غلظت فلزات سنگین نیکل، کادمیوم، سرب و مس در جلبکها و رسوبات مناطق ساحلی استان هرمزگان (بندر عباس و بندر لنگه)

علی دادالله‌ی سهراب[۱]*؛ مونا ثقیلی [۲] و ندا خیرور[۳]

P_dadolahi@yahoo.com

۱ و ۲- دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، صندوق پستی: ٦٦٩

۳- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات استان خوزستان، اهواز صندوق پستی: ١٦٣-٦١٥٥٥

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۸۸ تاریخ پذیرش: دی ۱۳۸۹

چکیده

این مطالعه بمنظور ارزیابی تغییرات فصلی غلظت فلزات سنگین در گونه‌های جلبکی غالب و رسوبات مجاور آنها در مناطق جزر و مدی بندرعباس و بندرلنگه انجام یافت. وضعیت سطح غلظتی فلزات نیکل، کادمیم، سرب و مس در رسوبات و گونه‌های جلبکی غالب شامل: ۴ گونه سبز، ۴ گونه قهوه‌ای و ۷ گونه قرمز تعیین گردیدند. نمونه‌های جلبک و رسوب بصورت فصلی از پاییز ۱۳۸۶ لغایت تابستان ۱۳۸۷ از مناطق جزر و مدی ۹ ایستگاه جمع‌آوری گردیدند. نمونه‌های پودر شده جلبک و رسوب پس از هضم بوسیله دستگاه جذب اتمی آنالیز گردیدند. میانگین نتایج سواحل استان هرمزگان از بندرعباس تا بندر لنگه بترتیب برای غلظت مس، سرب، کادمیوم و نیکل در رسوبات ۵/۲۴، ۲۰/۴۴، ۵/۴۰ و ۳۳/۸۳، در جلبکهای سبز ۱۱/۱۱، ۲۵/۷۹، ۴/۷۶ و ۴۶/۵۷، در جلبکهای قهوه‌ای ۹/۱۸، ۱۷/۶۸، ۴/۸۲ و ۳۶/۶۵ و در جلبکهای قرمز ۹/۸۰، ۲۱/۰۳، ۴/۹۶ و ۵۰/۴۳ برحسب میکروگرم بر گرم وزن خشک بدست آمد. در این تحقیق از سواحل بندرعباس گونه جلبک سبز *Enteromorpha compressa* و از سواحل بندرلنگه نیز تنها جلبک قهوه‌ای گونهٔ *Padina pavonica* در تمام ایستگاهها و فصول نمونه‌برداری گردیدند.

لغات کلیدی : فلزات سنگین، جبلک، رسوب، بندرعباس ، بندرلنگه

* نویسندهٔ مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1390.20.1.4.9]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.109973]

مقدمه

در حدود ۴۰۰ کیلومتر از سواحل شمال شرقی خلیج فارس جزء سواحل استان هرمزگان می‌باشد. تشدید فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی منطقه جنوب کشور در استان هرمزگان و بویژه در شهرهای بندرعباس (بعنوان مرکز استان و مرکز توسعه جنوب کشور) و تمرکز اینگونه فعالیت‌ها در محدوده‌ای بطول حدوداً ۳۵ کیلومتر از سواحل غرب بندرعباس شامل تخلیه و بارگیری انواع و اقسام مواد و کالای تجاری، مواد فله‌ای معدنی و شیمیایی از اسکله‌های شهید باهنر، شهید رجایی، فولاد، پالایشگاه نفت (بطوریکه ۷۰ درصد از صادرات و واردات کشور از این اسکله‌ها صورت می‌گیرد) و جایگاههای متعدد انباشت و برداشت مواد معدنی، فعالیت واحدهای بزرگ صنعتی، معدنی و خدماتی موجب گردیده تا محیط‌زیست منطقه و اکوسیستم‌های حساس و شکننده آن شدیداً در معرض تخریب و آلودگی قرار گیرند و شدت این تخریب و آلودگی بعلت شرایط خاص اقلیمی و ویژگی‌های جریانات آبی خلیج فارس و سایر عوامل محدود کننده نیز دو چندان گردد.

موجودات زنده از جمله جلبکها نشان داده‌اند که می‌توانند بعنوان نشانگرهای زیستی خوبی بدلیل قابلیت جذب بالای فلزات سنگین باشند. آنالیزهای شیمیایی موجودات از جمله جلبکها بدلیل همین ظرفیت بالای جذب فلزات سنگین توسط آنها بسیار راحت‌تر و قابل اعتمادتر از آنالیزهای شیمیایی آب و رسوب می‌باشد و همین ویژگی آنها را بیشتر مورد توجه محققین محیط‌زیست قرار داده است (Phillips, 1977).

در سواحل دریای سیاه (ترکیه) روی میزان غلظت فلزات سنگین در جلبک گونهٔ *Antithamnion cruciatum* مطالعه صورت گرفت و نشان داد فلزات سنگین در این گونه از میزان بالاتری نسبت به رسوبات برخوردار بوده و همچنین بیان داشت که این گونه می‌تواند بعنوان گونه جلبکی مناسب برای پایش فلزات سنگین در آن منطقه معرفی گردد (Tuzen *et al*., 2008).

در نوار ساحلی شهرستان بوشهر نیز روی رسوبات و شش گونه از جلبک‌های غالب منطقه مطالعه صورت گرفت و گونه *Sargassum vulgar* بعنوان شاخص مناسبی جهت پایش زیستی فلز سرب در سواحل شهرستان بوشهر معرفی گردید (قمرزاده، ۱۳۸۷).

در سواحل جزیره کیش بررسی میزان فلزات سنگین در آب، رسوب و جلبکهای ساحلی نشان داد که غلظت فلزات در ایستگاههایی که دارای ساختار گلی و ماسه‌ای نرم هستند در مقایسه با ایستگاههای دارای ساختار شنی و سنگی از میزان بالاتری برخوردارند و همچنین گونه‌های مختلف جلبکی توانایی جذب فلزات مختلف را دارند (Dadolahi *et al*., 2006).

اهمیت بررسی غلظت فلزات سنگین در جلبک‌ها بدلیل توانایی تجمع فلزات سنگین در این موجودات می باشد. فلزات سنگین بدین طریق وارد زنجیرهٔ غذایی شده و در نهایت از طریق بزرگنمایی زیستی سلامتی جانوران و انسان را تهدید می‌نمایند. جلبکها علاوه بر اینکه برای مطالعات پایش زیستی با اهمیت هستند، بعلت خاصیت و توانایی بالای تجمع زیستی انواع فلزات می‌توانند بعنوان یک فناوری پالایش گیاهی برای تصفیه و بازگرداندن کیفیت آب به حالت اول مورد استفاده قرار گیرند (Zhou *et al*., 2008).

هدف از این تحقیق بررسی تغییرات فصلی میزان غلظت فلزات سنگین (Ni, Cd, Pb, Cu) در رسوب و جلبک نوار ساحلی استان هرمزگان و نیز تعیین رابطه بین غلظت فلزات سنگین در جلبکها و محیط‌زیست آنها (رسوب) به منظور امکان استفاده از جلبکها بعنوان شاخص کنترل زیستی و مشخص نمودن پتانسیل‌های مختلف گونه‌های جلبکی در جذب فلزات سنگین می‌باشد.

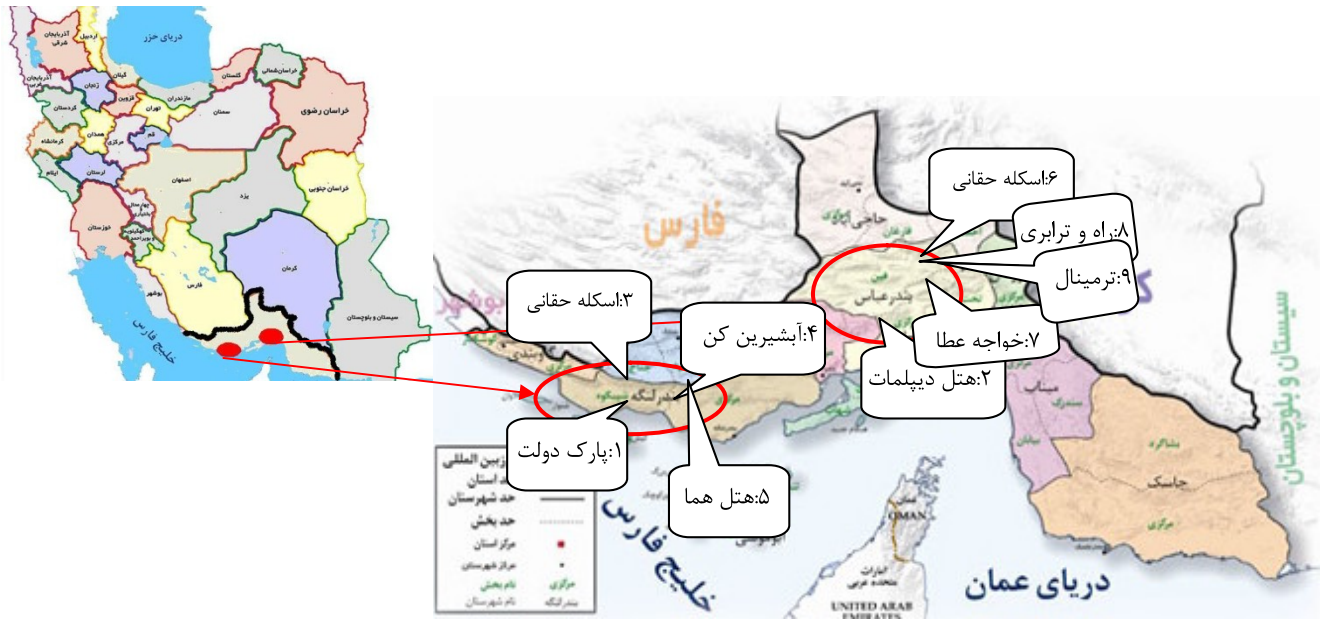
مواد و روش کار

پس از بررسی‌ها و شناسایی‌های اولیه منطقه، ۹ ایستگاه در امتداد سواحل جزر و مدی دو شهرستان بندرلنگه (ایستگاه ۱ تا ۴) و بندر عباس (ایستگاه ۵ تا ۹) انتخاب گردید. ایستگاهها براساس میزان فعالیت‌های انسانی در منطقه، پسابهای ورودی و همچنین وجود گونه‌های جلبک انتخاب شدند (شکل ۱ و جدول ۱).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1390.20.1.4.9]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.109973]

جدول ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه و فعالیت‌های عمده انسانی هر ایستگاه در سواحل جزر و مدی بندرعباس و بندر لنگه

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	مختصات جغرافیایی	فعالیت‌های انسانی مشاهده شده در منطقه در زمان نمونه‌برداری
۱	پارک دولت	N ۲۶° ۳۱′ ۴۴ ″ E ۵۴° ۵۱′ ۲۰ ″	فعالیت‌های توریستی و گردشگری ساحلی
۲	هتل دیپلمات	N ۲۶° ۳۲′ ۰۸ ″ E ۵۴° ۵۱′ ۴۲ ″	مسکونی (ورود مستقیم فاضلاب بدون تصفیه هتل)، انجام فعالیت‌های توریستی ساحلی (قایق‌رانی و ...)
۳	اسکله قایق ها	N ۲۶° ۳۲′ ۲۸ ″ E ۵۴° ۵۲′ ۳۲ ″	انجام فعالیت‌های حمل و نقل دریایی و پهلوگیری انواع شناورها
۴	آب شیرین کن	N ۲۶° ۳۳′ ۱۷ ″ E ۵۴° ۵۳′ ۲۵ ″	تخلیه مستقیم پساب آب شیرین کن به دریا
۵	هتل هما	N ۲۷° ۱۰′ ۰۷ ″ E ۵۶° ۱۵′ ۱۹ ″	مسکونی(ورود مستقیم فاضلاب بدون تصفیه هتل)، انجام فعالیت‌های توریستی ساحلی (قایق رانی و ...)
۶	اسکله حقانی	N ۲۷° ۱۰′ ۳۵ ″ E ۵۶° ۱۶′ ۴۳ ″	انجام فعالیت‌های حمل و نقل دریایی و پهلوگیری انواع شناورها (مسافربری و تجاری)
۷	خواجه عطا	N ۲۷° ۱۰′ ۵۷ ″ E ۵۶° ۱۸′ ۴۸ ″	انجام فعالیت‌های مربوط به تخلیه بار قایق‌های ماهیگیری
۸	راه و ترابری	N ۲۷° ۱۰′ ۳۵ ″ E ۵۶° ۱۶′ ۴۳ ″	فاقد فعالیت متمرکز خاص
۹	ترمینال	N ۲۷° ۱۱′ ۰۲ ″ E ۵۶° ۱۹′ ۲۰ ″	تخلیه پسابهای شهری و فاضلاب مربوط به ترمینال مسافربری



شکل ۱ : موقعیت ایستگاههای نمونه‌برداری در سواحل بندرعباس و بندرلنگه

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1390.20.1.4.9]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.109973]

نمونه‌برداری از رسوبات و جلبکهای ماکروفیتی مشاهده شده در منطقه بطور فصلی در اواسط ماه میانی هر فصل و در زمان حداکثر جزر از آبان ۱۳۸۶ تا مرداد ۱۳۸۷ انجام گردید. در این مطالعه از ۸ گونه جلبکی غالب از بین سه خانواده جلبکهای سبز (کلروفیتا)، جلبکهای قهوه‌ای (فائوفیتا) و جلبکهای قرمز (رودوفیتا) انتخاب گردیدند. بر همین اساس در زمان نمونه‌برداری از هر ایستگاه از میان جلبکهای مشاهده شده، فقط گونه‌های غالب جلبکهای چسبیده به بستر با اندازه یکسان و ظاهر سالم از ناحیه جزر و مدی هر ایستگاه در زمان جزر کامل به مقدار کافی (بمنظور تهیه سه نمونه از هر ایستگاه) با دست جمع‌آوری شدند . جهت شناسایی هر یک از گونه‌ها خصوصیات ریخت‌شناسی آنها از قبیل: رنگ، اندازه، شکل پایه‌ها و پهنک‌ها ثبت شد. سپس مشخصات مذکور به کمک متخصصان و مشخصات موجود در کلیدهای شناسایی معتبر از جمله: سهرابی‌پور و ربیعی ، ۱۳۷۴؛ Sohrabipour &;Basson,1992 Rabii,1999 تطبیق داده شده و در نهایت شناسایی نمونه‌های جلبکی به انجام رسید.

جلبکهای جمع‌آوری با آب دریا شستشو داده شدند تا ذرات شن یا سایر گونه‌های چسبیده به آنها جدا گردند. سپس درون ظروف پلی‌اتیلنی قرار داده شده و توسط یخدان حاوی یخ به آزمایشگاه منتقل گردیدند. همچنین سه نمونه از رسوبات لایه ۵ سانتیمتری محلی که نمونه‌های جلبک جمع‌آوری شدند بوسیله دست برداشت شد و همراه جلبکها به آزمایشگاه منتقل گردیدند (Agadi *et al.*, 1978; Ganesen *et al.*, 1991; Tariq *et al.*, 1993).

بمنظور اندازه‌گیری میزان غلظت فلزات سنگین (نیکل، کادمیوم، سرب و مس) تمام نمونه‌های جلبک ابتدا با آب مقطر شستشو و آبکشی شدند و نمونه‌های بدست آمده در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد (به مدت ۲۴ ساعت) کاملاً خشک گردیدند. نمونه‌های رسوب نیز دردمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد (به مدت ۲۴ ساعت) کاملاً خشک و با الک ۶۳ میکرون الک گردیدند (Rajendran *et al.*, 1993 ;Ganesen *et al.*, 1991).

حدود یک گرم از نمونه جلبک پودر شده برداشته به آن۱۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک اضافه و سپس همه نمونه به حمام آب گرم در دمای ۹۵ درجه سانتیگراد منتقل و تا نزدیک خشک شدن تبخیر گردیدند. به باقیمانده ۵ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۱۰ درصد اضافه و سپس از کاغذ صافی (Wattman 42) عبور داده شدند و با آب دوبار تقطیر به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسیدند (Rajendran *et al.*, 1993). ۰/۵گرم از نمونه رسوب توزین و با ۱۵ میلی لیتر اسید کلریدریک و ۵ میلی لیتر اسید نیتریک (نسبت ۳:۱) در دمای ۱۲۰درجه سانتیگراد به مدت ۲ ساعت هضم و بعد از سرد شدن به آن اسید نیتریک ۱۰ درصد اضافه و پس از عبور از کاغذ صافی با آب مقطر دو بار تقطیر به حجم نهایی ۵۰ میلی لیتر رسید (Dadolahi *et al.*, 2006; Al-Abdali *et al.*, 1996 ;EPA, 1979). جهت تعیین میزان فلزات سنگین از دستگاه جذب اتمی شعله‌ای مدل UNICAM 919 استفاده گردید .

نتایج بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار SPSS (15) مورد ارزیابی آماری قرار گرفت. در ابتدا داده‌ها با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smirnov مورد آزمایش نرمال بودن قرار گرفتند. برای بررسی رابطه معنی‌دار بین تجمع فلزات سنگین در رسوبات و جلبکها از ضریب همبستگی پیرسون استفاده گردید. بمنظور مقایسه غلظت فلزات جلبکها در بین دو فصل (در نمونه‌هایی که فقط در دو فصل مشاهده شدند) از آزمون t-test استفاده شد. جهت مقایسه غلظت فلزات رسوب و جلبکها در بین ایستگاههای مختلف و فصول مختلف از آنالیز واریانس دو طرفه و در صورت معنی‌دار بودن اختلاف میانگین‌ها، جهت جدا کردن گروههای مختلف از آزمون Tukey استفاده گردید.

بمنظور ارزیابی کیفی آلودگی فلزات در رسوب سواحل بندرعباس و بندرلنگه، میزان غلظت این فلزات با مقادیر تعیین شده در راهنمای کیفیت رسوب دریایی National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) آمریکا، راهنمای کیفیت رسوب دریایی کانادا Interim Marine Sediment Quality Guideline (ISQG) و استاندارد محیط‌زیست کانادا مقایسه گردیدند. این استانداردها با هدف محافظت از اکوسیستم‌های آبی و تعیین سطح سلامت رسوب از نظر میزان مواد مغذی، ترکیبات آلی و غلظت فلزات موجود تهیه شده‌اند، از متداول‌ترین استانداردهای کیفیت رسوب در سطح جهان می‌باشند. راهنمای کیفیت رسوب دریایی NOAA دو سطح خطر Effect Rang Low (ERL) و Effect Range Medium (ERM) را برای آلودگی فلزات در رسوبات تعیین نموده است. ERL حدی است که کمتر از ۱۰ درصد جوامع بیولوژیک در خطر و ERM حدی است که کمتر از ۵۰ درصد جوامع بیولوژیک در خطر می‌باشند. ISQG نیز سطحی را برای میزان غلظت فلزات سنگین در رسوبات دریایی معرفی نموده است. همچنین استاندارد کیفیت محیط زیست کانادا سطح Probable Effects Level (PEL) را بعنوان

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1390.20.1.4.9]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.109973]

سطح تاثیر احتمالی، تعیین کرده است (De Mora & Sheikholeslami, 2002).

نتایج

جدول ۲ نشان‌دهندهٔ گونه‌های نمونه‌برداری شده (موجود) در هر ایستگاه در فصول مختلف سال می‌باشد. همانطور که در جدول مشاهده می‌گردد فقط یکی از گونه‌ها (*Padina pavonica*) در تمام ایستگاهها و تمام فصول نمونه‌برداری وجود داشته است و سایر گونه‌ها اغلب فقط در برخی از ایستگاهها و فصول و حتی برخی نیز تنها در یک فصل و یا یک ایستگاه مشاهده گردید. جداول ۳، ۴ و ۵ نشان‌دهندهٔ نتایج آماری حاصل از اندازه‌گیری فلزات سنگین در رسوبات و جلبکهای مورد مطالعه می‌باشد.

نتایج حاصل از آنالیز همبستگی مبین وجود رابطه مثبت معنی‌دار بین تجمع فلز مس در رسوبات و جلبکها فقط در گونه‌های *Entromorpha compressa* (N=28, r=0.57 P<0.05); *Chaetomorpha* sp. (N=9, r=0.69); *Gracilaria corticata* (N=6, r= 0.73) می‌باشد. این نتایج در ارتباط با میزان تجمع فلز سرب در جلبک‌ها و رسوبات حاکی از وجود رابطه مثبت معنی‌دار در گونه‌های *Chaetomorpha* sp. (N=9, r=0.64 P<0.05) و *Jania rubens* (N=12, r=0.65 P<0.05) و رابطه منفی معنی‌دار در گونه‌های *Sargassum angustifolium* (N=10, r= -0.70 P<0.05) و *Laurencia berandenii* (N=9, r =-0.83 P<0.05) می‌باشد. ارتباط میزان تجمع فلز کادمیوم در جلبکها و رسوبات تنها در گونه‌های *Sargassum angustifolium* و *Gracilaria corticata* دارای رابطه منفی معنی‌دار (r = -0.78 N=9, P<0.05) می‌باشد. این نتایج در ارتباط با تجمع نیکل در جلبکهای سبز و قهوه‌ای مبین رابطه مثبت معنی‌دار می‌باشد (N=16, r =0.65, P<0.05). اما در مورد جلبکهای قرمز فقط در گونه *Acanthophora specifera* رابطه مثبت (r =0.44, P>0.05 N=7,) و در گونه *Hypnea spinella* رابطه منفی معنی‌دار وجود دارد (N=9, r=-0.75 P<0.05).

جدول ۲: گونه‌های جلبکی شناسایی شده (حضور یا عدم حضور) در فصول و ایستگاههای مختلف

گونه‌های مختلف جلبکی	تابستان شماره ایستگاه	بهار شماره ایستگاه	زمستان شماره ایستگاه	پاییز شماره ایستگاه
جلبکهای سبز (Chlorophyta)				
Entromorpha compressa	٤،٥،٦،٧،٨،٩	٧،٨،١،٤،٥،٦	١ – ٩	٣،٤،٥،٦،٧،٨،٩
Cladophoropsis membranacea	١،٢،٣	–	–	–
Caulerpa taxifolia	–	٢،٣	–	–
Chaetomorpha sp.	–	٤	–	١،٢
جلبکهای قهوه‌ای (Phaeophyta)				
Padina pavonica	١،٢،٣،٤	١،٢،٣،٤	١،٢،٣،٤	١،٢،٣،٤
Sargassum angustifolium	١،٢،٣،٤	١،٢	–	١،٢،٣،٤
Colpomenia sinuosa	–	–	٣	–
Cystoseira myrica	٢،٣،٤	٣،٤	٢	١،٢،٣،٤
جلبکهای قرمز (Rhodophyta)				
Gellidium pusillum	–	٢	–	–
Gracilaria corticata	–	٤	٥،٦،٧،٨،٩	–
Champia parvula	١،٢	١	–	–
Acanthophora specifera	١،٢،٤	١،٢،٣،٤	–	–
Laurencia berandenii	–	–	١،٢،٣	–
Hypnea spinella	–	١،٢،٣	–	–
Jania rubens	–	–	٤	١،٢،٣

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1390.20.1.4.9]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.109973]

جدول ۳ : نتایج اندازه‌گیری فلزات سنگین (میانگین ± انحراف معیار) در گونه‌های مختلف جلبکی (میکروگرم برگرم وزن خشک)

گونه جلبک	نیکل	کادمیوم	سرب	مس
جلبکهای سبز (Chlorophyta)				
E. compressa	٤٨/٥٧±٦/١٢	٤/٦٥±٢/٦	٢٥/٦٨±٦/٥	١٠/٧٦±٢/٥
C. membranacea	٢٥/٥٩±٤/٥	٥/٤٣±٢/٢	٣٠/٨٦±٨/٧	٧/٤١±٣/٣
C. taxifolia	٧١/٥٤±٢٤/٢	٣/٢٥±١/١	٢٠/٨٧±٧/٤	٩/١٣±٣/٥
Chaetomorpha sp.	٣٢/٩٢±٧/١	٦/٠١±٣/٢	٢٥/٠٨±٣/٤	١٩/٢٧±٤/٥
جلبکهای قهوه‌ای (Phaeophyta)				
P. pavonica	٤٤/٤±١٤/٥	٥/١±١/٢	١٨/٩±٥/٤	١٠/٩٥±٢/٤
S. angustifolium	٢١/٩±٤/٨	٤/٦±٢/١	١٤/٢±١/٣	٦/٥٣±٢/٣
C. sinuosa	٦٠/١±١١/٩	٣/٣±١/٢	٣٢/٥±٦/٥	٧/٤٧±٣/٤
C. myrica	٣٥/٠±٥/٧	٤/٩±١/٦	٢٠/٢±٤/٣	٨/١٠±٢/٧
جلبکهای قرمز (Rhodophyta)				
G. pusillum	٦٣/٥±٢٠/٤	٢/٨±٠/٥	١١/٧±٤/٧	٥/٨±١/٢
G. corticata	٨٢/٥±٣٠/٦	٥/١±١/٣	٢٣/٩±٤/٧	١٣/٤±٥/٥
C. parvula	٣٨/٤±١٢/٨	٥/٢±٢/٣	١٩/٤±٣/٥	٨/٥±٢/٦
A. specifera	٥٣/٥±٢٢/٥	٥/٢±٢/٥	٢٠/١±٣/٦	١٢/٧±٥/٣
L. berandenii	٤٨/٦±١٧/٧	٤/٤±١/٢	١٩/٣±١/٣	٨/٦±٢/٩
H. spinella	٧٦/٩±٣٤/٥	٣/٨±٠/٩	١٤/١±٢/٩	٧/٤±٢/٣
J. rubens	٢١/٩±٨/٤	٦/٢±٢/٧	٢٩/٦±٤/٨	٨/٨±٣/٧

جدول٤: میانگین میزان غلظت فلزات سنگین در جلبکهای سبز، قهوه‌ای و قرمز (میکروگرم بر گرم نمونه خشک)

رده‌های مختلف جلبکی	نیکل	کادمیوم	سرب	مس
جلبکهای سبز	٤٦/٥٧	٤/٨٣	٢٥/٦٢	١١/٦٤
جلبکهای قهوه ای	٤٤/٦٥	٤/٤٥	٢١/٤٥	٨/٢٦
جلبکهای قرمز	٥٥/٦٠	٤/٦٥	١٩/٧٢	٩/٢٩

جدول ٥: نتایج اندازه‌گیری میانگین غلظت فلزات سنگین در رسوبات (میکرو گرم برگرم وزن خشک)

فلزات / فصول	مس	سرب	کامیوم	نیکل
پاییز	٣/٤٠	١٨/٤٣	٣/٨٩	١٥/٢٧
زمستان	٣/٤١	١٧/٠٧	٤/٢٧	١٦/٣٢
بهار	٧/٠٩	٢٣/٨١	٦/٦٢	٨٠/٨٥
تابستان	٧/٠٨	٢٢/٤٨	٦/٨٣	٢٢/٩٨
میانگین	٥/٢٤	٢٠/٤٤	٥/٤٠	٣٣/٨٣

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1390.20.1.4.9]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.109973]

مقایسه آماری غلظت فلزات در بین چهار فصل نشان داد که بیشترین غلظت فلزات سنگین مس، سرب، کادمیوم و نیکل در سواحل بندرعباس و بندرلنگه در دو فصل بهار و تابستان و کمترین غلظتهای این فلزات در دو فصل پاییز و زمستان اندازه‌گیری شده است.

بین غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیوم و نیکل در رسوب سواحل بندرلنگه و بندرعباس تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید ($F= 2.18, d.f.=31, P>0.05$). در مورد غلظت فلز مس در رسوب سواحل این دو شهرستان تفاوت معنی‌داری بدست آمد ($F= 16.22, d.f.=31, P<0.05$). با توجه به اینکه ایستگاههای مورد بررسی در هر دو شهرستان تقریباً از نظر منابع آلاینده مشابه بوده‌اند،

بحث

رسوبات محل انباشت فلزات سنگین در محیط دریایی می‌باشند. به همین علت بر استفاده از آنها جهت بررسی بهتر وضعیت آلودگی فلزات سنگین در محیطهای آبی تاکید شده است (Phillips & Rainbow, 1992).

توالی غلظت فلزات سنگین مس، سرب، کادمیوم و نیکل در رسوبات سواحل بندرعباس و بندرلنگه بصورت کادمیوم< مس < سرب< نیکل بدست آمد. این روند نشان می‌دهد که غلظت فلز نیکل در رسوب سواحل مذکور نسبت به فلزات سرب، مس و کادمیوم بیشتر است. این توالی با برخی از مطالعات انجام شده در خلیج فارس مطابقت دارد (Dadolahi *et al.*, 2006;Al-Abdali *et al.*, 1996).

این نتایج دور از انتظار نیست. اما نکته قابل توجه این است که با توجه به تمرکز بیشتر منابع آلاینده در سواحل بندرعباس از قبیل ترافیک سنگین کشتیرانی، پالایشگاهها، تاسیسات صنعتی و تمرکز شهری در نگاه اول انتظار می‌رود که غلظت سایر فلزات بررسی شده در رسوب سواحل بندرعباس بسیار بیشتر از سواحل بندرلنگه بوده و با هم تفاوت معنی‌داری را داشته باشند. اما با توجه به جهت جریان آب منطقه خلیج فارس که در امتداد سواحل ایران به سمت غرب پیش می‌رود و اینکه بندرلنگه در غرب شهرستان بندرعباس واقع است، بدیهی است که مسیر پراکنش و انتشار آلودگی‌های حاصل از منابع آلاینده در بندرعباس به سمت سواحل بندرلنگه باشد و این مطلب صحت نتایج بدست آمده را تایید می‌نماید (دادالهی، ۱۳۸۸). بخصوص اینکه غلظت فلزات سرب، کادمیوم و نیکل که همگی می‌توانند مرتبط با فعالیت‌های مرتبط با فعالیت‌های حمل و نقلی و تردد کشتی‌ها و شناورهای مختلف تجاری و صیادی و فعالیت‌های صنعتی که اکثراً در غرب بندرعباس (غرب ایستگاههای این مطالعه) باشد. نتایج بدست آمده در این تحقیق با نتایج بدست آمده در خصوص تجمع بالای فلز نیکل در سواحل دریای عمان مطابقت دارد (De Mora & Ainolahi *et al.*, 2009 ;Sheikholeslami, 2002).

نتایج حاصل از مقایسه غلظت فلزات سنگین مس، سرب، کادمیوم و نیکل در رسوبات سواحل بندرعباس و بندرلنگه با نتایج بدست آمده از رسوبات سایر نقاط خلیج فارس در جدول ۶ آورده شده است.

از طرف دیگر مقایسه جلبکهای سبز، قهوه‌ای و قرمز از نظر توانایی میزان جذب فلزات سنگین مس، سرب، کادمیوم و نیکل نتایج ذیل را برای هر یک از فلزات مذکور نشان داده است:

فلز مس: جلبکهای قرمز < جلبکهای قهوه‌ای < جلبکهای سبز

فلز سرب: جلبکهای قرمز < جلبکهای قهوه‌ای < جلبکهای سبز

فلز کادمیوم: جلبکهای قهوه‌ای < جلبکهای قرمز < جلبکهای سبز

فلز نیکل: جلبکهای قهوه‌ای < جلبکهای سبز< جلبکهای قرمز

قسمت اعظم سلول در جلبکهای قهوه‌ای متشکل از پلی‌ساکاریدهاست. یکی از انواع این پلی‌ساکاریدها آلجینات می‌باشد. آلجینات از جمله موادی است که بعلت وجود در بیرونی‌ترین لایه دیواره سلولی و تماس مستقیم با محیط بیرونی، نقش مهمی در مبحث جذب فلزات سنگین دارد. در واقع آلجینات دارای بار منفی بوده و بعنوان یک بخش بسیار مهم در جذب کاتیونهای چند ظرفیتی است. توانایی آلجینات در جذب فلزات سنگین براساس این الگو می‌باشد: کادمیوم < نیکل < مس < سرب (قمرزاده، ۱۳۸۷). این مطلب، بالا بودن میزان سرب در جلبکهای قهوه‌ای نسبت به جلبکهای قرمز را تأیید می‌نماید. در خصوص فلز کادمیوم نیز مطالعات نشان داده‌اند که این فلز در جلبک قرمز به میزان بیشتری نسبت به جلبکهای سبز انباشته می‌شوند (Dadolahi *et al.*, 2006).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1390.20.1.4.9]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.109973]

جدول ٦: مقایسه نتایج حاصل از اندازه گیری غلظت فلزات سنگین در رسوب سواحل هرمزگان (بندرعباس – بندرلنگه) با رسوبات سواحل سایر نقاط خلیج فارس و مناطق مجاور آن (میکروگرم بر گرم نمونه خشک)

منطقه	Cu	Pb	Cd	Ni	منابع
دریای عرب (پاکستان)	٢٤/٤	٧/٩	٠/٤٤	٧٦/٤	Tariq *et al.*,1993
دریای عمان (چابهار)	٢٧/٣٦	٣١/٩٧	–	٢٠/٧٩	Ainolahi *et al.*, 2009
خلیج فارس(کویت)	١/٢٠	١/٠٣	٠/٧٧	١٥/٠	Fowler *et al.*,1993
خلیج فارس (عربستان)	٣/٢٤	١/٧٠	٠/١٤	١٣/٨	Fowler *et al.*,1993
خلیج فارس (بحرین)	٤/٤٩	٦/٧٨	٠/١٧	١٠/٠	Fowler *et al.*,1993
خلیج فارس (کیش)	٣/٤	٤/٢	٠/٣	٥/٥	Dadolahi *et al.*, 2006
خلیج فارس (خورموسی)	٢٧/٤٨	٣٩/٥٥	٠/٦١	٢٦/٢	Karbassi, 1996
خلیج فارس (بوشهر)	٢٢/٢١	٢٣/٧٤	٠/٤٦	٢٢/٨٤	قمرزاده، ١٣٧٨
(بندرعباس و بندرلنگه)	٥/٢٤	٢٠/٤٤	٥/٤٠	٣٣/٨٣	مطالعه حاضر

جدول ٧ : مقایسه غلظت فلزات رسوبات سواحل بندرعباس و بندرلنگه با مقادیر استانداردهای جهانی (میکروگرم بر گرم نمونه خشک)

فلزات سنگین	ERL	ERM	ISQG	PEL	سواحل بندرعباس بندرلنگه
Cu	٣٤	٢٧٠	١٨/٧	١٠٨	٥/٢٤
Pb	٤٧	٢٢٠	٣٠/٢	١١٢	٢٠/٤٤
Cd	١/٢	٩/٦	٠/٧	٤/٢	٥/٤٠
Ni	٢١	٥٢	–	–	٣٣/٨٣

غلظت فلزات سنگین مس، سرب، کادمیوم و نیکل در جلبکهای برخی نقاط از سواحل خلیج فارس و دیگر سواحل جهان در جدول ٨ آورده شده است. مقایسه میزان غلظت فلزات سنگین در جلبکهای آن نواحی با نتایج غلظت این فلزات در جلبکهای سواحل بندرعباس و بندر لنگه نشان می‌دهد که غلظت هر چهار فلز اندازه‌گیری شده در جلبکهای سواحل بندرعباس و بندرلنگه بیشتر از میزان غلظت همان فلزات در جلبکهای هم جنس یا هم رده در سواحل دیگر نقاط جهان بوده است بجز در سه مورد که میزان غلظت فلز مس و سرب در جلبک سبز *Chaetomorpha aerea* و غلظت فلز مس در جلبک سبز *Entromorpha clathrata* در خلیج فارس (سواحل عربستان) بیشتر از میانگین و حتی بیشترین میزان غلظت اندازه‌گیری شده در جلبکهای هم‌جنس در مطالعه حاضر بوده‌اند (Al-Homaidan, 2007).

در این مطالعه پس از اندازه‌گیری میزان فلزات سنگین در جلبکهای مشاهده شده در سواحل بندرعباس و بندرلنگه و بررسی نتایج مقایسه‌ای انجام شده، مشخص گردید، با توجه به اینکه یکی از مهمترین شرایط انتخاب گونه‌های شاخص جهت پایش زیستی، وفور گونه مورد نظر در تمام منطقه و تمام فصول می‌باشد، در سواحل بندرعباس تنها گونهٔ *Entromorpha compressa* که از جلبکهای سبز می‌باشد، در تمام فصول سال و تمام ایستگاهها مشاهده گردیده است. در سواحل بندرلنگه نیز تنها جلبک قهوه‌ای *Padina pavonica* در تمام ایستگاههای نمونه‌برداری در هر چهار فصل موجود بوده است. گونهٔ *Entromorpha compressa* نسبت به سایر گونه‌های جلبکهای سبز و قهوه‌ای بیشترین میزان غلظت فلزات سرب، کادمیوم و نیکل را داشته است. تغییرات فصلی بر میزان غلظت فلزات بررسی شده در این جلبک موثر است به نحوی که بیشترین غلظت میزان فلزات مس، سرب، کادمیوم و نیکل

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1390.20.1.4.9]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.109973]

بترتیب در فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان اندازه‌گیری شده است. بررسی همبستگی غلظت فلزات مس، سرب، کادمیوم و نیکل در این جلبک با غلظت فلزات سنگین یاد شده در محیط زیستش (رسوب منطقه) نشان‌دهندهٔ رابطه معنی‌دار مثبت در مورد فلزات مس و نیکل بود. در مورد گونهٔ *Padina pavonica*، این گونه در بین سایر گونه‌های جلبکهای قهوه‌ای بیشترین میزان غلظت فلزات مس، کادمیوم و نیکل را در خود تجمع داده است. میزان غلظت فلزات بررسی شده در این جلبک طی فصول مختلف با هم اختلاف معنی‌داری داشت که مؤید تاثیر تغییرات فصلی بر آن است. از میان تمامی گونه‌های جلبکی، بیشترین غلظت میزان فلز مس در فصل پاییز، فلز سرب در فصل تابستان، فلز کادمیوم در فصل پاییز و فلز نیکل در فصل زمستان اندازه‌گیری شده‌اند. در بررسی رابطه همبستگی غلظت فلزات مس، سرب، کادمیوم و نیکل در این جلبک با غلظت فلزات مذکور در رسوب، تنها رابطه مثبت معنی‌داری در مورد فلز نیکل مشاهده گردید که در دیگر فلزات موجود نبود.

جدول ۸: نتایج حاصل از اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در جلبکهای سواحل سایر نقاط خلیج فارس و دیگر سواحل جهان (میکروگرم بر گرم نمونه خشک)

گونه‌های جلبک	نیکل	کادمیوم	سرب	مس	محل	منبع
Sargassum bideri	۱/۱۱	۰/٦٤	۱/٤	۳/۸	سواحل پاکستان	Tariq,1993
S. heteromorphum	۱/٤٦	۰/٤٤	۰/۱۳	٤/۲۰		
Chaetomorpha aerea	٤٤/٥۱	۱/۰٥	*۳۰/٤۰	*٤۸/٥۲	سواحل عربستان	Al-Homaidan , 2007
Entromorpha clathrata	۲۹/۸٤	۰/۹۱	۲٤/۹۲	*۳۰/٥۲		
E. intenstinalis	۳/۷۲	۰/٥٥	٥/٥۰	٤/۷٦	سواحل بوشهر	قمرزاده، ۱۳۸۷
S. vulgare	۲/۳۱	۰/٦۲	٤/٦٦	٤/۱۸		
P. tetrastromatica	۳/٥٦	۰/٦۰	٥/۱٥	۳/۸۸		
Hyppena pannosa	۲/٤۸	۰/٥۷	٥/۳۷	۳/۸٦		
J. rubens	۲/۲۳	۰/٦۹	۳/٦۱	۳/٥۱		
Chaetomorpha aerea	۱/۹۹	۰/٦۱	۳/۰۰	۲/٥۰	سواحل کیش	Dadolahi *et al.*, 2006
E. intenstinalis	۱/۳۷	۰/٤٤	۲/۲۳	۳/٤۲		
Padina sp.	۱/۰٥	۱/۳۱	۰/۹٦	۲/۷۱		
C. sinuosa	۱/۰۷	۱/۷٤	۱/٦٦	۱/۱۲		
C. myrica	۰/۹۷	۱/۱٤	۱/٤۲	۰/۸۸		
Sargassum sp.	۰/۳۷	۱/٤٦	۱/۸۰	۰/۷٦		
Laurencia obtuse	۱/۲٤	۱/۰۷	۱/۲٦	۱/۸۱		
Champia parvula	۱/۳٥	۱/۰۷	٤/٤۷	۲/۰٥		
J. rubens	۰/۸۸	۱/٤۳	۱/۷٦	۰/۹۷		
Hyppena sp.	۳/٥۱	۱۳/٦۹	–	٥/۹۷	سواحل ترکیه	Tuzen *et al*,2008
Padind pavonica	–	۰/٥۰	۳/۹۸	۱۲/۳۰	سواحل مدیترانه	Conti & Cecchetti 2003
Ulva lactuca	–	۰/۱۸	۱/۹	٥/۸۰		
Entromorpha sp.	۳/۸٤	–	۲/٦۱	۳/۷۸	سواحل بالتیک	Zbikowski *et al*, 2006
Entromorpha sp.	۸/۲۰	۰/۲٤	۳/٥٦	٤/٦۱	دریاچه ویستولا	

* بیشتر از غلظت اندازه گیری شده در جلبک هم جنس یا هم رده در سواحل بندرعباس و بندرلنگه (مطالعه حاضر)

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1390.20.1.4.9]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.109973]

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از مدیر کل محترم اداره محیطزیست هرمزگان جناب آقای مهندس مهرداد کتال محسنی و جناب آقای مهندس ابوالفضل عماد آبادی و مهندس علیرضا نیک ورز و سایر همکارانی که در اجرای این طرح مساعدت نمودند، تشکر و قدردانی می‌نماییم.

منابع

داداللهی، ع.، ۱۳۸۸. بررسی و مطالعه استفاده از جلبکها بعنوان شاخص کنترل زیستی در مناطق ساحلی استان هرمزگان. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، اداره کل محیط زیست هرمزگان، صفحات ۷۰ تا ۷۹.

سهرابی‌پور، ج. و ربیعی، ر.، ۱۳۷۴. جمع‌آوری و شناسایی فلور جلبکی محدوده هرمزگان. گزارش نهایی. مرکز تحقیقات جهاد سازندگی بندرعباس. صفحات ۳۴ تا ۷۵.

قمرزاده، ح.، ۱۳۸۷. تغییرات فصلی و میزان فلزات سنگین در جلبکها و رسوبات شهرستان بوشهر. دومین کنفرانس روز جهانی محیطزیست، دانشگاه تهران ، ۲۰-۲۱ خرداد.

Ainolahi F., Safahieh A., Dadolahi A and Pakzad S., 2009. Heavy metal concentrations in rock oyster *Saccustrea cucullata* from Iranian coasts of the Oman Sea. Trakia Journal of Sciences, 8(1):79-86.

Agadi V.V., Bhosle N.B. and Untawale A.G., 1978. Metal concentration in some seaweeds of Goa (India). Botanica Marina. 21:247-250.

Al–Abdali M., Massoud M.S. and Al-Ghadban A.N., 1996. Bottom sediments of the Persian Gulf – III. Trace metal contents as indicators of pollution and implications for the effect and fate of the Kuwait oil slick. Environmental Pollution, 93(3):285-301.

Al-Homaidan A.A., 2007. Heavy metal concentrations in three species of green algae from the Saudi coast of the Persian Gulf. Journal of Food, Agriculture & Environment, 5(374):354-358.

Basson P.W., 1992. Checklist of marine algae of the Persian Gulf. Journal Science of Kuwait University, 19: 217-228.

Conti M.E. and Cecchetti G., 2003. A biomonitoring study: Trace metals in algae and mollusks from Tyrrhenian coastal areas. Environmental Research, 93:99-112.

Dadolahi S.A., Savari A., Omar H., Kusnan M. and Ismail A., 2006. Biomonitoring with seaweed and direct assay of heavy metal in seawater and sediment of the Kish Island coasts, Iran. International Conference on Coastal Oceanography and Marine Aquaculture 2-4 May 2006, Kota Kinabalu, Saba, Malaysia.

De Mora S. and Sheikholeslami M.R., 2002. ASTP: Contaminant screening program. Final Report: Interpretation of the Caspian Sea Sediment Data, Caspian Environment Program.

EPA, 1979. Methods for chemical analysis ,metals section EPA- 600/4-79-020 ,USEPA R&D, Environment Monitoring and Support Laboratory, Cincinnati, OH, USA, pp.200-305.

Fowler S.W., Readman J.W., Oregioni B., Villeneuve J.-P. and McKay K.,1993. Petroleum hydro-carbons and trace metals in nearshore Gulf sediments and Biota before and after the 1991 War, An Assessment of temporal and spatial trends. Marine Pollution Bulletin, 27:171-182.

Ganesan M., Kannan R., Rajendran K., Govindasamy C., Sampathkumar P. and Kannan L., 1991. Trace metals distribution in seaweeds of the Gulf of Mannar, Bay of Bengal. Marine Pollution Bulletin, 2:205-205.

Karbassi A.R., 1996. Geochemistry of Ni, Zn, Cu, Pb, Co, Cd, V, Mn, Fe, Al & Ca in sediment s of north western part of the Persian Gulf.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1390.20.1.4.9]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.109973]

International Journal of Environmental Studies, 54:205-212.

Phillips D.J.H., 1977. The use of biological indicator organisms to monitor trace metal pollution in marine and estuarine environments. Environmental Pollution, 13:281-317.

Phillips D.J.H. and Rainbow P.S., 1992. Bio-monitoring of trace aquatic contaminants. London and New York: Elsevier Applied Science. 371P.

Rajendran K., Sampatthkumar P., Govidasamy C., Ganesan M., Kannan R. and Kannan L., 1993. Levels of trace metals (Mn, Fe, Cu & Zn) in some Indian seaweeds. Marine Pollution Bulletin, 26:283-285.

Sohrabipour J. and Rabii R., 1999. A list of marine algae of seashores of Persian Gulf and Oman Sea in the Hormozgan province, Iran. Journal of Botnity, 8(1):132-162.

Tariq J., Jaffar M., Ashraf M. and Moazzam M., 1993. Heavy metal concentrations in fish, shrimp, seaweed, sediment, and water from the Arabian Sea, Pakistan. Marine Pollution Bulletin, 26:644-647.

Tuzen M., Verep B., Ogretmen A. and Soylak M., 2008. Trace element content in marine algae species from the Black Sea, Turkey. Environmental Monitoring Assessment, 158(1-4):363-368.

Zbikowski R., Szefer P. and Latala A., 2006. Distribution and relationships between selected chemical elements in green algae *Entromorpha* sp. From the southern Baltic. Environmental Pollution, 143:35-448.

Zhou Q., Zhang J., Shi J., Fu J. and Jiang G., 2008. Biomonitoring: An appealing tool for assessment of metal pollution in the aquatic ecosystem. Analytica Chimica Acta, 606:135-150.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1390.20.1.4.9]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.109973]

Heavy metals (Ni, Cd, Pb, Cu) concentrations in seaweed and sediments along the coastal areas of Hormuzgan province (Bandar Abbas and Bandar Lengeh)

Dadolahi Sohrab A.[(1)]*; Saghily M.[(2)] and Khivar N.[(3)]

P_dadolahi@yahoo.com

1,2- Marine Sciences and Technology of Khoramshar University, P.O.Box: 669 Khoramshar, Iran

3- Islamic Azad University, Science and Research Branch of Khuzestan Province, P.O.Box: 61555-163 Ahwaz, Iran

Received: March 2009 Accepted: March 2010

Keywords: Heavy metals, Seaweed, Sediment, Bandar Abbas, Bandar Lengeh, Iran

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1390.20.1.4.9]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.109973]

Abstract

Metals concentrations were studied in dominant seaweeds and their adjacent sediments in Bandar Abbas and Bandar Lengeh tidal areas. The status of selected heavy metals (Ni, Cd, Pb, Cu) was determined in sediments and 15 dominant seaweed species including 4 species of Chlorophyta, 4 species of Phaeophyta and 7 species of Rhodophyta. Samples of seaweed and sediment were collected seasonally during November 2007 to August 2008 from intertidal regions of nine sites along the Bandar Abbas and Bandar Lengeh coasts. Powdered samples of sediments and seaweed were digested and analyzed using Atomic Absorption Spectrophotometer (A.A.S). Concentrations of Cu, Pb, Cd, and Ni were 5.24, 20.44, 5.40 and 33.83µg/g^{-1} dry wt. in sediments. Concentration of these metals in µg/g^{-1} dry weight in Chlorophyta were 11.11, 25.79, 4.76 and 46.57, in Phaeophyta were 9.18, 17.68, 4.82 and 36.65, and in Rhadophyta were 9.80, 21.03, 4.96 and 50.43, respectively. The marine seaweed species collected during all seasons and sites in Bandar Abbas and Bandar Lengeh were identified as *Entromorpha compressa* and *Padina pavonica*, respectively.

*Corresponding author