

ارتباط بین غلظت برخی فلزات سنگین در رسوبات و جمعیت ماکروبتوزها در خلیج گرگان

- کاظم درویش بسطامی*: پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، صندوق پستی: ۱۴۱۱۸-۱۳۳۸۹
- مهرشاد طاهری: پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، صندوق پستی: ۱۴۱۱۸-۱۳۳۸۹
- حسین باقری: پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، صندوق پستی: ۱۴۱۱۸-۱۳۳۸۹
- مریم یزدانی فشتمی: پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، صندوق پستی: ۱۴۱۱۸-۱۳۳۸۹
- فرزانه سلطانی: دانشگاه آزاد واحد تهران شمال، دانشکده علوم و فنون دریایی، صندوق پستی: ۹۳۶-۱۹۵۸۵
- سارا حق پرست: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان صندوق پستی: ۴۹۱۶۵-۲۸۶
- علی حمزه پور: پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، صندوق پستی: ۱۴۱۱۸-۱۳۳۸۹
- معصومه لطفی آشتیانی: دانشگاه آزاد واحد تهران شمال، دانشکده علوم و فنون دریایی، صندوق پستی: ۹۳۶-۱۹۵۸۵

تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۱

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۱

چکیده

هدف از این تحقیق بررسی جمعیت کف‌زیان و ارتباط آن‌ها با میزان تجمع فلزات سنگین (مس، سرب، روی، کروم و کبالت) در رسوبات خلیج گرگان بود. برای این منظور ۱۳ ایستگاه در خلیج گرگان انتخاب و نمونه‌برداری در فصل تابستان ۱۳۸۹ با استفاده از نمونه‌بردار Van Veen انجام شد. میزان مواد آلی رسوب بین ۹-۱/۷۵ درصد ($1/72 \pm 4/50$ درصد) بود. میانگین شن، سیلت و رس در خلیج گرگان به ترتیب $23/38 \pm 27/56$ درصد، $36/61 \pm 18/3$ و $39/76 \pm 14/40$ درصد بود. در این بررسی در مجموع ۵ رده، ۸ خانواده و ۸ گونه از کف‌زیان در خلیج گرگان شناسایی شدند. تراکم موجودات بین $5100 - 466/66$ عدد در مترمربع و میانگین تراکم موجودات خلیج گرگان $2300/67 \pm 1400/78$ بود. هم‌چنین میانگین شاخص Evenness، شانون و Richness به ترتیب $0/66 \pm 0/10$ ، $0/78 \pm 0/45$ و $0/69 \pm 0/35$ بود و اختلاف آماری بین شاخص‌های بیولوژیک در ایستگاه‌های مختلف وجود داشت ($P < 0.05$). مقادیر مس، سرب، روی، کبالت و کروم به ترتیب بین $3/80 - 31/20$ ، $4/10 - 18/30$ ، $4/10 - 13 - 75$ ، $3/50 - 20/80$ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد. هم‌چنین میانگین غلظت مس، سرب، روی، کبالت و کروم به ترتیب $17/86 \pm 9/19$ ، $11/33 \pm 5/16$ ، $42/00 \pm 23/23$ ، $10/61 \pm 6/00$ و $31/69 \pm 15/71$ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. نتایج این تحقیق نشان داد که بین همه شاخص‌های بیولوژیک اندازه‌گیری شده با غلظت فلزات در رسوب همبستگی منفی وجود داشت که نشان‌دهنده تاثیر منفی غلظت فلزات بر جوامع ماکروبتوزی می‌باشد.

کلمات کلیدی: جوامع بنتوزی، فلزات سنگین، رسوب، خلیج گرگان



مقدمه

بنتوزها در اکوسیستم‌های دریایی نقش مهمی در چرخه غذایی آب‌ها، متابولیسم آلودگی‌ها و تولید ثانویه برعهده دارند (۲۲؛ ۱۴). همچنین جوامع ماکروبنتوزی شاخص معتبری برای ارزیابی سلامت زیستی اکوسیستم‌های دریایی هستند (۵). ساکن بودن، چرخه زندگی نسبتاً طولانی، تنوع گونه‌ای زیاد با حساسیت‌های مختلف در برابر استرس‌های محیطی و نقش مهم بنتوزها در چرخه مواد غذایی بین رسوبات و آب از مزیت‌های استفاده از جوامع بنتوزی در ارزیابی کیفیت اکوسیستم‌های آبی می‌باشد (۶؛ ۴؛ ۱۰).

با مطالعه در نحوه توزیع و پراکنش بی‌مهرگان کفزی می‌توان دریافت که این موجودات تقریباً در تمامی زیستگاه‌های دریایی و ساحلی یافت می‌شوند. از جمله مهم‌ترین زیستگاه‌های ساحلی که پذیرای گروه‌های متعددی از کفزیان می‌باشند، خورها و اکوسیستم‌های ساحلی هستند. زیستگاه‌های ساحلی به دلیل قرار گرفتن در حد فاصل بین دو اکوسیستم بزرگ خشکی و دریایی، تحت تاثیر دو زیستگاه بوده و در واقع از هر دو منبع، مواد آلاینده را دریافت می‌نمایند. در نتیجه، خورها به‌عنوان یکی از مناطق حساس ساحلی به حساب می‌آیند. فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی و فاضلاب‌های شهری باعث ورود مواد شیمیایی به اکوسیستم‌های ساحلی می‌شوند. رسوبات ممکن است مواد سمی مختلف از جمله فلزات سنگین را به میزان بیش‌تر از آنچه که در آب بالایی آن وجود دارد، در خود انباشته کنند. سمیت زیاد فلزات سنگین، منابع وسیع، تجزیه ناپذیری با روش‌های بیولوژیکی و رفتار تجمع‌ی آن‌ها در محیط مهم‌ترین ویژگی آن‌ها بوده که توجه محققین زیادی را به خود جلب کرده است (۱۳). فلزات سنگین در محیط‌های دریایی و ساحلی ته‌نشین شده (۹) و یا در برخی موارد با مواد آلی رسوبات، اکسیدهای آهن، منگنز و خاک رس ترکیب می‌شوند (۳۴). حضور فلزات سنگین در رسوب به عواملی هم‌چون اندازه ذرات رسوب، ویژگی‌های فلز و شرایط بیوشیمیایی محیط بستگی دارد. با توجه به این که بی‌مهرگان کفزی به‌دلیل وابسته بودن به بستر از آسیب‌پذیرترین اجتماعات به‌شمار می‌روند. بنابراین، افزایش فلزات سنگین می‌تواند بر ساختار جمعیتی آن‌ها تاثیرگذار باشد. جذب فلزات سنگین به‌وسیله بنتوزها به عواملی هم‌چون غلظت، فرم شیمیایی و تحرک (Mobility) فلزات سنگین بستگی دارد. خلیج گرگان از

اکوسیستم‌های مهم ایران بوده که به دلیل شرایط زیستی مناسب برای آبزیان، از نظر مسایل اکولوژیک و اقتصادی دارای ارزش فراوانی است. خلیج گرگان در منتهی‌الیه جنوب شرقی دریای خزر واقع شده است. طول خلیج گرگان ۶۰ کیلومتر و عرض آن ۱۲ کیلومتر و بیشینه ژرفای آن در تراز ۲۸- متری سطح آب دریای خزر، ۴ متر می‌باشد. این حوضه توسط بار ماسه‌ای میانکاله از دریای خزر جدا می‌شود. اکنون اتصال آبی خلیج گرگان با دریای خزر از طریق دهانه‌ای در حد فاصل آشوراده با سرزمین اصلی و هم‌چنین کانال خوزینی، که میانکاله را قطع می‌کند، برقرار است. این ارتباط به گونه‌ای نیست که خلیج گرگان انرژی امواج دریای خزر را دریافت کند. بنابراین، خلیج گرگان از این نظر بیش‌تر متأثر از فرایندهای داخل حوضه است. رودخانه‌هایی که خلیج گرگان را تحت تاثیر قرار می‌دهند، عبارتند از: گرگان‌رود، قره سو و باغو که در این میان گرگان‌رود از نزدیک دهانه خلیج گرگان وارد دریا می‌شود. با توجه به این که تاکنون مطالعه‌ای در زمینه ارتباط بین فلزات سنگین و بنتوزها در این خلیج صورت نگرفته بود، بنابراین تصمیم گرفته شد که در این مطالعه، بررسی میزان فلزات سنگین و ارتباط آن‌ها با بنتوزها (تراکم و تنوع) در ایستگاه‌های نمونه‌برداری بررسی شود.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری در فصل تابستان (۱۳۸۹) توسط نمونه‌بردار ون وین با مساحت ۳۰۰ سانتی‌متر مربع در ۱۳ ایستگاه انجام شد. انتخاب ایستگاه‌ها به‌نحوی بود که با توجه به موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی خلیج گرگان حتی‌الامکان کل خلیج گرگان را تحت پوشش قرار دهد. نمونه‌های رسوب (سه تکرار از هر ایستگاه) با اضافه نمودن فرمالین ۵ درصد تثبیت شدند. سپس موجودات درون رسوب با اضافه نمودن رزبنگال ۱ گرم در لیتر رنگ‌آمیزی شدند تا با آسانی از رسوب جدا شوند. در آزمایشگاه نمونه‌ها از الک ۵۰۰ میکرون عبور داده شده و سپس با استفاده از اطلس بی‌مهرگان دریای خزر (۱) شناسایی گردیدند. به‌منظور دانه‌بندی رسوبات، نمونه رسوب توسط نمونه‌بردار فوق از هر ایستگاه برداشت شد. رسوبات در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شده (۸) و با عبور از الک‌های ۶۳ میکرون، ۰/۵ و ۱ میلی‌متر دانه‌بندی گردیدند. سپس شن، ماسه، سیلت و رس جداسازی شده و دانه‌بندی بستر در هر ایستگاه مشخص گردید (۸). برای اندازه‌گیری مواد



در این رابطه P_i با فرمول $\frac{m_i}{N}$ محاسبه گردید که n_i معرف تعداد کل افراد یک گونه و N معرف تعداد کل افراد در تمام گونه‌ها می‌باشد (۲۹).

شاخص تشابه (Evenness) به روش کیفی جاکارد با فرمول زیر محاسبه شد

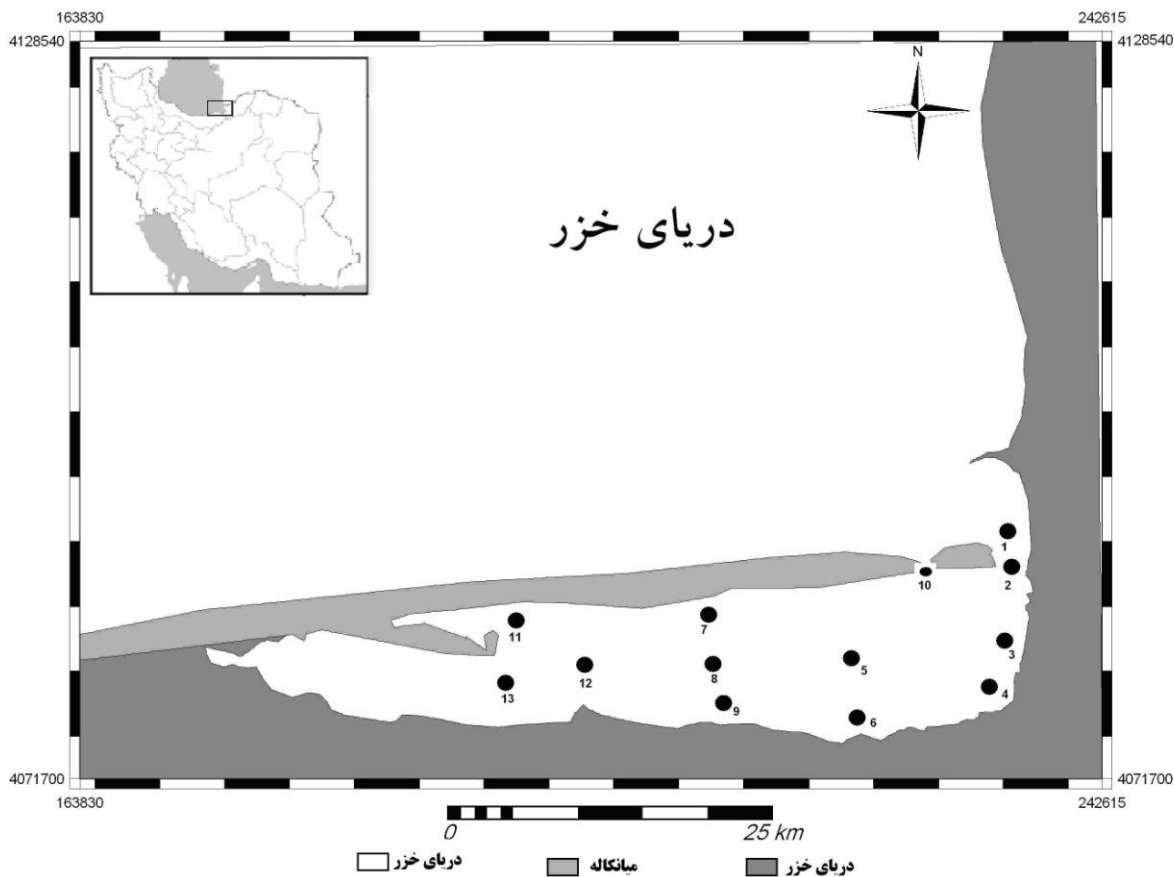
$$J = \frac{H'}{H'_{MAX}} = \frac{H'}{\ln S}$$

که در آن H' مقدار شانون محاسبه شده در هر ایستگاه نمونه‌برداری و H'_{MAX} بیش‌ترین مقدار در هر تکرار نمونه‌برداری است (۲۱). همچنین S نشان دهنده تعداد گونه‌ها می‌باشد همچنین شاخص تنوع شانون وینر (Richness) با رابطه زیر محاسبه شد (۲۴):

$$R = \frac{S-1}{\ln(N)}$$

آلی بستر نیز از روش کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت استفاده گردید. همچنین برای آنالیز فلزات سنگین (Cr, Co, Zn, Pb, Cu) از هر ایستگاه یک نمونه رسوب برداشته شد (شکل ۱). سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه (ACME LAB, Canada) ارسال و میزان فلزات با استفاده از روش Inductively-Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) تعیین گردید. برای کنترل دستگاه و صحت داده‌ها از ماده‌های استاندارد مرجع Oreas DS8 و 45Pa, DS7 استفاده شد که بازیابی ۱۰۷/۸۹-۹۴/۰۴ درصد را نشان داد. همچنین شاخص تنوع شانون وینر (Shannon Weiner diversity Index) با فرمول زیر محاسبه شد (۲۹):

$$H' = -\sum p_i \log p_i$$



شکل ۱ - موقیعت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در خلیج گرگان در تابستان ۱۳۸۹. ایستگاه‌ها با علامت ● و شماره‌های ۱ تا ۱۳ مشخص شده‌اند



آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (Ver 16) انجام گردید. ابتدا نرمال بودن نمونه‌ها با روش کولموگروف اسمیرنوف در سطح معنی‌داری $p=0/05$ سنجش شد که همه داده‌ها نرمال بودند. سپس از طریق آنالیز واریانس یک‌طرفه One-way ANOVA مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. برای ارتباط بین عوامل اندازه‌گیری شده، از آزمون پیرسون استفاده شد. همچنین به منظور دسته‌بندی ایستگاه بر اساس شاخص‌های زیستی و تجمع فلزات سنگین از آنالیز کلاستر خوشه‌ای با به‌کارگیری نرم‌افزار Paste استفاده شد. برای ترسیم جدول داده‌ها و ترسیم نمودارها از بسته‌های نرم‌افزاری Excel 2003 استفاده شد.

نتایج

عمق خلیج گرگان بین ۴/۱۲-۰/۶۲ متر ($1/14 \pm 1/85$ متر) بود که بیش‌ترین و کم‌ترین عمق، به ترتیب در ایستگاه ۵ و ۹ مشاهده گردید. میزان مواد آلی رسوب بین ۹-۱/۷۵ درصد ($1/72 \pm 4/45$ درصد) بود که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار مواد آلی، به ترتیب در ایستگاه ۱۳ و ۱۲ تعیین گردید. هم‌چنین میانگین شن، سیلت و رس در خلیج گرگان به ترتیب $27/56 \pm 23/38$ درصد، $18/3 \pm 36/61$ و $14/40 \pm 39/76$ درصد بود (جدول ۱).

جدول ۱- برخی کمیته‌های اندازه‌گیری شده در خلیج گرگان در تابستان ۱۳۸۹

ایستگاه‌ها	طول و عرض جغرافیایی	عمق (متر)	ماده آلی (%)	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)
۱	N36.92678 E54.02814	۳/۶۵	۳/۵۰	۳۷/۵۶	۴۲/۰۲	۲۰/۴۲
۲	N36.90136 E54.03072	۳/۰۷	۳/۷۵	۳۵/۳۵	۵۲/۱۸	۱۱/۸۵
۳	N36.85419 E54.03125	۲/۲۴	۳/۵۰	۳۴/۷۳	۶۴/۴۹	۰/۷۹
۴	N36.81467 E54.03192	۱/۴۶	۴/۰۰	۳۲/۶۸	۶۶/۶۶	۰/۶۶
۵	N36.83781 E53.90906	۴/۱۲	۶/۰۰	۵۹/۰۴	۴۰/۵۲	۰/۴۲
۶	N36.79842 E53.91261	۲/۳۵	۴/۰۰	۴۱/۵۱	۲۴/۰۷	۳۴/۴۳
۷	N36.86936 E53.78997	۱/۵۴	۳/۵۰	۴۴/۷۴	۲۸/۳۶	۲۶/۹۰
۸	N36.83289 E53.79058	۱/۰۵	۳/۷۵	۵۳/۶۶	۳۹/۴۶	۴/۰۰
۹	N36.79514 E53.79281	۰/۶۲	۴/۷۵	۲۷/۷۵	۱۳/۵۴	۵۸/۷۱
۱۰	N36.89981 E53.95894	۱/۵۰	۶/۲۵	۵۰/۶۲	۳۱/۱۶	۱۸/۲۲
۱۱	N36.85264 E53.57528	۰/۷۷	۴/۲۵	۲۳/۶۲	۱۱/۲۷	۶۵/۱۰
۱۲	N36.82233 E53.61694	۰/۶۵	۱/۷۵	۶/۵۰	۳/۸۸	۸۹/۶۲
۱۳	N36.80717 E53.57667	۱/۰۳	۹/۰۰	۶۱/۰۵	۳۷/۵۸	۱/۳۷
کم‌ترین	-	۰/۶۲	۱/۷۵	۶/۵۰	۳/۸۸	۰/۴۲
بیش‌ترین	-	۴/۱۲	۹	۶۱/۰۵	۶۶/۶۶	۸۹/۶۲
انحراف معیار \pm میانگین	-	۱/۸۵ \pm ۱/۱۴	۴/۴۵ \pm ۱/۷۲	۳۹/۷۶ \pm ۱۴/۴۰	۳۶/۶۱ \pm ۱۸/۳۱	۲۳/۳۸ \pm ۲۷/۵۶

Scrobiculariidae, Tubificidae, Spionidae, Nereidae, Gammaridae و Chironomidae, Mytilidae, Cardiidae

در مجموع ۵ رده، ۸ خانواده و ۸ گونه ماکروبن‌توز در خلیج گرگان شناسایی شد. خانواده‌های بنتوزی شامل



گردید. همچنین *Tubificoides fraseri* در همه ایستگاه‌ها به جز ایستگاه‌های ۳ و ۶ مشاهده گردید (جدول ۲).

بودند. از بین گونه‌های شناسایی شده، *Streblospio gynobranchiata* در همه ایستگاه‌ها و *Nereis diversicolor* در همه ایستگاه‌ها به جز ایستگاه ۱۳ مشاهده

جدول ۲- ماکروبن‌توزهای شناسایی شده در خلیج گرگان در تابستان ۱۳۸۹

گونه‌ها	ایستگاه‌ها	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
<i>Nereis diversicolor</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
<i>Streblospio gynobranchiata</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Tubificoides fraseri</i>		+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Tubificidae		+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-
<i>Abra ovate</i>		-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
<i>Cerastoderam lamarcki</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-
<i>Didacna</i> sp		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Mytilaster lineatus</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Chironumus albidus</i>		+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-
<i>Gammarus aequicauda</i>		-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+

میانگین شاخص شانون در خلیج گرگان 0.78 ± 0.45 محاسبه شد (جدول ۳) و اختلاف معنی‌داری بین شاخص شانون در ایستگاه‌های مختلف ملاحظه گردید ($P < 0.05$). میانگین شاخص Evenness 0.66 ± 0.10 تعیین شد. بیش‌ترین و کم‌ترین شاخص Evenness به ترتیب در ایستگاه‌های ۱۳ و ۴ به دست آمد و مقدار آن بین $0.51 - 0.87$ تعیین گردید (جدول ۳). شاخص Richness بین $1.38 - 0.33$ بود که بیش‌ترین و کم‌ترین آن شاخص در ایستگاه‌های ۱۱ و ۶ به دست آمد. بر این اساس، میانگین شاخص Richness در خلیج گرگان 0.69 ± 0.35 بود (جدول ۳).

بیش‌ترین گونه‌ها در ایستگاه‌های ۱۰ و ۱۱ با تعداد هشت گونه و کم‌ترین آن‌ها با تعداد دو گونه در ایستگاه ۶ مشاهده شد. بیش‌ترین و کم‌ترین تراکم گونه‌ها، به ترتیب با تعداد $5100 \pm 1817/50$ عدد در مترمربع در ایستگاه ۱ و تعداد $466/67 \pm 266/66$ عدد در مترمربع در ایستگاه ۵ مشاهده شد. میانگین تراکم موجودات در خلیج گرگان $1450/78 \pm$ محاسبه شد (جدول ۳). محاسبات نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تراکم موجودات در بین ایستگاه‌های مختلف وجود دارد ($P < 0.05$). شاخص شانون بین $0.24 - 1.46$ در نوسان بود به طوری که بیش‌ترین آن در ایستگاه ۱۰ و کم‌ترین آن در ایستگاه ۲ به دست آمد. بر این اساس



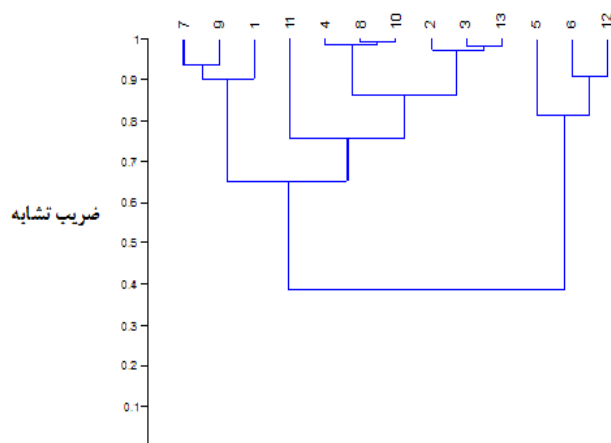
جدول ۳- شاخص‌های زیستی اندازه‌گیری شده در خلیج گرگان در تابستان ۱۳۸۹

Richness	Eveinness	شانون	تعداد	تراکم	ایستگاه
a. /۴۷±۰/۲۵	ab. /۶۲±۰/۰۴	abc. /۶۹±۰/۳۳	۴	^e ۵۱۰۰/۰±۱۸۱۷/۵۰	۱
a. /۴۶±۰/۴۶	ab. /۶۱±۰/۳۳	a. /۲۴±۰/۳۰	۵	abc ^۲ ۰۷۷/۸±۱۰۹۵/۶۱	۲
a. /۳۶±۰/۱۴	ab. /۶۶±۰/۲۶	ab. /۳۶±۰/۲۴	۳	۱۹۳۳/۳±۱۶۱۶/۵۸ ^{ab}	۳
a. /۳۷±۰/۰۹	a. /۵۱±۰/۱۳	a. /۲۶±۰/۱۵	۳	bcd ^۲ ۶۸۸/۹±۱۱۷۳/۹۴	۴
a. /۳۶±۰/۳۸	b. /۸۵±۰/۱۶	ab. /۴۲±۰/۵۰	۳	^a ۴۶۶/۶۷±۲۶۶/۶۶	۵
a. /۳۳±۰/۰۵	ab. /۶۴±۰/۰۵	a. /۲۵±۰/۰۸	۲	ab ^۲ ۷۴۴/۴۴±۲۷۷/۵۵	۶
ab. /۷۰±۰/۰۹	ab. /۵۵±۰/۰۹	bcd. /۸۷±۰/۲۲	۴	cde ^۳ ۹۳۳/۳±۹۳۸/۶۷	۷
abc. /۷۶±۰/۱۲	ab. /۶۶±۰/۱۹	۱/۰۱±۰/۱۹	۴	bcd ^۲ ۶۳۳/۳±۷۹۶/۵۲	۸
ab. /۶۱±۰/۰۲	ab. /۶۷±۰/۰۳	^{cd} ۰/۹۹±۰/۰۴	۴	de ^۳ ۴۷۷/۸±۶۷۶/۸۶	۹
cd. /۲۳±۰/۲۱	ab. /۶۹±۰/۰۵	^{cd} ۰/۴۶±۰/۱۳	۸	bcd ^۲ ۶۰۰/۰±۱۱۴۶/۴۹	۱۰
d. /۳۸±۰/۴۲	ab. /۶۵±۰/۰۸	de. /۳۵±۰/۱۸	۸	ab ^۲ ۱۳۸۸/۹±۵۳۸/۸۶	۱۱
bcd. /۰.۲±۰/۵۳	ab. /۷۲±۰/۲۶	bcd. /۸۹±۰/۵۶	۶	^a ۶۲۲/۲۲±۴۷۴/۱۴	۱۲
bcd. /۰.۰±۰/۲۴	b. /۸۷±۰/۰۴	^e ۱/۴۵±۰/۱۵	۵	ab ^۲ ۲۰۰/۰±۹۶۸/۳۸	۱۳

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد (P < ۰/۰۵)

در گروه اول ایستگاه‌های ۱۲، ۵ و ۶ در گروه دوم ایستگاه‌های ۱۳، ۳، ۲، ۸، ۱۰ و ۴ در گروه سوم ایستگاه ۱۱ و در گروه چهارم ایستگاه‌های ۱، ۹ و ۷ قرار گرفتند (شکل ۲).

این شاخص در بین ایستگاه‌ها اختلاف معنی‌داری داشت (P < ۰/۰۵). بر اساس آنالیز کلاستر با استفاده از شاخص‌های بیولوژیک، جوامع بنتوزی چهار گروه مشخص را به وجود آورد.



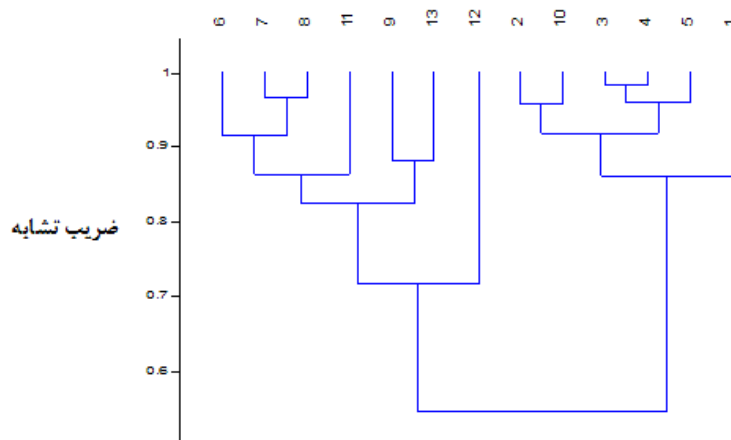
شکل ۲- دسته‌بندی ایستگاه‌ها با استفاده از آنالیز کلاستر خوشه‌ای بر اساس شاخص‌های زیستی (تراکم، تعداد گونه، شانون، Richness و Eveinness) در خلیج گرگان در تابستان ۱۳۸۹

در ایستگاه ۱۲ و کبالت در ایستگاه ۱۳ بود هم‌چنین بیش‌ترین مقدار روی و کبالت در ایستگاه ۴، مس و سرب در ایستگاه ۳ و کروم در ایستگاه ۳ و ۴ بود (جدول ۴). با استفاده از آنالیز کلاستر و براساس فلزات سنگین ایستگاه‌ها به سه گروه مشخص تقسیم شدند. در گروه اول ایستگاه‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۱۰، در گروه دوم ایستگاه ۱۲ و در گروه سوم ایستگاه‌های ۹، ۱۳، ۱۱، ۸، ۶ و ۷ ایستگاه‌های قرار گرفتند (شکل ۳).

با استفاده از روش طیف‌نگار جرمی ICP-MS مقادیر مس، سرب، روی، کبالت و کروم به‌ترتیب بین ۳۱/۲۰-۳/۸۰، ۴/۱۰-۱۸/۳۰، ۱۳-۷۵، ۲۰/۸۰-۳/۵۰ و ۱۳-۵۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین شد. بر این اساس میانگین مقادیر مس، سرب، روی، کبالت و کروم به ترتیب $۱۷/۸۶ \pm ۹/۱۹$ ، $۱۱/۳۳ \pm ۵/۱۶$ ، $۴۲/۰۰ \pm ۲۳/۲۳$ و $۱۰/۶۱ \pm ۶/۰۰$ و $۳۱/۶۹ \pm ۱۵/۷۱$ میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین گردید. کم‌ترین مقدار مس، سرب، روی و کروم

جدول ۴- فلزات اندازه‌گیری شده در خلیج گرگان در تابستان ۱۳۸۹

ایستگاه‌ها	Cr (میلی‌گرم)	Co (میلی‌گرم)	Zn (میلی‌گرم)	Pb (میلی‌گرم)	Cu (میلی‌گرم)
۱	۳۵	۱۲/۶	۵۴	۱۴/۱	۱۸/۶
۲	۴۳	۱۴/۳	۶۲	۱۵/۲	۲۲/۴
۳	۵۲	۱۹/۲	۷۲	۱۸/۳	۳۱/۲
۴	۵۲	۲۰/۸	۷۵	۱۶/۳	۳۰/۹
۵	۴۸	۱۶/۸	۶۸	۱۷/۷	۲۹/۶
۶	۲۳	۸/۷	۲۸	۹/۷	۱۴/۹
۷	۱۸	۷/۴	۲۶	۸	۱۱/۳
۸	۱۹	۷/۴	۲۴	۸/۷	۱۲/۵
۹	۱۴	۳/۹	۱۶	۵/۹	۹/۳
۱۰	۵۰	۱۳/۸	۶۰	۱۶/۷	۲۵/۶
۱۱	۳۱	۵/۸	۲۳	۷/۱	۹/۷
۱۲	۱۳	۳/۸	۱۳	۴/۱	۳/۸
۱۳	۱۴	۳/۵	۲۵	۵/۵	۱۲/۴
کم‌ترین	۱۳/۰۰	۳/۵۰	۱۳/۰۰	۴/۱۰	۳/۸۰
بیش‌ترین	۵۲/۰۰	۲۰/۸۰	۷۵/۰۰	۱۸/۳۰	۳۱/۲۰
میانگین \pm انحراف معیار	$۱۵/۷۱ \pm ۳۱/۶۹$	$۶/۰۰ \pm ۱۰/۶۱$	$۲۳/۲۳ \pm ۴۲/۰۰$	$۵/۱۶ \pm ۱۱/۳۳$	$۹/۱۹ \pm ۱۷/۸۶$



شکل ۳- دسته‌بندی ایستگاه‌ها با استفاده از آنالیز کلاستر خوشه‌ای براساس فلزات سنگین در خلیج گرگان در تابستان ۱۳۸۹



داشت. ماده آلی با کبالت همبستگی منفی و با بقیه فلزات همبستگی مثبت داشت. شن دارای همبستگی منفی با کروم و با بقیه فلزات دارای همبستگی منفی و معنی‌دار بود ($P < 0/01$) هم‌چنین سیلت با همه فلزات همبستگی مثبت و معنی‌داری ($P < 0/01$) و رس همبستگی مثبت به همه فلزات داشت (جدول ۵).

بر اساس آزمون آماری پیرسون بین همه فلزات اندازه‌گیری شده ارتباط معنی‌داری وجود داشت ($P < 0/01$). هم‌چنین همبستگی منفی بین تراکم، تعداد گونه، شانون، Evenness، Richness و همه فلزات اندازه‌گیری شده وجود داشت. بین عمق با مس، سرب، روی و کبالت رابطه معنی‌داری وجود داشت ($P < 0/05$) و همبستگی مثبتی بین عمق و کروم وجود

جدول ۵- رابطه پیرسون بین پارامترهای اندازه‌گیری شده در خلیج گرگان در تابستان ۱۳۸۹

پارامترها	مس	سرب	روی	کبالت	کروم	چگالی	تعداد	غنا	شانون	Evenness	عمق	OM	سیلت	شن
سرب	۰/۹۶۴**													
روی	۰/۹۷۴**	۰/۹۷۳**												
کبالت	۰/۹۶۳**	۰/۹۵۸**	۰/۹۷۳**											
کروم	۰/۹۳۶**	۰/۹۵۳**	۰/۹۵۵**	۰/۹۴۰**										
چگالی	-۰/۰۷۴	-۰/۰۱۹	-۰/۰۱۸	-۰/۰۴۶	-۰/۱۱۵									
تعداد	-۰/۳۰۸	-۰/۲۳۴	-۰/۲۳۲	-۰/۳۳۵	-۰/۰۳۷	-۰/۰۵۶								
غنا	-۰/۵۱۰	-۰/۴۹۲	-۰/۴۹۰	-۰/۵۶۳*	-۰/۳۰۶	-۰/۱۰۵	۰/۹۲۰**							
شانون	-۰/۵۱۱	-۰/۵۲۲	-۰/۵۳۲	-۰/۶۳۱*	-۰/۴۲۳	۰/۱۶۱	۰/۷۵۳**	۰/۸۹۸**						
Evenness	-۰/۰۸۶	-۰/۱۵۲	-۰/۱۵۲	-۰/۲۸۱	-۰/۱۷۶	-۰/۴۴۷	۰/۱۳۱	۰/۲۴۰	۰/۳۶۷					
عمق	۰/۵۹۸*	۰/۶۹۹**	۰/۶۵۴*	۰/۶۰۵*	۰/۵۴۹	-۰/۰۳۹	-۰/۴۲۷	-۰/۶۳۵*	-۰/۰۶*	۰/۸۹				
OM	۰/۱۶۹	-۰/۰۳۰	۰/۰۷۱	-۰/۰۸۴	۰/۰۲۸	-۰/۰۵۶	۰/۱۴۰	۰/۲۲۹	۰/۴۵۷	۰/۶۴۹*	۰/۰۰۵			
سیلت	۰/۸۲۷**	۰/۷۱۱**	۰/۸۳۵**	۰/۸۳۲**	۰/۷۰۰**	۰/۱۱۹	-۰/۴۶۲	-۰/۵۹۶*	-۰/۵۳۸	-۰/۲۲۷	۰/۴۵۷	۰/۱۰۴		
شن	-۰/۷۴۲**	-۰/۶۶۷*	-۰/۹۸۳*	-۰/۶۴۱*	-۰/۵۳۷	-۰/۱۰۱	۰/۴۲۹	۰/۴۷۰	۰/۳۹۰	-۰/۰۵۷	-۰/۴۹۷	-۰/۴۴۵	-۰/۸۷۰**	
رس	۰/۳۶۰	۰/۲۹۹	۰/۲۵۱	۰/۱۷۱	۰/۱۴۶	۰/۰۳۹	-۰/۲۲۸	-۰/۱۴۱	۰/۱۲۶	۰/۳۹۹	۰/۳۵۲	۰/۷۲۲**	۰/۳۸۲	-۰/۷۸۷**

ماده آلی = OM

* رابطه معنی‌دار در سطح ۵ درصد

** رابطه معنی‌دار در سطح ۱ درصد

بحث

مناطق انتقالی از قبیل خورها، مصب‌ها، خلیج و مناطق ساحلی که آب شور و شیرین را به‌طور هم‌زمان دریافت می‌کنند، مناطقی بسیار حساس بوده و جوامع بنتیک و فرآیندهای موجود در این مناطق برای کل اکوسیستم نقش تنظیمی ایفا می‌کنند. شاخص‌های مختلف بیولوژیک براساس جوامع بنتیک برای ارزیابی این اکوسیستم‌ها استفاده شده است. به‌طور کلی، مناطق مصبی و خورها نسبت به سایر مناطق بیش‌تر در معرض استرس قرار دارند. شاخص شانون برای مناطق با تنوع خوب بین ۳/۵-۱/۵ و برای مناطق با فاقد تنوع صفر می‌باشد (۲۴). در این تحقیق، شاخص شانون در خلیج گرگان بین ۱/۴۶-۰/۲۴ بود که نشان می‌دهد که تنوع در خلیج گرگان در حد متوسط می‌باشد. هم‌چنین شاخص تنوع در آب‌هایی که به‌شدت آلوده هستند، کم‌تر از ۱، در آب‌های با آلودگی متوسط بین ۱-۳ و آب‌های فاقد آلودگی بیش‌تر از ۳ می‌باشد (۳۵). بر این اساس، ایستگاه‌های ۸، ۱۰، ۱۱ و ۱۳ دارای

نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نشان داد که تراکم موجودات کفزی در خلیج گرگان در سال ۱۳۸۹ بین ۵۱۰۰-۴۶۶ عدد در مترمربع و میانگین آن ۲۳۵۰/۶۷ بود. این تراکم در بررسی‌های قبل در این منطقه در تابستان ۱۳۸۳، ۵۲۸۵ عدد در مترمربع گزارش شده بود. هم‌چنین فراوانی موجودات کفزی در کل سواحل جنوبی دریای خزر ۴۵۲۶ عدد در متر مربع در تابستان گزارش شده است (۲). ارقام به‌دست آمده در این تحقیق در مقایسه با مطالعات قبلی در خلیج گرگان و سواحل جنوبی دریای خزر کم‌تر بود. این تفاوت احتمالاً به دلیل ساختار تشکیلات رسوبی، بافت رسوبات، میزان مواد آلی، اندازه ذرات، مقدار غذا و عدم چرخش و گردش کامل آب این منطقه می‌باشد که باعث شده خلیج گرگان فاقد توان لازم برای داشتن تنوع و فراوانی موجودات کفزی باشد.



داشت. همبستگی مثبت بین مواد آلی با همه فلزات مورد مطالعه در این بررسی به جز کبالت احتمالاً نشان‌دهنده این باشد که این فلزات همراه با مواد آلی وارد محیط آبی شده و یا این که دارای منشا یکسانی (ماده آلی و فلزات) باشند. این نتایج تایید می‌کنند که مواد آلی به‌عنوان حمل‌کننده فلزات سنگین بوده و ترکیب آن‌ها با مواد آلی نقش مهمی در الگوی پراکندگی آن‌ها دارد.

در این تحقیق همبستگی مثبت بین همه فلزات و رس مشاهده شد. هم‌چنین بین سیلت و همه فلزات همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت ($P < 0.01$) که نشان‌دهنده این می‌باشد که سیلت نقش مهم‌تری نسبت به مواد آلی و رس در کنترل پراکندگی فلزات در خلیج گرگان برعهده دارد. هم‌چنین ممکن است این نتایج نشان‌دهنده این باشند که این فلزات با سیلت وارد محیط آبی شده و یا این که دارای منشا یکسانی می‌باشند.

عوامل محیطی ممکن است سبب تغییر ساختار جوامع بنتوزی و تنوع گونه‌ای آن‌ها شوند (۲۸؛ ۱۷). گونه‌های مقاوم و فرصت‌طلب بیش‌تر در مناطق پراسترس وجود دارند در حالی که گونه‌های حساس در مناطق پر استرس، کم بوده و یا این که وجود ندارند. Somerfield و همکاران (۱۹۹۴) نشان دادند که فلزات سنگین در رسوب همبستگی خیلی زیادی با ترکیب بیولوژیک رسوبات دارد. موجودات آیزی براساس مقاومتی که به فلزات سنگین دارند، به گروه‌های خیلی حساس (سخت پوستان)، گروه‌های با حساسیت کم‌تر (نرم‌تان) و گروه‌های مقاوم (پلی‌کت‌ها) تقسیم‌بندی می‌شوند. در این تحقیق، از بین موجودات کفزی شناسایی شده، رده پلی‌کت‌ها (*N. diversicolor* و *S. gynobranchiata*) و *T. fraseri* در بیش‌تر ایستگاه‌ها وجود داشتند که شاید این موضوع به‌دلیل این است که این گروه از نظر تحمل شرایط مختلف اکولوژیک در خلیج گرگان مقاوم‌تر بوده و در نتیجه موجودات غالب در همه ایستگاه‌ها در خلیج گرگان را تشکیل دادند. هم‌چنین وجود این سه گونه ذکر شده در اکثر ایستگاه‌ها در خلیج گرگان احتمالاً به این دلیل است که این موجودات در مقایسه با سایر موجودات نسبت به فلزات سنگین در رسوبات حساسیت کم‌تری دارند. آمفی‌پودا موجوداتی هستند که تنوع و فراوانی آن‌ها به اکسیژن، مواد آلی رسوبات و در برخی موارد به هیدروکربن‌های نفتی در محیط بستگی دارد (۸، ۴). در این تحقیق آمفی‌پودا در ایستگاه‌هایی با میزان فلزات سنگین زیاد مشاهده نشدند که

آلودگی متوسط و بقیه ایستگاه‌ها دارای آلودگی شدید می‌باشند که به‌طور واضح نشان می‌دهد که جوامع بنتیک در خلیج گرگان براساس شاخص شانون تحت تاثیر استرس (عوامل طبیعی و انسانی) است.

در جوامعی که تحت تاثیر آشفستگی شدیدی باشند، تعداد کم‌تری از گونه‌ها وجود دارند و یک یا دو گونه خاص غالب شده و در نتیجه شاخص Evenness پایین می‌آید (۲۶). در این بررسی، میانگین شاخص Evenness در خلیج گرگان 0.10 ± 0.66 بود.

در این بررسی، میانگین غلظت مس، سرب، روی، کبالت و کروم به ترتیب $17/86 \pm 9/19$ ، $11/33 \pm 5/16$ ، $42/00 \pm 23/23$ ، $31/69 \pm 15/71$ و $10/61 \pm 6/00$ میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که مقدار فلزات سنگین مورد مطالعه در این بررسی در خلیج گرگان در مقایسه با سایر نقاط (۳۳، ۳۶، ۳۲، ۱۲، ۲۰، ۱۸، ۳۱، ۷، ۱۶) کم‌تر می‌باشد. براساس آزمون پیرسون، همبستگی معنی‌داری بین همه فلزات مورد بررسی در این تحقیق وجود داشت ($P < 0.01$) که نشان‌دهنده یکسان بودن منبع ورودی (انسانی یا طبیعی) این فلزات در این خلیج است. براساس بررسی‌های به‌عمل آمده، تعداد نسبتاً زیادی مزارع کشاورزی، مراکز پرورش ماهی و برخی صنایع در اطراف خلیج گرگان وجود دارد. کودهای مورد استفاده در مزارع پرورش ماهی، قارچ‌کش‌ها و جلبک‌کش‌های مورد استفاده در صنایع کاغذسازی هم‌چنین مواد به‌کار رفته در صنایع رنگ‌سازی حاوی برخی فلزات سنگین از قبیل مس، سرب و کروم بوده که بر اثر عواملی هم‌چون بارندگی، آبیاری و ورود مصنوعی ضایعات به خلیج گرگان در میزان فلزات سنگین در این خلیج تاثیر به‌سزایی دارد. مطالعات نشان می‌دهد که میزان فلزات سنگین در خلیج گرگان به‌صورت زیر است:

سرب > کبالت > مس > کروم > روی

میزان مواد آلی و اندازه ذرات دو عامل مهم در پراکندگی فلزات سنگین در رسوبات می‌باشند (۳؛ ۲۰؛ ۲۳). مواد ریز (fine) با داشتن نسبت سطح به حجم بیشتر و جذب یونی (۱۹، ۲۵) توانایی قابل ملاحظه‌ای در جذب مواد آلی و غیرآلی دارند. به‌طور کلی، مواد دانه‌ریز با مواد آلی زیاد، آلوده‌تر از مواد دانه درشت‌تر هستند (۱۱).

در این تحقیق، بین شن و مس، سرب، روی و کبالت همبستگی منفی معنی‌داری وجود داشت ($P < 0.05$) هم‌چنین بین کروم و شن همبستگی منفی وجود داشت و بین مواد آلی و همه فلزات به جز کبالت همبستگی مثبت وجود



- Jourde, J.; Mayot, S.; Simon, S. and De Montaudouin, X., 2008. Use of biotic indices in semienclosed coastal ecosystems and transitional waters habitats – implications for the implementation of the European Water Framework Directive. *Ecological Indicator*, 8, 360–372.
6. Borja, A.; Dauer D.; Diaz R.; Llansó, R.J.; Muxika, I.; Rodriguez J.G. and Schaffner, L., 2008. Assessing estuarine benthic quality conditions in Chesapeake Bay: a comparison of three indices. *Ecological Indicator*, 8: 395–403.
 7. Bothner, M.H.; Buchholtz ten Brink, M. and Manheim, FT., 1998. Metal concentrations in surface sediments of Boston Harbor – changes with time. *Journal of Marine Environmental Research*, 45: 127–155.
 8. Buchanan, J.B., 1984. Sediment analysis. In N. A. Holme and A. D. McIntyre (editors), *Methods for the study of marine benthos*, p. 41–65. Blackwell Scientific Publications, Boston, MA, 387 p.
 9. Callender, E., 2005. Heavy metals in the environment – historical trends. In: Lokkar, B.S., (Ed.), *Environmental Geochemistry*. In: Holland, H.D., Turekian, K.K., (Eds.). *Journal of Treatise on Geochemistry*. Elsevier, Pergamon Oxford, pp.67–106.
 10. Dauvin, J.C., 2007. Paradox of estuarine quality: benthic indicators and indices, consensus or debate for the future. *Marine Pollution Bulletin*, 55: 271–281.
 11. De Mora, S.D. and Sheikholeslami, M.R., 2002. ASTP:Contaminant screening program: Final report: Interpretation of Caspian Sea sediment data. *Caspian Environment Program (CEP)*, pp.27.
 12. De Mora, S.J.; Sheikholeslami, M.R.; Wyse, E.; Azemard, S. and Cassi, R., 2004. An Assessment of Metal Contamination in Coastal Sediments of the Caspian Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 48: 61–77.
 13. Diagonanolin, V.; Farhang, M.; Ghazi-Khansari, M. and Jafarzadeh, N., 2004. Heavy metals (Ni, Cr, Cu) in the Karoon waterway river. *Iran Toxicology Letters*, 151:63–68.
 14. Doi, H.; Matdumasa, M.; Toya, T.; Satoh N.; Mizota, C.; Maki, Y. and Kikuchi, E., 2005. Spatial shifts in food sources for
- احتمالاً به دلیل حساس بودن این موجودات به میزان فلزات سنگین در رسوب است.
- مطالعات گوناگونی در خصوص ارتباط بین فلزات سنگین و جوامع ماکروبنیزی صورت گرفته است (۱۴؛۲۸). در همه این مطالعات، ارتباط منفی بین فلزات سنگین و تنوع ماکروبنیوزها را مشاهده شد. Rygg در سال ۱۹۸۵ گزارش کرد که همبستگی منفی بین فلزات سرب، مس و روی با شاخص تنوع وجود دارد. در این تحقیق نیز همبستگی منفی بین فلزات سنگین مورد مطالعه و همه شاخص‌های بیولوژیک اندازه‌گیری شده وجود داشت. هرگاه میزان آلودگی از حد معینی بیش‌تر شود، برای موجودات، خصلت سمی پیدا می‌کنند (۱۸) ورود آلودگی به محیط و افزایش آن باعث از بین رفتن گونه‌های حساس می‌شود. درحالی‌که، گونه‌های مقاوم با سرعت بیش‌تری در محیط افزایش می‌یابند. علت افزایش و کاهش گونه‌های مورد نظر را می‌توان به کاهش گونه‌های حساس و شکارچی گونه‌های مقاوم تر در اثر افزایش آلودگی مرتبط دانست.
- براساس مدل Pearson و Rosenberg (۱۹۷۸) خلیج گرگان را می‌توان به‌عنوان اکوسیستمی انتقالی با افزایش موجودات فرصت‌طلب به‌شمار آورد.

منابع

۱. بیرشتین، ی.آ؛ وینوگرادوف، ل.گ؛ کونداکوف، ن.ن؛ کون، م.س؛ آستاخوف، ت.و. و رومانوف، ن.ن. ۱۹۶۸. اطلس بی‌مهرگان دریای خزر. ترجمه: دلیناد، ل. و نظری، ف.، ۱۳۷۹. موسسه تحقیقات شیلات ایران، ۶۱۰ صفحه.
۲. هاشمیان کفشگری، ع. ۱۳۷۷. پراکنش و تغییرات فصلی زی‌توده و تنوع ماکروبنیوزهای غالب سواحل جنوبی دریای خزر. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد رشته بیولوژی دریا، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۱۰ صفحه.
3. Aloupi, M. and Angelidis M.O., 2001. Geochemistry of natural and anthropogenic metals in the coastal sediments of the island of Lesbos, Aegean Sea. *Journal of Environmental Pollution*, 113: 211–219.
4. Bellan, G., 2008. Pollution indices. *Encyclopedia Ecology*. pp. 2861–2868.
5. Blanchet, H.; Lavesque, N.; Ruellet, T.; Dauvin, J.C.; Sauriau, P.G.; Desroy, N.; Desclaux, C.; Leconte, M.; Bachelet, G.; Janson, A.L.; Bessineton, C.; Duhamel, S.;



- G. Evelyn Hutchinson. Transaction Connecticut Academy of Arts and Science. Connecticut, USA Vol. 44: 1 – 443 (pp. 211-235)
25. **McCave, I.N., 1984.** Size spectra and aggregation of suspended particles in the deep ocean. *Deep-Sea Research*, 31: 329–352.
 26. **Murugesan, P.; Ajithkumar T.T.; Ajmal, S. and Balasubramanian, T., 2009.** Use of benthic biodiversity for assessing the impact of shrimp farming on environment. *Journal Environment Biology*, 30: 865-870
 27. **Pearson, T.H. and Rosenberg, R., 1978.** Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 16:229-311
 28. **Rygg, B., 1985.** Distribution of species along pollution-induced diversity gradient in benthic communities in Norwegian Fjords. *Marine Pollution Bulletin* 16: 469–474.
 29. **Shannon, C.E. and Weaver, W., 1949.** The mathematical Theory of communication, *Bell System Technical Journal*, 27: 379-423.
 30. **Somerfield, P.J.; Gee, J.M. and Warwick, R.M., 1994.** Benthic community structures in relation to an instantaneous discharge of waste water from a tin mine. *Marine Pollution Bulletin* 28: 363–369.
 31. **US EPA-Region II. USACE-New York District. USDOE-BNL., 1999.** Fast Track Dredged Material Decontamination Demonstration for the Port of New York and New Jersey. In: Report to Congress on the Water Resources and Development Acts of 1990 (Section 412), 1992 (Section 405C), and 1996 (Section 226). EPA 000-0-99000, December 1999.p65.
 32. **Xu, X.D.; Lin, Z.H. and Li, S.Q., 2005.** The studied of the heavy metal pollution of Jiaozhou Bay. *Journal of Marine Sciences*, 29: 48–53 (in Chinese with English abstract).
 33. **Yu, R.L.; Yuan, X.; Zhao, Y.H.; Hu, G.R. and Tu, X.L., 2008.** Heavy metal pollution in intertidal sediments from Quanzhou Bay, China. *Journal of Environmental Sciences*, 20: 664–669.
 34. **Wang, F. and Chen, J.S., 2000.** Relation of sediment characteristics to trace metal macrozoobenthos in an estuarine ecosystem: carbon and nitrogen stable isotope analyses. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 64: 316–322.
 15. **ElNemr, A.H.; El Sikaily, A. and Khaled, A., 2007.** Total and leachable heavy metals in muddy and sandy sediments of Egyptian coast along Mediterranean Sea, *Estuar. Journal of Coastal and Shelf Science*, 129:151–168.
 16. **Filibeli, A.; Yilmaz, R. and Alyanak, I., 1995.** Dredged material of Izmir Harbor: its behavior and pollution potential. *Water Science Technology*, 32:105–113.
 17. **Gray, J.S. and Pearson, T.H., 1982.** Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced changes in benthic communities. I. Comparative methodology. *Marine Ecology Progress Series* 9: 111–119.
 18. **Hamer, K. and Karius, V., 2002.** Brick production with dredged harbour sediments: An industrial-scale experiment. *Journal of Waste Management*, 22: 521–530.
 19. **Horowitz, A.J. and Elrick, K.A., 1987.** The relation of stream sediment surface area, grainsize and composition to trace element chemistry. *Applied Geochemistry*, 2: 437-451.
 20. **Huang, K.M. and Lin, S., 2003.** Consequences and implication of heavy metal spatial variations in sediments of the Keelung River drainage basin, Taiwan. *Chemosphere*, 53: 1113–1121.
 21. **Jaccard, P., 1908.** Nouvelles recherches sur la distribution florale. *Bulletin Society Sciences Naturelle*. 44. pp.223-270
 22. **Kang C.K.; Choy E.J.; Paik S.K.; Park H.J.; Loe, K.S. and An, S., 2007.** Contribution of primary organic matter sources to macro invertebrate production in an intertidal salt marsh (*Scirpus triquetra*) ecosystem. *Marine Ecology Progress Series*, 334: 131-143.
 23. **Liaghati, T.; Preda, M. and Cox, M., 2004.** Heavy metal distribution and controlling factors within coastal plain sediments, Bells Creek catchment, southeast Queensland, Australia. *Environment International* 29: 935–948
 24. **Margalef, M., 1972.** Homage to Evelyn Hutchinson, why there is an upper limit in diversity. In E. S. Deevey (ed.), *Growth by intussusceptions, ecological essays in honor of*



- concentration: a statistical study. *Journal of Water Research*, 34:694-698
35. **Wilhm, J.L. and Dorris T.C., 1966.** Species diversity of benthic macroinvertebrates in a stream receiving domestic and oil refinery effluents. *American Midland Naturalist*, 76, 427-449.
36. **Zhang, L.; Ye, Xin.; Feng, H.; Jing, Y.; Ouyang, T.; Yu, X.; Liang, R.; Gao, C. and Chen, W., 2007.** Heavy metal contamination in western Xiamen Bay sediments and its vicinity, China. *Marine Pollution Bulletin*, 54: 974-982

پژوهش‌های محیط زیست خاوری
 علمی - پژوهشی



The Relationship between some heavy metal contents in the sediment and macrobenthic community in Gorgan Bay

- **Kazem Darvish Bastami***: Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric (INIOAS), P.O. Box: 13389-14118 Tehran, Iran
- **Mehrshad Taheri**: Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric (INIOAS), P.O. Box: 13389-14118 Tehran, Iran
- **Hossein Bagheri**: Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric (INIOAS), P.O. Box: 13389-14118 Tehran, Iran
- **Mryam yazdani Fashtami**: Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric (INIOAS), P.O. Box: 13389-14118 Tehran, Iran
- **Farzaneh Soltani**: Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, P.O.Box:19585-936 Tehran, Iran
- **Sarah Haghparast**: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, P.O. Box 386-49165 Gorgan, Iran
- **Ali Hamzehpoor**: Iranian Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric (INIOAS), P.O. Box: 13389-14118 Tehran, Iran
- **Masoumeh Lotfi Ashtiyani**: Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, P.O.Box:19585-936 Tehran, Iran

Received: July 2012

Accepted: Devenber 2012

Key words: Benthic community, heavy metals, sediment, Gorgan Bay

Abstract

This study aimed to investigate the population of benthic communities in relation to heavy metal contents (Cu, Pb, Zn, Cr, Co) in sediments of Gorgan Bay. Thirteen sampling sites were selected and sampling was conducted using Van Veen sampler in summer of 1389. Regarding the obtained results, total organic compounds in the sediment ranged from %1.75 to %9 (averaged 4.45 ± 1.72 (%)). The average amount of sand, silt and clay were 23.38 ± 27.56 (%), 36.61 ± 18.3 (%) and 39.76 ± 14.40 (%), respectively. 5 classes, 8 families, and 8 species of macrobenthic communities were identified in Gorgan Bay. The population of macrobenthic communities ranged from 466.66 to 5100 (ind m^{-2}) with the average amount of 2350.67 ± 1450.78 (ind m^{-2}). The indices of Evenness, Shannon and Richness averaged 0.66 ± 0.1 , 0.78 ± 0.45 and 0.69 ± 0.35 , respectively. Also, significant differences were observed amongst determined biological indices at various sampling sites ($P < 0.05$). Concentrations of Cu, Pb, Zn, Cr, Co were 3.80-31.20, 4.10-18.30, 13-75, 3.50-20.80 and 13-52 $mg\ kg^{-1}$, respectively. The average contents of heavy metal contents were ($mg\ kg^{-1}$): Cu (17.86 ± 9.19), Pb (11.33 ± 5.16), Zn (42 ± 23.23), Co (10.61 ± 6.00), and Cr (31.69 ± 15.71). Our results revealed that there was a negative correlation amongst all the determined biological indices and heavy metal contents in the sediment, demonstrating the negative impact of these metals on macrobenthic communities.

