View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE
provided by Aquatic Commons

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

عنوان :

مطالعه روند یوتریفیکاسیون آب‌های منطقه جنوب شرق دریای خزر (مازندران-گهرباران) بر اساس پارامترهای محیطی و زیستی با بکارگیری شاخص های مختلف یک و چند پارامتری (به منظور استقرار احتمالی پرورش ماهی در قفس)

مجری:
حسن نصراله زاده ساروی

شماره ثبت
۵۲۸۱۹

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

عنوان طرح/پروژه : مطالعه روند یوتریفیکاسیون آب های منطقه جنوب شرق دریای خزر (مازندران-گهرباران) بر اساس پارامترهای محیطی و زیستی با بکارگیری شاخص های مختلف یک و چند پارامتری (به منظور استقرار احتمالی پرورش ماهی در قفس)

کد مصوب: ۴-۷۶-۱۲-۹۵۱۰۵

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) : -

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

نام و نام خانوادگی همکار(ان) : فریبا واحدی، فرامرز لالویی، یوسف علومی، عبداله نصراله‌تبار، آسیه مخلوق، مجید ابراهیم‌زاده، غلامرضا رازقیان

نام و نام خانوادگی مشاور(ان) : -

نام و نام خانوادگی ناظر(ان) : -

محل اجرا : استان مازندران

تاریخ شروع : ۹۵/۵/۱

مدت اجرا : ۶ ماه

ناشر : موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور

تاریخ انتشار : سال ۱۳۹۶

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»

پروژه : مطالعه روند یوتریفیکاسیون آب های منطقه جنوب شرق دریای خزر (مازندران-گهرباران) بر اساس پارامترهای محیطی و زیستی با بکارگیری شاخص های مختلف یک و چند پارامتری (به منظور استقرار احتمالی پرورش ماهی در قفس)

کد مصوب : ۴-۷۶-۱۲-۹۵۱۰۵

شماره ثبت (فروست) : ۵۲۸۱۹ تاریخ : ۹۶/۱۰/۳

با مسئولیت اجرایی جناب آقای حسن نصراله‌زاده‌ساروی دارای مدرک تحصیلی دکتری در رشته علوم زیستی (گرایش محیط زیست) می‌باشد.

پروژه توسط داوران منتخب بخش اکولوژی منابع آبی در تاریخ ۹۶/۶/۱ مورد ارزیابی و با رتبه عالی تأیید گردید.

در زمان اجرای پروژه، مجری در :

ستاد ☐ پژوهشکده ■ مرکز ☐ ایستگاه ☐

با سمت مدیر گروه آلاینده‌ها در پژوهشکده اکولوژی دریای خزرمشغول بوده است.

عنوان **« فهرست مندرجات »** **صفحه**

چکیده ۱
۱-مقدمه.. ۲
۱-۱-کلیات.. ۲
۲-۱- مروری بر منابع.. ۲
۲- مواد و روشها.. ۵
۱-۲- نمونه برداری.. ۵
۲-۲-پارامترهای محیطی و مواد مغذی آب.. ۶
۳-۲- تجزیه و تحلیل آماری.. ۸
۳- نتایج.. ۹
۱-۳- پارامترهای محیطی.. ۹
۲-۳- مواد مغذی.. ۱۵
۳-۳- سطح تروفیکی..21
۴- بحث.. ۲۳
۵- نتیجه گیری نهایی.. ۲۹
پیشنهادها.. ۳۰
منابع.. ۳۱
پیوست.. ۳۵
چکیده انگلیسی.. ۳۹

چکیده

هدف از این پروژه بررسی کیفیت آب و تعیین سطح تروفیکی در ماهها و ایستگاههای مختلف منطقه گهرباران واقع در جنوب شرقی دریای خزر براساس پارامترهای محیطی ومواد مغذی طی سال ۹۳-۱۳۹۲ در محل احتمالی استقرار قفس دریایی بوده‌است. نتایج این تحقیق نشان داد که تغییرات دمای آب، شفافیت، pH ، اکسیژن محلول، BOD5، COD ، قلیائیت تام و مواد معلق نامحلول به ترتیب برابر ۲۹/۰۰-۹/۰۰ درجه سانتیگراد، ۱۲/۰۰-۰/۵۰ متر، ۸/۷۴-۸/۰۵ و۱۲/۸۵-۵/۷۶، ۶/۷۲-۰/۵۸، ۱۰۱-۱۴، ۱۹۵-۲۱ و ۰/۱۲-۰/۰۰ میلی گرم بر لیتر بوده است. همچنین محدوده‌ی غلظت یون آمونیم، آمونیاک، یون نیتریت، یون نیترات و یون فسفات به ترتیب برابر ۰/۰۵۱-۰/۰۰۷، ۰/۰۱۰-۰/۰۰۱، ۰/۰۱۵-۰/۰۰۲، ۰/۴۷۷-۰/۰۴۳ و۰/۰۷۷-۰/۰۱۴ میلی گرم بر لیتر ثبت گردید. غلظت کلروفیل آ- در این منطقه ۸/۰۲-۰/۰۶ میلی گرم بر لیتر در نوسان بود. تغییرات سطح تروفیکی مقیاسی و غیرمقیاسی به ترتیب برابر ۵/۵۲-۳/۴۲ و ۵/۸۵-۲/۶۱ محاسبه‌گردید. با توجه به دامنه دمایی استاندارد، در این تحقیق دمای مناسب برای پرورش گونه‌های آزادماهیان از ماه آبان شروع و در ماه فروردین به پایان می رسد. محدوده ی تغییرات استاندارد pH و اکسیژن محلول برای پرورش ماهی در قفس به ترتیب برابر ۷/۸۰ تا۸/۵۰ و بیش از ۵ میلی گرم بر لیترمی باشد که نتایج این تحقیقات با محدوده تغییرات pH و اکسیژن محلول و استاندارد منطبق بوده است. فرمهای مختلف ازت (آمونیم، نیتریت و نیترات) و یون فسفات در غالب موارد در لایه های مختلف، قابل قبول و در محدوده حد مجاز کشورهای استرالیا و نیوزیلند بوده است. مقایسه نتایج بدست آمده از مواد مغذی در این مطالعه با داده های سال مرجع (سال ۱۳۷۵) در دریای خزر نشان می دهد که این منطقه از دریای خزر (گهرباران) براساس مقایسه سالهای مرجع از حالت الیگوتروف خارج شده و به مرحله مزو و یا یوتروف سوق پیدا کرده است.

بطورکلی با توجه به نتایج بدست آمده، اگرچه این منطقه از لحاظ میزان مواد مغذی در محدوده مجاز پرورش ماهی در قفس بوده است اما از منظر برخی پارامترها از قبیل اکسیژن خواهی شیمیایی، شفافیت مناسب نبوده است. ضمن آنکه، سطح تروفیکی اکوسیستم براساس شاخص های مختلف در حالت مزوتروف و ریسک یوتریفیکاسیون بالا تعیین گردید.

کلمات کلیدی: خصوصیات فیزیکوشیمیایی، آب، پرورش ماهی در قفس، دریای خزر، ایران

۱-مقدمه

۱-۱-کلیات

تعیین سطح تروفیکی اهمیت زیادی در بررسی کیفیت آب، پیش بینی حوادث اکولوژیک و نیز مدیریت صحیح و مناسب فعالیت های آبزی پروی دارد. انواع شاخص های تروفیکی توسط محققین پیشنهاد شده است که در اکوسیستم های آبی گوناگون مورد استفاده قرار می‌گیرند (Carlson and Simpson, 1996). بعنوان مثال (1982) Vollenweider and Kerekes , (1982 OECD و(1999) EEA روش یک پارامتری و چند پارامتری پیشنهاد داده اند. بنا به اهمیت این شاخص ها اخیراً در ایتالیا تعیین سطح تروفیکی به پایش منابع آبی اضافه گردیده است. در این روش ها با استفاده از فاکتورهای فسفرمعدنی (DIP)، نیتروژن معدنی (DIN) ، اکسیژن محلول (DO) وکلروفیل-a (Chl-a)، شاخص ها و یا حدود آستانه‌ای جهت طبقه‌بندی تروفیکی منابع آبی ارائه شده است. یکی از این شاخص‌ها که در آبهای ساحلی مورد استفاده قرار می گیرد (Trophic Index) TRIX است. این شاخص از ترکیب خطی چهار متغیر نیتروژن معدنی (DIN) و فسفر کل (TP) (بعنوان عوامل غیر زنده ی جهت تولید زی توده)، کلروفیل-a (شاخصی از زی توده فیتوپلانکتون) و درصد اکسیژن اشباعیت (بعنوان یک شاخص بیوتیک یا اندازه گیری تولیدات) حاصل می شود (Vollenweider *et al.*, 1998 ; Aertebjerg *et al.*, 2001 ; Penna *et al.*, 2004). Pettine و همکاران (2007) نیز شاخص تروفیکی جدیدی را برای اکوسیستم های دریایی ارائه کرده اند. آن ها ضرایب مربوطه در محاسبات TRIX را حذف نموده و آنرا بعنوان شاخص تروفیکی غیر مقیاسی (UNTRIX) مطرح نمودند. این نوع بررسی در دریای خزر نیز در سالهای قبل انجام پذیرفت. لذا از داده‌های مطالعه حاضر که در طی یکسال و بصورت ماهانه هستند، می توان برای صحت سنجی معادله تجربی ارائه شده برای دریای خزر استفاده نمود. این اطلاعات در ارتباط با تکثیر و رهاسازی ماهیان (از قبیل کیج و پن) اهمیت دارند. بنابراین بررسی تغییرات پارامترهای محیطی و تعیین سطح تروفیکی و متعاقب آن تعیین نقاط بحرانی از منظر آبزی پروری در حوزه جنوبی دریای خزر (ناحیه گهرباران) که جزء اهداف این پروژه نیز می باشد مهم است.

۱-۲- مروری بر منابع

- Yucel-Gier و همکاران (۲۰۱۱) از دو شاخص تروفیکی استفاده کردند که TRIX مربوط به دریای آدریاتیک ایتالیا (Artioli *et al.*, 2005) و UNTRIX (MEF, 2007) نتایجی خوبی را برای حوزه ازمیر ترکیه نشان نداد به بیان دیگر بهتر است از مقیاسی های منطقه ای بهره برد.
- Pettine و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که مدل تجربی (TQR_{TRIX}) سطح تروفیکی خوبی را با شرایط موجود در برخی ناحیه های منطقه آدریاتیک ایتالیا پیش بینی کرده بود. علاوه بر آن، این شاخص ها (TRIX,

TQR_{TRIX}) در این منطقه بکار برده شد که هردو شاخص جواب مناسبی در برخی مناطق در رابطه با سطح تروفیکی داده است.

- براساس حد آستانه ای OECD (۱۹۸۲) میانگین فسفر در تحقیق Nasrollahzadeh (۲۰۰۸) در منطقه جنوبی دریای خزر بیانگر سطح تروفیکی مزویوتروف و میانگین کلروفیل آ نشان دهنده الیگوتروف می باشد. بر اساس حد آستانه ای EEA (۱۹۹۹) میانگین فسفر معدنی، منطقه جنوبی دریای خزر بیانگر سطح تروفیکی مزویوتروف و میانگین نیتروژن معدنی نشان دهنده الیگوتروف می باشد.
- در مطالعه Nasrollahzadeh و همکاران (۲۰۰۸) و Nasrollahzadeh (۲۰۰۸)نتایج ترکیب خطی چهار پارامتر متذکر شده بر اساس شاخص های تروفیکی مقیاسی (TRIXCS) نشان داد که حوزه جنوبی دریای خزر طی سالهای ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶ بر اساس میانگین فصلی و سالانه دارای وضعیت مزو-یوتروف (Poor و Moderate) میباشد.
- Giovanardi و Volleinweider (۲۰۰۴) بیان نمودند که بهتر است ضرایب k و m مربوط به مدل تجربی شاخص TRIX هر اکوسیستم تعیین گردد و در ادامه طی سالهای مختلف اصلاح گردد.
- شاخص TRIX توسط Giovanardi and Vollenweider, 2004; Penna *et al.*, 2004; Moncheva *et al.*, 2001; Vascetta *et al.*, 2008; Taebi *et al.*, 2005; Yurga *et al.*, 2005; Coelho et al., 2007 برای تعیین سطح تروفیکی آبهای ساحلی دریای سیاه، اژه، آدریاتیک، تیرهنین، بالتیک، سواحل پیسارو (ایتالیا)، جنوب پرتقال، و نیز و شمال شرق خلیج فارس مورد استفاده قرار گرفته است.

در پایش سایت های دریایی پرورش ماهی در قفس، در نظر گرفتن کیفیت آب پایه (baseline)، اجزای رسوب و پارامترهای زیستی بسیار با اهمیت می باشد (Beveridge, 1984 ; Beveridge, 2004). همچنین در جاهایی که فعالیت پرورش ماهی در قفس ادامه دارد فرایند ورود مواد مغذی (نوتریفیکاسیون) رخ می‌دهد که در صورت تداوم، به فرایند پر غذایی (یوتریفیکاسیون) ختم می‌شود (Beveridge *et al.*, 1997). مطالعه Persson (1991) نشان داد که درصد بالایی (۸۰٪) از مواد مغذی رها شده در پرورش ماهی (اعم از پساب غذایی و ماهیان) در قفس قابل دسترس بیولوژیکی می باشد.

- طبق تحقیق Holby و Hall (1991) در پرورش ماهی آزاد، سالانه ۵۴٪-۴۷٪ فسفر و ۲۳٪ نیتروژن بصورت مواد معلق به رسوبات آزاد می‌شوند.
- Penczak و همکاران (1982) گزارش کردندکه به ازای هر تن تولید ماهی ۳۰۰-۲۵۰ کیلوگرم مواد معلق حاصل از مدفوع ماهیان و غذای باقیمانده به محیط آزاد می‌گردد. همچنین عنوان نمودند که به ازای هر کیلو ماهی آزاد در قفس ۰/۰۲۳ کیلوگرم فسفر و ۰/۱۰ کیلوگرم نیتروژن به محیط آبی اطراف اضافه می شود.
- Hany و Poxton (1993) گزارش کردند که در پرورش ماهی در قفس دریایی برای حفاظت از ماهی نیازاست که میزان اشباعیت اکسیژن آب بیش از ۸۰٪، غلظت ازت کل (TN/N) و ازت آمونیاکی (NH3/N) به ترتیب

برابر ۳۰۰ و ۲۱ میکروگرم برلیتر باشد. ماهیان دریایی در مقادیر بالای شوری و اکسیژن محلول در برابر سمیت آمونیاک مصون می مانند. همچنین حد آستانه ای میزان ازت نیتریتی (NO2/N) برای ماهیان دریایی برابر ۱-۲ میلی گرم بر لیتر در نظر گرفته میشود. در ضمن در شرایط بی هوازی، میزان ۱۲ میلی گرم بر لیتر از ازت نیتریتی نیز بدلیل تشکیل مت هموگلوبین برای ماهیان مشکل ساز خواهد شد.

–Williams و Eddy (1986) گزارش کردند که با توجه به عدم اطلاعات دقیق در ارتباط با غلظت سمیت ازت نیتریتی برای ماهیان دریایی در قفس یک دهم از غلظت شناخته شده برای ایجاد بیماری مت هموگلوبین که برابر ۰/۷۷-۰/۳۰ میلی گرم بر لیتر می باشد، در نظر گرفته می شود.

– Poxton (1990) در تحقیقاتش مطرح نمود که تغییرات pH و مواد معلق محلول آب برای پرورش ماهیان دریایی در قفس به ترتیب برابر ۹/۰-۶/۰ (وابسته به نوع گونه) و کمتر از۱۵ میلی گرم بر لیتر باشد. همچنین عنوان نمود که جریانات دریایی (حجم بر لیتر) بایستی مناسب و کافی باشد تا با جابجایی آب از کاهش میزان اکسیژن محلول و افزایش دی اکسید کربن و آمونیاک جلوگیری نماید.

– غلظت سمیت حاد ازت آمونیاکی (NH3/N) برای ماهیان دریایی در قفس در محدوده ی ۰/۰۹ تا ۳/۳۵ میلی گرم بر لیتر گزارش شده است. همچنین شوری، دما و pH بر سمیت آن موثر خواهد بود (Miller *et al.*, 1991; Wajsbrot *et al.*, 1991).

–Fletcher و همکاران (2004) گزارش کرد میزان درصد اشباعت اکسیژن در ستون آب منطقه استقرار قفس دریایی نبایستی کمتر از ۶۰٪ باشد.

–Poxton و Allouse (1982) عنوان نمودند که اگر غلظت اکسیژن محلول آب در منطقه استقرار قفس دریایی کمتر از ۴/۵ میلی گرم بر لیتر گردد سبب استرس در ماهیان می گردد. در ضمن حد مجاز، حد ضرر و کشندگی غلظت ازت آمونیاکی (NH3/N) برای پرورش ماهیان آزاد در قفس دریایی به ترتیب برابر ۲۵، ۱۰۰ و ۳۷۵ میکروگرم بر لیتر می باشد.

–Price و همکاران (2015) گزارش کردند که با توجه به حجم بالای خروجی پساب پرورش ماهی در قفس دریایی و جلوگیری از شکوفایی محتمل، بهتر است مقادیر مواد مغذی منطقه استقرار پایش گردد تا نقش مسایل اکولوژیکی حاصل از مزارع و قفس های پرورش ماهی مشخص گردد.

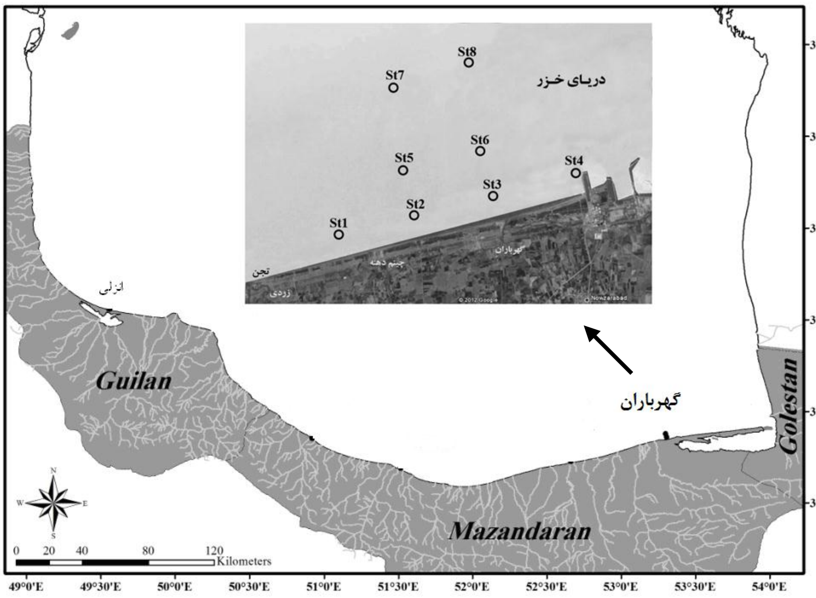
۲- مواد و روشها

۲-۱- نمونه برداری

این مطالعه در بخش شرقی حوزه جنوبی دریای خزر، در محدوده ساحل مازندران و در منطقه گهرباران صورت پذیرفت. تعداد چهار ایستگاه در عمق ۵ متر، دو ایستگاه در عمق ۱۰ متر و دو ایستگاه در عمق ۱۵ متر انتخاب گردید که بصورت ماهانه (اردیبهشت ۱۳۹۲ تا فروردین ۱۳۹۳) انجام پذیرفت. مجموعاً ۱۵۴ نمونه در اعماق فوق به ترتیب از لایه های (سطح)، (سطح، ۵ متر) (سطح، ۵، ۱۰ متر) جمع‌آوری شد. مشخصات ایستگاهها، موقعیت و اعماق نمونه برداری در جدول ۲-۱ و شکل ۲-۱ آمده است.

جدول ۲-۱-مختصات جغرافیایی ایستگاههای نمونه‌برداری در دریای خزر- منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

ایستگاه	عمق(متر)	مختصات	
		عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
St1	۵	۳۶° ۸۲□ ۹۳"	۵۳° ۱۵ □ ۱۵ "
St2	۵	۳۶° ۸۳□ ۵۶"	۵۳° ۱۸□ ۰۸"
St3	۵	۳۶° ۸۴□ ۱۴"	۵۳° ۲۱□ ۲۷"
St4	۵	۳۶° ۸۴□ ۸۹"	۵۳° ۲۴□ ۵۶"
St5	۱۰	۳۶° ۸۵□ ۰۲"	۵۳° ۱۷□ ۶۶"
St6	۱۰	۳۶° ۸۶□ ۲۴"	۵۳° ۲۴□ ۱۴"
St7	۱۵	۳۶° ۸۶□ ۵۰"	۵۳° ۱۷□ ۲۶"
St8	۱۵	۳۶° ۸۷□ ۰۲"	۵۳° ۲۰ □ ۳۴"


St8
St7
دریای خزر
St6
St5
St4
St3
St2
St1
گهرباران
انزلی
Guilan
Mazandaran
Golestan
39°0'N
38°30'N
38°0'N
37°30'N
37°0'N
36°30'N
49°0'E
49°30'E
50°0'E
50°30'E
51°0'E
51°30'E
52°0'E
52°30'E
53°0'E
53°30'E
54°0'E
0 20 40 80 120
Kilometers
N
S
E
W

شکل۲-۱- نقشه موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری در دریای خزر- منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

۲-۲-پارامترهای محیطی و مواد مغذی آب

پارامتر های مورد سنجش، دستگاه های اندازه گیری و روش نمونه برداری در این تحقیق بشرح جدول ۲-۲ می باشد.

جدول ۲-۲- تجهیزات، روش نمونه برداری و بررسی پارامتر های مختلف در دریای خزر- منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

پارامترهای محیطی و مواد مغذی آب	دستگاه سنجش	روش بررسی (منبع)
دمای آب	ترمومتر برگردان	APHA, 2005
شفافیت	صفحه سی شی دیسک	دیسک با قطر ۵۰ سانتی متر با رنگ سیاه و سفید.
pH	pH متر پرتابل (WTW 320)با دقت ۰.۰۱	-
اکسیژن محلول (DO)	بطری وینکلر	اکسیژن محلول (DO) با روش وینکلر(Winkler) اندازه گیری شد (APHA, 2005).
اکسیژن خواهی بیوشیمیایی (BOD5)	بطری وینکلر	اکسیژن محلول (DO) با روش وینکلر(Winkler) اندازه گیری شد (APHA, 2005).
اکسیژن خواهی شیمیایی (COD)	اسپکتروفتومتر (مدل سیسیل ۱۰۱۰)	روش هضم بسته (Close reflux) (APHA, 2005)
مواد جامد معلق (TSS)	ترازوی با دقت ۰/۰۰۱	روش وزن سنجی (APHA, 2005)
قلیائیت تام (TA)	بورت اتوماتیک	روش تیتراسیون (APHA, 2005)
ازت آمونیومی (NH4+/N)	اسپکتروفتومتر (مدل سیسیل ۱۰۱۰)	روش رنگ سنجی ایندو فنل (indophenol) (Sapozhnikov *et al*., 1988;APHA, 2005).
ازت نیتریتی (NO2-/N)	اسپکتروفتومتر (مدل سیسیل ۱۰۱۰)	روش سولفانیل و نفتیل آمین(APHA, 2005)
ازت نیتراتی (NO3-/N)	اسپکتروفتومتر (مدل سیسیل ۱۰۱۰)	روش ستون کاهشی کادمیم (APHA, 2005)
ازت معدنی (DIN/N)	-	DIN = (NH4+) + (NO2-) + (NO3 -)
فسفر معدنی (DIP/P)	اسپکتروفتومتر (مدل سیسیل ۱۰۱۰)	روش آمونیم مولیبدات و اسید اسکوربیک (APHA, 2005)
فسفر کل (TP/P)	اسپکتروفتومتر (مدل سیسیل ۱۰۱۰)	روش هضم پرسولفات (APHA, 2005)

شایان ذکر است که بدلیل استفاده از استانداردهای مختلف و نیز تعیین سطح تروفیکی، پارامترها در موارد مختلف با واحدهای مختلف آورده شده است. میانگین داده‌ها نیز به همراه خطای استاندارد (Standard Error) می باشد.

تعیین سطح تروفیکی در این مطالعه به سه روش انجام گردید. ۱- متغیرهای مورد نظر با مقادیر مرجع (داده های سال ۱۳۷۵) مقایسه گردید (Nasrollahzadeh, *et al*., 2013). به منظور اطمینان بیشتر به نتیجه‌گیری ها، علاوه بر میانگین از مقادیر میانه (جهت حذف داده های پرت (Outliers)) نیز جهت مقایسه سال مرجع و تحقیقات حاضر

استفاده شده است (Karydis, 2009). ۲- با استفاده از جدول پیوست ۲ محاسبه شد ۳- بررسی تکمیلی سطح تروفیکی با استفاده از سطح تروفیکی ترکیبی دریای خزر ($TRIX_{CS}$, UNTRIX) انجام شد.

شاخص تروفیکی مقیاسی (TRIX) و غیر مقیاسی (UNTRIX)

معادله شاخص تروفیکی مقیاسی (TRIX) که توسط Vollenweider و همکاران (۱۹۹۸) ارائه گردید (معادله ۱) به شرح ذیل می باشد:

$$TRIX= [\log(Chl\text{-}a*aD\%O*DIN\ (or\ TN)*TP)-(k)]/m \qquad \text{(معادله ۱)}$$

در این معادله اجزای تشکیل دهنده آن عبارتند از: پارامترهای که نشان دهنده تولیدات در اکوسیستم آبی هستند شامل کلروفیل آ (Chl-a , mg/m^3) و انحراف از درصد اشباعیت (aD%O=[100-DO%]) و پارامترهای مواد مغذی که شامل نیتروژن کل و معدنی (µg/l) و فسفر کل و معدنی (µg/l) می باشند. به منظور افزایش دقت محاسبات ، حد بالا و پایین از اطلاعات ده ساله (۱۳۸۴-۱۳۷۳) حوزه جنوبی دریای خزر استخراج شده است. دامنه (حد بالا و پایین) غلظت این پارامترها به ترتیب برابر ۰/۰۴-۱۰/۰ mg/m^3 ، ۰/۳-۶۴ µg/l ، ۱۳/۲-۲۶۴۰ µg/l، ۱۴۴/۴ µg/l-۰/۷۱ بود. پارامترهای مقیاسی k و m برای حوزه جنوبی دریای خزر به ترتیب برابر ۱/۰۳- و ۰/۹۳ (TRIXCS) محاسبه گردیده است (Nasrollahzadeh et al., 2008).

در این بررسی ۲<TRIX<۴ بیانگر سیستم الیگوتروف، ۴≤TRIX< ۵ نشاندهنده سیستم مزوتروف، ۵≤TRIX<۶ نشاندهنده سیستم مزو- یوتروف و ۶≤TRIX<۸ بیانگر اکوسیستم یوتروف می باشد (Vollenweider et al., 1998). در طبقه بندی فوق برای تعیین کیفیت آب عبارات اولیگوتروف، مزوتروف، مزو-یوتروف و یوتروف بترتیب معادل با عالی، خوب، متوسط و ضعیف در نظرگرفته می‌شود.

معادله شاخص تروفیکی غیر مقیاسی (UNTRIX) که توسط Pettine و همکاران (۲۰۰۷) ارائه گردید (معادله ۲) به شرح ذیل می باشد:

$$UNTRIX= \log(Chl\text{-}a*aD\%O*DIN(or\ TN)*TP) \qquad \text{(معادله 2)}$$

در این بررسی TRIX<4 بیانگر عدم ریسک یوترفیکاسیون ، ۴≤TRIX≤۶ نشاندهنده ریسک یوتریفیکاسیون بالا و TRIX>6 بیانگر اکوسیستم یوتروف می باشد (MEF. 2007).

فرضیات تحقیق

۱-آیا مدل های تجربی TRIXCS و UNTRIX جهت تعیین سطح تروفیکی حوزه جنوبی دریای خزر مناسب است؟

۲-میزان توانایی و کارایی شاخص های مختلف برای اکوسیستم دریای خزر با توجه به شرایط حاکم چگونه است؟

اهداف تحقیق

۱-تعیین سطح تروفیکی حوزه جنوبی دریای خزر بر اساس مدل های تجربی مقیاسی (TRIXCS) و غیرمقیاسی (UNTRIX)

۲-تعیین سطح تروفیکی براساس یک پارامتری و چند پارامتری

۳-مقایسه با نتایج مطالعات پیشین و استاندارد ها

۳-۲- تجزیه و تحلیل آماری

در این مطالعه دو گروه از متغیرها یعنی متغیر های مستقل (ایستگاهها، ماهها و فصل ها) و متغیرهای وابسته (کلیه پارامترهای فیزیکو شیمیایی و زیستی) در نظر گرفته شدند (Bluman, 1998). داده های فیزیکوشیمیایی و زیستی (کلروفیل) بر اساس یکی از فرایند لگاریتم و یا رتبه بندی انتقال داده و سپس با رسم نمودار Q-Q نرمال بودن آن تایید گردید (Siapatis *et al*., 2008). سپس روش پارامتریک برای تجزیه و تحلیل آماری داده های نرمال شده استفاده گردیده است. آنالیز واریانس (ANOVA) و آزمون تی (T-Test) با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۱/۵ مورد استفاده قرار گرفت. همچنین آزمون تی- تک نمونه ای (One-sample t test) جهت مقایسه با استاندارد بر روی داده های نرمال شده استفاده گردید. همه آزمون ها در سطح معنی دار ۵ ٪ انجام شد. ضریب همبستگی پیرسون برای یافتن ارتباط بین پارامترهای شیمیایی، فیزیکی استفاده شد.

در ضمن علائم اختصاری مورد استفاده در متن گزارش بشرح جدول ۲-۳ است.

جدول ۲-۳ -علائم اختصاری مورد استفاده در گزارش، نمودار ها و جداول

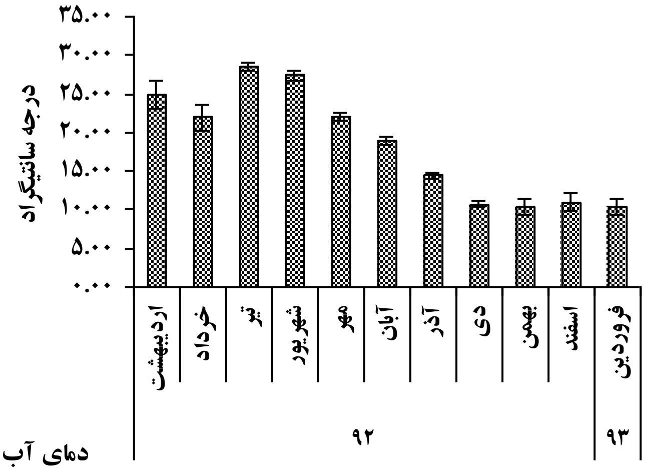
شرح	علامت اختصاری	شرح	علامت اختصاری
دما (درجه سانتی گراد)	Temp (^{O}C)	ازت نیتراتی (میکرومولار)	NO_3^-/N=nitrate nitrogen
شفافیت (متر)	SD (m)	ازت معدنی (میکرومولار)	DIN/N=dissolved inorganic nitrogen
اکسیژن محلول (میلی گرم بر لیتر)	DO=dissolved oxygen	فسفر معدنی (میکرومولار)	DIP/P= dissolved inorganic phophorous
پی اچ	pH	ازت کل (میکرومولار)	TN/N=total nitrogen
ازت آمونیومی (میکرومولار)	NH_4^+/N =ammonium nitrogen	فسفر کل (میکرومولار)	TP/P=total phophorous
ازت نیتریتی (میکرومولار)	NO_2^-/N = nitrit nitrogen	سیلیس محلول (میکرومولار)	DSi= dissolved sillicon
مواد معلق نامحلول (mg/l)	TSS=total suspended solid	اکسیژن خواهی بیوشیمیایی	BOD5= Biological oxygen demand
قلیایِت تام (mg/l)	TA= total alkalanity	اکسیژن خواهی شیمیایی	BOD5= chemical oxygen demand
سطح تروفیکی مقیایسی	TRIX= trophic index	سطح تروفیکی غیر مقیاسی	UNTRIX=non-scaled trophic index

۳- نتایج

۱-۳- پارامترهای محیطی

۱-۱-۳- دمای آب

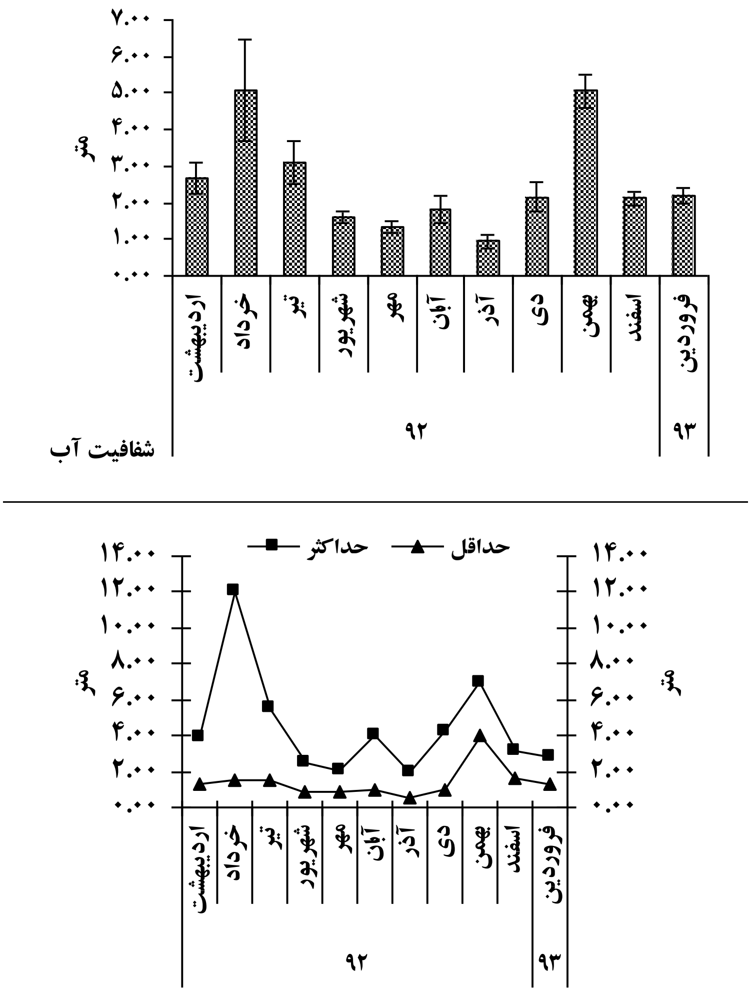
تغییرات دمای آب (°C) در ماههای مختلف در جنوب شرقی دریای خزر-منطقه گهرباران در نمودار ۳-۱ آورده شده است. حداکثر و حداقل میانگین دمای آب به ترتیب در ماه تیر (۲۸/۵۶±۰/۴۹) و دی ثبت گردید. تغییرات دمای آب در این منطقه برابر ۲۹/۰۰-۹/۰۰ (°C) بود. میانگین دمای آب در بین ایستگاههای مختلف اختلاف معنی دار نشان نداد (p>۰/۰۵). اما میانگین دمای آب بین ماهها و فصل ها مختلف دارای اختلاف معنی دار بود (p<۰/۰۵) بطوریکه در آزمون دانکن فصل ها بر اساس تغییرات دمای آب به سه گروه تابستان، بهار- پاییز و زمستان تفکیک شدند.



نمودار ۳-۱- تغییرات ماهانه میانگین (خطای استاندارد) دمای آب در دریای خزر- منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

۲-۱-۳- شفافیت آب

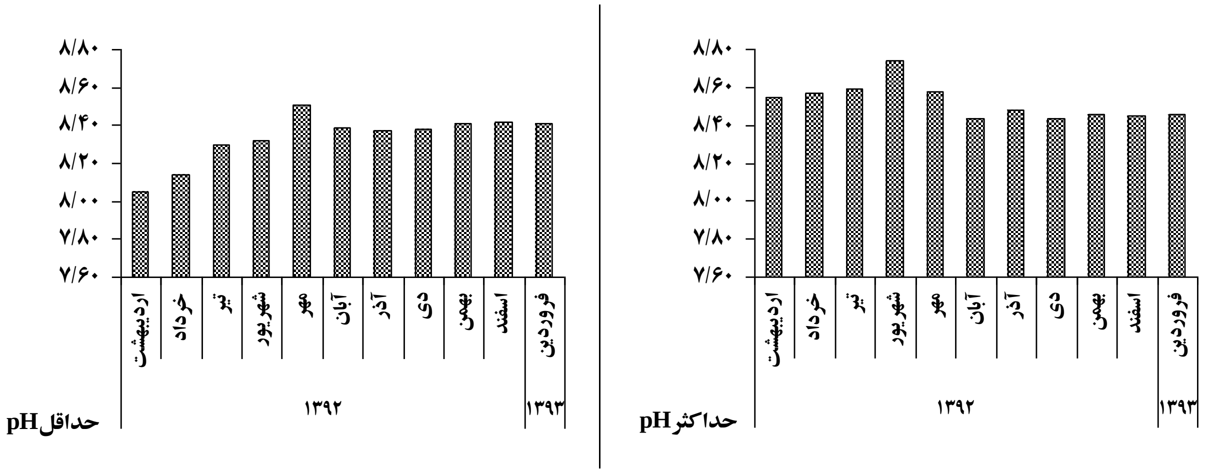
تغییرات شفافیت (m) آب در ماههای مختلف در نمودار ۳-۲ آورده شده است. تغییرات شفافیت آب در این منطقه برابر ۱۲/۰۰-۰/۵۰ متر بود. حداکثر میانگین شفافیت آب در ماههای خرداد و بهمن و حداقل آن در ماه آذر ثبت گردید. اختلاف میانگین شفافیت آب در بین ایستگاه ها معنی دار بود (p <۰/۰۵) و آزمون دانکن این ایستگاه ها را به دو گروه اعماق ۵-۱۰ و ۱۵ متر تفکیک کرد. همچنین میانگین شفافیت آب بین فصل ها مختلف دارای اختلاف معنی دار بود (p <۰/۰۵) و آزمون دانکن فصل ها را به دو گروه تابستان- پاییز و بهار- زمستان تفکیک نمود.



نمودار ۳-۲- تغییرات ماهانه میانگین (خطای استاندارد) و حداکثر/حداقل شفافیت (SD) آب در دریای خزر- منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

۳-۱-۳- pH آب

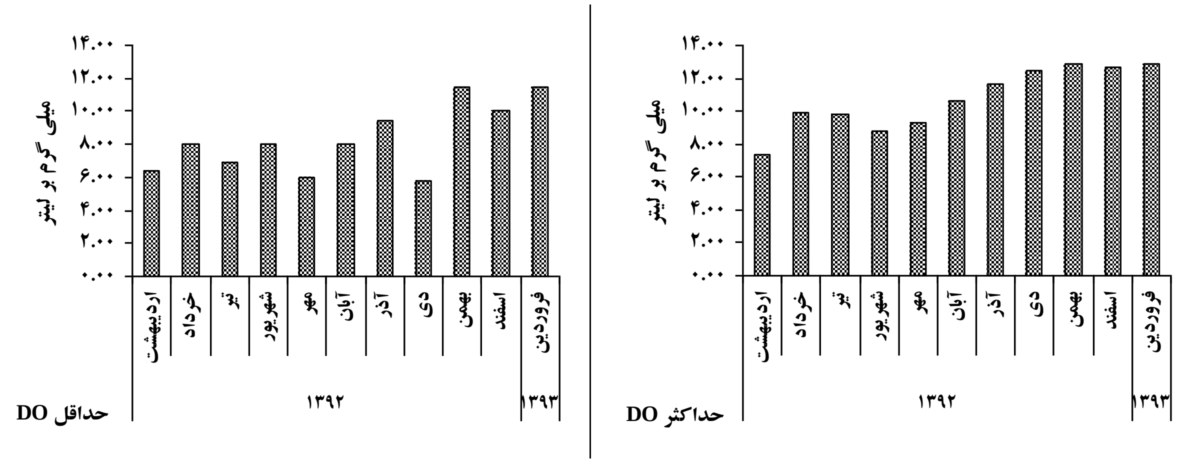
تغییرات حداکثر/حداقل pH آب در ماههای مختلف در نمودار ۳-۳ آورده شده است. تغییرات pH آب در این منطقه برابر ۸/۷۴-۸/۰۵ متغیر بود. حداکثر و حداقل مقادیر pH آب به ترتیب در ماههای شهریور و اردیبهشت ثبت گردید. میانگین pH آب در بین ایستگاهها و لایه های مختلف دارای اختلاف معنی دار نبود (p >۰/۰۵). اما میانگین pH آب بین فصل ها مختلف اختلاف معنی دار نشان داد (p<۰/۰۵) بطوریکه آزمون دانکن فصل ها را به سه گروه بهار، پاییز-زمستان و تابستان تفکیک نمود.



نمودار ۳-۳- تغییرات ماهانه حداکثر/حداقل pH آب در دریای خزر- منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

۴-۱-۳- اکسیژن محلول آب

تغییرات حداکثر/حداقل اکسیژن محلول آب (mg/l) در ماههای مختلف در نمودار ۳-۴ آورده شده است. تغییرات اکسیژن محلول آب در این منطقه برابر ۵/۷۶-۱۲/۸۵ میلی گرم بر لیتر بود. حداکثر و حداقل مقادیر اکسیژن محلول آب در ماه دی ثبت گردید. میانگین اکسیژن محلول آب در بین ایستگاهها و لایه ها اختلاف معنی دار نشان نداد (p>۰/۰۵) اما میانگین اکسیژن محلول آب بین فصل ها مختلف دارای اختلاف معنی دار بود (p<۰/۰۵). بر اساس این پارامتر، درآزمون دانکن فصل ها به سه گروه بهار- تابستان، پاییز و زمستان تفکیک شدند.

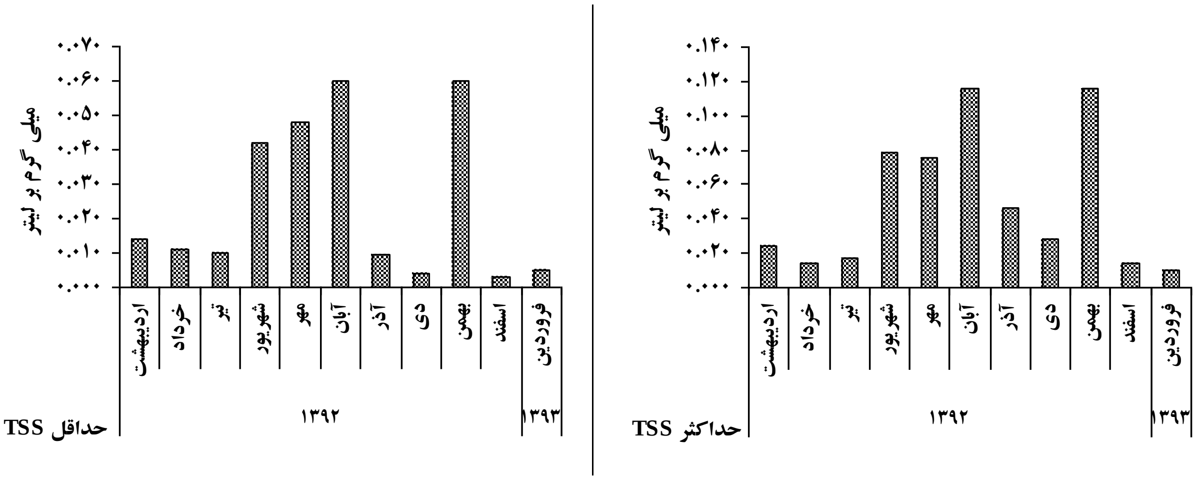


نمودار ۳-۴- تغییرات ماهانه حداکثر/حداقل اکسیژن محلول (میلی گرم بر لیتر) آب در دریای خزر- منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

۵-۱-۳- مواد معلق نامحلول (TSS)

تغییرات حداکثر/حداقل مواد معلق نامحلول (mg/l) در ماههای مختلف در نمودار ۳-۵ آورده شده است. تغییرات مواد معلق نامحلول در این منطقه برابر ۰/۰۰-۰/۱۲ میلی گرم بر لیتر بود. حداکثر مقدارمواد معلق

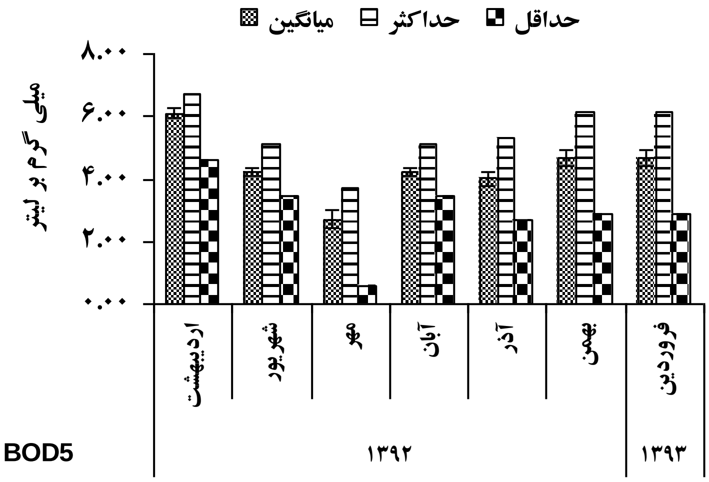
نامحلول در ماه های آبان و بهمن ثبت گردید. میانگین مواد معلق نامحلول در بین ایستگاهها و لایه ها اختلاف معنی دار نداشت (p>۰/۰۵) اما میانگین مواد معلق نامحلول بین فصل ها مختلف دارای اختلاف معنی دار بود (p<۰/۰۵) و بر اساس این پارامتر،آزمون دانکن فصل ها را به سه گروه بهار- پاییز ، تابستان و زمستان تفکیک نمود.



نمودار ۳-۵- تغییرات ماهانه حداکثر/حداقل مواد معلق نامحلول (میلی گرم بر لیتر) آب در دریای خزر- منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

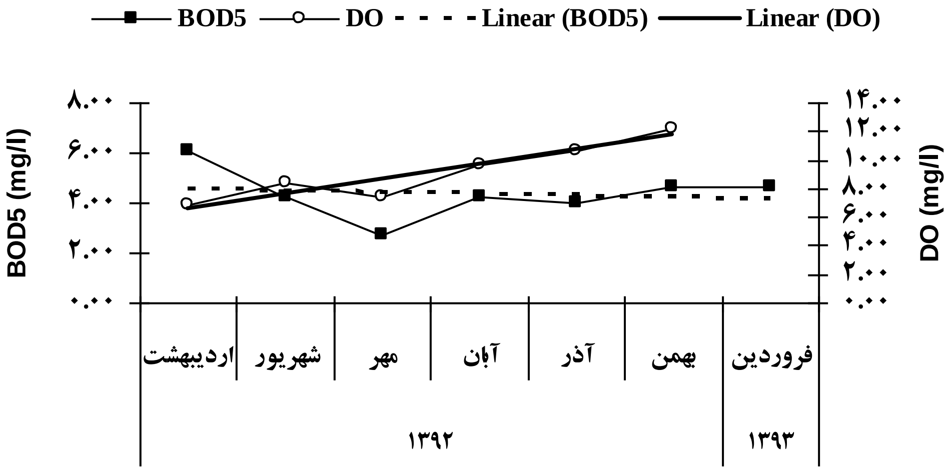
۶-۱-۳- اکسیژن خواهی بیوشیمیایی (BOD5)

تغییرات حداکثر/حداقل و میانگین اکسیژن خواهی بیوشیمیایی (mg/l) در ماههای مختلف در جنوب شرقی دریای خزر- منطقه گهرباران در نمودار ۳-۶ آورده شده است. تغییرات اکسیژن خواهی بیوشیمیایی در این منطقه برابر ۶/۷۲-۰/۵۸ میلی گرم بر لیتر بود. حداکثر و حداقل مقدار اکسیژن خواهی بیوشیمیایی به ترتیب در ماه های اردیبهشت و مهر ثبت گردید. میانگین اکسیژن خواهی بیوشیمیایی در بین ایستگاهها و لایه ها اختلاف معنی دار نداشت (p>۰/۰۵) اما میانگین اکسیژن خواهی بیوشیمیایی بین فصل ها مختلف دارای اختلاف معنی دار بود (p<۰/۰۵). در آزمون دانکن فصل ها بر اساس BOD ، به سه گروه بهار، زمستان و تابستان-پاییز تفکیک شدند.



نمودار ۳-۶- تغییرات ماهانه(خطای استاندارد) غلظت اکسیژن خواهی بیوشیمیایی (میلی گرم بر لیتر) در دریای خزر- منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

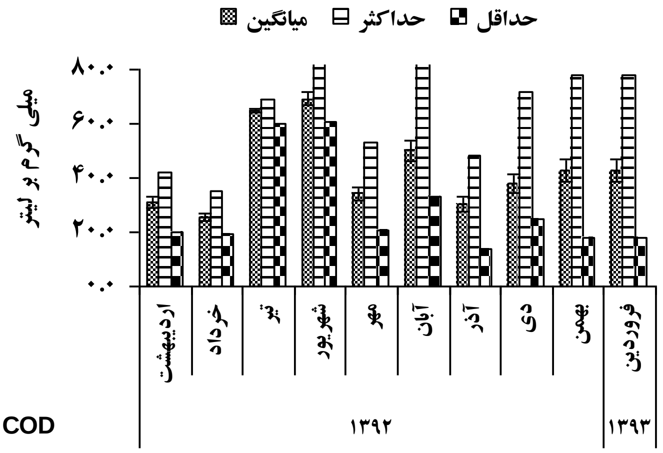
نمودار ۳-۷ نشان می دهد روند تغییرات اکسیژن محلول از اردیبهشت سال ۱۳۹۲ به فروردین سال ۱۳۹۳ افزایشی بوده است اما روند تغییرات BOD5 کاهشی را نشان میدهد.



نمودار ۳-۷- تغییرات ماهانه روند غلظت اکسیژن محلول و اکسیژن خواهی بیوشیمیایی (به همراه خط روند=Trendline) در دریای خزر- منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

۷-۱-۳- اکسیژن خواهی شیمیایی (COD)

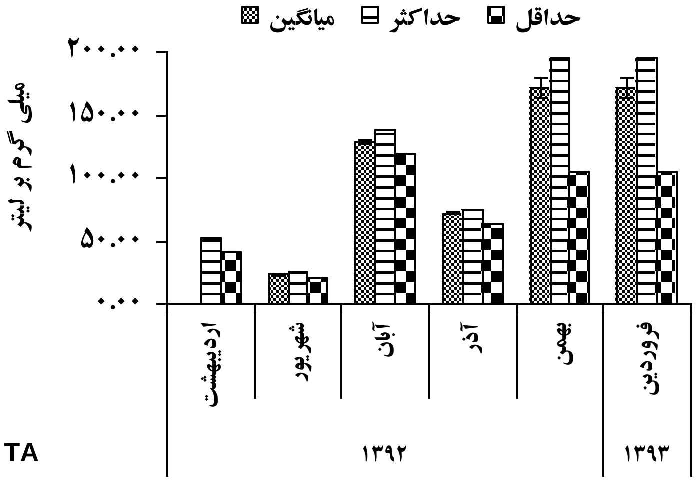
تغییرات حداکثر/حداقل و میانگین اکسیژن خواهی شیمیایی (mg/l) در ماههای مختلف در جنوب شرقی دریای خزر- منطقه گهرباران در نمودار ۳-۸ آورده شده است. تغییرات اکسیژن خواهی شیمیایی در این منطقه برابر ۱۴-۶۷ میلی گرم بر لیتر بود (براساس صدک ۹۰ درصد). حداکثر و حداقل مقدار اکسیژن خواهی شیمیایی به ترتیب در ماههای شهریور و آبان ثبت گردید. میانگین اکسیژن خواهی شیمیایی در بین ایستگاهها و لایه ها اختلاف معنی دار نداشت ($p>0/05$) اما میانگین اکسیژن خواهی شیمیایی بین فصل ها مختلف دارای اختلاف معنی دار بود ($p<0/05$) و بر اساس این پارامتر،در آزمون دانکن فصل ها به سه گروه بهار، تابستان و زمستان تفکیک شدند.



نمودار۳-۸- تغییرات ماهانه (خطای استاندارد)غلظت اکسیژن خواهی شیمیایی (میلی گرم بر لیتر) در دریای خزر-منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

۸-۱-۳- قلیائیت تام (TA)

تغییرات حداکثر/حداقل و میانگین قلیائیت تام (mg/l) در ماههای مختلف در نمودار ۳-۹ آورده شده است. تغییرات قلیائیت تام در این منطقه برابر ۱۹۵-۲۱ میلی گرم بر لیتر بود. حداکثر و حداقل مقدار قلیائیت تام به ترتیب در ماه های بهمن-فروردین و شهریور ثبت گردید. میانگین قلیائیت تام در بین ایستگاهها و لایه ها اختلاف معنی دار نداشت ($p>0/05$) اما میانگین قلیائیت تام بین فصل ها مختلف دارای اختلاف معنی دار بود ($p<0/05$). بر اساس این پارامتر،آزمون دانکن فصل ها را به سه گروه تابستان، زمستان و بهار-پاییز تفکیک نمود.

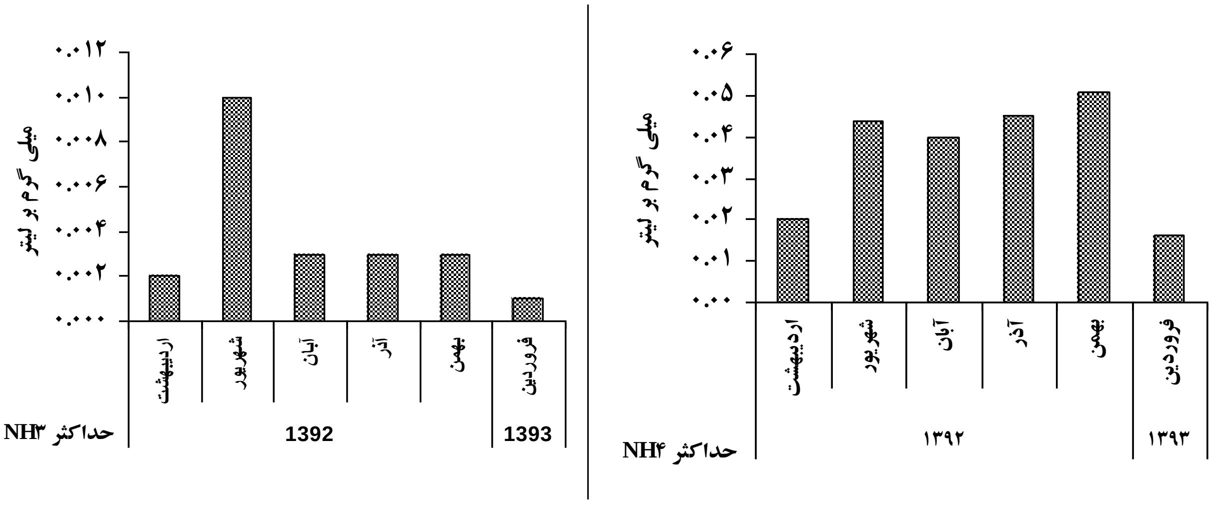


نمودار ۳-۹- تغییرات ماهانه(خطای استاندارد) قلیائیت تام (میلی گرم بر لیتر) در دریای خزر- منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

۲-۳- مواد مغذی

۱-۲-۳- یون آمونیم (NH_4^+)

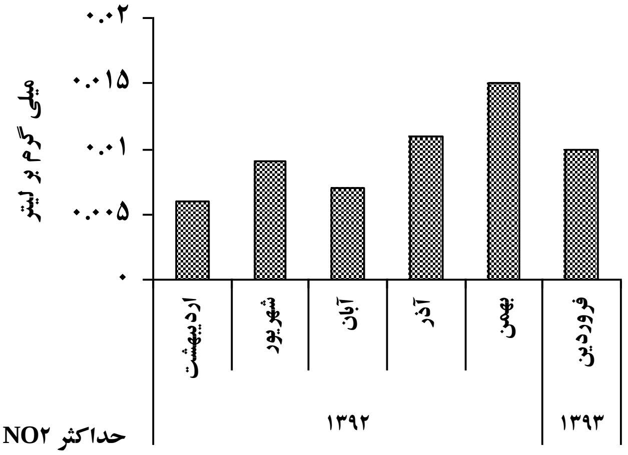
تغییرات یون آمونیم (mg/l) و آمونیاک در ماههای مختلف در منطقه گهرباران در نمودار ۳-۱۰ آورده شده است. تغییرات آمونیم در این منطقه برابر ۰/۰۵۱-۰/۰۰۷ (mg/l) بود و گاز آمونیاک نیز در محدوده ۰/۰۱۰-۰/۰۰۱ (mg/l) تغییرات نشان داد. حداکثر غلظت آمونیم در ماههای بهمن و فروردین ثبت گردید. حداکثر غلظت آمونیاک در ماه شهریور مشاهده گردید. اختلاف میانگین غلظت آمونیم و آمونیاک در بین ماهها و فصل ها معنی دار بوده است ($p < ۰/۰۵$). براساس غلظت آمونیم و آمونیاک فصل ها در آزمون دانکن ترتیب به سه (بهار-پاییز، تابستان، زمستان) و دو (تابستان، بهار-پاییز-زمستان) گروه تفکیک شد.



نمودار ۳- ۱۰- تغییرات ماهانه حداکثر غلظت آمونیم و آمونیاک (میلی گرم بر لیتر) در دریای خزر- منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

۲-۲-۳- یون نیتریت ($NO2^{-}$)

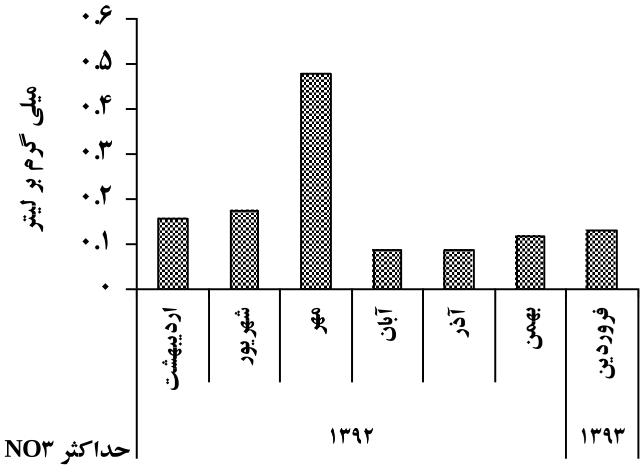
تغییرات یون نیتریت (µg/l) در ماههای مختلف در منطقه گهرباران درنمودار ۳-۱۱ آورده شده است. تغییرات یون نیتریت در این منطقه برابر ۰/۰۱۵-۰/۰۰۲ (mg/l) بوده است. حداکثر غلظت یون نیتریت در ماههای بهمن و آذر ثبت گردید. اختلاف میانگین غلظت نیتریت در بین ماهها و فصل ها معنی دار بوده است (p<۰/۰۵) و براساس آزمون دانکن فصل ها مختلف رابه سه گروه بهار-پاییز، تابستان، زمستان تفکیک کرده است



نمودار ۳-۱۱- تغییرات حداکثر غلظت نیتریت (میلی گرم بر لیتر) در ماهها ی مختلف در دریای خزر- منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

۳-۲-۳- یون نیترات (NO3-)

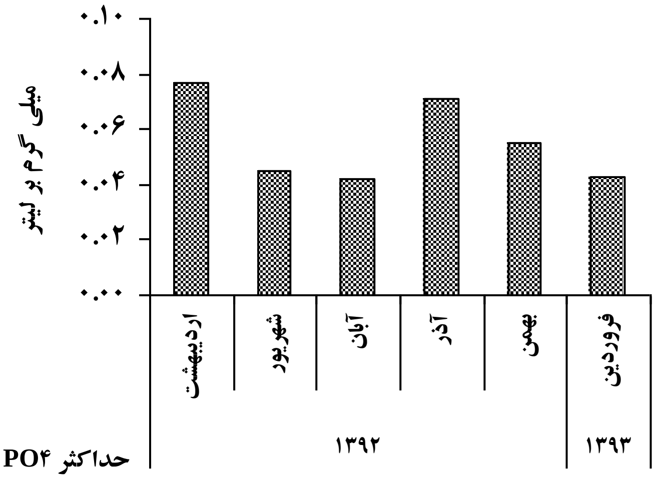
تغییرات یون نیترات (mg/l) درماههای مختلف در منطقه گهرباران در نمودار ۳-۱۲ آورده شده است. نیترات در این منطقه ۰/۴۷۷-۰/۰۴۳ میلی گرم بر لیتر تغییرات نشان داد. حداکثر غلظت یون نیترات در ماه مهر ثبت گردید. میانگین غلظت نیترات در بین فصل ها دارای اختلاف معنی دار بوده است (p<۰/۰۵) و براساس آزمون دانکن فصل پاییز در یک گروه و فصل ها دیگردر گروه مجزا قرار گرفتند.



نمودار ۳-۱۲- تغییرات حداکثر غلظت نیترات (میلی گرم بر لیتر) در ماههای مختلف در دریای خزر- منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

۴-۲-۳- فسفات ($PO4^{3-}$)

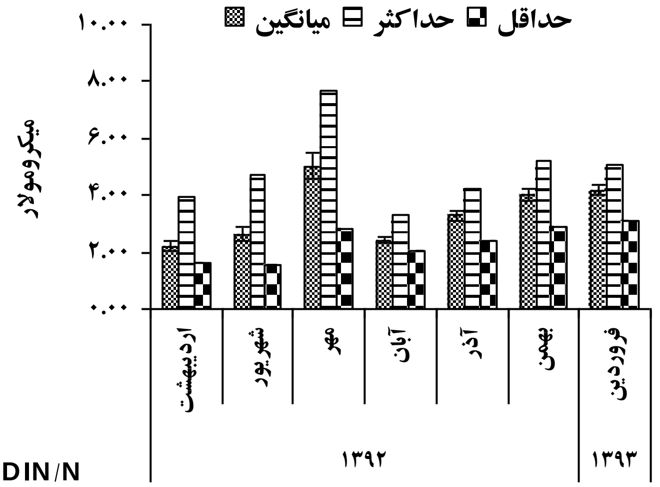
تغییرات یون فسفات (mg/l) در ماههای مختلف در نمودار ۳-۱۳ آورده شده است. تغییرات فسفات در این منطقه برابر ۰/۰۷۷-۰/۰۱۴ میلی گرم بر لیتر بود. حداکثر غلظت فسفات در ماه اردیبهشت ثبت گردید. میانگین غلظت فسفات در بین فصل ها مختلف اختلاف معنی دار داشت ($p<۰/۰۵$) و براساس آزمون دانکن فصل تابستان در یک گروه و فصل ها دیگر در گروه دیگر قرار گرفتند.



نمودار ۳-۱۳- تغییرات حداکثر غلظت فسفات (میلی گرم بر لیتر) در ماههای مختلف در دریای خزر-منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

۵-۲-۳- ازت معدنی (DIN/N)

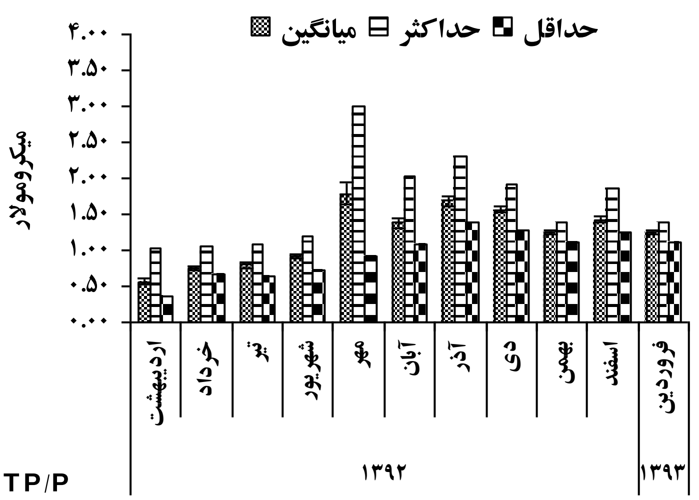
تغییرات ازت معدنی (µM) در ماههای مختلف در نمودار ۳-۱۴ آورده شده است. ازت معدنی در این منطقه ۱/۵۴-۷/۷۰ میکرومولار تغییرات نشان داد. حداکثر مقادیر ازت معدنی در ماه مهر ثبت گردید. میانگین غلظت ازت معدنی دارای اختلاف معنی‌دار در بین فصل ها بود (p< ۰/۰۵) بطوریکه در آزمون دانکن فصل تابستان در یک گروه و فصل ها در گروه دیگر قرار گرفتند.



نمودار ۳-۱۴- تغییرات غلظت (خطای استاندارد)نیتروژن معدنی (میکرومولار) در ماههای مختلف در دریای خزر- منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

۶-۲-۳- فسفر کل (TP/P)

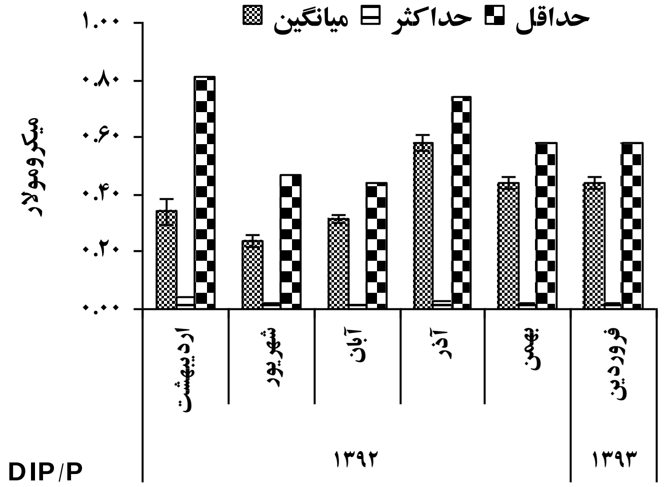
تغییرات فسفرکل (µM) در ماههای مختلف در نمودار ۳-۱۵ آورده شده است. تغییرات فسفرکل در این منطقه برابر ۰/۳۷-۳/۰۰ بود. حداکثر فسفرکل در ماه مهر ثبت گردید. میانگین غلظت فسفرکل در بین فصل ها دارای اختلاف معنی دار بود (p< ۰/۰۵) و براساس آزمون دانکن به سه گروه بهار-تابستان، پاییز و زمستان تفکیک گردید.



نمودار ۳-۱۵- تغییرات غلظت (خطای استاندارد)فسفر کل (میکرومولار) در ماههای مختلف در دریای خزر- منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

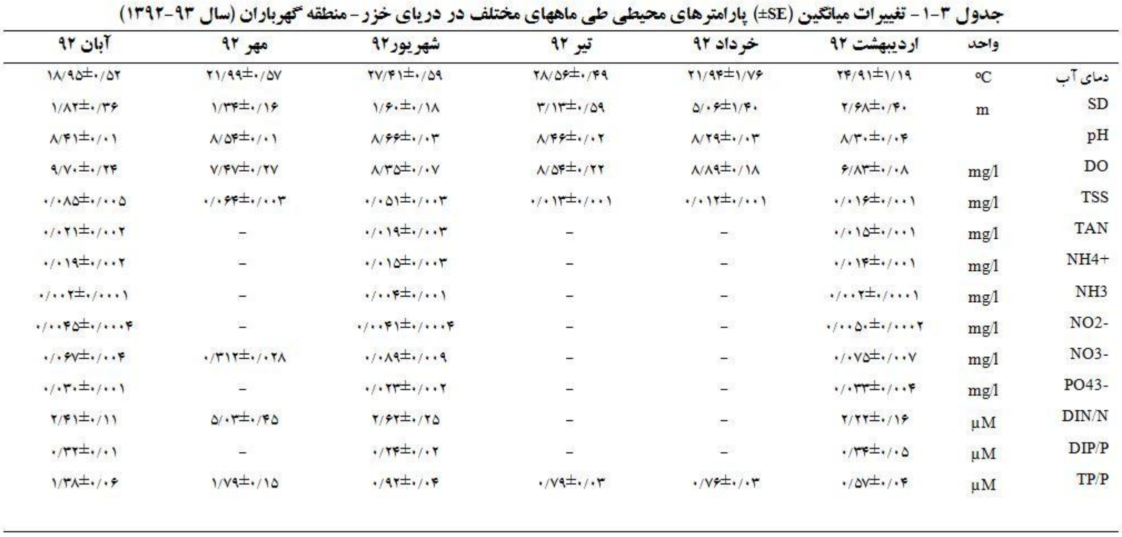
۷-۲-۳- فسفر معدنی (DIP/P)

تغییرات ماهانه فسفرمعدنی (μM) در نمودار ۳-۱۶ آورده شده است. تغییرات فسفرمعدنی در این منطقه برابر ۰/۸۱-۰/۱۵ بوده است. حداکثر فسفرمعدنی در ماه اردیبهشت ثبت گردید. میانگین غلظت فسفرمعدنی در بین فصل ها مختلف دارای اختلاف معنی دار بود ($p< ۰/۰۵$) و براساس آزمون دانکن فصل تابستان در یک گروه و فصل ها دیگر در گروه دیگر قرار گرفتند.



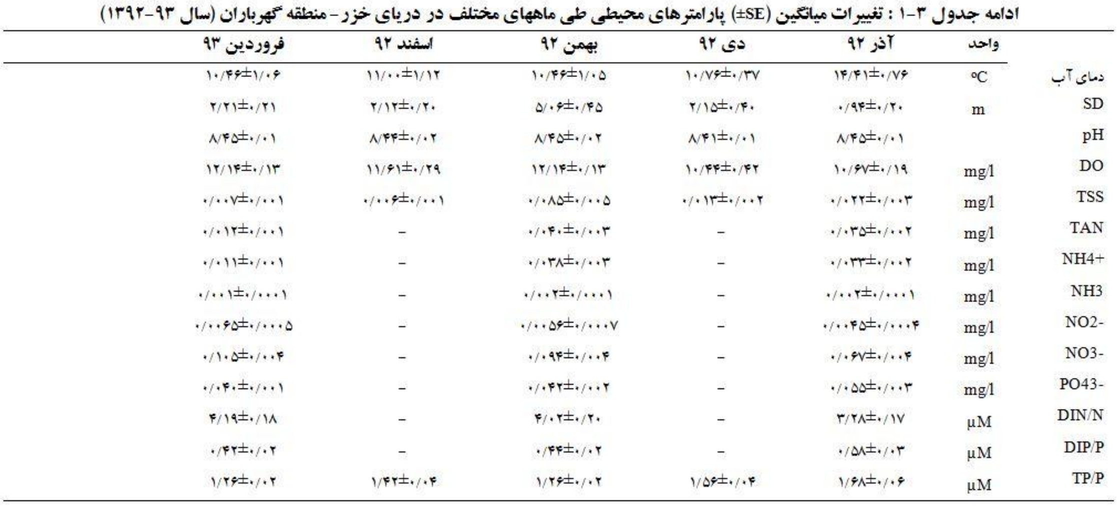
نمودار ۳-۱۶- تغییرات غلظت (خطای استاندارد)فسفر معدنی (میکرومولار) در ماههای مختلف در دریای خزر- منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

میانگین تغییرات پارامترهای مختلف محیطی در ماهها و اعماق مختلف در منطقه گهرباران در جداول ۳-۱ و ۳-۲ نشان داده شده است.



جدول ۳-۱ - تغییرات میانگین (SE±) پارامترهای محیطی طی ماههای مختلف در دریای خزر - منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

	واحد	اردیبهشت ۹۲	خرداد ۹۲	تیر ۹۲	شهریور۹۲	مهر ۹۲	آبان ۹۲
دمای آب	ºC	۲۴/۹۱±۱/۱۹	۲۱/۹۴±۱/۷۶	۲۸/۵۶±۰/۴۹	۲۷/۴۱±۰/۵۹	۲۱/۹۹±۰/۵۷	۱۸/۹۵±۰/۵۲
SD	m	۲/۶۸±۰/۴۰	۵/۰۶±۱/۴۰	۳/۱۳±۰/۵۹	۱/۶۰±۰/۱۸	۱/۳۴±۰/۱۶	۱/۸۲±۰/۳۶
pH		۸/۳۰±۰/۰۴	۸/۲۹±۰/۰۳	۸/۴۶±۰/۰۲	۸/۶۶±۰/۰۳	۸/۵۴±۰/۰۱	۸/۴۱±۰/۰۱
DO	mg/l	۶/۸۳±۰/۰۸	۸/۸۹±۰/۱۸	۸/۵۴±۰/۲۲	۸/۳۵±۰/۰۷	۷/۴۷±۰/۲۷	۹/۷۰±۰/۲۴
TSS	mg/l	۰/۰۱۶±۰/۰۰۱	۰/۰۱۲±۰/۰۰۱	۰/۰۱۳±۰/۰۰۱	۰/۰۵۱±۰/۰۰۳	۰/۰۶۴±۰/۰۰۳	۰/۰۸۵±۰/۰۰۵
TAN	mg/l	۰/۰۱۵±۰/۰۰۱	–	–	۰/۰۱۹±۰/۰۰۳	–	۰/۰۲۱±۰/۰۰۲
NH4+	mg/l	۰/۰۱۴±۰/۰۰۱	–	–	۰/۰۱۵±۰/۰۰۳	–	۰/۰۱۹±۰/۰۰۲
NH3	mg/l	۰/۰۰۲±۰/۰۰۰۱	–	–	۰/۰۰۴±۰/۰۰۱	–	۰/۰۰۲±۰/۰۰۰۱
NO2-	mg/l	۰/۰۰۵۰±۰/۰۰۰۲	–	–	۰/۰۰۴۱±۰/۰۰۰۴	–	۰/۰۰۴۵±۰/۰۰۰۴
NO3-	mg/l	۰/۰۷۵±۰/۰۰۷	–	–	۰/۰۸۹±۰/۰۰۹	۰/۳۱۲±۰/۰۲۸	۰/۰۶۷±۰/۰۰۴
PO43-	mg/l	۰/۰۳۳±۰/۰۰۴	–	–	۰/۰۲۳±۰/۰۰۲	–	۰/۰۳۰±۰/۰۰۱
DIN/N	µM	۲/۲۲±۰/۱۶	–	–	۲/۶۲±۰/۲۵	۵/۰۳±۰/۴۵	۲/۴۱±۰/۱۱
DIP/P	µM	۰/۳۴±۰/۰۵	–	–	۰/۲۴±۰/۰۲	–	۰/۳۲±۰/۰۱
TP/P	µM	۰/۵۷±۰/۰۴	۰/۷۶±۰/۰۳	۰/۷۹±۰/۰۳	۰/۹۲±۰/۰۴	۱/۷۹±۰/۱۵	۱/۳۸±۰/۰۶



ادامه جدول ۳-۱ : تغییرات میانگین (SE±) پارامترهای محیطی طی ماههای مختلف در دریای خزر - منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

	واحد	آذر ۹۲	دی ۹۲	بهمن ۹۲	اسفند ۹۲	فروردین ۹۳
دمای آب	ºC	۱۴/۴۱±۰/۷۶	۱۰/۷۶±۰/۳۷	۱۰/۴۶±۱/۰۵	۱۱/۰۰±۱/۱۲	۱۰/۴۶±۱/۰۶
SD	m	۰/۹۴±۰/۲۰	۲/۱۵±۰/۴۰	۵/۰۶±۰/۴۵	۲/۱۲±۰/۲۰	۲/۲۱±۰/۲۱
pH		۸/۴۵±۰/۰۱	۸/۴۱±۰/۰۱	۸/۴۵±۰/۰۲	۸/۴۴±۰/۰۲	۸/۴۵±۰/۰۱
DO	mg/l	۱۰/۶۷±۰/۱۹	۱۰/۴۴±۰/۴۲	۱۲/۱۴±۰/۱۳	۱۱/۶۱±۰/۲۹	۱۲/۱۴±۰/۱۳
TSS	mg/l	۰/۰۲۲±۰/۰۰۳	۰/۰۱۳±۰/۰۰۲	۰/۰۸۵±۰/۰۰۵	۰/۰۰۶±۰/۰۰۱	۰/۰۰۷±۰/۰۰۱
TAN	mg/l	۰/۰۳۵±۰/۰۰۲	–	۰/۰۴۰±۰/۰۰۳	–	۰/۰۱۲±۰/۰۰۱
NH4+	mg/l	۰/۰۳۳±۰/۰۰۲	–	۰/۰۳۸±۰/۰۰۳	–	۰/۰۱۱±۰/۰۰۱
NH3	mg/l	۰/۰۰۲±۰/۰۰۰۱	–	۰/۰۰۲±۰/۰۰۰۱	–	۰/۰۰۱±۰/۰۰۰۱
NO2-	mg/l	۰/۰۰۴۵±۰/۰۰۰۴	–	۰/۰۰۵۶±۰/۰۰۰۷	–	۰/۰۰۶۵±۰/۰۰۰۵
NO3-	mg/l	۰/۰۶۷±۰/۰۰۴	–	۰/۰۹۴±۰/۰۰۴	–	۰/۱۰۵±۰/۰۰۴
PO43-	mg/l	۰/۰۵۵±۰/۰۰۳	–	۰/۰۴۲±۰/۰۰۲	–	۰/۰۴۰±۰/۰۰۱
DIN/N	µM	۳/۲۸±۰/۱۷	–	۴/۰۲±۰/۲۰	–	۴/۱۹±۰/۱۸
DIP/P	µM	۰/۵۸±۰/۰۳	–	۰/۴۴±۰/۰۲	–	۰/۴۲±۰/۰۲
TP/P	µM	۱/۶۸±۰/۰۶	۱/۵۶±۰/۰۴	۱/۲۶±۰/۰۲	۱/۴۲±۰/۰۴	۱/۲۶±۰/۰۲

جدول ۳-۲- تغییرات میانگین (SE±) پارامترهای محیطی در اعماق مختلف دریای خزر- منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲)

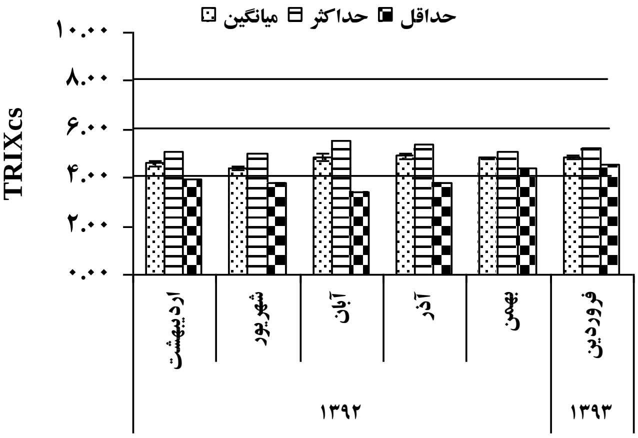
	واحد	۵ متر	۱۰ متر	۱۵ متر
دمای آب	ºC	۱۸/۶۶±۱/۰۲	۱۸/۶۷±۱/۰۱	۱۸/۶۳±۰/۷۹
SD	m	۱/۷۱±۰/۱۵	۲/۷۹±۰/۳۴	۴/۰۲±۰/۵۷
pH		۸/۴۱±۰/۰۲	۸/۴۵±۰/۰۲	۸/۴۶±۰/۰۱
DO	mg/l	۹/۷۴±۰/۲۸	۹/۸۰±۰/۳۲	۹/۶۳±۰/۲۳

	واحد	۵ متر	۱۰ متر	۱۵ متر
TSS	mg/l	۰/۰۳۴±۰/۰۰۴	۰/۰۳۶±۰/۰۰۵	۰/۰۳۳±۰/۰۰۴
TAN	mg/l	۰/۰۲۶±۰/۰۰۳	۰/۰۲۳±۰/۰۰۳	۰/۰۲۲±۰/۰۰۲
NH4+	mg/l	۰/۰۲۴±۰/۰۰۲	۰/۰۲۲±۰/۰۰۲	۰/۰۲۰±۰/۰۰۲
NH3	mg/l	۰/۰۰۲±۰/۰۰۲	۰/۰۰۲±۰/۰۰۲	۰/۰۰۲±۰/۰۰۲
NO2-	mg/l	۰/۰۰۶۵±۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۵۳±۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۴۹±۰/۰۰۰۳
NO3-	mg/l	۰/۱۳۰±۰/۰۲۳	۰/۱۱۸±۰/۰۲۱	۰/۱۰۴±۰/۰۰۷
PO43-	mg/l	۰/۰۳۸±۰/۰۰۳	۰/۰۴۰±۰/۰۰۳	۰/۰۳۵±۰/۰۰۲
DIN/N	µM	۳/۶۶±۰/۲۹	۳/۲۳±۰/۲۷	۲/۹۵±۰/۱۳
DIP/P	µM	۰/۴۰±۰/۰۴	۰/۴۲±۰/۰۳	۰/۳۷±۰/۰۲
TP/P	µM	۱/۳۰±۰/۰۸	۱/۲۲±۰/۰۷	۱/۱۸±۰/۰۵

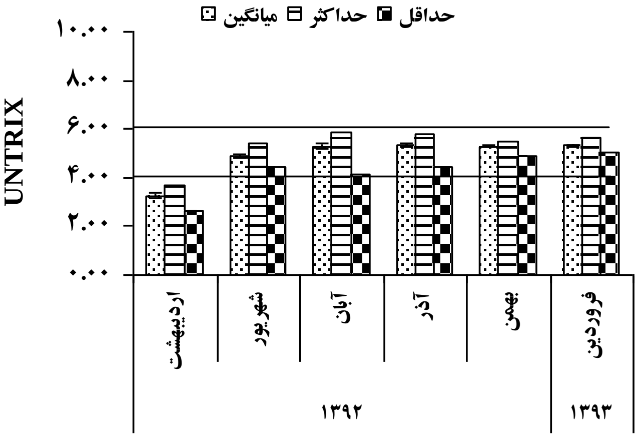
۳-۳- سطح تروفیکی

بررسی داده‌ها با توجه به جدول ۲ پیوست نشان داد که در این منطقه اکوسیستم بر اساس ۹۷ درصد از داده های پارامتر ازت و۸۷ درصد از داده های فسفرمعدنی اولیگوتروف بود. اما وضعیت براساس میانگین فسفر کل (۱۰۰ درصد از داده ها) در این منطقه (گهرباران) از مزو-یوتروف تغییر کرده است. در خصوص میانگین شفافیت آب وضعیت در ماههای مختلف متغیر بوده و منطقه مورد مطالعه (گهرباران)در وضعیت سطح تروفیکی مزوتروف بوده است. شایان ذکر است که فقط ۸ درصد از کل داده های شفافیت در شرایط الیگوتروف قرار گرفته اند.

تغییرات سطح تروفیکی (UNTRIX, TRIXcs) در جنوب شرقی دریای خزر-منطقه گهرباران در نمودار ۳-۱۷ و ۳-۱۸ نشان داده شد. نتایج نشان داد که سطح تروفیکی در ماههای مختلف متفاوت بوده بطوریکه در ماههای اردیبهشت و شهریور کمتر از ۶ اما ماههای دیگر بیش از ۶ بوده است بنابراین می توان دریافت که سطح تروفیکی در مرحله مزوتروف تا یوتروف در ماههای مختلف در نوسان بوده است بطوریکه در برخی ماهها به مرز یوتروف نزدیکتر مشاهده گردید.



نمودار ۳-۱۷- تغییرات سطح تروفیکی (TRIXcs) (خطای استاندارد)در دریای خزر- منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲). خطوط افقی بیانگر محدوده ریسک یوتریفیکاسیون می باشد (در مواد و روشها مشخص شده است).



نمودار ۳-۱۸- تغییرات سطح تروفیکی (UNTRIX)(خطای استاندارد)در دریای خزر- منطقه گهرباران (سال ۹۳-۱۳۹۲). خطوط افقی بیانگر محدوده ریسک یوتریفیکاسیون می باشد
(در مواد و روشها مشخص شده است).

۴- بحث

در اولین بررسی پرورش ماهی در قفس با گونه قزل آلا رنگین کمان در جنوب دریای خزر (منطقه دور از ساحل کشور ترکمنستان) طی سال ۱۹۸۷مشخص شد که برای این گونه دو عامل دما و شکست دمایی در قفس غوطه ور مستقر در عمق ۳۰ متر اهمیت زیادی دارد (Bugrov, 1992). نتایج تحقیق حاضرنشان داد که در نوار ساحلی جنوب شرقی دریای خزر- منطقه گهرباران دمای مناسب برای پرورش گونه های آزادماهیان از ماه مهر شروع و در ماه فروردین به پایان می رسد (میرزاجانی، ۱۳۹۲). بنابراین در این اعماق محدودیت زمانی برای پرورش ماهی در قفس و پن گونه های آزادماهیان وجود دارد. همچنین با توجه به عمق نمونه برداری (حداکثر ۱۵ متر) شکست دمایی مد نظر قرار نمی‌گیرد. البته این تغییرات دمایی (نمودار ۳-۱) برای گونه های کپورماهیان و ماهیان خاویاری محدودیت زمانی برای رشدایجاد نمی کند (میرزاجانی، ۱۳۹۲).

شفافیت آب به مقدار مواد معلق و محلول، جامدات معلق معدنی، پلانکتون‌ها، مواد غنی شده از مواد آلی و رنگی تشکیل شده بستگی دارد (Sanden and Hakasson, 1996; Aarup, 2002). میزان شفافیت در منطقه جنوبی خزر با تاثیر پذیری از باد، جریانات آب و مواد مغذی در لایه های سطحی و با حرکت آن از مناطق ساحلی بسمت مناطق عمیق تر افزایش می یابد (کاتونین و همکاران، ۱۳۷۴، واحدی و همکاران، ۱۳۸۹، نصراله زاده و همکاران، ۱۳۹۰ و نجف پور و همکاران، ۱۳۹۴). روند تغییرات شفافیت با افزایش تولیدات بیولوژیکی رابطه دارد. تغییرات شفافیت دریای خزر قبل از ورود شانه دارغالباً وابسته به تولیدات فیتوپلانکتونی بوده است اما بعد از حضور شانه دار عوامل اثر گذار برکاهش شفافیت آب بیشتر شده است (نصراله زاده ساروی و همکاران، ۱۳۹۴). اپتیمم شفافیت آب برای پرورش ماهی در قفس کمتر از ۵ متر می باشد(Rao *et al.*, 2013). براساس نتایج این تحقیقات محدوده تغییرات و اپتیمم در عمق ۱۵ متر برخی ماهها (خرداد، تیر و بهمن) وجود داشته‌است (نمودار ۳-۲). این منطقه با توجه به نزدیکی به بندر امیرآباد و وجود رودخانه گهرباران بیشتر تحت تاثیر مواد معلق قرار دارد بنابراین از عمق شفافیت کاسته شده است. اگر استاندارد فوق و همچنین توضیح بالا (کم بودن عوق شفافیت)را در نظر بگیریم می توان اظهار نمود این منطقه برای پرورش ماهی در قفس و پن مناسب تشخیص داده نمی‌شود.

در میان دریاهای جهان، دریای خزر pH بالایی دارد که این بدلیل نوع ترکیبات شیمیایی ورودی به دریا از طریق رودخانه ها و نیز بستر دریا می باشد (Kosarev and Yablonskaya, 1994). نتایج این تحقیقات این ادعا را تایید میکند. بطوریکه میانگین سالانه pH در حوزه جنوبی دریای خزر در نواحی و لایه های مختلف بیش از ۸/۰۰ بوده است. Matsuura (1995) گزارش کرد که محدوده تغییرات استاندارد pH برای پرورش ماهی آزاد در قفس برابر ۷/۸۰ تا۸/۵۰ می باشد. براساس نتایج تحقیقات در این منطقه از دریای خزر محدوده تغییرات pH منطبق با استاندارد فوق می باشد (نمودار ۳-۳). همچنین این تغییرات pH در محدوده استاندارد کشورهای مختلف بوده است (جدول پیوست ۱).

در آبزی پروری، قلیائیت بعنوان ظرفیت آب در خنثی سازی و سیستم بافری ترکیبات کربنات، بیکربنات، دی اکسیدکربن و هیدروکسیدها در نظر گرفته می شود. به بیان دیگر از تغییرات زیاد pH جلوگیری میکند. برای تولیدات آبزی پروری مقدار توصیه شده قلیائیت تام ۱۰۰–۸۰ < میلی گرم بر لیتر می باشد و میانگین مقدار قلیائیت تام برابر ۱۱۶ میلی گرم بر لیتر در محیط آب دریایی در نظر گرفته می شود (Lawson, 1995). همانگونه که نتایج در نمودار ۳–۷ نشان می دهد میانگین مقدار قلیائیت تام برابر۶±۱۰۲ بود که در محدوده حد استاندارد فوق می باشد (One-sample t test, p<۰/۰۵). اکسیژن محلول از عوامل مهم در آب دریا است و پراکنش افقی و عمودی آن موازنه ای را با اتمسفر، دمای آب، فتوسنتز و فرآیندهای بیولوژیک و دینامیک آب برقرار می نماید (Chester, 1990). برآورد Matsuura (1995) نشان داد که محدوده تغییرات استاندارد DO برای پرورش ماهی آزاد در قفس بیش از ۵ میلی گرم بر لیتر است. همانگونه که نتایج در نمودار ۳–۴ نشان می دهد حداقل و حداکثر غلظت اکسیژن محلول در حدود استاندارد فوق می باشد. همچنین این تغییرات غلظت اکسیژن محلول در محدوده استاندارد کشورهای مختلف بوده است (جدول پیوست ۱).

اتحادیه‌ی اروپا مقدار مناسب اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی را برای حفاظت از آزادماهیان ۳≥ میلی گرم بر لیتر و برای کپورماهیان ۶≥ میلی گرم بر لیتر توصیه کرد (Enderlein et al., 1996). بر این اساس، میانگین سالانه BOD5 در منطقه مورد مطالعه (۰/۱۲±۴/۳۷ میلی گرم بر لیتر) در محدوده‌ی آب‌های سالم جای دارد و کیفیت آب این منطقه برای کپورماهیان مناسب تر بود (One-sample t test, p<۰/۰۵). MONRE (1995) گزارش کرد که در مناطقی که آبزی پروری انجام می گیرد حد مجاز غلظت BOD5 کمتر از ۱۰ میلی گرم بر لیتر باشد. بر اساس این استاندارد منطقه مورد مطالعه در تحقیق حاضر کمتر از این محدوده بوده است و مشکلی را برای صنعت آبزی پروری ایجاد نمیکند.

افزایش مواد آلی در آب سبب افزایش BOD5 می گردد و در عوض سبب کاهش اکسیژن محلول خواهد شد (Shu et al., 2002). همانطوریکه در نمودار ۳–۷ نشان می دهد روند تغییرات اکسیژن محلول از اردیبهشت سال ۱۳۹۲ به فروردین سال ۱۳۹۳ افزایشی بوده است اما روند تغییرات BOD5 کاهشی را نشان میدهد که با مطالب بالا همخوانی دارد. اگرچه براساس آزمون پیرسون همبستگی منفی معنی داری بین این دو متغیر را نشان نداده است.

MONRE (1995) گزارش کرد در مناطقی که آبزی پروری انجام می گیرد حد مجاز غلظت COD در محدوده از ۴۰–۳۰ میلی گرم بر لیتر باشد. بر اساس این استاندارد منطقه مورد مطالعه تحقیق حاضر میانگین غلظت بیش از این محدوده بوده است (One-sample t test, p<۰/۰۵) بنابراین می تواند برای صنعت آبزی پروری مشکل ساز باشد.

مواد معلق نامحلول (TSS) در آب، از گل و لای، مواد حاصل از تجزیه گیاهان و جانوران، آبهای صنعتی، فاضلاب ها و پساب ها منشاء می گیرید. افزایش TSS سبب کاهش نفوذ نور، کاهش تولیدات اولیه، کاهش اکسیژن محلول، جذب گرمای خورشید و افزایش دمای آب، کاهش دید ماهی جهت دریافت غذا، تجمع در

آبشش ماهیان و ... خواهد شد (FAO/WHO, 2006). حد مجاز TSS پرورش ماهیان دریایی در برخی کشورها (استرالیا و نیوزیلند) به کمتر از ۱۰ میلی گرم بر لیتر عنوان گردید (جدول پیوست ۱). همانگونه که نتایج در نمودار ۳-۵ نشان می دهد حداقل و حداکثر غلظت مواد معلق نامحلول کمتر حد استاندارد فوق می باشد (One-sample t test, p<۰/۰۵).

در مناطق مختلف دنیا، پرورش ماهیان مختلف بخصوص ماهی آزاد در قفس بطور معنی داری باعث افزایش مواد مغذی آب، ماکروبنتوزها و جلبک ها (Axler *et al.* 1994, Kelly 1995) و همچنین غنی شدن رسوبات منطقه (Cornell and Whoriskey, 1993) شده است. در کشورهای دارای صنعت آبزی پروری یکی از موارد مهم برای صدور مجوز پرورش ماهی در قفس تعیین مواد مغذی و سطح تروفیکی دریاچه/خلیج می باشد (NCC, 1990). چنانکه درکشور اسکاتلند برای تعیین مناطق استقرار قفس، بررسی های جامعی از این جهت برای تعیین کیفیت آب صورت می‌گیرد (SEPA, 1997). لذا ارزیابی مواد مغذی در لایه های مختلف و نیز سطح تروفیکی نواحی مختلف در دریای خزر ضروری است.

فرمهای مختلف نیتروژن در محیط آبی بوسیله فرایندهای معدنی شدن مجدد (Remineralization)، آمونوفیکاسیون (Ammonification)، نیتریفیکاسیون (Nitrification)، دنیتریفیکاسیون (Denitrification) و تثبیت ازت (Fixation) به هم تبدیل می شوند. اولین فرم تبدیل ترکیبات آلی نیتروژن دار به فرم معدنی آن آمونیم می باشد (Lawson, 1995). آمونیم منبع مهم نیتروژنی برای باکتری ها، جلبک ها و گیاهان بزرگتر در آب شیرین و اکوسیستم دریایی است. غلظت آن بسیار متغیر است ولی معمولا کم است. زیرا همانطوریکه Ren (2002) عنوان کرد حجم مبادلات (turnover) ازت آمونیمی نسبت به ازت نیتراتی در اکوسیستم آبی بسیار سریع صورت می گیرد. همچنین آمونیم منبع ازت ترجیح داده برای بیشتر جلبک ها می‌باشد در حالی که اشکال دیگر ازتی مانند ازت نیترتی و ازت نیتراتی باید از طریق فرایند آنزیمی تبدیل به NH_4^+ شده و سپس مورد استفاده قرار گیرد، که این فرایند انرژی بالایی را نیاز دارد. بدلیل اولویت NH_4^+ به ازت نیتراتی، غلظت آمونیم معمولا کم‌تر از ۰/۰۱۴ میلی گرم بر لیترمی باشد زیرا آمونیم تولید شده توسط باکتری ها و فیتوپلانکتون مصرف می گردد. در تحقیقات حاضر نیز غلظت آمونیم در اعماق و ماههای مختلف کمتر از مقدار فوق بوده است (جدول ۳-۱).

بطور کلی، حد مجاز مختلفی برای این فرم از نیتروژن ($NH4^+$) در نظر گرفته شد که در محدوده کمتر از ۰/۰۱۲ (Boyd, 1990) تا ۰/۱۰ (Meade, 1989) میلی گرم بر لیتر می باشد. میانگین نتایج در کل دوره برابر۰/۰۱۵±۰/۰۲۵ میلی گرم بر لیتر و همچنین نتایج تغییرات در جدول ۳-۱ نشان داد که اکثر داده ها در ماههای مختلف بیشتر از حد قابل قبول بوده است. در تمام دوره میزان آمونیم ($NH4^+$) از استاندارد کشورهای استرالیا و نیوزیلند کمتر بوده است (جدول پیوست ۱).

یون آمونیم براساس تغییرات pH و دمای آب به ترکیب آمونیاک که سمی نیز است تبدیل می گردد. بطوریکه غلظت مجاز و بدون ضرر آمونیاک برای ماهی آزاد و ماهیان دریایی به ترتیب ۰/۰۲۰> و ۰/۰۱۰> میلی گرم بر

لیتر در نظر گرفته شد (Huguenin, 1989). میانگین نتایج در کل دوره ۰/۰۲±۰/۰۲۳ میلی گرم بر لیتر و همچنین نتایج تغییرات در جدول ۳-۱ و نمودار ۳-۱۰ نشان داد که در این منطقه اکثر داده ها در لایه های مختلف، کمتر از حداکثرغلظت مجاز و بدون ضرر بوده است. همچنین میانگین غلظت آمونیاک در تمام دوره از حد مجاز کشورهای استرالیا و نیوزیلند و ASEAN بیشتر بوده است (جدول پیوست ۱). در ضمن در تمام دوره میزان آمونیم کل (TAN=NH4+NH3) از حد مجاز کشور مالزی کمتر بوده است و همچنین از حد مجاز مناسب برای تولید ماهی کمتر برآورد شده است (جدول پیوست ۱).

نیتریت محصول اکسیداسیون آمونیم و آمونیاک در محیط طی فرایند نیتریفیکاسیون و در شرایط کاملاً هوازی توسط باکتریها می باشد. این ترکیب سمی می باشد و با غیر فعال کردن هموگلوبین خون ماهی سبب بیماری خون قهوه ای (Brown Blood Disease) می گردد (Lawson, 1995). غلظت مجاز و بدون ضرر برای ماهیان ۰/۱۰۰> میلی گرم بر لیتر در نظر گرفته شد (Pillay, 1990). نتایج این تحقیقات نشان داد که غلظت نیتریت در مناطق مختلف بسیار کمتر ازغلظت حد مجاز بوده است (نمودار ۳-۱۱). همچنین مقادیرحداکثر و میانگین غلظت نیتریت از حداکثر حد مجاز کشورهای استرالیا، نیوزیلند بسیار کمتر و از حد مجاز ASEAN (Association of Southeast Asian Nations) کمتر بوده است (جدول پیوست ۱).

نیترات محصول اکسیداسیون نیتریت در محیط طی فرایند نیتریفیکاسیون و در شرایط کاملا هوازی توسط باکتریها می باشد. این ترکیب سمی نیست و پایدارترین فرم نیتروژن نیز محسوب می گردد و همچین افزایش غلظت آن بر خواص اسمزی، انتقال اکسیژن، یوتریفیکاسیون و پدیده شکوفایی جلبکی اثر می‌گذارد (Lawson, 1995). غلظت مجاز و بدون ضرر برای ماهیان ۳> (Meade, 1989) و ۱۰۰> (Pillay, 1990) میلی گرم بر لیتر در نظر گرفته شد. نتایج این تحقیقات نشان داد که غلظت نیترات در مناطق مختلف بسیار کمتر از غلظت مجاز بوده است (نمودار ۳-۱۲). همچنین حداکثرمقادیر و میانگین غلظت نیترات بسیارکمتر از حد مجاز کشورهای استرالیا و نیوزیلند بوده است (جدول پیوست ۱).

در کشورهای مختلف حد مجاز فسفر در آب دریا بیش از آب شیرین در نظر گرفت میشود، که علت آن احتمالاً بدلیل بیشتر بودن وقوع شکوفایی جلبکی و کشند قرمز در آب های دریایی می باشد (Muller and Helsel, 1999). غلظت حد مجاز فسفات برای ماهیان ۰/۲۰–۰/۰ میلی گرم بر لیتر در نظر گرفته شد. نتایج این تحقیقات نشان داد که غلظت فسفات در مناطق مختلف کمتر از غلظت مجاز فوق بوده است. همچنین حداکثر مقادیر و میانگین غلظت فسفات در ماههای مختلف از حد مجاز کشورهای استرالیا و نیوزیلند (۰/۰۵>) کمتر بوده است (جدول پیوست ۱ و نمودار ۳-۱۳).

با توجه به هدف استقرار قفس نیاز است که نواحی مختلف حوزه جنوبی دریای خزر از منظر یوتریفیکاسیون مورد ارزیابی قرار گیرد. در سالهای اخیر موضوع فرایند یوتریفیکاسیون سواحل بعنوان یک خطر علیه سلامت اکوسیستم دریایی مطرح شده است (Andersen *et al.*, 2004; Yang *et al.*, 2008). روشهای مختلفی برای ارزیابی

کمی یوتریفیکاسیون از قبیل تکنیک های آماری، مدلسازی و شاخص های کیفیت آب گسترش یافته است. تمام این روشها بدنبال هدف واحد ارزیابی اثرات افزایش مواد مغذی و بیوماس فیتوپلانکتون بر اکوسیستم به همراه طبقه بندی آب به الیگوترف، مزوترف و یوتروف می باشند. کلاسه بندی آب ابزار مناسب و مفید برای ارزیابی کیفیت اکوسیستم بوده و در مدیریت سواحل و نیز تصمیم گیری مدیران کمک خواهد بود (Karydis, 2009).

برای بررسی سطح تروفیکی یک اکوسیستم سه راه مورد نظر می باشد. نخست تعیین مقادیر مرجع و مقایسه نتایج بدست آمده با آن، و دوم تعیین مقادیر حد آستانه ای (Threshold) برای فاز های مختلف تروفیکی باید انجام گیرد (Karydis, 2009). با توجه به مطالعات انجام شده دردریای خزر، داده های سال ۱۳۷۵ که محیط اولیگوتروف و دارای ثبات و عدم اغتشاش (نصراله زاده ساروی و همکاران، ۱۳۹۴) بود، را می توان بعنوان مقادیر مرجع (Reference value) در نظر گرفت و با نتایج تحقیق حاضر مقایسه نمود. راه دوم استفاده از مراجع مختلف در جدول پیوست ۲ جهت ارزیابی سطح تروفیکی حوزه جنوبی دریای خزر بهره جست.همچنین را سوم بهره بردن از شاخص TRIX نیز میتوان سطح تروفیکی دریای خزر را تعیین نمود.

نتایج جداول میانگین و میانه سال مرجع و تحقیقات حاضر نشان می دهد که دو متغیر نیتریت و فسفات تغییرات بطئی داشته اند اما سه متغیر دیگر دارای تغییرات قابل توجهی بوده است. بطوریکه ازت آمونیمی و ازت نیتراتی تا سه برابر افزایش نشان دادند و همینطور شفافیت آب ۱/۵ تا ۲/۵ متر کاهش نسبت به سال مرجع داشته است (جدول ۴-۲). براساس این نتایج می توان بیان نمود که این منطقه از دریای خزر از حالت الیگوتروف خارج شده و به مرحله مزو و یا یوتروف سوق پیدا کرده است. Nasrollahzadeh (2008) گزارش کرد که در تابستان سال ۱۳۸۴ که با شکوفایی جلبکی همراه بوده است میانگین متغیرهای ازت آمونیومی، ازت نیتراتی و فسفر معدنی به ترتیب برابر ۱/۷۲، ۱/۷۹ و ۰/۷۲ میکرومولار و میانه آنها برابر ۱/۳۶، ۱/۷۱ و ۰/۶۴ میکرومولار بوده است. بنابراین اگر نتایج فوق را حدود مقادیر یوتروف برای حوزه ایرانی دریای خزر در نظر بگیریم، مقادیر این سه متغیر (به غیر از ازت نیتراتی) در تحقیق حاضر بین مقادیر سال مرجع (الیگوتروف) و سال ۱۳۸۴ (یوتروف) قرار می گیرد. بنابراین می توان وضعیت مزوتروف را برای این حوزه در تحقیق حاضر در نظر گرفت.

جدول ۴-۲- مقایسه مقادیر میانگین و میانه مرجع (سال ۱۳۷۵) برخی متغیرهای وابسته به ارزیابی یوتریفیکاسیون با تحقیق حاضر (سال ۹۳-۱۳۹۲) در حوزه جنوبی دریای خزر

	سال	NH4/N (µM)	NO2/N (µM)	NO3/N (µM)	DIP/P (µM)	SD (m)
میانگین	۱۳۷۵ (داده های مرجع)	۰/۶۴ (N=576)	۰/۰۹ (N=576)	۰/۴۳ (N=475)	۰/۳۳ (N=576)	۶/۱۳ (N=۱۵۴)
	۹۳-۱۳۹۲ (تحقیق حاضر)	۱/۶۶ (N=۱۵۴)	۰/۱۲ (N=۱۵۴)	۱/۸۶ (N=۱۵۴)	۰/۳۹ (N=۱۵۴)	۲/۵۵ (N=۱۵۴)

	سال	NH4/N (µM)	NO2/N (µM)	NO3/N (µM)	DIP/P (µM)	SD (m)
میانه	۱۳۷۵ (داده های مرجع)	۰/۷۰ (N=576)	۰/۰۹ (N=576)	۰/۴۶ (N=475)	۰/۳۰ (N=576)	۶/۵۰ (N=۱۵۴)
	۱۳۹۲-۹۳ (تحقیق حاضر)	۱/۴۹ (N=۱۵۴)	۰/۱۱ (N=۱۵۴)	۱/۳۶ (N=۱۵۴)	۰/۳۹ (N=۱۵۴)	۲/۰۰ (N=۱۵۴)

تعداد داده ها=N

با مقایسه نتایج داده ها با حد آستانه ای پارامترها در جدول ۲ پیوست می توان دریافت که براساس میانگین پارامتر ازت و فسفرمعدنی وضعیت اکوسیستم در این منطقه اولیگوتروف بود. اما وضعیت در این منطقه از دریای خزر براساس میانگین فسفر کل به مزو-یوتروف تغییر کرده است. در خصوص میانگین شفافیت آب، وضعیت در ماههای مختلف متغیر بوده و ۹۲ درصد از کل داده های شفافیت بیانگر سطح تروفیکی مزوتروف بود.

تغییرات سطح تروفیکی مقیاسی (TRIXcs) در منطقه مورد مطالعه نشان داد (نمودار ۳-۱۷) که سطح تروفیکی در ماههای مختلف متفاوت بوده بطوریکه سطح تروفیکی در مرحله مزویوتروف تا یوتروف در ماههای مختلف در نوسان بوده است بطوریکه در برخی ماهها به مرز یوتروف نزدیکتر مشاهده گردید. تغییرات سطح تروفیکی غیر مقیاسی (UNTRIX) نشان داد (نمودار ۳-۱۸) که در تمام ماهها (به غیر از اردیبهشت)، منطقه مورد مطالعه دارای ریسک بالای یوتریفیکاسیون بود.

در مطالعه نصراله زاده و همکاران (۱۳۹۱) نتایج نشان داد که براساس شاخص های مقیاسی (TRIXcs)و غیر مقیاسی (UNTRIX) منطقه جنوبی دریای خزر دارای سطح تروفیکی مزویوتروف و بدون ریسک - ریسک یوتریفیکاسیون بالا بوده که در مقایسه با تحقیق حاضر منطبق بوده است و نشان می دهد که شرایط تروفیکی این حوزه از دریا تغییراتی قابل ملاحظه ای نداشته است.

۵- نتیجه گیری نهایی

با توجه با تقسیم بندی FAO (1992) و گزارشات Refa (2002) مکان های مناسب برای استقرار قفس در حوزه جنوبی دریای خزر براساس پارامترهای محیطی در مناطق دور از ساحل (Offshore, Off-the coast) می باشد. از ویژگی‌های این منطقه می توان به کمتر بودن فعالیت های بیولوژیکی، کم بودن زی‌توده موجودات بنتیک و همچنین کمتر بودن تجمع مواد آلی اشاره نمود. در این بررسی با توجه به نزدیکی اعماق به ساحل و رودخانه ها شرایط مناسب برای ماهیان مختلف مهیا نمی باشد. اگرچه این منطقه (گهرباران) از لحاظ مواد مغذی در محدوده مجاز پرورش ماهی قفس بوده است اما از منظر برخی پارامترها از قبیل اکسیژن خواهی شیمیایی، شفافیت مناسب نبوده است و همچنین براساس شاخص های مختلف سطح تروفیکی اکوسیستم در حالت مزوتروف و ریسک یوتریفیکاسیون بالا تعیین گردید. در هر صورت با توجه به بسته بودن اکوسیستم دریای خزر و حساسیت آن میتوان اظهار نمود که وضعیت تروفیکی منطقه ساحلی مورد بررسی در این تحقیق از حالت الیگوتروف گذشته و در مرحله مزوتروف قرار دارد که با افزایش مواد مغذی از طریق پرورش ماهی در قفس پتانسیل و توانایی انتقال به وضعیت یوتروف افزایش می‌یابد.

پیشنهادها

۱- پایش پارامترهای مختلف (فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی) در اعماق ۲۵ تا ۳۵ متر (اعماق ترجیحی برای استقرار قفس) انجام گردد

۲- تعیین مواد مغذی ورودی از طریق رودخانه ها به حوزه مورد مطالعه جهت بررسی دینامیک این مواد (Nutrient dynamics) صورت پذیرد

منابع

- کاتونین، د.ن. پورغلام، ر. نجف‌پور، ش. نصراله زاده، ح. روشن طبری، م. سلیمانی رودی، ع. مخلوق، آ. تکمیلیان، ک. روحی، ا. رستمیان، م.ت. گنجیان، ع. واردی، ا. کیهان ثانی، ع.ر. واحدی، ف. هاشمیان، ع. تهامی، ف.س. لالوئی، .ف. غلامی‌پور، س. سالاروند، غ.ر. ۱۳۷۴. پروژه هیدرولوژی وهیدروبیولوژی سواحل ایرانی منطقه جنوبی دریا ی خزر با همکاری انسیتو تحقیقات کاسپنریخ (روسیه) و مرکز تحقیقات شیلات گیلان و مازندران،۷۴-۱۳۷۳. :انتشارات موسسه تحقیقات شیلات ایران و موسسه تحقیفاتی کاسپرنیخ روسیه (آستاراخان). ۳۸۹ صفحه.
- میرزاجانی، ع.ر. ۱۳۹۲. مطالعه دریاچه سد خاکی توده بین استان زنجان به منظور امکان آبزی پروری. پژوهشکده آبزی پروری آبهای داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور.۷۳ صفحه.
- نجف پور، ش. نصراله زاده، ح.س.، پورغلام، ر.، یونسی پور، ح.، واحدی، ف.، نصراله تبار، ن.، علومی، ی.، الیاسی، ف.، مخلوق، آ.، مکرمی، ع.، یوسفیان، م.، نوروزیان، م.، کاردر، م.، ابراهیم زاده، م.، رودباریان، م.، ابراهیمی، م. ۱۳۹۴. بررسی خصوصیات فیزیکو شیمیایی آب در منطقه جنوبی دریای خزر(۱۳۸۹ سال). موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۱۸۰ صفحه.
- نصراله زاده، ح.س. نجف‌پور. ش. یونسی پور، ح. علومی، ی.، واحدی، ف. نصراله تبار، ع. الیاسی، ف. پ. نوروزیان، م. دلیناد، غ.ح. مکرمی، ع. مخلوق، آ. گل‌آقایی، م. کاردر، م.ر. ۱۳۹۰. بررسی خصوصیات فیزیکو شیمیایی آب در منطقه جنوبی دریای خزر(۱۳۸۸ سال). موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۱۱۲ صفحه.
- نصراله زاده ساروی، ح.، مخلوق، آ.، واحدی، ف.، پورغلام، ر. ۱۳۹۱. بررسی روند یوتریفیکاسیون آبهای ایرانی دریای خزر براساس مدل تجربی شاخص تروفیکی کقیاسی و غیرمقیاسی. مجله علوم محیطی، سال ۹، ویژه نامه، ۹: ۶۰-۴۹.
- نصراله زاده ساروی، ح.، نجف پور، ش.، روشن طبری، م.، تهامی، آ. و هاشمیان، ع. ۱۳۹۴. طرح هیدرولوژی، هیدروبیولوژی و آلاینده‌های زیست محیطی در منطقه جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۸۹. پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور. ۱۷۹ صفحه.
- واحدی، ف.، نصراله تبار، ع.، علومی، ی. یونسی پور، ح.، الیاسی، ف.، نوروزیان، م.، دلیناد، غ.ح. ۱۳۸۹. پروژه بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب در کرانه های جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۸۷): موسسه تحقیقات شیلات ایران. ۹۵ صفحه.
- Aarup, T. 2002. Transparency of the North Sea and Baltic Sea – a Secchi depth data mining study. Oceanologia, 44:323-337.
- Andersen, J.H., Conley, D.J. and Hedal, S. 2004. Palaeoecology, reference conditions and classification of ecological status: the EU Water Framework Directive in practice. Marine Pollution Bulletin, 49, 283-290.
- APHA (American Public Health Association), 2005. Standard method for examination of water and wastewater. 21thedition. Washington. USA: American public health association publisher. 1113P.

- Artebjerg, G., Carstensen, J., Dahl, K. and Hansen, J. 2001, Eutrophication in Europe's coastal waters. European Environmental Agency. Copenhagen, DK: http://reports.eea.europa.eu/topic_report_2001_7/en/Topic_Report_7_2001.pdf. 87pp.
- Artioli, Y., Bendoricchio G. and Palmeri, L. 2005. Defining and modeling the coastal zone affected by the Po River (Italy). Ecological Modelling 184: 55–68.
- Axler, R., Owen, C., Ameel, J., Ruzycki, E. and Henneck, J., 1994. Water quality issues associated with aquaculture: A case study in Minnesota Mine pit lakes. Lake Reservoir Management 9, 53.
- Beveridge, M.C.M. 1984. Cage and Pen fish farming. FAO publishing, 130p.
- Beveridge, M.C.M. 2004. Cage Aquaculture. Blackwell Publishing. Third Edition. pp.111-158.
- Beveridge, M.C.M., Phillips, M.J. and Macintosh, D.J. 1997. Aquaculture and the environment: the supply of and demand for environmental goods and services by Asian aquaculture and the implications for sustainability. Aquaculture Research, 28: 797–807.
- Bluman, A.G., 1998. Elementary statistics: a step by step approach. 3rd edition. Tom Casson publisher, USA.1885pp.
- Boyd, C. E., 1990. Water Quality in ponds for aquaculture. Agriculture Experiment Station, Auburn Univ., Alabama, U.S.A. 482pp.
- Bugrov, L. 1992., Rainbow trout culture in submersible cages near offshore oil platforms. Aquaculture, 100(1-3):169. DOI: 10.1016/0044-8486(92)90359-S.
- Bugrov, L. 1999. Marine culture of Caspian beluga in underwater cages: Off-shore prospects. Journal of Applied Ichthyology, 15(4-5):324-325.
- Carlson, R.E. and Simpson,j., 1996. A Coordinator's Guide to Volunteer Lake Monitoring Methods. North American: Lake Management Society. PP
- Chester, R. 1990. Marine Geochemistry, London, UNWIN HYMAN. 698P.
- Coelho, S. Gamito, S. and Perez-Ruzafa, A. 2007. Trophic state of Foz de Almargem coastal lagoon (Algarve, South Portugal) based on the water quality and the phytoplankton community. Estuarine, Coastal and Shelf Science 71: 218–231.
- Cornell, G.E. and Whoriskey, F.G. 1993. The effects of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) cage culture on the water quality, zooplankton, benthos and sediment of Lac du Passage, Quebec. Aquaculture 109, 101 – 117.
- EEA (European Environmental Agency), 1999. Nutrients in European ecosystems. Environmental Assessment Report no. 4. Europe: Office for official publications of the European Communities PP.
- Enderlein, U.S., Enderlein, R.E., and W. P. Williams. 1996. Water Quality Requirements. In: Chapman D. (Ed.) 1996. Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring -Second Ed., UNESCO/ WHO/ UNEP. PP
- FAO.1992. Aquaculture Production, 1984-1990. Fisheries Circular No. 815, Rome. 206 pp.
- FAO/WHO. (2006). Committee on Food Additives. Technical Report Series no. 776. Geneva. 134pp.
- Fletcher, W.J., Chesson, J., Fisher M., Sainsbury, K.J., and Hundloe, T.J. 2004. National ESD Reporting Framework: The 'How To' Guide for Aquaculture. Version 1.1 FRDC, Canberra, Australia, 88 pp.
- Giovanardi, F. and Vollenweider, R.A., 2004. Trophic conditions of marine coastal waters: experience in applying the Trophic Index TRIX to two areas of the Adriatic and Tyrrhenian Seas. Journal of Limnology 63: 199–218.
- Hany, R.D. and Poxton, R.G. 1993. Nitrogen pollution in mariculture: toxicity and excretion of nitrogenous compounds by marine fish. Reviews in fish and Fisheries, 3: 205-241.
- Holby, O. and Hall, P.O.J. 1991. Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. II. Phosphorus. Marine Ecology Progress Series, 70: 263–272.
- Huguenin, J.E. and Colt, J. 1989. Design and Operating Guide for Aquaculture Seawater Systems. Elsevier, Amsterdam. 336pp.
- Karydis, M. 2009. Eutrophication Assessment of Coastal Waters Based on Indicators: A Literature Review.Global NEST Journal, 11(4): 373-390.
- Kelly, L.A. 1995. Predicting the effect of cages on nutrient status of freshwater lochs using mass-balance models. Aquaculture Research 26, 469 – 477.
- Kosarev, A. N. and E. A. Yablonskaya. 1994. The Caspian Sea. The Hague, SPB Academic Publishing, Russia. 259pp.
- Lawson, T. B. 1995. Fundamentals of Aquacultural Engineering. New York: Chapman and Hall. 351pp.
- Matsuura, R. 1995. Fax and accompanying Coho Culture Guidelines. Miyagi Prefectural
- Government, Fisheries Development Division (in Japanese).
- Meade, J.W. 1989. Allowable ammonia in fish culture. Progress Fish Culture, 47:135-145.

- MEF, 2007. The notification to identify the closed bay and gulf qualified sensitive where fish farms are not suitable to be established in the seas. Turkey: Turkish Official Gazette No. 26413. PP
- Miller, D.C., McDonald, D.G. and Prior, T. 1991. Branchial acid and ammonia flux in response to alkalosis in two marine teleosts. Physiology and Zoology, 64: 169-192.
- Moncheva, S., Gotsis-Skretasb, O., Pagoub, K. and Krastev A. 2001. Phytoplankton blooms in Black Sea and Mediterranean coastal ecosystems subjected to anthropogenic eutrophication: similarities and differences. Estuarine, Coastal and Shelf Science 53: 281–295.
- MONRE (Ministry of Environment and Natural Resources).,1995. The World Bank and the Danish International Development , The views expressed in the Vietnam Environment Monitor, TCVN, 5943, 78pp.
- Mueller, D.K. and Helsel, D.R. 1999. Nutrients in the Nation's Waters--Too Muchof a Good Thing? U.S. Geological Survey Circular 1136. National Water-Quality Assessment Program. http://water.usgs.gov/nawqa/circ-1136.html. 24pp.
- Nasrollahzadeh, H.S. 2008. Ecological modeling on nutrient distribution and phytoplankton diversity in the southern of the Caspian Sea. Doctroal dissertaion, University Science Malaysia. 245pp.
- Nasrollahzadeh, H.S., Din, Z.B., Foong, S.Y., Makhlough, A. 2008. Trophic status of the Iranian Caspian Sea based on water quality parameters and phytoplankton diversity. Continental Shelf Research, 28,1153–1165.
- Nasrollahzadeh, H.S., Din, Z.B., Makhlough, A. 2013. The water chemistry and phytoplankton community of the Caspian Sea. Lambert Academic Publishing (LAP), 185p.
- NCC (Nature Conservancy Council). 1990. Fish Farming and the Scottish Freshwater Environment. A report to the Nature Conservancy Council. Institute of Aquaculture, Institute of Freshwater Ecology, Institute of Terrestrial Ecology. 285 pp.
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). 1982. Eutrophication of Waters, Monitoring, Assessment and Control. Paris: OECD Publication. 154pp.
- Penczak, T., Galicka, W., Molinski, M., Kusto, E. and Zalewski, M. 1982. The enrichment of a mesotrophic lake by carbon, phosphorus and nitrogen from the cage aquaculture of rainbow trout, Salmo gairdneri. Journal of Applied Ecology, 19:371–93.
- Penna, N. Capellacci, S. and Ricci, F. 2004. The influence of the Po River discharge on phytoplankton bloom dynamics along the coastline of Pesaro (Italy) in the Adriatic Sea. Marine Pollution Bulletin 48: 321–326.
- Persson, G. 1991. Eutrophication resulting from salmonid fish culture in fresh and salt waters: Scandinavian experiences. In Cowey CB, Cho CY (eds). Nutritional Strategies and Aquaculture Waste: 163–185.
- Pettine, M., Casentini, B., Stefano Fazi, S. and Pagnotta, R. 2007. A revisitation of TRIX for trophic status assessment in the light of the European water framework directive: application to Italian coastal waters. Marine Pollution Bulletin 54: 1413–1426.
- Pillay, T.V.R. 1990. Aquaculture; principles and practices, Fishing News Book, London, UK. 575pp.
- Poxton, M.G. and Allouse, S.B. 1982. Water quality criteria for marine fisheries. Aquacuture Engeneering, 1:153-191.
- Poxton, R.G. 1990. A review of water quality for intensive fish culture. Aquaculture Society, 16:121-143.
- Price, C., Black, K.D., Hargrave, B.T, James, A. and Morris, Jr. 2015. Marine cage culture and the environment: effects on water quality and primary production. Aquaculture Environment Interactions, 6: 151–174.
- Rao, G., Syda, I.J, Philipose, K.K. and Suresh Kumar M. 2013.Eds. Cage Aquaculture in India.Central Marine Fisheries Research Institute, Kochi, pp.77-90.
- Refa. 2002. Main Frame Study for Sea Cage Culture Development in Iran. Executive Report to the Iran Fisheries Organization.
- Ren, L. 2002. Biogeochemical Conversion of Nitrogen in Enclosed Pelagic Coastal Ecosystems of the German Bight: Mesocosm and Modelling Studies. PhD Thesis, pp 161.
- Sanden, P. and B. Hakansson. 1996. Long-term trends in Secchi depth in the Baltic Sea. Limnolog and Oceanogrphy, 41: 346-351.
- Sapozhnikov, V.N., Agativa, 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.
- SEPA 1997. Total phosphorus water quality standards for Scottish freshwater lochs. Scottish environmental Protection Agency, Policy 16. Dingwall Scotland. 34pp.

- Siapatis A., M. Giannoulaki, V. D. Valavanis, A. Palialexis, E. Schismenou, A. Machias and S. Somarakis. 2008. Modelling potential habitat of the invasive ctenophore Mnemiopsis leidyi in Aegean Sea. Hydrobiologia, 612:281–295.
- Taebi, S.A. et al., 2005. Examination of three eutrophication indices of characterize water quality in the north east Persian Gulf. Journal of Coastal Research 42: 405–411.
- Shu, T., Lue, L. and Wen, Y. 2002. Effect on maricuture on coastal ecological environment. Marine Environmental Sceince, 21(2): 74-79.
- Vascetta, M., Kauppila, P. and Furman, E. 2008. Aggregate indicators in coastal policy making: Potentials of the trophic index TRIX for sustainable considerations of eutrophication. Sustainable Development, 16, 282–289.
- 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. 156pp.
- Vollenweider, R.A., Giovanardi, F., Montanari, G. and Rinaldi, A. 1998. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. Environmetrics 9: 329–357.
- Wajsbrot, N., Gasith, A., Krom, M.D. and Popper, D.M. 1991. Acute toxicity of ammonia to juvenile gilthead seabream Sparus aurata reduce oxygen level. Aquaculture, 92: 277-288.
- Williams, E.M. and Eddy, F.B. 1986. Chloride uptake in freshwater teleosts and its relationship to nitrite uptake and toxicity. Journal of compound Physiology,156B: 867–72.
- Yang, X., Wu, X., Hao, H. and He, Z. 2008. Mechanisms and assessment of water eutrophication. Journal of Zhejiang University Science B, 9(3): 197-209.
- Yucel-Gier, G., Pazi, I., Kucuksezgin, F. and Kocak, F. 2011. The composite trophic status index (TRIX) as a potential tool for the regulation of Turkish marine aquaculture as applied to the eastern Aegean coast (Izmir Bay). Journal of Apply Ichthyology 27: 39–45.
- Yurga, T., Koray, T. Başaran-Kaymakçı, A. and Egemen, O. 2005. Deniz Yetis-tiricilig˘iYapılan Bir Bolgede Microplankton Tur C- esitliligi ve TRIX Indeks lerinde Olusan Degisimler. E.U. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 22: 177–186 (in Turkish, with English abstract).

پیوست

جدول پیوست ۱: خلاصه استاندارد/محدوده پارامترهای کیفیت آب پرورش ماهی در قفس در محیط های دریایی(FAO/WHO, 2006)

پارامتر	واحد	استرالیا	ASEAN	هنگ کونگ	هند	مالزی	نیوزیلند	نروژه	فیلیپین	مناسب برای تولید
pH		۶/۰–۹/۰	–	–	–۸/۵ ۶/۵	۶/۵–۹/۰	۶/۰–۹/۰	–	۶/۵–۸/۵	۶/۵–۹/۰
DO	mg/l	>۵/۰	۴/۰	≥۴/۰	۵/۰	۳/۰–۷/۰	>۵/۰	–	۵/۰	– ۶/۰ >۵/۰
TAN	mg/l	–	–	–	–	۰/۳	–	–	–	<۰/۰۱
NH4	mg/l	<۱/۰	–	–	–	–	<۱/۰	–	–	–
NH3	mg/l	<۰/۰۱	۰/۰۷	≤۰/۰۲۱	–	–	<۰/۰۱	–	–	–
NO2	mg/l	<۰/۱	۰/۰۵۵	–	–	–	<۰/۱	–	–	–
NO3	mg/l	<۱۰۰	–	–	–	–	<۱۰۰	–	–	–
P	mg/l	–	۰/۰۱۵	–	–	–	–	<۰/۰۲۵	–	–
PO4	mg/l	<۰/۰۵	–	–	–	–	<۰/۰۵	–	–	–
TSS	mg/l	<۱۰	افزایش ۱۰٪				<۱۰		کمتر از ۳۰٪ افزایش	

جدول پیوست ۲: حدود آستانه ای چند شاخص تروفیکی بر اساس فاکتورهای فیزیکوشیمیایی

Variables **OECD (1982)**	**Threshold/ Indicator**	**Units**	**Existing conditions**
TP	<۰/۰۲۵	µM	Oligotrophic
	۰/۰۲۶ – ۰/۳۶۷	µM	Oligo-mesotrophic
	۰/۳۸۷ – ۰/۸۷۱	µM	Mesotrophic
	۰/۸۷۲ – ۱/۲۵۸	µM	Meso-eutrophic
	>۱/۲۹۰	µM	Eutrophic
SD	>۴/۵	m	Oligotrophic
	۳/۸ – ۴/۵	m	Oligo-mesotrophic
	۲/۴ - ۳/۷	m	Mesotrophic
	۱/۸ - ۲/۳	m	Meso-eutrophic
	<۱/۷	m	Eutrophic
Vollenweider and Kerekes (1982)			
TP	<۰/۳۲۳	µM	Oligotrophic
	۰/۳۲۳–۱/۱۲۹	µM	Mesotrophic
	۱/۱۳۰ –۳/۲۲۶	µM	Eutrophic
EEA (1999)			
DIN	<۶/۵۰	µM	Good (Oligotrophic)
	۶/۵۱ – ۹/۰۰	µM	Fair (Mesotrophic)
	۹/۰۱ – ۱۴/۰۰	µM	Poor (Meso-eutrophic)
	>۱۴/۰۱	µM	Bad (Eutrophic)
DIP	<۰/۵۰۰	µM	Good (Oligotrophic)
	۰/۵۱۰ – ۰/۷۰۰	µM	Fair (Mesotrophic)
	۰/۷۱۰ –۱/۱۰۰	µM	Poor (Meso-eutrophic)
	>۱/۱۱۰	µM	Bad (Eutrophic)

Abstract

The aim of this project is to study water quality and the trophic status at different months and depths in the southeast Caspian Sea-Goharbaran based on environmental parameters and nutrients during 2013-2014 in order the feasibility of fish cage culture. Results showed that water temperature, transparency, pH, dissolved oxygen, BOD5, COD, total alkaninity and TSS were varied 9.00-29.00C, 0.50-12.00 m, 8.05-8.74, 5.76-12.85, 14-101, 21-195 and 0.00-0.12 mg/l at the different months and depths, respectively. In addition, The values of NH4+, NH3, NO2-, NO3- and PO4-3 were 0.007-0.051, 0.001-0.010, 0.002-0.015, 0.043-0.477 and 0.014-0.077 mg/l, respectively. Chl-a concentration was recorded as 0.060-8.02 mg/l. Sacled and unscaled trophic indices were equal to 3.42-5.52 and 2.61-5.85, respectively. The proper temperature for cultivation of salmonids species in this area began from October to March. The range of the standard of pH and dissolved oxygen level for fish farming cage were 7.80-8.50 and >5 mg /l that in current study results of pH and dissolved oxygen which were consistent in the current study. Various forms of nitrogen (ammonium, nitrite and nitrate) at the different layers were acceptable and less than the threshold limit of Australia and New Zealand. The results of the nutrients concentrations compared with data from the reference years (1996-1996) in the Caspian Sea (Goharbaran region) showed that this ecosystem passed from oligotrophic status and shifted to mezotrophic and eutrophic condition. As a conclusion, although nutrients concentrations were acceptable in terms of fish farming cages in this region, some parameters such as chemical oxygen demand and transparency are not suitable for aquaculture industry. Meanwhile, based on various trophic levels, this ecosystem (Gohrabaran region) has a mezotrophic status with a high risk of eutrophication.

Keyword: Physico-chemical parameters, Water, Fish cage culture, 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 : Eutrophication trend of southeast Caspian Sea water (Mazandaran-Goharbaran) based on Environmental and biotic parameters using single and multiple variables in order to feasibility of Marine Cage Cultur
Approved Number: 4-76-12-95105
Author: Hassan Nasrollahzadeh Saravi
Project Researcher: Hassan Nasrollahzadeh Saravi
Collaborator(s): Vahedi F., Laloei, F., Ulomi Y., Nasrollahtabar A., Makhlough A., Ebrahimzadeh M., Razeghiyan Gh.R.
Advisor(s): -
Supervisor:-
Location of execution : Mazandaran province
Date of Beginning : 2016
Period of execution : 6 Months
Publisher : Iranian Fisheries Science Research Institute
Date of publishing : 2018

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 :

Eutrophication trend of southeast Caspian Sea water (Mazandaran-Goharbaran) based on Environmental and biotic parameters using single and multiple variables in order to feasibility of Marine Cage Cultur

Project Researcher :

Hassan Nasrollahzadeh Saravi

Register NO.
52819