

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور – پژوهشکده اکولوژی دریای خزر

عنوان :

پایش شکوفایی جلبکی دریای خزر

مجری مسئول :

حسن نصراله زاده ساروی

شماره ثبت

۵۰۶۹۵

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر

عنوان طرح : پایش شکوفایی جلبکی دریای خزر

شماره مصوب طرح : ۹۱۵۲-۱۲-۲۶-۱

نام و نام خانوادگی نگارنده/ نگارندگان : حسن نصراله زاده ساروی

نام و نام خانوادگی مجری مسئول (اختصاص به پروژه ها و طرحهای ملی و مشترک دارد) : حسن نصراله

زاده ساروی

نام و نام خانوادگی مجری / مجریان : حسن نصراله زاده ساروی

نام و نام خانوادگی همکار(ان) : نیما پورنگ ، آسیه مخلوق، شعبان نجف پور، زهره رمضانپور

نام و نام خانوادگی مشاور(ان) : -

نام و نام خانوادگی ناظر(ان) : -

محل اجرا : استان مازندران

تاریخ شروع : ۹۱/۶/۱

مدت اجرا : ۳ سال و ۷ ماه

ناشر : موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور

تاریخ انتشار : سال ۱۳۹۵

حق چاپ برای مؤلف محفوظ است . نقل مطالب ، تصاویر ، جداول ، منحنی ها و نمودارها با ذکر مأخذ
بلامانع است .

«سوابق طرح یا پروژه و مجری مسئول / مجری»

طرح : پایش شکوفایی جلبکی دریای خزر

کد مصوب : ۱-۲۶-۱۲-۹۱۵۲

شماره ثبت (فروست) : ۵۰۶۹۵ تاریخ : ۹۵/۸/۲۶

با مسئولیت اجرایی جناب آقای حسن نصراله زاده ساروی دارای مدرک تحصیلی دکتری در رشته علوم زیستی (گرایش محیط زیست) می باشد.

طرح توسط داوران منتخب بخش اکولوژی منابع آبی در تاریخ

۹۵/۴/۱۵ مورد ارزیابی و بارتبه خوب تأیید گردید.

در زمان اجرای طرح، مجری در :

ستاد پژوهشکده مرکز ایستگاه

با سمت معاون تحقیقاتی در پژوهشکده اکولوژی دریای خزر مشغول بوده است.

صفحه	عنوان
۱	چکیده
۳	۱- مقدمه
۳	۱-۱- کلیات
۵	۱-۲- مروری بر منابع
۷	۲- مواد و روشها
۷	۲-۱- نمونه برداری
۸	۲-۲- پارامترهای محیطی و مواد مغذی آب
۱۰	۲-۳- استخراج فرم های مختلف فسفر در رسوب
۱۱	۲-۴- اندازه گیری مواد آلی رسوبات
۱۱	۲-۵- فیتوپلانکتون
۱۱	۲-۶- آنالیز آماری
۱۳	۳- نتایج
۱۳	۳-۱- پارامترهای محیطی آب
۱۶	۳-۲- فرمهای مختلف مواد مغذی در آب
۲۶	۳-۳- پارامترهای محیطی رسوب
۲۸	۳-۴- فرمهای مختلف مواد مغذی در رسوبات
۳۸	۳-۵- نسبت فرمهای مختلف فسفر در رسوبات و آب عمقی
۳۹	۳-۶- نسبت فرمهای مختلف ازت در رسوبات و آب عمقی
۳۹	۳-۷- تغییرات سالانه فرم های مختلف در رسوبات
۴۰	۳-۸- فیتوپلانکتون
۴۹	۳-۹- ارتباط فیتوپلانکتون با پارامترهای فیزیکوشیمیایی
۵۵	۴- بحث
۶۹	۵- نتیجه گیری نهایی
۷۱	پیشنهادها
۷۲	منابع
۷۷	پیوست
۷۹	چکیده انگلیسی

چکیده

افزایش شدید گونه های جلبکی که ممکن است شامل گونه های مضر و سمی باشد از جمله عوارض افزایش مواد مغذی در اکوسیستم آبی جهان و نیز دریای خزر می باشد. بر این اساس مطالعه حاضر با اهداف ۱- مطالعه بر پتانسیل حوزه جنوبی دریای خزر جهت بروز شکوفایی جلبکی در فصول و نیم خط های مختلف، ۲- تعیین روابط بین پلانکتون های دارای پتانسیل شکوفایی با پارامترهای محیطی بوسیله مدلسازی آماری و ۳- بررسی نقش مواد مغذی رسوبات در پدیده شکوفایی جلبکی در حوزه ایرانی دریای خزر در سال ۱۳۹۲ انجام گردید. نمونه برداری آب و فیتوپلانکتون بصورت فصلی، در ۴ نیم خط بندرانزلی، تنکابن، نوشهر و بندرامیرآباد در اعماق ۵، ۱۰ و ۲۰ متر و در لایه های سطحی، ۱۰ و ۲۰ متر و نمونه برداری از رسوب سطحی در نیم خط ها و اعماق مشابه انجام گرفت.

نتایج نشان داد که فرمهای آلی فسفر و ازت در آب بیش از فرم معدنی آنها بوده است. نتایج این تحقیق نشان داد که حداکثر دما در تابستان و حداقل آن در فصل زمستان ثبت گردید و میزان اکسیژن محلول آب بیش از ۵ میلی لیتر بر لیتر، pH آب در حد قلیایی ضعیف تا قلیایی متغیر بوده و شوری آب بیش از ۱۲ گرم بر لیتر بوده است. حداکثر فسفر معدنی و آلی و همچنین ازت معدنی و آلی در نیم خط ها و فصول مختلف پراکنده بوده است. در فصول بهار، تابستان و پاییز سیستم محدودیت نیتروژنی به همراه محدودیت فسفری داشته اما در فصل زمستان بیشتر به سمت محدودیت نیتروژنی تمایل پیدا کرد و محدودیت فسفری دیده نشده است. نکته مهم اینکه در فصل زمستان محدودیت سیلیسی نیز مشاهده گردید.

نتایج بدست آمده بیانگر بالاتر بودن فرمهای معدنی فسفر رسوبات در فصول مختلف بود، بطوریکه میانگین سالانه سهم فرم فسفر باقیمانده که شامل فرمهای آلی و غیرقابل تجزیه می باشد کمتر از ۵ درصد بوده است. در بین فرمهای معدنی فسفر در رسوبات، درصد فسفر متصل به کلسیم به بیش از ۹۰ درصد رسید و سهم فسفر قابل دسترس کمتر از ۱۰ درصد ثبت گردید بطوریکه اشکال مختلف فسفر در رسوبات به ترتیب $\text{Al-P} > \text{Fe-P} > \text{Org-P}$ ثابت شد. در خصوص جذب و رهاسازی فسفر جذب سطحی، فسفر متصل به آهن (Fe-P) و فسفر متصل به آلومینیم (Al-P) به ترتیب عامل دما، پتانسیل اکسیداسیون احیاء و pH نقش بارزی را نشان داده اند. سهم سالانه فرم ازت آلی تقریباً دو برابر فرم معدنی بود. در بین فرمهای معدنی ازت در رسوبات درصد آمونیم تقریباً سه برابر نترات ثبت گردید.

حداقل و حداکثر میانگین (\pm خطای استاندارد) تراکم فیتوپلانکتون به ترتیب در فصول تابستان (31 ± 73) و زمستان (55 ± 505) میلیون سلول در مترمکعب بدست آمد. آزمون آماری ANOVA اختلاف معنی داری از افزایش تراکم را در زمستان نسبت به سایر فصول نشان داد ($p < 0/05$). شاخه باسیلاریوفیتا، پیروفیتا و سیانوفیتا در همه فصول و نیم خط ها دارای بیش از ۹۰ درصد فراوانی حضور بوده اند اما عمده تراکم فیتوپلانکتون (۸۱ درصد) از باسیلاریوفیتا شکل گرفت. ۴ گونه (*Dactyliosolen fragilissima*، *Pseudonitzschia seriata*

Oscillatoria sp. و *Thalassionema nitzschioides* (در فصول پاییز و زمستان) در گروه دارای تراکم بالا و در طبقه دارای حد متوسط شکوفایی (دارای تراکم ۱۰۰-۱۰۰۰ عدد سلول در میلی لیتر) قرار گرفتند. *Stephanodiscus socialis* (در فصل بهار) نیز در یک مورد، تراکم در حد بالای شکوفایی (بیش از ۱۰۰۰ عدد سلول در میلی لیتر) را نشان داد. مقادیر بالای تراکم فیتوپلانکتون در کلیه فصول عمدتاً "در نیم خط های انزلی و امیرآباد ثبت گردید. حضور مجدد *Thalassionema nitzschioides* (بعنوان گونه با ارزش در زنجیره غذایی) در لیست گونه های غالب و نیز کاهش درصد تراکم گونه های مضر نسبت به گونه های بومی و ساکن از نقاط مثبت در کیفیت آب دریای خزر در سال ۱۳۹۲ محسوب می شوند. ولی از سوی دیگر گسترش *Pseudonitzschia seriata* از فصل سرد به دیگر فصول سال (حتی تابستان) از نکات مهم و قابل تامل می باشد. هم اکنون *Pseudonitzschia seriata* با توجه به توان تولید سم و شکوفایی و نیز بالا بودن فراوانی حضور و تراکم دارای اهمیت زیاد در مطالعات زیست محیطی دریای خزر می باشد. به نظر می رسد که تغییرات دما در نقاط مختلف دریای خزر (حوزه مورد مطالعه) در هر فصل (بجز پاییز) در محدوده نیازهای گونه های غالب بوده است و لذا در مقایسه با مواد مغذی، اهمیت کمتری را دارا بود. سطح تروفیکی آب در پاییز و زمستان (مزو-یوتروف) بیش از بهار و تابستان (مزو-تروف) بود و افزایش *S. socialis* (در نیم خط انزلی) بیانگر غنی بودن آب از مواد مغذی در فصل بهار بود. مصرف زیاد سیلیس در فصل بهار سبب شد که در تابستان گونه های غیر دیاتومه ای (*Binuclearia lauterbornii*) و گونه های دیاتومه ای با محتویات سیلیس کم تر (*Chaetoceros thronsenii*) و نیز گرمادوست غالب شوند. در فصل پاییز، تراکم بالای باسیلاریوفیتا و *Thalassionema nitzschioides* همراه با مصرف سیلیس و آمونیوم و نیز همبستگی معنی دار آن‌ها با Si/N مشخص گردید. مصرف زیاد سیلیس در فصل پاییز و نیز بدنبال آن در فصل زمستان (بدلیل تراکم شدید باسیلاریوفیتا و گونه های غالب از جمله *Pseudonitzschia seriata* و *Dactyliosolen fragilissima*) احتمالاً موجب کاهش شدید سیلیس محلول، در فصل زمستان شد و برای نخستین بار شرایط با محدودیت سیلیسی را در این فصل سبب گردید. همچنین نتایج مطالعه حاضر بیانگر همبستگی مثبت بین تراکم گونه های غالب با مواد مغذی رسوب در بیشتر فصول بود. این امر نشان می دهد که برخی گونه های فیتوپلانکتون، حتی در صورت محدودیت نیتروژنی و فسفوری در آب، قادر به تامین مواد مورد نیاز خود از رسوبات کف می باشند. بخصوص آن که در مطالعه حاضر، بالاتر بودن غلظت فرمهای مختلف فسفر و ازت در رسوبات نسبت به آب عمقی، شرایط انتقال فسفر و ازت معدنی را از رسوبات به آب در شرایط مساعد فراهم می کند.

کلمات کلیدی: پارامترهای محیطی، آب، رسوبات سطحی، شکوفایی، جلبک های مضر، دریای خزر، ایران

۱- مقدمه

۱-۱- کلیات

آثار نامطلوب ناشی از فعالیت های جوامع انسانی بر اکوسیستم های آبی، دارای اثرات کوتاه مدت (حاد) و درازمدت می باشد (Aladin et al., 2004). از معمول ترین عوارض این فعالیت ها انقراض و یا قرار گرفتن در معرض انقراض بسیاری از گونه ها (اعم از ماکروسکوپی و میکروسکوپی)، آسیب بر تنوع زیستی، از دست دادن زیستگاه، تغییرات زیستگاه و شرایط زندگی بوده است. به این ترتیب توسعه تمدن بشری اثرات غیر قابل جبرانی را بر سیر طبیعی بسیاری از رویداد های اکوسیستم گذاشته است. شکوفایی جلبکی بصورت موقتی و گذرا تحت تاثیر خواص چرخه ژئوشیمی و زیستی در آب های ساحلی امری طبیعی است، اما وقوع این امر در جلبک های تولید کننده سم و نیز تعداد زیادی از گونه های غیر سمی از جلبک ها (جلبک های مضر) که توانایی ایجاد توده های زیستی عظیم را دارند، با ایجاد بحران های زیست محیطی و اکولوژیکی همراه می باشد (Cullen, 2008). تاکنون حدود ۳۰۰ گونه در دنیا بعنوان میکرو جلبک های تولید کننده شکوفایی معرفی شده اند که ۵۰ گونه از آن توان تولید سم را نیز دارند. سالانه تعداد فراوانی از موارد مسمومیت ناشی از مصرف ماهی، صدف و دیگر غذاهای آلوده به سم میکرو جلبک گزارش می گردد (Vershinin and Orlova, 2008). منابع نوترینتی آتروپوژن نظیر فسفات های حاصل از زمین های کشاورزی و تخلیه فاضلاب ممکن است بصورت قابل ملاحظه ای مقادیر قابل دسترس این مواد را برای رشد فیتوپلانکتونهای در نوار ساحلی بخصوص در فصل تابستان افزایش دهد (Caron et al., 2010).

مشخصات رسوبات یکی از موارد مهم علم اقیانوس شناسی و ژئوشیمیایی است که ممکن است به درک درست پدیده ها از قبیل توزیع آلاینده ها، مواد مغذی و ارتباط آنها با پارامترهای ژئوشیمیایی و هیدرودینامیک در منطقه کمک کند (Heling et al., 1990). در حال حاضر، غنی سازی انسان ساخت (غنی شدگی مواد مغذی) دریاچه ها و ستون آبی یکی از مشکلات جهانی کیفیت آب و سلامت آبزیان یک اکوسیستم محسوب می گردد. افزایش مواد مغذی (خصوصا نیتروژن و فسفر) در دریاچه ها اغلب سبب تغییرات زیادی از قبیل شکوفایی جلبکی و غیره می گردد (Smith et al., 1999).

افزایش منابع داخلی (Internal loading) در دریاچه ها زمانی اتفاق می افتد که شرایط رسوبات دریاچه برای آزاد شدن نیتروژن و فسفر به ستون آب مهیا گردد، که در نتیجه شاهد ورود فسفر (بخصوص فسفر قابل دسترس) و نیتروژن به ستون آبی می باشیم. Penn و همکاران (2000) بیان نمودند که ۸۰ درصد از فسفر ورودی به دریاچه ها تحت شرایط خاص از منابع داخلی آن دریاچه تامین می گردد. غالباً، ذخیره فسفر در رسوبات دریاچه های یوتروف ۱۰۰ برابر بیش از ستون آب است و فسفر توانایی خروج از عمق ۲۰ سانتیمتری رسوبات را دارد (Sondergaard et al., 1992). Sudo و Hosomi (1992) گزارش کردند که در عمق ۳ سانتیمتر رسوبات سطحی

بیشترین فسفر فعال در چرخ فسفر را شامل می‌شود. بطور کلی، میزان و معنی دار بودن منابع ورودی مواد مغذی بستگی به نوع دریاچه، مورفولوژی، ساختار بیولوژیکی دریاچه دارد.

رسوبات دریاچه‌ها، که متشکل از مواد معدنی مختلف، آب، اجزای معدنی و آلی شیمیایی می‌باشد می‌تواند بر آزاد سازی و دفن مواد مغذی اثر داشته باشند (Christophoridis and Fytianos, 2006). فسفر به اکسی - هیدروکسیدهای آهن، منگنز و آلومینیم متصل می‌گردد که می‌تواند بصورت دائمی و موقت به ستون آب منتقل گردد. فرایندهای پیچیده مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در آزاد سازی فسفر از رسوبات سطحی نقش آفرین می‌باشند از قبیل واجذبی (desorption)، تغییر اجزای متصل (Ligand)، محلول شدن ذرات (dissolution of particles)، فرایند معدنی شدن، آزادسازی از سلول زنده و اتولیز سلولها را می‌توان نام برد. پارامترهای فیزیکی و شیمیایی از قبیل دما، pH، فرایند اکسیداسیون و احیاء، نترات، سولفات، اغتشاش بیولوژیکی (Bioturbation) و حضور عناصر Ca، Mn، Fe، Al و Mg در آزادسازی فسفر از رسوبات به ستون آبی نقش آفرین می‌باشند که در قسمت بحث به آنها خواهیم پرداخت.

چرخه نیتروژن در رسوبات غنی از مواد آلی با فرایند نیتریفیکاسیون - دنیتریفیکاسیون در محیط اکسیژنی صورت می‌پذیرد (Seitzinger, 1988 ; Reimers *et al.*, 1992). جلبک در ستون آبی نیتروژن معدنی را برای تولیدات جذب می‌کنند و این ترکیبات معدنی در بدن موجود تبدیل به ترکیبات آلی می‌گردد. جلبکها و دیگر موجودات پس از مرگ در رسوبات تجمع می‌یابند و در این محیط بعنوان مخزن ترکیبات آلی نیتروژن محسوب می‌گردد. این ترکیبات آلی توسط فرایندهای مختلف اکسیداسیون و میکروارگانیزمها تبدیل به ترکیبات معدنی نیتروژن شده و سپس به ستون آبی منتقل می‌یابند (Benthic nutrient flux) (Roberts *et al.*, 2008;) (King County, 2012).

Tyrral (۱۹۹۹) بعنوان یک ژئولوژیست بیان نمود که نیتروژن (NO_3^-) بعنوان مواد مغذی دائمی و پیوسته (proximate nutrient) و فسفر (PO_4^{3-}) بعنوان مواد مغذی نهایی (ultimate nutrient) برای فیتوپلانکتون محسوب می‌گردد. همچنین زمان ماندگاری فسفر در اقیانوس بسیار بیشتر از زمان ماندگاری نیتروژن می‌باشد. همچنین فرآیند دنیتریفیکاسیون در رسوبات در محیط‌هایی که اکسیژن کم می‌یابد (در مناطق عمیق اقیانوس هند و آرام) بطور یکنواخت توزیع شده است (Jahnke, 2000).

McElroy (1983) گزارش کرد که در فصل سرد میزان نیتروژن آلی در رسوبات بدلیل شستشوی خاک به منطقه ساحلی افزایش می‌یابد. به بیان دیگر، فیکس N_2 (Broecker and Henderson, 1998) و یا کاهش دنیتروفیکاسیون (Altabet *et al.*, 2002) را علت آن می‌دانند. Brandes و Devol (2002) عنوان کردند که براساس مطالعات ایزوتوپی نیتروژن ۱۵ فرایند دنیتریفیکاسیون در رسوبات (benthic denitrication) ۳ تا ۴ برابر فرایند دنیتریفیکاسیون در ستون آبی می‌باشد که شاید این افزایش بدلیل وجود اکسیژن بیشتر در ستون آبی مربوط شود.

۲-۱- مروری بر منابع

در مورد شرایط بروز شکوفایی جلبکی، اثرات و اهمیت آن مطالعات مختلف در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است. اما هنوز مکانیسم فهم فاکتورهایی که منجر به ایجاد و شکست شکوفایی می گردد کامل نیست (Schmidt and Schaechter, 2011).

- یکسال نمونه برداری از منطقه آبکنار و تالاب انزلی در سال ۸۰-۱۳۷۹ نشان داد که در منطقه آبکنار دو بار در سال یعنی در اواخر فصل بهار تا اوایل تابستان و دیگری در فصل پاییز تراکم فیتوپلانکتون به اوج خود می رسد. سیانوفیتا و باسیلاریوفیتا به ترتیب شاخه های غالب در منطقه آبکنار و هندیخاله بودند. یک گونه از سیانوفیتا متعلق به جنس *Oscillatoria* از طریق زیست سنجی با موش سمی (هپاتوتوکسینی) تشخیص داده شد (نجات خواه و همکاران، ۱۳۸۲).

- در ۲۰ شهریور ۱۳۸۴ در فاصله تقریبی ۱۵ کیلومتری از ساحل انزلی لکه های مشکوک شیری رنگ ناشی از شکوفایی *Nodularia spumigena* دیده شد که وسعت آن ها حدود ۳۰۰ کیلومترمربع بود. بررسی نشان داد که در تراکم زیاد از پوشش جلبکی شفافیت آب در حدود چند سانتیمتر، در تراکم متوسط در حد ۲۰ تا ۲۵ سانتیمتر و در تراکم کم حدود ۳۰۰ سانتیمتر بود، در حالی که در شرایط طبیعی شفافیت حدود ۴۰۰ سانتی متر بوده است. این شکوفایی سپس بسوی نوشهر (اواخر شهریور) حرکت کرد و سپس در اوایل مهر گسسته شد و از بین رفت. بررسی این پدیده با عکس های ماهواره ای توسط جمهوری اوکراین نشان داد که شروع آن از ۲۱ مرداد و اوج آن در ۱۰ شهریور بوده است (مکارمی و همکاران، ۱۳۹۰).

- در نیمه ی مهر ۱۳۸۵، شکوفایی جلبک کانال موج شکن در انزلی تا شهر حسن رود را در بر گرفت. آب دریا در این منطقه تحت تاثیر شکوفایی جنس *Heterocapsa* از شاخه *Pyrrophyta* برنگ قهوه ای متمایل به قرمز (کشند سرخ) در آمده بود. این پدیده پس از ۳ روز ناپدید گشت (HAB, 2006). در ورودی خلیج فنلاند در تابستان ۱۹۹۸ نیز افزایش شدید کلروفیل ناشی از شکوفایی این گونه رخ داد. در این رویداد بر خلاف انتظار و شکوفایی های معمول در اواخر تابستان ناشی از شاخه ی سیانوفیتا، شکوفایی گونه ی *Heterocapsa triquetra* بعد از هوای سرد و وزش باد رخ داد. بررسی ها نشان داد که لایه غنی از نترات در زیر ترموکلاین منبع نیتروژنی را برای شکوفایی این گونه فراهم نمود (Kononen et al., 2003).

- در سال های ۱۳۸۴ (اواخر شهریور تا اوایل پاییز)، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ (اواخر مرداد تا اوایل شهریور) به نظر می رسد که شرایط مناسب (از قبیل افزایش سطح تروفیکی آب، شرایط مناسب آب و هوایی مانند درجه حرارت بیش از ۲۵ درجه سانتیگراد و سکون هوا) سبب بروز شدید شکوفایی جلبکی شیری رنگ (*Nodularia spumigena*) به ترتیب در حوالی سواحل تنکابن و نوشهر تا بابلسرا فراهم نمود. این پدیده پس از حدود دو هفته در پی شکست دمایی و وزش باد پایان پذیرفت. مطالعه بر روی نمونه های آب دریای خزر در سال های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۸ به هنگام شکوفایی نشان داد که تراکم رشته های *Nodularia spumigena* به ترتیب

۱۱۲۰۰۰ و ۵۸۳۰ در میلی لیتر بوده است و این در حالی بود که گونه‌ی فوق بیش از ۹۸ درصد از تراکم فیتوپلانکتون را تشکیل داد (Nasrollahzadeh et al., 2011). *Nodularia spumigena* از جلبک‌های تولیدکننده سم نودولارین (دارای ساختمان پنتا پتید حلقوی) است. سم نودولارین هیپاتوکسین است و سبب سرطان کبد می‌شود و سلامت حیوانات اهلی، انسان و اکوسیستم طبیعی آب را بخطر می‌اندازد (Annala et al., 1996; Paczuska and Kosakowska, 2003).

- در خلیج فارس کشند قرمز ناشی از شکوفایی یک گونه از داینوفلاژل (*Cochlodinium polykricoides*) در موارد متعدد گزارش شد (Tamadoni et al., 2011). این شکوفایی در اواسط سال ۱۳۸۷ و اوایل سال ۱۳۸۸ با حضور و رشد خود خسارات اقتصادی زیادی در خلیج فارس بخصوص در استان هرمزگان بوجود آورد و طبق برآوردهای انجام شده بوسیله سازمان محیط زیست تا مارس ۲۰۰۹ خسارتی برابر با ۵۰۰ میلیون دلار در خلیج فارس به بار آورد. این جلبک بومی آب و هوای گرم و استوایی است و با تولید اکسیژن رادیکال باعث مرگ و میر ماهیان می‌شود. شکوفایی این جلبک در سواحل و آب‌های آسیای جنوب شرقی، اقیانوس آرام و خلیج کالیفرنیا خسارات چشمگیری را به صنعت ماهیگیری کشورهای ژاپن، کره (۱۰۰ میلیون دلار)، چین و فیلیپین وارد نمود (آگاه، ۱۳۹۳).

در دریای خزر خطرات زیست محیطی و وقوع فجایع زیست محیطی (بخصوص در دو دهه‌ی اخیر) بدلیل توسعه صنعتی، استفاده از تکنولوژی‌های حفظ محیط زیست و پایین بودن فرهنگ حفاظت‌های اکولوژیکی جدی محسوب می‌گردد. لذا با توجه به اثرات انسانی بر این اکوسیستم، و به همان گونه که در بالا متذکر شدیم بروز شکوفایی‌های متعدد نیاز است که گونه‌های دارای پتانسیل شکوفایی و عوامل موثر بر آن بررسی گردد.

اهداف طرح:

- ۱- مطالعه پتانسیل حوزه جنوبی دریای خزر جهت بروز شکوفایی جلبکی در فصول و نیم خط‌های مختلف
- ۲- تعیین روابط بین پلانکتون‌های با پتانسیل شکوفایی و پارامترهای محیطی بوسیله مدلسازی آماری
- ۳- بررسی نقش مواد مغذی رسوبات در پدیده شکوفایی جلبکی

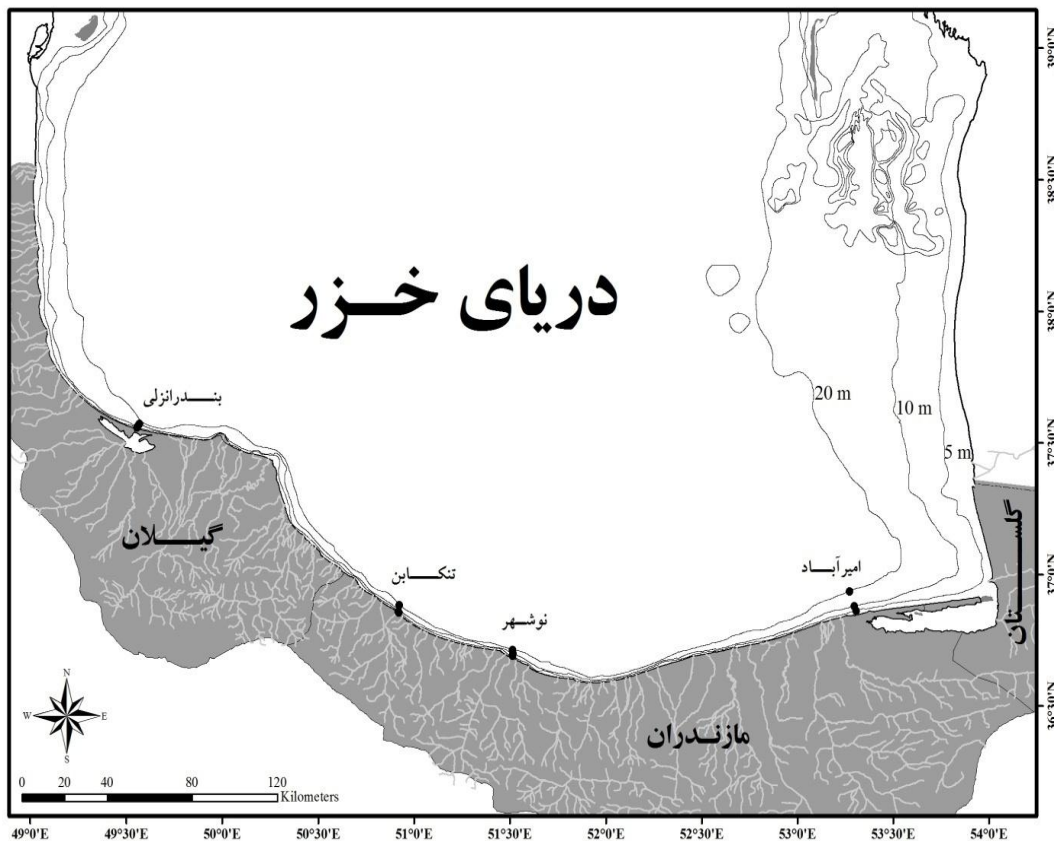
۲- مواد و روشها

۱-۲- نمونه برداری

نمونه برداری با استفاده از قایق در سال ۱۳۹۲ بصورت فصلی (بهار: خرداد) و تابستان: (مرداد) و پائیز: (آبان) و زمستان: (اسفند)) در چهار نیم خط (انزلی، تنکابن، نوشهر و امیرآباد) در نواحی جنوبی دریای خزر صورت گرفت. طول و عرض جغرافیایی ایستگاههای مورد نظر در جدول ۱-۲ و شکل ۱-۲ نشان داده شده است. نمونه های آب به منظور بررسی فاکتورهای فیزیکوشیمیایی و فیتوپلانکتون در عمق ۵ متر (لایه سطح)، عمق ۱۰ متر (لایه های سطح و ۱۰ متر) و عمق ۲۰ متر (لایه های سطح، ۱۰ و ۲۰ متر) بوسیله نمونه بردار نسکین جمع آوری شد. نمونه های رسوب بوسیله نمونه بردار ون وین گرب (Van Veen Grab) و از رسوبات سطحی در اعماق ۵، ۱۰ و ۲۰ متر جمع آوری شدند. نمونه های آب و رسوب تا زمان انتقال در آزمایشگاه در یخچال و در دمای ۴ درجه سانتیگراد قرار گرفتند.

جدول ۱-۲: طول و عرض جغرافیایی ایستگاهها و اعماق مختلف نمونه برداری در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

نام نیم خط	۵ متر	۱۰ متر	۲۰ متر
بندرانزلی	۴۹° ۲۹'	۴۹° ۲۹'	۴۹° ۲۹'
عرض جغرافیایی	۳۷° ۲۹'	۳۷° ۲۹'	۳۷° ۳۰'
تنکابن	۵۰° ۵۴'	۵۰° ۵۴'	۵۰° ۵۵'
عرض جغرافیایی	۳۶° ۴۹'	۳۶° ۴۹'	۳۶° ۵۰'
نوشهر	۵۱° ۳۰'	۵۱° ۳۰'	۵۱° ۳۰'
عرض جغرافیایی	۳۶° ۴۰'	۳۶° ۴۱'	۳۶° ۴۱'
بندرامیرآباد	۵۳° ۱۸'	۵۳° ۱۷'	۵۳° ۱۶'
عرض جغرافیایی	۳۶° ۵۲'	۳۶° ۵۳'	۳۶° ۵۶'



شکل ۱-۲: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها و اعماق مختلف نمونه برداری در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

۲-۲- پارامترهای محیطی و مواد مغذی آب

تجهیزات دستگاهی و روش نمونه برداری و بررسی پارامترهای مختلف در منطقه جنوبی دریای خزر در این طرح بشرح جدول ۲-۲ می باشد. همچنین در جدول ۲-۳ علایم اختصاری شرح داده شد.

جدول ۲-۲: تجهیزات، روش نمونه برداری و بررسی پارامترهای مختلف در منطقه جنوبی دریای خزر

روش بررسی (منبع)	تجهیزات دستگاهی	پارامترهای محیطی و مواد مغذی آب
APHA, 2005	ترمومتر برگردان	دمای آب
دیسک با قطر ۵۰ سانتی متر با رنگ سیاه و سفید. عمق لایه نوری (euphotic) (عمقی که میزان تابش نور به ۱٪ لایه سطحی می رسد) با ۳ برابر نمودن عمق شفافیت محاسبه شد (Hayward, 1987; Sapozhnikov et al., 1988; Psarra et al., 2000).	صفحه سی شلی دیسک	شفافیت

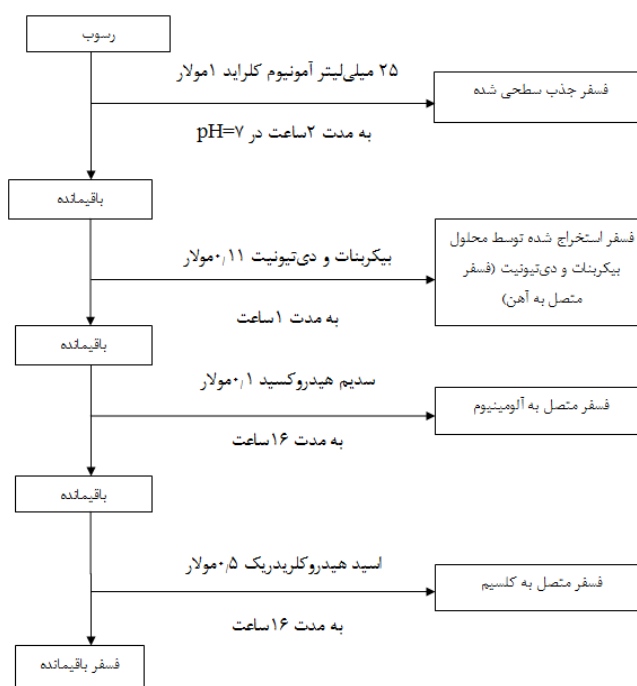
روش بررسی (منبع)	تجهيزات دستگاهي	پارامترهاي محيطي و مواد مغذي آب
-	دستگاه شوري سنج مدل GM_65M روسي با دقت ۰.۰۱	شوري
-	pH متر پرتابل (WTW 320) با دقت ۰.۰۱	pH
اکسيژن محلول (DO) با روش وينکلر (Winkler) اندازه گيري شد (APHA, 2005). غلظت اکسيژن محلول بر حسب ميلي گرم بر ليتر بر ضريب ۱.۴۲ (ضريب تصحيح شوري) تقسيم گرديد و تبديل به ميلي ليتر بر ليتر شد (Katunin and Sapozhnikov, 1997).	بطري وينکلر	اکسيژن محلول (DO)
با استفاده از دما و شوري و جدول استاندارد روسي اشباعيت محاسبه گرديد. (Sapozhnikov <i>et al.</i> , 1988)	-	درصد اشباعيت (DO%)
روش رنگ سنجي ايندوفنل (indophenol) (Sapozhnikov 1988; APHA, 2005; Solorzano, 1969 <i>et al.</i>)	اسپكتروفومتر (مدل سيسيل ۱۰۱۰)	ازت آمونيومي (NH ₄ +/N)
روش سولفانيل و نفتيل آمين (APHA, 2005)	اسپكتروفومتر (مدل سيسيل ۱۰۱۰)	ازت نيتريتي (-NO ₂) (N/)
روش ستون کاهشي کادميم (APHA, 2005)	اسپكتروفومتر (مدل سيسيل ۱۰۱۰)	ازت نيتراتي (-NO ₃) (N/)
DIN = (NH ₄ ⁺) + (NO ₂ ⁻) + (NO ₃ ⁻)	-	ازت معدني (TIN/N)
DON=TN-DIN	-	ازت آلي (TON/N)
روش هضم پرسولفات-بوریک اسيد (APHA, 2005)	اسپكتروفومتر (مدل سيسيل ۱۰۱۰)	ازت کل (TN/N)
روش آمونيم مولبيدات و اسيد اسکوريک (APHA, 2005)	اسپكتروفومتر (مدل سيسيل ۱۰۱۰)	فسفر معدني (TIP/P)
DOP=TP-DIP	-	فسفر آلي (TOP/P)
روش هضم پرسولفات (APHA, 2005)	اسپكتروفومتر (مدل سيسيل ۱۰۱۰)	فسفر کل (TP/P)
روش مولبيدوسيليكات (Sapozhnikov <i>et al.</i> , 1988)	اسپكتروفومتر (مدل سيسيل ۱۰۱۰)	سيليس محلول (DSi/Si)

جدول ۲-۳: علائم اختصاری مورد استفاده در گزارش، نمودارها و جداول

علامت اختصاری	شرح	علامت اختصاری	شرح
Chl-a	Cholorophyl-a	SD	Secshi Disk
Eh		DO	Dissolved Oxygen
Res.-P	Residue-Phosphorous	TP	Total Phosphorous
Bioava.-P	Bioavailable-Phosphorous	TIP	Total Inorganic Phosphorous
Lo-P	Loosely-Phosphorous	TOP	Total Organic Phosphorous
ANOVA	Analysis Of Variance	TN	Total Nitrogen
SE	Standard Error	TIN	Total Inorganic Nitrogen
TOM	Total Organic Matter	TON	Total Organic Nitrogen
TOC	Total Organic Carbon	DSi	Dissolved Silicon
		μM	Micro-Molar
		m	Meter
		ml/l	milliliter/litter
		DIN	Dissolved Inorganic Nitrogen
		DIP	Inorganic Phosphorous Dissolved

۲-۳- استخراج فرم‌های مختلف فسفر در رسوب

در این تحقیق از روش استخراج متوالی Psenner و همکارانش (1984) برای جداسازی انواع فسفر موجود در رسوب‌های دریای خزر استفاده شد (شکل ۲-۲).



شکل ۲-۲: نمودار روش استخراج متوالی فسفر در رسوبات (Psenner et al., 1984)

۴-۲- اندازه گیری مواد آلی رسوبات

مقدار مشخصی از رسوبات تر به کروزه وزن شده (وزن کروزه خالی=A) منتقل شد. سپس به مدت ۲۴ ساعت در آن ۱۰۵ درجه سانتی گراد خشک گردید (وزن کروزه+ وزن رسوب خشک شده =B). در ادامه رسوب خشک شده مرحله قبلی بمدت ۴ ساعت در کوره ۵۵۰°C قرار گرفت (C). اوزان مربوطه تعیین و محاسبه با فرمول مقابل انجام شد (Holme and McIntyre, 1984):

$$TOM\%=(B-C/ B-A)*100$$

برای تبدیل TOM به کل کربن آلی (TOC) براساس فرمول ذیل از ضریب ۱/۸ استفاده شد (Jimenz and Garci, 1992).

$$TOC (\%)=TOM (\%)/1.8$$

۵-۲- فیتوپلانکتون

نمونه‌های آب (۵۰۰ سی سی) جمع‌آوری شده در بطره‌های شیشه‌ای با فرمالین ۳۷٪ تا حجم نهایی ۲ درصد تثبیت و به آزمایشگاه منتقل شدند. لایه فوقانی آب که فاقد هر گونه فیتوپلانکتون است پس از ۱۰ روز رسوب گذاری و نگهداری در تاریکی با سیفون مخصوص تخلیه گردید. مابقی نمونه که حدود ۲۵۰ میلی لیتر آب محتوی فیتوپلانکتون بود در چند مرحله به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد تا حجم نمونه نهایتاً به ۶۰-۵۰ میلی لیتر رسید. پس از حداقل ۲۴ ساعت رسوب گذاری مجدد، حدود ۴۰-۳۰ میلی لیتر از آب رویی جدا شد. آب باقیمانده کاملاً همگن شده و یک قطره از آن بر روی لامل ریخته شد تا مورد بررسی کیفی از نظر ترکیب گونه ای و تعیین حدود تراکم (کم، متوسط و زیاد) قرار گیرد. این مرحله از مشاهده کیفی دو بار صورت گرفت. سپس نمونه ها پس از حداقل ۲۴ ساعت رسوب گذاری مجدد مورد مشاهده کمی قرار گرفت. پس از تعیین رقت مطلوب ۰/۱ میلی لیتر از نمونه با پی پت پیستونی شیاردار بر روی لام و لامل ۲۴ × ۲۴ میلی متر ریخته شده و با میکروسکوپ با بزرگنمایی ۱۰ × ۲۰ × ۴۰ مورد بررسی قرار گرفت. شناسایی گونه ای بر اساس کلیدهای معتبر و بخصوص روسی صورت گرفت (Wehr and Sheath, 2003; Carmelo, 1997; Hartley *et al.*, 1996; Habit and Pankow, 1976; Tiffany and Britton, 1976; Proshkina-Lavrenko and Makarova, 1968; Zabelina *et al.*, 1951). در نهایت با توجه به ضریب رقت، تراکم در مترمکعب فیتوپلانکتون محاسبه شد (APHA, 2005). شایان به ذکر است که کلیه مراحل (از نمونه برداری تا شمارش) منطبق با روش کار موجود در آزمایشگاه استاندارد شده پلانکتون (ISO ۱۷۰۲۵) در پژوهشکده اکولوژی دریای خزر بوده است.

۶-۲- آنالیز آماری

کلیه داده ها را بر اساس رتبه بندی انتقال داده و سپس با رسم شکل Q-Q و همچنین آزمون Shapiro-Wilk نرمال بودن آن تایید گردید (Siapatis *et al.*, 2008). برای تجزیه و تحلیل آماری از داده های نرمال شده در برنامه آماری SPSS نسخه ۱۱/۵ استفاده گردید. بر روی داده های انتقال یافته و نرمال آزمون های همبستگی پیرسون (Pearson Correlation)، آزمون پارامتریک (ANOVA) و در صورت لزوم آزمون تکمیلی دانکن (Duncan) در

سطح معنی دار ۵ درصد انجام شد. طبقه بندی داده‌ها با آزمون مولفه اصلی (PCA=Principal Component Analysis) که روش ریاضی برای تقلیل داده‌ها است صورت گرفت. در ابتدا آزمون شایستگی داده‌ها (کفایت نمونه برداری) تحت آزمون کیزر مایر (Kaiser-Meyer-Olkin Test=KMO) انجام شد. ارزشیابی وضعیت ماتریس همبستگی بین متغیرها تحت آزمون بارتلت صورت پذیرفت. در صورت مشخص نشدن دسته یا گروه عامل برای متغیرها، از طریق دوران عاملی (Factor Rotation) واریماکس استخراج جدید صورت گرفت (غیاثوند، ۱۳۸۷؛ Hair *et al.*, 1998). در تحقیق حاضر از رگرسیون گام به گام (SMRA^۱) نیز استفاده شد. بطوریکه پس از تعیین عامل های اصلی در آزمون PCA و استفاده از آن مولفه‌ها در رگرسیون گام به گام به روابط بین پارامتر های زیستی و غیرزیستی پرداخته شد. در این روش متغیرهای مستقل به ترتیب اهمیت وارد معادله می شوند و هر بار بعد از ورود یک متغیر، متغیرهایی که تاکنون وارد شده اند مجدداً مورد بررسی قرار می گیرند (غیاثوند، ۱۳۸۷). در ضمن تمام میانگین‌ها به همراه خطای استاندارد (SE) آورده شده است.

شایان ذکر است که جزئیات روش کار در قسمت های مختلف این طرح در پروژه های زیر طرح آورده شده است که در اینجا از ذکر کامل آنها خودداری گردیده است.

نسبت Redfield ($C_{106}:N_{16}:P_1:Si_{16}$) در اصل یک سنگ بنای ژئوشیمی زیستی است که رابطه بین اجزای میکروارگانیزم و شیمی آب را نشان می دهد (Harrison *et al.*, 1977). انحراف از این نسبت مواد مغذی پلاژیک بیانگر محدودیت در تولیدات اولیه (رشد فیتوپلانکتونی) در یک اکوسیستم آبی می باشد. به بیان دیگر نسبت استوکیومتری (stoichiometric) مواد مغذی بر آورد خوبی برای نشان دادن محدودیت رشد فیتوپلانکتون در یک اکوسیستم آبی می باشد (Redfield *et al.*, 1963; Brzezinski, 1985). مطالعه روی سنیتیک جذب مواد مغذی نشان داد که اگر نسبت مولی DIN/DIP محیط کمتر از ۱۰ باشد نشان دهنده محدودیت نیتروژنی است (Parsons *et al.*, 1961; Brzezinski, 1985; Levasseur and Therriault, 1987). در عوض، اگر $DSi/DIP < 10$ باشد نشان دهنده محدودیت سیلیسی است (Harrison *et al.*, 1977; Levasseur and Therriault, 1987) و اگر DIN/DIP بیش از ۳۰-۲۰ باشد نشان دهنده محدودیت فسفری می باشد (Goldman *et al.*, 1979; Healey and Hendzel, 1979). در ضمن محدودیت نیتروژنی، فسفری و سیلیسی برای فیتوپلانکتون در نمودارهای پراکنده‌گی به ترتیب در ربع های چهارم، اول و سوم می باشد (Redfield *et al.*, 1963; Brzezinski, 1985).

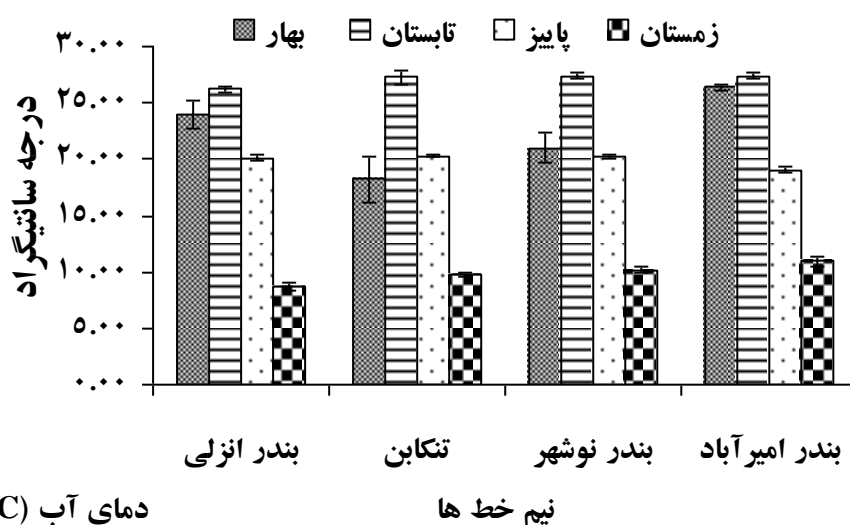
¹ Stepwise Multiple regression Analysis

۳- نتایج

۳-۱- پارامترهای محیطی آب

۳-۱-۱- دمای آب

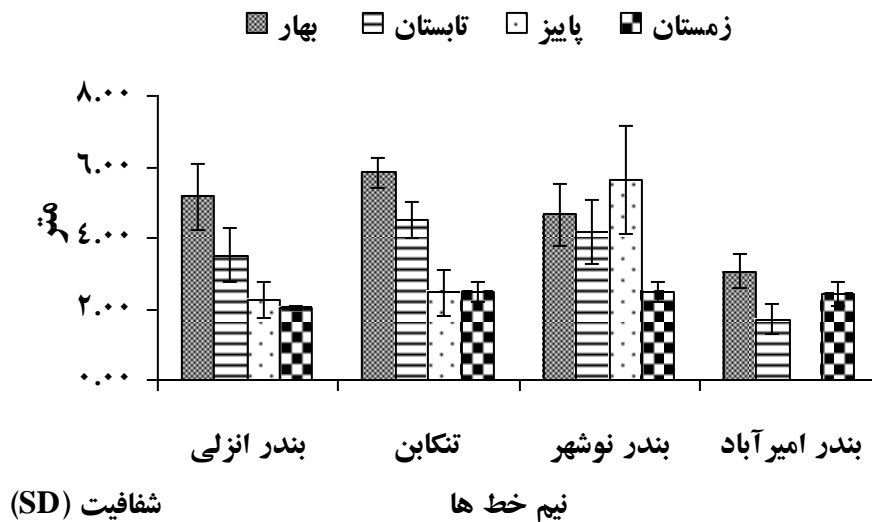
در نمودار ۱-۳ تغییرات دمای آب در حوزه جنوبی دریای خزر در نیم خط ها و فصول مختلف نشان داده است. نتایج نشان داد که در تمام نیم خط ها حداکثر دما در فصل تابستان (۲۸/۵۰) و حداقل آن در فصل زمستان (۷/۰۰) ثبت گردید. در فصول مختلف بین میانگین دمای آب اختلاف معنی داری وجود داشت (ANOVA, $p < 0/05$) و آزمون دانکن هر چهار فصل را تفکیک کرده است.



نمودار ۱-۳: تغییرات دمای آب (درجه سانتیگراد) در نیم خط ها و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

۳-۱-۲- شفافیت (SD) آب

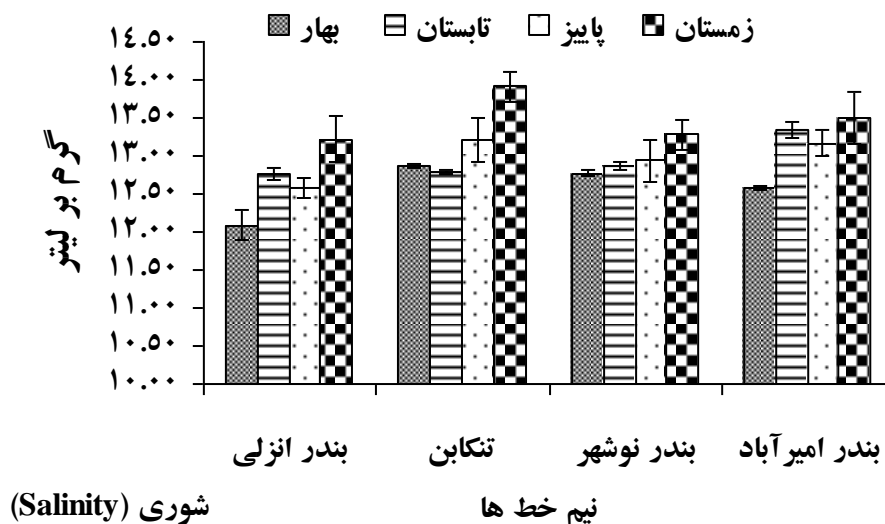
تغییرات شفافیت آب در حوزه جنوبی دریای خزر در نیم خط ها و فصول مختلف در نمودار ۲-۳ نشان داده است. نتایج نشان داد که در سه نیم خط بندرانزلی، تنکابن و بندر امیرآباد حداکثر شفافیت در فصل بهار (۸/۵۰) و حداقل آن در نیم خط بندر نوشهر در فصل پاییز (۱/۱۰) ثبت گردید. در فصول مختلف بین میانگین شفافیت اختلاف معنی داری وجود دارد (ANOVA, $p < 0/05$) و آزمون دانکن فصل بهار را از دیگر فصول تفکیک کرده است.



نمودار ۳-۲: تغییرات شفافیت آب (متر) در نیم خط‌ها و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

۳-۱-۳- شوری (Salinity) آب

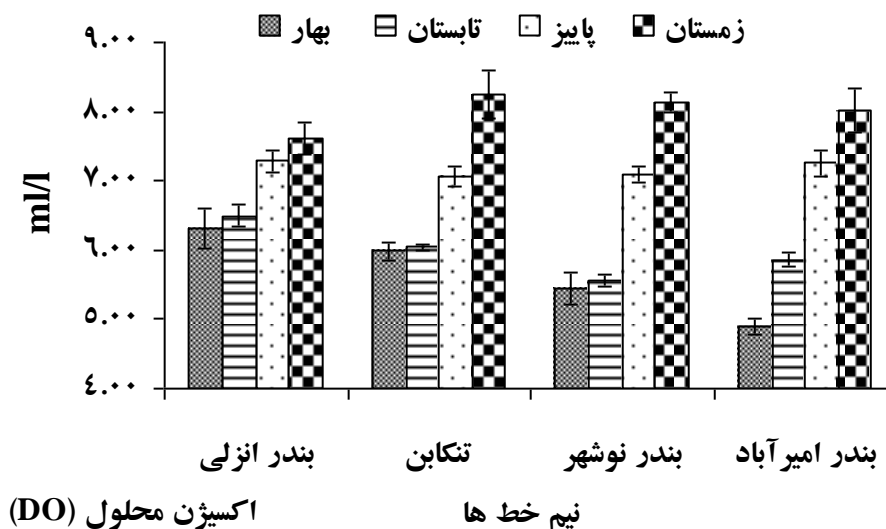
در نمودار ۳-۳ تغییرات شوری آب در حوزه جنوبی دریای خزر در نیم خط‌ها و فصول مختلف نشان داده است. نتایج نشان داد که در تمام نیم خط‌ها حداکثر شوری در فصل زمستان (۱۳/۸۱) و حداقل آن در فصل بهار (۱۲/۰۰) ثبت گردید. در فصول مختلف بین میانگین شوری آب اختلاف معنی داری وجود داشت (ANOVA, $p < 0.05$) و آزمون دانکن چهار فصل را به سه گروه (بهار، زمستان و تابستان-پاییز) تفکیک کرده است.



نمودار ۳-۳: تغییرات شوری آب (گرم بر لیتر) در نیم خط‌ها و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

۴-۱-۳- اکسیژن محلول (Dissolved Oxygen) آب

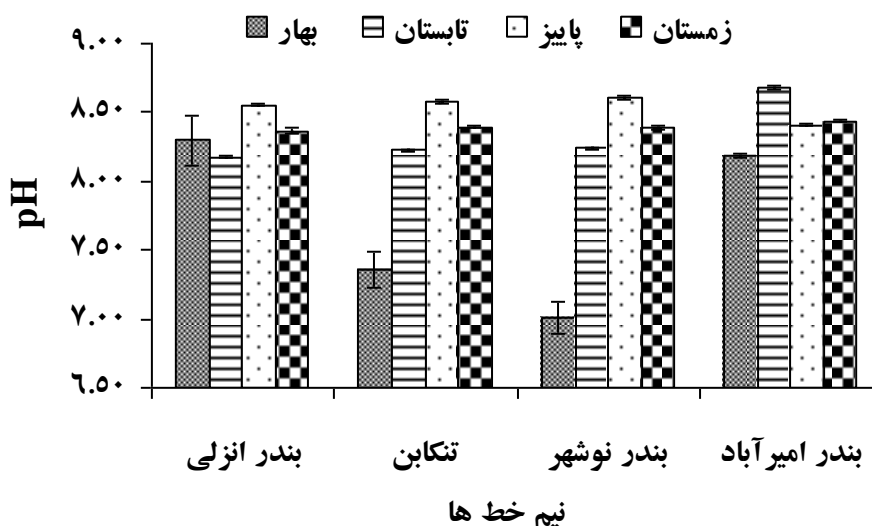
تغییرات اکسیژن محلول آب در حوزه جنوبی دریای خزر در نیم خط ها و فصول مختلف در نمودار ۳-۴ نشان داده است. نتایج نشان داد که در تمام نیم خط ها حداکثر اکسیژن محلول در فصل زمستان (۹/۶۶) و حداقل آن در فصول بهار و تابستان ثبت (۴/۵۱) گردید. در فصول مختلف بین میانگین اکسیژن محلول اختلاف معنی داری وجود داشت (ANOVA, $p < 0/05$) و آزمون دانکن هر چهار فصل را تفکیک کرده است.



نمودار ۳-۴: تغییرات غلظت اکسیژن محلول آب (میلی لیتر بر لیتر) در نیم خط ها و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

۵-۱-۳- pH آب

نمودار ۳-۵ تغییرات pH آب در حوزه جنوبی دریای خزر در نیم خط ها و فصول مختلف نشان داده است. نتایج نشان داد که در سه نیم خط بندرانزلی، تنکابن و بندر نوشهر حداکثر pH در فصل پاییز (۸/۷۷) و حداقل در نیم خط بندر امیرآباد در فصل تابستان (۶/۵۹) ثبت گردید. در فصول مختلف بین میانگین pH آب اختلاف معنی داری وجود دارد (ANOVA, $p < 0/05$) و آزمون دانکن چهار فصل را به سه گروه (بهار، پاییز و تابستان- زمستان) تفکیک کرده است.

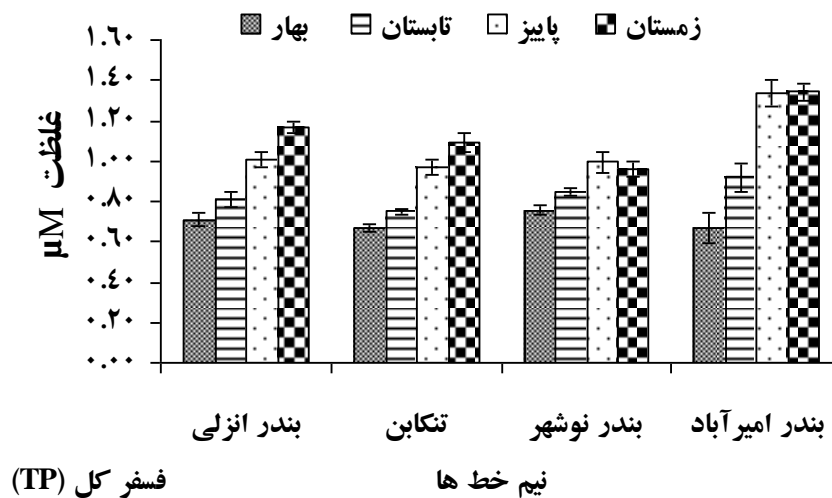


نمودار ۳-۵: تغییرات pH آب در نیم خط‌ها و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

۳-۲- فرمهای مختلف مواد مغذی در آب

۳-۲-۱- فسفر کل (TP) در آب

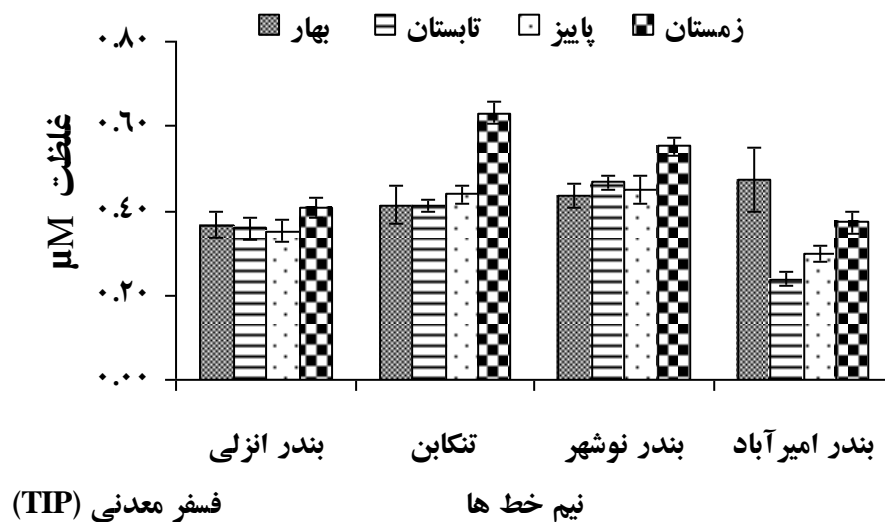
در نمودار ۳-۶ غلظت فسفر کل آب در حوزه جنوبی دریای خزر در نیم خط‌ها و فصول مختلف نشان داده است. نتایج نشان داد که در سه نیم خط بندر انزلی ($1/17 \pm 0/03$ میکرومولار بر لیتر)، تنکابن ($1/10 \pm 0/05$ میکرومولار بر لیتر) و بندر امیرآباد ($1/34 \pm 0/05$ میکرومولار بر لیتر) حداکثر غلظت فسفر کل در فصل زمستان ثبت گردید اما در بندر نوشهر ($0/99 \pm 0/05$ میکرومولار بر لیتر) در فصل پاییز-زمستان مشاهده شد. در فصول مختلف اختلاف معنی داری بین میانگین فسفر کل وجود داشت ($ANOVA, p < 0/05$) و آزمون دانکن چهار فصل را به سه گروه (بهار، تابستان و پاییز-زمستان) تفکیک کرده است.



نمودار ۳-۶: غلظت فسفر کل آب (میکرومولار بر لیتر) در نیم خط ها و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

۲-۲-۳- فسفر معدنی (TIP) در آب

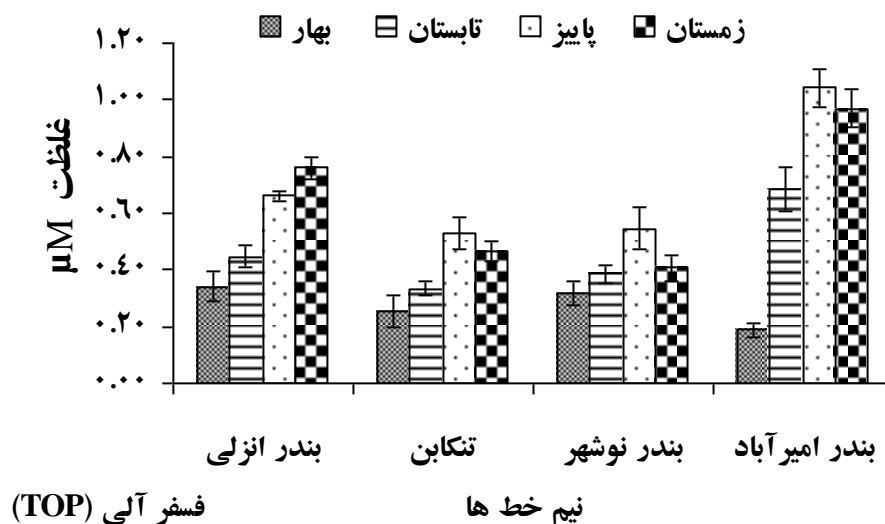
غلظت فسفر معدنی آب در حوزه جنوبی دریای خزر در نیم خط ها و فصول مختلف در نمودار ۳-۷ نشان داده است. نتایج نشان داد که در سه نیم خط بندر انزلی (0.41 ± 0.02 میکرومولار بر لیتر)، تنکابن (0.63 ± 0.02 میکرومولار بر لیتر) و بندر نوشهر (0.55 ± 0.02 میکرومولار بر لیتر) حداکثر غلظت فسفر معدنی در فصل زمستان ثبت گردید اما در بندر امیرآباد (0.48 ± 0.08 میکرومولار بر لیتر) در فصل بهار مشاهده شد. در فصول مختلف بین میانگین فسفر معدنی اختلاف معنی داری وجود داشت ($p < 0.05$, ANOVA) و آزمون دانکن چهار فصل را به دو گروه (بهار- تابستان- پاییز و زمستان) تفکیک کرده است.



نمودار ۳-۷: غلظت فسفر معدنی آب (میکرومولار بر لیتر) در نیم خط‌ها و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

۳-۲-۳- فسفر آلی (TOP) در آب

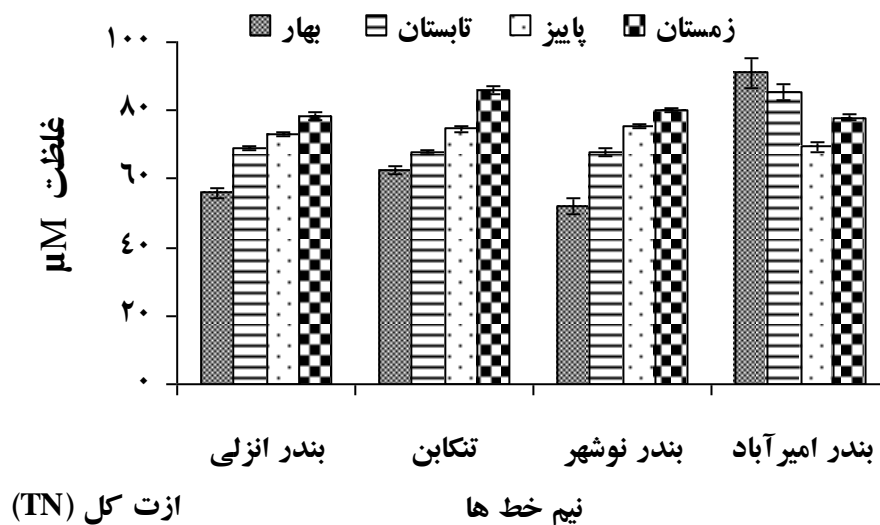
نمودار ۳-۸: غلظت فسفر آلی آب در حوزه جنوبی دریای خزر در نیم خط‌ها و فصول مختلف نشان داده است. نتایج نشان داد که در سه نیم خط تنکابن (0.53 ± 0.06 میکرومولار بر لیتر)، بندر نوشهر (0.55 ± 0.07 میکرومولار بر لیتر) و بندر امیرآباد (1.04 ± 0.07 میکرومولار بر لیتر) حداکثر غلظت فسفر آلی در فصل پاییز ثبت گردید اما در بندر انزلی (0.76 ± 0.04 میکرومولار بر لیتر) در فصل زمستان مشاهده شد. در فصول مختلف بین میانگین فسفر آلی اختلاف معنی داری وجود داشت ($ANOVA, p < 0.05$) و آزمون دانکن چهار فصل را به سه گروه (بهار، تابستان و پاییز - زمستان) تفکیک کرده است.



نمودار ۳-۸: غلظت فسفر آلی آب (میکرومولار بر لیتر) در نیم خط‌ها و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

۴-۲-۳- ازت کل (TN) در آب

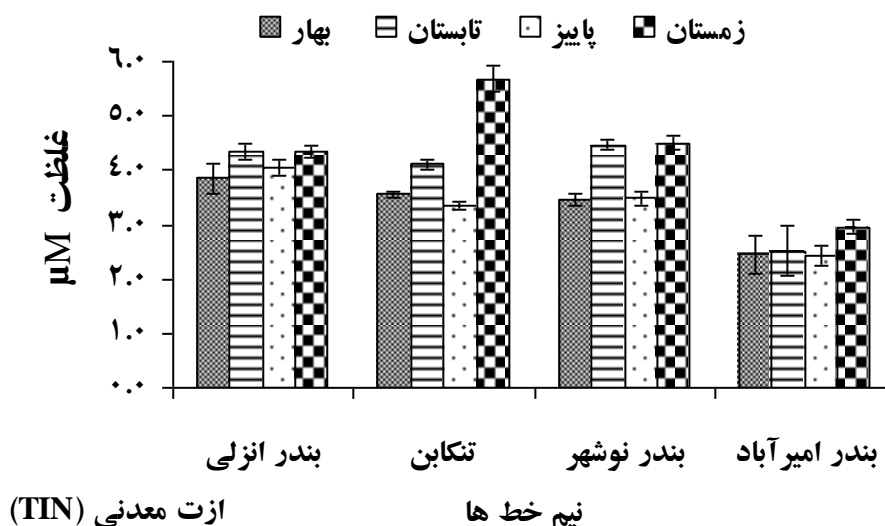
غلظت ازت کل آب در حوزه جنوبی دریای خزر در نیم خط ها و فصول مختلف در نمودار ۳-۹ نشان داده است. نتایج نشان داد که در سه نیم خط بندر انزلی (78 ± 1 میکرومولار بر لیتر)، تنکابن (86 ± 1 میکرومولار بر لیتر) و بندر نوشهر (80 ± 1 میکرومولار بر لیتر) حداکثر غلظت ازت کل در فصل زمستان ثبت گردید اما در نیم خط بندر امیرآباد (91 ± 4 میکرومولار بر لیتر) در فصل بهار مشاهده شد. در فصول مختلف بین میانگین ازت کل اختلاف معنی داری وجود داشت ($ANOVA, p < 0.05$) و آزمون دانکن چهار فصل را به سه گروه (بهار، زمستان و تابستان- پاییز) تفکیک کرده است.



نمودار ۳-۹: غلظت ازت کل آب (میکرومولار بر لیتر) در نیم خط ها و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

۵-۲-۳- ازت معدنی (TIN) در آب

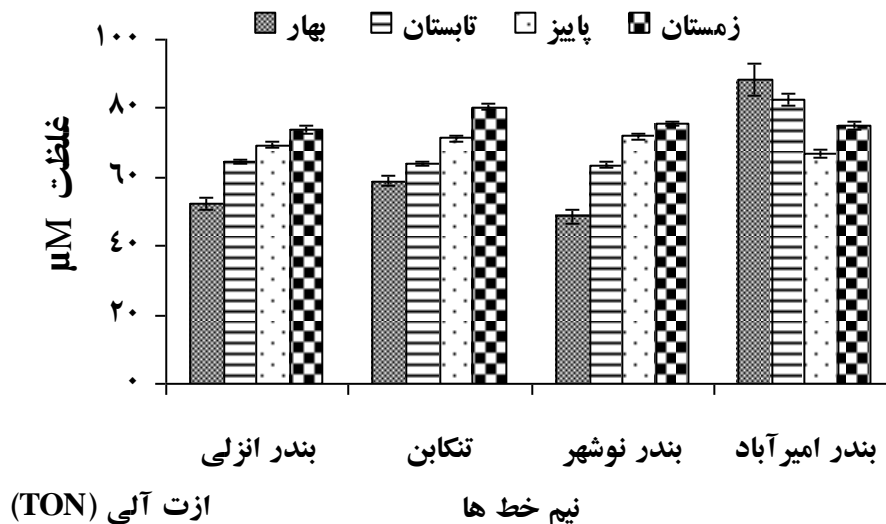
غلظت ازت معدنی آب در حوزه جنوبی دریای خزر در نیم خط ها و فصول مختلف در نمودار ۳-۱۰ نشان داده است. نتایج نشان داد که در سه نیم خط تنکابن ($5/69 \pm 0/24$ میکرومولار بر لیتر)، بندر نوشهر ($4/51 \pm 0/13$ میکرومولار بر لیتر) و بندر امیرآباد ($2/96 \pm 0/13$ میکرومولار بر لیتر) حداکثر غلظت ازت معدنی در فصل زمستان ثبت گردید اما در خط بندر انزلی ($4/35 \pm 0/10$ میکرومولار بر لیتر) حداکثر در فصل تابستان مشاهده شد. در فصول مختلف بین میانگین ازت معدنی اختلاف معنی داری وجود داشت ($ANOVA, p < 0.05$) و آزمون دانکن چهار فصل را به دو گروه (بهار- پاییز و تابستان- زمستان) تفکیک کرده است.



نمودار ۳-۱۰: غلظت ازت معدنی آب (میکرومولار بر لیتر) در نیم خط‌ها و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

۳-۲-۶- ازت آلی (TON) در آب

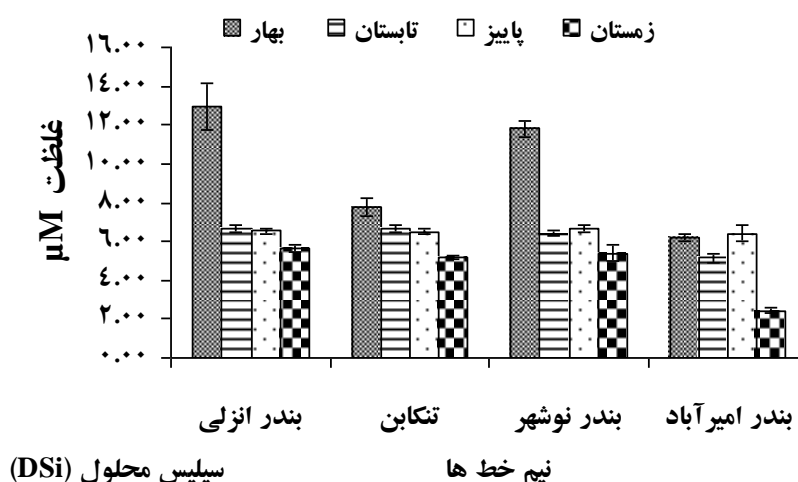
نمودار ۳-۱۱: غلظت ازت آلی آب در حوزه جنوبی دریای خزر در نیم خط‌ها و فصول مختلف نشان داده است. نتایج نشان داد که در سه نیم خط بندر انزلی (74 ± 1 میکرومولار بر لیتر)، تنکابن (81 ± 1 میکرومولار بر لیتر) و بندر نوشهر (76 ± 1 میکرومولار بر لیتر) حداکثر غلظت ازت آلی در فصل زمستان ثبت گردید اما در نیم خط بندر امیرآباد (89 ± 5 میکرومولار بر لیتر) در فصل بهار مشاهده شد. در فصول مختلف بین میانگین ازت آلی اختلاف معنی داری وجود داشت ($p < 0.05$, ANOVA) و آزمون دانکن چهار فصل را به سه گروه (بهار، زمستان و تابستان- پاییز) تفکیک کرده است.



نمودار ۳-۱۱: غلظت ازت آلی آب (میکرومولار بر لیتر) در نیم خط ها و فصول مختلف در حوضه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

۷-۲-۳- سیلیس محلول (DSi/Si) در آب

نمودار ۳-۱۲: غلظت سیلیس محلول آب در حوضه جنوبی دریای خزر در نیم خط ها و فصول مختلف نشان داده است. نتایج نشان داد که در سه نیم خط بندر انزلی (۱۲/۹۵±۱/۱۹ میکرومولار بر لیتر)، تنکابن (۷/۷۵±۰/۴۴ میکرومولار بر لیتر) و بندر نوشهر (۱۱/۸۱±۰/۴۱ میکرومولار بر لیتر) حداکثر غلظت سیلیس محلول در فصل بهار ثبت گردید اما در نیم خط بندر امیرآباد (۶/۴۲±۰/۴۰ میکرومولار بر لیتر) در فصل پاییز مشاهده شد. در فصول مختلف بین میانگین سیلیس محلول اختلاف معنی داری وجود داشت (ANOVA, $p < 0.05$) و آزمون دانکن چهار فصل را به سه گروه (بهار، زمستان و تابستان- پاییز) تفکیک کرده است.



نمودار ۳-۱۲: غلظت سیلیس محلول آب (میکرومولار بر لیتر) در نیم خط ها و فصول مختلف در حوضه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

۸-۲-۳- تغییرات سالانه فرم‌های مختلف ازت و فسفر در آب

جدول ۱-۳ درصد فرم‌های مختلف ازت و فسفر آب را نشان می‌دهد. نتایج این جدول بیانگر بالاتر بودن فرم‌های آلی فسفر در فصول مختلف (بجز فصل بهار) می‌باشد. همچنین نتایج این جدول بیانگر بالاتر بودن فرم‌های آلی ازت در فصول مختلف می‌باشد بطوریکه سهم فرم معدنی کمتر از ۱۰ درصد می‌باشد.

جدول ۱-۳: تغییرات درصد فرم‌های مختلف و میانگین سالانه فسفر و ازت آب در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

سالانه	زمستان	پاییز	تابستان	بهار	
۱۰-۸۲	۳۳-۸۱	۲۶-۸۲	۳۴-۸۲	۱۰-۶۹	درصد فسفر آلی (TOP%)
۱۸-۹۰	۱۹-۶۷	۱۸-۷۴	۱۸-۶۶	۳۱-۹۰	درصد فسفر معدنی (TIP%)
۹۱-۹۸	۹۳-۹۷	۹۴-۹۷	۹۳-۹۸	۹۱-۹۸	درصد ازت آلی (TON%)
۲-۹	۳-۷	۳-۶	۲-۷	۲-۹	درصد ازت معدنی (TIN%)

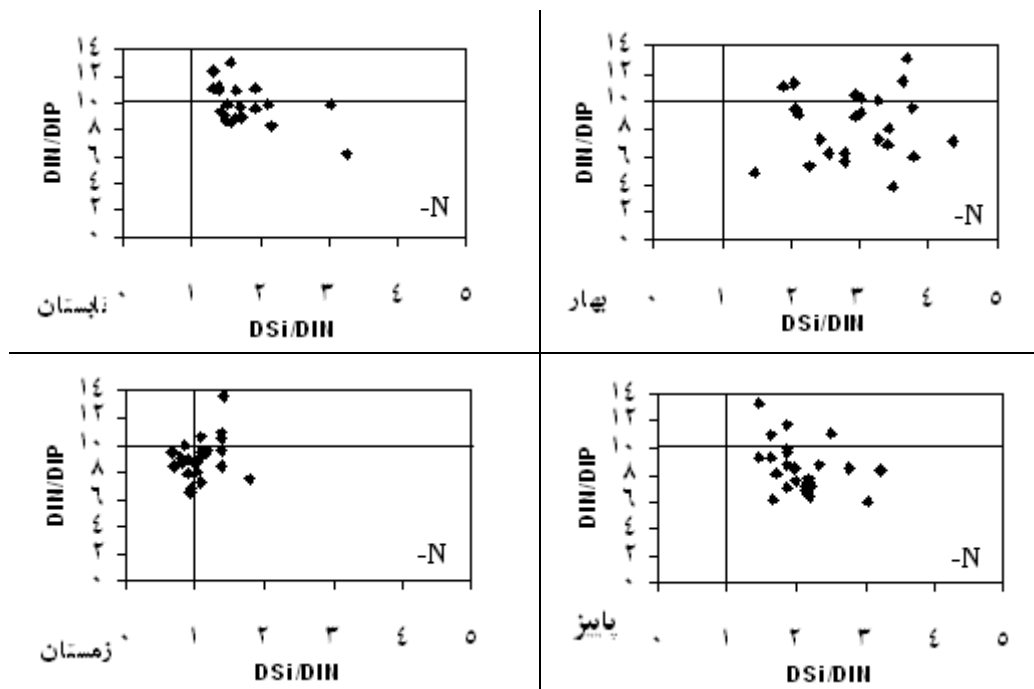
جدول ۲-۳ میانگین سالانه فرم‌های مختلف فسفر و نیتروژن و پارامترهای محیطی آب را در حوزه جنوبی دریای خزر نشان می‌دهد.

جدول ۲-۳: میانگین سالانه پارامترهای فسفر و نیتروژن (میکرومولار بر لیتر)، شوری (گرم بر لیتر)، شفافیت (متر) و اکسیژن محلول (میلی لیتر بر لیتر) در آب حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

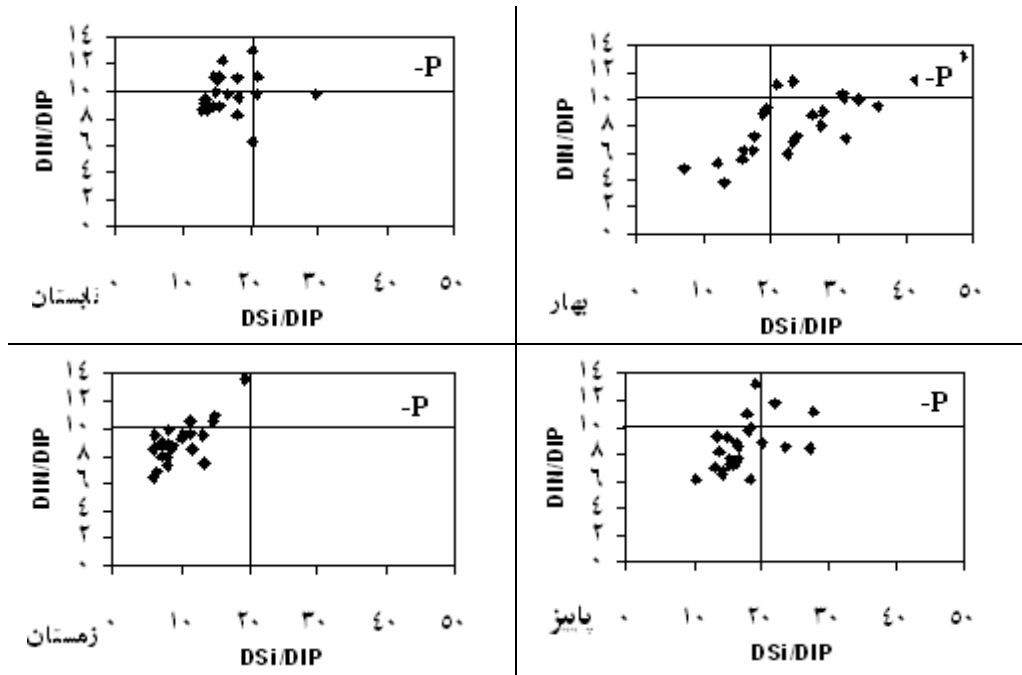
پارامترها	میانگین	حداقل	حداکثر
دمای آب (C)	۱۹/۸۲±۰/۶۹	۷/۰۰	۲۸/۵۰
شفافیت (SD)	۳/۴۹±۰/۲۵	۱/۱۰	۸/۵۰
شوری (Salinity)	۱۲/۹۹±۰/۰۶	۱۲/۰۰	۱۳/۸۱
pH	۸/۲۴±۰/۰۵	۶/۵۹	۸/۷۷
اکسیژن محلول (DO)	۶/۷۱±۰/۱۱	۴/۵۱	۹/۶۶
فسفر کل (TP)	۰/۹۴±۰/۰۲	۰/۵۲	۱/۵۹
فسفر آلی (TOP)	۰/۵۲±۰/۰۳	۰/۱۸	۰/۸۱
فسفر معدنی (TIP)	۰/۴۲±۰/۰۱	۰/۰۶	۱/۳۰
ازت کل (TN)	۷۲/۹۲±۱/۱۱	۴۶/۰۰	۹۷/۰۰
ازت معدنی (TON)	۶۹/۵۲±۱/۱۲	۱/۵۴	۶/۲۸
ازت آلی (TIN)	۳/۷۲±۰/۱۰	۴۳/۰۰	۹۶/۰۰
سیلیس محلول (DSi)	۶/۷۸±۰/۲۶	۱/۹۰	۱۸/۳۰

۹-۲-۳- نسبت های مولی مواد مغذی در آب

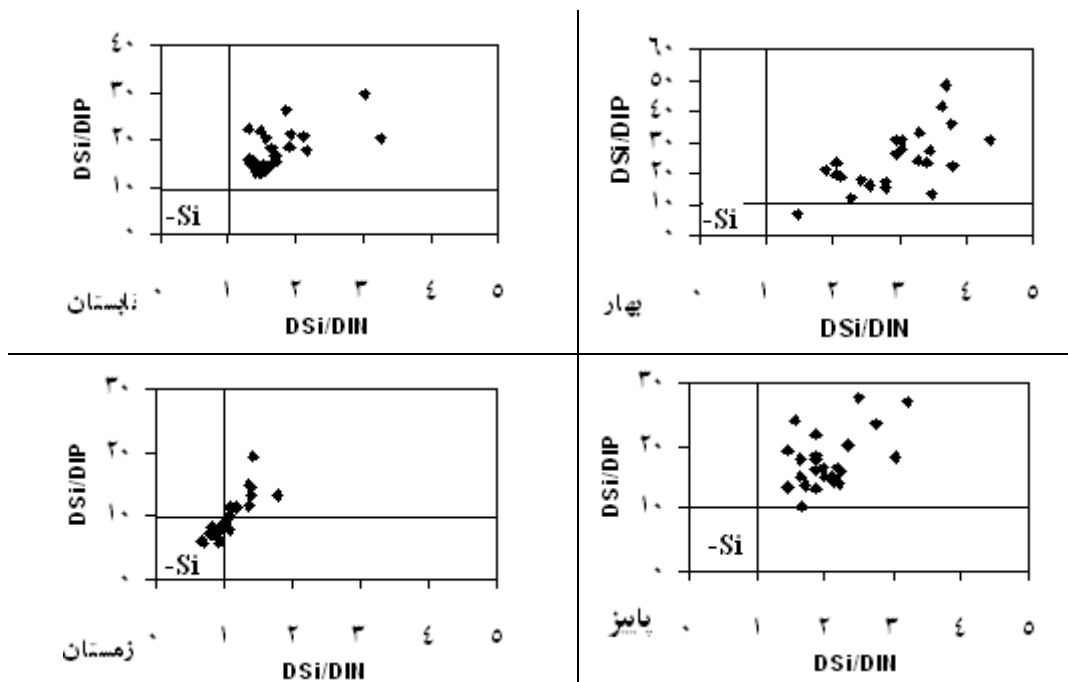
ترسیم پراکندگی نسبت مولی مواد مغذی در فصول مختلف و سالانه دربخش جنوبی دریای خزر در نمودارهای ۱۳-۳، ۱۴-۳، ۱۵-۳ و ۱۶-۳ نشان داده شده است. این نمودارها نشان می دهد که نقاط یا داده ها در ربع های چهارم و اول واقع گردید و در ربع سوم در تمام فصول (به غیر از فصل زمستان) هیچ نقطه ای وجود ندارد. همچنین نتایج نشان داد که در فصول بهار، تابستان و پاییز سیستم محدودیت نیتروژنی به همراه محدودیت فسفوری داشته اما در فصل زمستان بیشتر به سمت محدودیت نیتروژنی تمایل پیدا کرد و محدودیت فسفوری دیده نشده است. نکته مهم اینکه در فصل زمستان محدودیت سیلیسی نیز مشاهده گردید.



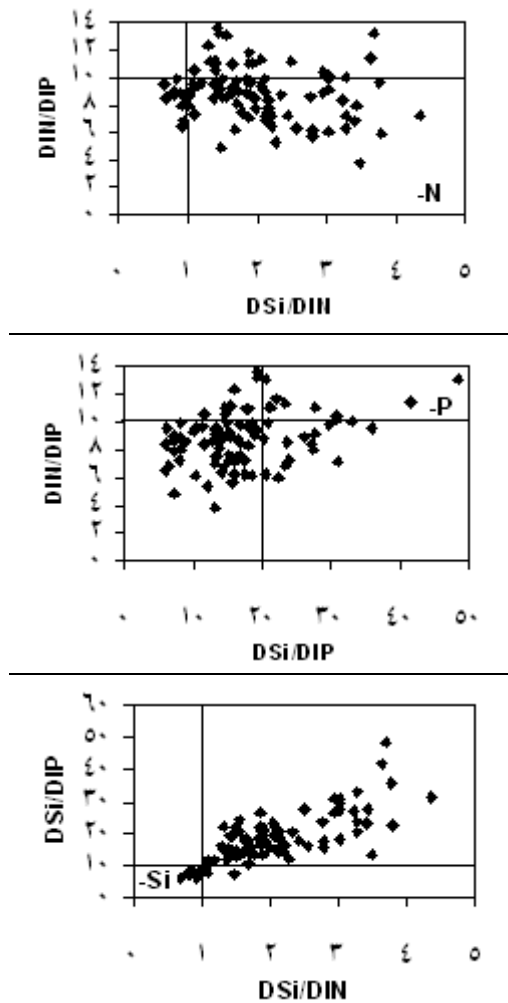
نمودار ۱۳-۳: نمودار فصلی پراکندگی نسبت های مولی مواد مغذی (محدودیت نیتروژنی) در فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)



نمودار ۳-۱۴: نمودار فصلی پراکندگی نسبت‌های مولی مواد مغذی (محدودیت فسفوری) در فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)



نمودار ۳-۱۵: نمودار فصلی پراکندگی نسبت‌های مولی مواد مغذی (محدودیت سیلیسی) در فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)



نمودار ۳-۱۶: نمودار سالانه پراکنندگی نسبت های مولی مواد مغذی در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

۱۰-۲-۳- سطح تروفیکی

میانگین پارامترهای محیطی و کلروفیل-a در نیم خط ها و فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۹۲ جهت تعیین سطح تروفیکی فصلی و سالانه در جدول ۳-۳ آورده شده است. براساس متغیرهای مختلف سطح تروفیکی (جدول ضمیمه ۱) متفاوت می باشد بطوریکه از فصل بهار تا زمستان براساس متغیر فسفر کل از حالت مزوتروف به مزو-یوتروف تغییر داشته است.

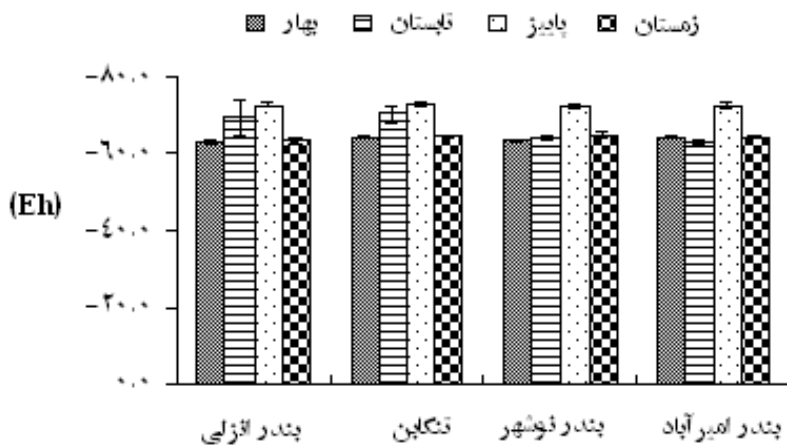
جدول ۳-۳: میانگین پارامترهای محیطی و کلروفیل-a در نیم خط‌ها و فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۹۲ (اعداد داخل پرانتز حداکثر مقادیر را نشان می‌دهند)

Chl-a ($\mu\text{g/l}$)	SD (m)	TP ($\mu\text{g/l}$)	نیم خط	
۸/۵۵±۶/۳۲ (۲۷/۴۶)	۵/۱۷±۰/۹۳ (۷/۰۰)	۲۲/۰±۰/۹۷ (۲۴/۵)	بندر انزلی	بهار
۲/۰۶±۰/۹۴ (۳/۸۴)	۵/۸۳±۰/۴۴ (۶/۵۰)	۲۰/۸±۰/۶۰ (۲۲/۶)	تنکابن	
۲/۷۲±۱/۱۰ (۴/۹۱)	۴/۶۷±۰/۸۸ (۶/۰۰)	۲۲/۶±۰/۷۹ (۲۷/۵)	بندر نوشهر	
۰/۶۶±۰/۰۸ (۰/۸۹)	۳/۰۷±۰/۴۶ (۳/۹۰)	۲۰/۵±۲/۳۵ (۳۱/۶)	بندر امیرآباد	
۱/۹۱±۰/۳۴ (۲/۷۷)	۳/۵۰±۰/۷۶ (۴/۵۰)	۲۵/۱±۱/۰۹ (۲۸/۵)	بندر انزلی	تابستان
۱/۱۲±۰/۲۱ (۱/۴۴)	۴/۵۰±۰/۵۰ (۵/۰۰)	۲۳/۳±۰/۵۳ (۲۴/۵)	تنکابن	
۱/۱۴±۰/۱۴ (۱/۳۵)	۴/۱۷±۰/۸۸ (۵/۵۰)	۲۶/۴±۰/۵۷ (۲۸/۵)	بندر نوشهر	
۰/۶۹±۰/۰۹ (۰/۹۲)	۱/۷۰±۰/۴۲ (۲/۵۰)	۲۸/۵±۲/۲۰ (۳۶/۹)	بندر امیرآباد	
۳۲/۸۰±۱۱/۶۳ (۷۹/۵۴)	۲/۲۳±۰/۵۰ (۳/۲۰)	۳۱/۳±۱/۱۲ (۳۴/۱)	بندر انزلی	پاییز
۴/۶۸±۱/۵۸ (۱۲/۲۴)	۲/۴۷±۰/۶۴ (۳/۲۰)	۳۰/۱±۱/۲۱ (۳۰/۷)	تنکابن	
۵/۰۵±۰/۹۹ (۹/۰۷)	۵/۶۳±۱/۵۵ (۸/۵۰)	۳۰/۷±۱/۴۹ (۳۵/۳)	بندر نوشهر	
۵/۰۵±۰/۷۴ (۸/۰۲)	-	۴۱/۵±۱/۶۸ (۴۹/۳)	بندر امیرآباد	
۳/۲۰±۰/۵۸ (۵/۴۰)	۲/۰۳±۰/۰۳ (۲/۱۰)	۳۶/۳±۰/۸۰ (۳۸/۴)	بندر انزلی	زمستان
۲/۳۲±۰/۳۷ (۳/۶۲)	۲/۵۰±۰/۲۹ (۳/۰۰)	۳۴/۱±۱/۴۹ (۳۹/۴)	تنکابن	
۲/۲۳±۰/۱۷ (۲/۵۳)	۲/۵۰±۰/۲۹ (۳/۰۰)	۲۹/۸±۱/۲۰ (۳۵/۳)	بندر نوشهر	
۱/۹۸±۰/۲۲ (۲/۶۷)	۲/۴۳±۰/۳۵ (۳/۱۰)	۴۱/۵±۱/۴۰ (۴۸/۴)	بندر امیرآباد	
۵/۰۹± (۷۹/۵۴)	۳/۴۹±۰/۲۵ (۸/۵۰)	۲۹/۱±۰/۷۴ (۴۹/۳)	-	سالانه

۳-۳-۳ پارامترهای محیطی رسوب

۳-۳-۱- پتانسیل اکسیداسیون و احیاء (Eh) در رسوبات

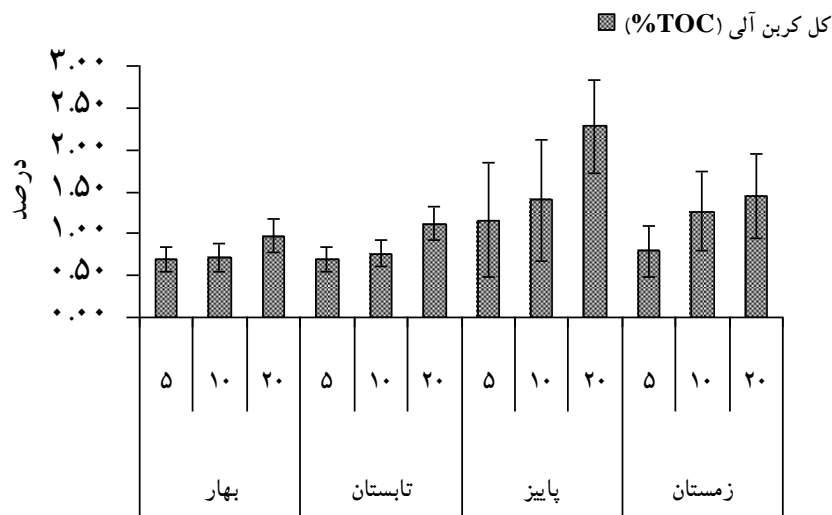
تغییرات پتانسیل اکسیداسیون و احیاء رسوبات در حوزه جنوبی دریای خزر در نیم خط‌ها و فصول مختلف در نمودار ۳-۱۷ نشان داده است. نتایج نشان داد که حداقل پتانسیل اکسیداسیون و احیاء در چهار نیم خط بندر انزلی (۷/۰±۰/۷۳-)، تنکابن (۹/۰±۰/۷۳-)، بندر نوشهر (۹/۰±۰/۷۲-۷۲) و بندر امیرآباد (۱۰/۰±۰/۷۲-۷۲) در فصل پاییز ثبت گردید. در فصول مختلف بین میانگین پتانسیل اکسیداسیون و احیاء اختلاف معنی داری وجود داشت (ANOVA, $p < 0.05$) و آزمون دانکن چهار فصل را به سه گروه (بهار-زمستان، تابستان-زمستان و پاییز) تفکیک کرده است.



نمودار ۳-۱۷: تغییرات پتانسیل اکسیداسیون و احیاء (Eh) رسوبات سطحی در نیم خط ها و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

۳-۳-۲- کل کربن آلی (TOC) در رسوبات

در نمودار ۳-۱۸ درصد کل مواد آلی رسوبات در حوزه جنوبی دریای خزر در فصول و اعماق نمونه برداری شده نشان شده است. حداکثر و حداقل به ترتیب در عمق ۲۰ متر فصل پاییز (۲/۸۰) و عمق ۵ متر فصل تابستان (۰/۴۵) ثبت گردید. در فصول مختلف بین میانگین درصد کل کربن آلی اختلاف معنی داری وجود داشت (ANOVA, $p < 0.05$) و آزمون دانکن چهار فصل را به دو گروه (پاییز و سایر فصول) تفکیک کرده است.

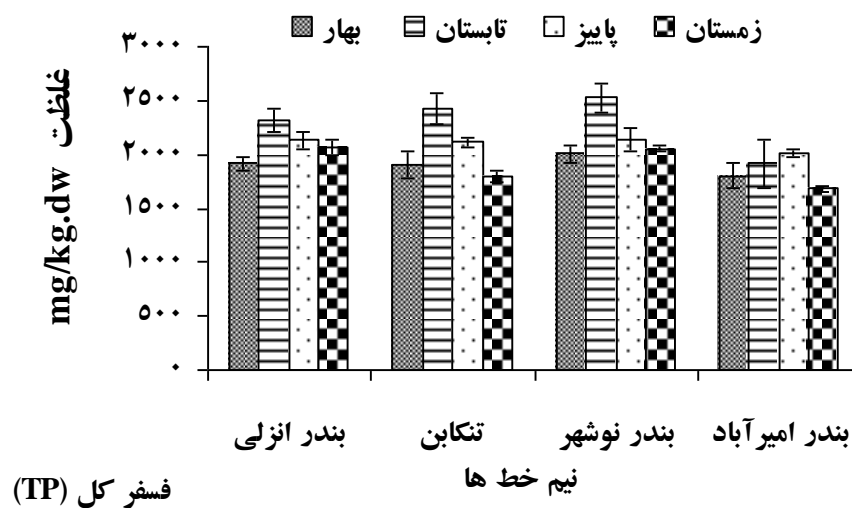


نمودار ۳-۱۸: درصد کل کربن آلی رسوبات در فصول و اعماق مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

۳-۴- فرمهای مختلف مواد مغذی در رسوبات

۳-۴-۱- فسفر کل (TP) در رسوبات

در نمودار ۳-۱۹ غلظت فسفر کل (مجموع پنج شکل مختلف فسفر) در رسوبات سطحی حوزه جنوبی دریای خزر در نیم خط‌ها و فصول مختلف نشان داده است. نتایج نشان داد که در سه نیم خط بندر انزلی (2316 ± 103 میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک)، تنکابن (2420 ± 141 میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) و نوشهر (2525 ± 146 میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) حداکثر غلظت فسفر کل در فصل تابستان ثبت گردید اما در بندر امیرآباد (2013 ± 33 میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در فصل پاییز مشاهده شد. در فصول مختلف بین میانگین فسفر کل اختلاف معنی داری وجود داشت ($p < 0.05$, ANOVA) و آزمون دانکن چهار فصل را به دو گروه (بهار-زمستان و تابستان-پاییز) تفکیک کرده است.

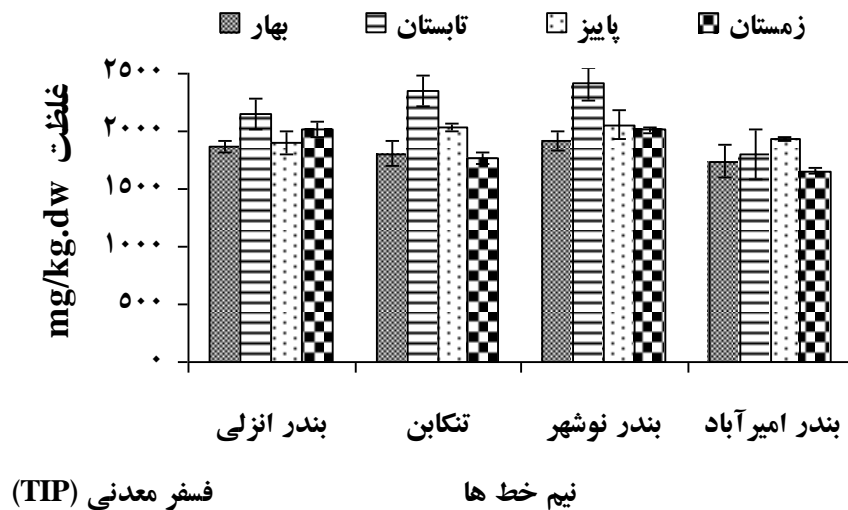


نمودار ۳-۱۹: غلظت فسفر کل رسوبات (میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در نیم خط‌ها و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

۳-۴-۲- فسفر معدنی (TIP) در رسوبات

در نمودار ۳-۲۰ غلظت فسفر معدنی (مجموع چهار فرم مختلف فسفر) در رسوبات سطحی حوزه جنوبی دریای خزر در نیم خط‌ها و فصول مختلف نشان داده است. نتایج نشان داد که در سه نیم خط بندر انزلی (2146 ± 135 میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک)، تنکابن (2354 ± 132 میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) و نوشهر (2410 ± 136 میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) حداکثر غلظت فسفر معدنی در فصل تابستان ثبت گردید اما در بندر امیرآباد (1931 ± 20 میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در فصل پاییز مشاهده شد. در فصول مختلف

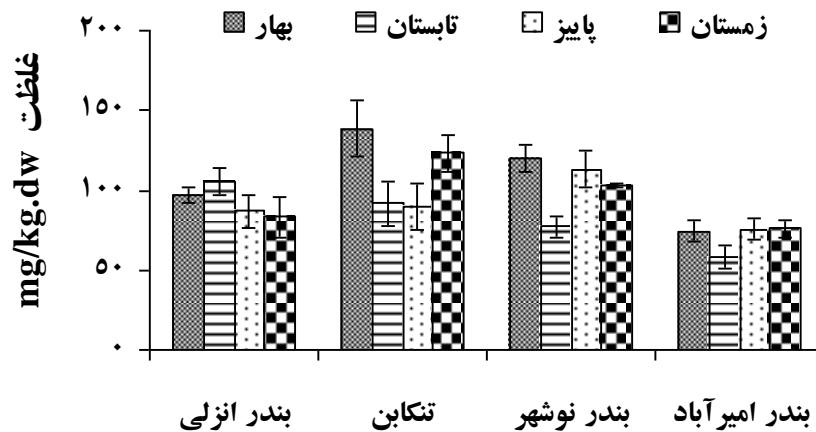
بین میانگین فسفر معدنی اختلاف معنی داری وجود داشت (ANOVA, $p < 0.05$) و آزمون دانکن چهار فصل را به دو گروه (تابستان و سایر فصول) تفکیک کرده است.



نمودار ۳-۲۰: غلظت فسفر معدنی رسوبات (میلی گرم بر کیلو گرم وزن خشک) در نیم خط ها و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

۳-۴-۳- فسفر قابل دسترس (Bioavailable-P) در رسوبات

در نمودار ۳-۲۱ غلظت فسفر قابل دسترس (مجموع سه فرم جذب سطحی، آهن و آلومینیم) در رسوبات سطحی حوزه جنوبی دریای خزر در نیم خط ها و فصول مختلف نشان داده است. نتایج نشان داد که در نیم خط بندر انزلی ($105/3 \pm 8/7$ میلی گرم بر کیلو گرم وزن خشک) در فصل تابستان، تنکابن ($138/4 \pm 17/6$ میلی گرم بر کیلو گرم وزن خشک) و نوشهر ($119/8 \pm 8/8$ میلی گرم بر کیلو گرم وزن خشک) در فصل بهار حداکثر غلظت فسفر قابل دسترس ثبت گردید اما در نیم خط بندر امیرآباد در فصول زمستان و پاییز مشاهده شد. در فصول مختلف بین میانگین فسفر قابل دسترس اختلاف معنی داری وجود نداشت ($ANOVA, p > 0.05$).

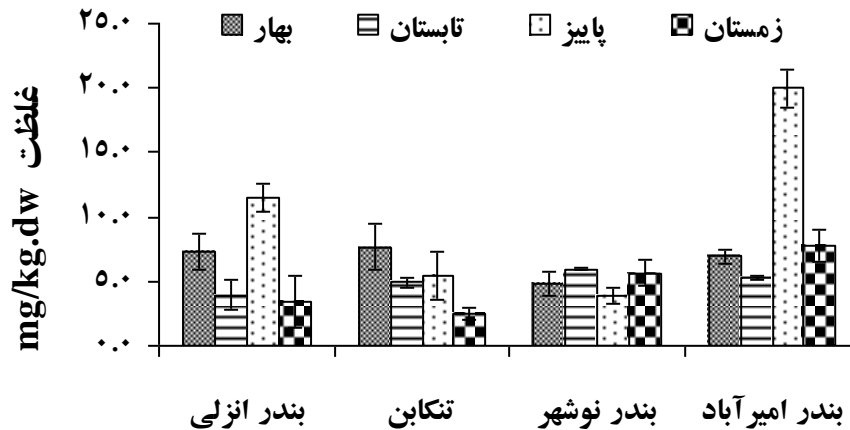


نیم خط‌ها فسفر قابل دسترس (Bioavailable.P)

نمودار ۳-۲۱: غلظت فسفر قابل دسترس رسوبات (میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در نیم خط‌ها و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

۴-۳-۴- فسفر جذب سطحی (Loosely-P) در رسوبات

در نمودار ۳-۲۲ غلظت فسفر جذب سطحی در رسوبات حوزه جنوبی دریای خزر در نیم خط‌ها و فصول مختلف نشان داده است. نتایج نشان داد که در نیم خط بندر انزلی ($11/53 \pm 1/07$ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) و بندر امیرآباد ($19/97 \pm 1/52$ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در فصل پاییز، تنکابن ($7/65 \pm 1/77$ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در فصل بهار حداکثر غلظت فسفر جذب سطحی ثبت گردید اما در نیم خط بندر نوشهر در فصول مختلف مشاهده شد. در فصول مختلف بین میانگین فسفر جذب سطحی اختلاف معنی داری وجود داشت ($p < 0/05$, ANOVA) و آزمون دانکن چهار فصل را به دو گروه (پاییز و زمستان) تفکیک کرده است.

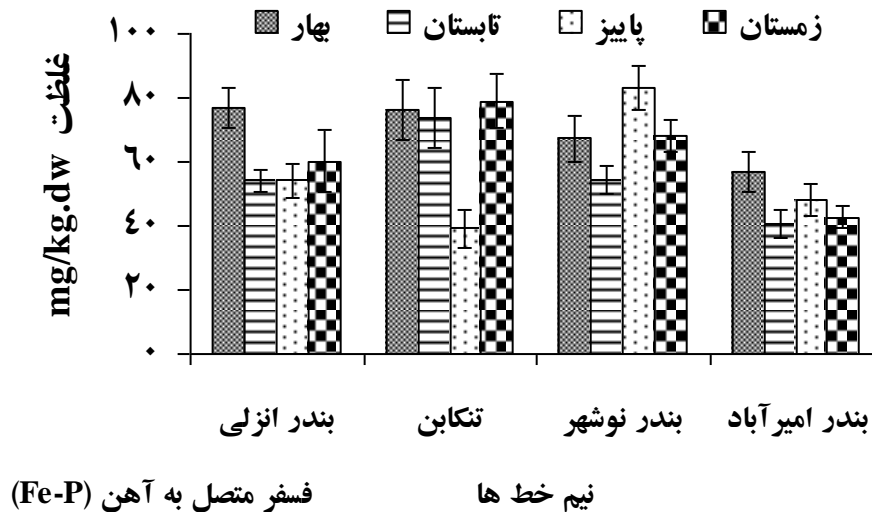


نیم خط ها فسفر جذب سطحی (Loosely-P)

نمودار ۳-۲۲: غلظت فسفر جذب سطحی رسوبات (میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در نیم خط ها و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

۵-۴-۳- فسفر متصل به آهن (Fe-P) در رسوبات

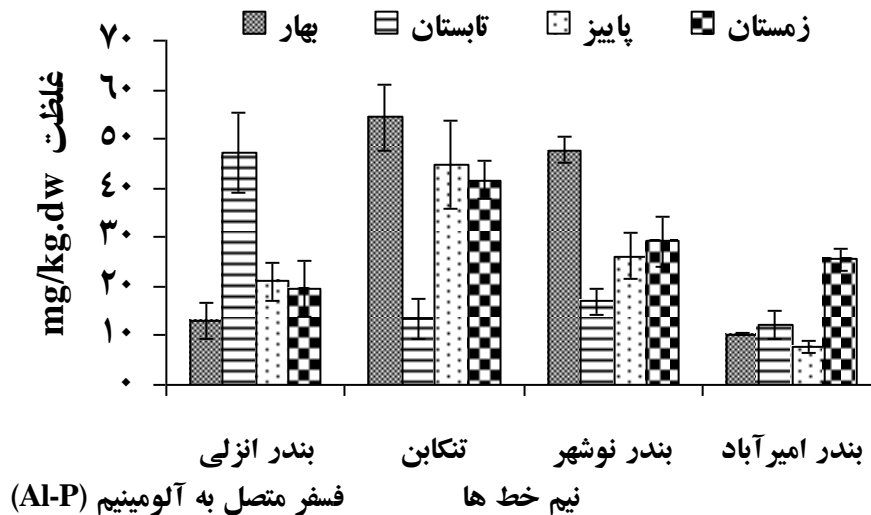
در نمودار ۳-۲۳ غلظت فسفر متصل به آهن رسوبات در رسوبات سطحی حوزه جنوبی دریای خزر در نیم خط ها و فصول مختلف نشان داده است. نتایج نشان داد که در نیم خط بندر انزلی ($76/7 \pm 6/4$ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) و بندر امیرآباد ($56/9 \pm 6/3$ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در فصل بهار، تنکابن ($79/0 \pm 8/9$ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در فصل زمستان حداکثر غلظت فسفر متصل به آهن ثبت گردید اما در نیم خط بندر نوشهر ($83/1 \pm 6/8$ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در فصل پاییز مشاهده شد. در فصول مختلف بین میانگین فسفر متصل به آهن اختلاف معنی داری وجود دارد ($p > 0/05$, ANOVA).



نمودار ۳-۲۳: غلظت فسفر متصل به آهن رسوبات (میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در نیم خط‌ها و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

۳-۴-۶- فسفر متصل به آلومینیم (Al-P) در رسوبات

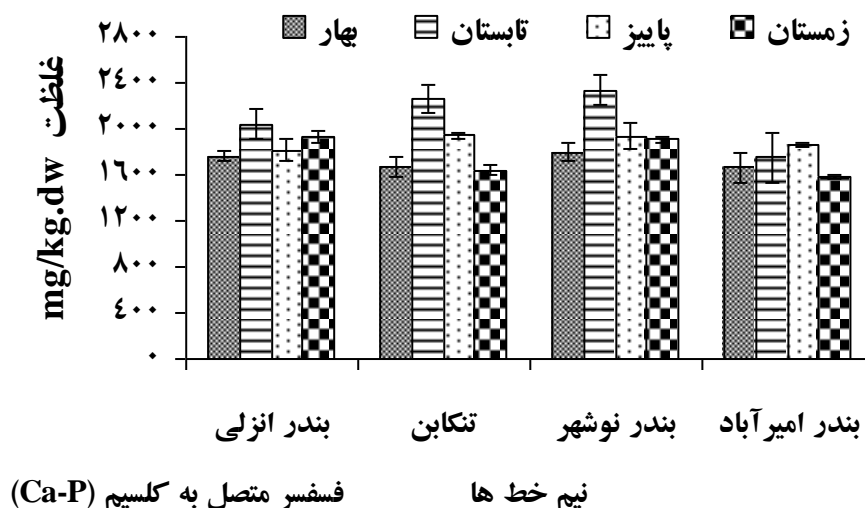
در نمودار ۳-۲۴ غلظت فسفر متصل به آلومینیم در رسوبات سطحی حوزه جنوبی دریای خزر در نیم خط‌ها و فصول مختلف نشان داده است. نتایج نشان داد که در نیم خط‌های تنکابن ($54/4 \pm 6/6$ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) و بندر نوشهر ($47/8 \pm 2/5$ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در فصل بهار حداکثر غلظت فسفر متصل به آلومینیم ثبت گردید اما نیم خط بندرانزلی ($47/3 \pm 8/1$ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در فصل تابستان و در نیم خط بندر امیرآباد ($25/5 \pm 2/3$ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در فصل زمستان مشاهده شد. در فصول مختلف بین میانگین فسفر متصل به آلومینیم اختلاف معنی داری وجود دارد ($p > 0/05$, ANOVA).



نمودار ۳-۲۴: غلظت فسفر متصل به آلومینیم رسوبات (میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در نیم خط ها و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

۷-۴-۳- فسفر متصل به کلسیم (Ca-P) در رسوبات

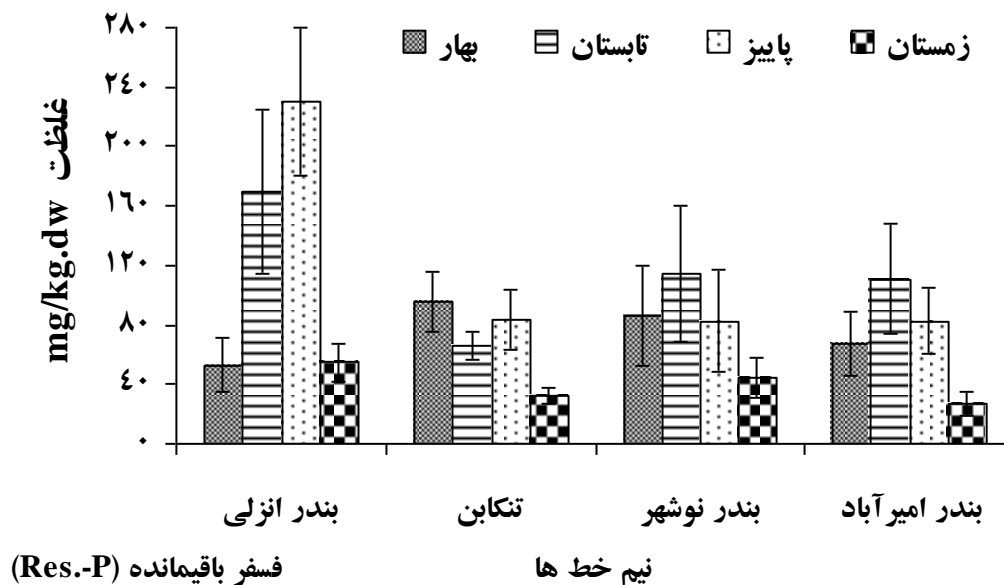
در نمودار ۳-۲۵ غلظت فسفر متصل به کلسیم در رسوبات سطحی حوزه جنوبی دریای خزر در نیم خط ها و فصول مختلف نشان داده است. نتایج نشان داد که در نیم خط بندر انزلی (2041 ± 130 میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک)، تنکابن (2262 ± 118 میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) و بندر نوشهر (2333 ± 119 میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در فصل تابستان حداکثر غلظت فسفر متصل به کلسیم ثبت گردید اما در نیم خط بندر امیرآباد (1855 ± 18 میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در فصل پاییز مشاهده شد. در فصول مختلف بین میانگین فسفر متصل به کلسیم اختلاف معنی داری وجود داشت ($p < 0.05$, ANOVA) و آزمون دانکن چهار فصل را به سه گروه (بهار، تابستان و پاییز) تفکیک کرده است.



نمودار ۳-۲۵: غلظت فسفسر متصل به کلسیم رسوبات (میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در نیم خط های مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

۸-۴-۳- فسفسر باقیمانده (Res.-P) در رسوبات

در نمودار ۳-۲۶ غلظت فسفسر باقیمانده (در واقع مجموع فسفسر آلی و فسفسر مقاوم که انواعی از فسفسر آلی که قابل دسترس نیست) در رسوبات سطحی حوزه جنوبی دریای خزر در نیم خط ها و فصول مختلف نشان داده است. نتایج نشان داد که در نیم خط بندر نوشهر (115 ± 46 میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) و بندر امیرآباد (111 ± 37 میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در فصل تابستان، تنکابن (96 ± 20 میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در نیم خط فصل بهار حداکثر غلظت فسفسر باقیمانده ثبت گردید اما در نیم خط بندر انزلی (230 ± 50 میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در فصل پاییز مشاهده شد. در فصول مختلف بین میانگین فسفسر باقیمانده اختلاف معنی داری وجود داشت ($ANOVA, p < 0.05$) و آزمون دانکن چهار فصل را به دو گروه (زمستان و سایر فصول) تفکیک کرده است.



نمودار ۳-۲۶: غلظت فسفر باقیمانده رسوبات (میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در نیم خط ها و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

۹-۴-۳- درصد فرمهای مختلف فسفر در رسوبات

جدول ۳-۴ درصد فرمهای مختلف فسفر را نشان می دهد. نتایج این جدول بیانگر بالاتر بودن فرمهای معدنی در فصول مختلف می باشد بطوریکه سهم فرم فسفر باقیمانده که شامل فرمهای آلی و غیرقابل تجزیه می باشد به کمتر از ۱۲ درصد رسیده است و میانگین سالانه این فرم به کمتر از ۵ درصد مشاهده گردید. در بین فرمهای معدنی فسفر در رسوبات درصد فسفر متصل به کلسیم به بیش از ۹۰ درصد رسیده است و سهم فسفر قابل دسترس به کمتر از ۱۰ درصد ثبت گردید. همچنین در میان سه فرم فسفر قابل دسترس (فسفر جذب سطحی، فسفر متصل به آهن و فسفر متصل به آلومینیم) در جدول ۳-۴ فسفر متصل به آهن بیشترین و فسفر جذب سطحی کمترین درصد را دارا بوده است.

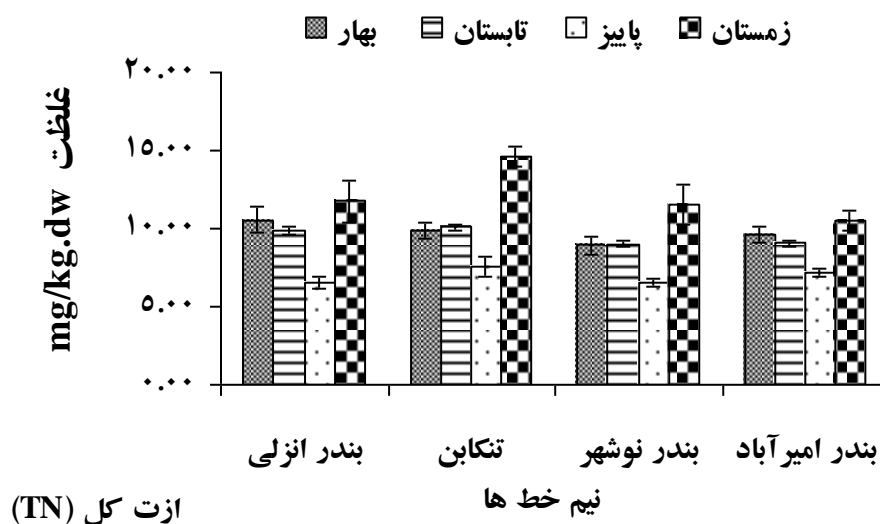
جدول ۳-۴: تغییرات درصد فرمهای مختلف و میانگین سالانه فسفر در رسوبات حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

سالانه	زمستان	پاییز	تابستان	بهار	
۹۵/۷۹±۰/۴۴	۹۶/۶۷-۹۹/۰۲	۸۴/۰۲-۹۹/۰۸	۸۸/۱۷-۹۷/۵۵	۹۲/۶۸-۹۸/۲۳	درصد فرم معدنی (TIP%)
۴/۲۱±۰/۴۴	۰/۹۶-۳/۳۵	۰/۹۲-۱۵/۹۷	۲/۴۲-۱۱/۸۲	۱/۷۸-۷/۲۹	درصد فرم باقیمانده (Res.-P%)
۹۵/۱۳±۰/۱۹	۹۲/۱۰-۹۶/۸۰	۹۴/۰۰-۹۶/۹۰	۹۴/۴۰-۹۷/۷۰	۹۱/۸۰-۹۵/۸۰	درصد فرم فسفر متصل به کلسیم (Ca-P%)
۷/۷۱±۰/۸۵	۱/۴۴-۱۱/۵۶	۲/۹۸-۲۸/۷۸	۱/۸۴-۱۰/۹۶	۲/۴۱-۱۰/۱۷	درصد فرم فسفر جذب سطحی

سالانه	زمستان	پاییز	تابستان	بهار	(Loosely-P%)
۶۵/۱۸±۱/۵۷	۵۱/۸۹-۷۸/۷۹	۳۸/۰۹-۷۶/۷۸	۴۲/۴۴-۸۳/۶۴	۵۱/۶۶-۸۴/۴۳	درصد فرم فسفر متصل به آهن (Fe-P%)
۲۷/۱۱±۱/۷۹	۱۲/۴۵-۳۷/۳۳	۷/۶۱-۵۷/۵۳	۱۱/۰۲-۵۳/۲۷	۶/۲۰-۴۲/۲۱	درصد فرم فسفر متصل به آلومینیم (Al-P%)
۴/۸۶±۰/۱۹	۳/۱۶-۷/۹۰	۳/۰۶-۶/۰۵	۲/۲۹-۵/۶۳	۴/۱۷-۸/۲۱	درصد فرم قابل دسترس (Bioavail.-P%)

۱۰-۴-۳- ازت کل (TN) در رسوبات

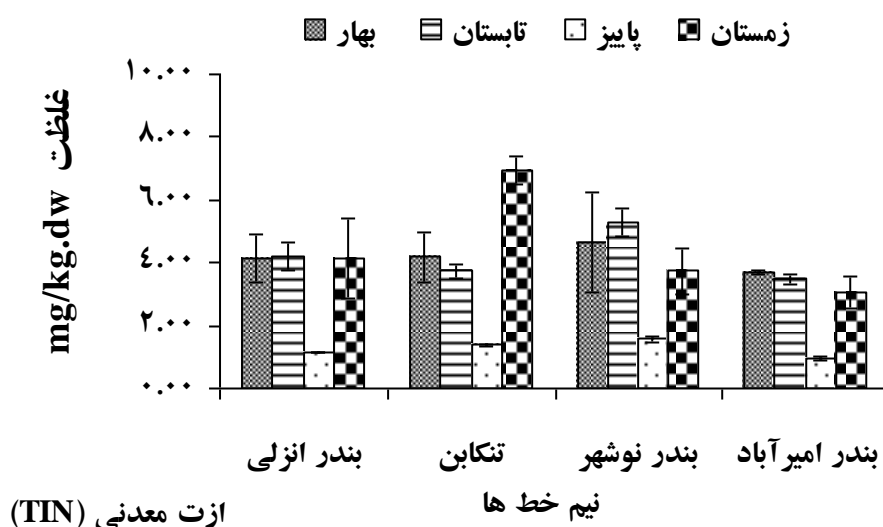
در نمودار ۳-۲۷ غلظت ازت کل در رسوبات سطحی حوزه جنوبی دریای خزر در نیم خط‌ها و فصول مختلف نشان داده است. نتایج نشان داد که در تمام نیم خط‌های بندر انزلی (۱۱/۷۴±۱/۳۰ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک)، تنکابن (۱۴/۶۶±۰/۶۶ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک)، بندر نوشهر (۱۱/۴۹±۱/۴۸ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) و بندر امیرآباد (۱۰/۵۷±۰/۶۴ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) حداکثر غلظت ازت کل در فصل زمستان ثبت گردید. در فصول مختلف بین میانگین ازت کل اختلاف معنی داری وجود داشت (ANOVA, p<۰/۰۵) و آزمون دانکن چهار فصل را به سه گروه (بهار-تابستان، پاییز و زمستان) تفکیک کرده است.



نمودار ۳-۲۷: غلظت ازت کل رسوبات (میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در نیم خط‌های مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

۱۱-۴-۳- ازت معدنی (TIN) در رسوبات

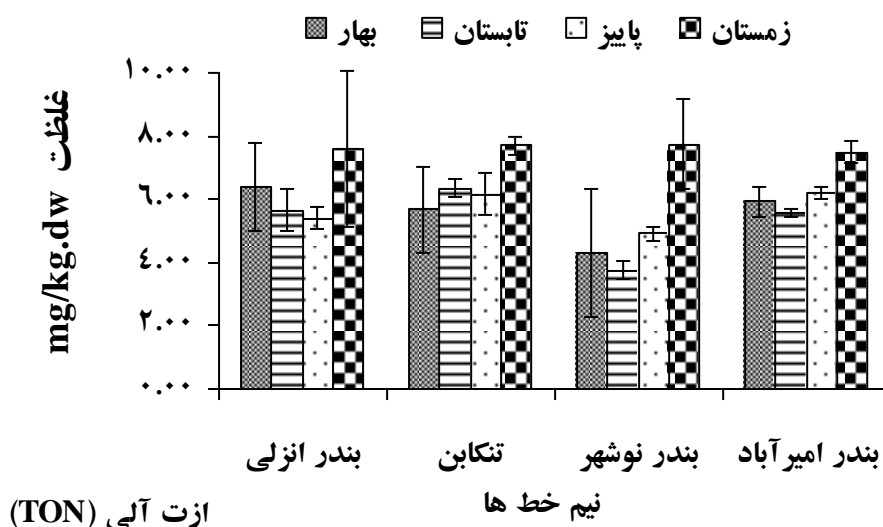
غلظت ازت معدنی در رسوبات سطحی حوزه جنوبی دریای خزر در نیم خط ها و فصول مختلف در نمودار ۳-۲۸ نشان داده شد. نتایج نشان داد که در نیم خط های بندر انزلی ($4/18 \pm 1/2630$) میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) و بندر نوشهر ($5/28 \pm 0/46$) میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در فصل تابستان، تنکابن ($6/96 \pm 0/46$) میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در فصل زمستان و بندر امیرآباد ($3/69 \pm 0/05$) میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در فصل بهار حداکثر ثبت گردید. در فصول مختلف بین میانگین ازت معدنی اختلاف معنی داری وجود داشت ($ANOVA, p < 0/05$) و آزمون دانکن چهار فصل را به دو گروه (پاییز و سایر فصول) تفکیک کرده است.



نمودار ۳-۲۸: غلظت ازت معدنی رسوبات (میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در نیم خط های مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

۱۲-۴-۳- ازت آلی (TON) در رسوبات

در نمودار ۳-۲۹ غلظت ازت آلی در رسوبات سطحی حوزه جنوبی دریای خزر در نیم خط ها و فصول مختلف نشان داده است. نتایج نشان داد که در تمام نیم خط های بندر انزلی ($7/61 \pm 2/48$) میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک)، تنکابن ($7/70 \pm 0/28$) میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک)، بندر نوشهر ($7/75 \pm 1/44$) میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) و بندر امیرآباد ($7/49 \pm 0/35$) میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) حداکثر غلظت ازت معدنی در فصل زمستان ثبت گردید. در فصول مختلف بین میانگین ازت آلی اختلاف معنی داری وجود داشت ($ANOVA, p < 0/05$) و آزمون دانکن چهار فصل را به دو گروه (زمستان و سایر فصول) تفکیک کرده است.



نمودار ۳-۲۹: غلظت ازت آلی رسوبات (میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک) در نیمه‌های مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

۱۳-۴-۳- درصد فرمهای مختلف ازت در رسوبات

جدول ۳-۵ درصد فرمهای مختلف ازت را نشان می‌دهد. نتایج این جدول بیانگر بالاتر بودن فرمهای آلی در فصول مختلف (بجز فصل بهار) می‌باشد بطوریکه سهم سالانه فرم آلی ازت تقریباً دو برابر فرم معدنی می‌باشد.

جدول ۳-۵: تغییرات درصد فرمهای مختلف و میانگین سالانه ازت در رسوبات حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

سالانه	زمستان	پاییز	تابستان	بهار	
۶۴/۱۰±۲/۴۵	۳۰-۸۰	۷۴-۸۸	۳۴-۶۷	۳-۷۷	درصد ازت آلی (TON%)
۳۵/۹۰±۲/۴۵	۲۰-۷۰	۱۲-۲۶	۳۳-۶۶	۲۳-۹۷	درصد ازت معدنی (TIN%)

۵-۳- نسبت فرمهای مختلف فسفر در رسوبات و آب عمقی

نسبت فرمهای مختلف فسفر در رسوبات را به آب عمقی در فصول و سالانه حوزه جنوبی دریای خزر در جدول ۳-۶ نشان داده شده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که غلظت فرمهای مختلف فسفر در رسوبات در تمام فصول بیش از آب عمقی بوده و بیشترین نسبت مربوط به فسفر کل و کمترین مربوط به فسفر آلی بوده است.

جدول ۳-۶: نسبت فرمهای مختلف فسفر در رسوبات را به آب عمقی در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

فصل	TP _{sed.} / TP _{wat.}	TIP _{sed.} / TIP _{wat.}	Loosely-P _{sed.} / TIP _{wat.}	Fe-P _{sed.} / TIP _{wat.}	Al-P _{sed.} / TIP _{wat.}	Bioavai-P _{sed.} / TIP _{wat.}	TOP _{sed.} / TOP _{wat.}
بهار	۸۶۶۳۶	۷۶۷۱	۵۳۵	۵۵۵۳	۲۴۱۰	۸۴۹۸	۹۲۷۵
تابستان	۹۱۸۰۰	۷۵۵۴	۴۷۴	۵۰۷۵	۲۱۷۴	۷۷۲۳	۸۲۱۴
پاییز	۶۱۷۰۵	۷۶۰۰	۱۰۴۷	۴۹۴۴	۲۰۲۲	۸۰۱۳	۵۴۵۴
زمستان	۵۲۸۰۵	۶۴۲۰	۳۶۸	۴۳۳۸	۱۹۴۷	۶۶۵۳	۱۹۰۴
سالانه	۷۰۶۸۹	۷۲۶۹	۶۰۶	۴۹۷۷	۲۱۳۸	۷۷۲۲	۵۶۸۰

(sed.=sediment; wat.=water)

۳-۶- نسبت فرمهای مختلف ازت در رسوبات و آب عمقی

نسبت فرمهای مختلف ازت در رسوبات را به آب عمقی در فصول و سالانه حوزه جنوبی دریای خزر در جدول ۳-۷ نشان داده شده است. نتایج این جدول نشان می دهد که غلظت فرمهای مختلف ازت در رسوبات در تمام فصول بیش از آب عمقی بوده و بیشترین نسبت مر بوط به ترکیب آمونیم و کمترین مر بوط به ازت آلی بوده است.

جدول ۳-۷: نسبت فرمهای مختلف ازت در رسوبات را به آب عمقی در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

فصل	TN _{sed.} / TN _{wat.}	TIN _{sed.} / TIN _{wat.}	TON _{sed.} / TON _{wat.}	NH ₄ _{sed.} / NH ₄ _{wat.}	NO ₃ _{sed.} / NO ₃ _{wat.}
بهار	۱۱/۲۶	۹۰/۴۴	۶/۵۸	۲۱۴	۱۶/۰۷
تابستان	۹/۳۳	۷۵/۸۲	۵/۵۴	۱۵۲	۲۰/۰۰
پاییز	۶/۷۰	۲۶/۸۱	۵/۷۴	۴۵	۱۰/۴۴
زمستان	۱۰/۷۸	۷۳/۴۴	۷/۱۹	۷۲	۷۸/۲۸
سالانه	۹/۴۰	۶۷/۶۹	۶/۲۷	۱۱۱	۳۱/۷۸

۳-۷- تغییرات سالانه فرم های مختلف در رسوبات

جدول ۳-۸ میانگین سالانه فرمهای مختلف فسفر و نیتروژن، عناصر مختلف، پتانسیل احیاء، درصد مواد آلی و نسبت های آنها رسوبات را در حوزه جنوبی دریای خزر نشان می دهد.

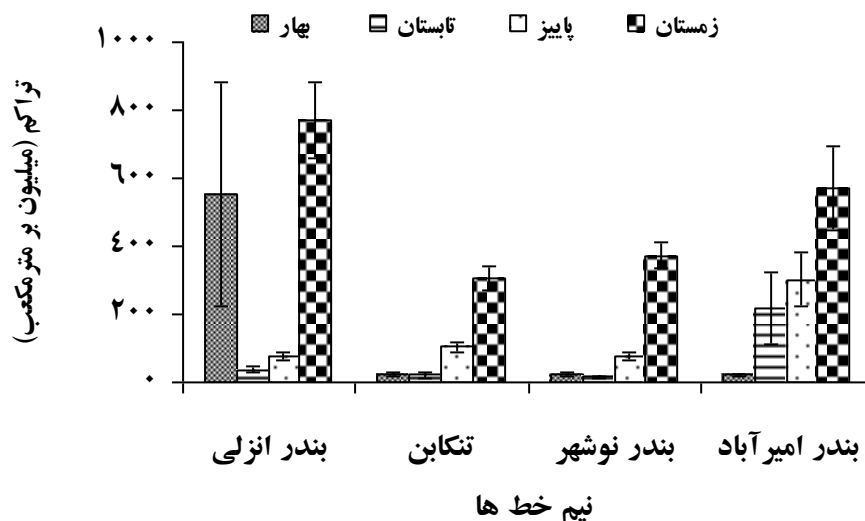
جدول ۳-۸: میانگین سالانه پارامترهای فسفر و نیتروژن (mg/kg.dw)، فلزات (mg/g.dw)، پتانسیل احیاء و مواد آلی (%) در رسوبات حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

پارامترها	میانگین	پارامترها	میانگین
فسفر جذب سطحی (Loosely-P)	۶/۶۸±۰/۶۳	پتانسیل احیاء (Eh)	-۶۷/۰۲±۰/۶۸
فسفر متصل به آهن (Fe-P)	۶۰/۹۰±۲/۴۴	درصد مواد آلی (TOM%)	۱/۱۱±۰/۰۹
فسفر متصل به آلومینیم (Al-P)	۲۶/۹۴±۲/۳۹	در صد کربن آلی (TOC%)	۲/۷۴±۰/۰۸
فسفر متصل به کلسیم (Ca-P)	۱۸۶۸±۳۶		

پارامترها	میانگین	پارامترها	میانگین
فسفر معدنی کل (TIP)	۱۹۶۳±۳۷	فسفر قابل دسترس (Bioava.-P)	۹۴/۵۲±۳/۶۸
فسفر کل (TP)	۲۰۵۰±۳۸	فسفر باقیمانده (Res.-P)	۸۷/۵۱±۹/۵۲
ازت کل (TN)	۹/۵۷±۰/۳۲	ازت معدنی (TIN)	۳/۵۲±۰/۲۶
ازت آلی (TON)	۶/۰۶±۰/۲۷		

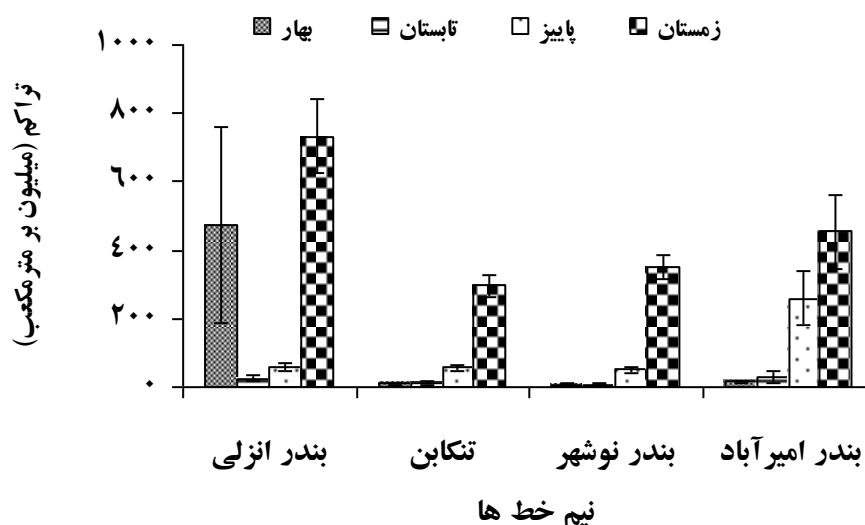
۸-۳- فیتوپلانکتون

در نمودار ۳-۳۰ تراکم کل فیتوپلانکتون در نیم خط‌ها و فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر نشان داده است. نتایج نشان داد که در نیم خط‌های بندر انزلی (۷۷۰±۱۱۲ میلیون بر مترمکعب)، تنکابن (۳۵±۳۰۶ میلیون بر مترمکعب)، بندر نوشهر (۳۷۳±۳۸ میلیون بر مترمکعب) و بندر امیرآباد (۵۷۰±۱۲۲ میلیون بر مترمکعب) حداکثر تراکم کل فیتوپلانکتون در فصل زمستان ثبت گردید. در فصول مختلف بین میانگین تراکم کل فیتوپلانکتون اختلاف معنی داری وجود داشت (ANOVA, $p < 0/05$) و آزمون دانکن چهار فصل را به سه گروه (پاییز، زمستان و بهار-تابستان) تفکیک کرده است.



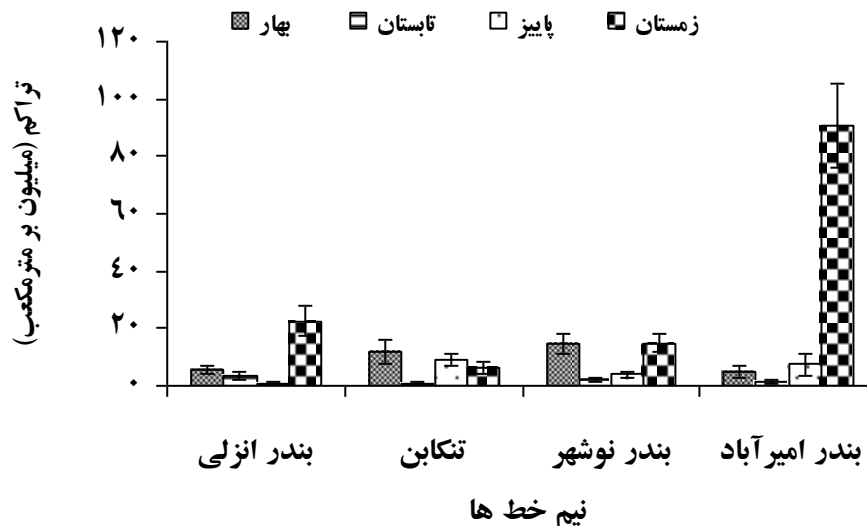
نمودار ۳-۳۰: تراکم کل فیتوپلانکتون (تعداد میلیون بر مترمکعب) در نیم خط‌ها و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

در نمودار ۳-۳۱ تراکم شاخه باسیلاریوفیتا در نیم خط ها و فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر نشان داده است. نتایج نشان داد که در نیم خط های بندر انزلی (733 ± 108 میلیون بر مترمکعب)، تنکابن (295 ± 33 میلیون بر مترمکعب)، بندر نوشهر (353 ± 35 میلیون بر مترمکعب) و بندر امیرآباد (455 ± 108 میلیون بر مترمکعب) حداکثر تراکم شاخه باسیلاریوفیتا در فصل زمستان ثبت گردید. در فصول مختلف بین میانگین تراکم شاخه باسیلاریوفیتا اختلاف معنی داری وجود داشت ($ANOVA, p < 0.05$) و آزمون دانکن چهار فصل را به سه گروه (پاییز، زمستان و بهار-تابستان) تفکیک کرده است.



نمودار ۳-۳۱: تراکم شاخه باسیلاریوفیتا (تعداد میلیون بر مترمکعب) در نیم خط ها و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

در نمودار ۳-۳۲ تراکم شاخه پیروفیتا در نیم خط ها و فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر نشان داده است. نتایج نشان داد که در نیم خط های بندر انزلی ($22/5 \pm 5/2$ میلیون بر مترمکعب)، بندر نوشهر ($14/9 \pm 3/2$ میلیون بر مترمکعب) و بندر امیرآباد ($90/7 \pm 14/7$ میلیون بر مترمکعب) حداکثر تراکم شاخه پیروفیتا در فصل زمستان ثبت گردید اما در نیم خط تنکابن ($11/7 \pm 4/1$ میلیون بر مترمکعب) حداکثر در فصل بهار مشاهده گردید. در فصول مختلف بین میانگین تراکم پیروفیتا اختلاف معنی داری وجود داشت ($ANOVA, p < 0.05$) و آزمون دانکن چهار فصل را به چهار گروه تفکیک کرده است.



نمودار ۳-۳۲: تراکم شاخه پیروفیتا (تعداد میلیون در مترمکعب) در نیم خط‌ها و فصل‌های مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

در نمودار ۳-۳۳ تراکم شاخه سیانوفیتا در نیم خط‌ها و فصل‌های مختلف حوزه جنوبی دریای خزر نشان داده است. نتایج نشان داد که در نیم خط‌های تنکابن ($11/6 \pm 2/1$ میلیون بر مترمکعب)، بندر نوشهر ($11/7 \pm 1/7$ میلیون بر مترمکعب) و بندر امیرآباد ($23/1 \pm 3/7$ میلیون بر مترمکعب) حداکثر تراکم شاخه سیانوفیتا در فصل پاییز ثبت گردید اما در نیم خط بندر انزلی ($63/0 \pm 38/2$ میلیون بر مترمکعب) حداکثر در فصل بهار مشاهده گردید. در فصول مختلف بین میانگین تراکم شاخه سیانوفیتا اختلاف معنی داری وجود داشت ($p < 0/05$, ANOVA) و آزمون دانکن چهار فصل را به سه گروه (بهار، تابستان-پاییز و زمستان) تفکیک کرده است.



نمودار ۳-۳۴: تراکم شاخه سیانوفیتا (تعداد میلیون در مترمکعب) در نیم خط‌ها و فصل‌های مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

در نمودار ۳-۳۵ تراکم شاخه کلروفیتا در نیم خط ها و فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر نشان داده است. نتایج نشان داد که در نیم خط های بندر انزلی ($15/3 \pm 3/7$ میلیون بر مترمکعب)، تنکابن ($18/3 \pm 6/2$ میلیون بر مترمکعب) و بندر نوشهر ($10/2 \pm 2/7$ میلیون بر مترمکعب) حداکثر تراکم شاخه کلروفیتا در فصل پاییز ثبت گردید اما در نیم خط بندر امیرآباد ($177/0 \pm 87/1$ میلیون بر مترمکعب) حداکثر در فصل تابستان مشاهده گردید. در فصول مختلف بین میانگین تراکم شاخه کلروفیتا اختلاف معنی داری وجود داشت ($ANOVA, p < 0/05$) و آزمون دانکن چهار فصل را به سه گروه (بهار، تابستان-پاییز و زمستان) تفکیک کرده است.



نمودار ۳-۳۵: تراکم شاخه کلروفیتا (تعداد میلیون در مترمکعب) در نیم خط ها و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

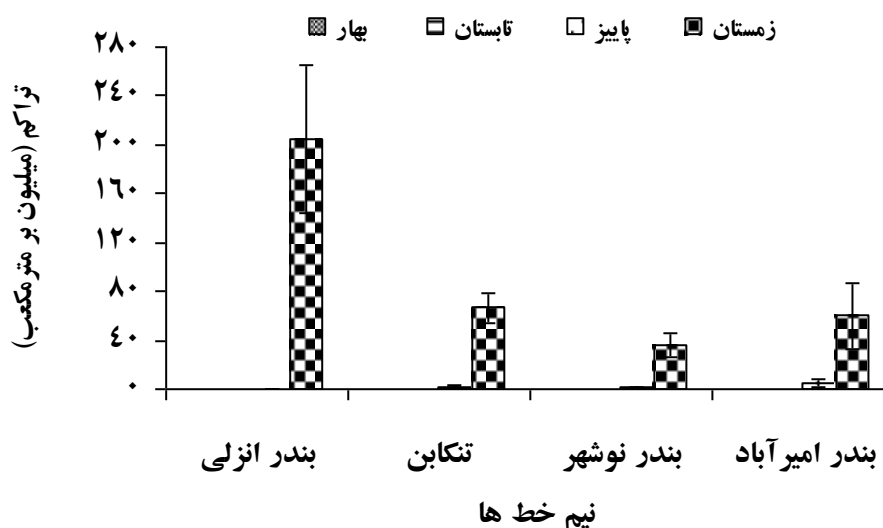
بر اساس جدول (۳-۹) *Cyclotella meneghiniana* و *Thalassionema nitzschioides* تقریباً در همه فصول جزو گونه های غالب لیست گردید. بجز این دو گونه، در فصل بهار *Chaetoceros socialis*، *Stephanodiscus socialis* و *Oscillatoria sp.* در فصل تابستان *Chaetoceros thronsdennii* و *Binuclearia lauterbornii*، در فصل پاییز *Chaetoceros socialis peruvianus*، *Oscillatoria sp.*، *Pseudonitzschia seriata*، *Nitzschia acicularis* و *Binuclearia lauterbornii* و در فصل زمستان *Cerataulina pelagica*، *Dactyliosolen fragilissima*، *Nitzschia acicularis* و *Exuviaella cordata* غالب شدند. تراکم بیشتر گونه های فوق دارای اختلاف معنی دار بین فصول مختلف بود ($ANOVA, p < 0/05$).

جدول ۳-۹: میانگین تراکم (صدهزارسلول در مترمکعب) و خطای معیار (SE) گونه‌های غالب فیتوپلانکتون در فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

زمستان		پاییز		تابستان		بهار		گونه
SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE	Mean	
39	155	0	0	0	0	0	0	<i>Cerataulina pelagica</i>
2	9	37	82	1	2	0	1	<i>Chaetoceros peruvianus</i>
6	22	12	32	1	3	40	43	<i>Chaetoceros socialis</i>
2	5	2	7	41	69	6	16	<i>Chaetoceros thronsenii</i>
5	35	19	70	10	24	24	54	<i>Cyclotella meneghiniana</i>
210	920	9	20	0	<1	1	1	<i>Dactyliosolen fragilissima</i>
27	62	11	49	3	5	140	217	<i>Nitzschia acicularis</i>
303	2939	36	119	1	1	9	13	<i>Pseudonitzschia seriata</i>
0	0	0	0	2	4	558	827	<i>Stephanodiscus socialis</i>
22	116	182	615	10	41	2	4	<i>Thalassionema nitzschioides</i>
62	218	3	11	3	10	9	36	<i>Exuviaella cordata</i>
4	28	13	83	3	8	86	135	<i>Oscillatoria</i> sp.
10	29	22	120	255	463	1	1	<i>Binuclearia lauterbornii</i>

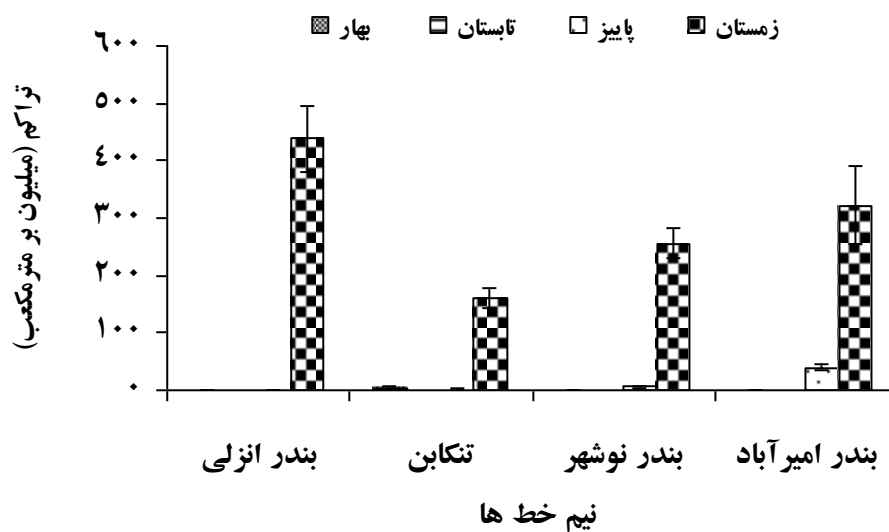
*: اعداد پر رنگ (Bold) بیانگر گونه‌های غالب در هر فصل است.

در نمودار ۳-۳۶ تراکم گونه *Dactyliosolen fragilissima* در نیم خط‌ها و فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر نشان داده است. نتایج نشان داد که در نیم خط‌های بندر انزلی (205 ± 61 میلیون بر مترمکعب)، تنکابن (67 ± 12 میلیون بر مترمکعب)، بندر نوشهر (36 ± 9 میلیون بر مترمکعب) و بندر امیرآباد (60 ± 27 میلیون بر مترمکعب) حداکثر تراکم گونه *D. fragilissima* در فصل زمستان ثبت گردید. در فصول مختلف بین میانگین تراکم گونه *D. fragilissima* اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p < 0.05$, ANOVA) و آزمون دانکن چهار فصل را به سه گروه (پاییز، زمستان و بهار-تابستان) تفکیک کرده است.



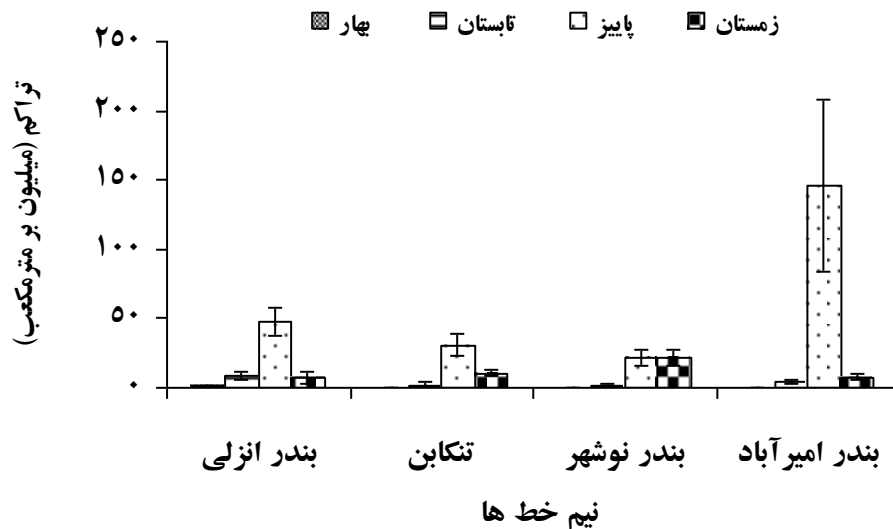
نمودار ۳-۳۶: تراکم گونه *Dactyliosolen fragilissima* (تعداد میلیون در مترمکعب) در نیم خط‌ها و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

در نمودار ۳-۳۷ تراکم گونه *Pseudonitzschia seriata* در نیم خط‌ها و فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر نشان داده است. نتایج نشان داد که در تمام نیم خط‌های بندر انزلی (438 ± 57 میلیون بر مترمکعب)، تنکابن (160 ± 18 میلیون بر مترمکعب)، بندر نوشهر (256 ± 26 میلیون بر مترمکعب) و بندر امیرآباد (322 ± 67 میلیون بر مترمکعب) حداکثر تراکم گونه *P. seriata* در فصل زمستان ثبت گردید. در فصول مختلف بین میانگین تراکم گونه *P. seriata* اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p < 0.05$, ANOVA) و آزمون دانکن چهار فصل را به چهار گروه تفکیک کرده است.



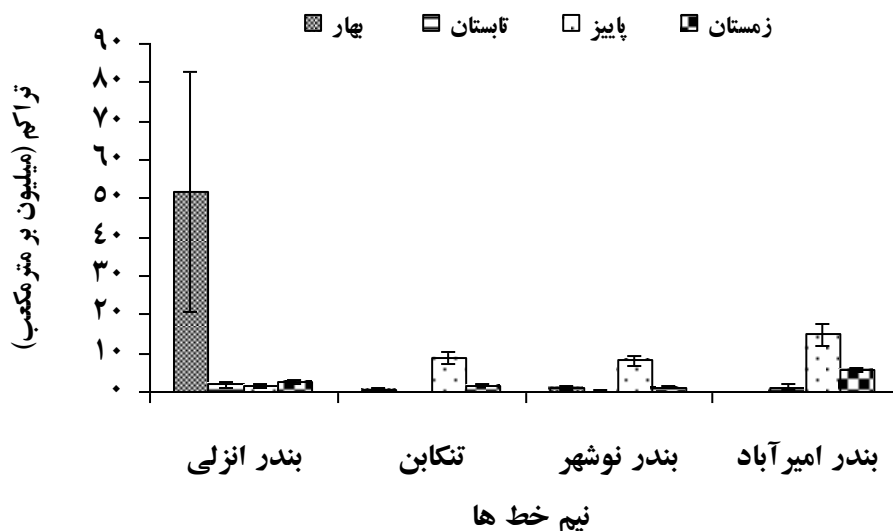
نمودار ۳-۳۷: تراکم گونه *Pseudonitzschia seriata* (تعداد میلیون در مترمکعب) در نیم خط‌ها و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

در نمودار ۳-۳۸ تراکم گونه *Thalassionema nitzschioides* در نیم خط‌ها و فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر نشان داده است. نتایج نشان داد که در تمام نیم خط‌های بندر انزلی (48 ± 10 میلیون بر مترمکعب)، تنکابن (31 ± 8 میلیون بر مترمکعب)، بندر نوشهر (21 ± 6 میلیون بر مترمکعب) و بندر امیرآباد (146 ± 62 میلیون بر مترمکعب) حداکثر تراکم گونه *T. nitzschioides* در فصل پاییز ثبت گردید. در فصول مختلف بین میانگین تراکم گونه *T. nitzschioides* اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p < 0.05$, ANOVA) و آزمون دانکن چهار فصل را به چهار گروه تفکیک کرده است.



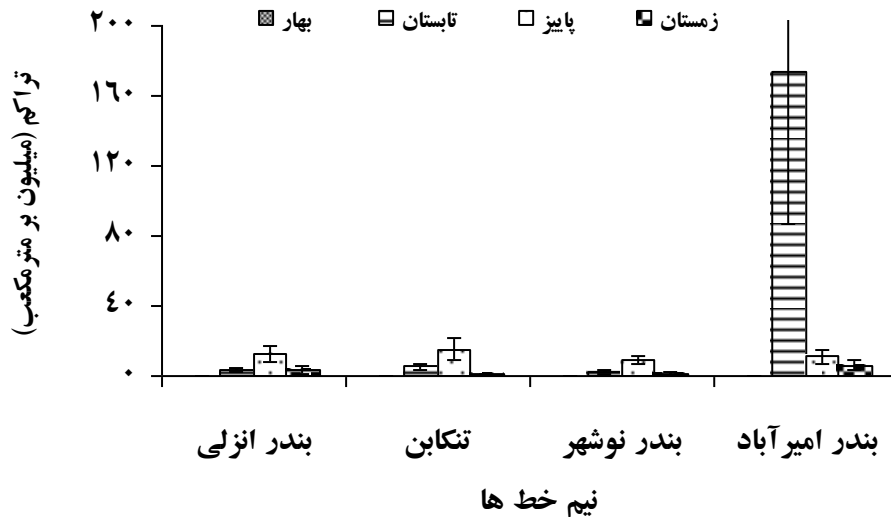
نمودار ۳-۳۸: تراکم گونه *Thalassionema nitzschioides* (تعداد میلیون در مترمکعب) در نیم خط‌ها و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

در نمودار ۳-۳۹ تراکم گونه *Oscillatoria* sp. در نیم خط‌ها و فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر نشان داده است. نتایج نشان داد که در نیم خط‌های تنکابن ($8/8 \pm 1/4$ میلیون بر مترمکعب)، بندر نوشهر ($8/0 \pm 1/3$ میلیون بر مترمکعب) و بندر امیرآباد ($14/8 \pm 2/7$ میلیون بر مترمکعب) حداکثر تراکم گونه *Oscillatoria* sp. در فصل پاییز ثبت گردید و در نیم خط بندر انزلی ($52/0 \pm 31/0$ میلیون بر مترمکعب) در فصل بهار مشاهده گردید. در فصول مختلف بین میانگین تراکم گونه *Oscillatoria* sp. اختلاف معنی داری وجود داشت ($p < 0/05$, ANOVA) و آزمون دانکن چهار فصل را به چهار گروه تفکیک کرده است.



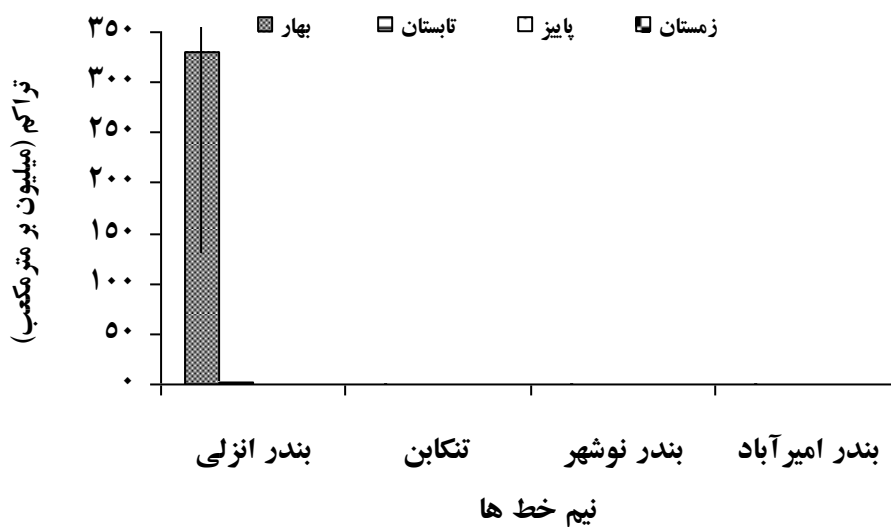
نمودار ۳-۳۹: تراکم گونه *Oscillatoria* sp. (تعداد میلیون در مترمکعب) در نیم خط‌ها و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

در نمودار ۳-۴۰ تراکم گونه *Binuclearia lauterbornii* در نیم خط‌ها و فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر نشان داده است. نتایج نشان داد که در نیم خط‌های بندر انزلی ($12/37 \pm 4/47$ میلیون بر مترمکعب) و تنکابن ($15/35 \pm 1/4$ میلیون بر مترمکعب) و بندر نوشهر ($9/13 \pm 2/55$ میلیون بر مترمکعب) حداکثر تراکم گونه *B. lauterbornii* در فصل پاییز ثبت گردید و در نیم خط و بندر امیرآباد ($174/8 \pm 87/7$ میلیون بر مترمکعب) در فصل تابستان مشاهده گردید. در فصول مختلف بین میانگین تراکم گونه *B. lauterbornii* اختلاف معنی داری وجود داشت ($ANOVA, p < 0/05$) و آزمون دانکن چهار فصل را به سه گروه (بهار، تابستان-پاییز و زمستان) تفکیک کرده است.



نمودار ۳-۴۰: تراکم گونه *Binuclearia lauterbornii* (تعداد میلیون در مترمکعب) در نیم خط‌ها و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

در نمودار ۳-۴۱ تراکم گونه *Stephanodiscus socialis* در نیم خط‌ها و فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر نشان داده است. نتایج نشان داد که در نیم خط بندر انزلی ($330/0 \pm 201/7$ میلیون بر مترمکعب) حداکثر تراکم گونه *S. socialis* در فصل بهار ثبت گردید. در فصول مختلف بین میانگین تراکم گونه *S. socialis* اختلاف معنی داری وجود داشت ($ANOVA, p < 0/05$) و آزمون دانکن چهار فصل را به دو گروه (بهار و تابستان-پاییز-زمستان) تفکیک کرده است.



نمودار ۳-۴۱: تراکم گونه *Stephanodiscus socialis* (تعداد میلیون در مترمکعب) در نیم خط‌ها و فصول مختلف در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

آزمون همبستگی پیرسون بین اجزا تشکیل دهنده نیتروژن معدنی (یون های نیتريت و نترات و آمونیوم) با گونه های غالب در جدول ۳-۱۱ آورده شده است. نتایج نشان می دهد که گونه های غالب در فصل پاییز عموماً با یون های آمونیوم و نترات همبستگی معنی دار داشتند. در حالی که همبستگی معنی دار گونه های غالب با یون نیتريت بصورت موردی در فصول بهار و زمستان بود.

جدول ۳-۱۱: ضرایب همبستگی پیرسون شاخه ها، و گونه های مختلف فیتوپلانکتون با اشکال مختلف ازت در سال و فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

NO ₃ -				NH ₄ +				NO ₂ +			اشکال مختلف ازت		
سال	زمستان	پاییز	تابستان	بهار	سال	زمستان	پاییز	تابستان	بهار	سال	زمستان	بهار	گونه
					۰/۴					۰/۳			<i>Cerataulina pelagica</i>
-۰/۴		-۰/۵			-۰/۲		-۰/۶				-۰/۵		<i>Chaetoceros peruvianus</i>
-۰/۲													<i>Chaetoceros thronsdennii</i>
		-۰/۴								۰/۲		۰/۷	<i>Cyclotella meneghiniana</i>
		۰/۵			۰/۳						-۰/۷		<i>Dactyliosolen fragilissima</i>
	-۰/۵	-۰/۶					۰/۵		۰/۵				<i>Nitzschia acicularis</i>
		-۰/۸			۰/۳		-۰/۷	-۰/۶		۰/۲	-۰/۶		<i>Pseudonitzschia seriata</i>
-۰/۳		-۰/۴					-۰/۶						<i>Thalassionema nitzschioides</i>
	-۰/۷					-۰/۷							<i>Exuviaella cordata</i>
	-۰/۷	-۰/۷				-۰/۵	-۰/۵		۰/۵				<i>Oscillatoria sp.</i>
-۰/۳	-۰/۵		-۰/۵		-۰/۲			-۰/۵					<i>Binuclearia lauterbornii</i>

نتایج مربوط به آزمون همبستگی پیرسون بین نسبت مواد مغذی با گروه های فیتوپلانکتون و گونه های غالب در جدول ۳-۱۲ نشان داده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده، بین N/P با گروه های فیتوپلانکتون و نیز گونه های برتر غالب در فصل تابستان همبستگی معنی دار دیده شد. همبستگی Si/N در فصل پاییز با شاخه باسیلاریوفیتا و گونه های غالب آن و نیز در فصل زمستان با *Pseudonitzschia seriata* معنی دار بود. Si/P نیز تنها در فصل زمستان با شاخه باسیلاریوفیتا و *P. seriata* همبستگی معنی دار نشان داد.

جدول ۳-۱۲: ضرایب همبستگی پیرسون تراکم گروه‌های مختلف فیتوپلانکتون و گونه‌های غالب در هر فصل و نیز کل سال با نسبت مواد مغذی در آب (سال ۱۳۹۲)

زمستان			پاییز			تابستان			بهار			گونه
Si/P	Si/N	N/P	Si/P	Si/N	N/P	Si/P	Si/N	N/P	Si/P	Si/N	N/P	
				۰/۵				۰/۵				کل فیتوپلانکتون
۰/۴				۰/۵				۰/۵				باسیلاریوفیتا
							۰/۷					پیروفیتا
				۰/۵				۰/۶				سیانوفیتا
								۰/۵	۰/۴			کلروفیتا
												<i>Cerataulina pelagica</i>
				۰/۶								<i>Chaetoceros peruvianus</i>
								۰/۵				<i>Chaetoceros thronsenii</i>
												<i>Dactyliosolen fragilissima</i>
												<i>Nitzschia acicularis</i>
۰/۴	۰/۵			۰/۵								<i>Pseudonitzschia seriata</i>
												<i>Stephanodiscus socialis</i>
				۰/۴								<i>Thalassionema nitzschioides</i>
												<i>Exuviaella cordata</i>
												<i>Oscillatoria</i> sp.
								۰/۵				<i>Binuclearia lauterbornii</i>

آنالیز مولفه‌های اصلی (PCA) حاصل از نتایج فصلی و نیز سالانه پارامترهای محیطی و فیزیکوشیمیایی در جدول ۳-۱۳ آورده شده است. در این آنالیز مولفه‌های اصلی بر اساس منحنی سنگریزه ای (Scree plot) و مقدار ویژه (Eigenvalue) بیشتر از واحد، به ۲-۳ مولفه (PC) کاهش یافته‌اند. این جدول نشان می‌دهد که در بررسی سالانه بعنوان فاکتور پراهمیت در مولفه اول قرار گرفت. اما در بررسی‌های فصلی در مولفه‌های بعدی جای گرفت (بجز پاییز). برخلاف بررسی‌های فصلی که غلظت مواد مغذی عموماً در مولفه اول جای داشت. در بررسی سالی، منابع معدنی نیتروژن و فسفر بر خلاف منابع آلی (در مولفه اول) در مولفه دوم دسته بندی شدند. البته فسفر و نیتروژن آلی به ترتیب در مولفه‌های دوم و سوم نیز دارای اهمیت بودند. پارامتر شوری در فصول تابستان و زمستان در مولفه اول ولی در بررسی سالی در مولفه دوم جای داشت.

جدول ۳-۱۳: آزمون مولفه های اصلی پارامترهای محیطی آب در سال و فصول مختلف حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

سال			زمستان			پاییز		تابستان		بهار			فصول
۳	۲	۱	۳	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۳	۲	۱	مولفه ها
۲۲	۲۳	۲۶	۱۸	۱۸	۳۷	۲۳	۳۹	۱۶	۵۸	۲۲	۲۴	۳۳	در صد واریانس
		-۰/۶	۰/۶				۰/۷	۰/۷			۰/۹		دما
	-۰/۶		۰/۶		-۰/۷	۰/۸			۰/۸		-۰/۸		شوری
		۰/۶			-۰/۷		۰/۹		۰/۹		۰/۷		pH
		۰/۸	۰/۴	۰/۴		-۰/۸		-۰/۸				۰/۸	DO
	۰/۸				۰/۹		۰/۶		-۰/۸			۰/۸	DIN
۰/۶		۰/۶		۰/۶	۰/۵		۰/۷		۰/۹			-۰/۸	DON
	۰/۸				۰/۹		۰/۷		-۰/۹	-۰/۸			DIP
	-۰/۴	۰/۷			-۰/۹		-۰/۸		۰/۸			۰/۵	DOP
		-۰/۸		-۰/۶	۰/۶	۰/۷	۰/۲		-۰/۸			۰/۹	DSi

در جدول ۳-۱۴ نتایج حاصل از رگراسیون گام به گام هر یک از مولفه های حاصل از پارامترهای محیطی و گونه های غالب نشان داده شده است. گونه های غالب در فصل بهار (طبق جدول ۳-۷)، با مولفه اول مشارکت داشته اند ولی *Nitzschia acicularis* با مولفه دوم مشارکتی نشان داد. *Stephanodiscus socialis* با مولفه دوم نیز علاوه بر مولفه اول مشارکت داشته است. در بین گونه های غالب فصل تابستان فقط گونه های *Chaetoceros thronsdensei* و *Binuclearia lauterbornii* مشارکت را به ترتیب با مولفه اول و دوم نشان دادند. در فصل پاییز گونه های غالب، *Chaetoceros peruvianus*، *Pseudonitzschia seriata* و *B. lauterbornii* به ترتیب با مولفه های ۱، ۱ و ۲ مشارکت نشان دادند. در فصل زمستان گونه های غالب عمدتاً با مولفه دوم مشارکت نشان دادند و فقط گونه های *N. acicularis* و *Exuviaella cordata* با مولفه اول این ارتباط را نشان دادند. همانطور که از نتایج فصلی نیز استنباط می شود، در بررسی سالانه گونه های غالب عمدتاً "با مولف اول به همراه مولفه ۲ یا ۳ مشارکت را نشان دادند.

جدول ۳-۱۴: ضرایب همبستگی آزمون رگراسیون گام به گام تراکم گونه های غالب فیتوپلانکتون با مولفه های اصلی پارامترهای محیطی حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

کل سال	زمستان			پاییز		تابستان		بهار			مولفه ها گونه ها	
	۳	۲	۱	۳	۲	۱	۲	۱	۳	۲		۱
۰/۳	۰/۴	۰/۵		۰/۶								<i>Cerataulina pelagica</i>
۰/۴		۰/۴					-۰/۶					<i>Chaetoceros peruvianus</i>
	۰/۲	۰/۴										<i>Chaetoceros socialis</i>
-۰/۲		۰/۴					۰/۶					<i>Chaetoceros thronsdensei</i>
		۰/۴								۰/۶		<i>Cyclotella meneghiniana</i>

کل سال	زمستان			پاییز		تابستان		بهار			گونه‌ها	
	۳	۲	۱	۳	۲	۱	۲	۱	۳	۲		۱
		۰/۴	۰/۷	-۰/۵	-۰/۴							<i>Dactyliosolen fragilissima</i>
۰/۳		۰/۳			-۰/۸					۰/۸		<i>Nitzschia acicularis</i>
	۰/۴	۰/۶		-۰/۵			-۰/۶					<i>Pseudonitzschia seriata</i>
	-۰/۵								۰/۷	۰/۵		<i>Stephanodiscus socialis</i>
۰/۴		۰/۴					-۰/۶					<i>Thalassionema nitzschioides</i>
		۰/۳			-۰/۶							<i>Exuviaella cordata</i>
۰/۴		۰/۵								۰/۶		<i>Oscillatoria</i> sp.
۰/۵	۰/۳					-۰/۴		۰/۶				<i>Binuclearia lauterbornii</i>

جدول ۳-۱۵ نتایج همبستگی معنی دار پیرسون بین مواد مغذی رسوب و گونه‌های غالب در همان عمق را نشان می‌دهد. بر اساس این جدول Lo-P، TIN و TON موجود در رسوب در هر دو عمق ۱۰ و ۲۰ متر با تعدادی از گونه‌های غالب موجود در آب همان لایه دارای ارتباط معنی دار بودند. بطوری که ارتباط Lo-P با گونه‌های غالب در فصل بهار و پاییز در عمق ۱۰ متر، و با گونه‌های غالب در فصول پاییز و زمستان در ۲۰ متر معنی دار بود. TIN و TON در هر دو عمق ۱۰ و ۲۰ عمده‌تاً با گونه‌های غالب در فصول پاییز و زمستان همبستگی معنی دار نشان دادند.

جدول ۳-۱۵: نتایج معنی دار از آزمون همبستگی پیرسون بین مواد مغذی رسوب و گونه‌های غالب در لایه عمقی

TON		TIN		Lo-P		مواد مغذی رسوب
۲۰	۱۰	۲۰	۱۰	۲۰	۱۰	عمق (متر)
						فیتوپلانکتون
۰/۷	۰/۷					فیتوپلانکتون کل
۰/۶	۰/۸					باسیلاریوفیتا
					۰/۷	سیانوفیتا
					۰/۸	<i>Chaetoceros peruvianus</i>
۰/۶			۰/۸			<i>Dactyliosolen fragilissima</i>
					۰/۵	<i>Nitzschia acicularis</i>
۰/۷			۰/۸	۰/۸		<i>Pseudonitzschia seriata</i>
		-۰/۶		۰/۸	۰/۸	<i>Thalassionema nitzschioides</i>
		-۰/۶	-۰/۵		۰/۸	<i>Oscillatoria</i> sp.

۴- بحث

سطح تروفیکی براساس شاخص های منفرد پارامترهای محیطی و کلروفیل-a نیز تعیین می گردد (OECD, 1982; Vollenweider and Kereke, 1982). با مقایسه نتایج میانگین داده ها فصول مختلف در جداول ضمیمه ۱ و ۳-۳ می توان دریافت که براساس پارامتر فسفر کل حد آستانه ای^۲ OECD (1982) و Vollenweider and Kerekes (1982) در فصول بهار و تابستان در وضعیت مزوتروف و فصول پاییز و زمستان در حال مزو-یوتروف بود. همچنین براساس میزان کلروفیل-a و شفافیت آب حد آستانه ای OECD (1982) نیز اکوسیستم در وضعیت الیگوتروف و مزوتروف قرار دارد و در برخی فصول به حالت یوتروف (پاییز) نیز قرار گرفت. شایان ذکر است که برای قضاوت در خصوص سطح تروفیکی دریای خزر براساس شاخص های منفرد غیرزیستی، نیاز مند یافته های بدست آمده پارامترهای زیستی می باشد که در قسمت های بعدی با آن پرداخته خواهد شد.

نصراله زاده ساروی و همکاران (۱۳۹۴a) بیان نمودند که اشکال مختلف ازت و فسفر (فسفر قابل دسترس زیستی) در رسوبات بعنوان منابع داخلی (Internal source) یکی از منابعی است که برای رشد گونه های فیتوپلانکتونی در نظر گرفته می شود. ورود منابع داخلی (Internal loading) در دریاچه ها زمانی اتفاق می افتد که شرایط رسوبات دریاچه برای آزاد شدن نیتروژن و فسفر به ستون آب مهیا گردد، که در نتیجه افزایش فسفر (بخصوص فسفر قابل دسترس) و نیتروژن به ستون آبی را بدنبال دارد صرف نظر از ورود منابع خارجی (External loading). Penn و همکاران (2000) بیان نمودند که ۸۰ درصد از فسفر ورودی به دریاچه ها تحت شرایط خاص از منابع داخلی آن دریاچه تامین می گردد. غالباً، ذخیره فسفر در رسوبات دریاچه های یوتروف ۱۰۰ برابر بیش از ستون آب است و فسفر توانایی خروج از عمق ۲۰ سانتیمتری رسوبات را دارد (Sondergaard *et al.*, 1992). Sudo و Hosomi (1992) گزارش کردند که در عمق ۳ سانتیمتر رسوبات سطحی بیشترین فسفر فعال در چرخه فسفر را شامل می شود.

بررسی اشکال مختلف فسفر و ازت در رسوبات اطلاعات مفیدی در مورد منشاء فسفر، آلودگی های صنعتی و کشاورزی، فرایندهای بیولوژیکی و شیمیایی آن در اختیار ما قرار می دهد. علاوه بر آن آگاهی از میزان فسفر و ازت به عنوان مهم ترین مواد مغذی، ما را در درک بهتر پدیده یوتریفیکاسیون یاری می دهد. غلظت فسفر قابل دسترس رسوبات (Bioavailable-P) در اصل مجموع سه فرمهای فسفر جذب سطحی، آهن و آلومینیم می باشد که در این بخش هر کدام بطور خلاصه بررسی می شوند. بین سه فرم فسفر قابل دسترس، فقط فسفر جذب سطحی (Loosely-P) یا فسفر قابل مبادله می تواند به طور مستقیم توسط موجودات زنده دریایی استفاده شود. هر چند دیگر فرم های فسفر نیز با تبدیل به این فرم فسفر می توانند در دسترس جانداران دریایی قرار بگیرند.

² OECD= Organization for Economic Cooperation and Development

نتایج حاصل از نمونه برداری طی ماه‌های مربوط به آبان، دی، بهمن و اسفند در سال ۱۳۹۱ در دریای خزر نشان داد که افزایش تراکم گونه‌های سرمادوست و بخصوص *Pseudonitzschia seriata* (دارای رشد و تکثیر شدید و تهاجمی) از اوایل فصل زمستان شروع می‌شود (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۳). این رویداد از نیمه دوم دهه ۱۳۸۰ (شمسی) که گونه‌های مضر جلبکی در این اکوسیستم افزایش یافتند، اثر شدیدی بر تغییر الگوی فصلی تراکم جلبک در دریای خزر گذاشت. پیش از آن در دهه ۱۳۷۰ تراکم فیتوپلانکتون عموماً "دارای دو حداکثر بهار و پاییز و دو حداقل تابستان و زمستان بود (Nasrollahzadeh et al., 2014). لذا افزایش تراکم جلبکی در زمستان بیانگر افزایش مصرف فسفر آزاد شده توسط این گروه است و در نتیجه مقدار کمتری در رسوبات ته‌نشین می‌شود (Nasrollahzadeh, 2008). میزان انتشار فسفر جذب سطحی، به غلظت فسفات ستون آبی و همچنین سایر شرایط محیطی مانند دما و شوری آب بستگی دارد (Zhang and Huang, 2011). همانطوریکه جدول ۳-۵ نشان می‌دهد نسبت فسفر معدنی رسوبات دریای خزر به فسفر معدنی آب عمقی در محدوده ۶۰۰۰ تا ۷۶۰۰ بوده است که بیانگر شرایط مناسب برای انتقال فسفر معدنی از رسوبات به ستون آب است. زیرا غلظت فسفر در رسوبات خیلی بیشتر از ستون آب است و طبق قانون انتشار ترکیبات از محیطی با غلظت بیشتر به محیطی با غلظت کمتر انتقال داده می‌شود. Zhang و Huang (2011) گزارش کردند در خلیج فلوریدا تبادل فسفر جذب سطحی (Loosely-P) با ستون آب (Sediment-water exchange of P) با افزایش دما و کاهش شوری افزایش می‌یابد. نتایج آزمون مولفه اصلی (PCA) و سه متغیر فسفر جذب سطحی، دما و شوری نشان داد که با واریانس ۶۰ درصد متغیرها بار عاملی جذب سطحی، دما و شوری به ترتیب برابر ۰/۵۴، ۰/۸۵ و ۰/۷۹- در مولفه اول بدست آمده است که منطبق بر نتایج تحقیق خلیج فلوریدا بوده است یعنی با افزایش دما و کاهش شوری سبب افزایش جذب این نوع فسفر شده است. همچنین حداقل میانگین فسفر جذب سطحی در فصل زمستان (۴/۸۲±۰/۸۳) با حداقل دما بدست آمده است که با نتایج فوق مشابه بوده است. اگرچه در تابستان شوری و دما افزایش نشان می‌دهد ولی با توجه به اینکه شوری بغیر از نوار ساحلی دارای تغییراتی کمی می‌باشد بنابراین نقش دما در جذب و رهاسازی فسفر جذب سطحی بیشتر نمود پیدا می‌کند.

فسفر قابل دسترسی غالباً فسفر متصل به اکسیدهای منگنز و به میزان بسیار زیادی فسفر متصل به اکسیدهای آهن (Fe-P) است. بطوریکه نتایج این تحقیق نشان داد که میانگین سالانه فسفر متصل به آهن (Fe-P) ده برابر فسفر جذب سطحی (Loosely-P) و سه برابر فسفر متصل به آلومینیم (Al-P) بوده است. دو عامل میزان اکسیژن و پتانسیل اکسیداسیون و احیاء در آزاد سازی فسفر متصل به آهن نقش آفرین می‌باشند (Abel Shilla, et al., 2009); (Chang and Jackson, 1957). در فصول مختلف داده‌های اکسیژن محلول در اعماق مورد بررسی این مطالعه تغییرات زیادی را نشان نداده است. نتایج آزمون همبستگی پیرسون نیز نشان داد که بین غلظت اکسیژن محلول و فسفر متصل به آهن رابطه معنی داری وجود ندارد به بیان دیگر اثر تغییرات اکسیژن محلول بر میزان رهاسازی فسفر متصل به آهن مشهود نمی‌باشد. فاکتور بعدی که در رهاسازی فسفر متصل به آهن نقش دارد پتانسیل

اکسیداسیون و احیاء (Eh) می باشد. در مطالعه حاضر میانگین پتانسیل احیایی کمتر از ۲۰۰ میلی ولت می باشد بنابراین نقش پررنگ این فاکتور در رهاسازی فسفر متصل به آهن در رسوبات دریای خزر را نشان می دهد. به طور کلی رسوبات نرم تر به علت بیشتر بودن نسبت سطح به حجم خود نسبت به رسوبات سخت تر قابلیت بیشتری برای جذب آلودگی های محیطی دارند (De Mora et al., 2004). رسوبات مناطق جنوب شرقی دریای خزر را رسوباتی تشکیل می دهند که بیشتر آهنی هستند. در حالیکه رسوبات بخش جنوب غربی و مرکزی به میزان بیشتری رسی و کمتر آهنی هستند (موسوی، ۱۳۸۰). در نتیجه فسفر متصل به آهن در نواحی غربی و مرکزی بیش از ناحیه شرقی شده است ($P < 0.05$)، به بیان دیگر تمایل این فرم از فسفر به رسوبات رسی بیش از آهنی است. شایان ذکر است که پدیده شکوفایی جلبکی (*Nodularia spumigena*) در جنوب دریای خزر در مناطق غربی و مرکزی اتفاق افتاده است (Nasrollahzadeh et al., 2011) و Soloviev (2005) عنوان نمود که شکوفایی این گونه در محیط های دارای فسفر مناسب رخ می دهد. نتایج این تحقیق نیز نشان داد که در رسوبات این مناطق میزان فسفر متصل به آهن بیشتر از سایر مناطق بود.

غالباً میزان فسفر متصل به آلومینیوم (Al-P) تحت تاثیر pH محیط قرار دارد. زمانی که pH بالاتر رود یون های هیدروکسید با رقابت با یون های فسفات جایگزین آنها شده و در نتیجه فسفات از رسوبات آزاد می شود. این پدیده را می توان به کمک pH ایزوالکتریک^۳ توجه کرد. محدوده pH برای هیدروکسیدهای فلزی مانند آهن و آلومینیوم حدود ۸-۹ است. بنابراین در pH کمتر بدلیل اینکه این ذرات حاوی بار مثبت هستند، گونه های با بار منفی مانند فسفات را به خود جذب می کنند و در pH بالاتر عکس این حالت رخ می دهد (Duan and Gregory, 2003). این شکل از فسفر به همراه برخی فرم های دیگر، فسفر قابل دسترس زیستی را تشکیل می دهند که برای رشد گونه های فیتوپلانکتونی لازم و حیاتی است. نتایج این تحقیق نشان داد که میزان pH در رسوبات از ۸/۰۴ در فصل پائیز تا ۸/۲۸ در فصل تابستان متغیر بود. بنابراین این فرم از فسفر نیز با توجه به بالا بودن pH دریای خزر می توانند به ستون آبی منتقل گردند. ضریب همبستگی منفی میان فسفر متصل به آلومینیوم و pH ($r = -0.31; P < 0.05$) و همچنین ضریب همبستگی منفی میان فسفر متصل به آهن و pH ($r = -0.30; P < 0.05$)، نشان دهنده وجود ارتباط معنی دار میان آنها است که نتایج بالا را تایید می نماید. در میان فرم های مختلف طبیعی اکسی-هیدروکسی آهن بیشترین ظرفیت جذب را با فسفر دارا هستند (Berner, 1973). در تحقیق حاضر این نوع از فسفر ۲/۷٪ را بخود اختصاص داده است. از سویی با ایجاد لایه های حرارتی در فصل تابستان و میزان کم اکسیژن محلول در این لایه، Fe-P قادر است که از طریق میکروارگانیزم های دریایی به ستون آب آزاد شود.

نتایج مربوط به فرم های مختلف ازت در رسوبات سطحی نشان داد که فرم آلی (دو برابر) بیش از فرم معدنی بوده است و همچنین در بین فرم های معدنی ازت آمونیمی تقریباً سه برابر ازت نیتراتی بوده است. با در نظر گرفتن نسبت فرم های مختلف ازت در رسوبات به آب عمقی می توان دریافت که انتقال ازت معدنی نسبت به ازت آلی

^۱Isoelectric pH

بیشتر صورت می‌گیرد. همچنین نسبت های بالای ازت آمونیمی نشان می‌دهد که انتقال ازت آمونیمی نسبت به ازت نیتراتی از رسوبات به آب بیشتر انجام می‌شود.

بر اساس نتایج بدست آمده عموماً "گونه های برتر غالب (در فصل بهار شامل *Stephanodiscus socialis*، *Nitzschia acicularis* و *Oscillatoria sp.*، در فصل تابستان *Binuclearia lauterbornii* و *Chaetoceros thronsdensei*، در فصل پاییز *Thalassionema nitzschioides*، *Pseudonitzschia seriata*، *Binuclearia lauterbornii* و *Chaetoceros peruvianus*، در فصل زمستان *Pseudonitzschia seriata*، *Dactyliosolen fragilissima*، *Exuviaella cordata* و *Cerataulina pelagica* همبستگی معنی داری را با فاکتورهای محیطی نشان دادند و سایر گونه های غالب همبستگی معنی دار نشان ندادند. قرار گرفتن دما در مولفه اول بررسی سالی (جدول ۳-۱۱) و سپس ارتباط معنی دار با عمده گونه های غالب (در رگراسیون گام به گام) بیانگر اهمیت فاکتور محیطی دما در تعیین خواص فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی دریای خزر در طی سال می باشد. اما به نظر می رسد که تغییرات دما در نقاط مختلف دریای خزر (حوزه مورد مطالعه) در هر فصل در محدوده نیازهای گونه های غالب بوده است و لذا در مقایسه با مواد مغذی، اهمیت کمتری را دارا بود (غالباً در مولفه اول نبود، جدول ۳-۱۲). البته در گذار بودن شرایط محیط در فصل پاییز احتمالاً "سبب گردیده تا دما در این فصل نیز از فاکتورهای با اهمیت در بین پارامترهای محیطی و تعیین بعضی گونه های غالب فیتوپلانکتون محسوب شود. برای بعضی از گونه ها از قبیل *Binuclearia lauterbornii* فاکتور محیطی دما (هم در بررسی سالانه و هم فصلی) در مقایسه با سایر پارامترهای محیطی از جمله مواد مغذی و شوری از اهمیت کمتری برخوردار بود. از نتایج بدست آمده از تغییرات مواد مغذی معدنی و نیز گونه های غالب در بین نیم خط ها و نتایج بدست آمده از رگراسیون گام به گام می توان استنتاج نمود که مواد مغذی معدنی بخصوص نیتروژن معدنی در بندر انزلی بیشتر از سایر نیم خط ها بر تغییرات تراکم گونه های غالب اثر گذاشت لذا گونه های *Dactyliosolen fragilissima*، *Stephanodiscus socialis*، *Pseudonitzschia seriata* که حداکثر میانگین تراکم را در بندر انزلی بدست آوردند در رگراسیون گام به گام نیز با مولف دوم (آنالیز سالانه) شامل مواد مغذی معدنی همبستگی معنی دار نشان دادند. Bagheri و همکاران (۲۰۱۴) نیز بیان نمودند که بخش غربی دریای خزر بشدت تحت تاثیر جریانات آب شیرین از تالاب انزلی قرار دارد. از اوایل سال ۲۰۰۰ افزایش کود کشاورزی و تخریب جنگل ها سبب افزایش میزان مواد مغذی رودخانه ها که نهایتاً "سبب افزایش تراکم فیتوپلانکتون شد. افزایش فعالیت های آنتروپوژنیکی غلظت مواد آلی را در مرداب انزلی افزایش داد (Bageri et al., 2014)، چنانکه در این مطالعه نیز همبستگی معنی دار بین مولفه شامل مواد مغذی آلی و گونه های غالب (رگراسیون گام به گام) بخصوص در بررسی سالانه (جدول ۳-۱۲) مشاهده شد. در این جدول همبستگی منفی (رابطه معکوس) بین غلظت مواد مغذی و گونه غالب (بعنوان مثال بین *Thalassionema nitzschioides* و مولفه اول شامل مواد مغذی در فصل پاییز) می تواند ناشی از مصرف مواد مغذی توسط گونه مورد نظر و همبستگی مثبت (رابطه مستقیم) بیانگر نقش افزایشی مواد مغذی بر افزایش تراکم گونه غالب باشد (جدول ۳-۱۲، بررسی سالانه

گونه های غالب و مولفه های پارامترهای محیطی). ارتباط گونه ها با پارامترهای محیطی در همه فصول الزاما تابع یک الگوی معین نبود. در واقع مقادیر فصلی هر یک از پارامترها و نیز برآیندی از پارامترهای مختلف، میزان و نوع همبستگی ها را تعیین نمود. چنانکه *Binuclearia lauterbornii* در فصل تابستان با شوری همبستگی مثبت نشان داد ولی در پاییز این همبستگی معکوس بود. در همین راستا Aladin و همکاران (۲۰۰۴) بیان نمودند که مثلاً افزایش گونه های خاص در فصل تابستان در حوزه جنوبی دریای خزر ناشی از ترکیب مناسب بالا بودن درجه حرارت و جریانات قاره ای است. تغییرات تراکم، ترکیب گونه ای و اندازه گونه های فیتوپلانکتون بستگی زیادی به تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای محیطی دارد. ضمن آن که تجمع فیتوپلانکتونی نیز به نوبه خود بر خواص ژئوشیمی، فیزیکوشیمیایی، سطح تروفیکی و اکولوژی محیط (Zingone et al., 2010). بخصوص به هنگام شکوفایی جلبکی (Schmidt and Schaechter, 2011) اثر می گذارد.

بررسی فصل بهار در این مطالعه نشان داد که غلظت مواد مغذی بخصوص منابع معدنی نیتروژن و نیز سیلیس محلول در آب برای گونه غالب در شاخه باسیلاریوفیتا (*Stephanodiscus socialis*) با محتویات سیلیسی pmol/cell ۰/۸۱ (Conley and Kilham, 1989) و نسبت سطح به حجم ۰/۶۱ (نصراله زاده و همکاران، ۱۳۹۱) اهمیت بالایی در مقایسه با شوری و دما داشت (جدول ۳-۱۲). در حالی که در تابستان با وجود همبستگی بین گونه های غالب در فصل تابستان با N/P (جدول ۳-۱۰)، برای گونه غالب *Chaetoceros thronsdonii* (باسیلاریوفیتا) با محتویات سیلیسی pmol/cell ۰/۰۳ (Conley and Kilham, 1989) و نسبت سطح به حجم ۲-۱/۵ (نصراله زاده و همکاران، ۱۳۹۱)، دما نقش مهم تری را در تعیین تراکم آن نشان داد (جدول ۳-۱۲). در پاییز برای گونه های غالب در شاخه باسیلاریوفیتا (*Thalassionema nitzschioides* و *Pseudonitzschia seriata*) هر دو عامل یعنی مواد مغذی (منابع نیتروژنی، فسفری و سیلیسی) و دما، اهمیت تقریباً یکسانی داشتند. ولی در زمستان برای گونه های غالب در شاخه باسیلاریوفیتا یعنی *Pseudonitzschia seriata*، *Dactyliosolen fragilissima* و *Cerataulina pelagica*، منابع آلی نیتروژن و نیز سیلیس محلول اهمیت بیشتری را همراه با تغییرات تراکم آن ها داشتند. به این ترتیب مجموعی از عوامل از قبیل نوع گونه غالب و نیازهای نوتریتی و محیطی آن، محتویات سیلیسی هر گونه و نهایتاً تراکم ایجاد شده از گونه نقش تعیین کننده ای در اهمیت بخشیدن به نوع ماده مغذی و محیطی داشت. بعنوان مثال با آن که محتویات سیلیسی هر سلول *Pseudonitzschia seriata*، *Stephanodiscus socialis* و *Nitzschia acicularis* تقریباً یکسان است (۰/۸ pmol/cell) (Conley and Kilham, 1989) ولی مجموع میانگین محتویات سیلیسی *Pseudonitzschia seriata* بعنوان گونه غالب در فصل زمستان حدوداً ۳ برابر مجموع محتویات سیلیسی گونه های غالب در فصل بهار (*Stephanodiscus socialis* و *Nitzschia acicularis*) (Conley and Kilham, 1989) بوده است، زیرا میانگین تراکم *Pseudonitzschia seriata* در فصل زمستان (290 ± 30 میلیون سلول در مترمکعب) حدوداً ۳ برابر مجموع میانگین تراکم *Stephanodiscus socialis* و *Nitzschia acicularis* در فصل بهار بود. به طور کلی اگرچه سطح تروفیکی آب در پاییز و زمستان (مزو-یوتروف) بیش از بهار و تابستان (مزوتروف) بود ولی

افزایش جنس *Stephanodiscus* (بخصوص در نیم خط انزلی) بیانگر غنی بودن آب از مواد مغذی (Reynold, 2006) در فصل بهار نیز می باشد. نیتروژن و فسفر هر دو عامل مهم در رشد جلبکی هستند، اما نسبت آن‌ها و نیز تغییر میزان سیلیس می تواند بر ترکیب و تجمع گروه های جلبکی اثر بگذارد (Ozsoy and Mikaelyan, 1997). گفته شده است که بعد از شکوفایی بهاره از دیاتومه‌ها و مصرف سیلیس، بازگشت سیلیس به آب ممکن است طول بکشد لذا در تابستان گونه های دیاتومه‌ای با محتویات سیلیس کم تر و گروه های دیگر از فیتوپلانکتون جایگزین می گردند (Liu et al., 2013). ممکن است یکی از دلایل غالیته *Binuclearia lauterbornii* از شاخه کلروفیتا به همراه *Chaetoceros throndsenii* با محتویات سیلیسی کم (0.03 pmol/cell) در فصل تابستان از مطالعه حاضر (۱۳۹۲) به این دلیل باشد. بخصوص آن که در این مطالعه نمونه برداری در مناطق چندان عمیق (حداکثر عمق ۲۰ متر) انجام نشد و در نتیجه لایه بندی حرارتی و در نتیجه محدودیت مواد مغذی در لایه های بالایی در محدوده مناطق نمونه برداری مشاهده نشد.

افزایش تراکم *Thalassionema nitzschioides* با منبع آمونیمی ارتباط دارد و همراه با افزایش Si/N افزایش می یابد (Reynold, 2006). در فصل پاییز از مطالعه حاضر نیز تراکم بالای باسیلاریوفیتا و *Thalassionema nitzschioides* همراه با مصرف سیلیس (جدول ۳-۱۲) و آمونیوم (جدول ۳-۹) و نیز همبستگی معنی دار آن‌ها با Si/N (جدول ۳-۱۰) مشخص گردید. مصرف زیاد سیلیس در فصل پاییز و نیز بدنبال آن در فصل زمستان (بدلیل تراکم شدید باسیلاریوفیتا و گونه های غالب آن) احتمالاً موجب کاهش شدید سیلیس محلول، در فصل زمستان (نمودار ۳-۱۲) شد و برای نخستین بار شرایط با محدودیت سیلیسی (نمودار ۳-۱۶) را در این فصل سبب گردید. مطالعات محققین دیگر نشان داده است که پتانسیل شکوفایی بعضی از دیاتومه ها از قبیل *Cerataulina pelagica* (یکی از گونه های غالب در فصل زمستان مطالعه حاضر) آنقدر زیاد است که سیلیس موجود در محیط را تا حد تخلیه کامل می توانند مورد استفاده قرار دهند. پس از این مرحله و حاکم شدن شرایط ناشی از محدودیت مواد مغذی (بخصوص در محیط غنی از نیتروژن و محدودیت سیلیس و فسفر)، شکست شکوفایی صورت می گیرد و احتمال سقوط فیتوپلانکتون افزایش می یابد. ضمن آنکه میزان قابل توجهی موکوس های مترشحه (شامل آمونیوم و ترکیبات آلی نیتروژن و فسفر) از دیاتومه های در حال سقوط نیز به آب افزوده می شود (Lorrain et al., 2000). افزایش غالب مواد مغذی آلی اعم از نیتروژنی و فسفوری و نیز آمونیوم در فصل زمستان نسبت به سایر فصول (مطالعه حاضر)، علاوه بر افزایش در اثر اختلاط آب ممکن است به این دلیل باشد.

نکته قابل توجه کاهش تراکم *Chaetoceros peruvianus* در سال مورد مطالعه (۱۳۹۲) نسبت به سال های پیشین (۱۳۸۷-۱۳۸۹) است. این گونه برای نخستین بار به عنوان یکی از گونه های مضر و جدید در سال ۱۳۸۷ در حوزه ایرانی دریای خزر گزارش گردید (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۰). درصد تراکم *Chaetoceros peruvianus* به فیتوپلانکتون کل، از سال ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹ به ترتیب از $4/2$ به $0/2$ (نصراله زاده و همکاران، ۱۳۸۹c) و در مطالعه حاضر (۱۳۹۲) به $0/01$ کاهش یافت. کاهش میانگین غلظت سیلیس از $0/13 \pm 7/34$ در سال ۱۳۸۷ به

۰/۲۶ μ M \pm ۶/۷۸ در سال ۱۳۹۲ (مطالعه حاضر) شاید یکی از عوامل موثر بر کاهش این گونه ی غیربومی بوده است. این گونه با محتویات سیلیسی بالا (۷/۳ pmol/cell) (Conley and Kilham, 1989)، برای رشد و تکثیر نیاز بالایی به سیلیس محلول در آب دارد. ضمن آن که بر اساس بیان Reynold (۲۰۰۶) اگرچه ممکن است عوامل مختلف سبب غالب شدن گونه های غیر بومی گردند ولی در شرایط یکسان افزایش گونه های بومی بر آنها غلبه می کند (افزایش زیاد *Thalassionema nitzschioides* نسبت به *Chaetoceros peruvianus* در فصل پاییز در مطالعه حاضر). در پی اغتشاشات بیولوژیکی و اکولوژیکی روی داده در سال های اخیر (نصراله زاده ساروی و همکاران، ۱۳۹۱، نصراله زاده ساروی و همکاران، ۱۳۹۴b)، افزایش مجدد *Thalassionema nitzschioides* در فصل پاییز بعنوان گونه ساکن و دارای ارزش غذایی (پورغلام، ۱۳۷۴) یک جنبه مثبت از وضعیت اکوسیستم دریای خزر می باشد. ولی از سوی دیگر افزایش توزیع زمانی و مکانی *Pseudonitzschia* همچنان سلامت اکوسیستم دریای خزر را از جنبه های مختلف از جمله وقوع شکوفایی تهدید می کند. *Pseudonitzschia seriata* توان تولید سم نورو توکسین (Domoic Acid) را دارد. این سم در صورت انباشتگی، می تواند سبب بیماری و مرگ در پستانداران و پرندگان دریایی و نیز انسان گردد (Bates et al., 1989; Gulland et al., 2002). بررسی نتایج مطالعه حاضر نشان داد که *Pseudonitzschia seriata* در فصول گرم تر یعنی بهار و تابستان حضور خود را (با تراکم کم تر) حفظ نمود، تا آن که با رسیدن پاییز و زمستان (کاهش دما) و فراهم شدن اپتیمم شرایط محیطی، رشد و تکثیر آن بشدت افزایش یافت. در مطالعات پیشین سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر با تراکم بسیار پایین و در منطقه محدودی از سواحل خزر در استان گیلان و در فصل بهار (سال ۷۴-۱۳۷۳) حضورداشت (پورغلام، ۱۳۷۴) ولی در سال ۱۳۸۳ بر گسترش مکانی آن تا سواحل استان گلستان نیز افزوده شد و عمدتاً در فصل زمستان مشاهده گردید (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۰). تا آن که همراه با افزایش توزیع مکانی این گونه در مطالعات سال های ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ (فارابی و همکاران، ۱۳۸۸، نصراله زاده ساروی و همکاران، ۱۳۹۱)، در سال ۱۳۸۹، عدم حضور آن در بعضی از فصول کاملاً منتفی گردید (نصراله زاده ساروی و همکاران، ۱۳۹۴c). افزایش مصرف کودهای کشاورزی از عوامل موثر بر افزایش تراکم *Pseudonitzschia seriata* محسوب می شود (Bates and Strain, 2006).

درصد گل و لای و نیز مواد آلی در رسوبات عموماً از عمق ۱۰ به ۲۰ متر افزایش می یابد (نصراله زاده ساروی و همکاران، ۱۳۹۱) و این امر با افزایش قابل توجهی از مواد مغذی بخصوص نیتروژن و فسفر همراه می باشد (Liu et al., 2013; Luo et al., 2013). شرایط مناسب محیطی (دما)، هیدرولوژیکی (جریانات و تلاطمات عمودی)، زمین شناسی (زلزله) و سیلاب ها از عوامل موثر بر افزایش مواد مغذی رسوب و یا ورود آنها به بدنه آبی محسوب می شوند (Samadi et al., 2013; پورغلام، ۱۳۷۴; آگاه، ۱۳۹۳; Luo et al., 2013). مطالعه حاضر همبستگی مثبت بالایی را بین تراکم گونه های غالب با مواد مغذی رسوب در بیشتر فصول سال ۱۳۹۲ نشان داد. این امر نشان می دهد که گونه های غالب حتی در صورت محدودیت نیتروژنی و فسفوری در آب قادرند که مواد مورد نیاز خود را

از رسوبات نیز تامین کنند. مشابه این نتایج در مطالعه Yang و همکاران (۲۰۱۰) نیز بدست آمد. آن‌ها نشان دادند که فسفر موجود در رسوب می‌تواند به عنوان منبع داخلی، مواد مغذی آب روی رسوب را تامین کند و موجب افزایش زی‌توده جلبکی و کلروفیل شود. چنانکه در مطالعه Luo و همکاران (2013) بین فسفر قابل دسترس برای موجودات زنده و نیز نیتروژن کل در رسوبات با کلروفیل همبستگی بالایی ($R=0.7$) بدست آمد. مطالعه رسوبات در دریای زرد (چین) نیز نشان داد که مواد مغذی در رسوبات منطقه بشدت بر اثر فعالیت کشاورزی و فعالیت های آبرزی پروری و نیز سایر فعالیت های آنتروپوژنیک از قبیل تخلیه فاضلاب ها افزایش یافت (Liu et al., 2013). لذا تخلیه فاضلاب ها و یا سایر فعالیت های آنتروپوژنیک در ارتباط با محیط‌های آبی علاوه بر اثرات کوتاه مدت و افزایش مواد مغذی آب با ورود به رسوبات و اثرات دراز مدت نقش منفی بر اکوسیستم آبی می‌گذارد که نهایتاً با افزایش تراکم جلبک ها و احتمالاً "شکوفایی بروز خواهد کرد" (Xu et al., 2010; Paerl et al., 2005; Guilford et al., 2010). بخصوص آن که در مطالعه حاضر، بالاتر بودن غلظت فرمهای مختلف فسفر و ازت در رسوبات نسبت به آب عمقی، شرایط انتقال فسفر و ازت معدنی را از رسوبات به آب در شرایط مساعد فراهم می‌کند.

در هر اکوسیستم، شکوفایی بعضی از گونه های فیتوپلانکتونی تحت تاثیر سیکل زندگی و جایگزینی فصلی امری طبیعی است که تحت تاثیر سایر عوامل طبیعی موجود در اکوسیستم متعادل می‌گردد. شکوفایی غیرمعمول عمدتاً بر اثر آلودگی مواد مغذی (ورود مقادیر بالایی از نیتروژن و فسفر به اکوسیستم آبی) روی می‌دهد (Sutton et al., 2013). افزایش شدید تراکم در گونه های مضر، سمی و جدید تحت تاثیر شرایط غیر معمول در اکوسیستم (اعم از عناصر زنده و غیرزنده) و یا خارج از آن، ممکن است با ایجاد اختلال در سطوح مختلف تروفیکی همراه گردد. روش های مختلفی توسط محققین برای بررسی تراکم گونه ها و تعیین وقوع یا عدم وقوع شکوفایی صورت گرفته است که به سه روش اشاره می‌شود:

۱- Anderson و همکاران (2010) در خلیج Chesapeake حدود تراکم شکوفایی را به سه گروه کم تراکم، تراکم متوسط و پر تراکم تقسیم نمودند بطوری که تعداد سلول ها در هر یک از گروه های ۱ تا ۳ به ترتیب ۱۰۰-۱۰، ۱۰۰۰-۱۰۰ و ≥ 1000 عدد در میلی لیتر گردید. با توجه به این تقسیم بندی در سال ۱۳۹۲ (مطالعه حاضر)، تراکم ۳۲ گونه در بررسی و مشاهده میکروسکوپی نمونه های آب، به حد نصاب تقسیم بندی فوق رسید. در جدول ۴-۱ نام گونه ها در هر یک از گروه های ۱ تا ۳ آمده است.

*گونه															نیم خط	عمق (متر)	لایه (متر)	فصل
۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱				
											■				تنکابن	۱۰	۱۰	بهار
		■	■				■								تنکابن	۲۰	۲۰	بهار
								■		■					نوشهر	۵	۰	بهار
		■	■												نوشهر	۲۰	۲۰	بهار
				■											انزلی	۵	۰	تابستان
				■											انزلی	۲۰	۰	تابستان
■															تنکابن	۵	۰	تابستان
				■							■				تنکابن	۱۰	۱۰	تابستان
■				■											تنکابن	۲۰	۱۰	تابستان
■				■						■					امیرآباد	۵	۰	تابستان
■											■				امیرآباد	۱۰	۰	تابستان
■															امیرآباد	۲۰	۰	تابستان
■															امیرآباد	۲۰	۱۰	تابستان
■															امیرآباد	۲۰	۲۰	تابستان
				■											انزلی	۵	۰	پاییز
				■											انزلی	۱۰	۰	پاییز
■						■									انزلی	۱۰	۱۰	پاییز
■															انزلی	۲۰	۰	پاییز
															انزلی	۲۰	۱۰	پاییز
															انزلی	۲۰	۲۰	پاییز
■															تنکابن	۵	۰	پاییز
■	■														تنکابن	۱۰	۰	پاییز
															تنکابن	۱۰	۱۰	پاییز
■	■											■			تنکابن	۲۰	۰	پاییز
	■									■		■			تنکابن	۲۰	۱۰	پاییز
															تنکابن	۲۰	۲۰	پاییز
■											■				نوشهر	۵	۰	پاییز
■											■				نوشهر	۱۰	۰	پاییز
								■			■				نوشهر	۱۰	۱۰	پاییز
															نوشهر	۲۰	۰	پاییز
■	■							■	■						نوشهر	۲۰	۱۰	پاییز
	■												■		امیرآباد	۵	۰	پاییز
■	■				■			■				■			امیرآباد	۱۰	۰	پاییز
	■				■								■		امیرآباد	۱۰	۱۰	پاییز

*گونه															نیم خط	عمق (متر)	لایه (متر)	فصل
۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱				
■	■			■			■		■				■		امیرآباد	۲۰	۰	پاییز
	■			■			■	■		■					امیرآباد	۲۰	۱۰	پاییز
				■			■						■		امیرآباد	۲۰	۲۰	پاییز
			■				■			■					انزلی	۵	۰	زمستان
■		■	■				■		■						انزلی	۱۰	۰	زمستان
							■		■						انزلی	۱۰	۱۰	زمستان
			■				■		■						انزلی	۲۰	۰	زمستان
			■	■			■		■						انزلی	۲۰	۱۰	زمستان
							■		■	■					انزلی	۲۰	۲۰	زمستان
			■	■			■		■					■	تنکابن	۵	۰	زمستان
				■			■		■						تنکابن	۱۰	۰	زمستان
				■			■		■						تنکابن	۱۰	۱۰	زمستان
				■			■		■						تنکابن	۲۰	۰	زمستان
							■		■					■	تنکابن	۲۰	۱۰	زمستان
							■		■						تنکابن	۲۰	۲۰	زمستان
			■	■			■		■						نوشهر	۵	۰	زمستان
				■			■		■						نوشهر	۱۰	۰	زمستان
			■	■			■		■					■	نوشهر	۱۰	۱۰	زمستان
				■			■		■						نوشهر	۲۰	۰	زمستان
				■			■		■						نوشهر	۲۰	۱۰	زمستان
				■			■		■						نوشهر	۲۰	۲۰	زمستان
■							■		■				■		امیرآباد	۵	۰	زمستان
				■			■		■						امیرآباد	۱۰	۰	زمستان
			■				■		■						امیرآباد	۱۰	۱۰	زمستان
			■				■		■						امیرآباد	۲۰	۰	زمستان
							■		■						امیرآباد	۲۰	۱۰	زمستان
							■		■					■	امیرآباد	۲۰	۲۰	زمستان

مشکی: کم تراکم، هاشور مورب: متوسط تراکم، هاشور مشبک: پر تراکم

۱: *Cerataulina pelagica* * ۲: *Chaetoceros peruvianus* ۳: *Chaetoceros socialis* ۴: *Chaetoceros thronsdennii* ۵: *Cyclotella meneghiniana* ۶: *Dactyliosolen fragilissima* ۷: *Nitzschia acicularis* ۸: *Pseudonitzschia seriata* ۹: *Skeletonema costatum* ۱۰: *Stephenodiscos socialis* ۱۱: *Thalassionema nitzschioides* ۱۲: *Exuviaella cordata* ۱۳: *Prorocentrum proximum* ۱۴: *Oscillatoria* sp. ۱۵: *Binuclearia lauterbornii*

۱- تعدادی از گونه های فوق از قبیل *Thalassionema nitzschioides* و *Binuclearia lauterbornii* بومی و ساکن دریای خزر محسوب می گردند. *Dactyliosolen fragilissima* نیز بدلیل رابطه معکوسی که تراکم آن با گونه دارای ارزش غذایی یعنی *Pseudosolenia calcar-avis* دارای اهمیت می گردد.

۲- Chorus and Bartram (۱۹۹۹) برای گونه های سیانوفیته، تراکم ۲۰۰ سلول در میلی لیتر را نشانه های اولیه شکوفایی بیان نمودند. در مطالعه حاضر فقط *Oscillatoria* sp. حداکثر تراکم ۱۸۰ معادل سلول در میلی لیتر را در یکی از نمونه های آب مربوط به فصل بهار، نیم خط انزلی (لایه سطحی از عمق ۱۰ متر)، دارا گردید که بسیار نزدیک به محدوده فوق بود. تراکم رشته های *Nodularia spumigena* (از شاخه سیانوفیته) در سال های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۸ به هنگام شکوفایی در دریای خزر به ترتیب ۱۱۲۰۰۰ و ۵۸۳۰ عدد در میلی لیتر گزارش شد.

۳- در طبقه بندی انجام شده توسط Revilla و همکاران (۲۰۰۹)، چنانچه تراکم فیتوپلانکتون کل و مجموع تراکم شاخه های باسیلاریوفیته و پیروفیته در نمونه ای به ترتیب به ۷۵۰ و ۵۰۰ میلیون سلول در مترمکعب برسد، به عنوان شکوفایی محسوب می شود. بنابراین در مطالعه حاضر بر اساس فیتوپلانکتون کل ۵ نمونه آب و بر اساس شاخه های باسیلاریوفیته و پیروفیته ۱۳ نمونه آب دارای تراکم در حد شکوفایی بوده اند. مشخصات زمانی و مکانی این نمونه ها در جدول ۳-۴ آورده شده است.

جدول ۳-۴: پراکنش زمانی و مکانی شکوفایی بر اساس تراکم فیتوپلانکتون کل و مجموع تراکم باسیلاریوفیته، پیروفیته در حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

فصل	لایه (متر)	عمق (متر)	نیم خط	تراکم فیتوپلانکتون (میلیون در مترمکعب)	مجموع تراکم باسیلاریوفیته و پیروفیته (میلیون در مترمکعب)
بهار	۰	۱۰	انزلی	۱۹۲۵	۱۶۶۲
بهار	۰	۲۰	انزلی	۱۱۷۸	۱۰۱۳
پاییز	۱۰	۱۰	امیرآباد	۶۵۲	۶۱۵
زمستان	۰	۵	انزلی	۵۰۷	۵۰۱
زمستان	۰	۱۰	انزلی	۶۸۶	۶۴۶
زمستان	۱۰	۱۰	انزلی	۶۶۵	۶۵۸
زمستان	۰	۲۰	انزلی	۱۲۵۷	۱۲۳۷
زمستان	۱۰	۲۰	انزلی	۵۸۹	۵۸۵
زمستان	۲۰	۲۰	انزلی	۹۱۶	۹۰۶
زمستان	۰	۵	نوشهر	۵۴۴	۵۳۴
زمستان	۰	۵	امیرآباد	۱۱۳۶	۱۱۰۷
زمستان	۱۰	۱۰	امیرآباد	۶۲۸	۶۰۲
زمستان	۱۰	۲۰	امیرآباد	۵۵۴	۵۳۰

توجه: خانه های خاکستری بیانگر وقوع شکوفایی

کلیه نمونه هایی که مشخصات آن ها در جدول ۴-۳ آورده شده در جدول ۴-۲ نیز وجود دارد. به عبارت دیگر این نقاط در هر دو نوع تقسیم بندی (Anderson و همکاران (2010) و Revilla و همکاران (۲۰۰۹) مشترک می باشد. ضمن اینکه نمونه مربوط به فصل بهار، نیم خط انزلی (لایه سطحی از عمق ۱۰ متر) در این دو طبقه بندی با طبقه بندی Chorus and Bartram (۱۹۹۹) مشترک می باشد.

طبقه بندی های ارائه شده توسط سایر محققین اگرچه خطوط راهبردی مفیدی را به منظور مقایسه بخصوص در موارد عدم وجود طبقه بندی های بومی ارائه می دهند اما در واقع طبقه بندی مناسب در هر اکوسیستم بر اساس داده ها و تاریخچه مطالعاتی در همان منطقه می باشد و این امر مطالعات منسجم و هماهنگی را طلب می کند. ایجاد تاریخچه مطالعاتی برای تهیه مدل های بیولوژیکی مختص هر اکوسیستم ضروری است. در واقع پیش بینی وقوع شکوفایی جلبکی به میزان زیادی بر مبنای دینامیک جمعیت و مدل اکولوژیکی هر گونه در همان منطقه صورت می گیرد (Cullen, 2008). بعنوان مثال تراکم حدوذ ۲۰ درصد از داده های بدست آمده در تابستان ۱۳۸۸ دارای تراکم بیش از ۲۰۰ رشته *Oscillatoria* sp. در میلی لیتر بود. ولی هیچ گونه شواهد میدانی بر شکوفایی این گونه گزارش نشد (مخلوق و همکاران، ۱۳۹۲)، با آنکه بیش از محدوده بیان شده توسط Chorus and Bartram (۱۹۹۹) بود. در مورد *Pseudonitzschia* نیز چنین مطلبی صدق می کند. این فیتوپلانکتون در سواحل جنوب کالیفرنیا با محدوده تراکمی ۱ تا ۵۳ عدد سلول در میلی لیتر دارای شواهد میدانی شکوفایی و نیز اثرات سمی بر پستانداران دریایی بود (Schnetzer et al., 2007)، در حالی که در دریای خزر مثلاً" در مطالعه حاضر با آن که تراکم ۱۰۰ درصد از نمونه ها بیش از ۱۰۰ عدد در میلی لیتر بود، هیچ گونه شواهد میدانی دال بر شکوفایی این گونه گزارش نشد. طبق یک قاعده کلی به هنگام شکوفایی تراکم فیتوپلانکتون از متوسط معمول در همان اکوسیستم بیشتر می گردد (Schmidt, and Schaechter, 2011). در منطقه مورد بررسی در مطالعه حاضر، اگر داده های فصلی و سالانه در مطالعه حاضر با سال ثبات اکوسیستم (۱۳۷۵) مقایسه شوند (جدول ۴-۴) بعلت سیر افزایشی تراکم فیتوپلانکتون که پیش از این نیز بیان گردید (Nasrollahzadeh et al., 2014) حدود ۷۳ درصد داده های سالانه، ۵۰ درصد داده های بهار و حدود ۱۰۰ درصد داده های دیگر فصول در سال ۱۳۹۲ بعنوان شکوفایی محسوب می گردند.

جدول ۴-۴: میانگین (SE±) تراکم فیتوپلانکتون (سلول در میلی لیتر) در حوزه جنوبی دریای خزر

سال	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	سالانه
۱۳۷۵	۲۲±۳	۷±۲	۳۹±۱۰	۲۹±۸	۲۴±۳
۱۳۹۲ (مطالعه حاضر)	۱۵۶±۹۱	۷۳±۳۱	۱۴۰±۲۸	۵۰۵±۵۵	۲۱۹±۳۳

اما اگر بدلیل تغییرات عمده و اساسی در اکوسیستم دریای خزر و نیز ساختار و تراکم کنونی فیتوپلانکتون از دهه ۱۳۸۰ (Nasrollahzadeh et al., 2014)؛ نصراله زاده ساروی و همکاران، ۱۳۹۱)، میانگین تراکم فصلی فیتوپلانکتون در سال ۱۳۹۲ (مطالعه حاضر) را ملاک قرار دهیم، نتایج بدست آمده نشان می دهد که در فصل

بهار لایه سطحی از اعماق ۱۰ و ۲۰ متر انزلی، در تابستان لایه سطحی از عمق ۲۰ متر در انزلی و تقریباً تمام نمونه های امیرآباد، در پاییز مجدداً همه نمونه ها در نیم خط امیرآباد و در زمستان تقریباً همه نمونه های انزلی، لایه سطحی در عمق ۵ متر نوشهر و امیرآباد و نیز لایه ۱۰ متر امیرآباد دارای تراکم جلبکی در حد شکوفایی (بالا تر از میانگین تراکم در همان فصل) بودند. بررسی گونه های غالب در این لایه ها نشان داد که تراکم آن‌ها، در بیشتر موارد بزرگتر یا مساوی ۱۰ عدد در میلی لیتر بود. بررسی صدک های تراکم گونه های غالب در هر یک از فصول (جدول ۴-۵) نشان داد که در اغلب فصول ۷۵ درصد از تراکم گونه های غالب کم تر از ۱۰ عدد در میلی لیتر بود.

جدول ۴-۵: تراکم (عدد سلول در میلی لیتر) گونه های مختلف فیتوپلانکتون در صدک های ۱۰-۱۰۰ در فصول مختلف و کل دوره حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

سالانه	فصل				صدک
	زمستان	پاییز	تابستان	بهار	
<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	۱۰
۰/۶	۱/۶	<۰/۶	۰/۸	<۰/۱	۲۵
۱۳	۴۴	۸	۵/۶	۳	۷۵
۱۸	۶۷	۱۰	۹/۴	۱۰	۸۰
۶۴	۲۰۶	۱۶	۹۷	۸۸	۹۰
۱۸۲	۳۳۷	۳۲	۱۵۴	۲۸۷	۹۵
۱۱۰۰	۶۲۸	۷۷	۵۹۴	۱۱۳۴	۱۰۰

گونه‌های آورده شده در جدول ۴-۲ (روش Anderson و همکاران (2010) با گونه های مربوط به هر فصل در صدک های بیش از ۹۸ (دارای تراکم بیش از ۱۰ عدد در میلی لیتر) مطابقت دارد. البته علاوه بر گونه های موجود در جدول ۴-۲، گونه های *Anabaena spiroides*، *Exuviaella marina*، *Thalassiosira incerta* و *Schroederia setigera* نیز به صورت موردی دارای تراکم بیش از ۱۰ عدد در میلی لیتر بودند. مشخصات زمانی و مکانی این میزان تراکم برای گونه‌های *Anabaena spiroides*، *Thalassiosira incerta* و *Schroederia setigera* عمدتاً در اعماق مختلف از نیم خط انزلی در فصل بهار بود. اما برای *Exuviaella marina* در نیم خط امیرآباد (لایه سطحی در عمق ۵ متر، فصل زمستان) بیشترین تراکم (۱۳۸ عدد در میلی لیتر) ثبت گردید.

۵- نتیجه گیری نهایی

مطالعه حاضر نشان داد که میزان انتشار فسفر جذب سطحی (در رسوب)، به غلظت فسفات ستون آبی وسایر شرایط زیست محیطی مانند دما و نیز شوری آب بستگی دارد. نسبت فسفر معدنی رسوبات دریای خزر به فسفر معدنی در آب عمقی بسیار بالا بوده است که بر اساس قانون انتشار بیانگر نفوذ فسفر معدنی از رسوبات به ستون آب است. همچنین در تابستان که دما افزایش نشان میدهد، نقش آن در جذب و رهاسازی فسفر جذب سطحی بیشتر نمود پیدا میکند. نتایج این تحقیق نشان داد که میانگین سالانه فسفر متصل به آهن (Fe-P) ده برابر فسفر جذب سطحی (Loosely-P) و سه برابر فسفر متصل به آلومینیم (Al-P) بوده است. نتایج نشان داد که بین غلظت اکسیژن محلول و فسفر متصل به آهن رابطه معناداری وجود ندارد. به بیان دیگر اثر تغییرات اکسیژن محلول تا عمق ۲۰ متر مشهود نبود. فاکتور بعدی پتانسیل احیایی در مقایسه با اکسیژن محلول نقش بیشتری در میزان رهاسازی فسفر متصل به آهن از رسوبات دریای خزر داشت. غالباً میزان فسفر متصل به آلومینیم (Al-P) تحت تاثیر pH محیط قرار دارد که pH دریای خزر برای انتقال این فرم از فسفر به ستون آبی مناسب می باشد. این شکل از فسفر نیز بخشی از فسفر قابل دسترس زیستی را تشکیل می دهد که گونه های فیتوپلانکتون برای رشد و تکثیر از آن استفاده می کنند. در میان انواع مختلف فسفر معدنی، فسفر متصل به کلسیم بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد. یکی از دلایل این امر آهکی بودن بستر دریا است. اما بعضی فعالیت های میکروبی نیز سبب می شوند که برخی انواع فسفر قابل دسترس زیستی مانند فسفر آلی و فسفر جذب سطحی شده، به فسفر متصل به کلسیم تبدیل شوند. نتایج مربوط به فرم های مختلف ازت در رسوبات سطحی نشان داد که فرم آلی (دو برابر) بیش از فرم معدنی بوده است و همچنین در بین فرم های معدنی، ازت آمونیمی تقریباً سه برابر ازت نیتراتی بوده است. مواد آلی یکی از منابع انرژی و غذا در رسوبات می باشد و موازنه مواد مغذی (TOC:TN:TP) در آن نقش مهمی را در جریان مواد در اکوسیستم ایفا می کند. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که ناحیه غربی و مرکزی حوزه جنوبی دریای خزر نسبت به ناحیه شرقی مواد آلی بیشتری دارد که احتمالاً بدلیل وجود تالاب انزلی، رودخانه های منطقه و ورود آب های سرد شمالی می باشد. براساس پارامتر فسفر کل حد آستانه ای OECD (1982) و Vollenweider and Kerekes (1982) در فصول بهار و تابستان در وضعیت مزوتروف و فصول پاییز و زمستان در حال مزو-یوتروف بود.

بررسی تراکم فیتوپلانکتون نشان داد که در تمام نیم خط های مورد بررسی (بندر انزلی، تنکابن، بندر نوشهر و بندر امیرآباد) حداکثر میزان در فصل زمستان ثبت گردید و بیشترین درصد تراکم در کلیه فصول (بجز تابستان) مربوط به شاخه باسیلاریوفیتا بود. افزایش تراکم در زمستان تحت تاثیر افزایش گونه های سرمادوست و عمدتاً "مضر (بخصوص *Pseudonitzschia seriata*) بود که منابع غذایی آن ها احتمالاً تا حد زیادی بر اثر اختلاط عمودی از رسوبات (منبع داخلی) در ستون آب منتشر گردید. بررسی های آماری چندمتغیره بیانگر اهمیت فاکتور محیطی دما در تعیین خواص فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی دریای خزر در طی سال می باشد. اما به نظر می رسد که

تغییرات دما در نقاط مختلف دریای خزر (حوزه مورد مطالعه) در همه فصول (بجز پاییز) در مقایسه با مواد مغذی، اهمیت کمتری را دارا بود. نوع گونه‌های غالب در گروه‌های دیاتومه‌ای همبستگی معنی‌داری با تغییرات سیلیس در هر فصل و نهایتاً "تعیین نوع دیاتومه‌های غالب در فصول دیگر از لحاظ میزان سیلیس در دیواره سلولی و نیز تغییر توان رقابت با دیگر گروه‌های فیتوپلانکتون (کلروفیتا، پیروفیتا و سیانوفیتا) نشان داد. همبستگی معنی‌دار بین مولفه‌ها شامل مواد مغذی آلی و گونه‌های غالب (بخصوص در بررسی سالانه)، بیانگر اثرات نامطلوب افزایش مواد آلی ناشی از فعالیت‌های آنتروپوژنیک بود.

افزایش مجدد *Thalassionema nitzschioides* در فصل پاییز سال ۱۳۹۲ (مطالعه حاضر) بعنوان گونه ساکن و دارای ارزش غذایی یک نشانه مثبت از بهبود کیفیت اکوسیستم دریای خزر پس از اختلالات اکولوژیکی دو دهه اخیر می‌باشد. ولی از سوی دیگر افزایش توزیع زمانی و مکانی *Pseudonitzschia* همچنان سلامت اکوسیستم دریای خزر را از جنبه‌های مختلف از جمله وقوع شکوفایی تهدید می‌کند. *Pseudonitzschia seriata* توان تولید سم نورو توکسین (Domoic Acid) را دارد. ضمن آن که توجه به تغییرات تراکم سایر جلبک‌های مضر، تولید سم و توان رشد تهاجمی در گونه‌هایی همچون *Cerataulina pelagica*، *Oscillatoria* sp.، *Chaetoceros thronsdensii*، *Chaetoceros peruvianus*، نیز در دریای خزر مطرح می‌باشد.

پیشنهادها

- ۱- اندازه گیری و مطالعه فرم های مختلف فسفر بوسیله سایر روش های طیف سنجی مانند طیف سنجی جرمی، طیف سنجی رزونانس مغناطیسی هسته و...
- ۲- مطالعه فرم های مختلف فسفر و تغییرات آنها در لایه های مختلف رسوبی در حوزه جنوبی دریای خزر
- ۳- مطالعه تبادلات اشکال مختلف فسفر بین ستون آبی، آب میان بافتی و رسوبات سطحی
- ۴- مطالعه تعیین میزان انتقال اشکال مختلف فسفر از رسوب به آب
- ۵- بررسی اثر عوامل مختلف بر انتشار فسفر از رسوبات
- ۶- تعیین نیتروژن و کربن بوسیله دستگاه CHN آنالایزر
- ۷- انجام مطالعات پایشی و گشت های دریایی منظم
- ۸- استخراج و اندازه گیری سموم جلبکی در آب و داخل سلولی
- ۹- شناسایی ژنتیکی گونه های غالب جلبکی بخصوص انواع مضر و سمی

منابع

- آگاه، ه. ۱۳۹۳. مخاطرات دریایی ناشی از تخلیه آب توازن کشتی‌ها: فرصت‌ها و تهدیدهای شکوفایی جلبکی، جلد اول، انتشارات اندیشمند، تهران، ۱۲۴ صفحه.
- پورغلام، ر. ۱۳۷۴. پروژه هیدرولوژی و هیدروبیولوژی سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر با همکاری انستیتو تحقیقات کاسپنریخ (روسیه) و مرکز تحقیقات شیلات گیلان و مازندران، ۷۴-۱۳۷۳. مرکز تحقیقات شیلات مازندران، موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۳۸۹ صفحه.
- غیاثوند، ا. ۱۳۸۷. کاربرد آمار و نرم افزار SPSS در تحلیل داده‌ها (آموزش جامع نرم افزار SPSS) (چاپ اول). تهران: نشر لویه متفکران.
- فارابی، م.و. واحدی، ف.، روشن طبری، م.، گل آقایی، م. و هاشمیان، ع. ۱۳۸۸. طرح پروژه هیدرولوژی، هیدروبیولوژی و آلودگیهای زیست‌محیطی حوزه جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۷). ساری: پژوهشکده اکولوژی دریای خزر. ۹۱ صفحه.
- مخلوق، آ.، نصراله زاده ساروی، ح.، پورغلام، ر.، رحمتی، ر. ۱۳۹۰. معرفی گونه‌های سمی و مضر جدید فیتوپلانکتون در آبهای سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر، مجله علوم زیستی، سال ۵، شماره ۳، ۹۳-۷۷.
- مخلوق، آ.، نصراله زاده ساروی، ح.، فارابی، س.م.و.، روشن طبری، م.، اسلامی، ف.، رحمتی، ر.، تهامی، ف.س.، کیهان‌ثانی، ع.ر.، دوستدار، م.، خداپرست، ن.، گنجیان، ع. و مکرمی، ع. ۱۳۹۲. پروژه بررسی تنوع، بیوماس و فراوانی فیتوپلانکتون در حوزه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۸. پژوهشکده اکولوژی آبریان دریای خزر، موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۲۹۶ صفحه.
- مخلوق، آ.، نصراله زاده ساروی، ح.، اسلامی، ح. و موسوی، م. ۱۳۹۳. بررسی تغییرات زمانی بوم زیست-شناختی آبهای سواحل دریای مازندران (سال ۱۳۹۱). اقیانوس‌شناسی، سال ۵، شماره ۱۹، ۴۴-۳۵.
- مکارمی، م.، سبک آرا، ج. و میرزاجانی، ع. ۱۳۹۰. بررسی شکوفایی جلبک *Nodularia* (AAB) در حوضه جنوب غربی دریای خزر (محدوده آب‌های گیلان) سال‌های ۸۵-۱۳۸۴، مجله علوم زیستی واحد لاهیجان، ۷۹-۹۴. (۱)۵ صفحات.
- موسوی، ر.م. ۱۳۸۰. زمین‌شناسی دریای خزر. فصل دوم: ریخت‌شناسی. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران.
- نجات خواه، پ.م.، عریان، ش.، روستائیان، ع.، نقشینه، ر. و فاطمی، س.م.ر. ۱۳۸۲. شکوفایی فیتوپلانکتونی در تالاب انزلی و شناسایی جلبک‌های سمی. مجله علمی شیلات ایران، ۱۲(۲)، صفحات ۹۵-۱۱۰.
- نصراله زاده ساروی، ح.، افراچی، م.ع.، روحی، ا.، واحدی، ف.، نصراله تبار، ن.، علومی، ی.، یونسی پور، ح.، مخلوق، آ.، خداپرست، ن.، یعقوب زاده، ز.، رامین، م.، ابراهیم زاده، م.، رازقیان، غ.ر.، طهماسبی، م. ۱۳۹۴a.

پایش مداد مغذی رسوبات و اثر آن بر شکوفایی جلبکی (۱۳۹۲)، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، تهران، ص. پژوهشکده اکولوژی دریای خزر. ۱۰۵ صفحه.

- نصراله زاده ساروی، ح.، مخلوق، آ.، پورغلام، ر. و رحمتی، ر. ۱۳۹۱. استراتژی گونه های غالب فیتوپلانکتون با تاکید بر طبقه بندی آنها در سواحل ایرانی حوزه جنوبی دریای خزر، اقیانوس شناسی. ۳(۱۰): ۴۵-۵۷.
- نصراله زاده ساروی، ح.، مخلوق، آ.، رحمتی، ر.، تهامی، ف.، کیهان ثانی، ع. و گل آقایی، م. ۱۳۹۴ب. مطالعه وضعیت ثبات و اغتشاش در اکوسیستم دریای خزر (سواحل ایران) بر اساس الگوی ساختاری فیتوپلانکتون. مجله علمی-پژوهشی زیست شناسی دریا، اهواز. ۷(۲۶): ۲۷-۴۴.
- نصراله زاده ساروی، ح.، نجف پور، ش.، روشن طبری، م.، تهامی، ف.س. و هاشمیان، س.ع. ۱۳۹۴c. هیدرولوژی، هیدروبیولوژی و آلاینده های زیست محیطی در منطقه جنوبی دریای خزر (۱۳۸۹)، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، تهران، پژوهشکده اکولوژی دریای خزر. ۱۹۴ صفحه.
- Abel Shilla, D., Asaeda, T. and Kalibbala, M. 2009. Phosphorus speciation in Myall Lake sediment, NSW, Australia. *Wetlands Ecology and Management*, 17:85-91.
- Aladin, N., Plotnikov, I. and Bolshov, A. 2004. (head of biodiversity thematic center of Caspian Environment Program, Atyrau, Kazakhstan), A. Pichugin (Tethys Consultants), Biodiversity of the Caspian Sea. Caspian Sea Biodiversity Project under umbrella of Caspian Sea Environment Program, http://www.zin.ru/projects/caspdiv/biodiversity_report.html.
- Altabet, M.A., Higginson, M.J. and Murray, D.W. 2002. The effect of millennial scale changes in Arabian Sea denitrification on atmospheric CO. *Nature*, 415:159-162.
- Anderson, L. D. Delaney, M. L. and Faul, K. L. 2010. Carbon to phosphorus ratios in sediments: implications for nutrient cycling. *Global Biogeochem. Cycles*, 15:65-79.
- Annala, A., Lehtima, J., Mattilai, K., Eriksson, J.K. Sivonen, K. Rantala, T.T and Drakenberg, T. 1996. Solution Structure of Nodularin. *The Journal of Biological Chemistry*, 271 (28):16695-16702.
- APHA. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. American Public Health Association. Centennial edition, Washington, USA. 1113p.
- Bagheri, S., Turkoglu, M. and Abedini, A. 2014. Phytoplankton and Nutrient Variations in the Iranian Waters of the Caspian Sea (Guilan region) during 2003-2004. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 14:231-245.
- Bates, S. and Strain, P.M. 2006. Nutrients and Phytoplankton in Prince Edward Island Inlets during Late Summer to Fall: 2001-2003. *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences* 2668, 136pp.
- Bates, S.S., Bird, C.J., Defreitas, A.S.W., Foxall, R., Gilgan, M., Hanic, L.A., Johnson, G.R., A.W. McCulloch, P. Dodense, R. Pocklington, M.A. Quilliam, P.G. Sim, J.C. Smith, Subba Rao, D.V., Todd, C.D., Walter, J.A. and Wright J.L.C. 1989. Pennate diatom *Nitzschia pungens* as the primary source of domoic acid, a toxin in shellfish from eastern Prince Edwards Island, Canada. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46:1203-1215.
- Brzezinski, M. 1985. The Si:C:N ratio of marine diatoms: interspecific variability and the effect of some environmental variables. *Journal of Phycology*, 21:347-357.
- Berner, R.A. 1973. Phosphate removal from sea water by adsorption on volcanogenic ferric oxides Earth Planet. *Science Letters*, 18:77-86.
- Brandes, J.A. and Devol A.H. 2002. A global marine fixed nitrogen isotopic budget: Implications for Holocene nitrogen cycling, *Global Biogeochem. Cycles*, 16(4):67-77.
- Broecker, W.S. and Henderson, G.M. 1998. The sequence of events surrounding Termination II and their implications for the cause of glacial-interglacial CO changes. *Paleoceanography*, 13(4):352-364.
- Carmelo, R.T. 1997. Identifying marine phytoplankton. London: Publication Harcourt Brace Company. 858 pp.
- Caron, D.A., Garneau, M.E., Seubert, E., Howard, M.D.A., Darjani, L., Schnetzer, A., Cetinic, I., Filteau, G., Lauri, P., Jones, B. and Trussell, S. 2010. Harmful Algae and their potential impacts on desalination operations off southern California, *Water research*, 44: 385- 416.

- Chang, S.C. and Jackson, M.L. 1957. Fractionation of soil phosphorus. *Soil Science*, 84:133–144.
- Chorus, I. and J. Bartram. 1999. Toxic cyanobacteria in water, A guide to their public health consequences, monitoring and management. London: UK. E & FN Son.
- Christophoridis C., and Fytianos, K. 2006. Conditions affecting the release of phosphorus from surface lake sediments. *Journal of Environmental Quality*, 35(4):1181-1192.
- Conley, D. and Kilham, S. 1989. Differences in silica content between marine and freshwater diatoms. *Limnology and Oceanography*, 34(1):205-213.
- Cullen, J.J. 2008. Observation and prediction of harmful algal blooms. In M. Babin, C. S. Roester, and J.J. Cullen, eds. Real-time coastal observing system for marine ecosystem dynamics and harmful algal blooms: theory, Instrument and Modeling. UNESCO, Paris, 1-41p.
- De Mora, S., Sheikholeslami, M.R., Wyse, E., Azemard, S., Cassi, R. 2004. An assessment of metal contamination in coastal sediments of the Caspian Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 48:61-77.
- Duan, J. and Gregory J. 2003. Coagulation by hydrolyzing metal salts. *Advances in Colloid and Interface Science*, 102-103:482-492.
- Goldman, J.C., J.J. McCarthy, and D.G. Peavey. 1979. Growth rate influence on the chemical composition of phytoplankton in oceanic waters. *Nature*, 279:210-215.
- Guilford, S.J., Hecky, R.E., Smith, R.E.H., Taylor, W.D., Charlton, M.N., Barlow-Busch, L. 2005. Phytoplankton nutrient status in Lake Erie in 1997. *Journal of Great Lakes Research*, 31:72–88 (special issue).
- Gulland, F.M., Fauquier, D., Langlois, G., Lander, M.E., Zabka, T. and Duerr, R. 2002. Domoic acid toxicity in Californian sea lions (*Zalophus californianus*): clinical signs, treatment and survival. *Veterinary Record*, 150(15):475-480.
- HAB (Harmful Algal Bloom), 2006. A Study on the Harmful Algal Bloom in the Southwestern Basin of the Caspian Sea, Ministry of Jihad Agriculture & Iranian Fisheries Research Organization & Research Center for Fish Farming in Inland Waters & The Caspian Sea Ecological Research.
- Habit, R.N. and Pankow, H. 1976. *Algenflora der Ostsee II, Plankton*. Gustav Fischer Verlag. Germany: Jena University Rostock Publication. 385 pp.
- Hair, J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L. and Black, W.C., 1998. *Multivariate Data Analysis*, (5th Edition). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Harrison, P. J., H. L. Conway, R. W. Holmes, and C. O. Davis. 1977. Marine diatoms grown in chemostats under silicate or ammonium limitation. III. Cellular chemical composition and morphology of three marine diatoms. *Marine Biology*, 43:19–31.
- Hartley, B.H.G., Barber, J.R.C. and Sims, P. 1996. *An Atlas of British Diatoms*. UK: Biopress Limited, Bristol. 601 pp.
- Heling, D., Rothe P., Forstner, U. and Stoffers, P. 1990. *Sediment and environmental geochemistry*. Springer, NY.
- Healey, F.P. and L.L. Hendzel. 1979. Fluorometric measurement of alkaline phosphatase activity in algae. *Freshwater Biology*, 9:429–439.
- Holme, N.A. and McIntyre, D.A. (Editors). 1984. *Methods for the study of marine benthos*. IBP Handbook No. 16 (2nd ed). Oxford : Blackwell Scientific Publications, 387pp.
- Hosomi, M. and Sudo, R. 1992. Development of the phosphorus dynamic-model in sediment-water system and assessment of eutrophication control programs. *Water Science and Technology*, 26(7-8):1981-1990.
- Hayward, T.L. 1987. The nutrient distribution and primary production in the central North Pacific, Deep-Sea Research PT I, 34:1593–1627.
- Jahnke, R. A. 2000. The Phosphorus Cycle, In: earth system science: From biogeochemical cycles to global change: Jacobson, M.C., Charlson, R. J., Rodhe, H. & Orians, G. H. (Eds.). Academic Press: San Diego, USA, 360-374.
- Jimenz, E.I. and Garcia, V.P. 1992. Relationships between Organic Carbon and Total Organic Matter in Municipal Solid Wastes and City Refuse Composts. *Bioresource Technology*, 41:265-272.
- King County. 2012. *Quartermaster Harbor Benthic Flux Study*. Prepared by Curtis DeGasperi, Water and Land Resources Division. Seattle, Washington. 46P.
- Kononen, K., Huttunen, M., Haellfors, S., Gentien, P., Lunven, M., Huttula, T., Laanemets, J., Lilover, M., Pavelson, J. and Stips, A. 2003. Development of a deep chlorophyll maximum of *Heterocapsa triquetra* Ehrenb. at the entrance to the Gulf of Finland. *Limnology and Oceanography*, 48:594-607.
- Levasseur, M.E. and J.C. Therriault. 1987. Phytoplankton biomass and nutrient dynamics in a tidally induced upwelling: the role of the NO₃:SiO₄ ratio. *Marine Ecology Progress Series*, 39:87-97.

- Liu, D., Keesing, J.K., He, P., Wang, Z., Shi, Y. and Wang, Y. 2013. The world's largest macroalgal bloom in the Yellow Sea, China: Formation and implications. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 129:2-10.
- Lorrain, A., Paulet, Y.M., Chauvaud, L., Savoye, N., Nézan, E. and Guérin, L. 2000. Growth anomalies in *Pecten maximus* from coastal waters (Bay of Brest, France): relationship with diatom blooms. *Journal of the Biological Association of the United Kingdom*, 80: 667-675.
- Luo, H.J., Liu, D.F. and Huang, Y.P. 2013. Relationship Model Between Chlorophyll-a and Sediment Nutrients. In W. Du (ed.), *Informatics and Management Science I, Lecture Notes in Electrical Engineering* 204, DOI: 10.1007/978-1-4471-4802-9_10, Springer-Verlag London. Chapter 10: (71-78).
- McElroy, M.B. 1983. Marine biological control on atmospheric CO₂ and Climate, *Nature*, 302: 328-329.
- Nasrollahzadeh, H.S. 2008. Ecological modeling on nutrient distribution and phytoplankton diversity in the southern of the Caspian Sea. Doctoral dissertation, University Science Malaysia.
- Nasrollahzadeh, H.S., Makhloogh, A., Pourgholam, R., Vahedi, F., Qanqermeh, A. and Foong, S.Y. 2011. The study of *Nodularia spumigena* bloom event in the southern Caspian Sea. *Ecology and Environmental Research*, 9:141-155.
- Nasrollahzadeh, H.S., Makhloogh, A., Eslami, F. and Leroy Suzanne, A.G. 2014. Features of Phytoplankton Community in the Southern Caspian Sea a Decade after the Introduction of *Mnemiopsis leidyi*. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 13(1):145-167.
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). 1982. *Eutrophication of Waters, Monitoring, Assessment and Control*. Paris: OECD Publication.
- Ozsoy, E. and Mikaelyan, A. 1997. *Sensitivity to Change: Black Sea, Baltic Sea and North Sea*, Dordrecht : Springer Netherlands : Imprint : Springer, ISBN: 978-94-010-6429-3 (Print) 978-94-011-5758-2 (Online). 516 p.
- Paczuska, L. and Kosakowska, A. 2003. Is iron a limiting factor of *Nodularia spumigena* blooms?. *Oceanologia*, 45(4): 679-692.
- Paerl, H.W. and Scott, J.T. 2010. Throwing fuel on the fire: synergistic effects of excessive nitrogen inputs and global warming on harmful algal blooms. *Environmental Science & Technology*, 44:7756-8.
- Parsons, T. R., K. Stephens and J. D. Strickland. 1961. On the chemical composition of eleven species of marine phytoplankton. *Journal of the Fisheries Research Board Canada*, 18:1001-1016.
- Penn, M.R., Auer, M.T., Doerr, S.M., Driscoll, C.T., Brooks, C.M., and Effler, S.W. 2000. Seasonality in phosphorus release rates from the sediments of a hypereutrophic lake under a matrix of pH and redox conditions. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57(5):1033-1041.
- Proshkina-Lavrenko, A.I. and Makarova, I.V. 1968. *Plankton Algae of the Caspian Sea*. Leningrad, Nauka: L. Science. 291 pp. (In Russa).
- Psarra, S.; Tselepidis, A. and Ignatiades, L., 2000. Primary productivity in the oligotrophic Cretan Sea (NE Mediterranean): seasonal and interannual variability, *Progress Oceanography*, 46:187-204.
- Psenner, R., Puesko, R. and Sager, M. 1984. Die fractionierung organischer und anorganischer phosphorverbindungen von sedimenten-versucheiner einer definition ökologisch wichtiger fractionen. *Archiv für Hydrobiologie*, 10:115-155.
- Redfield, A.C., B.H. Ketchum and F.A. Richards. 1963. The influence of organisms on the composition of seawater. In M.N. Hill (eds.) *The Sea*. Wiley, New York. USA.
- Reimers, C. E., Jahnke, R. A., and McCorkle, M. 1992. Carbon fluxes and burial rates over the continental slope and rise off central California with implications for the global carbon cycle. *Global Biogeochem. Cycles*, 6:199-224.
- Revilla, M., Franco, J., Bald, J., Borja, A., Seoane and S. and Valencia, V. 2009. Assessment of the phytoplankton ecological status in the Basque coast (northern Spain) according to the European Water Framework Directive. *Journal of Sea Research*, 61:60-67.
- Reynolds, C.S. 2006. *The ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press. UK. 551 pp.
- Roberts, M.L., Bos, J. and Albertson, S.L. 2008. South Puget Sound Dissolved Oxygen Study, Interim Data Report. Washington State Department of Ecology, Olympia, WA. Publication No. 08-03-037. <http://www.ecy.wa.gov/biblio/0803037.html>, accessed February 2, 2009. 191P.
- Samadi-Maybodi, A., Taheri-Saffar, H., Khodadoust, S., Nasrollahzadeh-Saravi, H. and Najafpour, Sh. 2013. Study on different forms and phosphorus distribution in the coastal surface sediments of Southern Caspian Sea by using UV-Vis spectrophotometry. *Spectrochimica Acta*, 113: 67-71.
- Sapozhnikov, V.N., Agatova, A.E., Arjanova, N.V., Nalitova, E.A., Mardosova, N.V., Zobarowij V.L. and Bandarikov, E.A. 1988. *Methods of hydrochemical analysis of the major nutrients*. VNIRO publisher: Moscow, Russia.

- Schmidt, M. and Schaechter, M. 2011. Topics in Ecological and Environmental Microbiology, 1st Edition, Imprint: Academic Press, eBook ISBN :9780123838797, ISBN :9780123838780, 774p.
- Schnetzer, A., Miller, P.E., Schaffner, R.A., Stauffer, B.A., Jones, B.H., Weisberg, S.B., DiGiacomo, P.M., Berelson, W.M. and Caron, D.A., 2007. Blooms of *Pseudo-nitzschia* and domoic acid in the San Pedro Channel and Los Angeles harbor areas of the Southern California Bight, 2003-2004. *Harmful Algae* 6: 372-387
- Seitzinger, S.P. 1988. Denitrification in freshwater and coastal marine ecosystems: Ecological and geochemical importance. *Limnology and Oceanography*, 33:702-724.
- Siapatis, A., Giannoulaki, M., Valavanis, V., Palialexis, A., Schismenou, E., Machias, A. And Somarakis, S. 2008. Modelling potential habitat of the invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in Aegean Sea. *Hydrobiology*, 612:281-295.
- Smith, V.H., Tilman, G. D., and Nekola, J.C. 1999. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*, 100:179-196.
- Soloviev, D. 2005. Identification of the extent and causes of Cyanobacterial bloom in September-October 2005 and development of the capacity for observation and prediction of HAB in the Southern Caspian Sea using Remote Sensing Technique. – WWW Page <http://www.caspianenvironment.org/newsite/DocCenter/2006/HABrepFinalFull>.
- Sondergaard, M., Kristensen, P., and Jeppesen, E. 1992. Phosphorus release from resuspended sediment in the shallow and wind-exposed lake arreso, Denmark. *Hydrobiologia*, 228(1): 91-99.
- Sutton, M.A., Howard, C.M., Bleeker, A. and Datta, A., 2013. The global nutrient challenge: from science to public engagement. *Environmental Development*, 6:80-85.
- Tamadoni, J., Othman, A.S., Saraji, F., Abdolalian, E., Moezzi, m., Roohani, K., Hamzehee, S. and Sadeghi, R., 2011. Identification and molecular phylogeny of the dinoflagellate (*Cochlodinium polykricoides*) from Persian Gulf. *International Journal of Rev. Life and Science*, 1(4):193-200.
- Tiffany, H. and Britton, M.E. 1971. The algae of Illinois. New York, USA: Hafner Publishing Company. 407 pp.
- Tyrrell, T. 1999. The relative influence of nitrogen and phosphorus on oceanic primary production. *Nature*, 400:525-531.
- Vershinin, A.O. and Orlova, Tu. 2008. Toxic and Harmful Algae in the Coastal Waters of Russia. *Oceanology*, 48(4):524-537.
- Vollenweider, R.A. and Kerekes, J. 1982. Eutrophication of Waters: Monitoring, Assessment and Control. Report of the OECD Cooperative Programme on Eutrophication. Paris: Organisation for the Economic Development and Co-operation.
- Wehr, J.D. and Sheath, R.G. 2003. Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification. USA: Academic Press. 950 pp.
- Xu, H., Paerl, H.W., Qin, B., Zhu, G., Gao, G. 2010. Nitrogen and phosphorus inputs control phytoplankton growth in eutrophic Lake Taihu, China. *Limnology and Oceanography*, 55:420-32.
- Yang, Y.G., He, Z.L., Lin, Y., and Stoffella, P.J. 2010. Phosphorus availability in sediments from a tidal river receiving runoff water from agricultural fields. *Agricultural Water Management*, 97:1722-1730.
- Zabelina, M.M., Kisselev, I.A., Proshkina-Lavrenko, A.I. and Sheshukova, V.S. 1951. Diatoms. In: Inventory of freshwater algae of the USSR. Sov. Nauka Moscow, 619 pp. (In Russa).
- Zhang, J.Z. and Huang, X.L. 2011. Effect of Temperature and Salinity on Phosphate Sorption on Marine Sediments, *Environmental Science & Technology*, 45:6831-6837.
- Zingone, A., Sarno, D., Siano, R.V. and Marino, D. 2010. The importance and distinctiveness of small-sized phytoplankton, *Polar Biology*, DOI 10.1007/s00300-010-0937-2.

پیوست

جدول ضمیمه ۱: حدود آستانه ای چند شاخص تروفیکی بر اساس فاکتورهای فیزیکوشیمیایی و کلروفیل a

متغیر	شاخص / آستانه	واحد	سطح تروفیکی
OECD (1982)			
TP	<۷/۹	μg/l	Oligotrophic
	۸/۰-۱۱/۰	μg/l	Oligo-mesotrophic
	۱۲/۰- ۲۷/۰	μg/l	Mesotrophic
	۲۸/۰ - ۳۹/۰	μg/l	Meso-eutrophic
	>۴۰	μg/l	Eutrophic
Chl-a	<۲/۰	μg/l	Oligotrophic
	۲/۱-۲/۹	μg/l	Oligo-mesotrophic
	۳/۰-۶/۹	μg/l	Mesotrophic
	۷/۰-۹/۹	μg/l	Meso-eutrophic
	>۱۰/۰	μg/l	Eutrophic
SD	>۴/۵	m	Oligotrophic
	۴/۵ تا ۳/۸	m	Oligo-mesotrophic
	۳/۷ تا ۲/۴	m	Mesotrophic
	۲/۳ تا ۱/۸	m	Meso-eutrophic
	<۱/۷	m	Eutrophic
Vollenweider and Kerekes (1982)			
TP	<۱۰	μg/l	Oligotrophic
	۱۰ تا ۳۵	μg/l	Mesotrophic
	۳۵ تا ۱۰۰	μg/l	Eutrophic
Chl-a	< ۲/۵	μg/l	Oligotrophic
	۲/۵-۸/۰	μg/l	Mesotrophic
	۸/۰-۲۵	μg/l	Eutrophic

Abstract

Nutrient enrichment is followed by excessive algal growth (possible in toxic and harmful species); in Caspian Sea in recent decades. So aims of the present study were 1-study on potential of algal bloom at different transects and seasons, 2- determine correlation between potential of algal bloom and environmental parameters using statistical model, and 3- the role of sediment nutrients on algal bloom in the southern Caspian Sea in 2013-2014. The samples of water were collected from four transects (Bandar Anzali, Tonekabon, Bandar Nowshahr and Bandar Amirabad) and three depths (5, 10 and 20 meter) during four seasons. Surface sediments samples were collected at same depths and transects as well.

Result showed that organic phosphorous and nitrogen of water were more than inorganic phosphorous and nitrogen. Also, maximum and minimum water temperature was obtained at summer and winter, respectively. The values of DO and salinity were more than 5 ml/l and 12 g/l, respectively and pH of water were ranged from weak alkaline to alkaline. Maximum organic and inorganic phosphorous and nitrogen of water were distributed at different transects and seasons. The nitrogen was limiting factor accompanying with phosphorous during spring, summer and fall, but during winter shift to more nitrogen limitation. In addition, the ecosystem was experienced silicon limitation during winter.

Result of sediments showed that inorganic phosphorous was maximum during different seasons, however, percent mean of residue-P which contain organic compounds and non-degradable compounds, was less than 5 percent. Percent of Ca-P was higher than 90, whereas Bioava.-P was less than 10 percent. The order of different forms of phosphorous were registered Ca-P>Org-P>Fe-P>Al-P>Loosely-P. The main role of adsorbed and desorbed of Loosely-P, Fe-P and Al-P were due to temperature, Eh and pH, respectively. Annual percent of TON was two folds than TIN and NH₄/N was also three times than NO₃/N.

Minimum and maximum of phytoplankton abundance were observed in summer (73±31 million cells/m³) and winter (505±55 million cells/m³), respectively. Statistical analysis (ANOVA) showed that phytoplankton abundance significantly increased in winter compared to the other seasons (P<0.05). Frequency of Bacillariophyta, Pyrrophyta and Cyanophyta phyla were more than 90% at different transects and seasons, however 81% of total abundance was solely belong to Bacillariophyta phylum. Four species namely *Dactyliosolen fragilissima*, *Pseudonitzschia seriata*, *Thalassionema nitzschioides* and *Oscillatoria* sp. (in fall and winter) were in the group with high abundance. These species classified in the fair level of bloom (100-1000 cells/ml). The abundance of *Stephanodiscus socialis* species was classified in the high level of bloom (>1000 cells/ml) during spring. Maximum abundance of phytoplankton was mainly registered at Anzali and Amirabad transects. The re-existence of *Thalassionema nitzschioides* (as valuable food in food chain) in dominant species list (same as the stability year of ecosystem) and decreasing of percent abundance of harmful species to the dwell and native species are good sign of good quality of the Caspian Sea water. However, *Pseudonitzschia seriata* expansion of the cold season to other seasons (even in summer) is important point. *Pseudonitzschia seriata* as harmful algae and its ability to produce toxin and potential bloom, high percent frequency and abundance during the study has important role in environmental issues of the Caspian Sea. It seems that temperature changes in different parts of the Caspian Sea in each season (except fall season) was obtained in the range of dominant species needed, therefore, it had less importance compared to nutrients. Trophic status was meso-eutroph during fall and winter seasons which was higher level than spring and summer (mesotroph). The *Stephanodiscus* abundance increased at Anzali transect due to nutrients enrichment of water in spring. Excessive use of silica in the spring, summer caused dominant of non Diatoms species (*Binuclearia lauterbornii*) and low content of Diatoms species (*Chaetoceros thronsenii*). In fall, high abundance of Bacillariophyta (*Thalassionema nitzschioides*) accompanied with consuming of silicon and ammonium. The statistical analysis also showed significant correlation between Bacillariophyta and *Thalassionema nitzschioides* abundance and Si/N ratio. Subsequently, the excessive use of silica in autumn and winter (due to high abundance Bacillariophyta and dominant species including *Pseudonitzschia seriata* and *Dactyliosolen fragilissima*) cause severely declined dissolved silica, and for the first time in winter, silicon was limited factor for phytoplankton growth. In addition, the results showed that there were positive correlations between abundance of dominant species and nutrients of sediments in all seasons. This shows that some species of phytoplankton, even though the limitation of nitrogen and phosphorus in the water, are able to supply the nutrients required from the surface sediments. It would be more importance in the present study, which higher concentration of different forms of phosphorus and nitrogen in sediments as compared to the deep water, provide transport of nitrogen and phosphorus from sediment to water column.

Keyword: Environmental parameters, Water, Surface sediments, Harmful Algal Bloom, Caspian Sea, Iran

Ministry of Jihad – e – Agriculture
AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION & EXTENSION ORGANIZATION
Iranian Fisheries Science Research Institute – Caspian Sea Ecology Research Center

Project Title : Monitoring on algal bloom event in the southern of Caspian Sea

Approved Number: 1-76-12-9152

Author: Hassan Nasrollahzadeh Saravi

Project leader Researcher : Hassan Nasrollahzadeh Saravi

Collaborator(s) : Pourang N., Ramzanpour Z., A. Makhloogh, Sh. Najafpour

Advisor(s): -

Supervisor: -

Location of execution : Mazandaran province

Date of Beginning :2012

Period of execution : 3 Years & 7 Months

Publisher : Iranian Fisheries Science Research Institute

Date of publishing : 2017

**All Right Reserved . No Part of this Publication May be Reproduced or Transmitted
without indicating the Original Reference**

MINISTRY OF JIHAD - E - AGRICULTURE
AGRICULTURAL RESEARCH, EDUCATION & EXTENSION ORGANIZATION
Iranian Fisheries Science Research Institute -Caspian Sea Ecology Research Center

Project Title :

**Monitoring on algal bloom event in the southern
of Caspian Sea**

Project leader Researcher :

Hassan Nasrollahzadeh Saravi

Register NO.

50695