

## بررسی رسوب شناسی و کانی‌شناختی رسوبات ساحلی بخش جنوبی دریای خزر (ایران)

حسین باقری

پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۲۰

### چکیده

دریای خزر آزمایشگاه منحصر به فردی برای بررسی‌های اقیانوس‌شناختی و زمین‌شناسی ساحل است. برای بررسی برخی ویژگی‌های رسوب شناسی و کانی‌شناختی رسوبات ساحلی بخش جنوبی دریای خزر در تابستان سال ۱۳۹۳، حدود ۱۰۰ نمونه از رسوبات در امتداد ۷۰۰ کیلومتر از سواحل دریای خزر در جنوب (از خلیج حسین قلی تا آستارا، هر ۵ تا ۸ کیلومتر یک نمونه) برداشت گردید. همچنین علاوه بر نمونه برداری، ژئومورفولوژی و ساختارهای ساحلی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و بررسی‌های میدانی مورد مطالعه قرار گرفت. در آزمایشگاه تجزیه و تحلیل کانی شناسی و دانه بندی بر روی همه نمونه‌ها انجام شد و مجموعه کانی سنگین شامل ایلمنیت، مگنتیت و گوتیت، پیروکسن، آپاتیت، زیرکن و گارنت، و کانی‌های سبک شامل کوارتز، پلاژیوکلاز، ارتوکلاز، قطعات کربناته و محتوای زیستی آن نظیر دوکفه‌ای‌ها، شکم‌پایان و ماده آلی مشخص گردید و نقشه‌ی توزیع مکانی هریک تهیه گردید. آنالیز نمونه‌ها و نقشه توزیع مکانی کانی‌ها نشان داد رسوبات ساحل شرقی سرشار از مواد معدنی سبک و قطعات کربناته است که عمدتاً از فرسایش کوه‌های کپه داغ مشتق شده‌اند، در حالی که در سواحل غربی و مرکزی تمرکز کانی‌های سنگین ایلمنیت و مگنتیت، که عموماً توسط رودخانه سفیدرود حمل شده است، بیشتر است. به نظر می‌رسد کانی‌های سبک بخش‌های مرکزی منطقه مورد مطالعه، حاصل فرسایش رسوبات سنوزوئیک و سنگ‌های آتشفشانی کواترنری باشند. با بررسی دقیقتر و انطباق نقشه‌های پراکنش کانی‌ها با زمین‌شناسی منطقه و شیب ساحل مشخص گردید که در بخش‌هایی که شیب دریا در بخش کم عمق زیاد و شیب ساحل متوسط می‌باشد (نظیر ساحل مرکزی گیلان و شرق مازندران) فراوانی کانی‌های سنگین، مگنتیت و گوتیت بسیار بیشتر از سایر مناطق می‌باشد. در مقابل، پراکنش گابرودیوریت‌ها، کانی‌های سبک و خرده‌های آهکی در بخش‌هایی که شیب بستر کم و شیب ساحل زیاد می‌باشد (غرب گیلان و مازندران) بیشتر می‌باشد. همچنین در بخش‌هایی که شیب ساحل و بستر هر دو زیاد می‌باشد ساحل از رسوبات درشت دانه (عموماً قله سنگی) تشکیل شده و ذرات دانه ریز و کانی‌ها از محیط شسته شده و خارج شده‌اند.

واژگان کلیدی: رسوب، کانی شناسی، دانه بندی، سواحل دریای خزر

نگارنده پاسخگو: [baghery1@gmail.com](mailto:baghery1@gmail.com)

## مقدمه

سواحل از مجموعه مناظر زمین ریخت شناسی و زیست محیطی تشکیل شده که تحت تاثیر عوامل هیدرودینامیکی، اقلیمی و زمین شناسی منطقه شکل گرفته اند و هرگونه تغییر در روند طبیعی آن‌ها مستقیماً و به سرعت بر بقای آن‌ها اثر می‌گذارد. چهره‌ی ساحل عمدتاً تحت تأثیر عواملی چون ساختار زمین شناختی ناحیه، رژیم امواج و جریان‌ها، تراز آب حوضه، وضعیت فیزیکی و شیمیایی آب، رسوبات ساحلی و نوع فرآیندهای زیستی قرار می‌گیرد. تعیین منشأ مواد و رسوبات محیط‌های مختلف رسوبی به کمک کانی‌های سبک و سنگین ابزاری معمول در زمین شناسی شناخته می‌شود. کاربرد کانی‌ها در علوم زمین شناسی به صورتی است که میتوان با این مطالعات به بررسی مسائل زمین شناسی، تکتونیک، توسعه جغرافیایی دیرینه با حوضه‌های رسوبی، شبکه انشعابهای رودخانه‌ای در روزگاران گذشته زمین پرداخت. افزون بر آن ارتباط چینه شناسی و انطباق لایه‌ها، از دیدگاه تکتونیک و پتروگرافی اهمیت علمی و اقتصادی کانی‌ها را بیش از پیش روشن می‌نماید (Morton & Hallsworth, 1994; Morton & Hallsworth, 1999; Blott & Pye, 2001; Wong, 2001; Blott & et al., 2004; Chermanet.).

دریای خزر بزرگ‌ترین پیکره آبی محصور دنیا و یکی از مهم‌ترین دریاچه‌های دنیا تلقی می‌شود. این دریا به‌عنوان مرز آبی آسیا با اروپا، میان کشورهای قزاقستان، آذربایجان، ایران، روسیه و ترکمنستان تقسیم شده است. طول خطوط ساحلی سراسری این دریا ۶۳۷۹ کیلومتر است که در حدود ۹۹۱ کیلومتر آن مربوط به خطوط ساحلی ایران است (مستقیمی، ۱۳۸۴). الگوی توزیع و نوع رسوبات بستر دریای خزر تا حد زیادی توسط دبی رودخانه‌ها، آب و هوا و خواص فیزیکی و شیمیایی آب دریا تعیین می‌شود. اولین بررسی سیستماتیک از رسوبات خزر در اوایل قرن ۲۰ با تمرکز بر رخساره رسوبات در شرق و آواری کربناته در سواحل غربی آغاز شد و Klenova (1948) با استفاده از داده رسوبات

سطحی نقشه توزیع رسوب در مقیاس ۱/۳۰۰۰۰۰ را برای خزر تهیه نمود و Baturin (1956) و Klenova نقش رودخانه‌ها و حوضه آبریز را در الگوی توزیع رسوبات خزر را نشان دادند. اطلاعات ارائه شده توسط Strakhov (1954) این امکان را برای به دست آوردن دانش گسترده‌تر درباره توزیع کربنات، مواد آلی و بعضی از عناصر در رسوبات کف خزر ایجاد نمود. همچنین Klenova و همکاران (1962) بر اساس اندازه دانه، داده‌های کانی شناسی و ژئوشیمیایی رسوبات سطحی مطالعه جامعی انجام دادند. همچنین سواحل ایرانی دریای خزر نیز در چند دهه اخیر از نظر ویژگی‌های مورفولوژیک و رسوب شناسی مورد مطالعه قرار گرفته است (Zenkovich, 1957; سبحانی، ۱۳۴۷؛ پالوسکا و وگنر، ۱۳۷۰؛ Lahijani., 1997; Kakrodi, 2012. و Naderi beni et al., 2012).

با توجه به نبود اطلاعات جامع در منطقه، این پژوهش با اهداف ارایه اطلاعات پایه از وضعیت خصوصیات رسوبی و کانی شناختی رسوبات سواحل ایرانی بخش جنوبی دریای خزر برای مطالعات آینده و مشخص نمودن خاستگاه رسوبات در سواحل انجام گرفته است با تلفیق این اطلاعات با مطالعات قبلی در صورت امکان طبقه بندی جامع تری از سواحل جنوبی دریای خزر از دیدگاه زمین شناسی ارائه گردد.

## مواد و روش‌ها

## تعیین محل نمونه برداری

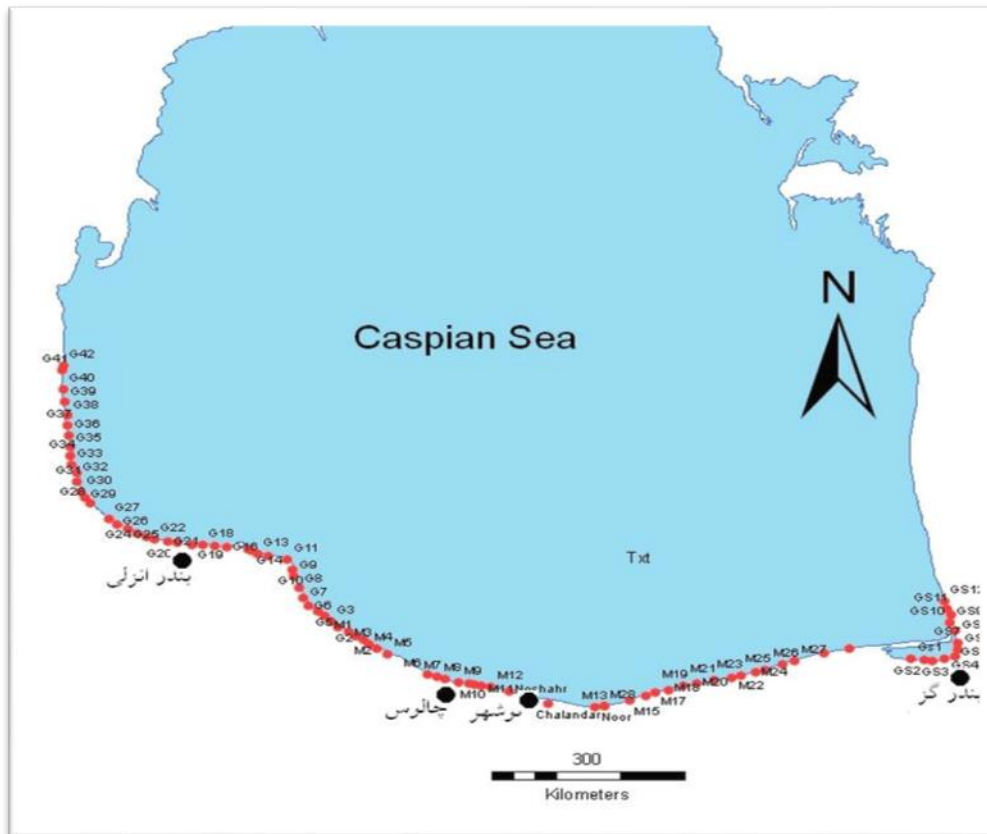
به کمک نقشه‌ها و نیز تصاویر ماهواره‌ای (Google Earth) نقاط نمونه برداری تعیین گردید. معیارهای مورد استفاده برای تعیین نقاط، دسترسی، دوری از مناطق با ساخت و ساز وسیع و عوامل مورفولوژیک ساحلی بوده‌اند.

## عملیات صحرائی

در تابستان ۱۳۹۳ پس از تعیین شبکه نمونه برداری عملیات صحرائی صورت گرفت و از ۸۶ منطقه و از هر کدام یک نمونه برداشت گردید (شکل ۱).

نمونه ها و محل نمونه برداری، عمق، مختصات و اطلاعات چشمی در دفترچه (با عنوان دفترچه فیلد) نوشته شد.

از سواحل سه استان گلستان (GS)، مازندران (M) و گیلان (G) در فواصل حدود ۵-۸ کیلومتری خطوط ساحلی به کمک یک بیلچه حدود ۲ کیلوگرم نمونه رسوب برداشت گردید (شکل ۱). نقاط برداشت شده به کمک GPS ثبت مکانی شد. تمام اطلاعات در مورد



شکل ۲- نقاط قرمز موقعیت برداشت نمونه های رسوب در بخش جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۹۳ را نمایش می دهد

۷۰ درجه سانتی گراد خشک شد (حرارت در موقع خشک کردن نباید بالاتر از ۷۰ درجه سانتی گراد برود). پس از خشک شدن، وزن نمونه با ترازوی رقومی اندازه گیری (وزن اولیه) و در فرم گرانولومتری یادداشت شد. نمونه ها چندین بار با آب مقطر شستشو داده شدند تا تمام نمک های قابل حل آن حذف شوند سپس برای نمونه های ماسه از روش الک خشک و برای نمونه های دانه ریز از روش دانه بندی لیزری از دستگاه Horbia LA-950 استفاده شد.

### آماده سازی و دانه بندی نمونه های برداشت شده در آزمایشگاه رسوب شناسی

بخش عمده ای از مطالعات رسوب شناسی در آزمایشگاه رسوب شناسی واقع در نوشهر (دانه بندی ذرات بالای ۶۳ میکرومتر) و آزمایشگاه رسوب شناسی پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی (دانه بندی ذرات زیر ۶۳ میکرومتر توسط دستگاه لیزر) صورت گرفت. بعد از انتقال نمونه ها به آزمایشگاه، برای آماده سازی آنها برای دانه بندی، حدود ۵۰ تا ۱۰۰ گرم از نمونه در آن با حرارت

**تعیین درصد ماده الی (L.O.I) و کربنات رسوبات**

مواد آلی یکی از تشکیل دهنده های اصلی رسوبات رخساره ها می باشند. برای مشخص کردن محتوای کل مواد آلی (TOM) از روش سوزاندن (L.O.I) استفاده شد و درصد بار مواد آلی برای هر نمونه تعیین گردید. بدین منظور ۴ گرم از هر نمونه در داخل یک بوته چینی ریخته شد و به مدت ۵-۴ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه قرار گرفت و پس از توزین مجدد درصد ماده آلی گزارش گردید (Abernates et al., 1999). برای تعیین درصد کربنات نمونه ها ابتدا قطعات درشت صدف به صورت دستی از نمونه ها حذف گردید و ذرات دانه باقی مانده در کوره الکتریکی ۱ ساعت در دمای ۹۵۰ درجه قرار داده شد و پس از تعیین تغییر وزن نمونه ها، درصد کلسیم کربنات نمونه ها مشخص گردید (Heiri et al., 2001).

#### کانی شناسی رسوبات

برای کانی شناسی دقیق نمونه های ماسه ای ابتدا از همه نمونه ها در آزمایشگاه با کمک میکروسکوپ دوچشمی عکس برداری گردید و با توجه به شرایط نمونه و ویژگی های کانی شناسی جهت بررسی دقیق تر اقدام به تهیه مقاطع نازک صیقلی (Thin-polished) گردید (دو استان گیلان و مازندران) تا در نهایت در زیر میکروسکوپ درصد کانی ها در هر مقطع محاسبه و ارائه گردد. برای تهیه این نوع مقاطع نمونه به صورت مربعی در ابعاد (Cm 2×2) برش داده شده، داخل قالب مخصوصی (مانند قوطی فیلم عکاسی) قرار داده و قالب را با چسب اپوکسی پر شد (چسب کانادابالزام به علت ترک برداشتن مناسب نیست). نمونه به مدت ۲۴ ساعت به صورت معلق در داخل چسب قرار گرفت. سپس قالب از بالا و پایین باز شد و نمونه همراه چسب از قالب خارج گردید و سطح آن را برش داده شد تا سنگ قابل لمس باشد. در ادامه کار

ابتدا با پودر کروندم و مشهای مختلف پولیش گردید (به ترتیب از پودر مشهای 320، 800، 1200 استفاده شده است) بعد از هر مرحله نمونه ها شسته شدند و سپس از خمیر الماسه که خود نیز دارای سایزهای مختلفی است، استفاده گردید. برای این منظور، خمیر الماسه ۶، با خمیر الماسه ۳ میکرونی به کار برده شد. برای کانیهای فلزی تا مرحله ۳ میکرومتری کافی است، ولی در مواردی از خمیر الماسه های ۵/۰ میکرومتری نیز استفاده می شود. بعد از هر مرحله با استفاده از میکروسکوپ مقطع مورد کنترل قرار گرفت و هر زمان نور تابشی و بازتابشی به نحوی عمل می کردند که کانیها به خوبی قابل شناسایی باشند، کار صیقل دادن خاتمه داده می شد. این مقاطع بوسیله میکروسکوپ های انعکاسی برای مطالعه کانیهای فلزی و تیره که نور از آنها عبور نمی کند، مورد مطالعه قرار می گیرد. به طور کلی در بررسی نمونه ها سعی گردید کانی های سبک، سنگین و برخی از صدف ها مورد محاسبه قرار گیرد و به صورت درصد بیان گردد. همچنین با توجه به ریز دانه بودن نمونه های رسوب برداشت شده (گل) از گلستان، جهت تعیین نوع کانیها در این منطقه، ۱۲ نمونه رسوب جهت آزمایش پراش اشعه ایکس (XRD) به آزمایشگاه شرکت آمیتیس شرق ارسال گردید و نوع کانیهای رسی و دیگر کانیها شناسایی گردید.

#### شیب ساحل

در این مطالعه پدیده های زمین ریخت شناسی موجود در سواحل و نوع رسوبات ساحلی بررسی شد. همچنین از نقشه های هیدروگرافی و توپوگرافی و اطلاعات شیب ساحل (Firozfar et al., 2012; Lahijani et al., 2007) در هشت نیمرخ (آستارا، انزلی، دستک، کلاچای، نشتارود، نور، بابلسر و گرگانرود) استفاده گردید (شکل ۲).



شکل ۲- ایستگاه های بررسی شیب ساحل ۱- آستارا، ۲- انزلی، ۳- دستک، ۴- کلاچای، ۵- نشتارود، ۶- نور، ۷- بابلسر ۸- گرگانرود (اقتباس از Firozfalet al., 2012).

## نتایج

### رسوب شناسی

در مجموع در نمونه‌های برداشته شده پروفیل‌های سواحل نشان می‌دهد که به طور متوسط ۸۰ درصد دانه‌های رسوبات در حد ماسه‌اند که بخش اعظم این دانه‌ها را ماسه‌های خیلی ریز با قطر دانه حدود ۰/۰۶۲ - ۰/۱۲۵ میلی‌متر تشکیل می‌دهد. بیشترین مقدار ماسه متعلق به نمونه G27 می‌باشد که درصد وزنی ماسه آن بیش از ۹۹/۵ درصد می‌باشد و کمترین آن متعلق به نمونه Gs4 است که مقدار ماسه آن ۲۲/۲۸ درصد است. مقدار ماسه در این رسوبات ۸۹/۰۶ درصد است. در برخی نمونه‌ها مقداری گراول نیز مشاهده گردید. بررسی دانه بندی نمونه‌ها نشان داد ایستگاه‌های G25, G26, G31 در استان گیلان (کپورچال و اسلم و هشتپر) و ایستگاه هایکلار آباد، سیسنگان، رامسر، صلاح‌الدین کلا (مازندران) ساحل از نوع گراولی و یا قلسوه سنگی (>۲mm) می‌باشد. بیشترین مقدار گراول مربوط به نمونه شماره G30 است که درصد گراول و ذرات بزرگتر از گراول آن بیش از ۷۶/۶ درصد است. این نمونه از سواحل گیلان برداشته شده و میزان بالای گراول آن احتمالاً مرتبط با فرسایش مکانیکی توسط امواج، جریان‌های طولی و شیب ساحل در منطقه است. بعد از ماسه، بیشترین اندازه دانه‌ها متعلق به گل بود. مقدار گل در

رسوبات از کمتر از یک درصد تا حدود ۸۰ درصد (نمونه Gs4) متغیر بود (شکل ۳). در مورد رس‌ها این مقادیر (در استان گلستان) از ۰ - ۲ درصد متغیر بود (شکل ۳ و جدول ۱).

برای نامگذاری دقیق‌تر نوع رسوبات منطقه، از دی‌گرام مثلی تقسیم‌بندی بافت رسوبات آواری ارائه شده توسط فولک (Folk, 1966) استفاده گردید. این دی‌گرام، نوع رسوبات را بر اساس میزان سه جزء اصلی سازنده آنها (رس، سیلت و ماسه) تعیین می‌کند. برای این کار جایگاه رسوبات مختلف روی این نمودارها مشخص گردید. در نهایت با نام گذاری نمونه‌ها توسط این نمودارها، از میان ۸۸ نمونه آنالیز شده ۹ نوع رسوب شناسایی شد که شامل (۱) گراول (Gravel)، (۲) ماسه کمی گراولی (Slightly Gravelly Sand)، (۳) ماسه گراولی (Gravelly Sand)، (۴) گراول ریزدانه ماسه‌ای (Sandy fine Gravel)، (۵) ماسه گلی (Muddy Sand)، (۶) گل ماسه‌ای (Sandy Mud)، (۷) سیلت ماسه‌ای (Sandy Silt)، (۸) ماسه سیلتی (Silty Sand)، (۹) ماسه ریزدانه (Fine Sand). بیشترین فراوانی در این تیپ‌های رسوبی مربوط به تیپ رسوبی ماسه ریزدانه است.

جدول ۱- آنالیز دانه بندی و میزان ماده آلی در نمونه های برداشت شده از سواحل جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۹۳

نام نمونه	درصد پیل	درصد ماسه خیلی درشت	درصد ماسه درشت	درصد ماسه متوسط	درصد ماسه ریز دانه	درصد ماسه خیلی ریز	درصد گل	درصد مادخ آلی
G1	.	.	.	۹/۳۴	۷۲/۵۸	۱۴/۶۹	۳/۴	۳/۵۶
G2	.	.	۰/۰۸	۳۳/۰۶	۶۲/۸۱	۲/۸۹	۱/۱۷	۲/۰۱
G3	.	۰/۳۳	۰/۶	۴۹/۲۸	۴۷/۸۴	۱/۷۳	۰/۲۳	۲/۰۹
G4	.	.	۰/۰۴	۳۸/۷۵	۵۷/۰۷	۳/۹۳	۰/۲۱	۲/۶۴
G5	.	.	۰/۱۱	۲۰/۵۶	۶۶/۹۲	۱۲/۰۸	۰/۳۳	۱/۶۸
G6	.	.	.	۴/۰۳	۷۴/۲۴	۲۰/۸۸	۰/۸۵	۱/۷۶
G7	.	.	۰/۰۱	۱۶/۱۱	۷۶/۴۶	۶/۱۷	۱/۲۵	۱/۴۵
G8	.	.	۰/۰۳	۱۱/۶۶	۸۱/۳۸	۶/۷۲	۰/۲۱	۱/۴۱
G9	.	.	۰/۰۷	۵/۴۵	۶۳/۲۶	۳۰/۴۹	۰/۷۴	۰/۶۸
G10	.	.	.	۰/۳۴	۴۳/۸۳	۵۵/۰۷	۰/۷۶	۰/۴
G11	.	.	.	۵/۲۹	۷۴/۲۲	۱۸/۴۳	۲/۰۶	۰/۸۸
G12	.	.	.	۱۰/۴۷	۸۴/۰۱	۵/۴	۰/۱۳	۱/۴۳
G13	.	.	۰/۰۲	۶/۰۲	۸۱/۴۹	۱۱/۷۴	۰/۷۳	۱/۸۱
G14	.	.	۰/۰۴	۱۱/۲۷	۸۵	۳/۳۳	۰/۳۵	۱/۵۸
G15	.	.	۰/۱۴	۱۷/۶۴	۷۹/۳۵	۲/۴۲	۰/۴۶	۱/۵۳
G16	.	.	۰/۲۷	۱۱/۲۸	۷۲/۰۳	۱۵/۸۴	۰/۵۸	۱/۳۶
G17	.	.	۰/۴۴	۲۰/۶۹	۷۲/۷۹	۲/۹۴	۳/۱۵	۱/۷۴
G18	.	.	۰/۲۲	۴۱/۲۲	۵۷/۰۶	۱/۲۷	۰/۲۳	۱/۳۸
G19	.	.	۱/۳۴	۸۴/۰۳	۱۳/۸۶	۰/۲۴	۰/۵۲	۱/۵۳
G20	.	.	۰/۰۵	۳۸/۱۲	۵۸/۲۶	۳/۰۷	۰/۵۱	۱/۲۹
G21	.	.	۰/۰۵	۲۳/۸۶	۷۰/۷۶	۵/۱	۰/۲۳	۱/۲۴
G22	.	.	۰/۰۶	۲/۵۸	۸۵/۴۵	۱۱/۶۳	۰/۲۹	۱/۹۵
G23	.	۰/۱۱	۱/۹۲	۵۰/۳۹	۴۵/۲۷	۲/۰۹	۰/۲۱	۲/۵۵
G24	.	.	۰/۲۲	۳۵/۸	۶۰/۳۸	۳/۴۳	۰/۱۶	۱/۸۹
G25	۱۸/۹۹	۵۳/۹۵	۱۰/۳۹	۶/۳۳	۹/۳۴	۰/۹۸	۰/۰۱	۱/۶۹
G26	۱۴/۸۵	۱۵/۲۷	۱۹/۱۸	۲۴/۷۱	۲۲	۳/۴	۰/۸۶	۲/۰۸
G27	.	۹/۸۴	۲۳/۴۱	۳۷/۲۳	۲۷/۵۲	۱/۹۹	.	۲/۶۲
G28	.	۲/۸۷	۱۱/۰۱	۴۷/۷۱	۲۹/۴۳	۸/۷۳	۰/۲۴	۲/۰۸
G29	.	.	۰/۰۵	۲۶/۰۷	۶۵/۲۳	۸/۴۵	۰/۲	۱/۸۳
G30	۷۶/۶۴	۱۴/۸۵	۷/۶	۰/۲۷	۰/۰۴	.	۰/۶	۲/۷۴
G31	۳۹/۹۵	۱۸/۳	۲۸/۹۲	۱۲/۲۷	۰/۲۲	۰/۰۹	۰/۲۶	۲/۶۹
G32	.	۱۸/۸۷	۶۴/۲۳	۱۱/۰۷	۵/۴۹	۰/۳۳	.	۲/۴۲

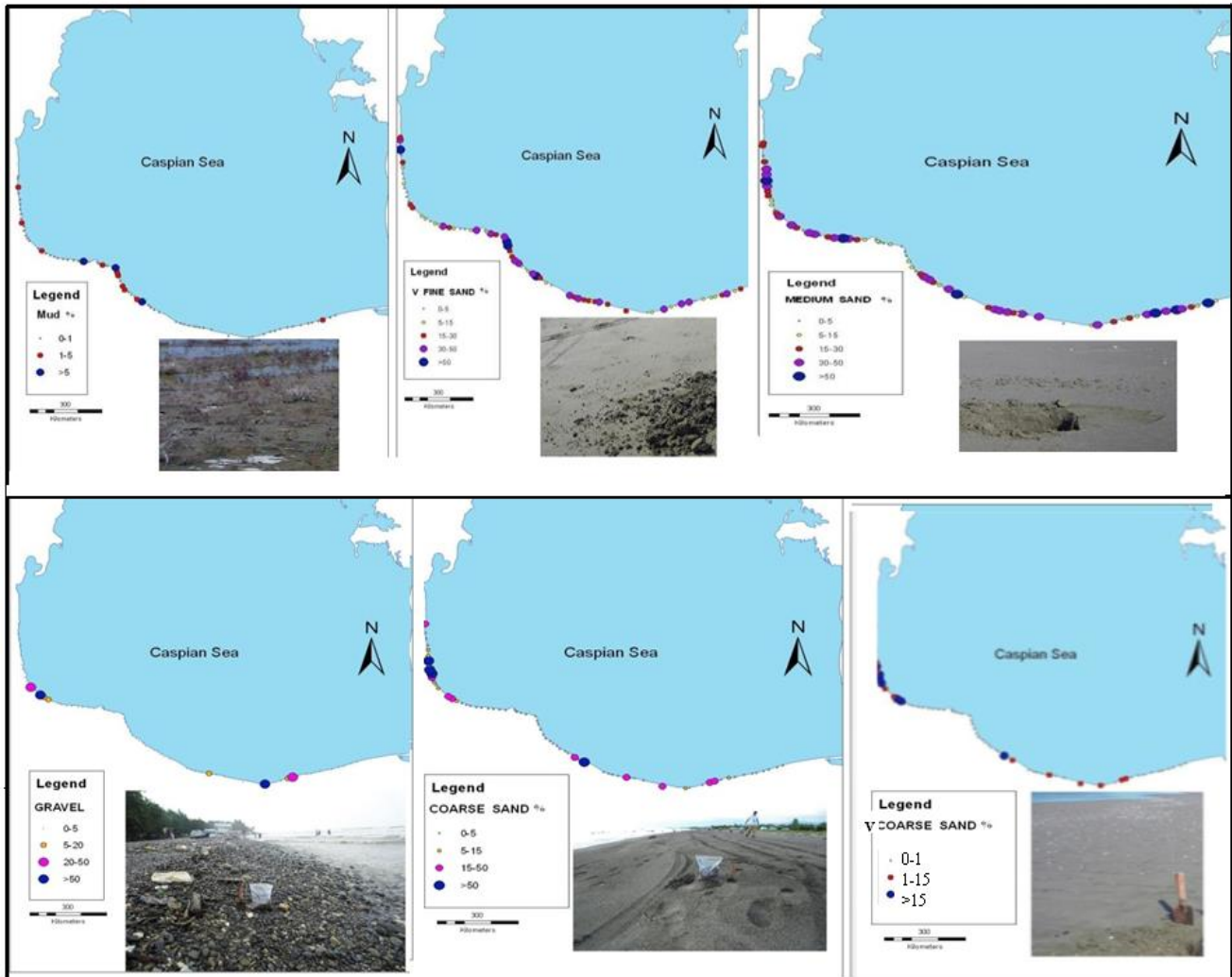
ادامه جدول ۱- آنالیز دانه بندی و میزان ماده آلی در نمونه های برداشت شده از سواحل جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۹۳

۲/۱۹	۰/۹۷	۱/۱۹	۹/۶۱	۳۱/۷۷	۵۰/۱۹	۶/۲۶	.	<b>G33</b>
۲/۴۲	۰/۱۳	۴/۷۱	۴۸/۷۵	۲۱/۶۱	۸/۴	۱۶/۴۱	.	<b>G34</b>
۲/۲۸	۰/۱۵	۰/۷۲	۹/۷۶	۳۷/۰۵	۴۸/۶۵	۳/۶۸	.	<b>G35</b>
۴/۰۳	۰/۰۶	۰/۷۲	۱۵/۵۳	۷۴/۲۲	۹/۱۶	۰/۳۲	.	<b>G36</b>
۲/۴۹	۰/۲۹	۲/۵۲	۲۸/۲۵	۵۴/۴۹	۱۴/۲۳	۰/۲۲	.	<b>G37</b>
۲/۵۸	۰/۳۶	۶/۰۸	۴۶/۴۷	۴۵/۳۹	۱/۴۵	۰/۲۵	.	<b>G38</b>
۳/۹۹	۰/۰۷	۱/۱۹	۶۴/۴۲	۳۳/۳۵	۰/۷۹	۰/۱۸	.	<b>G39</b>
۱/۸۷	۱/۶	۳۶/۸۸	۵۹/۵۹	۱/۷۷	۰/۰۶	۰/۱	.	<b>G40</b>
۲/۶۸	۰/۴۸	۱۳/۴۳	۳۶/۵۹	۲۱/۷۵	۲۴/۹	۲/۸۵	.	<b>G41</b>
۱/۰۹	۰/۲۸	۷/۷۲	۵۸/۱	۳۱/۳۵	۲/۴	۰/۱۴	.	<b>G42</b>
۱/۴۶	۱/۲۶	۲۳/۷۱	۷۱/۵۴	۳/۴۸	۰/۰۲	.	.	<b>M1</b>
۱/۴۹	۰/۲۸	۲/۷۱	۵۰/۴۳	۴۶/۰۷	۰/۵۱	.	.	<b>M2</b>
۱/۳۵	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۷	۸/۰۳	۲۹/۵۳	۳۴/۹	۲۷/۴۰	<b>M3</b>
۱/۶۱	۰/۶۹	۱/۱۳	۴۵/۷۱	۵۱/۴	۱/۰۵	۰/۰۴	.	<b>M4</b>
۴/۳۲	۰/۱۴	۰/۰۲	۰/۱	۲۰/۸۴	۷۰/۸۶	۸/۰۵	.	<b>M5</b>
۲/۶۲	۰/۴۲	۵/۶۶	۵۹/۳۵	۳۴/۵۳	۰/۰۵	.	.	<b>M6</b>
۲/۴۸	۱/۱۴	۲/۴۱	۴۸/۹۸	۴۷/۴۳	۰/۰۴	.	.	<b>M7</b>
۲/۲۱	۰/۸۶	۶/۶۴	۵۰/۷۹	۴۱/۶۳	۰/۰۸	.	.	<b>M8</b>
۲/۱۱	۰/۳۶	۳/۰۴	۵۲/۰۴	۴۰/۹۳	۳/۵۴	۰/۰۹	.	<b>M9</b>
۲/۱	۰/۳۱	۳/۷۷	۶۲/۳۸	۳۲/۸۵	۰/۶۸	.	.	<b>M10</b>
۱/۶۱	۰/۵۷	۳/۵۶	۵۲/۹۲	۴۲/۹۷	۰/۲۴	.	.	<b>M11</b>
۱/۴۳	۰/۱۱	۱۱/۸۲	۶۹/۰۸	۱۷/۵۳	۰/۴	۰/۶	.	<b>M12</b>
۲/۱۳	۰/۱۱	۰/۱۴	۵/۱۴	۲۲/۲۸	۸/۳۷	۱۵/۴۳	۴۸/۵۵	<b>M13</b>
۱/۹۶	۰/۳۹	۵/۹۹	۵۸/۲۲	۳۵/۲۵	۰/۱۵	.	.	<b>M15</b>
۲/۱۴	۰/۲۴	۱/۰۸	۲۱/۶۳	۲۸/۸۴	۲۸/۸۹	۱۰/۸۸	۸/۴۴	<b>M16</b>
۱/۸۹	۰/۱۲	۰/۷۹	۱۴/۰۴	۳۰/۴۶	۲۰/۴	۱۵/۹۷	۱۸/۲۱	<b>M17</b>
۱/۵۶	۰/۳۲	۷/۳۶	۶۷/۴۲	۲۴/۸	۰/۰۹	.	.	<b>M18</b>
۱/۷۱	۰/۳۹	۵/۱۹	۴۸/۰۵	۳۹/۸۱	۶/۵۶	.	.	<b>M19</b>
۲/۲۸	۰/۳۰	۰/۵۸	۲۴/۴۴	۷۳/۱۹	۱/۴۳	۰/۰۶	.	<b>M20</b>
۱/۹۲	۰/۳۹	۱/۵۸	۵۸/۸	۳۹/۲۱	۰/۰۲	.	.	<b>M21</b>
۱/۷۷	۰/۵۴	۱/۲۵	۴۵/۴۶	۵۲/۷۴	۰/۰۱	.	.	<b>M22</b>
۱/۵۷	۰/۳۳	۱/۶۳	۵۳/۸۴	۴۳/۷۴	۰/۴۳	۰/۰۴	.	<b>M23</b>
۱/۹۹	۰/۴۶	۳/۱۳	۶۳/۰۳	۳۳/۲۹	۰/۰۹	.	.	<b>M24</b>
۲/۰۴	۶/۲۴	۵/۳۸	۶۵/۷۶	۲۲/۵۸	۰/۰۴	.	.	<b>M25</b>
۲/۱۲	۰/۴۵	۱/۸۸	۴۲/۷۶	۵۳/۴۹	۱/۴۲	.	.	<b>M26</b>

ادامه جدول ۱- آنالیز دانه بندی و میزان ماده آلی در نمونه های برداشت شده از سواحل جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۹۳

۱/۸۵	۰/۷۹	۳/۷۷	۶۹/۹۱	۲۵/۴	۰/۱۳	.	.	<b>M27</b>
۱/۸۳	۰/۳۲	۱/۷۷	۷۱/۱۳	۲۶/۵	۰/۲۷	.	.	<b>M28</b>
۲/۰۷	۱/۳۲	۱/۴۵	۵۲/۵۵	۴۴/۱	۰/۴۵	.	.	<b>Noor</b>
۱/۶۸	۱/۲۲	۳/۲۷	۲۰/۲۱	۱۷/۵۳	۲۸/۱	۱۰/۲۵	۱۹/۴۲	<b>Msis</b>
۲/۲۳	۱/۲۲	۱/۴۵	۵۵/۷	۴۰/۱	۱/۵۴	.	.	<b>Chalanda r</b>
۲/۵۱	۱/۲۲	۲/۴۵	۴۷/۰۲	۴۶/۳۸	۲/۰۴	.	.	<b>Noshahr</b>
۱/۴۷	۰/۸۸	۱/۳۷	۴/۴۳	۲۸/۶۲	۳۹/۴۸	۱۷/۲۳	۷/۸۹	<b>Mkelar</b>
۱/۷۵	۰/۳۲	۳/۷۶	۷۰/۱۳	۲۵/۵	۰/۲۴	.	.	<b>M29</b>
۶/۰۳	۱	۱۵/۲	۳۶/۱	۳۴	.	.	.	<b>M30</b>
۲/۱۵	۷۳/۶۳	۱۱	۱۵/۳۷	.	.	.	.	<b>GS1</b>
۳/۳۵	۳۹/۲۹	۲۰	۴۰/۷۱	.	.	.	.	<b>GS2</b>
۵/۱۶	۶۴/۹	۸/۱	۲۷	.	.	.	.	<b>GS3</b>
۱۴/۸۳	۷۷/۷۲	۱۶	۶/۲۸	.	.	.	.	<b>GS4</b>
۹/۷۴	۷۰/۴	۱۸/۳	۱۱/۳	.	.	.	.	<b>GS5</b>
۷/۳۲	۱۸/۵۸	۶۰/۱	۲۱/۳۲	.	.	.	.	<b>GS6</b>
۱۱/۵۹	۳۷/۶۶	۵۰/۲۲	۱۲/۱۲	۲۲/۳	.	.	.	<b>GS7</b>
۳/۶۶	۵۰/۹	۹	۱۶/۴/۱۲	۲/۶	۱/۲	.	.	<b>GS8</b>
۴/۰۸	۶۳/۴۴	۲۰/۶۶	۱۵/۸۱	.	۱/۴	.	.	<b>GS9</b>
۶/۱۶	۳۴/۱۹	۵۰	۱۶	.	.	.	.	<b>GS10</b>
۴/۸۸	۴۴/۳۴	۴۹/۶۶	۱۳/۱	۴/۵۲	.	.	.	<b>GS11</b>
۶/۸۹	۵۲/۲۷	۳۰/۱۱			.	.	.	<b>GS12</b>



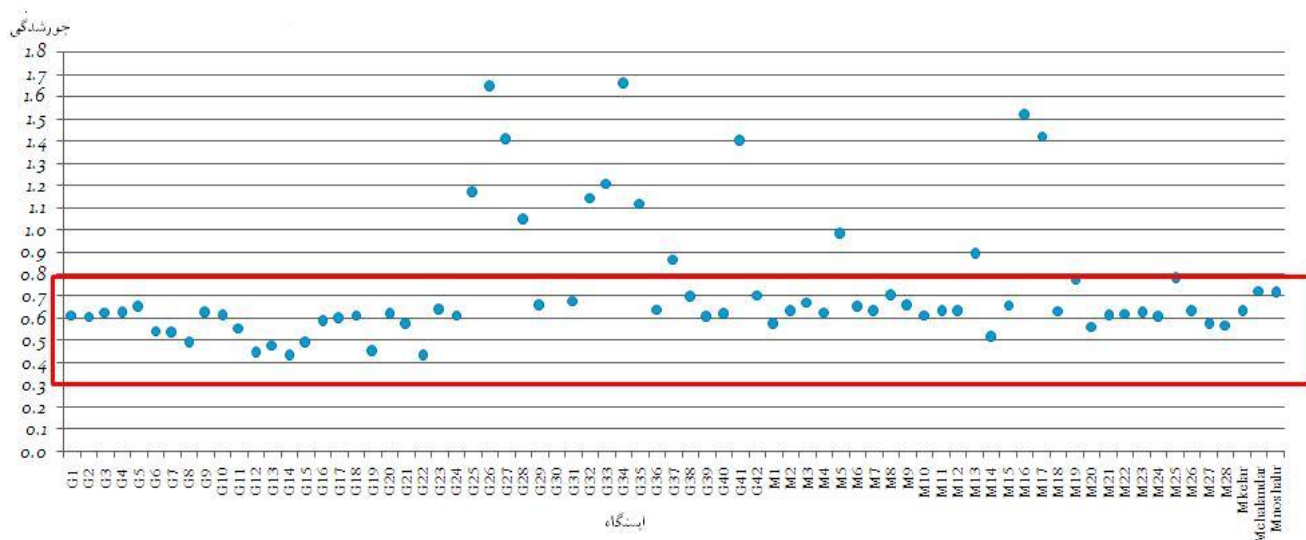


شکل ۳- نحوه توزیع رسوبات و تصویر شماتیک برخی از رسوبات در بخش های ساحلجنوبی دریای خزر در سال ۱۳۹۳  
دانه سنجی (Granulometry)

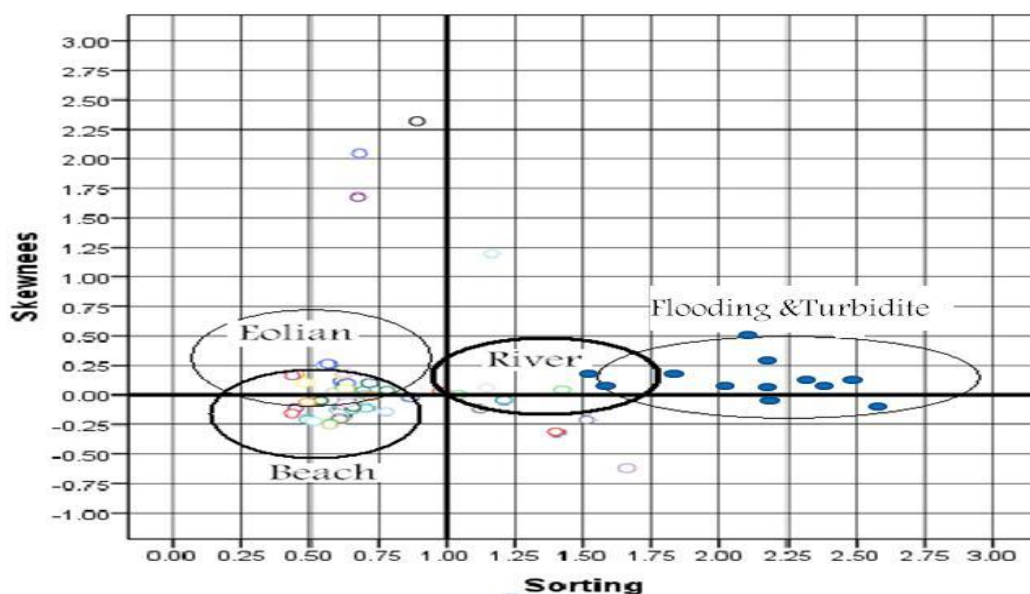
اندازه دانه های آنها در حد ماسه ریز تا خیلی ریز متغیر بود و مقدار ذرات سیلت و رس آنها بسیار ناچیز ارزیابی گردید. در ایستگاه های M13, M16, G27, G28, G32, G33, G35, G42, G25, G26, G34 M17 رسوبات با منشایی و جورشگی بد مشخص هستند. همچنین در استان گلستان جورشگی بد مشخص هستند. همچنین در استان گلستان با توجه درصد بالای گل، جورشگی نمونه بسیار بد و کج شدگی مثبت ( $>1$ ) عموماً بیشتر از یک و کشیدگی بسیار زیاد ( $>4$ ) را نشان می دهد (شکل ۵).

برای بررسی نمونه های رسوبی از نظر میزان یکنواختی اندازه دانه ها و همچنین پارامترهای کج شدگی و کشیدگی نمونه های رسوبی با دو روش نرم افزار مطالعه توسط میکروسکوپ پلاریزان مورد بررسی قرار گرفتند.

در این مطالعه از نرم افزار (GradiStat.V.8) برای تعیین جورشگی، کج شدگی و کشیدگی رسوبات استفاده گردید. به طور کلی بیشتر ایستگاه ها با توجه به اینکه رسوبات متعلق به نواحی ساحلی می باشند، تقریباً دارای جورشگی نسبتاً خوبی بودند (شکل ۵) و عموماً



شکل ۴- جورشدگی رسوبات خط ساحلی بخش جنوبی دریای خزر (استان گیلان و مازندران) در سال ۱۳۹۳



شکل ۵- مشخص کردن منشأ رسوبات با استفاده از جورشدگی و کج شدگی (اقتباس از بیورک، ۱۹۸۴)

های M5, M13 و کمترین مقدار آن ایستگاه G10 مشاهده گردید.

#### کانی شناسی رسوبات

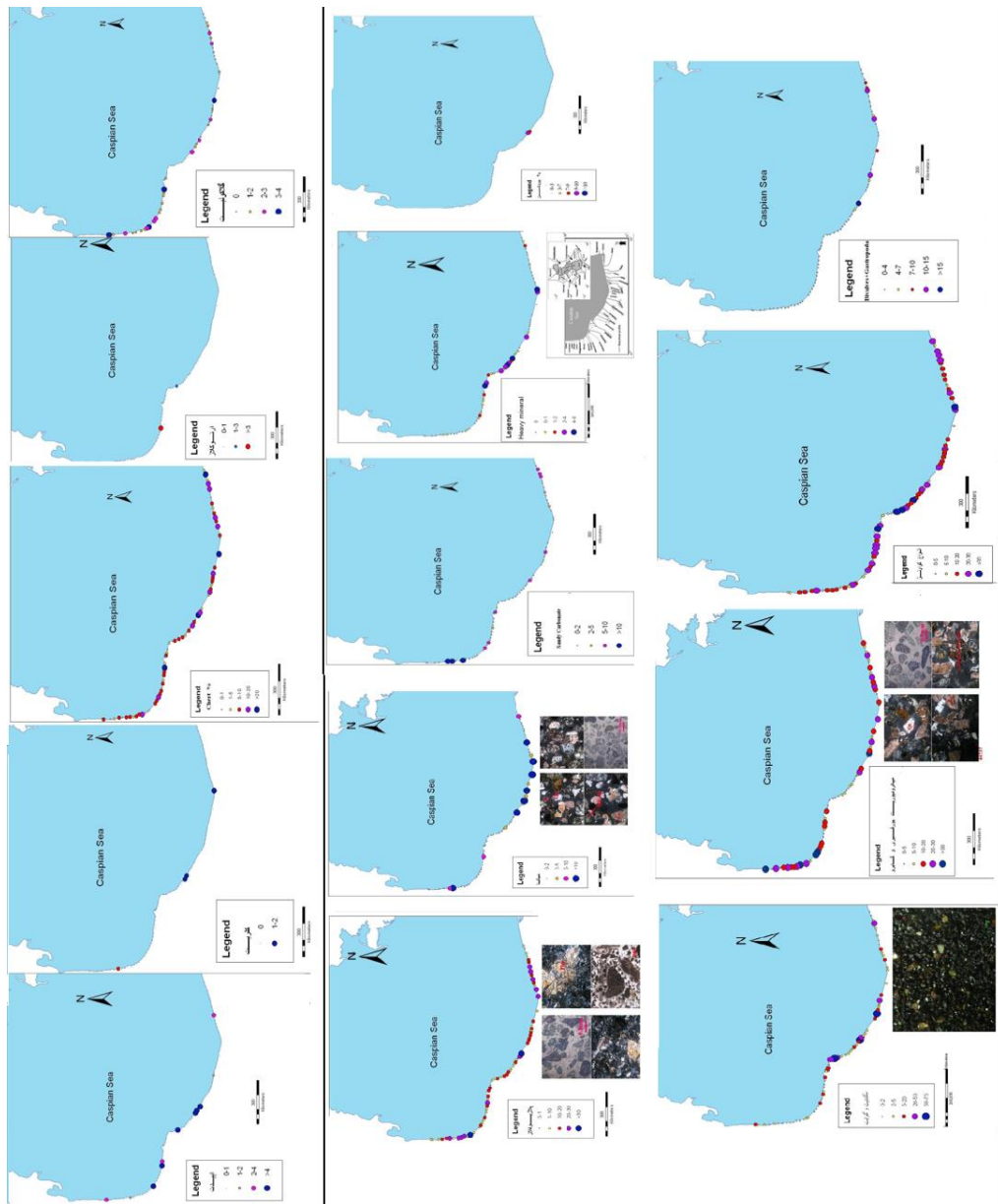
کانی شناسی رسوبات خطوط ساحلی دریای خزر الگوی خاصی از زمین شناسی منطقه را نشان می دهد (شکل ۹) و کربنات ها و فلدسپات های پلاژیوکلاز ها و میکروکلین از مهم ترین کانی های تشکیل دهنده رسوبات هستند. کانی های شناسایی شده در رسوبات بخش جنوبی دریای خزر (استان های گیلان و مازندران) شامل:

#### نتایج کربنات و ماده آلی

با توجه به مقادیر بالای گل در سواحل استان گلستان طبیعتاً مواد آلی در رسوبات خط ساحلی این بخش بسیار بیشتر از سواحل دو استان دیگر است. بنابراین بیشترین مقدار ماده آلی در ایستگاه G4 و کمترین مقدار در ایستگاه G10 مشاهده گردید (به استثنای مناطق مرکزی مازندران) توزیع یکنواختی مشاهده گردید. همچنین با توجه به رخنمون سازند های کربناته در منطقه رسوبات کربناته از مهمترین بخش های رسوبات منطقه می باشند و بیشترین مقدار کربنات موجود در رسوبات در ایستگاه

شفاف شامل اسفن، روتیل و زیرکن همچنین برخی خرده های صدف های دوکفه ای، گاستروپودها و سنگ های اشفشانی است (شکل ۶).

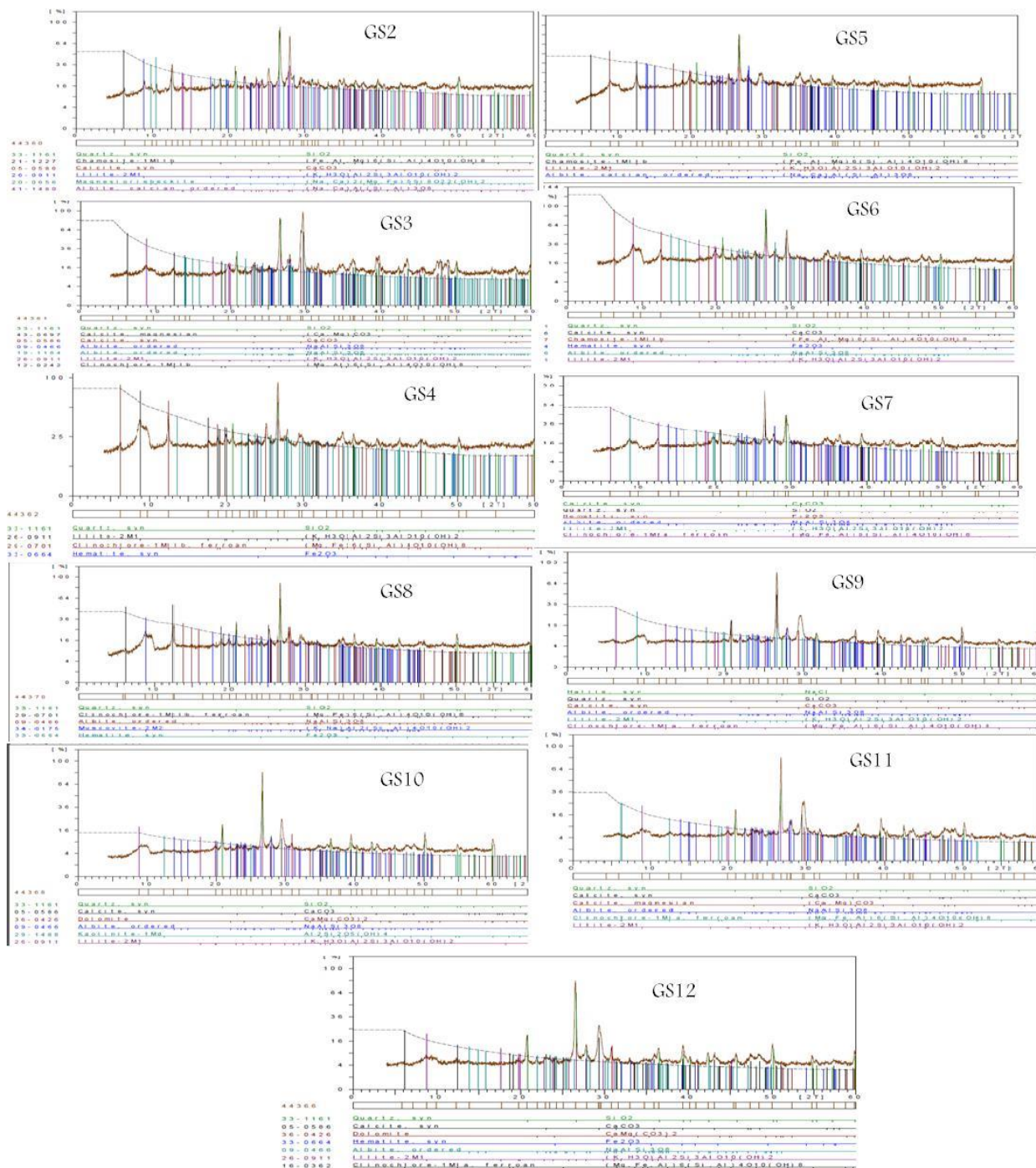
پیروکسن (اوژیت، دیوپسید) کانی های آهن دار (مگنتیت و گوتیت)، پلاژیوکلاز، انواع کوارتز، چرت، انواع کربنات، اورتوز، میکاها و کلریت، میکرکلین و کانی های سنگین



شکل ۶- نحوه توزیع برخی از کانی های شناسایی شده در خطوط ساحلی بخش جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۹۳

شامل البیت و کلینوکلر ، شاموزیت و هالیت شناسایی گردید (شکل ۷).

در استان گلستان با توجه به آنالیز کیفی نمونه ها جهت کانی شناسی، کانی های فاز اصلی کوارتز، کلسیت، و کانی های رسی (عموما ایلیت) و کانی های فاز فرعی



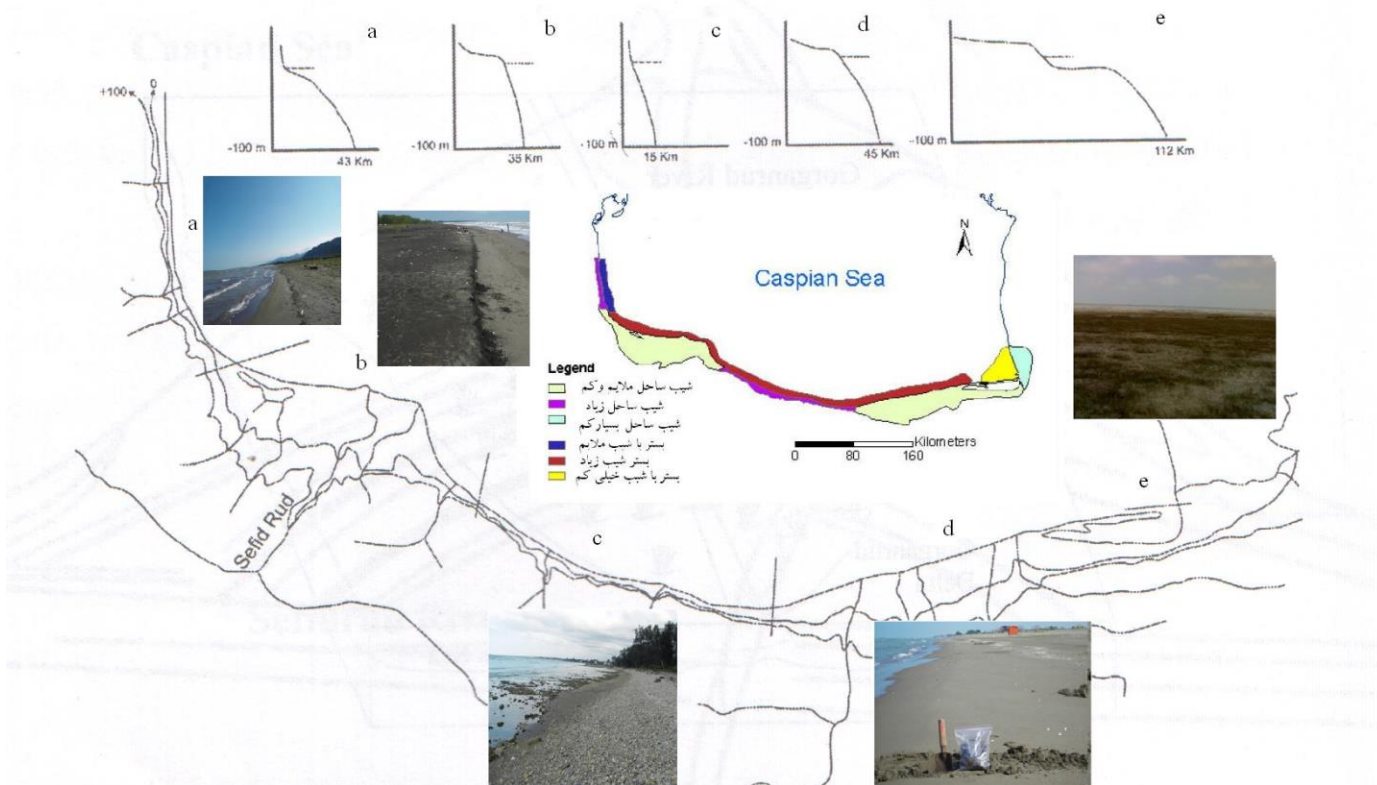
شکل ۷- نمودار های پراش اشعه X نمونه های برداشت شده از سواحل استان گلستان جهت کانی شناسی

است. در بخشهای شرقی و غربی ساحل ایران بستر دریا کم شیب است چنانکه ژرفای ۱۰۰ متر در بخش غربی در فاصله ۲۰-۳۵ کیلومتری از ساحل و در بخش خاوری

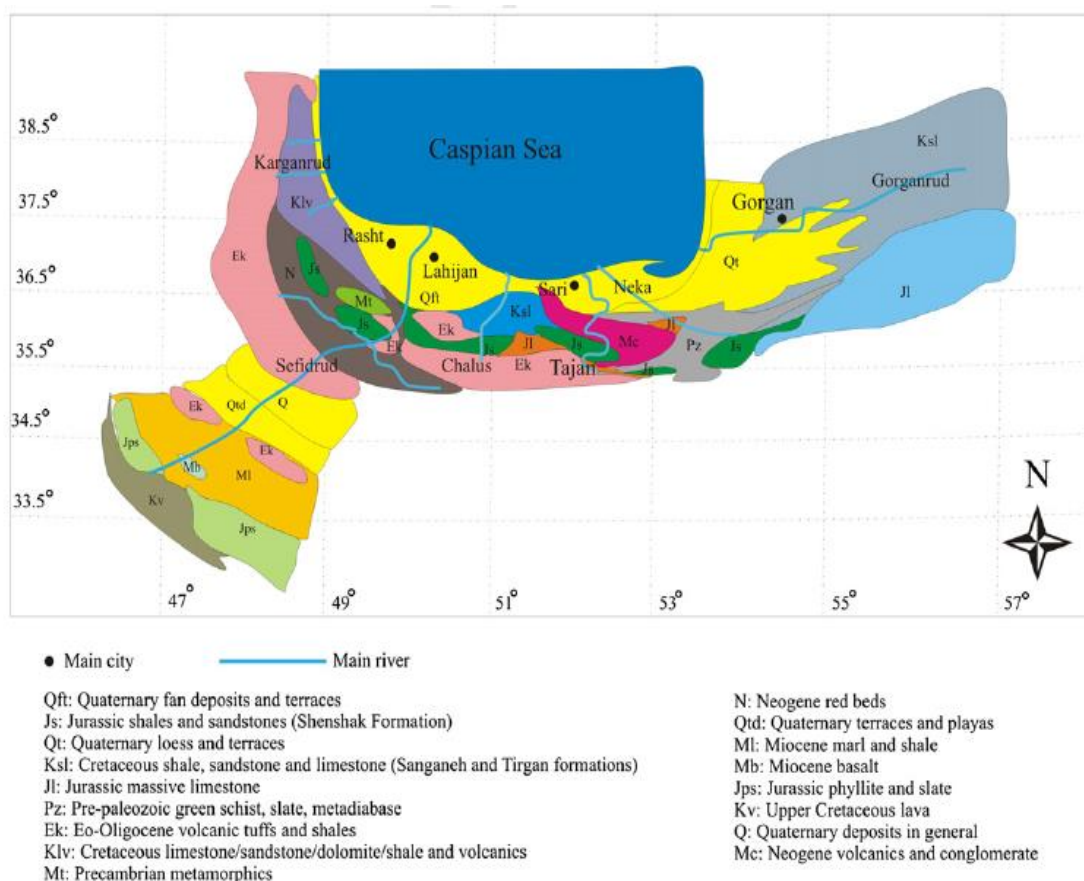
شیب ساحل دریای خزر از دیدگاه زمین ساختی ناهمگن است و این ناهمگنی در ریخت شناسی ساحل و بستر آن بازتاب یافته

در ناحیه باختری عرض بخش کم ژرفا ۱۵-۱۰ KM و در بخش خاوری حدود ۳۰ KM است. اما در بسیاری نقاط بر خلاف مرفولوژی بستر کم ژرفای دریا، شیب و گستره ساحل خشکی متفاوت است.

در فاصله ۶۴ کیلو متری ساحل قرار می گیرد (شکل ۸). نیمرخ های تهیه شده از ساحل ایران نشان می دهد که بخش کم ژرفای بستر (تا ژرفای ۱۰ متر) نیز تا حدودی به تبعیت از وضعیت عمومی بستر دریا در بخش مرکزی از انزلی تا ساری دارای پهنه کمی است (حدود ۲ KM)



شکل ۸- وضعیت شیب ساحل و بستر تا عمق ۱۰۰ متر به همراه تصویر شماتیک از سواحل هر بخش به ترتیب a: غرب گیلان از آستارا تا رضوانشهر b: مرکز گیلان از انزلی تا رودسر c: غرب مازندران از رامسر تا نور d: شرق مازندران از نور تا میانکاله و e: سواحل گلستان است (اقتباس با تغییرات از Firozfar et al., 2011; Lahijani et al., 2007)



شکل ۹- نقشه شماتیک زمین شناسی و واحد های رسوبی منطقه مورد مطالعه

## بحث و نتیجه گیری

در اکثر محیط های رسوبی، رسوبات در اندازه ماسه دانه ریز دارای بهترین جورشدگی می باشند که همین امر در بررسی رسوبات خط ساحلی جنوب خزر نیز مشاهده شد. همچنین در رسوبات ماسه ای ارتباط معکوسی بین اندازه ذرات و جورشدگی وجود دارد با کاهش اندازه ذرات (ماسه ریز) جورشدگی متوسط و خوب و با افزایش اندازه ذرات ماسه ای (ماسه های درشت و متوسط) جورشدگی ضعیف می گردد. ارتباط بین کج شدگی و جورشدگی رسوبات نیز وسیله مناسبی برای بررسی خاستگاه رسوبات و شرایط حمل و نقل رسوبات می باشد (Bjorlykke, 1974). از بررسی ارتباط بین اندازه ذرات و کشیدگی رسوبات نیز می توان در مورد ژنز رسوبات اطلاعات مفیدی کسب نمود (Folk, 1980). برای مثال آنالیز نمونه های رسوبی (اکثراً ماسه ای) برداشت شده از نقاط مختلف دنیا نشان می دهد که ماسه های ساحلی دارای جورشدگی خوب و کج شدگی منفی، ماسه های رودخانه

ای دارای جورشدگی کمتر و معمولاً کج شدگی مثبت و ماسه های تپه های ماسه ای بادی دارای کج شدگی مثبت می باشند ولی اندازه ذرات ماسه ای در تپه های ماسه ای ریزتر از ماسه های ساحلی است و رسوبات ماسه ای ساحلی دارای مقادیر عددی منفی پایین برای کج شدگی بوده و نمودار شان نزدیک به متقارن است علت آن هم وجود مقادیر کمی از ذرات ماسه ای دانه درشت (قطعات خرد شده صدف) در ماسه های ساحلی می باشد (Tucker, 1988).

در دو استان گیلان و مازندران بیشتر نمونه ها جورشدگی خوب و کج شدگی منفی دارند. دانه بندی و پارامترهای آماری مربوط به رسوبات آنالیز شده (استان های مازندران، و گیلان) نشان می دهند اغلب نمونه های رسوبی برداشت شده (۷۰ نمونه رسوب) از منشا ساحلی و بادی (تپه های ماسه ای) بوده و امواج، جریان های دریایی و باد مهمترین عامل حمل و رسوبگذاری آنها بوده است و تعداد کمی از نمونه های بخش ساحلی توسط

(شکل ۹) Stocklin, 1974, 1977; Sussli, 1976; (Berberian, 1983). به طور کلی می توان چنین برداشت نمود که رخنمون های البرز، به جز در پاره ای نقاط مانند جنوب گرگان و ساری، بابل و بهشهر عموماً به کرتاسه فوقانی تعلق دارد و رسوبات کرتاسه در دامنه های شمال رشته کوه های البرز در سمت شرق از نوع مارن و آهک مارنی کرم رنگ به سن ماستریشتین (چالوس و علمده) بوده و در آن فوران های بازالتی به وفور دیده می شود. همچنین در ارتفاعات املش، لاهیجان، چابکسر علاوه بر رسوبات آهکی، افیولیت های کرتاسه پایانی بیشتر از نوع گدازه های بالشی، دایک های دیابازی و گابرو نیز بیرون زدگی دارند. وجود دایک های لامپروفیری و وفور گدازه های بازالتی آندزیتی، نشان دهنده خروج کامل آب دریا طی کرتاسه پایانی در این مناطق است. سن افیولیت های البرز غربی و آذربایجان نیز کرتاسه فوقانی ذکر شده است. (Khaatbari-Jafari *et al.*, 2006). در بخش شرقی دریای خزر نیز حوضه آبریز گرگانرود از کوه های کپه داغ سرچشمه می گیرد که عمدتاً از سری های رسوبی به ویژه آهکی پوشیده شده است. این رودخانه و دیگر رودخانه های کوچک منطقه نقش اصلی در ورود رسوبات دانه ریز و حاوی کانی های سبک را دارند (Lahijani *et al.*, 2007). رودخانه های بزرگ غرب شامل سفید رود، چالوس و تجن با توجه به رخنمون های فوق الذکر در مسیر شان به میزان قابل توجهی رسوبات حاوی کانی های سبک و سنگین آذرین و دگرگونی را وارد خزر می کنند که این رسوبات با توجه به چگالی، شیب ساحل و انرژی محیط ته نشست می شوند، بنابراین دانه های کانی های سبک (Light minerals) و بخش های شرقی تر و کانی های سنگین تر نزدیک تر به منشأ فراوانی بیشتری خواهند داشت (باقری و همکاران، ۱۳۹۰). همچنین با بررسی دقیق تر و انطباق نقشه های پراکنش کانی ها با زمین شناسی منطقه و شیب ساحل مشخص می گردد در بخشهایی که شیب دریا در بخش کم عمق زیاد و شیب ساحل متوسط است (مرکزی گیلان و شرق مازندران) فراوانی کانی های سنگین، مگنتیت و گوتیت

فرایند های رودخانه ای نهشته شده اند، که عموماً جورشدگی ضعیفی نیز دارند در حالی که در استان گلستان با توجه به ریزدانه بودن رسوبات (گلی)، جورشدگی بسیار بد و کج شدگی مثبت دارند. با نگاهی به عرض جلگه ساحلی در ایستگاه های مطالعه شده می توان دریافت که نوع دانه بندی با شیب ساحل منطبق است. مطالعه شیب سواحل نشان می دهد که در بخش مرکزی گیلان و بخش خاوری مازندران، رسوبات رودخانه ای و دلتایی (سفیدرود، پلرود، هراز، تجن، لار و بابل) پهنه ی کم شیب و گسترده ای تشکیل داده اند. در بخش غربی گیلان برخلاف بستر دریا، جلگه ساحلی باریک و پر شیب است. در بخش باختری مازندران همانند بستر کم ژرفا، جلگه ساحلی باریک و پر شیب است. این در حالی است که در منطقه گلستان، جلگه ساحلی همانند بستر کم ژرفا، گسترده و کم شیب است (شکل ۸). در واقع می توان گفت عامل اصلی در توزیع اندازه ذرات رسوبی در نواحی ساحلی بخش جنوبی دریای خزر فاصله خط ساحلی از خاستگاه (عرض منطقه ساحلی) و عامل تعیین کننده دیگر، شیب ساحل است. در مناطقی که شیب ساحل زیاد و عرض ساحل کم باشد رسوبات دانه درشت تر و مناطقی که عرض ساحل زیاد و شیب ساحل کم باشد رسوبات دانه ریز تر هستند. توزیع رسوبات ساحلی دریای خزر بازتابی از ویژگی های ریخت شناسی و زمین شناسی ساحل، ویژگی های هیدرو دینامیکی دریا نظیر رژیم موج و جریان و ویژگی های هواشناسی آن نظیر سرعت و جهت باد و میزان بارش است (Naderi Beni *et al.*, 2013; Lahijani & Tavakoli, 2012). نتایج کانی شناسی و نقشه های توزیع مکانی کانی های شناسایی شده در زیر میکروسکوپ همچنین آنالیز XRD رسوبات خطوط ساحلی دریای خزر الگوی خاصی از زمین شناسی منطقه را نشان می دهد و کربناتها و فلدسپات های پلاژیوکلازها و میکروکلین از مهمترین کانی های تشکیل دهنده رسوبات هستند. زمین شناسی منطقه مورد مطالعه شامل بخش هایی از حوضه آبریز دریای خزر در البرز، زاگرس و کپه داغ است که تاریخچه متفاوتی در هر حوضه متصور می شود

و پهنه های ساحلی منطقه، می بایست بسیاری از عوامل از جمله مورفولوژی سواحل و فرآیندهای دینامیکی امواج و جریا های دریایی، تغییرات تراز، آب و هوا و پوشش گیاهی و... را نیز مد نظر قرار داد تا بتوان تحلیل بهتری ارائه نمود.

### سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت های مادی و معنوی پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی انجام گرفته است. بدین وسیله از همکاری آقای دکتر نادری و همچنین از زحمات کلیه کارشناسان مرکز اقیانوس شناسی دریای خزر (نوشهر) تقدیر و تشکر به عمل می آید.

Berberian, M. 1983. The southern Caspian: a compressional depression floored by a trapped, modified oceanic crust. *Canadian Journal of Earth Science*, 20: 163–183.

Blott, S.J. & Pye, K. 2001. A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26: 1237-1248.

Blott, S.J., Croft, D.J., Pye, K., Saye, S.E. & Wilson, H.E. 2004. Particle size analysis by laser diffraction. In: Pye, K., Craft, D.J. (Eds.), *Forensic Geoscience: principles, Techniques and Applications. Geological Society. Special publication*, vol. 232. London.

Bjorlykke, J. 1974. Geochemical and mineralogical influence of Ordovician island arcs on epicontinental clastic sedimentation: a study of lower Paleozoic sedimentation in the Oslo Region, Norway. *Sedimentology*, 21(2):251 – 272.

بسیار بیشتر از سایر مناطق است. در مقابل پراکنش گابرویدیوریت ها، کانی ها و خرده های آهکی در بخش هایی که شیب بستر کم و شیب ساحل زیاد است (غرب گیلان و مازندران) بیشتر است. همچنین در بخش هایی که شیب ساحل و بستر هر دو زیاد است ساحل از رسوبات درشت دانه تشکیل شده و ذرات دانه ریز و کانی ها از محیط حمل شده اند و فراوانی کمتری دیده می شود.

با توجه به موارد فوق به نظر می رسد احتمالاً زمین شناسی و شدت جریان هیدرولیکی رودخانه ها و شیب ساحل از عوامل اصلی توزیع رسوبات و کانی ها در سواحل جنوبی دریای خزر هستند اما جهت مشخص کردن عوامل توزیع متفاوت رسوبات و کانی ها در خطوط

### منابع

باقری، ح.، کاکرودی، ع. و لاهیجانی، ح. ۱۳۹۰. کانی شناسی رسوبات کواترنری پایانی در شبه جزیره میانکاله. گزارش نهایی طرح. پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی، ایران.

پالوسکا، و. و وگنر، آ.ت. ۱۳۷۰. زمین شناسی کواترنر کرانه های دریای خزر. ترجمه شهرابی، م. (۱۳۷۱). سازمان زمین شناسی کشور. گزارش شماره ۶۰. ایران.

سبحانی، ا. ۱۳۴۷. دریای خزر و بررسی مقدماتی رسوبهای عهد حاضر سواحل چالوس تا رامسر. سازمان زمین شناسی کشور. ایران.

Abrantes, A., Pinto, F. & Moreira, M. 1999. Ecology of Polychaete *Nereis diversicolor*, in the Canal de Mira (Ria de averio, Portugal). Population dynamics, production and oogenic cycle. *Acta Oceanology*, 20 (4): 267–283.

Baturin, V.P. & Konilova, E.K. 1956. Geological features of south and middle Caspian modern sediments. *USSR Academy of Science. Moscow*.



- Caspian Sea. *PhD Thesis*, Russian Acad. Sciences. Russia.
- Lahijani, H., Rahimpour- Bonab, H. & Tavakoli, V. 2007. Evidence for late holocene highstands in central Guilan- East Mazandaran, South Caspian Coast Iran. *Quaternary International*, 197: 55-71.
- Lahijani, H. & Tavakoli, V. 2012. Identifying provenance of South Caspian coastal sediments using mineral distribution pattern. *Quaternary International*, 261: 128-137.
- Morton, A.C. & Hallsworth, C. 1994. Identifying provenance specific features of detrital heavy mineral assemblages in sandstones. *Sedimentary Geology*, 90: 241-256.
- Morton, A.C. & Hallsworth, C.R. 1999. Processes controlling the composition of heavy mineral assemblages in sandstones. *Sedimentary Geology*, 124: 3-29.
- Naderi Beni, A., Lahijani, H., Moussavi Harami, R., Leroy, S.A.G., Shah-hosseini, M., Kabiri, K. & Tavakoli, V. 2012. Development of spit-lagoon complexes in response to Little Ice Age rapid sea level changes in the central Gilān coast, South CS, Iran. *Journal of the Persian Gulf*, 5(16):27-48.
- Naderi Beni A., Lahijani, H., Mousavi Harami, R., Arpe, K., Leroy, S.A.G., Marriner, N., Berberian, M., Andrieu-Ponel, V., Djamali, M., Mahboubi, A. & Reimer, P.J. 2013. Caspian sea-level changes during the last millennium: historical and geological evidence from the south Caspian Sea. *Climate of the Past*, 9:1645-1665.
- Stöcklin, J. 1974. Northern Iran: Alborz mountains, in *Mesozoic- Cenozoic*
- Folk, R.L. 1966. A review of grain size Parameters. *Sedimentology*, 6: 73-93.
- Folk, L. 1980. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill. Austin, Texas.
- Firozfar, A., Bromhead, E.N., Dykes, A.P. & Lashteh Neshaei, M.A. 2011. Southern Caspian Sea coasts, morphology, sediment characteristics, and sea level change. *Proceedings of 27th Annual International Conference on Soils, Sediments, Water & Energy*, Massachusetts, USA.
- Heiri, O., Lotter, A. & Lemcke, G. 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology*, 25:101-110.
- Kakroodi, A.A., Kroonenberg, S.B., Hoogendoorn, R.M., Mohammad Khani, H., Yamani, M., Ghassemi, M.R. & Lahijani, H.A.K. 2012. Rapid Holocene sea-level changes along the Iranian Caspian coast, *Quaternary International*, 30: 1-11.
- Klenova, M.V. 1948. *Geology of the Sea. Uchpedgiz. Moscow. (In Russian)*.
- Klenova, M.V., Solovev, V.F., Aleksina, F.A., Vikhrenko, I.M., Kulakova, L.C., Maev, E.G., Rikhter, V.G. & Skorhiakova, N.S. 1962. Geological structure of the Caspian Sea shelf and slope. *Soviet Academy of Science. Moscow. (In Russian)*.
- Khaatbari-jafari, M., Jutean, T. & Cotton, J. 2006. Petrological and geochemical study of the late cretaceous ophiolite of khoy (NW Iran) and related geological formations. *Journal of Asian Earth Sciences*, 27: 465-502.
- Lahijani, H. 1997. Riverine sediments and stability of Iranian coast of the

- Tucker, M. E. 1988. Techniques in sedimentology. Black Wells. Oxford.
- Wong, F. L. 2002. Heavy mineral provinces of the Palos Verdes margin Southern California. *Continental Shelf Research*, 22:899–910.
- Zenkovich, V.P. 1957. Structure of the south-east coast of the Caspian Sea. *USSR Academy of Sciences, Oceanographic Commission Works*, vol. II. Russia.
- Orogenic Belts: Data for Orogenic Studies. Spencer, A.(Ed.). *Geological Society of London Special Publications*, 4: 213-234.
- Strakhov, N.M. 1954. Sediment formation in Caspian Sea. In: *Sediment formation in modern basins*. USSR Academy of Science Pub. Russia.
- Sussli, P.E. 1976. The geology of the lower Haraz valley area, central Alborz, Iran: *Geological Survey of Iran*, 38: 116.

## **Sedimentology and mineralogical characteristics of the coastal sediments in the southern part of the Caspian Sea (Iran)**

Bagheri, H.

Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric Science

### **Abstract**

Caspian Sea is a unique laboratory, for studying all aspects of oceanography and coastal geology. The main aim of this study was to investigate: textural and mineralogical characteristics of coastline deposits in the south Caspian Sea. Initially, 100 sediment samples were taken in summer 2014, along 700 km of the southern Caspian Sea coasts (from Hossein Gholi Bay to Astara, one sample per 5-8 km). In addition, after sampling, coastal geomorphology and structures were evaluated and many pictures were taken. Optical mineralogy and grain size analysis were performed on sediments. Heavy minerals including ilmenite, magnetite and goethite, pyroxene, apatite, zircon and garnet and also light minerals included quartz, plagioclase, orthoclase, carbonate fragments and bivalves were identified. Mapping the distribution of minerals showed that eastern coastline sediments are rich in light minerals and carbonate fragments derived mainly from the erosion of Kopeh-Dagh Mountains. The central and western coast is dominated by heavy minerals, primarily ilmenite and magnetite that are supplied by the Sefidrud River. The moderate abundance of light minerals in the central region results from the sediment flux of the rivers that drain the Cenozoic and Quaternary volcanic coverage and Mesozoic sedimentary deposits. A closer look and compliance with regional geological maps, mineral distribution and beach slope, it was found that in the regions of the study area that the sea slope in the shallow parts are steep and slope of the beach is gentle (east Mazandaran and central parts of Gilan province) distribution of heavy minerals such as magnetite and goethite is higher than other areas, while the distribution of Gabbro-Dioritic, and carbonate fragments are more in steep beach areas and areas of sea bed with gentle slope (West of Gilan and Mazandaran). Also gravely coasts are formed in the steep sea bed and beach areas, as the small particles and light minerals are washed away in these areas.

**Keywords:** Sediment, Mineralogy, Sedimentology, Caspian Sea Coasts

**\*Corresponding author:** bagheri1@gmail.com