



مجله زمین شناسی نفت ایران

سال دهم، شماره ۱۹، بهار و تابستان ۱۳۹۹

صاحب امتیاز: انجمن زمین شناسی نفت ایران

مدیر مسئول: دکتر عزت اله کاظم زاده، استادیار پژوهشگاه صنعت نفت

سر دبیر: دکتر علی صیرفیان، استاد بازنشسته دانشگاه اصفهان

همکار سردبیر: دکتر علیرضا بشری، هیأت علمی بازنشسته پژوهشگاه

صنعت نفت

مدیر اجرایی: گیتی شرفی

مدیر داخلی و ویراستار: دکتر علی بهرامی، دانشیار دانشگاه اصفهان

هیئت تحریریه به ترتیب حروف الفبا:

دکتر علیرضا بشری، هیأت علمی بازنشسته پژوهشگاه

صنعت نفت

دکتر علی بهرامی، دانشیار دانشگاه اصفهان

دکتر بهرام حبیب نیا، دانشیار دانشگاه صنعت نفت

دکتر بهمن سلیمانی، استاد دانشگاه شهید چمران اهواز

دکتر علی صیرفیان، استاد بازنشسته دانشگاه اصفهان

دکتر عزت اله کاظم زاده، استادیار پژوهشگاه صنعت نفت

دکتر سید علی معلمی استادیار پژوهشگاه ازدیاد برداشت از

مخازن نفت

دکتر رضا موسوی حرمی، استاد دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر علی وطنی، استاد انستیتو نفت دانشگاه تهران

همکاران علمی این شماره مجله به ترتیب حروف الفبا:

۱- دکتر علی بهداد

۲- دکتر علی بهرامی

۳- دکتر مهدی جعفر زاده

۴- دکتر بهرام حبیب نیا

۵- مهندس فرزاد حسینی

۶- دکتر بهمن سلیمانی

۷- دکتر محمدعلی صالحی

۸- دکتر عزیزاله طاهری

۹- دکتر عزت اله کاظم زاده

۱۰- دکتر ابراهیم محمدی

۱۱- دکتر محمود معماریانی

۱۲- دکتر محمد مختاری

نشانی:

تهران، خیابان دکتر شریعتی خیابان، خواجه عبدالله انصاری،

خیابان ابوذر جنوبی، کوچه نهم، پلاک ۷، طبقه ۴

کد پستی: ۱۶۶۱۶۳۴۱۵۵

صندوق پستی: ۴۹۹-۱۶۳۱۵

تلفن: ۲۲۸۵۶۴۰۸ نمابر: ۲۲۸۵۶۴۰۷

<http://www.ispg.ir>

این مجله دارای مجوز علمی- پژوهشی به شماره ۱۱/۵۱۱۵۳/ ۸۹/۳/ ۰۶ به تاریخ ۱۳۸۹/۰۹/ از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری می باشد و همچنین این نشریه در پایگاه استنادی علوم جهانی اسلام (ISC) نمایه می شود.



زمین شناسی نفت ایران

سال دهم، شماره ۱۹، بهار و تابستان ۱۳۹۹

فهرست مقالات

صفحه

۱. مطالعه ژئوشیمیایی و طبقه بندی ژنتیکی نفت های مخزن فهلان با استفاده از طیف سنجی مادون قرمز در میادین دارخوین و یادآوران
محمد علی شاهمرادی، محمد حسین صابری، بهمن زارع نژاد، علی چهارزی
۲. آنالیز رخساره‌ای، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانشی سازند قم در ناحیه نراق
اسماء آفتابی آرانی، علیرضا عاشوری، جهانبخش دانشیان، عباس قادری، محمدرضا آریانسب
۳. جریان هیدرو دینامیکی در مخزن میشریف با نگرشی بر سرشت نمایی سازند سروک در بخش شرقی خلیج فارس
علیرضا بشری
۴. بررسی آزمایشگاهی تغییر ترشوندگی سنگ مخزن با استفاده از نانو ذرات اکسید فلز
عبدالحمید انصاری، صادق عامری
۵. زیست چینه نگاری و ریز رخساره های سازند آسماری در یال جنوبی تاقدیس میش (شمال شرق گچساران)
صابر احمدی، علی صیرفیان، حسین وزیری مقدم
۶. ریزرخساره ها، محیط رسوبی، چینه نگاری سکانشی برش انارک (دونین پسین-کربنیفر پیشین)، زون ایران مرکزی
الهه ستاری، حسین وزیری مقدم، علی بهرامی، عزیزاله طاهری، ساندرایزابل کایسر و پتر کونیگشوف

راهنمای پذیرش و تنظیم مقالات

۱. مقدمه

چکیده و واژه های کلیدی انگلیسی باید در صفحه جداگانه در انتهای مقاله ارائه شود. تطبیق عنوان و چکیده فارسی با انگلیسی باید مورد توجه قرار گیرد و نکات گرامری در چکیده انگلیسی نیز رعایت شود.

نشریه علمی-پژوهشی زمین شناسی نفت ایران نتایج تحقیقات استادان و پژوهشگران رشته های مختلف زمین شناسی نفت، زمین شناسی مخازن نفت، پتروفیزیک، مهندسی اکتشاف نفت و گرایش های وابسته را منتشر می کند.

از کلیه محققانی که برای این نشریه مقاله تهیه می کنند درخواست می شود ضمن رعایت دقیق مفاد آیین نامه نگارش نشریه علمی-پژوهشی انجمن زمین شناسی نفت، مقالات خود را در دو نسخه فایل Word و Pdf (یک خط در میان حداکثر ۱۵ صفحه) از طریق پست الکترونیکی ispg.paper@gmail.com که در سایت انجمن به نشانی:

www.ispg.ir ارسال دارند.

کلیه مقالات توسط داوران ذیصلاح ارزیابی می شوند و نشریه علمی-پژوهشی زمین شناسی نفت در پذیرش، عدم پذیرش، حذف و یا کوتاه کردن مقالات برای چاپ آزاد است.

فقط مقالاتی جهت انتشار در نشریه علمی-پژوهشی زمین شناسی نفت ایران مورد بررسی قرار می گیرند که قبلاً در نشریات علمی و پژوهشی دیگر به چاپ نرسیده باشد و یا دست بررسی نباشد. مسئولیت کامل مطالب و منابع چاپ شده بر عهده نویسنده یا نویسندگان خواهد بود و نسخه نهایی مقاله پیش از چاپ به امضاء نویسنده یا نویسندگان می رسد. محرمانه بودن اطلاعات مقاله به عهده نویسنده یا نویسندگان بوده و کسب مجوز از ارگان های مربوطه جهت چاپ مقاله الزامی است. جهت هرگونه تماس با نشریه به سایت نشریه مراجعه و یا با آدرس پست الکترونیکی ispg.paper@gmail.com تماس حاصل نمایید. نویسندگان مقالات مسئول نوشته ها و نظرات خود هستند و آراء و نظریات آنان لزوماً نظر اعضای هیأت تحریریه مجله نیست.

جهت کسب اطلاعات مربوط به آیین نامه نگارش مقالات به سایت انجمن مراجعه شود.

۲-۴ مقدمه و هدف

در مقدمه پس از عنوان کردن کلیات موضوع مورد بحث، ابتدا خلاصه ای از تاریخچه موضوع و کارهای انجام شده به همراه ویژگی های آن کار بیان گردیده و در ادامه، هدف از پژوهش انجام شده برای رفع مشکلات و کاستی های موجود، گشودن گره ها یا حرکت به سمت یافته های نو صورت گرفته است در یکی دو پاراگراف توضیح داده می شود.

۲-۵ روش کار یا اصول و تئوری مقاله (شامل ماده، دستگاه ها و

روش آزمایش)

مطالب اصلی شامل تعاریف و مفاهیم مورد نیاز، طرح مسأله، روش انجام آزمایش، مواد و مصالح مورد استفاده و راه حل ارائه شده می باشد. شکل ها، جداول و روابط ریاضی بکار رفته در مقاله همگی مربوط به متن بوده و چنانچه در متن از آنها استفاده شود، باید در مورد آنها توضیح داده شود. در نوشتن متن تنها به موضوع اصلی مقاله پرداخته شود تا ذهن خواننده از انحراف نسبت به سلسله مطالب مصون بماند. در صورت نیاز به ذکر واژه های انگلیسی همزمان تنها یک بار در متن در داخل پرانتز آورده شود.

۲-۶ نتیجه گیری

در این بخش، نکات مهم کار انجام شده به طور خلاصه مرور شده و نتایج برگرفته از آن توضیح داده می شود. سهم علمی مقاله باید در نتیجه گیری مورد تصریح واقع شود. هرگز عین مطالب چکیده در این بخش آورده نشود. بخش نتیجه می تواند به کاربردهای پژوهش انجام شده اشاره نموده و نکات مبهم و قابل پژوهش را مطرح کند و یا گسترش موضوع بحث را به زمینه های دیگر پیشنهاد دهد.

۲-۷ تشکر و قدردانی

۲. راهنمای تنظیم مقاله برای نشریه

هر مقاله باید شامل بخش های اصلی زیر باشد:

۲-۱ عنوان

عنوان مقاله باید در عین اختصار تمام ویژگی های کار انجام شده را دارا باشد.

۲-۲ نویسنده یا نویسندگان

اسامی نویسندگان به فارسی و انگلیسی پس از عنوان مقاله آورده شود. لازم است مرتبه علمی و محل کارهیک از نویسندگان مقاله به همراه آدرس پست الکترونیکی نویسنده اول مقاله آورده شود. ضمناً تمامی نویسندگان از ارسال مقاله جهت بررسی در این نشریه می بایستی مطلع باشند.

۲-۳ چکیده مقاله و کلمات کلیدی به زبان فارسی و انگلیسی

چکیده باید بین ۱۵۰ تا ۳۰۰ کلمه و شامل هدف از تحقیق، روش کار، مهمترین یافته ها و نتیجه گیری باشد. در چکیده نباید هیچ گونه جزئیات، جدول، شکل و مآخذ درج شود.

۲-۸ منابع و مراجع

مراجع به ترتیب حروف الفبا و ابتدا مراجع زبان فارسی و سپس مراجع به زبان انگلیسی، مرتب شده و در انتهای مقاله آورده شوند. دقت شود که تمام مراجع در متن مورد ارجاع واقع شده باشند.

۳. ساختاری

۳-۱ شکل کلی مقاله اندازه صفحات باید برابر A4 و حدود بالا، پایین،

چپ و راست به ترتیب برابر با ۳، ۲/۵، ۲، ۲ سانتی متر انتخاب شود.

صفحات مقاله به صورت تک ستونی (Single) تهیه شود.

۲-۳ اندازه و نوع قلم

اندازه قلم	نوع قلم	موقعیت استفاده
۱۸	Lotus Bold	عنوان اصلی مقاله
۱۸	Times New Roman Bold	عنوان انگلیسی مقاله
۱۲	Lotus Bold	نام مؤلفان
۱۱	Lotus Bold	چکیده و کلمات کلیدی
۱۶	Lotus Bold	عناوین بخش ها
۱۴	Lotus Bold	عناوین زیر بخش ها
۱۲	Lotus	متن فارسی
۱۰	Lotus Bold	عنوان جداول و شکل ها
۱۱	Lotus	محتوای فارسی جداول
۹	Times New Roman	محتوای انگلیسی جداول
۱۱	Times New Roman	متن انگلیسی
۱۱	Times New Roman	نام مؤلفان به انگلیسی

منابع فارسی و لاتین به صورت مجزا و به ترتیب حروف الفبا

در بخش فهرست

منابع و به شرح مثال های ذیل تنظیم و ارائه گردد:

مقاله: خطیب، م. م.، ۱۳۷۹، تحلیل فرکتالی توزیع شکستگیها در گستره گسل لرزه ای: پژوهشنامه زلزله شناسی و مهندسی زلزله، سال سوم، شماره سوم، صفحه ۷-۱.

کتاب: آقائاتی، ع.، ۱۳۸۳، زمین شناسی ایران: سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ صفحه.

پایان نامه: محمدی، ی.، ۱۳۸۶، ارزیابی پوش سنگ (بخش یک سازند گچساران) مخزن آسماری در میدان نفتی کوپال: پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۴۹ صفحه.

(Book Article): LOGAN, P. and DUDDY, I., 1998, An investigation of thermal history of the Ahnet and Reggane Basin Central Algeria, and the consequences for hydrocarbon generation and accumulation: In: Mc GEGOR, D. S., MOODY, R.T. J. and CLARK-LOWES, D. (Eds.), 1998, Petroleum Geology of North Africa. *Geology Society, London, Special Publication*, 131-155.

(Article): FARZADI, F., 2006, The development of Middle Cretaceous Carbonate platforms, Persian Gulf, constrain from seismic stratigraphy, well and biostratigraphy: *Petroleum Geoscience*, **12**, 59-68.

(Memoir): BURCHETTE, T.P., 1993, Mishrif Formation (Cenomanian-Turonian), southern Persian Gulf, Carbonate platform growth along a cratonic basin margin: In: SIMO, J-A.T., SCOTT, R.W., and MASSE, J.P. (Eds.) Cretaceous carbonate platforms. *AAPG Memoir*, **56**, 185-199.

(Thesis): RASHIDI, B., 2007, Real time bit wear analysis and drilling optimization, a case study for a well in an Iranian offshore oil field: M.Sc. thesis, Faculty of Graduate Studies, Petroleum University of Technology (PUT), 192.

(Internet) USGS website 2002. Accreditation. <http://geology.wr.usgs.gov/wreg/env/monterey.htm>.

- کلیه اعداد باید به صورت فارسی تایپ شوند.

- واحد تمامی اعداد باید در سیستم SI باشد.

- کلیه فرمول ها باید به ترتیب شماره گذاری شده و با استفاده از بسته Equation Editor در نرم افزار Word تهیه گردند و به فرمت JPG و یا Tif و وضوح ۳۰۰ dpi به همراه مقاله ارسال گردد.

- عرض کلیه شکل ها باید ۱۵ و یا ۷/۵ در نظر گرفته شوند و در متن در محل مشخص قرار گیرند.

- اگر شکل یا جدولی از مرجع دیگر اخذ شده باشد، ضمن درج شماره آن مرجع در انتهای عنوان شکل یا جدول در بخش مراجع نیز ارائه گردد.

- شکل های مقالات به صورت فایل اصلی (در همان نرم افزاری که توسط آن تهیه شده اند مانند Excel و غیره) ارسال گردد.

- از بکار بردن واژه های انگلیسی در متن مقاله خودداری شود. معادل انگلیسی کلمات فارسی و نام نویسنده (گان) که برای نخستین بار در مقاله به کار میرود، به صورت زیر نویس در صفحه مربوط درج گردد. زیر نویس ها در هر صفحه با گذاردن شماره فارسی در گوشه بالای آخرین حرف از کلمه، در متن مشخص شوند.

- ارجاعات باید بر اساس نام نویسنده و سال انتشار در انتهای جمله و در داخل پرانتز آورده شود.

۳-۳- منابع فارسی و لاتین

مطالعه ژئوشیمیایی و طبقه بندی ژنتیکی نفت های مخزن فهلیان با استفاده از طیف سنجی مادون قرمز در میادین دارخوین و یادآوران

محمد علی شاهمرادی^۱، محمد حسین صابری^{۲*}، بهمن زارع نژاد^۳، علی چهارازی^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی نفت، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

^{۲*} استادیار گروه مهندسی نفت، دانشکده مهندسی نفت، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

^۳ دانشیار گروه مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

^۴ شرکت نفت ایران

*mh.saberi@semnan.ac.ir

دریافت اردیبهشت ۱۳۹۹، پذیرش تیر ۱۴۰۰

چکیده

برای انجام تطابق های ژئوشیمیایی گام اول شناسایی ساختار مولکولی و ترکیبی نفت است. یکی از روش های تطابق استفاده از طیف سنجی مادون قرمز برای تشخیص و مقایسه ساختار نمونه های نفت است. روش طیف سنجی مادون قرمز، روشی کاربردی با تفسیر آسان، کم هزینه و نتایج قابل اعتماد برای تعیین ساختار ترکیبات آلی است. همچنین با توجه به رشد چشمگیر تمایل به توسعه روش های تجزیه ای سریع، دقیق و قابل اعتماد برای کاربردهای صنعتی و همینطور کشف منابع جدید هیدروکربوری در حوضه رسوبی دشت آبادان مانند میادین نفتی دارخوین و یادآوران در چند سال اخیر، بیانگر ضرورت انجام مطالعات جامع تر در این حوضه رسوبی است. بر این اساس ۱۵ نمونه نفت خام از مخزن فهلیان در مهمترین میادین نفتی این حوضه یعنی دارخوین (۹ نمونه) و یادآوران (۶ نمونه) واقع در جنوب غربی ایران انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت. با تقسیم بندی نمونه ها از طریق ارزیابی نفت خام، اهداف مورد نظر در این مطالعه تحقق یافت. با استفاده از طیف سنجی مادون قرمز گروه های عاملی موجود در نمونه ها تعیین و سپس میزان گروه های عاملی موجود در نمونه های مختلف با یکدیگر مقایسه گردید. نتایج حاصله از طیف سنج مادون قرمز و بررسی نمونه های نفت میادین نفتی مورد مطالعه نشان داد که این نفت ها مربوط به سه خانواده مستقل هستند. اولین خانواده نفتی شامل نمونه های YAD1, DN1, DN2, DN3, DN4, DN5, DN8 و YAD6, DN6, DN9, YAD2, YAD4, YAD6، دومین خانواده نفتی شامل نمونه های YAD3, YAD5 و سومین خانواده شامل نمونه DN7 می باشند. به کارگیری روش های HCA و PCA نیز تاییدی بر گروه بندی نمونه ها بر اساس نمودار شاخص آروماتیک در مقابل مجموع شاخص های کربونیل و سولفوکسید بود. در این پژوهش نشان داده شد که طیف سنج مادون قرمز یک گزینه تجزیه ای سریع، قابل اعتماد و غیر مخرب و مکمل روش کروماتوگرافی و آنالیز بایومارکر ها، جهت انجام اهداف مختلف علمی و صنعتی در صنعت نفت از جمله سنجش کیفیت، کمیت و ارزیابی ژئوشیمیایی نفت می باشد.

کلمات کلیدی: نفت خام، طیف سنجی مادون قرمز، مطالعه ژئوشیمیایی، تطابق نفت - نفت، مخزن فهلیان

۱- مقدمه

نفت خام یک منبع انرژی مهم است که دارای ترکیبات شیمیایی متفاوتی است. ترکیبات شیمیایی نفت وابسته به عوامل مختلفی از جمله، موقعیت جغرافیایی، زمان تشکیل، زمان استخراج و وقوع فرآیند های گوناگون می باشد. افزایش مصرف و تقاضای جهانی برای محصولات هیدروکربنی باعث شده که علاقه زیادی به بهره برداری و استفاده از منابع غیر متعارف مانند نفت و گاز در سراسر جهان به وجود آید. ژئوشیمی نفت برای ارتقا کیفیت اکتشاف و تولید بکار میرود. در حقیقت ژئوشیمی مخزن با مطالعاتی که بر روی نفت انجام می دهد به عنوان یک روش اثبات شده در این صنعت محسوب می شود. از ژئوشیمی به عنوان یک ابزار قدرتمند و تئوری کاربردی جهت شناخت منشأ نفت، مهاجرت و تجمعات نفتی نیز استفاده های کاربردی می شود [۲۳ و ۳۰]. روش های متفاوتی برای بررسی خصوصیت سنجی نفت و ارزیابی کیفی آن وجود دارد، برای این منظور طیف سنج مادون قرمز^۱ به طور گسترده برای تشخیص تغییرات و ارزیابی کیفی سیال و سنگ مخزن و همچنین ارزیابی تقسیم بندی مخزن به کار گرفته شده است [۲۶ و ۲۷]. این روش مورد استفاده قرار گرفته تا شناخت بهتری برای ترکیبات شیمیایی و اجزای ساختاری نفت خام ارائه شود. طبق مطالعات قبلی در حقیقت طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز، یک تکنیک غیر مخرب است که برای بدست آوردن اطلاعات کمی از نفت به کار می رود. تکنیک طیف سنجی اطلاعات زیادی در مورد نمونه را در سطح مولکولی، در مدت زمان کوتاه و با مقدار کمی از نمونه فراهم می کند که با استفاده از این تکنیک نیز می توان ویژگی های فیزیکوشیمیایی نفت خام را مشخص کرد [۳۶ و ۳۷]. همچنین طبق مطالعات قبلی این روش می تواند همراه با روش های چند متغیره برای طبقه بندی نفت ها مورد استفاده قرار گیرد [۳۹]. در سال های اخیر با استفاده از روش طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز، ارزیابی های ژئوشیمیایی متعددی بر روی نفت خام میدان های نفتی در سراسر جهان انجام شده است. چریستای و همکاران (۱۹۸۹) که مطالعات طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز خاصی را برای ساختارهای شیمیایی در کروژن انجام دادند و پارامترهایی نظیر: تعیین میزان بلوغ، نوع کروژن و پتانسیل تولید نفت و گاز را مشخص کردند [۱۳]. پرمنیر و همکاران (۲۰۰۲) در میدان نفتی سلام در صحرای غربی مصر با استفاده از طیف سنج مادون قرمز تفاوت ها در ترکیب نفت را مشخص کردند و ارتباط سیالات را از طریق گسل ها بین مخازن در عمق های مختلف فرض کردند. پس از این رویکرد این روش را بر روی مجموعه ای از نفت های مدیترانه ای از حوضه تاراگونا در دلتای ابرو که در شمال شرقی اسپانیا واقع شده بود انجام دادند و در نهایت در یک آزمایش سوم این روش را برای مجموعه ای از نفت های تولیدی از میدان ال فوریال حوضه شرقی ونزوئلا به منظور ارزیابی امکان بخش بندی اعمال کردند [۲۸ و ۲۹]. هوانگ و همکاران (۱۹۹۴) با انجام طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز بر روی نمونه های نفت بیان کردند که تفاوت های کوچک در ترکیب ساختاری نفت خام که ممکن است در مخازن رخ دهد جهت بخش بندی مخزن مورد استفاده قرار میگیرد [۱۷ و ۱۸]. پرمنیر و همکاران (۲۰۰۷) نمونه های نفت خام میدان های رودبالو، بوکرون، کازابلانکا در حوضه تاراگونا در شمال شرقی اسپانیا را مورد آزمایش قرار دادند که در این آزمایش از طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز استفاده کردند و با مقایسه نتایج حاصله با نتایج کروماتوگرافی گازی بیان کردند که ویژگی های نفت خام و همچنین سیر تحولی و تغییرات

^۱ FTIR

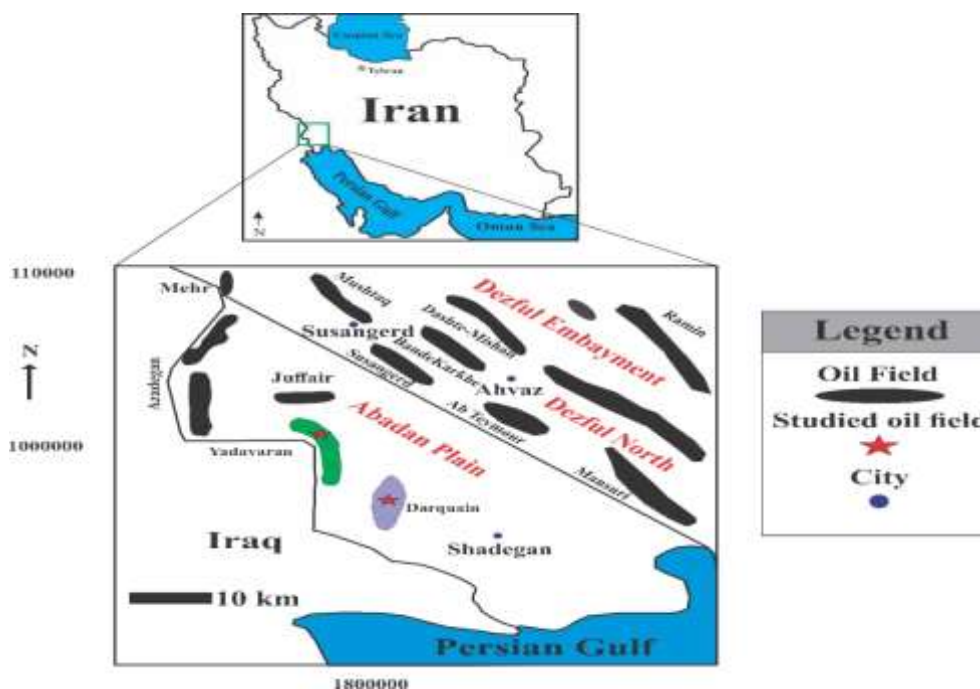
در ویژگی های نفت در مخزن را می توان با دو روش کروماتوگرافی گاز و طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز توصیف کرد [۱۱]. آنها بر اساس نتایج بدست آمده، روش طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز را به عنوان ابزاری با ارزش و جدید در حوزه ژئوشیمی تایید کردند و به این نتیجه رسیدند که روش طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز می تواند به عنوان یک جایگزین خوب یا مکمل روش کروماتوگرافی در ارزیابی مخزن در نظر گرفته شود. اکتشاف منابع هیدروکربوری جدید در حوضه رسوبی دشت آبادان مانند میادین نفتی دارخوین و یادآوران باعث انجام مطالعات جامع تر در این حوضه رسوبی شده است. در این مطالعه ۱۵ نمونه نفت خام از مخزن فهلیان در میادین نفتی دارخوین (۹ نمونه) و یادآوران (۶ نمونه) واقع در جنوب غربی ایران مورد بررسی قرار گرفت. هدف در این مطالعه بررسی ژئوشیمیایی نفت خام با بکارگیری از روش طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز به منظور تعیین ویژگی های ساختاری نمونه های نفت و سپس مقایسه نمونه های مختلف با یکدیگر است تا از این طریق تطابق نفت - نفت انجام شود و نفت های با ژنتیک یکسان مشخص گردد.

۲- زمین شناسی منطقه

دشت آبادان در قسمت انتهایی جنوب غربی ایران (جنوب غربی زاگرس) قرار دارد و محدوده آن از سمت شمال و شمال شرقی، چین های زاگرس، از سمت جنوب، کشور عربستان و خلیج فارس و از سمت غرب، کشور عراق می باشد [۹ و ۱۰]. می توان منطقه را از لحاظ وضعیت تکتونیکی به این صورت شرح داد که، در ابتدا ساختارهای عربی شکل گرفته که روند این ساختارها به صورت شمالی-جنوبی و شمال شرقی- جنوب غربی بوده و در نتیجه فعالیت زون گسلی پدید آمده است، پس از آن همگرایی آغاز شده و ساختارهایی با روند شمال غربی- جنوب شرقی به وجود آمده اند و در ادامه، تغییر شکل زاگرس باعث پدید آمدن تاقدیس های مرتبط با گسل تغییر شکل یافته شده است. چین خوردگی زاگرس در دشت آبادان می تواند دلایل مختلفی داشته باشد. از جمله این دلایل می توان به تغییر رخساره جانبی اشاره کرد، این تغییر همچنین می تواند باعث به وجود آمدن ویژگی های فیزیکی متفاوت چین خوردگی ها و ساختمان های مختلف در دشت آبادان و فروافتادگی دزفول شود. از دلایل دیگر، می توان به اختلاف فاصله دشت آبادان از سیستم تراستی زاگرس اشاره کرد. علاوه بر این کاهش فشار منذی و مقاومت اصطکاکی بالا در رسوبات دشت آبادان می تواند از دلایل دیگر چین خوردگی زاگرس در دشت آبادان باشد [۳۲]. دشت آبادان در میان پلاتفرم عربستان و فروافتادگی دزفول قرار دارد. این دشت دارای خواص ساختمانی متفاوتی با زاگرس و فروافتادگی دزفول می باشد. از جمله این تفاوت ها این است که دشت آبادان لرزه خیز نیست و تاقدیس های این منطقه اثر سطحی و بیرون زدگی ندارند. تاقدیس های دشت آبادان در امتداد شمال- جنوب و در تضاد با امتداد محوری زاگرس می باشند این داده ها نشان می دهند که در زیر رسوبات پوششی، نهشته های دوران های اول و دوم، به طور ملایم و در روندی شمالی-جنوبی (روند عربی) چین خورده اند و به ظاهر گذر از رخساره های تخریبی و کم ضخامت دشت آبادان به رخساره های دریایی و ستبر زاگرس چین خورده تدریجی است، به همین دلیل نواحی دشت گونه ی خوزستان را بخشی از زاگرس چین خورده می دانند [۱ و ۶]. از نظر چینه شناسی، بر اساس اطلاعات چاه ها، رسوبات سازند فهلیان در میدان دارخوین مربوط به دوران ژوراسیک و جوانتر می باشد. مهمترین مخازن نفتی در این ناحیه رسوبات کربناته تخریبی کرتاسه می باشد [۲]. در میدان یادآوران، بر پایه مطالعه پتروگرافی، سازند فهلیان بیست و دو ریزرخساره کربناته و دو

مطالعه ژئوشیمیایی و طبقه بندی ژنتیکی نفت های مخزن فهلیان ...

لیتوفیشس آواری در قالب چهار کمر بند رخسارهای دریای باز، حاشیه شلف / سد، لاگون و پهنه کشندی، در این سازند شناسایی و تفکیک شده است. سیمانی شدن، انحلال، دولومیتی شدن، نوریختی، میکرایتی شدن، زیست آشفستگی، انحلال فشاری و تراکم رایجترین فرآیندهای دیاژنزی مؤثر بر سازند فهلیان در میدان یادآوران می باشد [۳ و ۴ و ۵]. موقعیت جغرافیایی میداین مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.



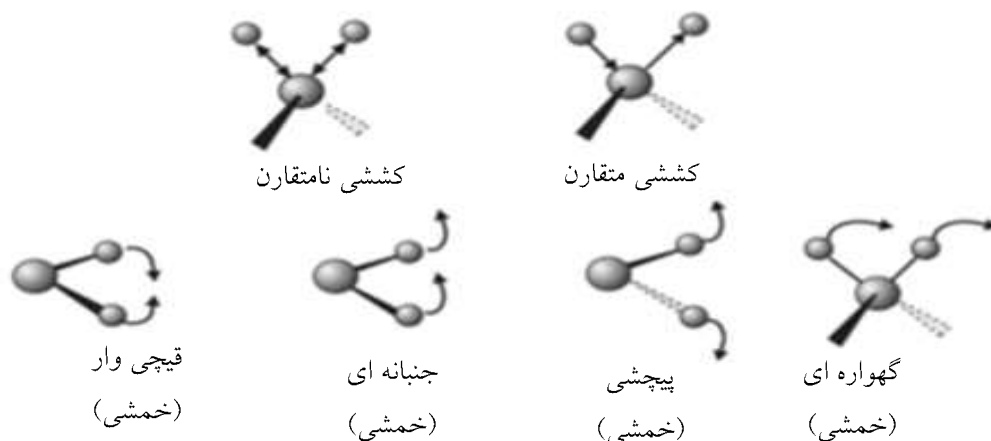
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی میداین نفتی دارخوین و یادآوران در جنوب غربی ایران.

۳- مواد و روش

۳-۱- شرح روش و ابزار

طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه یک تکنیک آنالیزی است که با منطقه مادون قرمز از طیف الکترو مغناطیسی سرو کار دارد و برای بدست آوردن طیف مادون قرمز از نمونه های جامد، مایع یا گاز در حالت جذب و یا عبور استفاده می شود. گسترده ترین کاربردهای طیف مادون قرمز به ناحیه طیفی $400-4000 \text{ cm}^{-1}$ مربوط است، که در گستره مادون قرمز میانه قرار دارد و در این مطالعه از این گستره استفاده گردید. در ناحیه مادون قرمز میانه، بسیاری از انتقال های مولکولی چرخشی- ارتعاشی قوی وجود دارد، که این ناحیه از طیف قابل استفاده برای شناسایی ساختار احتمالی نمونه های استخراج شده می باشد. در دنیای پیرامون ما همه چیز به طور پیوسته در حال ارتعاش است که نتیجه مستقیم ارتعاش مولکول های سازنده آنها می باشند. ارتعاشات مولکولی نیز به نوبه خود از نوسان پیوندهای سازنده مولکول ناشی می شود. در ناحیه طیفی مادون قرمز میانه، جذب نور به وسیله یک ماده، ناشی از ارتعاشات پیوندی میان ارتعاشات نمونه و تابش ناشی از منبع نور است [۱۴]. به

عبارت دیگر، اگر اتم هایی که در دو طرف یک پیوند شیمیایی قرار دارند متفاوت باشند، یک دو قطبی الکتریکی ایجاد می نمایند که در یک فرکانس مشخص، نوسان می کند. اگر چنین پیوند نامتقارنی به وسیله یک منبع تکفام که فرکانسی برابر فرکانس دو قطبی مربوط به پیوند دارد تحت تاثیر تابش قرار گیرد، برهم کنشی میان پیوند و تابش ناشی از منبع رخ می دهد. در نتیجه این برهم کنش، مولفه الکتریکی تابش قادر خواهد بود تا انرژی خود را به پیوند منتقل کند که این انتقال انرژی باعث ایجاد یک تغییر در ارتعاش پیوند خواهد شد. در اثر جذب اشعه مادون قرمز، که از انرژی کمی برخوردار است، امکان بروز انتقال های ارتعاشی، چرخشی یا چرخشی- ارتعاشی در مولکول وجود خواهد داشت. در طیف های مادون قرمز، انتقال های ارتعاشی نقش اصلی را ایفا می کنند. ارتعاش های مولکولی را می توان به دو دسته ارتعاش های کششی و خمشی تقسیم بندی نمود (شکل ۲). انواع مختلف این انتقالات در شکل نشان داده شده است. ارتعاش کششی، یک حرکت هماهنگ در امتداد محور پیوند است. ارتعاش خمشی نیز شامل تغییر در زاویه بین پیوندها با یک اتم مشترک یا حرکت یک گروه اتم نسبت به باقیمانده مولکول می باشد. ارتعاشات کششی در فرکانس های بالاتری نسبت به ارتعاشات خمشی روی می دهند [۳۱ و ۳۳ و ۳۴].

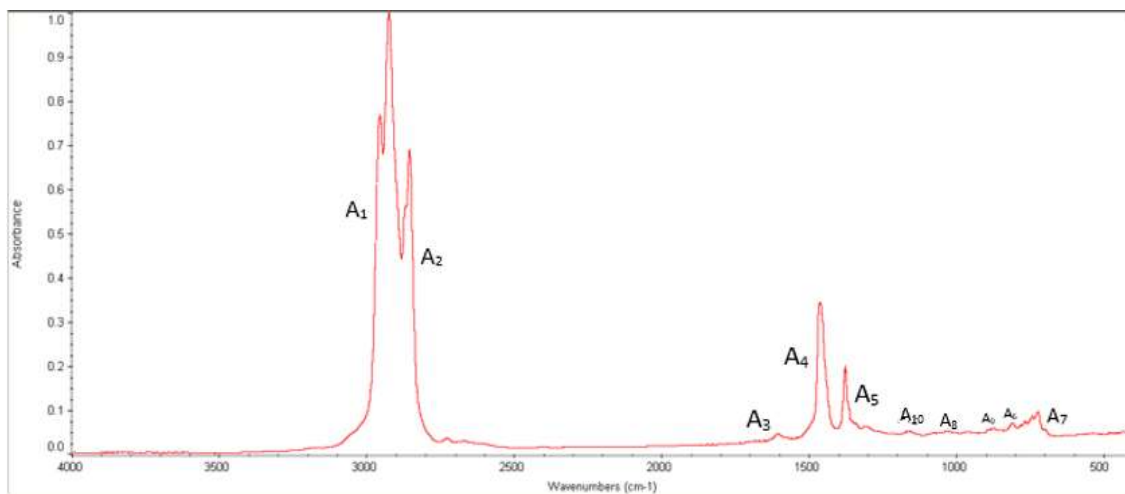


شکل ۲- ارتعاشات عمده مولکولی برای یک مولکول غیر خطی [۲۹].

در این مطالعه از دستگاه طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز مدل AVATAR استفاده شد. این دستگاه ساخت کمپانی Termo کشور آمریکا می باشد. برای بدست آوردن طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز نمونه های نفت از ۱/۵ cc نفت خام از هر نمونه جهت انجام تست مورد استفاده قرار گرفت که این مقدار نمونه بین دو قرص KBR قرار داده شد [۱۲ و ۱۵].

۲-۳- طیف و شاخص

نوارهای اصلی با استفاده از شاخص هایی که در مطالعات قبلی توصیف شده بودند، تعیین شدند. این شاخص ها برای تعیین و مقایسه ترکیب شیمیایی هر نمونه مورد استفاده قرار گرفتند. همچنین از تکنولوژی همپوشانی برای افزایش تفکیک طیفی نوارهای مادون قرمز نیز مورد استفاده قرار گرفت [۱۶ و ۲۵]. تخصیص اصلی نوارهای طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز مورد استفاده در این مطالعه در شکل ۳ شرح داده شده است.



شکل ۳- طیف مادون قرمز.

شاخص هایی که بیانگر ساختار و ویژگی مولکولی نمونه های نفت هستند، براساس مساحت زیر پیک ها قابل محاسبه می باشند که مساحت پیک ها نیز بر اساس فاصله دو دره محاسبه می شود. این شاخص ها با توجه به نسبت مساحت های زیر پیک ها محاسبه گردید [۱۱]. شاخص های مورد استفاده در این مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است:

جدول ۱- شاخص های حاصل از طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز.

$$\text{Aliphatic index: } \frac{A4+A5}{\sum A}$$

$$\text{Aromaticity index: } \frac{A3}{\sum A_{aro}}$$

$$\text{Long chains index: } \frac{A7}{A4+A5}$$

$$\text{Substitution I index: } \frac{A8}{A6+A8+A9}$$

$$\text{Substitution 2 index: } \frac{A9}{A6+A8+A9}$$

$$\text{Carbonyl index: } \frac{A8}{\sum A}$$

$$\text{Sulfoxide index: } \frac{A10}{\sum A}$$

$$\text{Branched index: } \frac{A5}{A5+A4}$$

$$\sum A = A1 + \dots + A10$$

$$\sum A_{aro} = A6 + A7$$

هر یک از اندیس های معرفی شده نشان دهنده مقادیر نسبی ترکیبات موجود در نفت هستند.

۳-۳- تعبیر و تفسیر نتایج

در طیف مادون قرمز هر پیک نشان دهنده میزان جذب در عدد موج متناظر با آن است و توسط یک پیوند شیمیایی مشخص ایجاد می شود. در نتیجه عدد موج هر پیک نشان دهنده حضور یک گروه عاملی خاص در نمونه خواهد بود. در ادامه با تفسیر پیک ها و تعیین گروه های عاملی، ساختار نمونه های نفت میادین دارخوین و یادآوران شناسایی و با هم مقایسه میشوند [۳۵]. برای سهولت در تفسیر پیک ها، طیف مادون قرمز نمونه های نفت بر اساس شباهت مولکولی پیوندهای مشاهده شده در طیف ها به ۶ ناحیه مختلف تقسیم بندی شدند:

ناحیه^۱ $900-690 \text{ cm}^{-1}$

پیک های مشاهده شده در این محدوده در تمام نمونه های نفت مشترک می باشد. پیک های مشاهده شده در $880, 830, 723 \text{ cm}^{-1}$ ناشی از خمش خارج از صفحه پیوند C-H در ساختارهای آروماتیکی می باشند. همچنین پیک مشاهده شده در 723 cm^{-1} ناشی از خمش پیوند C-H موجود در مولکول CH_2 است. البته در صورتی که یک زنجیره آلیفاتیک با ۴ و یا بیشتر اتم کربن در نمونه وجود داشته باشد در این محدوده نیز پیک ایجاد میکند و این پیک به طور معمول به عنوان پیک زنجیره بلند شناخته می شود [۱۹]. وجود این پیک در طیف تمامی نمونه ها نشان دهنده وجود ساختار آلیفاتیک با زنجیره مستقیم بیش از ۴ اتم کربن در ساختار آنها می باشد.

ناحیه^۲ $1100-900 \text{ cm}^{-1}$

در این محدوده کشش ناشی از پیوند S=O در محدوده حدود $1000-1100 \text{ cm}^{-1}$ به صورت یک پیک ضعیف مشاهده می شود که در طیف پیک موجود در 1030 cm^{-1} نشان دهنده گروه عاملی سولفوکسید در ساختار تمام نمونه های نفت می باشد [۲۴].

ناحیه^۳ $1600-1100 \text{ cm}^{-1}$

خمش متقارن ناشی از پیوند C-H در گروه متیلن در محدوده $1320-1400 \text{ cm}^{-1}$ که دارای پیک متوسط و خمش از نوع واگینگ^۲ می باشد. کشش نامتقارن ناشی از پیوند C-H در گروه متیل در محدوده $1410-1500 \text{ cm}^{-1}$ دارای پیک متوسط و خمش از نوع تویستینگ^۳ می باشد.

همچنین کشش غیر متقارن ناشی از پیوند C=C در حلقه های آروماتیکی در محدوده $1550-1660 \text{ cm}^{-1}$ پیک می دهد. کشش ناشی از پیوند C-O در محدوده $1100-1200 \text{ cm}^{-1}$ پیک می دهد. از طرفی خمش درون صفحه ناشی از پیوند C-H موجود در ساختار های آروماتیکی در محدوده $100-1275 \text{ cm}^{-1}$ پیک می دهد [۷ و ۲۱]. لازم به ذکر است که این پیک ها در طیف تمام نمونه های نفت مشاهده می گردد.

ناحیه^۴ $2700-1700 \text{ cm}^{-1}$

در این ناحیه هیچگونه پیکی مشاهده نمی شود که بدین معنا می باشد که هیچگونه گروه عاملی در این محدوده وجود ندارد.

^۲ wagging

^۳ twisting

ناحیه $3100-2700 \text{ cm}^{-1}$

پیک $2750-2700 \text{ cm}^{-1}$ که در همه طیف ها دیده می شود ناشی از کشش پیوند C-H در گروه عاملی آلدئید (-CHO) است. البته مقدار این پیک بسیار کوچک و جزئی است که نشان از مقدار بسیار کم این گروه عاملی در ساختار نمونه ها می باشد. پیک مشاهده شده در محدوده $2900-2800 \text{ cm}^{-1}$ ناشی از کشش متقارن پیوند C-H در مولکول های متیل و متیلن می باشد که در طیف تمام نمونه ها وجود دارد.

ظهور پیک 2924 cm^{-1} در اثر کشش غیر متقارن ناشی از پیوند C-H موجود در مولکول متیلن است که در طیف تمام نمونه ها دیده می شود. پیک 2956 cm^{-1} در تمامی طیف ها ناشی از پیوند C-H موجود در مولکول متیل است. البته بخشی از این پیک نیز ناشی از پیوند C-H موجود در آلکان ها نیز می باشد.

ناحیه $400-3200 \text{ cm}^{-1}$

این محدوده مربوط به پیوند های O-H، N-H می باشد. پیوند N-H مربوط به گروه عاملی آمین ثانویه و پیوند O-H در این محدوده معمولا در اثر جذب رطوبت محیط توسط نمونه ها می باشد، زیرا پودر KBr استفاده شده در آنالیز به شدت جاذب رطوبت می باشد. که هیچکدام از پیک های پیوند های ذکر شده در طیف نمونه های مورد مطالعه مشاهده نشد که بدین معناس که هیچگونه گروه عاملی در این محدوده وجود ندارد [8].

۴- تعبیر و تفسیر

بر اساس نتایج آنالیز، ساختارهای مدنظر موجود در نمونه های نفت عبارتند از: ساختارهای آروماتیکی، آلیفاتیک و گروه های عاملی کربنیل، سولفوکسید و آلدئید. برای هر یک از نمونه های نفت میدین مورد مطالعه اندیس های معرفی شده محاسبه شد. مقادیر شاخص های طیف سنجی مادون قرمز محاسبه شده برای نمونه های نفت در جدول ۲ نشان داده شده است:

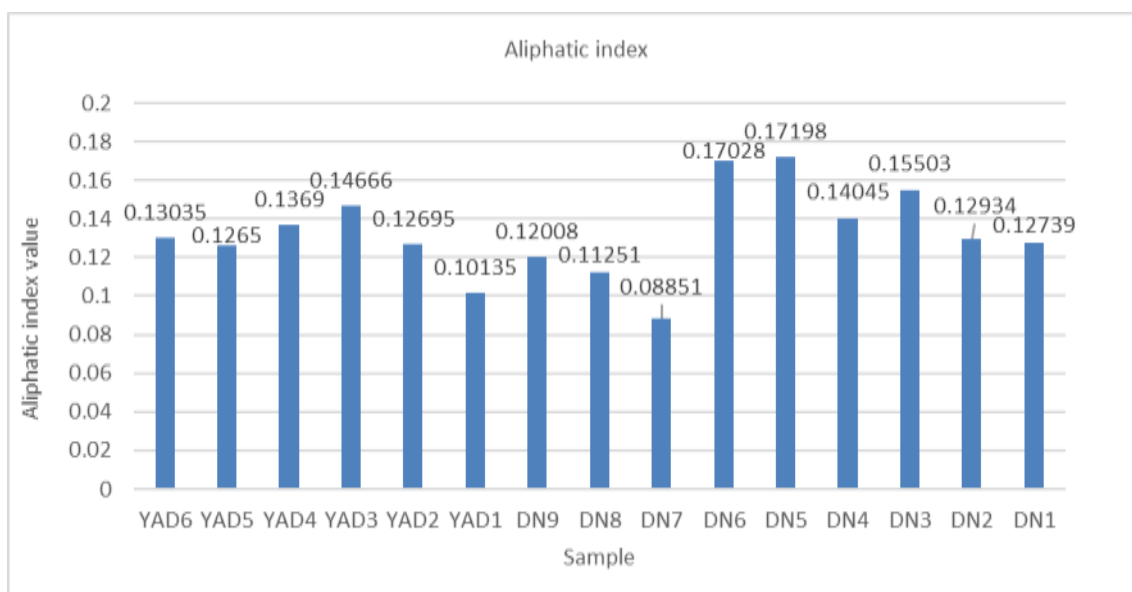
جدول ۲- مقدار عددی شاخص های مختلف بر اساس طیف مادون قرمز نمونه های مورد مطالعه.

DN1	0/2739	0/24	0/21505	0/21818	0/32727	0/2258	0/0328	0/0273
DN2	0/12934	0/45454	0/19354	0/28	0/32	0/2258	0/0389	0/0278
DN3	0/15503	0/43103	0/15483	0/24137	0/41379	0/2258	0/035	0/002
DN4	0/14045	0/4529	0/19285	0/30494	0/34782	0/28571	0/0526	0/0025
DN5	0/17198	0/43478	0/16578	0/31067	0/34951	0/21052	0/0724	0/0362
DN6	0/17028	0/70175	0/17763	0/37037	0/29629	0/21052	0/0896	0/0537
DN7	0/08851	1/76470	0/13207	0/42105	0/26315	0/16981	0/0334	0/0267
DN8	0/11251	0/47619	0/17073	0/28985	0/20289	0/19512	0/0548	0/0384
DN9	0/12008	0/91304	0/23863	0/59259	0/22222	0/18181	0/0873	0/0436
YAD1	0/10135	0/34883	0/10144	0/23529	0/29411	0/20289	0/0223	0/0117
YAD2	0/12695	0/58828	0/12444	0/41558	0/27272	0/26666	0/0394	0/0169
YAD3	0/14666	0/45454	0/12	0/35897	0/23076	0/26666	0/0342	0/0195

0/00244	0/00512	0/28571	0/24137	0/48275	0/12857	0/83333	0/13690	YAD4
0/00063	0/00094	0/175	0/21052	0/15789	0/07	0/375	0/12650	YAD5
0/00212	0/00399	0/32653	0/33333	0/41666	0/09795	0/78947	0/13035	YAD6

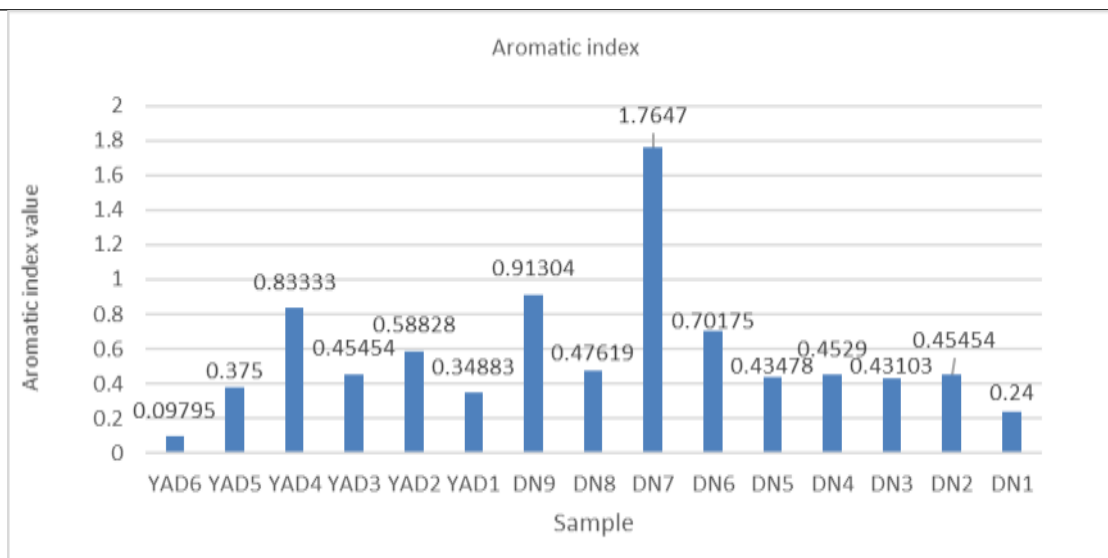
به منظور انجام مطالعات تکمیلی با استفاده از داده های حاصل از طیف های مادون قرمز، اندیس های مختلف مورد استفاده قرار گرفتند. این اندیس ها نشان دهنده ویژگی های ساختاری و گروه های عاملی موجود در نمونه های نفت هستند. تشریح و تفسیر نمونه ها از لحاظ اندیس ها و معیار های مختلف در ادامه بررسی شده است.

شکل ۴ اندیس آلیفاتیک را برای نمونه های نفت میدان دارخوین و یادآوران نشان می دهد که با توجه به شکل، اندیس آلیفاتیک در نمونه DN5 نسبت به سایر نمونه ها بیشتر می باشد. همچنین مقدار این اندیس در نمونه DN7 کمتر از سایر نمونه ها می باشد. به طور کلی با توجه به بیشینه و کمینه میزان اندیس آلیفاتیک در بین نمونه های دو میدان، تقریباً میزان متوسط اندیس آلیفاتیک نمونه های میدان دارخوین و میدان یادآوران در یک سطح می باشد.



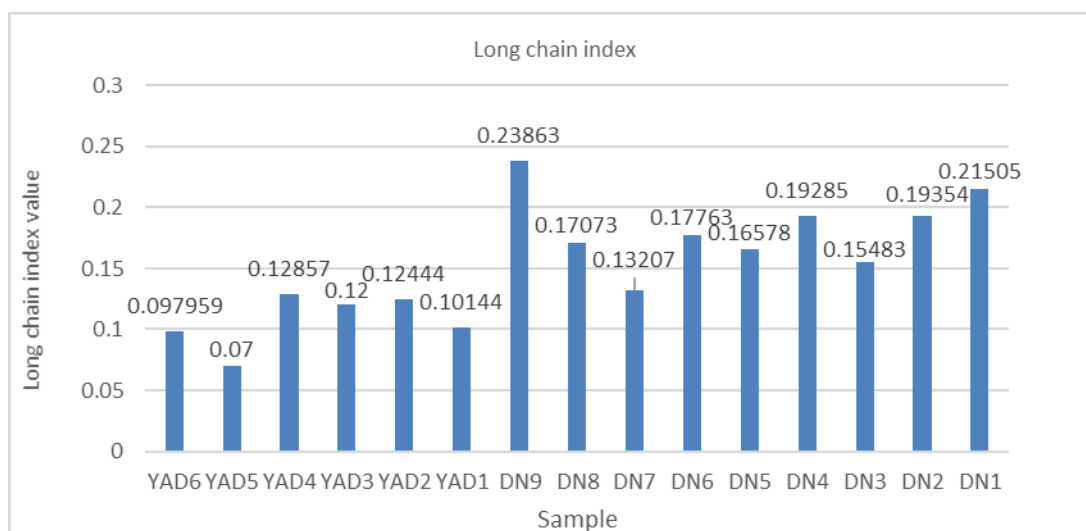
شکل ۴- نمودار ستونی اندیس آلیفاتیک نمونه های مورد مطالعه.

شکل ۵ اندیس آروماتیک را برای نمونه های میدان دارخوین و میدان یادآوران نشان می دهد. با توجه به شکل، اندیس آروماتیک در نمونه DN7 نسبت به سایر نمونه ها بیشتر می باشد. مقدار اندیس نمونه های DN2 و YAD3 نیز با هم برابر است. همچنین مقدار این اندیس در نمونه DN1 کمتر از سایر نمونه ها می باشد. به طور کلی با توجه به بیشینه و کمینه میزان اندیس آروماتیک در بین نمونه های دو میدان، میزان متوسط اندیس آروماتیک نمونه های میدان دارخوین بیشتر از نمونه های میدان یادآوران می باشد. بنابراین ساختار های آروماتیک در نمونه های میدان دارخوین دارای فراوانی بیشتری می باشند.



شکل ۵- نمودار ستونی اندیس آروماتیکی نمونه های مورد مطالعه.

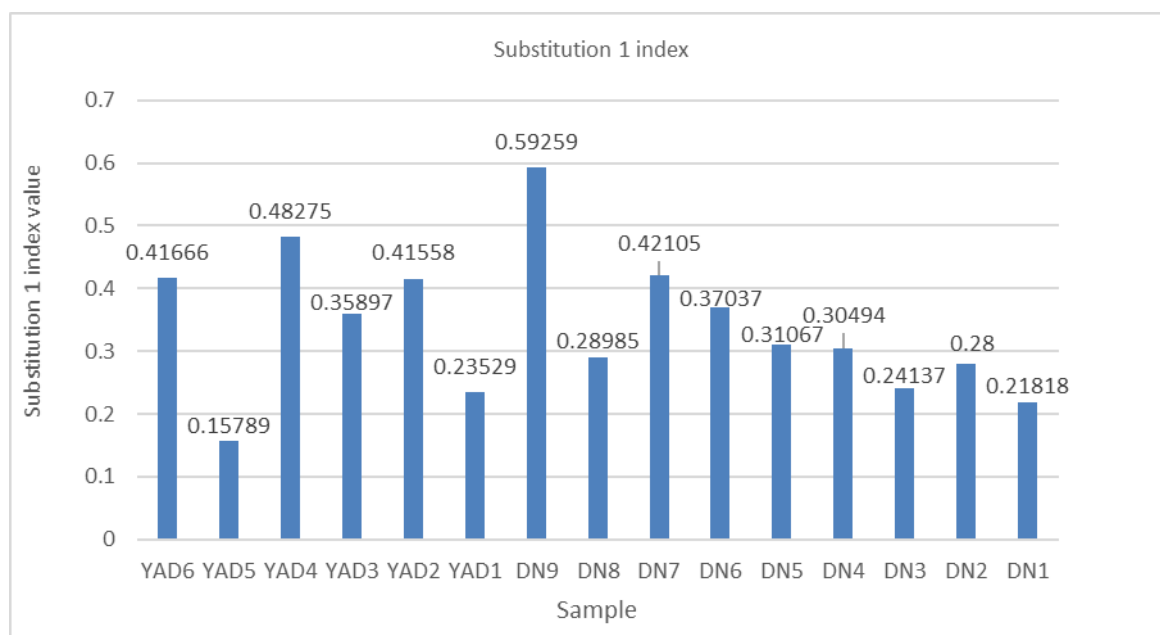
شکل ۶ اندیس زنجیره بلند را برای نمونه های میدان دارخوین و میدان یادآوران نشان می دهد. با توجه به شکل، اندیس زنجیره بلند در نمونه DN9 نسبت به سایر نمونه ها بیشتر می باشد. همچنین مقدار این اندیس در نمونه YAD5 کمتر از سایر نمونه ها می باشد. به طور کلی با توجه به بیشینه و کمینه میزان اندیس زنجیره بلند در بین نمونه های دو میدان، میزان متوسط اندیس زنجیره بلند نمونه های میدان دارخوین بیشتر از نمونه های میدان یادآوران می باشد. بنابراین فراوانی آلکان های با زنجیره مستقیم دارای ۴ اتم کربن، در نمونه های میدان دارخوین بیشتر می باشند [۲۱].



شکل ۶- نمودار ستونی اندیس زنجیره بلند نمونه های مورد مطالعه.

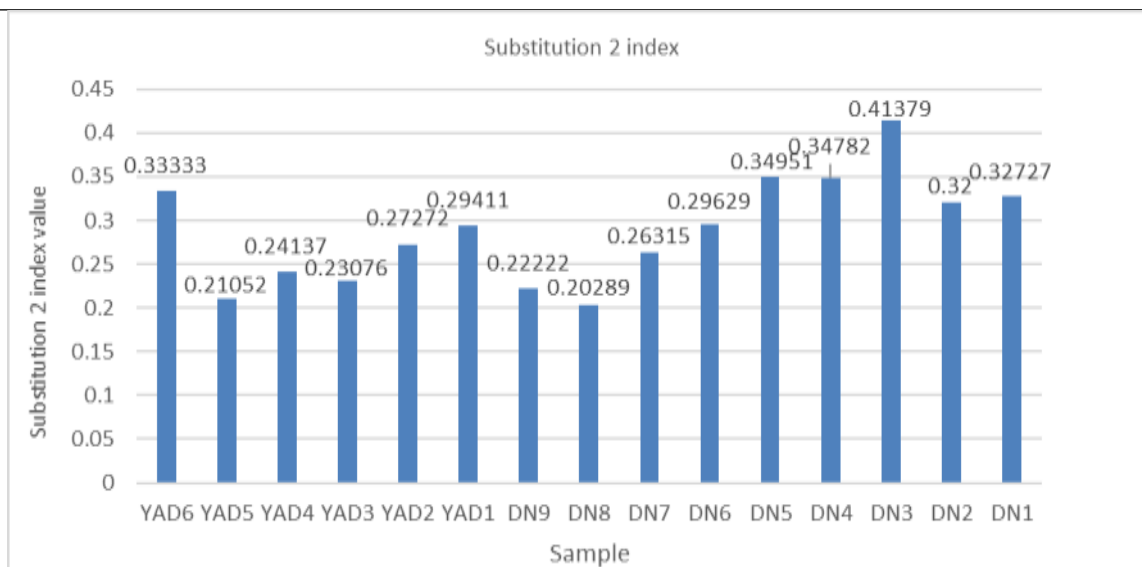
شکل ۷ اندیس شاخص جانشینی ۱ را برای نمونه های میدان دارخوین و میدان یادآوران نشان می دهد. با توجه به شکل ، اندیس شاخص جانشینی ۱ در نمونه DN9 نسبت به سایر نمونه ها بیشتر می باشد. همچنین مقدار این اندیس در نمونه YAD5 کمتر از سایر نمونه ها می باشد. به طور کلی با توجه به بیشینه و کمینه میزان این اندیس در بین نمونه های دو

میدان، میزان متوسط اندیس شاخص جانشینی ۱ نمونه های میدان یادآوران بیشتر از نمونه های میدان دارخوین می باشد. بنابراین ساختارهای بنزنی (ساختارهای حلقه بنزنی که در آنها استخلاف هایی مانند متیل- اتیل و یا شاخه های آلکیلی دیگری به آن وصل شده است) در نمونه های میدان یادآوران دارای فراوانی بیشتری می باشند.



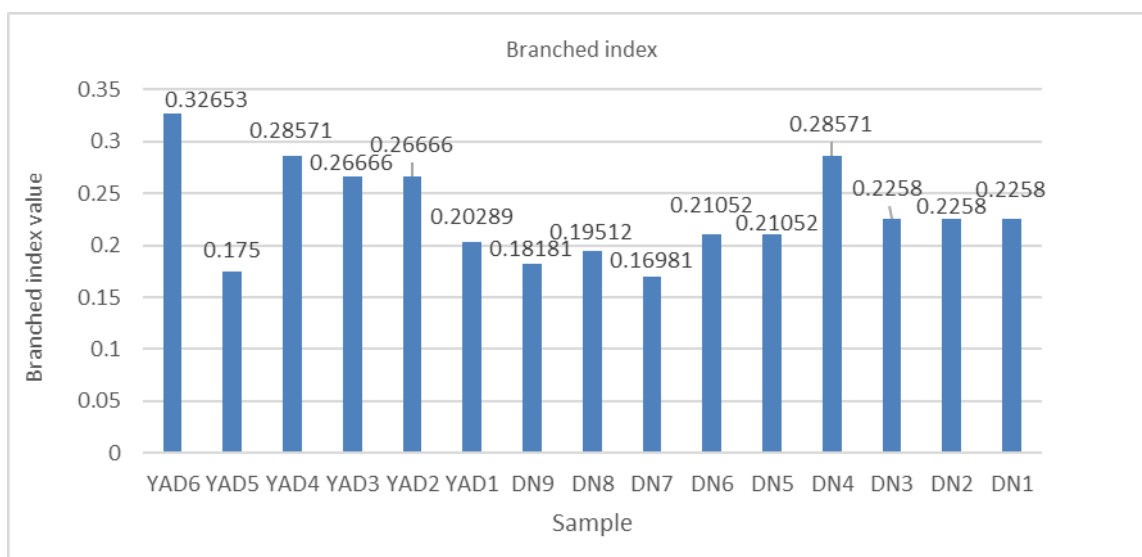
شکل ۷- نمودار ستونی اندیس جانشینی ۱ نمونه های مورد مطالعه.

شکل ۸ اندیس شاخص جانشینی ۲ را برای نمونه های میدان دارخوین و میدان یادآوران نشان می دهد. با توجه به شکل، اندیس شاخص جانشینی ۲ در نمونه DN3 نسبت به سایر نمونه ها بیشتر می باشد. همچنین مقدار این اندیس در نمونه DN8 کمتر از سایر نمونه ها می باشد. به طور کلی با توجه به بیشینه و کمینه میزان این اندیس در بین نمونه های دو میدان، میزان متوسط این شاخص جانشینی ۲ نمونه های میدان دارخوین تقریباً بیشتر از نمونه های میدان یادآوران می باشد. بنابراین ساختارهای بنزنی (حلقه های بنزنی با سه استخلاف آلکیلی) در نمونه های میدان دارخوین دارای فراوانی بیشتری می باشد [۲۱ و ۲۴].



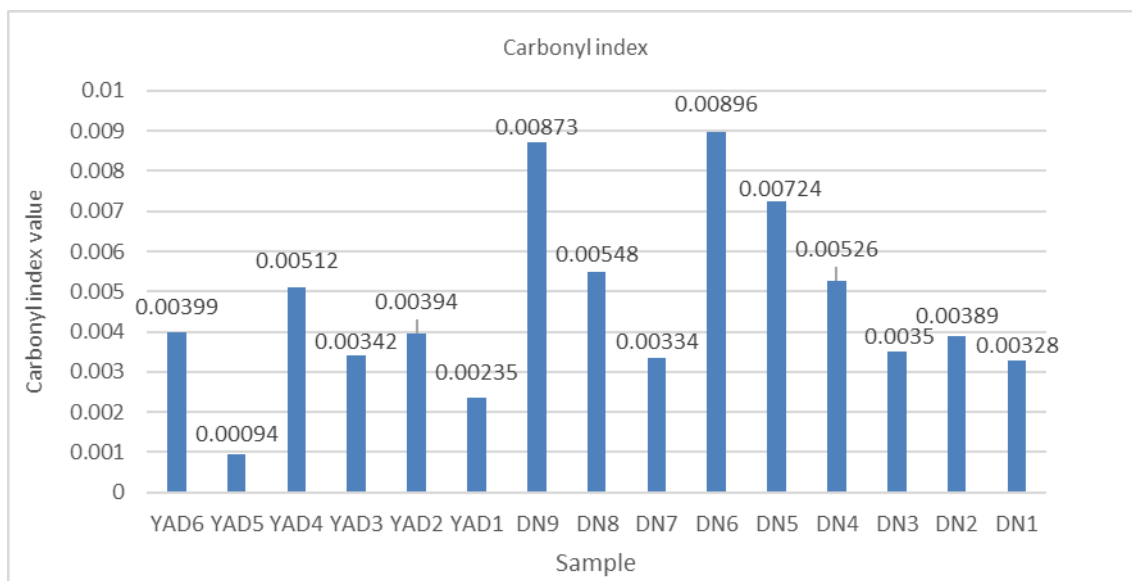
شکل ۸- نمودار ستونی اندیس جانشینی ۲ نمونه های مورد مطالعه.

شکل ۹ اندیس شاخه های جانبی را برای نمونه های میدان دارخوین و میدان یادآوران نشان می دهد. با توجه به شکل، اندیس شاخه های جانبی در نمونه YAD6 نسبت به سایر نمونه ها بیشتر می باشد. نکته قابل توجه این است که مقدار اندیس نمونه های YAD4 و DN4 با هم برابر است. همچنین مقدار این اندیس در نمونه DN7 کمتر از سایر نمونه ها می باشد. به طور کلی با توجه به بیشینه و کمینه میزان این اندیس در بین نمونه های دو میدان، میزان متوسط اندیس شاخه های جانبی نمونه های میدان یادآوران بیشتر از نمونه های میدان دارخوین می باشد [۲۱ و ۲۴]. بنابراین فراوانی شاخه های جانبی در ساختارهای آلیفاتیکی نمونه های میدان یادآوران بیشتر می باشد.



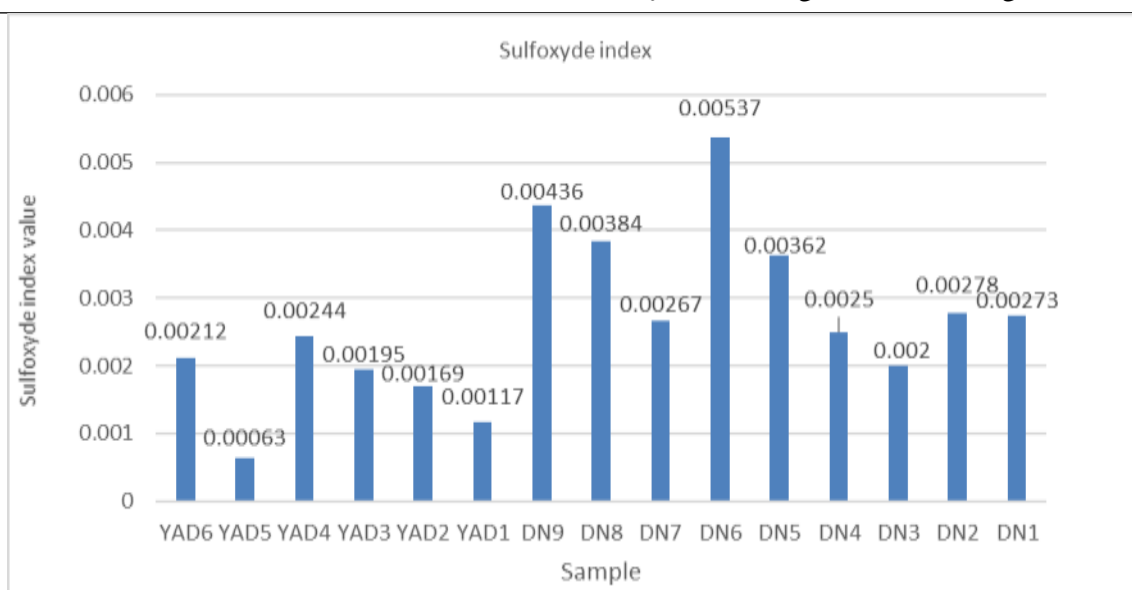
شکل ۹- نمودار ستونی اندیس شاخه های جانبی نمونه های مورد مطالعه.

شکل ۱۰ اندیس کربونیل را برای نمونه های میدان دارخوین و میدان یادآوران نشان می دهد. با توجه به شکل، اندیس کربونیل در نمونه DN6 نسبت به سایر نمونه ها بیشتر می باشد. همچنین مقدار این اندیس در نمونه YAD5 کمتر از سایر نمونه ها می باشد. به طور کلی با توجه به بیشینه و کمینه میزان این اندیس در بین نمونه های دو میدان، میزان متوسط اندیس کربونیل نمونه های میدان دارخوین بیشتر از نمونه های میدان یادآوران می باشد. بنابراین فراوانی پیوندهای C=O در نمونه های میدان دارخوین بیشتر می باشد [۲۱ و ۲۴].



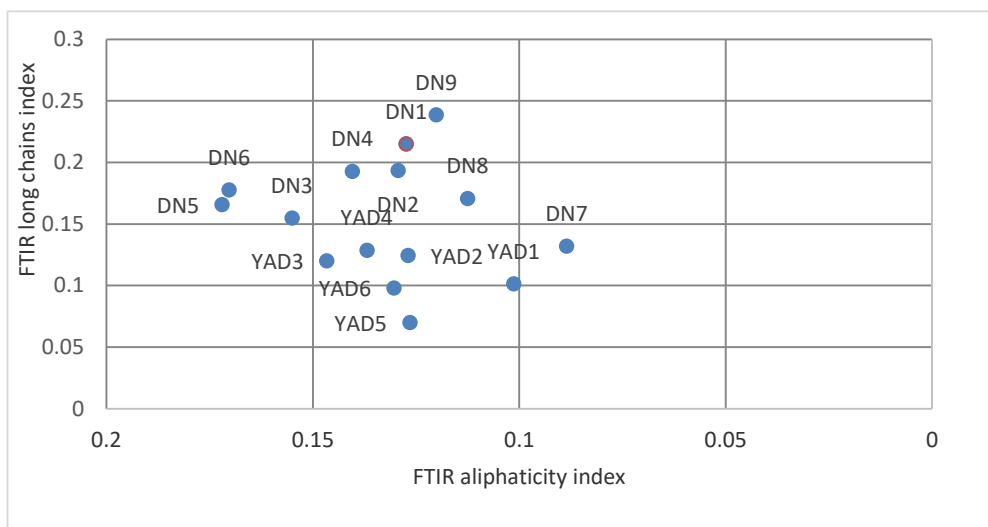
شکل ۱۰- نمودار ستونی اندیس کربونیل نمونه های مورد مطالعه.

شکل ۱۱ اندیس سولفوکسید را برای نمونه های میدان دارخوین و میدان یادآوران نشان می دهد. با توجه به شکل، اندیس سولفوکسید در نمونه DN6 نسبت به سایر نمونه ها بیشتر می باشد. همچنین مقدار این اندیس در نمونه YAD5 کمتر از سایر نمونه ها می باشد. به طور کلی با توجه به بیشینه و کمینه میزان این اندیس در بین نمونه های دو میدان، میزان متوسط اندیس سولفوکسید نمونه های میدان دارخوین بیشتر از نمونه های میدان یادآوران می باشد. بنابراین فراوانی پیوندهای S=O در نمونه های میدان دارخوین بیشتر می باشد [۲۱ و ۲۴].



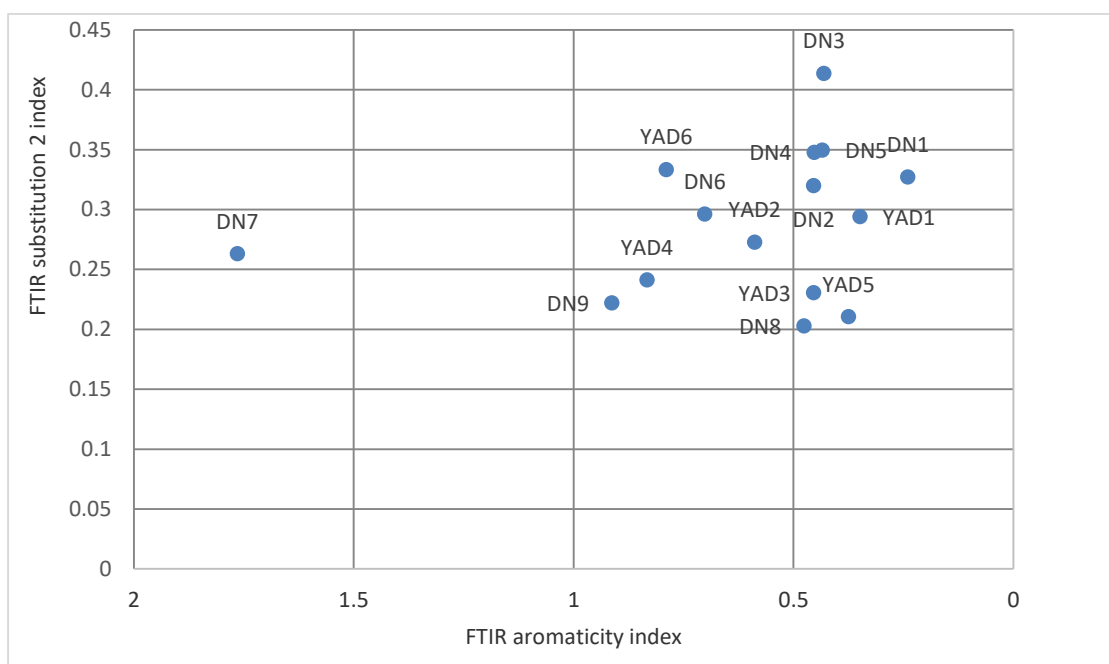
شکل ۱۱- نمودار ستونی اندیس سولفوکسید نمونه های مورد مطالعه.

با آنالیز نفت می توان از ویژگی های ساختاری برای انجام تطابق نفت - نفت بین نمونه های مختلف استفاده کرد. در تطابق نفت - نفت، نمونه ها از لحاظ ساختاری با یکدیگر مقایسه می شوند، نمونه های با ساختار مشابه دارای ژنتیک یکسان بوده و مربوط به یک خانواده نفتی خواهند بود. مقایسه ساختاری نفت ها باید براساس ترکیباتی انجام شود که بیشترین فراوانی را در ساختار نفت دارند. ترکیبات آلیفاتیک و آروماتیک از ترکیبات فراوان در ساختار نفت می باشند. لذا از آنجا که ترکیبات آروماتیک و آلیفاتیک ساختارهای مهم و اساسی در نفت خام هستند، مقایسه نفت ها با یکدیگر باید بر اساس این ترکیبات انجام شود [۲۰ و ۲۱]. شکل ۱۲ نمودار آلیفاتیکی در مقابل اندیس زنجیره بلند را نشان می دهد. این نمودار ساختارهای آلیفاتیکی نفت ها را با یکدیگر مقایسه می کند. با مقایسه ترکیبات آلیفاتیکی نمونه ها می توان نتیجه گرفت که به طور کلی تقریباً همه نمونه ها از لحاظ نسبت شاخص آلیفاتیکی به شاخص زنجیره بلند در یک سطح قرار دارند، بجز نمونه DN5 که دارای بیشترین میزان شاخص آلیفاتیکی و نمونه DN9 نیز دارای بیشترین میزان شاخص زنجیره بلند میباشد. نمونه DN7 کمترین میزان شاخص آلیفاتیکی و نمونه DN5 نیز کمترین میزان شاخص زنجیره بلند را در بین نمونه ها دارند. با توجه به شکل همه نمونه ها دارای ساختار مشابه می باشند. از شکل نمی توان یک تفسیر جامعی از تمایز بین نمونه ها بدست آورد و نمونه ها را گروه بندی کرد چرا که نمونه ها از لحاظ شاخص آلیفاتیک به شاخص زنجیره جانبی تقریباً مشابه بوده و تفاوت ها به وضوح مشاهده نمی گردد لذا نمونه ها باید از لحاظ ترکیبات آروماتیکی نیز با یکدیگر مقایسه شوند.



شکل ۱۲- نمودار شاخص آلیفاتیک در مقابل شاخص زنجیره بلند.

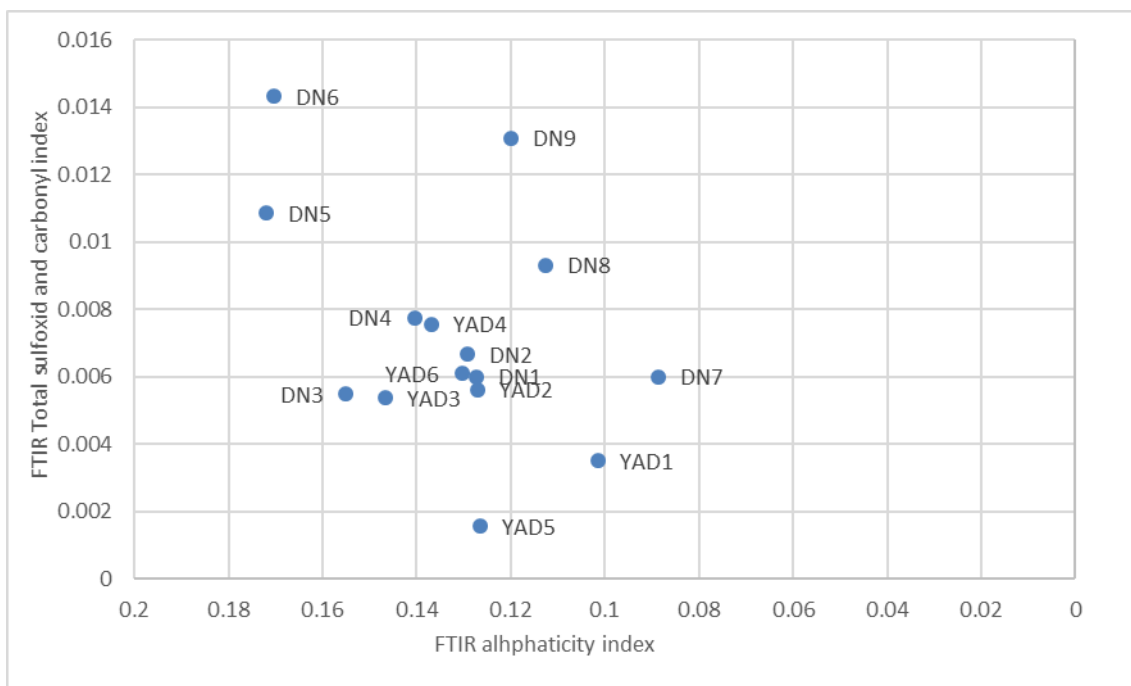
شکل ۱۳ مقایسه نمونه های نفت بر اساس ترکیبات آروماتیک در مقابل شاخص جانشینی ۲ را نشان می دهد. با مقایسه ترکیبات آروماتیک نمونه ها می توان نتیجه گرفت که به طور کلی تقریباً همه نمونه ها از لحاظ نسبت شاخص آروماتیک در برابر شاخص جانشینی ۲ در یک سطح قرار دارند، بجز نمونه DN3 و DN7. نمونه DN7 دارای بیشترین میزان شاخص آروماتیک و نمونه DN3 نیز دارای بیشترین میزان شاخص جانشینی ۲ میباشد. نمونه DN1 کمترین میزان شاخص آروماتیک و نمونه DN8 نیز کمترین میزان شاخص جانشینی ۲ را در بین نمونه ها دارند. با توجه به شکل همه نمونه ها دارای ساختار مشابه و نمونه های DN3 و DN7 دارای ساختار متفاوت می باشند.



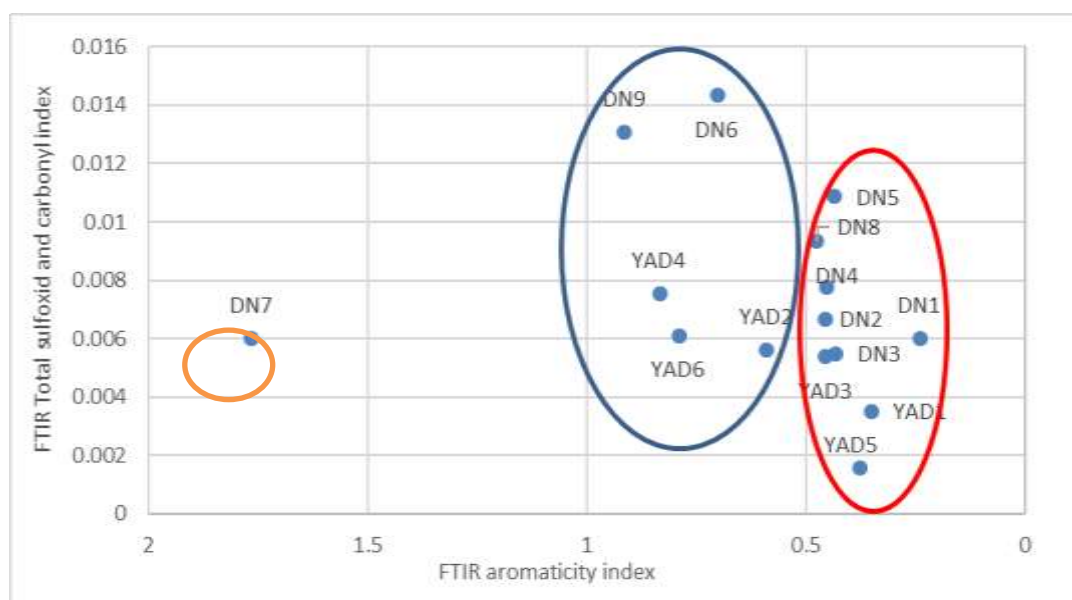
شکل

۱۳- نمودار شاخص آروماتیک در مقابل شاخص جانشینی ۲.

از آنجایی که ممکن است نمونه ها از لحاظ شاخص های جاننشینی و زنجیره بلند مشابه هم باشند و به منظور فراهم آوردن مقایسه بهتر نمونه های نفت با یکدیگر، نمونه ها بر اساس نسبت میزان شاخص آلیفاتیک و شاخص آروماتیک به مجموع شاخص های سولفوکسید و کربونیل نیز با هم مقایسه شدند تا از طریق میزان شاخص های سولفوکسید و کربونیل دسته بندی شوند. که نتیجه در قالب شکل ۱۴ و ۱۵ آورده شده است:



شکل ۱۴- نمودار شاخص آلیفاتیک در مقابل مجموع شاخص های سولفوکسید و کربونیل.



شکل ۱۵- نمودار شاخص آروماتیک در مقابل مجموع شاخص های کربونیل و سولفوکسید.

شکل ۱۴ مجموع شاخص های کربونیل و سولفوکسید را در مقابل شاخص آلیفاتیک و شکل ۱۵ مجموع شاخص های کربونیل و سولفوکسید را در مقابل شاخص آروماتیک نشان می دهد. همانطور که از شکل ۱۴ مشاهده می شود، به دلیل تشابه شاخص آلیفاتیکی بسیاری از نمونه ها، نمیتوان آنها را بر اساس شاخص های کربونیل و سولفوکسید در مقابل آلیفاتیک تقسیم و دسته بندی کرد. همچنین مطابق شکل ۱۵ بر اساس مجموع شاخص های کربونیل و سولفوکسید در مقابل شاخص آروماتیک، نمونه های نفت میدان دارخوین و یادآوران سه خانواده کاملا مجزا را تشکیل می دهند. خانواده اول شامل نمونه های DN6, DN9, YAD2, YAD4, YAD6 خانواده دوم که شامل نمونه های DN5, DN8, DN4, DN2, DN3, YAD3, DN1, YAD5, YAD1 و خانواده سوم شامل نمونه DN7 می باشد [۷].

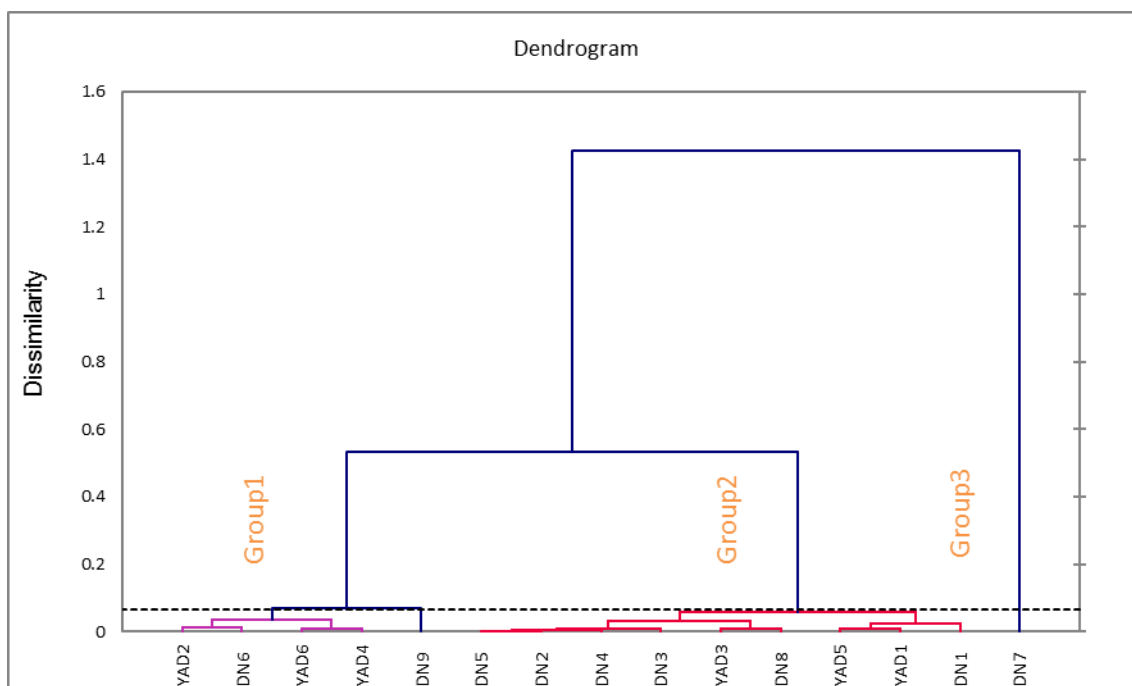
۱-۴- تعیین خانواده های نفتی با استفاده از روش های تحلیل آماری

علم آمار با پردازش داده ها و تبدیل آنها به اطلاعات مورد نیاز، زمینه اخذ تصمیم را فراهم می آورد. امروزه به ندرت می توان بدون استفاده از روشهای آماری اقدام به تفسیر، تبیین و تحلیل نتایج به دست آمده از تحقیق ها و پژوهش های علمی کرد. روش های تحلیل آماری ابزاری قدرتمند برای ارزیابی خصوصیات و برآورد پتانسیل فنی و اقتصادی نفت می باشند. در این مطالعه از دو روش تحلیل داده های ژئوشیمیایی جهت گروه بندی نمونه های نفت مورد مطالعه استفاده شد. این روش ها شامل تحلیل مولفه های اصلی (PCA) و تحلیل خوشه ای سلسله مراتبی (HCA) می باشد. همچنین با به کارگیری میزان ۸ شاخص حاصل از آنالیز طیف سنجی (شاخص آلیفاتیکی، آروماتیکی، زنجیره بلند، جانشینی ۲، شاخه های جانبی، کربونیل و سولفوکسید) هر نمونه، روش های PCA و HCA جهت گروه بندی بهتر نمونه ها و همچنین تایید تفاسیر بخش های قبل مورد استفاده قرار گرفت [۳۸].

۱-۴-الف- تحلیل خوشه ای سلسله مراتبی^۴

تحلیل خوشه ای برای تعیین شباهت نسبی بکار می رود که این شباهت، همگنی در ویژگی های اندازه گیری شده پارامترها را نشان می دهد. این روش آماری، کاربرد زیادی در بررسی داده های چند متغیره از جمله بررسی ارتباط بین متغیرها، سامان دهی نمونه ها در قالب ساختارهای معنی دار و نمایش ترکیب کل نفت یک منطقه به تعداد محدودی از خوشه ها دارد. تحلیل خوشه ای مجموعه ای از متغیرها را در داخل خوشه های همگن جای می دهد. خوشه های حاصل از این تحلیل، از همگنی درونی (درون خوشه ای) و بیرونی (بین خوشه ها) برخوردار هستند [۲۵]. خوشه بندی متراکم سلسله مراتبی، رایج ترین روش تحلیل خوشه ای می باشد که ارتباطات همسان ذاتی را بین هر کدام از نمونه ها و نیز بین همه داده ها فراهم می کند و معمولا با یک نمودار درختی نشان داده می شود [۳۱]. شکل ۱۶ دیاگرام تحلیل خوشه ای سلسله مراتبی (HCA) نمونه های مورد مطالعه را نشان می دهد. با توجه به شکل، خط برش نمودار در فاصله تقریبی ۰/۱ به صورت اتوماتیک توسط نرم افزار XLSTAT ترسیم شده است. در شکل ۱۶ دو دسته متمایز دیده می شود که دسته اول را می توان در دو گروه ۲ و دسته دوم را در گروه ۳ قرار داد. گروه اول به دو زیر گروه، گروه دوم نیز به دو زیر گروه و گروه سوم به یک زیر گروه تقسیم می

شوند. اکثر نمونه ها در دسته اول قرار دارند. براساس این نمودار نمونه های مورد مطالعه سه گروه مجزا را تشکیل می دهند که گروه اول شامل نمونه های DN6, DN9, YAD2, YAD4, YAD6 ، گروه دوم شامل نمونه های DN2, DN3, YAD3, DN1, YAD5, YAD1, DN5, DN8, DN4 و گروه سوم شامل نمونه DN7 می باشد که این خود تاییدی بر گروه بندی بر اساس شاخص آروماتیک در مقابل شاخص های کربونیل و سولفوکسید می باشد.



شکل ۱۶- تحلیل خوشه ای سلسله مراتبی نمونه های مورد مطالعه.

۱-۴-ب- تحلیل مولفه های اصلی^۵

تحلیل مولفه های اصلی یکی از روش های تبدیل داده است که برای ایجاد یک ساختار اساسی در یک مجموعه چند متغیره بکار میرود. در تحلیل مولفه های اصلی، بر مبنای معیار کایزر، مولفه هایی مورد استفاده قرار می گیرند که مقدار بردار ویژه آنها بزرگتر یا مساوی ۱ باشد. در نتیجه همه عواملی که حاوی یک واریانس بیشتر از متغیرهای اصلی استاندارد شده باشند، پذیرفته می شوند... عامل ها به ترتیب ارزش، درجه بندی می شوند. عامل اول یا مولفه هایی که دارای بالاترین مقدار بردار ویژه هستند، دارای بیشترین اهمیت در منشا تغییرات در داده ها می باشند و آخرین عامل به عنوان حداقل فرآیند ایجاد کننده ی تغییرات شیمیایی است [۳۱ و ۳۲]. شکل ۱۷ نمودار اسکتر پلات مجموع مولفه PC1 بر روی PC2 را نشان میدهد. شکل ۱۷ شامل نمونه های مجزا از گروه های ۲، ۳ و ۴ در محیط PCA می باشد که به طور کامل با گروه بندی های ایجاد شده از HCA سازگار هستند.

PCA^۵



شکل ۱۷- تحلیل مولفه های اصلی نمونه های مورد مطالعه.

۵- نتیجه گیری

در این مقاله ۱۵ نمونه نفت مورد آنالیز قرار گرفت که ۹ نمونه از میدان دارخوین و ۶ نمونه از میدان نفتی یادآوران برای به دست آوردن اطلاعات قابل قبول و قابل اعتماد از ویژگی های ساختاری نفت، استفاده گردید. بر اساس نتایج حاصل، مهمترین ساختارهای موجود در نمونه های نفت، ساختارهای آلیفاتیک، آروماتیک، کربونیل و سولفوکسید می باشند. به طور کلی براساس نمودارهای مقایسه ای شاخص های مختلف نیز می توان گفت که نمونه های دو میدان از لحاظ میزان فراوانی ساختارهای آلیفاتیک به طور متوسط در یک سطح قرار دارند و میزان فراوانی ساختارهای آروماتیک، آلکان های با زنجیره مستقیم، ساختارهای بنزی (شاخص جانشینی ۲)، فراوانی پیوندهای $C=O$ و پیوندهای $S=O$ نمونه های میدان دارخوین بیشتر از نمونه های میدان یادآوران می باشند. همچنین میزان فراوانی ساختارهای بنزی (شاخص جانشینی ۱) و فراوانی شاخه های جانبی در ساختارهای آلیفاتیک نمونه های میدان یادآوران نسبت به نمونه های میدان دارخوین بیشتر است در نتیجه می توان گفت که نمونه های میدان دارخوین، میزان اکسیژن، گوگرد و سولفور بیشتری نسبت به نمونه های میدان یادآوران دارند. در این مطالعه از ویژگی های ساختاری نفت ها به عنوان پارامتر تطابق استفاده شد. بررسی نمونه های نفت میادین نفتی مورد مطالعه نشان داد که این نفت ها مربوط به سه خانواده مستقل هستند. اولین خانواده نفتی شامل نمونه های $DN6, DN9, YAD2, YAD4, YAD6$ ، دومین خانواده نفتی شامل نمونه های $DN1, DN2, DN3, DN4, DN5, DN8$ و سومین خانواده شامل نمونه $DN7$ می باشند. میزان آروماتیک، کربونیل و سولفوکسید متعلق به نمونه های دو میدان دارخوین و یادآوران به سه جزو تقسیم و بصورت ۳ گروه مجزا در آنالیز طیف سنجی مادون قرمز در نظر گرفته شد و از آنجایی که نمونه های این سه جزو ویژگی های یکسانی دارند، طبقه بندی صحیح باید شامل این سه جزو در سه گروه (خانواده) باشد. به کار گیری روش های HCA و

PCA نیز تاییدی بر گروه بندی نمونه ها بر اساس نمودار شاخص آروماتیک در مقابل مجموع شاخص های کربونیل و سولفوکسید بود. برخی از نمونه های میدان دارخوین و میدان یادآوران دارای ویژگی های ساختاری مشابه (میزان آروماتیک، کربونیل، سولفوکسید) می باشند در نتیجه می توان گفت برخی از نمونه های میدان دارخوین با نمونه های یادآوران از یک منشا مشترک تولید شده اند. این نتایج روش طیف سنجی طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز را به عنوان ابزاری با ارزش و جدید در حوزه ژئوشیمی مخزن تأیید می کنند. دستاورد نهایی این پژوهش، عبارتست از نقش طیف سنجی مادون قرمز به عنوان یک تکنیک تجزیه ای سریع، قابل اعتماد و غیرمخرب که مکمل روش های کروماتوگرافی و آنالیز بایومارکر ها می باشد.

سپاس و قدردانی

از آقای دکتر محمد حسین صابری و پژوهشگاه صنعت نفت بخاطر همکاری صمیمانه سپاسگزاری می گردد. همچنین از داوران مقاله آقایان دکتر محمود معماریانی و دکتر بهمن سلیمانی تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

- [۱] افتخارنژاد، ج.، ۱۳۵۸، تفکیک بخشهای مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوضه- های رسوبی، نشریه انجمن نفت شماره ۸۲، صفحه ۱۹-۲۸.
- [۲] اسدی مهماندوستی، ا.، معلمی، س.ع.، مهناز، ا. و حبیبی، ع.، ۱۳۹۵، ارزیابی ژئوشیمیایی نفت های خام مخازن سروک و فهلیان با استفاده از داده های بیومارکری در یکی از میداین نفتی در دشت آبادان، نشریه علمی-پژوهشی زمین شناسی نفت ایران، سال پنجم، شماره ۱۰، زمستان ۱۳۹۴، صفحه ۶۶-۴۶.
- [۳] علیزاده، ب.، و آزادبخت، ن.، و حسینی، س.، و ترهنده، ا.، ۱۳۹۱. مطالعه ژئوشیمیایی و تاثیر کانی ماتریکس بر پتانسیل سنگ های منشا احتمالی میدان نفتی دارخوین واقع در دشت آبادان. زمین شناسی نفت ایران، ۳(۳)، ۱۳۵-۱۱۷.
- [۴] علیزاده، ب.، همیشه، ح.، زراسوندی، ع. و رشیدی، م.، ۱۳۹۵، مطالعه ایزوتوپی نفت مخازن گروه بنگستان در برخی از میداین دشت آبادان، جنوب غرب ایران. مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته، ۲، تابستان ۹۵.
- [۵] محسنی، ح.، اسفندیاری، م. و کاوسی، م.، ۱۳۹۴، فرآیندهای دیاژنزی و چینشنگاری سکانسی سازند فهلیان در میدان نفتی یادآوران (کوشک و حسینیه) در فروفاتدگی دزفول شمالی، نشریه علمی-پژوهشی رخساره های رسوبی، پاییز و زمستان ۱۳۹۴، شماره ۸، صفحه ۲۵۵-۲۳۶.
- [۶] حقی پور ۱۳۵۸، شرح نقشه زمین شناسی زاگرس، مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰۰ گزارش شماره A3، صفحه ۵۸.
- [۷] طاهری نژاد، م.، آسمانی، م. و ربانی، ا. ر.، ۱۳۹۵، طبقه بندی ژنتیکی نفت های میداین شرق خلیج فارس با استفاده از طیف سنجی مادون قرمز نمونه های آسفالتین. نشریه علمی-پژوهشی زمین شناسی نفت ایران. سال ششم، شماره ۱۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۵، صفحه ۶۰-۷۹.
- [۸] باسره، ف.، طاهری نژاد، م.، ربانی، ا. ر. و آسمانی، م.، ۱۳۹۵، مطالعه طیف سنجی مادون قرمز نمونه های آسفالتین استخراج شده از نفت خام میداین خلیج فارس. سومین کنفرانس بین المللی نوآوری های اخیر در شیمی و مهندسی شیمی. ۱۸ شهریورماه ۹۵ تهران.
- [۹] مطیعی، ه.، ۱۳۷۲، زمین شناسی ایران-زمین شناسی نفت زاگرس: سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کشور، صفحه ۵۷۲.
- [۱۰] مطیعی، ه.، ۱۳۷۴، زمین شناسی نفت زاگرس، سازمان زمین شناسی کشور، چاپ نخست، صفحه ۵۸۹.
- [11] AERMANYER, P., REBUFA, C., KISTER, J., 2007, Reservoir compartmentalization assessment by using FTIR spectroscopy: *Journal of Petroleum Science and Engineering*, **58**. 464-471.

- [12] BELLINY, M., CATACCINI, E., NATALE, D.P., DI LONARDO G., FUSINA L. and INGUSCIO M., 1995, Coherent FTIR spectroscopy of molecules of atmospheric interest: *Infrared Physics & Technology*, **36**, 37-44.
- [13] CHRISTY, A.A., HOPLAND, A.L., BARTH, T., KVALHEIM, O.M., 1989, Quantitative determination of thermal maturity in sedimentary organic matter by diffuse reflectance infrared spectroscopy of asphaltene: *Organic Geochemistry*, **14**, 77– 81.
- [14] DAVIS, J. C., 1986, Statistics and data analysis in geology: *John Wiley & Sons Inc New York*, 646p
- [15] DOUMENQ, P., GIULIANO, M., MILLE, G., KISTER, J., 1991, Approche méthodologique directe et continue du processus d'oxydation des bitumes par spectroscopie infrarouge à Transformée de Fourier: *Analytica Chimica Acta*, **242**, 137–141.
- [16] GIULIANO, M., MILLE, G., KISTER, J., MULLER, J.F., 1988, Etude des spectres IRTF de charbon français déminéralisés ET de leurs macéraux: *Journal de Chimie Physique*, **85**, 963–970.
- [17] HWANG, R. J., AHMED, A. S., MOLDOWAN, J. M., 1994, Oil composition variation and reservoir continuity: Unity field, Sudan: *Organic Geochemistry*, **21**: 171–88.
- [18] Hwang, R. J., Baskin, D. K., 1994, Characterizing the Greater Burgan Field: Use of Geochemistry and Oil Fingerprinting: *Pet Geosci Geo*, 94(2), 529–41.
- [19] MAYO, D.W., MILLER, F. A., and HANNAH, R. W., 2004, Course notes on the interpretation of infrared and Raman spectra: *Wily Online Library*.
- [20] M KHANMOHAMMADI, M. R., BAGHERI GARMARUDI, A., 2012, Characterization of petroleum-based products by infrared spectroscopy and chemometrics: *Trends in Analytical Chemistry*, **35**.
- [21] MOSCHOPEDIS, S.E., PARKASH, S., and SPEIGHT, J., 1979, Thermal decomposition of asphaltene: *Fuel*, **57**, 431-434.
- [22] NOSRATI, K., DERFISHI, K. H., GHAREHCHAHI, S., RAHIMI, K. H., 2011, Surface water quality assessment of the Haraz-Ghareh souz basin using multivariate statistical techniques: *Knowledge of Earth science*, **2(5)**, 41-55.
- [23] PAVIA, D.L., LAMPAMAN, G. M., KRIZ, G. S., and VYVYAN, J. A., 2008, Introduction to spectroscopy: *Cengage Learning*.
- [24] PELET, R., BEHAR, F., and MONIN, J. C., 1986, Resins and asphaltene in the generation and migration of petroleum: *Organic Geochemistry*, **10(1)**, 481-498.
- [25] PIERI, N., PLANCHE, J.P., KISTER, J., 1996, Caractérisation structurale des bitumes routiers par IRTF et Fluorescence UV en mode excitation émission synchrones: *Analysis*, **24**, 113–122.
- [26] PERMANYER, A., DOUIFI, DUPUY, N., LAHCINI, A., KISTER, J., 2005, FTIR and SUVF spectroscopy as an alternative method in reservoir studies. Application to Western Mediterranean oils: *Fuel*, **84**, 159–168.
- [27] PERMANYER, D. A., AZEVEDO, C., RÉBUFA, J., KISTER, Y F.T.T., 2005, Characterization of Brazilian oils by FTIR and SUVF spectroscopy. A comparison with GC/MS results: *Geogaceta*, **38**, 139-141.
- [28] PERMANYER, A., DOUIFI, L., LAHCINI, A., LAMONTAGNE, J., KISTER, K., 2002a, FTIR and SUVF spectroscopy applied to reservoir compartmentalization: a comparative study with gas chromatography fingerprints results: *Fuel*, **81 (7)**, 861–866 .
- [29] PERMANYER, A., DOUIFI, L., ALBERDI, M., REBUFFA, C., KISTER, J., 2002b, Reservoir compartmentalization and oil maturity determined by FTIR: *Proceedings of 8th Latin-American Congress on Organic Geochemistry*, 111–114.
- [30] PETERS, K. E., and FOWLER, M. G., 2002, Applications of petroleum geochemistry to exploration and reservoir management: *Organic Geochemistry*, **33(1)**, 5-36.
- [31] ROUESSAC, F. and ROUESSAC, A., 2013, Chemical analysis: modern instrumentation methods and techniques: *John Wiley & Sons*.

- [32] SAADATINEJAD, M. R. and SARKARINEJAD, K., 2011, Application of the spectral decomposition technique for characterizing reservoir extensional system in the Abadan Plain, southwestern Iran: *Marine and Petroleum Geology*, **28(6)**, 1205-1217.
- [33] SHRESTHA, S. and KAZAMA F., 2007, Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan: *Jurnal of Environmental Modeling & Software*, **22(4)**, 464-475.
- [34] STAT SOFT INC, 2004, STATISTICA (Data Analysis Software System), Version 6.
- [35] USUNOFF, E. J., GUZMA, N., GHUZMA, N. A., 1989, Multivariate analysis in hydrochemistry: an example of the use of factor and correspondence analyses: *Ground Water*, **27(1)**, 27-34.
- [36] BETINA, P.O., LOVATTI, A., SAMANTHA R., NATALIA, D. E., PORTELA, A., CRISTINA M.S., 2019, Identification of petroleum profiles by infrared spectroscopy and chemometrics: *Fule*, **254**, 123-134.
- [37] Mariana, K., Francine D., Gabriely S., 2021, a review of chemometrics models to predict crude oil properties from nuclear magnetic resonances and infrared spectroscopy: *Fule*, **303**. 98-112.
- [38] PINHEIRO, D., GARCIA, J., CARASCHI, C., VENTORIM, G., 2019, Assessment of plant biomass for pellet production using multivariate statistics (PCA and HCA): *Renewable Energy*, **139**,796-805.
- [39] VICTOR, H. DOS SANTOS, J.M., Z. PESTANA, V., FREITAS, J., F. RODRIGUES, L., 2018, A preliminary study on traceability of biodiesel mixtures based on the raw materials profiles from Brazilian regions and fourier transform infrared spectroscopy (FTIR): *Vibrational spectroscopy*, **99**, 113-123.

آنالیز رخساره‌ای، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند قم در ناحیه نراق

اسماء آفتابی آرائی^۱، علیرضا عاشوری*^۲، جهانبخش دانشیان^۳، عباس قادری^۴، محمدرضا آریانسب^۵

۱- دانشجوی دکتری چینه‌نگاری و دیرینه‌شناسی، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

۲- استاد، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

۳- دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه خوارزمی تهران، ایران

۴- استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

۵- رئیس بخش چینه‌شناسی اداره مطالعات و تحقیقات، مدیریت اکتشاف نفت، تهران، ایران

*ashouri@um.ac.ir

دریافت آذر ماه ۱۳۹۹، پذیرش اردیبهشت ماه ۱۴۰۰

چکیده

برش نراق در جنوب حوضه رسوبی قم در ایران مرکزی واقع شده است. مطالعه ویژگی‌های ریزرخساره‌ای، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند قم در این محدوده به درک وضعیت حوضه رسوبی قم در ایران مرکزی کمک قابل توجهی می‌کند. در این مطالعه ۱۱۱ نمونه از رسوبات سازند قم در برش نراق (شمال غرب شهر نراق) با ضخامت ۲۵۵ متر مورد بررسی قرار گرفته است. مطالعات میکروسکوپی و شواهد صحرایی در این برش منجر به شناسایی ۶ ریزرخساره در بخش کربناته سازند قم متعلق به کمرندهای رخساره‌ای لاگون، ریف و شیب پلانفرم شد که بیانگر تنشست این سازند در یک پلانفرم کربناته از نوع شلف باز می‌باشد. در این مدل، مارن‌های تشکیل‌دهنده عضو b سازند قم نشان‌دهنده عمق نسبی بیشتری است. همچنین مطالعات چینه‌نگاری سکانسی نشان می‌دهد که برش نراق شامل سه سکانس رسوبی رده سوم، سه مرز سکانسی از نوع اول و یک مرز سکانسی از نوع دوم است. مقایسه منحنی تغییرات نسبی سطح آب دریا در این منطقه با منحنی تغییرات جهانی سطح آب دریا در مرزهای سکانسی زیرین و بالایی سازند قم و مرز الیگوسن-میوسن، انطباق قابل قبولی را نشان می‌دهد.

کلمات کلیدی: ریزرخساره، محیط رسوبی، چینه‌نگاری سکانسی، سازند قم، نراق.

۱- مقدمه

سازند قم به‌عنوان یک واحد سنگی پیچیده از لحاظ سن، ترکیب سنگ‌شناسی، ویژگی‌های ریزرخساره‌ای و در برخی نواحی خصوصیات سنگ‌رخساره و ضخامت، بسیار متفاوت و متنوع به‌شمار می‌آید. علیرغم اینکه سازند قم به‌عنوان رسوبات یک حوضه رسوب‌گذاری کم‌عمق شناخته می‌شود اما واقعیت آن است که همیشه این دریا کم‌عمق نیست و حتی از عمق قابل ملاحظه‌ای نیز برخوردار است. همین پیچیدگی سازند قم باعث شده که عضوهای تعریف شده در ناحیه الگو و برخی نواحی همجوار آن قابل ردیابی بوده و در بسیاری از نقاط، شناسایی واحدها امکان‌پذیر نباشد. تغییرات ضخامت و رخساره در بخش‌های مختلف این سازند، در مناطق مختلف می‌تواند حاکی از تکتونیک فعال حوضه و در نتیجه پیش‌روی‌ها و پس‌روی‌های متعدد باشد [۴].

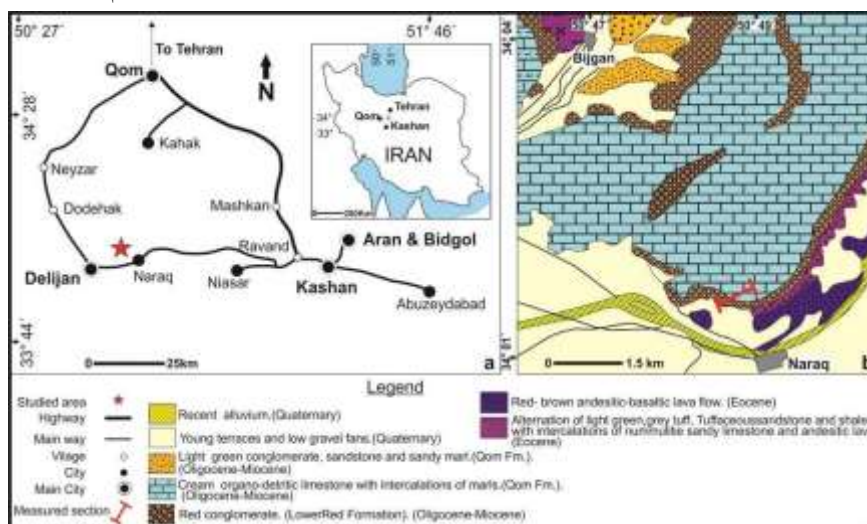
بررسی ریزرخساره‌ها کمک قابل توجهی به بازسازی شرایط حاکم بر رسوب‌گذاری واحدهای رسوبی می‌نماید. بررسی رخساره‌ها و محیط رسوبی سازند قم نشان می‌دهد که این سازند در سیستم‌های رسوبی گوناگونی نهشته شده است. به‌عقیده رحیم‌زاده [۶] به‌طور کلی رخساره‌های سازند قم را می‌توان در چهار دسته رخساره رودخانه‌ای - دلتایی، رخساره سکوی کربناتی - تبخیری، رخساره سرایش حاشیه سکوی کربناتی و رخساره منطقه عمیق تقسیم نمود. به‌عقیده وی احتمالاً ناپدید شدن دریای قم نتیجه افت جهانی سطح آب دریاها، عملکرد حرکات کوه‌زایی و یا تأثیر همزمان هر دو بوده است. از جمله اولین مطالعات انجام شده بر روی سازند قم مواردی نظیر [۵۹]، [۵۴]، [۲۰]، [۵۶]، [۱۴]، [۲۱] و [۲۲] است. دامنه مطالعات قرن اخیر صورت گرفته بر روی سازند قم بسیار متنوع و گسترده است. از جمله مهمترین تحقیقات اخیر انجام شده در زمینه ریزرخساره و چینه‌نگاری سکانسی می‌توان به مطالعات [۴۲]، [۸]، [۵]، [۶۲]، [۳۶]، [۴۹]، [۵۱]، [۳۹]، [۱۱]، [۴۱] و [۳۸] اشاره کرد. اهداف این مطالعه بررسی ویژگی‌های رخساره‌ای، تعیین محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند قم در برش چینه‌نگاری نراق است.

۲- زمین‌شناسی عمومی

برش مورد مطالعه از لحاظ تقسیمات زمین‌شناسی در غرب حوضه ایران مرکزی واقع شده است [۵۷]. براساس [۴۹] واحدهای تکتونیک ایران مرکزی طی فرورانش و برخورد نهایی صفحه آفریقا- عربستان با ایران که از زمان مزوزوئیک آغاز شده ایجاد شده‌اند [۱۳]. یکی از آثار مهم برخورد این صفحات بسته‌شدن اقیانوس تتیس در طی زمان میوسن و تشکیل حوضه‌های پیش‌کمان (اصفهان- سیرجان) و پشت‌کمان (حوضه قم) در صفحه ایران و حاشیه شمال‌شرقی دریای تتیس است. این حوضه‌ها توسط یک سیستم کمان آتشفشانی که در زمان ائوسن توسعه یافته از هم جدا شده‌اند [۵۵]. در هر دو حوضه رسوب‌گذاری دریایی سازند قم در الیگوسن آغاز شده و تا میوسن پیشین تداوم داشته است [۳۰]، [۴۵]، [۴۶]، [۴۷]. در الیگوسن پیشین، حوضه پیش‌کمان با پیش‌روی دریای قم به زیر آب رفته در حالی که در حوضه پس‌کمان، محیط دریایی تا ابتدای الیگوسن پسین وجود نداشته است. پس از آن، در هر دو حوضه در سرتاسر الیگوسن پسین شرایط نرمال دریایی حاکم شده است. رویتر و همکاران [۴۹] ته‌نشست‌های سازند قم را نشانگر آخرین پیش‌روی دریا در ایران مرکزی می‌دانند. همچنین آقانباتی [۱] نیز بیان می‌دارد که زمان پیش‌روی و پس‌روی دریای مورد نظر در همه‌جا یکسان هم‌زمان نیست. در بعضی نقاط این پیش‌روی در روپلین و در بعضی نقاط تا بوردیگالین بوده به‌طوری که ضخامت نهشته‌های سازند قم در بخش‌های مختلف ایران مرکزی متفاوت است.

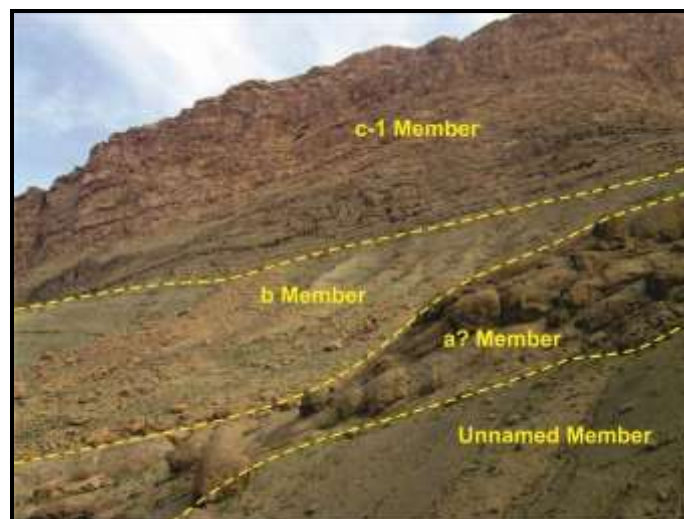
۳- محدودۀ مورد مطالعه

به منظور بررسی ریزرخساره، تعیین محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانشی سازند قم برش چینه‌نگاری نراق در شمال غرب نراق و شمال شرق دلیجان با مختصات جغرافیایی $50^{\circ}49'42''$ طول شرقی و $34^{\circ}01'22''$ عرض شمالی برای مطالعه انتخاب شد. دسترسی به برش مورد مطالعه از طریق بزرگراه قم - کاشان و جاده دلیجان امکان پذیر است. این برش چینه‌نگاری با ۲۵۵ متر ضخامت به طور عمده شامل کنگلومرا، ماسه سنگ آهکی، سنگ آهک ماسه‌ای، مارن، سنگ آهک رسی و سنگ آهک صخره‌ساز است (شکل ۱- a, b). سازند قم در این برش با ناپوستگی فرسایشی بر روی سازند قرمز زیرین قرار گرفته و در انتها توسط آبرفت‌های کواترنری پوشیده شده است. در این برش با توجه به ویژگی‌های سنگ‌شناسی، تفکیک عضوهای بی‌نام (با ضخامت ۱۵ متر، شامل کنگلومرا، ماسه سنگ آهکی و سنگ آهک ماسه‌ای)، عضو a? (با ضخامت ۱۸ متر، شامل ماسه سنگ آهکی، ماسه سنگ و کنگلومرا)، عضو b (با ضخامت ۵۵ متر، شامل مارن، سنگ آهک، ماسه سنگ آهکی و سنگ آهک رسی) و عضو c-1 (با ضخامت ۱۶۷ متر، شامل سنگ آهک ریفی صخره‌ساز) سازند قم صورت گرفت (شکل ۲).



شکل ۱) a موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به برش چینه‌نگاری نراق (برگرفته از [۶۴]؛ با اندکی تغییرات). b نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد

مطالعه در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی کهک [۲۴] همراه با تغییرات.



شکل ۲) مرز عضو بی‌نام و عضوهای a?, b و c-1 سازند قم در برش چینه‌نگاری نراق (دید به سمت شمال غرب).

۴- مواد و روش‌ها

اطلاعات برش مورد مطالعه، نمونه‌برداری و بررسی‌های صحرایی با همکاری کارشناسان مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران انجام شده است. با توجه به ویژگی‌ها و تغییرات سنگ‌شناسی نمونه‌برداری با فواصل تقریباً ۲ متری و به صورت سیستماتیک انجام شده است. تعداد نمونه‌های برداشت شده از ۲۵۵ متر ضخامت نهشته‌های سازند قم در برش نراق، ۱۱۱ نمونه، شامل ۲۴ نمونه نرم و ۸۷ نمونه سخت می‌باشد (موقعیت نمونه‌ها در شکل ۳ نشان داده شده است). نمونه‌ها در آزمایشگاه و با روش‌های استاندارد و معمول آماده‌سازی شدند. در این برش تعیین رخساره‌ها، براساس مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی مشخص و پس از آن توصیف تغییرات جانبی رخساره‌ها با هدف مشخص کردن محیط رسوبی (اعم از رمپ یا شلف) انجام شده است. لازم به ذکر است در نام‌گذاری سنگ‌های کربناته از طبقه‌بندی دانهام [۱۵] و سنگ‌های آواری از طبقه‌بندی فولک [۱۹] استفاده شد. تفسیر ریزرخساره‌ها، کمربندهای رخساره‌ای و تعیین محیط رسوبی با استفاده از روش‌های مطالعاتی فولکل [۱۸] صورت گرفت. همچنین جهت مطالعات چینه‌نگاری سکانسی، تفکیک سیستم‌ترکت‌ها و سطوح سکانسی از الگوی هانت و تاکر [۳۳] و [۳۴] استفاده شد.

۵- بحث و نتایج

۵-۱- زیست‌چینه‌نگاری برش مورد مطالعه

بررسی تعداد ۱۱۱ نمونه برداشت شده از برش مورد مطالعه منجر به شناسایی ۵۸ جنس و ۸۱ گونه از روزن‌داران (۶ جنس و ۱۱ گونه از روزن‌داران پلانکتیک و ۵۲ جنس و ۷۱ گونه از روزن‌داران بتتیک) گردید. با توجه به گسترش و پراکندگی روزن‌داران در نهشته‌های سازند قم در برش نراق، دو زیست‌زون تجمعی معادل بیوزوناسیون آدامز و بورژوا [۱۰] تشخیص داده شد. زیست‌زون تجمعی ۱: از قاعده برش تا ضخامت ۳۳ متری معادل زیست‌زون تجمعی *Eulepidina - Nephrolepidina - Nummulites Assemblage Zone* با سن الیگوسن (روپلین- شاتین) و روزن‌داران مشاهده شده در این زیست‌زون تجمعی به شرح ذیل می‌باشد:

Nummulites vascus, Nummulites intermedius-fichteli group, Spiroloculina spp., Heterolepa sp., Planorbulina spp., Neorotalia viennotti, Heterostegina spp., Amphistegina spp., Asterigerina rotula, Nephrolepidina spp., Cibicides spp., Textularia spp., Triloculina spp., Quinqueloculina spp., Eulepidina spp., Valvulina spp., Discorbis spp., Lenticulina inornate, Bolivina spp., Nonion commune, Heterolepa dutemplei.

زیست‌زون تجمعی ۲: از ۳۳ متری قاعده برش تا انتهای برش با ضخامت ۲۲۲ متر، معادل زیست‌زون تجمعی *Miogypsinoidea - Archaias - Valvulinid Assemblage Zone* آدامز و بورژوا [۱۰] با سن میوسن پیشین (اکیتانین) است (موقعیت زیست‌زون‌های تجمعی برش مورد مطالعه در شکل ۳ نشان داده شده است). روزن‌داران مشاهده شده در این زیست‌زون تجمعی به شرح زیر می‌باشد:

Bigenerina spp., Cibicides lobatulus, Lagena simplex, Nodosaria spp., Globigerina praebulloides, Planularia spp., Nonionella hantkeni, Uvigerina semiornata, Fursenkoina acuta, Lagena striata, Lagena sp., Cibicides angerianus, Dentalina elegans, Uvigerina pygmoidea, Saracenaria sp., Textularia mariae, Guttulina problema, Gyroidina soldanii, Globigerinoides triloba, Globigerinella obesa, Globigerinoides immaturus, Globoquadrina dehiscens, Quinqueloculina buchiana, Bolivina marginata multicostata, Quinqueloculina peregrina, Paragloborotalia nana, Paragloborotalia opima, Dentalina inornata, Catapsydrax dissimilis, Paragloborotalia mayeri, Textularia depardita, Pyrgo spp., Elphidium granosum, Uvigerina spp., Paragloborotalia siakensis, Quinqueloculina triangularis, Reussella spp., Glomospira spp., Pyrgo simplex, Brizalina spp., Miogypsinoidea spp., Paragloborotalia spp., Schlumbergerina sp., Neoepionides spp., Miogypsina sp., Glomospirella spp., Operculina complanata, Elphidium spp., Pseudolituonella reicheli, Haplophragmium spp., Valvulineria spp., Peneroplis evolutus, Sphaerogypsina globulus, Sherbornina spp., Borelis spp., Austrorillina asmariensis, Lenticulina spp., Dendritina rangi, Valvulina sp.1, Meandropsina iranica, Halkyardia sp., Spiroloculina spp., Heterolepa sp., Planorbulina spp., Neorotalia viennotti, Heterostegina

spp., *Amphistegina* spp., *Asterigerina rotula*, *Nephrolepidina* spp., *Cibicides* spp., *Textularia* spp., *Triloculina* spp., *Quinqueloculina* spp., *Eulepidina* spp., *Valvulina* spp., *Discorbis* spp., *Lenticulina inornate*, *Bolivina* spp., *Nonion commune*, *Heterolepa dutemplei*.

۵-۲- ریزرخساره^۱ و سنگرخساره‌های^۲ برش چینه‌نگاری نراق

براساس کمیت و نوع دانه‌های تشکیل‌دهنده (خرده‌های فسیلی، خرده‌سنگ و پلوئید)، سیمان و ماتریکس رخساره‌های رسوبات کربناته سازند قم تشخیص داده شده و تفکیک شده‌اند. ریزرخساره‌های شناسایی شده در بخش کربناته سازند قم، براساس مطالعات میکروسکوپی به سه کمر بند رخساره‌ای^۳ شامل لاگون^۴، رسوبات ریف^۵ و شیب پلات فرم^۶ تعلق دارند [۴۸]. ریزرخساره‌های شناسایی شده در بخش کربناته برش چینه‌نگاری نراق به ترتیب از کم عمق‌ترین کمر بند رخساره‌ای تا عمیق‌ترین کمر بند، به ترتیب نوشته و توصیف شده‌اند. پس از آن سنگرخساره‌های آواری (کنگلومر و ماسه‌سنگ)، رخساره مختلط (مارن) و رخساره هیبرید (ماسه‌سنگ هیبریدی) در این برش توصیف شده‌اند. نام ریزرخساره‌های برش نراق با حرف N، آغاز شده و بعد از این حرف، ریزرخساره‌های محیط لاگون با حرف L، محیط سد کربناته^۷ با حرف B و جلوی ریف یا دریای باز^۸ با حرف O مشخص شده است. در این مطالعه به منظور مطالعات چینه‌نگاری سکansı از میکروفسیل‌ها به عنوان شاخص‌های حساس محیطی در تعیین سیستم ترک‌ها و مرزهای سکansı استفاده شد. بنابراین در بررسی ریزرخساره‌ها درصد روزن‌داران پلانکتیک، روزن‌داران بتتیک (با پوسته‌های هیالین، پورسلانوز و آگلوتینه) و دیگر خرده‌های بیوژنیک از قبیل مرجان^۹، جلبک قرمز^{۱۰}، خارپوست^{۱۱}، دوکفه‌ای^{۱۲}، شکم‌پا^{۱۳} و بریوزوا^{۱۴} و همچنین درصد دانه‌های تخریبی به عنوان اجزای غیرزیستی در تمامی مقاطع سنگ‌های کربناته محاسبه شد و روند تغییرات عمودی هر یک از آلوکما در ستون چینه‌نگاری برش مورد مطالعه ترسیم گردید (شکل ۳).

الف: مجموعه ریزرخساره‌های پشت ریف (محیط لاگون) در برش چینه‌نگاری نراق

NL1: روزن‌داران لاگونی، روتالید پکستون / وکستون^{۱۵} این ریزرخساره در برش چینه‌نگاری نراق به صورت پکستون / وکستون همراه با روزن‌داران محیط لاگون و روتالید است. عناصر اصلی سازنده این ریزرخساره روزن‌داران با پوسته هیالین از خانواده روتالیدها و روزن‌داران با پوسته پورسلانوز از خانواده میلیولاسه است. همچنین خارپوست، جلبک قرمز و تکه‌هایی از کورولوم مرجان، دوکفه‌ای و بریوزوئر و روزن‌داران با پوسته آگلوتینه و شکم‌پا از عناصر فرعی تشکیل‌دهنده این ریزرخساره است (شکل ۴. الف - ب).

تفسیر: روزن‌داران با پوسته هیالین، آب‌های با شوری نرمال دریایی را برای زندگی ترجیح می‌دهند، ولی روزن‌داران با پوسته پورسلانوز (میلیولید) معمولاً در آب‌های کم‌عمق با کاهش گردش آب، اکسیژن و محیط با شوری بالا زندگی می‌کنند [۲۳]. حضور روزن‌داران بتتیک منفذدار و بدون منفذ در این رخساره در کنار یکدیگر بیانگر رسوب‌گذاری آن در لاگون (محیط‌های کم‌عمق و نیمه‌محصور) است [۲۳]، [۵۰]. مجموعه روزن‌دارانی که در آنها میلیولیدها غالب هستند نشانه شوری بالا است

¹ Microfacies	
² Petrofacies	
³ Facies belt	
⁴ Lagoon	
⁵ Reef sediments	
⁶ Slope	
⁷ Bar	
⁸ Open marine	
⁹ Coral	
¹ Red algae	0
¹ Echinoderm	1
¹ Placypoda	2
¹ Gastropoda	3
¹ Bryozoa	4
¹ Lagoonal Foraminiferal Rotalid Packstone / Wackestone	

[۲۳]. اندازه روزن‌داران با پوسته هیالین در محیط لاگون کوچک‌تر از اندازه این روزن‌داران در محیط دریای باز است. با توجه به حضور روزن‌داران با پوسته پورسلانوز محیط لاگون و اجزای کنده‌شده از محیط ریف (تکه‌های مرجان و جلبک قرمز) در ریزرخساره NL1، می‌توان گفت این ریزرخساره به کمربند رخساره‌ای شماره ۷ (لاگون دریای باز) تعلق داشته و هم‌ارز ریزرخساره استاندارد شماره ۱۰ فلوگل می‌باشد.

NL2: بیوکلاست وکستون / پکستون^۳؛ این ریزرخساره شامل بیوکلاست وکستون / پکستون همراه با آثاری از مرجان، جلبک قرمز، بریوزوئر و خارپوست است. به‌طور عمده این ریزرخساره حاوی روزن‌داران محیط لاگون (روزن‌داران روخوانواده میلیولاسه)، جلبک قرمز و مرجان است و عناصر فرعی سازنده این ریزرخساره شامل شکم‌پا، بریوزوئر و خارپوست است. در برخی از مقاطع این ریزرخساره ذرات تخریبی کوارتز کمتر از ۵ درصد وجود دارد (شکل ۴. ج - د).
تفسیر: حضور فراوان روزن‌داران با دیواره پورسلانوز (میلیولیدا) بیانگر محیط‌های خیلی کم‌عمق کم‌شور تا فوق‌شور با آشفستگی کم و گل فراوان است [۲۳]، [۵۰]. این ریزرخساره براساس ریزرخساره‌های استاندارد ارائه شده ویلسون و فلوگل نشان‌دهنده محیط لاگون است. وجود میلیولید و شکم‌پا به‌صورت پراکنده، خرده دوکفه‌ای و دانه‌های پراکنده کوارتز و همچنین نبود شواهد خروج از آب مانند ترک گلی و ساختمان‌های چشم‌پرنده‌ای بیانگر نهشته شدن این ریزرخساره در محیط لاگون است [۶۳]. با توجه به حضور قطعات متعلق به محیط پرانرژی (خارپوست، جلبک قرمز و تکه‌های کنده شده از کلونی مرجان) در زمینه میکرایتی همراه با روزن‌داران محیط لاگون در ریزرخساره NL2 می‌توان گفت که این ریزرخساره معرف بخش‌های جلوتر (نزدیک‌تر به سد) کمربند رخساره‌ای شماره ۷ (لاگون دریای باز) و هم‌ارز ریزرخساره استاندارد شماره ۱۰، در طبقه‌بندی فلوگل است.

NL3: بیوکلاستیک، پلوئید پکستون / وکستون^۴؛ این ریزرخساره شامل پکستون تا وکستون، حاوی قطعات فسیلی و پلوئید است. عمده قطعات فسیلی تشکیل‌دهنده این ریزرخساره جلبک قرمز خردشده و سالم است. استراکد، بریوزوئر، دوکفه‌ای، مرجان، خارپوست، روزن‌داران لاگونی نظیر *Quinqueloculina*, *Massilina*, *Pyrgo*, *Borelis*, *Spiroloculina* و برخی روزن‌داران با پوسته هیالین در محیط کم‌عمق نظیر *Rotalia* از دیگر عناصر تشکیل‌دهنده این ریزرخساره می‌باشند. همچنین از اجزای غیراسکلتی تشکیل‌دهنده این ریزرخساره پلوئید است که میزان آن در برخی مقاطع به بیشتر از ۱۰ درصد می‌رسد (شکل ۴. ذ - ر).

تفسیر: وجود قطعات خردشده موجودات ریف‌ساز نظیر جلبک و بریوزوئر، حضور پلت‌های دفعی و تنوع رخساره‌های اسکلتی می‌تواند بیانگر ته‌نشست آن در یک محیط پلاتفرم درونی نزدیک ریف باشد. همچنین پلوئیدها در محیط‌های مختلف جزرومدی، لاگون و در آب‌های عمیق یافت می‌شود [۱۸]، [۶۰]. ریزرخساره NL3 معرف کمربند رخساره‌ای شماره ۷ (لاگون دریای باز) و ریزرخساره استاندارد شماره ۹؛ در طبقه‌بندی فلوگل [۱۸] است.

ب: مجموعه ریزرخساره‌های سدی در برش چینه‌نگاری نراق

NB1: باندستون مرجانی^۵؛ این ریزرخساره در برش نراق به‌طور عمده حاوی مرجان همراه با میزان بسیار کم بریوزوئر، جلبک قرمز و روزن‌داران با پوسته پورسلانوز به تله‌افتاده می‌باشد. مرجان‌های سازنده این باندستون چهارچوب ارگانیکی را

¹ Open marine lagoon

² SMF10

³ Bioclast Wackestone / Packstone

⁴ Bioclastic, Peloid Packstone to Wackestone

⁵ SMF9

⁶ Coral Boundstone

ایجاد کرده‌اند که در برخی مقاطع فضای خالی درون چارچوب مرجان‌ها توسط فسفات یا کلسیت پر شده‌اند. در این ریزرخساره پدیده تخلخل حاصل از رشد مرجان‌ها ایجاد شده که از جمله تخلخل‌های اولیه است (شکل ۴. ز).

تفسیر: مرجان‌ها در شرایط آب و هوای گرمسیری تا نیمه‌گرمسیری و کمبود مواد مغذی (الیگوتروفیک) غالب می‌گردند [۲۵]. براساس ریزرخساره‌های استاندارد ارائه شده توسط ویلسون و فلوگل این ریزرخساره متعلق به محیط ریف است. در مورد کارکرد این سد کربناته در برش نراق، به‌عنوان یک سد کامل یا تکه‌ای می‌توان بیان کرد که به‌دلیل اختلاط روزن‌داران محیط شیب کربناته با روزن‌داران محیط لاگون در محیط لاگونی پشت این ریزرخساره می‌توان گفت که ریف‌های مرجانی به‌صورت تکه‌ای^۱ بوده و نتوانسته به‌صورت یک سد کامل مابین دریای باز و محیط لاگون عمل کرده باشد. ریزرخساره NB1 متعلق به کمر بند رخساره‌ای شماره ۵ و ریزرخساره استاندارد شماره ۷ فلوگل است.

NB2: باندستون جلبک قرمز: این ریزرخساره در برش چینه‌نگاری نراق به‌صورت باندستون حاوی ۹۰ درصد جلبک قرمز است. مهمترین جلبک‌های قرمز کورالین سازنده این ریزرخساره *Lithophyllum* است که از لایه‌های خمیده و منحنی‌شکل تشکیل شده است. که به‌عنوان چارچوب اصلی سازنده این ریزرخساره در نظر گرفته می‌شود. در این ریزرخساره کلنی‌های جلبک قرمز همراه با خطوط رشد کاملاً مشهود است (شکل ۴. س).

تفسیر: تجمع جلبک قرمز کورالیناسه آ براساس فلوگل [۱۸] مؤید محیطی با نور کافی و انرژی نسبتاً زیاد محیط (گردش متوسط تا بالای آب) است. براساس ریزرخساره‌های استاندارد ارائه شده توسط ویلسون و فلوگل این ریزرخساره متعلق به محیط ریف است. جلبک قرمز کورالیناسه آ با وجود وابسته بودن به نور می‌تواند در شرایط الیگوتروفیک نیز زندگی کند و در آب‌های با نفوذ کم‌نور نیز به فراوانی دیده می‌شود. پوسته‌گذاری تجمعات جلبکی در طی یک سنگ‌شدگی زود هنگام باعث ایجاد ساختارهای نامنظم و مقاوم می‌شود [۴۲]. ریزرخساره NB2 متعلق به کمر بند رخساره‌ای شماره ۵ و ریزرخساره استاندارد شماره ۷ فلوگل است و نشان‌دهنده سد ریفی است.

ج: مجموعه ریزرخساره‌های دریای باز در برش چینه‌نگاری نراق:

NO1: بیوکلاستیک پکستون تا وکستون / فلوتستون به‌همراه خرده‌های تخریبی: این ریزرخساره به‌صورت پکستون تا وکستون و فلوتستون حاوی قطعات بزرگ ریفی نظیر خارپوست، مرجان، انواع جلبک قرمز و روزن‌داران محیط شیب کربناته در زمینه‌ای میکرایتی است. از محتوای اصلی این ریزرخساره در برش چینه‌نگاری نراق می‌توان به میکروفسیل‌هایی نظیر جلبک‌های قرمز *Lithothamnium* و *Lithophyllum*، بریوزوئر شامل *Onycoella* و *Tubucelaria*، مرجان، دوکفه‌ای، روزن‌داران پلانکتیک نظیر *Paragloborotalia mayeri*، *Globigerina praebolloides* و روزن‌داران بتیک با پوسته هیالین دریایی مربوط به شیب کربناته نظیر *Asterigerina*، *Miogypsina*، *Nummulites*، *Nephrolepidina*، *Amphistegina*، *Eulepidina*، *Operculina*، *Heterostegina* می‌باشد. عناصر فرعی سازنده این ریزرخساره روزن‌داران با پوسته آگلوتینه به‌صورت پراکنده در زمینه‌ای از گل‌آهکی می‌باشد. در این ریزرخساره در برخی مقاطع اندازه آلوکم‌ها بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر است. در این ریزرخساره خرده‌های آواری (نظیر کوارتز و به‌میزان کمتر خرده‌سنگ) نیز مشهود است (شکل ۴. ش).

تفسیر: طبق نظر هاتینگر [۳۱]، [۳۲]، [۴۳] و [۴۴] حضور گسترده روزن‌داران پهن و بزرگ نظیر *Lepidocyclinid*‌های کشیده که اغلب سالم و بدون شکستگی هستند و همچنین نومولیتیدها، نشان‌دهنده شوری نرمال اقیانوسی و قسمت‌های پایینی زون نوری و محیطی آرام و بدون تأثیر امواج در قسمت پایین زون نوری را نشان می‌دهد. روزن‌داران دارای پوسته‌های

¹ Patch reef

² SMF 7

³ Red algae Boundstone

⁴ Bioclastic Packstone to Wackestone/ Floatstone with lithoclast grains

پهن و بزرگ معمولاً برای نواحی پراثری نامناسبند و آشفستگی محیط باعث نابودی آنها می‌شود [۲۶]. با افزایش عمق به علت کاهش تحرک آب روزن‌داران تغییر شکل داده و دارای پوسته نازک‌تر می‌شوند رشد در این حالت کندتر و پوسته کشیده‌تر می‌شوند. با توجه به تجمع و فراوانی فونای اسکلتی دریای باز مانند لپیدوسیکلیناها و نومولیتیدهای پهن و بزرگ و کشیده محیط این ریزرخساره بخش‌های کم‌عمق‌تر دریای باز، بخش پایینی سرایش کربناته است [۲۳]. ریزرخساره NO1 متعلق به کمربند شیب کربناته (محیط اسلپ) و هم‌ارز ریزرخساره استاندارد شماره ۵ فلوگل است.

د: رخساره مختلط

رخساره مارن: در قسمت‌های ابتدایی برش چینه‌نگاری نراق (عضو b) ضخامت زیادی از مارن‌های سبز تا خاکستری دیده می‌شود (شکل ۴. ص). که حاوی روزن‌داران بتتیک و پلانکتیک هستند. نمونه‌های ایزوله به دست آمده از این رخساره شامل روزن‌داران پلانکتیک نظیر *Globigerina, Catapsydrax, Globigerinoides, Paragloborotalia* و روزن‌داران بتتیک با پوسته هیالین نظیر *Lenticulina, Cibicides, Uvigerina, Lagena, Bolivina, Nodosaria* است. در برخی نقاط در انتهای عضو b مارن‌ها کمی سیلتی شده‌اند.

تفسیر: حضور روزن‌داران پلانکتیک و روزن‌داران بتتیک کوچک بیانگر نهشته شدن این رخساره در محیطی کم انرژی و پایین‌تر از زون نوری دریای باز است [۲۳]، [۱۸]. در برش نراق، تناوب این رخساره با ریزرخساره‌های دریای باز و وجود روزن‌داران پلانکتیک و بتتیک مربوط به محیط شیب کربناته در آن، حاکی از تشکیل این رخساره در قسمت‌های نسبتاً عمیق دریای باز (اسلپ) است. بنابراین می‌توان گفت در این برش مارن‌های تشکیل‌دهنده عضو b سازند قم، با توجه به حضور نسبتاً قابل توجه روزن‌داران پلانکتیک همراه با روزن‌داران بتتیک با پوسته هیالین نشان‌دهنده عمق نسبی بیشتری است.

ز: سنگ‌رخساره هیبریدی

ماسه‌سنگ هیبریدی: این ماسه‌سنگ در برش نراق به صورت هیبرید آرنایت است که حاوی اجزای غیرتخریبی مانند کربنات کلسیم و روزن‌داران با پوسته آهک هیالین (*Nummulites, Nephrolepidina*) است که از درون حوضه رسوب‌گذاری سرچشمه گرفته‌اند و میزان آنها به حدود ۴۵٪ می‌رسد. بخش تخریبی آن نیز عمدتاً شامل خرده‌سنگ (چرت و ولکانیک) و کوارتز است از خارج از حوضه سرچشمه گرفته‌اند و میزان آنها به بیشتر از ۴۵٪ می‌رسد. اندازه دانه‌ها متغیر، زاویه دار و دارای گردشگی و جورشدگی بدی می‌باشند. این سنگ‌رخساره در عضوهای بی‌نام، a و b سازند قم در برش نراق دیده می‌شود (شکل ۴. ف-ق).

تفسیر: حضور همزمان دانه‌های کوارتز و رسوبات کربناته در محیط‌های دریایی به عوامل مانند تکتونیک، آب و هوا و نوسانات سطح آب دریا نسبت داده می‌شود [۴۰]. با توجه به حضور روزن‌داران محیط شیب کربناته نظیر *Nummulites, Nephrolepidina, Heterostegina* در بخش غیرتخریبی این سنگ‌رخساره در عضوهای بی‌نام و a سازند قم و با توجه به موقعیت قرارگیری این ماسه‌سنگ هیبریدی در عضوهای مذکور می‌توان گفت این سنگ‌رخساره در بخش‌های کم‌عمق دریای باز نهشته شده است. در رابطه با ماسه‌سنگ هیبریدی انتهایی عضو b سازند قم در این برش می‌توان عنوان کرد که به علت حضور روزن‌داران با پوسته پورسلانوز نظیر میلیولیده و پئروپلیده به نظر می‌رسد سنگ‌رخساره مذکور در این عضو در محیط لاگون تشکیل شده باشد.

^۱ SMF5

ر: سنگ‌رخساره‌های آواری^۱

کنگلومرال: این سنگ رخساره در بخش ابتدایی سازند قم در عضو بی‌نام و همچنین در انتهای عضو a سازند قم در برش نراق دیده می‌شود. کنگلومرای قاعده‌ای سازند قم به ضخامت ۶ متر و رنگ خاکستری، یک کنگلومرای پلی‌ژنتیک و دانه‌پشتیبان است که از قلوه‌سنگ‌های سازنده‌های پیشین و بیشتر از خرده‌سنگ‌های چرت، ولکانیک در زمینه‌ای با سیمان کربناته و دارای جلبک قرمز و فونای دریایی تشکیل شده است. اندازه دانه‌های تشکیل‌دهنده این کنگلومرال از اندازه بولدر تا گراول می‌باشد و اندازه دانه‌ها از قاعده به سمت بالا ریزشونده است. دانه‌های تشکیل‌دهنده آن دارای جورشدگی و گردشگی بدی می‌باشند که نشان‌دهنده مسافت کوتاه حمل و نقل و نزدیک بودن به ناحیه منشأ می‌باشد. این سنگ‌رخساره تخریبی در قاعده برش به‌عنوان کنگلومرای پیش‌رونده سازند قم است (شکل ۴. ن - و). کنگلومرای انتهایی عضو a سازند قم در این برش نیز یک کنگلومرای پلی‌ژنتیک دانه‌پشتیبان می‌باشد که از خرده‌سنگ‌های ولکانیکی و چرت تشکیل شده است. ضخامت این کنگلومرال در دو افق انتهایی حدود ۲ متر می‌باشد. اندازه دانه‌های آن در حد پیل، زاویه‌دار و با جورشدگی و گردشگی بد می‌باشند.

تفسیر: محیط تشکیل کنگلومرای پیش‌رونده قاعده سازند قم، با توجه به موقعیت قاعده‌ای، رنگ و وجود فونای دریایی در زمینه آن، این واحد سنگی به قاعده کانال نسبت داده می‌شود [۳۷]. در رابطه با کنگلومرای انتهایی عضو a سازند قم در برش نراق می‌توان گفت با توجه به شواهد رسوبات مارنی قاعده‌ای عضو b سازند قم به نظر می‌رسد دو افق کنگلومرایی انتهایی عضو a در ارتباط با پایین افتادن سطح نسبی آب دریا در حاشیه حوضه می‌باشد که باعث ورود مواد تخریبی شده و ته‌نشست آنها به فرآیندهای توریدایتی منتسب می‌باشد.

ماسه‌سنگ: لیت آرنایت؛ این سنگ‌رخساره به گروه لیتیک‌آرنایت‌ها تعلق دارد. درصد کوارتز در ماسه‌سنگ‌های عضو a سازند قم در برش نراق به حدود ۱۰ درصد، میزان فلدسپات کمتر از ۱۰ درصد و میزان خرده‌سنگ‌ها در آنها به بیشتر از ۴۰ درصد می‌رسد. عمده خرده‌سنگ‌های تشکیل‌دهنده این ماسه‌سنگ، آهکی، ولکانیکی و به میزان بیشتر چرت بوده به‌طوری که می‌توان این سنگ‌رخساره را چرت‌آرنایت نامگذاری نمود. از اجزای دیگر تشکیل‌دهنده این ماسه‌سنگ بیوتای دریایی است. سیمان اتصال‌دهنده اجزای ماسه‌سنگی از نوع کربناته است. این ماسه‌سنگ دارای جورشدگی و گردشگی بد می‌باشد. اندازه دانه‌ها در این رخساره نیز متغییر و زاویه‌دار می‌باشند (شکل ۴. ی).

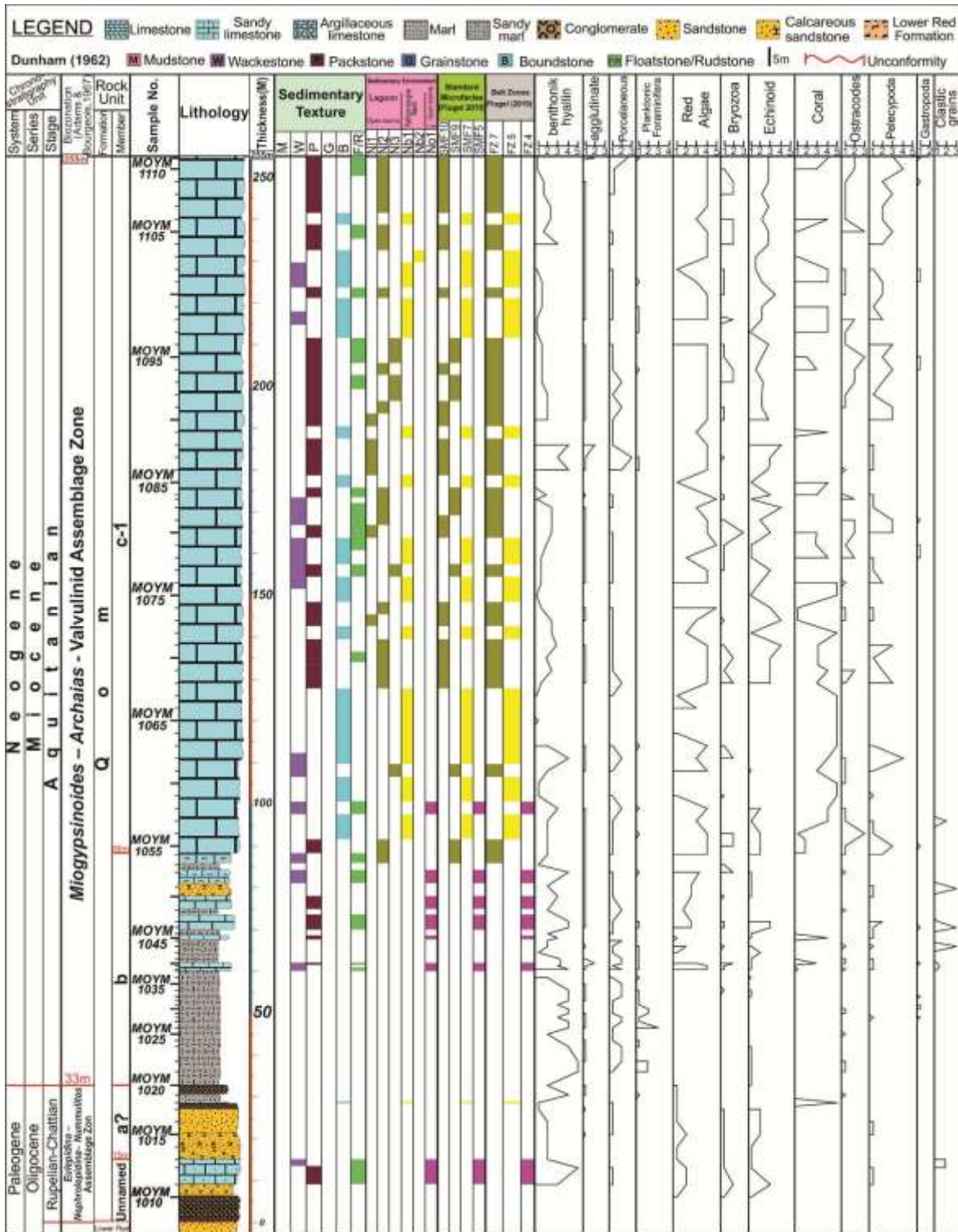
تفسیر: محیط تشکیل این ماسه‌سنگ با توجه به سیمان کلسیتی، وجود بیوتای دریایی و نشانه‌هایی از فاصله کم ناحیه منشأ تا محل رسوب‌گذاری به نظر می‌رسد جریان‌های توریدایتی می‌تواند در ته‌نشست آن تاثیرگذار باشد [۳۷]. وجود خرده‌های فیسیلی در بین دانه‌های سیلیسی - آواری، نشان‌دهنده وجود دوره‌های با جریان‌های انرژی بالا است [۳۵].

¹ Clastic facies

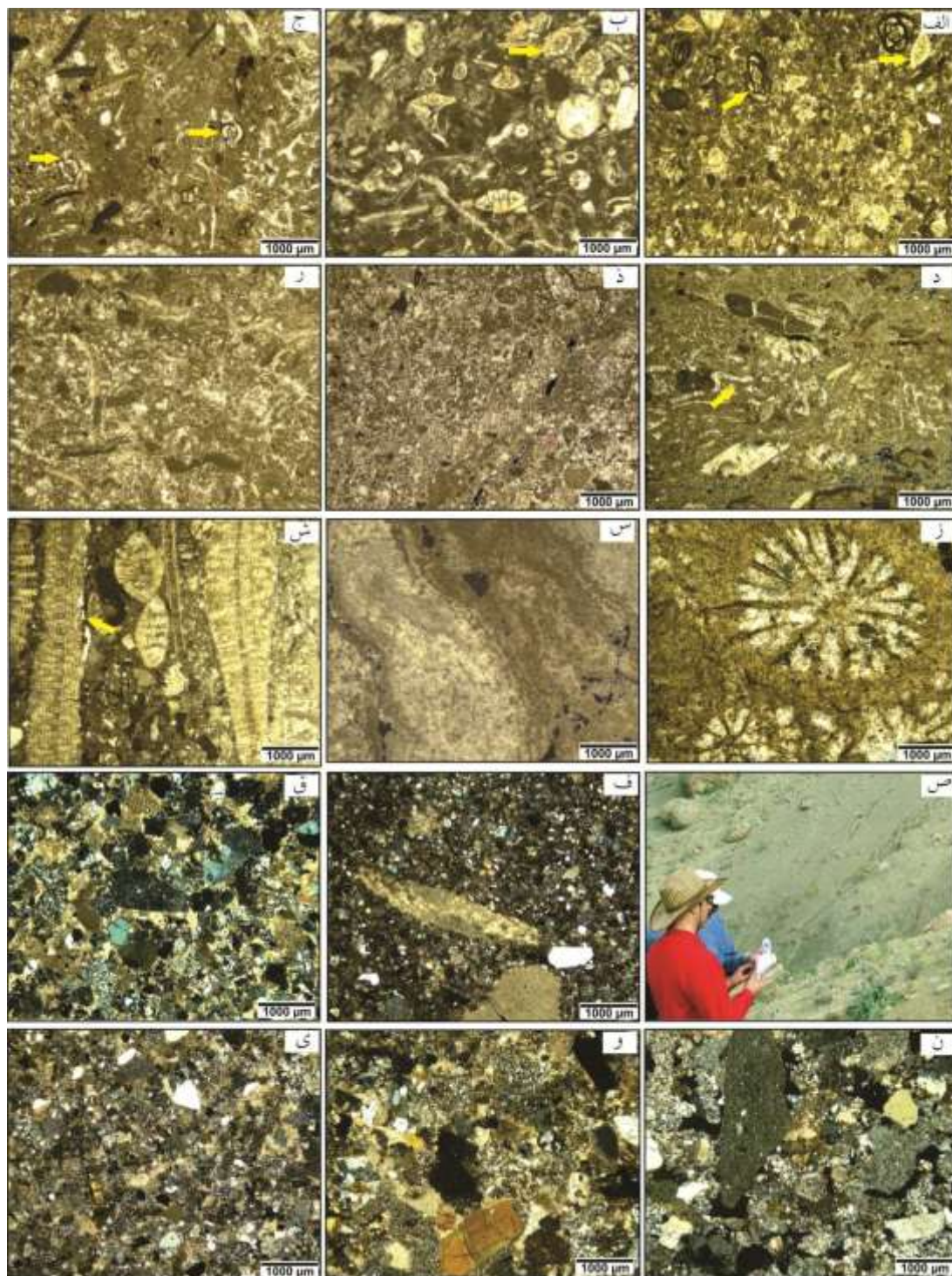
² Conglomerate

³ Sandstone

⁴ Litharenite



شکل ۳) تغییرات ریزرخساره‌ها، اجزای زیستی و زیست‌زون‌های تجمعی در طول سازند قم در برش چینه‌نگاری نراق.

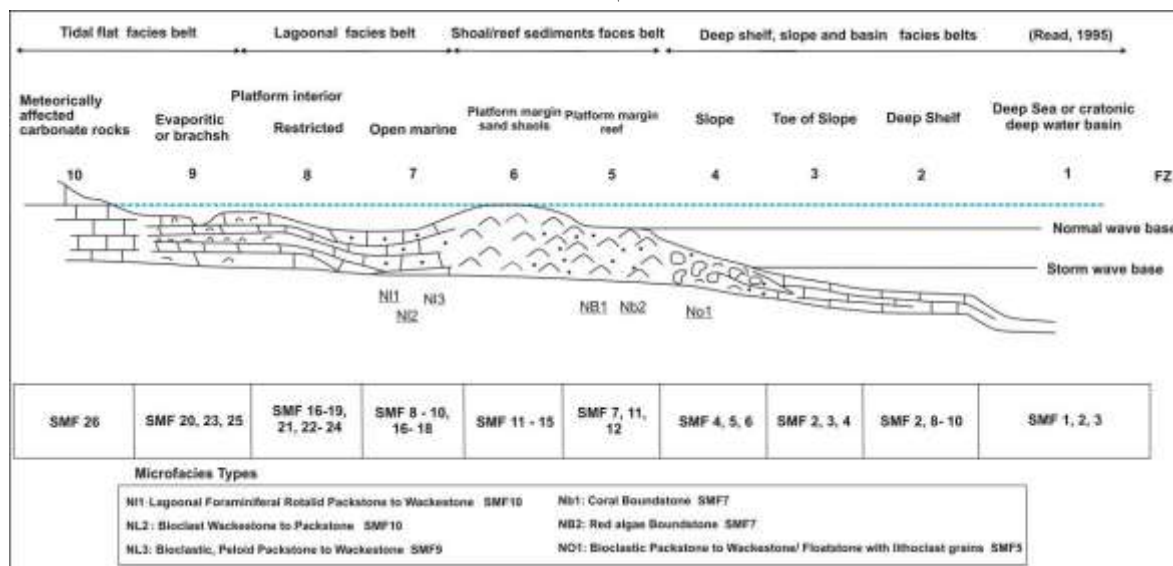


شکل ۴ (الف - ب) ریزرخساره روزن‌داران لاگونی، روتالید پکستون / وکستون (NL1) که در آن روتالیدها و روزن‌داران بتتیک میلیولیده با فلش مشخص شده است، ج - د) ریزرخساره بیوکلاست وکستون / پکستون (NL2) که در آن روزن‌داران بتتیک میلیولیده و بیوکلاست با فلش مشخص شده است، ذ - ر) ریزرخساره بیوکلاست، پلوئید پکستون / وکستون (NL3)، ز) ریزرخساره باندستون مرجانی (NB1)، س) ریزرخساره باندستون جلبک قرمز (NB2)، ش) ریزرخساره بیوکلاست پکستون تا وکستون / فلوتستون همراه خرده‌های تخریبی (NO1)، که در آن روزن‌دار بتتیک لپیدوسیکلین با فلش مشخص شده است، ص) رخساره مارن در عضو b سازند قم، ف - ق) سنگ‌رخساره ماسه‌سنگ هیبریدی در عضو a و b سازند قم، ن - و) سنگ‌رخساره کنگلومرا در عضو بی‌نام و عضو a سازند قم، ی) سنگ‌رخساره لیت‌آرنایت در عضو a سازند قم در برش چینه‌نگاری نراق (سنگ‌رخساره‌ها در نور پلاریزه می‌باشند).

۳-۵- مدل ته‌نشینی نهشته‌های سازند قم

از جمله مطالعاتی که در زمینه محیط رسوبی بر روی نهشته‌های سازند قم در ناحیه نراق صورت گرفته می‌توان به مطالعه منصوری و صفری [۹] در ۲۵ کیلومتری شمال‌شرق دلیجان اشاره کرد. که با تشخیص ۸ ریزرخساره در بخش کربناته سازند قم مربوط به محیط لاگون و دریای باز، مدل محیط رسوبی رسوبات سازند قم در ناحیه نراق را شلف باز تعیین کرده‌اند. کاروان و همکاران [۷] نیز ۱۲ ریزرخساره کربناتی متعلق به پهنه‌جزرومدی، لاگون، سدییوکلاستی و دریای باز تشخیص داده‌اند و محیط رسوبی نهشته‌های برجای گذاشته شده سازند قم را در شمال‌شرق دلیجان یک رمپ هموکلینال در نظر گرفته‌اند. به‌علت ویژگی خاص حوضه قم و گستردگی زیاد آن همراه با تغییرات رخساره‌ای زیادی که دارد تعیین یک مدل رسوبی برای آن در همه نقاط ایران مرکزی امکان‌پذیر نیست. ریزرخساره‌های معرفی شده در برش نراق همراه با اجتماع و پراکندگی روزن‌داران با دیواره آهکی منفذدار و بدون منفذ، عوامل کلیدی در ارائه مدل رسوبی در نهشته‌های مورد بررسی است.

در این برش با توجه به وجود رخساره محیط شیب کربناته، وجود دانه‌های اسکلتی و غیراسکلتی بخش‌های کم‌عمقی که به این محیط حمل شده‌اند، همچنین با توجه به تغییرات نسبتاً سریع رخساره‌ای، ضخامت نسبتاً زیاد ریزرخساره‌های ریفی می‌توان نتیجه گرفت که محیط رسوبی نهشته‌های سازند قم در برش نراق یک شلف کربناته بوده و با توجه به عدم وجود ریزرخساره‌های مربوط به لاگون دریای محدود شده و وجود شواهد تشکیل ریف به صورت تکه‌ای (اختلاط روزن‌داران محیط شیب کربناته با روزن‌داران محیط لاگون در محیط لاگون پشت ریف که نشان از عدم پیوسته بودن ریف می‌باشد) می‌توان نتیجه گرفت که برش مورد مطالعه در پلت‌فرمی از نوع شلف کربناته باز‌رسوب‌گذاری شده است [۴۸]، [۴۳]، [۴۴]، [۱۸]. در شکل ۵، طرح فرضی محیط رسوبی و پراکندگی ریزرخساره‌ها در شلف کربناته مربوط به کمربندهای مختلف رخساره‌ای در برش چینه‌نگاری مورد مطالعه ترسیم شده است.



شکل ۵) طرح فرضی محیط رسوبی ریزرخساره‌ها و پراکندگی ریزرخساره‌ها، کمربندهای رخساره‌ای استاندارد ویلسون [۶۳] با ریزرخساره‌های استاندارد فلوگل [۱۸].

¹ Open shelf

۵-۴-سکانس‌های رسوبی برش چینه‌نگاری نراق

چینه‌نگاری سکانسی که از آن به‌عنوان یک انقلاب در زمین‌شناسی یاد می‌شود علمی است که توالی‌های رسوبی را به بسته‌های رسوبی تقسیم می‌کند و به مطالعه و بررسی واحدهای رسوبی می‌پردازد و بیان می‌دارد که این واحدها دارای ارتباط زایشی با یکدیگرند و توسط ناپوستگی‌ها یا پیوستگی‌های هم‌ارز محدود گردیده‌اند. در واقع چینه‌نگاری سکانسی علم مطالعه توالی‌ها است [۱۷]. در این تحقیق، مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی انجام شده بر روی سکانس‌های رسوبی، براساس ویژگی‌های سنگ‌چینه‌ای، ریزرخساره‌ای و محیط رسوبی منجر به شناسایی سه سکانس رسوبی رده سوم، سه مرز سکانسی از نوع اول^۱ و یک مرز سکانسی از نوع دوم^۲ شد (شکل ۶) که در ذیل شرح داده شده است:

سکانس اول (Depositional Seq.1)

این سکانس به‌سن الیگوسن (روپلین-شاتین) دربردارنده عضوهای بی‌نام و a سازند قم با ضخامت ۳۳ متر (نمونه‌های MOYM1010 تا MOYM1020) شامل دسته رخساره‌های LST، TST و HST است. توالی‌های سنگی مربوط به این سکانس شامل کنگلومرای قاعده‌ای، ماسه‌سنگ‌آهکی، سنگ‌آهک ماسه‌ای، ماسه‌سنگ و در انتها کنگلومرا بوده و مرزهای سکانسی ابتدا و انتهای این سکانس از نوع اول است. در این برش، شروع سکانس اول با کنگلومرای پیش‌رونده بر روی ماسه‌سنگ‌های سازند قرمز زیرین و انتهای آن با ناپوستگی فرسایشی (مرز سکانسی از نوع اول) (مرز بین عضو a و عضو b سازند قم) قابل تفکیک است. در این سکانس بالا آمدن دریا با به‌جا گذاشتن یک افق کنگلومرای پیش‌رونده به ضخامت ۶ متر، بر روی ماسه‌سنگ‌های قرمز رنگ سازند قرمز زیرین آغاز شده است.

این افق کنگلومرای پیش‌رونده، پلی‌میکتیک و از ذرات آواری و ولکانیکی تشکیل شده است و در زمینه آن فونای دریایی وجود دارد. در ابتدای بالاآمدگی سطح آب دریا پرشدگی کانال‌ها توسط رسوبات پرکننده کانال انجام شده که مجموعه رسوبات سیستم‌ترکت تراز پایین (LST) سطح آب دریا را تشکیل می‌دهد [۳]، [۱۸]. در ادامه این توالی تخریبی و آغاز پیشروی سریعتر نسبی سطح آب دریا و مهاجرت رخساره‌ها به سمت مرکز حوضه دسته رخساره پیش‌رونده TST در این سکانس (شامل نمونه‌های MOYM1011 تا MOYM1013) با ضخامت ۹ متر با لیتولوژی ماسه‌سنگ‌آهکی و سنگ‌آهک ماسه‌ای تشکیل شده است. در این دسته رخساره پیش‌رونده، فراوانی بریوزوئر از قاعده به سمت رأس روند افزایشی دارد (شکل ۳).

جلبک‌های قرمز نیز اگرچه از لحاظ فراوانی دارای نوسانات بوده اما به‌طور کلی روند افزایشی نشان می‌دهند. در بین روزن‌داران، فرم‌های بنتیک حضور دارند که اشکال با پوسته هیالین تا $mfs1$ روند افزایشی تدریجی را نشان می‌دهند اما فرم‌های با پوسته پورسلانوز تغییرات مشخصی ندارند (شکل ۳). شناسایی $mfs1$ در این سکانس براساس تغییر میزان فراوانی محتویات فسیلی و همچنین ویژگی‌های ریزرخساره‌ای است. در این سطح حضور ریزرخساره NOI هم‌ارز ریزرخساره استاندارد شماره ۳۵ فلوگل و مربوط به بخش‌های پایینی کمر بند شیب کربناته یا کمر بند شماره ۴ فلوگل) به‌علت داشتن روزن‌دارانی نظیر *Nephrolepidina* و *Nummulites, Amphistegina, Asterigerina* حکایت از پیش‌روی سریع دریا در زمان روپلین و نشان‌دهنده محیط عمیق‌تری نسبت به بخش ابتدایی برش دارد بنابراین نمونه MOYM1013 به عنوان سطح حداکثر غرقابی $mfs1$ در نظر گرفته شد که روند نسبی افزایش عمق را نشان می‌دهد.

سطح حداکثر غرقابی $mfs1$ در انتهای سنگ‌آهک ماسه‌ای و در انتهای عضو بی‌نام سازند قم واقع شده است. در ادامه این سکانس، دسته رخساره‌های HST قرار دارد که ضخامت HST در این سکانس ۱۸ متر (نمونه شماره MOYM1014 تا

¹ SB type I

² SB type II

³ SMF5

MOYM1020) و متشکل از لیتولوژی ماسه‌سنگ آهکی، ماسه‌سنگ و کنگلومرا در بخش انتهایی است که تمامی این دسته رخساره معادل عضو a? سازند قم در این برش چینه‌نگاری است. در این سکانس، دسته رخساره‌های تراز بالا از لحاظ محتویات زیستی، فراوانی بریوزتر، جلبک‌قرمز و روزن‌داران بنتیک با پوسته هیالین روند کاهشی را نشان می‌دهند. در حالی که فراوانی روزن‌داران بنتیک با پوسته پورسلانوز روندی روبه افزایشی را نشان می‌دهند. بیشترین پایین افتادگی نسبی سطح آب دریا در این سکانس در انتهای افق کنگلومرای ۲ متری عضو a? سازند قم واقع است که به‌عنوان مرز سکانشی نوع اول (SBI) در برش چینه‌نگاری نراق در نظر گرفته می‌شود (شکل ۷. الف).

سکانس دوم (Depositional Seq.2)

این سکانس در برش چینه‌نگاری نراق با پیش‌روی آب دریا با ضخامت ۴۸ متر (شامل نمونه‌های MOYM1021 تا MOYM1051) در عضو b سازند قم با محدوده سنی اکتانین قرار دارد. مرز زیرین این سکانس از نوع اول بر روی سکانس اول و با مرز سکانشی نوع دوم در زیر سکانس سوم قرار گرفته و شامل دسته رخساره‌های TST و HST است که با نهشته‌شدن مارن آغاز و در ادامه با تناوب سنگ‌آهک و مارن و ماسه‌سنگ آهکی خاتمه می‌یابد. دسته رخساره پیش‌رونده TST (نمونه‌های MOYM1021 تا MOYM1026) در این سکانس با الگوی برانبارش Retrogradation و با ضخامت ۱۴ متر شروع به نهشته‌شدن کرده که شامل مارن‌های سبزرنگ و خاکستری حاوی روزن‌داران پلانکتیک و بنتیک با پوسته هیالین است. در ابتدای این دسته رخساره، روزن‌داران بنتیک با پوسته هیالین روند افزایشی را به سمت بالا نشان می‌دهند (شکل ۳) و در ادامه این دسته رخساره با افزایش میزان روزن‌داران پلانکتیک روند افزایش نسبی سطح آب دریا مشخص می‌گردد که می‌توان گفت این رخساره در قسمت‌های نسبتاً عمیق دریای باز نهشته شده است.

روزن‌داران پلانکتیک مشاهده شده در این دسته رخساره TST شامل *Paragloborotalia* و *Globigerina*, *Globigerinoides* است. در انتهای دسته رخساره پیش‌رونده، در نمونه MOYM1026، به‌علت افزایش فراوانی روزن‌داران پلانکتیک، به‌عنوان سطح حداکثر غرقابی (mfs2) در نظر گرفته شد. در ادامه این سکانس، دسته رخساره تراز بالا HST با ضخامت ۳۴ متر (شامل نمونه‌های MOYM1027 تا MOYM1051) و لیتولوژی مارن، تناوب مارن سیلتی و سنگ‌آهک و در انتها ماسه‌سنگ‌آهکی قرار دارد. این دسته رخساره با مارن‌های حاوی روزن‌داران بنتیک با پوسته هیالین، آگلوتینه و پورسلانوز آغاز شده و در ادامه با لیتولوژی متناوب سنگ‌آهک و مارن سیلتی قابل شناسایی است.

در انتهای این سکانس لیتولوژی سنگ‌آهک ماسه‌ای با سنگ‌رخساره ماسه‌سنگ هیبریدی با روزن‌داران میلیولیده و پنیولیده محیط لاگون همراه می‌باشد که به‌عنوان کم‌عمق‌ترین بخش سکانس و به‌عنوان مرز سکانشی نوع دوم در نظر گرفته شد. محتویات روزن‌داران در دسته رخساره تراز بالا حاکی از روند کاهشی در روزن‌داران پلانکتیک و روند تقریباً افزایشی در روزن‌داران با پوسته پورسلانوز است. همچنین جلبک‌های قرمز نیز در این دسته رخساره همراه با نوسانات روندی افزایشی را نشان می‌دهند. در این سکانس هم سطح حداکثر غرقابی (mfs2) براساس تغییرات محتویات فسیلی، همراه با ویژگی‌های ریزرخساره‌ای تعیین شد (شکل ۷. ب).

سکانس سوم (Depositional Seq.3)

این سکانس با ضخامت ۱۷۴ متر بیشترین ضخامت را در بین سکانس‌های شناسایی شده در برش چینه‌نگاری نراق دارد. این سکانس با محدوده سنی اکتانین در بخش انتهایی عضو b و عضو c-1 سازند قم قرار گرفته است. این سکانس شامل نمونه‌های MOYM1052 تا MOYM1111 است که با مرز سکانشی نوع دوم بر روی سکانس دوم قرار گرفته و مرز بالایی این سکانس از نوع اول است. این سکانس شامل دسته رخساره‌های پیش‌رونده TST و تراز بالا HST است. این سکانس با دسته رخساره پیش‌رونده (TST) با الگوی برانبارش شروع می‌شود. که ضخامت دسته رخساره TST ۲۰ متر (شامل

نمونه‌های MOYM1052 تا MOYM1058 می‌باشد که دارای لیتولوژی سنگ‌آهک رسی، مارن و سنگ‌آهک در بخش انتهایی عضو b و بخش ابتدایی عضو c-1 سازند قم است.

این دسته رخساره بعد از یک واحد ریزرخساره NO1 به صورت پکستون تا وکستون و فلوتستون حاوی قطعات بزرگ و فسیل‌هایی نظیر خارپوست، جلبک‌قرمز و روزن‌داران محیط شیب کربناته به یک واحد ریزرخساره NL2 بیوکلاست وکستون/پکستون متعلق به کمر بند ۷ (لاگون دریای باز) و پس از آن به رخساره ریفی (باندستون مرجانی NB1) می‌رسد. در این دسته رخساره در ادامه روند پیش‌رونده مجدداً به رخساره NO1 (دریای باز) که مربوط به کمر بند جلوی شیب‌قاره^۱ در نمونه MOYM1058 می‌رسد که دارای روزن‌داران بتتیک محیط شیب قاره از جمله *Amphistegina* و *Nephrolepidina* است که به‌عنوان عمیق‌ترین ریزرخساره در این دسته رخساره و سطح حداکثر غرقابی mfs3 آب دریا در نظر گرفته شد. دسته رخساره TST از لحاظ محتویات زیستی، حاوی جلبک‌قرمز با روند فراوانی تقریباً افزایشی، فراوانی روزن‌داران با پوسته هیالین همراه با نوسان، فراوانی روزن‌داران با پوسته پورسلانوز کاهشی و مرجان‌ها نیز روند افزایشی را نشان می‌دهد (شکل ۳).

در ادامه این سکانس، دسته رخساره HST با ضخامت ۱۵۴ متر (شامل نمونه‌های MOYM1059 تا MOYM1111) و با سن اکتیانین در عضو c-1 سازند قم واقع است. این دسته رخساره با ریزرخساره‌های مربوط به کمر بند لagoon دریای باز و رخساره‌های ریفی NB1 به صورت تقریباً متناوب و تکرارشونده در سنگ آهک عضو c-1 سازند قم قرار گرفته است. با توجه به ماهیت تکرارشونده رخساره‌ها در دسته رخساره تراز بالا HST در این سکانس، نباید انتظار داشت که توالی‌های کاملاً کم عمق شونده و تجمعی را در این دسته رخساره داشته باشیم. از لحاظ محتویات زیستی در این دسته رخساره، فراوانی جلبک قرمز روند افزایشی روبه‌بالا، بریوزوئر و روزن‌داران مربوط به محیط لagoon با پوسته پورسلانوز روندی همراه با نوسان و تقریباً افزایشی را نشان می‌دهند. مرز بالایی این سکانس از نوع اول و توسط آبرفت‌های کواترنری پوشیده شده است (شکل ۷. ج).

۵-۵- مقایسه مرزهای سکانشی برش مورد مطالعه با نمودار تغییرات جهانی سطح آب دریا

احتمالاً قدیمی‌ترین مطالعه چینه‌نگاری سکانشی انجام شده بر روی سازند قم در محدوده سنی الیگوسن- میوسن مطالعه لاسمی و امین‌رسولی [۸] است که نویسندگان در آن بدون ذکر نام برش‌های مورد مطالعه در جنوب بخش مرکزی حوضه قم در ناحیه‌الگو هفت سکانس رسوبی تعریف کردند که سکانس‌های یک تا پنج را با سن شاتین تا اکتیانین و سکانس‌های شش تا هفت را با سن بوردیگالین معرفی کرده‌اند. رویتر و همکاران [۴۹] نیز با بررسی چینه‌نگاری سکانشی ۴ برش از سازند قم شامل برش‌های آواده- زفره (سیرجان- اصفهان) و قم و چاله‌قره (قم) در محدوده سنی شاتین- بوردیگالین محیط رسوبی را رمپ کربناته تعیین کرده و هفت سکانس رسوبی در مطالعه خود تشخیص داده‌اند و تمامی مرزهای سکانشی را قابل انطباق با تغییرات جهانی سطح آب دریا عنوان نمودند.

کاروان و همکاران [۷] نهشته‌های سازند قم به سن الیگوسن (روپلین- شاتین) را در شمال شرق دلیجان از لحاظ چینه‌نگاری سکانشی مورد بررسی قرار داده و ۸ سکانس رسوبی رده سوم (۷ سکانس رسوبی در روپلین و یک سکانس رسوبی در شاتین) تشخیص داده‌اند. آنها در مقایسه منحنی تغییرات جهانی سطح آب دریا با برش مورد مطالعه خود، مرزهای سکانشی زیرین و بالایی سازند قم و مرز روپلین- شاتین را قابل انطباق با تغییرات جهانی سطح آب دریا می‌دانند و عدم انطباق

^۱ Slope

مرزهای سکانسی دیگر را به فعال بودن حوضه رسوبی قم از نظر زمین‌ساخت و تغییرات محلی سطح آب دریا نسبت داده‌اند.

در این مطالعه نیز مانند سایر مطالعات مذکور مقایسه مرزهای سکانسی تشخیص داده شده در برش نراق با نمودار جهانی سطح آب دریاها صورت گرفت.

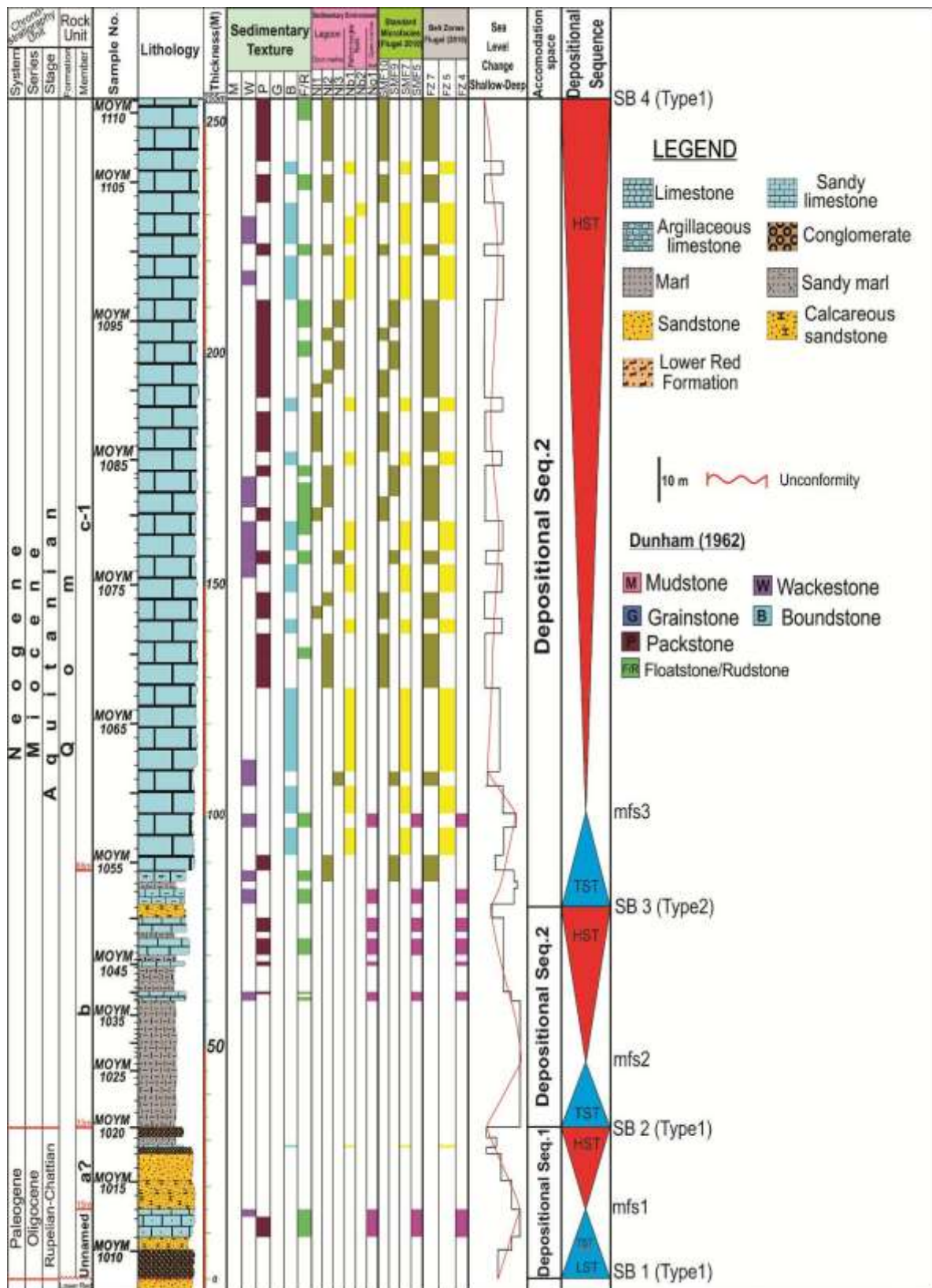
افزون بر این، به استناد اشتوکلین [۵۶] و بزرگ‌نیا [۱۲] که بیان می‌دارند که در زمان الیگوسن- میوسن حوضه ایران مرکزی و حوضه زاگرس، به هم مرتبط بوده‌اند. لذا مقایسه مرزهای سکانسی سازند قم در برش نراق با سکانس‌های تشخیص داده شده در فروافتادگی دزفول در زون زاگرس نیز انجام شد که در شکل ۸ نمایش داده شده است.

اهرنبرگ و همکاران [۱۶] در فروافتادگی دزفول در میدان‌های نفتی مارون، اهواز و بی‌بی‌حکیمه و برش‌های سطح‌الارضی از تاقدیس کوه‌خویز، ۹ مرز سکانسی در سازند آسماری در محدوده زمانی روپلین- بوردیگالین شناسایی کرده‌اند. ون‌بوخم و همکاران [۶۱] نیز چندین برش سطح‌الارضی و تحت‌الارضی از سازند آسماری را در دو روند عمود برهم در فروافتادگی دزفول مطالعه و با توجه به مطالعات ایزوتوپ استرانسیوم انجام شده، ۷ مرز سکانسی را در همان محدوده زمانی تفکیک نموده‌اند. شارلند و همکاران [۵۲]، [۵۳]

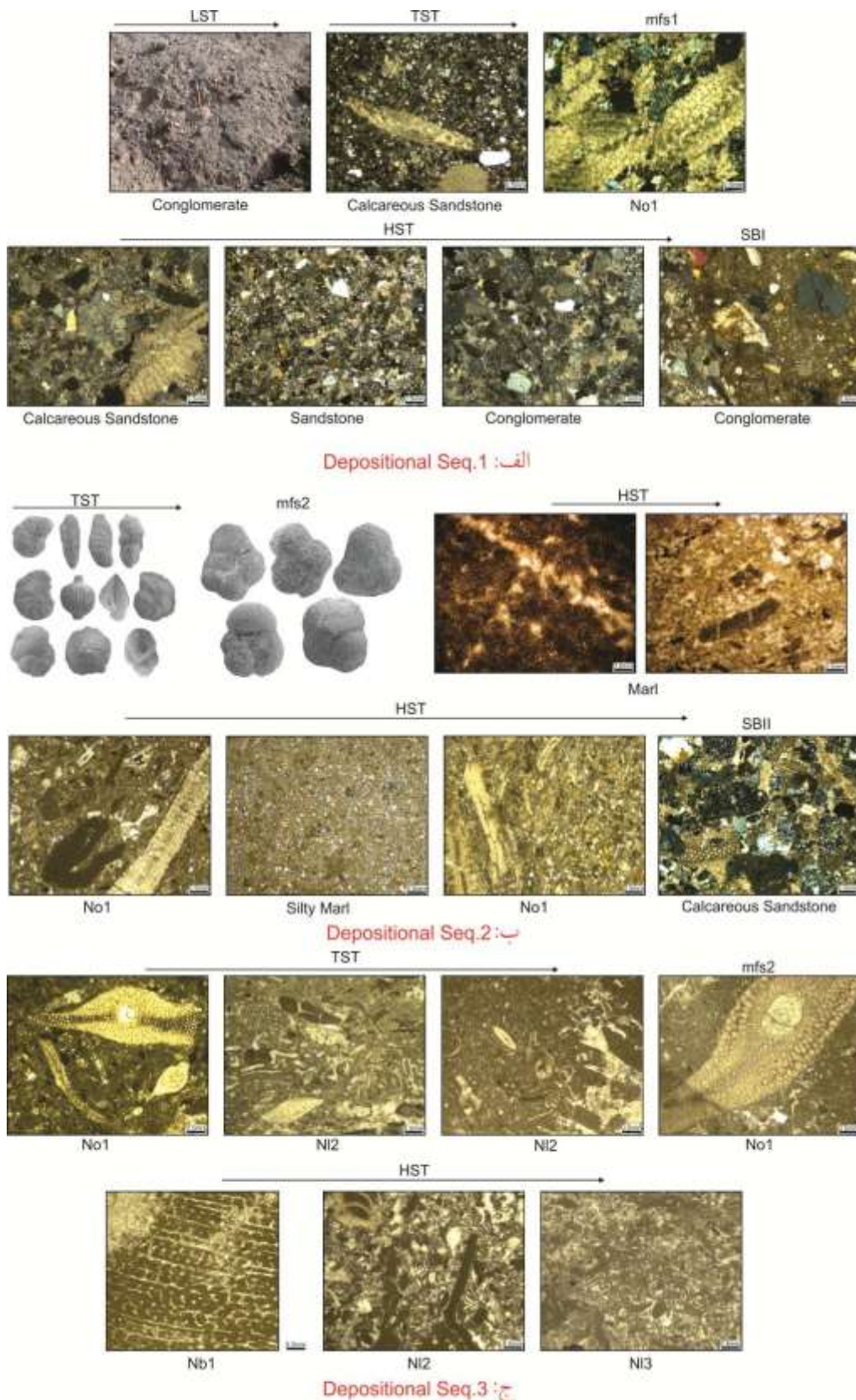
در تحقیقی که روی تکنواستراتیگرافی، کرونواستراتیگرافی و چینه‌نگاری سکانسی و تحول چینه‌نگاری سکانسی از توالی‌های پروتروزوئیک پسین تا فانروزوئیک ورقه‌عربی داشتند، ۱۱ مگاسکانس تکنواستراتیگرافی و ۶۳ سطح حداکثرگسترده‌گی آب دریا را تشخیص دادند. وی و همکارانش در آخرین مگاسکانس تکنواستراتیگرافی، پنج mfs (pg30, pg40, pg50, Ng10, Ng20) و سه مرز سکانسی را در محدوده سنی الیگوسن - میوسن پیشین معرفی نمودند (شکل ۸).

در نمودار تغییرات جهانی سطح آب دریا در نمودار حق و همکاران [۲۷]، [۲۸] ۳ سکانس رده سوم در محدوده زمانی الیگوسن- میوسن پیشین (اکیتانین) و همچنین هاردنبول و همکاران [۲۹] تعداد ۳ سکانس رسوبی رده سوم در محدوده سنی الیگوسن- میوسن پیشین (اکیتانین) معرفی شده است (شکل ۸). مقایسه منحنی تغییرات سطح آب دریا در رسوبات ناحیه مورد مطالعه با رسوبات معادل زمانی آن (سازند آسماری) در فروافتادگی دزفول و زون ایزه براساس ون‌بوخم و همکاران [۶۱] و مقایسه با منحنی جهانی تغییرات سطح نسبی آب دریاها در بازه زمانی روپلین- اکیتانین گویای انطباق نسبی است. به‌طوری که مرز سکانسی زیرین و بالایی سازند قم و مرز الیگوسن- میوسن در این مطالعه با مطالعات انجام شده در فروافتادگی دزفول و همچنین مطالعات جهانی همخوانی دارد.

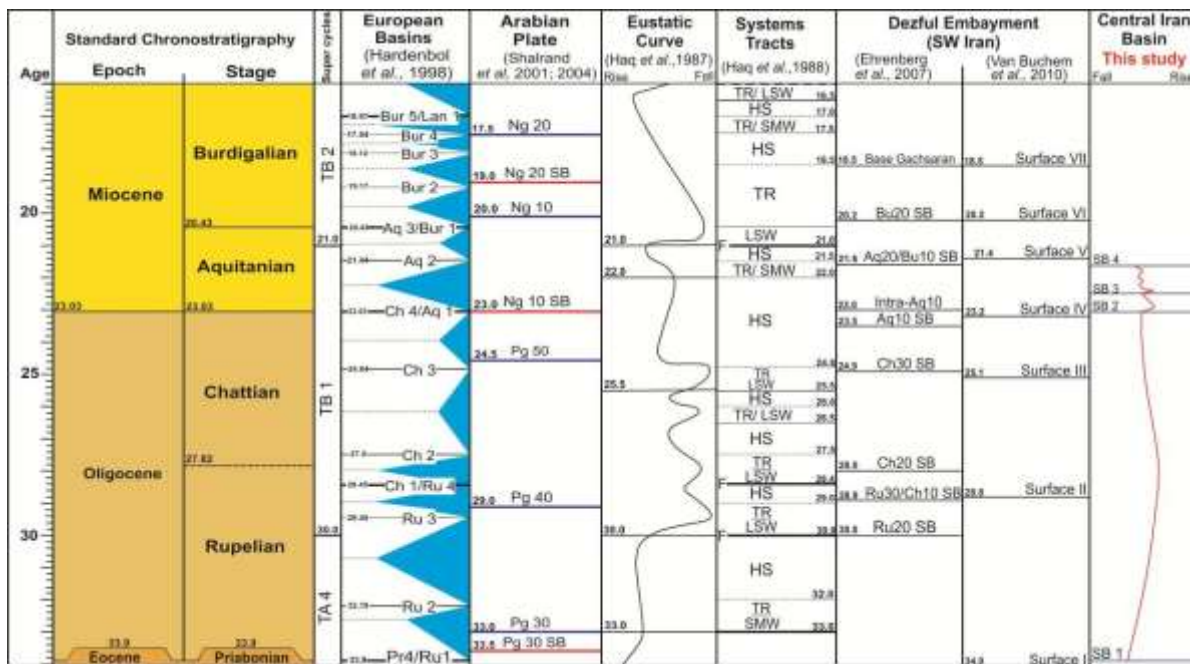
در این مطالعه، تعداد سکانس‌های تشخیص داده شده در محدوده سنی الیگوسن، با تعداد سکانس‌های تشخیص داده شده جهانی و مطالعات انجام شده بر روی سازند آسماری در زون زاگرس در این محدوده سنی همخوانی ندارد. لازم به ذکر است که در این مطالعه تعیین سن مطلق بر روی رسوبات سازند قم انجام نشده و با توجه به عدم آگاهی از اینکه چه بخشی از رسوب‌گذاری مربوط به محدوده سنی روپلین - شاتین در برش نراق صورت گرفته، بنابراین می‌توان گفت که علت این امر می‌تواند ناشی از فرسایش و نبود رسوبگذاری در محدوده سنی مذکور در برش چینه‌نگاری نراق باشد (شکل ۸).



شکل ۶: ریزرخساره‌ها، سیستم ترک‌ها و سکانس‌های رسوبی نهشته‌های سازند قم در برش نراق.



شکل ۷: الف) ریزرخساره‌های شناسایی شده مربوط به سکانس اول، ب) ریزرخساره‌ها و تصاویر میکروسکوپ الکترونی روزن‌داران به تفکیک دسته رخصاره‌ها مربوط به سکانس دوم، ج) ریزرخساره‌های سکانس سوم به تفکیک دسته رخصاره.



شکل ۸: مقایسه سکناس های رسوبی شناسایی شده در برش مورد مطالعه با سکناس های جهانی [۲۹]، [۲۷]، [۲۸]، صفحه عربی [۵۲]، [۵۳] و فروافتادگی دزفول [۶۱]، [۱۶].

۶- نتیجه گیری

سازند قم در برش چینه‌نگاری نراق با ضخامت ۲۵۵ متر و لیتولوژی عمده کنگلومرا، ماسه‌سنگ آهکی، سنگ‌آهک ماسه‌ای، مارن، سنگ آهک‌رسی و سنگ آهکی ریفی با ناپیوستگی فرسایشی بر روی سازند قرمز زیرین قرار گرفته و در انتها توسط آبرفت‌های کواترنری پوشیده می‌باشد. تفکیک عضوهای صورت گرفته از نظر سنگ‌شناسی شامل عضوهای بی‌نام، a، b و c-1 سازند قم در این منطقه بوده است. مطالعه پتروگرافی ۱۱۱ نمونه برداشت شده از سازند قم در این برش منجر به شناسایی ۶ ریزرخساره در بخش کربناته و رخساره مارن، رخساره ماسه‌سنگ هیبریدی و دو سنگ‌رخساره آواری ماسه‌سنگ و کنگلومرا در نهشته‌های سازند قم شد. ریزرخساره NL1: روزن‌داران لاگونی، روتالید پکستون / وکستون، NL2: ریزرخساره بیوکلاست وکستون / پکستون و NL3: ریزرخساره بیوکلاستیک، پلوئید پکستون / وکستون مربوط به پشت ریف (محیط لاگون)؛ NB1: ریزرخساره باندستون مرجانی و NB2: ریزرخساره باندستون جلبک قرمز مربوط به سد و NO1: ریزرخساره بیوکلاستیک پکستون تا وکستون / فلوئستون به همراه خرده‌های تخریبی مربوط به بخش شیب قاره دریای باز می‌باشد. با توجه به حضور قابل توجه روزن‌داران پلانکتیک همراه با روزن‌داران بنتیک با پوسته هیالین در مارن‌های عضو b سازند قم در این برش که نشان‌دهنده عمق نسبی بیشتری است. بنابراین می‌توان گفت رخساره مارن ابتدایی سازند قم در برش نراق مربوط به محیط نسبتاً عمیق دریای باز است. با توجه به وجود رخساره شیب، تغییرات نسبتاً سریع رخساره‌ای، ضخامت نسبتاً زیاد ریزرخساره‌های ریف، شواهد مربوط به وجود ریف تکه‌ای (عدم وجود ریزرخساره مربوط به محیط لاگون محدود شده و اختلاط فونای محیط شیب کربناته با فونای مربوط به محیط لاگون در محیط پشت سد) لذا تشکیل سازند قم در برش نراق بر روی یک شلف کربناته باز بوده است. براساس مطالعات سکناسی سه سکناس رسوبی رده سوم و ۴ مرز سکناسی (۳ مرز سکناس از نوع اول و یک مرز سکناسی از نوع دوم) تشخیص داده شد. سکناس اول با سن الیگوسن (روپلین-شاتین) شامل سیستم ترک‌های LST، TST و HST با ضخامت ۳۳ متر، سکناس رسوبی دوم با ضخامت ۴۸ متر، با سن اکتیانین شامل سیستم ترک‌های TST و HST و سکناس سوم با ضخامت ۱۷۴ متر شامل سیستم ترک‌های TST و HST با سن اکتیانین می‌باشد. مقایسه مرزهای سکناسی سازند قم در برش چینه‌نگاری نراق با نمودارهای جهانی سطح آب دریاها تقریباً

بیانگر انطباق قابل قبولی در مرز سکانسی زیرین و بالایی سازند قم و مرز الیگوسن- میوسن با نمودارهای جهانی سطح آب دریا است.

سپاس و قدردانی

از مدیریت محترم پژوهش و فناوری اکتشاف شرکت ملی نفت ایران، جهت تهیه مقاطع نازک نمونه‌ها و در اختیار قرار دادن اطلاعات برش مورد مطالعه و از دانشگاه فردوسی مشهد کمال تشکر و امتنان را داریم. همچنین از داوران مقاله آقایان دکتر علی بهداد و دکتر ابراهیم محمدی تشکر و قدردانی می‌گردد.

مراجع

- [۱] آقاباتی، س. ع.، ۱۳۸۳. کتاب زمین شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.
- [۲] امیری بختیار، ح.، جعفری، ج.، صمدی، الف.، ۱۳۸۳. اصول چینه شناسی سکانس‌ها، آموزش و توسعه شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب.
- [۳] امینی، ع.، ۱۳۸۸. مبانی چینه‌نگاری سکانسی، انتشارات دانشگاه تهران.
- [۴] باغبانی، د.، الهیاری، م.، و شاکری، ع.، ۱۳۷۵. بررسی حوضه رسوبی و توان هیدروکربوری- چینه شناسی- چرخه‌های رسوبی و گسل‌های نواحی تکتونیک- رسوبی و جغرافیایی دیرینه قم، شرکت ملی نفت شماره.
- [۵] دانشیان، ج.، مصدق، ح.، خلج، ح.، قاسمی، ع.، ۱۳۸۷. چینه نگاری سکانسی نهشته‌های سازند قم در ناحیه الگو(برش کوه بیچاره) در جنوب شرق قم، شمال ایران مرکزی، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم پایه). جلد ۳۴- شماره ۵- سال ۱۳۸۷. ص ۵۴-۱۹.
- [۶] رحیم‌زاده، ف.، ۱۳۷۳. زمین شناسی ایران، الیگوسن، میوسن، پلیوسن، طرح تدوین کتاب زمین شناسی ایران، شماره ۱۲، سازمان زمین شناسی کشور.
- [۷] کاروان، م.، محبوبی، الف.، وزیر مقدم، ح.، موسوی حرمی، ر.، ۱۳۹۳. رخساره‌های رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی نهشته‌های سازند قم در شمال‌خاوری دلیجان- شمال باختری ایران مرکزی، فصلنامه علوم زمین (چینه‌شناسی و رسوب‌شناسی)، سال بیست و چهارم، شماره ۹۴، ص ۲۳۷.
- [۸] لاسمی، ی.، امین رسولی، ه.، ۱۳۸۲. چینه‌نگاری سکانسی سازند قم در جنوب بخش مرکزی حوضه رسوبی ایران مرکزی، بیست و دومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- [۹] منصوری، پ.، صفری، الف.، ۱۳۹۲. میکروفاسیس و محیط رسوبی سازند قم در ناحیه نراق (شمال شرق دلیجان)، انجمن دیرینه‌شناسی ایران، دوره هفتم.
- [10] Adams, T. D., and Bourgeois, F., 1967. Asmari biostratigraphy Iran. *Iranian Oil Operating Companies Geological and Exploration Division*, Report no.1074, pp:1-37, unpublished.
- [11] Amirshahkarami, M. & Karavan, M., 2015. Microfacies models and sequence stratigraphic architecture of the Oligocene-Miocene Qom Formation, south of Qom City, Iran, *Geoscience Frontiers*, **6** (4), 593-604. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2014.08.004>
- [12] Bozorgnia, F., 1966. Qom Formation stratigraphy of the Central Basin of Iran and its intercontinental position. *Bulletin of the Iranian Petroleum Institute*, **24**, p. 69 –75.
- [13] Coleman-Sadd, SP., 1982. Two stage continental collision and plate driving forces. *Tectonophysics* 90:263–282.
- [14] Dozy, J., 1955. A sketch of post Craetaceous volcanism in Central Iran. In soder (1959) Detailed investigations marine formation of Qum, second part, *N.I.O.C. GR*. 186.58 p.
- [15] Dunham, R. J., 1962. Classification of Carbonate Rocks According to depositional texture, In: *Classification of Carbonate Rocks, A Symposium Ed. W. Ham*. AAPG, Mem. **1**. pp.80-121.
- [16] Ehrenberg, S. N., Pickard, N. A. H., Laursen, G. V., Monibi, S., Mossadegh, Z. K., Svana, T. A., Aqrawi, A. A. M., McArthur, J. M. & Thirlwall, M. F., 2007. Strontium isotope stratigraphy of the Asmari Formation) Oligocene – Lower Miocene SW Iran, *Journal of Petroleum Geology*, **30**, 107–128. <https://doi.org/10.1111/j.1747-5457.2007.00107>.
- [17] Emery, D. & Myers, K. J., 1996. Sequence stratigraphy: *Blackwell Science*, p. 297. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0016756897307389>.
- [18] Flugel, E., 2010. Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application. *Springer-Verlag*, Berlin, 976p.

- [19] Folk, R. L., 1974. Petrology of Sedimentary Rocks: *Hemphill. Pub. Co.*, Austin, Texas, 182p.
- [20] Furon, R. & Marie P., 1939. Sur la microfaune des marnes aquitaniennes Lepidocyclines de Qom (Perse). *Compte Rendu Sommaire des Séances de la Société Géologique de France*, 79-80.
- [21] Furrer, M. A. & Soder, P. A., 1955. The Oligo-Miocene marine formation in the Qom region (central Iran). In *Proceedings of the 4th World Petroleum Congress, Rome*, Section I/A/5 (pp. 267-277).
- [22] Gansser, A., 1955. New Aspects of the Geology in Central Iran (Iran). In *4th World Petroleum Congress. World Petroleum Congress*.
- [23] Geel, T., 2000. Recognition of stratigraphic sequence in carbonate platform and slope deposits: empirical models based on microfacies analysis of Palaeogene deposits in southeastern Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 155: 211-238. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(99\)00117-0](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(99)00117-0).
- [24] Ghalamghash, J. & Babakhani, A.R., 1996. Geological map of Kahak area, scale 1: 100,000. *Geol. Surv. Iran*, Tehran.
- [25] Hallock, P., 2005. Global change and modern coral reefs: new opportunities to understand shallow-water carbonate depositional processes. *Sedimentary Geology*, 175(1-4), pp.19-33. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2004.12.027>
- [26] Hallock, P & Glenn, E. C., 1986. Larger foraminifera: a tool for paleoenvironmental analysis of Cenozoic carbonate depositional facies. *Palaios*, 1: 44-64. <https://doi.org/10.2307/3514459>.
- [27] Haq, B.U., Hardenbol, J. and Vail, P.R., 1988. Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change.
- [28] Haq, B.U., Hrdenbol, J., & Vial, P.R., 1987. Chronology of fluctuating sea level. *Science*, 235: 1156-1167.
- [29] Hardenbol, J., Thierry, J., Farley, M.B., Jacquin, T., Graciansky, P.D. and Vail, P.R., 1998. Mesozoic and Cenozoic sequence chronostratigraphic framework of European basins. *SEPM, Spec. Publ.*, 60, p.60.
- [30] Harzhauser, M., Kroh, A., Mandic, O., Piller, W. E., Göhlich U., Reuter, M., Berning, B., 2007. Biogeographic responses to geodynamics: a key study all around the Oligo-Miocene Tethyan Seaway. *Zool Anz* 246:241–256. <https://doi.org/10.1016/j.jcz.2007.05.001>.
- [31] Hottinger, L., 1983. Neritic macroid genesis, an ecological approach. In *Coated grains* (pp. 38-55). Springer, Berlin, Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-642-68869-0_5.
- [32] Hottinger, L., 1983. Processes determining the distribution of larger foraminifera in space and time. *Utrecht Micropaleontological Bulletins*, 30, pp. 239-253.
- [33] Hunt, D. & Tucker, M. E., 1992. Standard Para sequences and the forced regressive wedge system tracts deposition during base-level fall. *Sed. Geol.* 81, pp. 1-9.
- [34] Hunt, D. T. & Tucker, M. E., 1995. Stranded parasequences and the forced regressive wedge-systems tract: Deposition during base-level Fall-Reply. *Sedimentary Geology*, 95.
- [35] Khalifa, M.A., Soliman, H.E. and Wanas, H.A., 2006. The Cambrian Araba Formation in northeastern Egypt: facies and depositional environments. *Journal of Asian Earth Sciences*, 27(6), pp.873-884. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2005.09.003>.
- [36] Khalili, M., Beavers, R. & Torabi, H., 2007. Depositional environment of the evaporitic unit (D-member) of the Qom Formation (Central Iran), *Carbonates and Evaporites*, 22, p. 101-112.
- [37] Miall, A.D., 2013. Principles of sedimentary basin analysis. Springer Science & Business Media.
- [38] Mohammadi, E., Hasanzadeh-Dastgerdi, M., Safari, A. and Vaziri-Moghaddam, H., 2019. Microfacies and depositional environments of the Qom Formation in Barzok area, SW Kashan, Iran. *Carbonates and Evaporites*, 34(4), pp.1293-1306.
- [39] Mohammadi, E., Safari, A., Vaziri-Moghaddam, H., Vaziri, M. R. & Ghaedi, M., 2011. Microfacies analysis and paleoenvironmental interpretation of the Qom Formation, south of the Kashan, Central Iran, *Carbonates and Evaporites*, 26, p. 255-271.
- [40] Nichlos, G., 2009. Sedimentology and stratigraphy, *Chapman and Hall*, 432 p.
- [41] Nouradini, M., Azami, H. R., Hamed, M., Yazdi, M., 2015. Foraminiferal paleoecology and paleoenvironmental reconstructions of the Lower Miocene deposits of the Qom Formation in Northeastern Isfahan, Central Iran. *Boletín De La Sociedad Geológica Mexicana*, 67, pp. 59-73.
- [42] Okhravi, R. & Amini, A., 1998. An example of mixed carbonate-pyroclastic sedimentation (Miocene, Central Basin, Iran), *Sedimentology*, 118, p. 37-54. [https://doi.org/10.1016/S0037-0738\(98\)00004-9](https://doi.org/10.1016/S0037-0738(98)00004-9).
- [43] Pomar, L., 2001. Ecological control of sedimentary accommodation: evolution from a carbonate ramp to rimmed shelf, Upper Miocene, Balearic Islands. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 175(1-4), pp.249-272. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(01\)00375-3](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(01)00375-3).
- [44] Pomar, L., 2001. Types of carbonate platforms: a genetic approach. *Basin Research*, 13: 313–334. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.0950-091x.2001.00152.x>.
- [45] Rahaghi, A., 1973. Etude de quelques grands foraminifères de la Formation de Qom (Iran Central). *Rev. Micropaleont.*, 16, pp: 23-38.

- [46] Rahaghi, A., 1976. Contribution a l'étude de quelques grands foraminifères de l'Iran, Publ. Soc. Nat. Iran. Petrol., Lab. *Micropaleont.*, Tehran., **6**, pp.1-79.
- [47] Rahaghi, A., 1980. Tertiary faunal assemblage of Qum-Kashan, Sabzewar and Jahrum areas, *NIOC*, **8**, p. 1-64.
- [48] Read, J. F., 1995. Overview of carbonate platform sequences, cycle stratigraphy and reservoirs in greenhouse and icehouse worlds.
- [49] Reuter, M., Piller, W. E., Harzhauser, M., Mandic, O., Berning, B., Rogl, F., Kroh, A., Aubry, M. P., Wielandt-Schuster, U. and Hamedani, A., 2009. The Oligo-/Miocene Qom Formation (Iran): evidence for an early Burdigalian restriction of Tethyan Seaway and closure of its Iranian gateways, *International Journal of Earth Sciences*, **98**, p. 627-650.
- [50] Romero, J., Caus, E., & Rossel, J., 2002. A model for the Palaeoenvironmental, distribution of larger foraminifera based on Late Middle Eocene deposits on the margin of the south Tethyan Basin (SE Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **179**: 43-56. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(01\)00406-0](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(01)00406-0).
- [51] Seddighi, M., Vaziri-Moghaddam, H., Taheri, A. & Ghabeishavi, A., 2011. Depositional environment and constraining factors on the facies architecture of the Qom Formation, Central Basin, Iran, *Historical Biology*, **24**, p. 91-100. <https://doi.org/10.1080/08912963.2011.580434>.
- [52] Sharland, P.R., Archer, R., Casey, D.M., Davies, R.B., Hall, S.H., Heward, A.P., Horbury, A.D. and Simmons, M.D., 2001. Arabian plate sequence stratigraphy, *GeoArabia Spec. Publ.*, Bahrain: Gulf Petrolink, **2**.
- [53] Sharland, P.R., Casey, D.M., Davies, R.B., Simmons, M.D. and Sutcliffe, O.E., 2004. Arabian plate sequence stratigraphy—revisions to SP2. *GeoArabia*, **9(1)**, pp.199-214.
- [54] Sthal, A. F., 1911, Persien: in Handbuch der Regionalen Geology. *Heidelberg (Winter)*, Hft. 8, **5**, pt.6, 46 p.
- [55] Stocklin, J. & Setudehnia, A., 1971. Stratigraphic Lexicon of Iran, Ministry of Mines and metals. *Geological Survey of Iran*, Report no. **18**.
- [56] Stocklin, J., 1952. Stratigraphical investigations in the Qom – Arak – Gulpaigan – Delijan area. National Iranian Oil Company. Report. **95**.
- [57] Stocklin, J., 1968. Salt deposits of the Middle East.
- [58] Stocklin, J., Setudehnia, A., 1991. *Stratigraphic lexicon of Iran. Geol Surv Iran Report 18*, pp 1–376.
- [59] Tietze, E., 1875. Ein ausflug nach dem siahkuh (schwarzer berg) in persien. *Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft Wien*, **18(8)**, 257-267.
- [60] Tucker, M. E. & Wright, V. P., 1990. Carbonate platforms: facies evolution and sequences. *Internal Association Sedimentary*, **2**, p.328.
- [61] Van Buchem, F.S.P., Allan, T.L., Laursen, G.V., Lotfpour, M., Moallemi, A., Monibi, S., Motiei, H., Pickard, N.A.H., Tahmasbi, A.R., Vedrenne, V. and Vincent, B., 2010. Regional stratigraphic architecture and reservoir types of the Oligo-Miocene deposits in the Dezful Embayment (Asmari and Pabdeh Formations) SW Iran. Geological Society, London, *Special Publications*, **329 (1)**, pp.219-263. <https://doi.org/10.1144/SP329.10>.
- [62] Vaziri-Moghaddam, H. & Torabi, H., 2004. Biofacies and sequence stratigraphy of the Oligocene succession, Central basin, Iran, *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen, Stuttgart*, **6**, p. 321-344.
- [63] Wilson, J. L., 1975. Carbonate Facies in Geological History. *Heidelberg (Springer)*, 471p.
- [64] www.Iranview.com. 2019.

(مقاله علمی-مروری)

جریان هیدرو دینامیکی در مخزن میشریف با نگرشی بر سرشت نمایی سازند سروک در بخش شرقی خلیج فارس

علیرضا بشری*

رئیس انجمن زمین شناسی نفت ایران
عضو هیات علمی بازنشسته پژوهشگاه صنعت نفت ایران

*a_bashari@yahoo.com

دریافت اردیبهشت ۱۴۰۰، پذیرش خرداد ۱۴۰۰

چکیده

جریان هیدرو دینامیکی و تأثیر آن بر سطح تماس آب و نفت در میادین ناحیه سیری اولین بار در زمان مغزه گیری چاه سیری (SiD A1) میدان نفتی دنا فعلی، در ژوئن ۱۹۷۲ کشف و به سال ۱۹۷۶ در پایان حفر سومین حلقه چاه بر روی این میدان مشخص گردید. این چاه در منتهی الیه شمالی این میدان حفر گردید. تمامی سازند مخزنی میشریف در این چاه مغزه گیری کامل بعمل آمد، لیکن بسبب وجود اثر شیب سطح آب-نفت تنها ۵ متر بالای این مخزن محتوی نفت بوده و تحت آزمایش تولید قرار گرفته است. شیب بسیار واضح سطح آب و نفت در دو میدان دنا و سیوند تایید کننده یک جریان هیدرو دینامیک فعال در مخزن میشریف در این دو میدان می باشد. مطالعات انجام یافته بروی این دو میدان حکایت از بر جا ماندن اثرات نفت در مغزه ها و ناهمخوانی سطح آب و نفت را در مخزن میشریف این دو میدان به اثبات می رساند. نتایج مدل سازی بکار رفته جهت تعیین سطح آب و نفت در میدان الوند (میدان مجاور) تأییدی بر شیب دار بودن سطح آب و نفت در این میدان را پیش بینی نمود، که این امر پس از انجام کامل حفاری گسترشی این میادین و مطالعات پتروفیزیکی همخوانی آن با مدل سازی پیشین، در سال (۲۰۰۲) مورد تأیید قرار گرفت. آزمایشات و آنالیز اولیه زمین شناسی بروی مغزه های گرفته شده، وجود سطح شیب دار تماس آب و نفت که ناشی از وجود جریان هیدرو دینامیکی فعال در میدان دنا و در نتیجه تمامی بخش شرقی خلیج فارس را در مخزن میشریف به اثبات می رساند. مطالعه کنونی، نگرشی به سرشت نمایی سازند سروک ناحیه سیری، تأثیر جریان هیدرو دینامیکی در سطح آب و نفت، تأییدی بر صحت مطالعات اولیه متعاقب تعبیر و تفسیر داده های جدید می باشد.

کلمات کلیدی: جریان هیدرو دینامیکی، مخزن میشریف، سازند سروک، سرشت نمایی مخزن، ناحیه سیری، خلیج

فارس.

۱- مقدمه

گسترش حفاری توسعه ای میادین دنا و سیوند در سازند میشریف، اجازه بررسی بهتر فعالیت هیدرولیکی در نتیجه تعیین میزان شیب سطح آب-نفت را بروی این دو میدان فراهم نمود [۵]. بر اساس این مطالعات آنالیزهای ژئوشیمیایی بقایای نفت بجای مانده درون مغزه در میدان دنا، نشانگر تغییرات عمده در ترکیب نفت که بسبب فعالیت جریان هیدرولیکی ایجاد شده بود را آشکار ساخت [۶]. آزمایشات و آنالیزهای ژئوشیمیایی بر روی مغزه های دو حلقه چاه بر روی میدان الوند دقیقاً سطح تماس آب و نفت را مشخص می نماید [۶]. میدان الوند (سیری SIE) در سال ۱۹۷۶ کشف گردید و متعاقباً توسعه آن در سال ۲۰۰۲ توسط شرکت فرانسوی توتال، توسعه یافت و آنالیز داده های درون چاهی، مطالعات پتروفیزیکی و تهیه نقشه های ایزو پتانسیل وجود یک جریان هیدرو لیکی فعال را در میدان الوند (بسبب سطح آب و نفت شیب دار) به اثبات رسانید. مدل ریاضی-رسوبی، پیش بینی شده سال ۱۹۷۸، که نشانگر شیب سطح آب و نفت و جریان هیدرودینامیکی [۶]، از سوی میادین دنا و سیوند بسوی میدان الوند با واقعیت های بدست آمده جدید پس از توسعه حفاری گسترشی این میدان در سال ۲۰۰۲ همسویی کامل داشته است.



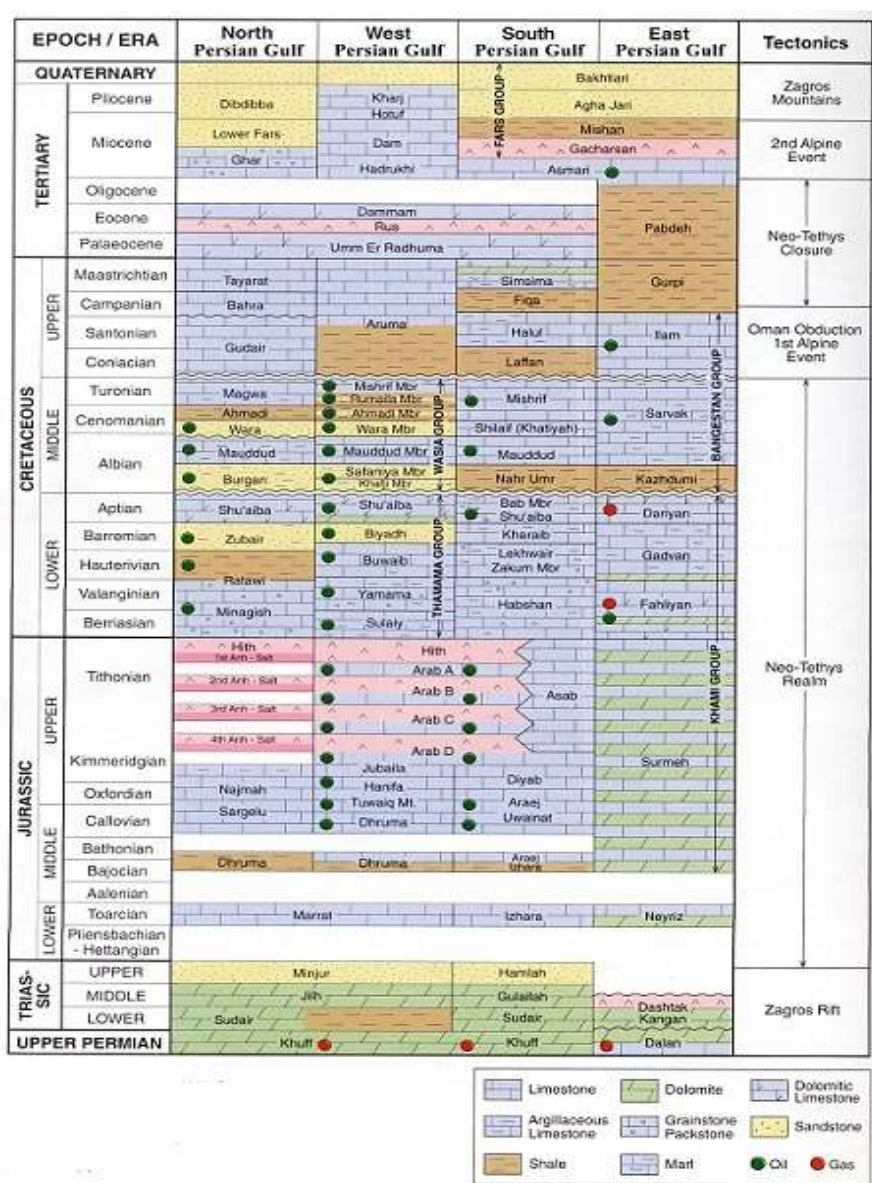
شکل ۱) نقشه موقعیت میادین نفتی در ناحیه سیری واقع در خلیج فارس

۲- موقعیت جغرافیایی و شرایط رسوبگذاری

ناحیه سیری در برگیرنده بخش عظیمی از ساختار زمین شناسی خلیج فارس می باشد که از غرب، به بالازدگی قطر از شمال به میو-ژئوسنکلینال زاگرس و در جنوب به ژئوسنکلینال عمان محدود میگردد (شکل ۱). تداوم آن بسمت جنوب، تا صحرای ربع الخالی را در بر میگیرد [۹]. کرتاسه میانی تا کرتاسه پایانی در بر گیرنده تغییرات عظیمی در رسوبات خلیج فارس را شامل میشود. تغییرات جهانی سطح آب دریا [۷، ۸، ۹، ۱۰] تا زمان تورونین آغازی با حد اکثر سطوح سیلابی مشخص میگردد [۱۸]. در سمت جنوب شرقی خلیج فارس، رخساره رسوبی (مادستون-وکستون) خاتیا بر روی رسوبات آهکی بخش مادود رسوب نموده است. گسترش عظیم سازند میشریف، سازند اصلی و مهم مخزنی تولید نفت در ناحیه

سیری می باشد، متشکل است از رخساره رودیستی که در این ناحیه رسوب نموده است. سنوماین پایانی تا تورونین آغازی از دوره هایی محسوب می گردد که مناسب شرایط تشکیل نهشته های ارگانیکی بمیزان بالا میباشد [۹]. در خلال سنوماین تعییرات جهانی سطح آب دریا [۱۵، ۱۶، ۱۸، ۱۹] یکی از فاکتور های اصلی در کنترل رشد و گسترش، کمربند ریفی در این ناحیه را شکل می دهد [۲۴، ۲۳، ۲۶]. رشد گنبد های نمکی، فرو نشست های محلی، و شیب حوضه رسوبی اثرات مختصری در گسترش و رشد سکوی ریفی را داشته است. در مجموع بالا آمدن سطح جهانی دریا اجازه رسوب لایه های ضخیم رودیستی و ماسه های ریفی را در سرتاسر سکوی عربی ایجاد نموده است. با فرو نشست مجدد سطح آب دریا در زمان تورونین با رسوبات قاره ای لافان شیل (پوش سنگ سازند میشریف) خاتمه یابد [۲۲، ۲۳].

در زیر این سطح فرسایشی انحلال لایه های رسوبی آهک های رودیستی توسط جریانهای آبهای متوریک باعث پیدایش بهترین مخازن نفتی در سازند میشریف این منطقه گردیده است [۳، ۱۲، ۱۳، ۱۶، ۲۱، ۲۹، ۳۰ و ۳۱]. (شکل ۲) چینه شناسی و هم ارز جانبی مخازن نفت همچنین اثرات تکتونیک سازند های گوناگون را در خلیج فارس نشان می دهد.



شکل ۲) چینه شناسی، زمین ساخت و سیستم های نفتی و گسترش جانبی هم ارز مخازن نفت در بخش های گوناگون خلیج فارس.

۳- روش کار

این مطالعه بر اساس تعبیر و تفسیر نمودار های پتروفیزیکی، مطالعات مغزه ها، و مقاطع نازک انجام گرفته است. تعدادی مقاطع زمین شناسی زیر زمینی تهیه و مورد تفسیر قرار گرفته تا تغییرات ضخامت و رخساره ها بهتر آشکار گردد (شکل ۵). بمنظور شناخت بهتر مخزن میشریف در این ناحیه الزاماً داده های پتروفیزیکی، ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی و فشار مخزن تعبیر و تفسیر گردیده است و نتایج آن در ذیل آورده شده است.

۳- تطابق لیتوفاسیس و الکتروفاسیس

۳-۱- شرایط محیط رسوبگذاری

مطالعات رسوبی مخزن میشریف بیانگر وجود سه رخساره مشخص میباشد. [۹،۷]، (شکل ۴،۳).

۳-۱-۱- بخش جلویی ریف

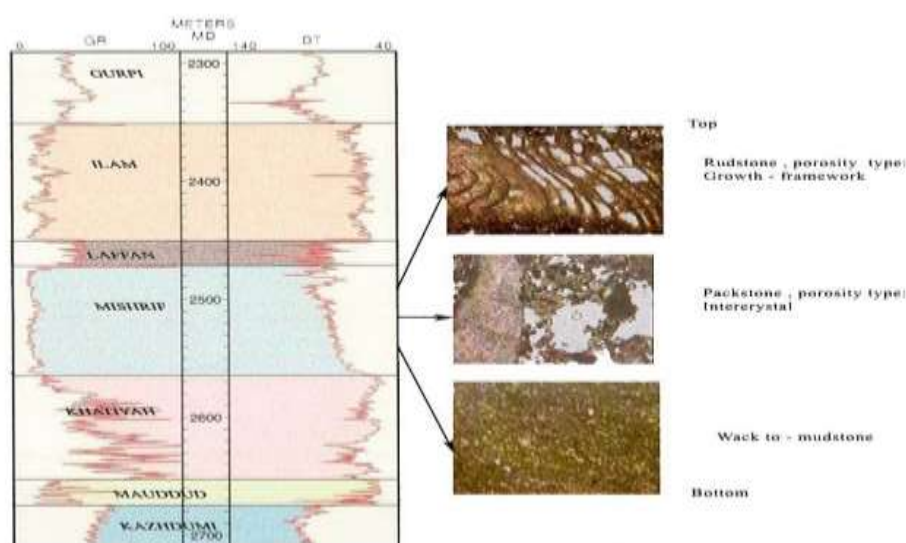
این رخساره در محیط دریایی کم عمق نهشته می شود، و الزاماً یک گذر تدریجی از بخش خاتیا به رخساره میشریف (دارای مناطق با زونهای با انرژی های گوناگون) رخساره ریفی در این بخش حاوی تخلخل و تراوایی بالا می باشد که زون با تولیدی نفت متوسط میباشد.

۳-۱-۲- پهنه اصلی ریف

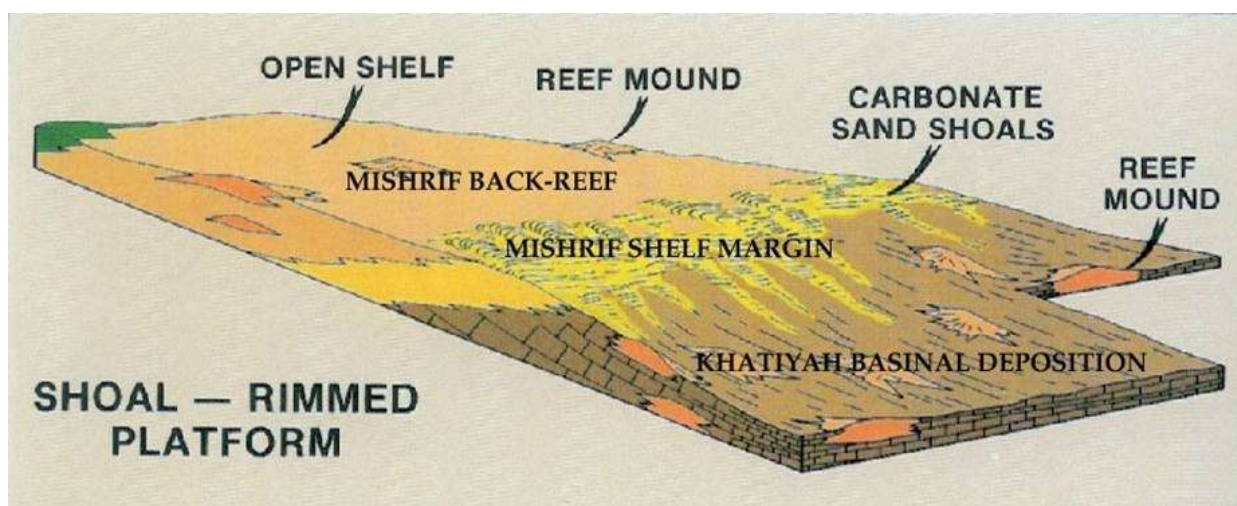
با بقایای رودیست، پلوئید، آلونید که مطابقت با بخش تلاطم بالای دریا همراه است. این سازند رسوبی دارای بهترین تخلخل و تراوایی همچنین با تولید نفتی بالا همراه است (شکل ۴،۳).

۳-۱-۳- بخش پشت ریف

این بخش متعلق به زون با انرژی پایین و اصولاً بعنوان مخزن خیلی ضعیف در نظر گرفته می شود، هرچند امکان دارد دارای ویژگیهای پتروفیزیکی گسترده ای را داشته باشد. (شکل ۴)



شکل ۳) تقسیمات چینه سنگی کرتاسه میانی-بالایی بر اساس نمودار گاما و صوتی

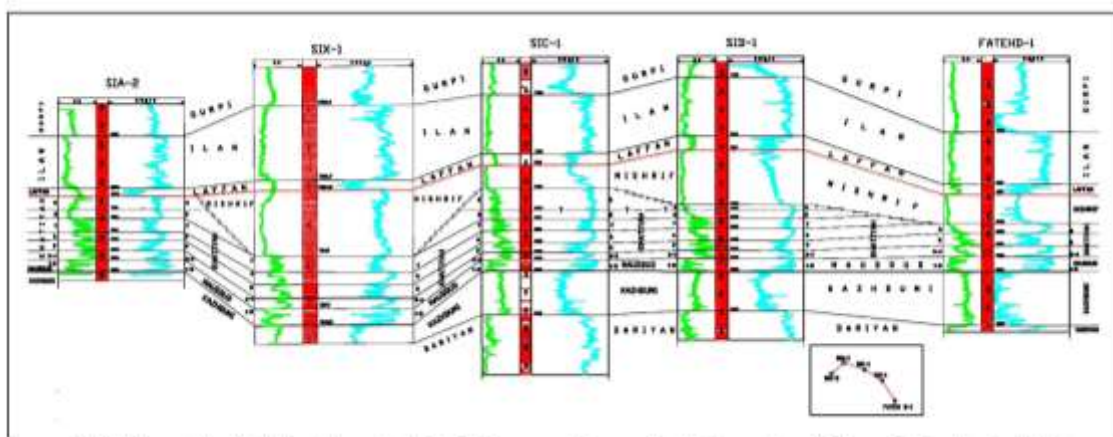


شکل ۴) نمایش مدل رسوبی ختایا و میشریف

۴- رسوب شناسی و چینه شناسی سکانسی

مطالعات میشریف نمایانگر تغییرات و ویژه پتروفیزیکی از رأس بسمت قاعده میشریف است. بخش بالا محتوی تخلخل و تراوایی بسیار خوب و بر عکس بخش پایینی میشریف محتوی تخلخل و تراوایی بسیار پایینی را دارد (شکل ۳). تخلخل اصولاً در نتیجه فرایند انحلال بیوکلاست ها بوده است. اغلب فرایند انحلال در بالای سطح آب رخ داده است [۳۱،۳۰،۲۹،۱۳،۴]. اصولاً رسوبات کربناته نه تنها تکوین می یابد بلکه همچنین در معرض فرسایش سطحی قرار میگیرد. تخلخل های مرتبط بهم سبب ایجاد تراوایی بالا نموده و نهایتاً ایجاد بهترین نوع سنگ مخزن را می نماید. نقشه های هم ضخامت میشریف در این ناحیه نشان میدهد که هرگاه سازند میشریف بر اثر فرسایش حذف و یا بصورت جانبی به ختایا تبدیل شده باشد، و سازند سروک نتوانسته نقش یک مخزن خوبی را ایفا کند (شکل ۵). تطابق چینه ای بین چاهی میدان فاتح سیری C و D سیری A به وضوح افزایش ضخامت در بخش ختایا از شرق به غرب را نشان می دهد. شکل (شکل ۵) مطالعات رسوب شناسی و ژئوشیمیایی بیانگر این واقعیت است، که سکانس رسوبی ختایا تشکیل دهنده سنگ منشاء مخزن میشریف میباشد [۱۹،۹]. عدم وجود تغییراتی در سکانس های گوناگون ختایا در میان تعدادی از ساختمانهای زمین شناسی در این ناحیه بیانگر این واقعیت میباشد که هیچ گونه تغییرات رشد ساختمانی در خلال رسوبگذاری ختایا رخ نداده است (شکل ۵). این تطابق چینه شناسی نشان میدهد ختایا بصورت تدریجی از شرق به غرب افزایش مییابد. بخش میشریف با رخساره ریفی، منطقه کم عمق دریایی از شرق بسمت غرب به سازند ختایا تبدیل میگردد (شکل ۵). بخش میشریف در (شکل ۵) به سکانس (۷، ۸ و ۹) ختایا ارتباط داشته است. بخش عظیمی از میشریف بوسیله دگرشیبی کرتاسه بالایی، رأس ساختمان فاتح بکلی فرسایش یافته حتی بخشی از ختایا را حذف نموده است (شکل ۵). در این ناحیه تبدیل تدریجی از رخساره ختایا به رخساره میشریف مشاهده میگردد، لیکن ضخامت این زون تدریجی، از یک میدان به میدان دیگر متغیر است. در میادین، سیری C و سیری X، زون تدریجی (بخش جلویی ریف) ضخامت حدود ۷۰ پا، در میدان سیری D زون گذر تدریجی نازک تر گردیده است. کاهش ضخامت میشریف در رأس ساختمان بیشتر بسبب فرسایش میشریف در رأس ساختمان در خلال بالا آمدگی ساختمان بوده، که نهایتاً وضعیت ساختمانی فعلی را ایجاد نموده است.

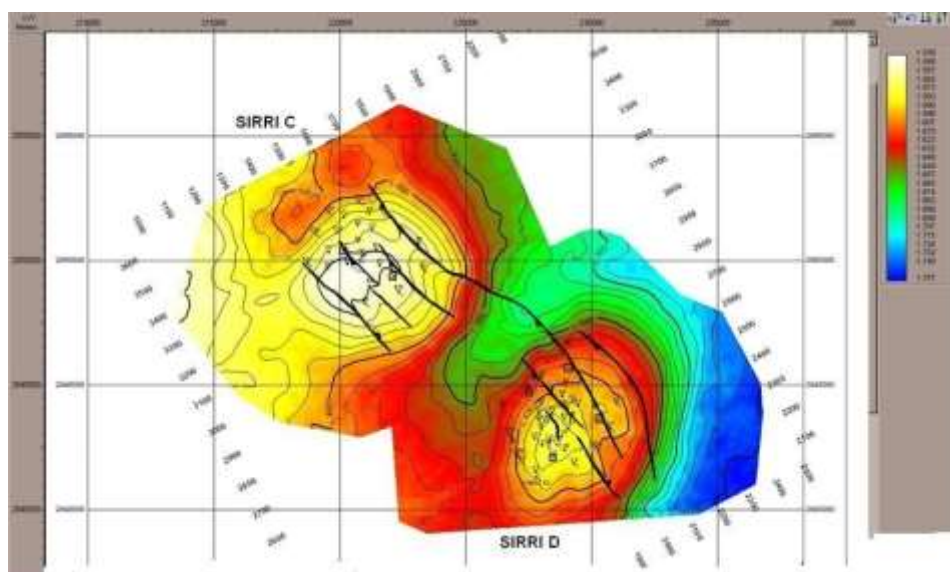
هم چنین بر روی ساختمان سیری A دگر شیبی باعث حذف بخشی عظیمی از بخش ختایا را گردیده است. دلیل بارزی که سازند میشریف در ساختمان سیری (A) در بدو امر رسوب نموده در دست نیست (شکل ۵).



شکل ۵) مقایسه چینه شناسی سازند های ایلام و سروک (میدان سیری) بسوی میدان نفتی فاتح در دویی بر اساس نمودار های گاما و صوتی

۵- گسل ها

تأثیر گسل بر روی دو میدان سیوند و دنا مشخص گردیده است، سازند کژدمی حاوی سطح انعکاسی بسیار خوبی جهت تشخیص این گسل ها در رابطه با لایه های مجاور بالایی میباشد [۲۰] گسل های موجود پس از گذر از افق ختایا و از طرفی تا افق انیدرید هیثپ نهایتاً تا رسیدن به گنبد های نمکی زیرین قابل ردیابی بوده است. بعضی اثرات گسل ها تا پوش سنگ لافان شیل حتی سازند ایلام در میدان سیری C و D مشاهده گردیده است (شکل ۶). این گسل ها در ناودیس های ساختمان مشاهده نگردیده و جاجایی لایه ها بر اثر گسل ها در سطح مخزن میشریف جزئی و در قاعده میشریف به ۲۰ متر میرسد (شکل ۶).



شکل ۶) نقشه ساختمانی زمانی رأس میشریف با نمایش گسل های بر روی این دو میدان

۶- تطابق اطلاعات لرزه نگاری با نمودارهای چاه پیمایی

۶-۱- رأس سازند ایلام

سازند آهکی ایلام بروی نمودار صوتی با یک انحراف شدید مثبت (شکل ۳) و بر روی لرزه نگاشت فاز صفر قطبیت با یک پیک مثبت سیاه رنگ قوی، قابل تمیز می باشد [۹]. بر این اساس جدا سازی سازند ایلام با درجه بالا اطمینان قابل انجام است (شکل ۹).

۶-۲- راس لافان شیل (قاعده ایلام)

رأس بخش شیلی لافان بر روی نمودار صوتی، با یک انحراف شدید منفی همراه است. بر روی لرزه نگاشت با تشخیص یک فرورفتگی ناگونه همراه است. داده های لرزه نگاری یک افق بسیار یکنواخت را در سرتاسر این بخش نشان میدهد. ضخامت بخش لافان شیلی بین ۱۰ تا ۲۰ متر گزارش شده است (شکل ۵).

۶-۳- رأس مخزن میشریف

رأس سازند میشریف بروی نمودار گاما سهولت قابل تشخیص و با یک انحراف شدید پیک منفی قابل تمیز میباشد، (شکل ۳). هر چند بسبب وجود و اثرات لایه های نازک شیل‌های درون میشریف، دقیقاً نمیتوان یک افق شفاف و روشن لرزه ای را جهت رأس میشریف تشخیص داد (شکل ۷). نقشه ساختمانی زمانی میدان سیری C و سیری D بنمایش گذاشته شده (شکل ۶).

۶-۴- راس ختایا

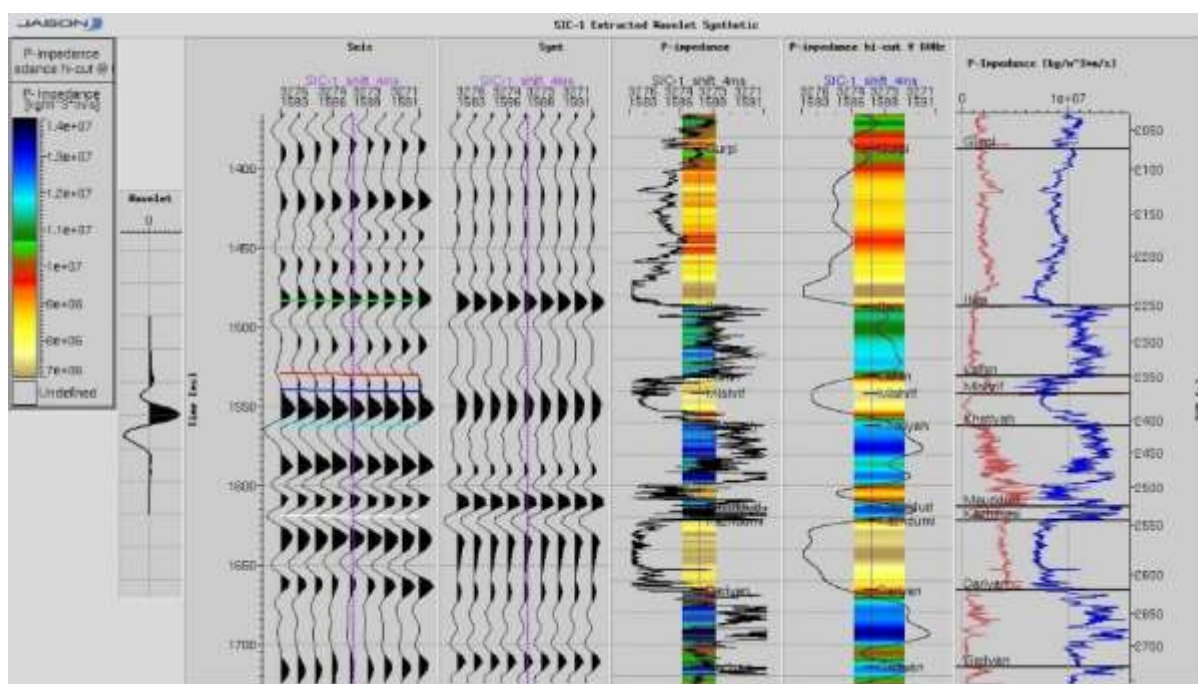
رأس ختایا مطابقت با گذر تدریجی رخساره ای همراه است، بدین سبب، باعث ایجاد تغییرات در پاگیری صوتی گردیده. در این مورد بازتاب مطابقت با پیک سیاه مشخص شده است (شکل ۷).

۶-۵- بخش درون ختایا

بازتاب منفی قوی در زیر مخزن میشریف نمایانگر سطح لرزه ای درون ختایایی محسوب میگردد (شکل ۷). این بازتاب مطابقت با پاگیری خفیف لایه ای درون ختایا در نظر گرفته شده است. در مجموع این سطح بازتاب در قله ساختمان خوب لیکن در ناودیس ضعیف میباشد. مقایسه نمودار گاما، نمودار صوتی و نمودار نوترون نشانگر میزان بالای میزان رادیو اکتیو در سرتاسر ختایا میباشد. این افزایش عناصر رادیو اکتیو بسبب وجود مواد ارگانیکی و بیتومین میباشد که در رخساره های مادستونی و وکستونی تجمع نموده اند (شکل ۳).

۶-۶- رأس مادود

رأس مادود حاوی تشابهاتی با بخش درون ختایایی داشته و با یک پیک سیاه مشخص، و سهولت قابل تمیز و تشخیص جهت ابداع نقشه های زمین شناسی زیر زمینی در این ناحیه میباشد (شکل ۷). رأس مادود بر روی نمودار گاما مطابقت با یک انحراف منفی بوده که سهولت قابل تمیز میباشد (شکل ۳).



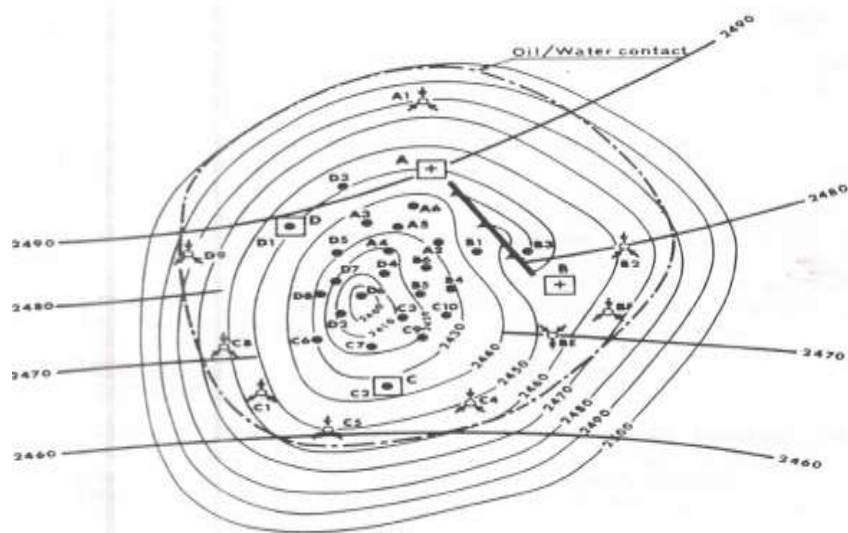
شکل ۷) استخراج موجک ترکیبی در چاه سی یک میدان سیوند.

۷- بررسی فعالیت هیدرو دینامیکی در مخزن میشریف ناحیه سیری

مطالعات پتروفیزیکی و جریانهای هیدرو دینامیکی در میداین نفتی با در نظر گرفتن ارتباط پارامترهای پتروفیزیکی بویژه تخلخل و تراوایی و شرایط رسوبگذاری و فرایند دیاژنتیکی آنها شناخت بیشتری در تعبیر و تفسیر جریانهای هیدرو دینامیکی را آشکار میسازد [۳۲، ۳۳]. مطالعات پتروفیزیکی نمونه های سنگهای مخزن، وسیله با قدرتی در اختیار زمین شناسان و مهندسیین نفت بوده که در تشخیص توان مواد هیدرو کربوری نفتی مخازن نفت و چگونگی مهاجرت، از سنگ منشا، بسوی سنگ مخزن کم فشار را مدیریت و نمایان می سازد. عملکرد مخازن یک چالش پیش رو در بررسی مخازن ناهمگن و تاثیرات آن در امر میزان تولید می باشد. یکی از روش های قابل اعتماد در ارزیابی صحیح مخزن، آنالیز مغزه می باشد که با مقایسه با عملیات نمودارگیری جهت دستیابی به اطلاعات و کسب داده های جدید بمنظور ارزیابی و سرشت نمایی مخزن بسیار هزینه ساز میباشد [۳۳].

۷-۱- میدان دنا SiD

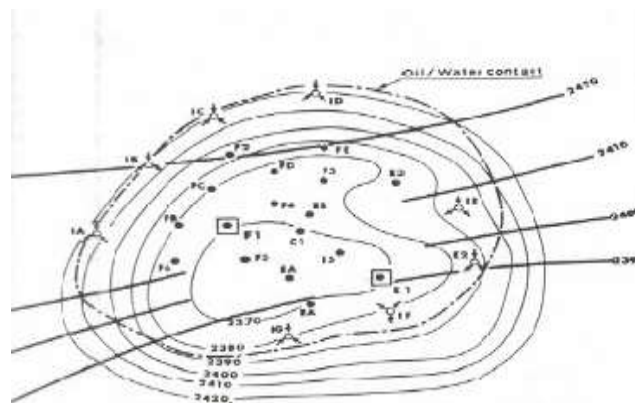
فشار های اندازه گیری شده در سازند میشریف میداین نفتی خلیج فارس، انتشار یک جریان هیدرو دینامیکی فعال را در خلیج فارس بسمت مرکز خلیج فارس آشکار می سازد. (شکل) سازند میشریف در چارچوب این جریان هیدرو دینامیکی واقع است، که نماینگر وجود سطح شیب دار آب و نفت می باشد. حرکت اصلی این جریان هیدرو دینامیکی در مسیر جنوب غرب-شمال شرق میباشد، که این امتداد بسوی میداین نفتی دنا، سیوند و الوند تداوم داشته که یک امتداد شمال جنوب را بخود میگیرد. با حفر اولین چاه اکتشافی بروی میدان نفتی دنا، این چاه در عمق ۲۵۱۰ متری از مبدا سطح دریا به نفت برخورد و کشف گردید [۱]، دومین حلقه چاه ارزیابی، وجود نفت را در رأس سازند میشریف تایید کرد. با شروع توسعه این میدان، در سال ۱۹۷۵ و با حفر سومین حلقه چاه از سکوی A (بنام چاه A1) تأیید و تشخیص سطح شیب دار آب و نفت را در این میدان با جهت تقریبی شمال-جنوب با شیب تقریبی ۱۲: ۱۰۰۰۰ به اثبات رساند [۵، ۶].



شکل ۸) میدان دنا، نقشه هم افق عمقی در رأس میشریف با نمایش سطح آب-نفت.

۷-۲- میدان سیوند (SiC)

این میدان در سال ۱۹۷۴ با حفر اولین حلقه چاه اکتشافی، سیری (SiC1) که در رأس تاقدیس حفاری گردید کشف شد. سطح آب-نفت که در ابتدای امر تصور افقی بودن آن می رفت، شیب دار مشخص گردید. میشریف در این میدان دارای ضخامتی بین ۲۸ تا ۳۲ متر گزارش شده که به کمک نقشه های هم تراز میتوان روند تغییرات ضخامت را مشاهده نمود [۶،۴،۲]. سطح آب و نفت شیب دار میدان سیری C همانند سیری D (شکل ۹) مشاهده گردید و میزان شیب ۱۰ تا ۱۲ در ۱۰۰۰ تعیین گردید.

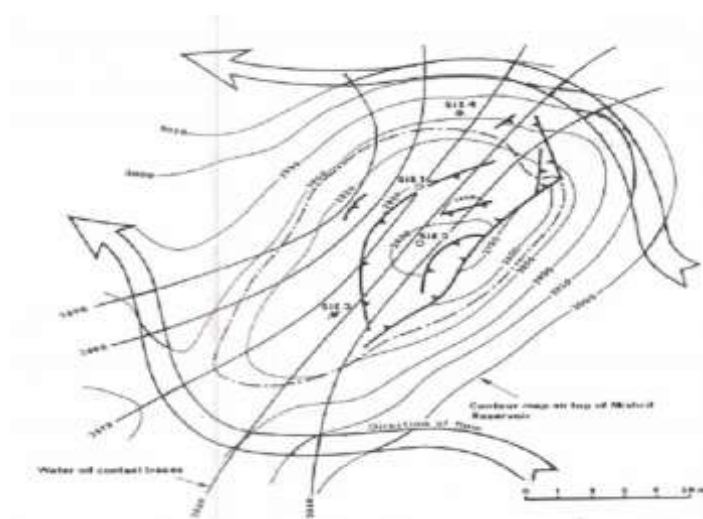


شکل ۹) میدان سیوند، نقشه هم افقی در رأس مخزن میشریف با نمایش سطح آب-نفت.

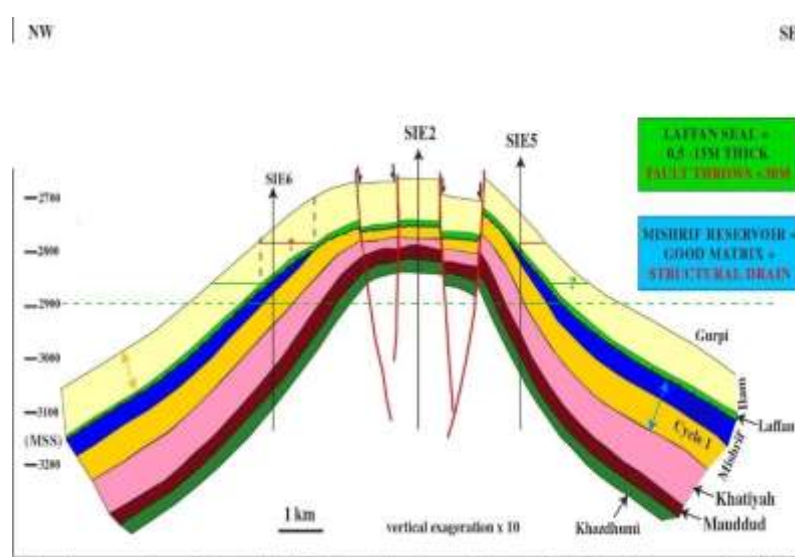
۷-۳- میدان الوند (SiE)

اولین حلقه چاه نفتی در افق مخزن میشریف، چاه سیری E3 می باشد. این چاه پس از ناموفق بودن چاه ۱ و چاه ۲ که در رأس ساختمان حفاری گردید که مخزن میشریف آن بسبب فرسایش تورونین حذف شده بود و سومین حلقه چاه در دامنه به ۳۵ متر ضخامت مخزن میشریف برخورد گردید لیکن به سطح آب و نفت برخورد نکرد (اشکال، ۱۱ و ۱۰). چهارمین حلقه چاه، که یک چاه ارزیابی محسوب میگردد، تایید کننده وجود مخزن میشریف در دامنه شرقی که کلاً زون آبی می بود رسید. از طرفی با توجه موقعیت چاه و به این ساختمان، تنها به چند متر نفت جارو شده در رأس میشریف برخورد نمود.

نتایج مدل‌سازی ابداعی ۱۹۷۸ شرکت نفت سوپیران، جهت تعیین سطح آب و نفت در میدان الوند [۶] تأییدی بر شیب دار بودن سطح آب و نفت در این میدان و میادین مجاور را پیش بینی می نمود، که این امر پس از انجام حفاری گسترشی این میدان در سال ۲۰۰۲ توسط شرکت نفت توتال، مورد تأیید قرار گرفت [۶].



شکل ۱۰) میدان الوند، نقشه هم افقی در رأس مخزن میشریف با نمایش سطح آب-نفت.



شکل ۱۱) برش عرضی میدان الوند، نمایش فرسایش مخزن میشریف در رأس ساختمان همراه با گسل‌ها تشخیص داده شده، مبنا عمق: زیر سطح دریا

۴-۷- مطالعات ژئوشیمیایی بر روی مغزه های میدان دنا

مطالعه کامل ژئوشیمیایی بر روی نفت برجای مانده مغزه‌ها انجام گرفت [۶]. این مطالعات در سرشت‌نمایی هرچه بیشتر آنالیز زون‌های گوناگون میشریف (زون نفت دار، زون گذر و زون جاروب شده نفت، و زون آب) انجام گرفت. بر این اساس دو سطح کاملاً مجزا سطح آب و نفت، یک سطح آب و نفت جدید دیگری با سطح آب-نفت برجای مانده از آب فسیلی می‌باشد [۵، ۶].

۵-۷- موقعیت سطح تماس آب و نفت در چاه‌ها

اغلب چاههای دامنه ای، به چهار افق اشباع آب نفت تقسیم میگردد که قابل تمیز می باشد. رأس حاوی یک زون کاهشی از ۱۰ تا ۱۵٪ که بلافاصله در یک زون اشباع آب بمیزان ۷۰٪ در یک فاصله ۳۰ متری مخزن، و در زیر آن یک زون اشباع آب ۷۰٪ در یک فاصله متغییر مخزنی (۰ تا ۴۰ متر) و در بخش تحتانی که اشباع آب به ۱۰۰٪ می رسد را در بر میگیرد. زون چشمگیر و مهم، سومین زون مخزنی می باشد که محتوی میزان اشباع ثابت آب در یک فاصله مخزنی مشخص می باشد. این زون همان زونی می باشد که نمایانگر باقی ماندن اثرات نفت در خلل و فرج که بر اثر جاروب شدن نفت توسط جریان فعال هیدرو دینامیکی در حفرات برجای گذاشته شده است. این زون مخزنی احتمالاً تحت تاثیر یک فعالیت تکتونیکی ناشی از (تراست یا گنبد نمکی) در ارتباط بوده، که سبب بالا آمدن سطح آب در بخش پایین دست ساختمان بوده است. بر این اساس سطح آب و نفت فعلی هرگز و یا بندرت از زمانیکه نفت تحت جریانهای آبهای هیدرو دینامیکی جارو و شسته شده است ظاهر نگردیده است. از نظر مهندسی مخازن، افق نفتی ۵۰٪، مبنای محاسبات مخزنی در نظر گرفته شده است.

۸- نتیجه گیری

ضخامت سکانس رسوبی از شرق به غرب (میدان فاتح بسوی سیری A) افزایش مییابد. گذر تدریجی ختایا به رخساره میشریف قابل مشاهده و پی گیری می باشد، لیکن ضخامت این زون تدریجی در نواحی کوناگون متغیر است. علت تغییرات ضخامتی درون سکانس رسوبی ختایا نمایانگر عدم فعالیت رشد ساختمانی در خلال رسوبگذاری ختایا را تداعی میکند، بعبارت دیگر بیانگر رشد و تکامل ساختمان پس از رسوبگذاری ختایا می باشد. متغییر بودن رخساره های رسوبی گذاشته شده اولیه در سازند میشریف تحت تاثیرات بعدی زمان تورونین، این رخساره تحت تاثیر آبهای متوریک در ایجاد خلل و فرج و حفره ای موثر بوده است. پاگیری های صوتی یکی از خصوصیات رخساره ها می باشد که رابطه مستقیم با، تخلخل، محتویات مواد جریانی درون سنگها و نوع خصوصیات رخساره دارد و تبدیل وارونسازی داده های لرزه نگاری به پاگیری صوتی تشخیص واحد های سنگ شناسی را بهتر آشکار می سازد. موفقیت آمیز بودن تبدیل نقشه های زمانی لرزه ای به نقشه های عمقی یکی از قدم های بسیار مهم در ابداع نقشه های سه بعدی سازند میشریف در امر سرشت نمایی مخزن میشریف قلمداد می گردد. اندازه گیری فشار درون چاهی مخزن میشریف، منتج به تهیه نقشه های هم ارز پتانسومتریکی در این ناحیه می گردد. این نقشه نمایانگر کاهش فشار از سمت شرق به غرب که تبعیت کننده جهت جریان هیدرو دینامیک در این ناحیه می باشد. مطالعات انجام گرفته بر روی مغزه های، دو سطح قدیمی (فسیلی) و جدید آب و نفت را آشکار می سازد. مطالعات جریان هیدرد دینامیکی، تعیین کنند سطح شیب دار آب و نفت بمیزان تقریبی ۱۲ در ۱۰۰۰ میباشد.

سپاس و قدردانی

از آقایان دکتر محمد مختاری استاد دانشگاه و مهندس خسرو جدلی زمین شناس ارشد اسبق، شرکت نفت فلات قاره و معاونت آموزش شرکت نفت توتال فرانسه در ایران، بخاطر داوری مقاله سپاسگزاری میگردد.

منابع

- [۱] زارع. ا.، ۱۳۸۱ بررسی خواص مخزنی میدان نفتی سیری دی (دنا) در خلیج فارس بر اساس مطالعات پتروفیزیکی. پایان نامه کارشناسی مهندسی اکتشاف نفت دپارتمان معدن، دانشکده فنی تهران.
- [۲] رحیم اف.، ا. ۱۳۸۲ مطالعه زمین شناسی و بررسی خواص مخزنی میدان سیری سی (سیوند) در خلیج فارس. پایان نامه کارشناسی مهندسی اکتشاف نفت دپارتمان معدن، دانشکده فنی تهران.
- [۳] فتحی.، ا. ۱۳۸۲ بررسی خواص زمین شناسی مخزن میشریف میدان رشادت و تاثیر فرایند دیاژنز بر روی این مخزن در خلیج فارس. پایان نامه کارشناسی مهندسی اکتشاف نفت دپارتمان معدن، دانشکده فنی تهران.
- [۴] فرود، م.، کمالی، م. ر.، سلگی، ع.، صنوبر، ع.، نظریان سامانی، پ.، تاثیر جریان هیدرو دینامیک در کج شدگی سطح تماس نفت - آب مخزن آهکی سروک در میدان سیوند، خلیج فارس. فصلنامه علمی- پژوهشی زمین شناسی محیط زیست. دانشگاه آزاد اسلامی اسلامشهر. سال ششم، شماره ۲۱، زمستان ۱۳۹۱.
- [5] Sofiran-66., SID A1 well, (Dena field), Final geological report, (1976).
- [6] PLESSIER, J., HEDAYATI, A., ABGRALL, E., PLIQUE, G. 1980, Study of Hydrodynamic Activity in the Mishrif Fields Offshore Iran Journal of Petroleum Technology, pp 1043-1052.
- [7] BASHARI, A., & MINAEE. 2003, Regional study of the Sarvak Formations in the Sirri District of the Persian Gulf. (AAPG International Conference & Exhibition September, 2003, Barcelona)
- [8] BASHARI, A., & ZARE, E. 2003, Petrography Factors and petrography parameters; An approach to the reservoir Charaterization of the Dena Field in the Persian Gulf. (AAPG International Conference & Exhibition September, 2003, Barcelona)
- [9] BASHARI, A. 2007, Integrated 3D Seismic and Petrophysical data of the Sarvak Foramtion, Sirri District in the Persian Gulf, (EAGE, First Break, v. 25, pp 45-53, Regional).
- [10] BASHARI, A., 2007. Petrography, Petrphysics and Seismic integration: an approach to characterize Mishrif Reservoir on Reshadat Oil field in the Persian Gulf, (18th world Petroleum Congress, South Africa).
- [11] BASHARI, A., 2007. Petrography, Petrphysics and Seismic integration: an approach to characterize Mishrif Reservoir on Reshadat Oil field in the Persian Gulf, (*Scientific Quarterly Journal of the Geoscience*: **16(6)**, 204-211. Geological Survey of Iran
- [12] MASOUDI, P., TOKHMECHI, B., BASHARI, A., & ANSARI, JAFARI, M., 2012. Identifying Productive Zones of Sarvak Formation by Integrating Outputs of Different Classification Methods" Journal of Geophysics & Engineering: **9(3)**, 282-290.
- [13] BASHARI, A., 2016. Al Khalij field in Qatar, and extension toward Reshadat Oil Field, in the Persian Gulf (Iranian Journal of Petroleum Geology Vol.1, No.11, Spring -Summer 2016).
- [14] BALUSSEAU, B., DEMERDASH M Z., 1996. Petroconsultants S.A. Switzerland, Integrated Exploration and Development Services Limited trading (unpublished HIS Energy Group)
- [15] BURCHETTE, T.P., 1993. Mishrif Formation (Cenomanian – Turonian), southern Persian Gulf: Carbonate platform growth along a cratonic basin margin. In: Simo, J.-A.T., Scott, R.W. & Masse, J.P. (eds) Cretaceous carbonate platforms. *American Association of Petroleum Geologists Memoir*, **56**, 185-199.
- [16] FARZADI, F., 2006. The development of Middle Cretaceous Carbonate platforms, Persian Gulf, Iran: constrain from Seismic Stratigraphy, well and Biostratigraphy., *Petroleum Geoscience*, **12**, 59-68.
- [17] GLENNIE, K.W. 1995. The geology of the Oman Mountains: an outline of their origin. Scientific Press, Beaconsfield, Uk.
- [18] HAQ, B.U., HARDENBOL, J. VAIL, P.R. 1988. Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change. In: wilgus, C.K., Hastings, B.S., Kendall, C.G.St.C., Posamentier, H.W., Ross, C.C. & Van Wagoner, J.C. (eds) Sea –Level Changes: *an Integrated Approach Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication*, **42**, 71-108.
- [19] HARRIS, P.M., FROST, S.H., SEIGLLIE, G. A., SCHNEIDERMANN, N. 1984. Regional unconformities and depositional cycles, Cretaceous of the Arabian Peninsula. In: Schlee, J.S. (ed.) Interregional Unconformities and Hydrocarbon Accumulation. American Association of Petroleum Geologists Memoir, **36**, 67-79.
- [20] MEMARZIA, A. H, 2005. Rule of Reflaction Seismic Data interpretation in Hydrocarbon Exploration, Iranian Offshore Oil Company 275.p.
- [21] MONTENAT, C., SOUDET, H.-J., BARRIER, P., CHEREAU, A. 1999. Karstification and tectonic evolution of the Jabal madar (Adam Foothills, Arabian Platform) during the Upper Cretaceous. *Bulletin Centre Recherche Elf Exploration production*, **22**, 161-183.
- [22] MURRIS, R.J. 1980. Middle East: Stratigraphic evolution and Oil habitat. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, **64**, 597-618.

- [23] PASCOE, R.P., EVANS, N.P. & HARLAND, T.L., 1995 . The generation of unconformities within the Mishrif and Laffan formations of Dubai and adjacent areas: applications to exploration and production. In: Husseini, M.I. (ed.) *Middle East petroleum Geosciences*, Geo 94, 2. Gulf Petrolink, Bahrain. 749-760.
- [24] SHARLAND, P.R., ARCHER, R., CASEY, D. M. , 2001. Arabian plate sequence stratigraphy. *GeoArabia Special Publication*, 2. Gulf Petrolink, Bahrain 261-278.
- [25] SIMONO, R. B., MASHAYEKHI, R. Morton, P., CROOKALL, B. V. , VAN DER MADE., 2004. Combined Reservoir Characterization and Modelling. (EAGE 66th Conference & Exhibition, Paris, 7-10 June 2004)
- [26] VAN BUCHEM, F.S.P., RAZIN ,P., HOMEWOOD, P.W., . 1996 . High- Resolution sequence stratigraphy of the Natih formation (Cenomanian/ Turonian) in northern Oman: Distribution of source rocks and reservoir facies. *GeoArabia*, 1(1), 65-91.
- [27] VAN BUCHEM, F.S.P., RAZIN ,P., HOMEWOOD, P.W., OTERDOOM, H., PHILIP, J. 2002a. Stratigraphic organization of carbonate ramps and organic- rich intrashelf basins: Natih Formation (middle Cretaceous)of Northern Oman. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 86, 21-54 .
- [28] Van Buchem, F.S.P., Pittet, B., Hilgartner, H. et al. 2002b. High resolution sequence stratigraphic architecture of barremian/ Aptian carbonate systems in northern Oman and the United Arab Emirates(Kharaib and Shuaiba Formations). *GeoArabia*, 7 (3) , 461-500.
- [29] DEVILLE DR PERIERE, DURLET, C., VENNIN, E., CALINE, B ,2017. Influence of a major exposure surface on the development of microporous micritic limestones - Example of the Upper Mishrif Formation (Cenomanian) of the Middle East. *Sedimentary Geology* 532p.
- [30] HAJIKAZEMI_, E, Al-AASM , IS., CONIGLIO , M., 2012., Chemostratigraphy of Cenomanian-Turonian Carbonate of the Sarvak Formation, Southern Iran, *Journal of Petroleum Geology*. 35, 187-205.
- [31] BASHARI, A., FATHEI, E., Petrography, Diagenesis and Reservoir Characterization of Upper Sarvak (Mishrif Formation), Reshadat Oilfield, in the Persian Gulf. (*32ndInternational Geological Conference Florence, Italy, August 20-28, 2004*).
- [32] BIKWE, J J., ONDIGUI, E., MASCATENHAS, DSGA., STRAKOV, P N .., ۲۰۲۱ , Connectivity between Petrophysical Parameters and Hydrodynamic Activity in Achikulak Oil Field., International science and technology conference "Earth science" IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 666 (2021) 022069 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/666/2/022069 1
- [33] JEKWUGOZIE, C, ANUMAH., EVANGELWOHEREM, C., OLALEKAN, A., EMMANULMANJUM,D., 2020.,: Effect of hydrodynamic tilting at fluid contacts to reservoir production performance - ScienceDirect.

بررسی آزمایشگاهی تغییر ترشوندگی سنگ مخزن با استفاده از نانو ذرات اکسید فلز

عبدالحمید انصاری^{۱*}، صادق عامری^۲

۱- استادیار گروه مهندسی نفت، واحد لامرد، دانشگاه آزاد اسلامی، لامرد، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی شیمی، واحد لامرد، دانشگاه آزاد اسلامی، لامرد، ایران

* abdolhamida61@gmail.com

دریافت خرداد ۱۳۹۹، پذیرش تیر ۱۴۰۰

چکیده

یکی از روش‌های ازدیاد برداشت از مخازن نفتی تزریق نانوسیالات است. نانو ذرات از طریق تغییر ترشوندگی، کاهش کشش سطحی، کاهش گرانروی نفت باعث افزایش برداشت نفت از مخازن می‌شوند. نانوذرات اکسید فلز (نانو ذرات سرمایی) بیشترین کاربرد را در افزایش برداشت از مخازن دارند. در این پژوهش به بررسی تغییرات در سطوح تماس نفت - آب - سنگ در حضور و عدم حضور نانوذرات اکسید فلز پرداخته شده است. تغییر ترشوندگی سنگ در غلظت‌های مختلف نانوذرات در فاز آبی آنالیز شده است. چهار نانو ذره مورد استفاده در این مطالعه عبارتند از: TiO_2 , NiO , Co_3O_4 , Al_2O_3 . طبق نتایج آزمایشات انجام شده، نانو ذرات NiO , Co_3O_4 , Al_2O_3 , TiO_2 بر ترشوندگی سنگ مخزن تاثیر قابل توجهی داشتند. به صورتی که با افزایش غلظت نانوذرات، تاثیر آنها روی تغییر ترشوندگی نیز بیشتر شده است. طبق آزمایشات انجام شده، استفاده از نانو ذرات NiO , Co_3O_4 , Al_2O_3 , TiO_2 باعث کاهش زاویه تماس بین سنگ و سیال شده است و در نتیجه ترشوندگی سنگ به سمت آب-دوستی تمایل پیدا کرده است. بیشترین آب-دوستی سنگ و کاهش زاویه تماس بین سنگ و سیال مربوط به نانو ذره NiO و کمترین تغییر در زاویه تماس مربوط به نانو ذره Al_2O_3 است. استفاده از نانو ذرات و تغییر ترشوندگی سنگ از نفت دوست به آب دوست سبب خروج نفت از حفرات سنگ شده و در نتیجه علاوه بر جدا شدن ذرات آسفالتین رسوب کرده در سطح سنگ، ذرات آسفالتینی که در ترکیبات نفت وجود دارد همراه نفت به بیرون از حفرات سنگ رانده شده و به صورت معلق همراه نفت جریان پیدا می‌کنند. این شناور ماندن ذرات آسفالتین در نفت، جداسازی رسوب آسفالتین را آسان می‌کند این تغییر در ترشوندگی سنگ از نفت-دوست به آب-دوست از دیدگاه ازدیاد برداشت نفت نیز سبب کاهش میزان نفت باقیمانده در سنگ شده و در نتیجه سبب ازدیاد برداشت نفت از مخازن می‌شود.

کلمات کلیدی: امولسیون، رسوب آسفالتین، نانو ذرات، جذب سطحی، تغییر ترشوندگی

۱- مقدمه

رسوب آسفالتین در برخی میادین نفتی نقاط مختلف جهان در خلال تولید نفت از مسائل بسیار جدی محسوب می‌گردد. در بعضی از میادین چاه‌هایی وجود داشته است که در آغاز بهره برداری ۳۰۰۰ بشکه در روز دبی تولیدی داشته‌اند اما ظرف مدت کوتاهی پس از تولید، جریان نفت در آنها قطع شده است. هزینه تعمیر و رفع این مشکلات از لحاظ اقتصادی بسیار قابل ملاحظه است. رسوب آسفالتین در مخازن نفت نیز باعث کاهش نفوذپذیری و تغییر ترشوندگی سنگ مخزن و در نهایت کاهش تولید نفت از مخزن می‌گردد. تغییر ترشوندگی برای سنگ‌های نفت دوست به آب دوست موضوعی قابل توجه می‌باشد زیرا با آب دوست کردن مخزن، باعث نفوذ بیشتر آب در خلل و فرج، تراوایی فاز آب کم شده و تراوایی فاز نفت بیشتر می‌شود که این پدیده منجر به ازدیاد برداشت نفت خواهد شد. افزایش تمایل آب برای چسبیدن به سطح نسبت به نفت همچنین منجر به راندن نفت از حفره‌های ریزتر به حفره‌های بزرگ‌تر و همچنین رانده شدن نفت به مسیرهای بزرگ‌تر و در نتیجه تولید بیشتر خواهد شد [۱]. بدلیل مشکلات فراوانی که آسفالتین ایجاد می‌کند، محققین در جستجوی راه حلی برای این مشکل هستند. در یک مخزن نفتی به دلیل غیر یکنواخت بودن سیالات مخزن درجه سنگینی نفت در سرتاسر مخزن متفاوت خواهد بود بنابراین میزان درصد آسفالتین موجود در نفت در نقاط مختلف متغیر خواهد بود لذا رسوب آسفالتین در مخزن و چاه در هر نقطه از مخزن عملکرد متفاوتی خواهد داشت پس طراحی مناسب موقعیت چاه‌ها همواره باعث جلوگیری و یا کاهش رسوب آسفالتین می‌شود. روش‌های گوناگونی نیز برای رفع مشکل آسفالتین ارائه و امتحان شده‌اند که در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرند [۲، ۳]. یکی از راه‌های مقابله با این مشکل به خصوص زمانی که رسوب در درون چاه‌ها و لوله‌های انتقالی صورت می‌گیرد استفاده از روش‌های جلوگیری از رسوب آسفالتین است. این روش‌ها شامل روش‌های کریستالی، مکانیکی، مواد شیمیایی گرمازا و پدیده‌های مافوق صوت می‌باشند. رویکرد دیگر در مقابل آسفالتین، استفاده از حلال‌های مختلف است. آسفالتین در تولوئن و حلال‌های حلقوی آروماتیک انحلال پذیر است. در میادین نفتی استفاده از زایلن کاربرد بیشتری نسبت به سایر حلال‌ها دارد و به عبارتی در بین این نوع حلال‌ها این زایلن است که بهترین عملکرد انحلالی را دارد. اما مشکلاتی از قبیل مصرف بالا، هزینه‌ی بسیار زیاد، زمان پایداری کوتاه و شرایط زیست محیطی نامناسب باعث می‌شود تا استفاده از زایلن محدود گردد. تاکنون مطالعات زیادی در زمینه جلوگیری و از بین بردن رسوب آسفالتین در سطح دنیا انجام شده است که از این میان استفاده از نانوذرات و فناوری نانو می‌تواند یکی از روش‌های کاربردی و موثر محسوب شود. بنابراین حرکت به سمت بومی‌سازی این روش‌ها اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. استفاده از روش‌های نوین با قابلیت پایداری در شرایط چاه می‌تواند گامی برای حل این معضل به شمار آید. این ذرات، نانو ذراتی فلزی و یا از جنس اکسید فلز هستند که ویژگی‌های مثبت زیادی از قبیل: نسبت سطح به حجم بسیار بالا، درجه تعلیق بسیار زیاد، توانایی جذب سطحی عالی و همین‌طور توان کاتالیستی مناسبی دارند [۴، ۵، ۶]. استفاده از نانو ذرات با توجه به ویژگی‌های آن‌ها می‌تواند ترشوندگی مخازن نفتی را به سمت آب دوست تغییر دهد و همچنین امولسیون کمتری در مخزن تشکیل شود و با مشکل برداشت نفت از مخازن مواجه نشود. رایج‌ترین نانوذرات، نانوذرات سرامیکی هستند که به سرامیک‌های اکسید فلزی هم معروفند. این نانو ذرات، پر استفاده‌ترین دسته از نانوذرات را تشکیل می‌دهند. این دسته می‌تواند شامل تمام اکسیدهای عناصر جدول تناوبی باشد. نانوذرات اکسید فلزی دارای اندازه‌ی یکسانی در هر سه بعد، از دو یا سه نانومتر تا صد نانومتر هستند و به وسیله‌ی نیروهای الکترواستاتیک به یکدیگر چسبیده و به شکل پودر بسیار ریزی رسوب می‌کنند. استفاده از نانو ذرات به منظور ازدیاد برداشت نفت جز روش‌های نوین ازدیاد برداشت تقسیم‌بندی می‌شود. نانوذرات به دلایل زیر دارای کاربرد در فرآیندهای ازدیاد برداشت هستند: ۱- اندازه کوچک که باعث ورود آنها به خلل و فرج سنگ شده و بدون به دام افتادن، نفت را از درون خلل و فرج خارج می‌کند. ۲- توانایی پایداری

امولسیون‌ها. ۳- انتقال سریع و بهتر گرما در روش‌های حرارتی. ۴- سازگاری بیشتر با محیط‌زیست نسبت به سایر مواد شیمیایی. ۵- تحمل دما و فشار بالا به دلیل مقاومت بیشتر در برابر تخریب نسبت به بقیه مواد [۶، ۷، ۸]. ذرات نانو کاربردهای چندگانه‌ای دارند. این ذرات می‌توانند آسفالتین موجود در نفت را بصورت معلق نگه دارند و از رسوب آن‌ها جلوگیری کنند و نیز می‌توانند با استفاده از نقش کاتالیست حرارتی خود، باعث حذف رسوب آسفالتین از سطح شوند. نقش ذرات نانو را می‌توان به دو بخش تقسیم کرد: اول این‌که به دلیل ظرفیت جذب بالای آن‌ها که به خاطر اندازه ذرات، سطح و ترکیب این نانوذرات می‌باشد، این ذرات می‌توانند به سرعت آسفالتین موجود را جذب کنند. این موضوع باعث بهبود تحرک نفت و جلوگیری از اجتماع و انعقاد آسفالتین می‌شود. از طرفی دیگر، بر اساس تحقیقاتی که بر روی نفت‌های سنگین درجا صورت گرفته است، ذرات نانو با استفاده از فرآیند کاتالیستی حرارتی می‌توانند نفت سنگین را بهبود بخشند [۹، ۱۰]. بهبود خواص نفت به واسطه حذف آسفالتین از آن فواید بسیاری به همراه خواهد داشت. از جمله این فواید می‌توان به کاهش هزینه‌های اجرایی، افزایش بازدهی انرژی و همین‌طور بهبود عملکرد و انتقال نفت اشاره کرد. هدف اصلی این پروژه بررسی احتمال رسوب آسفالتین در مخزن سروستان - سعادت آباد و شناخت دقیق مکانیزم رسوب می‌باشد. در صورت امکان رسوب آسفالتین، ارائه راهکاری مناسب جهت کاهش آن و حتی الامکان جلوگیری از رسوب‌شدن نیز از دیگر اهداف این پروژه می‌باشد.

۲- روش کار

۲-۱- تهیه نانوذرات

با تحقیقات گسترده‌ای که بر روی نانو ذره‌ها و مراکز عرضه آنها در کشور انجام گرفت، این نانو ذره‌ها از شرکت آروماتیک ایران که واردکننده محصولات نانو US-NANO می‌باشد خریداری شده است. این شرکت آنالیز کامل نانو مواد را در واحدهای آزمایشگاهی معتبر و مورد تایید ستاد توسعه فناوری نانو در داخل کشور و همچنین عکس‌های میکروسکوپ الکترون روبشی (SEM, TEM) همراه نانو ماده ارسال کرده است [۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴]. در شکل ۱ دو نمونه از نانو ذره‌هایی که تهیه شده‌اند و مشخصات آنها روی پرچسب بسته‌بندی آمده را نشان داده می‌دهد. اندازه نانو ذرات استفاده شده به شرح زیر می‌باشد:

* اکسید کبالت CO_3O_4 : ۱۰-۳۰ نانومتر

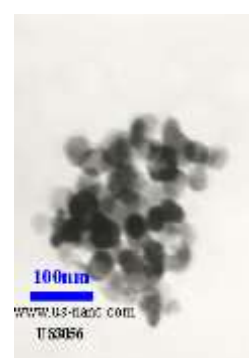
* اکسید آلومینیوم Al_2O_3 : ۳۰ نانومتر

* اکسید تیتانیوم TiO_2 : ۳۵ نانومتر اکسید

* نیکل NiO: ۲۰ نانومتر

ب

الف



شکل (۱) الف. SEM و نانو ذره Co_3O_4 تهیه شده. ب. SEM و نانو ذره NiO تهیه شده

بررسی نانو ذرات در آزمایشات دو اثر را دارد: ۱- اثر اول جذب بر روی سطح سنگ و تغییر ترشوندگی سنگ به سمت آب دوستی. ۲- جذب آسفالتین و کنترل تشکیل و پایداری امولسیون آب در نفت و نفت در آب. استفاده از سیستم آب/نفت/سنگ و بررسی تغییر ترشوندگی و میزان امولسیون و همچنین مقایسه نانو ذرات و دسته بندی آن ها در این طرح انجام شده است که حائز اهمیت می باشد.

در این تحقیق از نفت یکی از میداین نفت جنوب ایران استفاده شده است؛ که مشخصات آن در جدول ۱، ۲ و ۳ ارائه شده است.

جدول ۱) نتایج SARA Test برای نمونه نفت مورد آزمایش

ترکیبات آسفالتین	ترکیبات رزین	ترکیبات آروماتیک	ترکیبات اشباع	درصد وزنی
۶/۱	۱۲/۹	۳۷/۶	۴۳/۴	

جدول ۲) نتایج CCE Test برای نمونه نفت مورد آزمایش

۲۲۰	۱۰۰	دما (°F)
۱۲۶۰	۹۴۰	فشار نقطه حباب (Psia)

جدول ۳) نتایج DV Test برای نمونه نفت مورد آزمایش

۲۲۰	دما (°F)
۱۲۶۰	فشار نقطه حباب (Psia)
۳	گرانروی (Cp)

۲-۲- آماده سازی سیال نانو

ابتدا هر کدام از نانو ذرات در دو درصد وزنی مختلف آماده می شوند که مقادیر وزن آن ها در جدول ۱ نتایج آورده شده است. هر کدام از مقادیر آماده شده را در آب دیونیزه با وزن معین ریخته و بوسیله دستگاه همزن و سپس جهت پراکندگی بهتر و همگن شدن بیشتر در دستگاه التراسونیک به مدت ۱۵ دقیقه بهم میزنیم. دستگاه التراسونیک با مارک TOPSONIC ساخت شرکت توسعه فناوری مافوق صوت ایران می باشد. در شکل ۲ دستگاه های همزن و ترازوی حساس و همزن التراسونیک نشان داده شده اند.



شکل ۲) استفاده از تجهیزات آزمایشگاه نفت

۲-۳- تهیه سنگ مناسب

سنگ مورد استفاده در این پژوهش از نوع کربناته با تخلخل ۱۸٪ و تراوایی ۶۰ میلی داری است. از مغزه‌های برداشته شده از مخازن منطقه سنگ‌هایی به ضخامت ۲ میلی‌متر و قطر ۳ سانتی‌متر با دستگاه برش آزمایشگاه تهیه شد و سپس سطح آنها با تولوئن تمیزکاری و با آب مقطر شسته، صاف و صیقل داده شد. سپس سنگ را در مقداری نانو سیال در درون گرم‌کن به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد گذاشته و پس از آن سنگ‌ها خارج کرده به مدت یک ساعت درون گرم‌کن خشک می‌شوند. لازم به یادآوری است که یکی از سنگ‌ها بدون انجام این مرحله برای حالت نفت دوست بودن نگه داشته می‌شود. در شکل ۳ نمونه‌هایی از سنگهای آماده شده مشاهده می‌گردد.



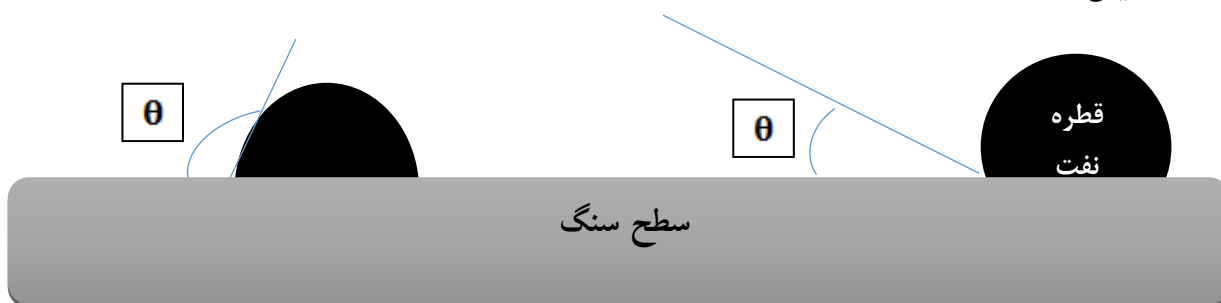
شکل ۳- سنگهای برش داده شده و آماده شده

۲-۴- عکس برداری با دستگاه DSA و اندازه گیری زاویه قطره با سنگ با استفاده از نرم افزار

IMAGEJ

در حالت کلی با توجه به بررسی‌های انجام شده با توجه به شکل ۴ نتیجه می‌گیریم که هرچه θ کمتر از ۹۰ درجه باشد سنگ به سمت آب‌دوستی و حالت مطلوب ما نزدیک‌تر می‌شود. زاویه ۹۰ مرز بین آب‌دوستی و نفت‌دوستی سنگ به حساب می‌آید [۱۵ و ۱۶].

سیال



شکل ۴- زاویه قطره با سنگ (θ)

۲-۵- عکس برداری با استفاده از دستگاه DSA

دستگاه DSA شامل ۴ قسمت کلی می‌باشد: محفظه سیال (سل سیال آبی) که نیدل حاوی سیال تزریقی در آن قرار دارد، منبع نور، دوربین و کامپیوتر حاوی نرم افزار آنالیز شکل قطره. از طریق نیدل قطره نفت به زیر سطح مقطع نازک تزریق می‌گردد. مقطع نازک (سنگ) درون سل قرار داد که حاوی سیال آبی می‌باشد. روبروی سل یک منبع نور قرار دارد که روشنایی را جهت مشخص کردن شکل دقیق قطره تامین می‌کند. دوربین نیز به نحوی تنظیم می‌گردد که شکل قطره نفت قرار گرفته بر سطح سنگ را به خوبی نمایش دهد. شکل قطرات به نرم‌افزار موجود در کامپیوتر که به دوربین متصل است انتقال داده می‌شود و زاویه بین سطح سنگ و قطره نفت درون محفظه پر از آب اندازه‌گیری می‌گردد.

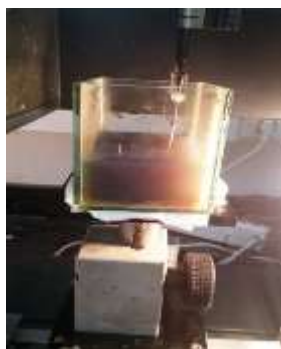
جهت ارزیابی تغییرات ترشوندگی ارزیابی شده از طریق مجموعه آزمایش‌های فوق‌الذکر، زاویه تماس بین نانوسیالات ساخته شده و نفت بر روی سطح سنگ نیز آزمایش شده است. برای این کار ابتدا سنگ بر روی پایه‌ای درون ظرف شیشه‌ای آکواریوم گذاشته شده و سپس در غلظت‌های مختلف از نانو سیالات در ظرف ریخته شده تا سنگ در سیال بطور کامل قرار گیرد و بعد با استفاده از دستگاه DSA100 ساخت شرکت KRÜSS آلمان، قطره نفت زیر سنگ تزریق شده و عکس‌برداری انجام می‌شود و در آخر زاویه تماس اندازه گرفته می‌شود.

شکل ۵ دستگاه مورد نظر DSA استفاده شده و شکل ۶ نیدل و سل آبی و محل قرارگیری آن را روی دستگاه نشان می‌دهد. در تمامی آزمایش‌ها قطره نفت پس از قرار داده شدن بر سطح سنگ به مدت ۲ ساعت رها شده تا تعادل ترمودینامیکی برقرار شود. سپس از شکل قطره، عکس‌برداری شده و زاویه تماس با استفاده از نرم‌افزار ImageJ اندازه گرفته شده است. برای حصول اطمینان از زاویه تماس اندازه گرفته شده زاویه تماس در نقاط مختلف سنگ گرفته (حداقل ۵ نقطه) و میانگین زوایای تماس اندازه‌گیری شده به عنوان زاویه تماس در نظر گرفته شده است.

نفت مورد استفاده در آزمایش‌های طراحی شده، مربوط به نفت سروستان می‌باشد. نانو ذرات استفاده شده در این مطالعه شامل ۴ نانو ذره TiO_2 , NiO , Co_3O_4 , Al_2O_3 می‌باشد و مقایسه بین عملکرد آنها انجام می‌شود. در شکل ۷ نمونه نفت تهیه شده از منطقه سروستان و در شکل ۸ نمونه‌ای از عکس گرفته شده با دستگاه DSA و زاویه محاسبه شده با نرم افزار IMAGEJ را نشان می‌دهد.



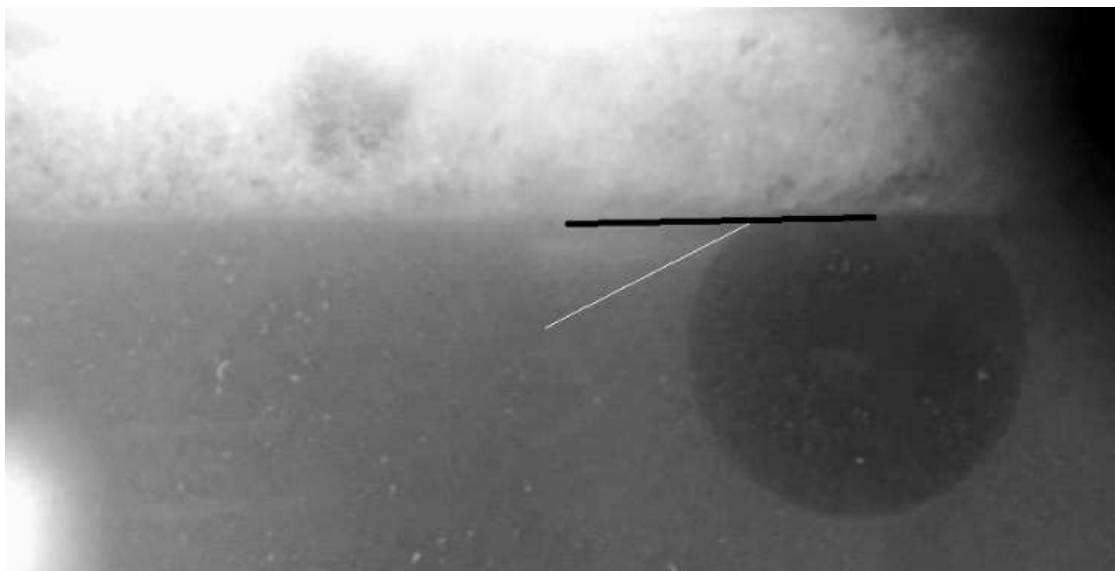
شکل ۵) دستگاه DSA100 شرکت KRÜSS آلمان



شکل ۶) نیدل و سل (ظرف آکواریوم) مربوط به دستگاه DSA



شکل ۷- نمونه نفت

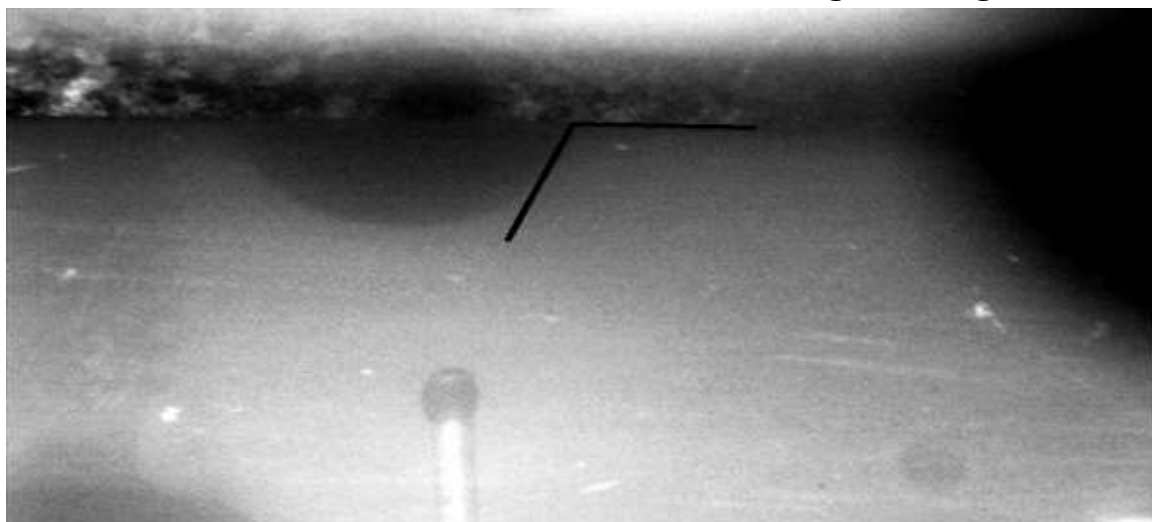


شکل ۸- نمونه ای از عکس گرفته شده با دستگاه DSA

۲-۶- قرار دادن قطره نفت روی سنگ در حضور و بدون حضور نانو سیال

۲-۶-۱- ترشوندگی پیش از نانو سیال

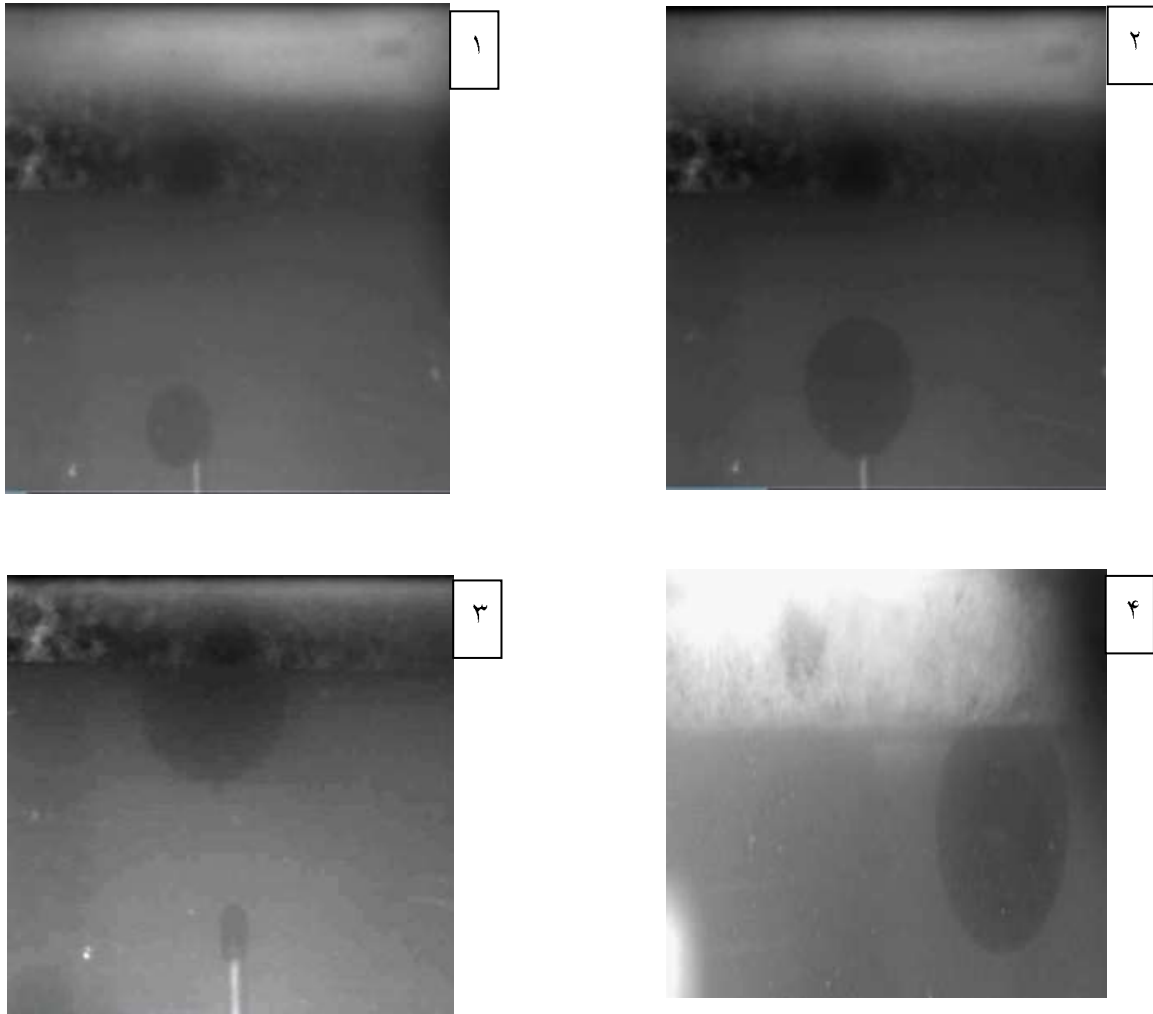
سنگی را که بدون آماده سازی و آب دوست کردن نگه داشته بودیم درون یکی از سیال‌های آماده شده قرار می‌دهیم و قطره نفت را تزریق می‌کنیم. همانطور که در شکل ۹ نشان داده شده سنگ مورد نظر در عکس برداری انجام شده با دستگاه DSA و اندازه‌گیری زاویه قطره نفت با سطح زیرین سنگ مشاهده گردید که این زاویه بیشتر از ۹۰ درجه است و براساس موارد اشاره شده از مراجع علمی در شرح گفته شده در بالا و مربوط به شکل ۹ سنگ در این حالت نفت دوست می‌باشد.



شکل ۹) شکل قطره نفت بدون نانو سیال

۲-۶-۲- ترشوندگی پس از نانو سیال

سیال‌های ساخته شده را در سل دستگاه DSA ریخته و سنگ‌های آماده شده را هر کدام در سیال‌ها روی پایه‌های تعبیه شده طوری قرار می‌دهیم که سنگ در سیال غوطه‌ور شود. سپس قطره نفت رها شده به سطح زیرین سنگ می‌رسانیم. شکل ۱۰ نمونه‌ای از مراحل قرار دادن قطره نفت به سطح زیرین سنگ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد سنگ‌ها آب دوست شده‌اند ولی با زوایای متفاوت.



شکل ۱۰) مراحل رها سازی قطره و شکل قطره در سیال نانو

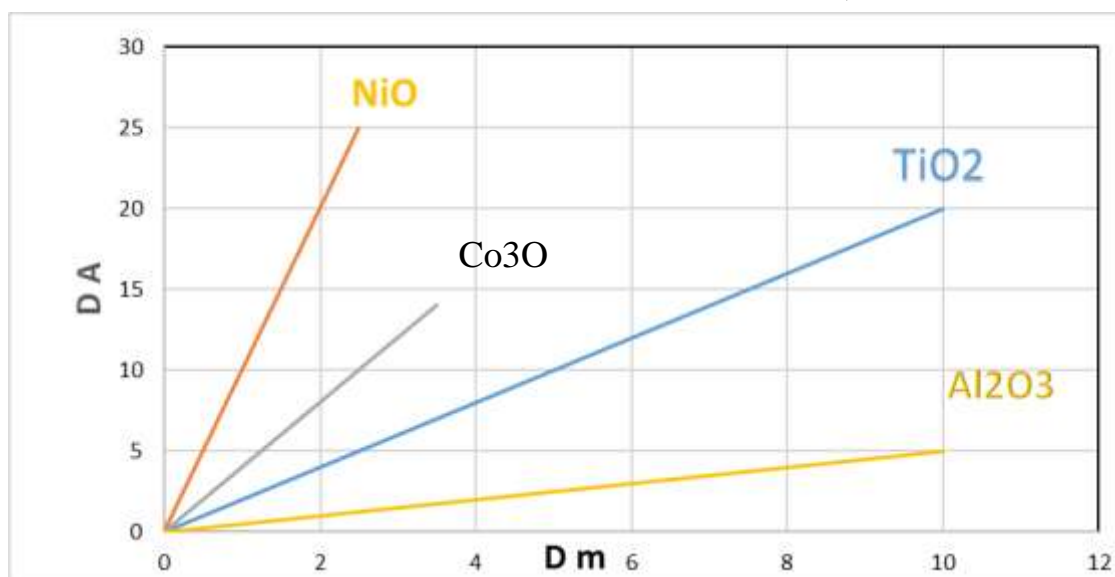
۲-۷- نتایج

نتایج نشان از اثر بخش بودن نانوسیال بر ترشوندگی سنگ مخزن است. با افزایش غلظت نانوذرات، تأثیر آن‌ها روی تغییر ترشوندگی نیز بیشتر است. طبق آزمایشات انجام شده، استفاده از نانو ذرات NiO , Co_3O_4 , Al_2O_3 , TiO_2 باعث کاهش زاویه تماس بین سنگ و سیال شده است و در نتیجه ترشوندگی سنگ به سمت آب-دوستی تمایل پیدا کرده است. طبق آزمایشات انجام شده با TiO_2 به اندازه ۲۰ درجه تغییر در زاویه تماس سنگ مشاهده شده است. در صورت استفاده از نانو ذره NiO تنها با $2/5$ برابر شدن درصد غلظت این نانو ذره، ۲۵ درجه تغییر و نیز در Co_3O_4 با $3/5$ برابر شدن غلظت، ۱۴ درجه تغییر در زاویه تماس سنگ و سیال دیده شد. در Al_2O_3 با ۱۰ برابر شدن غلظت تنها ۵ درجه کاهش در زاویه سطح مشاهده شده است. نتایج آزمایش‌های انجام شده در جدول ۴ نمایش داده شده است. همان‌گونه که از داده‌های جدول مشاهده می‌گردد دو ستون سمت راست برای راحت‌تر مقایسه کردن بصورت تغییرات در درصد وزنی و تغییر زاویه آورده شده است.

جدول ۴) مقادیر تغییر وزن و تغییر زاویه بدست آمده برای هر ۴ نانو ذره

نانو ذرات	درصد وزنی	وزن در ۲۰۰ cc سیال		زاویه	ΔM	ΔA	
		%	mg	A	mg	درجه	
اکسید تیتانیوم ۳۵ نانومتر	TiO ₂ ۳۵ nm	۱	۰/۰۳۵	۰/۰۷۰	۴۵	۱۰ برابر	۲۰
		۲	۰/۳۵۰	۰/۷۰	۲۵		
اکسید نیکل ۲۰ نانومتر	NiO ۲۰ nm	۱	۰/۰۲۵	۰/۰۵۰	۶۰	۲/۵ برابر	۲۵
		۲	۰/۰۶۲	۰/۱۲۵	۳۵		
اکسید کبالت	Co ₃ O ₄	۱	۰/۰۲۰	۰/۰۴۰	۴۲	۳/۵ برابر	۱۴
		۲	۰/۰۷۰	۰/۱۴۰	۲۸		
اکسید آلومینیوم ۳۰ نانومتر	Al ₂ O ₃ ۳۰ nm	۱	۰/۰۱۵	۰/۰۳۰	۲۳	۱۰ برابر	۵
		۲	۰/۱۹۰	۰/۳۸۰	۱۸		

هر ۴ نانو ذره مورد استفاده با افزایش غلظت، زاویه تماس بین سنگ و سیال را کاهش می دهند یعنی هر ۴ نانو اکسید فلز، مناسب جهت تغییر ترشوندگی سنگ مخزن از نفت دوست به آب دوست می باشند. اضافه بر این مطلب وقتی سنگ از نفت دوست به آب دوست تبدیل می شود نفت از حفرات سنگ به بیرون رانده شده و در نتیجه علاوه بر جدا شدن ذرات آسفالتین رسوب کرده در سطح سنگ، ذرات آسفالتینی که در ترکیبات نفت وجود دارد همراه نفت به بیرون از روزنه سنگ رانده شده و به صورت معلق همراه نفت جریان پیدا می کنند. این شناور ماندن ذرات آسفالتین در نفت، جداسازی رسوب آسفالتین را آسان می کند. داده های این دو ستون برای مقایسه بهتر روی نمودار ۱ رسم شده اند که از نقطه صفر آغاز و با افزایش درصد غلظت، در تغییر زاویه، افزایش وجود دارد و هر کدام که شیب بیشتری داشته باشند مناسب تر خواهند بود. نمودار ۱ نشان می دهد که گراف مربوط به NiO بیشترین شیب را دارد و به ترتیب Co₃O₄ و پس از آن TiO₂ و کمترین شیب مربوط به Al₂O₃ است.



نمودار ۱) مقدار کاهش زاویه قطره با سطح نسبت به تغییر درصد غلظت

بنابراین طبق آزمایشات انجام شده، استفاده از نانو ذرات NiO , Co_3O_4 , Al_2O_3 , TiO_2 به دلیل تغییر ترشوندگی سنگ از نفت-دوست به آب-دوست، نقش چشمگیری در حذف و جلوگیری از رسوب ذرات آلی موجود در سنگ به ویژه ذرات آسفالتین خواهد داشت. هم چنین این تغییر در ترشوندگی سنگ از دیدگاه ازدیاد برداشت نفت نیز سبب کاهش میزان نفت باقیمانده در سنگ شده و در نتیجه سبب ازدیاد برداشت نفت از مخازن می‌شود.

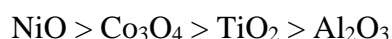
۳- نتیجه گیری

با توجه به آزمایشات انجام شده، نتایج زیر بدست آمدند:

- نانو ذرات NiO , Co_3O_4 , Al_2O_3 , TiO_2 بر ترشوندگی سنگ مخزن تاثیر قابل توجهی داشتند. به صورتی که با افزایش غلظت نانوذرات، تأثیر آن‌ها روی تغییر ترشوندگی نیز بیشتر شده است.

- طبق آزمایشات انجام شده، استفاده از نانو ذرات NiO , Co_3O_4 , Al_2O_3 , TiO_2 باعث کاهش زاویه تماس بین سنگ و سیال شده است و در نتیجه ترشوندگی سنگ به سمت آب-دوستی تمایل پیدا کرده است.

- ترتیب تاثیر نانو ذرات مورد استفاده در کاهش زاویه تماس بین سنگ و سیال و در نتیجه آب-دوستی سنگ مورد استفاده به صورت زیر است :



بنابراین بیشتری آب-دوستی سنگ و کاهش زاویه تماس بین سنگ و سیال مربوط به نانو ذره NiO و کمترین تغییر در زاویه تماس مربوط به نانو ذره Al_2O_3 است و در صورت انتخاب NiO بیشترین تاثیر در کاهش رسوب ذرات آسفالتین اتفاق خواهد افتاد.

- استفاده از نانو ذرات و تغییر ترشوندگی سنگ از نفت دوست به آب دوست سبب خروج نفت از حفرات سنگ شده و در نتیجه علاوه بر جدا شدن ذرات آسفالتین رسوب کرده در سطح سنگ، ذرات آسفالتینی که در ترکیبات نفت وجود دارد همراه نفت به بیرون از روزنه سنگ رانده شده و به صورت معلق همراه نفت جریان پیدا می‌کنند. این شناور ماندن ذرات آسفالتین در نفت، جداسازی رسوب آسفالتین را آسان می‌کند

- این تغییر در ترشوندگی سنگ از نفت-دوست به آب-دوست از دیدگاه ازدیاد برداشت نفت نیز سبب کاهش میزان نفت باقیمانده در سنگ شده و در نتیجه سبب ازدیاد برداشت نفت از مخازن می‌شود.

سپاس و قدردانی

از داوران مقاله آقایان دکتر عزت اله کاظم زاده، دکتر حبیب نیا و مهندس فرزاد حسینی تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

- [1] SHE, C., ZHANG, L., XIE, L., LU, X., LIU, Q., MANTILLA, C. A., ... & ZENG, H. (2016). Interaction Mechanism of Oil-in-Water Emulsions with Asphaltenes Determined using Droplet Probe AFM. *Langmuir*, **32(10)**, 2302-2310.
- [2] STRASSNER, J. E. (1968). Effect of pH on interfacial films and stability of crude oil-water emulsions. *Journal of Petroleum Technology*, **20(03)**, 303-312.
- [3] NASSAR, N. N., HASSAN, A., & PEREIRA-ALMANO, P. (2011). Metal oxide nanoparticles for asphaltene adsorption and oxidation. *Energy & Fuels*, **25(3)**, 1017-1023.

- [4] KAZEMZADE, Y., ESHRAGHI, S. E., SOURANI, S., & REYHANI, M. (2015). An interface-analyzing technique to evaluate the heavy oil swelling in presence of nickel oxide nanoparticles. *Journal of Molecular Liquids*, **211**, 553-559.
- [5] NASSAR, N. N. (2010). Asphaltene adsorption onto alumina nanoparticles: kinetics and thermodynamic studies. *Energy & Fuels*, **24(8)**, 4116-4122.
- [6] OGOLO, N. A., OLAFUYI, O. A., & ONYEKONWU, M. O. (2012, January). Enhanced oil recovery using nanoparticles. In *SPE Saudi Arabia Section Technical Symposium and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers.
- [7] OGOLO, N. C., OLAFUYI, O. A., & ONYEKONWU, M. (2012, January). Effect of nanoparticles on migrating fines in formations. In *SPE International Oilfield Nanotechnology Conference and Exhibition*. Society of Petroleum Engineers.
- [8] SOUZA, V. B., & MANSUR, C. R. (2015). Oil/Water nano emulsions: Activity at the water–oil interface and evaluation on asphaltene aggregates. *Energy & Fuels*, **29(12)**, 7855-7865.
- [9] YANG, F., TCHOUKOV, P., DETTMAN, H., TEKLEBRHAN, R. B., LIU, L., DABROS, T., & XU, Z. (2015). Asphaltene Subfractions Responsible for Stabilizing Water-in-Crude Oil Emulsions. Part 2: Molecular Representations and Molecular Dynamics Simulations. *Energy & Fuels*, **29(8)**, 4783-4794.
- [10] FRANCO, C. A., NASSAR, N. N., & CORTES, F. B. (2014). Removal of oil from oil-in-saltwater emulsions by adsorption onto nano-alumina functionalized with petroleum vacuum residue. *Journal of colloid and interface science*, **433**, 58-67.
- [11] HAMEDI SHOKRLU, Y., BABADAGLI, T., “In-Situ Upgrading of Heavy Oil/Bitumen During Steam Injection by Use of Metal Nanoparticles: A Study on In-Situ Catalysis and Catalyst Transportation”, SPE 146661-PA, 2013
- [12] OGOLO, N.A., OLAFUYI, O.A., ONYEKONWU, M.O., “Enhanced Oil Recovery Using Nanoparticles”, SPE 160847-MS, 2012
- [13] HAROUN, M., AL HASSAN, S., ANSARI, A., AL KINDY, N., ABOU SAYED, N., ALI B., SARMA, H., “Smart Nano-EOR Process for Abu Dhabi Carbonate Reservoirs”, SPE 162386-MS, 2012
- [14] Nano powders and Nanoparticles from US Research Nanomaterials, Inc. US Research Nanomaterials, Inc. Available from: <http://www.us-nano.com> [Accessed 1 February 2018].
- [15] "ORGANIC POLYMER CHEMISTRY."— Presentation transcript . . Available from: [www.google search .com](http://www.google.com) , Published by [Erik Greer](http://www.google.com).
- [16] GALOPPINI, G., M. TAMBINI, “Asphaltene Deposition Monitoring and Removal Treatments: An Experience Deep Wells”, SPE 27622, 1994.

زیست چینه نگاری و ریز رخساره‌های سازند آسماری در یال جنوبی تاقدیس میش (شمال شرق گچساران)

صابر احمدی^{۱*}، علی صیرفیان^۲، حسین وزیری مقدم^۲

۱- کارشناس ارشد چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی، گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۲- استاد گروه زمین شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

*Ahmadi.saber@ymail.com

دریافت آذر ۱۳۹۹، پذیرش تیر ۱۴۰۰

چکیده

سازند آسماری در برش یال جنوبی تاقدیس میس (شمال شرق گچساران)، واقع در ۲۲ کیلومتری از شهرستان باشت، در مجاورت روستای کلاغ نشین دارای ۲۸۱ متر ضخامت است. در این پژوهش، زیست‌چینه نگاری و ریز رخساره‌های سازند آسماری در برش ذکر شده مورد مطالعه و نتایج به دست آمده با ۵ برش از سازند آسماری در نواحی هم‌جوار و نزدیک به آن مقایسه شده است. با مطالعه بر روی ۱۷۲ مقطع میکوسکوپی، ۳ زیست‌زون برای سازند آسماری در برش مورد مطالعه تعیین شد و زون‌های زیستی 1. *Lepidocyclina – Operculina – Ditrupa* assemblage zone, 2. *Archaias asmaricus – Archaias hensoni – Miogypsinoides complanatus* assemblage zone, 3. *Indeterminate zone* تعیین گردید. با توجه به مطالعه فرامینفرهای کفزی و زیست‌زون‌ها، سن برش مورد مطالعه از الیگوسن پسین (روپلین-چاتین) تا میوسن پیشین (آکی‌تانین) معرفی می‌گردد. مطالعات ریز رخساره‌ها منجر به شناسایی ۱۰ ریز رخساره و ۴ زیر ریز رخساره رسوبی متعلق به دریای باز و لاگون (نیمه‌محصور و محصور) گردیده است که شامل بخش‌های خارجی، میانی و داخلی یک رمپ هم‌شیب (رمپ هموکلینال) می‌باشد.

کلمات کلیدی: سازند آسماری، الیگوسن - میوسن، یال جنوبی تاقدیس میس، زیست‌چینه نگاری، ریز رخساره‌ها، محیط

رسوبی.

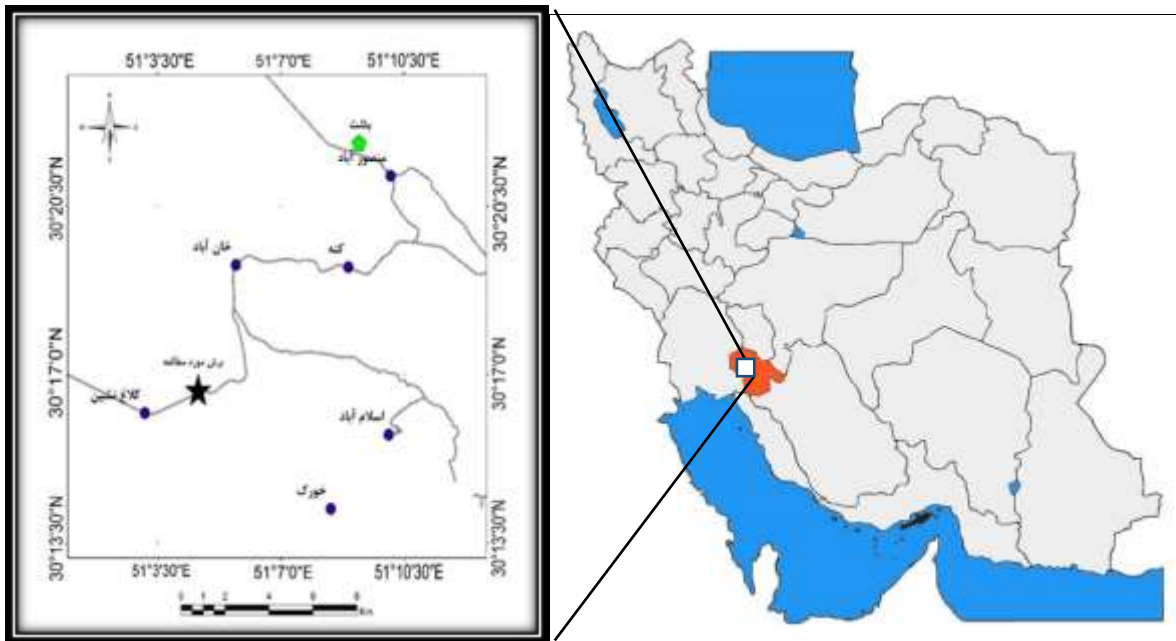
۱- مقدمه

حوضه زاگرس به دلیل ذخایر هیدروکربنی و فعالیت‌های تکتونیکی بسیار جوان همواره مورد توجه پژوهشگران بوده است. سازند آسماری به سن (الیگوسن - میوسن پیشین) واقع در جنوب غرب ایران اولین و بزرگترین سنگ مخزن شناخته شده در دنیا در حوضه رسوبی زاگرس می‌باشد [۹]. پژوهش و بررسی‌های بسیاری بر روی سازند آسماری از قبیل؛ زیست‌چینه‌ای، سنگ‌چینه‌ای، رسوب شناسی و جغرافیای دیرینه و همچنین انیدریت قاعده‌ای که بخشی از سازند آسماری می‌باشد صورت گرفته است که مهم‌ترین آن‌ها به صورت مختصر اشاره می‌گردد. باسک و مایو [۲۳] در اولین مقاله منتشر شده از سازند آسماری، این نام را به ردیفی از سنگ آهک‌های کربناته به سن کرتاسه تا ائوسن اطلاق کردند که بعداً به این ردیف یک واحد آهکی توده‌ای نومولیت‌دار اضافه گردید و رسماً به نام سازند آسماری به سن الیگوسن تعیین شد. ریچاردسون [۴۹] برش نمونه سازند آسماری را در تنگ گل ترش کوه آسماری اندازه‌گیری کرد و آن را سری آهکی آسماری نام نهاد و با سنگ آهک خمیر مربوط به الیگوسن در ناحیه فارس قابل مقایسه دانست. با توجه به خواص زیست‌چینه‌ای، آدامز و بورژوا [۱۱] ۳ زون تجمعی و ۲ زیر زون تجمعی را برای سازند آسماری پیشنهاد نمودند. در ادامه مطالعات جدید، اهرنبرگ و همکاران [۲۸] زیست‌چینه‌نگاری سازند آسماری در حوضه زاگرس را به کمک ایزوتوپ استرانسیم مورد بازنگری قرار دادند و ۵ حادثه زیستی معرفی و همچنین برای اولین بار آشکوب‌های روپلین و چاتین را از هم جدا کردند. لارسن و همکاران [۳۷] مطالعات اهرنبرگ و همکاران را تأیید نموده و زون‌بندی زیستی جدیدی برای سازند آسماری ارائه کردند. ون بوخم و همکاران [۵۷] زون‌بندی جدید و با دقت بالایی بر اساس داده‌های (ایزوتوپ استرانسیم) اهرنبرگ و همکاران [۲۸] انجام دادند و نتایج آن شامل معرفی کردن ۷ بیوزون (۶ زون تجمعی و یک زون نامشخص) و همچنین ۶ سکانس رسوبی برای سازند آسماری پیشنهاد کردند. از جمله مطالعات دیگر می‌توان به زیست‌چینه‌نگاری و محیط دیرینه سازند آسماری در خاور دوگنبدان [۷]، زیست‌چینه‌نگاری و شرایط محیطی دیرینه سازند آسماری در حوضه زاگرس [۳۶]، زیست‌چینه‌نگاری و محیط دیرینه سازند آسماری در زون ایذه [۵۴]، زیست‌چینه‌نگاری و ریز رخساره‌های سازند آسماری در تاقدیس لار (شمال‌خاوری گچساران) [۳] و الله‌کرم‌پوردیل و همکاران [۱۲] در شمال حوزه اینتراشلف سازند آسماری اشاره کرد. با توجه به پژوهش‌ها و تحقیقات ذکر شده، و گستردگی حوضه رسوبی زاگرس، متنوع بودن شرایط محیطی، زمان و جغرافیای دیرینه تشکیل سازند آسماری، مطالعات و پژوهش‌های بیشتری برای پی‌بردن و شناخت بیشتر سازند آسماری در حوضه رسوبی زاگرس صورت خواهد گرفت. سازند آسماری بزرگ‌ترین سنگ مخزن در جنوب غرب ایران بوده که دارای پتانسیل بالا در ذخیره نفت و گاز می‌باشد که از نظر اقتصادی دارای اهمیت زیادی است. اهدافی که در این پژوهش مورد بررسی قرار می‌گیرد شامل تعیین بیوزون‌های تجمعی، تعیین سن دقیق سازند آسماری در منطقه مورد مطالعه، معرفی و تعیین ریز رخساره‌ها و محیط رسوبی و همچنین تطابق زمانی و محیطی آن با سایر برش‌های مطالعه شده و کمک به تکمیل‌تر شدن اطلاعات منطقه‌ای موجود در رابطه با سازند آسماری و فراهم آمدن تطابق کروئواستراتیگرافی با توجه به شناسایی بیوزون‌های تجمعی در سازند آسماری می‌باشد.

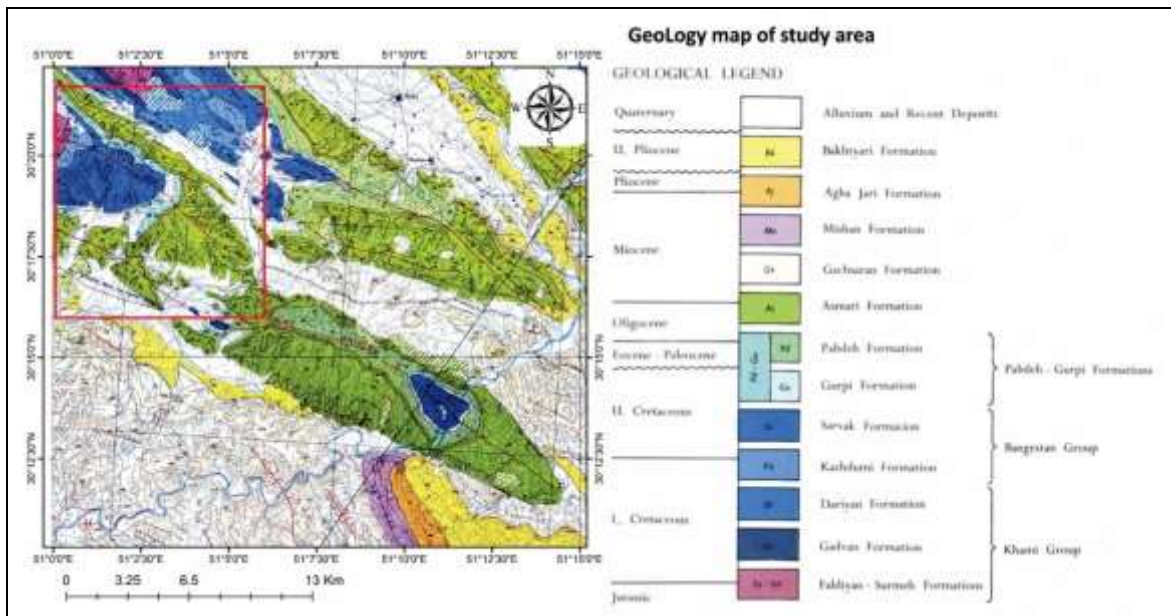
۲- موقعیت منطقه و روش مطالعه

در این پژوهش به مطالعه زیست‌چینه‌نگاری و ریز رخساره‌های سازند کربناته آسماری در یال جنوبی تاقدیس میش، به مختصات $30^{\circ} 16' 37'' N$ و $51^{\circ} 04' 38'' E$ ، که در فاصله ۲۲ کیلومتری از شهرستان باشت، در مجاورت روستای کلاغ نشین است، پرداخته می‌شود. برش مورد مطالعه در ۳۳ کیلومتری از شهرستان گچساران (شکل‌های ۱ و ۲) و در زون ایذه واقع است. شناسایی اولیه سازند آسماری در منطقه مورد مطالعه توسط نقشه زمین‌شناسی، عکس نقشه راه‌ها و مشخص

کردن راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه انجام شده است. برداشت نمونه‌های مناسب برای مطالعه بصورت سیستماتیک در فواصل نیم، یک تا دو متری به وسیله ژاکوب، از سنگ‌های برجا و غیر هوازده و بر اساس تغییر رنگ، سنگ‌شناسی، ضخامت لایه‌ها و با توجه به آثار فسیلی انجام شده است. برش مورد نظر در این پژوهش ۲۸۱ متر ضخامت دارد و ۱۷۲ نمونه به منظور مطالعات میکروسکوپی، برداشت شده است. شماره نمونه‌ها منطبق بر مترآژ نمونه‌برداری صورت گرفته و با حرف B مشخص شده است. پس از تهیه مقاطع نازک میکروسکوپی، این مقاطع در آزمایشگاه مورد مطالعه قرار گرفتند. در برش مذکور، سازند آسماری به صورت هم‌شیب و تدریجی بر روی سازند پابده قرار دارد و مرز بالایی سازند آسماری در این برش پوشیده می‌باشد.



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به برش مورد مطالعه [۲]



شکل (۲) نقشه زمین شناسی ناحیه مورد مطالعه [۱۰]

۳- بحث

۳-۱- زیست‌چینه نگاری

اساس زیست‌چینه نگاری سازند آسماری بر پایه فرامینیفرها توسط توماس [۵۵] مطرح شده است. خواص زیست‌چینه‌ای سازند آسماری براساس روزن‌داران بنتیک برای اولین بار توسط وایند [۶۲] ارائه شده است و در ادامه توسط آدامز و بورژوا [۱۱] مورد مطالعه قرار گرفت و ۳ زون تجمعی و ۲ زیر زون تجمعی جدید معرفی شد. اهرنبرگ و همکاران [۲۸] با مطالعه ۹ برش سطحی و ۶ حلقه چاه از سازند آسماری در منطقه فروافتادگی دزفول براساس آنالیزهای ایزوتوپی استرانسیوم در تعیین سن مطلق فسیل‌ها، موفق به تفکیک آشکوب‌های الیگوسن از یکدیگر شدند. لارسن و همکاران [۳۷] و ون‌بوخم و همکاران [۵۷] با استفاده از داده‌ها و مطالعات اهرنبرگ و همکاران [۲۸] و اطلاعات سایر برش‌های سازند آسماری، ۷ بیوزون جدید (۶ زون تجمعی و ۱ زون نامشخص) برای سازند آسماری ارائه کردند. ون‌بوخم و همکاران [۵۷] با مطالعات جدیدتر و گسترده‌تر، کارهای لارسن و همکاران [۳۷] را تأیید کردند. به منظور تعیین سن سازند آسماری در برش یال جنوبی تاق‌دیس میش (شمال‌شرق گچساران)، تعداد ۱۷۲ مقطع نازک میکروسکوپی تهیه و مطالعه شده و بر اساس مطالعات اهرنبرگ و همکاران [۲۸]، لارسن و همکاران [۳۷] و ون‌بوخم و همکاران [۵۷] زیست‌زون برای سازند آسماری در برش مورد مطالعه تعیین شده است. سن برش مورد مطالعه از الیگوسن پسین (روپلین-چاتین) تا میوسن پیشین (آکی‌تاین) معرفی می‌گردد (شکل‌های ۳ و ۴).

زیست‌زون ۱: این زون زیستی از قاعده برش تا ضخامت ۲۴ متری برش مورد مطالعه را شامل می‌شود و دارای ۲۵ جنس و ۳ گونه می‌باشد.

Globigerinids – *Ditrupa* sp. – *Heterostegina* sp. – *Operculina* sp. – *Pyrgo* sp. – *Neorotalia* sp. – *Elphidium* sp. – *Elphidium* sp.1 – *Eulepidina* sp. – *Nephrolepidina* sp. – *Operculina complanata* – *Amphistegina* sp. – *Lepidocyclina* sp. – *Neorotalia viennoti* – *Sphaerogypsina* sp. – *Bigenerina* sp. – *Tubucellaria* sp. – *Lenticolina* sp. – Gastropod – *Planorbulina* sp. – *Triloculina* sp. – Textularids – Miliolids – *Bivalvia debris* – Bryozoa – Echinoid – Red algae – Ostracod.

این مجموعه زیستی مورد نظر با توجه به حضور *Operculina* و *Lepidocyclina* با بیوزون شماره ۵۶ وایند [۶۲] و ۳ لارسن و همکاران [۳۷] *Lepidocyclina – Operculina – Ditrupa assemblage zone* تطابق دارد و معرف سن روپلین-چاتین است. ولی با توجه به عدم حضور جنس *Spiroclypeus blankenhorni* همراه با زون مورد نظر که اهرنبرگ و همکاران آن را بعنوان شاخص چاتین معرفی نمودند، می‌توان سن مجموعه فونی فوق را روپلین-چاتین در نظر گرفت.

زیست‌زون ۲: این زون زیستی از ضخامت ۲۴ تا ۲۴۵ متری برش مورد مطالعه را شامل می‌شود و دارای ۳۴ جنس و ۱۶ گونه می‌باشد.

Globigerinids – *Discorbis* sp. – *Ditrupa* sp. – *Operculina* sp. – *Operculina complanata* – *Elphidium* sp. – *Amphistegina* sp. – *Eulepidina dilatata* – *Pyrgo* sp. – *Neorotalia* sp. – *Spiroclypeus blankenhorni* – *Lepidocyclina* sp. – *Elphidium* sp.14 – *Spiroclypeus* sp. – *Nephrolepidina tournoueri* – *Miogypsinoidea* sp. – *Archaias* sp. – *Austrotrillina* sp. – *Elphidium* sp.1 – *Neorotalia viennoti* – *Archaias* cf. *kirkukensis* – *Archaias* cf. *hensoni* – *Meandropsina* cf. *iranica* – *Dendritina* sp. – *Dendritina* cf. *rangi* – *Peneroplis* sp. – *Peneroplis* cf. *evolotus* – *Bigenerina* sp. – *Tubucellaria* sp. – *Planorbulina* sp. – *Triloculina trigonula* – *Heterostegina* sp. – *Nephrolepidina* sp. – *Eulepidina* sp. – *Meandropsina* sp. – *Schlumbergerina* sp. – *Sphaerogypsina globulus* – *Valvulinid* sp. – *Triloculina* cf. *tricarinata*. – *Triloculina* sp. – *Spirolina* sp. – Miliolids – *Bivalvia debris* –

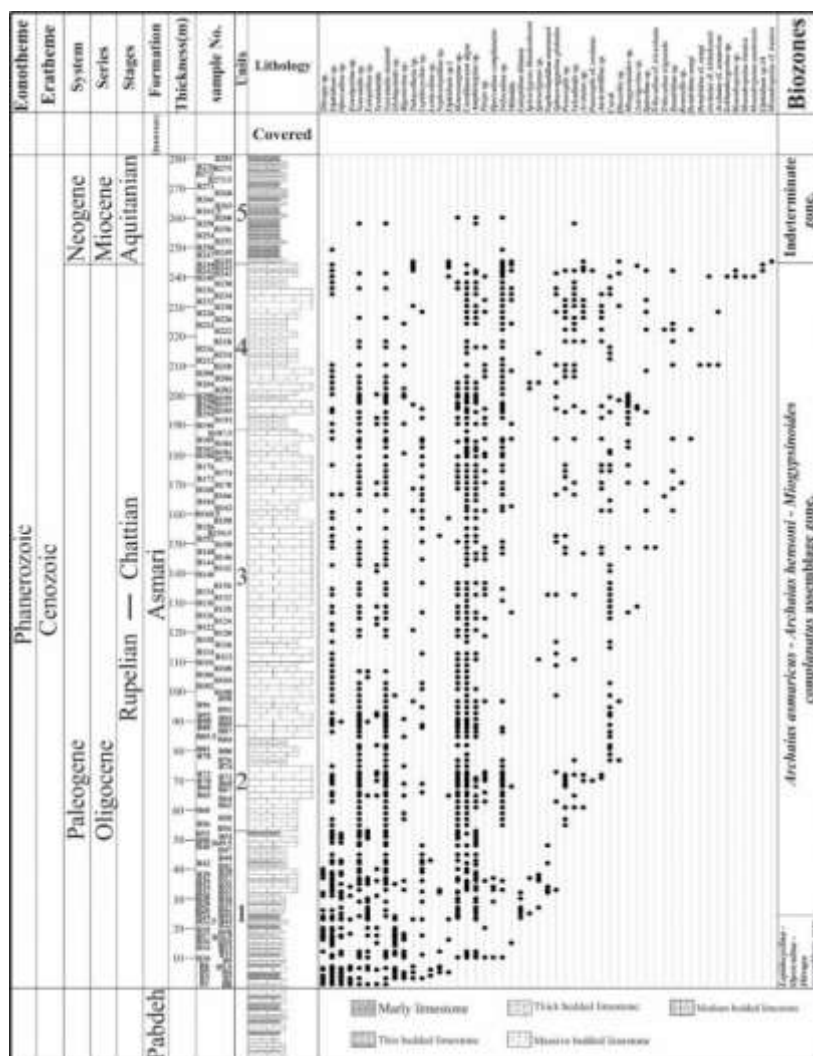
Dendritina rangi – *Reussella* sp. – *Meandropsina anahensis* – Textularids – Coral – Red algae – Bryozoa – Echinoid – Gastropod – Ostracod.

این زون زیستی با بیوزون شماره ۴ لارسن و همکاران [۳۷] – *Archaias asmaricus* – *Archaias hensoni* – *Miogypsinoides complanatus* assemblage zone. همچنین این تجمع فونی می‌تواند با زیرزون تجمعی *Archaias asmaricus* – *Archaias hensoni* از آدامز و بورژوا [۱۱] برابری نماید. بر اساس مطالعات اهرنبرگ و همکاران [۲۸] به دلیل حضور گونه *Spiroclypeus blankenhorni* در این زیست‌زون، سن این زون زیستی چاتین در نظر گرفته می‌شود.

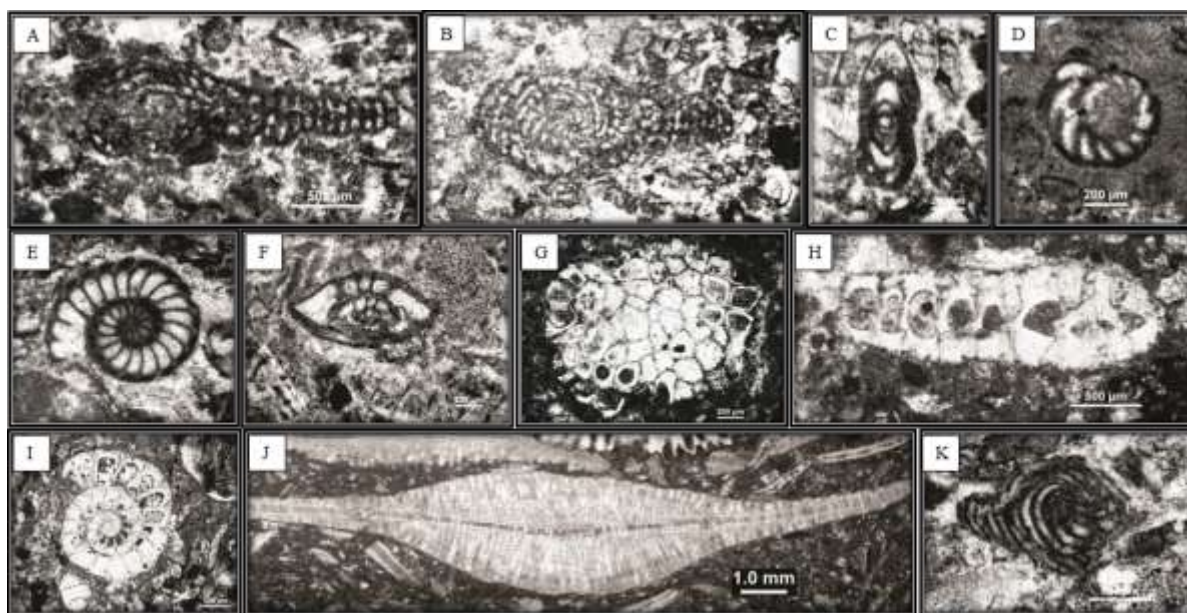
زیست‌زون ۳: این زون زیستی از ضخامت ۲۴۵ تا ۲۸۱ متری برش مورد مطالعه را شامل می‌گردد و دارای ۷ جنس می‌باشد.

Heterostegina sp. – *Amphistegina* sp. – *Neorotalia* sp. – *Elphidium* sp. – *Valvulinid* sp. – *Bivalvia* debris – Miliolids – Echinoid.

این زیست‌زون با *Indeterminate zone* از بیوزوناسیون لارسن و همکاران [۴۰] مطابقت دارد. بر اساس مطالعات لارسن و همکاران [۳۷] و ون‌بوخم و همکاران [۵۷] سن این مجموعه زیستی آکی‌تائین است. با توجه به قرارگیری این تجمع فونی بر روی تجمع فونی ۲ و عدم حضور گونه *Borelis melo curdica* که اهرنبرگ و همکاران [۲۸] آن را بعنوان شاخص زمان بوردیگالین در نظر گرفته‌اند، سن این مجموعه را می‌توان قبل از زمان بوردیگالین، و به آکی‌تائین نسبت داد.

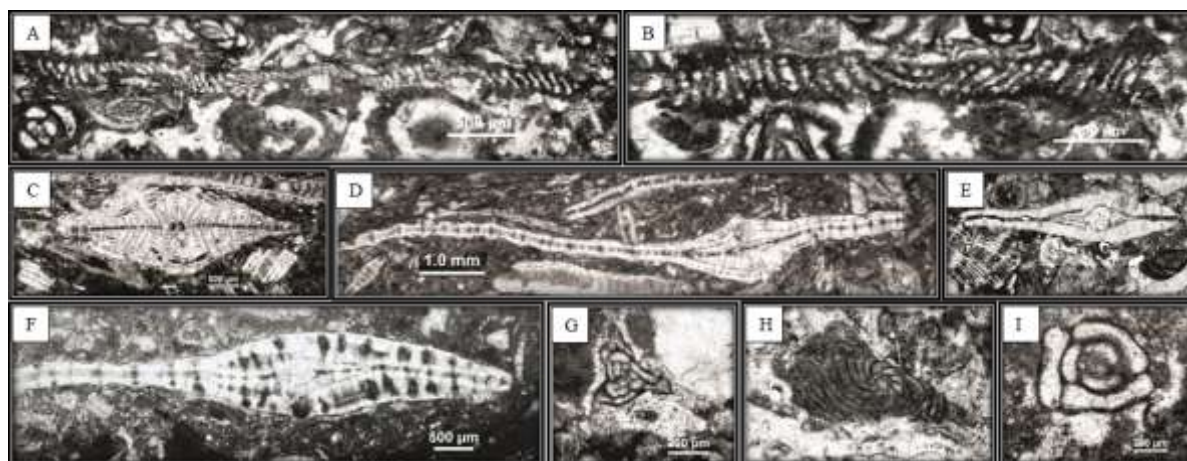


شکل ۳- ستون زیست‌چینه نگاری سازند آسماری در برش یال جنوبی ناقدیس میش (شمال شرق گچساران)



شکل ۴- برخی از فسیل‌های شاخص برش مورد مطالعه:

A: *Archaia* cf. *hensoni*, B: *Archaia* cf. *kirkukensis*, C: *Dendritina rangi*, D: *Dendritina rangi*, E: *Elphidium* sp.1, F: *Elphidium* sp.14, G: *Miogypsinoidea* sp., H: *Miogypsinoidea* sp., I: *Neorotalia viennoti*, J: *Eulepidina dilatata*, K: *Peneroplis* cf. *evoloutus*



شکل ۵- برخی از فسیل‌های شاخص برش مورد مطالعه:

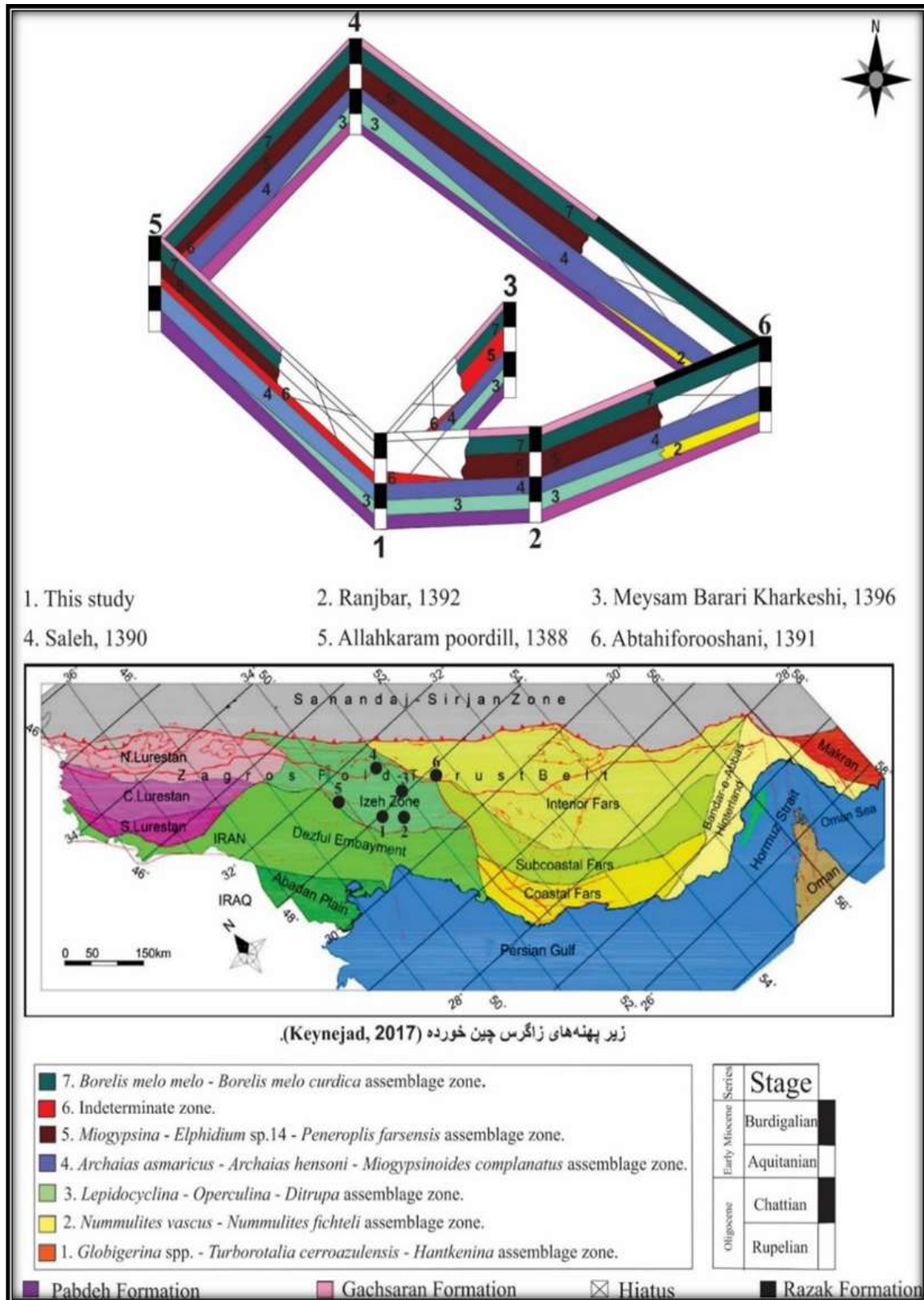
A: *Meandropsina iranica*, B: *Meandropsina anahensis*, C: *Nephrolepidina tournoueri*, D: *Spiroclypeus blankenhorni*, E: *Operculina complanata*, F: *Heterostegina* sp., G: *Triloculina* cf. *tricarinata*, H: *Peneroplis* cf. *evoloutus*, I: *Triloculina trigonula*

۲-۳- تطابق زیست‌چینه نگاری برش مورد مطالعه با برخی از برش‌های نواحی همجوار از سازند آسماری

با توجه به اطلاعات به دست آمده از برش مورد مطالعه و ۵ برش همجوار، نتایج تطابق زیست‌چینه نگاری بصورت زیر می‌باشد (جدول ۱، شکل ۶).

جدول ۱- مشخصات برش‌های مورد استفاده در تطابق زیست‌چینه نگاری

پژوهشگر	مختصات جغرافیایی و زون ساختاری	نام برش	زون‌های زیستی بر اساس (Laursen et al., 2009)
ابطحی - فروشانی، ۱۳۹۱	۳۰° ۲۷' ۳۷" N ۵۱° ۴۶' ۴۴" E شمال فارس داخلی	کوه موردراز، جنوب‌خاوری ياسوج	<i>Nummulites vascus</i> – <i>Nummulites fchтели</i> assemblage zone. <i>Archaias asmaricus</i> – <i>Archaias hensoni</i> – <i>Miogypsinoidea complanatus</i> assemblage zone. <i>Borelis melo curdica</i> – <i>Borelis melo melo</i> assemblage zone.
ا...کرم‌پور دیل، ۱۳۸۸	۳۰° ۳۳' ۲۴" N ۵۰° ۴۴' ۷۸" E مرز بین زون ایذه و فروافتادگی دزفول	یال شمالی تاق‌دیس کوه دیل (شمال گچساران)	<i>Archaias asmaricus</i> – <i>Archaias hensoni</i> – <i>Miogypsinoidea complanatus</i> assemblage zone. <i>Miogypsina</i> – <i>Elphidium</i> sp.14 – <i>Peneroplis</i> <i>farsensis</i> assemblage zone. Indeterminate zone. <i>Borelis melo curdica</i> – <i>Borelis melo melo</i> assemblage zone.
صالح، ۱۳۹۰	۳۰° ۳۰' ۵۴" N ۵۱° ۰۲' ۱۶" E ایذه	کوه شجیبیل، شمال‌باختری ياسوج	<i>Lepidocyclina</i> – <i>Operculina</i> – <i>Ditrupa</i> assemblage zone. <i>Archaias asmaricus</i> – <i>Archaias hensoni</i> – <i>Miogypsinoidea complanatus</i> assemblage zone. <i>Miogypsina</i> – <i>Elphidium</i> sp.14 – <i>Peneroplis</i> <i>farsensis</i> assemblage zone. <i>Borelis melo curdica</i> – <i>Borelis melo melo</i> assemblage zone.
رنجبر، ۱۳۹۲	۳۰° ۱۷' ۸۷" N ۵۱° ۹' E ایذه	یال جنوب - خاوری تاق‌دیس خامی (خاور گچساران)	<i>Lepidocyclina</i> – <i>Operculina</i> – <i>Ditrupa</i> assemblage zone. <i>Archaias asmaricus</i> – <i>Archaias hensoni</i> – <i>Miogypsinoidea complanatus</i> assemblage zone. <i>Miogypsina</i> – <i>Elphidium</i> sp.14 – <i>Peneroplis</i> <i>farsensis</i> assemblage zone. <i>Borelis melo curdica</i> – <i>Borelis melo melo</i> assemblage zone.
براری‌خارکشی، ۱۳۹۶	۳۰° ۲۷' ۲۸" N ۵۱° ۰۷' ۴۱" E ایذه	تاق‌دیس لار (شمال‌خاوری گچساران)	<i>Lepidocyclina</i> – <i>Operculina</i> – <i>Ditrupa</i> assemblage zone. <i>Archaias asmaricus</i> – <i>Archaias hensoni</i> – <i>Miogypsinoidea complanatus</i> assemblage zone. Indeterminate zone. <i>Borelis melo curdica</i> – <i>Borelis melo melo</i> assemblage zone.



شکل ۶- تطابق زیست‌چینه نگاری ۶ برش واقع در زون ساختاری زاگرس

۳-۳- نتایج تطابق زیست‌چینه نگاری

در برش کوه مورداز [۱] به دلیل وجود زون *Nummulites vascus* - *Nummulites fichteli* assemblage zone. زیستی شماره ۲ لارسن و همکاران [۳۷] بیانگر شروع رسوب‌گذاری این برش در زمان روپلین می‌باشد. در برش‌های کوه

شجیبیل [۶، ۵۱]، یال جنوب‌خاوری تاقدیس خامی [۴]، تاقدیس لار [۳]، کوه مورداز [۱] و برش مورد مطالعه به جزء برش تاقدیس کوه دیل [۸] و کوه مورداز [۱] به دلیل حضور زون *Lepidocyclina – Operculina – Ditrupa assemblage zone*. زون زیستی شماره ۳ لارسن و همکاران [۳۷] نشان دهنده شروع رسوب‌گذاری سازند آسماری از روپلین پسین-چاتین می‌باشد. در این نواحی، در برش‌های مذکور این زون تجمعی برروی سازند پابده رسوب‌گذاری کرده است. با توجه به وجود زون مذکور در برش مورد مطالعه و حضور *Spirochlypeus blanckenhorni*، بیانگر سن روپلین پسین-چاتین می‌باشد.

در تمامی برش‌هایی که با برش مورد مطالعه تطابق یافته است، زون *Archaias asmaricus – Archaias hensoni* – *Miogypsinoidea complanatus assemblage zone*. زون زیستی شماره ۴ لارسن و همکاران [۳۷] که معرف آشکوب چاتین است دیده می‌شود.

در برش‌های مذکور به جزء برش تاقدیس لار شمال‌خاوری گچساران [۳] و کوه مورداز [۱] زون زیستی *Miogypsina – Penderoplis farsensis – Elphidium sp. 14 assemblage zone*. زون زیستی شماره ۵ لارسن و همکاران [۳۷] دیده می‌شود که این زون زیستی نشان دهنده تداوم رسوب‌گذاری سازند آسماری در آشکوب آکی‌تانین می‌باشد. در برش مورد مطالعه این زون زیستی دیده نمی‌شود. در برش‌های مذکور و برش مورد مطالعه به جزء برش کوه شجیبیل [۶، ۵۱]، کوه مورداز [۱] و یال جنوب‌خاوری تاقدیس خامی [۴] زون *Indeterminate zone*. زون زیستی شماره ۶ لارسن و همکاران [۳۷] دیده می‌شود که این زون زیستی بیانگر و معرف آشکوب آکی‌تانین می‌باشد.

در تمامی برش‌های مذکور به جزء برش مورد مطالعه زون زیستی *Borelis melo curdica – Borelis melo melo assemblage zone*. زون زیستی شماره ۷ لارسن و همکاران [۳۷] نشان دهنده سن بوردیگالین می‌باشد و بیانگر پایان رسوب‌گذاری سازند آسماری در نواحی مذکور و رسوب‌گذاری سازند گچساران و در برش کوه مورداز [۱]، سازند رازک است.

با توجه به تطابق برش‌های ذکر شده با برش مورد مطالعه واقع در زون ایذه، رسوب‌گذاری سازند آسماری به جزء برش کوه مورداز [۱] و برش تاقدیس کوه دیل [۸]، از زمان روپلین پسین تا چاتین شروع شده است. اما رسوب‌گذاری سازند آسماری در برش کوه مورداز [۱] از زمان روپلین و برش تاقدیس کوه دیل [۸] دیرتر شروع شده و از آشکوب چاتین می‌باشد. تفاوت زمان شروع رسوب‌گذاری سازند آسماری در زون‌های مذکور، شاهدهی بر چند زمانه بودن قاعده سازند آسماری است.

علاوه بر نتایج تطابق، رسوب‌گذاری سازند آسماری در برش‌های مذکور که در زون ایذه و شمال فارس داخلی قرار دارند [۱، ۸، ۶، ۳، ۴] حاکی تداوم رسوب‌گذاری سازند آسماری از چاتین تا بوردیگالین می‌باشد که همچنین تأییدی بر چند زمانه بودن رأس سازند آسماری نیز می‌باشد.

۴- ریز رخساره‌ها

در این پژوهش با بررسی و مطالعه ۱۷۲ مقطع نازک میکروسکوپی، مطالعه ریز رخساره‌های سازند آسماری با توجه به بافت رسوبی، حضور میکروفسیل‌های موجود، ساختارهای رسوبی، و دیگر عناصر اسکلتی و غیر اسکلتی انجام می‌گردد.

نام گذاری بافت‌های موجود در مقاطع نازک میکروسکوپی بر اساس طبقه‌بندی دانهام [۲۷]، امبری و کلوان [۲۹] و رایت [۶۱] و طبقه‌بندی ریز رخساره‌ها براساس ویلسون [۵۹] و فلوگل [۳۰] انجام شده است.

با بررسی ویژگی‌های ذکر شده در بالا برای سازند آسماری در برش یال جنوبی تاقدیس میش (شمال‌شرق گچساران) در مجموع ۱۰ ریز رخساره و ۴ زیر ریز رخساره رسوبی در ۲ محیط دریای باز و لاگون (نیمه‌محصور و محصور) معرفی می‌شود (شکل ۹). سازند آسماری در این برش از الیگوسن (روپلین-چاتین) شروع به رسوب‌گذاری کرده و تا میوسن پیشین (آکی‌تانین) ادامه داشته است.

شرح رخساره‌های تعیین شده از بخش‌های عمیق به طرف بخش کم عمق حوضه به ترتیب زیر می‌باشد:

ریز رخساره شماره ۱: پلانکتونیک فرامینیفرایو کلاست و کستون-پکستون (O1)

عناصر اصلی تشکیل دهنده این ریز رخساره، تجمعی از روزن‌داران پلانکتون بدون کیل و همچنین خرده‌های پلانکتون به همراه اجزای فرعی دیگر شامل: الفیدیوم، دیتروپا، خرده‌های اکینید، بریوزوئر، خرده‌های دوکفه‌ای، روزن‌داران بتتیک کوچک خرد شده و بایوکلاست‌های غیرقابل شناسایی می‌باشد که در یک زمینه گل پشتیبان با بافت و کستون-پکستون وجود دارند (شکل ۷). ریز رخساره مذکور در چند متر ابتدایی برش مورد مطالعه وجود دارد (شکل ۱۰).

حضور روزن‌داران پلانکتون، عدم حضور روزن‌داران کفزی هم‌زیست‌دار مانند نومولیتیده و لپیدوسیکلینیده سالم و کشیده و نبود جلبک‌های قرمز کورالیناسه‌آ دلیلی بر جایگاه و ته‌نشست این ریز رخساره در زیر زون نوری می‌باشد [۲۶]. حضور روزن‌داران پلانکتون، وجود بایوکلاست‌هایی که نشان دهنده‌ی شوری نرمال دریایی هستند، عدم حضور ذرات آواری، نبود ساخت رسوبی قابل مشاهده، گل پشتیبان بودن و فابریک ریز دانه موجود در این ریز رخساره نشان دهنده رسوب‌گذاری در یک محیط آرام و زیر سطح اساس امواج طوفانی می‌باشد [۵۹، ۲۴، ۲۵، ۳۰]. با توجه به حضور روزن‌داران پلانکتون در این ریز رخساره و همچنین جایگاه این ریز رخساره در توالی مورد مطالعه، ریز رخساره مذکور در بخش انتهایی شلف بیرونی در عمیق‌ترین محیط رسوبی سازند آسماری در برش مورد مطالعه نهشته شده است.

ریز رخساره شماره ۲: پلانکتونیک فرامینیفرایو نومولیتیدا لپیدوسیکلینیدا بایوکلاست و کستون-پکستون-

(O2)

حضور روزن‌داران کفزی و پلانکتون با هم از ویژگی مهم این ریز رخساره می‌باشد. اجزای اصلی تشکیل دهنده‌ی این ریز رخساره روزن‌داران پلانکتون و خرده‌های آن همراه با خانواده نومولیتیدا (اپرکولینا، هتروستژینا) و لپیدوسیکلینیدا و خرده‌های آن‌ها می‌باشد. اجزای فرعی شامل: بایوکلاست‌ها (خرده‌های اکینید، بریوزوئر، الفیدیوم، دیتروپا و خرده‌های دوکفه‌ای) این ریز رخساره را در یک زمینه گل پشتیبان با بافت و کستون-پکستون تشکیل می‌دهند (شکل ۷). فراوانی موجودات با شوری نرمال دریایی مانند روزن‌داران بزرگ با ساختار دیواره هیالین منفذدار به همراه روزن‌داران پلانکتون نشان دهنده‌ی تشکیل این ریز رخساره بین قاعده تأثیر امواج طوفانی و امواج عادی می‌باشد [۵۰، ۲۵].

ریز رخساره شماره ۳: نومولیتیدا لپیدوسیکلینیدا بایوکلاست فلوستون (O3)

از ویژگی‌های این ریز رخساره، اندازه (بزرگ‌تر از ۲ میلیمتر) عناصر اصلی تشکیل دهنده آن می‌باشد. فون‌های غالب در این ریز رخساره تجمعی از نومولیتیدا (اپرکولینا، اسپیروکلپئوس و هتروستژینا) کشیده و لپیدوسیکلینیدا (یولپیدینا) کشیده است. اجزای فرعی تشکیل دهنده آن شامل: بایوکلاست‌های خرد شده، آمفیستژینا، دیتروپا، الفیديوم، نئوروتالیا، خرده‌های اکینید و بریوزوئر در یک زمینه گل پشٹیبان تا دانه پشٹیبان با بافت فلوتستون (وکستون-پکستون) می‌باشد (شکل ۷). این ریز رخساره دارای یک زیر ریز رخساره به نام اکینید نومولیتیدا لپیدوسیکلینیدا بایوکلاست فلوتستون (وکستون-پکستون) می‌باشد که در این زیر ریز رخساره فراوانی اکینید بیشتر شده است (شکل ۷). این ریز رخساره از ضخامت ۲۲/۵ تا ۳۱ متری برش مورد مطالعه بیشترین فراوانی را دارد (شکل ۱۰).

وجود فراوان روزن‌داران بزرگ کفزی که بیشتر آنها سالم می‌باشند نشان دهنده انرژی پایین آب، شوری نرمال آب اقیانوسی، قسمت پایین زون نوری، زیر سطح امواج آرام می‌باشد [۳۴، ۳۵، ۴۴، ۴۵، ۱۹]. حضور روزن‌داران هیالین کفزی بزرگ که به گونه‌ای اسکلت آن‌ها خوب حفظ شده است نشانگر این است که این ریز رخساره در دریای باز و تحت انرژی متوسط تا پایین، بین قاعده امواج طوفانی و امواج عادی نهشته شده است [۴۲، ۲۰، ۵۰، ۲۵، ۱۸].

با توجه به کشیدگی (اندازه) لپیدوسیکلینیداها و انواع میکروسفریک بزرگ فون‌های ذکر شده می‌توانیم محیط تشکیل این ریز رخساره را به بخش‌های عمیق محدوده زیستی در دریای باز نسبت دهیم. هتروستژیناها بر روی بسترهای سخت و اپرکولیناها بر روی بسترهای نرم زندگی می‌کنند [۳۴، ۳۱]. حضور آمفیستژیناها پلانیس‌پیرال نشان دهنده تشکیل این ریز رخساره در قسمت پایینی زون نوری می‌باشد [۳۳]. اکینیدها شوری نرمال دریایی را نشان می‌دهند [۳۰]. به دلیل اینکه روزن‌داران پلانکتون در این ریز رخساره وجود ندارند می‌توان گفت که عمق رسوب‌گذاری این ریز رخساره نسبت به ریز رخساره قبلی کم‌تر است.

ریز رخساره شماره ۴: نومولیتیدا بایوکلاست فلوتستون (O4)

اجزای تشکیل دهنده غالب این ریز رخساره شامل روزن‌داران کفزی بزرگ و کشیده با دیواره آهکی منفذدار و کمی خرد شده از خانواده نومولیتیدا (اپرکولینا، اسپیروکلپئوس و هتروستژینا) می‌باشد. این ریز رخساره دارای یک زمینه گل پشٹیبان می‌باشد. اجزای اسکلتی خرد شده از قبیل آمفیستژینا و خرده‌های بریوزوئر و اکینید به همراه نئوروتالیا، دیتروپا و الفیديوم در این ریز رخساره بعنوان عناصر فرعی مشاهده می‌شوند.

با وجود گل در زمینه و اندازه اجزای اسکلتی اصلی (بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر) بافت فلوتستون در نظر گرفته می‌شود که گاهی وکستون-پکستون می‌باشد (شکل ۷). این ریز رخساره از ضخامت ۳۰ تا ۴۲ متری از برش مورد مطالعه بیشترین فراوانی را دارد (شکل ۱۰).

مجموعه فسیلی تشکیل دهنده این ریز رخساره گویای رسوب‌گذاری آن در محیط دریای باز با شوری عادی است. بافت و میزان جورشدگی نیز، بیانگر تغییر در انرژی آب از کم تا متوسط است [۵۰]. حضور خانواده نومولیتیدا (اپرکولینا، اسپیروکلپئوس و هتروستژینا) نمایانگر کم عمق‌ترین بخش دریای باز می‌باشد.

فرسایش و خردشدگی خیلی کم در پوسته فرامینفرها و همچنین حضور فرامینفرهای خانواده نومولیتیدا (اپرکولینا، اسپیروکلپئوس و هتروستژینا) با تنوع بالا و حفظ شدگی نسبتاً خوب در بافت فلوتستون گویای ته‌نشست این ریز رخساره در زیر سطح اساس امواج عادی در بخش‌های تحتانی رمپ میانی است [۳۱].

ریز رخساره شماره ۵: کورالیناسه‌آ پرفوریت فرامینیفرا بایوکلاست و کستون-پکستون-گرینستون**(O5)**

عناصر اصلی سازنده این ریز رخساره روزن‌داران کفزی منفذدار از خانواده نومولیتیدا (اسپیروکلپیئوس، اپرکولینا و هتروستژینا)، میوزپسینوئیدس، لپیدوسیکیلینیدا، نئوروتالیا، آمفیستژینا و کورالیناسه‌آ می‌باشد. در این ریز رخساره عناصر دیگر اسکلتی مانند اسفاروژپسینا، بایوکلاست‌ها مانند خرده‌های بریوزوئر، خرده‌های اکینید و دوکفه‌ای، الفیدیوم، خرده‌های کورال و میلیولید به مقدار خیلی کم بعنوان عناصر فرعی در زمینه‌ای گل پشתיبان و گاهی دانه پشתיبان حضور دارند (شکل ۷ و ۸). در برخی از مقاطع فراوانی برخی فون‌های موجود به طور چشمگیر افزایش می‌یابد.

این ریز رخساره دارای یک رخساره فرعی به نام **کورالیناسه‌آ بایوکلاست و کستون-پکستون** می‌باشد که فراوانی فون‌های منفذدار کاهش یافته است (شکل ۸). فرامینیفراهایی با پوسته ضخیم و متوسط منعکس کننده آب‌های کم عمق‌تری نسبت به پوسته‌های بزرگ و اشکال لزی شکل [۱۹، ۱۶] و پهن هیالین میباشند و پوسته این فرامینیفرها به همراه جلبک قرمز رسوب‌گذاری در زون الیگوفوتیک تا مزوفوتیک را نشان می‌دهد.

حضور فراوان روزن‌داران منفذدارمانند: لپیدوسیکیلینیدا، نومولیتیدا و نئوروتالیا به همراه فراوانی جلبک‌های قرمز (کورالیناسه‌آ)، این رخساره را معرفی می‌کند. اندازه کوچک فون‌ها نشان می‌دهد این رخساره مربوط به قسمت‌های بالای رمپ میانی است [۴۴]. جلبک قرمز کورالیناسه‌آ با وجود وابسته بودن به نور می‌تواند در شرایط الیگوفوتیک نیز زندگی کند و در آب‌های با نفوذ کم نور نیز به فراوانی دیده می‌شود [۲۰]. برجا نبودن اجزای اسکلتی موجودات ریف ساز (کورالیناسه‌آ و مرجان)، و موقعیت چینه‌شناسی نشان دهنده‌ی تشکیل این زیر ریز رخساره در کم عمق‌ترین قسمت دریای باز در مجاورت حاشیه پلت‌فرم است [۵۹]. در این ریز رخساره روتالیاها و لپیدوسیکیلینیداهای متورم بخش میانی شیب قاره و زون الیگوفوتیک را نشان می‌دهد [۱۳].

ریز رخساره شماره ۶: بایوکلاست کورال فلوئستون-رودستون/ باندستون (B)

اصلی‌ترین اجزای تشکیل دهنده این ریز رخساره تکه‌های مرجان و جلبک قرمز کورالیناسه‌آ هستند. در این ریز رخساره عناصر دیگر اسکلتی مانند نئوروتالیا، اکینید، الفیدیوم، خرده‌های دوکفه‌ای، خرده‌های بریوزوئر و به مقدار خیلی کم میلیولید حضور دارند. بافت این ریز رخساره فلوئستون-رودستون تا باندستون است (شکل ۸). این ریز رخساره دارای یک زیر ریز رخساره به نام **بایوکلاست کورال کورالیناسه‌آ فلوئستون** می‌باشد که دارای کورالیناسه‌آهای بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر است (شکل ۸). در مشاهدات صحرایی ساختار ریف مشاهده نشده است.

حضور مرجان به عنوان اجزای اصلی ریز رخساره بیانگر محیط مناسب جهت رشد مجموعه‌های ریفی است. بر اساس ریز رخساره‌های ارائه شده توسط ویلسون [۵۹] و فلوگل [۳۰] این ریز رخساره وابسته به ریف‌ها می‌باشد، اما با توجه به جایگاه چینه‌شناسی، تناوب با ریز رخساره‌های لاگونی و دریای باز و همچنین مشاهدات صحرایی، پراکنده بودن قطعات مرجانی به پچ ریف‌های جدا از هم نسبت داده می‌شود، و ریف واحدی را در مقیاس بزرگ تشکیل نمی‌دهد.

حضور جلبک‌های کورالیناسه‌آ و کورال‌ها و حضور فون‌های هیالین با صدف عدسی شکل و گرد با دیواره‌ی هیالین نسبتاً ضخیم‌تر در مقایسه با ریز رخساره‌های قبلی نشان دهنده‌ی رسوب‌گذاری در زون نوری مزوفوتیک و انرژی نسبتاً زیاد آب می‌باشد [۴۳].

ریز رخساره شماره ۷: کورالیناسه‌آ پرفوریت ایمپرفوریت فرامینیفرا بایوکلاست پکستون-گریستون (فلوتستون-رودستون) (L1)

اجزای اصلی تشکیل دهنده در این ریز رخساره شامل فرامینیفراهای منفذدار (نئوروتالیا، آمفیستزینا، لپیدوسیکلینیدا، نومولیتیدا و میوژپیسینوئیدس)، بدون منفذ (آستروترولینا، آرکیاس، پنروپلیس، مئاندروپسینا، دندریتینا و میلیولید) و جلبک قرمز می‌باشد. بایوکلاست‌های فرعی نیز شامل: خرده‌های دوکفه‌ای، خرده‌های بریوزوئر، خرده‌های کورال و اکینید، الفیدیوم و گاستروپود می‌باشد. عناصر اصلی و فرعی مذکور در یک زمینه گل تا دانه پشتیبان و بافت پکستون تا گریستون و در برخی مقاطع (فلوتستون-رودستون) قرار دارند (شکل ۸).

بیشترین فراوانی این ریز رخساره از ضخامت ۱۶۸ تا ۱۷۴ می‌باشد. حضور همزمان روزن‌داران منفذدار و بدون منفذ در این ریز رخساره نشان دهنده‌ی لاگون نیمه محصور می‌باشد.

تنوع بالا در این ریز رخساره، شرایط نوری متوسط، شوری نرمال و ارتباط بین بخش داخلی رمپ و دریای باز را به خوبی نشان می‌دهد [۳۱]. وجود فرامینیفراهای منفذدار و بدون منفذ و بافت گل تا دانه پشتیبان، بیانگر رسوب‌گذاری در یک محیط کم عمق با گردش کم آب با دریای آزاد و عدم وجود یک سد به طور موثر در لاگون نیمه محصور می‌باشد [۵۰]. زمینه‌ی گلی تا دانه پشتیبان این ریز رخساره بیانگر انرژی هیدرولیکی کم تا متوسط در لاگون نیمه محصور است [۳۰]. حضور جلبک‌های قرمز به عنوان عناصر غیر فرامینیفرا در این ریز رخساره بیانگر کاهش عمق در لاگون نیمه محصور می‌باشد [۳۲].

ریز رخساره شماره ۸: کورالیناسه‌آ ایمپرفوریت فرامینیفرا بایوکلاست وکستون-پکستون-گریستون (L2)

اجزای اصلی تشکیل دهنده این ریز رخساره فرامینیفراهای بدون منفذ (پورسلانوز) و کورالیناسه‌آ می‌باشد. اجزای فرعی موجود در این ریز رخساره نیز شامل: الفیدیوم، خرده‌های دوکفه‌ای، بریوزوئر، دیسکوربیس، گاستروپود، خرده‌های کورال و اکینید می‌باشد. این ریز رخساره دارای یک زمینه گل پشتیبان و دارای بافت وکستون-پکستون تا گریستون است (شکل ۸) که دارای یک زیر ریز رخساره به نام میلیولیدا کورالیناسه‌آ بایوکلاست وکستون-پکستون-گریستون می‌باشد (شکل ۸). به دلیل وجود میلیولیدها و سایر روزن‌داران شاخص محیط لاگون و حضور جلبک قرمز (کورالیناسه‌آ) این ریز رخساره در محیط لاگون نیمه محصور نهشته شده است [۲۴]. قطعات خرد شده جلبک قرمز کورالیناسه‌آ و بافت وکستون-پکستون در این ریز رخساره حاکی از یک محیط با چرخش متوسط آب می‌باشد [۱۷].

همچنین حضور فرامینیفراهای با دیواره پورسلانوز از جمله میلیولید در این ریز رخساره، رسوب‌گذاری در یک محیط نسبتاً محصور بخش داخلی پلت فرم کربناته را بیان می‌کند. فراوانی روزن‌داران بدون منفذ، بیانگر افزایش نسبی شوری آب

دریا می‌باشد [۲۲، ۵۸] بنابراین، محیط تشکیل این ریز رخساره به لاگون نیمه محصور کم عمق که اندکی شوری در آن بالاست، نسبت داده می‌شود. نسبت بالای میلیولیدها، در کنار روزن‌داران بدون منفذ عمق کم‌تر و شوری بیشتر را نسبت به رخساره‌ی قبلی نشان می‌دهد [۳۰، ۳۱، ۵۹].

ریز رخساره شماره ۹: ایمپرفوریت فرامینیفرا بایوکلاست پکستون-گرینستون (L3)

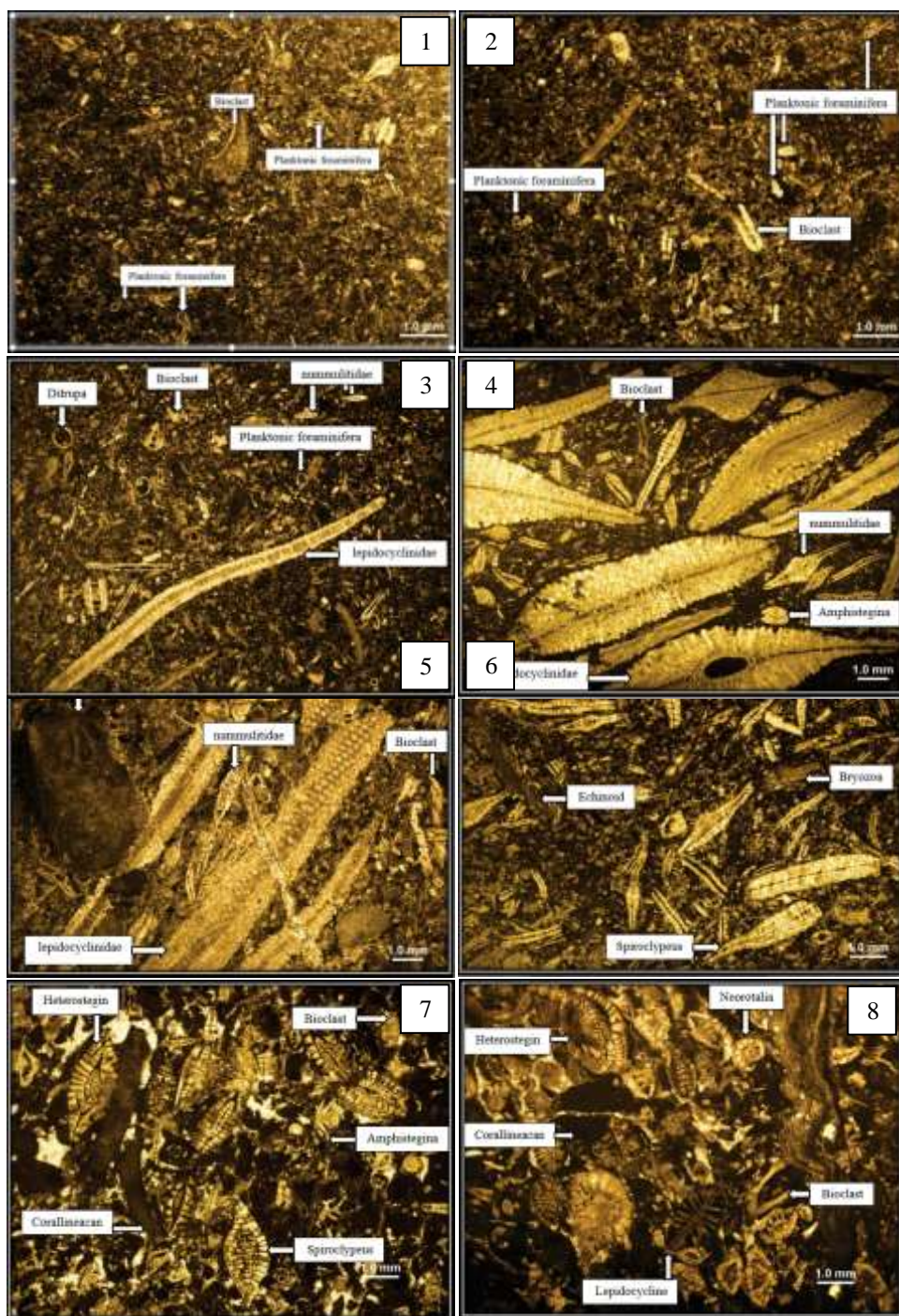
اجزای اصلی تشکیل دهنده‌ی این ریز رخساره شامل میلیولید، پنروپلیس، آرکیاس، دندریتینا، مئاندروپسینا، پیرگو، آستروتیلیتا و ولوولینید در زمینه‌ای گل پشתיبان هستند. اسپیرولینا، الفیدیوم، توبوسلاریا، گاستروپود، خرده‌های بریوزوئر، اکینید و دوکفه‌ای اجزای فرعی این ریز رخساره با درصد فراوانی و اهمیت کمتر هستند. بافت در این ریز رخساره از پکستون تا گرینستون متغیر می‌باشد (شکل ۸).

حضور متنوعی از فرامینیفراهای با پوسته‌ی پورسلانوز نشان دهنده‌ی رسوب‌گذاری در قسمت‌های کم عمق زون یوفوتیک و محیطی با شوری نسبتاً بالا در محیط لاگون محصور می‌باشد [۳۱، ۶۰]. فرامینیفراها به دلیل رابطه هم‌زیستی با جلبک‌ها در محیط‌هایی با شوری زیاد قادر به زندگی نمی‌باشند [۴۰]. فرامینیفراهایی از قبیل آرکیاس و پنروپلیس می‌تواند بیانگر قرار گرفتن در قسمت علفزارهای دریایی در محیط‌های آبی کم عمق نواحی حاره‌ای و نیمه حاره‌ای به همراه تجمع هم‌زیست-های درونی زیست می‌کنند، باشند و به علت وجود فرامینیفراهای اپیفیتیک (زندگی انگلی) منشاء این ریز رخساره می‌تواند محیط‌هایی که علف‌های دریایی در آنجا فراوانی بیشتری دارند باشد [۳۸، ۲۱].

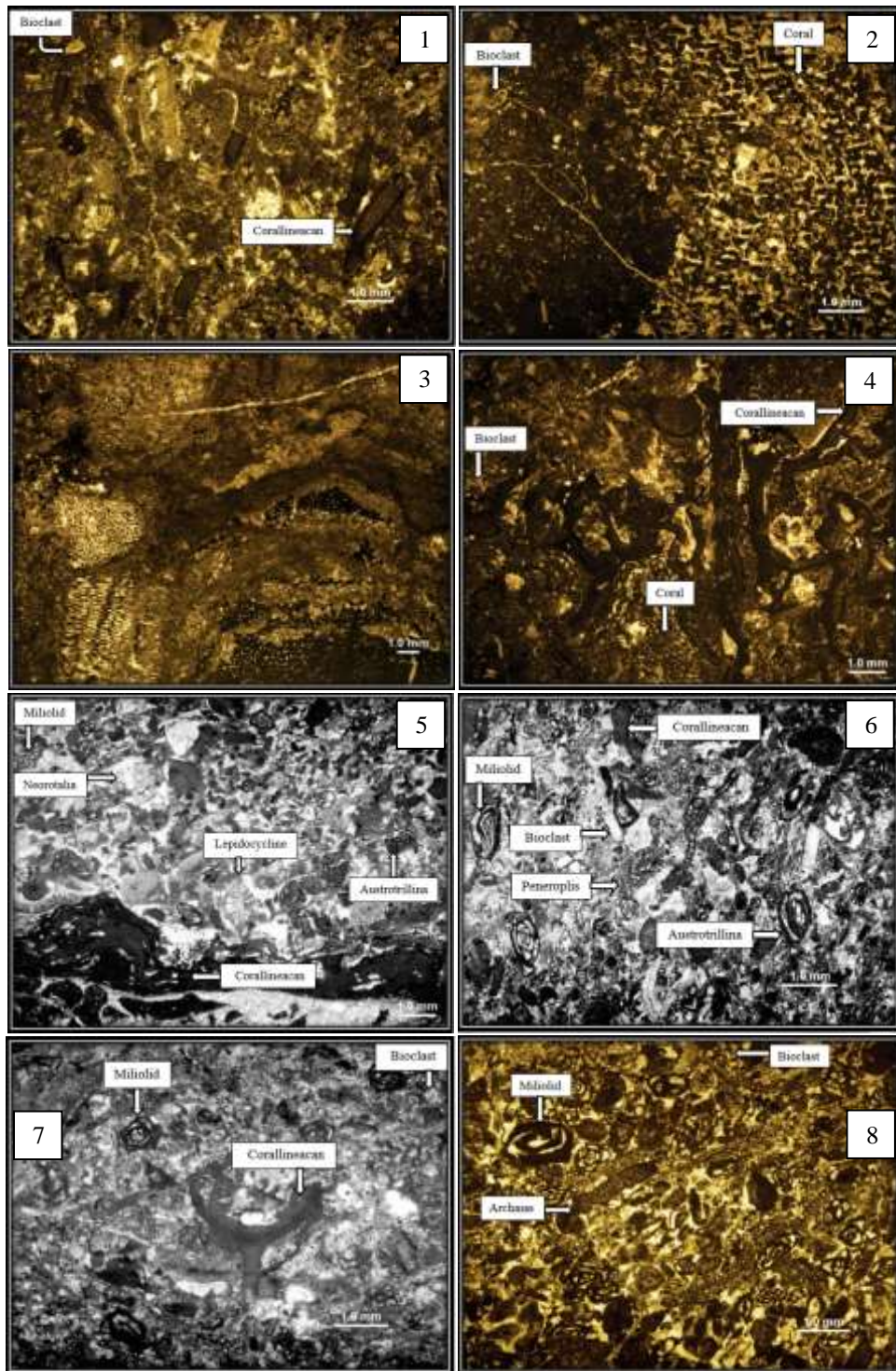
تجمع فرامینیفراهای پورسلانوز، یک محیط آبی خیلی کم عمق در شرایط انرژی بالا که تحت تأثیر امواج و فرآیندهای جزر و مدی قرار گرفته را پیشنهاد می‌کند [۱۹، ۲۱]. فراوانی فرامینیفراهای پورسلانوز، اشاره به محیط رسوبی هیپرسالین دارد [۴۰، ۵۸]. با توجه به فون‌های تشکیل دهنده بطور کلی چنین مجموعه‌ای به صورت یک محیط لاگون تفسیر شده [۵۹، ۵۸، ۱۶، ۲۱، ۳۰] و جایگاه چینه شناسی نیز محیط لاگونی را پیشنهاد می‌کند.

ریز رخساره شماره ۱۰: میلیولیدا بایوکلاست وکستون-پکستون (L4)

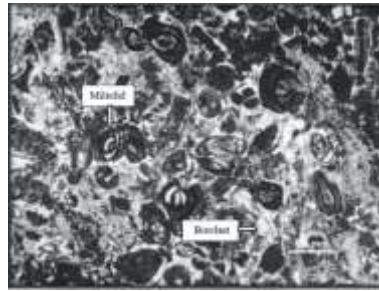
اجزای اصلی تشکیل دهنده این ریز رخساره میلیولیدها می‌باشد. الفیدیوم، به مقدار خیلی کم آرکیاس و بایوکلاست‌های خرد شده اجزای فرعی این ریز رخساره را تشکیل می‌دهند. اجزای اسکلتی در این ریز رخساره در یک زمینه گل پشתיبان با بافت وکستون-پکستون قرار گرفته‌اند (شکل ۹). در این ریز رخساره، با کاهش بیشتر تنوع فونی و فراوانی بیشتر میلیولیدها در یک زمینه گل پشתיبان، شرایط محصورتر می‌شود و شوری به بالاترین حد خود در مقایسه با رخساره‌های قبلی می‌رسد [۳۱]. میلیولیدهای با دیواره ضخیم (به علت شدت زیاد نور) و تنوع کم فون‌ها حاکی از تشکیل این ریز رخساره در یک لاگون کم عمق با چرخش هیدرولیکی کم می‌باشد [۳۱، ۳۰]. فراوانی میلیولیدها با تنوع کم و نبود روتالیدها نشانگر محیط لاگون محصور با شوری بسیار بالا است. تجمع فسیل‌هایی که دارای پوسته بدون منفذ مانند میلیولیدها، در زمینه گل پشתיبان، بیانگر وجود محیط محصور با انرژی کم است [۳۱، ۵۰].



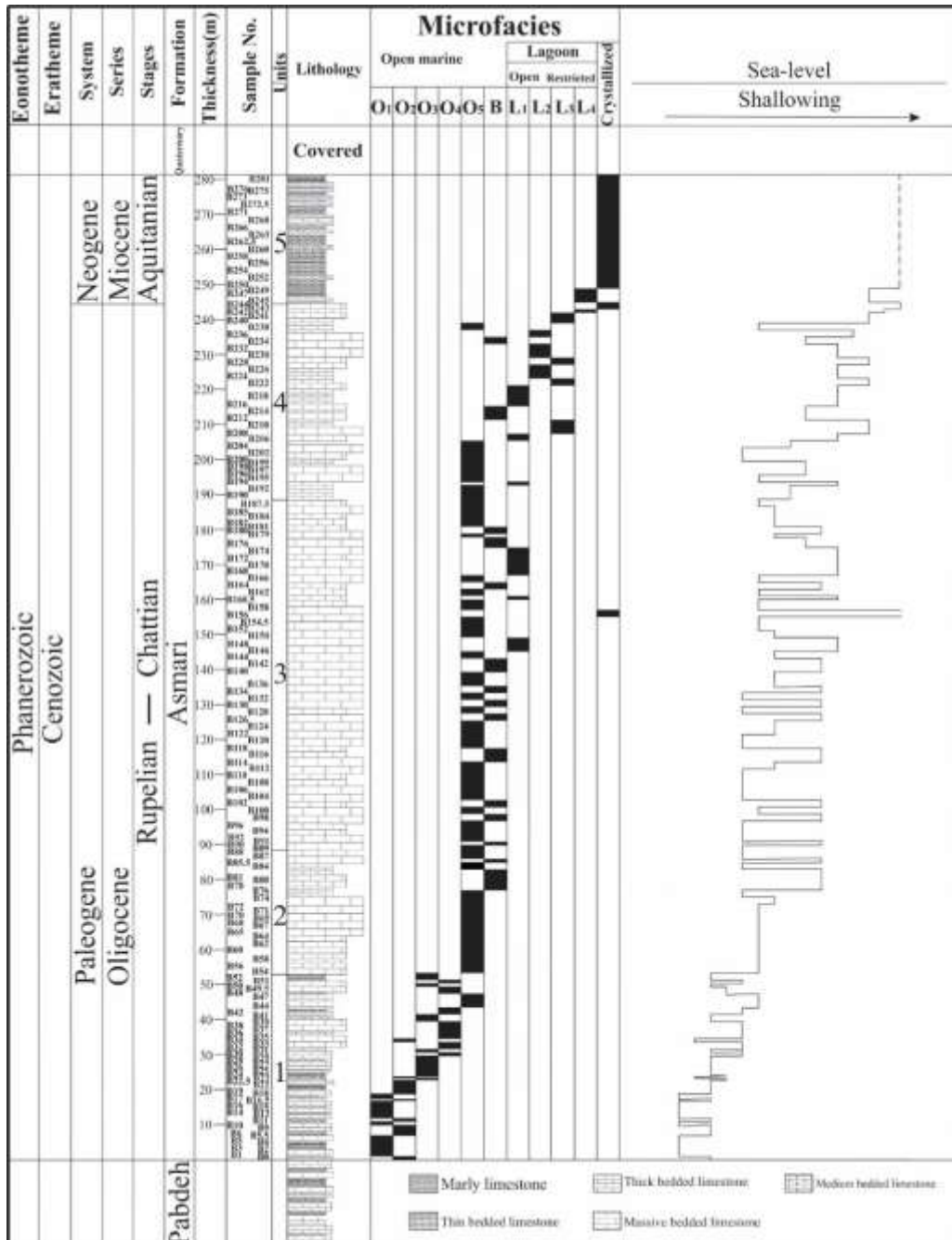
شکل ۷-۱ و ۲- پلانکتونیک فرامینیفرای باوکلاست و کستون-پکستون، ۳- پلانکتونیک فرامینیفرای نومولیتیدا لپیدوسیکلینیدا باوکلاست و کستون-پکستون، ۴- نومولیتیدا لپیدوسیکلینیدا باوکلاست فلوئستون، ۵- اکینید نومولیتیدا لپیدوسیکلینیدا باوکلاست فلوئستون (و کستون-پکستون)، ۶- نومولیتیدا باوکلاست فلوئستون، ۷ و ۸- کورالیناسه‌آ پر فوریت فرامینیفرای باوکلاست و کستون-پکستون-گرینستون



شکل ۸- ۱، کورالیناسه‌آ بایوکلست و کستون-پکستون، ۲ و ۳- بایوکلست کورال فلوئستون-رودستون/ باندستون، ۴- بایوکلست کورال کورالیناسه‌آ فلوئستون، ۵- کورالیناسه‌آ پرفوریت ایمپرفوریت فرامینیفرای بایوکلست پکستون-گرینستون (فلوئستون-رودستون)، ۶- کورالیناسه‌آ ایمپرفوریت فرامینیفرای بایوکلست و کستون-پکستون-گرینستون، ۷- میلیولیدا کورالیناسه‌آ بایوکلست و کستون-پکستون-گرینستون، ۸- ایمپرفوریت فرامینیفرای بایوکلست پکستون-گرینستون



شکل ۹- میلیولیدا بایوکلاست و کستون-پکستون



شکل ۱۰- ستون ریز رخساره‌های سازند آسماری در برش یال جنوبی ناقدیس میش (شمال شرق گچساران)

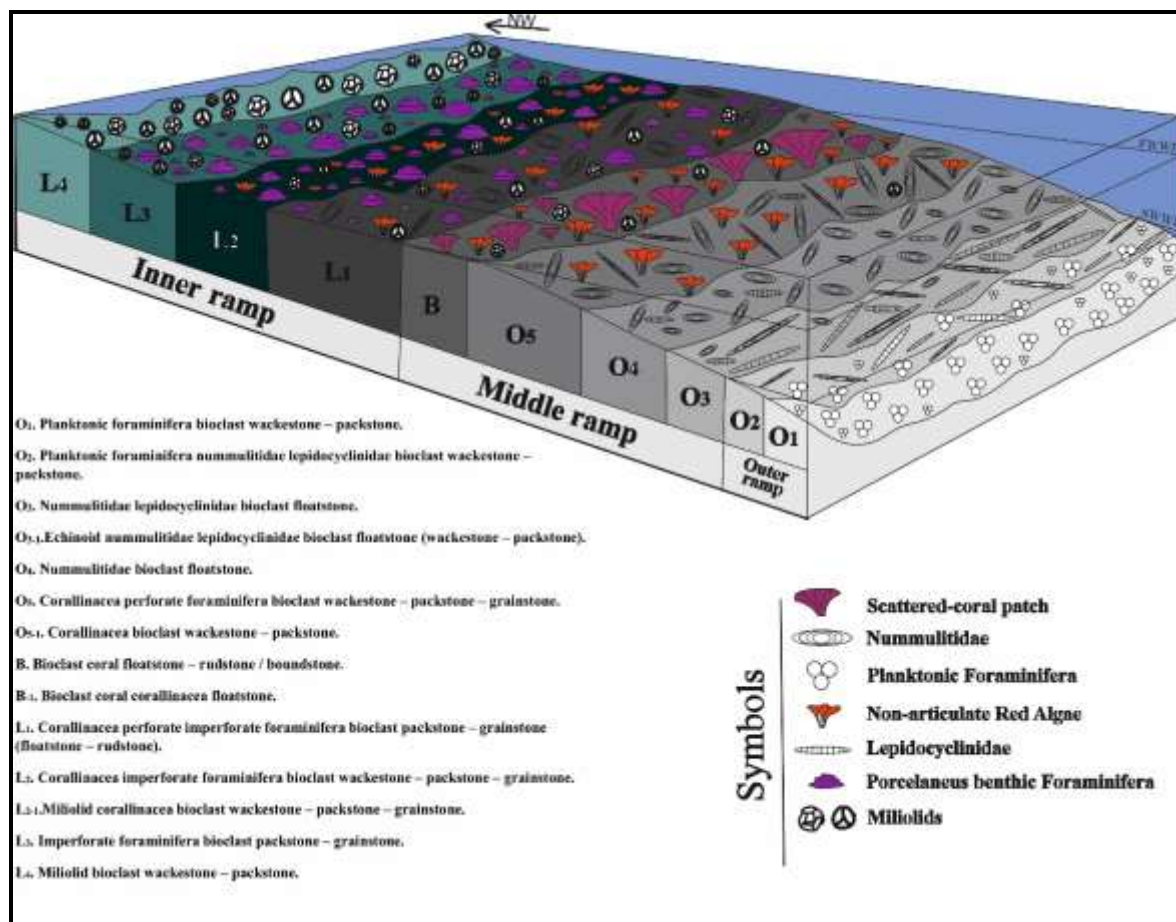
۵- محیط رسوبی سازند آسماری در برش یال جنوبی تاقدیس میش (شمال شرق گچساران)

با مطالعات انجام شده بر روی مقاطع نازک میکروسکوپی، شواهد موجود و شناسایی آلوم‌ها، تاکسون‌ها، بافت‌های رسوبی تغییرات عمودی ریز رخساره‌ها، ۱۰ ریز رخساره و ۴ زیر ریز رخساره برای سازند آسماری در برش مورد مطالعه معرفی گردید. با در نظر گرفتن شواهد تغییرات تدریجی ریز رخساره‌ها، عدم وجود سد بیوکلاستی، عدم حضور شواهد آبیدها با بافت گرینستونی، عدم وجود آثار ریزش گسترده و توریدایت و رسوبات ناشی از جریان‌های آشفته و همچنین عدم وجود ریف گسترده برجا، محیط رسوبی پیشنهادی سازند آسماری در برش یال جنوبی تاقدیس میش (شمال شرق گچساران) به طور کلی رمپ هم‌شیب (Homoclinal ramp) معرفی می‌گردد.

از ابتدای روپلین تا چاتین زیرین فون‌های زیستی که کربنات تولید کرده‌اند به طور قابل ملاحظه‌ای جایگزین هم شده‌اند که باعث تشکیل و تکامل پلت‌فرم در طی زمان شده‌اند [۱۲]. در قسمت انتهایی روپلین بالایی فون‌های یولیدینا و اپرکولینا، و در مدت زمان چاتین زیرین فون‌های یولیدینا و اسپروکلیئوس، اصلی‌ترین سازنده‌های آن در زون الیگوفوتیک بوده‌اند [۲۲، ۴۶]. ظاهراً در انقراض و اشغال کردن قلمرو گونه‌های شاخص توسط گونه‌های تکامل یافته‌تر یک جایگزینی رقابتی در طول زمان اتفاق افتاده است [۱۲]. سازند پایده در زمان روپلین زیرین در حال ته‌نشست بوده که با توجه به جایگاه برش مورد مطالعه، سازند آسماری در برش مذکور از روپلین بالایی-چاتین شروع به رسوب گذاری کرده است. برش مذکور در این زمان دارای رخساره‌های O_1 (پلانکتونیک فرامینیفرای بایوکلاست و کستون-پکستون)، O_2 (پلانکتونیک فرامینیفرای نومولیتیدا لپیدوسیکلینیدا بایوکلاست فلوستون) و O_3 (نومولیتیدا لپیدوسیکلینیدا بایوکلاست فلوستون) می‌باشد که رخساره‌های مذکور نشان دهنده دریای باز می‌باشند بنابراین برش مورد مطالعه در این زمان بیانگر جایگاه آن در نواحی پایین دامنه یک رمپ می‌باشد (شکل ۱۱).

برش مورد مطالعه در زمان چاتین شامل ریز رخساره‌های O_4 (نومولیتیدا بایوکلاست فلوستون)، O_5 (کورالیناسه‌آ پرفوریت فرامینیفرای بایوکلاست و کستون-پکستون-گرینستون) و B (بایوکلاست کورال فلوستون-رودستون/ باندستون) می‌باشد. با توجه به فون‌های تشکیل دهنده مانند پوسته‌های عدسی شکل فرامینیفرها تشکیل دهنده، معرف جایگاه بالای اسلوب در این زمان می‌باشد. در مدت زمان چاتین بالایی نیز ریز رخساره‌های موجود شامل: L_1 (کورالیناسه‌آ پرفوریت ایمپرفوریت فرامینیفرای بایوکلاست پکستون-گرینستون) (فلوستون-رودستون) و L_2 (کورالیناسه‌آ ایمپرفوریت فرامینیفرای بایوکلاست و کستون-پکستون-گرینستون) می‌باشد که با توجه به فون‌های تشکیل دهنده مانند فرامینیفرهای منفذدار، فرامینیفرهای بدون منفذ و جلبک قرمز نشان دهنده‌ی جایگاه برش مورد مطالعه در یک محیط لاگون نیمه محصور رو به سد می‌باشد (شکل ۱۱). حوضه ایتراشلف آسماری در زمان آکی‌تاین به طور قابل توجهی شرایط دیرینه آن متفاوت بوده است. در پایان چاتین حوضه ایتراشلف آسماری یک پایین افتادگی عمده سطح آب دریا را متحمل شده که برونزد ناحیه‌ای در سرتاسر حوضه و همچنین ته‌نشست تبخیری‌های ضخیم لایه زیرآبی را در مرکز حوضه را سبب شده است [۵۷، ۴۸]. برخلاف نهشته‌های کربناته الیگوسن پلت‌فرم کربناته آکی‌تاین یک منطقه کوچک‌تر را با فاصله کوتاه‌تر از حاشیه پلت‌فرم اشغال کرده است که این ناحیه با پهنا ۱۰۰ کیلومتر را شامل می‌شود، محیط‌های میانی و بیرونی پلت‌فرم توسط ون‌بوخم و همکاران و رحمانی و همکاران مورد بررسی قرار گرفته است [۱۲]. برش‌های اشگر، فتح، برش مورد مطالعه (باشت) و خیمند بیانگر رمپ داخلی در زون نوری یوفوتیک تحت تأثیر امواج می‌باشد که تناوبی از آهک و دولومیت غنی از اجتماعات فرامینیفرهای بدون منفذ مانند (میلیولیدا، دندرتینا و پنروپلیس) می‌باشد. به سمت خشکی، رخساره کربناته رمپ

داخلی به صورت بین لایه‌ای با رسوبات آواری دانه ریز در تماس بوده که سپس به سمت شمال شرق به رسوبات آواری دانه درشت مربوط به کنگلومراهای قاره‌ای پیل و کابل کلاست تبدیل شده است ولی به سمت حوضه بافت به طور قابل ملاحظه‌ای به رسوبات عمیق تبدیل می‌گردد [۱۲]. بنابراین آهک‌های لامینه‌ای و محتویات زیستی مانند استراکدهای دانه ریز و فرامینیفراهای پلانکتون رخساره رمپ بیرونی را به وجود آورده‌اند [۴۸]. برش مورد مطالعه در این زمان دارای ریز رخساره‌های L₃ (ایمپرفوریت فرامینیفرا بایوکلاست پکستون-گرینستون) و L₄ (میلیولیدا بایوکلاست وکستون-پکستون) می‌باشد که فون‌های تشکیل دهنده‌ی این ریز رخساره‌ها، مانند فرامینیفراهای بدون منفذ بیانگر محیط لاگون و جایگاه این برش در رمپ هموکلینال در زمان آکی تانین می‌باشد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- مدل رسوبی شماتیک در برش یال جنوبی تاقدیس میش (شمال شرق گچساران)

۶- نتیجه گیری

به منظور تعیین سن و بررسی محیط رسوبی سازند آسماری در برش یال جنوبی تاقدیس میش (شمال شرق گچساران)، تعداد ۱۷۲ مقطع نازک میکروسکوپی تهیه و مطالعه شد و ۳ زیست زون برای سازند آسماری در برش مورد مطالعه تعیین شد. سازند آسماری در این برش از الیگوسن (روپلین-چاتین) شروع به رسوب گذاری کرده و تا میوسن پیشین (آکی تانین) ادامه داشته است و می‌تواند به علت پوشیده بودن قسمت بالایی برش مورد مطالعه تا (بوردیگالین) هم ادامه داشته باشد یا به عبارتی سبب فقدان (بوردیگالین) هم باشد. مطالعه ریز رخساره‌های سازند آسماری با توجه به تغییرات عمودی ریز رخساره‌ها، بافت رسوبی، حضور تاکسون‌ها، ساختارهای رسوبی، و دیگر عناصر اسکلتی و غیر اسکلتی شواهد موجود

برای سازند آسماری در برش یال جنوبی تاقدیس میش (شمال شرق گچساران) در مجموع ۱۰ ریز رخساره و ۴ زیر ریز رخساره رسوبی در ۲ محیط دریای باز و لاگون (نیمه‌محصور و محصور) معرفی گردید. با در نظر گرفتن شواهد تغییرات تدریجی ریز رخساره‌ها، عدم وجود سد بیوکلاستی، عدم حضور شواهد ائیدها با بافت گرینستونی، عدم وجود آثار ریزش فراوان و توریدایت و رسوبات ناشی از جریان‌های آشفته و همچنین عدم وجود ریف گسترده برجا، محیط رسوبی پیشنهادی سازند آسماری در برش یال جنوبی تاقدیس میش (شمال شرق گچساران) به طور کلی رمپ هم‌شیب (Homoclinal ramp) معرفی می‌گردد.

سپاس و قدردانی

از تحصیلات تکمیلی دانشگاه اصفهان جهت فراهم نمودن امکانات این پژوهش و حمایت مالی سپاسگزاری می‌گردد. همچنین از داوران مقاله آقایان دکترعلی طاهری و دکتر علی بهرامی تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

- [۱] ابطحی فروشانی، ز.، و ع. صیرفیان، ۱۳۹۳، ریز رخساره‌ها و چینه نگاری سکانسی سازند آسماری در برش تنگ سرخ، جنوب شرق یاسوج: رخساره‌های رسوبی، جلد هفتم، شماره یکم، صفحه ۱۸-۱.
- [۲] بختیاری، س.، ۱۳۸۴، اطلس راه‌های ایران: موسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی، مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، ۲۷۱ صفحه.
- [۳] براری‌خارکشی، م.، ۱۳۹۶، زیست‌چینه نگاری و ریز رخساره‌های سازند آسماری در تاقدیس لار (شمال‌خاوری گچساران): پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان، ۲۰۴ صفحه.
- [۴] رنجبر، ه.، ع. صیرفیان، ح. وزیری مقدم و ع. رحمانی، ۱۳۹۳، ریز رخساره‌ها و پالئوآکولوژی سازند آسماری در یال جنوب شرقی تاقدیس خامی: زمین‌شناسی نفت ایران، شماره هفتم، صفحه ۳۳-۱۴.
- [۵] زارع، م.، ح. وزیری مقدم، ع. طاهری، و ع. غیبشاهی، ۱۳۹۴، ریز رخساره‌ها، محیط رسوبی و چینه نگاری سکانسی سازند آسماری در یال جنوبی تاقدیس کوه سیاه، شمال دهدشت: رسوب‌شناسی کاربردی، ش. ۵، ص. ۱۲-۲۸.
- [۶] صالح، ز.، ۱۳۹۰، زیست‌چینه نگاری و ریز رخساره‌های سازند آسماری در برش کوه شجیل، شمال غرب یاسوج: پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان، ۱۲۲ صفحه.
- [۷] طاهری، ع.، و ح. وزیری مقدم، ۱۳۸۸، زیست‌چینه نگاری و پالئوآکولوژی سازند آسماری در خاور دوگنبدان بر اساس روزن‌داران: مجله علوم دانشگاه تهران، جلد سی و پنجم، شماره سوم، صفحه ۲۳-۳۲.
- [۸] الله‌کرم‌پور دیل، م.، ۱۳۸۸، زیست‌چینه نگاری و ریز رخساره‌های سازند آسماری در یال شمالی کوه دیل، شمال گچساران: پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان، ۹۹ صفحه.
- [۹] مطیعی، ه.، ۱۳۸۳، زمین‌شناسی ایران (چینه‌نگاری زاگرس): انتشارات زمین‌شناسی، ۵۸۳ صفحه.
- [۱۰] نقشه زمین‌شناسی فهلیان، ۱۹۷۴، شرکت ملی نفت ایران.

[11] ADAMS, T. D., and F. BOURGEOIS, 1967 Asmari biostratigraphy: *Geological and Exploration Iranian Offshore Oil Company*, Report, no. 1074 (unpublished).

[12] ALLAHKARAMPOUR DILL, M., H. VAZIRI-MOGHADDAM, A. SEYRAFIAN, and A. BEHDAD (Ghabeishavi) 2017, Oligo-Miocene carbonate platform evolution in the northern margin of the Asmari intra-shelf basin SW Iran: *Marine and Petroleum Geology*.

- [13] AMIRSHAHKARAMI, M., VAZIRI-MOGHADDAM, H., and A. TAHERI, 2007, Sedimentary facies and sequence stratigraphy of the Asmari Formation at Chaman-Bolbol, Zagros Basin, Iran: *Journal of Asian Earth Sciences*, **29**, 947-959.
- [14] AURELL, M., BADENAS, B., BOSENCE, D.W.J., WALTHAM, D.A., 1998. Carbonate Production and Offshore Transport on a Late Jurassic Carbonate Ramp (Kimmeridgian, Iberian Basin, NE Spain): Evidence from Outcrops and Computer Modelling, *Geological Society, London, Special Publications*, **149**, 137-161.
- [15] AURELL, M., BOSENCE, D.A.N., WALTHAM, D., 1995. Carbonate ramp depositional systems from a late Jurassic epeiric platform (Iberian Basin, Spain): a combined computer modelling and outcrop analysis. *Sedimentology* **42(1)**, 75-94.
- [16] BARATTOLO, F., D. BASSI, and R. ROMERO, 2007, Upper Eocene larger foraminiferal-coralline algal facies from the Klokova Mountain (south continental Greece): *Facies*, **53**, 361-375.
- [17] BASSI, D., and J. H. NEBELSICK, 2010, Components, facies and ramps: Redefining Upper Oligocene shallow water carbonates using coralline red algae and larger foraminifera (Venetian area, northeast Italy): *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **295**, 258-280.
- [18] BASSI, D., L. HOTTINGER, and J. H. NEBELSICK, 2007, Larger foraminifera from the Upper Oligocene of the Venetian area, North-East Italy: *Paleontology*, **50(4)**, 845-868.
- [19] BEAVINGTON-PENNEY, S. J., and A. RACEY, 2004, Ecology of extant nummulitids and other larger benthic foraminifera: applications in paleoenvironmental analysis: *Earth Science Reviews*, **67**, 219-265.
- [20] BRANDANO, M. and L. CORDA, 2002, Nutrients, sea level and tectonics: constraints for the facies architecture of a Miocene carbonate ramp in central Italy: *Terra Nova*, **14(4)**, 257-262.
- [21] BRANDANO, M., V. FREZZA, L. TOMASSETTI, and M. PEDLEY, 2008, Facies analysis paleoenvironmental interpretation of the Late Oligocene Attard Member and (Lower Coralline Limestone Formation), Malta: *Sedimentology*, p. 1-21.
- [22] BRANDANO, M., V. FREZZA, L. TOMASSETTI, M. PEDLEY, and R. MATTEUCCI, 2009, Facies analysis and paleoenvironmental interpretation of the Late Oligocene Attard Member (Lower Coralline Limestone Formation), Malta: *Sedimentology*, **56**, 1138-1158.
- [23] BUSK, H. G., and H. T. MAYO, 1918, Some notes on the geology of the Persian oilfields: *Jomal Istitute Petroleum Technology*, **5(17)**, 5-26.
- [24] BUXTON, M.W.N., PEDLEY, H.M., 1989, Short paper: a standardized model for Tethyan Tertiary carbonates ramps: *Journal of the Geological Society, London*, **146(5)**, 746-748.
- [25] CORDA, L., and M. BRANDANO, 2003, Aphotic zone carbonate production on a Miocene ramp, Central Apennines, Italy: *Sedimentary Geology*, **161**, 55-70.
- [26] COSOVIC, V., K. DROBNE, and A. MORO, 2004, Paleoenvironmental model for Eocene foraminiferal limestones of the Adriatic carbonate platform (Istrian Peninsula): *Facies*, **50**, 61-75.
- [27] DUNHAM, R. J., 1962, Classification of carbonate rocks according to their depositional texture, in W. E. Ham, ed., Classification of carbonate rocks: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, **1**, 108-121.
- [28] EHRENBERG, S. N., N. A. H. PICARD, G. V. LAURSEN, S. MONIBI, Z. K., MOSSADEGH, T. A., SVANA, A. A. M. AQRAWI, J. M. MCARTHUR, and M. F. THIRWALL, 2007, Strontium isotope stratigraphy of the Asmari Formation (Oligocene-Lower Miocene), SW Iran: *Journal of Petroleum Geology*, **30**, 107-128.
- [29] EMBRY, A. F., and J. E. KLOVAN, 1971, Late Devonian reef tract on northeastern Banks Island, Northwest territories (revision of Dunham classification): *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, **19**, 730-781.
- [30] FLUGEL, E., 2010, Microfacies of carbonate rocks: *Berline, Springer*, 976.
- [31] GEEL, T., 2000, Recognition of Stratigraphic sequence in carbonate platform and slope deposits: empirical models based on microfacies analyses of palaeogene deposits in southeastern Spain: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **155**, 211-238.
- [32] HALFAR, J., and M. MUTTI, 2005, Global dominance of coralline red-algal facies: a response to Miocene oceanographic events: *Geology*, v. 33, p. 481-484.
- [33] HALLOCK, P., 1999, Symbiont-Bearing Foraminifera, in: B. K., Sen Gupta, ed., *Modern Foraminifera, Kluwer Academic*, Dordrecht, 123-139.
- [34] HOTTINGER, L., 1983, Processes determining the distribution of larger foraminifera in space and time: *Utrecht Micropaleontological Bulletins*, **30**, 239-253.
- [35] HOTTINGER, L., 1997, Shallow benthic foraminiferal assemblages as signals for depth of their deposition and their limitations: *Bulletin of the Geological Society of France.*, **168**, 491-505.

- [36] KAKEMAM, U., M. H. ADABI, A. SADEGHI, and M. H. KAZEMZADEH, 2016, Biostratigraphy, paleoecology, and paleoenvironmental reconstruction of the Asmari formation in Zagros basin, southwest Iran: *Arab Journal Geoscience*, **9**, 15.
- [37] LAURSEN, G. V., S. MONIBI, T. L. ALLAN, N. A. H. PICKARD, A. HOSSEINEY, B. VINCENT, Y. HAMON, F. S. P. VAN BUCHEM, A. MOALLEMI, and G. DRUILLION, 2009, The Asmari Formation revisited: changed stratigraphy allocation and new biozonation: *Frist International Petroleum Conference and Exhibition*, Shiraz, Iran.
- [38] LEE, J. J., 1990, Fine structure of rodophycean prophyridium purpureum insitu in peneroplis pertusus and P. asicularis: *Journal of Foraminiferal, Res.*, **20**, 162-169.
- [39] MORSILLI, M., BOSELLINI, F.R., POMAR, L., HALLOCK, P., AURELL, M., PAPAZZONI, C.A., 2012. Mesophotic coral buildups in a prodelta setting (Late Eocene, southern Pyrenees, Spain): a mixed carbonate-siliciclastic system. *Sedimentology* **59(3)**, 766-794.
- [40] MOSSADEGH, Z. K., D. W. HAIG, T. ALLAN, M. H. ADABI, and A. SADEGHI, 2009, Salinity changes during Late Oligocene to Early Miocene Asmari Formation deposition, Zagros Mountains, Iran: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **272**, 17-36.
- [41] MUTTI, M., and P. HALLOCK, 2003, Carbonate system along nutrient and temperature gradient: Some sedimentological and geochemical constraints: *Earth- Science*, **92**, 465-475.
- [42] PEDLEY, M., 1996, Miocene reef facies of Pelagian region (Central Mediterranean region), in: E. K. Franseen, M. Esteben, W. C. Ward, and J. M. Rouchy, eds., Models for Carbonate Stratigraphy from Miocene Reef complexes of Mediterranean Regions: *Society for Sedimentary Geology Concept Sediment Paleontology*, **5**, 247-259.
- [43] POMAR, L., 2001a, Types of carbonate platforms: a genetic approach: *Basin Research*, **13**, 313-334.
- [44] POMAR, L., 2001b, Ecological control of sedimentary accommodation: evolution from a carbonate ramp to rimmed shelf, Upper Miocene, Balearic Islands: *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, **175**, 249-272.
- [45] POMAR, L., BASSANT, P., BRAVDANO, M., RUCHONNET, L., and X. JANSON, 2012, Impact of carbonate producing biota on platform architectur: Insights form Miocene examples of the Mediterranean Region: *Earth-Science Reviews*, v. **113(3)**, 186-211.
- [46] POMAR, L., G. MATEU-VICENS, M. MORSILLI, and M. BRAVDANO o, 2014, Carbonate ramp evolution during the late Oligocene (Chattian), Salento Peninsula, southern Italy: *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, **404**, 109-132.
- [47] POMAR, L., HAQ, B.U., 2016. Decoding depositional sequences in carbonate systems: *concepts vs experience. Glob. Planet. Change* **146**, 190-225.
- [48] RAHMANI, A., A. TAHERI, H. VAZIRI-MOGHADDAM, and A. GHABEISHAVI, 2012, Biostratigraphy of the Asmari Formation at Khaviz and Bangestan Anticlines, Zagros Basin, SW Iran: *Neues Jahrbuch fur Geologie und Palaontologie-Abhandlungen*, **263(1)**, 1-16.
- [49] RICHARDSON, P. K., 1924, The geology and oil measures of southwest Persia: *Journal Institute Petroleum Technology*, **10**, 256-283.
- [50] ROMERO, J., E. CAUS, and J. ROSELL, 2002, A model for the palaeoenvironmental distribution of larger foraminifera based on late Middle Eocene deposits on the margin of the South Pyrenean basin (NE Spain): *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, **179(1)**, 43-56.
- [51] SALEH, Z., and A. SEYRAFIAN, 2013, Facies and depositional sequences of the Asmari Foramtion , Shajabil Anticline, North of the Izeh zone, Zagros Basin, Iran: *Acta Geologica Sinica*, **87(6)**, 1520-1532.
- [52] SAURA, E., VERGES, J., HOMKE, S., BLANC, E., SERRA-KIEL, J., BERNAOLA, G., CASCIELLO, E., ELDING of the NW Zagros early foreland basin during the Late Cretaceous and early Tertiary. *J. Geol. Soc.* **168(1)**, 235-250.
- [53] SHABAFROOZ, R., A. MAHBOUBI, H. VAZIRI-MOGHADDAM, A. GHABEISHAVI, and R. MOUSSAVI-HARAMI, 2015, Depositional architecture and sequence stratigraphy of the Olig-Miocene Asmari platform; Southeastern Izeh Zone, Zagros Basin, Iran: *Facies*, **61**, 422-452.
- [54] TAHERI, M. R., H. VAZIRI-MOGHADDAM, A. TAHERI, and A. GHABEISHAVI, 2017, Biostratigraphy and paleoecology of the Oligo-Miocene Asmari Formation in the Izeh zone (Zagros Basin, SW Iran): *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, **69(1)**, 59-85.
- [55] THOMAS, A. N., 1950, Haplophragmium alingeri sp. Nov., and some new species of Zeauvigerina Finlay from Southwest Iran: *Annals Magazine of Natural History*, Ser. **12(3)**, 287-301.
- [56] TUCKER, M. E., 1990, Geological background to carbonate sedimentation, in: M. E. Tucker and V. P. Wright, eds., Carbonate Sedimentology: *Blackwell Scientific Publications*, Oxford, 28-69.
- [57] VAN BUCHEM, F. S. P., T. L. ALLAN, G. V. LAURSEN, M. LOTFPOUR, A. MOALLEMI, S. MONIBI, H. MOTIEI, N. A. H. PICKARD, A. R. TAHMASBI, V. VEDRENE, and B. VINCENT, 2010, Regional stratigraphic architecture and reservoir types of the Oligo-Miocene deposits in the Dezful Embayment (Asmari and Pabdeh formations) SW Iran: *Geological Society*, London, Special Paper, **329**, 219-263.

- [58] VAZIRI-MOGHADDAM, H., M. KIMIAGARI, and A. TAHERI, 2006, Depositional environment and sequence stratigraphy of the Oligo-Miocene Asmari Formation in SW Iran: *Facies*, **52**, 41-51.
- [59] WILSON, J. L., 1975, Carbonate facies in geologic history: *Berlin, Heidelberg, New York, Springer*, 471.
- [60] WILSON, M. E. J., and A. VECSEI, 2005, The apparent paradox of abundant foramol facies in low latitudes: their environmental significance and effect on platform development: *Elsevier*, 69, 1, 133-168.
- [61] WRIGHT, V. P., 1992, A revised classification of limestone: *Sedimentary Geology*, **76**, 177-185.
- [62] WYND, J. G., 1965, Biofacies of the Iranian consortium-agreement area: *Iranian Offshore Oil Company*, 1082 (unpublished).

ریزرخساره‌ها، محیط رسوبی، چینه نگاری سکانسی برش انارک (دونین پسین-کربنیفر پیشین)، زون ایران مرکزی

الهه ستاری^۱، حسین وزیری مقدم^۲، علی بهرامی^{۳*}، عزیزاله طاهری^۴، ساندرا ایزابلا کایسر^۵ و پیتر کونیگشوف^۶

۱-دکتری چینه و فسیل شناسی، گروه زمین شناسی، دانشگاه اصفهان

۲-استاد گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان

۳-دانشیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان

۴-استاد دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود

۵-استاد موزه تاریخ طبیعی اشتوتگارت، اشتوتگارت، آلمان

۶-استاد مؤسسه پژوهشی و موزه تاریخ طبیعی سنکنبرگ، فرانکفورت، آلمان

*a.bahrami@sci.ui.ac.ir

دریافت تیر ۱۳۹۹، پذیرش مهر ماه ۱۳۹۹

چکیده

در این پژوهش توالی برش انارک در شمال شرقی اصفهان، زون ایران مرکزی شامل دو سازند بهرام و شیشتو^۱، به سن دونین پسین-کربنیفر پیشین (می سی پین) از دیدگاه محیط رسوبگذاری و چینه نگاری سکانسی مورد ارزیابی قرار گرفته است. بررسی های صحرایی و مطالعه ریزرخساره‌ها، منجر به شناسایی ۱۲ ریزرخساره مربوط به محیط دریای باز، سد بایوکلاستی، لاگون و پهنه جزرومدی گردید. تغییرات تدریجی ریزرخساره ها، نبود کلسی تورییدایت ها و نبود ریف های سدی گسترش یافته معرف نهشته شدن توالی رسوبی در یک محیط رمپ کربناته هموکلینال یا هم شیب است. با بررسی های چینه نگاری سکانسی ۲ سکانس رده سوم شناسایی شد. در هر دو سکانس بسته های رسوبی فرازین و پیشرونده قابل تفکیک می باشند. سکانس اول به سن دونین پسین (سازند بهرام) می باشد و ضخامت آن ۳۲/۵ متر می-باشد. سکانس دوم به ضخامت ۸۰/۵ متر دارای سن دونین پسین و کربنیفر پیشین (قسمت بالای سازند بهرام و سازند شیشتو^۱) می باشد. مرز سکانس اول و سکانس دوم با توجه به عدم وجود شواهد خروج از آب، نوع دوم می باشد.

کلمات کلیدی: رمپ کربناته، چینه نگاری سکانسی، کنودونت، دونین، کربنیفر، سازند بهرام، سازند شیشتو^۱

۱- مقدمه

توالی رسوبی دونین پسین-کربنیفر پیشین در ایران مرکزی معرف سازند های بهرام و شیشتو ۱ می باشد. سازند بهرام نام خود را از سرتخت بهرام، در جنوب ازبک کوه گرفته است. بنا به گزارش روتنر و همکاران (۱۹۶۸a) اشنک آهک های سازند بهرام شامل ۳۰۰ متر سنگ آهک های آبی - خاکستری و سیاه است که به طور محلی گرک ها و میان لایه هایی از شیل های مارنی تیره رنگ دارد. مرز زیرین سازند بهرام، با دولومیت های سبزار، تدریجی است. به جز بخش هایی که سازند بهرام در توالی چینه شناسی، عادی و در زیر سازند شیشتو قرار دارد؛ در دیگر نواحی، مرز بالایی این سازند ناپیوسته و فرسایشی است. در محل برش الگو، سازند بهرام به دو بخش بهرام (۱) با سن ژئوتین و بهرام (۲) با سن فرازین تقسیم شده، ولی در دیگر رخنمون ها، بخش های دو گانه مذکور چندان آشکار نیست و به مجموعه آن ها، سازند بهرام گفته می شود. در ناحیه ی باغین کرمان با مطالعه کنودونت های سازندهای پادها و بهرام ۷ رخساره زیستی متعلق به محیط های جزر و مدی تا سد بایوکلاستی تشخیص داده شده است [۲]. با بررسی ریزرخساره های سازند بهرام در روستای ازبک کوه ۱۱ رخساره کربناته در یک رمپ کربناته تشخیص داده شده است و مطالعه ی ژئوشیمیایی حاصل از آنالیز عنصری، محیط تشکیل نهشته ها را مشابه با مناطق معتدله عهد حاضر نشان داده است [۷]. بررسی های صحرایی و آزمایشگاهی سازند بهرام در دو برش هوتک و سردر نیز منجر به شناسایی ۱۴ میکرو/پتروفاسیس که در ۵ محیط ساحلی، جزرو مدی، لاگون، سد بایوکلاستی و دریای کم عمق در یک شلف کم عمق ترکیبی آواری-کربناته نهشته شده اند؛ گردیده است [۳۰].

سازند شیشتو نیز یک واحد سنگ چینه ای دو زمانه است. به همین رو، به دو زیر سازند به نام های شیشتو (۱) در زیر و شیشتو (۲) در بالا تقسیم شده است که مرز بین این دو سازند با افقی از شیل های زغالی سیاه رنگ به نام افق موش^۴ مشخص می شود [۵۵]. زیر سازند شیشتو (۱) سن دونین پسین (فرازین - فامنین)، و زیر سازند شیشتو (۲) سن کربنیفر پیشین (تورنیزین - ویزئن) دارد. در محل برش الگو (ازبک کوه)، شیشتو (۱) تناوبی از شیل، مارن و آهک است ولی، در برش مرجع (حوض دوراه)، این زیر سازند با ۳۲۶ متر ضخامت، تناوبی از شیل سبز تیره، ماسه سنگ کوارتزی و سنگ آهک های فسیل دار است که در نزدیک به رأس آن، لایه ای راهنما به ضخامت ۲۸ متر از سنگ آهک سُرخ و شیل، حاوی سرپایان خوب حفظ شده (لایه گونیاتیت دار)، وجود دارد. رنگ سُرخ این لایه کلیدی سبب می شود تا لایه مذکور در زمینه ای از ردیف های خاکستری رنگ، کاملاً مشخص باشد. شیشتو (۱) در همه جا مجموعه ای غنی از بازوپایان، مرجان، بریوزوا، سرپایان و کنودونت دارد که همگی به زمان فرازین - فامنین اشاره دارند. گسترش جغرافیایی شیشتو (۱) به طور عمده در نواحی طبس - ازبک کوه است. برش افق گونیاتیت دار سازند شیشتو در کوه های شتری طبس توسط عاشوری (۱۳۷۴) بر اساس کنودونت ها و راستکار (۱۳۷۴) بر اساس براکیوپودها دارای سن فرازین میانی - فامنین پسین است. و هاشمی و همکاران (۱۳۹۶) با بررسی برش کوه تیر در غرب کرمان سن سازند شیشتو را فرازین - فامنین تشخیص داده اند. زیر سازند شیشتو ۲ نیز با حدود ۲۱۷ متر ضخامت عمدتاً متشکل از سنگ آهک خاکستری و شیل می باشد. مرز زیرین آن منطبق بر افق موش و ظاهراً تدریجی است ولی مرز بالایی آن با سازند سردر یک سطح فرسایشی موازی با افق هایی از کنگلومرا در قاعده سازند سردر می باشد.

در ناحیه انارک مجموعه های دگرگونی از گسترش و تنوع زیادی برخوردار هستند [۹، ۵۸]. توالی های رسوبی پالئوزوئیک در ناحیه انارک منحصر به برش انارک (برش کوه بند عبدالحسین) می باشند و شامل توالی رسوبی کامبرین

⁴ Ruttner et al., 1968a 1
⁴ Mush Horizon 2

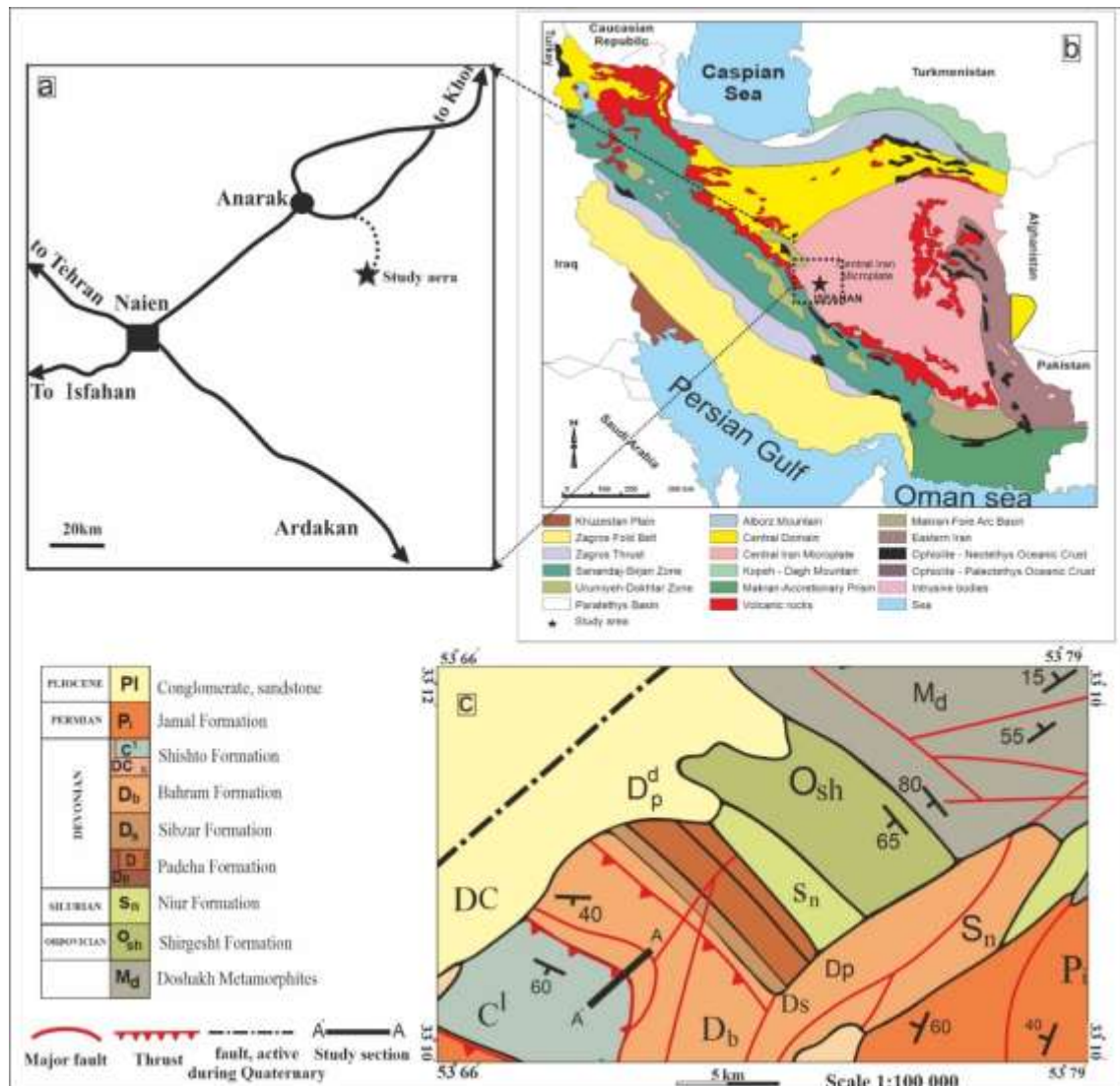
تا پرمین بالایی (سازندهای شیرگشت، نیور، پادها، سبزار، بهرام، شیشتو، گروه سردر و جمال) می‌باشند. ضخامت این مجموعه در حدود ۱۲۰۰ متر است و از دیدگاه چینه‌شناسی و فسیل‌شناسی مورد بررسی قرار گرفته است [۳۲، ۴۴، ۶۵]. بهرامی و همکاران (۲۰۱۹) دژ برش مذکور مطالعات خود را در بخش دونین میانی و پسین سازند بهرام بر اساس فونهای کنودونتی انجام داده که بر طبق آن محیط ته نشست توالی را بر اساس بیوفاسیس های کنودونتی، دریای کم عمق نزدیک ساحل در نظر گرفته اند و رخساره کنودونتی غالب آن *Icriodid-Polygnathid* می باشد. ضخامت سازند بهرام در ناحیه انارک و در برش مورد مطالعه ۳۶۶ متر و مشتمل بر سنگ آهک‌های خاکستری تیره و بین لایه های مارنی است و با توجه به مجموعه سنگواره‌های یافت شده سن دونین میانی - پسین به آن تخصیص داده شده است. بر روی نهشته های دونین سازند بهرام با ناپیوستگی همشیب نهشته های آهکی گرھک دار قرمز رنگ سازند شیشتو ۱ (به ضخامت ۶۸ متر) و آهک های خاکستری برشی شده و آهک های خاکستری ضخیم لایه فسیل دار سازند سردر به سن تورنیزین تا نامورین قرار می گیرد [۶۵]. کورن و همکاران (۱۹۹۹) با معرفی ۶ گونه از آمونوئیده ها سن ویزئن تا نامورین را برای سازند سردر در نظر گرفته اند، همچنین لون و همکاران (۲۰۰۶) با بررسی افق های آهکی فسیل دار سازند سردر و مطالعه فرامینفرهای موجود در دو سازند قلعه و آبشنی، سن سرپوکوین تا موسکووین را برای بخش کربنیفر این توالی معرفی نموده اند. صالحی و همکاران (۲۰۲۰) با مطالعه سازند بهرام (دونین میانی - پسین) در منطقه ی انارک ۱۷ ریزرخساره که در ۴ زیر محیط (تایدال فلت، لاگون، شول و دریای باز) که در یک رمپ هموکلینال نهشته شدند، شناسایی کرده اند. با توجه به تغییرات سطح آب دریا در برش مذکور ۷ سکانس رده‌ی سوم نیز تشخیص داده شده است.

مطالعات چینه نگاری سکانشی و محیط رسوبی نقش مهمی در تجزیه و تحلیل تغییرات حوضه رسوبی در طی زمان دارد. بر همین اساس توالی مورد مطالعه (به سن دونین پسین - کربنیفر پیشین) برای اولین بار از دیدگاه چینه نگاری سکانشی و محیط رسوبی مورد بررسی قرار گرفته است، نتایج پژوهش حاضر در بازسازی جغرافیای دیرینه دونین پسین و کربنیفر پیشین حوضه ایران مرکزی مورد استفاده قرار گیرد.

۲- موقعیت برش مورد مطالعه

برش مورد مطالعه در ۳۵ کیلومتری جنوب شرقی شهر انارک و شمال شرق اصفهان (تنها راه دسترسی به این برش عبور از مسیر انارک به سمت خور است که با طی مسافتی حدود ۳۵ کیلومتر به سمت جنوب شرق می باشد) با مختصات N: $33^{\circ} 10' 90''$, E: $53^{\circ} 52' 55''$ واقع شده است (شکل ۱a). این برش دارای توالی نسبتاً کاملی از رسوبات پالئوزویک می باشد که سازند مدنظر از این توالی رسوبی، سازند بهرام و شیشتو ۱ است (شکل ۱c)، برش مورد مطالعه در زون ایران مرکزی، بلوک یزد و زیر زون انارک - خور قرار گرفته است. شکل ۱b

4 Bahrami et al., 2019	3
4 Korn et al., 1999	4
4 Leven et al., 2006	5
4 Salehi et al., 2020	6



شکل ۱- (a) موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به برش انارک [۱۳]، (b) نقشه پهنه‌های ساختاری ایران [۱۴]، (c) نقشه ی زمین شناسی محدوده مورد مطالعه از نقشه با مقیاس ۱/۱۰۰/۰۰۰ انارک [۱۳].

۳- روش مطالعه

پس از بررسی و مشاهدات صحرائی در برش انارک با ضخامت ۱۱۳ متر، ساخت‌های رسوبی و ویژگی‌های سنگ شناسی برداشت شد و ۶۵ عدد مقطع نازک تهیه گردید. نام گذاری سنگ‌های کربناته توسط طبقه بندی دانهام (۱۹۶۲) و امبری و کلوان (۱۹۷۱) انجام شد. مطالعه ریزرخساره‌ها بر اساس منابعی چون فلوگل (۲۰۱۰) و ویلسون (۱۹۷۵) انجام پذیرفت؛ سپس محیط تشکیل آن‌ها بر اساس منابع (وسکات و ادریگ، ۱۹۹۰؛ شاول و اسکریپر، ۱۹۹۱) تشخیص داده شد. نوع پلتفرم کربناته آن بر اساس نوع رخساره‌ها، تغییرات عمودی آن‌ها، نوع اجزای اسکلتی بر اساس منابعی چون

- 4 Dunham, 1962 7
 4 Embry and Klovan, 1971 8
 4 Flugel, 2010 9
 5 Wilson, 1975 0
 5 Wescott and Ethridge, 1990 1
 5 Shaw and Schreiber, 1991 2

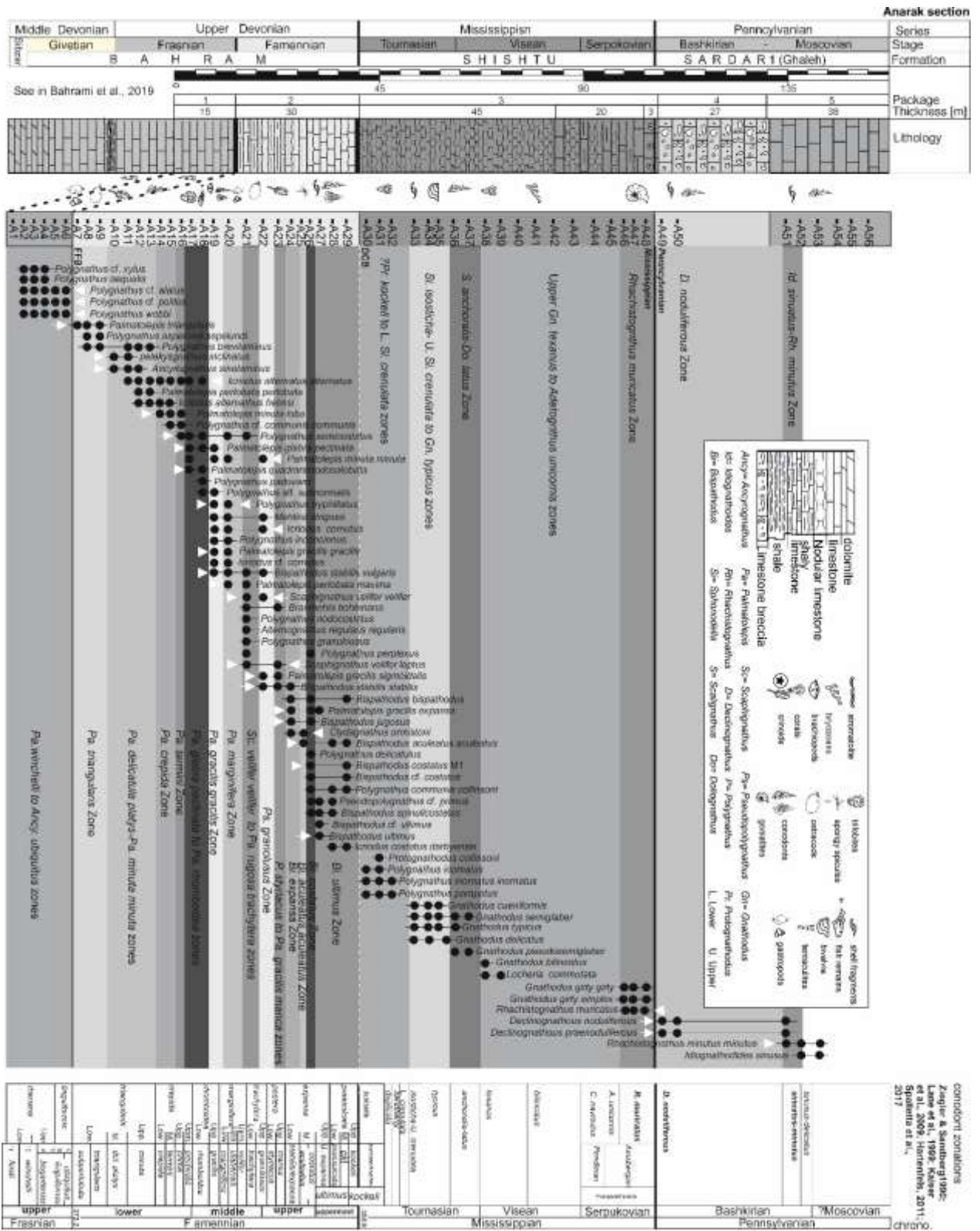
(براندو و همکاران، ۲۰۰۸؛ فلوجل، ۲۰۱۰) بازسازی گردید. با تعیین مرزهای سکansı (که نشان دهنده بیشترین سطح افت آب می‌باشد) و تفکیک بسته های رسوبی، سکانس های درجه ۳ در برش مورد مطالعه بر اساس مطالعات هانت و تاگر (۱۹۹۲) شناسایی و بررسی گردید. مطالعات آزمایشگاهی نمونه های کنودنتی (تعداد ۵۶ عدد نمونه ۴ تا ۵ کیلویی) شامل خرد کردن، انحلال و شستشوی نمونه‌ها با اسید استیک، جدا سازی به وسیله جدایش دستی در زیر میکروسکوپ بینوکولار، آماده سازی استاپ و چسباندن کنودنت‌ها بر روی پایه آلومینیومی، تهیه عکس SEM، نام گذاری و شناسایی کنودنت‌ها و زون‌بندی زیستی آن‌ها بر اساس منابع جهانی (بر اساس زون بندی اسپلتا، ۲۰۱۷؛ کورادینی و همکاران، ۲۰۱۶) انجام گردید که نتایج بررسی های سنی در شکل ۲ آورده شده است.

۴- سنگ چینه نگاری و زیست چینه نگاری

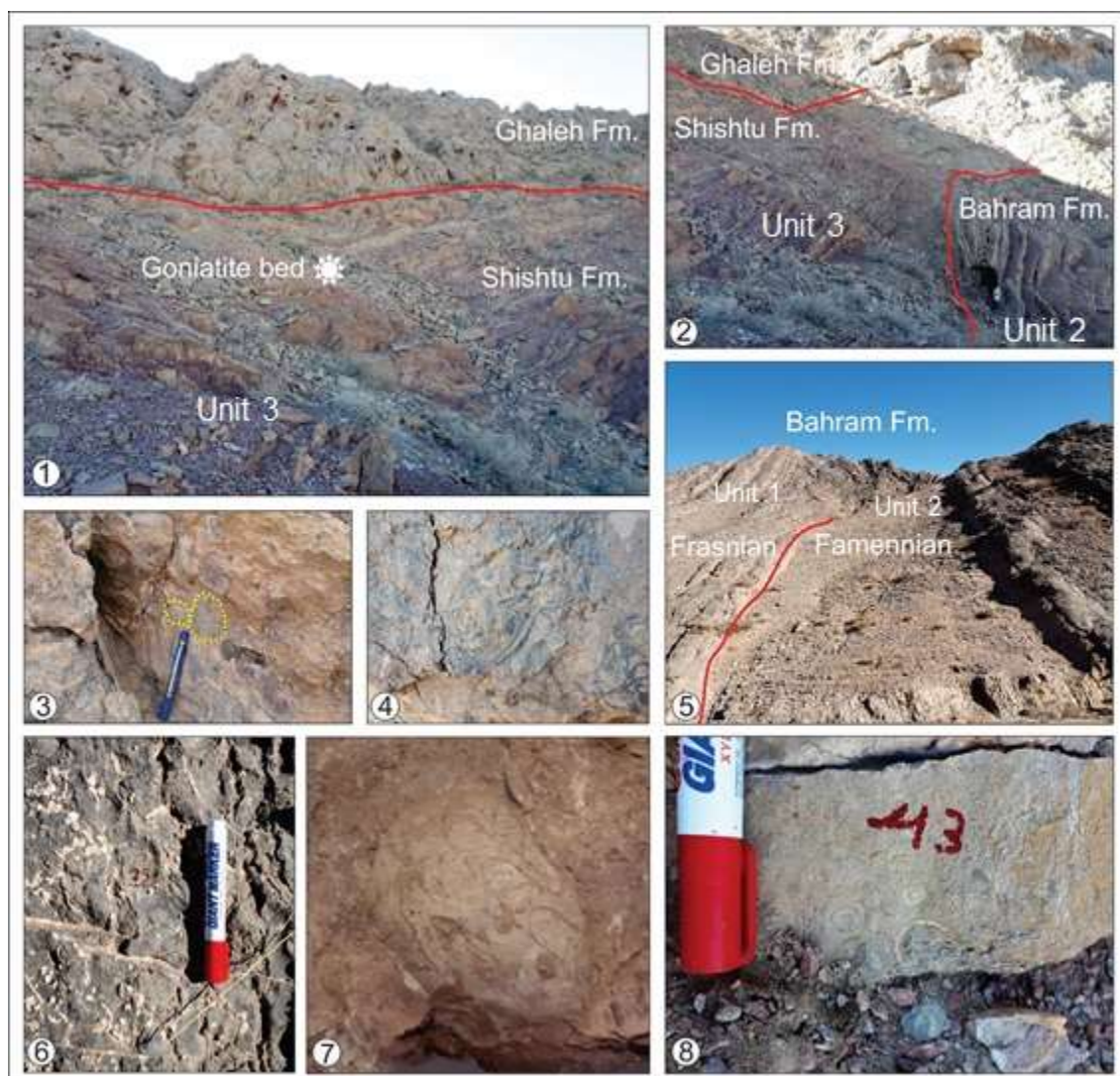
بر طبق مشاهدات و مطالعات صحرایی رخنمون مورد مطالعه شامل سازندهای بهرام و شیشتو یک می باشد. مرز بین سازند بهرام و سازند شیشتو بصورت پیوسته و تدریجی می باشد. اگرچه در مطالعات قبلی (بهرامی و همکاران، ۲۰۱۹ و صالحی و همکاران ۲۰۲۰) مرز دونین - کربنیفر به صورت ناپیوسته در نظر گرفته شده است که می توان علت آن را نمونه برداری با فواصل بیشتر دانست و تمرکز بر نمونه برداری از سازند بهرام دانست، اما در این پژوهش به بررسی رخصاره ها با نمونه برداری بسیار نزدیک پرداخته شده است؛ به دلیل پیوستگی ریزرخساره‌ها در محل مرز که هم با تغییرات لیتولوژی (شروع لایه های قرمز رنگ کربنیفر) و هم به وسیله سن سنجی کنودنتها انجام گردیده است، محل مرز به طور دقیق مشخص گردیده و مرز از نوع پیوسته می‌باشد.

با بررسی رخصاره های سنگی و ویژگی های سنگ شناسی ۳ واحد سنگ چینه‌ای تفکیک گردید. (اشکال ۲ و ۳) واحد ۱- مربوط به سازند بهرام، شامل آهک‌های خاکستری رنگ متوسط تا ضخیم لایه دارای بقایای بازوپایان، بریوزوئر، شکم پایان و ریز بقایای مهره داران می باشد. (ضخامت ۱۵ متر، نمونه های A1-A6). واحد ۲- مربوط به سازند بهرام، شامل آهک‌های سفید تا خاکستری گاهاً گرهک دار با میان لایه‌های نازک شیل قرمز که به تدریج به سمت بالا به میزان شیل‌های قرمز اضافه شده و مجدداً در بخش بالایی به آهک خاکستری اسکلتی (خرده های بازوپایان، انکوئید، بقایای اسفنج‌ها) تبدیل می گردد (ضخامت ۳۰ متر و شامل نمونه های A7-A29). واحد ۳- مربوط به سازند شیشتو یک شامل آهک گرهک دار قرمز رنگ مارنی نازک لایه دارای مرجان های انفرادی، شکم پایان، بازوپایان و دوکفه ای ها، در بخش میانی این واحد یک لایه غنی از کرینوئید و لایه حدوداً ۲۰ سانتی متری حاوی آمونوئید می باشد (ضخامت ۶۸ متر، نمونه های A30-A48). شکل ۳

⁵ Branadano et al., 2008	3
⁵ Hunt and Tucker, 1992	4
⁵ Spalletta, 2017	5
⁵ Corradini et al., 2016	6



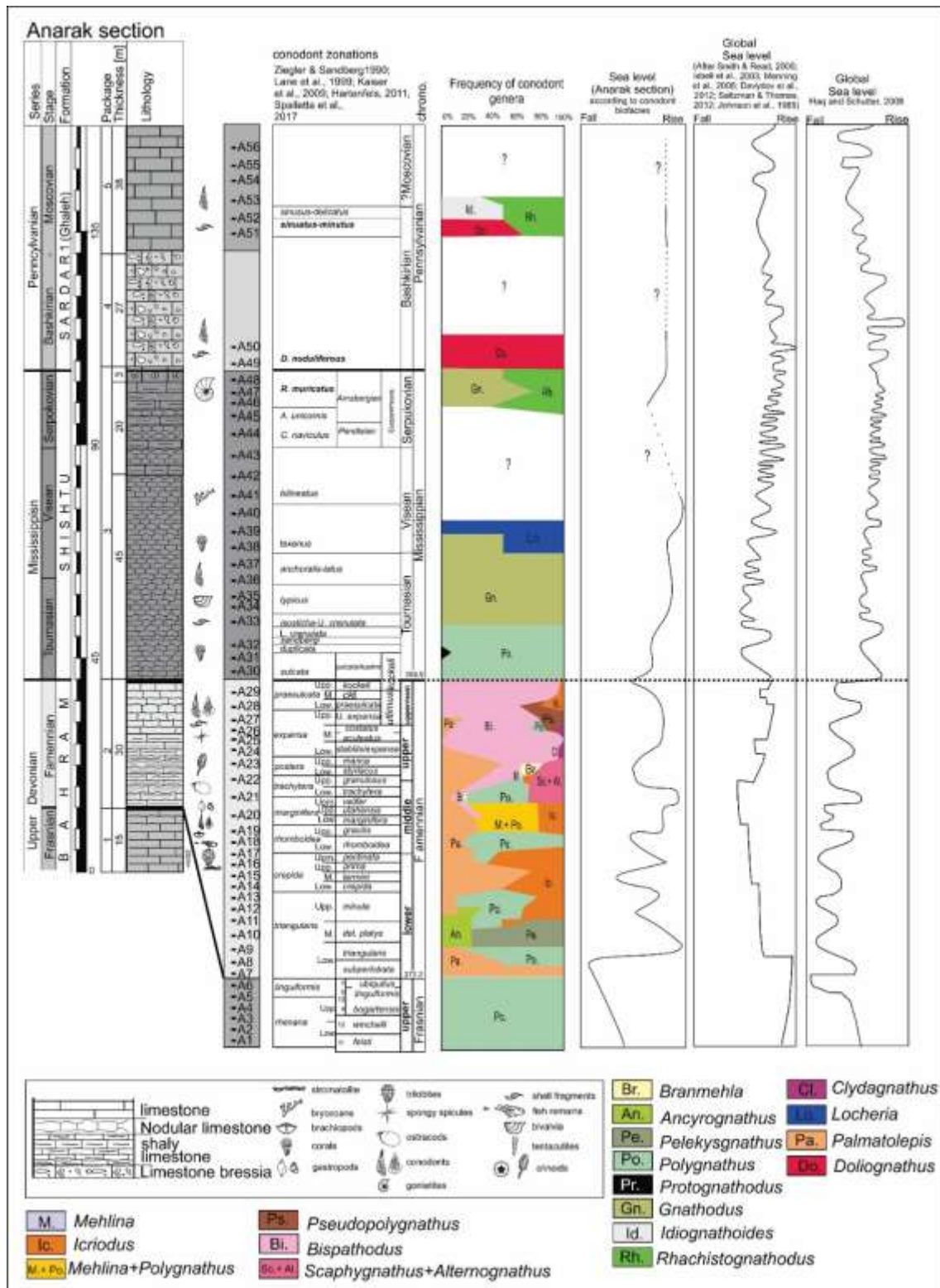
شکل ۳) ستون سنگ شناسی و سازند های مورد مطالعه به همراه نوع فونای همراه



شکل ۳-۱) مرز سازند شیشتو و سازند قلعه (سردر ۱) و محل افق گونیاتیت دار ۲) مرز سازند های بهرام، شیشتو و قلعه (سردر ۳) آهک های برشی شده در قاعده سازند قلعه ۴) آهک اسکلتی (بیوکلاستی) سازند قلعه (سردر ۱) ۵) مرز فرازنین-فامنین در سازند بهرام (تبدیل آهک های خاکستری پرفسیل به آهک های مارنی گرهک دار سفید تا خاکستری رنگ با میان لایه های نازک شیل قرمز) ۶) آهک خاکستری فسیل دار در بخش بالایی سازند بهرام ۷) افق گونیاتیتی در رأس سازند شیشتو و ۸) آهک خاکستری فسیل دار دارای مرجان در بخش بالایی سازند شیشتو.

۵-زیست چینه نگاری

با توجه به نام گذاری کنودونت ها و قرار دادن آنها در مقابل ستون لیتولوژی بر اساس موقعیت حضور آنها و با تکیه بر ارزش چینه شناسی گونه ها تعداد ۲۰ زون زیستی مربوط به دونین پسین و کربنیفر پیشین به دست آمده است؛ که از این تعداد ۱۵ زیست زون مربوط به دونین پسین (فرازنین-فامنین) و ۵ زیست زون مربوط به کربونیفر پیشین (می سی سی- پین) است. زیست زون ها به ترتیب از قدیم به جدید در جداول (۲ و ۱) مشاهده می شوند (ستاری و همکاران، ۱۳۹۹؛ ستاری و همکاران، ۲۰۲۰) شکل ۴



شکل ۴- ستون فراوانی کنودونتهای برش مورد مطالعه و مقایسه آن با دو ستون تغییرات سطح آب در حوضه اروپا (Johnson et al., 1985; Johnson and Sandberg, 1989; Smith and Read, 2000; Isbell et al., 2003; Menning et al., 2006; Davydov et al., 2012; Saltzman and Thomas, 2012) و منحنی تغییرات جهانی (Haq and Schalteer, 2008).

جدول ۱- زیست زون های کنودونتی دونین پسین (بر اساس زون بندی اسپلتا، ۲۰۱۷؛ کورادینی و همکاران، ۲۰۱۶)، مرز زیرین و بالایی و شماره نمونه‌های مربوط به هر زیست زون در برش مورد مطالعه

شماره نمونه	مرز بالایی	مرز زون	زیست زون کنودونتی
A2-A6	آخرین حضور <i>Polygnathus cf. politus</i> , <i>Polygnathus webbi</i> , <i>Polygnathus cf. alatus</i>	?	<i>Palmatolepis winchelli</i> to <i>Ancyrogonathus ubiquitous</i> zones
A7-A9	اولین حضور <i>Pelekysgonathus inclinator</i> , <i>Ancyrogonathus zincliminius</i>	اولین حضور <i>Palmatolepis triangularis</i>	<i>Palmatolepis triangularis</i> Zone
A10-A13	اولین حضور <i>Palmatolepis minuta loba</i>	اولین حضور <i>Pelekysgonathus inclinator</i> , <i>Ancyrogonathus zincliminius</i>	<i>Palmatolepis delicatula platy</i> to <i>Palmatolepis minuta minuta</i> zones
A14-A15	اولین حضور <i>Polygnathus semiostratus</i>	اولین حضور <i>Palmatolepis minuta loba</i>	<i>Palmatolepis crepidis</i> Zone
A16	اولین حضور <i>Palmatolepis glabra pectinata</i> , <i>Palmatolepis quadrantimodiolobata</i>	اولین حضور <i>Polygnathus semiostratus</i>	<i>Palmatolepis termini</i> Zone
A17-A18	اولین حضور <i>Palmatolepis gracilis gracilis</i> , <i>Bispathodus stabilis vulgaris</i> , <i>Polygnathus triphylatus</i>	اولین حضور <i>Palmatolepis glabra pectinata</i> , <i>Palmatolepis quadrantimodiolobata</i>	<i>Palmatolepis glabra pectinata</i> to <i>Palmatolepis rhomboides</i> zones
A19	اولین حضور <i>Palmatolepis perlolata maxima</i>	اولین حضور <i>Palmatolepis gracilis gracilis</i> , <i>Bispathodus stabilis vulgaris</i> , <i>Polygnathus triphylatus</i>	<i>Palmatolepis gracilis gracilis</i> Zone
A20	اولین حضور <i>Scaphognathus velifer velifer</i> , <i>Scaphognathus velifer leptus</i>	اولین حضور <i>Palmatolepis perlolata maxima</i>	<i>Palmatolepis marginifera</i> Zone
A21	اولین حضور <i>Palmatolepis gracilis sigmoidalis</i> , <i>Bispathodus stabilis stabilis</i>	اولین حضور <i>Scaphognathus velifer velifer</i> , <i>Scaphognathus velifer leptus</i>	<i>Scaphognathus velifer velifer</i> to <i>Palmatolepis rugosa trachytera</i> zones
A22	آخرین حضور <i>Palmatolepis minuta minuta</i> , <i>Icriodus cornutus</i> , <i>Scaphognathus velifer velifer</i>	اولین حضور <i>Palmatolepis gracilis sigmoidalis</i> , <i>Bispathodus stabilis stabilis</i>	<i>Pseudopolygnathus granulosa</i> Zone
A23	اولین حضور <i>Bispathodus jugosus</i> , <i>Palmatolepis gracilis expansa</i>	آخرین حضور <i>Palmatolepis minuta minuta</i> , <i>Icriodus cornutus</i> , <i>Scaphognathus velifer velifer</i>	<i>Polygnathus styriensis</i> to <i>Palmatolepis gracilis maxima</i> zones

جدول ۲- زیست زون های کنودونتی دونین پسین-کریونفر پیشین (بر طبق زون بندی اسپلنتا، ۲۰۱۷؛ کورادینی و همکاران، ۲۰۱۶)، مرز زیرین و بالایی و شماره نمونه های مربوط به هر زیست زون در برش مورد مطالعه.

شماره نمونه	مرز بالایی	مرز زیرین	زیست زون کنودونتی
A24	اولین حضور <i>Bizparthodus aculeatus aculeatus</i>	اولین حضور <i>Bizparthodus jugosus</i> , <i>Polygnathus gracilis</i> <i>expositus</i>	<i>Polygnathus gracilis</i> - <i>exposita</i> Zone
A25	اولین حضور <i>Bizparthodus costatus</i>	اولین حضور <i>Bizparthodus aculeatus aculeatus</i>	<i>Bizparthodus aculeatus aculeatus</i> Zone
A26	اولین حضور <i>Bizparthodus nitivus</i>	اولین حضور <i>Bizparthodus costatus</i>	<i>Bizparthodus costatus</i> Zone
A27-A29	اولین حضور <i>Protognathodus collinsoni</i> , <i>Polygnathus</i> <i>normatus</i> , <i>Polygnathus longiposticus</i> , <i>Polygnathus parvipes</i>	اولین حضور <i>Bizparthodus nitivus</i>	<i>Bizparthodus nitivus</i> Zone
A30-A32	اولین حضور <i>Gnatiodus delicatus</i> , <i>Gnatiodus</i> <i>crumifolius</i> , <i>Gnatiodus semiglobus</i> , <i>Gnatiodus typicus</i>	اولین حضور <i>Protognathodus collinsoni</i> , <i>Polygnathus</i> <i>normatus</i> , <i>Polygnathus longiposticus</i> , <i>Polygnathus parvipes</i>	? <i>Protognathodus kockali</i> - I. <i>Siphonodella</i> <i>crumifolia</i> zones
A33-A35	اولین حضور <i>Gnatiodus pseudosemiglobus</i>	اولین حضور <i>Gnatiodus delicatus</i> , <i>Gnatiodus crumifolius</i> , <i>Gnatiodus semiglobus</i> , <i>Gnatiodus typicus</i>	<i>Siphonodella</i> <i>baeticus</i> - U. <i>Siphonodella</i> <i>crumifolia</i> to Upper <i>Gnatiodus typicus</i> zones
A36-A38	اولین حضور <i>Locheria commutata</i> , <i>Gnatiodus bilobatus bilobatus</i>	اولین حضور <i>Gnatiodus pseudosemiglobus</i>	<i>Scalognathus anchoratus</i> - <i>Dolignathus</i> <i>latus</i> Zone
A38-A45	اولین حضور <i>Rhachistognathus muricatus</i>	اولین حضور <i>Locheria commutata</i> , <i>Gnatiodus bilobatus bilobatus</i>	Upper <i>Gnatiodus nitivus</i> to <i>Aulignathus</i> <i>amicornis</i> zones
A46-A48	?	اولین حضور <i>Rhachistognathus muricatus</i>	<i>Rhachistognathus muricatus</i> Zone

۵-۱- ارزیابی ریزرخساره ها

براساس مطالعه ریزرخساره ها ۱۲ ریزرخساره در قالب ۴ کمر بند رخساره ای پهنه جزر و مدی، لاگون، پشته سدی و دریای باز تشخیص داده شده است. اجزای غیر اسکلتی شامل پلوئید، اینتراکلاست، کورتوئید و اجزای اسکلتی شامل روزن داران کف زی، بازوپایان، نرم تنان، شکم پایان، سرپایان، بندپایان، بریوزوئرها، تتاکولیت، کلسی اسفر، خارپوستان، اسفنج، جلبک و کنودونت ها بوده است (اشکال ۵ و ۶).

T1: پلوئیدال پالئومیکروکودیم پکستون - گرینستون - رودستون:

در مشاهدات صحرایی آهک های متوسط تا ضخیم لایه خاکستری تا کرم رنگ سازند بهرام را شامل می شود؛ که در آن قطعات فسیلی (براکیوپود و گاستروپود) مشهود است. در مطالعات آزمایشگاهی آلوکم های این ریزرخساره شامل پالئومیکروکودیم (حدود ۳۰٪) و پلوئید به عنوان اجزای اصلی ریزرخساره و به میزان کمتر براکیوپود و گاستروپود است. پالئومیکروکودیم تاکسونی است که اولین بار توسط مامت و روکس (۱۹۸۳)^۸ از خلیج بوناپارت در استرالیا شناخته و توصیف شد. در اصل این تاکسون خوشه ای کروی شکل است. مامت و روکس (۱۹۸۳) پالئومیکروکودیم را قدیمی ترین تاکسون از جنس میکروکودیم می دانند اما شرایط محیطی حضور آن ها با هم مشابه است. میکروکودیم به

⁵ Mamet and Roux, 1983 8

وسيله‌ی دانه‌های مشخصی از کلسیت با منشا آلی که اولین بار توسط گلاک (۱۹۱۲)^۵ معرفی شد؛ ساخته می‌شود که آن‌ها را به جلبک‌های سبز *siphonaceous* نسبت دادند. ماسلو (۱۹۷۳)^۶ این آلوکم را در رسوبات لاگونی در پرمین و ترشیری ثبت کرد که آن‌ها را به جلبک‌های سبز-آبی با یک موقعیت سیستماتیک نامشخص از یک شکل کلسیتی شده در نظر گرفت. کلایا (۱۹۸۱)^۱ میکروکودیوم‌های ترشیری را در خاک‌های عهد حاضر و کالیجی ثبت کرد و ثابت کرد که نتیجه‌ی کلسیتی شدن ترکیبات همزیستی بین قارچ‌خاکی و سلول‌های کورتیکال از ریشه‌ی گیاهان بلندتر هستند. بر طبق نظر آنتوشکینا (۲۰۰۶)^۲ حضور میکروکودیوم‌ها در رسوبات می‌تواند به عنوان معیاری جهت تشخیص خاک‌های قدیمه (پالئوسول‌ها) و بازسازی محیط‌های رسوبی قدیمی مورد استفاده قرار گیرد. کابانو و همکاران (۲۰۰۸)^۳ نیز تشکیل ساختار میکروکودیوم را به فعالیت باکتری‌های خاصی نسبت دادند (اشکال ۵a و ۵b).

L1: بایوکلاست گاستروپود و کستون - پکستون - رودستون

در مشاهدات صحرایی شامل آهک نازک تا ضخیم لایه قرمز رنگ گرهک دار و مارنی سازند شیشو می‌باشد. جزء اصلی این ریزرخساره گاستروپودها هستند که در زمینه میکرایتی متبلور شده، حضور دارند و اجزاء فرعی آن شامل دوکفه‌ای‌ها و *Quasilituotuba sp.* است. در برخی از مقاطع میزان دوکفه‌ای‌ها (موجودات یوری هالین که در اعماق و شوری‌های مختلفی حضور دارند) افزایش یافته و بافت به سمت رودستون متمایل می‌شود. با توجه به جایگاه چینه‌شناسی (رخساره‌های قبل آن ریزرخساره‌های لاگون (L3) است) و تنوع پایین فونی و حضور گاستروپودها (موجوداتی با صدف آراگونیتی که توانایی تحمل شوری نسبتاً بالایی را داشته) این ریزرخساره به لاگون با شرایط محصورتری نسبت به ریزرخساره‌های بعدی نسبت داده می‌شود [۳۵، ۶۱] (شکل ۵c).

L2: آمبلا و کستون

در مشاهدات صحرایی شامل آهک ضخیم لایه خاکستری رنگ سازند بهرام می‌باشد. جزء اصلی این ریزرخساره جنس آمبلا است. در بین فسیل شناسان هنوز بر سر جنس آمبلا توافق صورت نگرفته است، برخی از چینه‌شناسان بر این باورند که این جنس مربوط به فرامینفرها از سه خانواده *Fursenko, 1959*، خانواده *Nodosinellidae (Leoblich and Trappen, 1961; Toomey 1965)* و خانواده *Parathurminidae (Conil and Lys, 1964)* هستند، برخی آمبلاها را مربوط به کلسی اسفرها دانسته [۴۰] و بسیاری این جنس را مربوط به جلبک‌های کاروفیت دانسته اند [۱۵، ۱۶، ۴۸، ۴۹]. اجزاء فرعی ریزرخساره مذکور گاستروپودها (%۱۰) هستند. نادر بودن فون‌های نرمال دریایی در بافت و کستون نشان دهنده‌ی آب‌های آرام و محیط کم انرژی واقع در لاگون است [۳۵، ۵۲، ۶۷]. تنوع کم در گونه‌های فسیلی می‌تواند نشانگر نهشته شدن آن در محیطی محصور مانند لاگون می‌باشد [۳۱، ۶۷] و معمولاً در مناطق با شوری بالا دیده می‌شود [۲۵، ۴۸] (شکل ۵d).

L3: بایوکلاست فرامینفرا کرینوئید فلوئستون - رودستون

⁵ Gluck, 1912	9
⁶ Maslov, 1973	0
⁶ Klappa, 1981	1
⁶ Antoshkina, 2006	2
⁶ Kabanov et al., 2008	3

در مشاهدات صحرایی شامل آهک نازک تا ضخیم لایه قرمز رنگ سازند شیشتو می‌باشد. دانه اصلی این ریزرخساره فرامینیفراهای (*Quasilituotuba sp.*, *Archaeodiscus sp.*, *Quasilituotuba pseudospiroides*, *Endothyra sp.*) (شکل ۶) و کرینوئید و به میزان کمتر استراکد می‌باشد. دانه‌های کوارتز در این ریزرخساره به میزان اندک ($\leq 5\%$) مشاهده می‌شود. فراوانی بالای روزن داران کف زی نشان از گردش خوب آب و در دسترس بودن مواد غذایی است. تنوع بالای فرامینیفراها و حضور کرینوئیدها نشان دهنده رسوب‌گذاری در لاگون نیمه محصور با چرخش نسبتاً آزاد آب است [۵۴، ۵۹] (شکل ۵e).

L4: بایوکلاست پلوئیدال ایتراکلاست و کستون- پکستون - گرینستون

در مشاهدات صحرایی شامل آهک‌های خاکستری متوسط تا ضخیم لایه دارای خرده فسیل‌های براکیوپود، کرینوئید، دو کفه ای و گاستروپود سازند بهرام هستند. اجزاء اصلی این ریزرخساره شامل ایتراکلاست‌های گلی و پلوئید است و اجزاء فرعی آن شامل بریوزوئر، براکیوپود، کرینوئید، دوکفه‌ای و گاستروپود، کنودونت، تریلوبیت و فرامینیفرا (*Eonodosaria maljavkini*, sp.) هستند. به دلیل این‌که ایتراکلاست‌ها خرده‌هایی از رسوبات یا سنگ‌های قبلی هستند، ممکن است اساساً هر نوع ترکیب کانی‌شناسی را داشته باشند و در هر نوع محیطی می‌توانند تشکیل شوند اما به طور شاخص بیشتر در محیط‌هایی به وجود می‌آیند که انرژی امواج به طور متناوب زیاد می‌شود. در چنین محیط‌هایی، زمانی که انرژی امواج نسبتاً کم است، رسوبات ممکن است به طور ضعیفی سیمانی شوند یا به صورت آلی به هم متصل شوند و بعداً توسط توفان‌های شدید یا شرایط انرژی بالای دیگر، این رسوبات به آواری‌های کوچکتری تبدیل شوند [۶۰]. در این ریزرخساره بایوکلاست‌ها شدیداً کورتوئیدی شده‌اند. پلوئیدها را می‌توان به مرحله‌ی کورتوئیدی پیشرفته‌ی بایوکلاست-های کوچک نسبت داد. حضور کورتوئیدها اگرچه به محیط‌های مختلف (دریاچه‌ها و محیط‌های غیر دریایی، محیط دریایی کم عمق و حدواسط این‌ها) منتسب است اما به میزان فراوانتر در محیط‌های کم عمق لاگونی ($> 10m$) و آب‌های گرم با انرژی زیاد در بالای سطح تاثیر امواج حضور دارند. این ریزرخساره را به دلیل جایگاه چینه شناسی و همراهی با ریزرخساره‌های سد بایوکلاستی (S1) و پهنه‌ی جزر و مدی (T1) می‌توان منطبق با smf16 ویلسون دانست که یک محیط لاگونی مرتبط با دریای باز را نشان می‌دهد [۲۸، ۶۷] (شکل ۵f).

S1: آمبلا پکستون-گرینستون

در مشاهدات صحرایی شامل آهک‌های خاکستری ضخیم لایه سازند بهرام است. دانه اصلی آن شامل فسیل آمبلا و جزء فرعی آن جلبک داسی کلاداسه (۲٪) است. تنوع پایین فونی، جورشدگی خوب، دیواره ضخیم آمبلاها، بافت دانه پشتیبان، و سیمانی شدن گسترده در بین آلومک‌ها نشان از انرژی بالای محیط می‌باشد و بیانگر رسوبگذاری آن در محیط با انرژی بالا در محیط کم عمق پشته سدی به سمت لاگون است [۲۸]. این سد به صورت ناپیوسته (به دلیل وجود لاگون نیمه محصور) بوده است [۲۸] (شکل ۵g).

O1: بایوکلاست کرینوئید پکستون-گرینستون-رودستون

در مشاهدات صحرایی شامل آهک‌های خاکستری رنگ متوسط لایه اکنید دار سازند بهرام و آهک‌های مارنی گرهک دار قرمز رنگ سازند شیشتو است. آلومک اصلی آن شامل کرینوئیدها (گاه‌ها به اندازه ۲ تا ۴ میلیمتر) و اجزاء فرعی آن فرامینیفراها (*Asteroarchaediscus*, *Neoarchaediscus sp.*)، بریوزوئر، براکیوپودها، استراکدها، دانه کوارتز ($< 10\%$) و گاستروپودها هستند. اکینودرم‌ها موجودات مستقل از نور در شوری نرمال دریایی هستند که در اعماق مختلف زیست کرده

و قطعات اسکلتی و صفحات اسکلتی جدا شده از هم آن‌ها در شلف‌های کربناته معتدل فراوانتر از محیط‌های حاره‌ای است [۲۸، ۴۲]. حضور کرینوئیدها، خرده‌های بریوزوئر، براکیوپد و بافت دانه پشتیبان نشان از کاهش انرژی، عمق و ورود به محیط دریای باز است. این ریزرخساره در شیب دریای باز به سمت محیط پشته سدی نهشته شده است [۲۸] (شکل ۵h).

O2: بایوکلاست براکیوپود کرینوئید پکستون-گریستون-فلوتستون-رودستون

در مشاهدات صحرایی شامل آهک‌های خاکستری تا آهک‌های مارنی گرهک دار قرمز رنگ سازند بهرام است که در آن ماکروفسیل‌های کرینوئید، گونیاتیت، ارتوسراتید و ... دیده می‌شود. اجزاء اصلی این ریزرخساره شامل براکیوپود و کرینوئید است و اجزاء فرعی آن شامل آمبلا، استراکد، اینتراکلاست گلی، بریوزوئر، فرامینفر (*Consobronellopsis* sp., *Archaeodiscus* sp., *Diplosphaerina maljavkini*, *Omphalotis* sp., *Endothyra* sp., *Pseudoammodiscus* sp., *Mediocris breviscula*, *Archaeodiscus krestovnikovi*, *Howchinia gibba*, *Mediocris* sp., *Tetrataxis paraminima*, *Endostaffella* aff. *discoidea*, *Mediocris breviscula*, *Endothyra* cf. *prisca*, *Asteroarchaediscus* sp., *Quasilituotuba* cf. *serpens*, *Umbellina* cf. *bella*)، (شکل ۶) دانه کوارتز است. در برخی از مقاطع میزان آمبلا به حدی زیاد شده که علاوه بر براکیوپود و کرینوئید جزء اجزای اصلی ریزرخساره قرار می‌گیرد. با توجه به تنوع فونا و حضور فونای استنوهالین و موقعیت چینه نگاری، این ریزرخساره در محیط کم انرژی در قسمت شیب دریای باز در نزدیکی سطح اساس امواج دریا در شرایط عادی نهشته شده است [۲۳، ۴۷]. این ریزرخساره در انرژی امواج متوسط تا قوی و در نزدیکی سطح اثر امواج در شرایط عادی (FWWB) ایجاد شده است [۲۵] (شکل ۵i).

O3: بایوکلاست پلوئیدال براکیوپود پکستون رودستون

در مشاهدات صحرایی شامل آهک-های مارنی گرهک دار سرخ رنگ تا آهک‌های خاکستری رنگ متوسط تا ضخیم لایه سازند بهرام است. دانه‌های اصلی تشکیل دهنده شامل براکیوپود و پلوئیدها است. اجزاء فرعی آن شامل اینتراکلاست گلی، کرینوئید، آمبلا، گاستروپود، استراکد، بریوزوئر و تتناکولیت (~۲٪) است. در برخی از مقاطع میزان اینتراکلاست-های گلی به طرز قابل توجهی افزایش می‌یابد. وجود بافت دانه پشتیبان، فونای استنوهالین و موقعیت چینه نگاری معرف تهنشت این ریزرخساره در محیط دریای باز است [۲۸] (شکل ۵j).

O4: بایوکلاست کرینوئید براکیوپود تتناکولیتس پکستون رودستون

در مشاهدات صحرایی شامل آهک‌های خاکستری متوسط تا ضخیم لایه سازند بهرام است. اجزاء اصلی این ریزرخساره شامل براکیوپود، کرینوئید و تتناکولیت (~۱۰٪) است و اجزاء فرعی آن شامل گاستروپود، آمبلا است. با توجه به حضور تتناکولیت و فونای دریای باز این ریزرخساره در محیط کم انرژی در قسمت شیب دریای باز در زیر سطح اساس امواج دریا نهشته شده است [۲۸، ۶۰، ۶۸] (شکل ۵k).

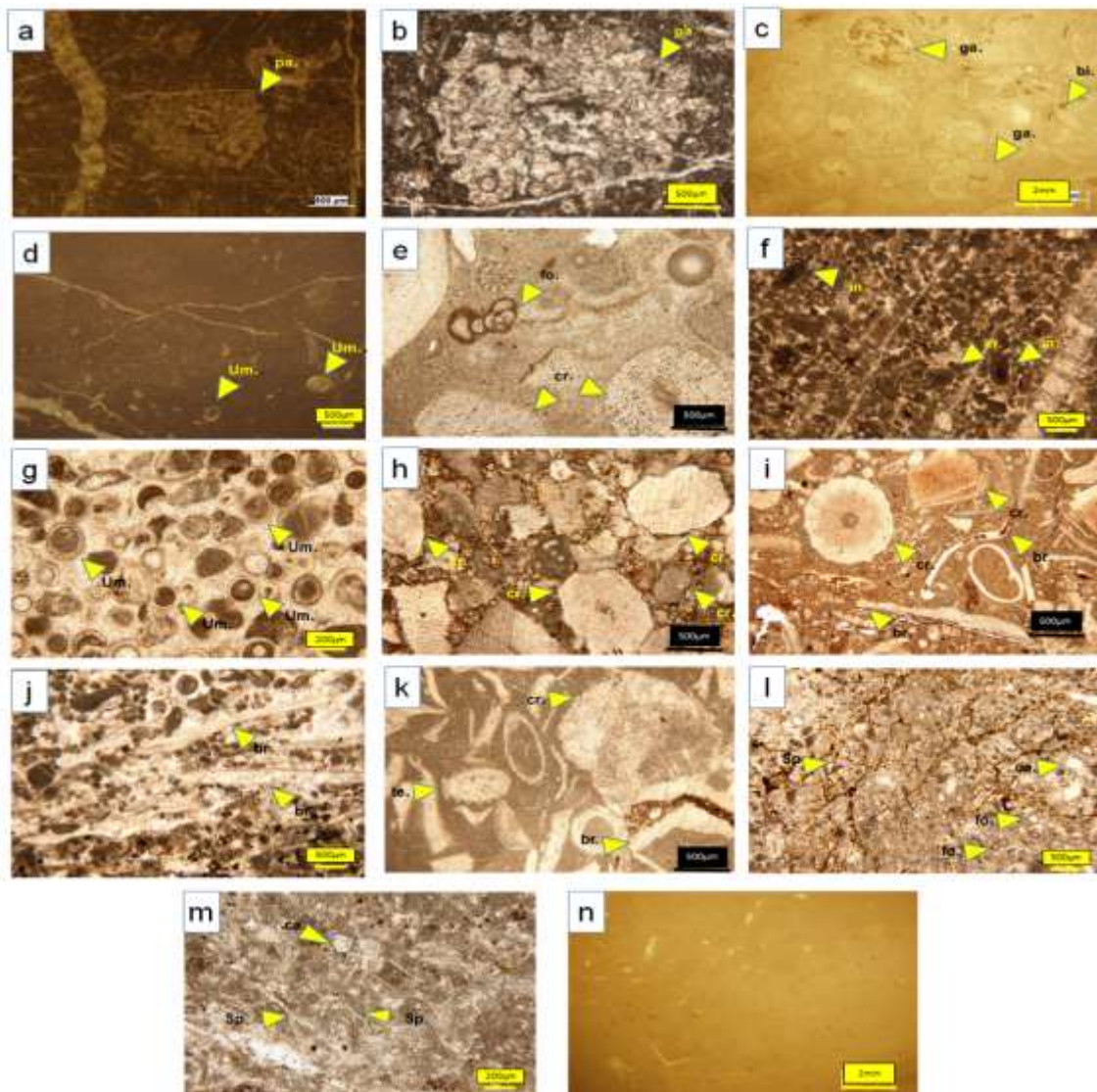
O5: بایوکلاست پلوئیدال فرامینفرا و کستون-پکستون-گریستون (حاوی سوزن اسفنج و کلسی اسفر)

در مشاهدات صحرایی شامل آهک‌های خاکستری متوسط تا ضخیم لایه سازند بهرام است. اجزاء اصلی این ریزرخساره شامل پلوئید و فرامینفرها (*Diplosphaerina maljavkini*) و به میزان کمتر سوزن اسفنج و کلسی اسفر است. اجزاء فرعی آن نیز شامل استراکد، براکیوپود و کرینوئید است. این ریزرخساره دارای بافت گل پشتیبان تا دانه پشتیبان

است. حضور کلسی اسفرها منعکس کننده محیط دریایی عمیق تا نیمه عمیق با انرژی هیدرودینامیکی کم و زیر امواج عادی است [۲۸] (اشکال ۵l و ۵m).

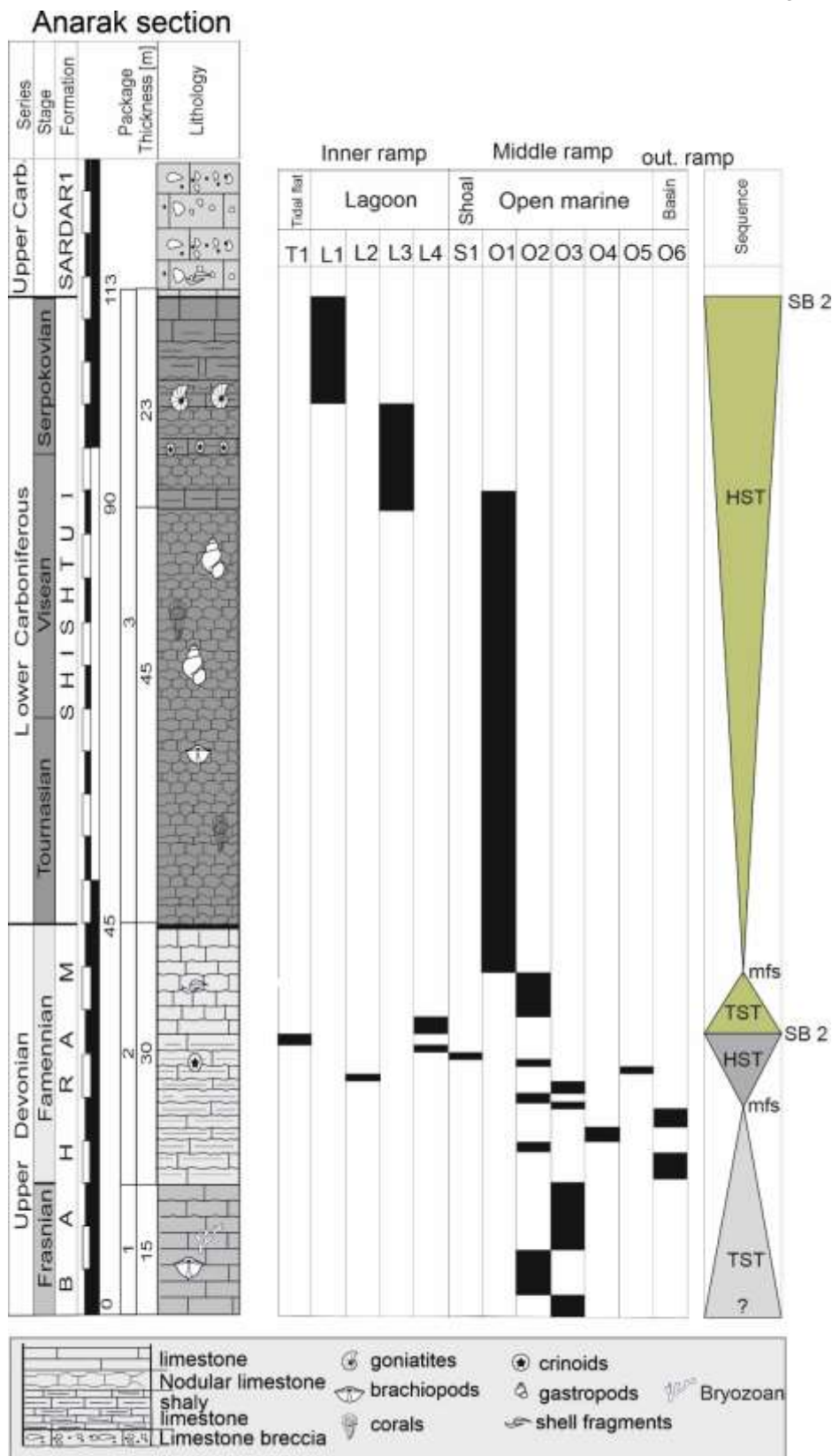
O6: مادستون فسیل دار

در مشاهدات صحرایی شامل آهک‌های مارنی خاکستری رنگ مربوط به سازند بهرام هستند. عمیق‌ترین ریزرخساره‌ی برش انارک مادستون فسیل‌دار است که شامل کرینوتید، گاستروپود، پلوئید و براکیوپود هستند و در زمینه گلی به میزان بسیار کم حضور دارند. با توجه به بافت گل پشتیبان، عدم وجود قطعات درشت و موقعیت چینه نگاری این ریزرخساره در محیط کم انرژی و عمیق دریای باز در زیر سطح اثر امواج طوفانی دریا نهشته شده است [۲۸] (شکل ۵n).



شکل ۵- ریزرخساره‌های برش کوهبند عبدالحسین: (a) T1: پلوئیدال پالئومیکروکودیم رودستون (pa. پالئومیکروکودیم). (b) نمای نزدیک پالئومیکروکودیم (نوعی گیاه عروقی [۳۹]) در ریز رخساره ی T1: پلوئیدال پالئومیکروکودیم رودستون، L1: بایوکلاست گاستروپود رودستون (bi. دوکفه‌ای، ga. گاستروپود)، (d) L2: آمبلا وکستون (um. آمبلا)، (e) L3: بایوکلاست فرامینفرا کرینوتید رودستون (fo. فرامینفرا، cr. کرینوتید)، (f) L4: بایوکلاست پلوئیدال ایتراکلاست پکستون (in. ایتراکلاست)، (g) S1: آمبلا گرینستون، (h) O1: بایوکلاست کرینوتید رودستون، (i) O2: بایوکلاست براکیوپود کرینوتید رودستون (br. براکیوپود)، (j) O3: بایوکلاست پلوئیدال براکیوپود رودستون، (k) O4: بایوکلاست کرینوتید براکیوپود تتاکولیتس رودستون (te. تتاکولیت)، (l) O5:

بایوکلاست پلوئیدال فرامینیفر و کستون (حاوی سوزن اسفنج و کلسی اسفر) (sp.: سوزن اسفنج، ca.: کلسی اسفر)، (m) نمای نزدیک حضور سوزن اسفنج و کلسی اسفر در ریزرخساره O5: بایوکلاست پلوئیدال فرامینیفر و کستون (حاوی سوزن اسفنج و کلسی اسفر)، (n) O6: مادستون فسیل دار



شکل ۶- ستون‌های پراکنده‌گی ریزرخساره‌ها و سکانس‌های درجه ۳ موجود در برش مورد مطالعه.

۶- تعیین محیط رسوبی برش انارک

براساس ریزرخساره های شناسایی شده، پراکندگی آن ها و مقایسه با محیط های قدیمی و امروزی مدل رسوبی برش انارک در دو زمان دونین پسین و کربنیفر پیشین بازسازی شده است. عدم وجود سدهای ریفی به هم پیوسته، نبود رسوبات ریزشی و لغزشی و تغییر تدریجی رخساره ها نسبت به یکدیگر، توالی دونین پسین و کربنیفر پیشین در برش مورد مطالعه در یک رمپ کربناته هموکلینال یا هم شیب نهشته شده است و قابل تقسیم به سه بخش رمپ داخلی، میانی و خارجی می باشد (شکل ۷).

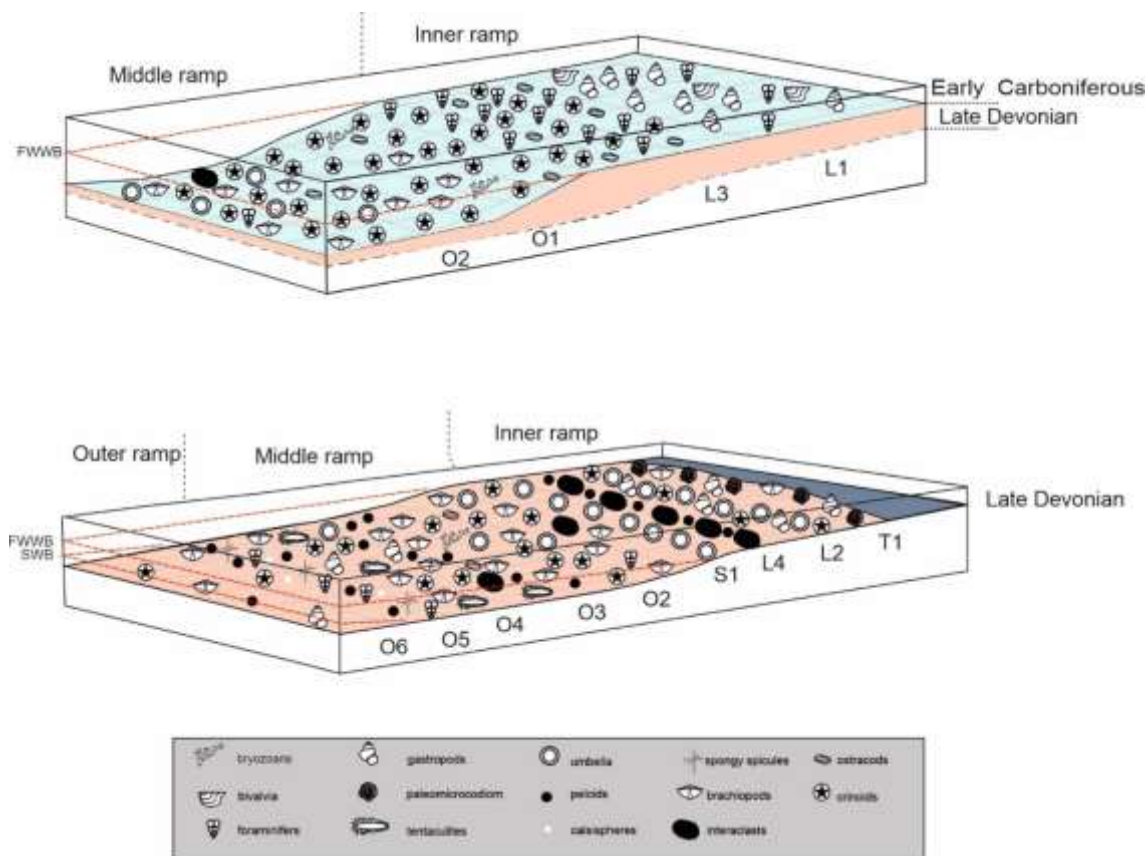
رمپ خارجی: از نظر لیتولوژی شامل آهک های مارنی با میان لایه های شیل قرمز می باشد و دانه های اصلی تشکیل دهنده آن شامل کربنئید، گاستروپود، پلوئید و براکیوپود به مقدار اندک در زمینه ی گل می باشند. ریزرخساره ی مادستون فسیل دار (O6) به دلیل وجود گل زیاد و عدم وجود ساختارهای پارانرژی نشان از رسوب گذاری در محیط آرام زیر قاعده ی امواج طوفانی است [۲۰]. این بخش دارای سن دونین پسین است (شکل ۷).

۶-۱- رمپ میانی: در این بخش فرامینفرهای منفذدار شامل (*Umbellina*, *Neoarchaediscus*, *Archeodiscus*, *Asteroarchaediscus*) با سایر فونای شوری نرمال دریایی (کربنئید، بریوزوئرها و تتاکولیت ها، کلسی اسفرها، سوزن اسفنج و...) حضور دارند [۱۸، ۲۸]. ریزرخساره های O1، O2 و O3 که همگی حاوی کربنئیدها، براکیوپودهای بزرگ، بریوزوئر (گاهها به اندازه ۲ تا ۴ میلی متر) و آمبلاها هستند، معرف بخش پروکسیمال رمپ میانی می باشند. در بخش دیستال رمپ میانی رخساره های حاوی تتاکولیت و سوزن اسفنج (ریزرخساره های O4 و O5) حضور دارند که نشان دهنده عمق بیشتر نسبت به ریزرخساره های بخش پروکسیمال است [۱۷، ۱۹]. این بخش شامل فرامینفرهای (*Asteroarchaediscus*, *Neoarchaediscus* sp., *Consobronellopsis* sp., *Archaeodiscus* sp., *Diplosphaerina maljavkini*, *Omphalotis* sp., *Endothyra* sp., *Pseudoammodiscus* sp., *Mediocris breviscula*, *Archaeodiscus krestovnikovi*, *Howchinia gibba*, *Mediocris* sp., *Tetrataxis paraminima*, *Endostaffella* aff. *discoidea*, *Mediocris breviscula*, *Endothyra* cf. *prisca*, *Asteroarchaediscus* sp., *Quasilituotuba* cf. *serpens*, *Umbellina* cf. *bella*) می باشد. سن این قسمت دونین پسین- کربنیفر پیشین است. (شکل ۷)

۶-۲- رمپ داخلی: در ریز رخساره S1 بافت دانه پشتیبان با مقدار اندک گل نشان از انرژی بالای سدی دارد [۱۸، ۲۸]. این ریز رخساره جدا کننده رمپ میانی از رمپ داخلی است. ریزرخساره های لاگونی L1, L2, L3, L4 با حضور فرامینفرهایی چون (*Eonodosaria* sp., *Diplosphaerina maljavkini*, *Quasilituotuba* sp., *Archaeodiscus* sp., *Quasilituotuba pseudospiroides*, *Endothyra* sp., *Umbellina* sp) داخلی هستند. رخساره ی T1 هم مربوط به کم عمق ترین بخش رمپ داخلی (پهنه جزرومدی) است. سن این بخش دونین پسین- کربنیفر پیشین است (شکل ۷).

مقایسه ریزرخساره های دونین پسین و کربنیفر پیشین حاکی از آن است که نوع رخساره ها در دونین پسین بیشتر از کربنیفر پیشین است. این امر می تواند ناشی از تغییرات شدید سطح آب دریا در این زمان باشد. بیشترین ریزرخساره های تشکیل دهنده سازند بهرام در بخش مورد مطالعه مربوط به ریزرخساره O2 و کم ترین ریزرخساره T1 به ترتیب در رمپ میانی و داخلی بوده است. بیشترین ریزرخساره های تشکیل دهنده سازند شیشتوی یک در بخش مورد مطالعه مربوط به ریزرخساره O1 و کم ترین ریزرخساره L3 به ترتیب در رمپ میانی و داخلی بوده است. ریزرخساره های

دریای باز در زمان دونین پسین از گسترش بیشتری برخوردار هستند که با توجه به مطالعات حق و اسکالتر (۲۰۰۸)^۶ این امر منطبق بر تغییرات سطح آب‌های جهانی است.



شکل 7- محیط رسوبی برش کوهبند عبدالحسین در دو زمان دونین پسین-کربونیفر پیشین بر اساس ریزرخساره‌های موجود.

۷- چینه نگاری سکansı

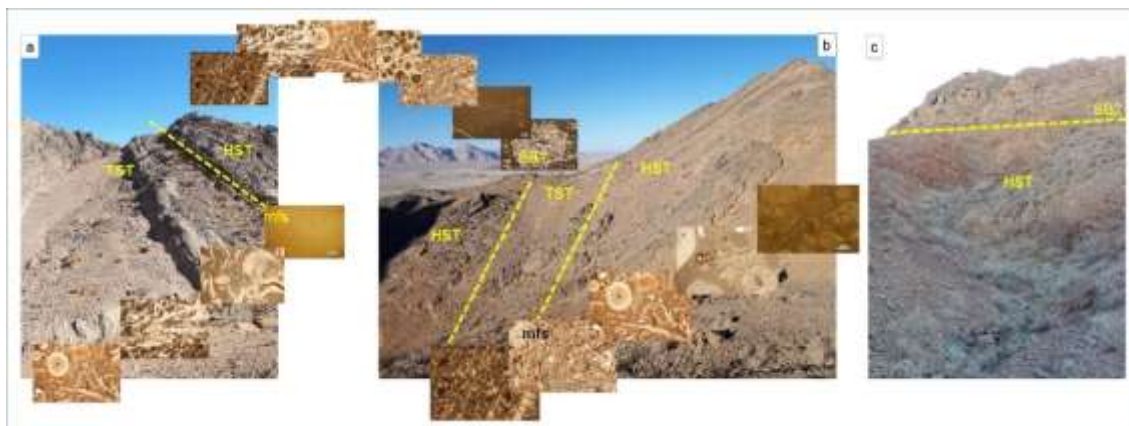
چینه نگاری سکansı به تجزیه و تحلیل توالی هایی که از نظر ژنتیکی به هم وابسته و در ارتباط هستند و بین دو سطح ناپوستگی و یا سطوح پیوسته قابل تطابق محدود شده اند، می پردازد [۲۱]. به طور اساسی پراکندگی جانبی رخساره های رسوبی مربوط به محیط رسوبی می باشد، در صورتی که برهم انباشت قائم رخساره ها توسط تغییرات سطح آب دریا تعیین می شود و بازتابی از چینه نگاری سکansı است [۲۱]. به عبارت دیگر چینه نگاری سکansı سرگذشت رسوبگذاری، فرسایش و تغییرات سطح آب دریا در ناحیه را مشخص می کند. با توجه به شواهد صحرایی و بررسی های آزمایشگاهی، توالی مورد مطالعه قابل تقسیم به دو سکانس رسوبی رده سوم است (اشکال ۵ و ۸):

۷-۱- سکانس شماره ۱: این سکانس از قاعده برش تا متر ۳۲٫۵ متر را در بر گرفته و به سن دونین پسین می باشد. بسته رسوبی TST به ضخامت ۲۳٫۵ متر، در سکانس مذکور شامل ریزرخساره های O2 (بایوکلاست براکیوپود کرینوئید

⁶ Haq and Schallter, 2008 4

پکستون-گرینستون-فلوتستون-رودستون)، O3 (بایوکلاست پلوئیدال براکیوپود پکستون رودستون)، O4 (بایوکلاست کرینوئید براکیوپود تتاکولیتس پکستون-رودستون) و O6 (مادستون فسیل دار) می باشد. که همگی گویای دریای باز بوده که از رمپ میانی به رمپ خارجی تغییر کرده و لیتولوژی این قسمت شامل آهک های خاکستری رنگ با لایه بندی متوسط تا ضخیم پر فسیل و آهک های مارنی قرمز رنگ فسیل دار می باشد. ریزرخساره ی O6 (مادستون فسیل دار) که عمیقترین رخصاره ی موجود در پلتفرم کربناته مورد مطالعه است (مربوط به رمپ خارجی)، معرف سطح حداکثر پیشروی (mfs) است. بسته رسوبی HST به ضخامت ۹ متر، شامل ریزرخساره های O5 (بایوکلاست پلوئیدال فرامینیفر و کستون - پکستون - گرینستون (حاوی سوزن اسفنج و کلسی اسفر))، O3 (بایوکلاست پلوئیدال براکیوپود پکستون رودستون)، O2 (بایوکلاست براکیوپود کرینوئید پکستون-گرینستون-فلوتستون-رودستون)، S1 (آمبلا پکستون-گرینستون)، L4 (بایوکلاست پلوئیدال اینتراکلاست و کستون- پکستون - گرینستون) و L2 (آمبلا و کستون) با لیتولوژی آهک خاکستری متوسط تا ضخیم لایه با روند کم عمق شدگی (تغییر از رمپ میانی به رمپ داخلی) مشخص می شود. در متراژ ۳۲/۵ متر، به حداکثر مقدار افت سطح آب می رسد. وجود میکروکودیموم در ریزرخساره ی T1 (پلوئیدال پالئو میکروکودیموم پکستون - گرینستون - رودستون) معرف حداکثر پایین آمدن سطح آب دریا است. این ریزرخساره نشان دهنده محیط کم عمق جزر و مدی می باشد (کنودونت ها در نهشته های مربوط به این ریزرخساره غائب می باشند که خود دلیلی بر عمق بسیار کم این ریزرخساره است). از آنجایی که هیچ گونه شواهدی مبنی بر خرج از آب وجود نداشته لذا مرز سکانسی از نوع دوم می باشد (اشکال ۵ و ۸a).

۲-۷- سکانس شماره ۲: این سکانس بر روی سکانس رسوبی ۱ به ضخامت ۸۰,۵ متر و شامل آهک خاکستری ضخیم تا متوسط لایه تا آهک های گرهک دار قرمز رنگ مارنی نازک لایه، مربوط به بخش بالایی سازند بهرام به سن دونین پسین و کل سازند شیشتوی یک به سن کربونیفر پیشین می باشد. شروع این سکانس با سیستم تراکت پیشرونده (TST) به ضخامت ۶/۸ متر است و شامل ریزرخساره های L4 (بایوکلاست پلوئیدال اینتراکلاست و کستون- پکستون - گرینستون) و O2 (بایوکلاست براکیوپود کرینوئید پکستون-گرینستون-فلوتستون-رودستون) دارای لیتولوژی آهک خاکستری ضخیم تا متوسط لایه فسیلدار (براکیوپود، دو کفه ای، گاستروپود و کرینوئید) می باشد. حداکثر سطح غرقابی (MFS) توسط ریزرخساره ی O2 (بایوکلاست براکیوپود کرینوئید پکستون-گرینستون-فلوتستون-رودستون) که دارای لیتولوژی آهک خاکستری متوسط لایه حاوری اکنید (نشان دهنده ی ته نشست در دریای باز) می باشد؛ مشخص می شود. بر روی این سطح دسته رخصاره سیستم تراکت فرازین (HST) به ضخامت ۷۳/۷ متر قرار دارد. این سیستم تراکت شامل ریزرخساره های O1 (بایوکلاست کرینوئید پکستون-گرینستون-رودستون)، L3 (بایوکلاست فرامینیفر کرینوئید فلوتستون-رودستون) و L1 (بایوکلاست گاستروپود و کستون- پکستون- رودستون) دارای لیتولوژی آهک مارنی گرهک دار قرمز رنگ تا آهک خاکستری متوسط تا ضخیم لایه می باشد که معرف روند کم عمق شوندگی ریزرخساره ها است. در متراژ ۱۱۳ متر، سطح آب دریا به حداکثر مقدار افت خود می رسد و با ته نشست ریزرخساره L1 (بایوکلاست گاستروپود و کستون- پکستون- رودستون) مشخص می شود و یک مرز سکانسی نوع ۲ تشکیل می شود (اشکال ۵، ۸b، ۸c).



شکل ۸: (a) سکانس شماره ۱ و بسته های رسوبی TST و HST و ریزرخساره‌های موجود در آن، (b) HST و مرز سکانسی سکانس اول و بلافاصله شروع سکانس شماره ۲ و بسته های رسوبی TST و HST آن و ریزرخساره‌های موجود، (c) بسته HST سکانس شماره ۲ و مرز سکانسی آن.

۹- نتایج

با بررسی سنگ چینه نگاری برش کوهبند عبدالحسین تعداد ۳ واحد (واحد ۱ به سن فرازین، واحد ۲ به سن فامنین و واحد ۳ به سن می‌سی‌سی‌پین) تفکیک شد. با شناسایی و نام گذاری کنودونتها، ۲۰ عدد زون زیستی مربوط به دونین پسین و کربونیفر پیشین به دست آمده است؛ که از این تعداد ۱۵ زیست زون مربوط به دونین پسین (فرازین-فامنین) و ۵ زیست زون مربوط به کربنیفر پیشین (می‌سی‌سی‌پین) است. ۱۲ عدد ریزرخساره (۱ عدد مربوط به محیط پهنه جزر و مدی، ۴ عدد مربوط به لاگون، ۱ عدد مربوط به سد بایوکلاستی و ۶ عدد مربوط به دریایی باز) نهشته شده در یک رمپ کربناته تشخیص داده شد. تنوع رخساره ها به دلیل نوسانات شدید آب در زمان دونین پسین نسبت به کربنیفر پیشین بالاتر بوده و رخساره ها نیز عمیقتر هستند. دو سکانس رده سوم در برش مورد مطالعه تشخیص داده شد که سکانس اول نهشته‌های مربوط به دونین پسین و سکانس دوم نهشته های مربوط به دونین پسین و کربنیفر پیشین می‌باشد. مرز سکانسی در بین این دو سکانس از نوع دوم می باشد.

سپاس و قدردانی

مقاله حاضر برگرفته پایان نامه دکتری نویسنده اول در گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان می باشد که بدین وسیله از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه اصفهان سپاسگزاری می گردد. همچنین نگارندگان از حمایت های علمی و لجستیکی گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان نیز قدردانی می نمایند. از داوران مقاله آقایان دکتر محمدعلی صالحی و دکتر مهدی جعفرزاده سپاسگزاری می گردد.

منابع

- [۱] بیرانوند ب.، ۱۳۷۴، پالینوستراتیگرافی و پالئوژئوگرافی رسوبات دونین بالایی شمال خاوری یزد: پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه تهران، ۱۵۰ ص.
- [۲] خسروی، ز.، و حسینی نژاد، س. م.، ۱۳۹۳، چینه نگاری سکانشی سازند های پادها و بهرام در برش باغین (باختر کرمان) براساس رخساره های سنگی و کنودنتی: علوم زمین، سال ۲۳، شماره ۹۲، صفحات ۵۴-۴۷.
- [۳] راستکار، غ.، ۱۳۹۳، براکیوپودها و تعیین موقعیت چینه شناسی لایه سفالوپوددار، سازند شیشتو در کوههای شتری (ناحیه طبس)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۰ صفحه.
- [۴] رفیقی اسکویی ن.، ۱۳۷۱، پالینوستراتیگرافی و پالئوژئوگرافی سازند پادها در مقطع تیب (ازبک کوه). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۴۵ ص.
- [۵] ستاری، ا.، بهرامی، ع.، وزیری مقدم، ح.، طاهری، ع.ا.، کایسر، س.ا.، کونینگشوف، پ.، ۱۳۹۸، زیست چینه نگاری، زیست رخساره های کنودنتی و اندیس تغییر رنگ (CAI) کنودنت ها در نهشته های دونین بالایی-کربنیفر در برش انارک، ایران مرکزی، مجله زمین شناسی نفت سال نهم، شماره ۱۸، صفحات ۷۴-۱۰۱.
- [۶] عاشوری، ع.، ۱۳۷۴، کنودنتها و لایه های سفالوپود دار و مرز دونین-کربونیفر در حوض دو راه، چهاردهمین گردهمایی علوم زمین، تهران.
- [۷] محمودی، ف.، میراب شبستری غ. و خزاعی، ا.، ۱۳۹۳. محیط رسوبی، دیاژنز و ژئوشیمی سنگهای کربناته سازند بهرام (دونین میانی-پسین) در برش قلعه بالا (ازبک کوه، شرق ایران): رخساره های رسوبی، ۸(۱)، صفحه ۱۰۷-۱۲۸.
- [۸] هاشمی، س. ح.، و فهیمی، م.، (۱۳۸۴). «اسپورها و میکروفیتوپلانکتونهای سازند جیرود در برش چینه شناسی دروار، غرب دامغان»، مجموعه مقالات نهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، تهران، دانشگاه تربیت معلم تهران، ۲۹۸-۳۱۲.
- [9] ALMASIAN, M., 1997, Tectonics of the Anarak area (Central Iran): PhD thesis of Islamic Azad University, Science and Research Unit, 164
- [10] ANTOSHKINA, A.I., 2006, Palaeoenvironmental implications of Palaeomicrocodium in Upper Devonian microbial mounds of the Chernyshev Swell, Timan-Northern Ural region: *Facies*, **52**, 611-625.
- [11] ASPRION, U., WESTPHAL, H., NEIMAN, M. and POMAR, L., 2009, Extrapolation of depositional geometries of the Menorcan Miocene carbonate ramp with ground-penetrating radar: *Facies*, 37-46.
- [12] BAHRAMI, A., KÖNIGSHOF, P., VAZIRI-MOGHADDAM, H., SHAKERI, B. and BONCHEVA, I., 2019, Conodont stratigraphy and conodont biofacies of the shallow-water Kuh-e-Bande-Abdol-Hossein section (SE Anarak, Central Iran): *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, **99**, 477-494.
- [13] BAKHTIARI, S., 2005, Road atlas of Iran Gitashenasi: *Geological and Cartographic Institute*, 1:1000,000: Tehran, Iran.
- [14] BERBERIAN, M. and KING, G.C.P., 1981, Toward a Paleogeographic and Tectonic evolution of Iran: *Canadian Journal of Earth Sciences*, **18**, 210-265.
- [15] BERCHENKO. O. L., 1971, Charophyta. In: D.E. Ayzenverg Atlas of the Tournaisian fauna in the Donets Basin, Akademy Nauk Ukrainskoi SSR.: *Geologicheskii Instituta Nauk, Kiev*, 115-122.
- [16] BERCHENKO. O. L., 1974, Contribution to a study of Charophyta (Family Umbellaceae) in the Donbas and Dneiper-Donets Depression: *Geologicheskii Zhurnal, Kiev*, **34(2)**, 104-116.
- [17] BOWIE, CH., 2014, Characterization of Discontinuity Surfaces and Microfacies in a Storm Dominated Shallow Epeiric Sea, Devonian Cedar Valley Group, Iowa: Master's thesis, California State University, Fresno, 101.
- [18] BRANDANO, M., FREZZA, V., TOMASSETTI, L. and PEDLEY, M., 2008, Facies analysis and paleoenvironmental interpretation of the Late Oligocene Attard Member (Lower Coralline Limestone Formation): Malta: *Sedimentology*, 1-21.
- [19] BUNKER, B. J. and KLAPPER, G., 1984, Conodont zones and correlation of the Cedar Valley-State Quarry in terval of Eastern Iowa: Geologicaly Society of Iowa: *Guide book*, **41**, 15-18.
- [20] BURCHETTE, T. P. and V. P. WRIGHT, 1992, Carbonate ramp depositional systems: *Sedimentary Geology*, **79**, 3-57.
- [21] CATUNEANU, O., MARTINS-NEO, M.A. and ERIKSON, F.G., 2005, Precambrian Sequence Stratigraphy: *Sedimentary Geology*, **176**, 67-95.
- [22] CONIL, R. and LYS, M., 1964, Matériaux pour l'étude micropaléontologique du Dinantien de la Belgique et de la France (aesnois). Première partie: algues et Foraminifères: *Mémoires de l'Institut géologique de l'Université de Louvain*, **23**, i-18.

- [23] CORNET, P., 1975, Morphogense, caractres écologiques et distribution des stromatoporodes dévoniens au bord sud du bassin de Dinant (Belgique). Unpubl. thesis. Université Catholique de Louvain. Leuven.
- [24] CORRADINI, C., SPALLETTA, C., MOSSONI, A., MATYJA, H. and OVER, D.J., 2016, Conodont across the Devonian/Carboniferous boundary: a review and implication for the redefinition of the boundary and a proposal for an updated conodont zonation: *Geological Magazine*, 1–15.
- [25] DA SILVA, A.C. and BOULVAIN, F., 2006, Upper Devonian carbonate platform correlations and sea level variations recorded in magnetic susceptibility: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **240**, 373–388.
- [26] DUNHAM, R. J., 1962, Classification of carbonate rocks according to their depositional texture: In: Ham, W. E. (Ed.) Classification of carbonate rocks: *American Association of Petroleum Geologists Mesmoir*, **1**, 108-121.
- [27] EMBRY, A.F. and KLOVAN, J.E., 1971, A Late Devonian reef tract on northeastern Banks Island: The Northwest Territories: *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, **19**, 730–781.
- [28] FLUGEL, E., 2010, Microfacies of Carbonate Rock, Analysis, Interpretation and Application: *Springer-Verlag, Berlin*, 984.
- [29] FURSENKO, A. V., 1959, Foraminifera principy sistematiki. In: *Osnovy paleontologii*, **1**, Obshchaja tshast, Prostejshye. Moskva.
- [30] GHORBANI, M., ROSTAMNEJAD, A. and VALIANI Z., 2014, Microfacies, peteofacies and sedimentary environmentary of the Bahram Formation in Hutk section (Nirthern Kerman), Iran: *International Journal of Geology*, **4**, 68-84.
- [31] GLUCK, H., 1912, Eineneuegestenbildende siphonee (codiacee) aus dem narinen Tertiär von Suddeutschland: *Mitteilungen der Badischen Geologischen landsanstalt*, **7**, 3-24.
- [32] HAIRAPETIAN, V., GHOBADI POUR, M., POPOV, L. E., HEJAZI, SH., HOLMER, L. E., EVANS, D. and SHARIFI, A., 2015, Ordovician of the Anarak Region: implications in understanding Early Palaeozoic history of Central Iran: *Stratigraphy*, **12**, 22-30.
- [33] HAQ, B.U. and SCHALTTER, S.R., 2008, A Chronology of Paleozoic Sea-Level Changes: *Science*, **322**, 64-68.
- [34] HASHMIE, A., ROSTAMNEJAD, A., NIKBAKHT, F., BANIE, M., REZAIIE, P. and GHOLAMALIAN, H., 2016, Depositional environments and sequence stratigraphy of the Bahram Formation (middle–late Devonian) in north of Kerman, south-central Iran: *Geoscience Frontiers*, **7**, 821-834.
- [35] HINE, A.C., 1977, Lily Bank, Bahamas: history of an active oolite sand shoal: *Journal of Sedimentary Petrology*, **457**, 1544-1581.
- [36] HUNT, D. and TUCKER, M.E., 1992, Stranded parasequences and the forced regressive wedge systems tract: deposition during base-level fall: *Sedimentary Geology*, **81**, 1-9.
- [37] KABANOV, P., WOLFGANG, P.A., KRUMBERIN, E., 2008, Microcodium: An extensive review and a proposed non-rhizogenic biologically induced origin for its formation: *Sedimentary Geology*, **250**, 79-99.
- [38] KERSHAW, S. and BRUNTON, F. R., 1999, Palaeozoic stromatoporoid taphonomy: ecologic and environmental significance: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **149**, 313-328.
- [39] KLAPPA, C.F., 1981, Biolithogenesis of Microcodium: *Elucidation. Sedimentology*, **25**, 489–522.
- [40] KONISHI, K., 1958, Devonian calcareous algae from Alberta, Canada: *Qurt. Colorado school of Mines*, **53**, 2.
- [41] KOŠIR, A., 2004, Microcodium revisited: Root calcification products of terrestrial plants on carbonaterich substrates: *Journal Sedimentary Research.*, **74**, 845–857.
- [42] KROH, A. and NEBELSICK, J.H., 2010, Echinoderms and Oligo-Miocene carbonate systems: potential applications in sedimentology and environmental reconstruction: *Gent, International Association of Sedimentologists*, 201-228 (Special Publication 42).
- [43] LENCH, G. and DAVOUDZADEH, M., 1982, Ophiolites in Iran: *Neues Jahrbuch fur Geologie und: Palaontologie*, 306-320.
- [44] LEVEN E. JA., DAVYDOV, V.I., GORGIJ M.N., 2006, Pennsylvanian Stratigraphy and Fusulinids of Central and Eastern Iran: *Palaeontol Election*, **9** (1.1A).
- [45] LIPINA, O.A., 1950, Foraminifery verkhnego devona Russkoj Platform-Trudy: *Inst.Geol. Nauk, Moskva.*, **119**.
- [46] LOEBLICH, A. E. and TAPPAN, H., 1961, Suprageneric classification of the Rhizopodea: *Journal of Paleontology*, **35**: 245-330.
- [47] MACHEL, H.G. and HUNTER, I.G., 1994, Facies model for Middle to Late Devonian shallow— marine carbonates, with comparisons to modern reefs: a guide for facies analysis: *Facies*, **30**, 155–176.
- [48] MAMET, B.L., 1970, Sur les Umbellaceae: *Canadian Journal of Earth Sciences*, **7**, 1164–1171.

- [49] MAMET, B.L. and ROUX, A., 1983, Algues dévono carbonifères del'Australie: *Rev. Micropaléontol.*, **26**, 2, 63-130.
- [50] MASLOV, V.P., 1973, Atlas porodoobrazuyushchikh organizmov (izvestkovykh i kremnevykh) (Atlas of RockForming Organisms (Calcareous and Siliceous)), Yablokov, V.S., Ed., Moscow: Nauka.
- [51] MIKLUKHO-MAKLAY, A. D., 1962. Certain Devonian algae of central Asia and of other regions of the USSR and their rock-forming and paleogeographic importance. *Doklady Academy of Science USSR: Earth Science Section, AGI Transl.*, **138**, 541-543
- [52] NICHOLS, G., 2000. Sedimentology and Stratigraphy: *Blackwell Science, Oxford*, 355.
- [53] REITLINGER, E. A., 1966, On the Umbellas in the European part of the USSR, In: Maslov, V. P. and Vakrameev, V. A. (Eds.) Fossil charophytes of the USSR: *Trudy Geologicheskii Instituta Akademya Nauk SSSR*, Moskva, **143**, 213-220.
- [54] ROMERO, J., CAUS, E. and ROSSEL, J., 2002, A model for the palaeoenvironmental distribution of larger foraminifera based on Late Middle Eocene deposits on the margin of the south Pyrenean basin (SE Spain): *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **179**, 43-56.
- [55] RUTTNER, A., NABAVI, M. H. and HAJIAN, J., 1968a, Geology of Shigesht area (Tabas area, east Iran): *Geological survey of Iran*, **4**.
- [56] SALEHI; M.A., BAHRAMI; A., MOHARRAMI; S., VAZIRI-MOGHADDAM; H., PAKZAD AND H.R., SHAKERI, B., 2020, Palaeoenvironmental and sequence-stratigraphic analysis of the Middle-Late Devonian carbonates (Bahram Formation) of Anarak, western Central Iran: *Journal of African Earth Sciences* (accepted)
- [57] SATTARI, E., BAHRAMI, A., KÖNIGSHOF, P. and VAZIRI-MOGHADDAM, H., 2020, Late Devonian (Famennian) to Carboniferous (Mississippian-Pennsylvanian) conodonts from the Anarak section, Central Iran: *Senckenberg* (accepted).
- [58] SHARKOVSKI, M., SUSOV, M. and KRIVYAKIN, M., 1984, Geology of the Anarak area (Central Iran), Explanatory text of the Anarak quadrangle map: Geological Survey of Iran, Scale, 1: 250. 000, V/O Technoexport, Report, 19. Tehran, 143.
- [59] SHAW, T.H. and SCHREIBER, B.C., 1991, Lithostratigraphy and Depositional Environments of the Ancell Group in Central Illinois: A Middle Ordovician Carbonate-Siliciclastic Transition, Mixed Carbonate-Siliciclastic Sequences, 309-351.
- [60] SCHOLLE, P. A. and ULMER-SCHOLLE, D. S., 2003, A Color Guide to the Petrography of Carbonate Rocks: Grains, Textures, Porosity: *Diagenesis*, 77.
- [61] SCOFFIN, T. P., 1987, an Introduction to Carbonate Sediments and Rocks: *Chapman and Hall*, 274.
- [62] SPALLETTA, C., PERRI, M. C., OVER, D.J. and CORRADINI, C., 2017, Famennian (Upper Devonian) conodont zonation: revised global standard: *Bulletin of Geosciences*, **92(1)**, 31-57.
- [63] SUSOV, M., DOVRYANKIN, A. and SELIVANOW, E., 2000, Anarak: *Geological survey of Iran*, Scale 1:100000.
- [64] Toomey, D., 1965, A unique Upper Devonian *Umbellina* from the Williston Basin of Montana: *Contribution Cushman Foundation Foraminiferal Research*, **6**, Part 4.
- [65] WENDT, J., KAUFMANN, B., Belka, Z, Farsan, N. and Karimi Bavandpour, A., 2005, Devonian/Lower Carboniferous stratigraphy, facies patterns and palaeogeography of Iran. Part II. Northern and central Iran: *Acta Geologica Polonica*, **55**, 31-97.
- [66] WESCOTT, W.A. and ETHRIDGE, F.G., 1990, Fan deltas; alluvial fans in coastal settings: In: Rachocki A.H. and Church M. (Eds.) Alluvial Fans; A field Approach. John Wiley and Sons, *Chichester*, UK, 195-211.
- [67] WILSON, J. L., 1975, Carbonate facies in geologic history: *Springer Verlag*, 471.
- [68] WITZKE, B., BUNKER, B. and ROGERS, F., 1988, Eifelian through lower Frasnian stratigraphy and deposition in the Iowa area, central Midcontinent, USA. In Devonian of the World: *Proceedings of the 2nd International Symposium on the Devonian System - Memoir 14*, **I**, 221-250.

Microfacies, sedimentary environment and sequence stratigraphy of Anarak section (Late Devonian-Early Carboniferous), central Iran

Elaheh Sattari¹, Hossein Vaziri-Moghaddam², Ali Bahrami^{3*}, Azizolah Taheri⁴, Sandra Isabel Kaiser⁵, Peter Königshof⁶

1-Ph.D. in Paleontology & Stratigraphy, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Isfahan

2- Professor, Department of Geology, Faculty of Science, University of Isfahan

3- Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Isfahan

4- Professor, Faculty of Earth Science, Shahrood University of technology, Shahrood, Iran

5- Museum of Natural History Stuttgart, Stuttgart, Germany

6-Senckenberg – Research Institute and Natural History Museum, Frankfurt, Germany

*a.bahrami@sci.ui.ac.ir; Bahrami_geo@yahoo.com

Received: May 2020, Accepted: August 2020

Abstract

Anarak section in northeast Isfahan, central Iran is evaluated regarding to sedimentary environment and sequence stratigraphy. Field studies and micro-facies analysis led to the identification of 12 micro-facies related to the open marine, the shoal, the lagoon and the tidal flat environments. Micro-facieses gradual change, lack of calciturbidite and lack of expanded barrier reef indicate the deposition of the sedimentary interval in a homoclinal ramp environment. Two type 3 sequences were identified by sequence stratigraphic study. Both of these sequences are separable TST and HST packages. The age of first sequence is Late Devonian (Bahram Formation) and its thickness is 32.5 meters and the second sequence with a thickness of 80.5 meters is Late Devonian-Early Carboniferous (Upper part of Bahram Formation and Shishtu1 Formation). The sequence boundary between first and second sequences is the second type boundary due to the lack of evidence for exposure.

Key words: Carbonate ramp, Sequence stratigraphy, conodont, Bahram Formation, Shishtu1 Formation.

Biostratigraphy and microfacies of the Asmari Formation in south flank of Mish anticline (northeast of Gachsaran)

Saber Ahmadi^{1*}, Ali Seyrafian², Hossein Vaziri-Moghaddam²

1- Master of Stratigraphy and Fossilology Department of Geology, University of Isfahan, Isfahan, Iran

2- Professor (Full) Department of Geology, University of Isfahan, Isfahan, Iran

*Ahmadi.saber@ymail.com

Received: November 2020, Accepted: July 2021

Abstract

Asmari Formation at the section of the south flank of Mish anticline (northeast of Gachsaran), located 22 km northeast of Basht city, in vicinity village Kalagh Neshin is investigated and has a thickness of 281 meters. In this research, biostratigraphy and microfacies of the Asmari Formation in this section were studied and the results were compared with 5 section of Asmari Formation in similar regions and close to it. By studying on 172 microscopic sections, 3 the biozone for Asmari Formation in the section the study was carried out and the section studied given that is: *Lepidocyclina – Operculina – Ditrupa* assemblage zone. *Archaias asmaricus – Archaias hensoni – Miogypsinoides complanatus* assemblage zone. Indeterminate zone. According to the study of benthic foraminifera and biozones, the cut off age is from the late Oligocene (Rupelian-Chatian) to the early Miocene (Aquitania). Microfacies studies led to identify 10 microfacies and 4 subfacial belonging to the open marine and lagoon (semi-closed and enclosed) environments, which includes the external, intermediate, and interior parts of a hemocinal ramp.

Keywords: Asmari Formation, Oligocene–Miocene, south flank of Mish anticline, Biostratigraphy, Microfacies, Sedimentary environments.

Experimental investigation of wettability conditions using metal oxide nanoparticles

Abdolhamid Ansari ^{1*}, Sadegh Ameri ²

1- Assistant Professor, Department of Petroleum Engineering, Lamerd Branch, Islamic Azad University, Lamerd, Iran

2- Master student, Department of Chemical Engineering, Lamerd Branch, Islamic Azad University, Lamerd, Iran

*abdolhamida61@gmail.com

Received: May 2020, Accepted: July 2021

Abstract

One of the methods of harvesting oil reservoirs is the injection of nanoparticles. Nanoparticles increase oil recovery from reservoirs by changing wettability, reducing surface tension, reducing oil viscosity. Metallic nanoparticles (ceramic nanoparticles) have the highest application in increasing the absorption of reservoirs. In this research, changes in the contact levels of oil, water, and stone in the presence and absence of metal oxide nanoparticles have been investigated. The change in the rock's wettability has been analyzed in various concentrations of nanoparticles in the aqueous phase and the governing mechanism for changing the rock solidity in two metal oxide nanoparticles is presented the four nanoparticles used in this study are: TiO₂, NiO, Co₃O₄, Al₂O₃. According to the experimental results, NiO, Co₃O₄, Al₂O₃, TiO₂ nanoparticles had a significant effect on the reservoir rock wettability. As the concentration of nanoparticles increases, their effect on the change in wettability has also increased. According to experiments, the use of NiO, Co₃O₄, Al₂O₃, TiO₂ nanoparticles has reduced the contact angle between the rock and the fluid, and as a result, the wettability of the rock has tended towards hydrophilicity. The highest hydrophilicity of the rock and the decrease of the contact angle between the rock and the fluid are related to NiO nanoparticles and the lowest change in the contact angle is related to Al₂O₃ nanoparticles. The use of nanoparticles and the change of wettability of the rock from petroleum to hydrophilic causes the oil to leave the rock cavities and as a result, in addition to separating the asphaltene particles deposited on the rock surface, the asphaltene particles in the petroleum compounds along with the oil out of the cavities The rock is driven and flows suspended with the oil. The buoyancy of the asphaltene particles in the oil facilitates the separation of the asphaltene sediment. This change in the wettability of the rock from oil-friendly to hydro-friendly from the point of view of oil extraction also reduces the amount of oil remaining in the rock and thus increases oil extraction from reservoirs. It becomes.

Keywords : Emulsion, asphaltene sediment , Nano-atoms, Surface attraction, Alteration wettability

Hydrodynamic activity in the Mishrif reservoirs: an approach to characterize Sarvak Formation, in eastern part of the Persian Gulf

Alireza Bashari

President Iranian Society of Petroleum and co Editor

*a_bashari@yahoo.com

Received: April 2021, Accepted: May 2021

Abstract

The hydrodynamic activity and its effects on oil water contact of oil fields in Sirri district (Eastern Part of the Persian Gulf), has been revealed by drilling and coring of third well of Mishrif reservoir, (SiDA1) on 1976. Discovery of Sirri –D1 (Dena) in 1972 and SiD-2 confirm existence of oil only 5 meter at the top of structure. Field development started in 1975 and showed the existence of tilted, oil- water contact along fairly south –north direction with slopes up to 12:1000, particularly on the western flank of structure. Slope and direction of water level of Sirri-C (Sivand) which is close to Sirri-D (Dena), contain the same slope in both field, at the eastern border of field. The oil –water contact of Sirri- E, (Alvand) field has been constructed with good accuracy and fair probability in 1978. As a result, this modeling was confirming with actual result after full field development of this field on 2002. An entirely original study has been undertaken on residual oil of core, which permitted to characterize various zone as well as modern and fossil interfaces, and proved Hydrodynamic activity in the Mishrif reservoir in western part of Persian Gulf (Sirri District). This study was carried out, with an approach to combined reservoir characterization, and revealed accuracy of results after full development of these fields.

Keywords: Hydrodynamic activity, Mishrif reservoirs, Reservoir characterization, Sarvak formation, Sirri District, Persian Gulf.

Microfacies analysis, sedimentary environment and sequence stratigraphy of the Qom Formation in the Naraq area

Asma Aftabi Arani, Alireza Ashouri*, Jahanbakhsh Daneshian, Abbas Ghaderi, Mohammad-Reza Arianasab

1- Ph.D. student, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

2- Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

3- Associate Professor, Geology Department, Earth Sciences Faculty, Kharazmi University of Tehran, Tehran, Iran

4- Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

5- National Iranian Oil Company Exploration Directorate, Tehran, Iran

*ashouri@um.ac.ir

Received: November 2020, Accepted: May 2021

Abstract

Naraq section is located in the South of the Qom sedimentary basin, Central Iran. The study of microfacies sedimentary environments and sequence stratigraphic features of the Qom Formation in this area can significantly increase the knowledge about Qom sedimentary basin. In this study, 111 samples of the Qom Formation in Naraq section in the northwest of Naraq, with thickness of 255 m have been investigated. Microscopic studies and field evidence on the carbonate beds of the Qom Formation in this section led to the identification of 6 microfacies belonging to the lagoon, reef and slope facies belts of the platform, which indicates the Qom Formation deposited in a carbonate platform of open shelf type. In this model, marls of b member of the Qom Formation show more relative depth. Also sequence stratigraphic studies show that the Naraq section is composed of three sedimentary sequences of third- order, three types I and one type II sequence boundaries were recognized in this Formation. Comparison of the relative sea level change curves of this region with the global sea level change curve, the lower and upper sequence boundaries of the Qom Formation and the Oligocene- Miocene boundary, shows high accordance with global sea level changes.

Keywords: Microfacies, Sedimentary environment, Sequence stratigraphy, Qom Formation, Naraq.

Geochemical study and genetic classification of Fahlian reservoir oil using infrared spectroscopy in Darkhovin and Yadavaran Fields

Mohammad Ali Shahmoradi¹, Mohammad Hossein Saberi^{2*}, Bahman Zarenejad³, Ali Chehrazi⁴

1-Master student, Petroleum Engineering Department, Semnan University, Semnan, Iran

2-Assistant Professor, Petroleum Engineering Department, Semnan University, Semnan, Iran

3- Associate Professor Faculty of Chemical Engineering, Department of Chemical Engineering, Semnan University, Semnan, Iran

4- Iran Petroleum Company

*Mh.saberi@semnan.ac.ir

Received: April 2020, Accepted: July 2021

Abstract

To perform geochemical adaptations, the first step is to identify the molecular and compositional structure of the oil. One matching method is to use infrared spectroscopy to detect and compare the structure of oil samples. Infrared spectroscopy is a practical method with easy interpretation, low cost and reliable results for determining the structure of organic compounds. Also, due to the significant growth of the tendency to develop fast, accurate and reliable decomposition methods for industrial applications and the discovery of new hydrocarbon resources in the sedimentary basin of Abadan plain such as Darkhovin and Yadavaran oil fields in recent years, indicates the need for more comprehensive studies. There is sediment in this basin. Based on this, 15 samples of crude oil from Fahlian reservoir in the most important oil fields of this basin, namely Darkhovin (9 samples) and Yadavaran (6 samples) located in southwestern Iran were selected and examined. By classifying the samples through crude oil evaluation, the objectives of this study were achieved. Using infrared spectroscopy, the functional groups in the samples were determined and then the amount of functional groups in different samples were compared with each other. The results of infrared spectrometer and examination of oil samples of the studied oil fields showed that these oils belong to three independent families. The first oil family includes samples DN6, DN9, YAD2, YAD4, YAD6, the second oil family includes samples DN1, DN2, DN3, DN4, DN5, DN8 and YAD1, YAD3, YAD5, and the third family includes samples DN7. The use of HCA and PCA methods also confirmed the grouping of samples based on the aromatic index diagram versus the sum of carbonyl and sulfoxide indices. In this study, it was shown that infrared spectrometer is a fast, reliable and non-destructive decomposition option and complementary to chromatography and biomarker analysis methods to perform various scientific and industrial goals in the oil industry, including measuring the quality, quantity and geochemical evaluation of oil.

Keywords: Crude oil, Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy, Oil-oil correlation, Fahlian reservoir



Iranian Journal of Petroleum Geology **Number 19, Spring & Summer, 2020**



Contents

Page

- Geochemical study and genetic classification of Fahlian reservoir oil using infrared spectroscopy in Darkhovin and Yadavaran fields 1
M.A. Shahmoradi, M.H. Saberi, B. Zarenejad, A. Chehrazi
- Microfacies analysis, sedimentary environment and sequence stratigraphy of the Qom Formation in the Naraq area 23
A. Aftabi Arani, A.R. Ashouri, J. Daneshian, A. Ghaderi, M.R. Arianasab
- Hydrodynamic activity in the Mishrif reservoirs: an approach to characterize Sarvak Formation, in eastern part of the Persian Gulf 45
A. Bashari
- Experimental investigation of wettability conditions using metal oxide nanoparticles 58
A.H. Ansari, S. Ameri
- Biostratigraphy and microfacies of the Asmari Formation in south flank of Mish anticline (northeast of Gachsaran) 69
S. Ahmadi, A. Seyrafian, H. Vaziri-Moghaddam
- Microfacies, sedimentary environment and sequence stratigraphy of Anarak section (Late Devonian-Early Carboniferous), central Iran 92
E. Sattari, H. Vaziri-Moghaddam, A. Bahrami, A. Taheri, S.I. Kaiser, P. Königshof



Iranian Journal of Petroleum Geology

No. 19, Spring & Summer 2020, pp. 1-113

Iranian Journal of Petroleum Geology

ISSN 2251-8738

Number 19, Spring & Summer, 2020

Publisher: Iranian Society of Petroleum Geology

Editor in Charge: E. Kazemzadeh, Assistant Professor at RIPI

Editor in Chief: A. Seyrafian, emeritus Professor at University of Isfahan

Co- Editor: A. Bashari, Retired faculty member at RIPI

Executive manager: G. Sharafi

Literary Editor & Internal Officer: A. Bahrami, Associate Professor at University of Isfahan



Editorial Board:

A. Bashari, Retired faculty member at RIPI

A. Bahrami, Associate Professor at University of Isfahan

B. Habibnia, Associate Professor at Petroleum University of Technology

B. Soleimani, Professor at Shahid Chamran University, Ahwaz

A. Seyrafian, Retired Professor at University of Isfahan

E. Kazemzadeh, Assistant Professor at RIPI

S.A. Moallemi, Assistant Professor at IOR Research Institute

R. Mosavi Harami, Professor at Ferdowsi University of Mashhad

A. Vatani, Professor at Institute of Petroleum, University of Tehran

Referees:

A. Behdad

A. Bahrami

M. Jafarzadeh

B. Habibnia

F. Hosseini

B. Soleimani

M.A. Salehi

A. Taheri

E. Kazemzadeh

E. Mohammadi

M. Memariani

M. Mokhtari

Address:

Unit 4, No 7, 9th Alley, South Abozar St, Khajeh Abd... St, Dr. Shariati Ave., Tehran

P. O. Box: 16315-499

Postal Code: 1661634155

Tel: (+98 21) 22856408

Fax: (+98 21) 22856407

Website: www.ispg.ir