

مطالعه محیط‌رسوبی، دیاژنز و چینه‌نگاری سکانسی سازند سروک در میدان نفتی آب تیمور در بخش غربی ناحیه فروافتادگی دزفول

حمزه مهرابی، دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تهران

حسین رحیم پور بناب، استاد گروه زمین‌شناسی، دانشگاه تهران*

محبوبه امیدوار، دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه تهران

حامد حاجی مشهدی، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

چکیده

سازند سروک (آلین پسین - تورونین میانی) دومین سازند مخزنی مهم پس از سازند آسماری (الیگو-میوسن) در مخازن جنوب غرب ایران به شمار می‌رود که بخش قابل توجهی از ذخایر هیدروکربنی را در خود جای داده است. کربنات‌های این سازند به دلیل متحمل شدن شرایط و محیط‌های دیاژنزی مختلف، دارای خواص مخزنی متفاوت و پیچیده‌ای می‌باشند. به منظور تعیین محیط رسوب‌گذاری سازند سروک و نیز فرآیندهای دیاژنزی اصلی که آن را تحت تاثیر قرار داده‌اند و ارتباط آنها با جایگاه‌های سکانسی، مطالعات دقیق رخساره‌ای و دیاژنزی بر روی مقاطع نازک میکروسکوپی همراه با تفاسیر چینه‌نگاری سکانسی با استفاده از نتایج مطالعات زیست چینه‌نگاری (بایوستراتیگرافی)، داده‌های لاگ و نتایج آنالیزهای تصاویر میکروسکوپی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. انجام مطالعات رخساره‌ای حاکی از تشکیل کربنات‌های این سازند در یک محیط پلاتفرمی از نوع رمپ هم شیب است که ویژگی‌های رخساره‌ای نظیر گل غالب بودن آنها و تنوع کم رخساره‌های شناسایی شده در آن در این میدان حاکی از پشت به باد بودن این رمپ می‌باشد. فرآیندهای دیاژنزی مهمی که کربنات‌های این سازند را تحت تاثیر قرار داده‌اند شامل انحلال (در دو مرحله ائوژنتیک و تلوژنتیک)، دولومیتی شدن (شامل دو مدل اختلاط و مرتبط با استیلولیت)، سیمانی شدن (شامل سیمان‌های مربوط به محیط‌های دیاژنزی متئوریک، دفنی کم عمق و عمیق)، میکرایتی شدن، فشردگی مکانیکی، استیلولیتی شدن، دولومیت زدایی، سیلیسی شدن، پیریتی شدن، تبلور مجدد و شکستگی می‌باشند و توالی دیاژنزی این سازند در دو بخش بالای مرز سنومانین - تورونین و زیر این مرز حاکی از دو سرگذشت متفاوت می‌باشد. بررسی‌های چینه‌نگاری سکانسی منجر به شناسایی سه سکانس رده سوم در بخش مورد مطالعه از این سازند گردیده و ارتباط رخساره‌ها و فرآیندهای دیاژنزی با جایگاه‌های سکانسی (سیستم تراکت‌ها) مورد بررسی قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: سازند سروک، مدل رسوبی، چینه‌نگاری سکانسی، دیاژنز متئوریک، دولومیتی شدن

مقدمه

منطقه جنوب غربی ایران (شامل فروافتادگی دزفول) یکی از مهمترین ایالات هیدروکربوری دنیا به شمار می‌رود که در حاشیه شمال شرقی پلیت عربی واقع گردیده است (Sharland et al. 2001). در بررسی پالئوژئوگرافیکی کلی توسط موریس (Murriss 1980) و کوپ و استنلی (Koop and Stoneley 1982) مشخص شد که به تدریج در طی کرتاسه رسوب‌گذاری تیپ رمپ در ارتباط با بالا آمدن سطح دریا همراه با کربنات‌های شلفی ایجاد شده و بخش اعظم منطقه خاورمیانه را احاطه کرده است. دوره کرتاسه یکی از گرمترین دوره‌های تاریخ زمین محسوب می‌شود (Huber et al. 2002) که حرکت پلیت عربی به سمت مناطق گرمسیری تا نیمه گرمسیری در این زمان رخ داده است (Murriss 1980). Beydoun (1991) افت قابل ملاحظه سطح دریا در مرز سنومانین - تورونین سبب رخنمون یافتن کربنات‌های سازند سروک گردیده و یک ناپیوستگی محلی را در بالا آمدگی‌های قدیمه ایجاد نموده است (Ghazban 2007; Motiei 1993). این ناپیوستگی در جنوب زاگرس به سمت شمال غرب به تدریج از بین می‌رود (Ghazban 2007). ناپیوستگی گسترده تورونین میانی از ترکیبی از بالا آمدگی‌های محلی، در پی آغاز فرارانش افیولیت بر روی حاشیه شمال شرقی پلیت عربی و احتمالاً همراه با افت سطح دریا ناشی شده است (James and Wynd 1965; Koop and Stoneley; Murriss 1980; Setudehnia 1978). بازه زمانی سنومانین - تورونین (۸۹ تا ۹۸٫۹ میلیون سال پیش) در برگرنده سازندهای میشریف (Mishrif)، احمدی (Ahmadi) و رمیلا (Rumaila) (در شبه جزیره عربستان)، ناتیح (Natih) (در عمان)، در (Derder) (در جنوب شرقی ترکیه)، میشریف (Mishrif) (در عراق) و سروک (Sarvak) (در ایران) می‌باشد که در

پلاتفرم‌های کربناته کم عمق و حوضه‌های درون شلفی در حاشیه غیرفعال پلیت نهشته شده‌اند (Sharland et al. 2001, Ghazban 2007). کمتر از ۱/۳ ذخایر نفت در جای کشف شده در جنوب غرب ایران در مخازن بنگستان (شامل سازندهای سروک و ایلام) انباشته شده است که این ذخایر در بیش از ۲۹ میدان کوچک و بزرگ پراکنده‌اند (Motiei 1993). این در حالی است که بخش مهمی از ذخایر نفتی کشورهای حوضه خلیج فارس توسط سازندهای معادل سروک میزبانی می‌شوند (Alsharhan and Nairn 1997; Sharland et al. 2001).

پس از درک محیط‌رسوبی مخازن هیدروکربوری کربناته با استفاده از آنالیز دقیق رخساره‌ای، مطالعه دیاژنز که مهمترین عامل کنترل کننده تولید هیدروکربن در اغلب مخازن کربناته دنیا به شمار می‌رود، کاملاً ضروری است زیرا فرآیندهای پس از رسوب‌گذاری (دیاژنز) به صورت‌های مختلفی کیفیت مخزنی مخازن کربناته را تحت تاثیر قرار داده و سبب بهبود یا کاهش آن می‌گردند. لذا ترکیبی از اطلاعات رخساره‌ای، با بررسی‌های جامع دیاژنزی که در چارچوب چینه‌نگاری سکانسی صورت گیرند، می‌توانند در بدست آوردن درک درستی از سیستم‌های هیدروکربنی موجود در مخازن کربناته و نحوه تغییرات آن بسیار کارآمد باشند (Moore 2001; Beiranvand et al. 2007; Murriss 1980).

برخی از فرآیندهای دیاژنزی مستقیماً به ماهیت فیزیکی رسوبات بستگی دارند و تحت کنترل بافت اولیه رسوب هستند که در این حالت، هندسه عوارض دیاژنزی و نیز هندسه مخزن به خوبی با الگوهای رسوبی اولیه قابل انطباق خواهد بود. در نتیجه اگر این عوارض در قالب چینه‌نگاری سکانسی بررسی شوند، قابل پیش بینی در میدان (در فواصل بین چاهی) خواهند بود (Ahr 2008). در این مطالعه جهت نیل به این هدف و با انجام بررسی‌های پتروگرافی و استفاده

در برخی میداین نفتی و نیز رخنمون‌های مطالعه شده در بخش‌های مختلف جنوب غرب ایران می‌باشند (نظیر Hajikazemi et al. 2010; Taghavi et al. 2006). این مطالعه بر اساس داده‌های موجود از سه چاه حفر شده در میدان نفتی آب تیمور (AT#1, AT#2, AT#3) انجام پذیرفته است (شکل ۱ الف).

روش مطالعه

در این مطالعه و به منظور تعیین رخصاره‌های رسوبی (میکروفاسیس‌ها) و عوارض دیاژنزی اثرگذار بر کربنات‌های سازند سروک در میدان نفتی آب تیمور، مطالعات پتروگرافیک بر روی ۳۰۰ مقطع نازک گرفته شده از مغزه‌ها و خرده‌های حفاری از ضخامت حدود ۲۰۰ متری از این سازند (در چاه‌های شماره یک و سه) همراه با تکنیک‌های آنالیز تصاویر میکروسکوپی و آنالیز کمی اجزاء تشکیل دهنده مورد استفاده قرار گرفته‌اند. به منظور تعیین میکروفاسیس‌ها، مطالعات پتروگرافی جهت بررسی بافت رسوبی، سایز و نوع ذرات، محتوای فسیلی و عوارض مربوط به زمان رسوب‌گذاری انجام شد. همچنین نام‌گذاری سنگ‌های کربناته بر اساس رده‌بندی دانهام (Dunham 1962) و امری و کلوان (Embry and Klovan 1971) صورت گرفت. میکروفاسیس‌های تعیین شده با میکروفاسیس‌های استاندارد فلوگل (Flugel 2004) و ویلسون (1975) و میکروفاسیس‌های تعیین شده برای این سازند در تاق‌دیس بنگستان (Ghabeishavi et al. 2010) مطابقت داده شده‌اند.

در این مطالعه به منظور دستیابی به یک چارچوب چینه‌نگاری سکانسی بعنوان مدل پایه مخزنی، با استفاده از نتایج بررسی‌های رخصاره‌ای و تغییرات رخصاره‌ها در توالی قائم و نیز به کارگیری داده‌های لاگ (به‌ویژه لاگ گاما) و

از روش‌های کمی و آنالیز تصاویر میکروسکوپی در کنار داده‌های پتروفیزیکی و لاگ‌های مربوط به سه چاه از چاه‌های این میدان، آنالیز دقیق رخصاره‌ای همراه با مطالعات دیاژنزی در چارچوب چینه‌نگاری سکانسی صورت گرفته است.

زمین‌شناسی و موقعیت جغرافیایی

سازند سروک بخشی از گروه بنگستان بوده و متشکل از سنگ آهک‌های دریایی کم عمق و به طور بخشی رس‌دار و میکرایتی و در بخشی اسپاری است و شامل گرینستون‌ها، پکستون‌های غنی از رودیست و وکستون‌های غنی از استروماتوپوراید با ایتروال‌هایی از مارن و شیل می‌باشد (Motiei 1993). نام این سازند از تنگ سروک واقع در کوه بنگستان در منطقه خوزستان گرفته شده است (Ghazban 2007). این سازند به طور هم شیب بر روی سازند کژدمی با مرزی تدریجی قرار می‌گیرد و مرزبالایی آن در مقطع تیپ با مارن و شیل‌های سازند گورپی به صورت ناگهانی می‌باشد (Motiei 1993) (شکل ب ۱). اما در بسیاری از میداین نفتی که سازند کربناتی ایلام بر روی این سازند قرار دارد (نظیر میدان نفتی آب تیمور) تعیین مرز بین این دو سازند با مشکلاتی مواجه می‌باشد که هنوز مورد بحث است (Motiei 1993). میدان نفتی آب تیمور در 25 کیلومتری جنوب غربی میدان نفتی اهواز بین میدان‌های سوسنگرد و منصوری واقع بوده و به همراه این دو میدان بر روی بلندی ساختمانی واحدی در غرب خوزستان که دارای جهت تقریبی شمال غربی - جنوب شرقی است، قرار می‌گیرد (شکل ۱ الف). رسوبات سازند سروک بر روی حاشیه قاره‌ای غیرفعال از آلبین پسین (؟) تا تورونین میانی نهشته شده‌اند (James and Wynd 1965; Alavi 2004). مطالعات انجام شده نشان دهنده فرسایش و کارستی شدن بخش بالایی سازند سروک

کاملاً گلی قرار گرفته‌اند. فراوانی فونای پلانکتون (شامل فرامینیفراهای پلانکتونیک از قبیل روتالیپورا و هدبرگلا و نیز اسپیکول اسفنج‌های سیلیسی)، عدم حضور فونای کفزی، فابریک گل غالب و عدم حضور بایوکلاست‌های درشت، نشانگر محیط عمیق هستند. با توضیحات ارائه شده، این میکروفاسیس نیز به حوضه تعلق دارد و در کمر بند رخساره‌ای شماره ۱ ویلسون (۱۹۷۵) قرار می‌گیرد. این میکروفاسیس دقیقاً معادل MF2 (Planktonic foraminifera wackestone-packstone) تعیین شده توسط غبیشاوی و همکاران (2010) است، به گونه‌ای که فراوانی فرامینیفرای پلانکتون در هر دوی این میکروفاسیس‌ها مشاهده می‌گردد.

میکروفاسیس شماره ۳- وکستون دارای الیگوستژین: در این میکروفاسیس، الیگوستژین‌ها (Oligosteginids) فراوان‌ترین آلوکم هستند و پلوئید، بایوکلاست‌های بسیار ریز (معمولاً خارپوست) و اسپیکول (Spicules) نیز حضور دارند (MF3 در شکل ۲). فراوانی الیگوستژین در زمینه‌ای گل غالب نشان دهنده شرایط عمیق و کم انرژی است، با این توصیفات این میکروفاسیس به زیر محیط حوضه تعلق داشته و در کمر بند رخساره‌ای شماره ۱ ویلسون (۱۹۷۵) قرار می‌گیرد. این میکروفاسیس با MF3 (Oligosteginids wackestone-packstone) سازند سروک در تاق‌دیس بنگستان (Ghabeishavi et al. 2010) معادل است.

میکروفاسیس شماره ۴- کلسی سیلتایت با اسپیکول اسفنج فراوان: آلوکم فراوان این میکروفاسیس اسپیکول بوده و علاوه بر آن دارای بایوکلاست‌هایی در اندازه سیلت، پلوئیدهای ریز و فرامینیفراهای کفزی ریز و اندک است (MF4 در شکل ۲). این میکروفاسیس معادل RMF1 فلوگل (2004) (کلسی سیلتایت و مادستون به همراه پلوئید) بوده و لذا به زیر محیط حوضه تعلق دارد و در زیر عمق تاثیر امواج (SWB) رسوب‌گذاری شده است.

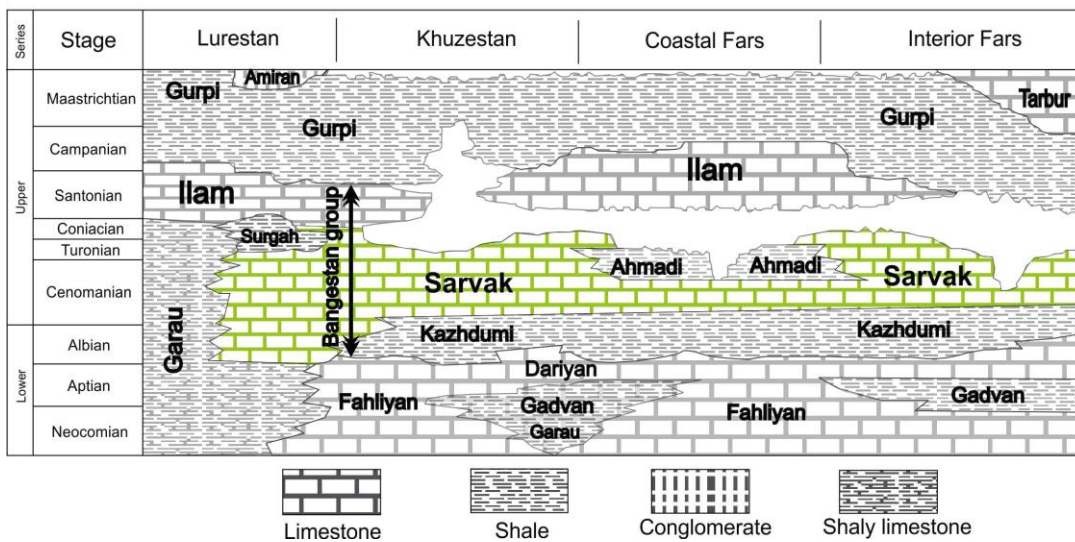
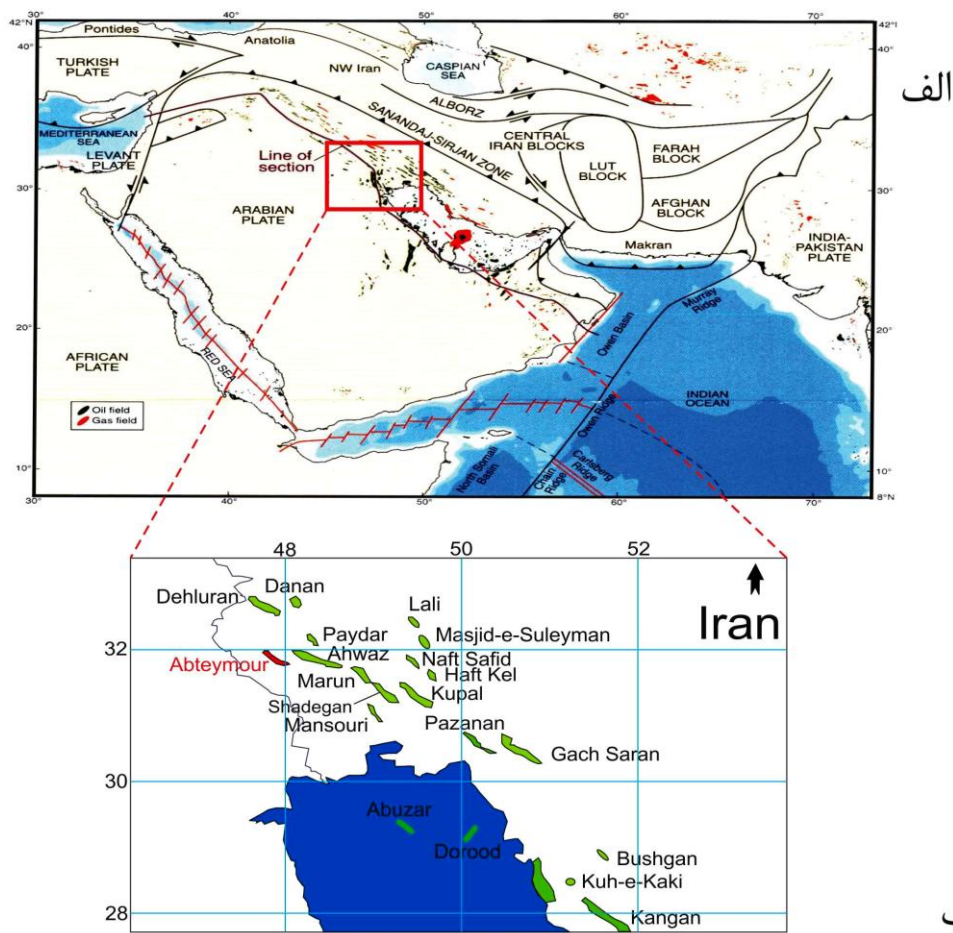
اطلاعات دیرینه‌شناسی (نظیر استفاده از نسبت فراوانی فرامینیفراهای پلاژیک به بتیک) و نتایج حاصل از مطالعات بایوستراتیگرافی برای شناسایی سطوح اصلی سکاسی (نظیر سطوح حداکثر سیلابی) اقدام به شناسایی سکاس‌های رده سوم برای سازند سروک در چاه‌های مورد مطالعه گردیده است.

آنالیز رخساره‌ای و مدل رسوبی

بر اساس مطالعات رخساره‌ای انجام گرفته بر روی کربنات‌های سازند سروک در میدان آب تیمور، ۱۴ میکروفاسیس در ۶ مجموعه رخساره‌ای تعیین شده است که به طور خلاصه در جدول شماره ۱ آورده شده‌اند و در زیر به شرح کامل آن‌ها پرداخته خواهد شد.

۱- میکروفاسیس‌های متعلق به زیر محیط حوضه (Basin) میکروفاسیس شماره ۱- مادستون: این میکروفاسیس، گل‌سنگی تیره رنگ (دارای مواد آلی) بوده و بافت کاملاً گلی این میکروفاسیس همراه با فونای پلانکتون محدود موجود در آن نشان دهنده قسمت‌های خیلی کم انرژی و عمیق از محیط رسوبی است. این میکروفاسیس فاقد آثار زیست‌آشفته‌گی بوده و فونای پلانکتونیک با فراوانی بسیار کم (به ویژه الیگوستژین‌ها)، تنها اجزاء فسیلی این میکروفاسیس می‌باشند. این میکروفاسیس را می‌توان معادل RMF2 فلوگل (مادستون و وکستون آرژیلی حفاری شده) (Flugel 2004) در نظر گرفت و در کمر بند رخساره‌ای شماره ۱ ویلسون (حوضه) (Wilson 1975) قرار می‌گیرد (MF1 در شکل ۲).

میکروفاسیس شماره ۲- مادستون تا وکستون حاوی فرامینیفرای پلانکتون: در این میکروفاسیس، فرامینیفراهای پلانکتون، اسپیکول‌های اسفنج و پلوئیدهای بسیار ریز وجود دارند (MF2 در شکل ۲). آلوکم‌های اشاره شده در زمینه‌ای



شکل ۱- الف- موقعیت جغرافیایی میدان نفتی آب تیمور، ب- جایگاه چینه شناسی سازند سروک در جنوب غرب ایران؛

(با تلفیق از Motiei 1993 ; Sharland 2001).

۲- میکروفاسیس‌های رمپ خارجی (Outer ramp)

میکروفاسیس شماره ۵- وکستون پلوئیدی: در این میکروفاسیس، پلوئیدهای بسیار ریز فراوانند. فرامینیفرای پلانکتون نظیر گلوبیژرینوئیدس (*Globigerinoides*) و هدبرگلا (*Hedbergella*) و فرامینیفرای کفزی کوچک با فراوانی کم حضور دارند که برخی از آنها میکرایتی شده‌اند. پلوئیدهای ریز، فرامینیفرای پلانکتون و فابریک وکستونی به رسوب‌گذاری این میکروفاسیس در زیر عمق تاثیر امواج و زیر محیط رمپ خارجی اشاره دارند (MF5 در شکل ۲). این میکروفاسیس معادل RMF4 فلوگل (2004) (وکستون-پکستون پلوئیدی) است. وجود بافت وکستونی و عدم حضور اسپیکول‌های اسفنج فراوان و نیز عدم مشاهده بافت کلسی سیلتاتی، این میکروفاسیس را از میکروفاسیس‌های ۴ و ۶ متمایز می‌سازد.

میکروفاسیس شماره ۶- وکستون تا مادستون حاوی بایوکلاست: قطعات ریز و فراوان خارپوست، پلوئید، فرامینیفرای پلانکتون مانند روتالپورا و الیگوستژینا به مقدار خیلی اندک، قطعات کراینئوئید و رودیست از آلوکم‌های این میکروفاسیس هستند. فابریک وکستونی، سایز بایوکلاست‌ها و حضور فونای پلانکتون با فراوانی کم به محیط رمپ خارجی اشاره دارد (MF6 در شکل ۲). این میکروفاسیس نیز تا حدودی مشابه *Echinoid oligosteginids* MF5 (*wackestone-packstone*) سازند سروک در تاق‌دیس بنگستان (Ghabeishavi et al. 2010) می‌باشد. حضور خرده‌های رودیستی و قطعات خارپوستان با فراوانی قابل ملاحظه از مهمترین تفاوت‌های این میکروفاسیس با میکروفاسیس ۵ می‌باشند.

۳- میکروفاسیس‌های رمپ میانی (Mid ramp)

میکروفاسیس شماره ۷- پکستون تا وکستون همراه با فرامینیفرای بتیک و پلانکتون: حضور فرامینیفرای کفزی نسبتاً درشت نظیر آلونولینیدا (*Alveolinidae*) و فرامینیفرای پلانکتون (نظیر *Rotalipora*)، پلوئید و خرده‌های خارپوست از ویژگی‌های این میکروفاسیس است. حضور فرامینیفرای پلانکتون با فراوانی قابل ملاحظه در کنار فرامینیفرای کفزی فراوان، خارپوست و پلوئید و فابریک‌های رسوبی نظیر وجود شواهدی از آشفستگی رخساره‌ها (احتمالاً مرتبط با عمق اثر امواج) نشان دهنده قسمت‌های انتهایی محیط رمپ میانی است (Flugel 2004) (MF7 در شکل ۲).

میکروفاسیس شماره ۸- فلوتستون تا رودستون بایوکلاستی: این میکروفاسیس دارای قطعات رودیستی چند میلی‌متری در زمینه‌ای از خرده‌های کوچک رودیستی و میکرایتی است (MF8 در شکل ۲). قسمت سطحی برخی از قطعات رودیستی میکرایتی شده است. فابریک فلوتستونی یا رودستونی این میکروفاسیس همراه با وجود آثاری از ریزش قطعات نظیر مخلوط شدگی بایوکلاست‌های متعلق به بخش‌های کم عمق (نظیر فرامینیفرای بتیک و رودیست‌ها) با فونای متعلق به بخش‌های عمیق تر (نظیر فرامینیفرای پلانکتونیک) و نیز جورشدگی ضعیف قطعات و حضور قطعات در اندازه‌های مختلف بیانگر محیط رمپ میانی است (Sadooni 2005). این میکروفاسیس معادل RMF9 فلوگل (وکستون، پکستون، فلوتستون با ایتراکلاست و بایوکلاست‌های ناشی از رمپ) است. معادل این میکروفاسیس در تاق‌دیس بنگستان (*Rudist MF8*) (*floatstone*) می‌باشد (Ghabeishavi et al. 2010).

میکروفاسیس شماره ۹- رودستون رودیستی: در این میکروفاسیس قطعات بسیار درشت رودیستی و گاهی جلبکی، دیده می‌شوند (MF9 در شکل ۲). در دیواره

سروک تاقدیس بنگستان (Ghabeishavi et al. 2010) مشابه است.

۵- میکروفاسیس‌های پشته‌های زیر آبی (Shoals)
میکروفاسیس شماره ۱۲- پکستون تا گرینستون بایوکلستی - پلوئیدی: بایوکلاست‌های میکرایتی شده، پلوئید و قطعات خارپوست، آلوکم‌های اصلی این میکروفاسیس هستند. بایوکلاست‌ها دارای جورشدگی خوبی بوده و گرد شدگی نسبتاً بالایی دارند که همگی حاکی از تشکیل در یک محیط پر انرژی می‌باشند (MF12 در شکل ۲). از نظر اجزاء تشکیل دهنده شول، بایوکلستی - پلوئیدی بودن شول‌ها با اقلیم گرم و مرطوب حاکم بر پلاتفرم کربناته سازند سروک در کرتاسه میانی سازگاری دارد. این میکروفاسیس به محیط شول رمپ داخلی تعلق داشته و بواسطه بایوکلستی بودن و غلبه اجزاء فسیلی متعلق به دریای باز نظیر خارپوستان، به حواشی شول خصوصاً قسمت رو به دریای شول (Seaward Shoal) تعلق دارد. این میکروفاسیس مشابه RMF26 فلوگل (2004) (گرینستون-پکستون بایوکلاستی با دانه‌های اسکلتی متنوع) است.

میکروفاسیس شماره ۱۳- گرینستون پلوئیدی- فرامینفری: این میکروفاسیس، گرینستونی است که دارای پلوئیدهای فراوان، فرامینفرای کفزی با فراوانی بسیار زیاد (نظیر آلئولینیدا، نزازاتا، میلیولیدا و غیره)، خرده‌های رودیست و بایوکلاست‌ها عمدتاً میکرایتی شده می‌باشد. فراوانی فرامینفرهای بتیک (اغلب میکرایتی شده) به حدی است که می‌توان آن را یک بتیک فرام گرینستون نامید (MF13 در شکل ۲). فابریک رسوبی نظیر جورشدگی خوب اجزاء، بیانگر انرژی بالای محیط رسوب‌گذاری بوده و با توجه به

برخی از رودیست‌ها، حفراتی دیده می‌شوند که با میکرایت و پلوئید پر شده‌اند و ناشی از حفاری موجودات می‌باشند. در برخی از فضاها بین رودیست‌ها فرامینفرهای کفزی محیط لاگون مانند میلیولیدا (Miliolid) دیده می‌شوند که حاکی از کاهش عمق و نزدیکی به لاگون است. این میکروفاسیس معادل RMF12 فلوگل (2004) است.

۴- میکروفاسیس‌های لاگون دارای ارتباط با دریای باز (Open-marine lagoon)

میکروفاسیس شماره ۱۰- فلوتستون حاوی خرده‌های فراوان رودیست: این میکروفاسیس شامل قطعات ریز و درشت رودیست، فرامینفرهای کفزی با تنوع اندک مانند میلیولیدا (Miliolid) و نزازاتا (Nezzazata) در زمینه‌ای کاملاً گلی است (MF10 در شکل ۲). فابریک، آلوکم‌ها، فرامینفرهای کفزی و وضعیت قرارگیری این میکروفاسیس در توالی عمودی نسبت به MF9 و MF11 نشان دهنده محیط رمپ داخلی است. این میکروفاسیس معادل RMF15 (فلوتستون بایوکلاستی) فلوگل (2004) است.

میکروفاسیس شماره ۱۱- وکستون حاوی خرده‌های رودیست و فرامینفرای بزرگ: این میکروفاسیس شامل فرامینفرهای کفزی بزرگ از قبیل آلئولینیدا (Alveolinidae)، میلیولیدا (Miliolid) و نزازاتا (Nezzazata) و خرده‌های کوچک رودیست و پلوئید در زمینه‌ای کاملاً گلی است. پدیده میکرایتی شدن در برخی بایوکلاست‌ها دیده می‌شود (MF11 در شکل ۲). این میکروفاسیس معادل RMF16 فلوگل (2004) (مادستون-وکستون دارای میلیولید) بوده و همچنین با (Benthic MF10) (foraminifera rudist wackestone - packstone) سازند

شده با محیط‌های عهد حاضر و مدل‌های استاندارد، محیط رسوب‌گذاری این سازند در میدان مورد مطالعه، رمپ با شیب کم (هوموکلینال) تشخیص داده شده است. شکل (۴) الگوی ساده‌ای از محیط رسوب‌گذاری توالی مورد مطالعه و توزیع میکروفاسیس‌های تعیین شده در آن را نشان می‌دهد.

مطالعه دیاژنز

از آن‌جا که درک دیاژنز موثر بر کیفیت مخزنی نیاز به مطالعات پتروگرافی دقیق دارد، در این مطالعه با انجام بررسی‌های پتروگرافیک دقیق بر روی مقاطع نازک به دست آمده از مغزه‌ها و خرده‌های حفاری مربوط به دو چاه از سه چاه مطالعه شده در این میدان و نیز انجام آنالیز تصاویر میکروسکوپی، فازها و عوارض مختلف دیاژنزی موثر بر کربنات‌های سازند سروک مورد مطالعه قرار گرفتند. از مهمترین فرآیندهای دیاژنزی عمل کرده در این میدان می‌توان میکرایتی شدن، سیمانی شدن، انحلال، تبلور مجدد، دولومیتی شدن، فشردگی مکانیکی و شیمیایی، سیلیسی شدن، پیریتی شدن و شکستگی را نام برد (شکل‌های ۶ و ۷، جدول ۲). آگاهی از ترتیب زمان وقوع هر یک از این فرآیندها در درک تغییرات کیفیت مخزنی و تحول آن در طول زمان بسیار سودمند می‌باشد. در زیر به طور مختصر به مهمترین فرآیندهای دیاژنزی اثرگذار بر کربنات‌های سازند سروک در این میدان پرداخته می‌شود. در ابتدا شواهد مربوط به هر یک از این فرآیندها عنوان شده و سپس تفسیر آن در ادامه هر فرآیند ذکر می‌گردد.

اجزاء، این میکروفاسیس به شول محیط رمپ داخلی خصوصا قسمت رو به لاگون شول (Back Shoal) تعلق دارد.

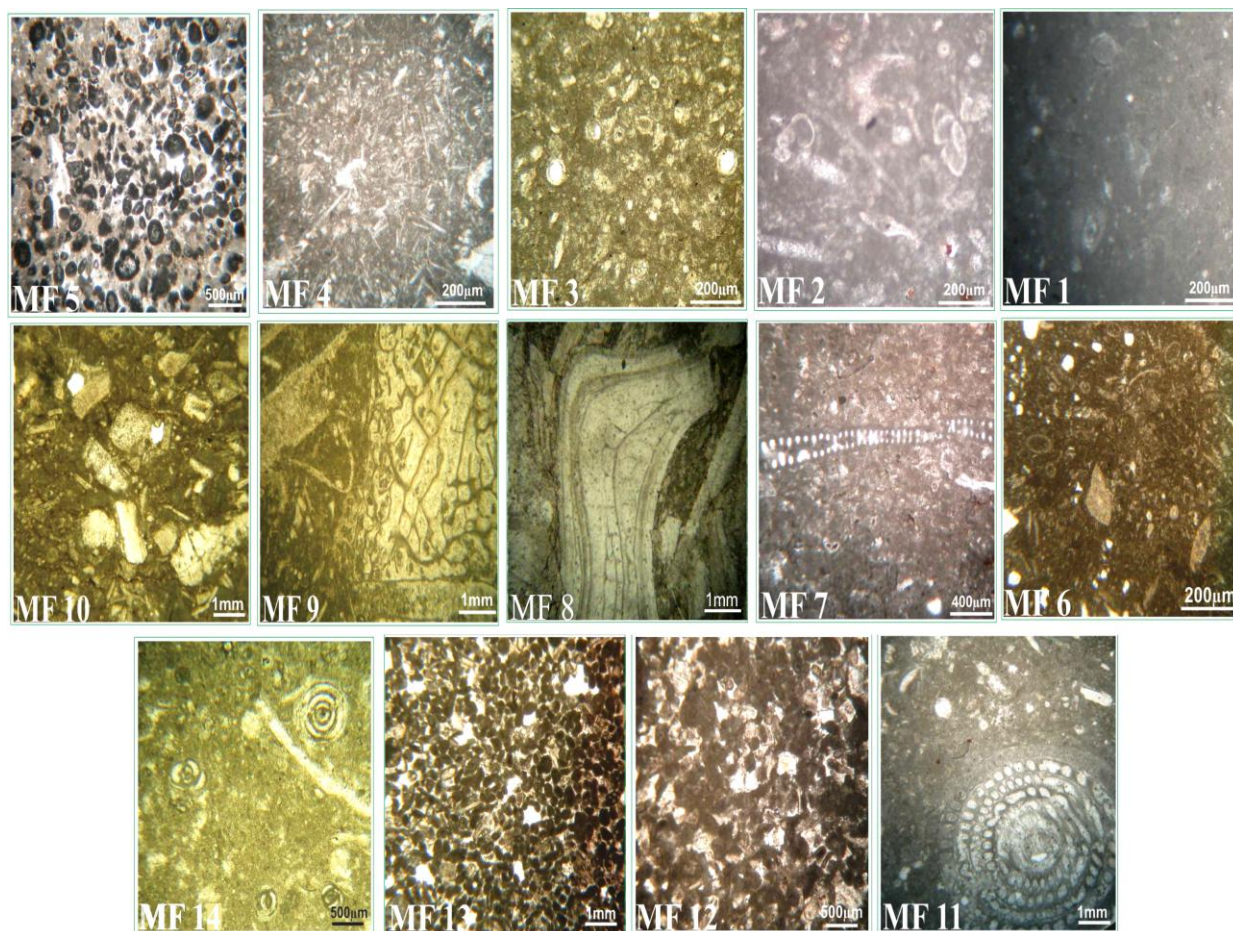
۶- میکروفاسیس‌های لاگون محدود شده (Restricted lagoon)

میکروفاسیس شماره ۱۴- وکستون- مادستون حاوی قطعات جلبک و فرامینیفرای بنتیک: قطعات جلبک سبز، فرامینیفرای کفزی مانند نزازاتا (Nezzazata)، میلیولیدا (Miliolid)، آلئولینیدا (Alveolinidae) و خرده‌های رودیست و ایستر (Oyster) از آلوکم‌های غالب این میکروفاسیس هستند (MF14 در شکل ۲). با توجه به تنوع فرام‌های کفزی و حضور قطعات جلبک سبز، این میکروفاسیس در محیط لاگون محدود با ارتباط اندک با آب‌های آزادتر رسوب‌گذاری شده است. این میکروفاسیس نیز با MF11 (High diversity benthic foraminifera wackestone-packstone) سازند سروک در تاق‌دیس بنگستان (Ghabeishavi et al. 2010) معادل است.

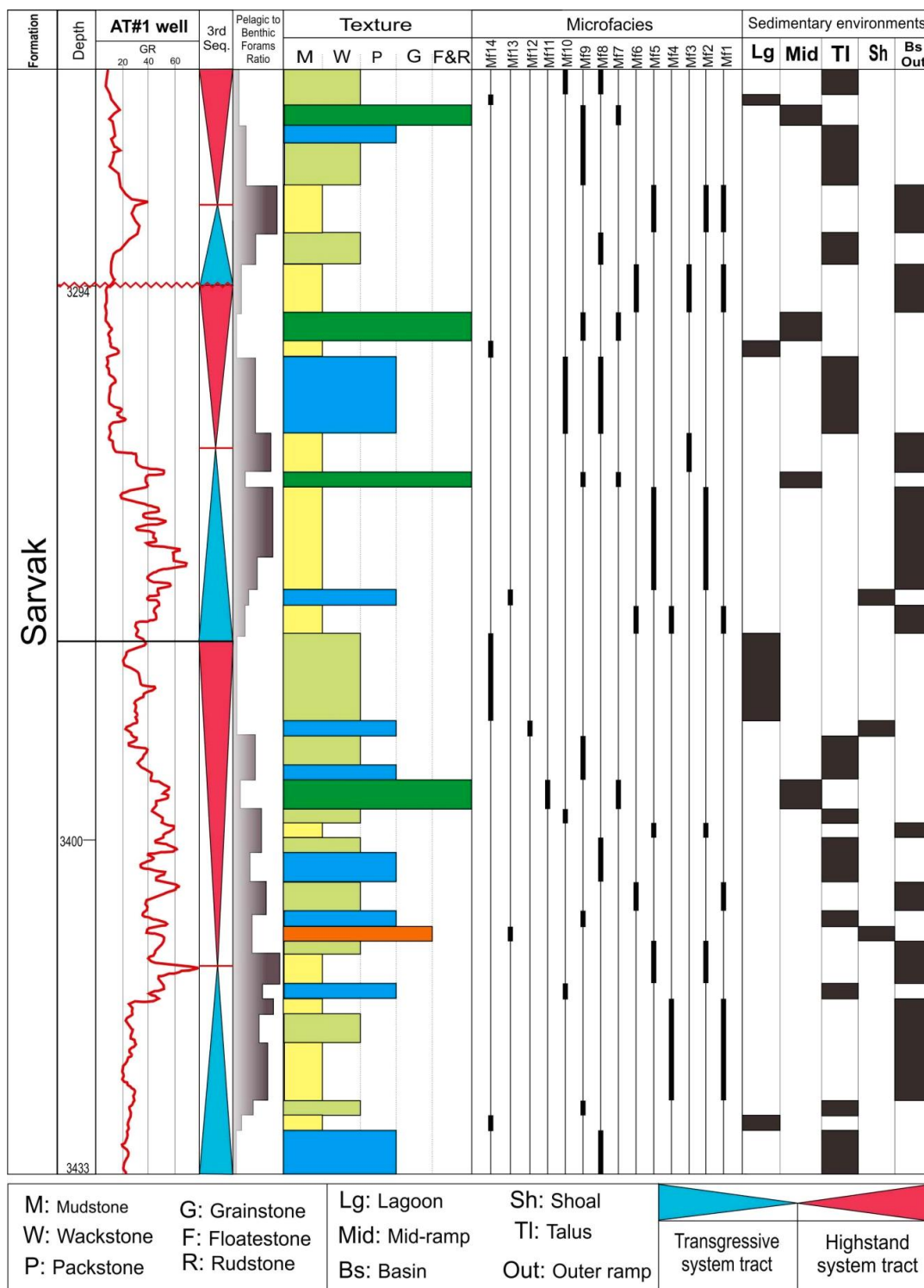
با توجه به میکروفاسیس‌ها و مجموعه‌های رخساره‌ای تعیین شده و ارتباط رخساره‌ها در توالی قائم در چاه‌ها (شکل ۳) با یکدیگر و عدم حضور رخساره ریفی گسترده و عدم وجود عوارض ناشی از رسوب‌گذاری در قسمت‌های پر شیب مانند ساختارهای ریزشی، لامیناسیون و طبقات پیچیده، برش‌ها و غیره و همچنین با مقایسه زیر محیط‌های تعیین

جدول ۱- میکروفاسیس‌های شناسایی شده همراه با برخی خصوصیات مهم آن‌ها شامل آلوکم‌های اصلی، اندازه، جورشدگی و گردشگی اجزاء و سطح انرژی نسبی زیر محیط‌های رسوب‌گذاری هر یک از رخساره‌ها

کد رخساره ای	عنوان رخساره ای (میکروفاسیسی)	دانه ها (آلوکم ها)		ویژگی های دانه ها			سطح انرژی	زیر محیط شناسایی شده
		اجزاء غیر اسکلتی	اجزاء اسکلتی	اندازه	جورشدگی	گردشگی		
1	مادستون	—	فونای پلانکتون محدود	—	—	—	خیلی پایین	حوضه
2	مادستون تا وکستون حاوی فرامینیفرای پلانکتون	برخی پلوئیدهای محدود	فرام های پلانکتون خرده های دوکفه ای قطعات ریز خارپوست	خیلی ریز	ضعیف	ضعیف	خیلی پایین	رمپ خارجی / حوضه
3	وکستون حاوی الیگوسترژین	برخی پلوئیدهای محدود	فرام های پلانکتون الیگوسترژینای فراوان	ریز	ضعیف تا متوسط	ضعیف	پایین	رمپ خارجی / حوضه
4	کلسی سیلتایت با اسپیکول اسفنج فراوان	—	سوزن های اسفنج فرام های پلانکتون محدود	خیلی ریز	—	—	خیلی پایین	حوضه
5	وکستون پلوئیدی	پلوئیدهای فراوان	فرام های پلانکتون خرده های دوکفه ای قطعات ریز خارپوست	ریز تا متوسط	نسبتا خوب	متوسط	پایین	رمپ خارجی
6	وکستون تا مادستون حاوی بایوکلست ها	پلوئیدهای ریز	خرده های نسبتا فراوان دوکفه ای، قطعات خارپوستان فرام های پلانکتون نسبتا فراوان فرام های بنتیک محدود	متوسط	متوسط تا ضعیف	ضعیف	پایین تا متوسط	رمپ خارجی
7	پکستون تا وکستون همراه با فرامینیفرای بنتیک و پلانکتون	پلوئیدهای نسبتا فراوان و اغلب ریز	فرامینیفرای بنتیک فرامینیفرای پلانکتونیک خرده های رودیستی	متوسط تا ریز	نسبتا بالا	خوب	متوسط	رمپ میانی
8	فلوتستون تا رودستون بایوکلستی	اینتراکلست های محدود پلوئید	خرده های فراوان رودیستی فرام های بنتیک و پلانکتون، خرده های جلبکی	درشت	درشت تا متوسط	ضعیف تا متوسط	متوسط	رمپ میانی
9	باندستون (?)	پلوئیدهای ریز در درون حفاری ها و حجرات رودیست ها	رودیست، جلبک فرام های بنتیک	درشت	—	—	متوسط تا بالا	ابتدای رمپ میانی (?) رمپ داخلی
10	فلوتستون حاوی خرده های رودیست	اینتراکلست های محدود پلوئید	خرده های فراوان رودیستی فرام های بنتیک و پلانکتون، خرده های جلبکی	متوسط تا درشت	متوسط تا درشت	ضعیف تا متوسط	متغیر	لاگون دریای باز (کانال)
11	وکستون حاوی خرده های رودیست و فرامینیفرای بزرگ	برخی پلوئیدهای محدود	خرده های فراوان رودیستی فرام های بنتیک	متوسط	نسبتا خوب	نسبتا خوب	متغیر	لاگون دریای باز (کانال)
12	پکستون تا گرینستون بایوکلستی- پلوئیدی	پلوئیدهای فراوان	خرده های رودیستی، خرده های دوکفه ای، قطعات خارپوست	متوسط تا درشت	خوب	خوب	بالا	پشته های زیر آبی (شول)
13	گرینستون پلوئیدی- فرامینیفری	پلوئیدهای فراوان	فرامینیفرای بنتیک	متوسط تا ریز	خوب	خوب	بالا	پشته های زیر آبی (شول)
14	وکستون- مادستون حاوی قطعات جلبک و فرامینیفرای بنتیک	برخی پلوئیدهای محدود	فرامینیفرای بنتیک خرده های جلبکی خرده های ریز دوکفه ای	ریز تا متوسط	ضعیف	ضعیف	پایین	لاگون محدود شده



شکل ۲- میکروفاسیس‌های شناسایی شده در سازند سروک در میدان نفتی آب تیمور. MF1- مادستون، MF2- مادستون تا وکستون حاوی فرامینیفرای پلانکتون، MF3- وکستون دارای الیگوستژین، MF4- کلسی سیلتایت با اسپیکول اسفنج فراوان، MF5- وکستون پلوئیدی، MF6- وکستون تا مادستون حاوی بایوکلست‌ها، MF7- پکستون تا وکستون همراه با فرامینیفرای بتیک و پلانکتون، MF8- فلوتستون تا رودستون بایوکلستی، MF9- باندستون (ریف‌های تکه‌ای رودستی - جلبکی؟)، MF10- فلوتستون حاوی خرده‌های فراوان رودیست، MF11- وکستون حاوی خرده‌های رودیست و فرامینیفرای بزرگ، MF12- پکستون تا گرینستون بایوکلستی - پلوئیدی، MF13- گرینستون پلوئیدی- فرامینیفری، MF14- وکستون- مادستون حاوی قطعات جلبک و فرامینیفرای بتیک.



شکل ۳- ستون رخساره‌ای و سکانسی تعیین شده برای چاه شماره یک میدان نفتی آب تیمور که در آن وضعیت توزیع رخساره‌ها (میکروفاسیس‌ها) و زیر محیط‌های مختلف در توالی قائم چاه مورد نظر آورده شده‌اند.

۱- فرآیندهای دیاژنزی اولیه

۱ ۴- انحلال‌های متئوریک

حفرات و قالب‌های انحلالی در مقیاس‌های مختلف (در حد میکرون تا میلیمتر در مقیاس میکروسکوپی و سانتی متر در مقیاس مغزه) از جمله عوارض رایج مشاهده شده در بخش‌های مختلف سازند سروک (به ویژه بالاترین بخش آن) می‌باشند. این حفرات به صورت گسترده در بالاترین بخش سازند سروک از بیشترین فراوانی برخوردارند و به صورت شبکه‌های حفره‌ای مرتبط (به هم پیوسته) و مجزا (ایزوله) مشاهده می‌شوند (شکل‌های ۶ و ۷). بخشی از این حفرات به طور کامل و یا بخشی بوسیله انواع مختلف سیمان‌ها پر گردیده‌اند (که در ادامه بیشتر به آنها می‌پردازیم) و بخشی نیز حالت کاملاً باز تا نیمه بسته دارند.

۱ ۴- سیمانی شدن

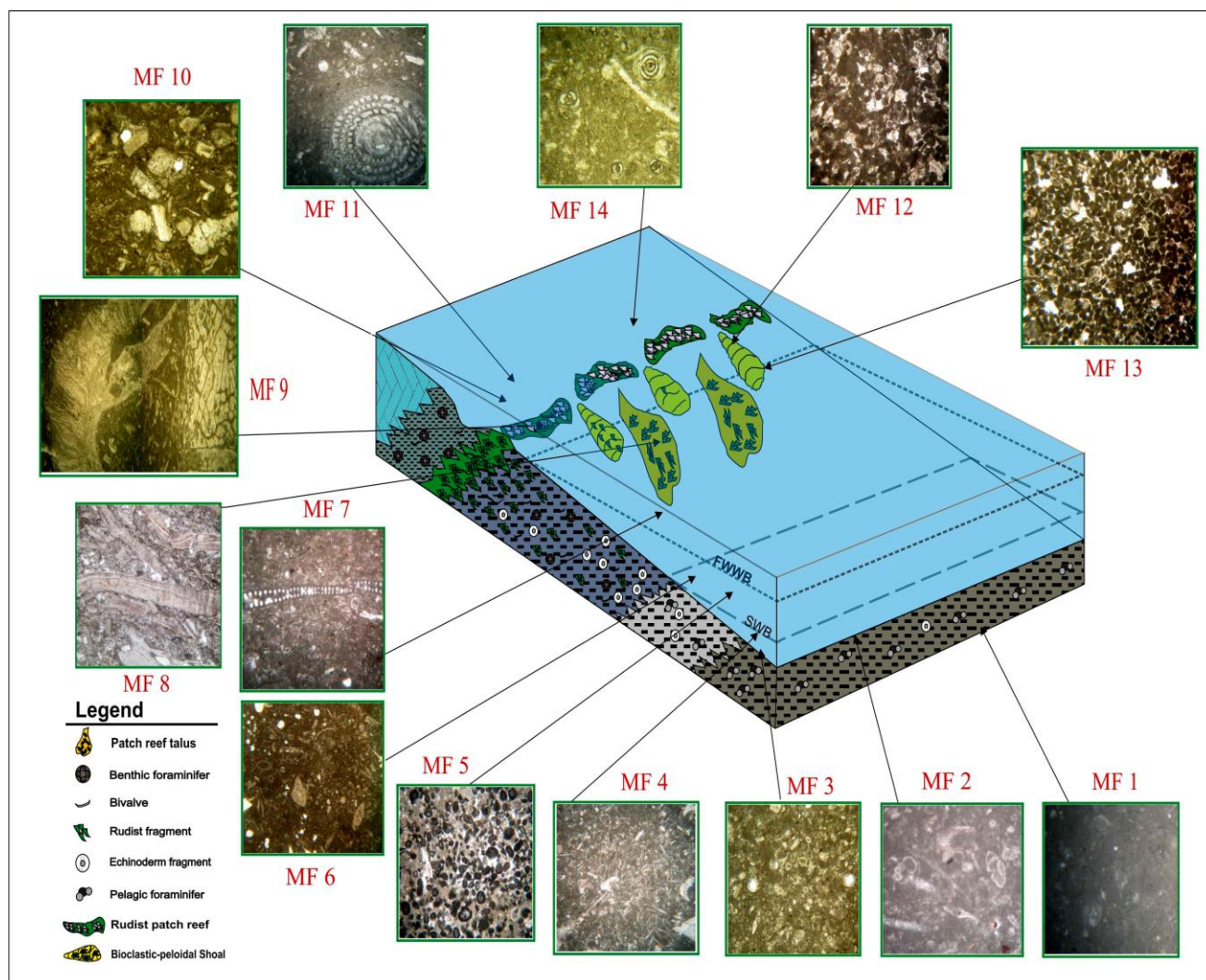
سیمانی شدن از جمله رایج‌ترین و مهم‌ترین فرآیندهای دیاژنزی مشاهده شده در توالی‌های مطالعه شده می‌باشد. سیمان‌های حاشیه‌ای هم ضخامت (Isopachous) در اطراف بایوکلست‌ها، پلوئیدها و به ویژه در رخساره‌های متعلق به زیرمحیط شول (بایوکلستیک- پلوئیدال گرینستون- پکستون) از جمله سیمان‌های اولیه‌ای هستند که در دو محیط دیاژنزی دریایی و متئوریک احتمال تشکیل شدن دارند (شکل ۷D). این سیمان‌ها عمدتاً شفاف بوده و از فراوانی کمی در ایتروال‌های مطالعه شده از سازند سروک برخوردارند.

سیمان‌های کلسیتی بلوکی شفاف به صورت پرکننده حفرات انحلالی و قالب‌های حل شده بایوکلست‌ها از دیگر سیمان‌های اولیه مشاهده شده در سازند سروک می‌باشند. سایر انواع سیمان‌های جوی وادوز و فریاتیک نظیر

سیمان‌های کلسیتی دروزی نیز همراه با انواع دیگر و اغلب به فرم سیمان‌های پرکننده قالب‌های حل شده فسیلی مشاهده می‌شوند. سیمان‌های متئوریک را می‌توان در سرتاسر ایتروال مورد مطالعه مشاهده کرد. البته در افق‌های بالایی سازند سروک این سیمان‌ها از فراوانی‌های بالاتری برخوردارند (شکل ۶).

تئومورفسم و پایدار سازی کانی‌های ناپایدار

انحلال گسترده اجزاء ناپایدار (آراگونیتی) و نیمه پایدار (کلسیت پر منیزیم) از نظر کانی‌شناسی و سپس سیمانی شدن آن‌ها بوسیله سیمان‌های کلسیتی کم منیزیم از جمله عوارض دیاژنزی رایج در افق‌های کارستی شده سازند سروک می‌باشند (شکل‌های ۶ و ۷) که همان گونه که در روی لاگ‌های رسوب‌شناسی مشخص است (شکل ۵)، تا فواصل چند ده متری در زیر این افق‌ها نیز با شدت کمتری قابل مشاهده و ردیابی می‌باشند. قالب‌های حل شده و سیمانی شده انواع مختلف بایوکلست‌ها (نظیر رودیست‌ها و سایر دوکفه‌ای‌ها) از جمله عوارض رایج در ایتروال‌های کارستی شده بخش بالایی سازند سروک می‌باشند. این عوارض را می‌توان به وضوح در رخساره‌های دانه غالب (پکستونی-گرینستونی) متعلق به فلوتستون‌ها و رودستون‌های رودیستی مشاهده کرد.



شکل ۴- مدل رسوبی و موقعیت تقریبی میکروفاسیس‌های شناسایی شده در سازند سروک در میدان مورد مطالعه

۱-۴- دولومیتی شدن

دولومیت‌ها با فراوانی کم در بخش‌های بالایی سازند سروک قابل مشاهده می‌باشند. نکته قابل ذکر در مورد این دولومیت‌ها این است که در اغلب موارد، قالب‌های حل شده آنها نیز همراه با دولومیت‌های حفظ شده مشاهده می‌شوند. در برخی موارد نیز انحلال بخشی از بلورهای دولومیتی متعلق به این مدل مشاهده گردیده است (شکل ۶). نکته

بلورهای دولومیت نسبتاً درشت و یوهدرال با شفافیت بالا و فراوانی نسبتاً کم از جمله عوارض دیاژنزی هستند که در مقایسه با دولومیت‌های دفنی (که در بحث مربوط به فرآیندهای دیاژنزی تاخیری به طور مفصل به آنها خواهیم پرداخت) از فراوانی بسیار کمتری برخورداراند. این

سیمان‌های دفنی را می‌توان به طور رایج در اغلب بخش‌های مطالعه شده از سازند سروک مشاهده نمود. این سیمان‌ها به فرم سیمان‌های هم بعد تا بلوکی با وجود رخ‌های ضعیف تا بسیار مشخص و اغلب به فرم پرکننده حفرات بزرگ انحلالی و شکستگی‌های گسترش یافته در این سازند مشاهده می‌شوند. حفرات و قالب‌های فسیلی ایجاد شده در محیط دیاژنزی متئوریک (ائوژنتیک) که از سیمانی شدن در آن محیط‌ها در امان مانده‌اند و وارد مرحله دیاژنز تاخیری گذشته‌اند در محیط‌های دفنی کم عمق تا عمیق به وسیله سیمان‌های دفنی پر گردیده‌اند. آثار و شواهد مربوط به این سیمان‌ها را می‌توان در شکل ۶ (تصاویر F تا L) در چاه‌های مورد مطالعه مشاهده کرد.

۲-۱-۲- دولومیت‌های دفنی (مرتبط با استیلولیت)

بخش عمده‌ای از دولومیت‌های مشاهده شده در سازند سروک دارای ارتباط مشخصی با آثار و شواهد مربوط به فشردگی شیمیایی (استیلولیت‌ها) می‌باشند (شکل ۶ A تا D). استیلولیت‌ها به شکل سطوح مضرس با دامنه تضاریس بالا تا مرزهای انحلال فشاری نظیر رگچه‌های انحلالی در رخساره‌های گل غالب (مادستونی - وکستونی) گسترش دارند. دولومیت‌هایی که در مسیر این عوارض دیده می‌شوند اغلب دانه ریز و یوهدرال‌اند و حالت مات یا کدر در سطوح خود نشان می‌دهند. دولومیت‌های مرتبط با استیلولیت را می‌توان با فراوانی‌های قابل ملاحظه در سازند سروک مشاهده کرد.

قابل ذکر دیگر در مورد این دولومیت‌ها توجه به زمان تشکیل آنهاست. اینها می‌توانسته‌اند در طی فرآیندهای دیاژنزی اولیه (ائوژنتیک) تشکیل گردند و یا در اثر بالا آمدگی مجدد کربنات‌ها و قرارگیری آنها در محیط دیاژنزی تلوزنتیک بوجود آیند. توجه به روابط بافتی بین این دولومیت‌ها و عوارض دیاژنزی دیگر همراه آنها می‌تواند راه گشای این مسئله باشد. این دولومیت‌ها با توجه خصوصیات پتروگرافی شان به مدل دولومیتی شدن اختلاط نسبت داده شده‌اند.

۱-۴- سیلیسی شدن

سیلیس جانشینی به فرم پرکننده حفرات انحلالی ایجاد شده در زمینه (ماتریکس) و یا حفرات ایجاد شده در صدف‌های فسیلی (نظیر خرده‌های رودیستی) در برخی افق‌های واقع در زیر مرزهای ناپیوسته و افق‌های کارستی شده مشاهده می‌شوند. اینها به شستشوی سیلیس از افق‌های بالاتر و حمل آن‌ها به افق‌های زیرین و جانشین کردن صدف‌ها و خرده‌های فسیلی نسبت داده شده‌اند.

همچنین شواهدی از آغشتگی به اکسیدهای آهن در افق‌های هوازده و کارستی شده در زیر مرزهای ناپیوسته در چاه‌های مطالعه شده (به ویژه چاه شماره ۱) به ثبت رسیده‌اند.

۲-۲- فرآیندهای دیاژنزی تاخیری

۲-۴- دیاژنز دفنی

۲-۱-۱- سیمان‌های دفنی کم عمق و عمیق

۲-۱-۳- فشردگی مکانیکی و شیمیایی

آثار و شواهد مربوط به فشردگی مکانیکی شامل خمیدگی و شکستگی بایوکلس‌ها و تغییر شکل پلوئیدها در اینتروال‌های مطالعه شده از سازند سروک قابل مشاهده می‌باشند (شکل VE). دفن شدن رسوبات تا اعماق چند صد متری موجب ایجاد فابریک‌های فشرده‌تر از فابریک‌های اولیه در رسوبات شده و عوارض فوق را در آنها ایجاد نموده‌اند. دفن شدن بیشتر تا اعماق چند هزار متری سبب ایجاد عوارض ناشی از انحلال فشاری نظیر رگچه‌های انحلالی و سپس استیلولیت‌ها در رخساره‌های مختلف می‌گردند و استیلولیت‌های مشاهده شده در این سازند اغلب همراهی نزدیکی با دولومیت‌های دفنی و آغستگی‌های هیدروکربوری دارند و تمرکز مواد باقیمانده در مسیر آنها دیده می‌شود (شکل ۶).

۲-۱-۴- انحلال‌های دفنی

بخش ناچیزی از انحلال‌های مشاهده شده در این سازندها دارای منشا دفنی می‌باشند و توسط سیال‌های دفنی ایجاد گردیده‌اند. این انحلال‌ها را اغلب می‌توان در مسیر استیلولیت‌ها مشاهده کرد. تخلخل‌های انحلالی ناشی از انحلال دفنی در مسیر استیلولیت‌ها توسط سیالاتی که از مسیر این استیلولیت‌ها مهاجرت کرده‌اند ایجاد گردیده‌اند و به تخلخل‌های استیلولیتی معروف‌اند. تفکیک انحلال‌های دفنی از سایر انواع انحلال‌ها را می‌توان با مطالعه روابط بافتی بین عوارض دیاژنزی مختلف متعلق به محیط‌های دیاژنزی مختلف انجام داد (توالی پارازنزی).

۲-۲-۴- دیاژنز متئوریک تلوزنتیک

۲-۲-۱- انحلال‌های تلوزنتیک

بخشی از انحلال‌های گسترده جوی گسترش یافته در افق‌های کارستی شده بخش بالایی سازند سروک در میدان نفتی آب تیمور به صورت مخرب فابریک عمل کرده و تمامی اجزاء سنگ و زمینه را حل نموده‌اند که این مسئله حاکی از این است که رسوبات پس از سخت شدن تحت تاثیر سیالات متئوریک قرار گرفته‌اند. این انحلال‌ها از فراوانی قابل ملاحظه‌ای برخوردار بوده و اغلب به وسیله سیمان‌های دفنی عمیق پر گردیده‌اند. بخشی از این انحلال‌ها نیز به صورت کامل و یا بخشی حفظ گردیده‌اند (شکل ۷).

۲-۲-۲- دولومیت زدایی

همان گونه که در بخش مربوط به عوارض دیاژنزی متئوریک اولیه (ائوژنتیک) اشاره گردید، دولومیت‌های اختلاطی به صورت بلورهای یوهدرال لوزی شکل و نسبتاً درشت در اینتروال‌های مطالعه شده قابل مشاهده می‌باشند. توجه به روابط بافتی موجود بین این دولومیت‌ها و سایر عوارض دیاژنزی متعلق به محیط‌های مختلف نشان می‌دهد که حداقل بخشی از این دولومیت‌ها در طی بالا آمدگی مجدد رسوبات و قرار گیری آنها در معرض سیالات جوی دچار انحلال شده‌اند (به طور کامل یا بخشی) و قالب‌های دولومیتی (دولومیت‌ها) را به وجود آورده‌اند (شکل ۶ M تا O).

کانی‌های تیره (اپک)

علاوه بر فرآیندها و عوارض فوق، کانی‌های تیره و فسفات‌ها نیز در افق‌های مختلفی از سازند سروک در چاه‌های مورد مطالعه شناسایی شده‌اند.

گونه که در این شکل‌ها مشخص است و قبلاً نیز اشاره گردید؛ مجموعه‌های رخساره‌ای کم انرژی متعلق به لاگون و حوضه در اواخر سیستم تراکت‌های پیشرونده و اواخر سیستم تراکت‌های فرازین به دلیل گل غالب بودن، بیشتر تحت تاثیر استیلولیتی شدن و در پی آن دولومیتی شدن مرتبط با استیلولیت قرار گرفته‌اند.

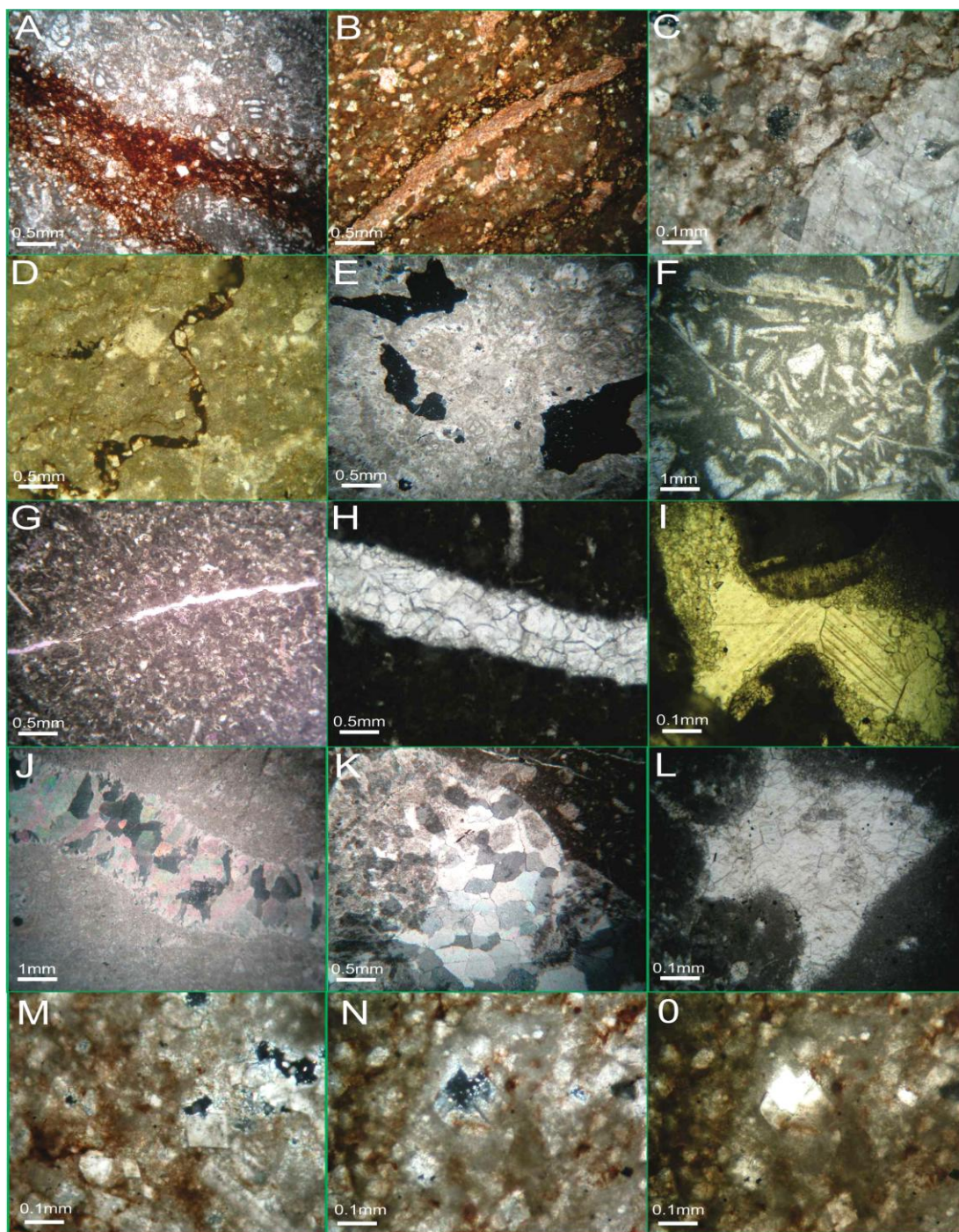
همچنین انحلال‌های گسترده مرتبط با ناپیوستگی‌های ناشی از رخنمون تحت الجوی نیز به صورت انتخاب کننده فابریک و غیر انتخاب کننده فابریک در زیر مرزهای فرسایشی در انتهای سیستم تراکت‌های فرازین قابل مشاهده هستند. لازم به ذکر است که ارتباط روشنی بین این انحلال‌ها و مجموعه‌های رخساره‌ای دیده نمی‌شود اما در اغلب موارد مجموعه‌های رخساره‌ای مربوط به رودستون‌ها و فلوتستون‌های رودیستی بیشتر تحت تاثیر این انحلال‌ها قرار گرفته‌اند (شکل ۵). با توجه به سرگذشت دیاژنزی پیچیده این سازند (به دلیل تاثیر پذیری‌های مکرر از سیالات جوی)، برقراری ارتباطات مشخص بین مجموعه‌های رخساره‌ای و عوارض دیاژنزی با عدم قطعیت‌های بسیاری مواجه می‌باشد.

خلاصه‌ای از مهم‌ترین فرآیندهای دیاژنزی اثر گذار بر سازندهای مخزنی سروک و ایلام در چاه‌های مورد مطالعه همراه به ترتیب نسبی وقوع آنها در جدول ۲ آمده است.

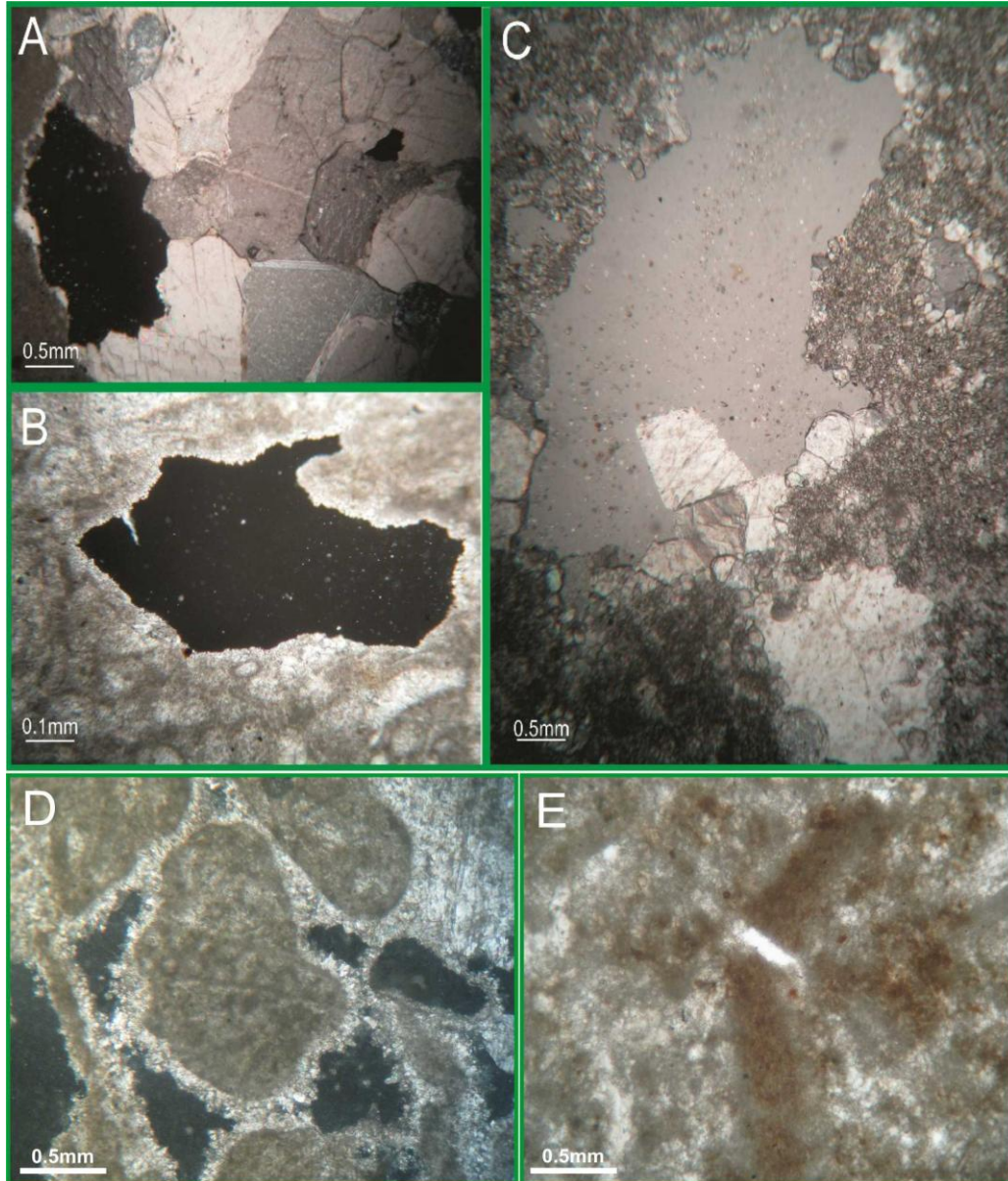
شکستگی‌ها

انجام مطالعه جامع بر روی شکستگی‌های سازند سروک در جنوب غرب ایران امری بسیار ضروری است که فقدان آن سبب شده تا نقش شکستگی‌های موجود در این سازند و نیز مخزن بالایی آن (ایلام) و ارتباط آنها با مخازن بالاتر نظیر آسماری با ابهام مواجه باشد. آن چه که در بررسی‌های پتروگرافی مشخص شده این است که شکستگی‌ها در سازند سروک نقش نسبتاً مهمی در بهبود کیفیت مخزنی اعمال می‌نمایند. بخش اعظم این شکستگی‌ها توسط سیمان‌های دفنی کاملاً بسته شده‌اند و بخش دیگری از آنها حالت نیمه بسته تا کاملاً باز دارند (شکل ۶). این مسئله حاکی از این است که حضور شکستگی‌ها در بالا بردن پارامترهای مخزنی از جمله تراوایی قابل ملاحظه می‌باشد.

ارتباط بین فرآیندهای دیاژنزی با رخساره‌ها و مجموعه‌های رخساره‌ای و نیز رابطه آنها با جایگاه‌های سکانسی (سیستم تراکت‌ها) در شکل‌های ۵ و ۸ نشان داده شده است. همان



شکل ۶- برخی از مهمترین عوارض دیاژنزی مشاهده شده در کربنات‌های سروک در میدان مورد مطالعه. D-A: دولومیتی شدن و استیلولیتی شدن همراه با آن (به روابط بافتی توجه کنید)، E: انحلال فراگیر (غالبا تلوزنتیک)، F: انحلال انتخاب کننده فابریک (غالبا متئوریک)، G: شکستگی باز، H: شکستگی بسته شده با سیمان، I-L: سیمان‌های دفنی نیمه عمیق تا عمیق، M-O: دولومیت‌های حل شده و بعضا کلسیتی شده که قالب آنها حفظ شده است.



شکل ۷- A تا C - انحلال گسترده مخرب فابریک و انحلال سیمان‌های دفنی مشاهده شده در بخش بالایی سازند سروک که یکی از مهمترین شواهد حاکی از وقوع دیاژنز تلوزنتیک می‌باشد. این انحلال‌ها در زمانی که رسوبات کربناته سازند سروک به طور نسبی و در اثر فرآیندهای دیاژنز دفنی تحجیر شده‌اند، در آن‌ها گسترش یافته‌اند و بدون توجه به اجزاء تشکیل دهنده، تمام آلوکم‌ها و ارتوکم‌ها را حل نموده‌اند. D- سیمان‌های ظریف حاشیه دانه‌ای هم ضخامت (ایزوپیک) که می‌توانند در محیط‌های دیاژنزی دریایی و متئوریک تشکیل گردند. این سیمان‌ها در رخساره‌های سازند سروک دارای فراوانی بسیار کمی هستند. E- فشردگی مکانیکی به عنوان یکی از فرآیندهای دیاژنزی محیط دفنی کم عمق تا عمیق که سبب شکسته شدن خرده صدفی (احتمالا دو کفه‌ای) میکرایتی شده گردیده است.

جدول ۲- فرآیندهای دیاژنزی موثر بر سازندهای سروک و ایلام به همراه ترتیب نسبی وقوع آنها

عوارض دیاژنزی	محیط‌های دیاژنزی				
	دریایی	متئوریک (ائوزنتیک)	دفنی کم عمق	متئوریک (تلوزنتیک)	دفنی عمیق
سیمانی شدن حاشیه‌ای هم ضخامت	✓				
میکریتی شدن	✓				
انحلال انتخاب کننده فابریک		✓			
سیمانی شدن متئوریک وادوز		✓		✓	
سیمانی شدن متئوریک فراتیک		✓		✓	
پایدارسازی کانی شناسی (جانشین)		✓		✓	
سیلیسی شدن		✓		✓	
دولومیتی شدن اختلاطی		✓			
سیمانی شدن دفنی کم عمق			✓		
فشردگی مکانیکی			✓		✓
تبلور مجدد			✓		✓
انحلال‌های غیر انتخاب کننده فابریک				✓	
دولومیت زدایی				✓	
سیمانی شدن دفنی عمیق					✓
فشردگی شیمیایی (استیلولیتی شدن)					✓
دولومیتی شدن دفنی					✓
پیریتی شدن					✓

چینه‌نگاری سکانسی

توزیع جانبی رخساره‌های رسوبی به محیط‌های رسوبی بستگی دارد، در حالی که برهم انباشش قائم رخساره‌ها توسط چینه‌نگاری سکانسی توضیح داده می‌شود. لذا به منظور پیش بینی نحوه توزیع و پراکندگی سه بعدی رخساره‌ها نیاز به درک روابط زمانی حاکم بر تشکیل آنهاست (Ahr, 2008). این بدان معناست که برای درک زمان نسبی تشکیل رخساره‌ها (سیستم تراکت‌ها) در طول زمان در واکنش به تغییرات سطح آب دریا نیاز به مطالعات چینه‌نگاری سکانسی است.

در این مطالعه با استفاده از نتایج مطالعات بایوستراتیگرافی و بررسی‌های رخساره‌ای و تغییرات رخساره‌ها در توالی قائم و نیز به کارگیری داده‌های لاگ (به‌ویژه لاگ گاما) و اطلاعات دیرینه‌شناسی (نظیر استفاده از نسبت فراوانی فرامینفرهای پلانکتونیک به بنتیک) برای شناسایی سطوح اصلی سکانسی (نظیر سطوح حداکثر سیلابی) اقدام به شناسایی سکانس‌های رده سوم برای سازند سروک در چاه‌های مورد مطالعه گردیده است (شکل ۸).

بر اساس نتایج به دست آمده از مطالعات بایوستراتیگرافی در یک چاه (چاه شماره یک) از چاه‌های مورد مطالعه و با مقایسه بایوزون‌های تعیین شده در این مطالعه با بایوزون‌های تعیین شده توسط وایند (1965) برای فروافتادگی دزفول، در مجموع سه بایوزون در اینتروال مورد مطالعه از سازند سروک شناسایی گردیده‌اند که نتیجه آن در شکل ۸ به صورت ستونی در کنار سکانس‌ها آورده شده‌اند. لازم به ذکر است که توضیح کامل این بایوزون‌ها و شرح آنها خارج از موضوع این تحقیق بوده و تنها به ارائه نتیجه آن اکتفا شده است. در ضمن، سطوح سکانسی (شامل سطوح حداکثر سیلابی و مرزهای سکانسی) خود دارای ماهیت زمانی بوده و قابل تطابق با یکدیگرند اما برای اطمینان از صحت مطالعه

و ارائه یک سن نسبی برای سکانس‌ها از نتایج مطالعات بایوستراتیگرافی استفاده شده است.

لازم به ذکر است که در دو چاه از سه چاه موجود، سکانس‌ها با استفاده از شواهد پتروگرافی (تغییرات رخساره‌ای در توالی قائم و نیز شواهد دیرینه‌شناسی) تعیین شده و از داده‌های لاگ برای شناسایی سطوح اصلی سکانسی (به‌ویژه سطوح حداکثر سیلابی) استفاده گردیده است و در یک چاه دیگر با انجام کالیبراسیون و تطابق با داده‌های لاگ اقدام به شناسایی و تعیین سکانس‌ها گردیده است. بر این اساس در هر چاه مطالعه شده، سه سکانس رده سوم در بخش سنومانین میانی تا تورونین میانی سازند سروک شناسایی گردید.

شکل ۸ وضعیت سکانس‌ها در این سه چاه را نشان می‌دهد. در این شکل، همچنین ارتباط بین رخساره‌ها و مجموعه‌های رخساره‌ای و نیز عوارض دیاژنزی با جایگاه‌های سکانسی (سیستم تراکت‌ها) نشان داده شده است. در زیر به بررسی هر یک از این سکانس‌ها می‌پردازیم.

سکانس اول

این سکانس اولین سکانس از توالی مورد مطالعه را شامل می‌شود که مرز زیرین آن با مرز سکانسی شماره یک در توالی مورد بررسی مشخص می‌گردد. این سکانس ضخیم‌ترین سکانس را در هر سه چاه شامل می‌شود. در دو چاه شماره یک و سه سیستم تراکت پیشرونده دارای ضخامت کمتری نسبت به سیستم تراکت فرازین بوده اما این مطلب در مورد چاه شماره ۲ صدق نمی‌کند و در این چاه، ضخامت سیستم تراکت پیشرونده تقریباً دو برابر سیستم تراکت فرازین می‌باشد (شکل ۸). دلیل این مسئله را می‌توان به بیشتر بودن فضای انباشت در موقعیت این چاه در زمان

این مرز) به خوبی با این مرز تطابق دارند (شکل ۸). سطح حداکثر سیلابی در این سکانس با افزایش مقادیر لاگ گاما و حداکثر عمیق شدگی رخساره‌ها (حضور مجموعه‌های رخساره‌ای متعلق به حوضه و رمپ خارجی) تعیین گردیده است.

به طور کلی می‌توان گفت این سکانس از دیدگاه کیفیت مخزنی به سبب دو بار تاثیر پذیری از سیالات متوریک از کیفیت بالایی برخوردار می‌باشد. همان گونه که در شکل‌های ۵ و ۸ مشاهده می‌شود، رخساره‌های گسترش یافته در سیستم تراکت پیشرونده (TST) عمدتاً شامل رخساره‌های حوضه، رمپ خارجی و انتهای رمپ میانی می‌باشند (میکروفاسیس‌های شماره ۱ تا ۷) و رخساره‌های گسترش یافته در سیستم تراکت فرازین (HST) شامل رخساره‌های متعلق به بخش‌های کم عمق تر رمپ میانی تا رمپ داخلی (شامل میکروفاسیس‌های شماره ۸ تا ۱۴) می‌باشند. نحوه توزیع رخساره‌ها در تمام سکانس‌ها نظیر چنین روندی را نشان می‌دهند (شکل ۸).

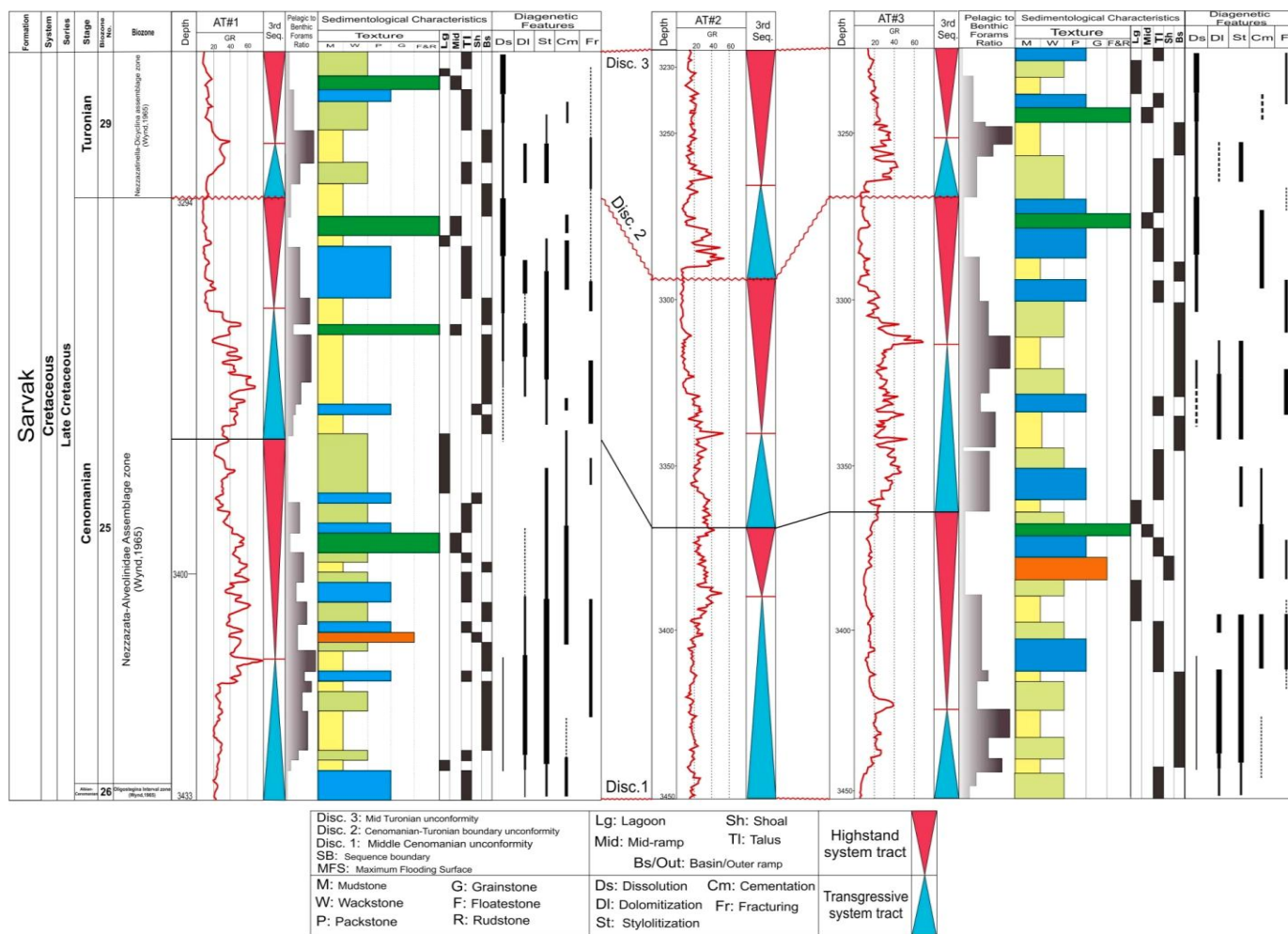
سکانس سوم

این سکانس، کمترین ضخامت را در بین سکانس‌های مطالعه شده در چاه‌های مذکور دارا بوده و علت این امر را می‌توان به فرسایش روی داده در مرز بالایی این سکانس که ناشی از یک ناپیوستگی فرسایشی قابل ملاحظه بوده (احتمالاً ناپیوستگی تورونین میانی، معادل مرز بالایی بایوزون شماره ۲۹ و ایند در شکل ۸) نسبت داد. شناسایی سطوح سکانس در این سکانس نیز با استفاده از شواهد رخساره‌ای، دیرینه‌شناسی و نیز با استفاده از داده‌های لاگ (به‌ویژه لاگ گاما) صورت پذیرفته است (شکل ۸).

این پیشروی نسبت داد که سبب شده ضخامت بیشتری از رسوبات طی این پیشروی آب دریا تشکیل گردند. سطح حداکثر سیلابی با یک افزایش قابل ملاحظه در مقادیر لاگ گاما و نیز حداکثر عمیق شدگی رخساره‌ها (میکروفاسیس‌ها) مشخص می‌گردد (حضور میکروفاسیس‌های متعلق به زیر محیط حوضه و رمپ خارجی). همچنین نسبت فرامینفرهای پلانکتونیک به بنتیک در محل سطح حداکثر سیلابی به بیشترین میزان خود می‌رسد. مرز سکانس مشخص کننده مرز این سکانس با سکانس بعدی نیز با استفاده از همین شواهد نظیر حداکثر کم عمق شدگی رخساره‌ها (رخساره‌های متعلق به زیر محیط لاگون) و بیشترین گسترش فلوتستون‌ها و رودستون‌های رودیستی در اواخر این سیستم تراکت قابل شناسایی می‌باشد (شکل‌های ۵ و ۸).

سکانس دوم

این سکانس نیز از ضخامت قابل ملاحظه‌ای در توالی چاه‌های مطالعه شده برخوردار می‌باشد و این ضخامت در چاه ۳ به حداکثر مقدار خود می‌رسد. سطوح سکانس مربوط به این سکانس نیز با استفاده از همان شواهدی که در بالا ذکر گردید قابل شناسایی می‌باشند. مرز سکانس معرف مرز این سکانس با سکانس بعدی معرف یک ناپیوستگی فرسایشی قابل ملاحظه است که احتمالاً مرز سنوماین-تورونین (مرز بالایی بایوزون شماره ۲۵ و ایند، شکل ۸) بوده و آثار و عوارض مربوط به این ناپیوستگی شامل کم عمق شدن رخساره‌ها، کاهش مقادیر لاگ گاما و نسبت فرامینفرهای پلانکتونیک به بنتیک و بیشترین گسترش عوارض انحلالی و سایر شواهد دیاژنزی ناشی از رخنمون تحت الجوی (به‌ویژه عوارض دیاژنزی ناشی از رخنمون در



شکل ۸- تطابق چینه‌نگاری سکانسی بین چاه‌های مطالعه شده در میدان نفتی آب تیمور به همراه لاگ رسوب‌شناسی نشان دهنده ارتباط بین رخساره‌ها (کمبرندهای رخساره‌ای)، عوارض دیاژنزی و جایگاه‌های سکانسی (سیستم تراکت‌ها). مهمترین شواهد مورد استفاده جهت تعیین سکانس‌ها (شامل مقادیر لاگ گاما، نسبت فرامینفرهای پلانکتونیک به بتیک و توزیع رخساره‌ها در توالی قائم در کنار نحوه توزیع عوارض دیاژنزی) در شکل آورده شده‌اند.

آثار و شواهد دیاژنزی مطالعه شده مطابقت دارد (شکل ۸). به طور کلی و همان گونه که در شکل ۸ نشان داده شده است، رخساره‌های متعلق به زیر محیط‌های عمیق، شامل

همان گونه که ذکر گردید مرز سکانسی تعیین شده در راس این سکانس معرف یک ناپیوستگی قابل ملاحظه و مرز بالایی سازند سروک در این چاه‌ها می‌باشد که به خوبی با

به محیط اختلاط آب شور و شیرین)، سیمانی شدن، دولومیت‌زدایی، سیلیسی شدن، میکرایتی شدن، تبلور مجدد، فشردگی مکانیکی و شیمیایی و پیریتی شدن می‌باشند و یک توالی پاراژنزی دو گانه را برای این سازند در زیر و بالای مرزهای ناپیوسته به دست می‌دهند.

۳- توالی پاراژنزی سازند سروک در این میدان برای زیر مرز سنومانین-تورونین شامل توالی گذر از محیط‌های دیاژنزی دریایی، متئوریک، دفنی کم عمق، تلوزنتیک و نهایتاً دفنی عمیق می‌باشد. برای کربنات‌های بالای این مرز این توالی متفاوت بوده و شامل گذر از محیط‌های دیاژنزی دریایی، متئوریک و دفنی می‌باشد و این دو توالی پاراژنتیک متفاوت سبب ایجاد عوارض دیاژنزی کاملاً متفاوتی گردیده و بر کیفیت مخزنی این سازند در این دو بخش اثر گذار بوده است.

۴- بررسی‌های چینه‌نگاری سکانسی منجر به شناسایی سه سکانس رده سوم در بخش سنومانین میانی تا تورونین میانی در سازند سروک گردیده و سطوح سکانسی و سکانس‌های تعیین شده انطباق خوبی با ویژگی‌های رخساره‌ای و به‌ویژه عوارض دیاژنزی نشان می‌دهند.

منابع

- 1- Ahr, W.M., 2008, Geology of carbonate reservoirs. John Wiley & Sons, Inc., Publication, 296 p.
- 2- Alavi, M., 2004, Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution: American Journal of Science, v. 304, January, p. 1-20.
- 3- Alsharhan, A.S., and Nairn, A.E.M., 1997, Sedimentary Basins and Petroleum Geology of the Middle East: Elsevier, Netherlands, 843 pp.
- 4- Aqrabi, A.A.M., 1998, Mid- Cretaceous rudist-bearing carbonates of the Mishrif formation: An

حوضه و رمپ خارجی دارای حداکثر گسترش در انتهای سیستم تراکت‌های پیشرونده (TST) و اوایل سیستم تراکت‌های فرازین (HST) در اطراف سطوح حداکثر سیلابی می‌باشند. مجموعه‌های رخساره‌ای متعلق به فلوتستون‌ها و رودستون‌های رودیستی و نیز لاگون محدود شده و لاگون دریای باز دارای بیشترین گسترش در انتهای سیستم تراکت‌های فرازین (HST) و اوایل سیستم تراکت‌های پیشرونده (TST) می‌باشند.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه و با انجام بررسی‌های جامع رخساره‌ای (میکروفاسیسی) و محیط‌رسوبی، مطالعات دیاژنزی و نیز چینه‌نگاری سکانسی بر روی کربنات‌های سازند سروک در سه چاه (AT#1, AT#2, AT#3) از میدان نفتی آب تیمور نتایج زیر حاصل گردید:

۱- مطالعات رخساره‌ای منجر به شناسایی ۱۴ میکروفاسیسی در ۶ کمر بند (مجموعه) رخساره‌ای در کربنات‌های سازند سروک در میدان آب تیمور گردید و مشخص گردید که کربنات‌های این سازند در میدان مذکور در یک محیط رسوب‌گذاری از نوع رمپ تشکیل شده‌اند و ویژگی‌های رخساره‌ای نظیر گل غالب بودن اکثر رخساره‌ها و نیز عدم گسترش قابل ملاحظه رخساره‌های پر انرژی نظیر رخساره‌های شول حاکی از پشت به باد بودن این رمپ می‌باشند.

۲- مهمترین عوارض دیاژنزی که کربنات‌های این سازند را تحت تاثیر قرار داده‌اند شامل انحلال (در دو مرحله انورنتیک متئوریک و تلوزنتیک متئوریک)، دولومیتی شدن (شامل دولومیت‌های مرتبط با استیلولیت و نیز دولومیت‌های متعلق

- 14-Ford, D., 1988, Characteristics of dissolutional cave systems in carbonate rocks. In: James, N. P. & Choquette, P. W. (Eds.) *Paleokarst*. Springer, New York, 25-57.
- 15-Ghabeishavi A., H., Vaziri – Moghaddam, A., Taheri, and F., Taati 2010, Microfacies and depositional environment of the Cenomanian of the Bangestan anticline, SW Iran: *Journal of Asian Earth Science* v. 37, p. 275-285.
- 16-Ghazban, F., 2007, *Petroleum geology of the Persian Gulf*. Joint publication, Tehran University Press and National Iranian Oil Company, Tehran.
- 17-Hajikazemi E., I.S., Al-Aasm, and M., Coniglio, 2010, Subaerial exposure and meteoric diagenesis of the Cenomanian-Turonian Upper Sarvak formation, southwestern Iran: *Geological society, London, special publications*, v. 330, p. 253-272.
- 18-Harris, P.M., S.H., Frost, G.A., Seiglie, and N., Schneidermann, 1984, Regional unconformities and depositional cycles, Cretaceous of the Arabian Peninsula. In, J.S. Schlee (Ed.), *Interregional unconformities and hydrocarbon accumulation: American Association of Petroleum Geologists Memoir*, v. 36, p. 67-80.
- 19-Huber, B. T., R. D., Norris, K. G., Macleod, 2002, Deep-sea paleotemperature record of extreme warmth during the Cretaceous: *Geology*, v. 30, p. 123-126.
- 20-James, G.A., and J.G., Wynd, 1965, Stratigraphic Nomenclature of Iranian Oil Consortium Agreement Area: *AAPG Bulletin*, v. 49, p. 2182-2245.
- 21-Koop, W., and R., Stoneley, 1982, Subsidence History of the Middle East Zagros Basin, Permian to Recent: *Philosophical Transactions, Royal Society of London*, A305, p. 149-168.
- 22-Lucia, F.J., 2007, *Carbonate reservoir characterization*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 341 p.
- 23-Lucia, F. J., and S. C., Ruppel, 1996, *Characterization of diagenetically altered carbonate reservoirs*, South Cowden Grayburg reservoir, west important reservoir sequence in the Mesopotamian basin, Iraq: *Journal of Petroleum Geology*, v. 21, p.57-82.
- 5- Bathurst, R. G. C., 1987, "Diagenetically enhanced bedding in argillaceous platform limestones" stratified cementation and selective compaction: *Sedimentology*, v. 34, p. 749-778.
- 6- Bathurst, R. G. C., 1991, "Pressure-dissolution and limestone bedding" the influence of stratified cementation, in G. Einsele, W. Ricken, and A. Seilacher, (Eds.), *Cycles and Events in Stratigraphy*, Berlin, Springer-Verlag, p. 450-463.
- 7- Beiranvand, B., A., Ahmadi, and M., Sharafodin, 2007, Mapping and classifying flow units in the upper part of the middle cretaceous sarvak formation (western Dezful embayment, SW Iran) based on a determination of the reservoir types: *Journal of Petroleum Geology*, v. 30, 16p.
- 8- Beydoun, Z.R., 1991, Arabian plate hydrocarbon geology and potential — a plate tectonic approach: *American Association of Petroleum Geologists, Studies in Geology* 33. 77 p.
- 9- Dunham, R.J., 1962, Classification of carbonate rocks according to depositional texture . In: Ham, W.E. (Ed.), *Classification of carbonate rocks*, AAPG Mem. no. 1, p. 108-121.
- 10-Embry, A. F. and J. E., Klovan, 1971, A Late Devonian reef tract on northeastern Banks Island: *Can. Petroleum Geol*, v. 19, 51p.
- 11-Flügel, E., 1982, *Microfacies Analysis of Limestones*: Berlin, Springer-Verlag, 633 p.
- 12-Farzadi, P. and J., Hesthmer, 2007, Diagnosis of the Upper Cretaceous palaeokarst and turbidite systems from the Iranian Persian Gulf using volume-based multiple seismic attribute analysis and pattern recognition: *Petroleum Geoscience*, v.13, p. 227-240.
- 13-Flügel, E., 2004, *Microfacies of Carbonate Rocks: analysis, interpretation and application*. Springer, Berlin Heidelberg, New York, 976 p.

- 31-Setudehnia, A., 1978, The Mesozoic sequence in southwest Iran and adjacent areas: *Jour. Petrol. Geol.*, v. 1, p. 3-42.
- 32-Scott, R.W., J.A., Simo, and J.P., Masse, 1993, Overview of economic recourses in cretaceous carbonate platforms. In: Simo, J.A., Scott, R.W., Asse, J.P., (Eds.), *Cretaceous carbonate platforms: American Association of Petroleum Geologists*, v. 56, p. 15-24.
- 33-Sharland, P. R., R., Archer, D. M., Casey, R. B., S. H., Davies, Hall, A. P., Heward, A. D., Horbury, and M. D., Simmons, 2001, Arabian plate sequence stratigraphy: *GeoArabia Special Publication*, v. 2, 371 p.
- 34-Taghavi, A.A., A., Mork, and M.A., Emadi 2006, Sequence stratigraphically controlled diagenesis governs reservoir quality in the carbonate Dehloran field, SW Iran: *Petroleum Geoscience*, v. 12, p. 115-126.
- 35-Tucker, M., and V. P., Wright, 1990, *Carbonate Sedimentology: Blackwell Scientific*, 482 p.
- 36-Van Buchem, F. S. P., P., Razin, P.W., Homewood, W.H., Oterdoom, and J., Philip, 1996, High-resolution sequence stratigraphy of the Natih formation (Cenomanian/Turonian) in northern Oman: distribution of source rocks and reservoir facies: *GeoArabia*, v. 1, p. 65-91.
- 37-Weidlich O., 2010, Meteoric diagenesis in carbonates below karst unconformities: heterogeneity and control factors. In: *Geological Society, London, Special Publications*, v. 329, 24p.
- 38-Wilson, J.L., 1975, *Carbonate Facies in Geologic History. Springer-Verlag*, 471 p.
- 39-Ziegler, M., 2001, Late Permian to Holocene Paleofacies Evolution of the Arabian Plate and its Hydrocarbon Occurrences. *GeoArabia*, v. 6 (3), p. 445-504.
- Texas: Proceedings 1996 SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Formation Evaluation and Reservoir Geology: Society of Petroleum Engineers, 883-893.
- 24-Machel, H.M., 2004, Concepts and models of dolomitization: a critical reappraisal. In: Braithwaite, C.J.R., Rizzi, G., Darke, G. (Eds.), *The Geometry and Petrogenesis of Dolomite Hydrocarbon Reservoirs: Geological Society, London, Special Publications*, v. 235, p. 7-63.
- 25-Moore, C. H., 1980, Porosity in carbonate rock sequences in: Bebout, et al. (ed.) *Geology of carbonate porosity. Continuing Education Cour Note Series # 11. Amer. Assoc. Petrol. Geol., Department of Education*. pp. A 1-11.
- 26-Moore, C.H., 2001, Carbonate reservoirs porosity evolution and diagenesis in a sequence stratigraphic framework: Elsevier, 444 p.
- 27-Motiei, H., 1993, *Geology of Iran. The stratigraphy of Zagros: Geological Survey of Iran, Tehran [in Farsi]*.
- 28-Murris, R.J., 1980, Middle East: Stratigraphic evolution and oil habitat. *AAPG Bull.*, v. 64, p. 21pp.
- 29-Razin P., F., Taati and F.S.P., Van Buchem 2010, Sequence stratigraphy of Cenomanian-Turonian carbonate platform margins (Sarvak Formation) in the high Zagros, SW Iran: an outcrop reference model for the Arabian plate: *IN Geological Society, London, Special Publications*, v. 329, p.187-218.
- 30-Sadooni, F.N., 2005, The nature and origin of Upper Cretaceous basin-margin rudist buildups of the Mesopotamian Basin, southern Iraq, with consideration of possible hydrocarbon stratigraphic entrapment: *Cretaceous Research*, v. 26, p. 213-224.