

تأثیر رخساره‌های پس از انقراض پرمین - تریاس بر جدایش مخزنی سازندهای کنگان و دالان در بخش مرکزی خلیج فارس

وحید توکلی، استادیار، گروه زمین‌شناسی دانشگاه تهران، ایران*

چکیده

رخساره‌های پس از انقراض به عنوان نهشته‌های خاص در ثبت رسوبی شناخته می‌شوند. این مطالعه به بررسی نقش این رخساره‌ها در رفتار مخزنی توالی‌های کربناته - تبخیری سازندهای کنگان و دالان بالایی در بخش مرکزی خلیج فارس می‌پردازد. بررسی ماهیت رسوب‌شناختی این واحدها در سه چاه از میدان مورد مطالعه نشان می‌دهد که این رخساره‌ها با گسترش غیرعادی ترومبولیت‌ها به خوبی قابل شناسایی هستند. انقراض عظیم انتهای پرمین سبب گردیده است تا اغلب موجودات دریایی آهک‌ساز منقرض شده و در نتیجه میزان کربنات کلسیم محلول در آب اقیانوس‌ها به نحو قابل ملاحظه‌ای افزایش یابد. افزایش میزان کربنات کلسیم همراه با آشفستگی محیط در اثر پایین بودن سطح آب دریا سبب گریده تا سیمان‌های دریایی با ابعاد بزرگ و حجم زیاد در این واحدها تشکیل گردیده و سبب کاهش قابل ملاحظه تخلخل و تراوایی این واحد گردد. با این وجود، آنالیز داده‌های فشار مخزن، نوع گازها و ترکیب ایزوتوپ کربن گازها در دوطرف مرز نشان می‌دهد که این واحد در طول زمان زمین‌شناسی به عنوان یک واحد سدی مخزنی ایستا عمل نکرده است. روند تغییرات خطی فشارهای اولیه مخزنی با افزایش عمق و شباهت نوع گازها و ترکیب ایزوتوپی آنان بر اساس آنالیز خوشه‌ای در دو سازند کنگان و دالان این امر را تأیید می‌نماید. با توجه به مقادیر اندک تخلخل و تراوایی در این بخش و ماهیت رسوب‌شناسی آن، این بخش در زمان تولید میدان و در زمان کوتاه، به عنوان یک سد مخزنی پویا عمل خواهد نمود و سبب می‌گردد تا فشارهای مخزن در دو سازند کنگان و دالان بالایی متفاوت گردد. این امر محاسبات اولیه تولید در این میدان را مختل خواهد نمود و در آینده اقتصادی میدان تأثیر زیادی خواهد داشت.

کلیدواژه‌ها: جدایش مخزنی، رخساره‌های ناهمزمان، انقراض پرمین - تریاس، آنالیز خوشه‌ای، ترکیب گاز، خلیج فارس

مقدمه

انقراض پرمین-تریاس بزرگ‌ترین انقراض موجودات زنده بر روی کره زمین محسوب می‌گردد (Erwin 1996; Retallack et al. 1998; Wignall and Twitchett 2002; Retallack et al. 2003; Yin et al. 2014). پس از این انقراض و به سبب کاهش قابل ملاحظه در اجتماع جانوری کره زمین، رخساره‌های خاصی در ثبت رسوبی ظاهر گردید که معادل آنان تنها در پرکامبرین وجود داشت و پس از آن نیز دیگر هیچ‌گاه در تاریخ زمین‌شناسی با چنان وسعتی ظاهر نگردید (Baud et al. 2007; Woods and Baud 2008). هرچند این رخساره‌ها از دیدگاه رسوب‌شناسی اهمیت بسیاری دارند و شواهد بسیاری از شرایط پس از انقراض را در خود ثبت نموده‌اند، نقش آنان در مطالعات مخزنی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. یکی از جنبه‌هایی که این رخساره‌ها را برای چنین مطالعاتی مهم می‌سازند، نقش آنان در جدایش‌های مخزنی است. جدایش مخزنی^۱، تفکیک یک انباشت هیدروکربنی به بخش‌های جداگانه از دیدگاه فشار/سیال، زمانی رخ می‌دهد که گذر سیال از لایه‌های سدی مخزنی^۲ امکان‌پذیر نیست. این سدها در نتیجه فرآیندهای گوناگون زمین‌شناسی و پویایی سیال ایجاد می‌شوند اما دو نوع اصلی برای این سدها در نظر گرفته می‌شود: ۱- سدهای ایستا^۳ که به طور کامل از حرکت سیال جلوگیری کرده و در حقیقت نقش پوش‌سنگی را ایفا می‌کنند و ۲- سدهای پویا^۴ که تراوایی بسیار اندکی داشته و نرخ جریان سیال را به نحو چشمگیری کاهش می‌دهند اما از حرکت آهسته آن در طول زمان زمین‌شناسی جلوگیری نمی‌کنند (Jolley et al. 2010). سدهای مخزنی نوع دوم در زمان تولید نقش سدی داشته و از جریان سیال بین مخازن جلوگیری می‌کنند. لازم به ذکر است که تبدیل یک واحد به یک سد پویا به نوع هیدروکربن موجود در سازند نیز بستگی دارد بدین صورت که هیدروکربن‌های بزرگ‌تر برای عبور از

یک واحد نیاز به قطر گلوگاه حفره بزرگ‌تری دارند. بنابراین ممکن است در شرایط یکسان و تنها با تغییر در نوع هیدروکربن این سدهای پویا تغییر نمایند. در برخی موارد حضور این سدها سبب شده تا تولید یک مخزن کم‌تر از میزان پیش‌بینی شده باشد و یا حتی سبب متروک شدن مخزن گردد (برای مثال Smith 2008) و در نتیجه هزینه‌های زیادی را در توسعه میدان ایجاد نموده است. بر این اساس شناخت این سدها در مخازنی که در حال تولید هستند، اهمیت زیادی دارد. با وجود چنین اهمیتی مطالعات اندکی در کشور ما در این خصوص انجام شده است. بررسی جدایش‌های مخزنی اغلب نیازمند تلفیق داده‌ها و علوم گوناگون مخزنی است.

تاکنون مطالعات فراوانی بر روی سازندهای کنگان و دالان بالایی در بخش مرکزی خلیج فارس انجام شده است اما توجه اندکی به نقش لایه‌های سدی در آنان صورت گرفته است (برای مثال Rahimpour-Bonab 2007; Rahimpour-Bonab et al. 2014). هرچند این مطالعات حضور لایه‌های سدی در سازندهای کنگان و دالان را به اثبات می‌رسانند، عملکرد آنان در طول زمان زمین‌شناسی کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به زمانی که از شروع تولید این مخزن می‌گذرد، تأثیر جدایش مخزنی در آینده‌ای نزدیک در این مخازن مشخص خواهد شد. این مطالعه رخساره‌های پس از انقراض قاعده سازند کنگان را به منظور بررسی اهمیت سدی مخزنی آن (ایستا و پویا) در بخش مرکزی خلیج فارس مورد بررسی قرار می‌دهد. این رخساره‌ها از نگاه رسوب‌شناسی دارای اهمیت بسیار زیادی بوده ولی در اینجا به اهمیت مخزنی آنان پرداخته می‌شود تا نقش سدی آنان در آینده تولید میدان‌های این بخش مشخص گردد. هرچند تلفیق داده‌های زمین‌شناسی و تولید می‌تواند سبب شناخت بهتر این لایه گردد، اما اولین گام شناخت ماهیت این رخساره‌ها و بررسی نقش سدی آن‌ها است که هدف اصلی این مطالعه است. نتایج این مطالعه نقش این واحد را در جدایش مخزنی سازندهای کنگان و دالان مشخص نموده است.

¹ reservoir compartmentalization

² seal

³ static seal

⁴ dynamic seal

زمین‌شناسی و چینه‌شناسی

شیل‌های سیلورین به عنوان سنگ منشأ گاز موجود در سازندهای کنگان و دالان در بخش مرکزی خلیج فارس معرفی شده است (Aali et al. 2006). رسوب‌گذاری در این حوضه با یک فاز درون‌کراتونی^۱ از پرکامبرین پایانی تا پرمین میانی آغاز گردیده و سپس با یک فاز غیرفعال^۲ در مزوزوئیک ادامه می‌یابد. ادامه این تغییرات با یک حاشیه فعال در سنوزوئیک همراه است. رسوب‌گذاری غالب در اغلب این زمان‌ها به صورت آواری بوده اما در کامبرین میانی، دونین و پرمین بالایی تا تریاس زیرین رسوب‌گذاری کربناته در آب‌های گرم صورت می‌گیرد (Alsharhan and Nairn 1997). سازند دالان (پرمین فوقانی) و سازند کنگان (تریاس زیرین-میانی)، معادل سازند خوف، با توالی کربناته-تبخییری به عنوان اصلی‌ترین مخازن گازدار به حساب می‌آیند. توالی چینه‌شناسی این سازندها و سازندهای مجاور از سیلورین زیرین تا کرتاسه در شکل ۱ نشان داده شده است.

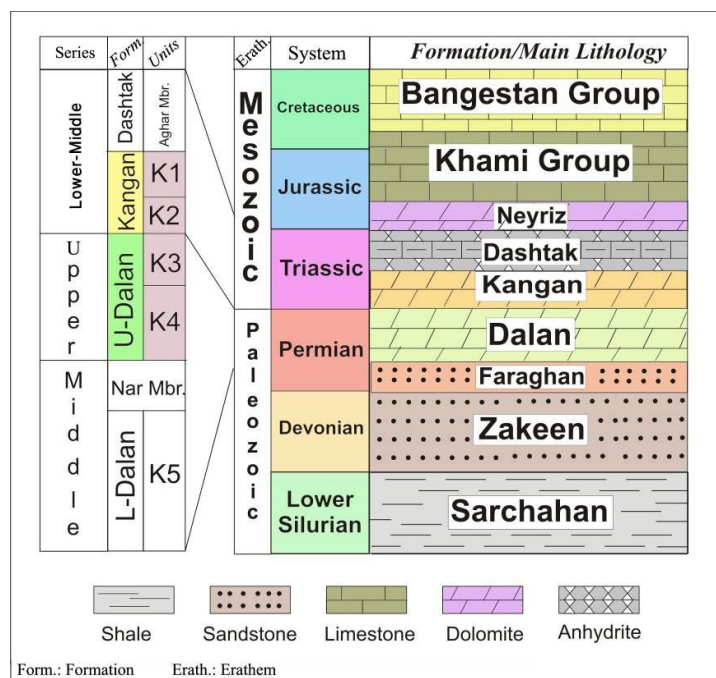
توالی کربناته-تبخییری دالان بالایی بر روی انیدریت‌های عضو نار قرار دارد. در ادامه سازند کنگان بر روی این بخش قرار می‌گیرد. مرز این دو سازند در مطالعات گوناگون مورد بررسی قرار گرفته است و امروزه عقیده بر آن است که این مرز به صورت کاهش سطح آب دریا همراه با عارضه‌های مربوط به آن مشخص می‌گردد (Tavakoli 2015). دالان بالایی از پایین به بالا به بخش‌های مخزنی K4 و K3 و سازند کنگان به همین ترتیب به K2 و K1 تقسیم می‌گردد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه به منظور بررسی دقیق رخساره‌های پس از انقراض، این رخساره‌ها در نمونه دستی و در مقطع نازک مورد بررسی قرار گرفتند. در مجموع ۳۰ متر مغزه از بخش قاعده سازند کنگان در ۳ چاه از بخش مرکزی خلیج فارس در

یک میدان (چاه‌های A, B و C) مورد بررسی ماکروسکوپی قرار گرفت. از این مغزه‌ها در فواصل ۳۰ سانتی‌متری پلاگ تهیه شده و از هر پلاگ یک مقطع نازک تهیه شد (در مجموع ۱۲۰ مقطع نازک) که به وسیله میکروسکوپ پلاریزان مورد بررسی قرار گرفت تا خصوصیات رسوب‌شناسی آنان به دقت مشخص گردد. یک سوم از هر مقطع نازک با استفاده از محلول آلزارین قرمز رنگ‌آمیزی شد تا سبب تشخیص دقیق کلسیت از دولومیت گردد. نمونه‌های مورد بررسی با استفاده از روش دانهام (Dunham 1962) نام‌گذاری گردید. در مواردی که میزان دانه بیش از ده درصد بود، به ترتیب فراوانی پیش از نام رخساره ذکر شد. تعداد ۱۲ نمونه (۴ نمونه از هرچاه) برای مطالعات میکروسکوپ الکترونی انتخاب گردید و با استفاده از میکروسکوپ مدل VEGA-TESCAN-LMU مورد بررسی و عکس‌برداری قرار گرفت. تخلخل هر نمونه پلاگ با استفاده از قانون بویل و تراوایی با استفاده از قانون دارسی در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. داده‌های ترکیب گاز شامل انواع گازهای موجود و نسبت ایزوتوپی کربن ۱۳ از مطالعات پیشین (Aali et al. 2006) از دو سری (در مجموع ۴۰ نمونه از سازندهای کنگان (۱۴ نمونه) و دالان بالایی (۲۶ نمونه) برداشت گردیده و با استفاده از آنالیز خوشه‌ای و نمودارهای استاندارد موجود مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های فشار اولیه مخزن از ۳ چاه مورد استفاده قرار گرفت تا تغییرات فشار اولیه مخزن در مقابل عمق مشخص گردد.

¹ intracratonic² passive



شکل ۱- توالی چینه‌شناسی سازندهای سیلورین زیرین تا کرتاسه در بخش مرکزی خلیج فارس (توکلی ۱۳۹۳)

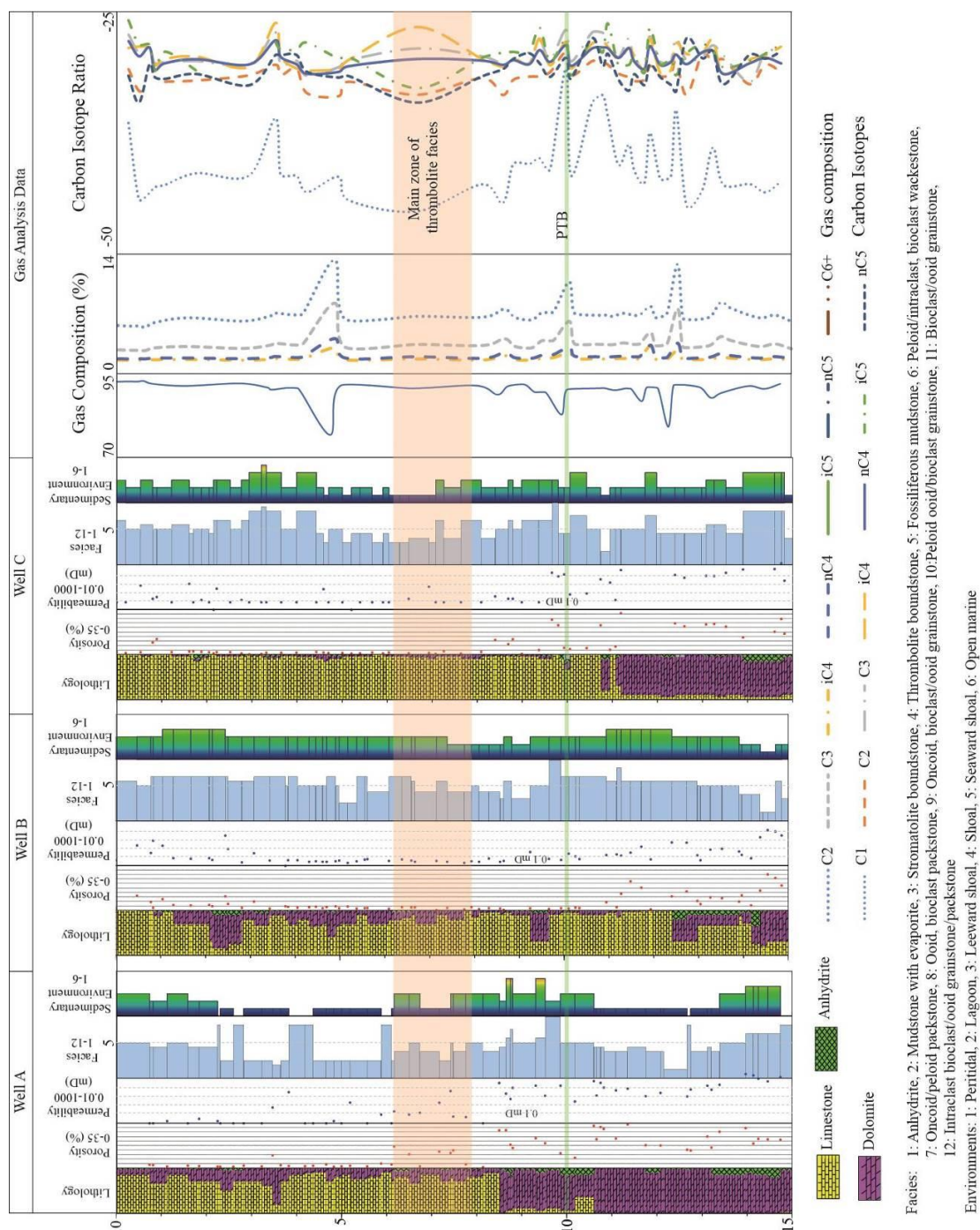
نتایج

رخساره‌های پس از انقراض

قسمت اعظم رسوبات کربناته توسط موجودات زنده تولید می‌شود. این موجودات از راه‌های گوناگون سبب تولید کربنات می‌گردند. برخی از موجودات از کربنات کلسیم برای ساختن پوسته خود استفاده می‌کنند. برخی دیگر رسوب کربناته را به دام می‌اندازند و سبب رسوب آن می‌گردند. بدن برخی از موجودات پس از مرگ و تجزیه اندام‌های زیستی، میکرایت موجود در محیط‌های رسوبی کربناته را می‌سازد. پس از انقراض بزرگ پرمین-تریاس، بخش اعظم موجودات زنده منقرض شده و در نتیجه رخساره‌هایی ظاهر می‌گردد که اغلب در ابتدای پیدایش حیات بر روی کره زمین دیده می‌شوند. این رخساره‌ها در میدان مورد مطالعه به ترتیب از مرز سازندهای کنگان و دالان به سمت بالا به شرح زیر مشاهده گردید.

رخساره گریستون اینتراکلاستی / آئیدی

این رخساره در همه چاه‌های مورد مطالعه بلافاصله پس از مرز سازندهای کنگان و دالان و در قاعده سازند کنگان مشاهده می‌گردد. اینتراکلاست‌ها از اندازه درشت تا ریز قابل مشاهده هستند (شکل A ۳). در مطالعات ماکروسکوپی این اندازه از چند میلی‌متر تا کوچک‌تر از یک میلی‌متر و در مطالعات مقاطع نازک از چند میلی‌متر تا چندصد میکرون قابل مشاهده هستند. سایر اجزای تشکیل‌دهنده شامل پلوئید، آئید و قطعات زیستی در مقادیر اندک هستند. سیمانی‌شدن دریایی در این رخساره گسترش فراوانی دارد و در برخی موارد تخلخل بین‌دانه‌ای اولیه در آن حفظ شده است هرچند در اغلب موارد سیمان‌های درشت همه فضاهای خالی را پر کرده است. در چاه‌های مختلف میزان دولومیتی‌شدن این رخساره متفاوت است به طوری که از چاه A به چاه C این میزان کاهش می‌یابد. ضخامت این رخساره در چاه‌های مطالعه شده از حدود ۴۰ سانتی‌متر در چاه A تا ۱۵ سانتی‌متر در چاه C متغیر است. این رخساره دارای کیفیت مخزنی ضعیف تا متوسط در این چاه‌ها است (شکل ۲).



شکل ۲- ستون رسوب‌شناسی و توزیع رخساره‌ها در سه چاه به همراه داده‌های تخلخل-تراوایی و گاز.

رخساره مادستون با تبخیری‌ها

این رخساره از میکرایت تشکیل شده و دانه‌های کربناته در آن فراوانی اندکی دارند (شکل ۳ B). در بسیاری از موارد میکرایت آهکی به طور بخشی یا کامل با دولومیت جایگزین

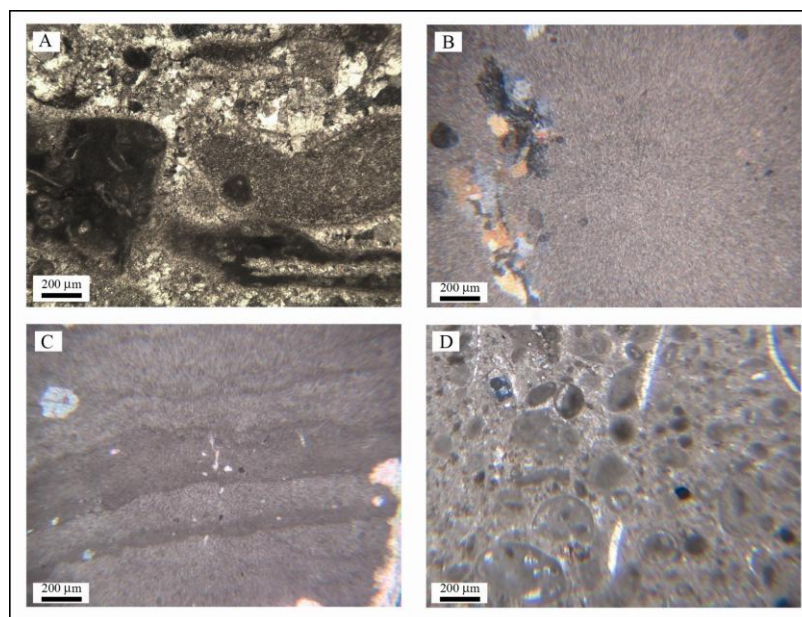
شده است. با توجه به عدم وجود زیست‌آشفستگی، لایه‌بندی نازک در اغلب موارد در مطالعات مغزه قابل مشاهده است. در برخی موارد پلت‌ها با فراوانی اندک در این رخساره قابل ملاحظه است. حضور تبخیری‌ها و دولومیت نشان‌دهنده

در این رخساره دیده می‌شود. در بسیاری از موارد این رخساره دولومیتی شده است. رخساره باندستون استروماتولیتی در بسیاری از محیط‌های جزر و مدی عهد حاضر و دیرینه توصیف شده است. با توجه به ساخت‌های موجود و رخساره‌های همراه، این رخساره به موقعیت بین جزر و مدی تا بالای جزرو مدی نسبت داده می‌شود (Tucker 2001; Flugel 2010; Warren 2006). پس از انقراض بزرگ پرمین، این رخساره تا مناطق عمیق‌تر نیز گسترش یافته است. در بیشتر موارد استیلولیت‌های مورد مطالعه کیفیت مخزنی پایینی دارند اما در برخی موارد به سبب لایه‌بندی موجود در آن‌ها تراوایی اندکی افزایش یافته است.

حضور شورابه‌های تبخیری و محلول‌های دولومیت‌ساز در زمان رسوب‌گذاری است که نشان می‌دهد این رخساره در یک محیط ساحلی کم عمق نهشته شده است. مادتون‌ها در تناوب با رخساره پکستونی حاوی پلوئید و اینتراکلاست و نیز رخساره باندستون ترومبولیتی مشاهده می‌گردد. با توجه به دانه‌ریز بودن این رخساره، تخلخل و تراوایی چندانی در آزمایشات مغزه در آن مشاهده نمی‌گردد.

رخساره باندستون استروماتولیتی

این رخساره در مغزه و مقطع نازک دارای لایه‌بندی ظریف بوده و در بسیاری از موارد دارای قالب‌هایی از ندول‌های انیدریت است (شکل C ۳). ساخت فنسترا و ترک گلی نیز



شکل ۳- رخساره‌های پس از مرز انقراض. رخساره گریستون اینتراکلاستی / آئیدی (A)، رخساره مادتون با تبخیری‌ها (B)، رخساره باندستون استروماتولیتی (C)، رخساره پکستون-وکستون پلوئیدی-انکوئیدی (D)

هستند که اغلب از به دام انداختن، چسباندن و یا رسوب‌دادن کربنات‌ها توسط جلبک‌های سبز-آبی ساخته می‌شوند (Kennard and James 1986). این رسوبات توسط ساختار ماکروسکوپی خود تقسیم‌بندی می‌شوند. در این تقسیم‌بندی ترومبولیت‌ها با ساختار لخته‌ای^۲ شناخته می‌شوند. مطالعات

رخساره باندستون ترومبولیتی

با توجه به نقش این رخساره‌ها در جدایش مخزنی ایجاد شده در سازندهای کنگان و دالان، این رخساره‌ها با جزئیات بیشتر مورد بررسی قرار می‌گیرند. میکروبیالیت‌ها^۱ رسوبات و سنگ‌های رسوبی برجایی

² clotted

¹ microbiolites

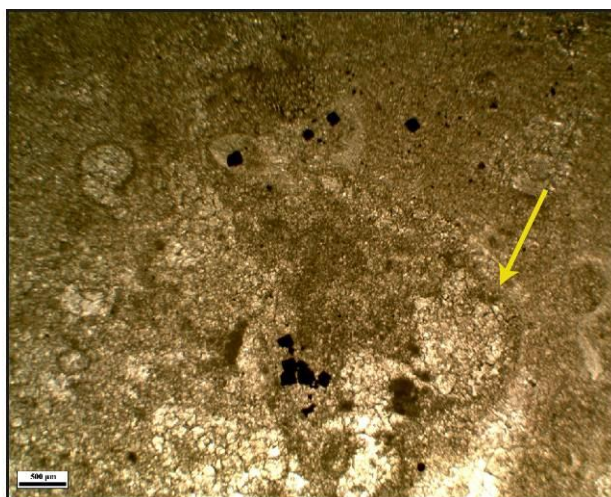
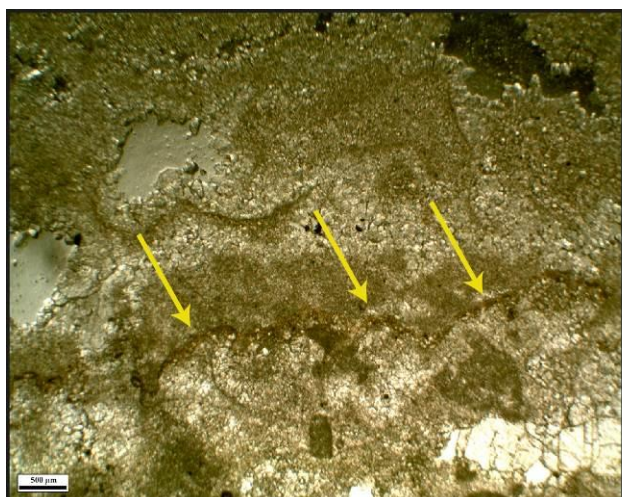
لخته‌ای ترومبولیت‌ها در مقطع نازک نیز قابل مشاهده است (شکل ۵). ظهور اولیه این ساختارها به صورت قطعه‌ای بوده و همراه با سایر رخساره‌ها مشاهده می‌گردد. اغلب رخساره‌های همراه با این رخساره‌های زیستی، رخساره‌های پکستون ایتراکلاستی هستند که در برخی موارد آئید و پلویید نیز همراه آنان دیده می‌شود.

نمونه‌های مغزه از قاعده سازند کنگان در چاه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد که در حدود یک تا دو متر پس از مرز انقراض پرمین-تریاس، ساختارهای ترومبولیتی در قاعده سازند کنگان ظاهر می‌شوند.

هرچند تقسیم‌بندی‌های ارائه شده اغلب به ساختار این سنگ‌ها در نمونه دستی می‌پردازد (شکل ۴)، مطالعات میکروسکوپی نشان می‌دهد که در بسیاری از نمونه‌ها، ساخت



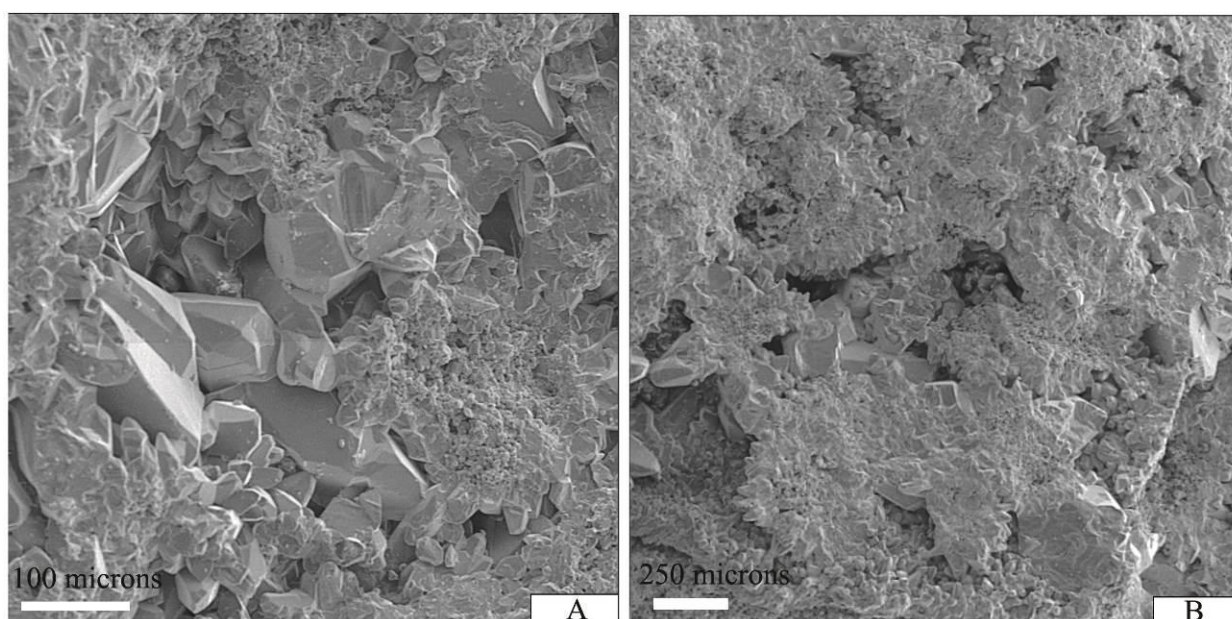
شکل ۴- حضور ترومبولیت‌ها در قاعده سازند کنگان در نمونه دستی در چاه A



شکل ۵- ساخت‌های لخته‌ای ترومبولیت‌ها در قاعده سازند کنگان در مقاطع نازک با علامت پیکان مشخص شده است. هردو نمونه در نور پلاریزه.

مقطع نازک دارای خاموشی یکنواخت هستند. این سیمن‌ها در سایر مطالعات نیز در این رخساره‌ها دیده شده و به محیط دریایی اولیه نسبت داده شده است (Heydari et al. 2003). مطالعات میکروسکوپ الکترونی نشان می‌دهد که سیمن‌های دریایی هم‌ضخامت نیز به فراوانی و با ابعاد بزرگ (در حدود ۱۵۰ میکرون) در این رخساره‌ها تشکیل شده است (شکل ۶).

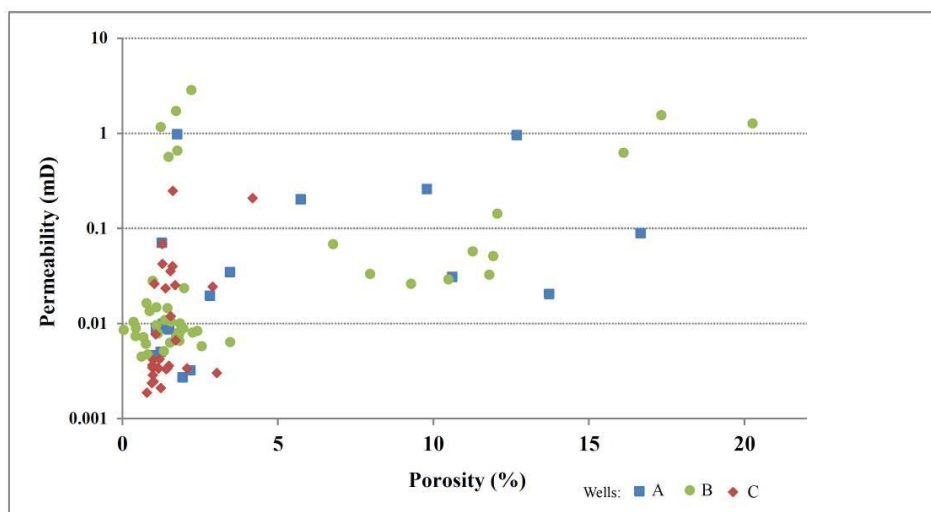
حدود سه تا چهار متر بالاتر از قاعده سازند کنگان، این ساختارها رخساره اصلی سنگ را تشکیل داده و در حدود دو متر ضخامت دارند. از این پس تا حدود ۱۰ متر بالاتر از مرز پرمین-تریاس، مجدداً این ساختارها به صورت پراکنده در سایر رخساره‌ها قابل مشاهده است. این رخساره‌ها اغلب به طور کامل با سیمن‌های کلسیتی همراه هستند. اندازه سیمن‌ها اغلب درشت بوده (۵۰۰ میکرون تا ۲ میلی‌متر) و در مطالعات



شکل ۶- حضور سیمن‌های کلسیتی درشت در مطالعات میکروسکوپ الکترونی مشخص است. این سیمن‌ها هم به صورت بین‌دانه‌ای (A) و هم به صورت هم‌ضخامت (B) مشخص هستند.

شده است. توزیع تخلخل و تراوایی در ۱۰ متر بالای مرز کنگان-دالان در سه چاه مورد مطالعه در شکل ۷ نشان داده شده است. همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌گردد، مقادیر تخلخل اغلب نمونه‌ها کمتر از ۵ درصد و مقادیر تراوایی کمتر از ۰٫۱ میلی‌داری است اما هم در خصوص تخلخل و هم در خصوص تراوایی مقادیر بالاتر نیز مشاهده می‌گردد. نمونه‌هایی با تراوایی بیش از ۱ میلی‌داری بسیار نادر است.

حضور این سیمن‌های درشت به همراه ساختارهای به هم پیچیده ترومبولیت‌ها سبب شده است تا تخلخل اولیه نتواند در این سنگ‌ها گسترش یابد. با توجه به عدم وجود تخلخل اولیه و در نتیجه نبود تراوایی، فرآیندهای ایجاد کننده تخلخل ثانویه نیز نتوانسته در این بخش سبب گسترش تخلخل ثانویه گردد و در نتیجه تخلخل و تراوایی این بخش در اغلب موارد بسیار اندک است. به نظر می‌رسد با وجود این ساختارهای متراکم زیستی و سیمن‌های کلسیتی، مقدار اندکی تخلخل و تراوایی پس از دولومیتی‌شدن در این سنگ‌ها ایجاد



شکل ۷- تغییرات تخلخل و تراوایی در ۱۰ متر قاعده سازند کنگان در سه چاه مورد مطالعه

ترومبولیت‌ها که نشان‌دهنده مرز سازندهای کنگان و دالان هستند، حضور گونه‌های آلتوروس^۱ و تروکولینا^۲ در بالای مرز، نشان‌دهنده آغاز تریاس در سازندهای مورد مطالعه است (شکل ۸).

ماهیت هیدروکربن مخزن

فشارهای اولیه مخزن

با توجه به ماهیت سنگ‌شناسی این مرز و داده‌های تخلخل و تراوایی اندازه‌گیری شده، این مرز می‌تواند به عنوان یکی از واحدهای جداکننده مخزنی در این میدان عمل نماید. چنانچه این واحد در طول زمان زمین‌شناسی و عمر مخزن به عنوان یک واحد سدی جریان عمل نموده است، سبب تفاوت در ترکیب و فشار مخازن کنگان و دالان بالایی شده است. شکل ۹ توزیع داده‌های فشار پیش از تولید مخزن را در ۳ چاه نشان می‌دهد. آزمایش تکراری سازند^۳ نشان می‌دهد که فشار در این سازندها در حدود ۵۰۰۰ تا ۶۰۰۰ پوند بر اینچ مربع است (Haghi et al. 2013). با توجه به تغییرات فشارهای ستون سنگ^۴ و ستون سیال^۵، فشار سازندی در مخازن با افزایش عمق

رخساره پکستون-وکستون پلوئیدی-انکوئیدی

در این رخساره‌ها دانه‌های اصلی پلوئید و انکوئید است (شکل D ۳). با توجه به این که ماهیت این دو نوع رخساره از دیدگاه رفتار مخزنی بسیار به یکدیگر شبیه است و حتی در محیط رسوبی یکسانی نیز نهشته شده‌اند، در اینجا در یک دسته بحث می‌شوند. زمانی که در این رخساره دانه به گل برتری دارد رخساره پکستون و زمانی که میزان گل بیشتر از دانه است، سنگ دارای رخساره وکستونی است. دانه‌های غالب پلوئید و انکوئید است. پلوئیدها از شکست مکانیکی ذرات ایتتراکلاست به وجود آمده‌اند چرا که با توجه به انقراض بزرگ مرز پرمین احتمال اینکه دفعی هستند وجود ندارد. انکوئیدها نیز به طور استثنایی در این رخساره‌ها با مقادیر قابل ملاحظه مشاهده می‌شوند که حضور آنان به فراوانی جلبک‌های تک‌سلولی پس از مرز مربوط می‌گردد. حدود ۵ متر بالاتر از مرز رفته‌رفته بایوکلاست‌ها با فراوانی اندک در این رخساره‌ها مشاهده شده و از قاعده سازند کنگان به سمت بالا بر مقدار آنان افزوده می‌شود. در پکستون‌ها در برخی موارد سیمان‌های دانه‌درشت کلسیتی دیده می‌شود. این رخساره‌ها به سبب حضور گل آهکی دارای تخلخل و تراوایی اندکی هستند.

علاوه بر رخساره‌های شاخص گرینستون ایتتراکلاستی و

¹ Aulotortus sp

² Trocholina sp

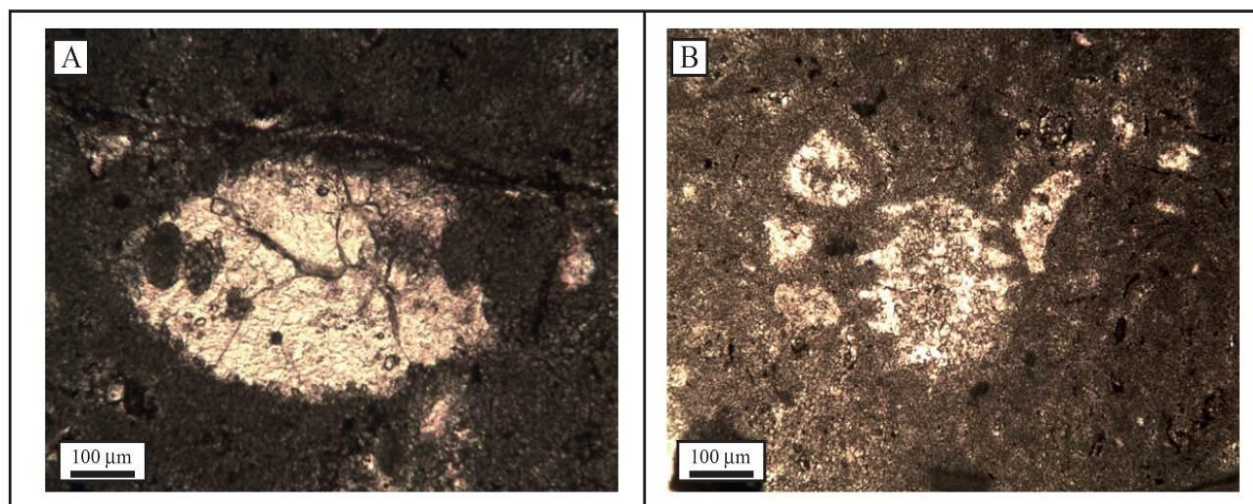
³ Repeat Formation Test

⁴ lithostatic

⁵ hydrostatic

شکل دیده می‌شود، تغییرات فشار پیش از تولید از روند خطی تغییرات فشار پیروی می‌نماید.

افزایش می‌یابد. این رابطه تقریباً خطی است (با صرف‌نظر کردن از تغییرات چگالی سنگ و سیال). همانگونه که در این



شکل ۸- فسیل‌های شاخص آغاز تریاس در سازند کنگان. آلتوروس (A) و تروکولیتا (B)

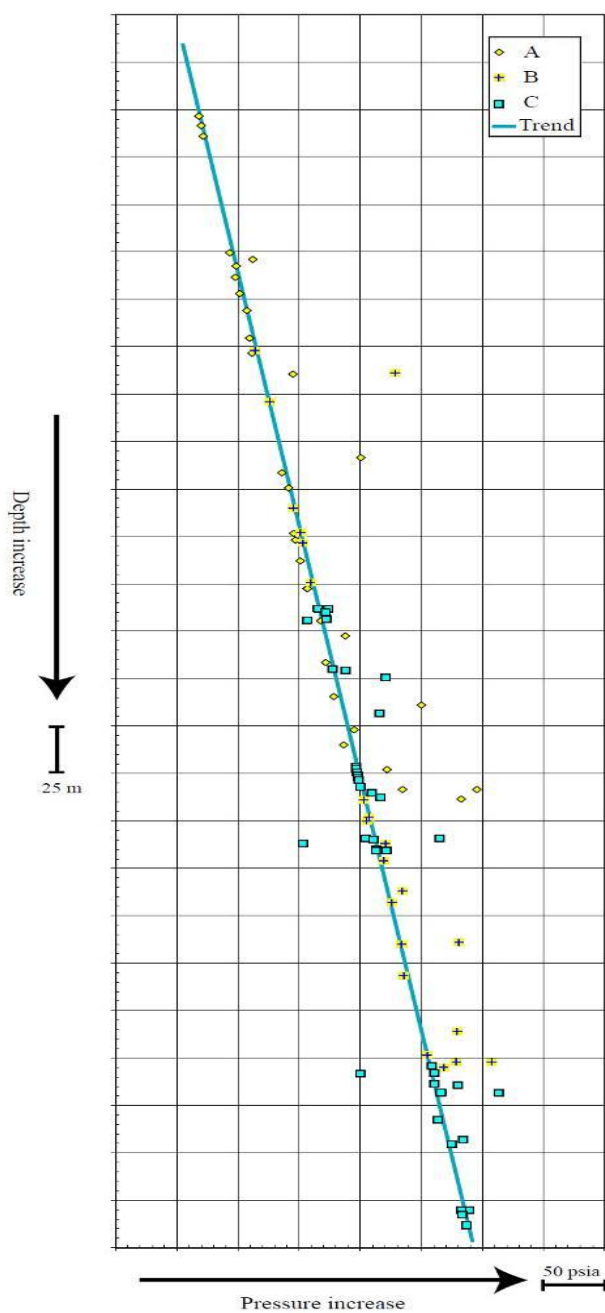
ترکیب گاز

ترکیب گازهای یک مخزن از عوامل دیگری است که می‌تواند نشان‌دهنده جدایش یا پیوستگی یک مخزن از دیدگاه حرکت سیال است. ترکیب گازها به عوامل گوناگونی بستگی دارد. چنانچه مخزنی یکپارچه است، ترکیب گازهای مخزن بر اساس تغییرات عمق کمترین تغییر را خواهد داشت (Jolley et al. 2010). به عبارت دیگر با توجه به جدایش طبیعی انواع مختلف گازها، ترکیب گازهای نزدیک به یکدیگر، شبیه به هم خواهد بود. بر همین اساس می‌توان از تشابه ترکیب گازهای یک مخزن برای فهم جدایش‌های مخزنی استفاده کرد. این تشابه در نوع ترکیب گاز (گازهای سبک تا سنگین) مشخص خواهد شد (Chuparova et al. 2010). ترکیب ایزوتوپ کربن گازها نیز از این روند پیروی می‌کند به این معنی که در صورتی که ترکیب ایزوتوپ کربن گازها در دو مخزن از یک میدان یکسان است، آن دو مخزن به یکدیگر متصل هستند. آنالیز داده‌های مقادیر گاز مخازن کنگان و دالان در چاه A از

تعداد ۴۰ نمونه در جدول ۱ و مقادیر ایزوتوپ کربن نمونه‌های گاز این مخازن از همان چاه در جدول ۲ نشان داده شده است. درصد حضور متان در نمونه‌های مختلف از ۷۴,۱۶ تا ۹۳,۵۳ (متوسط ۹۰,۷۶) در سازند کنگان و از ۷۷,۰۶ تا ۹۲,۰۵ (متوسط ۸۹,۷۴) در سازند دالان متغیر است. در مقابل درصد سایر گازها (شامل زنجیره‌های نرمال و شاخه‌دار) از ۶,۴۷ تا ۲۵,۸۶ (متوسط ۹,۲۴) در سازند کنگان و از ۷,۵۳ تا ۲۲,۹۳ (متوسط ۱۰,۲۵) در سازند دالان تغییر می‌کند. مقادیر ایزوتوپ کربن در متان سازند کنگان از ۴۳,۸۲- تا ۳۵,۴۵- (متوسط ۴۰,۷۷-) و در سازند دالان از ۴۵,۰۴- تا ۳۰,۳۷- (متوسط ۴۰,۲۳-) قسمت در هزار (‰) بر اساس استاندارد بلمنیت پی‌دی^۱ در تغییر است. این مقادیر در پتان نرمال (به عنوان نماینده گازهای مرطوب) از ۳۳,۸۶- تا ۲۸,۹۵- (متوسط ۳۰,۹۳-) و در سازند دالان از ۳۳,۸۵- تا ۲۷,۲۱- (متوسط ۳۰,۳۲-) بر اساس همان واحد متغیر است.

¹ Pee Dee Belemnite

همان‌گونه که مشاهده می‌گردد، داده‌های ترکیب گاز مخزن
 نشان می‌دهد که گازهای موجود در سازندهای کنگان و دالان
 چه از نظر ترکیب گازهای موجود و چه از نظر میزان
 ایزوتوپ کربن شباهت زیادی با هم دارند.



شکل ۹- روند تغییرات فشارهای اولیه سازند در مخازن کنگان و دالان در سه چاه مورد مطالعه

جدول ۱- ترکیب گازهای موجود از چاه A در سازندهای کنگان و دالان (Aali et al. 2006).

No	Depth (m)	C1 (%)	C2 (%)	C3 (%)	iC4 (%)	nC4 (%)	iC5 (%)	nC5 (%)	C6+ (%)	Formation
1	2731	93.24	4.23	1.46	0.28	0.43	0.15	0.12	0.1	Kangan
2	2737	93.35	4.16	1.41	0.27	0.42	0.16	0.12	0.11	Kangan
3	2743	93.32	4.17	1.40	0.28	0.43	0.16	0.13	0.12	Kangan
4	2746	93.53	4.03	1.37	0.27	0.42	0.15	0.13	0.1	Kangan
5	2752	92.44	4.60	1.69	0.33	0.51	0.18	0.15	0.11	Kangan
6	2770	91.76	5.11	1.83	0.35	0.52	0.17	0.13	0.12	Kangan
7	2800	92.64	4.73	1.61	0.28	0.44	0.14	0.11	0.05	Kangan
8	2815	91.28	5.3	1.97	0.36	0.57	0.19	0.16	0.16	Kangan
9	2818	90.41	5.63	2.20	0.46	0.70	0.25	0.19	0.16	Kangan
10	2827	91.04	5.45	2.02	0.38	0.59	0.2	0.16	0.15	Kangan
11	2833	90.86	5.49	2.05	0.39	0.63	0.23	0.19	0.17	Kangan
12	2851	74.16	11.71	6.78	1.69	2.73	1.09	0.91	0.95	Kangan
13	2857	91.9	4.93	1.74	0.33	0.52	0.21	0.18	0.2	Kangan
14	2896	90.87	5.27	2.06	0.42	0.67	0.24	0.18	0.3	Dalan
15	2933	91.86	5.18	1.95	0.3	0.49	0.12	0.1	0	Dalan
16	2945	88.63	6.08	2.72	0.8	1.12	0.35	0.3	0	Dalan
17	2951	91.68	5.14	1.84	0.34	0.55	0.18	0.15	0.11	Dalan
18	2960	92.27	4.87	1.67	0.30	0.48	0.16	0.13	0.12	Dalan
19	2966	89.5	5.71	2.51	0.5	0.84	0.24	0.2	0.5	Dalan
20	2972	89.45	5.73	2.5	0.56	0.9	0.33	0.26	0.27	Dalan
21	2981	81.46	9.22	4.71	1.11	1.75	0.66	0.54	0.54	Dalan
22	2984	90.41	5.60	2.11	0.45	0.73	0.30	0.25	0.14	Dalan
23	2996	90.81	5.4	2.08	0.42	0.67	0.24	0.2	0.17	Dalan
24	3002	90.91	5.41	2.05	0.40	0.64	0.22	0.18	0.18	Dalan
25	3005	90.95	5.28	2.03	0.42	0.67	0.24	0.20	0.21	Dalan
26	3011	90.23	5.62	2.24	0.47	0.73	0.26	0.22	0.22	Dalan
27	3017	90.85	5.37	2.06	0.42	0.66	0.24	0.20	0.21	Dalan
28	3020	90.71	5.42	2.12	0.42	0.68	0.22	0.20	0.22	Dalan
29	3026	86.27	6.4	3.44	1.91	1.98	0	0	0	Dalan
30	3029	91.29	5.11	1.92	0.38	0.63	0.25	0.21	0.21	Dalan
31	3035	91.02	5.53	2.06	0.37	0.57	0.17	0.13	0.15	Dalan
32	3041	77.06	11.22	6.15	1.39	2.21	0.76	0.64	0.56	Dalan
33	3044	92.03	5.01	1.74	0.31	0.49	0.16	0.13	0.13	Dalan
34	3050	92.13	4.87	1.72	0.32	0.50	0.17	0.14	0.15	Dalan
35	3059	91.16	5.22	1.97	0.39	0.62	0.23	0.19	0.21	Dalan
36	3065	87.46	6.87	2.96	0.64	1.03	0.37	0.31	0.37	Dalan
37	3071	89.27	6.16	2.49	0.5	0.78	0.27	0.22	0.31	Dalan
38	3086	91.7	5.12	1.84	0.33	0.51	0.16	0.15	0.23	Dalan
39	3095	90.7	5.41	2.12	0.44	0.68	0.25	0.19	0.19	Dalan
40	3104	92.5	4.7	1.58	0.29	0.45	0.16	0.14	0.21	Dalan

n: normal, i: iso

جدول ۲- ترکیب ایزوتوپی کربن گازهای موجود در این مطالعه (Aali et al. 2006).

No	Depth	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)								Formation
		C1	C2	C3	iC4	nC4	iC5	nC5	CO2	
1	2737	-35.95	-30.39	-26.83	-28.22	-27.5	-25.38	-31.08		Kangan
2	2743	-43.82	-32.64	-28.7	-28.09	-29.08	-27.89	-33.86		Kangan
3	2800	-43.15	-32.32	-28.24	-28.21	-28.16	-27.87	-29.94		Kangan
4	2815	-42.55		-29.8	-30.01	-30.43	-30.58	-31.22	-17.83	Kangan
5	2827	-42.3	-31.7	-29.69	-29.35	-29.79	-28.61	-31.4	-16.47	Kangan
6	2833	-41.11	-31.57	-29.58	-29.12	-29.38	-30.58	-30.91	-18.63	Kangan
7	2845	-41.34	-31.03	-29.89	-30.18	-29.92		-32.06	-17.49	Kangan
8	2845	-35.45	-29.95	-26.63	-25.65	-27.44	-27.64	-28.95		Kangan
9	2857	-41.3	-31.04	-29.95	-29.12	-29.14	-28.33	-28.97	-22.14	Kangan
10	2896	-41.34	-30.31	-29.54	-30.33	-29.91	-28.38	-28.94	-23.09	Dalan
11	2933	-43.05	-32.87	-31.09	-30.55	-30.88	-27.68	-30.67		Dalan
12	2945	-41.48	-33.19	-30.21	-30.39	-30.69	-29.3	-31.27	-16.71	Dalan
13	2960	-43.9	-31.71	-29.5	-29.44	-30.1	-29.15	-31.12	-18.85	Dalan
14	2960	-45.04	-33.04	-28.28	-26.07	-29.36	-32.36	-33.85		Dalan
15	2966	-42.26	-31.34	-29.09	-29.35	-29.53	-29.25	-31.15	-18.11	Dalan
16	2972	-44.19	-33.06	-29.86	-30.15	-29.96	-28.71	-30.41	-18.37	Dalan
17	2981	-40.13	-31.5	-29.4	-29.28	-29.48	-28.63	-29.35	-19.59	Dalan
18	2984	-40.17	-31.18	-29.79	-29.89	-29.9	-28.67	-28.78	-19.1	Dalan
19	2984	-39.57	-31.12	-27.43	-27.26	-28.45	-26.13	-29.81		Dalan
20	2996	-40.71	-30.71	-29.43	-30.01	-29.66	-29.6	-31.2	-19.55	Dalan
21	3002	-30.37	-28.67	-26.37	-27.61	-27.96	-27.39	-29.24		Dalan
22	3005	-41.37	-31.07	-29.6	-30.32	-30.06	-31.04	-31.37	-22.58	Dalan
23	3005	-33.87	-29.58	-26.63	-27.76	-28.27	-27.29	-27.21		Dalan
24	3011	-33.07	-29.71	-26.66	-27.57	-28.16	-28.68	-30.07		Dalan
25	3017	-35.27	-29.95	-27.64	-28.09	-28.25	-25.7	-28.83		Dalan
26	3020	-40.26	-30.86	-29.18	-29.38	-29.25	-29.98	-31.45	-15.13	Dalan
27	3020	-38.17	-31.24	-27.24	-28.19	-28.24	-29.96	-32.61		Dalan
28	3026	-40.79	-31.64	-29.58	-28.98	-29.6	-29.11	-30.93	-18.22	Dalan
29	3029	-42.05	-31.48	-29.69	-30.48	-30.35	-30.74	-32.04	-18.18	Dalan
30	3029	-36.95	-30.07	-27.05	-27.26	-28.04	-26.16	-29.89		Dalan
31	3035	-41.74	-31.13	-29.65	-30.83	-29.98	-29.9	-31.23	-14.74	Dalan
32	3041	-41.46	-30.9	-29.58	-30.52	-29.68	-29.39	-32.03	-15.66	Dalan
33	3044	-34.62	-29.61	-27.25	-27.73	-28.91	-31.03	-32.67		Dalan
34	3050	-44.47	-33.08	-29.48	-28.83	-29.89	-28.81	-27.21		Dalan
35	3059	-42.83	-28.79	-29.08	-28.7	-28.66	-27.86	-29.28	-15.02	Dalan
36	3059	-38.48	-29.71	-27.96	-27.4	-28.55	-28.42	-28.53		Dalan
37	3065	-42.32	-29.4	-28.97	-30.9	-30.9	-30.22	-31.96	-12.52	Dalan
38	3071	-42.23	-31.95	-31.74	-29.41	-29.8	-29.61	-28.93	-12.51	Dalan
39	3095	-43.08	-29.96	-28.57	-28.99	-29.25	-28.81	-29.32	-14.18	Dalan
40	3104	-41.96	-30.67	-28.54	-28.09	-29.81	-27.82	-28.61	-14.27	Dalan

n: normal, i: iso, Blank cell: no data

بحث

ساخت‌های ترومبولیتی در اثر فعالیت باکتری‌های تک سلولی ایجاد می‌شوند. ساختار خاص این رسوبات تشخیص آنان را در توالی‌های مورد مطالعه امکان‌پذیر می‌سازد. این موجودات اغلب در بخش‌های بالای جزر و مدی زندگی می‌کنند و گسترش زیادی ندارند چرا که برخی از موجودات پرسلولی در زمان‌های مختلف زمین‌شناسی از این موجودات تغذیه کرده و در نتیجه امکان رشد و گسترش آنان فراهم نشده است. با این وجود این موجودات از ابتدای پیدایش حیات تا به امروز بر روی کره زمین حضور داشته و در ثبت رسوبی قابل مشاهده هستند. با توجه به این امر، این موجودات تنها زمانی گسترش قابل ملاحظه داشته‌اند که سایر موجودات بر روی کره زمین حضور نداشته‌اند و در نتیجه ابتدای پیدایش حیات تا اوایل کامبرین بهترین زمان برای گسترش آنان بوده است. حضور قابل ملاحظه این موجودات در ابتدای تریاس خارج از محدوده زمانی فوق بوده و در نتیجه این موجودات در ابتدای تریاس ناهمزمان^۱ در نظر گرفته می‌شوند. این گسترش بیش از حد به انقراض بزرگ مرز پرمین-تریاس مربوط می‌گردد که اغلب موجودات پرسلولی در این مرز منقرض می‌گردند و در نتیجه سیانوباکتری‌ها فرصت گسترش بسیار زیادی را پیدا کرده‌اند. همان‌گونه که اشاره گردید با توجه به این که این موجودات کربنات کلسیم موجود در محیط را به دام می‌اندازند و با توجه به اندازه بسیار کوچک آنان، فضاهای خالی در بین رسوبات حاصله به ندرت تشکیل می‌گردد. این امر سبب می‌گردد که تراوایی این لایه‌ها نیز مقادیر اندکی را نشان دهد.

انقراض بزرگ پرمین-تریاس سبب مرگ دسته‌جمعی موجودات آهک‌ساز دریایی می‌گردد و در نتیجه مقدار زیادی کربنات کلسیم وارد آب دریا می‌گردد و شرایط فوق‌اشباع نسبت به این ماده ایجاد می‌شود. درجه اشباع بالای کربنات به همراه آشفته‌گی محیط حاصل از پایین رفتن سطح آب دریا

سبب رسوب سیمان‌های غیرعادی در ابتدای سازند کنگان می‌گردد. همان‌گونه که اشاره شد، اندازه بزرگ این سیمان‌ها و مقدار زیاد آنان همراه با ساختارهای فشرده ترومبولیت‌ها در توالی‌های مورد مطالعه سبب گردیده است تا کیفیت مخزنی قاعده سازند کنگان به نحو قابل ملاحظه‌ای کاهش یابد. با این وجود مطالعه فشارهای مخزنی و ترکیب گاز نشان می‌دهد که مخازن کنگان و دالان در بخش مرکزی خلیج فارس در طول عمر خود مخازن پیوسته‌ای بوده‌اند. چنان‌چه مخزنی در طول زمان زمین‌شناسی به صورت پیوسته عمل کرده است، روند تغییرات داده‌های فشار مخزنی از شیب تغییرات فشار روباره پیروی خواهد کرد. بررسی‌های داده‌های فشار اولیه (پیش از تولید) در میدان مورد مطالعه نشان داد که تغییرات آن به صورت خطی همراه با تغییرات فشار روباره تغییر می‌نماید. بدیهی است چنان‌چه سدهای مخزنی در طول زمان زمین‌شناسی در مخزن عمل کرده‌اند، فشارهای مخازن دو طرف این لایه‌ها با یکدیگر متفاوت خواهد بود و در نتیجه تغییرات فشار از روند خطی خارج خواهد شد. با توجه به روند خطی تغییرات فشار در مخازن کنگان و دالان، این مخازن در طول زمان زمین‌شناسی به صورت یکپارچه عمل نموده‌اند. در عین حال مطالعه ترکیب گازهای مخزن نیز این امر را تأیید می‌نماید. آنالیز داده‌های گاز موجود از سازندهای کنگان و دالان شباهت بالایی آنان را از دیدگاه ترکیب گاز نشان می‌دهد. همان‌گونه که در بخش نتایج آمده است، اختلاف متوسط درصد گاز متان در سازندهای کنگان و دالان در حدود ۱ درصد (۱,۰۲ درصد) است. این اختلاف اندک در خصوص سایر گازها نیز دیده می‌شود. اختلاف درصد حجم سایر گازها در سازندهای کنگان و دالان نیز در حدود ۱ درصد (۱,۰۱) است. این اختلاف در ترکیب ایزوتوپی این دو سازند نیز بسیار اندک است به طوری که ترکیب ایزوتوپی متان در این دو سازند در حدود نیم قسمت در هزار اختلاف دارد. این اختلاف با همین مقدار در ترکیب ایزوتوپ کربن پنتان به عنوان نماینده گازهای مرطوب نیز دیده می‌شود. با

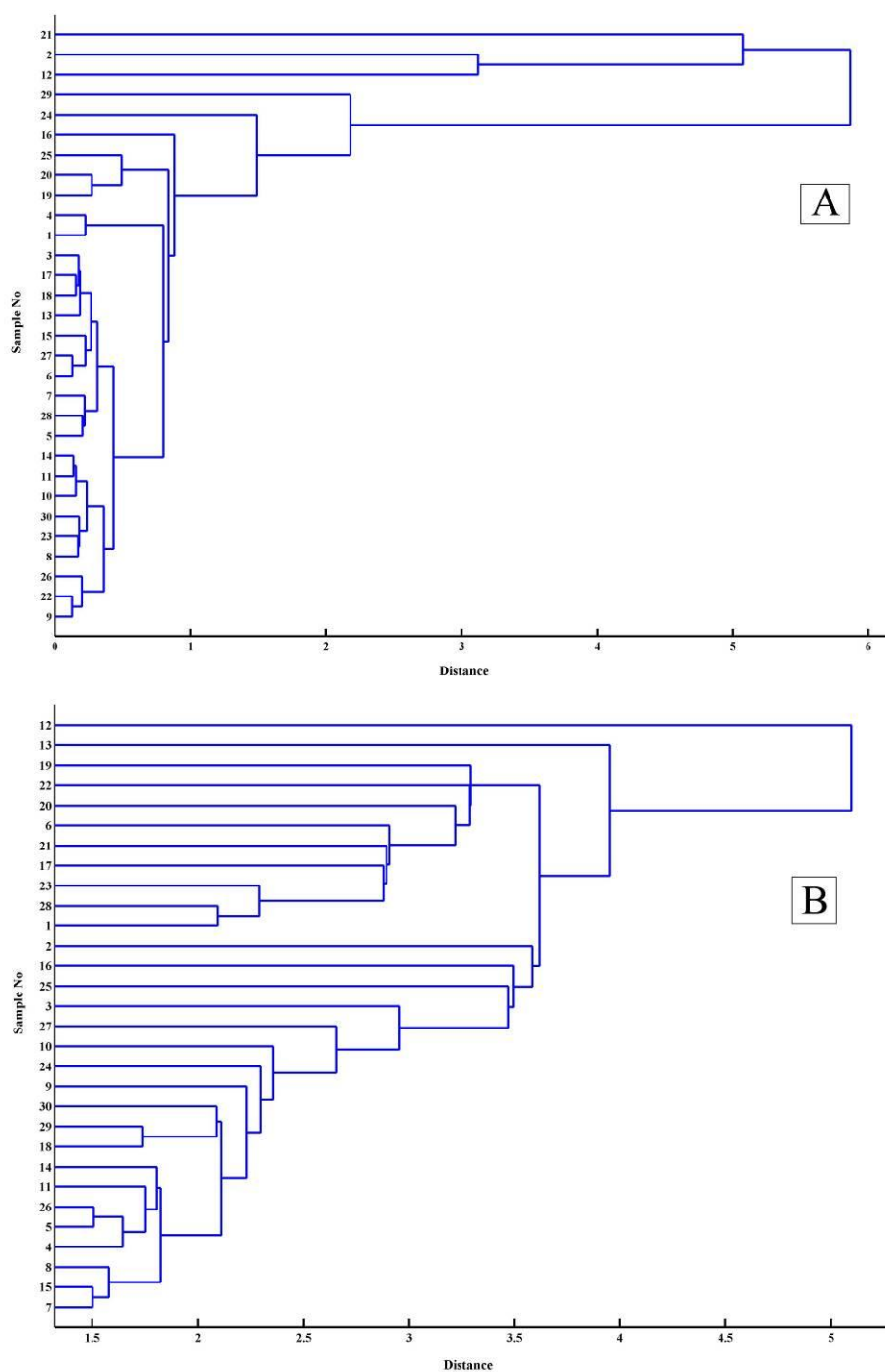
¹ anachronistic

قابل مشاهده است. به عبارت دیگر نمی‌توان تفکیک مشخصی در نمونه‌های گاز سازندهای کنگان و دالان چه از نظر نوع گاز و چه از دیدگاه ترکیب ایزوتوپ کربن آن مشاهده نمود. به عبارت دیگر شباهت بین نمونه‌های گاز هم از دیدگاه نوع گاز و هم از دیدگاه ایزوتوپ کربن، تابع روند خاصی نیست. مطالعات قبلی که ترکیب گاز این دو مخزن را بررسی کرده‌اند نیز هیچ‌گاه این دو مخزن را متفاوت در نظر نگرفته‌اند (Aali et al. 2006; Aali and Rahmani 2011; Aali and Rahmani 2012). این مطالعات، منشأ گازهای موجود در این مخزن را از شیل‌های سیلورین دانسته و تولید گاز را نتیجه شکست حرارتی می‌دانند هرچند حضور گاز از منشأهای دیگر با مقادیر اندک را نیز مردود نمی‌دانند.

توجه به اختلاف بسیار اندک موجود در این موارد، ترکیب گاز دو مخزن بسیار شبیه به یکدیگر است. هرچند آنالیزهای آماری داده‌ها نشان می‌دهد که منشأ گازهای موجود در سازندهای کنگان و دالان یکی بوده و سد جریان سیال در این مخزن وجود نداشته است، آنالیزهای دقیق‌تر آماری نیز می‌توانند در این خصوص راهگشا هستند. یکی از بهترین راه‌ها برای شناخت میزان شباهت داده‌های گوناگون به یکدیگر استفاده از آنالیز خوشه‌ای است. این آنالیز داده‌های شبیه به یکدیگر را در یک دسته قرار داده و داده‌های متفاوت را از این داده‌ها متمایز می‌سازد. اساس کار بر دسته‌بندی داده‌ها در فضاها یا چند بعدی است. در این فضاها فاصله بین نقاط محاسبه شده و نقاطی با حداقل فاصله در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. سپس این خوشه‌های کوچک برای تشکیل خوشه‌های بزرگتر به یکدیگر متصل می‌شوند. این روش در مطالعات مختلف زمین‌شناسی برای یافتن شباهت داده‌ها استفاده می‌شود (Grimm 1987; Tavakoli and Amini 2006; de Matos et al. 2011; Kadkhodaei-Ilkhchi et al. 2013). در این مطالعه جهت شناسایی شباهت بین داده‌های متوالی نمونه‌های گاز برداشت شده، فاصله داده‌های انواع گازهای موجود در نمونه و ترکیب ایزوتوپ کربن، هریک به صورت مجزا با استفاده از فاصله اقلیدسی در نرم‌افزار متلب^۱ محاسبه گردید و نمودار درختی^۲ مربوطه رسم شد (شکل ۱۰). در این نمودار داده‌های شبیه به هم به وسیله خطوط نمودار به یکدیگر متصل می‌شوند. همان‌گونه که در این شکل دیده می‌شود، شباهتی بین داده‌های متوالی نمونه‌های گاز وجود ندارد. در صورتی که شباهتی بین نمونه‌های متوالی گاز و یا حداقل تفاوتی بین نمونه‌های دو سازند وجود داشت، این دو سازند به دو گروه مجزا تقسیم می‌شدند حال آن‌که نمودار توزیع تصادفی را از داده‌ها نشان می‌دهد. این عدم شباهت در نمونه‌های متوالی هم در ترکیب گاز و هم در ترکیب ایزوتوپ کربن نمونه‌های گاز برداشت شده از مخازن کنگان و دالان

^۱ MATLAB

^۲ dendrogram



شکل ۱۰- نمودار درختی حاصل از آنالیز خوشه‌ای داده‌های حجم گاز (A) و ترکیب ایزوتوپی کربن (B) در نمونه‌های موجود در جداول ۱ و ۲ (به ترتیب).

جدایش واحدهای مخزنی فوق در طول زمان زمین‌شناسی گردد و رخساره‌های ناهمزمان قاعده سازند کنگان هیچ‌گاه به

مجموعه این عوامل نشان می‌دهد که با وجود تخلخل و تراوایی پایین این واحد، این بخش نتوانسته است سبب

al. 2010). مطالعه اخیر نشان می‌دهد که در آینده‌ای نزدیک واحد ناهمزمان قاعده تریاس در سازند کنگان نیز به صورت سد جریان عمل خواهد نمود. این امر سبب خواهد شد تا محاسبات تولید در طرح‌های کلان توسعه میدان^۳ با تغییرات جدی مواجه گردد و در نتیجه محاسبات اولیه مالی برای استخراج گاز تولیدی این میدان در سال‌های آینده تغییر نماید. لذا ضروری است این محاسبات با توجه به نقش این واحد و فشارهای حال حاضر این سازندها که پس از تولید حاصل شده است، مورد بررسی مجدد قرار گرفته و محاسبات به روز گردد. با توجه به مشترک بودن برخی از این میدان‌ها و حجم عظیم گاز موجود در آنها، اهمیت این امر دوچندان می‌گردد.

نتیجه

رخساره‌های ناهمزمان قاعده تریاس در بخش مرکزی خلیج فارس دارای تخلخل و تراوایی اندکی هستند. این امر به سبب ساختار خاص میکروبی آنان و نیز ته نشست غیرعادی سیمان‌های کربناته در این بخش‌ها است. انقراض بزرگ مرز پرمین-تریاس سبب شده است تا موجوداتی که از این تک سلولی‌ها تغذیه می‌کرده‌اند نابود شده و در نتیجه این موجودات بتوانند در بخش‌های قابل ملاحظه‌ای از حوضه کم عمق کربناته کنگان نهشته شوند. همچنین عدم حضور قابل ملاحظه موجودات آهک‌ساز سبب شده است تا سیمان‌های بزرگ کربناته با حجم زیاد در این لایه‌ها رسوب نمایند. با توجه به مقادیر اندک تخلخل و تراوایی در این بخش، انتظار می‌رود که این واحد به عنوان یک سد مخزنی عمل نماید اما مطالعه ترکیب گازهای سازندهای کنگان و دالان و نیز ایزوتوپ کربن آنان نشان داد که این دو مخزن از نظر ترکیب گاز با یکدیگر متفاوت نیستند. در ضمن تغییرات فشار اولیه مخزن نیز از روند خطی تبعیت نموده و در نتیجه این دو سازند در طول زمان زمین‌شناسی از دیدگاه مخزنی از یکدیگر جدا نبوده‌اند. اما ماهیت رسوب‌شناسی و خصوصیات مخزنی

عنوان یک سد مخزنی ایستا در این میدان مطرح نبوده است. این امر تناقضی با مطالعات قبلی که چندین لایه سدی مخزنی را در این میدان نشان می‌دهند، ندارد (Rahimpour-Bonab et al. 2014). بلکه تنها به تفاوت عملکرد این سدهای جریان‌ی در طول زمان زمین‌شناسی مربوط می‌شود. این مطالعه نشان می‌دهد که این واحدها در طول زمان زمین‌شناسی سیالات را از خود عبور داده ولی با توجه به کیفیت مخزنی آنان، انتظار می‌رود این رسوبات در طول زمان تولید مخزن به صورت یک واحد سدی مخزنی پویا عمل نموده و در طول زمان تولید سبب جدایش مخزنی سازندهای دالان و کنگان گردد. در نتیجه این جدایش، فشار مخزنی در دو طرف مرز توالی‌های پرمین-تریاس در این میدان متفاوت خواهد شد و در نتیجه این واحدها با فشاری متفاوت با مقدار پیش‌بینی شده تولید خواهند نمود. سدهای دینامیک مخزنی همواره مشکلاتی را از دیدگاه افت فشار در زمان تولید ایجاد نموده‌اند (Knott 1993; Gibson 1994; Leveille et al. 1997; Knai & Knipe 1998; Hesthammer et al. 2002; Zoback & Zinke 2002; Porter et al. 2004; Barr 2007; Smith 2008; Gainski et al. 2010; McKie et al. 2010). برای مثال میدان شیپالیون^۱ در انگلستان در سال ۱۹۹۸ شروع به تولید نمود. در مراحل بعدی تولید مشخص گردید که تولید از برخی از چاه‌ها با فشار پیش‌بینی شده انجام نمی‌شود و در نتیجه در مراحل پایانی توسعه میدان تعداد چاه‌ها به دو برابر مقدار پیش‌بینی شده افزایش یافت (Gainski et al. 2010). این امر تنها به سبب عدم پیوستگی افقی چاه‌ها بود که در مراحل اولیه مطالعات مشخص نشده بود. در مخازن آگربلو^۲ در کشور آمریکا شش سال پس از شروع تولید از مخازن مشخص گردید که با وجود آنکه این مخازن در ابتدا پیوسته در نظر گرفته شده‌اند، در اثر وجود گسل‌هایی که پس از تولید و در اثر تغییر فشار مخزن فعال شده‌اند، دو مخزن گازی و نفتی مجزا در حال مخلوط شدن با یکدیگر هستند (Chuparova et

^۱ Schiehallion

^۲ Auger Blue

^۳ Master Development Plan

- Reservoirs: Geological Society, London, Special Publications, v. 292, p. 431–451.
- Baud, A., Richoz, S. and S. Pruss, 2007, The lower Triassic anachronistic carbonate facies in space and time: Global and Planetary Change, v. 55, p.81-89.
- Chuparova, E., T. Kratochvil, J. Kleingeld, P. Bilinski, C. Guillory, J. Bikun, and R. Djojoseparto, 2010, Integration of time-lapse geochemistry with well logging and seismic to monitor dynamic reservoir fluid communication: Auger field case-study, deep water Gulf of Mexico. In: Jolley, S. J., Fisher, Q. J., Ainsworth, R. B., Vrolijk, P. J. and Delisle, S. D. (Eds.), Reservoir Compartmentalization: Geological Society, London, Special Publications, v. 347, p.55-70.
- de Matos, M.C., M. Yenugu, S. M. Angelo, and J. Marfurt. 2011, Integrated seismic texture segmentation and cluster analysis applied to channel delineation and chert reservoir characterization: Geophysics, v. 76, p.11–21.
- Dunham, R.J., 1962, Classification of carbonate rocks according to depositional texture, In: Ham, W.E. Classification of carbonate rocks: American Association of Petroleum Geologists Memoir 1, p. 108–121.
- Erwin, D.H., 1996, Understanding biotic recoveries: extinction, survival and preservation during the End-Permian mass extinction. In: Jablonski, D., Erwin, D.H., Lipps, J.H. (Eds.): Evolutionary Paleobiology, p. 398–418.
- Flugel, E., 2010, Microfacies of Carbonate Rocks Analysis Interpretation and Application: Springer-Verlage, Berlin, 984 p.
- Gainski, M., A. G. Macgregor, P. J. Freeman, & H. F. Nieuwland, 2010, Turbidite reservoir compartmentalization and well targeting with 4D seismic and production data: Schiehallion Field, UK. In: Jolley, S. J., Fisher, Q. J., Ainsworth, R. B., Vrolijk, P. J. and Delisle, S. D. (Eds.), Reservoir Compartmentalization: Geological Society, London, Special Publications, v. 347, p.89–102.
- Gibson, R. G., 1994, Fault zone seals in siliclastic strata of the Columbus Basin, offshore Trinidad: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 78, p.1372–1385.
- Grimm, E. C., 1987, CONISS: a FORTRAN 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares: Computers & Geosciences, v. 13, p.13-35.

این واحد نشان می‌دهد که این بخش در زمان کوتاه تولید نقش بازدارندگی عبور سیال را خواهد داشت و در نتیجه در آینده تولید میدان‌های بخش مرکزی خلیج فارس تأثیر خواهد داشت. پس از تولید از این دو سازند، با توجه به تغییر ماهیت سدی مخزنی این بخش، فشارهای مخزنی در دوطرف این واحد متفاوت خواهد شد و در نتیجه محاسبات ابتدایی و پیش‌بینی‌های انجام شده در خصوص تجهیزات سرچاهی و مقدار تولید و نیز زمان بازیافت اولیه در این سازندها متفاوت خواهد بود. این امر لزوم توجه به چنین واحدهایی را در مخازن در حال تولید کشور نشان می‌دهد. با توجه به مشترک بودن برخی از میدان‌های بخش مرکزی خلیج فارس، این امر اهمیت خاصی پیدا می‌کند و لازم است در محاسبات آتی مخازن مورد توجه قرار گیرد.

منابع

- توکلی، و.، ۱۳۹۳، نگاره انحراف معیار گاما: ابزاری جدید جهت جدایش واحدهای سکانسی در توالی‌های کربناته با مثالی از سازندهای کنگان و دالان، میدان گازی پارس جنوبی: پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ش ۵۴، ص ۹۷–۱۱۰.
- Aali, J., H. Rahimpour-Bonab and M.R. Kamali, 2006, Geochemistry and origin of the world's largest gas field from Persian Gulf, Iran: Journal of Petroleum Science and Engineering, v. 50, p.161–175.
- Aali, J., and O. Rahmani, 2011, Evidences for secondary cracking of oil in South Pars field, Persian Gulf, Iran: Journal of Petroleum Science and Engineering, v. 76, p.85–92.
- Aali, J., and O. Rahmani, 2012, H₂S-Origin in South Pars gas field from Persian Gulf, Iran: Journal of Petroleum Science and Engineering, v. 87, p.217–224.
- Alsharhan, A.S., and A.E.M. Nairn, 1997, Sedimentary Basins and Petroleum Geology of the Middle East: Elsevier, Amsterdam, 878 p.
- Barr, D., 2007, Conductive faults and sealing fractures in the West Sole gas fields, southern North Sea. In: Jolley, S. J., Barr, D., Walsh, J. J. and Knipe, R. J. (Eds.), Structurally Complex

- London, Special Publications, v. 123, p.87–104.
- McKie, T., S. J. Jolley, and M. B. Kristensen, 2010, Stratigraphic and structural compartmentalization of dryland fluvial reservoirs: Triassic Heron Cluster, Central North Sea. In: Jolley, S. J., Fisher, Q. J., Ainsworth, R. B., Vrolijk, P. J. and Delisle, S. D. (Eds.), *Reservoir Compartmentalization: Geological Society, London, Special Publications*, v. 347, p.165–198.
- Porter, J. R., E. McAllister, Q. J. Fisher, R. J. Knipe, D. M. Condliffe, M. A. Kay, G. Stylianides and I. K. Sinclair, 2004, Impact of fault-damage zones on reservoir performance in the Hibernia Oilfield (Jeanne d'Arc Basin, Newfoundland): an analysis of structural, petrophysical and dynamic well test data. In: Hiscott, R. & Pulham, A. (Eds.), *Petroleum Resources and Reservoirs of the Grand Banks, Eastern Canadian Margin: Geological Association of Canada*, v. 43, p.129–142.
- Rahimpour-Bonab, H., 2007, A procedure for appraisal of a hydrocarbon reservoir continuity and quantification of its heterogeneity: *Journal of Petroleum Science and Engineering*, v. 58, p.1-12.
- Rahimpour-bonab, H., A.H. Enayati-bidgoli, A. Navidtalab and H. Mehrabi, 2014, Appraisal of intra reservoir barriers in the Permian-Triassic successions of the Central Persian Gulf, Offshore Iran: *Geologica acta*, v. 12, p.87-107.
- Retallack, G.J., A. Seyedolali, E.S. Krull, W.T. Holser, C.P. Ambers and F.T. Kyte, 1998, Search for evidence of impact at the Permian-Triassic boundary in Antarctica and Australia: *Geology*, v. 26, p.979–982.
- Retallack, G.J., R.M.H. Smith and P.D. Ward, 2003, Vertebrate extinction across the Permian-Triassic boundary in the Karoo Basin, South Africa: *Geological Society of America Bulletin*, v. 115, p.1133–1152.
- Smith, P. J., 2008, Studies of United Kingdom Continental Shelf fields after a decade of production: how does production data affect the estimation of subsurface uncertainty?: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 92, p.1403–1413.
- Tavakoli, V., 2015, Chemostratigraphy of the Permian-Triassic Strata of the Offshore Persian Gulf, Iran. In: Ramkumar, M., (Ed.), *Chemostratigraphy: Concepts, Techniques, and Applications: Elsevier*, p.373-393.
- Haghi, A.H., R. Kharrat, M.R. Asef and H. Rezazadegan, 2013, Present-day stress of the central Persian Gulf: Implications for drilling and well performance: *Tectonophysics*, v. 608, p.1429-1441.
- Hesthammer, J., P.A. Bjorkum, and L. Watts, 2002, The effects of temperature on sealing capacity of faults in sandstone reservoirs: examples from the Gullfaks and Gullfaks Sor fields, North Sea: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 86, p.1733–1751.
- Heydari, E., J. Hassanzadeh, W. J. Wade and A. M.Ghazi, 2003, Permian-Triassic boundary interval in the Abadeh section of Iran with implications for mass extinction: Part 1 – Sedimentology: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 193, p.405-423.
- Jolley, S. J., Q. J. Fisher, R. B. Ainsworth, P. J. Vrolijk, and S. Delisle, 2010, Reservoir Compartmentalization: an introduction. In: Jolley, S. J., Fisher, Q. J., Ainsworth, R. B., Vrolijk, P. J. & Delisle, S. (Eds.), *Reservoir Compartmentalization: Geological Society, London, Special Publications*, v. 347, p.1–8.
- Kadkhodaei-Ilkhchi, R., R. Rezaee, R. Moussavi-Harami, A. Kadkhodaie -Ilkhchi, 2013, Analysis of the reservoir electrofacies in the framework of hydraulic flow units in the Whicher Range Field, Perth Basin, Western Australia: *Journal of Petroleum Science and Engineering*, v. 111, p.106-120.
- Kennard, J. M. and N. P. James, 1986, Thrombolites and Stromatolites: Two Distinct Types of Microbial Structures: *Palaaios*, v. 1, p.492–503.
- Knai, T. A. and R. J. Knipe, 1998, The impact of faults on Fluid Flow in the Heidrun Field. In: Jones, G., Fisher, Q. J. and Knipe, R. J. (Eds.), *Faulting, Fault Sealing and Fluid Flow in Hydrocarbon Reservoirs: Geological Society, London, Special Publications*, v. 147, p.269–282.
- Knott, S. 1993, Fault seal analysis in the North Sea: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, v. 77, p.778–792.
- Leveille, G. P., R. Knipe, C. More, D. Ellis, G. Dudley, G. Jones, Q. J. Fisher, and G. Allinson, 1997, Compartmentalisation of Rotliegendes gas reservoirs by sealing faults, Jupiter Fields area, Southern North Sea. In: Ziegler, K., Turner, P. and Daines, S. R. (Eds.), *Petroleum Geology of the Southern North Sea; Future Potential: Geological Society*,

- Tavakoli, V., and A. Amini, 2006, Application of Multivariate Cluster Analysis in Logfacies Determination and Reservoir Zonation, Case Study of Marun Field, South of Iran: *Journal of Science*, v. 32, p.69-75.
- Tucker, M. E., 2001, *Sedimentary Petrology: An Introduction to the Origin of Sedimentary Rocks*, 3rd Edition: Hoboken, 272 p.
- Wignall, P.B., and R.J. Twitchett, 2002, Extent, duration, and nature of the Permian–Triassic superanoxia. In: Koeberl, C., MacLeod, K.G. (Eds.), *Catastrophic Events and Mass Extinctions: Impacts and Beyond: Geological Society of America Special Publication*, v. 356, p. 395–413.
- Woods, A. D., and A. Baud, 2008, Anachronistic facies from a drowned Lower Triassic carbonate platform: Lower member of the Alwa Formation (Ba'id Exotic), Oman Mountains: *Sedimentary Geology*, v. 209, p.1-14.
- Yin, H., H. Jiang, W. Xia, Q. Feng, N. Zhang and J. Shen, 2014, The end-Permian regression in South China and its implication on mass extinction: *Earth-Science Reviews*, v. 137, p.19-33.
- Zoback, M. D. and J. C. Zinke, 2002, Production-induced normal faulting in the Valhall and Ekofisk oil fields: *Pure and Applied Geophysics*, v. 159, p.403–420.
- Warren, J. K., 2006, *Evaporites: Sediments, Resources and Hydrocarbons*: Springer-Verlag, Berlin, 1036 p.