

کنترل رخساره‌ها و فرایندهای دیاژنزی بر کیفیت مخزنی سازند سروک در یکی از میدان‌های نفتی ناحیه دشت آبادان، جنوب باختر ایران

سمیه فراموزی^۱، حسین رحیم‌پور بناب^۲ و محسن رنجبران^۳

^۱دانشجوی دکترا، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

^۲استاد، دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

^۳استادیار، دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۴/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۱۸

چکیده

سازند سروک به‌عنوان یکی از مخازن مهم هیدروکربوری ایران هدف اصلی این مطالعه است. در این پژوهش ارزیابی کیفیت مخزنی سازند سروک با استفاده از تلفیق مطالعات سنگ‌نگاری و داده‌های تخلخل - تراوایی مغزه در ۳ چاه مهم در یکی از میدان‌های بزرگ ناحیه دشت آبادان در جنوب باختری ایران صورت گرفته است. مطالعات سنگ‌نگاری به شناسایی ۱۳ ریزرخساره در قالب ۳ کمربند رخساره‌ای اصلی شامل لاگون، پشته‌های بیوکستی زیرآبی (شول)، دریای باز شامل تالوس و شیب در چارچوب یک مدل سکوی کربناته ایزوله انجامید. فرایندهای دیاژنزی چیره شامل میکرایتی شدن، زیست آشفتنگی، تبلور دوباره، انحلال، سیمانی شدن، تراکم فیزیکی و شیمیایی، دولومیتی شدن، جانیشینی (پیریت، سیلیس و گلوکونیت) و شکستگی توالی سازند سروک را تحت تأثیر قرار داده‌اند. بر پایه نتایج حاصل، کیفیت مخزنی سازند سروک حاصل تأثیر رخساره‌های رسوبی به‌صورت اولیه و فرایندهای دیاژنزی به‌صورت ثانویه است. ارزیابی تأثیر رخساره‌های رسوبی بر کیفیت مخزنی نشان می‌دهد که توالی‌های رودیست‌دار (به‌ویژه زون‌های واریزه رودیستی) کیفیت مخزنی بالایی دارند. انحلال و سیمانی شدن مهم‌ترین فرایندهای دیاژنزی مؤثر بر سازند سروک هستند که به دلیل تأثیر چیره فرایندهای دیاژنزی جوی رخ داده‌اند. انحلال و شکستگی عوامل اصلی افزایش تخلخل - تراوایی و سیمانی شدن و تراکم مهم‌ترین عوامل کاهش کیفیت مخزنی در سازند سروک هستند. این مطالعه می‌تواند به شناخت بهتر عوامل کنترل‌کننده کیفیت مخزنی سازند سروک در ناحیه دشت آبادان بیانجامد.

کلیدواژه‌ها: سازند سروک، دشت آبادان، فرایندهای دیاژنزی، کیفیت مخزنی.

***نویسنده مسؤل:** حسین رحیم‌پور بناب

E-mail: rahimpor@ut.ac.ir

۱- پیش‌نوشتار

زمین‌ساخت نمکی (halokinetik) (مربوط به سری نمک هرمز) سبب گسترش چندین بالآمدگی (paleohighs) (بلندای هندیمان و بلندای بورگان-آزادگان) و فرورفتگی در منطقه فروافتادگی دزفول و دشت آبادان شده است (مطیعی، ۱۳۷۲؛ Abdollahie Fard et al., 2006; Mehrabi and Rahimpour-Bonab, 2014). این زمان، حاشیه شمال خاوری صفحه عربستان از یک حاشیه قاره‌ای غیرفعال به یک حاشیه زمین‌ساختی فعال تبدیل شده است (Sepehr and Cosgrove, 2005; Alavi 2004 and 2007 (شکل ۲). سازند سروک به سن آلین بالایی-تورنین میانی، بخش بالایی سکنس بزرگ‌مقیاس ناحیه‌ای AP8 (Sharland et al., 2001) و بخشی از گروه بنگستان را تشکیل می‌دهد. این سازند در دو رخساره اصلی شامل سنگ‌آهک‌های توده‌ای نهشته شده در محیط نریتیک و رخساره ژرف نازک‌لایه الیگوسترنی‌نادر با فونای پلاژیک گسترش یافته است (James and Wynd, 1965). در ناحیه دشت آبادان سازند سروک به ستبرای حدود ۶۵۰ متر از رخساره‌های کربناته کم‌ژرفا تشکیل شده است. سازند سروک به‌طور هم‌شیب روی سازند کژدمی با مرز تدریجی قرار می‌گیرد (مطیعی، ۱۳۷۲). مرز بالایی آن به‌صورت ناهم‌ساز در ناحیه فارس ساحلی و خوزستان به‌وسیله یک لایه آهک آرزلیلی-شیلی به نام سازند لافان از سازند ایلام جدا می‌شود (آقانبائی، ۱۳۹۲). وجود یک ناپوستگی موازی، به سن پس از سنومانین در میان سازند سروک، سبب شده تا این سازند به سروک پایینی (سنومانین) و سروک بالایی (تورنین) تقسیم شود. این ناپوستگی‌ها و محصولات آنها تأثیر مهمی بر ویژگی‌های مخزنی این توالی کربناته داشته‌اند.

کیفیت مخزنی سازندهای کربناته، به‌طور چیره تحت تأثیر رخساره‌ها و فرایندهای دیاژنزی شکل می‌گیرد (Lucia, 2007; Ahr, 2008; Moore and Wade, 2013). بنابراین آگاهی از توزیع رخساره‌ها و تأثیر فرایندهای دیاژنزی، به‌منظور شناخت ناهمگنی‌ها و بحث درباره کیفیت مخزنی ضروری است. کربنات‌های سازند سروک پس از سازند آسماری مهم‌ترین سنگ مخزن ایران هستند که از جنبه‌های مختلف تغییرات رخساره‌ای و محیط رسوبی، چینه‌نگاری سکنسی، تغییرات دیاژنزی، وجود سطوح رخنمون دیرینه، واحدهای جریان و کیفیت مخزنی، در بخش‌های مختلف زاگرس و خلیج فارس مطالعه شده‌اند (Taghavi et al., 2006; Ghabeshavi et al., 2010; Razin et al., 2010; Hajikazemi et al., 2012; Van Buchem et al., 2011; Hollis, 2011; Rahimpour-Bonab et al., 2012 and 2013; Mehrabi et al., 2015; Esrafil-Dizaji et al., 2015; Assadi et al., 2016). وجود این ناهمگنی‌ها و تغییرات گسترده کیفیت مخزنی، سبب می‌شود بحث درباره عوامل مؤثر و کنترل‌کننده کیفیت مخزنی ضروری باشد. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر رخساره‌ها و فرایندهای دیاژنزی بر کیفیت مخزنی سازند سروک برای شناخت بهتر این مخزن مهم کربناته در ناحیه دشت آبادان است که یک منطقه مهم از دیدگاه اکتشاف و گسترش مخازن هیدروکربنی به شمار می‌آید.

۲- زمین‌شناسی و چینه‌شناسی منطقه

میدان مورد مطالعه در دشت آبادان، به‌عنوان یکی از زیرپهنه‌های زاگرس (شکل ۱) و روی بلندای قدیمی بورگان جای دارد (Abdollahie Fard et al., 2006). این ناحیه در بخش شمال خاوری صفحه عربی قرار گرفته است و ویژگی‌های زمین‌شناسی آن همانندی زیادی با صفحه عربی (به‌ویژه حوضه مزوپوتامین عراق) نشان می‌دهد (Abdollahie Fard et al., 2006). میدان مورد مطالعه نیز یکی از بزرگ‌ترین میدان‌های نفتی ایران است که روندی شمالی-جنوبی دارد. در کرتاسه میانی فعال شدن دوباره قائم بلوک‌های پی‌سنگی (basement-block faults) و حرکات

۳- داده‌ها و روش مطالعه

این مطالعه بر پایه ۴۵۵ متر مغزه و ۴۲۰ عدد مقطع نازک تهیه شده از مغزه‌ها از بخش مخزنی سازند سروک، در ۳ چاه مهم در یکی از میدان‌های هیدروکربوری بزرگ ناحیه دشت آبادان است. همه مقاطع نازک برای تعیین سنگ‌شناسی با محلول آلزارین سرخ به روش Dickson (1966) رنگ‌آمیزی شده‌اند. به‌منظور

و اینتراکست‌های بیضوی شکل (۰/۶ میلی‌متر) با فراوانی ۱۰ درصد است که در یک ماتریکس ریزدانه دارای خرده‌های نامشخص بیولکست‌ها قرار گرفته‌اند. بافت این ریزرخساره از گل‌پشتیان تا دانه‌پشتیان تغییر می‌کند. گوناگونی بالا و فراوانی بیولکست‌ها نمایانگر چرخش خوب آب و مساعد بودن مواد مغذی است (Zhicheng et al., 1997). همچنین فراوانی جلبک‌های سبز در این ریزرخساره نمایانگر رسوب گذاری آن در بخش لاگون مرتبط با دریای باز است (شکل ۳-ت).

۴-۲. کمربند رخساره‌ای پشته‌های بیولکستی زیرآبی (Shoal)

• **ریزرخساره شماره ۵- گرنیستون پلوییدی دارای روزن‌بران کفزی (Benthic foraminifera Peloid Grainstone):** آلوکم اصلی این ریزرخساره را پلوییدها با فراوانی ۲۰ تا ۳۰ درصد (۰/۳ تا ۰/۵ میلی‌متر) به همراه روزن‌بران کفزی کوچک تشکیل داده و در یک زمینه کاملاً سیمانی قرار گرفته‌اند. فراوانی پلویید و روزن‌بران کفزی کوچک نمایانگر نزدیکی این ریزرخساره به محیط لاگون است. با توجه به گردشگی و جورشدگی دانه‌ها، زمینه سیمانی و بافت دانه‌پشتیان این ریزرخساره در بخش رو به لاگون پشته‌های بیولکستی زیرآبی (Leeward shoal) نهشته شده است (شکل‌های ۳-ث و ۹-ح).

• **ریزرخساره شماره ۶- گرنیستون نا پکستون بیولکستی (Bioclastic Packstone to Grainstone):** این ریزرخساره دارای خرده‌های خارپوست، رودیست و دوکفه‌ای، جلبک سبز، خرده‌های مرجان و روزن‌بران کفزی به‌طور کلی با فراوانی ۵۰ درصد هستند. پلویید و اینتراکست (۰/۵ تا ۱/۵ میلی‌متر) با فراوانی حدود ۱۰ درصد از اجزای غیراسکلتی هستند که در یک بافت دانه‌پشتیان قرار گرفته‌اند. با توجه به بافت این ریزرخساره، گوناگونی بالای آلوکم‌ها و وجود قطعات اینتراکستی گرد شده (خانجانی و همکاران، ۱۳۹۳) نشانگر تشکیل این ریزرخساره در یک محیط با انرژی بالاست. حضور سیمان کربناته نشان از افزایش انرژی محیط و شسته شدن گل کربناته از محیط است (Carannanate et al., 2000). این ریزرخساره در بخش مرکزی پشته‌های بیولکستی زیرآبی (bioclastic shoal) و بالای سطح امواج نرمال آب دریا نهشته شده است. (شکل ۳-ج).

• **ریزرخساره شماره ۷- گرنیستون نا رودستون دارای خرده‌های رودیست (Rudist debris Grainstone to Rudstone):** مهم‌ترین اجزای اصلی این ریزرخساره خرده‌های رودیست (۳ میلی‌متر) با فراوانی حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد و خارپوست، دوکفه‌ای با فراوانی ۱۵ درصد هستند. روزن‌بران کفزی مانند آلوتولینیده دارای فراوانی کمتر از ۱۰ درصد هستند که در یک بافت دانه‌پشتیان قرار دارند. زمینه سیمانی این ریزرخساره نشانگر محیطی با انرژی بالا است که به بخش رو به دریای باز پشته‌های بیولکستی زیرآبی (Seaward bioclastic shoal)، بالای سطح امواج عادی آب دریا تعلق دارد (شکل ۳-چ).

۴-۳. کمربند رخساره‌ای سکوی دریای باز (Platform open marine)

- کمربند رخساره‌ای تالوس (Talus)

• **ریزرخساره شماره ۸- رودستون دارای خرده‌های رودیستی (Rudist debris Rudstone):** این ریزرخساره شامل خرده‌های رودیست بیشتر سالم با اندازه بیش از ۲ میلی‌متر (۳۰ درصد)، جلبک سبز و روزن‌بران کفزی با فراوانی حدود ۱۰ تا ۱۵ درصد است که در یک بافت دانه‌پشتیان قرار دارند. فراوانی قطعات درشت رودیست نشان‌دهنده محیط پراثری (Wilson, 1975; Aqravi et al., 2010); و فابریک رودستونی این ریزرخساره بیانگر تالوس ناشی از ریف‌های کومه‌ای است که در بخش حاشیه دریای باز سکوی کربناته حضور دارند (Rahimpour-Bonab et al., 2012) (شکل‌های ۳-ح و ۹-ج).

• **ریزرخساره شماره ۹- پکستون بیولکستی دارای خرده‌های رودیستی (Rudist debris Bioclast Packstone):** اجزای اصلی این ریزرخساره خرده‌های رودیست، خارپوست و استراکدا با فراوانی حدود ۳۰ درصد است. روزن‌بران کفزی با فراوانی کمتر از ۷ درصد همراه با دیگر آلوکم‌ها در یک زمینه گلی

شناسایی بهتر تخلخل و سامانه منافذ، ۱۵۷ نمونه اپوکسی آبی تزریق شده است. به‌منظور ارزیابی کیفیت مخزنی از داده‌های تخلخل و تراوانی از ۳۶۴ عدد پلاگ تهیه شده از مغزه متعلق به شرکت مهندسی و توسعه نفت ایران استفاده شده است. برای نام‌گذاری ریزرخساره‌ها از روش تقسیم‌بندی (Embry and Klovan (1971) و (Dunham (1962) در تفسیر و رده‌بندی ریزرخساره‌ها با ریزرخساره‌های استاندارد (Flügel (2010) مطابقت داده شده است.

۴- بررسی رخساره‌ها و محیط رسوبی

نتایج حاصل از توصیف مطالعه مغزه‌ها و مقاطع نازک میکروسکوپی به شناسایی ۱۳ ریزرخساره در قالب کمربندهای رخساره‌ای لاگون، پشته‌های بیولکستی زیرآبی، دریای باز شامل تالوس و شیب انجامیده است (جدول ۱).

۴-۱. کمربند رخساره‌ای لاگون (Lagoon)

• **ریزرخساره شماره ۱- مادستون نا وکستون دارای میلیولیده و سوزن اسفنج (Sponge Spicules Miliolid Mudstone to Wackestone):** این ریزرخساره دارای روزن‌بران کفزی شامل میلیولیده (Miliolids)، سوزن اسفنج، نزازاتا (*Nezzazata sp.*) با فراوانی ۵ تا ۱۰ درصد و پلوییدهای ریز (در اندازه ۰/۲ میلی‌متر) با فراوانی ۷ درصد است. بافت چیره این ریزرخساره گل‌پشتیان بوده و از مادستون تا وکستون متغیر است. درصد و گوناگونی بسیار کم روزن‌بران کوچک کفزی نشان از شرایط نامناسب زندگی برای موجودات در محیط‌های محصور شده کم‌ژرفا دارد (Flügel, 2010) و گسترش ماتریکس گلی نمایانگر یک محیط لاگون محدود با انرژی پایین است (Ghabeishavi et al., 2010) (شکل ۳-الف).

• **ریزرخساره شماره ۲- وکستون دارای روزن‌بران کفزی (Benthic Foraminifera Wackestone to Packstone):** اجزای اصلی این ریزرخساره روزن‌بران کفزی شامل میلیولیده، آلوتولینیده (Alveolinids) و کریزالینید (*Chrysalidina*) با فراوانی حدود ۱۰ درصد هستند. پلوییدها در حدود ۷ درصد عناصر فرعی این ریزرخساره را در یک بافت گل‌پشتیان تشکیل می‌دهند. میلیولیدها در محیط‌های خیلی کم‌ژرفای دریایی و ترجیحاً در آب‌های با آشفستگی کم یافت می‌شوند و از دید درجه شوری در محیط‌های نیمه‌شور تا خیلی شور حضور دارند (وزیری مقدم و صفری، ۱۳۸۲). در این ریزرخساره گوناگونی کم مجموعه فسیلی، وجود پوشش میکربیتی و گسترش میکربیت نشان‌دهنده ارتباط کم محیط لاگون با دریای باز (شاهوردی و همکاران، ۱۳۹۴) و بیانگر چرخش محدود آب (Ghabeishavi et al., 2010) در محیط لاگون است (شکل ۳-ب).

• **ریزرخساره شماره ۳- پکستون پلوییدی دارای انواع روزن‌بران کفزی (Diverse Benthic Foraminifera Wackestone to Packstone):** این ریزرخساره دارای روزن‌بران کفزی کوچک و بزرگ از جمله میلیولیده، نزازاتا، تکستولاریا (*Textularia sp.*)، آلوتولینیده، دایسیکلینا (*Dicyclina*) و سودولیتونلا (*Pseudolituonella*) با فراوانی ۲۵ درصد است که گوناگونی و فراوانی آلوکم‌ها سبب تمایز این ریزرخساره با ریزرخساره پیشین شده است. پلوییدها با فراوانی ۱۵ درصد از اجزای اصلی این ریزرخساره هستند و در بافتی دانه‌پشتیان قرار گرفته‌اند. فراوانی موجودات با دیواره پورسلانوز و وجود گل، نشان از ته‌نشست این ریزرخساره در محیط لاگون دارد و از سوی گوناگونی بالا و فراوانی روزن‌بران کفزی دلیلی بر چرخش خوب و شوری عادی آب دریا (Ghabeishavi et al., 2010) و ارتباط این محیط با دریای باز است. همراهی میلیولیده و آلوتولینیده با خرده‌های خارپوست نمایانگر رسوب‌گذاری این ریزرخساره در لاگون نیمه محصور است (Tucker and Wright, 1990; Flügel, 2010) (شکل‌های ۳-پ و ۹-الف).

• **ریزرخساره شماره ۴- پکستون دارای انواع بیولکست (High Diversity Bioclastic Packstone):** آلوکم‌های اصلی این ریزرخساره شامل جلبک سبز، خرده‌های رودیست (۰/۵ تا ۲ میلی‌متر)، خارپوست و دوکفه‌ای با فراوانی ۲۰ تا ۳۰ درصد هستند. از اجزای غیر اسکلتی این ریزرخساره پلوییدها

رسوبی در بخش بالایی سازند سروک و قرار گرفتن آن روی قله بلندای دیرینه است. در زمان کرتاسه بالایی به علت چیرگی شرایط اقلیمی نامناسب برای گسترش موجودات چارچوب‌ساز (مرجان‌ها)، انقراض دسته جمعی موجودات و تغییرات سریع سطح دریاها ریف‌های سدی حجیم و مرتفع مرجانی گسترش نداشته است. در این زمان (چیرگی آب‌وهوای حاره‌ای مرطوب) شرایط برای گسترش رودیست‌ها فراهم شده بود؛ اما این موجودات به دلیل نداشتن توانایی در اتصال سه‌بعدی در کولونی‌ها، ساختمان‌های شکننده‌ای با ارتفاع کم از بستر حوضه ایجاد می‌کرده‌اند و بنابراین توانایی تشکیل ریف‌های مرتفع و سدی همانند مرجان‌ها را نداشته‌اند. از این رو ریف‌های کومه‌ای (Knoll) رودیستی ارتفاع کم از بستر داشته‌اند (Ross and Skelton, 1993; Pomar, 1991 and 2001) که در برخی رخنمون‌های کرتاسه زاگرس دیده می‌شوند. البته به دلیل نداشتن این انسجام به راحتی در معرض فرسایش بوده و به همین سبب واریزه‌های گسترده‌ای (تالوس) را تشکیل داده‌اند. بخش بالایی سازند سروک در این میدان روی بلندای دیرینه بورگان-آزادگان قرار گرفته است (Abdollahie Fard et al., 2006) که این امر موجب شده تا حوضه رسوبی سازند سروک در میدان مورد مطالعه مورفولوژی پیچیده‌ای داشته باشد. با توجه به این نکته و بررسی تحولات زمین‌ساختی (حرکت گسل‌های پی‌سنگی و جنبش زمین‌ساختی نمک هرمز) (Bosence, 2005)، تغییرات گسترده جانبی و عمودی رخساره‌ای، وجود لاگون و تالوس گسترده (Assadi et al., 2016) می‌توان نتیجه گرفت که بخش بالایی سازند سروک در این منطقه در یک سکوی کربناته ایزوله (Isolated platform) با شیب حدود ۱۰ درجه رسوب‌گذاری شده است (شکل ۵). البته تنها بخش خاوری این سکوی ایزوله در محدوده ایران قرار دارد و اطلاعات رسوب‌شناسی از سوی باختری آن در دسترس نیست. داده‌های لرزه‌ای غیر قابل انتشار از این میدان نیز این نوع نیم‌رخ کربناته را تأیید می‌کنند.

۵- دیازنز و توالی دیازنری

فرایندهای دیازنری شناسایی شده در بخش بالایی سازند سروک در سه محیط دیازنری اصلی شامل دریایی، جوی و تدفینی رخ داده‌اند. مهم‌ترین فرایندهای دیازنری اثرگذار بر تغییر و تحولات مخزنی انحلال، سیمانی شدن و تراکم هستند (فرامرزی و همکاران، ۱۳۹۴). فرایندهای دیازنری زیست‌آشفته‌گی و میکرایتی شدن تأثیر قابل توجهی بر تغییر شعاع گلوگاه‌ها، منافذ سنگ و در نتیجه کیفیت مخزنی نداشته‌اند؛ همچنین تبلور دوباره در برخی نمونه‌ها سبب تشکیل ساختار متراکم و پر شدن تخلخل‌های ریز شده است (اسعدی و همکاران، ۱۳۹۵).

۵-۱. سیمانی شدن (Cementation)

در توالی مورد مطالعه سیمان‌های کلسیتی هم‌ستبر (Isopachous) سبب نبود تراکم فیزیکی و حفظ تخلخل در رخساره گرینستون تا رودستون شده است. سیمان کلسیتی هم‌بعد بخشی از تخلخل میان‌دانه‌ای و درون‌دانه‌ای را پر می‌کند و بیشتر در رخساره‌های پشته‌های بیوکستی زیرآبی دیده می‌شود که متعلق به محیط‌های جوی و تدفینی هستند. سیمان کلسیتی هم‌محور (Syntaxial) و سیمان کلسیت دروزی (Drusy) تخلخل‌های اولیه و ثانویه را پر کرده و در محیط جوی و تدفینی تشکیل شده‌اند. سیمان بلوکی (Blocky) پرکننده بخشی از تخلخل‌های قالبی، حفره‌ای (Vuggy)، کانالی (Channel) و شکستگی است که نشانگر تشکیل در محیط تدفینی است (شکل ۶). سیمان دروزی و سیمان کلسیت هم‌بعد در همه گروه‌های ریزرخساره‌ای مورد مطالعه گسترش دارند و مهم‌ترین عامل در کاهش تخلخل در بخش بالایی سازند سروک هستند.

۵-۲. انحلال (Dissolution)

چندین مرحله انحلال به دلیل دیازنر گسترده و پیچیده، توالی سازند سروک را تحت تأثیر قرار داده است. این فرایند دیازنری به‌طور کلی با توجه به شواهد سنگ‌نگاری، شامل انحلال‌های پیروی کننده از فابریک از جمله تخلخل قالبی، میان‌دانه‌ای، درون‌دانه‌ای و میان‌بلوری و انحلال‌های غیر پیروی کننده از فابریک هستند

دارای خرده‌های ریز بیوکستی نامشخص (۰/۱ میلی‌متر) قرار گرفته‌اند. با توجه به کاهش اندازه (۰/۵ تا ۱ میلی‌متر) آلوکم‌ها به‌ویژه خرده‌های رودیست، کاهش درصد فراوانی روزن‌بران کف‌زی و گردشدگی دانه‌ها در این ریزرخساره نشان از نهشته شدن آن در بخش میانی تالوس و پایین‌تر از پشته‌های رودیستی (بیوستروم) دارد (شکل ۳-خ).

• **ریزرخساره شماره ۱۰- وکستون تا فلوئستون دارای خرده‌های رودیست (Rudist debris Wackestone to Floatstone):** این ریزرخساره دارای خرده‌های رودیست (۲ میلی‌متر)، بریوزوئر، روزن‌بران کف‌زی با فراوانی ۱۵ تا ۲۰ درصد است که در یک زمینه گلی دارای قطعات ریز بیوکستی (Esrafil Dizaji et al., 2015) قرار دارند. از آنجا که رودیست‌ها در بخش‌های کم‌ترفاتر حوضه رسوبی گسترش داشته‌اند؛ بر اثر عملکرد امواج و جریان‌های قطعاتی از آنها خرد (Taghavi et al., 2006) و به همراه ذرات اسکلتی ساییده شده در بخش‌های انتهایی تالوس رسوب‌گذاری شده‌اند (شکل ۳-د).

- کمر بند رخساره‌ای شیب (Slop)

• **ریزرخساره شماره ۱۱- پکستون دارای روزن‌بران کف‌زی بزرگ (Large Benthic foraminifer Packstone):** این ریزرخساره بیشتر از اوربیتولینا (*Orbitolina* sp.) با فراوانی ۳۰ تا ۳۵ درصد است. آلوئولینیده، دایسیکلینا و خرده‌های بیوکستی در حدود ۲۰ درصد در یک زمینه میکریتی و تا بخشی سیمانی قرار دارند. با توجه به اینکه این ریزرخساره همراه با توالی‌های ریزرخساره‌ای دریای باز دیده شده‌اند؛ همچنین وجود اوربیتولینا با خرده‌های رودیست گردننده، بافت دانه‌پشتیبان و زمینه گلی با بخش‌هایی سیمانی نمایانگر رسوب‌گذاری آن در حاشیه جلوی سد (Pomar, 1991) و ابتدای دریای باز است (شکل ۳-ذ).

• **ریزرخساره شماره ۱۲- وکستون تا پکستون بیوکستی دارای خرده‌های خارپوست (Echinoderm Bioclast Packstone to Wackestone):** از اجزای اصلی این ریزرخساره، خرده‌های خارپوست با فراوانی ۳۰ تا ۳۵ درصد است. خرده‌های رودیست، روزن‌بران کف‌زی و پلویدها با فراوانی ۱۰ درصد از اجزای اسکلتی دیگر این ریزرخساره هستند. وجود قطعات گرد نشده فراوان خارپوست (۱ تا ۴ میلی‌متر) که از موجودات استنوهالین هستند؛ نمایانگر رسوب‌گذاری در محیط شیب دریای باز است (Heckel, 1972). خرده‌های ساییده شده رودیست و روزن‌بران کف‌زی نشانه‌هایی از حمل مواد از بخش‌های ابتدایی دریای باز به سوی بخش میانی آن است (شکل ۳-ر).

• **ریزرخساره شماره ۱۳- وکستون بیوکستی دارای روزن‌بران کوچک (Small Foraminifera Bioclastic Wackestone):** این ریزرخساره از روزن‌بران کف‌زی کوچک از جمله روتالیا (*Rotalia* sp.)، تکستولاریا حدود ۱۵ درصد و روزن‌بران پلانکتونیک با فراوانی ۵ درصد تشکیل شده است. خرده‌های ریز خارپوست، سوزن اسفنج (۰/۱ تا ۰/۵ میلی‌متر) و پلویدهای ریز به‌صورت پلویدهای گلی (Flügel, 2010) با فراوانی کمتر از ۱۰ درصد در یک بافت گل‌پشتیبان پراکنده هستند که نمایانگر انرژی پایین محیط و رسوب‌گذاری زیر سطح امواج عادی دریاست. وجود روزن‌بران پلانکتونیک، نزدیکی این ریزرخساره را به انتهای دریای باز نشان می‌دهد (شکل ۳-ز).

۴-۴. محیط رسوبی

در چاه‌های مورد مطالعه گسترش و ستبرای کمر بندهای رخساره‌ای متفاوت است. بیشترین گسترش توالی ریزرخساره‌های رودیستی در چاه B است که حدوداً در میانه میدان قرار دارد (شکل ۴). این توالی بخش مخزنی سازند سروک را شامل شده است که در نمودارهای پتروفیزیکی با افزایش پیک لاگ تخلخل (NPHI) و کاهش لاگ مقاومت (RHOB) مشخص می‌شود؛ همچنین در نمودار تخلخل-تراوایی مغزه با افزایش تخلخل و تراوایی همراه است (شکل‌های ۹، ۱۰ و ۱۱). نتایج کلی نمودار دایره‌ای، نشان می‌دهد که کمر بند لاگون همراه با کمر بند سدی نسبت به دیگر کمر بندها گسترش بیشتری دارد و نشان‌دهنده کم‌ترفا بودن حوضه

۷- کیفیت مخزنی

تأثیر متغیرهای اولیه رسوبی و ثانویه دیاژنری کیفیت مخزنی مخازن کربناته را کنترل می‌کند (Lucia, 2007; Ahr, 2008). در این مطالعه تأثیر مهم‌ترین متغیرها بر توزیع تخلخل - تراوایی به‌طور خلاصه به شرح زیر است (شکل ۸).

۷-۱. کمرندهای رخصاره‌ای

کمرند رخصاره‌ای تالوس بالاترین مقادیر تخلخل (۱۷/۷۵٪) و تراوایی (۲۲/۹۷ md) را نشان می‌دهد که آثار آن روی برش مغزه‌ها با تخلخل و آغشتگی به نفت دیده شده است (شکل‌های ۸ و ۹). این کمرند رخصاره‌ای دارای فراوانی ۱۵/۹۱ درصد از کل کمرندهای رخصاره‌ای است و بخش مخزنی سازند سروک بالایی را تشکیل می‌دهد. عامل اصلی بالا بودن تخلخل - تراوایی در این کمرند تأثیر دیاژنری جوی، کنترل شده توسط رخصاره رسوبی و عامل فرعی آن شکستگی و ریزشکستگی است. کمرند رخصاره‌ای شیب با میانگین تخلخل ۳۱۵/۳٪ و تراوایی ۴/۲۷ md کیفیت مخزنی متوسطی را نشان می‌دهد؛ کاهش تراوایی در این کمرند به دلیل تراکم و وجود تخلخل‌های مجزاست. همچنین کمرند رخصاره‌ای پشته‌های بیوکستی زیرآبی با میانگین تخلخل ۱۲/۱۵٪ و تراوایی ۲/۵ md کیفیت مخزنی پایینی نشان می‌دهند. این کمرند رخصاره‌ای کمترین فراوانی را در میان کمرندها دارد. انحلال قالبی در ریزرخصاره‌های کمرند پشته‌های بیوکستی زیرآبی سبب افزایش تخلخل می‌شود و نبود ارتباط میان این نوع تخلخل و فرایند سیمانی شدن عاملی تأثیرگذار بر کاهش تراوایی است. کمرند رخصاره‌ای لاگون با میانگین تخلخل ۹/۱۴٪ و تراوایی ۵/۲ md کیفیت مخزنی متوسط تا پایینی دارد که بیشترین درصد از مجموع کل کمرندهای رخصاره‌ای را به خود اختصاص می‌دهد. تخلخل درون‌دانه‌ای همراه با شکستگی‌های باز و تخلخل میان بلورهای دولومیت‌ها دلیلی بر افزایش تراوایی رخصاره‌های گل‌پشتیان لاگون شده است (شکل ۴).

۷-۲. انحلال، سیمانی شدن و تراکم

بررسی تأثیر این متغیرها در مورد کیفیت مخزنی بخش بالایی سازند سروک در این منطقه نشان می‌دهد که متغیر شدت انحلال می‌تواند به خوبی در گروه‌بندی نمونه‌ها استفاده شود. ارتباط بسیار مشخصی میان نمونه‌های با انحلال بالا و کیفیت مخزنی بالا دیده می‌شود. شکل‌گیری بیشتر انحلال‌های دیده شده در سازند سروک تحت تأثیر دیاژنری جوی و ناشی از سطوح رخنمون تحت‌الجوی است (Rahimpour-Bonab et al., 2012 and 2013) که آثار آن روی نمونه‌های مغزه دیده می‌شود (شکل ۹). نمونه‌های با سیمانی شدن بالا عموماً کیفیت مخزنی پایینی نشان می‌دهند و در برابر آن نمونه‌های با سیمانی شدن کم در صورتی که رخصاره اولیه کیفیت مخزنی اولیه بالایی داشته باشد، مقادیر تخلخل - تراوایی متوسطی نشان می‌دهد. گروه‌بندی نمونه‌ها بر پایه تراکم و توزیع تخلخل - تراوایی به دلیل کیفی بودن در هر نمونه دارای روند مشخصی با ویژگی‌های پتروفیزیکی نیست (شکل ۸). در مجموع پس از بررسی تأثیر عوامل اولیه کنترل کننده کیفیت مخزنی شامل بافت رسوبی، ریزرخصاره‌ها و کمرندهای رخصاره‌ای دیده می‌شود که پراکنندگی زیادی در پراکنندگی ویژگی‌های مخزنی وجود دارد که می‌تواند ناشی از تأثیر چیره فرایندهای دیاژنری پس از رسوب گذاری بر کیفیت مخزنی سازند سروک باشد.

۷-۳. عامل ایجاد فرایندهای دیاژنری مؤثر بر کیفیت مخزنی

ناپیوستگی مرز سنومانین - تورنین محدود به جنوب باختری ایران و بخش‌هایی از صفحه عربی دانسته می‌شود که تحت تأثیر دیاپایرسم نمک و گسل‌های پی‌سنگی قرار گرفته است (Hajikazemi et al., 2010; Hollis, 2011; Rahimpour-Bonab et al., 2013; Setudehnia, 1978; Van Buchem et al., 2011). بنابراین، این ناپیوستگی با توجه به گسترش محلی آن به‌عنوان یک ناپیوستگی با ماهیت زمین‌ساختی در نظر گرفته می‌شود که بر پایه مدت زمان رخنمون تحت‌الجوی به‌عنوان یک ناپیوستگی کوتاه مدت (Short-lived subaerial exposure) است (Rahimpour-Bonab et al., 2013). شواهد این سطح ناپیوستگی روی مغزه‌ها توسط

(شکل ۷). بیشتر انحلال‌های دیده شده که سبب افزایش کیفیت مخزنی شده‌اند مربوط به رخنمون‌های تحت‌الجوی و تحت تأثیر دیاژنری جوی هستند (Hollis, 2011; Hajikazemi et al., 2012; Rahimpour-Bonab et al., 2013). این انحلال‌ها فراگیر هستند؛ به‌طوری که همه اجزای تشکیل‌دهنده سنگ از جمله دانه‌ها، سیمان و ماتریکس را تحت تأثیر قرار داده‌اند. این فرایند بیشتر در رخصاره‌های دانه‌پشتیان گرینستونی و رودیست رودستونی رخ داده و بیشترین بخش مخزنی را در بخش بالایی سازند سروک این ناحیه تشکیل داده است (شکل‌های ۷ و ۹). بخشی از انحلال‌های دیده شده منشأ دفنی دارند و توسط سیال‌های دفنی ایجاد شده‌اند؛ مانند تخلخل‌های موجود در مسیر استیلولیت‌ها که بیشتر با کانی رسی پر شده‌اند.

۵-۳. شکستگی (Fracturing)

تخلخل حاصل از شکستگی در اثر فرایندهای زمین‌ساختی ایجاد و در رخصاره‌های گروه لاگون دیده می‌شود. شکستگی‌های نسل اول در شرایط تدفینی کم‌ژرفا رخ داده‌اند که با قطع کردن آلوکوم‌ها و زمینه به وسیله کلسیت دروزی و بلوکی هم‌بعد پر شده است. شکستگی‌های نسل دوم با قطع کردن برخی از فرایندهای دیاژنری از جمله استیلولیت و شکستگی‌های نسل اول مشخص می‌شوند که توسط کلسیت هم‌بعد ریزبلور پر شده‌اند. برخی از شکستگی‌ها باز هستند و در طی مهاجرت هیدروکربن‌ها، به‌عنوان گذرگاهی برای عبور سیال‌ها رفتار کرده و سبب افزایش تراوایی شده‌اند (شکل‌های ۷-ج و ۷-چ).

۵-۴. دولومیتی شدن (Dolomitization)

دولومیت‌های بخش بالایی سروک می‌تواند بر پایه دو مدل تدفینی (مرتبط با استیلولیت‌ها و انحلال‌های فشاری) و پهنه مخلوط تفسیر شود (شکل ۷). با توجه به گسترش فرایند حفاری در رسوبات کم‌انرژی لاگون، این کمرند رخصاره‌ای یکی از مناطق مستعد برای تشکیل دولومیت‌های پهنه مخلوط در طی پایین آمدن سطح آب دریا بوده است (Taghavi et al., 2006; Sharp et al., 2010). این نوع دولومیت بیشتر سبب افزایش تخلخل در ریزرخصاره‌های لاگون شده است ولی به دلیل گستردگی نداشتن در توالی مورد مطالعه، تأثیری قابل ملاحظه‌ای بر کیفیت مخزنی بخش بالایی سازند سروک نداشته است. در ریزرخصاره‌های دریای باز دولومیت‌های متعلق به محیط تدفینی به صورت شاور در زمینه میکربیتی دیده شده‌اند. در مجموع هر دو نوع مدل دولومیتی شدن در رخصاره‌های گل‌پشتیان نسبت به دانه‌پشتیان گسترش بیشتری داشته‌اند.

۵-۵. تراکم (Compaction)

تراکم در توالی سروک بالایی افزون بر ژرفای تدفین به محیط رسوب گذاری و فرایند دیاژنری سطحی نیز مربوط می‌شود. تراکم فیزیکی با خردشدگی مکانیکی ذرات و تراکم شیمیایی به‌صورت انحلال فشاری در مرز دانه‌ها، شکل‌گیری استیلولیت‌ها و رگچه‌های انحلالی است (شکل‌های ۷ و ۹). عموماً با توجه به ماهیت گل‌پشتیان بیشتر رخصاره‌های سازند سروک گسترش فرایندهای مرتبط با تراکم شیمیایی نسبت به تراکم فیزیکی، بیشتر دیده می‌شود. تراکم شیمیایی عامل مهمی در کاهش تخلخل و تراوایی برخی از ریزرخصاره‌های رودیستی و در نتیجه کاهش کیفیت مخزنی شده است.

۶- توالی دیاژنری

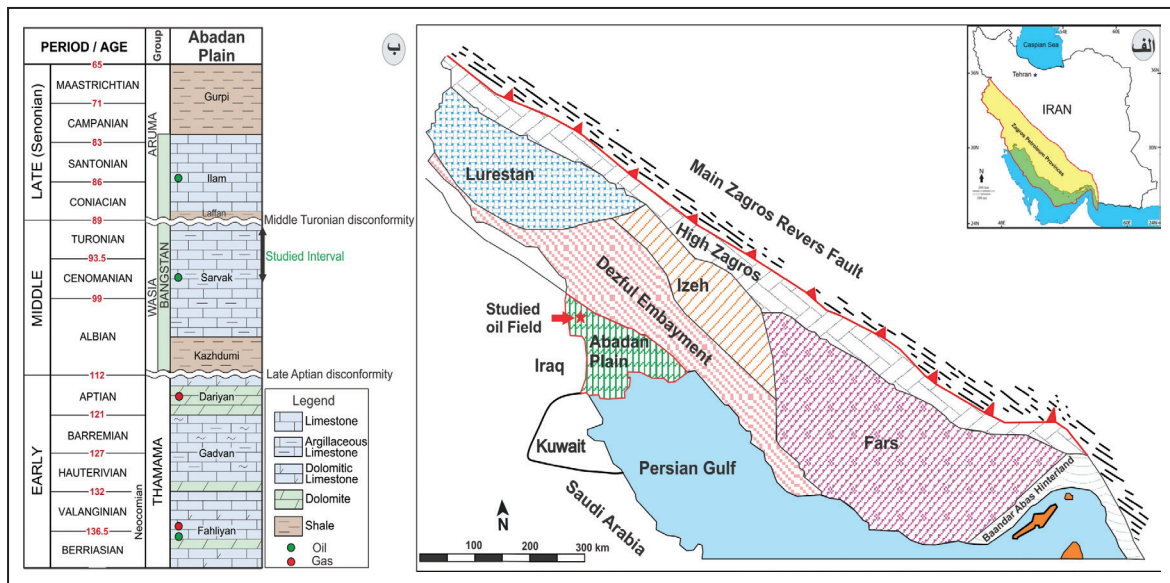
توالی پاراژنری نمایانگر زمان نسبی تأثیر فرایندهای دیاژنری در ناحیه مورد مطالعه است. در مرحله انوژنتیک فرایندهای اولیه دیاژنری شامل زیست‌آشفستگی و میکربیتی که بی‌فاصله پس از رسوب گذاری در کف حوضه آغاز می‌شوند و در مرحله مزوژنتیک نیز فرایندهای تراکم فیزیکی و شیمیایی، سیمان کلسیتی پرکننده حجره‌های فسیلی، نسل اول شکستگی، انحلال و دولومیتی شدن رخ می‌دهد؛ در طی دیاژنری پایانی، فرسایش و بالآمدگی در اثر فرایندهای زمین‌ساختی سبب ایجاد شکستگی‌های بسیار در توالی مورد مطالعه شده است (جدول ۲).

(Isolated Platform) در نظر گرفت. شیب حوضه رسوبی حدود ۱۰ درجه بوده ولی این شیب توسط رژیم رسوب گذاری کربناته ایجاد نشده بلکه ناشی از پالئوتوپوگرافی ناحیه (بلندای بورگان- آزادگان) است. با استناد به نیمرخ‌های لرزه‌نگاری (غیرقابل انتشار) شیب توپوگرافی نیمرخ حوضه رسوبی در اثر تحولات و فعالیت زمین ساخت در زمان کرتاسه بالایی و ایجاد بلندای دیرینه در منطقه ایجاد شده است. بررسی تأثیر متغیرهای اولیه رسوبی شامل بافت رسوبی، ریزرخساره‌ای، کمربندهای رخساره‌ای و دیاژنزی شامل سیمانی شدن، انحلال و تراکم نشان داد که کیفیت مخزنی به صورت کلی تابع فرایندهای رسوبی و دیاژنزی بوده است. رخساره‌های واریزه رودیستی که به صورت گسترده تحت تأثیر فرایند انحلال و تا حدودی شکستگی قرار گرفته‌اند؛ با تخلخل و آغشتگی به نفت بالا بهترین و مهم ترین پهنه‌های مخزنی سازند سروک را تشکیل می‌دهند. بر پایه تلفیق مطالعات سنگ‌نگاری و توصیف مغزه‌ها، یک سطح ناپیوستگی مهم در مرز سنومانین- تورونین شناسایی شد. این سطح روی مغزه‌های مورد مطالعه توسط برشی شدن گسترده و عوارض کارستی مشخص می‌شود. از دید ارتباط این سطح با توزیع سامانه منافذ و ویژگی‌های مخزنی، دیده می‌شود که انحلال‌های گسترده مرتبط با این سطح تحت تأثیر دیاژنز جوی، سبب شکل‌گیری توالی‌های مخزنی با مقادیر بالای تخلخل- تراوایی شده است. به‌طور کلی توالی مخزنی سازند سروک بالایی به‌صورت چیره تحت تأثیر فرایندهای دیاژنزی تحت کنترل رخساره است.

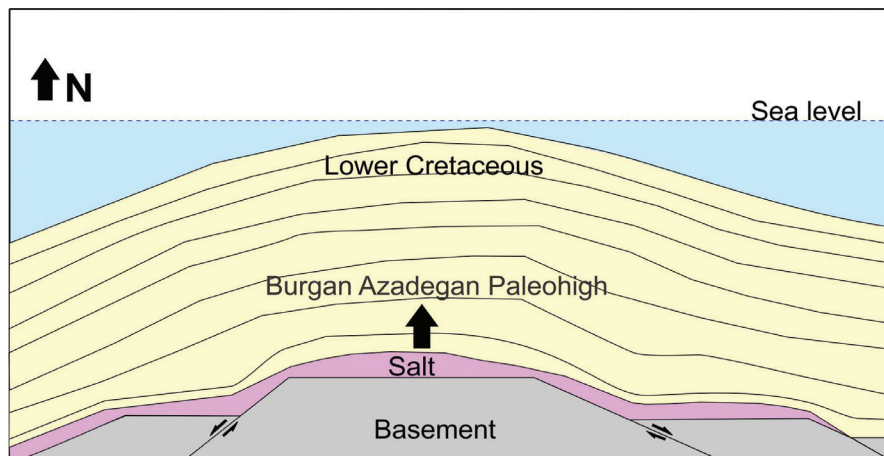
برش‌های ریزشی انحلالی، عوارض کارستی شدن شناخته می‌شود (شکل ۹). سترای پهنه برشی در میدان مورد مطالعه در چاه‌های C ۳ متر، چاه B ۷ متر و چاه A ۱۰ متر است. توالی زیر این سطح ناپیوستگی توسط گسترش یک پهنه واریزه رودیستی با گسترش تخلخل‌های حفره‌ای شناخته می‌شود که معمولاً تخلخل-تراوایی بالایی نشان می‌دهند (شکل ۹). در برخی موارد گسترش سیمانی شدن گسترده سبب کاهش کیفیت مخزنی این توالی‌های رودیست‌دار شده است؛ بنابراین در زمینه تأثیر این سطح ناپیوستگی مهم می‌توان بیان کرد که در سه چاه مورد مطالعه با توجه به تأثیر انحلال‌های گسترده ناشی از این سطح ناپیوستگی بر رخساره‌های واریزه رودیستی عموماً کیفیت مخزنی بالایی دیده می‌شود.

۸- نتیجه‌گیری

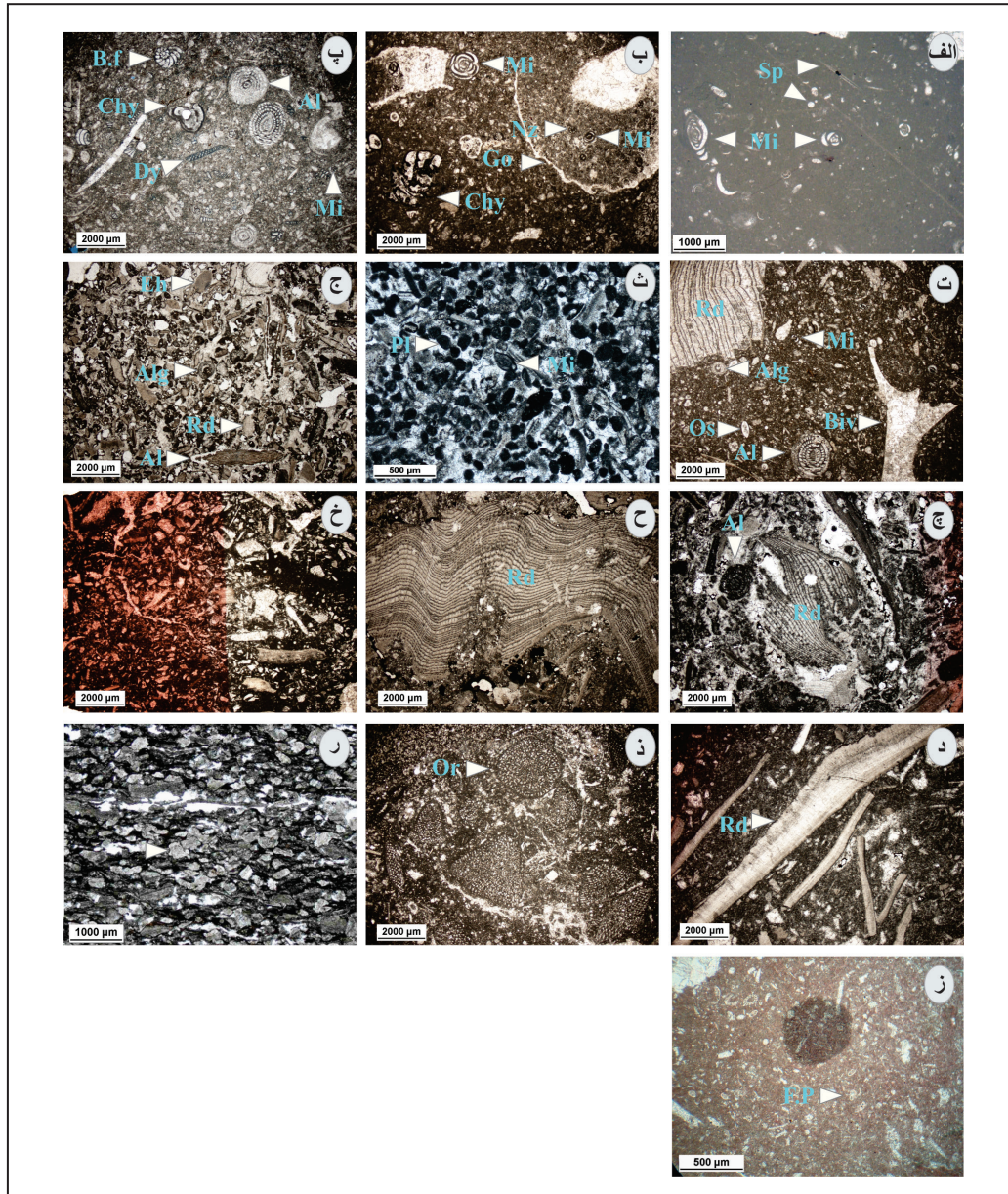
بر پایه تلفیق مطالعات سنگ‌نگاری، توصیف مغزه‌ها و داده‌های تخلخل- تراوایی مغزه ۳ چاه مهم در یکی از میدان‌های هیدروکربنی ناحیه دشت آبادان نتایج زیر حاصل شد: تجزیه‌های رخساره‌ای منجر به شناسایی ۱۳ ریزرخساره در قالب ۳ کمر بند رخساره‌ای اصلی شامل لاگون، پشته‌های بیوکستی زیر آبی (شول) و دریای باز شامل تالوس و شیب انجامید. با توجه به تحولات زمین‌ساختی منطقه و قرارگیری حوضه رسوبی مورد مطالعه روی یک بلندای دیرینه با روند شمالی-جنوبی در مجموع می‌توان برای سازند سروک بالایی در این ناحیه سکوی کربناته از نوع ایزوله



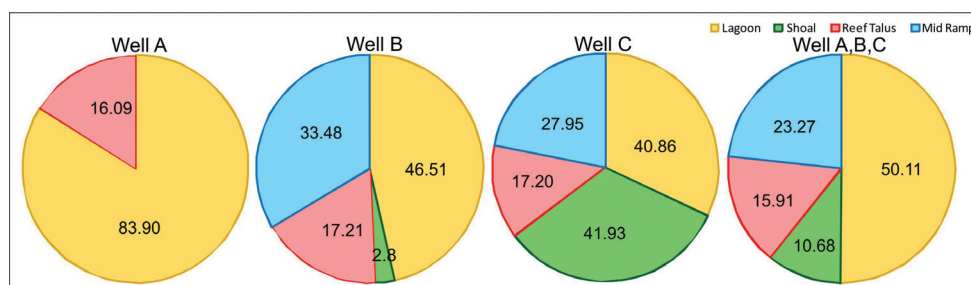
شکل ۱- الف) تقسیمات ساختمانی زاگرس و موقعیت میدان مورد مطالعه در ناحیه دشت آبادان با نشانه ستاره مشخص شده است (مطبعی، ۱۳۷۲). ب) ستون چینه‌سنگی کرتاسه ناحیه دشت آبادان که همراه با ناپیوستگی ناحیه‌ای و توالی مورد مطالعه مشخص شده است (modified from Christian, 1997).



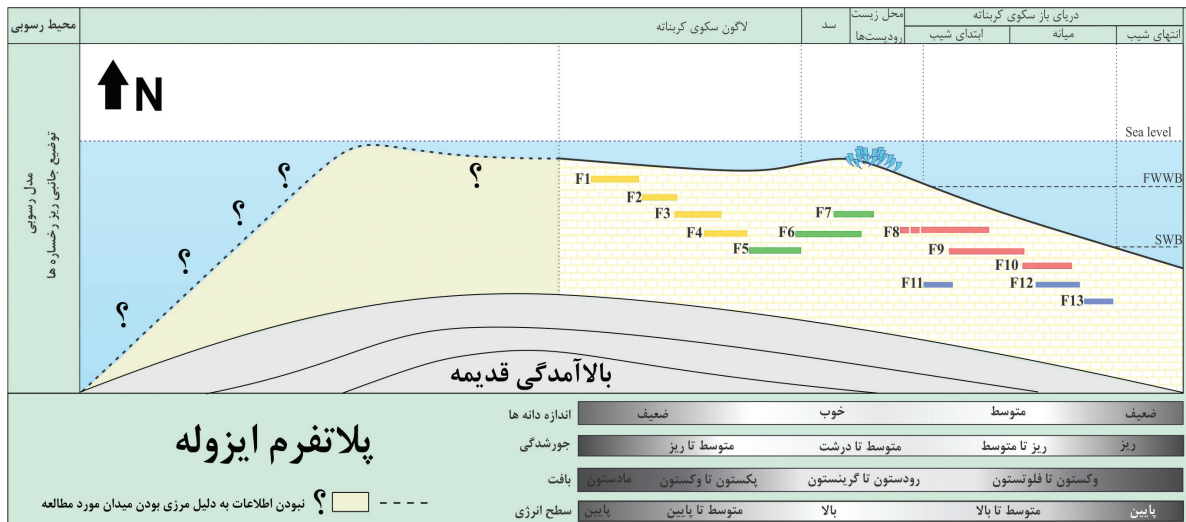
شکل ۲- مدل مفهومی از پالئوتوپوگرافی سکوی کربناته سازند سروک در میدان مورد مطالعه.



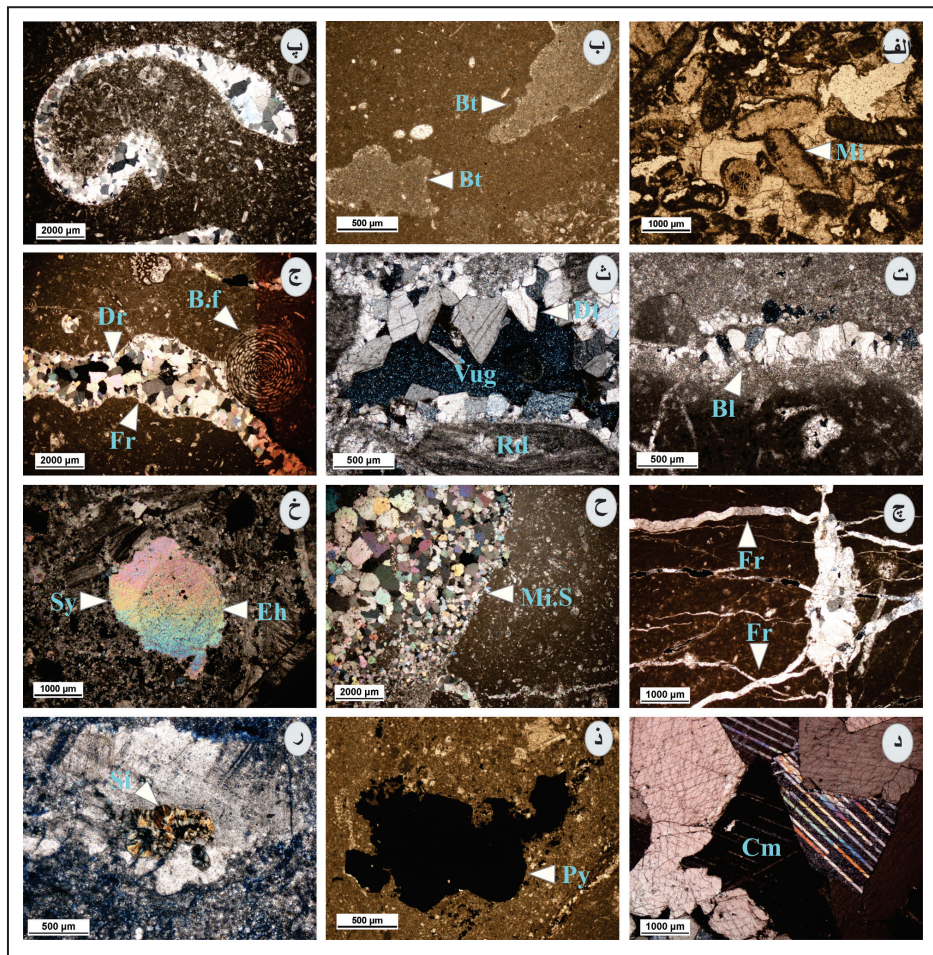
شکل ۳- الف) مادستون تا وکستون دارای میلیولیده و سوزن اسفنج؛ ب) وکستون دارای روزن‌بران کف‌زی؛ پ) پکستون پلیویدی دارای انواع روزن‌بران کف‌زی؛ ت) پکستون دارای انواع بیوکلست؛ ث) گریستون پلیویدی دارای روزن‌بران کف‌زی؛ ج) گریستون تا پکستون بیوکلستی؛ چ) گریستون تا رودستون دارای خرده‌های رودیست؛ ح) رودستون دارای خرده‌های رودیست؛ خ) پکستون بیوکلستی دارای خرده‌های رودیست؛ د) وکستون تا فلوتستون دارای خرده‌های رودیست؛ ذ) پکستون دارای روزن‌بران کف‌زی بزرگ؛ ر) وکستون تا پکستون بیوکلستی دارای خرده‌های خارپوست؛ ز) وکستون تا مادستون دارای روزن‌بران کف‌زی کوچک. همه تصاویر در نور PPL تهیه شده است. نشانه‌های اختصاری: Sp: سوزن اسفنج، Chy: کریزالینید، Mi: میلیولید، Al: آلونولینیده، Dy: دایسیکلینا، Go: گاستروپود، Pl: پلوئید، Nz: نازاتا، Alg: جلبک سبز، Rd: خرده رودیست، Eh: اکتودرم، Os: استراکد، Biv: دوکفه ای، Or: اوریتولین، F.P: روزن‌بران پلانکتونیک.



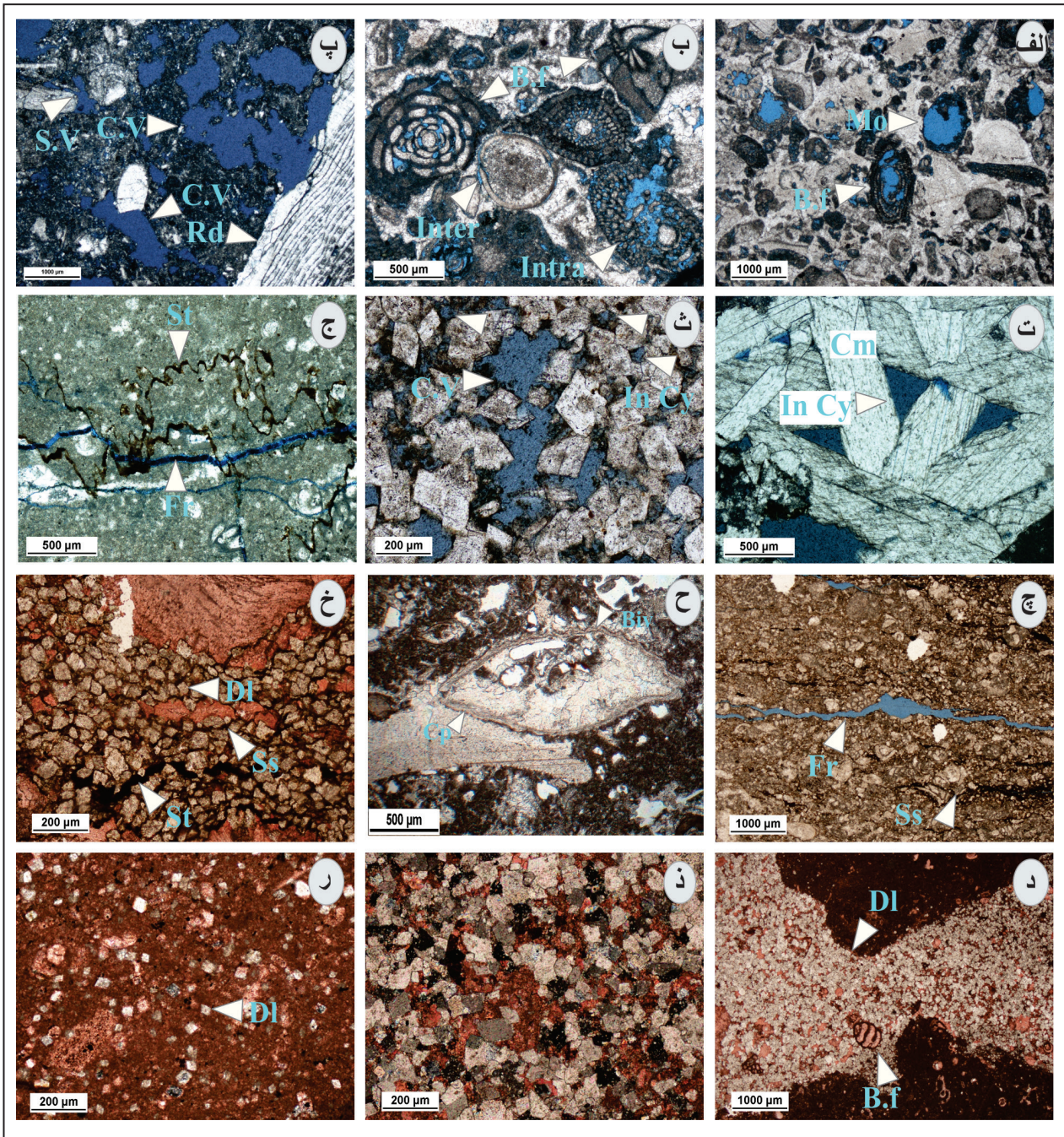
شکل ۴- درصد کمربندهای شناسایی شده در هر یک از چاه‌های مورد مطالعه.



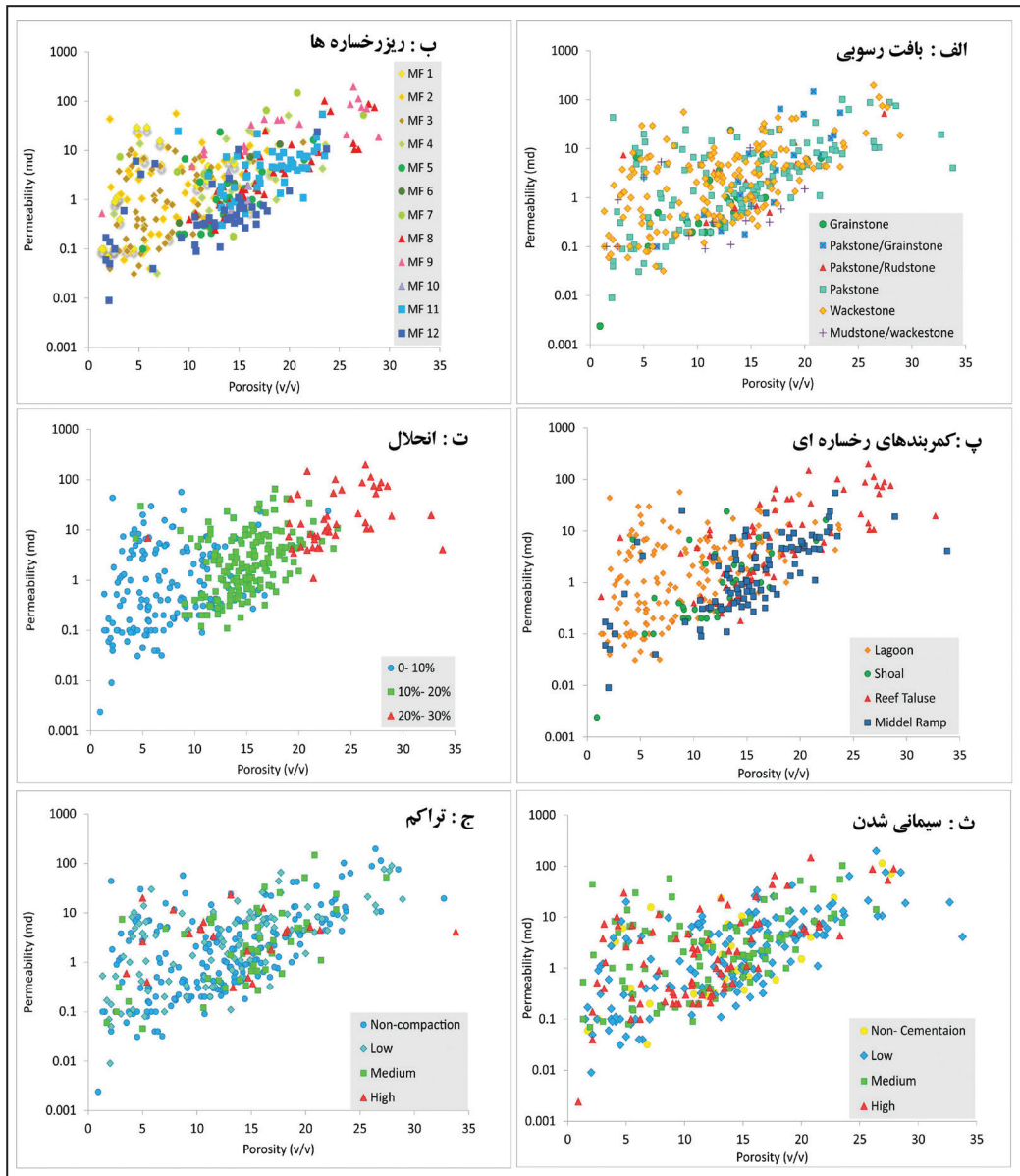
شکل ۵- محیط رسوبی و توزیع جانبی ریزرخساره‌ها در بخش بالایی سازند سروک در میدان مورد مطالعه. همان‌گونه که مشخص است بلندای دیرینه (بالآمدگی دیرینه) در این زمان سبب ایجاد برجستگی در این ناحیه شده که در مجموع یک سکوی کرینانه ایزوله را ایجاد کرده است.



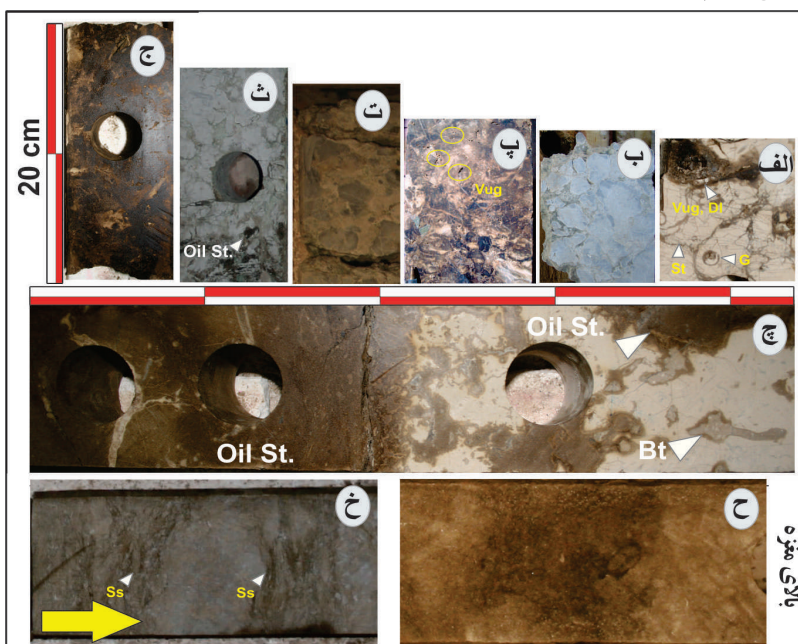
شکل ۶- الف) میکرایتی شدن حاشیه خرده‌های رودیست، ب) زیست آشفته‌گی، پ) تجدید تبلور در دوکفه‌ای، ت) سیمان کلسیتی تیغه‌ای، ث) سیمان کلسیتی دندان‌سگی، ج) شکستگی پر شده با سیمان دروزی، چ) شکستگی‌های نسل اول و دوم که با سیمان کلسیتی پر شده‌اند، ح) تبدیل میکریست به میکرو اسپاریت، خ) سیمان کلسیتی هم‌محور دوردانه خارپوست، د) سیمان کلسیتی هم‌بعد متعلق به محیط تدفینی، ذ) جانشینی پیریت در زمینه، ر) جانشینی سیلیس در رودیست. تصاویر الف، ب، ذ در نور PPL و پ، ت، ث، ج، چ، ح، د، ر در نور XPL. علائم اختصاری: Bt: آشفته‌گی زیستی، Mi: میکریستی شدن دوردانه رودیست، Mi.S: میکرواسپاریت، Fr: شکستگی، Dr: سیمان دروزی، Dt: سیمان دندان‌سگی، Sy: سیمان سین تکسیال، Cm: سیمان، B.f: روزن‌بران کف‌زی، Rd: خرده رودیست، Eh: خارپوست.



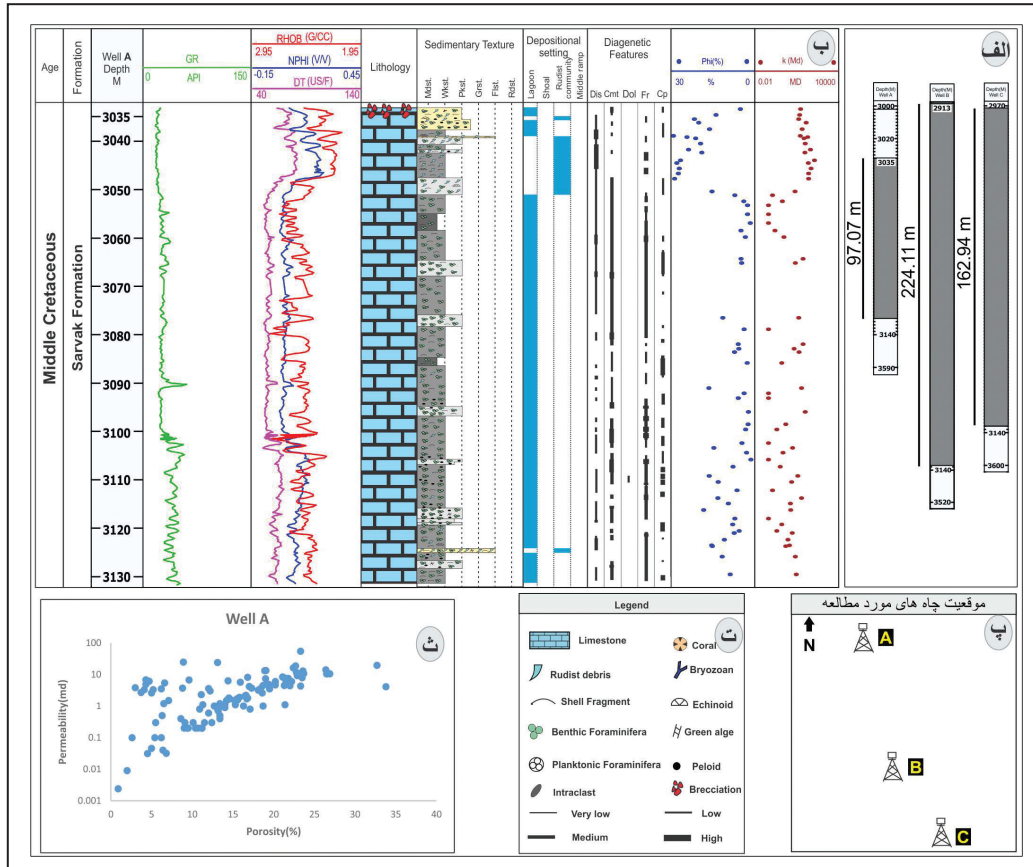
شکل ۷- الف) تخلخل قالبی؛ ب) تخلخل درون‌دانه‌ای روزن‌بران کف‌زی و تخلخل میان‌دانه‌ای و درون‌دانه‌ای؛ پ) تخلخل حفره‌ای مجزا و تخلخل حفره‌ای مرتبط در پیرامون رودیست؛ ت) تخلخل میان بلورهای سیمان کلسیتی؛ ث) تخلخل میان بلورهای دولومیت و تخلخل حفره‌ای مرتبط در میان بلورها؛ ج) ریزشکستگی نسل دوم که استیلولیت را قطع کرده‌اند؛ چ) شکستگی؛ ح) تراکم مکانیکی و تماس خطی میان خرده رودیست و دوکفه‌ای؛ خ) دولومیت‌های تدفینی مرتبط با استیلولیت در پیرامون رودیست؛ د) دولومیت‌های پهنه مخلوط؛ ذ) دولومیت‌های پهنه مخلوط؛ ر) دولومیت‌های دانه‌شکری شناور در میکزیت. تصاویر الف، ب، پ، ت، ث، ج، چ، خ، د و ر در نور PPL و تصویر، ذ و ر در نور XPL هستند. نشانه‌های اختصاری: Mo: تخلخل قالبی، Intra: تخلخل درون‌دانه‌ای، Inter: تخلخل میان‌دانه‌ای، تخلخل میان‌بلوری، S.V: تخلخل حفره‌ای مجزا، C.V: تخلخل حفره‌ای مرتبط، Fr: شکستگی، St: استیلولیت، Ss: دستجات انحلالی، DI: دولومیت، Cm: سیمان، In Cy: تخلخل میان‌بلوری، Rd: خرده رودیستی، B.f: روزن‌بران کف‌زی، Biv: دوکفه‌ای، Cp: تراکم.



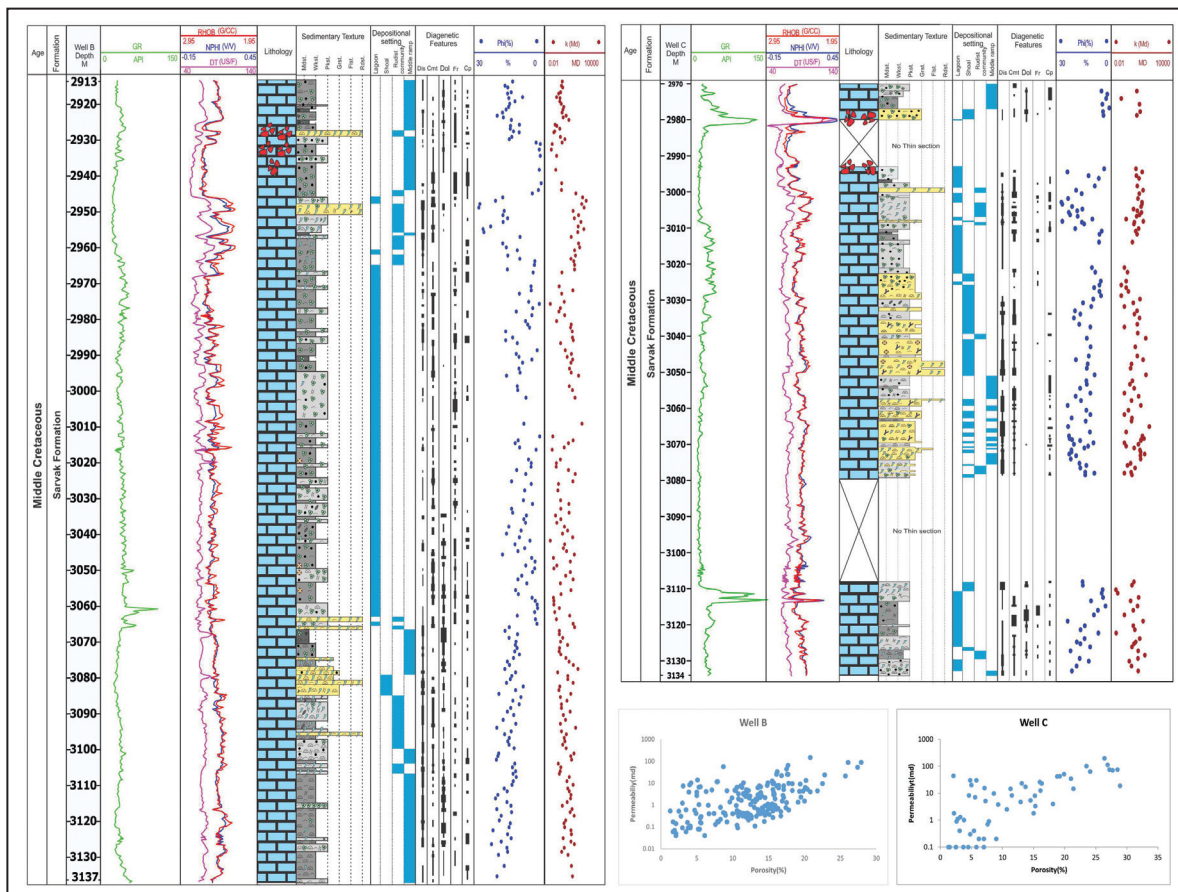
شکل ۸- تأثیر عامل‌های رسوبی و دیاژنزی بر توزیع تخلخل- تراوایی و کیفیت مخزنی سازند سروک؛ الف) بافت رسوبی؛ ب) ریزرخساره‌ها؛ پ) کمربندهای رخصاره‌ای؛ ت) انحلال؛ ث) سیمانی شدن؛ ج) تراکم.



شکل ۹- تصاویر مغزه: الف) محیط لاگون، تخلخل مجزا، جانیشینی دولومیت و آغشتگی به نفت، استیلولیت؛ ب و ت) برشی شدن و قطعات کنگلومرایی زیر مرز ناپوستگی سنومانین- تورونین در چاه A و B؛ ث) برشی شدن در چاه C؛ پ و ج) ریزرخساره رودیست رودستون، آغشتگی به مواد نفتی و تخلخل حفره‌ای مجزا و مرتبط؛ ج) سمت راست زیست آشتگی در محیط لاگون و جانیشینی با سیمان و دولومیت، سمت چپ ریزرخساره فلوتستونی و آغشتگی به مواد نفتی؛ ح) ریزرخساره بخش میانی دریای باز (شیب) با فراوانی دسته‌های انحلالی، فلش زرد رنگ بالای مغزه را نشان می‌دهد. Vug: تخلخل حفره‌ای، St: استیلولیت، Ss: دستجات انحلالی، Oil St: آغشتگی به مواد نفتی، G: شکم‌پا، Bt: زیست آشتگی.



شکل ۱۰- الف) ستبرای مغزه‌ها در سه چاه مورد مطالعه؛ ب) ستون چینه‌شناسی، روند تخلخل و تراوایی، مهم‌ترین فرایندهای دیاژنزی چاه A بخش بالایی سازند سروک؛ پ) موقعیت جغرافیایی چاه‌ها در میدان مورد مطالعه؛ ت) راهنمای ستون چینه‌شناسی؛ ث) نمودار تخلخل و تراوایی مغزه.



شکل ۱۱- ستون چینه‌شناسی، مهم‌ترین فرایندهای دیاژنزی روند تخلخل و تراوایی چاه B و C بخش بالایی سازند سروک و نمودار تخلخل و تراوایی مغزه.

جدول ۱- ریزرخساره‌ها و کمربندهای رخساره‌ای شناسایی شده در سازند سروک بالایی.

شماره رخساره	ریزرخساره‌ها	آلومها		سطح انرژی	رخساره‌های همراه	کمربندهای رخساره‌ای	ریزرخساره‌های معادل (Flügel, 2010)
		اسکلتی	غیر اسکلتی				
۱	مادستون تا وکستون دارای میلیولیده و سوزن اسفنج	میلیولید، نزازاتا (ف)، سوزن اسفنج (ر)،	پلوئیدریز (ر)	پایین	۳،۲	لاگون محدود	RMF 16
۲	وکستون دارای روزن‌بران کفزی	نزازاتا، کرزلینیده، میلیولید (ر)	پلوئید (ر)	پایین	۹،۴،۳،۱	لاگون محدود	RMF 20
۳	پکستون پلوئیدی دارای انواع روزن‌بران کفزی	آلوتولینیده (ف)، میلیولید، نزازاتا، دایسیکلینا، سودولیتونلا (ر)،	پلوئید (ف)	متوسط	۹،۸،۵،۴،۲،۱	لاگون نیمه‌محصور	RMF 13
۴	پکستون دارای انواع بیوکلست	خرده‌های دو کفه‌ای، جلبک سبز (ف)، شکمپا، خرده‌های خارپوست، روزن‌بران کفزی	پلوئید (ف) اینتراکست (ر)	متوسط تا بالا	۱۲،۱۰،۹،۸،۳،۲	لاگون مرتبط با دریای باز	RMF 7
۵	گرینستون پلوئیدی دارای روزن‌بران کفزی	روزن‌بران کفزی شامل میلیولیده، روتالیا، تکستولاریا (ف)	پلوئید (ف) کورتوئید (ر)	بالا	۱۳،۱۲،۶،۴،۲	پشته‌های بیوکلستی زیر آبی	SMF11
۶	گرینستون تا پکستون بیوکلستی	بریوزوئر، خرده‌های خارپوست و مرجان (ف)، روزن‌بران کفزی (ر)،	پلوئید (ر) اینتراکست (ر)	بالا	۱۲،۹،۷	پشته‌های بیوکلستی زیر آبی	RMF 14
۷	گرینستون تا رودستون دارای خرده‌های رودیست	خرده‌های رودیست و خارپوست (ف)، روزن‌بران کفزی (ر)،	-	بالا	۶	پشته‌های بیوکلستی زیر آبی	SMF 5
۸	رودستون دارای خرده‌های رودیست	خرده‌های رودیست و دو کفه‌ای (ف)، روزن‌بران کفزی (ک)	پلوئید (ک)	بالا	۱۳،۹،۴،۳	تالوس	SMF6
۹	پکستون بیوکلستی دارای خرده‌های رودیست	خرده‌های رودیست و صدف (ف)، روزن‌بران کفزی (ک)	-	متوسط	۱۲،۱۰،۸،۶،۵،۴،۳،۲	تالوس	SMF5
۱۰	وکستون تا فلوئستون دارای خرده‌های رودیست	خرده‌های رودیست (ف)، خرده‌های خارپوست، روزن‌بران کفزی (ک)	-	متوسط تا پایین	۱۳،۹،۴،۲	تالوس	RMF9
۱۱	پکستون دارای روزن‌بران کفزی بزرگ	اوریتولینا (ف)، بریوزوئر، خرده‌های خارپوست (ر)، آلوتولینیده (ک)	-	متوسط	۱۲	ابتدای دریای باز	RMF13
۱۲	وکستون تا پکستون بیوکلستی دارای خرده‌های خارپوست	خرده‌های خارپوست (ف)، خرده‌های رودیست، روزن‌بران کفزی (ک)	پلوئید (ر) اینتراکست (ک)	متوسط تا پایین	۱۳،۱۱،۹،۶	میانه دریای باز	RMF7
۱۳	وکستون تا مادستون دارای روزن‌بران کفزی کوچک	روزن‌بران کفزی کوچک مانند روتالیا (ر)، روزن‌بران پلانکتونیک (ک)،	پلوئید (ر)	خیلی پایین	۱۲،۱۰،۸،۵	انتهای دریای باز	RMF2

درصد فراوانی: (ف) فراوان، ۱۵ تا ۲۰ درصد. (ر) رایج، ۱۰ تا ۱۵ درصد. (ک) کم، ۷ تا ۲ درصد

جدول ۲- توالی پاراژنزی سازند سروک و تأثیر آنها بر تخلخل در میدان مورد مطالعه در دشت آبادان.

تلوژنز	تدفینی		متائوریکی	دریایی	فرایندهای دیاژنزی	
	عمیق	کم عمق				
				-----	آشفتگی زیستی	
				-----	میکریتی شدن	
				-----	تبلور مجدد	
				-----	انحلال انتخابی	
				-----	انحلال غیر انتخابی	
				-----	هم ضخامت	سپمانی شدن کلسیتی
				-----	دروزی	
				-----	هم محور	
				-----	کلسیت هم بعد	
				-----	سیلیسی شدن	
				-----	گلوکونیت	
				-----	پیریت	
				-----	دولومیتی شدن	
				-----	تراکم فیزیکی	
				-----	استیلولیت	
				-----	شکستگی	
				-----	فرآیندهای بی تأثیر در تخلخل	
	فرایندهای افزایش دهنده تخلخل			فرآیندهای کاهش دهنده تخلخل		

کتابنگاری

- آقاباتی، س.ع.، ۱۳۹۲- زمین‌شناسی ایران و کشورهای هم‌جوار، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۶۷۶ ص.
- اسعدی، ع.، هنرمند، ج.، معلمی، س.ع. و عبداللهی فرد، ا.، ۱۳۹۵- تأثیر فرآیندهای دیاژنزی بر کیفیت مخزنی بخش بالایی سازند سروک در یکی از میدانی دشت آبادان، جنوب غرب ایران، فصلنامه علمی- پژوهشی پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی اصفهان، سال سی و دوم، شماره ۶۲، ص. ۵۷ تا ۷۹.
- خانجانی، م.، موسوی حریمی، س. ر.، رحیم‌پور بناب، ح. و کمالی، م. ر.، ۱۳۹۳- محیط رسوبی، دیاژنزی و چینه‌نگاری سکانسی بخش بالایی سازند سروک (معادل میشریف) در میدانی نفتی سیری، فصلنامه علمی- پژوهشی علوم زمین، سال بیست و چهارم، شماره ۹۴، ص. ۲۶۳ تا ۲۷۴.
- شاهوردی، ن.، رحیم‌پور بناب، ح.، کمالی، م. ر. و اسرافیلی دیزجی، ب.، ۱۳۹۴- محیط رسوبی، دیاژنزی و کیفیت مخزنی بخش بالایی سازند سروک در خلیج فارس، فصلنامه علمی- پژوهشی علوم زمین، سال بیست و پنجم، شماره ۹۸، ص. ۵۵ تا ۶۶.
- فرامرزی، س.، رحیم‌پور بناب، ح. و رنجبران، م.، ۱۳۹۴- بازسازی توالی فرایندهای دیاژنزی در بخش بالایی سازند سروک در یکی از میدان‌های جنوب باختر ایران. کارگاه‌های آموزشی و سی و چهارمین گردهمایی و دومین کنگره بین‌المللی تخصصی علوم زمین، ایران-تهران.
- مطیعی، ه.، ۱۳۷۲- زمین‌شناسی ایران، چینه‌شناسی زاگرس، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۵۳۶ ص.
- وزیری مقدم، ح. و صفری، ا.، ۱۳۸۲- بررسی رخساره‌های آهکی و تفسیر محیط رسوب‌گذاری سازند سروک در ناحیه سمیرم، مجله پژوهشی علوم پایه دانشگاه اصفهان، شماره ۲، دوره هجدهم، ص. ۵۹ تا ۷۴.

References

- Abdollahie Fard, I. A., Braathen, A., Mokhtari, M. and Alavi, S. A., 2006- Interaction of the Zagros Fold–Thrust Belt and the Arabian-type, deep-seated folds in the Abadan Plain and the Dezful Embayment, SW Iran. *Petroleum Geoscience*, v. 12, no. 4, p. 347-362.
- Ahr, W. M., 2008- *Geology of carbonate reservoirs*. John Wiley and Sons, Chichester, 296 p.
- Alavi M., 2004- Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its pro-foreland evolution. *Am J Sci* v. 304, p. 1-20.
- Alavi, M., 2007- Structures of the Zagros fold-thrust belt in Iran. *American Journal of Sciences*, v. 307, p. 1064–1095.
- Aqrawi, A., Mahdi, T., Sherwani, G. and Horbury, A., 2010- Characterization of the Mid-Cretaceous Mishrif Reservoir of the southern Mesopotamian Basin, Iraq. In: *American Association of Petroleum Geologists Conference and Exhibition*, v. 7, p. 7-10.
- Assadi, A., Honarmand, J., Moallemi, S. A. and Abdollahie-Fard, I., 2016- Depositional environments and sequence stratigraphy of the Sarvak Formation in an oil field in the Abadan Plain, SW Iran. *Facies* v. 62, no. 4, p. 26.
- Bosence, D., 2005- A genetic classification of carbonate platforms based on their basinal and tectonic settings in the Cenozoic. *Sedimentary Geology* v. 175, no 1, p. 49-72.
- Carannante, G., Ruberti, D. and Sirna, M., 2000- Upper Cretaceous low-energy ramp limestones from the Sorrento Peninsula (southern Apennines, Italy): micro and macrofossil associations and their significance in the depositional sequences. *Sedimentary Geology*, v. 132, p. 89-124.
- Christian, L., 1997- Cretaceous Subsurface Geology of the Middle East Region. *GeoArabia*, v. 2, no. 3, 239-256
- Dickson, J. A. D., 1966- Carbonate identification and genesis as revealed by staining. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 36, no. 2, p. 491-505.
- Dunham, R. J., 1962- Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham, W.E. (ed.), *Classification of carbonate rocks* American Association of Petroleum Geologists, Memoir, 1: 108-121.
- Embry, A. F. and Klovan, J. E., 1971- A Late Devonian Reef Tract on Northeastern Banks Island, N.W.T. *Bull. Can. Petrol. Geol.* v. 4, no. 19, p. 730-781.
- Esfafili-Dizaji, B., Rahimpour-Bonab, H., Mehrabi, H., Afshin, S., Harchegani, F. K. and Shahverdi, N., 2015- Characterization of rudist-dominated units as potential reservoirs in the middle Cretaceous Sarvak Formation, SW Iran. *Facies*, v. 61, no. 3, p. 1-25.
- Flügel, E., 2010- *Microfacies of carbonate rocks*. Springer-Verlag, Berlin, 976 p.
- Ghabeishavi, A., Vaziri-Moghaddam, H., Taheri, A. and Taati, F., 2010- Microfacies and depositional environment of the Cenomanian of the Bangestan anticline, SW Iran. *J Asian Earth Sci*, v. 37, p.275-285.
- Hajikazemi, E., Al-Aasm, I. S. and Coniglio, M., 2010- Subaerial exposure and meteoric diagenesis of the Cenomanian-Turonian Upper Sarvak Formation, southwestern Iran. In: Leturmy, P. and Robin, C. (Eds), *Tectonic and Stratigraphic Evolution of Zagros and Makran during the Mesozoic–Cenozoic*, Geological Society, London, Special Publications v.330, no. 1, p. 253-272.
- Hajikazemi, E., Al-Aasm, I. S. and Coniglio, M., 2012- Chemostratigraphy of Cenomanian–Turonian carbonates of the Sarvak Formation, Southern Iran. *Journal of Petroleum Geology*, V.330 no.1, p. 187-205.
- Heckel, P. H., 1972- Possible inorganic origin for stromatolites in calcilutite mounds in the Tully Limestone, Devonian of New York. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 42, no. 1, p. 7-18.
- Hollis, C., 2011- Diagenetic controls on reservoir properties of carbonate successions within the Albian–Turonian of the Arabian Plate. *Petroleum Geoscience*, v. 17, no. 3, p. 223-241.

- James, G. A. and Wynd, J. G., 1965- Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area. *American Association Petroleum Geologists*, v. 49, no.12, p. 2182–2245.
- Lucia, F. J., 2007- *Carbonate Reservoir Characterization: an Integrated Approach*. Springer, Berlin, New York, 336 p.
- Mehrabi, H. and Rahimpour-Bonab, H., 2014- Paleoclimate and tectonic controls on the depositional and diagenetic history of the Cenomanian-early Turonian carbonate reservoirs, Dezful Embayment, SW Iran. *Facies* v. 60, no. 1, p. 147-167.
- Mehrabi, H., Rahimpour-Bonab, H., Hajikazemi, E. and Jamalian, A., 2015- Controls on depositional facies in Upper Cretaceous carbonate reservoirs in the Zagros area and the Persian Gulf, Iran *Facies*, v. 61, p.1-24.
- Moore, C. H. and Wade, W. J., 2013- *Carbonate reservoirs: porosity, evolution and diagenesis in a sequence stratigraphic framework: Porosity Evolution and Diagenesis in a Sequence Stratigraphic Framework*, Second edition, Elsevier, 369 p. 444.
- Pomar, L., 1991- Reef geometries, erosion surfaces and high-frequency sea-level changes, upper Miocene Reef Complex, Mallorca, Spain. *Sedimentology* v. 38, no. 2, p.243-269.
- Pomar, L., 2001- Types of carbonate platforms: a genetic approach. *Basin Research* v. 13, no. 3, p. 313-334.
- Rahimpour-Bonab, H., Mehrabi, H., Enayati-Bidgoli, A. H. and Omidvar, M., 2012- Coupled imprints of tropical climate and recurring emergence on reservoir evolution of a mid-Cretaceous carbonate ramp, Zagros Basin, southwest Iran. *Cretaceous Research*, v. 37, p. 15-34.
- Rahimpour-Bonab, H., Mehrabi, H., Navidtalab, A., Omidvar, M., Enayati-Bidgoli, A. H., Sonei, R. and Izadi Mazidi, E., 2013- Palaeo exposure surfaces in Cenomanian–Santonian carbonate reservoirs in the Dezful embayment, SW Iran. *Journal of Petroleum Geology*, v. 36, no. 4, p. 335-362.
- Razin, P., Taati, F. and Van Buchem, F. S. P., 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: van Buchem, F. S. P., Gerdes, K. D. and Esteban, M. (Eds), *Mesozoic and Cenozoic Carbonate Systems of the Mediterranean and the Middle East: Stratigraphic and Diagenetic Reference Models*, Geological Society, London, Special Publications v. 329, no. 1, p. 187-218.
- Ross, D. J. and Skelton, P. W., 1993- Rudist formations of the Cretaceous: a palaeoecological. sedimentological and stratigraphical review. *Sedimentology Review/1*: 73-91.
- Sepehr, M. and Cosgrove, J. W., 2005- Role of the Kazerun fault zone in the formation and deformation of the Zagros fold thrust belt, Iran. *Tectonics* 24: TC5005-1-TC5005-13.
- Setudehnia, A., 1978- The Mesozoic sequence in south-west Iran and adjacent areas. *J Pet Geol* 1: p 3–42.
- Sharland, P. R., Archer, R., Casey, D. M., Davies, R. B., Hall, S. H., Heyward, A. P., Horbury, A. D. and Simmons, M. D., 2001- Arabian plate sequence stratigraphy. *GeoArabia*, Special Publication 2, 371 p.
- Sharp, I., Gillespie, P., Morsalnezhad, D., Taberner, C., Karpuz, R., Verge's, J., Horbury, A., Pickard, N., Garland, J. and Hunt, D., 2010- Stratigraphic architecture and fracture controlled dolomitization of the Cretaceous Khami and Bangestan groups: an outcrop case study, Zagros Mountains, Iran. In: Van Buchem, F. S. P., Gerdes, K. D. and Esteban, M. (Eds), *Mesozoic and Cenozoic Carbonate Systems of the Mediterranean and the Middle East: Stratigraphic and Diagenetic Reference Models* Geological Society, London, Special Publications v. 329, p.333-396.
- Taghavi, A. A., Mork, A. and Emadi, M. A., 2006- Sequence stratigraphically controlled diagenesis governs reservoir quality in the carbonate Dehluran field, SW Iran. *Petroleum Geoscience*, v. 12, p. 115-126.
- Tucker, M. E. and Wright, V. P., 1990- *Carbonate Sedimentology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK, 482 p.
- Van Buchem, F. S. P., Simmons, M. D., Droste, H. J. and Davies, R. B., 2011- Late Aptian to Turonian stratigraphy of the eastern Arabian Plate–depositional sequences and lithostratigraphic nomenclature. *Petroleum Geoscience*, v. 17, no. 3, p. 211-222.
- Wilson, J. L., 1975- *Carbonate Facies in Geologic History*. Springer-Verlag, New York, 471 p.
- Zhicheng, Z., Willems, H. and Binggao, Z. 1997- Marine Cretaceous-Paleogene biofacies and ichnofacies in southern Tibet, China, and their sedimentary significance. *Marine Micropaleontology*, v. 32, no. 1, p. 3-29.

Depositional and diagenetic controls on reservoir quality of the Sarvak Formation in one of the Abadan plain oilfields (SW Iran)

S. Faramarzi¹, H. Rahimpour-Bonab^{2*} and M. Ranjbaran³

¹Ph.D. Student, Department of Geology, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

²Professor, School of Geology, College of Science, University of Tehran, Tehran, Iran

³Assistant Professor, School of Geology, College of Science, University of Tehran, Tehran, Iran

Received: 2016 July 16

Accepted: 2017 January 07

Abstract

The Sarvak Formation is one of the most important carbonate reservoirs of Iran. The main objective of this study is to evaluate reservoir quality of the formation by integration of petrographic studies and core porosity-permeability data in three key wells in a giant oilfield of the Abadan Plain, SW Iran. Petrographic studies led to the identification of 13 microfacies that are grouped into three main facies belts including lagoon, shoal, and open marine (talus and slope) which deposited in an isolated carbonate platform. The main diagenetic processes affecting the Sarvak Formation are micritization, bioturbation, recrystallization, dissolution, cementation, physical and chemical compaction, dolomitization and silicification, along with fracturing. According to the results, the reservoir quality of the Sarvak reservoir is a function of both primary depositional facies and secondary diagenetic processes. Evaluation of impacts of depositional facies on reservoir quality indicated that the rudist-bearing intervals (especially rudist debris zones) have high reservoir quality. Dissolution and cementation are the most pervasive diagenetic processes affecting the formation, and occurred due to widespread meteoric diagenesis. Dissolution and fracturing are the chief factors that lead to the improvement of porosity-permeability, whilst calcite cementation and compaction have destructed reservoir quality of the studied interval. This study may assist better understand the geological parameters controlling reservoir quality of Sarvak Formation in the Abadan Plain oilfields.

Keywords: Sarvak Formation, Abadan Plain, Diagenetic processes, Reservoir quality.

For Persian Version see pages 117 to 130

*Corresponding author: H. Rahimpour-Bonab; E-mail: rahimpor@ut.ac.ir