بررسی تجمع زیستی رسوبی و تعیین مقادیر فلزات سنگین Ni و V در دوکفه‌ای *Anodont cygnea* و رسوبات تالاب انزلی

لیدا سلیمی[1*]، شهلا جمیلی[2]، پیمان اقتصادی عراقی[3]، عباسعلی مطلبی[2] و محمد ربانی[4]

۱- گروه آلودگی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال
۲ - موسسه تحقیقات شیلات ایران
۳- مرکز ملی اقیانوس‌شناسی ایران
۴- گروه شیمی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

تاریخ دریافت: ۸۹/۸/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱/۲۸

چکیده

تالاب انزلی یک تالاب بین المللی در شمال ایران بوده و دارای شرایط اکوسیستمی ویژه برای پرورش و رشد انواع آبزیان می‌باشد. بنابراین پایش آن بسیار اهمیت دارد. در حال حاضر این تالاب در معرض تهدید آلاینده‌های نفتی و فلزات سنگین موجود در پسابهای صنعتی حوزه آبریز قرار دارد. با توجه به امکان انتقال آلودگیهایی نظیر فلزات سنگین از طریق زنجیره غذایی، همراه با افزایش غلظت این آلاینده‌ها(Bioaccumulation)، مصرف آبزیان آلوده تالاب توسط انسان می‌تواند خطرات جدی را به همراه داشته باشد. در این پروژه نسبت به تعیین آلاینده‌های نیکل و وانادیوم که دو فلز سنگین شاخص آلودگی نفتی هستند اقدام شد. نمونه‌برداری از رسوب و یکی از گونه‌های بومی تالاب انزلی یعنی دوکفه‌ای *Anodont cygnea* در ایستگاه‌های موسوم به (ماهروزه و سلکه) و در دو فصل خشک و مرطوب (اواخر خرداد و اواخر شهریورماه) سال ۱۳۸۹ صورت گرفت، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و بعد از آماده‌سازی و انجام آنالیزهای شیمیایی با استفاده از روش جذب اتمی، فلزات سنگین Ni و V در آنها تعیین‌گردید. نتایج نشان داد که مقدار وانادیوم در بافت نرم دوکفه ای و رسوب، به ترتیب در محدوده حداقل و حداکثر ۰/۳۲۴۳ میکروگرم در گرم ND(not detected)- و ۳۰۶/۹۶۰۳ - ۲.۱۷۹۶ میکروگرم در گرم بوده و غلظت نیکل در بافت نرم و رسوب به ترتیب در محدوده حداقل و حداکثر ۱/۳۳۵۱ – ۰/۰۲۳۱ میکروگرم در گرم و ۱۹/۵۳۲۶ – ۰/۴۹۴۹ میکروگرم در گرم بود. مشاهده می‌شود که مقادیر نیکل و وانادیوم در رسوب پایین بوده و حتی غلظت نیکل در محدوده ERL هم قرار ندارد در مورد وانادیوم چونERL و ERM برای آن تعریف نشده نمی توان در این خصوص قضاوت کرد. فاکتور تجمع زیستی رسوبی (BASF) نیز در خصوص نیکل و وانادیوم کمتر از یک بود، و این امر حاکی از آن است که انتقال این دو عنصر از رسوب به بدن دوکفه ای بالا نبوده و در بافت نرم آنودونت مقدار آن‌ها پایین است. نتایج آماری هم (با استفاده از نرم‌افزار SPSS ۱۳) نشان داد بین مقادیر نیکل در نمونه آنودونت‌های ایستگاه ماهروزه، در خرداد و شهریور ماه اختلاف معنی داری وجود داشت(P > ۰/۵۰). همچنین اختلاف معنی داری در میزان وانادیوم تعیین شده در نمونه آنودونت و رسوب ماهروزه در شهریور ماه دیده شد. علاوه

* نگارنده پاسخگو: l_salimi@iau-tnb.ac.ir

بر آن اختلاف معنی داری در میزان وانادیوم تعیین شده در نمونه آنودونت و رسوب سلکه هم در شهریور ماه وجود داشت($P < ۰/۰۵$). با توجه به نتایج بدست آمده و موارد فوق مشاهده می‌شود که مقادیر فلزات سنگین نیکل و وانادیوم در رسوب بیشتر از بافت نمونه آنودونت است. بررسی نتایج انباشت زیستی- رسوبی نیکل و وانادیوم حاکی از آن است که در تمامی نمونه‌های دوکفه ای مورد آزمایش، عملا انباشت زیستی – رسوبی قابل ملاحظه ای از نیکل و وانادیوم در بافت نرم آنودونت وجود نداشت.

واژگان کلیدی

نیکل، وانادیوم، آنودونت، رسوب، تالاب انزلی، تجمع زیستی

مقدمه

تالاب انزلی یکی از مهم ترین تالاب‌های ایران بوده و تالابی بین المللی است. این تالاب با توجه به شرایط اکولوژیک خود از تنوع زیستی بالایی برخوردار بوده و زیستگاه آبزیان متنوعی است که گروهی از آنها مورد تغذیه انسان قرار می‌گیرند. در صورت آلوده شدن این آبزیان، آلودگی ناشی از آن می‌تواند به انسان نیز منتقل شود. این تالاب با دریای خزر در ارتباط می‌باشد. در طول قرن اخیر وجود سفره‌های غنی نفت در بستر و حاشیه دریای خزر و بهره برداری‌های گسترده از این حوزه‌ها، آلودگی‌های نفتی زیادی را در منطقه به وجود آورده که براساس گزارش دفتر محیط زیست دریای خزر(CEP) به دلیل ویژگی‌های طبیعی این دریا، بیشتر این آلودگی‌ها به سمت جنوب دریای خزر بوده که این امر بیشترین مخاطرات را برای سواحل ایران به همراه می‌آورد(۱۹۸۶ , Nafttimes).

انجام فعالیت‌های نفتی در دریای خزر (بخصوص آذربایجان) و نظر به جهت حرکت جریانات آبی در خزر(که بر خلاف جهت عقربه‌های ساعت است) احتمال ورود آلودگی نفتی به بخش‌های جنوبی دریا و قسمت‌های مرتبط با آن نظیر تالاب انزلی وجود دارد. علاوه بر آن ورود پساب‌های صنعتی و شهری که از طریق رود خانه‌های آلوده وارد تالاب می‌شوند نیز در آلودگی تالاب انزلی نقش عمده ای ایفا می‌کنند. این تالاب سالانه با ورود میلیونها تن فاضلاب شهری، پساب صنعتی حدود ۵۰ کارخانه و آلودگیهای نفتی مناطق اطراف مواجه است.(Waresh, ۲۰۱۲).

از سوی دیگر برخی از کفزیان نظیر دوکفه ای آنودونت *Anodonta cygnea*،که موجودی صافی خوار (Filter Feeder) است و برای تغذیه، آب را فیلتر می‌کند، قادرند آلاینده‌ها را نسبت به محیط اطراف خود (آب یا رسوب)، ۱۰۵- ۱۰۲ بار در بدن خود تغلیظ نمایند. لذا می‌توان تجمع زیستی آلاینده‌ها بین رسوبات و بافت بدن دوکفه‌ای‌ها Bio-Sediment Accumulation Factor (BSAF) یا تجمع زیستی- رسوبی را نیز در آنها بررسی نمود.

تعیین میزان فلزات سنگین در بدن موجودات آبزی نظیر دو کفه ای‌ها اغلب به منظور بررسی خطرات اکولوژیکی و اثرات کشنده این فلزات مهم بوده و مورد استفاده قرار می‌گیرد (Phillips, ۱۹۸۵ , Rainbow, ۱۹۹۵). همچنین رسوب‌های در محیط‌های آبی منبعی مهم از فلزات است که با غذا توسط موجودات فیلتر کننده خورده می‌شوند (Schlekat et al.,۱۹۹۲) و با توجه به عدم تحرک این جانوران و متابولیسم اندک، استفاده از آنان برای پایش و تعیین تغییرات غلظت این فلزات بسیار مفید است. در این خصوص می‌توان به تحقیقات انجام شده مشابه بر روی گونه‌های مختلف دو کفه ای‌ها توسط Rojas de Astudillo و همکاران (۲۰۰۵)و Gomez و همکاران(۱۹۹۱) اشاره کرد.

در این پژوهش دو فلز نیکل(Ni) و وانادیم (V)که عمدتا بعنوان فلزات شاخص نفتی شناخته می‌شوند در رسوبات و کل بافت نرم (Whole tissue) دوکفه ای آنودونت مورد بررسی قرارگرفت و علاوه بر آن (BSAF) نیز در

نمونه‌های آنودونت تعیین گردید.

مواد و روش‌ها

در ابتدا کل مساحت تالاب مورد گشت زنی قرارگرفت تا از مکان‌هایی که دوکفـه ای آنودونـت وجـود دارد اطـلاع حاصل شود و بر این اساس دو ایستگاه شامل ۱) ایستگاه ماهروزه ۲) ایستگاه سـلکه هـر کـدام بـه طـول ۱کیلـومتر تعیین گردید. نمونه‌برداری در دو فصل بهار و تابستان (یعنی اواخر خرداد و اواخـر شـهریور) از رسـوب و دو کفـه ای آنودونت صورت گرفت و نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل گردید. سپس بافت نرم عضله نمونه‌های آنودونت جـدا شـده و پس از کد گذاری به فریزر منتقل شدند (نمونه‌های رسوب با استفاده از Van Veen Grab برداشته شـده اسـت)، در هر فصل و در هر ایستگاه، ۷ نمونه دوکفه ای آنودونت و سه نمونه رسوب مورد آنالیز قرار گرفت. هر یک از نمونـه‌هـا سه بار آنالیز گردیده و میانگین آنها در بخش نتایج ارائه گردیده است.

آماده سازی نمونه‌های رسوب بر طبق روش (۱۹۹۹) MOOPAM انجام گردیـد. نمونـه‌هـای رسـوب در آون در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد کاملا خشک شدند. سپس از لایه‌های رسوب سطحی هر ایستگاه ۰/۰۲۵ گرم وزن شـده و برای عملیات هضم به ویالهای دستگاه ماکرو ویو منتقل گردید.

پس از آن به هرویال ۶ میلی لیتر اسید نیتریک ۶۵ درصد و ۱میلی لیتر اسید پرکلریک ۶۰ درصد و ۱میلـی لیتـر آب اکسیژنه ۳۰درصد مرک اضافه شد. نمونه‌ها به مدت نیم سـاعت در دمـای ۲۰۰ درجـه سـانتی گـراد در دسـتگاه ماکرو ویو مدل ETHOS ۱ (Advanced Microwave- Digestion system) قرار داده شد. رسـوبات هضـم شـده بـا کاغذ صافی(wattman ash less no. ۴۱)، صاف گردید. محلول حاصل به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده شد.

درمرحله بعد بافت نرم نمونه‌های آنودونت (که از پوسته جدا و منجمد شـده بـود) تـوزین(وزن تـر) و سـپس بـه قطعات کوچکتر تقسیم شده و به دستگاه فریز درایر(مدلZirbus, D۳۷۵۳۹) سپرده شد تا کاملا خشک گـردد. پـس از آن۰/۳ گرم از کل بافت نرم خشک هر نمونه درون ویال‌های مخصوص ماکرو ویو گذاشته شده و به آن۶ میلی لیتر اسید نیتریک ۶۵ درصد و ۲ میلی لیتر آب اکسیژنه ۳۰درصد مرک اضافه شد. سپس درب ویال کاملا فیکس شـده و برای مدت نیم ساعت در دمای ۱۸۰ درجه سانتی گراد در دستگاه ماکرو ویو قرار گرفت تا مراحل هضم نمونـه کامـل شده، و آماده سنجش با دستگاه جذب اتمی گردد.

در مرحله آخر هر نمونه رسوب و بافت نرم، در سـه نوبـت جهـت سـنجش فلـزات نیکـل و وانـادیوم بـه دسـتگاه Atomic absorbtion (مدل Thermo, electron corporation) با حد تشخیص ۱×۱۰^{-۴} میکرو گرم بـر گـرم سـپرده شد. در نمونه‌های رسوب از جذب اتمی با شعله (Flame) و در نمونه‌های بافت نرم آنودونت، از کوره گرافیتی استفاده گردید.

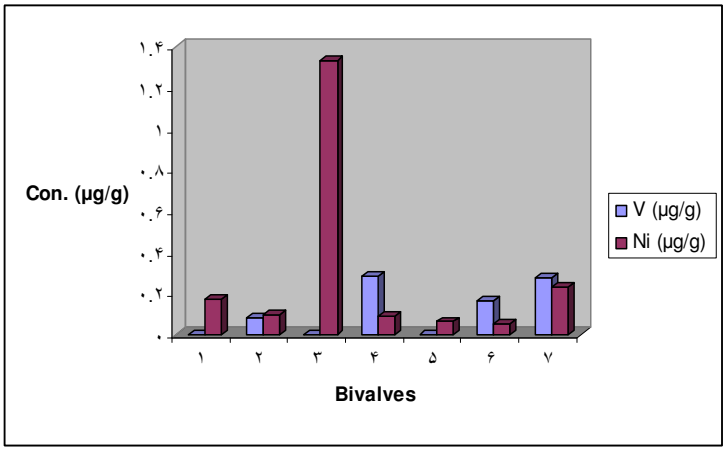
آنالیزهـای آمـاری بـا اسـتفاده از نـرم افـزار SPSS۱۳ و آزمـون Mann Whitney U انجـام و همبسـتگی بـین پارامترهای مورد سنجش، بررسی گردید.

همچنین در این پروژه برای تعیین تجمع زیستی آلاینده بین رسوب و نمونـه‌هـای دوکفـه‌ای Anodont در نقـاط نمونه‌برداری شده، نسبت غلظت آلاینده در دو کفه ای را به غلظت آلاینده در رسوب بدست آمده و سپس با اسـتفاده از نسبت مقادیر آلاینده در بافت نرم دوکفه ای/ مقادیر آلاینده در رسـوب، میـزان (Bio- Sediment Accumulation BSAF Factor) ارزیابی گردید

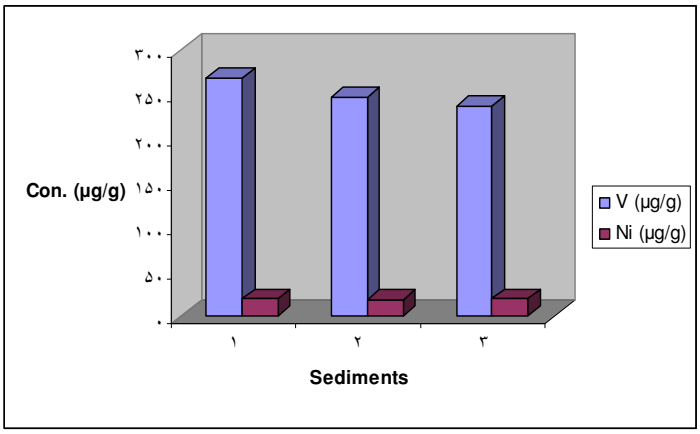
نتایج

نتایج نشان داد، مقدار نیکل و وانادیوم در نمونه‌های بافت نرم۷ نمونه آنودونت در ایستگاه ماهروزه در خـرداد مـاه پایین بود، بطوری که مقادیر وانادیوم در دامنه غیر قابل تشخیص دستگاه (Not Detected) تا ۰/۲۸۲۷ میکـرو گـرم

بر گرم و مقادیر نیکل در محدوده ۱/۳۳۵۱- ۰/۰۵۲۴ میکرو گرم بر گرم بود. اما مقدار نیکل و وانادیوم در رسوب این ایستگاه (۳ نمونه) در خرداد ماه خیلی بالاتر بود، بطوری که مقادیر وانـادیوم در دامنـه ۲۶۹/۶۰۸۶ - ۲۳۸/۱۲۵۶ میکرو گرم بر گرم و مقادیر نیکل در محدوده ۱۹/۳۵۶۱- ۱۸/۵۳۲۶ میکرو گرم بر گرم بدست آمد (شکل ۱ و ۲).

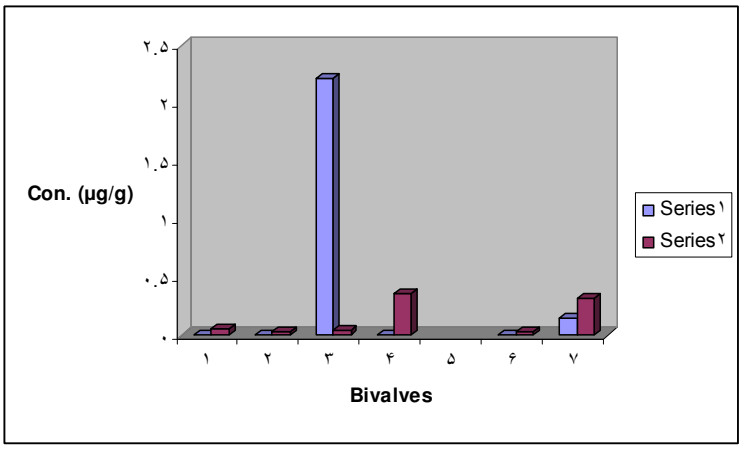


شکل ۱ – نمودار مقادیر نیکل و وانادیوم در نمونه‌های آنودونت ایستگاه ماهروزه تالاب انزلی، خرداد ماه ۱۳۸۹

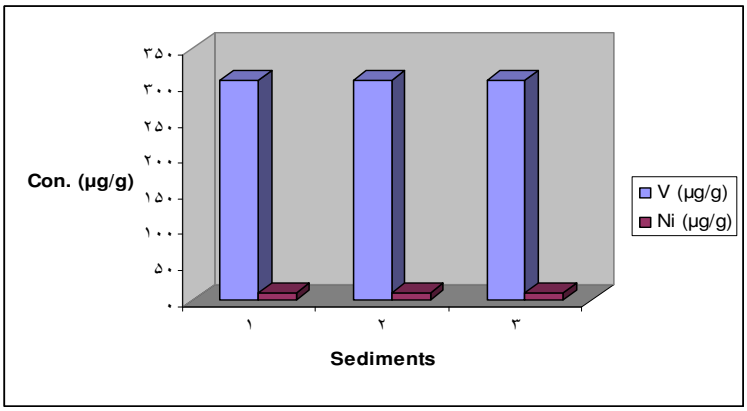


شکل ۲ – نمودار مقادیر نیکل و وانادیوم در نمونه‌های رسوب ایستگاه ماهروزه تالاب انزلی، خرداد ماه ۱۳۸۹

آنالیزهای انجام شده نشان دادکه مقدار نیکل و وانادیوم در نمونه‌های آنودونت ایستگاه سلکه در خـرداد مـاه هـم پایین است بطوری که مقادیر وانادیوم (بجز در دو نمونـه) در سـایر نمونـه‌هـا در حـد غیـر قابـل تشـخیص دسـتگاه (Not Detect) بوده و مقادیر نیکل نیز در محدوده ۰/۳۶۷۶- ۰/۰۲۷۴ میکرو گرم بر گرم می‌باشـد و مقـدار نیکـل و وانادیوم در رسوب سلکه در خرداد ماه مشابه ایستگاه ماهروزه، نسبت به بافت بالاتر بوده بطوری که مقدار وانادیوم در رسوب در محدوده ۳۰۶/۹۶۰۳ – ۲۸۹/۳۴۱۱ میکرو گرم بر گرم و مقـدار نیکـل در رسـوب در محـدوده ۱۰/۳۵۵۱- ۹/۶۹۳۶ میکرو گرم بر گرم می‌باشد (شکل ۳ و ۴).

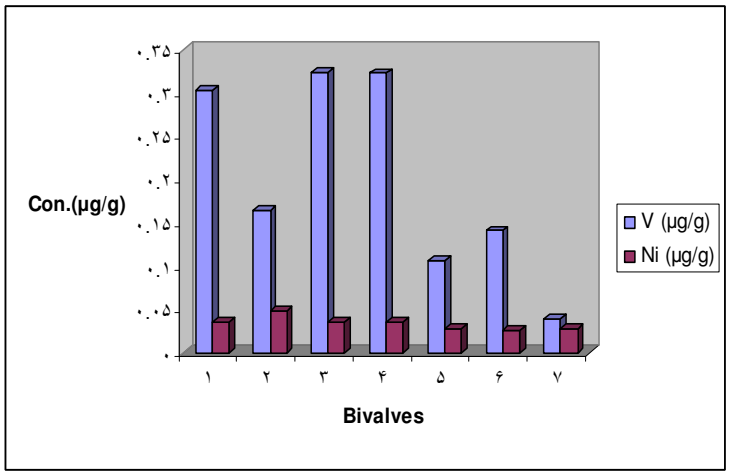


شکل۳- نمودار مقادیر نیکل و وانادیوم در نمونه‌های صدف آنودونت در ایستگاه سلکه تالاب انزلی خرداد ماه ۱۳۸۹

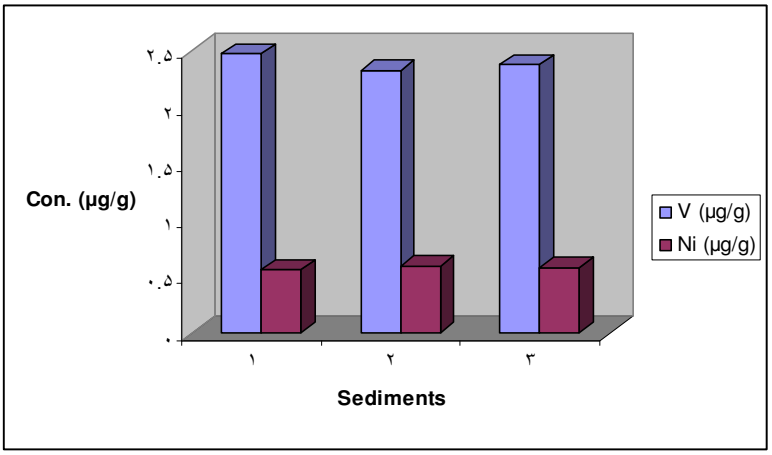


شکل۴- نمودار مقادیر نیکل و وانادیوم در نمونه‌های رسوب ایستگاه سلکه تالاب انزلی – خرداد ماه ۱۳۸۹

نتایج نمونه‌برداری و سنجش آنها در شهریور ماه نشان داد که مقدار وانادیوم در بافت نرم نمونه‌های آنودونت در ایستگاه ماهروزه در شهریور ماه نسبت به خرداد ماه کمی بیشتر شده، بطوری که مقدار وانادیوم در شهریور بین ۰/۳۲۴۳ – ۰/۰۳۹۱ میکرو گرم بر گرم بوده، مقادیر نیکل هم در نمونه‌های آنودونت سلکه در محدوده ۰/۰۴۹۷- ۰/۰۲۷۱ میکرو گرم بر گرم بود. اما مقدار نیکل و وانادیوم در رسوب ایستگاه ماهروزه در شهریور ماه به نسبت خردادماه کاهش داشته بطوری که مقدار وانادیوم در محدوده ۲/۴۷۹۷ - ۲/۳۳۰۴ میکرو گرم بر گرم و مقدار نیکل در محدوده ۰/۵۹۳۶- ۰/۵۵۷۴ میکرو گرم بر گرم قرار گرفت شکل (۵ و ۶).

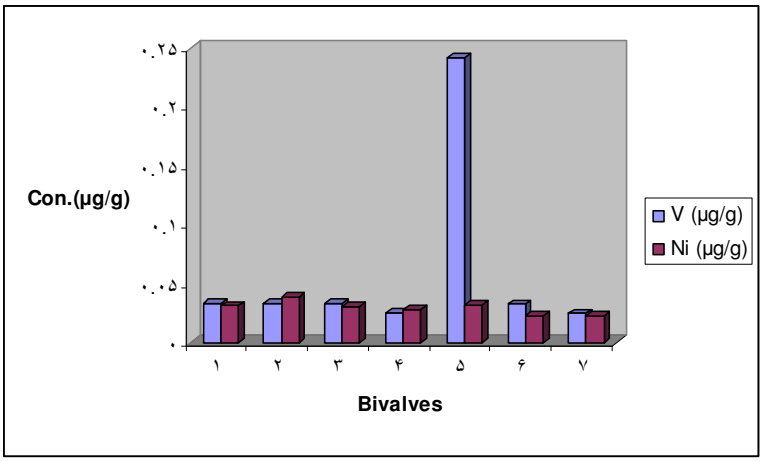


شکل۵ – نمودار مقادیر نیکل و وانادیوم در نمونه‌های صدف آنودونت در ایستگاه ماهروزه تالاب انزلی شهریور ماه ۱۳۸۹

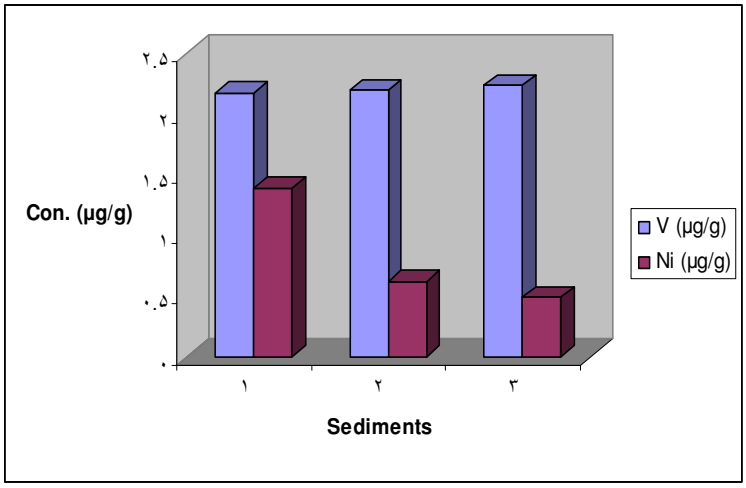


شکل۶ – نمودار مقادیر نیکل و وانادیوم در نمونه‌های رسوب ابستگاه ماهروزه تالاب انزلی شهریور ماه ۱۳۸۹

مقدار نیکل و وانادیوم در نمونه‌های بافت نرم آنودونت سلکه در شهریور ماه هم عملا پایین بود، بطوری که مقـدار وانادیوم در محدوده ۰/۲۴۱۳ – ۰/۰۲۴۹ میکرو گرم بر گرم و مقادیر نیکل نیز در دامنه ۰/۰۳۹۵- ۰/۰۲۳۱ میکـرو گرم بر گرم بود. اما مقدار نیکل و وانادیوم در رسوب ایستگاه سلکه در شهریور ماه به نسبت خرداد ماه کاهش داشـت، بطوری که مقادیر وانادیوم در دامنه ۲/۲۴۲۱ - ۲/۱۷۹۶ میکرو گرم بر گرم و مقادیر نیکـل در محـدوده ۱/۳۹۲۸- ۰/۴۹۴۲ میکرو گرم بر گرم قرار گرفت شکل (۷ و ۸).



شکل۷ – نمودار مقادیر نیکل و وانادیوم در نمونه‌های صدف آنودونت در ایستگاه سلکه تالاب انزلی شهریور ماه ۱۳۸۹



شکل۸ – نمودار مقادیر نیکل و وانادیوم در نمونه‌های رسوب ایستگاه سلکه تالاب انزلی شهریور ماه ۱۳۸۹

در ادامه BSAF ایستگاه‌های ماهروزه و سلکه در فصول نمونه‌برداری یعنی بهار و تابستان (خـرداد مـاه و شـهریور ماه) در باره آلاینده‌های نیکل و وانادیوم در جدول ۱ و ۲ ارائه گردیده است.

جدول ۱- مقادیرفاکتور انباشت زیستی- رسوبی آلاینده نیکل در ایستگاه‌های ماهروزه و سلکه در دو فصل نمونه‌برداری سال ۱۳۸۹

ایستگاه/ زمان	مقادیر B S A F
ماهروزه/خرداد	۰/۰۱
سلکه/خرداد	$۸/۹۹\times۱۰^{-۳}$
ماهروزه/شهریور	۰/۰۵
سلکه/شهریور	۰/۳۵

جدول ۲- مقادیرفاکتور ت انباشت زیستی- رسوبی آلاینده وانادیوم در ایستگاههای ماهروزه و سلکه در دو فصل نمونه‌برداری سال ۱۳۸۹

ایستگاه/ زمان	مقادیر B S A F
ماهروزه/خرداد	۷/۹۴ × ۱۰$^{-۴}$
سلکه/خرداد	۳/۹۸ × ۱۰ $^{-۳}$
ماهروزه/شهریور	۰/۰۸
سلکه/شهریور	۰/۰۲

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد، میانگین مقدار نیکل در نمونه‌های رسوب خشک ایستگاه ماهروزه بین حداقل و حداکثر ۱۹/۰۰-۰/۵۸ میکرو گرم بر گرم وزن خشک و در رسوب ایستگاه سلکه بین حداقل و حداکثر ۱۰/۰۱- ۰/۰۸۴ میکرو گرم بر گرم وزن خشک می‌باشد (شکل‌های ۲، ۴ ،۶ و ۸).

نتایج تحقیقات انجام شده در سواحل کالیفرنیا، غلظت نیکل در رسوب این سواحل را در دامنه ۷۹/۶- ۱۲/۴ میکرو گرم بر گرم وزن خشک و میزان وانادیوم را ۱۴۷- ۱۷/۴ میکرو گرم بر گرم وزن خشک تعیین نمود(Costal, ۲۰۱۲).

همچنین غلظت نیکل در رسوبات خلیج Paria در ونزوئلا ۲۴/۱-۴/۷ میکرو گرم بر گرم وزن خشک اعلام شده است (Rojas de Astudillo *et al.*, ۲۰۰۵). با توجه به موارد فوق و گزارش‌های US National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) از آنجایی که محدوده اثرات و ریسک پایین یا ERL (Effects Range Low) در نیکل ۲۰/ ۹ =ERL و محدوده اثرات و ریسک متوسط ERM (Effects Range Medium)، ۵۱/۶ =ERM است (Rojas de Astudillo *et al.*, ۲۰۰۵).بنابراین مشاهده می‌شود که مقادیر نیکل در رسوبات تالاب انزلی پایین تر از مقادیر بدست آمده در سواحل کالیفرنیا و خلیج Paria در ونزوئلا است و خوشبختانه حتی در محدوده ERL هم قرار نمی گیرد.

همچنین مقادیر وانادیوم در تحقیق حاضر در نمونه‌های خشک رسوب ایستگاه ماهروزه بین حداقل و حداکثر ۲۵۱/۸۵-۲/۳۹۷ میکرو گرم بر گرم وزن خشک و در رسوب ایستگاه سلکه بین ۲۹۸/۴۳-۲/۲۱ میکرو گرم بر گرم وزن خشک بدست آمد که همانطور که در بالا اشاره شد بسیار کمتر از مناطقی نظیر سواحل کالیفرنیا است (Costal, ۲۰۱۲)، از آنجایی که ERL و ERM برای وانادیوم تعریف نشده است نمی توان در این خصوص قضاوت نمود.

نتایج پژوهش‌های انجام شده در گونه *Crassostrea brasiliana* (نوعی اویستر) در آب‌های ریودوژانیرو میانگین غلظت نیکل ۱ /۱۸ میکرو گرم بر گرم وزن خشک(Gomes *et al.*, ۱۹۹۱) و میانگین غلظت نیکل در گونه *Crassostrea iridescens*، در آب‌های مکزیک برابر ۲/۱ میکرو گرم بر گرم وزن خشک گزارش شده است (Paez-Osuna *et al.*, ۱۹۹۵). همچنین در گونه *Ostrea iridescens* در آب‌های السالوادور میانگین غلظت نیکل ۱۰/ ۶ میکرو گرم بر گرم وزن خشک تعیین شده است (Michel & Zengel, ۱۹۹۸).

در چند گونه اویستر در خلیج Paria در شمال ونزوئلا، در گونه *Crassostrea rhizophorae* مقادیر نیکل در ایستگاه‌های مورد بررسی کمتر از ۰/۰۱ تا ۰/ ۴۳ میکرو گرم بر گرم وزن تر و در گونه *C. virginica* میانگین غلظت نیکل بین ۰/۱۶ - ۰/۰۴ میکرو گرم بر گرم وزن تر و در گونه ماسل سبز (*Perna viridis*) در جزیره Trinidad

ونزوئلا، مقادیر نیکل از کمتر از۰/۰۱ تا۱/۴ میکروگرم بر گرم وزن ترگزارش شده است (Rojas de Astudillo *et al.*, ۲۰۰۵).

در تحقیق حاضر میانگین مقادیر نیکل درکل بافت نرم نمونـه‌هـای آنودونـت ایسـتگاه مـاهروزه بـین بیشـترین و کمترین ۰/۲۹-۰/۰۳ میکرو گرم بر گرم وزن خشک و در کل بافت نرم نمونه‌های آنودونـت سـلکه بـین بیشـترین و کمترین ۰/۰۹-۰/۰۳ میکرو گرم بر گرم وزن خشک می‌باشد. بنابراین مشاهده می‌شود که میزان نیکل در نمونه‌هـای آنودونـت ایسـتگاه‌هـای مـاهروزه و سـلکه در حـدود مقـادیر ایـن عنصـر در گونـه‌هـای مـورد بررسـی اویسـتر (*Crassostrea rhizophorae* & *C. virginica*) در خلیج Paria و گونـه ماسـل سـبز (*Perna viridis*), در جزیـره Trinidad (ونزوئلا) بوده و از مقدار نیکل گزارش شده در گونه‌های دوکفـه ای فـوق الـذکر در آب‌هـای ریـودوژانیرو (*Crassostrea brasiliana*)، مکزیک (*Crassostrea iridescens*) و السالوادور (*Ostrea iridescens*) کمتر است.

در تحقیق حاضر میانگین مقادیر وانادیوم هم دربافت نرم آنودونت‌های ایستگاه ماهروزه ۰/۲۰ میکرو گرم بـر گـرم وزن خشک و در بافت نرم آنودونت‌های سلکه ۱/۱۹-۰/۰۶ میکرو گرم بر گرم وزن خشک بدست آمـد، لازم بـه ذکـر است که در مورد مقادیر وانادیوم در دوکفه ای‌ها گزارشی یافت نشد.

همچنین با بررسی بیشتر نتایج بدست آمده در بافت نرم نمونه‌های آنودونت مشاهده شد که:

۱) بطور کلی مقادیر نیکل (بیشترین و کمترین ۱/۳۳۵۱- ۰/۰۵۲۴ میکرو گرم بر گـرم وزن خشـک) و وانـادیوم (بیشترین و کمترین ۰/۲۸۲۷– ND میکرو گرم بر گرم وزن خشک) در بافت نمونه‌های آنودونت ایستگاه ماهروزه، در خرداد ماه پایین است. اما در نمونه شماره ۳ میزان نیکل یکباره افزایش نشان داد شکل (۱).

۲) در بررسی بافت نمونه‌های آنودونت سلکه در خرداد ماه، همچنان میزان نیکـل (کمتـرین و بیشـترین ۳۶۷۶-۰/۰۳۶۷ میکرو گرم بر گرم وزن خشک) و وانادیوم کمترین و بیشترین ND- ۲/۲۲۱۱ میکـرو گـرم بـر گـرم وزن خشک) و در حد میکرو گرم بر گرم وزن خشک بود و مقـادیری انـدک بـود. عـلاوه بـر آن در نمونـه شـماره ۳ ایـن ایستگاه هم مقدار وانادیوم افزایش نشان داد (شکل ۳).

با توجه به بـالا بـودن میـزان نیکـل در نمونـه آنودونـت شـماره ۳ (بنـد ۱ فـوق) و افـزایش میـزان وانـادیوم در دوکفه ای شماره ۳ (بند ۲ فوق) احتمال داده می‌شود عواملی نظیر اندازه، سن و جنسیت دوکفه ای در این خصوص موثر باشند. در مورد آبزیان دیگر مثلا ماهیان آب شیرین، همبستگی مسـتقیمی بـین مقـدار نیکـل و انـدازه (طـول) ماهی گزارش شده است (Coetzee *et al.*, ۲۰۰۲) و احتمال داده می‌شود این رابطه در مورد مقـادیر نیکـل در سـایر آبزیان نظیر دوکفه ای‌ها هم برقرار باشد.

همچنین نتایج یک پـژوهش نشـان داد کـه تجمـع برخـی فلـزات، در جـنس نـر و در سـن جـوانی (juveniles) میگوها بالاست (Frent & Alliot,۱۹۸۵). گزارش‌هایی هم مبنی بر تاثیر جنسیت در تجمع برخی فلزات دیگـر گـروه واسطه (مانند روی) در میگوها وجود دارد (Paez - Osuna & Torn-Mayen, ۱۹۹۵). گرچه پژوهش در باره عوامـل موثر بر تجمع و جذب فلزات سنگین در مورد آبزیان نتایج مختلفی ارائه داده ولی احتمال تاثیر این عوامـل در جـذب فلزات توسط دوکفه ای‌ها هم می‌تواند مطرح شود که البته نیاز به تحقیقات بیشتر ی را طلب می‌کند.

۳) در نمونه‌های آنودونت ایستگاه سلکه در شهریور ماه (مشابه خرداد) مقادیر نیکل و وانادیوم نزدیک بهم و اندک بوده و تنها در مورد نمونه شماره ۵، میزان وانادیوم افزایش نشان داد و همانطور که در موارد فوق (توضیحات بند ۲) اشاره شد احتمالا عواملی نظیر سن، اندازه و جنسیت دوکفه ای می‌توانند در این خصوص موثر باشند.

براساس نتایج برست آمده میزان نیکل در رسوب بیشتر از بافت نرم دوکفه ای اسـت و ایـن امـر موافـق بـا نتـایج تحقیقـات انجـام شـده بـر روی رسـوب (۲۴/۱-۴/۷ میکـرو گـرم بـر گـرم وزن خشـک)و دو کفـه‌ای‌هـای (*Crassostrea rhizophora* & *C. virginica* & *Perna viridis*) با مقادیر بین بیشترین و کمترین ۱/۴-۰/۰۱ میکرو

گرم بر گرم وزن تر) در خلیج Paria در شمال ونزوئلا است (Rojas de Astudillo *et al.*, ۲۰۰۵) این نتیجه با توجـه به جرم بالای فلزات سنگین نظیر نیکل و ته نشین شدن آن در رسوبات قابل انتظار است.

۴) بررسی‌های آماری نشان داد که بین مقادیر نیکـل در نمونـه‌هـای آنودونـت در ایسـتگاه مـاهروزه در خـرداد و شهریور ماه اختلاف معنی داری وجود دارد($P < ۰/۰۵$) ولی بین مقادیر نیکل در نمونه‌های آنودونت ایسـتگاه سـلکه هم در خرداد و شهریور ماه اختلاف معنی داری وجود نداشت یعنی تغییـرات فصـلی در مـورد ورود میـزان نیکـل در نمونه‌های آنودونت موثر نبوده و این امر بر خلاف نتایج تحقیقات انجام شده بـر روی جـذب مقـادیر نیکـل در گونـه اویستر(*Ostrea equestris*) سواحل ریودوژانیرو در برزیل است (Ferreira *et al.*, ۲۰۰۵).

همچنین مشاهده شد که بین مقادیر وانادیوم در نمونه‌های آنودونـت و رسـوب ایسـتگاه مـاهروزه در خـرداد مـاه اختلاف معنی داری وجود نداشت. این وضعیت در ایستگاه سلکه هم اختلاف معنی داری نداشت ($P < ۰/۰۵$). امـا در میزان وانادیوم تعیین شده در نمونه آنودونـت و رسـوب مـاهروزه در شـهریور مـاه اخـتلاف معنـی داری دیـده شـد. همچنین در میزان وانادیوم تعیین شده در نمونه آنودونت و رسوب سلکه در شهریور مـاه هـم اخـتلاف معنـی داری وجود داشت ($P < ۰/۰۵$). با توجه به نتایج بدست آمده و موارد فوق مشاهده می‌شود که مقادیر فلزات سنگین نیکـل و وانادیوم در رسوب بیشتر از بافت نمونه آنودونت است (شکل ۲، ۴، ۶ و ۸).

بنظر می‌رسد این امر به دلایل زیر باشد: اولا نیکل و وانـادیوم جـزو عناصـر سـنگین بـوده و دارای جـرم بـالایی هستند و بنابراین تمایل دارند در رسوب قرار گیرند و به همین دلیل مقدار آنها در رسوب بیشتر خواهد بود. ثانیـا بـا توجه به نوع فعالیت شیمیایی این عناصر، بطور کلی در رسوبات گلی/رسی/ لجنی بـا محتـوای بـالایی از مقـادیر آلـی (نظیر رسوبات تالاب انزلی در تحقیق حاضر) آلاینده‌ها تمایل بیشتری نسبت به سایر انواع رسوب داشته و مـی‌تواننـد در این رسوبات قرار گرفته و باقی بمانند (Demora & Shikholaeslami, ۲۰۰۲).

۵) با توجه به موقعیت جغرافیایی ماهروزه انتظار می‌رود مقدار وانـادیوم و نیکـل در بافـت نـرم نمونـه‌هـای آنودونتی که از ایستگاه ماهروزه در فصل بارندگی (شهریور ماه) نمونه‌برداری شده اند بیشتر از سلکه باشد. آنالیزهـای آماری هم اختلاف معنی داری را بین وانادیوم آنودونتهای ماهروزه و سلکه در شهریور ماه نشان داد که تاییـد کننـده این موضوع است، اما در مورد مقادیر نیکل اختلاف معنی دار نبود ($P < ۰/۰۵$).

بنظر می‌رسد افزایش مقدار وانادیوم به دلیل موقعیت جغرافیایی ماهروزه باشد، با توجه به اینکه ایستگاه مـاهروزه در محل تلاقی چند رودخانه است، در شهریور ماه (فصل بارندگی) همراه بـا سـیلابهای شـدید (Run off)، پسـابهای آلوده به فلزات سنگین به این نقطه وارد می‌شوند. این امر موجب افزایش غلظـت آلاینـده‌هـا در شـهریور مـاه(فصـل بارندگی) نسبت به خرداد ماه است. با توجه به بیشتر بودن غلظت وانادیوم در شهریور ماه، بنابراین پسابهای آلوده ای که به همراه سیلابها و بارندگی به ماهروزه می‌ریزند احتمالا بیشتر به صـنایعی مـرتبط هسـتند کـه حـاوی وانـادیوم می‌باشند. (برای نمونه به رودخانه زرجوب می‌توان اشاره‌ای نمود که یکی از آلوده ترین رودخانه‌های کشور اسـت و از رودهای منتهی به تالاب انزلی می‌باشد). فقط همین رودخانه در مسیر حرکت پـذیرای فاضـلاب ۱۰ بیمارسـتان، ۵۲ گرمابه و تعداد ۳۸ واحد صنعتی و کارخانه‌های متعدد و پسابهای اراضی کشاورزی است، تعداد ۶ شهر، ۵ بخش و ۱۸ دهستان و بیش از ۳۰۰ روستا در حوزه این رودخانه قرار دارد. بخشی از فاضلاب صنعتی کارخانه‌های حوزه و تمـامی فاضلابهای شهری و روستایی بدون تصفیه به رودخانه تخلیه و باعث آلودگی شدید این رودخانه مـی‌شـود کـه تلفـات مرگ و میر وسیع آبزیان رودخانه و تالاب انزلی را در مقاطع بحرانی باعث می‌شود(Fishing, ۲۰۱۲).

۶) نتایج انباشت زیستی- رسوبی نیکل و وانادیوم نشان داد که در تمامی موارد مقادیر حاصل کمتـر از عـدد یـک بوده، بنابراین انباشت زیستی – رسوبی قابل ملاحظه ای در مورد نیکل و وانادیوم مشاهده نشد. این نتیجه مـی‌توانـد ناشی از این ویژگی باشد که ترکیبات نیکل و وانادیوم معمولا لیپوفیل نبوده و نمـی تواننـد براحتـی در بافـت تقریبـا

چرب نمونه‌های آنودونت تجمع یابند. البته باید توجه داشت که مقدار انباشت زیستی یـک فلـز در بـدن موجـود، بـه عوامل مختلف محیطی (نظیر فصل و ...)، عوامل بیولوژیکی و فاکتورهای ژنتیکی هم بستگی دارد(Kotze, ۱۹۹۷) .

علاوه بر آن میزان انباشت زیستی آلاینده‌ها به میزان دسترسـی بـه آنهـا هـم بسـتگی دارد (Kennish, ۱۹۹۲). همچنـین میـزان انباشـت زیسـتی بـه تعـادل بـین جـذب و دفـع آلاینـده در بـدن موجـود هـم وابسـته اسـت (Rain Bow *et al*., ۱۹۹۰ & Weimin *et al*., ۱۹۹۳) ولی ارتباط بین فلزات با رسوب و دسترسی زیستی بیولوژیکی آنها در دوکفه ای‌ها هنوز کاملا شناخته شده نیست، دیده شـده اسـت عـواملی مثـل محتـوای آلـی ذرات رسـوبی و اسیدهای گوارشی در میزان جذب فلزات در ماسل‌ها، موثر بوده اسـت (Gagnon & Fisher ۱۹۹۷, Guppy ۲۰۰۱). در مجموع اطلاعات و تحقیقات کمی در مورد انباشت زیستی نیکل و وانادیوم در محیط‌های آبی وجود دارد، ولـی در بعضی از مواقع دسترسی زیستی نیکل در رسوبات تحت تاثیر کلسیم و منیـزیم موجـود در محـیط آبـی اسـت (Di Toro *et al*, ۱۹۹۰) همچنین گزارش شده که تجمع زیستی نیکل در رسوب وابسته و تحت کنترل سولفیدهای فـرار اسیدی نیز هست (Krantzberg & Boys,۱۹۹۲ & Nriagu, ۱۹۸۰)،کـه ایـن امـر مـی‌توانـد مبنـایی بـرای انجـام پژوهش‌های بعدی در تالاب انزلی باشد.

بنابراین با توجه به نتایج تحقیق حاضر میانگین میزان فلزات سنگین نیکل و وانادیوم در هر دو فصل نمونه‌برداری در بافت نرم نمونه‌های آنودونت ایستگاه‌های ماهروزه و سلکه پایین‌تـر از مـوارد مشـابه در سـایر کشـورها بـوده و در برخی موارد حتی کمتر از حد تشخیص دستگاه است، در واقع مقادیر نیکل دربافت نرم آنودونت‌های ایستگاه ماهروزه بین ۰/۰۳-۰/۲۹ میکرو گرم بر گرم و در بافت نرم آنودونت‌های سلکه بین ۰/۰۳-۰/۰۹ میکرو گرم بر گـرم مـی‌باشـد که با بررسی‌های بعمل آمده مشاهده می‌شود میزان نیکل در نمونه‌های ایستگاه‌های ماهروزه و سلکه در حدود غلظت این عنصر در خلیج Paria (ونزوئلا) بود.

منابع

Coastal. ۲۰۱۲. Coastal. Available in: http://www. coastal.ca. gov.

Coetzee, L., Du Preez, H.H., & Van Vuren, J.H.J. ۲۰۰۲. Metal concentration in *Clarias gariepinus* and *Labeo umbratus* from the Olifants and Klein Olifant River, South Africa: zinc, copper, manganese, lead, chromium, nickel, aluminum and iron. Rand Afrikaans University, South Africa.

De Mora, S.D. & Sheikholeslami, M.R. ۲۰۰۲. ASTP: Contaminate screening program: Final report: Interpretation of Caspian Sea sediment data. Caspian Environment Program (CEP).

Di Toro, D.M., Mahnoy, J.D., Hansen, D.J., Scott, K.J., Hicks, M.B., Mayer, S.M., & Remond, M.S. ۱۹۹۰. Toxicity of cadmium in sediments: The role of acid volatile sulfide. Environmental Toxicology Chemistry, ۹: ۱۴۸۷-۱۵۰۲.

Fishing. ۲۰۱۲. Fishing. Available in: http://www.fishing.ir.

Frenet, M. & Alliot, A. ۱۹۸۵. Comparative bioaccumulation of metals in Palaemonates varians in polluted and non-polluted environments. Marine Environmental Research, ۱۷: ۱۹-۴۴.

Ferreira, A. G., Machado, A. L. S. & Zalmon, I. R. ۲۰۰۵. Temporal and spatial variation on heavy metal concentrations in the oyster *Ostrea equestris* on the northern coast of Rio de Janeiro state, Brazil. Braz. J. Biol., ۶۵(۱): ۶۷-۷۶.

Gagnon, C. & Fisher, N.S. ۱۹۹۷. The bioavailability of sediment-bound Cd, Co, and Ag to the mussel *Mytilus edulis*. J. Fish. Aquat. Sci., ۵۴: ۱۴۷-۱۵۶.

Gomes, M. P., Carvalho, C. E. V. & Lacerda, L. D. ۱۹۹۱. Monitores biológicos de metais pesados no litoral do Estado do Rio de Janeiro. An. Sem. Reg. Ecol., São Carlos, ۶: ۳۱۹-۳۲۹.

Guppy, M. ۲۰۰۱. Chemical investigation in the green lipped mussel (*Perna viridis*) in the Gulf of Paria, Trinidad. PhD Thesis, Univ. West Indies, St. Augustine, Trinidad and Tobago.

Kennish, M.J. ۱۹۹۲. Ecology of estuaries: Anthropogenic effects. CRC Press. London.

Kotze, P.J. ۱۹۹۷. Aspects of water quality, metal contamination of sediments and fish in Olifants River. Rand Afrikaans University, South Africa.

Krantzberg, G. & Boyd, D. ۱۹۹۲. The biological significance of contaminants in sediment from Hamilton Harbor, Lake Ontario.

Michel, J. & Zengel, S. ۱۹۹۸. Monitoring of oyster and sediments in Acajutla, El Salvador. Mar. Pollut. Bull., ۳۶(۴): ۲۵۶-۲۶۶.

MOOPAM, ۱۹۹۹. Manual of Oceanographic Observations and Pollutant Analyses Methods, (V 1 -V ۲۷), (VI ۱-VI ۲۳). Regional Organization for the Protection of the Marine Environment. Kuwait. State of Kuwait.

Nafttimes. ۱۳۸۶. Nafttimes. Available in: ttp://www.nafttimes.com.

Nriagu, J.O. ۱۹۸۰. Global cycle and properties of nickel; In Nickel in the environment. Wiley. New York.

Paez-Osuna, P., Frias-Espericueta, M. G. & Osunalopez, J. I. ۱۹۹۵. Trace metal concentrations in relation to season and gonadal maturation in the oyster *Crassostrea iridescens*. Mar. Environ. Res., ۴۰(۱): ۱۹-۳۱.

Paez-Osuna, F. & Torn-Mayen, L. ۱۹۹۵. Distribution of heavy metals in tissues of shrimp *Penaeus californiensis* from the northwest coast of Mexico. Environ. Contam. Toxicol., ۵۵: ۲۰۹-۲۱۵.

Rainbow, P.S., Phillips, D.j.H. & Depledge, M.H. ۱۹۹۰. The significance of trace metal concentrations in marine invertebrates. Marine Pollution Bulletin, ۲۱: ۳۲۱-۳۲۴.

Rainbow, P.S. ۱۹۹۵. Biomonitoring of heavy metal availability in the marine environment. Mar. Pollut. Bull., ۳۱: ۱۸۳-۱۹۲.

Report of California Coastal Commission-The Research Agency, USA. ۲۰۰۱.

Rojas de Astudillo, L., Chang Yen, I. & Bekele, I. ۲۰۰۵. Heavy metals in sediments, mussels and oysters from Trinidad and Venezuela. Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-۰۰۳۴-۷۷۴۴) Vol. ۵۳ (Suppl. ۱): ۴۱-۵۳.

Schlekat, C., McGee, B.L. & Reinharz, E. ۱۹۹۲. Testing sediment toxicity in Chesapeake Bay with the amphipod *Leptocheirus plumulosus*: an evaluation. Environ. Toxicol. Chem., ۱۱: ۲۲۵-۲۳۶.

Waresh. ۲۰۱۲. Waresh. Available in: http://www.waresh.org.

Weimine, Y., Ahsanullah, M. & Batley, G.E. ۱۹۹۳. Accumulation and regulation of heavy metals by the intertidal snail *Polinices sordidus*. Marine Biology, ۱۱۶: ۴۱۷-۴۲۲.