

محیط زیست دریای خزر در اثر بهره‌برداری عظیم انسانی و تخلیه مقادیر زیادی از فاضلاب‌های شهری، صنعتی و کشاورزی تحت فشار بسیار زیاد است. مواد مغذی مانند فسفر و نیترات و سایر مواد زاید انسانی از طریق رودخانه‌ها، و یا ورود مستقیم به دریای خزر ریخته و محیط زیست دریایی و اکوسیستم دریای خزر را تهدید می‌کنند. وقوع غلظت‌های بالای فیتوپلانکتون در محیط‌های آبی در عکس‌العمل به ورود مواد مغذی گیاهان در اثر فعالیت‌های انسانی همراه با آثار مضر متعدد محیط‌زیستی است. بنابراین توزیع و غلظت کلروفیل آ به‌عنوان شاخص بیومس فیتوپلانکتون از اهمیت بسیار اساسی در مطالعات کیفیت آب و خصوصیات اکولوژیکی محیط‌های آبی برخوردار است. در این مقاله توزیع غلظت کلروفیل آ و تغییرات فصلی آن در منطقه فلات قاره دریای خزر در مجاورت ایران در دو بخش شرقی و غربی ساحل جنوبی دریای خزر به‌ترتیب در مجاورت بابلسر در مازندران و شرق بندر انزلی در مقابل دهانه سفیدرود در گیلان تا عمق ۲۰۰ متر ارائه شده‌است. اندازه‌گیری‌های غلظت کلروفیل آ با استفاده از سنسور فلوئومتر نصب شده بر روی دستگاه CTD در پاییز ۱۳۸۲، پاییز و زمستان ۱۳۸۳ و بهار ۱۳۸۴ انجام و ارائه شده‌اند. نتایج نشان‌دهنده تغییرات غلظت کلروفیل آ بیشتر بین ۰/۹۱ تا ۰/۹۹ میلی‌گرم در مترمکعب در منطقه مورد مطالعه است. در روی ترموکلاين غلظت کلروفیل آ بیشتر ۰/۹۳-۰/۹۶ میلی‌گرم در مترمکعب بوده و در زیر ترموکلاين غلظت کلروفیل آ با تغییرات کم در عمق، بیشتر برابر با ۰/۹۱ میلی‌گرم در متر مکعب و با تغییرات کم فصلی ملاحظه شد. این مقادیر به‌عنوان اطلاعات پایه در ارزیابی محیط زیستی سواحل جنوبی دریای خزر از اهمیت بسیار زیاد برخوردارند. مقادیر اندازه‌گیری شده نشان‌دهنده غلظت بالای کلروفیل آ در آبهای فلات قاره سواحل جنوبی دریای خزر بالا و ورود مقادیر زیادی از مواد مغذی گیاهان به این ناحیه است. این نتایج، لزوم اجرای اقدامات لازم برای کاهش ورود مواد مغذی گیاهان، بخصوص گیاهان ناشی از فاضلاب‌های شهری و کشاورزی به دریای خزر را می‌رساند.

:

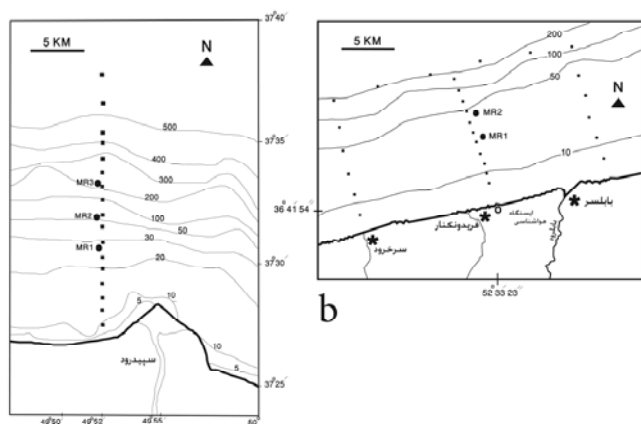
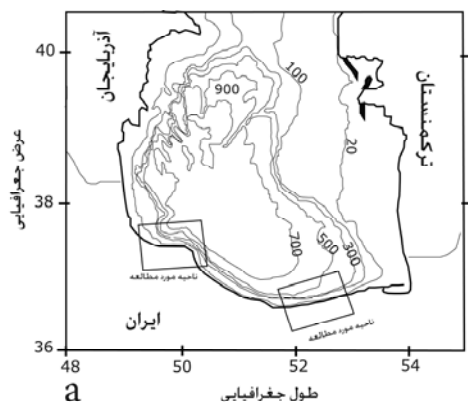
دریای خزر- کلروفیل آ- تغییرات فصلی- مواد مغذی گیاهان- محیط زیست

در اثر بهره‌برداری عظیم انسانی و تخلیه مقادیر زیادی فاضلاب شهری، صنعتی و کشاورزی تحت فشار بسیار زیاد است. فلزات سنگین، هیدروکربن‌های نفتی، حشره‌کش‌ها، مواد مغذی مانند فسفر و نیترات و سایر مواد زاید انسانی از طریق رودخانه‌ها، یا ورود مستقیم به دریای خزر می‌ریزند و محیط‌زیست آن را تهدید می‌کنند (Zonn, 2005a; korshenko and Gul, 2005). به‌طور کلی، در هر نوع مطالعه آلودگی در دریای خزر مناطقی با آلودگی بالا در مقیاس مکانی و زمانی محدود مشاهده شده‌اند (korshenko and Gul, 2005).

توزیع و غلظت کلروفیل آ از اهمیت بسیار اساسی در مطالعات کیفیت آب و خصوصیات اکولوژیکی محیط‌های آبی برخوردار است.

دریای خزر با محیط‌زیست طبیعی یگانه دارای اهمیت بسیار برای جهان و بخصوص کشورهای اطراف آن است. وجود منابع بزرگ نفتی در داخل، یا نزدیک به دریای خزر موجب رشد صنعت نفت در منطقه خزر و تبدیل این صنعت به منبع اصلی اقتصادی برای کشورهای اطراف شده است. ماهیگیری و تولید خاویار دومین صنعت مهم دریای خزر است و در سالهای اخیر استحصال جهانی خاویار از این دریا حدود ۸۵٪ است و ماهیان خاویاری این دریا به منزله فسیل‌های زنده از اهمیت بالایی بیولوژیکی، اکولوژیکی، ژنتیکی و تجاری برخوردار هستند (Karpinsky et al., 2005; Zonn, 2005; Dumont, 1998).

دریا می‌ریزند. این دو رودخانه نسبت به رودخانه بابلرود اهمیت کمتری دارند.



c

(a): ()

(b).

(c)

(نقاط مربع)

کوچک نشان دهنده موقعیت ایستگاههای اندازه‌گیری پروفیل CTD و کلروفیل آ هستند.

منطقه مورد مطالعه در غرب ساحل جنوبی دریای خزر در مجاورت دهانه سپیدرود در حد فاصل این دهانه و بندر انزلی قرار گرفته است (شکل ۱c). در این منطقه، سپید رود به‌عنوان پرآب‌ترین رود ساحل جنوبی دریای خزر به دریا وارد می‌شود. در این منطقه عرض فلات در حدود ۹ کیلومتر است. شیب در روی فلات قاره به صورت ملایم تا عمق حدود ۵۰ متر ادامه یافته و پس از آن منطقه شکست فلات قاره شروع

کلروفیل آ مهم‌ترین رنگدانه فتوسنتتیک است و در تمام فیتوپلانکتون‌ها وجود دارد، بنابراین می‌تواند به‌عنوان شاخص بیومس فیتوپلانکتون استفاده شود. وقوع غلظت‌های بالای فیتوپلانکتون که در عکس‌العمل نسبت به ورود مواد مغذی گیاهان (بخصوص فسفر) ناشی از فعالیت‌های انسانی رخ می‌دهد موجب آثار مضر متعدد در محیط‌های دریایی شده و در نتیجه مطالعه مقادیر غلظت کلروفیل آ، توزیع و تغییرات فصلی آن از اهمیت ویژه در مطالعات محیط‌زیستی برخوردار است. در این مقاله نتایج اندازه‌گیری‌های غلظت کلروفیل آ در بخش شرقی و غربی سواحل جنوبی دریای خزر در پاییز ۱۳۸۲، پاییز و زمستان ۱۳۸۳ و بهار ۱۳۸۴ تا عمق ۲۰۰ متر ارائه می‌شود.

داده‌های مورد استفاده، محدوده تغییرات کلروفیل آ در عمق و همچنین تغییرات فصلی کلروفیل آ در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. ورود مقادیر عظیمی از مواد مغذی گیاهان منجر به ایجاد شرایط حاد محیط‌زیستی به لحاظ رشد بیش از اندازه فیتوپلانکتون‌ها در دریای خزر شده و در پاییز ۱۳۸۴ برای اولین بار پدیده شکوفایی جلبکی در دریای خزر، در نواحی مجاور ایران در استان گیلان مشاهده شد. بنابراین نتایج ارائه شده در این مقاله از اهمیت اساسی در مطالعات محیط‌زیستی مرتبط با بیومس فیتوپلانکتون در بخش جنوبی دریای خزر برخوردار است.

منطقه مورد مطالعه در شرق ساحل جنوبی دریای خزر در حد فاصل بابلرود و سرخورد و در غرب ساحل جنوبی دریای خزر در مجاورت دهانه سپیدرود واقع شده است (شکل شماره ۱). این منطقه در شرق ساحل جنوبی دریای خزر از حد فاصل ۲ کیلومتری شرق رودخانه بابلرود شروع و به طول ۲۴ کیلومتر در امتداد ساحل به سمت غرب تا محدوده سرخورد را شامل می‌شود. در این منطقه عرض فلات قاره در حدود ۱۰ کیلومتر است. شیب در روی فلات قاره به صورت ملایم تا عمق حدود ۵۰ متر ادامه یافته و پس از آن منطقه شکست فلات قاره شروع می‌شود. عمق در فاصله ۱۸ کیلومتر از ساحل و در انتهای منطقه شکست به حدود ۴۰۰ متر می‌رسد (شکل ۱b). در شرق این منطقه، رودخانه بابلرود قرار گرفته که بیشترین آبدهی این رودخانه در فاصله زمانی مهر تا خرداد است. در غرب این منطقه رودخانه سرخورد و در وسط آن رودخانه فریدونکنار به

شده و عمق در فاصله ۱۷ کیلومتر از ساحل و در انتهای منطقه شکست به حدود ۵۰۰ متر می‌رسد (شکل ۱C)

مناطق جنوبی دریای خزر دارای آب‌وهوای نیمه‌حاره‌ای با تابستان‌های مرطوب و گرم و زمستان‌های معتدل هستند (Kosarev, 2005; Kosarev and Yablonskaya, 1994). ماکزیمم درجه حرارت هوا در ماه مرداد و حداقل آن در ماه بهمن مشاهده می‌شود. بادهای در جهت شمالی و شمال غربی، پایدارترین بادهای دریای خزر بوده و بادهای غالب در بخش عمده‌ای از سال هستند (Kosarev, 2005). در بخش جنوبی دریای خزر بادهای قوی به‌ندرت مشاهده می‌شوند و بادهای ضعیف ۹۰٪ زمان وقوع را به خود اختصاص داده‌اند. در این ناحیه روزهای طوفانی (باد با سرعت بیش از ۱۵ متر بر ثانیه) بیشتر از ۲۰ تا ۳۰ روز در سال نیستند (Kosarev, 2005). درجه حرارت سطحی آب در بخش جنوبی دریای خزر دارای حداقل ۹ تا ۱۲ درجه سلسیوس در فوریه (بهمن) و ماکزیمم بیش از ۲۷ درجه سلسیوس در ماه اوت (مرداد) است (Tuzhilkin and Kosarev, 2005; Ginzburg et al., 2005) و تغییرات فصلی درجه حرارت آب محدود به ۱۰۰ متر بالای آب می‌باشد (Tuzhilkin and Kosarev, 2005).

شوری در بخش جنوبی دریای خزر بین ۱۲ تا ۱۳ ppt تغییر می‌کند (Tuzhilkin and Kosarev, 2005; Kaplin, 1995; Kosarev and Yablonskaya, 1994). ساختار درجه حرارت در منطقه مورد مطالعه با یک ترموکلاین شدید، در تابستان در اعماق ۲۰ تا ۵۰ متر مشخص می‌شود. در فصل پاییز با عمیق شدن لایه سطحی بتدریج ضخامت ترموکلاین کاهش یافته و در نیمه دوم زمستان ترموکلاین از بین می‌رود و مجدداً از اول بهار تشکیل ترموکلاین فصلی شروع می‌شود (Zaker et al., 2007; حاجی زاده ذاکر و همکاران، ۱۳۸۵). وجود ترموکلاین شدید بخصوص در فصل تابستان موجب محدودیت مواد مغذی مورد نیاز رشد فیتوپلانکتون‌ها در لایه سطحی آب می‌شود (Nezlin, 2005). شوری در منطقه مورد مطالعه دارای تغییرات عمودی و افقی کم بوده و بین ۱۲ تا ۱۲/۳ ppt تغییر کرده و دارای تغییرات کم فصلی است (Zaker et al., 2007; حاجی زاده ذاکر و همکاران، ۱۳۸۵).

در منطقه مورد مطالعه جریانات چشمگیر موازی ساحل رخ می‌دهند. جریانات متوسط روزانه با جهت متغیر تا ماکزیمم یک متر بر ثانیه و

همچنین جریانات متوسط ماهانه در جهت غرب به شرق با مقادیر ماکزیمم ۰/۲-۰/۳ متر بر ثانیه مشاهده می‌شوند (Zaker et al., 2007 حاجی زاده ذاکر و همکاران، ۱۳۸۵).

دریای خزر دارای سه بخش اصلی شمالی، میانی و جنوبی است. بخش شمالی خزر از یک طرف و بخش میانی و جنوبی خزر از طرف دیگر در ارتباط با خصوصیات هیدرولوژیکی و اکولوژیکی مربوط به رشد فیتوپلانکتون بسیار متفاوت‌اند (Kosarev, 2005).

در بخش شمالی دریای خزر عمق کم (۵-۶ متر)، کدورت بالا و در اثر ورود حجم عظیم آب رودخانه ولگا، شوری در نزدیکی دهانه این رود بسیار کم است (Tuzhilkin and Kosarev, 2005). افزایش میزان آب ورودی ولگا باعث افزایش غلظت کلروفیل در منطقه شمالی دریای خزر با تأخیر فاز در حدود دو ماه می‌شود و به‌نظر می‌رسد که افزایش ورودی ولگا باعث ورود بیشتر مواد مغذی شده و منجر به بیومس بیشتر فیتوپلانکتون می‌شود (Nezlin, 2005).

غلظت کلروفیل آ در بخش شمالی دریای خزر به صورت مثبت با درجه حرارت سطح آب هماهنگ است. این هماهنگی می‌تواند ناشی از هماهنگی بین ورودی ولگا و رشد فیتوپلانکتون‌ها از یک سو و هماهنگی بین درجه حرارت سطح آب و ورودی ولگا از سوی دیگر باشد. تغییرات غلظت کلروفیل در بخش شمالی دریای خزر با یک تأخیر زمانی ۴ ماهه به صورت مثبت با تغییرات تنش باد هماهنگ است و به‌نظر می‌رسد که تنش باد شدید منجر به تعلیق رسوبات کف در نواحی کم عمق، غنی شدن ستون آب با مواد مغذی و سبب تحریک رشد فیتوپلانکتون می‌شود (Nezlin, 2005).

در بخش عمیق (ماکزیمم عمق ۱۰۲۵ متر) میانی و جنوبی دریای خزر شوری بین ۱۰-۱۳ ppt تغییر می‌کند، لایه‌بندی واضح عمودی وجود داشته و یک ترموکلاین شدید به صورت عمومی در عمق ۲۰-۳۰ متر وجود دارد. این ترموکلاین، بویژه در تابستان بسیار آشکار است (Tuzhilkin and Kosarev, 2005). در این نواحی فرایند رشد فیتوپلانکتون توسط لایه‌بندی عمودی ستون آب تنظیم می‌شود و مشابه با سایر نواحی عمیق در اقیانوس‌های جهانی، پیکنوکلاین (ناحیه با تغییرات شدید چگالی در ستون آب) ایجاد شده در تابستان به‌عنوان مرزی طبیعی برای جدا کردن لایه‌های عمیق غنی از مواد مغذی از لایه

پدیده شکوفایی فیتوپلانکتون شود. در نیمه دوم دهه ۱۹۹۰ گونه فوق با آب بالادست کشتی‌های حمل کالا از طریق کانال ولگا-دن از دریای سیاه به دریای خزر منتقل شد و طی این دوره کوتاه به چگالی بالا در دریای خزر رسید و منجر به کاهش بیومس زوپلانکتون و ماهی زوپلانکتون‌خوار شد (Nezlin, 2005).

Nezlin (2005) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای SeaWiFS در فاصله زمانی ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۴ میلادی و الگوریتم استاندارد مربوط، توزیع و تغییرات فصلی سطحی کلروفیل آ را در دریای خزر را مورد مطالعه قرار داد. اگرچه الگوریتم استاندارد پیش گفته برای آبهای تمیز اقیانوس‌های باز تهیه شده و برای آبهای کلاس دریای خزر، غلظت کلروفیل آ را بیش از مقادیر واقعی نشان می‌دهد. نتایج مطالعات توانست اطلاعات مفیدی در ارتباط با تغییرات مکانی و فصلی کلروفیل آ در دریای خزر فراهم آورد.

نتایج تحقیق فوق نشان داد که در تمام ماههای سال غلظت کلروفیل آ در آبهای کم عمق بخش شمالی دریای خزر به صورت اساسی بیشتر از این غلظت در بخش میانی و جنوبی دریای خزر است. کمترین مقدار غلظت کلروفیل آ در نواحی شرقی بخش جنوبی دریای خزر در ماههای آوریل (فروردین) تا ژوئن (خرداد) و در نواحی شرقی بخش میانی دریای خزر در ماه جولای (تیر) مشاهده شد.

غلظت کلروفیل آ در امتداد ساحل غربی دریای خزر بیشتر از نواحی شرقی این دریاست. این خصوصیت با مشاهدات محلی افزایش کدورت در سطح آب دریای خزر از شرق به غرب هماهنگ است. افزایش گرادیان بیومس فیتوپلانکتون از شرق به غرب را با گردش سایکلونی (در خلاف جهت عقربه‌های ساعت) آب دریای خزر می‌توان توضیح داد که موجب انتقال آب همراه با غلظت بالای مواد مغذی و فیتوپلانکتون از نواحی بسیار مغذی شمال دریای خزر به بخش غربی این دریا می‌شود.

(Nezlin, 2005)

نوسانات فصلی غلظت کلروفیل آ در بخش شمالی دریای خزر با تغییرات غلظت کلروفیل آ در میانه و جنوب دریای خزر هماهنگ نیست ولی غلظت کلروفیل آ در دو ناحیه میانی و جنوبی، با گام زمانی حدود یک ماه تأخیر در بخش جنوبی، بسیار هماهنگ‌اند. عدم هماهنگی بین نواحی کم عمق شمال دریای خزر با نواحی عمیق میانی و جنوب دریای

مخلوط بخوبی نورگیر بالایی، جایی که فیتوپلانکتون‌ها متمرکزند، عمل می‌کند و منجر به محدودیت رشد فیتوپلانکتون می‌شود. تنش باد، و یا سرد شدن سطح آب پیکنوکلاين را کاهش می‌دهد و منجر به افزایش ورود مواد مغذی به لایه بالایی و در نتیجه موجب تحریک رشد فیتوپلانکتون‌ها می‌شود. وجود فیتوپلانکتون در زیر ترموکلاين نشان‌دهنده فیتوپلانکتون انباشت‌شده در این بخش از توده آبی است (Nezlin, 2005). تغییرات غلظت کلروفیل آ در نواحی میانی و جنوب دریای خزر به صورت منفی با تغییرات درجه حرارت سطحی آب هماهنگ هستند. در واقع درجه حرارت کمتر دلالت بر تشدید آپولینگ (بالا آمدن آب لایه‌های زیرین در اثر وزش باد)، یا اختلاط ناشی از توربولنت دارد که منجر به افزایش ورود مواد مغذی به لایه‌های بالایی نورگیر شده، نرخ رشد فیتوپلانکتون را افزایش داده و موجب زیاد شدن بیومس فیتوپلانکتون می‌شود.

زمان تأخیر بین وقوع کاهش درجه حرارت و افزایش غلظت کلروفیل آ تا ۹ ماه به طول می‌انجامد و به نظر می‌رسد که کانوکشن (مخلوط شدن در اثر وجود آب با درجه حرارت کمتر در روی آب با درجه حرارت بیشتر) شدیدتر ستون آب در زمستان منجر به بیومس بیشتر فیتوپلانکتون در دوره بیشترین غلظت کلروفیل در اواخر تابستان در ماه اوت (مرداد) تا سپتامبر (شهریور) می‌شود. همچنین غلظت کلروفیل آ با تنش باد مرتبط است. تنش باد بیشتر در ۱۰ تا ۱۱ ماه بعد منجر به بیومس بیشتر فیتوپلانکتون در آبهای عمیق دریای خزر می‌شود. غلظت کلروفیل آ در جنوب دریای خزر، همچنین با ورودی ولگا با تأخیر زمانی ۳ ماهه هماهنگ است. ۳ ماه زمانی است که در طی آن ورودی ولگا در امتداد سواحل غربی دریای خزر حرکت کرده و به میانه و سپس به جنوب دریای خزر می‌رسد (Nezlin, 2005).

ماکزیمم غلظت کلروفیل آ در تابستان ۲۰۰۱ میلادی در بخش‌های جنوبی و میانی دریای خزر به تغییرات درجه حرارت و تنش باد مربوط نبوده است. برخی از محققان مقادیر ماکزیمم فیتوپلانکتون در زمان فوق را به اثر ورود گونه مهاجم Mnemiopsis Leidy نسبت می‌دهند که در بخش میانی و بخصوص در بخش جنوبی دریای خزر به صورت زیاد در تابستان ۲۰۰۱ میلادی مشاهده شد.

افزایش شکار زوپلانکتون توسط این گونه می‌تواند منجر به کاهش بیومس زوپلانکتون، کاهش فشار بر روی فیتوپلانکتون و موجب وقوع

خزر می‌تواند ناشی از تفاوت‌های عظیم شرایط محیطی بین این نواحی باشد (Nezlin, 2005).

در بخش شمالی دریای خزر ماکزیمم بیومس فیتوپلانکتون در ماه آگوست (مرداد) و کمترین غلظت کلروفیل بین دسامبر (آذر) و ژانویه (دی) مشاهده شده که احتمالاً ناشی از پوشش یخ در بخشی از شمال دریای خزر است. در منطقه میانی دریای خزر ماکزیمم غلظت فصلی کلروفیل در ماه سپتامبر (شهریور) یکی دو ماه پس از ماکزیمم درجه حرارت سطحی مشاهده شده و ماکزیمم تنش باد بین جولای (تیر) و سپتامبر (شهریور) اتفاق می‌افتد.

خصوصیات فصلی غلظت کلروفیل آ در بخش جنوبی دریای خزر با افزایش آشکار ماکزیمم در اوت (مرداد) مشخص می‌شود که همراه است با ماکزیمم درجه حرارت سطحی و تنش باد (Nezlin, 2005). نتایج مطالعه Nezlin نشان داد که تغییرات فصلی و بین سالی غلظت کلروفیل در دریای خزر می‌تواند توسط شرایط آب و هوایی دریای خزر، بخصوص درجه حرارت سطح آب و تنش باد، و در بخش شمالی دریای خزر با میزان ورودی رود ولگا توضیح داده شود.

رایج‌ترین روش اندازه‌گیری بیومس فیتوپلانکتون، اندازه‌گیری غلظت کلروفیل آ است. کلروفیل، رنگدانه فتوسنتتیک در تمام گیاهان، یک ملکول فلورسنت است بنابراین می‌تواند توسط فلورومتتری تعیین شود. در حال حاضر تکنیک‌های فلورومتتریک برای اندازه‌گیری کیفی و کمی کلروفیل‌ها بخوبی توسعه داده شده‌اند.

این تکنیک‌ها دارای امتیازهای بسیار زیاد بوده و برای بسیاری از کاربردها جایگزین روش‌های قبلی شده‌اند. اندازه‌گیری کلروفیل آ در مطالعه اخیر با استفاده از سنسور فلورومتتر Seapoint نصب شده در دستگاه CTD مدل Ocean Seven 316 شرکت ایتالیایی ایدروناوت Idronaut انجام گرفت که دارای دقت ۰/۰۵ میلی گرم در متر مکعب است. با رها کردن دستگاه CTD با سرعت یک متر بر ثانیه در ستون آب و هر ثانیه یک اندازه‌گیری انجام شد. پروفیل‌های کلروفیل آ در منطقه شرق ساحل جنوبی دریای خزر در پاییز ۸۲ و در منطقه غرب ساحل جنوبی دریای خزر در پاییز ۸۳، زمستان ۸۳ و بهار ۸۴ انجام و ارائه شده‌اند. در منطقه شرق در ۲۷ ایستگاه واقع در ۴ مقطع اندازه‌گیری انجام شد (شکل ۱b). سه عدد از مقاطع فوق در امتداد عمود بر ساحل و

یک عدد مقطع در جهت موازی ساحل واقع‌اند. در این اندازه‌گیری‌ها فاصله مکانی ایستگاه‌ها در مقطع عمود بر ساحل وسط، یک کیلومتر، در مقاطع عمودی کناری، سه کیلومتر و در مقطع موازی ساحل، پنج کیلومتر بوده است. در منطقه غرب دریای خزر اندازه‌گیری‌ها در مقطع عمود بر ساحل در ۱۷ ایستگاه انجام گرفت. در این مقطع فاصله مکانی ۱۵ ایستگاه اول، یک کیلومتر و دو ایستگاه آخر، دو کیلومتر است (شکل ۱c).

غلظت کلروفیل آ در ابتدای پاییز ۸۲ در شرق دریای خزر در منطقه مورد مطالعه در شکل شماره (۲) نشان داده شده است. ساختار فیزیکی در این زمان با وجود ترموکلاین قوی قرار گرفته در اعماق ۳۰ تا ۴۵ متر در زیر لایه سطحی کاملاً مخلوط مشخص می‌شود. تغییرات عمودی شوری کم و شوری بیشترین ۳/۱۲ تا ۱۲/۲۵ بوده، ولی با نزدیک شدن به ساحل در اثر ورودی رودخانه‌های محلی اندکی کاهش نشان داده و در یک باند نازک ۲ کیلومتری مجاور ساحل به کمتر از ۱۲ کاهش می‌یابد (Zaker et al., 2007).

در این فصل در مقطع موازی ساحل و در خارج از فلات قاره (شکل ۲a) کلروفیل آ بین ۰/۹۳ تا ۰/۹۵ میلی گرم در متر مکعب در لایه مخلوط بالای ترموکلاین تغییر می‌کند. در زیر ترموکلاین، توزیع عمودی کلروفیل آ تقریباً ثابت و برابر ۰/۹۱ میلی گرم در متر مکعب است. در روی فلات قاره و در شرق منطقه مورد مطالعه (شکل ۲d) کلروفیل آ در نیمه شمالی فلات قاره بین ۰/۹۳ تا ۰/۹۵ میلی گرم در متر مکعب بوده، ولی در نواری به عرض ۶ کیلومتر در مجاورت ساحل و در ۱۰ متر بالای آب، میزان کلروفیل آ افزایش نشان داده و دارای مقادیر ۰/۹۶ تا ۰/۹۹ میلی گرم در متر مکعب است. در میانه منطقه مورد مطالعه (شکل ۲b) کلروفیل آ بیشتر بین ۰/۹۳ تا ۰/۹۴ میلی گرم در متر مکعب بوده و در مجاورت ساحل با اندکی افزایش به ۰/۹۵ تا ۰/۹۶ میلی گرم در متر مکعب می‌رسد.

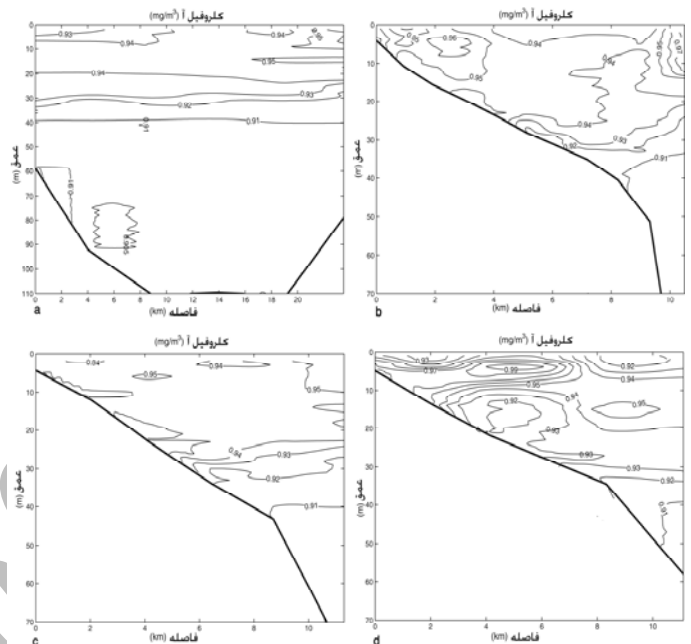
در غرب منطقه مورد مطالعه (شکل ۲c) کلروفیل آ بیشتر برابر با ۰/۹۴ میلی گرم در متر مکعب است. به‌طور کلی توزیع غلظت کلروفیل آ در روی فلات قاره نسبت به خارج از فلات قاره اندکی افزایش نشان می‌دهد و از شرق به غرب با دور شدن از دهانه رودخانه بابلرود اندکی کاهش می‌یابد (شکل شماره ۲).

تا ۰/۶۵ میلی گرم در مترمکعب تغییر می کند. کاهش کلروفیل آ در آبهای نزدیک ساحل تحت اثر رودخانه های محلی احتمالاً ناشی از کدورت بالای آن است. توزیع عمودی کلروفیل آ در زیر ترموکلاین تقریباً ثابت و برابر ۰/۹۱ میلی گرم در متر مکعب تا عمق اندازه گیری ۲۰۰ متر است. در مقایسه با فصل پاییز در منطقه شرقی در سال ۱۳۸۲، میزان کلروفیل آ تغییر شاخصی را نشان نمی دهد. در زیر ترموکلاین غلظت کلروفیل آ در دو فصل یکسان و برابر با ۰/۹۱ میلی گرم در متر مکعب است و در روی ترموکلاین بیشترین ۰/۹۲ تا ۰/۹۵ میلی گرم در متر مکعب تغییر می کند. تغییرات کلروفیل آ در منطقه مورد مطالعه در غرب ساحل جنوبی دریای خزر در زمستان ۱۳۸۳ در ماه اسفند در شکل (۳ب) نشان داده شده است. در این فصل ترموکلاین فصلی وجود نداشته (حاجی زاده ذاکر و همکاران، ۱۳۸۵) و کلروفیل آ در بالای عمق ۶۰ متر بین ۰/۹۲ تا ۰/۹۶ میلی گرم در مترمکعب تغییر کرده است. در اعماق بیشتر، کلروفیل آ یکنواخت و برابر با ۰/۹۱ میلی گرم در متر مکعب است.

ساختار کلروفیل آ در فصل بهار در اردیبهشت ۱۳۸۴ در منطقه مورد مطالعه در غرب ساحل جنوبی دریای خزر در شکل (۳ج) نشان داده شده است. در این فصل، ساختار فیزیکی با تشکیل ترموکلاین تازه تشکیل شده در عمق ۱۰ تا ۲۰ متر مشخص می شود (حاجی زاده ذاکر و همکاران، ۱۳۸۵).

ساختار شوری در این فصل نشان دهنده افزایش ورودی رودخانه سپیدرود بوده و در بالای ترموکلاین آب تازه وارد رودخانه سپیدرود گسترده و شوری آب کمتر از ۱۲ ppt است (حاجی زاده ذاکر و همکاران، ۱۳۸۵). در این حالت در بالای ترموکلاین که در آن آب سپیدرود گسترده شده است، کلروفیل آ ۰/۹۲ میلی گرم در متر مکعب است. در زیر ترموکلاین، کلروفیل آ بین ۰/۹۴ تا ۰/۹۲ میلی گرم در متر مکعب در زیر ترموکلاین تا ۰/۹۲ میلی گرم در متر مکعب در عمق ۶۰ متر تغییر می کند. در زیر ۶۰ متر کلروفیل آ یکنواخت و برابر با ۰/۹۱ میلی گرم در متر مکعب است. کاهش کلروفیل آ در لایه ۱۰ متری سطح آب تحت تأثیر ورودی رودخانه سپیدرود احتمالاً ناشی از کدورت بالای این آب است.

غلظت کلروفیل آ به میزان ۰/۵ میلی گرم در متر مکعب به منزله حد مرزی یوتروفیکیشن محیط های دریایی محسوب می شود (Clark, 2001) بنابراین آب های مورد مطالعه در سواحل جنوبی دریای خزر جزء آب های با مقادیر بالای غلظت کلروفیل آ و از نظر میزان، مواد مغذی



() :

(b .

(a .

(c .

(d .

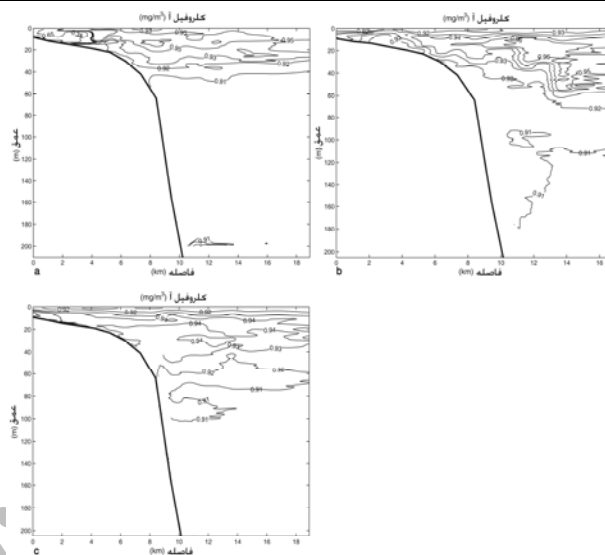
غلظت کلروفیل آ در منطقه مورد مطالعه در غرب ساحل جنوبی دریای خزر در پاییز ۱۳۸۳ در ماه آبان در شکل شماره (۳ا) نشان داده شده است. در این زمان ساختار حرارتی منطقه مورد مطالعه با یک ترموکلاین قوی قرار گرفته در اعماق ۳۰-۴۰ متر مشخص می شود. به علت شوری، در خارج از فلات قاره در لایه مخلوط بالای ترموکلاین، شوری یکنواخت و برابر با ۱۲/۳۵ و در کل مقطع بیشترین ۱۲/۳ تا ۱۲/۴ ppt است. شوری روی فلات قاره در مجاورت ساحل کاهش یافته و به minimum ۱۱/۶۵ ppt در نزدیکی ساحل می رسد (حاجی زاده ذاکر و همکاران، ۱۳۸۵).

در این فصل غلظت کلروفیل آ در خارج از فلات قاره بین ۰/۹۳ تا ۰/۹۵ میلی گرم در مترمکعب در لایه مخلوط بالای ترموکلاین تغییر می کند. در منطقه مجاور ساحل که به شدت تحت تأثیر آب ورودی رودخانه سپیدرود است میزان کلروفیل آ کاهش یافته است و بین ۰/۳۵

تقریباً ثابت و برابر با ۰/۹۱ میلی‌گرم در متر مکعب مشاهده شد. در منطقه مورد مطالعه در غرب ساحل جنوبی دریای خزر در پاییز ۱۳۸۳ (آبان) کلروفیل آ در لایه بالای ترموکلاین بین ۰/۹۲ تا ۰/۹۵ میلی‌گرم در متر مکعب بوده ولی در منطقه مجاور ساحل تحت تأثیر ورودی رودخانه سپید رود، احتمالاً در اثر کدورت بالای این رودخانه، کلروفیل آ کاهش نشان داد. در این فصل، میزان غلظت کلروفیل آ در زیر ترموکلاین تا عمق ۲۰۰ متر اندازه‌گیری تقریباً ثابت و برابر با ۰/۹۱ میلی‌گرم در متر مکعب مشاهده شد. در این منطقه در زمستان (اسفند) ۱۳۸۳ و در غیاب ترموکلاین فصلی کلروفیل آ در بالای عمق ۶۰ متر بین ۰/۹۲ تا ۰/۹۶ میلی‌گرم در متر مکعب و در زیر این عمق، توزیع کلروفیل آ یکنواخت و برابر با ۰/۹۱ میلی‌گرم در متر مکعب مشاهده شد.

همچنین کلروفیل آ در این منطقه در فصل بهار (اردیبهشت) ۱۳۸۴ در لایه سطحی بالای ترموکلاین تازه تشکیل شده تحت تأثیر شدید خروجی سپید رود، احتمالاً در اثر کدورت بالای سپید رود، ۰/۹۲ میلی‌گرم در متر مکعب و در زیر ترموکلاین بین ۰/۹۲ تا ۰/۹۴ تا عمق ۶۰ متر و ۰/۹۱ میلی‌گرم در متر مکعب در عمق بیشتر ملاحظه شد. به‌طور کلی نتایج نشان‌دهنده این است که در مدت اندازه‌گیری، غلظت کلروفیل آ در بالای ترموکلاین بیشتر بین ۰/۹۳ تا ۰/۹۹ میلی‌گرم در متر مکعب و در زیر ترموکلاین، غلظت کلروفیل آ بیشتر یکنواخت و برابر با ۰/۹۱ میلی‌گرم در لیتر با تغییرات کم فصلی است. مقادیر اندازه‌گیری شده نشان‌دهنده زیاد بودن غلظت کلروفیل آ و آلودگی آبهای ساحلی جنوب دریای خزر به لحاظ مواد مغذی گیاهان است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که اقدامات اساسی برای کاهش ورود مواد مغذی گیاهان ناشی از تخلیه فاضلاب‌های شهری، کشاورزی به دریای خزر برای حفاظت از محیط زیست این دریا ضروری است.

داده مورد استفاده در این مقاله طی پروژه‌های مطالعه اقیانوس شناسی فیزیکی در آبهای ساحلی جنوب دریای خزر ۱، ۲ و ۳ به عنوان سه پروژه مرکز ملی اقیانوس‌شناسی که توسط نویسنده این مقاله اجرا شد، جمع‌آوری شده است. در اینجا از مرکز ملی اقیانوس‌شناسی و کلیه همکارانی که در پروژه یاد شده همکاری داشته، و یا از اجرای پروژه حمایت کرده‌اند تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.



() :

(a) آبان ۱۳۸۳، (b) اسفند ۱۳۸۳، (c) فروردین ۱۳۸۴.

گیاهان آلوده، محسوب می‌شوند. مقادیر بالای کلروفیل آ ناشی از ورود مقادیر عظیمی از مواد مغذی گیاهان، از طریق تخلیه فاضلاب‌های شهری و کشاورزی، بخصوص از طریق رودخانه ولگاست. وقوع شکوفایی فیتوپلانکتون در پاییز ۱۳۸۴ در منطقه مقابل بندر انزلی که برای اولین بار در این ناحیه رخ داد، دلیل آشکاری بر وجود شرایط بحرانی آلودگی آبهای سواحل جنوبی دریای خزر به لحاظ غلظت بالای مواد مغذی گیاهان است. وجود گونه مهاجم فوق و فشار بر روی گونه‌های زوپلانکتون و کاهش فشار بر روی بیومس فیتوپلانکتون بر سختی شرایط افزوده است.

نتایج اندازه‌گیری غلظت کلروفیل آ در شرق و غرب ساحل جنوبی دریای خزر در چهار فصل پاییز ۱۳۸۲، پاییز و زمستان ۱۳۸۳ و بهار ۱۳۸۴ ارائه شد. در منطقه مورد مطالعه در شرق ساحل جنوبی دریای خزر در پاییز ۱۳۸۲ تغییرات کلروفیل آ در روی ترموکلاین بیشتر بین ۰/۹۳ تا ۰/۹۵ میلی‌گرم در متر مکعب بوده ولی در مجاورت ساحل، کلروفیل آ در سطح آب با مقادیر تا ۰/۹۹ میلی‌گرم در متر مکعب مشاهده گردید. در زیر ترموکلاین، توزیع عمودی کلروفیل آ تا عمق اندازه‌گیری ۱۰۰ متر

حاجی زاده ذاکر، ن، غفاری، پ، جمشیدی، س و نورانیان، م. ۱۳۸۵. گزارش مطالعات اقیانوس‌شناسی فیزیکی در آبهای ساحلی جنوب دریای خزر - مرحله سوم - ناحیه غرب. مرکز ملی اقیانوس‌شناسی

Clark, R.B.2001. Marine Pollution, Fifth edition, Oxford University Press.

Dumont H.J.1998. The Caspian Lake: History, biota, structure, and function. *Limnology and Oceanography*, 43(1), 44-52.

Ginzburg, A.I. Sheremet , N.A., and Kostianoy, A.G. 2005. Sea Surface Temperature Variability in the Caspian Sea. In: Kostianoy, A.G. and Kosarev, A.N. (ed.), *The Caspian Sea Environment (Handbook of Environmental Chemistry)*. Springer, pp. 59-81

Kaplin, P. 1995. The Caspian: its past, present and future. In Mandych, A.F. (ed.), *Enclosed Seas and Large Lakes of Eastern Europe and Middle Asia*. SPB, The Hague, pp71-117

Karpinsky, M.G., et al .2005. Biological Features and Resources of the Caspian Sea. In: Kostianov, A.G. and Kosarev A.N. (ed.), *The Caspian Sea Environment (Handbook of Environmental Chemistry)*. Springer, pp. 191-210

Korshenko, A.N., GUL, A.G. 2005. Pollution of the Caspian Sea. In: Kostianov, A.G. and, Kosarev A.N. (ed.), *The Caspian Sea Environment (Handbook of Environmental Chemistry)*. Springer, pp. 109-142

Kosarev A.N. 2005. Physico-Geographical Conditions of the Caspian Sea. In: Kostianov, A.G. and Kosarev, A.N. (ed.), *The Caspian Sea Environment (Handbook of Environmental Chemistry)*. Springer, pp. 5-31

Kosarev A.N., Yablonskaya, E.A. 1994. *The Caspian Sea*. The Hague, SPB Academic Publishing, 274p

Nezlin, P. 2005. Patterns of Seasonal and Interannual Variability of Remotely Sensed Chlorophyll. In: Kostianov, A.G. and Kosarev, A.N. (ed.), *The Caspian Sea Environment (Handbook of Environmental Chemistry)*. Springer, pp. 143-157

Tuzhilkin, V.S., Kosarev, A.N.2005. Thermohaline Structure and General Circulation of the Caspian Sea Waters. In: Kostianov, A.G. and Kosarev, A.N. (ed.), *The Caspian Sea Environment (Handbook of Environmental Chemistry)*. Springer, pp. 33-57

Zaker, N.H., Ghaffari, P., and Jamshidi, S. 2007. Dynamics of the Southern Continental Shelf of the Caspian Sea, off Babolsar, Mazandaran, Iran. Submitted to *Journal of Coastal Research*.

Zonn, I.S. 2005a. Environmental Issues of the Caspian. In: Kostianov, A.G. and Kosarev, A.N. (ed.), *The Caspian Sea Environment (Handbook of Environmental Chemistry)*. Springer, pp. 223-242

Zonn, I.S. 2005b. Economic and International Legal Dimensions in the Caspian Sea. In: Kostianov, A.G. and Kosarev, A.N. (ed.), *The Caspian Sea Environment (Handbook of Environmental Chemistry)*. Springer, pp. 243-256