افزایش معنی داری را نسبت به زمستان نشان داد (t-test, P< ۰/۰۵). در فصل زمستان غلظت فلز مس در رسوب ایستگاه های مختلف تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشت درحالی‌که در فصل تابستان این اختلاف معنی دار بود بطوریکه در ایستگاه اسکله آذرپاد بیشترین و در پارک ساحلی کمترین میزان فلز مس ثبت گردید (ANOVA, P<۰/۰۵). غلظت فلز مس در بافت نرم حلزون بسیار بالاتر از رسوب بود. میزان مس در بافت نرم حلزون بطور معنی داری در فصل تابستان بیشتر از زمستان بود (t-test, P< ۰/۰۵). در فصل تابستان غلظت فلز مس در حلزون جمع آوری شده از ایستگاه های مختلف اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشت درحالی‌که در فصل زمستان این ختلاف معنی دار بود و حلزون های ایستگاه اسکله آذرپاد بیشترین میزان مس را در بافت نرم خود داشتند (ANOVA, P<۰/۰۵). غلظت فلز مس در صدف از مقادیر آن در بافت نرم پایین‌تر بود و نزدیک به مقادیر آن در رسوب قرار داشت. مقایسه‌های آماری نشان داد که میزان فلز مس صدف در فصل زمستان افزایش معنی داری نسبت به تابستان داشته است (t-test, P< ۰/۰۵). همانند رسوب، در فصل زمستان میزان فلز مس صدف نیز درایستگاه های مختلف تفاوت معنی داری نداشت؛ درحالی‌که در فصل تابستان بین ایستگاه های مختلف از این نظر تفاوت معنی دار وجود داشته و حلزون های پارک ساحلی بیشترین میزان مس را دارا بودند (ANOVA, P<۰/۰۵).

جدول ۲ غلظت فلز روی را در رسوب، بافت نرم و پوسته حلزون سنگی جزیره خارگ نشان می‌دهد. غلظت فلز روی در رسوب جزیره خارگ بیشتر از میزان فلز مس بود. مقایسه‌های آماری نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین دو فصل در مقادیر اندازه‌گیری شده فلز روی رسوب وجود دارد. به‌طوری‌که در فصل زمستان این میزان کاهش داشته است (t-test, P< ۰/۰۵). درحالی‌که در هیچ‌کدام از دو فصل بین رسوب ایستگاه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری ازلحاظ محتوای فلز روی وجود نداشت (ANOVA, P<۰/۰۵). غلظت فلز روی نیز مانند مس در بافت نرم بالاتر از رسوب بود. در هر دو فصل غلظت فلز روی در بافت نرم حلزون در ایستگاه‌های مختلف دارای تفاوت معنی‌دار بود. به‌طوری‌که طی دو فصل تابستان و زمستان بیشترین و کمترین غلظت روی در بافت نرم به ترتیب در ایستگاه اسکله T و پلاژ کارگری به دست آمد (ANOVA, P<۰/۰۵). میزان فلز روی در پوسته حلزون از میزان آن در رسوب و بافت نرم کمتر بود. هر چند محدوده‌ی تغییرات فلز روی در پوسته کم بود ولی در طی فصول تابستان و زمستان اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و در فصل زمستان این مقدار کاهش یافته بود (t-test, P<۰/۰۵). همچنین در هیچ‌کدام از ایستگاه‌های مورد مطالعه در هردو فصل نیز اختلاف معنی‌داری در مورد میزان فلز روی پوسته وجود نداشت (ANOVA, P<۰/۰۵).

جدول ۱. غلظت فلز مس در رسوب و حلزون *T. savignyi* برحسب میکروگرم بر گرم وزن خشک (مقادیری که با حروف متفاوت نشان داده شده‌اند دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

ایستگاه	رسوب		بافت نرم حلزون		صدف حلزون	
	تابستان	زمستان	تابستان	زمستان	تابستان	زمستان
اسکله T	۲۷/۸±۲/۱^{ab}	۳۸/۲±۲/۲	۵۶۰/۹±۷۲/۵	۴۵۵/۶±۷۲/۸^{ab}	۳۹/۶±۲/۸^{ab}	۳۸/۸±۵/۲
گود زباله	۳۰/۱±۱/۲^{ab}	۳۴/۳±۳/۵	۵۴۰/۴±۶۹/۱	۵۱۰/۷±۴۰/۴^{bc}	۳۴/۵±۳/۵^{c}	۴۷/۱±۸/۴
اسکله آذر پاد	۳۲/۴±۳/۶^{b}	۳۵/۶±۳	۵۹۰/۲±۱۹/۲	۵۸۱/۳±۶۰/۹^{c}	۳۶/۱±۱/۹^{bc}	۴۵/۵±۹/۷
پلاژ کارگری	۲۶/۹±۱^{ab}	۳۶/۶±۲/۴	۵۷۶/۴±۵۹	۳۸۵±۵۲/۶^{a}	۳۱/۵±۳/۴^{bc}	۴۹/۴±۶/۶
پارک ساحلی	۲۶/۴±۱/۲^{a}	۳۶/۴±۲/۹	۴۸۵/۲±۱۰۲	۳۶۲/۳±۲۶/۶^{a}	۴۶/۷±۲/۶^{a}	۴۷/۳±۹/۶

[8] One Way ANOVA

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.1.5.4]

جدول ۲. غلظت فلز روی در رسوب و حلزون *T. savignyi* برحسب میکروگرم بر گرم وزن خشک (مقادیری که با حروف متفاوت نشان داده شده اند دارای تفاوت معنی دار می باشند (P<۰/۰۵)).

ایستگاه	رسوب		بافت نرم حلزون		صدف حلزون	
	تابستان	زمستان	تابستان	زمستان	تابستان	زمستان
اسکله T	۷۱/۷±۱/۹	۶۹±۴/۹	۱۶۴/۸±۸/۴^{c}	۱۸۳/۳±۸/۱^{b}	۲۲/۸±۱/۸	۲۰/۱±۲/۸
گود زباله	۷۵±۳/۵	۶۳/۹±۴/۵	۱۵۰/۴±۱۶/۶^{bc}	۱۵۵/۴±۱۷/۶^{a}	۲۴/۱±۱/۳	۱۸/۲±۱/۶
اسکله آذرپاد	۷۳/۶±۱/۸	۶۶/۷±۴	۱۳۷/۸±۷^{ab}	۱۵۷/۵±۸/۲^{a}	۲۵/۵±۱/۹	۲۱±۰/۵
پلاژکارگری	۷۴±۴/۳	۶۴/۴±۴/۷	۱۲۷/۴±۲/۹^{a}	۱۵۳/۱±۶/۹^{a}	۲۴/۵±۲/۲	۱۸/۳±۱/۲
پارک ساحلی	۶۷/۸±۱/۵	۶۴/۶±۳/۷	۱۳۵/۳±۵/۶^{ab}	۱۵۹/۵±۳/۶^{a}	۲۳±۱/۳	۲۰/۵±۳/۲

غلظت فلز نیکل در رسوب، بافت نرم و پوسته حلزون سنگی جزیره خارگ در جدول ۳ آمده است. غلظت فلز نیکل در رسوب جزیره خارگ در فصل زمستان افزایش معنی‌داری را نسبت به فصل تابستان داشت (t-test, P<۰/۰۵). همچنین مقایسه‌های آماری نشان داد که میزان فلز نیکل در رسوب برای هر دو فصل مورد مطالعه بین ایستگاه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری دارد؛ به‌طوری‌که در فصول تابستان و زمستان ایستگاه اسکله T بیشترین و پارک ساحلی کمترین میزان فلز نیکل را داشتند (ANOVA, P<۰/۰۵). برخلاف فلز مس و روی میزان فلز نیکل در بافت نرم کمتر از میزان آن در رسوب بود. در فصل زمستان غلظت فلز نیکل در بافت نرم حلزون بیشتر از مقدار آن در تابستان بود (t-test, P<۰/۰۵). در فصل تابستان بافت نرم حلزون در ایستگاه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری را در میزان فلز نیکل نشان نداد. درحالی‌که در فصل زمستان این اختلاف معنی‌دار بود (ANOVA, P<۰/۰۵). میزان فلز نیکل در پوسته حلزون سنگی جزیره خارگ در طی دو فصل تابستان و زمستان اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشت (t-test, P<۰/۰۵). همچنین در هر دو فصل بین ایستگاه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری در میزان فلز نیکل پوسته وجود نداشت (ANOVA, P<۰/۰۵).

جدول ۳. غلظت فلز نیکل در رسوب و حلزون *T. savignyi* بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک (مقادیری که با حروف متفاوت نشان داده‌شده‌اند دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

ایستگاه	رسوب		بافت نرم حلزون		صدف حلزون	
	تابستان	زمستان	تابستان	زمستان	تابستان	زمستان
اسکله T	۳۹/۶±۱/۹^{c}	۵۲/۶±۱/۹^{b}	۸/۱±۱/۴	۸/۸±۰/۹^{b}	۷/۴±۱	۸±۰/۷
گود زباله	۳۷±۳^{ab}	۴۵/۲±۳^{a}	۶/۹±۱/۳	۸/۲±۱/۴^{ab}	۷/۱±۰/۵	۷/۴±۰/۸
اسکله آذرپاد	۳۹±۲/۴^{bc}	۴۷±۲/۴^{ab}	۷/۷±۱	۸/۴±۰/۹^{ab}	۷/۸±۱/۱	۷/۵±۱/۳
پلاژکارگری	۳۹/۱±۲/۵^{ab}	۴۵/۵±۲/۵^{a}	۸/۲±۰/۹	۱۰/۱±۱/۱^{ab}	۷/۷±۱/۶	۷/۴±۱/۱
پارک ساحلی	۳۵/۷±۳/۲^{a}	۴۵/۱±۳/۲ ^{a}	۹/۳±۰/۷	۱۱/۲±۲/۴^{a}	۷/۶±۰/۷	۷/۹±۱/۶

غلظت فلز نیکل در رسوب، بافت نرم و صدف حلزون سنگی جزیره خارگ در جدول ۴ نشان داده شده است. به‌طورکلی غلظت فلز سرب در رسوب جزیره خارگ از میزان فلزات روی و نیکل در این مطالعه کمتر بود. مقایسه‌های آماری نشان داد که بین دو فصل مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری در میزان فلز سرب رسوب وجود دارد و این مقدار در زمستان افزایش داشته است (t-test, P<۰/۰۵). همچنین این مقایسه‌ها نشان داد که در دو فصل تابستان و زمستان میزان فلز سرب در رسوب ایستگاه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارد (ANOVA, P<۰/۰۵). میزان فلز نیکل در بافت نرم حلزون در فصل زمستان افزایش معنی‌داری را نسبت به تابستان داشته است. در هر دو فصل میزان فلز نیکل در بافت نرم حلزون ایستگاه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری داشت. به‌طوری‌که در هر دو فصل بیشترین و کمترین غلظت فلز نیکل به ترتیب در بافت نرم حلزون ایستگاه‌های

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.1.5.4]

جدول ۴. غلظت فلز سرب در رسوب و حلزون *T. savignyi* بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک (مقادیری که با حروف متفاوت نشان داده شده‌اند دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

ایستگاه	رسوب		بافت نرم حلزون		صدف حلزون	
	تابستان	زمستان	تابستان	زمستان	تابستان	زمستان
اسکله T	۲۷/۲±۱/۸	۳۵/۹±۲/۷	۳۹/۲±۲^{c}	۴۳/۹±۶/۲^{b}	۳۲/۴±۱/۸	۲۷/۴±۲/۷
گود زباله	۳۱/۲±۱/۹	۳۵/۵±۳/۸	۳۶/۸±۱/۸^{c}	۳۹/۵±۳/۹^{a}	۳۳/۹±۳/۷	۲۹/۱±۱/۹
اسکله آذر پاد	۲۷/۹±۰/۵	۳۲/۶±۱/۶	۲۷/۹±۰/۴^{ab}	۲۷/۴±۶^{a}	۳۱/۶±۳/۵	۲۹/۶±۲/۲
پلاژ کارگری	۲۷/۸±۲	۳۵/۲±۲/۷	۳۱/۶±۲/۸^{b}	۳۳/۳±۶/۶^{a}	۳۳/۳±۱/۱	۳۰/۸±۲/۳
پارک ساحلی	۲۹/۲±۲/۴	۳۴/۴±۲/۸	۲۳/۵±۲/۲^{a}	۲۴/۱±۶/۴^{a}	۳۱/۴±۳/۸	۲۹/۵±۲/۳

اسکله T و پارک ساحلی به دست آمد (ANOVA, P<۰/۰۵). همانند فلز مس غلظت فلز سرب در پوسته حلزون نزدیک به میزان آن در رسوب بود. دو فصل تابستان و زمستان از لحاظ میزان فلز سرب پوسته با یکدیگر مقایسه شدند که این اختلاف معنی‌دار نبود (t-test, P< ۰/۰۵). همچنین نتایج به دست آمده حاکی از آن بود که ایستگاه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری از لحاظ میزان فلز سرب در پوسته با یکدیگر ندارند (ANOVA, P<۰/۰۵). برخلاف دیگر فلزات اندازه‌گیری شده میزان فلز کادمیوم در رسوب جزیره خارگ توسط دستگاه سنجیده نشد. به عبارتی میزان آن بسیار پایین و کمتر از حد تشخیص دستگاه جذب اتمی بود. جدول ۵ غلظت فلز کادمیوم در رسوب، بافت نرم و صدف حلزون سنگی جزیره خارگ را نشان می‌دهد. برخلاف رسوب، میزان فلز کادمیوم در بافت نرم حلزون بسیار بالاتر بود. مقایسه‌ها نشان داد که در دو فصل تابستان و زمستان حلزون ایستگاه‌های مختلف فلز کادمیوم را به‌صورت معنی‌داری در بافت نرم خود تجمع داده‌اند (ANOVA, P<۰/۰۵). در حالی‌که مقایسه دو فصل نشان داد که میزان فلز کادمیوم در بافت نرم حلزون اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارد (t-test, ۰/۰۵ >P). غلظت فلز کادمیوم در پوسته حلزون همانند میزان آن در رسوب اندک بود بنابراین غلظت آن توسط دستگاه سنجیده نشد. جدول ۵ غلظت فلز کادمیوم در رسوب، بافت نرم و پوسته حلزون سنگی جزیره خارگ را نشان می‌دهد.

جدول ۵. غلظت فلز کادمیوم در رسوب و حلزون *T. savignyi* بر حسب میکروگرم بر گرم وزن خشک (مقادیری که با حروف متفاوت نشان داده شده‌اند دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشند (P<۰/۰۵).

ایستگاه	رسوب		بافت نرم حلزون		صدف حلزون	
	تابستان	زمستان	تابستان	زمستان	تابستان	زمستان
اسکله T	ناچیز	ناچیز	۱۱±۱/۹^{b}	۸/۴± ۲/۱ ^{b}	ناچیز	ناچیز
گود زباله	ناچیز	ناچیز	۱۴/۶±۰/۷^{ab}	۱۵/۷±۱/۸^{a}	ناچیز	ناچیز
اسکله آذرپاد	ناچیز	ناچیز	۱۴/۳±۱/۳^{ab}	۱۸/۲±۱/۴^{a}	ناچیز	ناچیز
پلاژ کارگری	ناچیز	ناچیز	۱۵/۸±۲/۶^{a}	۱۵/۲±۱/۲^{a}	ناچیز	ناچیز
پارک ساحلی	ناچیز	ناچیز	۱۵/۷±۲/۱^{a}	۱۷/۴±۲/۵^{a}	ناچیز	ناچیز

بحث

توالی غلظت فلزات سنگین در رسوب جزیره خارگ در دو فصل تابستان و زمستان به صورت Zn> Ni> Cu> Pb> Cd به دست آمد. این روند نشان می‌دهد که غلظت فلز روی از غلظت سایر فلزات بیشتر می‌باشد. در سایر مطالعات انجام شده در نقاط مختلف مشابه این روند از توالی غلظت فلزات در رسوب نیز مشاهده گردید (Bazzi, 2104; Raeisi sarasiab *et al*., 2014; Dadolahi Sohrab *et al*., 2103). در فصل زمستان غلظت فلزات مس، نیکل و سرب در رسوب جزیره خارگ افزایش

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.1.5.4]

معنی‌داری را نسبت به فصل تابستان نشان می‌دهد. در فصل زمستان با ایجاد جریان‌های فراجوشی[9] در آب‌های شمالی خلیج‌فارس، مواد آلی به‌وسیله تولید اولیه فیتوپلانکتون ها افزایش می‌یابد. افزایش مواد آلی معلق در ستون آب دریا در طی فصل زمستان از جمله عواملی است که می‌تواند موجب افزایش غلظت فلزات سنگین در رسوب گردد (Chakraborty *et al*., 2015). از دیگر عواملی که موجب افزایش غلظت فلزات سنگین رسوب در فصل زمستان می‌شود می‌توان به کاهش دمای آب و افزایش میزان اکسیژن محلول آب دریا در فصل زمستان اشاره کرد. Simpson و Batlry در سال ۲۰۰۷ عنوان کردند که کاهش دمای آب، افزایش میزان اکسیژن محلول در آب، و افزایش میزان شوری و اسیدیته در آب دریا با تسریع نمودن واکنش‌های اکسیداسیون آهن و منگنز و رسوب دادن یون‌های فلزی آب می‌توانند مقدار فلزات سنگین در رسوب را افزایش دهند. غلظت فلز نیکل در رسوب در هر دو فصل بین ایستگاه‌های مختلف متفاوت بود که نشان می‌دهد این فلز در رسوبات جزیره خارگ دارای پراکنش یکسانی نبوده و از منابع آلوده‌کننده نقطه‌ایی منشأ می‌گیرد. در فصل تابستان بیشترین غلظت فلز نیکل در ایستگاه اسکله T و کمترین مقدار آن در ایستگاه پارک ساحلی به دست آمد. درحالی‌که در فصل زمستان نیز اسکله T به همراه اسکله آذرپاد بیشترین میزان فلز نیکل را دارا بودند. در جزیره خارگ به‌منظور تأمین برق و آب شیرین در پایانه‌های صادرات نفتی، آب دریا را با استفاده از منابع فراوان سوخت که در منطقه وجود دارد تبخیر می‌کند و آب شیرین مورد نیاز را برای کارکنان و ساکنین جزیره فراهم می‌کند. در ساخت تأسیسات آب‌شیرین‌کن از آلیاژهای نیکل استفاده می‌شود. آلیاژهای نیکل به‌طور معمول به‌عنوان مبادله کننده دمایی در این کارخانه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (Mezher *et al*., 2011). Lattemann و Hopner در سال ۲۰۰۸ به ارزیابی اثرات زیست‌محیطی آب‌شیرین‌کن‌ها از جمله آب‌شیرین‌کن‌های خلیج‌فارس پرداختند و اعلام کردند که فعالیت مربوط به کارخانه‌های آب‌شیرین‌کن و پساب خروجی آن‌ها از منابع مهم انتشار فلزات سنگین از جمله فلز نیکل به اکوسیستم دریا است. غلظت فلزات روی، مس، نیکل و سرب در رسوب جزیره خارگ با استانداردهای مختلف رسوب در جهان مقایسه شده است (جدول ۶). هدف از وضع کردن کیفیت استاندارد رسوب تعیین کردن سطح سلامت رسوب از نظر میزان غلظت فلزات، مواد غذایی و ترکیبات آلی است به گونه ایی که باعث بهبود بخشیدن به آگاهی از میزان سطح آلایندگی و محافظت کردن از محیط‌های آبی شود. از معتبرترین و متداول‌ترین استانداردهای کیفیت رسوب می‌توان به گزارش‌های آمریکا و استاندارد کیفیت رسوب کانادا اشاره کرد. استاندارد کیفیت آمریکا (NOAA) میزان آلودگی را در دو سطح به‌صورت ERL و ERM بیان می‌کند. سطحی از آلودگی که در آن کمتر از ۱۰ درصد اجتماعات بیولوژیک در معرض خطر قرار دارند را با استفاده از استاندارد محدوده اثرات کم (ERL) و سطحی از آلودگی را که در آن بالای ۵۰ درصد از اجتماعات بیولوژیک در معرض خطر قرار دارند را با استفاده از محدوده اثرات متوسط (ERM) مشخص می‌کند. کیفیت رسوب کانادا نیز با استفاده از دو سطح LEL و SEL مقدار استاندارد کمترین و بیشترین سطح آلودگی را بیان می‌کند. LEL سطحی از آلودگی است که اکثر جانوران کفزی می‌توانند آن را تحمل کنند؛ در واقع در این سطح اثر خاصی در جوامع بیولوژیک دیده نمی‌شود. سطح دیگر استاندارد کیفیت رسوب کانادا سطح SEL است که حدی از آلودگی شدید می‌باشد که سلامت موجودات بنتیک را به خطر می‌اندازد. مقدار فلز مس رسوب جزیره خارگ در مطالعه حاضر دو برابر سطح استاندارد LEL در کیفیت رسوب کانادا بود و اندکی بیشتر از سطح ERL در کیفیت رسوب آمریکا و درعین‌حال از سطوح ERM و SEL کمتر بود. غلظت فلز نیکل در رسوبات جزیره خارگ نسبتاً بالا به نظر می‌رسد و نزدیک به سطح ERM بود. غلظت فلز نیکل از سطوح LEL و ERL بالاتر بود و تنها از سطح SEL کمتر بود. غلظت فلز سرب نیز از سطح LEL بیشتر بود درحالی‌که غلظت آن در رسوب از سایر استانداردها کمتر بود. میزان فلز روی نیز که دارای بالاترین غلظت در رسوب جزیره خارگ بود در اکوسیستم طبیعی و کمتر از تمام سطوح استانداردهای مورد بررسی بود.

توالی غلظت فلزات سنگین در بافت نرم حلزون *T. savignyi* جزیره خارگ به صورت Cu >Zn >Pb >Cd >Ni به دست آمد. این روند نشان می‌دهد که غلظت فلز مس در بافت نرم حلزون از سایر فلزات بیشتر است. در عین حال توالی غلظت فلزات سنگین در صدف حلزون نیز بصورت Cu >Pb >Zn >Ni >Cd بود. غلظت فلزات به دست آمده در حلزون با تعدادی از

[9] Upwelling

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.1.5.4]

جدول ۶. مقایسه مقادیر فلزات سنگین در رسوب جزیره خارگ با استانداردهای کیفیت رسوب (میکروگرم بر گرم وزن خشک رسوب)

فلز	کیفیت رسوب آمریکا (NOAA) (Buchman, 2008)		کیفیت رسوب کانادا (ISQG) (Buchman, 2008)		رسوب جزیره خارگ
	ERL	ERM	LEL	SEL	
Cu	۳۴	۲۷۰	۱۶	۱۱۰	۳۵/۵
Ni	۲۰/۹	۵۱/۶	۳۱	۲۵۰	۴۲/۶
Pb	۴۶/۷	۲۱۸	۱۶	۷۵	۳۱/۷
Zn	۱۵۰	۴۱۰	۱۲۰	۸۲۰	۶۹/۱

NOAA =National Oceanic and Atmospheric Administration
ISQG = Canadian Interim Sediment Quality Guidelines
ERL = Effects Range Low (Buchman, 2008)
ERM = Effects Range Medium (Buchman, 2008)
LEL = Lowest Effects Level (Buchman, 2008)
SEL = Severe Effects Level (Buchman, 2008)

مطالعات انجام شده بر روی دیگر نرم‌تنان در سایر مناطق دریایی روند مشابهی داشت (Mat Amin *et al*., 2006; Duysak and Ersoy, 2014). غلظت فلزات مس وروی در بافت نرم حلزون به ترتیب ۱۰ و ۸ برابر غلظت آنها در صدف حلزون بود.

فلزات مذکور از عناصر مهم و ضروری برای انجام متابولیسم و فعالیت‌های بدن موجود به شمار می‌روند. این عناصر در بسیاری از واکنش‌ها به عنوان کوآنزیم فعالیت می‌کنند. غلظت کم این عناصر در بدن موجودات ممکن است موجب اختلال در فعالیت‌های آنزیمی و فعالیت‌های مربوط به نقل و انتقال مواد می‌شود (Soto-Jiménez *et al*., 2001). غلظت مس در بافت نرم حلزون در فصل تابستان به‌طور معنی‌داری بیشتر از فصل زمستان بود ($P<0.05$) . این عنصر جزو فلزات سنگین ضروری برای جانوران به ویژه نرم‌تنان به شمار می‌رود (Caussy *et al*., 2003). مس در ساختار رنگدانه هموسیانین به‌کار می‌رود که رنگدانه تنفسی نرمتنان می‌باشد. از این رو نرمتنان بویژه شکم پایان قادرند غلظت‌های بالایی از مس را بدون آشکار شدن علائم سمیت در بدن خود ذخیره نمایند (Vázquez-Sauceda *et al*., 2011). افزایش دمای آب، کاهش اکسیژن محلول آب و همچنین بالا بودن میزان متابولیسم در فصل تابستان موجب می‌گردد برای افزایش راندمان تنفس نیاز به عنصر مس افزایش پیدا کند و در نتیجه غلظت آن در بدن افزایش بیشتر می‌شود. در فصل زمستان غلظت فلز مس در صدف حلزون بین ایستگاه‌های مختلف دارای تفاوت معنی‌داری بود. حلزون‌های ایستگاه‌های گودزباله و اسکله آذرپاد مقدار فلز مس بیشتری را در بافت نرم خود داشتند. حلزون‌های مربوط به این ایستگاه‌ها با توجه به شکل محل زیست خود نسبت به دیگر حلزون‌ها مدت زمان بیشتری را در طول دوره‌های جزر و مدی خارج از آب قرارگرفته و در این صورت در شرایط استرس تنفسی بیشتر می‌باشند. بنابراین غلظت بیشتر فلز مس در بافت‌نرم این حلزون‌ها ناشی از تقاضای این موجودات برای ساختن رنگدانه‌های تنفسی بیشتر می‌باشد. فلزات سرب و کادمیوم از عناصر ضروری برای متابولیسم موجودات نیستند و حتی مقدار کم آن نیز باعث ایجاد سمیت در بدن موجود می‌گردد (Dennis *et al*., 2005).

موجودات آبی از جمله نرم‌تنان دارای دستگاه‌های پیشرفته دفعی نیستند و فرآیند دفع با سرعتی آهسته انجام می‌پذیرد بنابراین هنگامی که غلظت این فلزات در محیط آبی افزایش می‌یابد و دسترسی زیستی موجودات نسبت به این آلاینده‌ها به‌سهولت انجام می‌پذیرد در این حالت سرعت ورود بیشتر از سرعت دفع آن توسط دستگاه دفعی موجود می‌شود که موجب می‌شود آلاینده در بافت بدن موجود تجمع یابد. باند شدن فلزات سنگین به متالوتیونین و توزیع فلزات سنگین در بافت‌های مختلف مانند صدف از جمله راهکارهایی است که این موجودات با استفاده از آن میزان فلزات را در بدن خود تنظیم کنند و عمل سمیت زدایی ناشی از تجمع بیش از حد این فلزات انجام دهند (Simes *et al*., 2003). غلظت فلز کادمیوم در رسوب و صدف حلزون بسیار ناچیز و قابل سنجش نبود درحالی‌که میزان آن در بافت نرم بسیار بالاتر بود. چنین استنباط می‌شود که

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.1.5.4]

جدول ۷. غلظت فلزات مس، روی، نیکل، سرب و کادمیوم در سایر مطالعات مشابه (میکروگرم بر گرم وزن خشک)

منطقه	گونه	Zn	Pb	Ni	Cu	Cd	منبع
کانال سوئز	*T. carinifera*	۸۹	۳۰/۲	-	۱۷/۴	-	Ibrahim and El-Regal, 2014
تایوان	*T. clavigera*	۳۲۶	۱/۱	-	۲۰۲	۱/۲	Jeng *et al.*, 2000
مالزی	*T. clavigera*	۸۰-۸۶	-	-	۷۱-۲۱۵	۲/۶-۵/۷	Timur, 2014
مالزی	*T. aculeate*	۱۵۸/۴	۰/۶	-	۱۵۰/۳	۱۱/۳	Mat Amin *et al.*, 2006
هرمزگان	*T. mutabilis*	-	-	۲/۶-۳/۸	-	۴/۴-۱۳	Astani *et al.*, 2012
جزیره خارگ	*T. savignyi*	۱۶۲	۳۳/۹	۱۱/۲	۴۵۴	۱۴/۸	مطالعه حاضر

گونه مورد مطالعه به علت عدم توانایی دفع موثر فلز کادمیوم قادر است غلظت‌های بالاتری از آنچه که در محیط پیرامون آن وجود دارد را در خود تجمع دهد. مقایسه نتایج به دست آمده در این تحقیق با گونه‌ها و جنس‌های مشابه در خلیج‌فارس و سایر نقاط جهان (جدول ۷) مؤید این نکته است (Mat Amin *et al*., 2006; Astani *et al*., 2012; Nicolaidou and Nott, 1998; Duysak and Ersoy, 2014). مطالعه تجمع فلزات سنگین در بافت نرم و سخت صدف *patella aspera* نیز نشان داد که این نرم‌تن به منظور سم‌زدایی فلزات غیرضروری و فلزهای ضروری که بیش از حد نیاز جذب شده‌اند از صدف خود به‌عنوان یک محل ذخیره استفاده می‌کند (Cravo *et al.*, 2004).

در جدول ۸ نتایج حاصل از سنجش فلزات سنگین مس، کادمیوم و نیکل در بافت نرم حلزون جزیره خارگ با استانداردهای سلامت جهانی (WHO)، سازمان خوار و بار جهانی (FAO)، انجمن کشورهای اروپایی (EC) و استاندارد سازمان غذا و داروی آمریکا (US FAD) مقایسه شده است. با توجه به مقادیر ذکر شده در جدول غلظت فلزات نیکل و کادمیوم از تمام استانداردهای نام برده بیشتر بود درحالی‌که غلظت فلز مس از استانداردهای WHO و FAO بیشتر و از استاندارد US FDA کمتر بود. غلظت فلزات سرب و روی نیز از استانداردهای موجود کمتر بود.

مقایسه نتایج به دست آمده در این تحقیق با سایر مطالعات و استانداردهای موجود نشان داد که غلظت کلیه فلزات سنگین در رسوب جزیره خارگ کمتر از حد مجاز بود و در بین حدود اعلام شده در سایر مطالعات قرار داشت. درحالی‌که در بافت نرم حلزون غلظت فلزات مس، نیکل، سرب و کادمیوم بالاتر از حد استاندارد بود. نتایج نشان داد که حلزون *Tylothais savignyi* توانایی قابل توجهی در تجمع دادن فلزات در بافت نرم خود دارد. تجمع فلز کادمیوم در بافت نرم حلزون علیرغم ناچیز بودن مقدار این فلز در رسوب مبین این مطلب است که بافت نرم حلزون سنگی قابلیت خوبی برای پایش فلز کادمیوم دارد ولی با توجه به سطوح پایین کادمیوم در رسوب نیاز است که پژوهش دیگری به‌منظور مطالعه همبستگی بین غلظت این فلز درسوب و حلزون در مکان‌هایی با آلودگی بیشتر صورت پذیرد.

جدول ۸. مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین در بافت نرم حلزون *T. savignyi* با استانداردهای مختلف (میکروگرم بر گرم در وزن تر)

استاندارد	Zn	Pb	Ni	Cu	Cd	منبع
WHO	۶۰	۰/۲	۰/۲	۱۰	۰/۲	Shulkin and Presley, 2003
FAO	۴۰	۰/۵	۰/۵	۳۰	۰/۷۵	Shulkin and Presley, 2003
EC	---	---	---	---	۰/۷۵	Sivaperumal *et al*., 2007
حلزون	۳۶	۷/۷۵	۱/۵۷	۷۵/۶۵	۲/۴۸	مطالعه حاضر

WHO = World Health Organization
FAO = Food and Agriculture Organization
EC = European Commission

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.1.5.4]

تشکر و قدردانی

از مسئولین محترم اداره محیط‌زیست جزیره خارگ به دلیل مساعدت در امر نمونه برداری تشکر به عمل می‌آید.

منابـع

AbdAllah, A.T., Moustafa, M.A. 2002. Accumulation of lead and cadmium in the marine prosobranch *Nerita saxtilis*, chemical analysis, light and electron microscopy. Environmental Pollution. 116: 185-191. (in Persian)

Astani, M., Vosoughi, A.R., Salami, A., Ebrahimi, I. 2012. Comparative study of heavy metal (Cd, Fe, Mn, and Ni) concentrations in soft tissue of gastropod *Thais mutabilis* and sediments from intertidal zone of Bandar Abbas. Advances in Environmental Biology. 6(1): 319-326. (in Persian)

Bazzi, A.O. 2014. Heavy Metals In Seawater, Sediment and Marine Organisms In The Gulf Of Chabahar, Oman Sea. Journal of Oceanography and Marine Science. 5(3): 20-29. (in Persian)

Blackmore, G. 1998. Anoverview of trace metal pollution in the coastal waters of Hong Kong. The Science of the Total Environment. 214: 24-48.

Buchman, M.F. 2008. NOAA screening quick reference Tables, NOAA OR and R Report 08-1, Seattle WA, Office of Response and Restoriation Division National Oceanic and Atmospheric Administration. 34 p.

Caussy, D., Gochfeld, M., Gurzau, E., Neagu, C., Ruedel, H. 2003. Lessons from case studies of metals: Investigating exposure, Bioavailability and risk. Ecotoxicology and Environmental Safety. 56: 45-51.

Cervantes, A.M., Jiménez-Cárceles, F.J., Álvarez-Rogel, J. 2009. As, Cd, Cu, Mn, Pb and Zn contents in sediments and mollusks (*Hexaplex Trunculus* and *Tapes Decussatus*) from coastal zones of a Mediterranean Lagoon (Mar Menor, Se Spain) Affected by mining wastes. Water Air Soil Pollution. 200: 289 -304.

Chakraborty, P., Sarkar, A., Vudamala, K., Naik, R., Nath, B.N. 2015. Organic matter a key factor in controlling mercury distribution in estuarine sediment. Marine Chemistry. 173: 302-309.

Cravo, A., Foster, P., Bebianno, M.J. 2004. Minor and trace elements in the shell of *patella aspera*. Environmental Internanational. 28: 295-302.

Dadolahi, A., Nazarizadeh, M. 2013. Heavy metals contamination in sediments from the North of the Strait of Hormuz. Journal of the Persian Gulf. 4: 39-46. (in Persian)

Delman, O., Demirak, A., Balci, A. 2006. Determination of heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) in sediments and fish of the southeastern Aegean sea (Turkey) by atomic absorption spectrometry. Food Chemistry. 26: 157-162.

Dennis, A., Robinson I., Johanson, E. 2005. Relathonships between heavy metal levels in the water column and sediment in a Palachicola bay Florida. American Jurnal of Environmental Science. 1: 179- 186.

Duysak, Ö., Ersoy, B. 2014. A Biomonitoring study: Heavy metals in *Monodonta turbinata* (Mollusca: Gastropoda) from Iskenderun Bay, North-Eastern Mediterranean. Pakistan Journal Zoology. 46: 1317-1322.

Ibrahim, N.k., El-Regal, M.A.A. 2014. Heavy metals accumulation in marine edible molluscs, Timsah Lake, Suez Canal, Egypt. ARPN Journal of Science and Technology. 4(4): 282-288. (in Persian)

Idris, A.M., Eltayeb, M.A.H., Van grieken, R., Potgieter, J.H. 2007. Assessment of heavy metals pollution in Sudanese harbours along Red Sea Coast. Microchemical Journal. 87(3): 104-112.

Ismail, A., Safahieh, A. 2004. Copper and Zinc in intertidal surface sediment and *Telescopium telescopium* from Lukut River, Malaysia. Coastal Marine Science. 29(2): 111-115.

Jeng, M.S., Jeng, W.L., Hung, T.C., Yeh, C.Y., Tseng, R.J., Meng, P.J., Han, B.C. 2000. Mussel watch: a review of Cu and other metals in various marine organisms in Taiwan. 1991-98. Environmental Pollution. 110: 207-215.

Katsiki, V.A., Florou, H. 2006. Study on the behavior of the heavy metals Cu, Cr, Ni, Zn, Fe, Mn and 137Cs in an estuarine ecosystem using *Mytilus galloprovincialis* as a bioindicator species: the case of Thermaikos gulf, Greece. Journal of Environmental Radioactivity. 86: 31-44.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.1.5.4]

Lafabrie, G., Pergent, G., Kantin, R., Pergent- Martini, C., Gonzalez, A. 2007. Trace metals assessment in water, sediment, mussel and seagrass species – Validation of the ues of *Posidonin* oceanic as ametal biomonitor. Chemosphere. 68: 2033-2039.

Lattemann, S., Hopner, T. 2008. Environmental impact and impact assessment of seawater desalination .European Desalination Society and Center for Research and Technology Hellas. 220(3): 1-15.

Mat Amin, N., Mamat, J., Shazili, M., Azhar, N. 2006. Analysis of heavy metals in soft tissues of *Thais Aculeata*, a gastropod taken from Chendering Beach, Terengganu as an attempt to search for indicator of heavy metal pollution in the aquatic environment. International Conference on Natural Resources Engineering and Technology. 24(1): 54-59.

Mezher, T., Fath, H., Abbas, Z., Khaled, A. 2011. Techno-economic assessment and environmental impacts of desalination technologies. Desalination. 266: 263-273.

Morales-Hernández, F., Soto-Jiménez, M., Páez-Osuna, F. 2004. Heavy metals in sediments and lobster (*Panulirus gracilis*) from the discharge area of the submarine sewage outfall in Mazatla'n Bay (SE Gulf of California). Archive of Environmental Contamination and Toxicology. 46: 485-91.

Nicolaidou, A., Nott, J.A. 1998. Metals in sediment, seagrass and gastropods near a nickel smelter in Greece: possible interactions. Marine Pollution Bulletin. 36: 360-365.

Nicholson, S., Lam, P.K.S. 2005. Pollution monitoring in Southeast Asia using biomarker in mytilid mussel *Perna viridis* (Mytilidae: Bivalvia). Environment International. 31: 121-132.

Raeisi Sarasiab, A., Mirsalari, Z., Hosseini, M. 2014. Distribution and Seasonal variation of heavy metal in surface sediments from Arvand River, Persian Gulf. Marine Science Research and Development. 4(3): 1-6. (in Persian)

Rai, P.K. 2009. Heavy metal phytoremediation from aquatic ecosystems with special reference to macrophytes. Critical Reviews in Environmental Science and Technology. 39: 697-753.

Simes, D.C., Bebianno, M.J., Moura, J.J. 2003. Isolation and characterisation of metallothionein from the clam Ruditapes decussatus. Aquatic toxicology. 63: 307-318.

Simpson, S.L., Batlry, G.E. 2007. Predicting metals toxicity in Sediments: A critique of current approaches. Integrated Environmental Assessment and Management. 3(2): 18-31.

Sivaperumal, P., sankar, T.V., viswanathan Nair, P.G. 2007. Heavy metal concentrations in fish, shellfish and fish products from internal markets of India vis-a-vis international standards. Food Chemistry. 102(3): 612-620.

Shulkin, V.M., Presley, B.J. 2003. Metal concentration in mussel *Crenomytillus grayanus* and oyster *Crassostrea gigas* in relation to contamination of ambient sediment. Environment International. 29: 493- 502.

Soto-Jiménez, M., Páez-Osuna, F., Morales- Hernández, F. 2001.Selected trace metals in oysters (*Crassostrea iridescens*) and sediments from the discharge zone of the submarine sewage outfall in Mazatlán Bay (south east Gulf of California): Chemical fractions and bioaccumulation factors. Environmental Pollution. 114(3): 357-70.

Timur, P. 2014. Trace Metals in *Thais clavigera* along coastal waters of the east coast of Peninsular Malaysia. Sains Malaysiana. 43: 529-534.

Vázquez-Sauceda, M.D.L., Aguirre-Guzmán, G., Sánchez-Martínez, J., Pérez-Castañeda, R. 2011. Cadmium, Lead and Zinc concentrations in water, sediment and oyster (*Crassostrea virginica*) of San Andres Lagoon, Mexico. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 86(4): 410-414.

Yi, Y.J., Yang, Z.F., Zhang, S.H. 2011. Ecological risk assessment of heavy metals in sediment and human health risk assessment of heavy metals in fishes in the middle and lower reaches of the Yangtze River Basin. Environmental Pollution. 159: 2575-2585.

Yap, C.K., Cheng, W.H. 2013. Distributions of heavy metal concentrations in different tissues of the mangrove snail *Nerita lineata*. Sains Malaysiana. 42(5): 597-603.

Yap, C.K., Ismail, A., Tan, S.G., Abdul Rahim, I. 2003. Can the shell of the Green-lipped mussel *Perna viridis* from the west coast of Peninsular Malaysia be a potential biomonitoring material for Cd, Pb and Zn? Estuarine, Coastal and Shelf Science. 57: 623-630.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.1.5.4]

Yap, C.K., Noorhaidah, A., Azlan, A., Ismail, A., Siraj, S.S., Tan. S.G. 2009. *Telescopium telescopium* as potential biomonitors of Cu, Zn, and Pb for the tropical intertidal area. Ecotoxicology and Environmental Safety. 72: 496-506.

Zhang, H., Shan, B. 2008. Historicals records of heavy metals accumulation in sediment and the relationship with agricultural intensification in the Yangtze-Huaihe region, Chain. Science of theTotal Environment. 399: 113-120.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-22]

[DOR: 20.1001.1.23222751.1398.9.1.5.4]