



ORIGINAL RESEARCH PAPER

Sedimentology, Petrography, Mineralogy and Geochemistry of Deposits off the Coast of the Caspian Sea in Babolsar City

Seyedeh Atefeh Moafi Madani¹, Seyed Reza Mosavi Harami², Abolfazl Naji³, Payman Rezaee*¹

1. Department of Geology, Faculty of Science, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

2. Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

3. Department of Fisheries, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

ARTICLE INFO

Article History:

Received 2022/08/22

Revised: 2023/11/12

Accepted: 2023/09/6

Keywords:

Sedimentology

Mineralogy

Deposits off the Coast

Caspian

Babolsar

*Corresponding author:

✉ p.rezaee@hormozgan.ac.ir

orcid: 0000-0002-5148-491X

doi: [10.52547/joc.14.54.10](https://doi.org/10.52547/joc.14.54.10)

doi: [20,1001,1,15621057.1402,14,54,10,6](https://doi.org/10.15621057.1402.14.54.10.6)

ABSTRACT

Background and Objectives: As the largest lake in the world, Caspian Sea has important and special features in terms of sedimentology and geochemistry. Sedimentary and geochemical evaluations are important for studying the evolution of sedimentation environments and the location of basins. Investigating the mineralogical and geochemical characteristics of Caspian Sea deposits can provide valuable information regarding the origin of sediments, hydrodynamic characteristics of the region, and sediment transport conditions. Therefore, the purpose of this research is to study the texture, mineralogy and geochemistry of deposits off the coast of the Caspian Sea in Babolsar city.

Methods: The investigation of the sedimentary and mineralogical characteristics, petrography and geochemistry of deposits off the Coast of the Caspian Sea in Babolsar City was started by using geological maps, topography of the area and choosing the appropriate navigation route to collect sediment samples. Then, in order to sample the sediments far from the coast, 41 samples were taken from the inside of the boat to sample the soft sediments on the sea surface from a small Van Veen Grab sampler belonging to the German Hydrobius Company. Granulation analysis, microscopic inspections, XRD and XRF were carried out on the collected samples.

Findings: The findings indicated that silt and clay make up the majority of the particle size of this deposit. Examining the trend of changes in particle size also showed that at the entrances of Babelroud and Shazdehroud rivers to the Caspian Sea, the size of the particles is in the range of sand, and distancing from the coast, the amount of sand decreases and the amount of silt and clay increases. These deposits often have a silty texture with some gravel and mixed sand. These deposits along the shore, where the energy is stronger, have superior textural properties than the deposits inland, where the energy is lower. Most of the studied sediments are debris near the coast. Deposits off the Coast is more abundant with chemical and biochemical particles and intraclast allochems, bivalve fossils, and benthic forms. This deposit's primary mineral phases include quartz, calcite, feldspar, and occasionally Illite and Dolomite. The geochemical results also show the superiority of SiO₂ oxide, which is generally related to quartz minerals, and the concentration of this oxide decreases as you move away from the coast and the percentage of CaO oxide increases. This indicates the reduction of debris deposits and the superiority of chemical and biochemical deposits.

Conclusion: In total, the results of this research indicated a direct relationship between the deposits off the coast of the Caspian Sea and the mineralogical composition of the incoming deposits from the rivers leading to this coast. The conditions of the sedimentary environment of these deposits have also been involved in the formation of the geochemical and sedimentary characteristics of these deposits.



NUMBER OF TABLES

2



NUMBER OF FIGURES

11



NUMBER OF REFERENCES

47

مقاله پژوهشی

رسوب‌شناسی، کانی‌شناسی و ژئوشیمی نهشته‌های دور از ساحل دریای خزر، در محدوده شهر بابلسر

سیده عاطفه معافی مدنی^۱، سیدرضا موسوی حرمی^۲، ابوالفضل ناجی^۳، پیمان رضائی^{۴*}

۱. دانشجوی دکتری رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

۲. استاد گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

۳. دانشیار گروه مهندسی منابع طبیعی شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

۴. دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

پیشینه و اهداف: دریاچه خزر، به‌مثابه بزرگ‌ترین دریاچه دنیا، دارای ویژگی‌هایی مهم و ویژه، از نظر مباحث رسوب‌شناسی و ژئوشیمی، است. ارزیابی‌های رسوبی و ژئوشیمی برای مطالعه سیر تکاملی محیط‌های رسوب‌گذاری و جایگاه حوضه‌ها دارای اهمیت است. بررسی ویژگی‌های کانی‌شناسی و ژئوشیمی نهشته‌های دریای خزر اطلاعات باارزشی در خصوص منشأ رسوبات، خصوصیات هیدرودینامیکی منطقه و شرایط حمل‌ونقل رسوبات می‌دهد. هدف پژوهش حاضر مطالعه خصوصیات بافتی، کانی‌شناسی و ژئوشیمی نهشته‌های دور از ساحل خزر در محدوده جغرافیایی شهرستان بابلسر است.

روش‌ها: به‌منظور بررسی مشخصه‌های رسوبی و کانی‌شناسی، پتروگرافی و ژئوشیمی رسوبات دور از ساحل خزر در محدوده شهرستان بابلسر، ابتدا، با به‌کارگیری نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی منطقه و انتخاب مسیر مناسب، پیمایش برای برداشت نمونه‌های رسوبی آغاز شد. سپس، برای نمونه‌برداری از نهشته‌های دور از ساحل، با یک نمونه‌گیر چنگکی کوچک (Van Veen Grab) ساخت کمپانی هیدروبیوس آلمان، تعداد ۴۱ نمونه از رسوبات نرم سطحی دریا از داخل قایق برداشت شد. روی نمونه‌های برداشت‌شده آنالیزهای دانه‌بندی، میکروسکوپی، XRD و XRF صورت گرفت.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان داد که اندازه ذرات این نهشته‌ها عمدتاً رس و سیلت است. بافت نهشته‌ها عموماً گل ماسه‌ای با کمی گراول و ماسه با کمی گراول است. پارامترهای بافتی این نهشته‌ها در ساحل که انرژی بیشتر است شرایط بهتری، در مقایسه با نهشته‌های دور از ساحل که انرژی کمتر است، دارند. بررسی روند تغییرات اندازه ذرات نیز نشان داد در ورودی‌های رودخانه‌های بابل‌رود و شازده‌رود به دریای خزر اندازه ذرات در محدوده ماسه است و با فاصله از ساحل از مقدار ماسه کم می‌شود و بر مقدار سیلت و رس افزوده می‌شود. عمده رسوبات مورد مطالعه در نزدیک ساحل آواری و در دور از ساحل برتری با ذرات شیمیایی و بیوشیمیایی و آلوکم‌های اینتراکلت، فسیل دوکفه‌ای و فرام‌های بنتیک است. فاز عمده کانی‌شناسی این نهشته کوارتز، کلسیت و فلدسپار و گاهی ایلیت و دولومیت است. نتایج ژئوشیمی نیز نشان‌دهنده برتری اکسید SiO_2 است که عموماً در ارتباط با کانی کوارتز است که با دور شدن از ساحل غلظت این اکسید کاهش می‌یابد و به درصد اکسید CaO افزوده می‌شود که نشان از کاهش ورودی نهشته‌های آواری و برتری نهشته‌های شیمیایی و بیوشیمیایی دارد.

نتیجه‌گیری: مجموع نتایج این تحقیق حاکی از ارتباط مستقیم نهشته‌های دور از ساحل دریای خزر با ترکیب کانی‌شناسی نهشته‌های ورودی از رودخانه‌های منتهی به این ساحل است و شرایط حاکم بر محیط رسوبی این نهشته‌ها نیز در شکل‌گیری ویژگی‌های ژئوشیمیایی و رسوبی این نهشته‌ها دخیل بوده است.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۵/۳۱

تاریخ بازبینی: ۱۴۰۲/۸/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۱۵

واژگان کلیدی:

رسوب‌شناسی

کانی‌شناسی

نهشته‌های دور از ساحل

دریای خزر

بابلسر

*نویسنده مسئول

✉ p.rezaee@hormozghan.ac.ir

orcid: 0000-0002-5148-491X

doi: 10.52547/joc.14.54.10

doi:20,1001,1,15621057.1402,14,54,10.6

مقدمه

دانه‌بندی در بخش جنوبی، از نواحی غربی تا کرانه‌های شرقی است [۱۳]. در بالادست سواحل بابلسر و در حوضه بزرگ هراز، انواع تشکیلات زمین‌شناسی مربوط به دوران‌های مختلف حضور دارند که رودخانه‌های بابلرود و شازده‌رود با عبور از این تشکیلات، ضمن فرسایش، این رسوبات را حمل می‌کنند و در دریای خزر به جای می‌گذارند. محدوده شهرستان بابلسر و ساحل شامل نهشته‌های مردابی کواترنری و ماسه‌سنگ‌ها و کنگلومرای چندمنشأ پلیوسن است (شکل ۲).

روش پژوهش

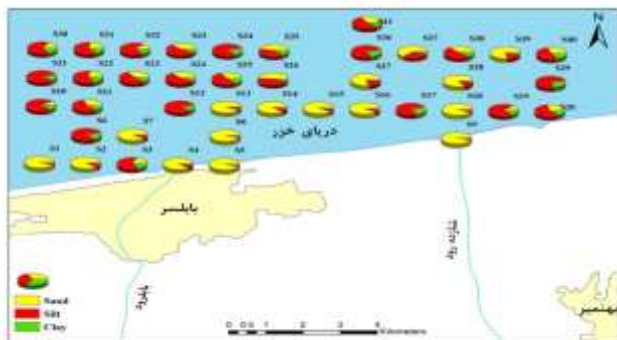
ابتدا، با به‌کارگیری نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی منطقه و انتخاب مسیر مناسب، پیمایش برای برداشت نمونه‌های رسوبی تعیین شد. در خردادماه سال ۱۳۹۸، نمونه‌برداری از عمق ۳ تا ۴۷ متر آغاز شد. سپس، از یک عدد نمونه‌گیر چنگکی کوچک ساخت کمپانی هیدروبیوس آلمان و قایق موتوری، برای نمونه‌برداری از رسوبات نرم بستر دریا استفاده و تعداد ۴۱ نمونه رسوبی برداشت شد (شکل ۱). با توجه به اینکه دستگاه نمونه‌بردار سطحی در هر بار نمونه‌برداری از رسوبات بستر کمتر از میزان مورد نیاز نمونه برداشت می‌کند، چندین بار این امر تکرار شد. با یک دستگاه اکوساندر دستی، عمق آب تعیین شد. نمونه‌ها، بعد از بسته‌بندی در داخل کیسه‌های نمونه و درج شماره، به سازمان زمین‌شناسی کشور، برای آنالیز دانه‌بندی، منتقل شدند. برای آزمایش دانه‌بندی، نمونه‌ها به مقدار ۲۰۰ گرم در داخل یک بشر ریخته و به آن آب اضافه شد. سپس، برای جلوگیری از فلوکوله شدن رس‌ها، در داخل دستگاه التراسونیک (جداسازی توسط امواج فراصوتی) به مدت ۳۰ دقیقه قرار داده شد. بعد، نمونه در داخل الک شیکر مرطوب (مدل Analysette) قرار گرفت و به مدت میانگین ۳۰ دقیقه در ۶ اندازه، شامل ۲ میلی‌متر، ۱ میلی‌متر، ۵۰۰ میکرون، ۲۵۰ میکرون، ۱۲۵ میکرون و ۶۳ میکرون، دانه‌بندی ذرات تعیین شد. سپس، نمونه‌ها در داخل آون خشک و توزین شد. در مرحله بعدی، نمونه زیر ۶۳ میکرون داخل تشتت جمع‌آوری و کاملاً به هم زده شد و مقدار کمی از آن با پیپت، برای دانه‌بندی ذرات، در اندازه سیلت و رس برداشته شد. آنگاه، داخل دستگاه لیزر پارتیکل سایزر Micro tec/xt موجود در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور ریخته شد تا مقدار حجمی فراکسیون‌های آن اندازه‌گیری شود. ضمناً، برای نچسبیدن نمونه‌های زیر ۶۳ میکرون، علاوه بر همزن اتوماتیکی که در دستگاه تعبیه شده است، به آن پیروفسفات افزوده شد. به منظور بررسی‌های پتروگرافی، تعداد ۲۱ مقطع نازک میکروسکوپی از نمونه‌ها در

دریای خزر، به‌مثابه بزرگ‌ترین حوضه آبی داخل خشکی، دارای ویژگی‌هایی منحصربه‌فرد، از نظر رسوب‌شناسی و ژئوشیمی، است. ژئوشیمی پارامتری بسیار مهم برای مطالعه سیر تکاملی محیط‌های رسوب‌گذاری و جایگاه حوضه‌هاست [۱، ۲]. سواحل جنوبی خزر (بخش خشکی) بسیار کم‌شیب است و، به‌همین دلیل، امکان ورود امواج مرتفع به ساحل وجود ندارد. برهمین اساس، در این ناحیه، ساحل ریزدانه است و حالت تالابی دارد به‌گونه‌ای که در برخی مناطق خط ساحلی چندان واضح نیست [۳]. بر اساس مطالعات کلی، جریان‌های ساحلی در خزر عمدتاً ناشی از شکست موج هستند که، برحسب زاویه شکستشان نسبت به خط ساحلی، ممکن است غلبه با جریان‌های طولی ساحلی یا جریان‌های عمود بر ساحل باشد و فعالیت هرکدام نیز سبب شکل‌گیری عوارضی خاص در ساحل می‌شود [۳، ۴، ۵]. بر اساس مدل‌های کلی جریان خزر، به نظر می‌رسد دو جریان طولی ساحلی در ناحیه جنوب شرقی خزر به هم برخورد می‌کنند که یکی جریان شرقی در ضلع جنوبی خزر و دیگری جریان جنوبی در ضلع شرقی است [۳، ۶]. به عوامل یادشده باید عامل مهم دیگری را نیز افزود که در طی زمان و در گستره خزر، علاوه بر اثرگذاری بر ویژگی‌های هیدرولوژیکی و هیدرودینامیکی، بر مورفولوژی ساحلی نیز اثر می‌گذارد؛ این ویژگی مهم خزر (و شاید مهم‌ترین ویژگی) نوسانات آب آن است [۴، ۵]. بررسی ویژگی‌های کانی‌شناسی و ژئوشیمی نهشته‌های دریای خزر اطلاعات باارزشی در خصوص منشأ رسوبات، خصوصیات هیدرودینامیکی منطقه و شرایط حمل‌ونقل رسوبات می‌دهد.

هدف از پژوهش حاضر مطالعه خصوصیات بافتی، کانی‌شناسی و ژئوشیمی نهشته‌های دور از ساحل خزر در محدوده جغرافیایی شهرستان بابلسر است. از مطالعات مشابه فارسی با پژوهش حاضر می‌توان به مطالعات Behbahani و همکاران [۸]، Bezi و همکاران [۹]، Afarin و همکاران [۱۰]، Bagheri [۱۱] و مطالعه Gholam Dokht Bandari و همکاران [۱۲] اشاره کرد. امید است نتایج این پژوهش در شناخت فرایندهای رسوبی حاکم بر ساحل خزر در محدوده مورد مطالعه مفید واقع شود.

منطقه مورد مطالعه در استان مازندران و سواحل شهرستان بابلسر به سمت شهرستان جویبار واقع است. بالادست محدوده مورد مطالعه جزئی از حوضه بزرگ هراز است که خود شامل حوضه‌های کوچک رودخانه‌های بابلرود و شازده‌رود می‌شود که بعد از عبور از ارتفاعات البرز و دشت‌های کوهپایه‌ای به دریای خزر منتهی می‌شود (شکل ۱). بیشتر رسوبات دشت‌های ساحلی خزر ترکیبی از رسوبات ناپیوسته و جابه‌جاشده‌ای است که بر اثر امواج و جریان‌های مختلف نهشته شده‌اند؛ به‌خصوص بخش جنوبی دریای خزر که، از نظر رسوب‌شناسی و محیط‌های رسوبی موجود در مناطق مختلف، دارای ویژگی‌هایی خاص، همچون تغییر جنس و

LR	Conglomerate and sandstone	Tvbv	Triassic, andesitic and basaltic volcanics
URig	Red marl, gypsiferous marl, sandstone and conglomerate (Upper red Fm.)		



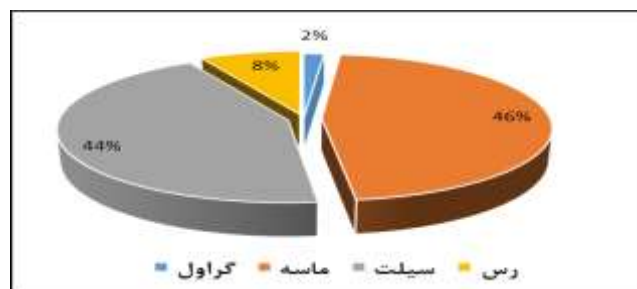
شکل ۲ نقشه زمین‌شناسی حوضه آبخیز هراز در بالادست ساحل بابلسر و موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه [۱۴].

قسمت‌های دور از ساحل است. این مهم به‌خوبی نشان می‌دهد که رسوبات آواری درشت‌تر نزدیک ساحل و رسوبات آواری ریزدانه‌تر به‌همراه رسوبات شیمیایی و بیوشیمیایی در مناطق دور از ساحل نهشته می‌شوند.

نتایج و بحث

رسوب‌شناسی

اندازه ذرات رسوبی از بهترین فاکتورهای تحلیل رسوبات تخریبی و محیط رسوبی است [۱۵، ۱۶، ۱۷]. چگونگی توزیع و ارتباط ذرات با محیط رسوبی بیشتر تابع شرایط مؤثر بر تشکیل آنهاست. مطالعات دانه‌بندی روی نمونه‌های برداشت‌شده نشان‌دهنده برتری ذرات در اندازه گل (سیلت و رس) و ماسه بر گراول است. میانگین درصد ذرات در اندازه‌های رس، سیلت، ماسه و گراول، به‌ترتیب، ۴۶، ۴۴، ۸ و ۲ درصد است. ۹۰ درصد میانگین ذرات دارای بافتی در اندازه گل هستند (شکل ۳).

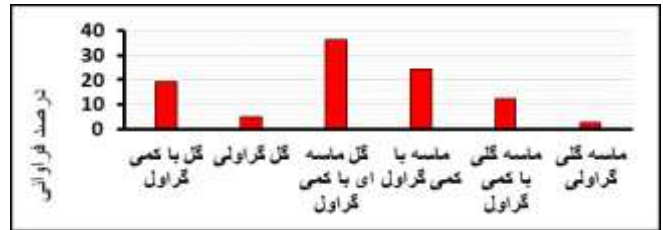


شکل ۴ پراکندگی اندازه ذرات در نهشته‌های دور از ساحل دریای خزر در محدوده شهرستان بابلسر.

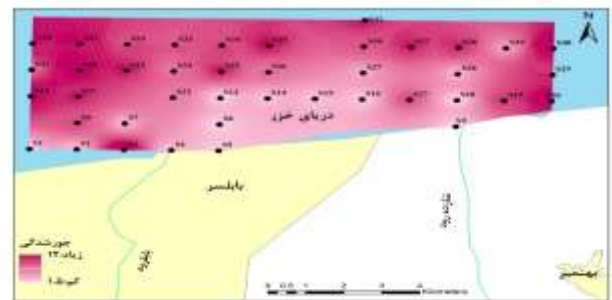
شکل ۳: پراکندگی اندازه ذرات در نهشته‌های دور از ساحل خزر در محدوده شهرستان بابلسر

بررسی روند تغییرات اندازه ذرات نشان می‌دهد که در ورودی‌های رودخانه‌های بابلرود و شازده‌رود به دریای خزر اندازه ذرات در محدوده ماسه است و با فاصله از ساحل از مقدار ماسه کم و بر مقدار سیلت و رس افزوده می‌شود (شکل ۴). از سوی دیگر، در دور از ساحل، در روندی خطی، مقدار ماسه در قسمت شرقی بیشتر است که این مهم ممکن است به‌علت انرژی بیشتر جریان رودخانه شازده‌رود یا تغییرات عمق کف دریا باشد که سبب شسته شدن ذرات گل شده است. از سوی دیگر، بیشترین مقدار رس در

کمی گراول و ۱۹/۵ درصد نیز گل با کمی گراول هستند. سایر بافت‌های رسوبی شناسایی شده شامل ماسه، ماسه گلی گراولی و ماسه گلی با کمی گراول هستند. جورشدگی مقیاس گستره اندازه ذرات است که سطوح انرژی را در محیط رسوب‌گذاری و پایداری انرژی در طول زمان بازیابی می‌کند. این معیار عبارت است از اینکه اندازه ذرات تشکیل‌دهنده رسوب تا چه اندازه به هم نزدیک هستند [۱۹، ۲۰]. بر اساس مطالعات، جورشدگی این نهشته‌ها از متوسط خوب تا خیلی ضعیف است. عمده نهشته‌ها جورشدگی ضعیف و خیلی ضعیفی دارند و در روندی افقی، با پیشروی به سمت دریا و دور شدن از ساحل، جورشدگی خیلی ضعیف می‌شود که این مهم نشان‌دهنده انرژی بیشتر در ساحل و کاهش آن به سمت دریاست (شکل ۶). کج‌شدگی از دیگر مشخصات بافتی رسوبات، عبارت از نامتجانس بودن منحنی توزیع ذرات، است که به وسیله دنباله منحنی توزیع مشخص می‌شود [۱۹، ۲۰]. تغییر در مقدار کج‌شدگی منعکس‌کننده تغییر در وضعیت انرژی است [۱۹، ۲۱، ۲۲]. کج‌شدگی نمونه‌های مطالعه شده متفاوت و عمدتاً نشان‌دهنده فراوانی ذرات ریزدانه است. در نمونه‌های نزدیک ساحل، کج‌شدگی به سمت ذرات ریز و نشان‌دهنده فراوانی ذرات درشت است و، در نمونه‌های دور از ساحل، کج‌شدگی منفی، به سمت ذرات دانه‌درشت و نشان‌دهنده فراوانی ذرات دانه‌ریز است. بیشترین فراوانی ذرات دانه‌درشت در ورودی و نزدیک ورودی رودخانه بابلرود و بیشترین فراوانی ذرات دانه‌ریز در نهشته‌های دورتر، در قسمت باختر محدوده مطالعه شده، است.



شکل ۵: طبقه بندی رسوبات بر اساس اندازه ذرات تشکیل دهنده رسوب [18] و فراوانی بافت رسوبی در نهشته‌های دور از ساحل دریای خزر در محدوده شهرستان بابلسر



شکل ۶: پهنه بندی مقدار جورشدگی در نهشته‌های دور از ساحل دریای خزر در محدوده شهرستان بابلسر

برای طبقه‌بندی و نام‌گذاری رسوبات، از روش مثلثی فولک [۱۸] استفاده شده است. بر مبنای نمودار مثلثی فولک، ۳۶ درصد از نمونه‌ها دارای بافت گل ماسه‌ای با کمی گراول، ۲۴ درصد ماسه با

جدول ۱ پارامترهای بافتی رسوبات نهشته‌های دور از ساحل دریای خزر در محدوده شهرستان بابلسر (MWS: متوسط خوب جورشده؛ PS: جورشدگی ضعیف؛ VPS: جورشدگی خیلی ضعیف؛ WS: جورشدگی خوب؛ CS: کج‌شدگی به سمت درشت‌دانه؛ FS: کج‌شدگی به سمت ریزدانه؛ SCS: کج‌شدگی به سمت خیلی درشت‌دانه؛ SFS: کج‌شدگی به سمت خیلی ریزدانه؛ NS: نزدیک به تقارن؛ L: کشیده؛ VL: خیلی کشیده؛ M: متوسط؛ EL: خیلی کشیده؛ P: پهن؛ VP: خیلی پهن)

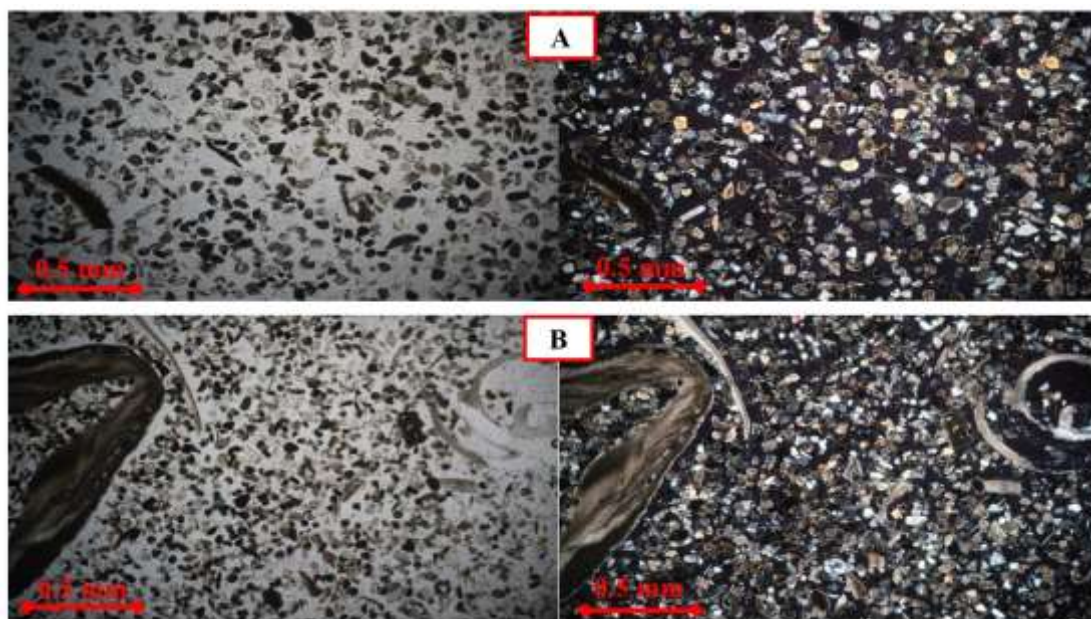
Sample	میانگین	جورشدگی		کج‌شدگی		کشیدگی		Sample	میانگین	جورشدگی		کج‌شدگی		کشیدگی	
	mean	Sorting		Skeweing		Kurtosis			mean	Sorting		Skeweing		Kurtosis	
A-BS-1	5.2	0.506	MWS	-0.07	CS	1.32	L	A-BS-31	4.9	2.48	VPS	-0.25	CS	0.59	VP
A-BS-2	4.2	0.723	PS	-0.15	FS	2.28	VL	A-BS-32	4.7	2.3	PS	-0.16	CS	0.61	VP
A-BS-3	5.2	2.773	VPS	-0.58	SCS	1.23	L	A-BS-33	4.4	2.42	VPS	0.24	FS	0.58	VP
A-BS-4	1.9	0.797	PS	0.18	SFS	1.67	VL	A-BS-34	4.2	2.21	VPS	0.06	CS	1.56	VL
A-BS-5	1.7	0.641	MWS	0.29	SFS	0.95	M	A-BS-36	2.5	0.46	PS	0.15	NS	4.59	EL
A-BS-8	5.245	1.863	PS	0.22	FS	0.7	P	A-BS-38	2.6	1.29	PS	0.35	SFS	2.44	VL
A-BS-9	2.421	0.405	PS	0.13	NS	4.76	EL	A-BS-40	6.3	1.26	PS	-0.14	CS	0.78	P
A-BS-11	2.222	0.619	MWS	-0.17	CS	1.41	L	A-BS-41	5.5	2.21	PS	-0.41	SCS	1.05	M
A-BS-16	1.761	0.653	MWS	0.27	SFS	0.88	P	A-BS-42	5.2	2.35	VPS	-0.32	SCS	0.82	P
A-BS-17	5.079	2.03	VPS	0.09	CS	2.01	VL	A-BS-43	6.1	1.387	PS	-0.13	CS	1.16	L
A-BS-18	5.104	2.45	VPS	-0.32	CS	0.54	VP	A-BS-44	4.6	2.41	VPS	0.04	NS	0.59	VP

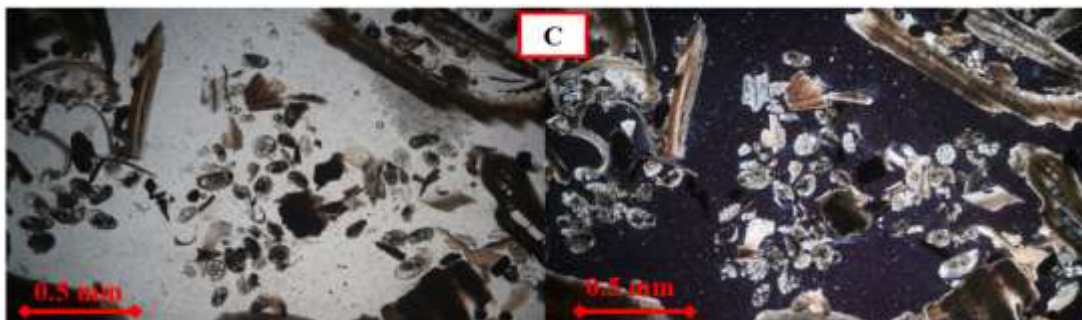
A-BS-21	2.468	0.39	MWS	0.13	SFS	1.84	VL	A-BS-45	5.7	1.59	PS	0.07	NS	0.74	P
A-BS-22	2.143	0.738	PS	-0.14	FS	1.71	VL	A-BS-46	4.5	2.54	VPS	0.25	FS	0.5	VP
A-BS-23	2.192	0.67	PS	-0.18	FS	2.51	VL	A-BS-48	6.3	1.18	PS	-0.08	CS	0.84	P
A-BS-24	2.428	0.36	WS	0.12	NS	1.06	M	A-BS-49	2.5	3.17	VPS	-0.03	CS	2.1	VL
A-BS-25	2.383	1.63	PS	-0.41	SCS	0.77	P	A-BS-50	4.8	2.42	VPS	-0.15	CS	0.57	VP
A-BS-27	5.496	1.75	PS	0.01	CS	1.01	M	A-BS-51	3.3	1.71	PS	0.74	SFS	3.17	EL
A-BS-28	4.763	2.84	VPS	-0.34	SCS	0.56	VP	A-BS-52	5.2	2.52	VPS	-0.36	SCS	0.52	VP
A-BS-29	5.045	1.82	PS	0.31	SFS	0.84	P	A-BS-60	4.936	2.47	VPS	-0.24	CS	0.6	VP
A-BS-30	5.3	2.45	VPS	-0.45	SCS	1.04	M	A-BS-60	4.936	2.47	VPS	-0.24	CS	0.6	VP

۲. پتروگرافی

ترکیب و شرایط مشابه نهشته‌های نزدیک رودخانه بابلرود است، هرچند اندازه ذرات در این نهشته‌ها کوچک‌تر و تراکم نهشته‌های آواری کمتر از آلوک‌های شیمیایی است. آلوک‌های این منطقه عموماً تنوع بیشتری دارند و شامل صدف دوکفه‌ای، قطعات اینتراکست، گاستروپودا و فرامنیفرهای بنتیک هستند (شکل ۷-B). با توجه به محتوای ذرات در نمونه‌های دور از ساحل که عموماً قطعات کربناتی شیمیایی و بیوشیمیایی (اینتراکست‌ها، بیوکلاست‌ها و پلوئید) خاص محیط‌های تماماً دریایی بدون دخالت جریان‌های رودخانه‌ای است، فرایندهای دریایی در این محدوده بر فرایندهای رودخانه‌ای برتری داشته است. پتروگرافی نهشته‌های دور از ساحل نشان‌دهنده افت فاحش رسوبات آواری و ترکیب کاملاً شیمیایی و بیوشیمیایی نهشته‌های مورد مطالعه است. نهشته‌های این قسمت عمدتاً شامل آلوک‌های اینتراکست‌های بزرگ و گرد نشده، صدف‌های عهد حاضر، گاستروپودا و فرامنیفرهای بنتیک، مانند میلیولیدا و بریوزوا، هستند. ذرات آواری این نهشته‌ها بسیار ناچیز و عموماً شامل کوارتز و کانی میکا هستند (شکل ۷-C).

بررسی مقاطع نازک میکروسکوپی نشان‌دهنده برتری رسوبات آواری در نمونه‌های ابتدایی واقع در مرز مصب رودخانه و دریا و برتری نهشته‌های شیمیایی در قسمت‌های دور از ساحل است. نمونه‌های نزدیک به مصب رودخانه بابلرود به دریای خزر عموماً در اندازه ماسه هستند. این نهشته‌ها دارای ترکیب کانی‌شناسی عمدتاً کوارتز، فلدسپات، آلوک‌های کربناتی (ذرات کربنات‌نابرجا، مانند اینتراکست‌ها، بیوکلاست‌ها، و پلوئید) و کانی‌های میکا و مسکوویت هستند. گردشگری نهشته‌ها خوب و عموماً دارای جورشدگی متوسط تا خوب است (شکل ۷-A). ترکیب این نهشته‌ها متأثر از سازندهای حوضه رودخانه بابلرود و گردشگری و جورشدگی نیز نشان‌دهنده انرژی خوب و مسافت زیاد حمل نهشته‌هاست. در بعضی نمونه‌های نزدیک ساحل، آلوک‌های آهکی، شامل صدف دوکفه‌ای، وجود دارند که نشان‌دهنده بخش کم‌عمق ساحل و نهشته‌شدن این ذرات در کنار رسوبات آواری است. بررسی پتروگرافی نمونه‌های نزدیک به مصب رودخانه شازده‌رود به دریای خزر نیز نشان‌دهنده



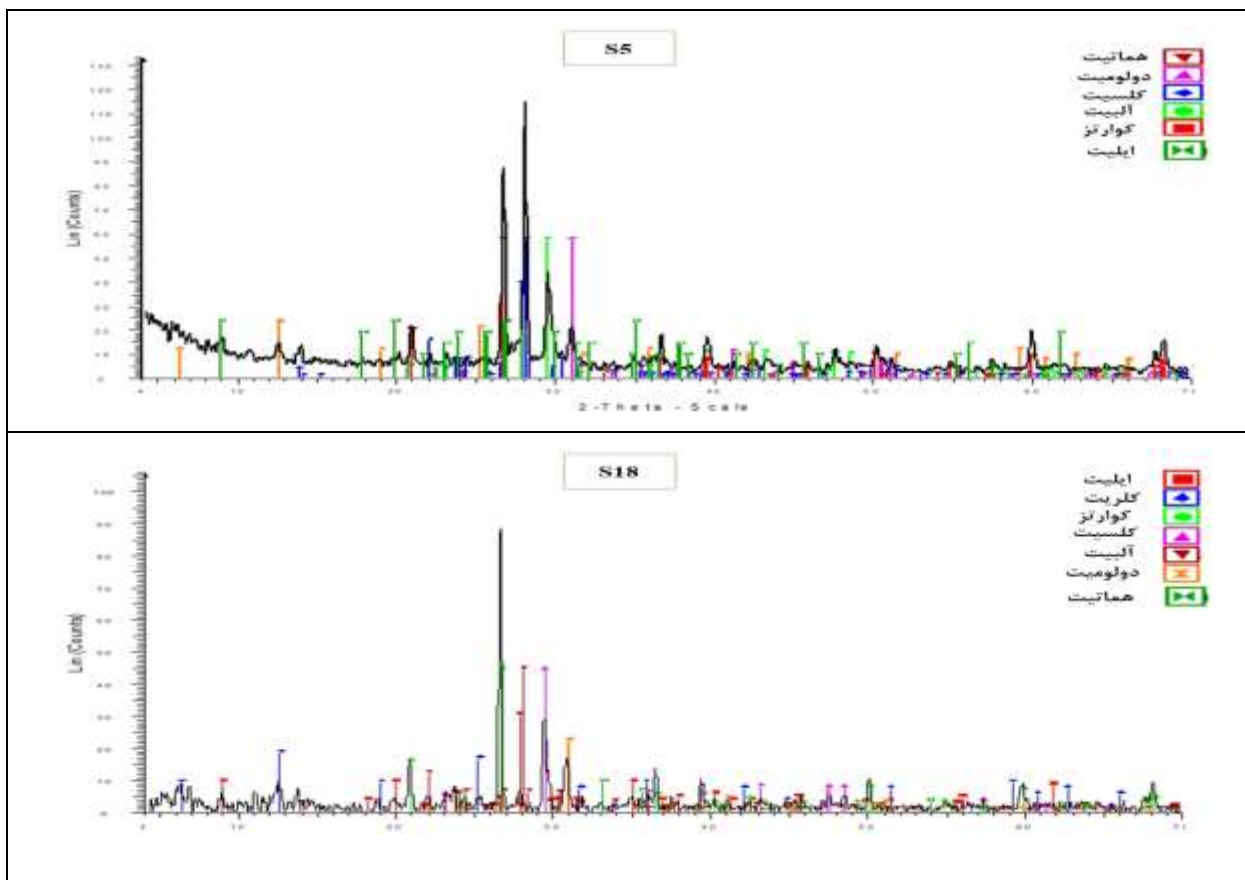


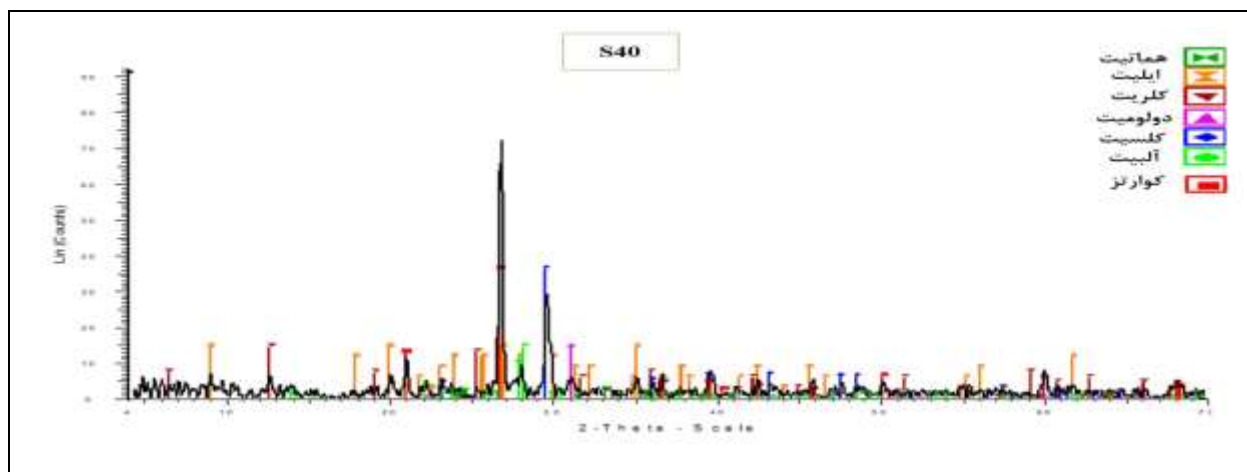
شکل ۷ (A) مقطع نازک میکروسکوپی نمونهٔ مصب رودخانهٔ بابلرود به دریای خزر (نور طبیعی و پلاریزه); (B) مقطع نازک میکروسکوپی نمونهٔ مصب رودخانهٔ سازدهرود به دریای خزر (نور طبیعی و پلاریزه); (C) مقطع نازک میکروسکوپی نمونهٔ دور از ساحل دریای خزر (نور طبیعی و پلاریزه).

۳. کانی‌شناسی

پوستهٔ صدف‌های موجود در نهشته‌هاست [۷]. وجود ایلیت نیز در فاز اصلی نشان‌دهندهٔ شرایط دریایی و حضور اکسید CaO است. کانی‌های کائولینیت، هماتیت و دولومیت از دیگر کانی‌های مهم شناسایی شده در این نهشته‌ها هستند. این ترکیب کانی‌شناسی مشابه ترکیب کانی‌شناسی نهشته‌های ساحلی استان‌های گیلان، مازندران و گلستان در پژوهش باقری [۱۱] است.

ترکیب کانی‌شناسی رسوبات اطلاعاتی مفید دربارهٔ فرایندهای مؤثر بر رسوب‌گذاری حوضه و ترکیب سنگ منشأ نهشته‌ها می‌دهد. کانی‌شناسی نهشته‌های دریایی کم‌عمق خزر الگویی خاص از زمین‌شناسی منطقه را نشان می‌دهد. فاز اصلی کانیایی این نهشته‌ها کوارتز، کلسیت و فلدسپار است. در نمونه‌های عمیق‌تر، ایلیت و آراگونیت نیز به فاز اصلی کانیایی افزوده می‌شوند. وجود آراگونیت در فاز اصلی نشان‌دهندهٔ وجود رسوبات امروزی و عمدتاً در ارتباط با



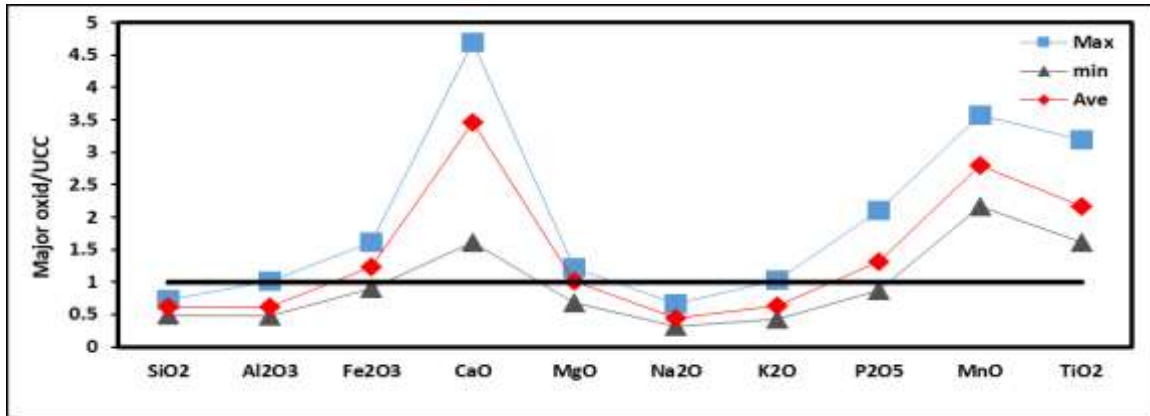


شکل ۸ گراف XRD نمونه مصب رودخانه بابلرود به دریای خزر (S5)، مصب رودخانه شازده رود به دریای خزر (S18) و نمونه دور از ساحل دریای خزر (S40).
 ۴. ژئوشیمی

داده‌های ژئوشیمیایی رسوبات آواری اطلاعات بسیار مهمی از دیدگاه رسوب‌شناسی و زمین‌شناسی زیست‌محیطی می‌دهند [۲۳، ۲۴]. ترکیب شیمیایی رسوبات و نهشته‌های آواری محصول نهایی عوامل گوناگون زمین‌شناسی، مانند جایگاه زمین‌ساختی، ترکیب سنگ منشأ، شدت هوازدگی، بلوغ بافتی و کانی‌شناسی، در طی حمل و رسوب‌گذاری است [۲۵، ۲۶]. پارامترهای آماری نتایج اکسیدهای اصلی نهشته‌های مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. بر مبنای این جدول، میانگین بیشترین اکسید متعلق به اکسید SiO_2 با ۳۷/۹ درصد و کمترین میانگین غلظت نیز متعلق به اکسید MnO و P_2O_5 با ۰/۱۷ درصد است. با استفاده از نمودارهای بهنجارسازی، مشخص می‌شود که رسوب تا چه اندازه با ترکیب پوسته قاره‌ای همخوانی دارد و از پُرکاربردترین مقادیر بهنجارسازی در سنگ‌های رسوبی نسبت به میانگین قسمت بالایی پوسته (UCC) است [۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳۰] زیرا ترکیب شیمیایی قسمت بالایی پوسته مشخصه‌های مهم در درک ترکیب و تفاوت شیمی پوسته قاره‌ای در سرتاسر جهان به‌شمار می‌آید [۲۳، ۲۹، ۳۱]. بررسی نمودار بهنجارسازی اکسیدهای اصلی نشان می‌دهد که نهشته‌های مورد مطالعه نسبت به اکسید Fe_2O_3 ، CaO ، P_2O_5 ، TiO_2 و MnO غنی‌شدگی دارند و نسبت به اکسیدهای SiO_2 ، Al_2O_3 ، Na_2O و K_2O تهی‌شدگی هستند (شکل ۹). تهی‌شدگی اکسیدهای Al_2O_3 ، Na_2O و K_2O دارای تهی‌شدگی منشأ آبشویی این عناصر به‌وسیله هوازدگی شیمیایی در منطقه منشأ است [۳۲] و همچنین ممکن است ناشی از تحرک بیشتر این عناصر در طی جابه‌جایی باشد [۳۳، ۳۴]. تهی‌شدگی در میزان Al_2O_3 همچنین نشانه کمبود کانی‌های رسی و فراوانی رسوبات کربناته دارای منشأ شیمیایی است [۳۵، ۳۵]. غنی‌شدگی CaO در نمونه‌ها نشان‌دهنده وجود کلسیت به‌مثابه فاز اصلی کانیایی نهشته‌های مورد مطالعه است. وجود Fe_2O_3 در نهشته‌های مطالعه‌شده با وجود کانی‌های رسی در این نهشته‌ها مرتبط است [۳۷]. تهی‌شدگی Al_2O_3 و SiO_2 ناشی از عدم هوازدگی شدید و حمل کم رسوبات است [۳۸]. تهی‌شدگی SiO_2 نشان‌دهنده بلوغ پایین نهشته‌ها نیز هست [۳۹، ۴۰]. تهی‌شدگی Na_2O به‌دلیل پایداری کم در فرایندهای حمل‌ونقل است که سبب ازبین‌رفتن آنها می‌شود [۴۱] و در واقع به‌علت تحرک زیاد این عنصر در طی هوازدگی شیمیایی و دگرسانی‌های ثانویه است [۳۶]. غلظت اکسید K_2O نشان‌دهنده وجود فازهای پتاسیم‌دار در نهشته‌ها، مانند ایلیت و مسکوویت، است [۴۲] که، با توجه به نبود کانی مسکوویت، این اکسید دارای تهی‌شدگی است.

جدول ۲ پارامترهای آماری اکسیدهای اصلی در نهشته‌های دور از ساحل دریای خزر در محدوده شهرستان بابلسر

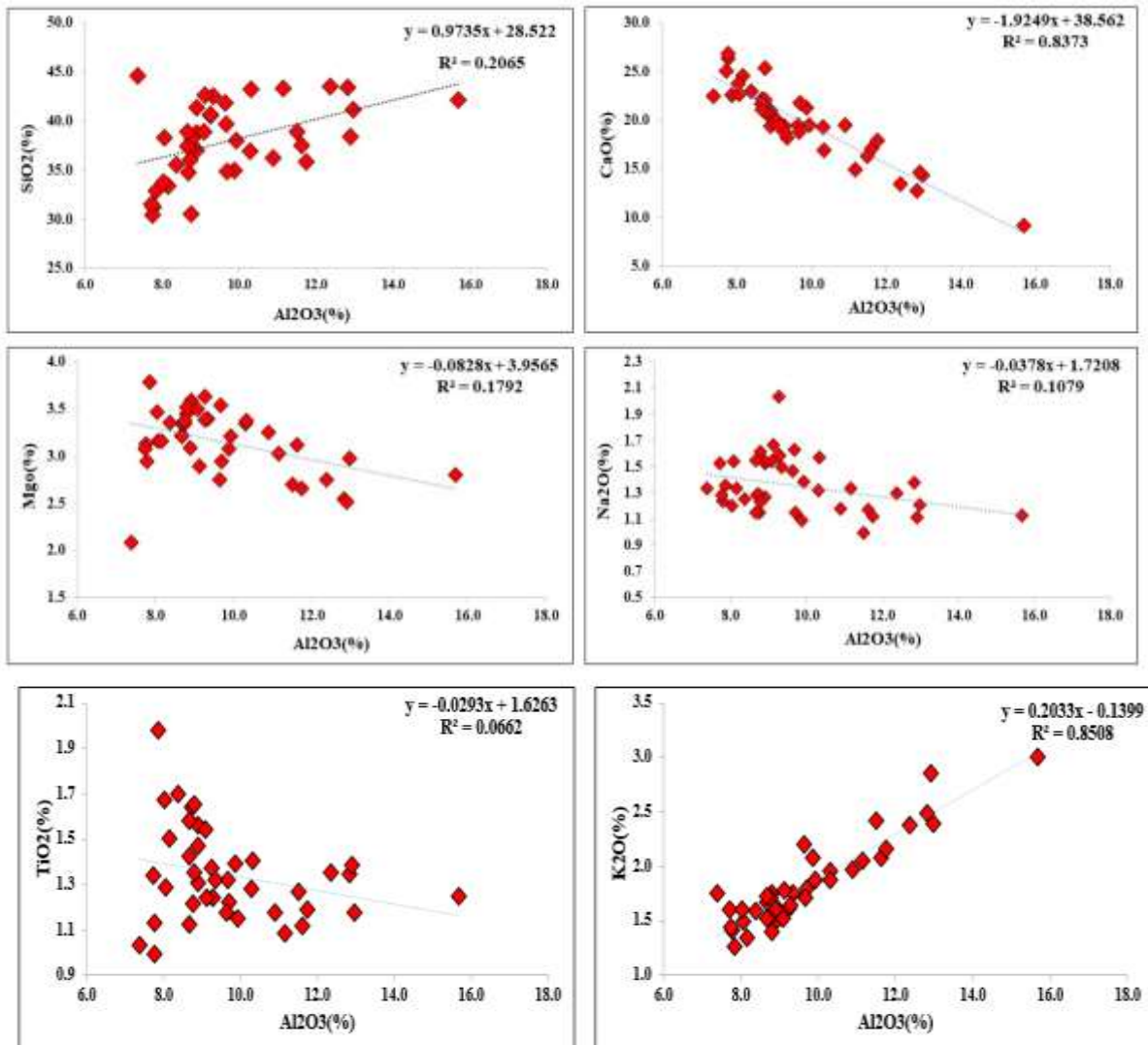
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	SO_3	P_2O_5	MnO	TiO_2	L.O.I.*
Max	44.607	15.685	10.521	26.78	3.782	2.036	3	0.589	0.274	0.214	1.983	21.3
min	30.463	7.375	5.889	9.16	2.088	0.997	1.261	0.197	0.113	0.13	0.997	11
Ave	37.9	9.8	7.98	19.8	3.18	1.4	1.8	0.29	0.17	0.17	1.37	15.7
STVP	3.8	1.78	0.88	3.7	0.35	0.2	0.4	0.08	0.03	0.02	0.2	2.17
CV	0.1	0.18	0.11	0.19	0.11	0.15	0.2	0.27	0.21	0.13	0.15	0.14
UCC	61.9	15.6	6.5	5.7	3.1	3.1	2.9	-	0.13	0.06	0.62	-



شکل ۹ نمودار بهنجارسازی اکسیدهای اصلی نسبت به پوسته بالایی در نهشته‌های دور از ساحل دریای خزر در محدوده شهرستان بابلسر.

همبستگی مثبت بین Al_2O_3 و SiO_2 نشان‌دهنده وجود فاز کانی‌های رسی در کنار کوارتز در نهشته‌های مورد مطالعه است (شکل ۱۰).

اکسید Al_2O_3 ، در طی هوازگی، دیاژنز و دگرگونی، نسبتاً بدون تغییر است [۲۳، ۴۳]. از این رو، برای بررسی تغییرات میزان اکسیدهای اصلی در نهشته‌های آواری کارایی دارد. وجود



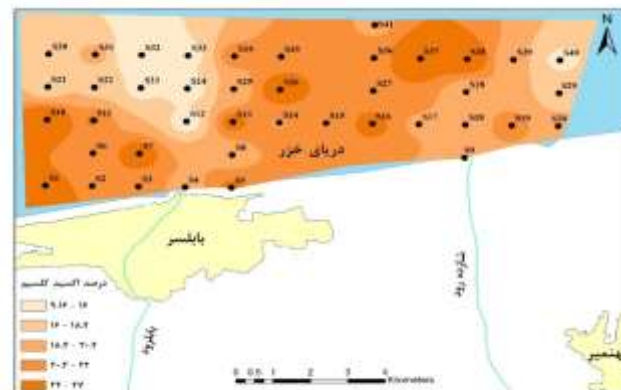
شکل ۱۰ همبستگی اکسید Al_2O_3 با اکسیدهای اصلی در نهشته‌های دور از ساحل دریای خزر در محدوده شهرستان بابلسر.

حاکی از کنترل فراوانی این عناصر به وسیله حضور کانی‌های رسی و میکایی است [۴۰]. وجود روند مثبت بین اکسید Al_2O_3 و اکسید K_2O در نهشته‌های مطالعه شده نشان‌دهنده میزان بیشتر کانی‌های پتاسیم‌دار، مانند ایلیت، در مقایسه با کانی‌های آلومینیم‌دار (کلیه کانی‌های رسی) است. همبستگی مثبت میان اکسید Al_2O_3 و TiO_2 نشان از همراهی اکسید تیتانیوم در فیلوسیلیکات‌های مانند ایلیت دارد [۴۶]. همبستگی کم Al_2O_3 و اکسید MgO نیز نشان‌دهنده وجود منیزیم در کانی دولومیت و نبود کانی‌های رسی منیزیم‌دار، مانند اسمکتیت و ورمیکولیت، است. همبستگی منفی اکسید Al_2O_3 با اکسید CaO نیز در ارتباط مستقیم با کانی کلسیت، به مثابه فاز اصلی، است. (شکل ۱۰). در بین اکسیدها، اکسیدهای MgO ، K_2O ، Na_2O و CaO متحرک و اکسیدهای Al_2O_3 و TiO_2 غیرمتحرک هستند [۴۶، ۴۷].

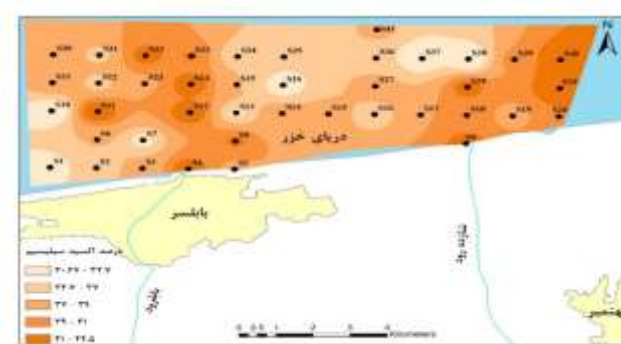
مورد مطالعه عمدتاً شیمیایی و بیوشیمیایی بوده و منشأ Al این رسوبات آواری است، ارتباط منفی این دو اکسید توجیه‌پذیر است. از سوی دیگر، بررسی روند تغییرات اکسید سیلیسیم در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد (شکل ۱۱) که درصد این اکسید در ورودی رودخانه‌های بابلرود و شازده‌رود افزایش می‌یابد و با فاصله از دریا و ساحل کم می‌شود که نشان‌دهنده ارتباط مستقیم این اکسید با ورود رسوبات آواری منطقه و بالادست رودخانه‌های مذکور است. بررسی روند اکسید کلسیم دارای روندی عکس درصد سیلیسیم است. بر مبنای نقشه پراکندگی (شکل ۱۱)، کمترین درصد اکسید کلسیم در ورودی رودخانه‌های بابلرود و شازده‌رود است و با فاصله گرفتن از این رودخانه‌ها و ساحل بر مقدار این اکسید افزوده می‌شود که نشان‌دهنده ارتباط مستقیم نهشته‌های شیمیایی و بیوشیمیایی با اکسید کلسیم است. با ورود رسوبات آواری توسط رودخانه به این محدوده درصد این اکسید کاهش چشمگیری می‌یابد.

فاصله از ساحل از مقدار ماسه کم می‌شود. این نهشته‌ها عموماً دارای بافت گل ماسه‌ای با کمی گراول، ماسه با کمی گراول و گل با کمی گراول هستند. عمده نهشته‌ها جورشدگی ضعیف و خیلی ضعیفی دارند و در روندی افقی، با پیشروی به سمت دریا و دور شدن از ساحل، جورشدگی خیلی ضعیف می‌شود. کج‌شدگی نیز در نمونه‌های نزدیک ساحل به سمت ذرات ریز است و در نمونه‌های دور از ساحل کج‌شدگی منفی و به سمت ذرات دانه‌درشت است.

پیروی اکسیدها از روند Al_2O_3 نشان‌دهنده وجود کانی‌های رسی در رسوبات، به‌ویژه رسوبات دور از ساحل، است زیرا این عنصر به‌طور



ویژه در رسوبات حضور دارد [۴۴، ۴۵]. وجود رابطه مثبت بین اکسید Al_2O_3 و اکسید K_2O نشان‌دهنده وجود کانی‌های پتاسیم‌دار و



شکل ۱۱ نقشه پراکندگی اکسیدهای اصلی Al_2O_3 و $CaCO_3$ در نهشته‌های دور از ساحل دریای خزر در محدوده شهرستان بابلسر.

تحرک در اکسیدها به معنی پویایی و تمایل به تغییر است. اکسیدهای متحرک به راحتی با تغییر شرایط محیط تغییر می‌کنند و غیرمتحرک‌ها پایداری بیشتری دارند. همبستگی منفی CaO و Al_2O_3 به علت آبشویی کلسیم در طول هوازدگی شیمیایی منطقه است [۴۴]. از سوی دیگر، با توجه به اینکه منشأ کلسیم در رسوبات

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که نهشته‌های دور از ساحل دریایی خزر در محدوده شهرستان بابلسر عموماً (بیش از ۹۰ درصد) در اندازه گل (سیلت و رس) هستند. بررسی روند تغییرات اندازه ذرات نیز نشان می‌دهد که در ورودی‌های رودخانه‌های بابلرود و شازده‌رود به دریای خزر اندازه ذرات در محدوده ماسه است و با

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.»

منابع

- [1]. Zhang, K., Liu, R., & Liu, Z. (2021). Sedimentary sequence evolution and organic matter accumulation characteristics of the Chang 8–Chang 7 members in the Upper Triassic Yanchang Formation, southwest Ordos Basin, central China. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 196, 107751 (20 pages). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0920410520308147>
- [2]. Sullivan, S. N., Miller, J. R., & Huffman, C. L. (2022). Application of Chemostratigraphic Methods to Floodplain Alluvial Deposits within the Big Harris Creek Basin, North Carolina. *Geosciences*, 12(5), 187 (21 pages). <https://www.mdpi.com/2076-3263/12/5/187>
- [3]. Lebedev, S. A., & Kostianoy, A. G. (2005). Satellite altimetry of the Caspian Sea. *Sea, Moscow*, 366 (8 pages). <https://iki.cosmos.ru/earth/articles06/vol2-113-120.pdf>
- [4]. de Mora, S., Villeneuve, J. P., Sheikholeslami, M. R., Cattini, C., & Tolosa, I. (2004). Organochlorinated compounds in Caspian Sea sediments. *Marine Pollution Bulletin*, 48(1-2), 30-43 (13 pages). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X03004508>
- [5]. Rasta, M., Sattari, M., Taleshi, M. S., & Namin, J. I. (2020). Identification and distribution of microplastics in the sediments and surface waters of Anzali Wetland in the Southwest Caspian Sea, Northern Iran. *Marine Pollution Bulletin*, 160, 111541 (23 pages). <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X20306597>
- [6]. Mataji, A., Taleshi, M. S., & Balimoghaddas, E. (2020). Distribution and characterization of microplastics in surface waters and the southern Caspian Sea coasts sediments. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 78(1), 86-93 (7 pages).

بررسی‌های پتروگرافی نشان‌دهنده برتری رسوبات آواری در نمونه‌های ابتدایی و برتری نهشته‌های شیمیایی در قسمت‌های دور از ساحل است. این نهشته‌ها دارای ترکیب کانی‌شناسی عمدتاً کوارتز، فلدسپات، آلومین‌های کربناتی و کانی‌های میکا و مسکوویت هستند و، در قسمت‌های دور از ساحل، نهشته‌ها دارای ترکیب تقریباً کاملاً شیمیایی و بیوشیمیایی و عمدتاً شامل آلومین‌های اینتراکست‌های بزرگ و گردننده، صدف‌های عهد حاضر، گاستروپودا و فرامنیفرهای بنتیک، مانند میلیولیدا و بریوزوا، هستند. کانی‌های کائولینیت، هماتیت و دولومیت سایر کانی‌های مهم شناسایی شده در این نهشته‌ها هستند. نتایج اکسیدهای اصلی نشان می‌دهد که اکسید SiO_2 بیشترین اکسید موجود در این نهشته‌هاست. نتایج بهنجارسازی اکسیدهای اصلی نیز نشان می‌دهد که نهشته‌های مطالعه‌شده نسبت به اکسید CaO ، Fe_2O_3 ، P_2O_5 ، MnO و TiO_2 غنی‌شدگی دارند و نسبت به اکسیدهای Al_2O_3 ، Na_2O و K_2O دارای تهی‌شدگی هستند. تهی‌شدگی و غنی‌شدگی این اکسیدها در ارتباط مستقیم با ترکیب کانی‌شناسی نهشته‌ها و شرایط فیزیکوشیمیایی حاکم بر محیط رسوبی آنهاست. بررسی روند همبستگی اکسید Al_2O_3 با اکسیدهای اصلی نشان‌دهنده همبستگی مثبت این اکسیدها با هم است و تنها با اکسید CaO دارای همبستگی منفی است که این مهم به علت آبشویی کلسیم در طول هوازدهی شیمیایی منطقه است. از سوی دیگر و با توجه به اینکه منشأ کلسیم در رسوبات مورد مطالعه عمدتاً شیمیایی و بیوشیمیایی بوده و منشأ Al این رسوبات آواری است، ارتباط منفی این دو اکسید توجیه‌پذیر است. مطالعات رسوب‌شناسی، کانی‌شناسی و ژئوشیمی نهشته‌های دور از ساحل خزر در محدوده شهر بابلسر بیان‌کننده شرایط محیطی پُرانرژی و برتری رسوبات آواری دو رودخانه بابلرود و شازده‌رود در نزدیک ساحل و حاکم بودن محیط کم‌انرژی و غیرآواری در نهشته‌های دور از ساحل در گستره مطالعه‌شده است.

مشارکت نویسندگان

در نگارش مقاله حاضر، نویسندگان سهمی یکسان داشتند. تمرکز اصلی نویسنده اول (سیده‌عاطفه معافی مدنی) و دوم (سیدرضا موسوی حرمی) بر بخش رسوب‌شناسی و پتروگرافی و تمرکز نویسنده سوم (ابوالفضل ناجی) بر مباحث ژئوشیمی بوده است. نویسنده چهارم (پیمان رضائی)، نویسنده مسئول مقاله، بیشتر بر مباحث پتروگرافی و کانی‌شناسی تمرکز داشته و نظارت بر انطباق مقاله با فرمت مجله، نگارش و جمع‌آوری مطالب، ترجمه و ویراستاری مقاله و هماهنگی محتوایی آن را نیز بر عهده داشته است.

تعارض منافع

- [https://books.google.com/books?id=C1ajCHzI9OEC&dq=Kostianoy,+A.+G.,+%26+Kosarev,+A.+N.+\(Eds.\).+\(2005\).+The+Caspian+sea+environment+\(Vol.+5\).+Springer+Science+%26+Business+Media.%E2%80%8F&lr=&source=gbs_navlinks_s](https://books.google.com/books?id=C1ajCHzI9OEC&dq=Kostianoy,+A.+G.,+%26+Kosarev,+A.+N.+(Eds.).+(2005).+The+Caspian+sea+environment+(Vol.+5).+Springer+Science+%26+Business+Media.%E2%80%8F&lr=&source=gbs_navlinks_s).
- [14]. Geological map of Iran, 2018, Organization of Geology and Mineral Exploration of the country.
- [15]. Dan G, Daniel F .(2015) Geomathematical and Petrophysical Studies in Sedimentology: An International Symposium, herzien,(286pages).
[https://books.google.com/books?id=bvrfBAAAQBAJ&dq=Dan+G,+Daniel+F.+\(2015\)+Geomathematical+and+Petrophysical+Studies+in+Sedimentology:+An+International+Symposium,+herzien,286+pp&lr=&source=gbs_navlinks_s](https://books.google.com/books?id=bvrfBAAAQBAJ&dq=Dan+G,+Daniel+F.+(2015)+Geomathematical+and+Petrophysical+Studies+in+Sedimentology:+An+International+Symposium,+herzien,286+pp&lr=&source=gbs_navlinks_s)
- [16]. Wang, Y., Ouyang, W., Lin, C., Zhu, W., Critto, A., Tysklind, M., ... & Wu, H. (2021). Higher fine particle fraction in sediment increased phosphorus flux to estuary in restored Yellow River Basin. *Environmental Science & Technology*, 55(10), 6783-6790 (7pages).
<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.1c00135>
- [17]. Rezaie P, Faridi P, Nahafi H.(2017). Lithofacies and depositional environment of Kahrizak Formation in the east of Tehran,*Quaternary*,4 (2),393-402(12pages)
<http://journal.iranqua.ir/article-1-119-fa.html>
- [18]. Folk ,R., L., 1980. Petrology of sedimentary rocks. Hemphiliis, Austin,(190pages).
<https://repositories.lib.utexas.edu/bitstream/handle/2152/22930/folkpetrology.pdf?sequence=3>
- [19]. Jenkins A,2022, Sedimentology, Larsen & Keller Education, 2022 ,(209pages).
https://books.google.com/books/about/Sedimentology.html?id=_OCyzgEACAAJ
- [20]. Sengupta S, 2017, Introduction to Sedimentology, CRC Press, 2017 M10 5 ,(325pages).
<https://books.google.com/books?id=8JY4DwAAQBAJ&dq=Introduction+to+Sedimentology,+CRC+Press&hl=fa&sa=X&ved=2ahUKEwicvtrL4tf5AhUOs6QKHXS-C04Q6AF6BAgFEAI>
- <https://link.springer.com/article/10.1007/s00244-019-00700-2>
- [7]. Kozina, N., Reykhard, L., & Dara, O. (2022). Authigenic Minerals of the Derbent and South Caspian Basins (Caspian Sea): Features of Forms, Distribution and Genesis under Conditions of Hydrogen Sulfide Contamination. *Minerals*, 12(1), 87 (12 pages).
<https://www.mdpi.com/2075-163X/12/1/87>
- [8]. Behbahani, R., Lak, R., Chanani, N., Hosseinyar, G. (2014). Organic Geochemistry of Khowr-e-Mussa's Sediments and its Adjacent Marine Areas, Northwest of the Persian Gulf. *Scientific Quarterly Journal of Geosciences*, 23(92), 55-67 (12 pages). [In Persian]
https://www.gsjournal.ir/article_43652.html?lang=en
- [9]. Bazzi A O, Boomeri M, Rezaei H. Sedimentary and Geochemical Characterization of the Sediments of the Coast and Bed of Govatr Gulf, Southeastern Iran. *joc*. 2014; 5 (18) :99-110 (11 pages). [In Persian]
<http://dorl.net/dor/20.1001.1.15621057.1393.5.18.11.2>
- [10]. Afarin, M., Bumari, M., Mehboubi, A., Gergij, M., Hamzeh, M., 2014. Sedimentology and geochemistry of detrital siliceous sediments (Tertiary-Quaternary) of the eastern coast of Chabahar, southeastern Sistan and Baluchistan, *Journal Earth sciences*, 24(96) : 85-96(11 pages). [In Persian]
<https://www.sid.ir/Fa/Journal/ViewPaper.aspx?id=265177>
- [11]. Bagheri, H. (2017). Sedimentology and mineralogical characteristics of the coastal sediments in the southern part of the Caspian Sea (Iran) . , 11(4), 43-60 (17 pages). [In Persian]
https://jmstr.ntb.iau.ir/article_531504.html?lang=en
- [12]. Gholam Dokht Bandari M, Rezaie P. Study of Some Heavy Metal Pollutions in the Hormuz Islands Coastal Sediments and Their Origin. *joc*. 2015; 6 (22) :97-106 (9pages). [In Persian]
<http://dorl.net/dor/20.1001.1.15621057.1394.6.22.11.7>
- [13]. Kostianoy, A. G., & Kosarev, A. N. (Eds.). (2005). *The Caspian Sea environment* (Vol. 5). Springer Science & Business Media (271pages).

- Cameroon. *Journal of African Earth Sciences*, 104473(16pages).
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1464343X22000255>
- [27]. Rollinson H. R(1993). Using geochemical data: evaluation. Presentation, interpretation. Longman Scientific & Technical. The University of Michigan(384pages).
<https://www.cambridge.org/core/books/abs/using-geochemical-data/copyright/page/4CC0AB9D6A7D7C8F08BA6320E2430596>
- [28]. Nagarajan, R., Armstrong-Altrin, J. S., Kessler, F. L., & Jong, J. (2017). Petrological and geochemical constraints on provenance, paleoweathering, and tectonic setting of clastic sediments from the Neogene Lambir and Sibuti Formations, northwest Borneo. In *Sediment provenance* (pp. 123-153) (30pages).
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128033869000071>
- [29]. Taylor S. R. and McLennan S. M. 1985. The continental crust: its composition and evolution. Blackwell Scientific Publications, (312pages).
<https://www.osti.gov/biblio/6582885>
- [30]. Taylor, S. R., & McLennan, S. M. (1981). The composition and evolution of the continental crust: rare earth element evidence from sedimentary rocks. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, 301(1461), 381-399. (18pages).
<https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rsta.1981.0119>
- [31]. Pasquini, A. I., Campodonico, V. A., Rouzaut, S., & Giampaoli, V. (2017). Geochemistry of a soil catena developed from loess deposits in a semiarid environment, Sierra Chica de Córdoba, central Argentina. *Geoderma*, 295, 53-68. (15pages).
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706117301507>
- [32]. Obasi, R. A., Madukwe, H. Y., & Nnabo, P. N. (2020). geochemistry, weathering intensity and paleo-
- [21]. Gurav, C., Babar, M., & Jagdale, A. (2021). Morphostratigraphic and Lithostratigraphic Studies of Quaternary Sediments to Decipher Climate Change in Dhamani River Basin, Kolhapur District, Maharashtra, India. *Jour. Geosci. Res*, 6(2), 155-170 ,(25pages).
<https://www.mdpi.com/2076-3263/11/6>
- [22]. Karapurkar, D., Hegde, V. S., & Ramakrishnan, R. (2022). Sediment dispersal pattern along an engineered micro-tidal tropical estuarine beach. *Journal of Earth System Science*, 131(1), 1-21,(20pages).
<https://link.springer.com/article/10.1007/s12040-021-01767-z>
- [23]. Armstrong-Altrin, J. S. (2020). Detrital zircon U–Pb geochronology and geochemistry of the Riachuelos and Palma Sola beach sediments, Veracruz State, Gulf of Mexico: a new insight on palaeoenvironment. *Journal of Palaeogeography*, 9(1), 1-27,(26pages).
<https://link.springer.com/article/10.1186/s42501-020-00075-9>
- [24]. Muhammed, D. D., Simon, N., Utlely, J. E., Verhagen, I. T., Duller, R. A., Griffiths, J., ... & Worden, R. H. (2022). Geochemistry of Sub-Depositional Environments in Estuarine Sediments: Development of an Approach to Predict Palaeo-Environments from Holocene Cores. *Geosciences*, 12(1), 23 (20pages).
<https://www.mdpi.com/2076-3263/12/1/23>
- [25]. Ekoa Bessa, A. Z., Ndjigui, P. D., Fuh, G. C., Armstrong-Altrin, J. S., & Betsi, T. B. (2021). Mineralogy and geochemistry of the Ossa lake Complex sediments, Southern Cameroon: implications for paleoweathering and provenance. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(4), 1-17 (17pages).
<https://link.springer.com/article/10.1007/s12517-021-06939-1>
- [26]. Janpou, A. K., Ngueutchoua, G., Bessa, A. Z. E., Armstrong-Altrin, J. S., Kayou, U. R. K., Nguetnga, O. A. N. N. M., ... & Tankou, J. G. (2022). Composition, weathering, and provenance of beach sands adjacent to volcanic rocks in the northern Gulf of Guinea, SW

- [38]. Wynants, M., Patrick, A., Munishi, L., Mtei, K., Bodé, S., Taylor, A., ... & Blake, W. H. (2021). Soil erosion and sediment transport in Tanzania: Part II—sedimentological evidence of phased land degradation. *Earth Surface Processes and Landforms*, 46(15), 3112-3126 (14pages).
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/esp.5218>
- [39]. Okonkwo, S., & Okunlola, O. (2022). Geochemical Characterization of Shale Deposits Around Afikpo Area, Southeastern Nigeria (18pages).
<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-971508/v1>
- [40]. Tchouatcha, M. S., Kassi, P. K., Mbesse, C. O., Noupa, R. K., Mam, W. J., & Préat, A. (2021). Geochemistry of Onshore Deposits From Rio-Del-Rey Sub-Basin of The Western Atlantic Margin of Cameroon (Coastal Basin, South West Cameroon): Provenance And Environments of Sedimentation. (15pages).
<https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-022-10440-7>
- [41]. Nugraheni, R. D., Sunjaya, D., & Burhannudinnur, M. (2020). The Enrichment Mechanism Of Rare Earth Elements In Weathered Granitoids, Tin Placer And Bauxite Laterite. *International Journal of Science and Technology Research*, 9(3), 1506-1511. (7pages).
<https://www.ijstr.org/research-paper-publishing.php?month=mar2020>
- [42]. Umbugadu, A. A., & Igwe, O. (2019). Mineralogical and major oxide characterization of Panyam clays, North-Central Nigeria. *International Journal of Physical Sciences*, 14(11), 108-115 (7pages).
<https://academicjournals.org/journal/IJPS/article-full-text-pdf/6BAC79861419.pdf>
- [43]. Angerer, T., Hagemann, S. G., & Walde, D. H. (2021). Diagenetic and supergene ore forming processes in the iron formation of the Neoproterozoic Jacadigo Group, Corumbá, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 105, 102902 (10pages).
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304386621001803>
- climatic conditions of soils around dumpsites from ibadan, oyo state, nigeria. *European Journal of Basic and Applied Sciences Vol*, 7(1) (18pages).
<http://www.idpublications.org/wp-content/uploads/2020/05/full-paper-geochemistry-weathering-intensity-and-paleo-climatic-conditions-of-soils-around-dumpsites.pdf>
- [33]. Nesbitt, H., & Young, G. M. (1982). Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *nature*, 299(5885), 715-717(2pages).
<https://www.nature.com/articles/299715a0>
- [34]. Hussein, M. L., & Al-Owaidi, M. R. (2021, June). Major oxides study of the Euphrates River bed sediments from north Hilla to the Shatt Al-Arab at Basrah cities. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 790, No. 1, p. 012002). IOP Publishing (18pages).
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/790/1/012002/meta>
- [35]. Ghosh, S., Mukhopadhyay, J., & Chakraborty, A. (2019). Clay mineral and geochemical proxies for intense climate change in the permian gondwana rock record from eastern india. *Research*, 2019 (17pages).
<https://downloads.spj.sciencemag.org/research/2019/8974075.pdf>
- [36]. Pang, H., Pan, B., Garzanti, E., Gao, H., Zhao, X., & Chen, D. (2018). Mineralogy and geochemistry of modern Yellow River sediments: Implications for weathering and provenance. *Chemical Geology*, 488, 76-86(10pages).
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0009254118301803>
- [37]. Onyekuru, S. O., Iwuoha, P. O., Iwuagwu, C. J., Nwozor, K. K., & Opara, K. D. (2018). Mineralogical and geochemical properties of clay deposits in parts of Southeastern Nigeria. *International Journal of Physical Sciences*, 13(14), 217-229 (12pages).
<https://academicjournals.org/journal/IJPS/article-full-text-pdf/175148B57958>

- geodynamic evolution of source areas revealed by sandstone petrography and geochemistry. *Sedimentary Geology*, 69(1-2), 45-58 (13pages).
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0037073890901008>
- [47]. Valiani, Z., & Rezaee, P. (2014). Chemical characteristics, provenance determination and genesis conditions of clay deposits of Kahrizak Formation (Early-Late Pleistocene), East of Tehran, Iran. *GSTF Journal of Geological Sciences*, 1(2):15-22(8 pages)
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0895981120304454>
- [44]. Ochoa, M., Arribas, M., Arribas, J., Mas ,R., 2007. Significance of geochemical signatures on provenance in intracratonic rift basins: Examples from the Iberian plate. *Geological Society of America Special Papers* 420, 199-219 (20pages).
- [45]. Pettijohn, F. J., Potter, P. E., & Siever, R. (1987). Petrography of common sands and sandstones. In *Sand and Sandstone* (pp. 139-213). Springer, New York, NY(631pages).
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4612-1066-5>
- [46]. Dabard, M. P. (1990). Lower Brioverian formations (Upper Proterozoic) of the Armorican Massif (France):

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

Madani, S.A. Ph.D. Candidate, Sedimentology and Sedimentary Petrology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

✉ ati.madani_1247@yahoo.com

id 0000-0002-6129-5012

Harami, S.R.M. Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

✉ moussavi@um.ac.ir

id 0000-0002-6129-5012

Naji, A. Associate Professor, Department of Fisheries, Faculty of Marine Science and Technology, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

✉ abolfazlnaji@gmail.com

id 0000-0003-0621-1952

Rezaee, P. Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Science, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

✉ p.rezaee@hormozgan.ac.ir

id 0000-0002-5148-491X

این قسمت توسط نشریه تکمیل می‌گردد:



HOW TO CITE THIS ARTICLE

 <http://doi.org/10.52547/joc.14.54.10>

 <http://joc.inio.ac.ir/article-1-1730-fa.html>

 <https://orcid.org/0000-0002-5148-491X>

COPYRIGHTS



©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.