

مطالعه پتروگرافی و پتروفیزیکی سازندهای کربناته پرمو- تریاس (دالان و کنگان) در محدوده کمان قطر واقع در خلیج فارس

حجت محبوبی پور*^۱، علیرضا بشری^۲

^۱ دانشجوی دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، گروه زمین شناسی، تهران، ایران.

^۲ استادیار پژوهشگاه صنعت نفت

*hmahbobi@yahoo.com

دریافت شهریور ۱۳۹۳، پذیرش آذر ۱۳۹۳

چکیده

سازندهای پرموتریاس یکی از عظیم ترین مخزنهای گازی کربناته حوضه خلیج فارس و کشور های مجاور آن محسوب می شود. سنگ شناسی عمومی آنها از جنس سنگ آهک، دولومیت و انیدریت می باشد. رخساره های این سازندها در محیطهای رسوبگذاری متنوعی از جمله محیط دریایی کم عمق، پرانرژی، حد جزر و مدی، محیطهای دریایی نیمه آزاد، سدی و لاگونی انباشته شده است. هدف از این مطالعه، سرشت نمایی و بررسی خواص مخزنی و تعیین میکروفاسیس های این سازندها و نهایتاً ارزیابی کیفیت مخزنی آنها از روی مقاطع نازک حاصل از مغزه ها و خرده سنگ های حفاری و اطلاعات نمودار های چاه نگاری مربوط به این سازندها در میادین مختلف موجود در محدوده کمان قطر است. براساس این مطالعه، این سازندها از لحاظ لیتواستراتیگرافی در مجموع به چهار زون k1-k4 تقسیم بندی شده و هر یک از این زونها یا واحدها خود به زیر واحدهای مختلفی تقسیم شده اند. از نظر کیفیت مخزنی این زونها در چهار گروه ضعیف، متوسط، خوب و خیلی خوب قرار داده شده اند، به طوریکه زون k4 دارای بالاترین کیفیت مخزنی و زون k1 دارای کمترین کیفیت مخزنی است. رسم نقشه های هم ضخامت و هم عمق، همچنین انجام تطابق میان چاههای مختلف و نیز مدل سه بعدی چینه شناسی زونهای فوق، نشانگر کاهش ضخامت از غرب به شرق می باشد. از نظر عمقی نیز این سازندها در قسمتهای جنوب شرقی در اعماق بیشتری قرار گرفته اند، بصورتی که در میدان سلمان عمق قرار گیری این سازندها بیشتر از سایر میدانهای مورد مطالعه است. مطالعه میکروسکوپی مقاطع نازک حاصل از مغزه های حفاری در این سازندها، از نظر بافت و نوع سنگ شناسی منجر به شناسایی رخساره های سنگی گوناگون از جمله رخساره توده انیدریتی، رخساره دولومادستون یا مادستون دولومیتی، رخساره دولوباندستون ترومبولیتی و استروماتولیتی، رخساره دولووکستون/ پکستون، رخساره دولوگرینستون های فاقد سیمان انیدریتی و رخساره گرینستونی شد که با بررسی خواص پتروفیزیکی (تخلخل و تراوایی) بر روی این رخساره ها، هر یک از آنها از نظر کیفیت مخزنی در چهار گروه ضعیف، متوسط، خوب و خیلی خوب قرار داده شدند.

کلمات کلیدی: دالان، کنگان، پتروفیزیک، پتروگرافی، کمان قطر، مخزن گازی، رخساره، تخلخل و تراوایی، خلیج فارس.

۱. مقدمه

یکی از مهمترین اهداف در مطالعه مخازن هیدروکربوری، شناسایی زون هائی با کیفیت مخزنی بالا می باشد. عواملی همچون فرآیندهای دیاژنژی، شرایط و نوع محیط رسوبگذاری، در بافت و نوع لایه های تشکیل دهنده مخزن نقش اساسی دارند. تعیین رخساره های سنگی در یک مخزن از این نظر مهم است که نشان دهنده افق های مختلف مخزنی و غیرمخزنی است و با به دست آوردن ویژگیهای پتروفیزیکی هر کدام از رخساره ها، می توان تغییرات عمودی مخزن را از نظر تخلخل و تراوایی و در نهایت کیفیت مخزنی را مورد ارزیابی و سرشت نمایی قرار داد [۱، ۲، ۳، ۴]. در این مطالعه سعی شده است با بررسی پتروفیزیکی و پتروگرافی، سازندهای دالان و کنگان در محدوده کمان قطر، مورد ارزیابی مخزنی قرار گیرند.

۱-۱. موقعیت جغرافیایی و عوامل زمین ساخت

محدوده مورد مطالعه در خلیج فارس در محدوده کمان قطر و اطراف میدان های بزرگ گازی پارس جنوبی ایران و گنبد شمالی قطر بین طول های جغرافیایی ۵۴۰۰۰۰ تا ۷۲۰۰۰۰ و عرض های جغرافیایی ۲۸۴۰۰۰۰ تا ۳۰۲۰۰۰۰ در سیستم مختصات UTM قرار گرفته است (شکل ۱).



شکل (۱) موقعیت محدوده مورد مطالعه در خلیج فارس (اقتباس از آرشیو شرکت نفت فلات قاره ایران)

زمین شناسان بر این باورند که فعالیت های تکتونیکی سپر عربستان، تحت تاثیر فرآیندهای تکتونیکی پرکامبرین قرار گرفته است که یک بستر غیر مقاوم را ایجاد نموده است.

همچنین تاکید بر این است که این ساختمان قدیمی همواره تحت تاثیر فعالیتهای حرکت نمک که ضربه آغازین جهت حرکت توده نمک به سمت بالا می باشد، شده است [۵]. هسته اولیه ساختمانهای زمین شناسی در این ناحیه، اصولاً کنترل کننده ژئومتری و نوع رسوبات نهشته شده می باشد.

تداوم فعالیتهای ساختمانی دیابیریکی از ابتدای پالئوزوئیک، توجیهی بر فازهای متعدد حرکت گنبد های نمکی در زمان های پرمین، تریاس، کرتاسه میانی، ائوسن تا الیگوسن و نئوژن می باشد [۶]. در پایان تریاس یک حرکت بالا آمدگی تکتونیکی در مرکز خلیج فارس رخ می دهد که سبب تقسیم ژئوسنکلینال خلیج فارس به دو حوضه رسوبی کم و بیش مجزا ولی مرتبط می شود که این رخداد تفاوت های شدید در ضخامت رخساره های رسوبی مزوزوئیک و ترشیری در خلیج فارس را ایجاد می نماید که به کمان قطر مشهور است [۲، ۷].

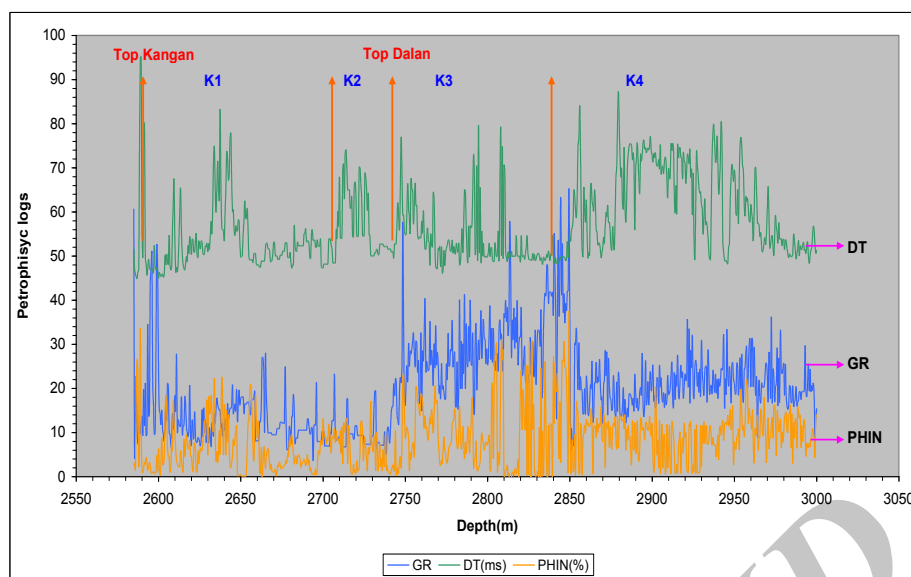
۲. روش مطالعه و مواد مورد استفاده

در سال های اخیر به جهت اهمیت مخازن هیدروکربوری عظیم در ناحیه کمان قطر، بررسی های زیادی از جنبه های مختلف سنگ منشاء، سنگ مخزن، سنگ پوشش و نحوه مهاجرت هیدروکربورها صورت گرفته است [۱، ۲، ۳، ۴، ۵]. در این مطالعه نیز داده های پتروفیزیکی، نمودارهای چاه نگاری، داده های تخلخل و تراوایی حاصل از آزمایش های ویژه و بیش از ۲۱۰ مقطع نازک سنگ شناسی (با استفاده از میکروسکوپ پولاریزان) مورد مطالعه دقیق قرار گرفته است.

۲-۱. تعبیر و تفسیر نمودار های پتروفیزیکی

مطالعات پتروفیزیکی بر پایه لاگهای موجود برای هر نیم متر عمق به دو صورت کیفی و کمی انجام شده است [۸]. در ابتدا با استفاده از مطالعات کیفی لاگهای چاه پیمایی هر چاه، رأس و قاعده سازندهای کنگان و دالان و همچنین زونهای داخل این سازندها با دقت بسیار بالایی تعیین شده است و در ادامه نیز خواص مخزنی این چهار زون، مورد مطالعه کمی قرار گرفته است.

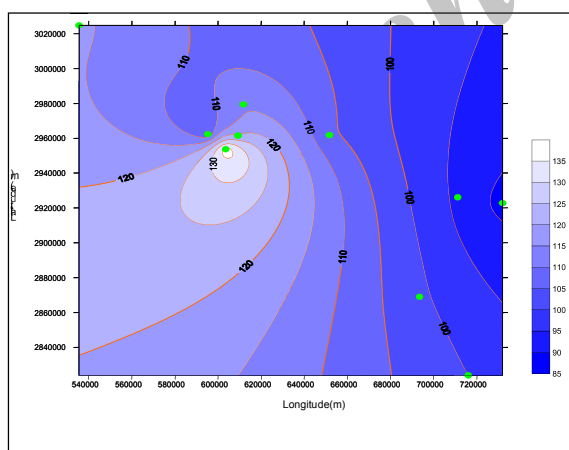
اطلاعات موجود برای تفسیر کیفی لاگها، شامل لاگهای پتروفیزیکی آنالوگ چاه ها است. بطور کلی در این مطالعه از لاگهای مختلفی مانند پرتو گاما، مقاومت مخصوص کم عمق و عمیق، نمودار کروی متمرکز شده، نمودار صوتی، نمودار چگالی و ... استفاده شده است. در این محدوده با استفاده از مطالعات کیفی روی لاگها، سازندهای کنگان و دالان به چهاربخش یا زون اصلی: K1، K2، K3 و K4 که هر یک از این زون ها نیز به نوبه خود به زیر واحدهای مختلف، بر اساس خواص مخزنی تقسیم شده اند [۸، ۹، ۱۰، ۱۱]. در شکل (۲) زون بندی سازندهای دالان و کنگان بر اساس تعدادی از لاگهای پتروفیزیکی نشان داده شده است [۱].



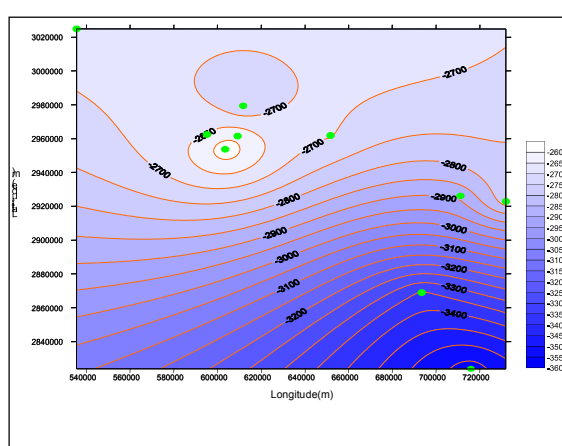
شکل (۲) زون بندی سازندهای دالان و کنگان با استفاده از لاگهای پتروفیزیکی در یکی از چاههای ناحیه مورد مطالعه

۲-۲. بررسی ناحیه ای نقشه های زمین شناسی هر یک از زونهای مخزنی k1 - k4

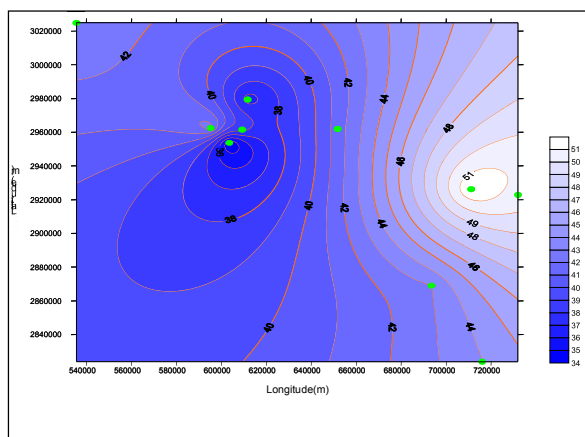
در این بخش از طریق تهیه نقشه های هم ضخامت و هم عمق سطح فوقانی هر یک از زونها، به بررسی ویژگیهای زمین شناسی آنها پرداخته شده است. با استفاده از لاگهای پتروفیزیکی چاههای مورد مطالعه، عمق های مربوط به رأس و قاعده هر سازند تعیین و بخشها و زونهای حفاری شده در هر یک از چاههای واقع در این محدوده مورد مطالعه دقیق قرار گرفته است. بر این اساس نقشه های عمقی (Depth map) و هم ضخامت (Isopach map) کلیه زونها ترسیم شده است. در شکل های ۳ الی ۱۰ این نقشه ها آورده شده است [۱].



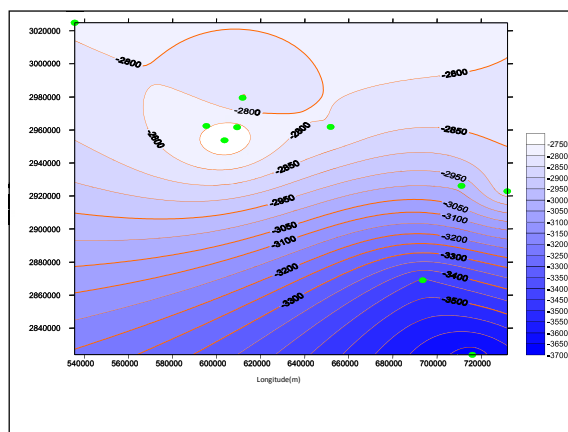
شکل (۴) نقشه هم ضخامت زون مخزنی k1 در ناحیه مورد مطالعه.



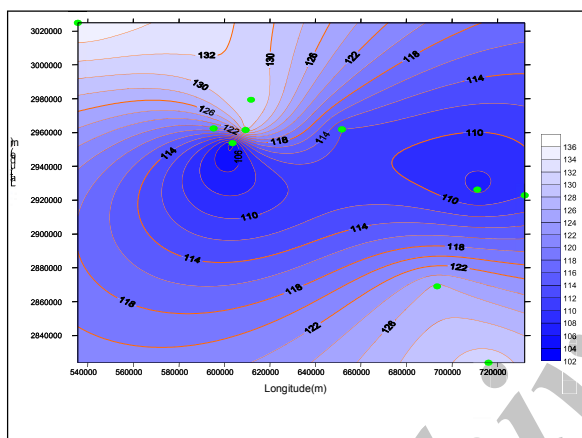
شکل (۳) نقشه هم عمق سطح فوقانی زون مخزنی k1 در ناحیه مورد مطالعه.



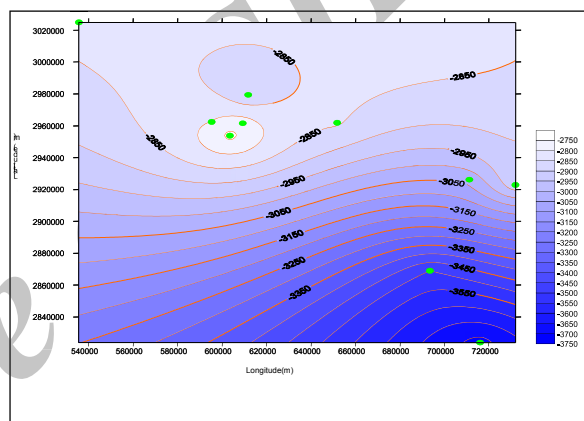
شکل (۶) نقشه هم ضخامت زون مخزنی k_2 در ناحیه مورد مطالعه.



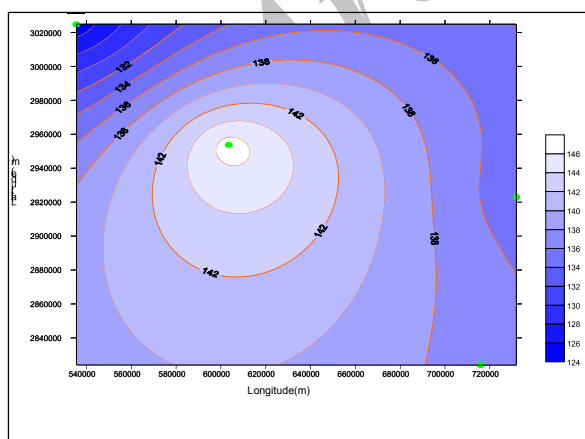
شکل (۵) نقشه هم عمق سطح فوقانی زون مخزنی k_2 در ناحیه مورد مطالعه.



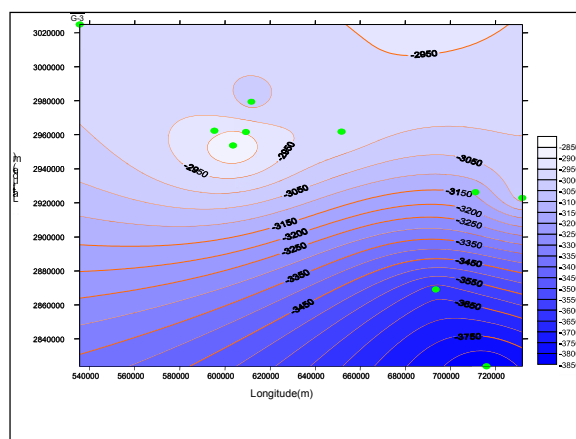
شکل (۸) نقشه هم ضخامت زون مخزنی k_3 در ناحیه مورد مطالعه.



شکل (۷) نقشه هم عمق سطح فوقانی زون مخزنی k_3 در ناحیه مورد مطالعه.



شکل (۱۰) نقشه هم ضخامت زون مخزنی k_4 در ناحیه مورد مطالعه.



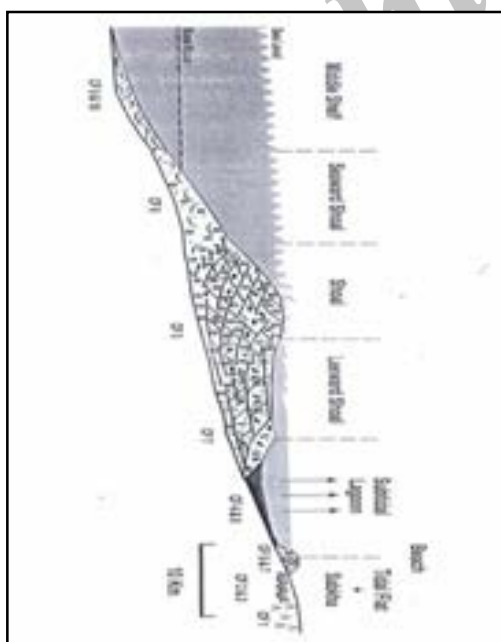
شکل (۹) نقشه هم عمق سطح فوقانی زون مخزنی k_4 در ناحیه مورد مطالعه.

۳-۲. مطالعات پتروگرافی

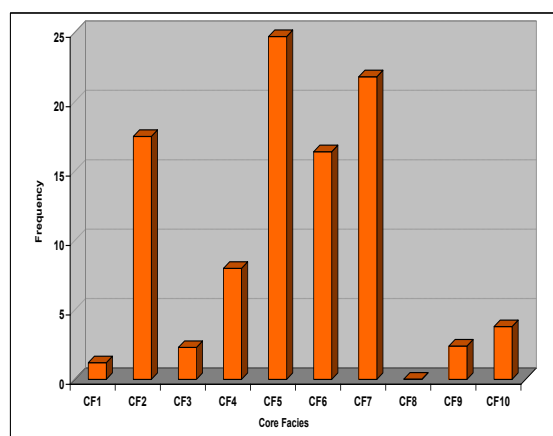
محققین مطالعات با ارزش زیادی بر روی سنگ سناسی [۲، ۱۳]، چینه شناسی [۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵] میکروفسیل [۴، ۱۶، ۱۷]، رخساره های رسوبی [۱۲، ۱۴]، مدل سازی مخزن [۱۷] و تکتونیک [۵، ۷، ۱۸] در بخشهای گوناگون خلیج فارس بر روی این دو سازند به انجام رسانیده اند.

در این بخش سعی می شود از تلفیق مطالعات گوناگون به نتایج مطلوب در امر سرشت نمایی این دو مخزن برسیم. حدود ۲۱۰ مقطع نازک از مغزه های حفاری مربوط به سازندهای دالان و کنگان تهیه و پس از رنگ آمیزی با آلیزارین - رد- اس مورد مطالعه میکروسکوپی قرار گرفت. براساس تقسیم بندی و نامگذاری دانهام (۱۹۶۲) ده رخساره سنگی مجزا در این سازند ها تشخیص داده شد [۱]. این رخساره ها شامل:

- F1: انیدریت توده ای با فابریک پر مرغی.
 - F2: مادستون دولومیتی / آهکی اغلب با فابریک فنسترال و ندولهای انیدریتی بزرگ.
 - F3: باندستون استروماتولیتی لایه بندی شده.
 - F4: وکستون / پکستون پلوئیدی با خرده های اسکلتی.
 - F5: دولوگرینستون / گرینستون اوئیدی با دانه بندی متوسط همراه با مقدار کمی خرده های اسکلتی.
 - F6: گرینستون / دولوگرینستون انتراکلاستی همراه با انکوئید و تخلخل بین دانه ای.
 - F7: گرینستون اوئیدی و پلوئیدی با دانه بندی خوب.
 - F8: کنگلومرای داخل سازندی همراه با پلاگهای انیدریتی.
 - F9: باندستون با آشفستگی زیستی پلوئیدال و خرده های اسکلتی دیگر.
 - F10: دولوباندستون ترومبولیتی با آشفستگی زیستی مخصوص دریای باز.
- می باشند. شکل های ۱۱ و ۱۲ درصد فراوانی و محیط رسوبی هر یک از این رخساره ها را در این سازندها نشان می دهد.

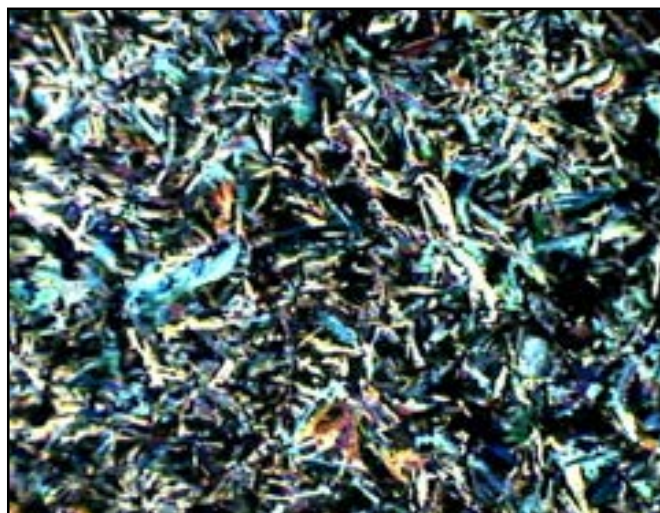


شکل (۱۲) محیط رسوبی انواع رخساره های سنگی در سازندهای دالان و کنگان.



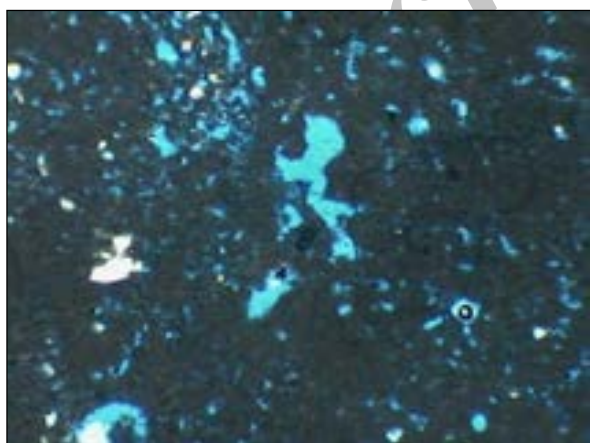
شکل (۱۱) دیاگرام فراوانی انواع رخساره های سنگی در سازندهای دالان و کنگان.

بعد از تعیین انواع رخساره های موجود در این سازندها با استفاده از مطالعه پتروگرافی رخساره ها، میزان تخلخل و تراوایی رخساره ها در آزمایشگاههای مخصوص توسط گاز هلیوم (برای تعیین تخلخل) و هوا (برای تعیین تراوایی) مشخص شده و در نهایت ارتباط بین تخلخل و تراوایی در هر یک از رخساره ها مورد بررسی قرار گرفت. در شکل های زیر مطالعه پتروگرافی هر یک از رخساره های ذکر شده و رابطه بین تخلخل و تراوایی در آنها آورده شده است [۱].

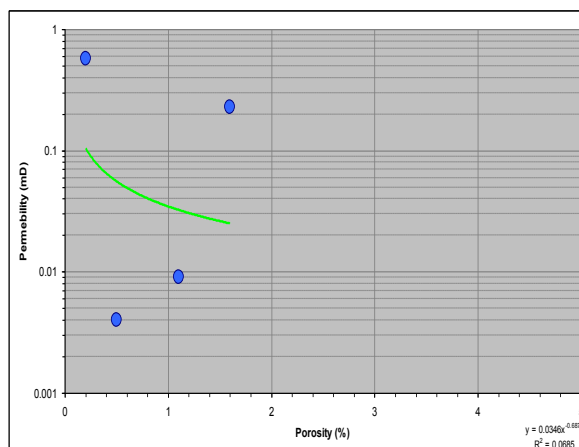


شکل (۱۳) رخساره توده لایه انیدریتی.

شکل (۱۳) نمونه ای از یک توده لایه انیدریتی را نشان می دهد که بافت پر مرغی بوضوح در آن دیده می شود. هیچگونه تخلخلی در آن وجود ندارد بنابراین این گونه رخساره ها به دلیل نبود تخلخل مفید و وجود تراوایی بسیار ضعیف بیشتر نقش پوش سنگ را ایفا می کنند. تخلخل و تراوایی در این رخساره همستگی در حد صفر دارند شکل (۱۴) [۱].



شکل (۱۵) رخساره مادستون دولومیتی شده.



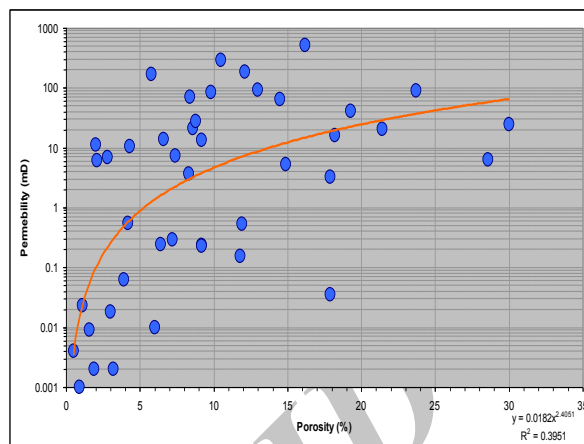
شکل (۱۴) دیاگرام تخلخل و تراوایی در رخساره سنگی F1.

شکل (۱۵) نمونه ای از یک مادستون دولومیتی با فابریک فنسترال نامنظم متعلق به محیط رسوبی جزر و مدی را نشان می دهد که دارای تخلخل بیشتر از نوع حفره ای بوده که در بعضی از قسمتها دارای پلاگ انیدریتی است. بدلیل عمل دولومیتی

شدن میزان تخلخل و تراوایی به نسبت بالا می باشد. در حدود ۱۷ درصد لایه های موجود در سازندها در این گروه قرار دارند. این گروه دارای کیفیت مخزنی نسبتاً "ضعیفی" است. تخلخل و تراوایی در این رخساره همبستگی ضعیف دارند (شکل ۱۶) [۱].

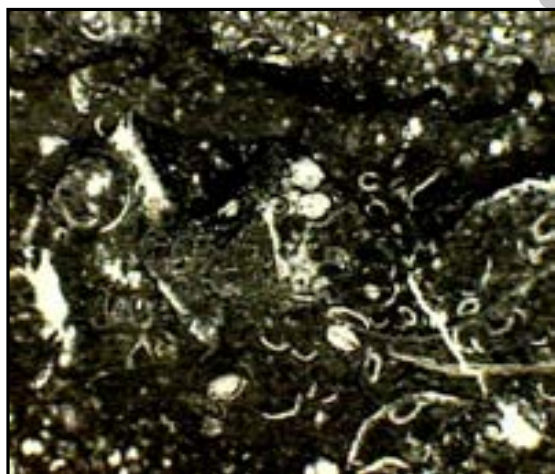


شکل (۱۷) رخساره باندستون استروماتولیتی.

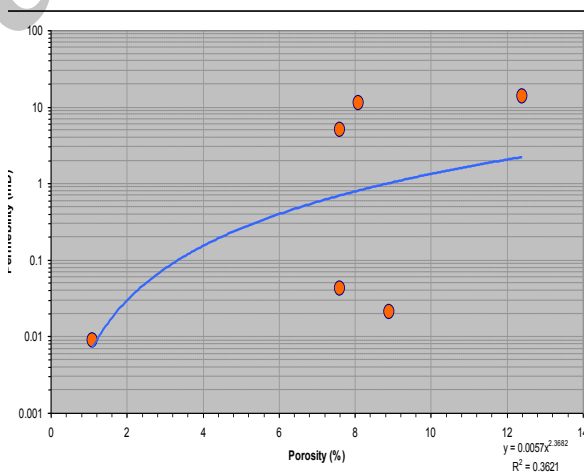


شکل (۱۶) دیاگرام تخلخل و تراوایی در رخساره سنگی F2.

شکل (۱۷) نمونه ای از یک باندستون استروماتولیتی را نشان می دهد که دارای فابریک فنسترال لامینوئیدی، ترکهای ریز گلی و تخلخل روزنه ای می باشد. بافت اولیه این گروه، استروماتولیتها هستند که کاملاً دولومیتی شده اند. یکی از مهمترین تخلخلهای موجود، روزنه ای است. این گروه ۸ درصد لایه های سازندها را تشکیل می دهند و کیفیت مخزنی آن متوسط است. همبستگی بین تخلخل و تراوایی در این رخساره نیز ضعیف می باشد (شکل ۱۸) [۱].

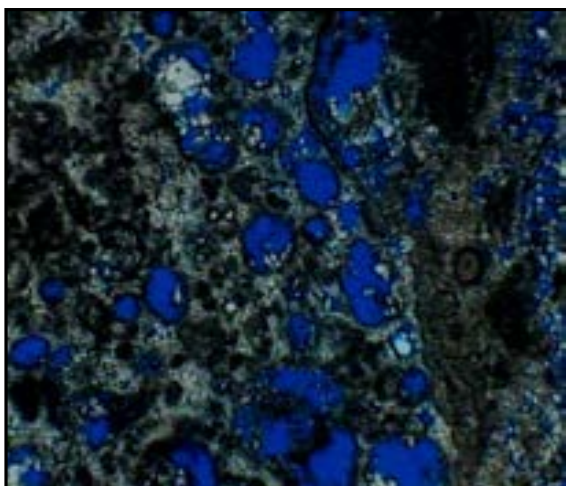


شکل (۱۹) رخساره دولوکستون/پکستون.

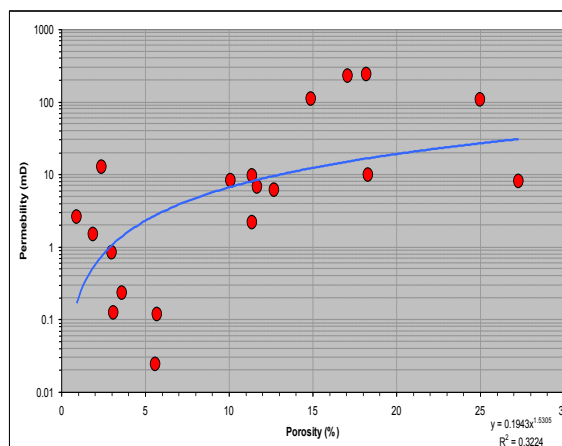


شکل (۱۸) دیاگرام تخلخل و تراوایی در رخساره سنگی F3.

شکل (۱۹) نمونه ای از یک دولوکستون/پکستون را نشان می دهد که خرده های اسکلتی متعلق به محیط لاگون مثل گاستروپودا و تخلخل بین دانه ای و درون دانه ای در آن مشاهده می شود. این تخلخلها بیشتر در اثر انحلال بوجود آمده و مقدار تخلخل نیز در آن نسبتاً "زیاد" می باشد. لایه های این گروه در محیط کم انرژی لاگون تشکیل شده اند و در حدود ۱۵ درصد سازندها را شامل می شوند. همبستگی بین تخلخل و تراوایی در این رخساره به نسبت بالا می باشد (شکل ۲۰) [۱].

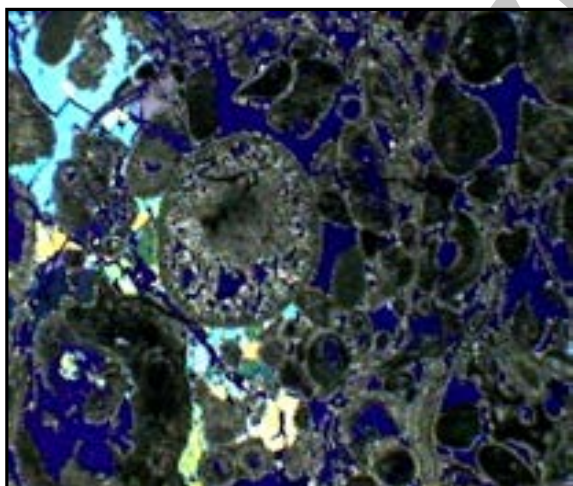


شکل (۲۱) رخساره دولوگرینستون اوئیدی اسکلتی.

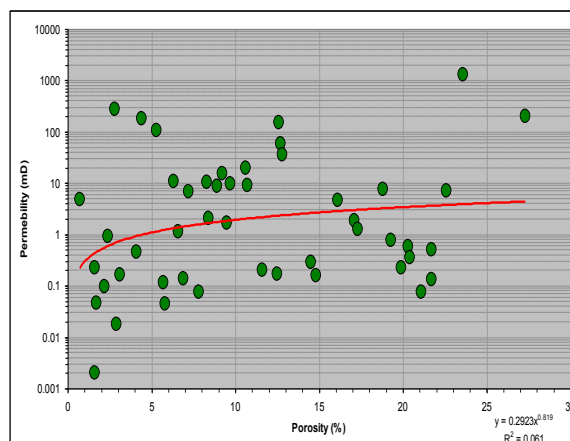


شکل (۲۰) دیاگرام تخلخل و تراوایی در رخساره سنگی F4.

شکل (۲۱) نمونه ای از یک دولوگرینستون اوئیدی را نشان می دهد که دارای تخلخل قالبی اوئیدی بوده و سیمان انیدریتی و اسپاری نیز در بعضی از قسمتها دیده می شود در اینجا نیز انحلال باعث افزایش تخلخل شده، ولی عمل انیدریتی شدن موجب کاهش آن شده است. نمونه های این گروه بر اساس سیمان انیدریتی به دو زیرگروه تقسیم شده اند و در مجموع با تشکیل ۱۷ درصد از لایه های سازندها، ضخامت زیادی دارند. زیر گروه الف- شامل دولوگرینستونهایی با سیمان انیدریتی است. اولیت ها مهمترین آلومک در این زیر گروه هستند که فضای اولیه بین آنها به شدت توسط انیدریت و سیمان اسپاری پر شده اند. این گروه کیفیت مخزنی ضعیفی دارد. زیر گروه ب- دولوگرینستون های فاقد سیمان انیدریتی در فضای اولیه دانه ای بوده و دارای کیفیت مخزنی بسیار خوب است. همبستگی خوبی بین تخلخل و تراوایی در این رخساره مشاهده می شود (شکل ۲۲) [۱].

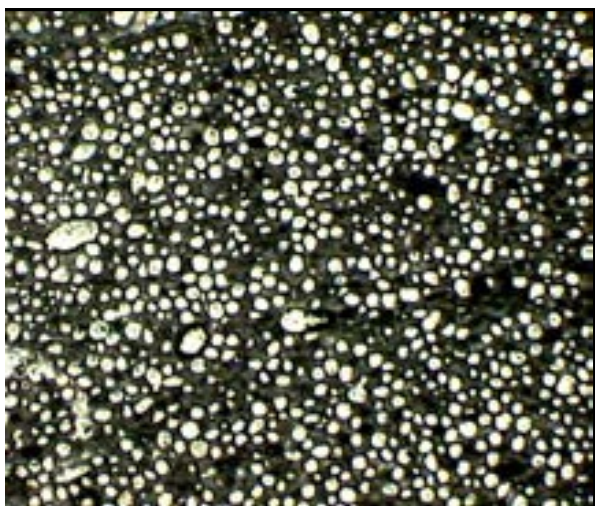


شکل (۲۳) رخساره دولوگرینستون اوئیدی انتراکلاست.

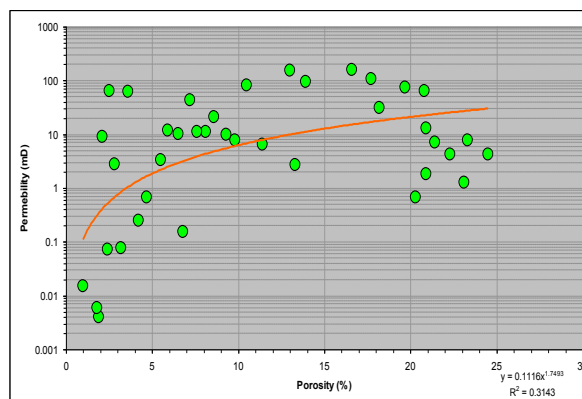


شکل (۲۲) دیاگرام تخلخل و تراوایی در رخساره سنگی F5.

شکل (۲۳) نمونه ای از یک دولوگرینستون انتراکلاستی و اوئیدی را نشان می دهد که دارای تخلخل بین دانه ای زیاد بوده و سیمان انیدریتی نیز در آن مشاهده می شود، عمل دولومیتی شدن در آن بوضوح دیده می شود و در حدود ۱۵ درصد سازندها را شامل می شوند. همبستگی بین تخلخل و تراوایی در این رخساره نیز بالا می باشد (شکل ۲۴) [۱].



شکل (۲۵) رخساره گریستون اوئیدی با دانه بندی خوب.

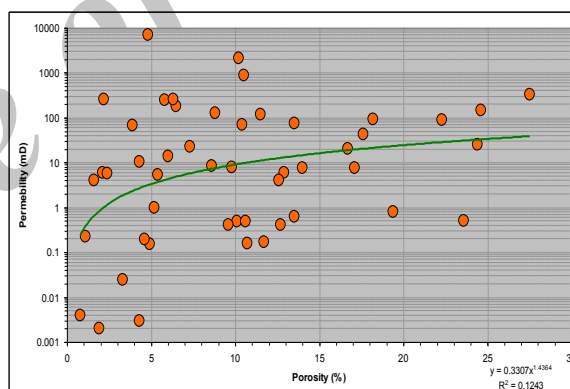


شکل (۲۴) دیاگرام تخلخل و تراوایی در رخساره سنگی F6.

شکل (۲۵) نمونه ای از یک گریستون اوئیدی با دانه بندی خوب را نشان می دهد که دارای تخلخل درون دانه ای و بین دانه ای و تخلخل بین بلوری واضح می باشد. دانه های اوئیدی بصورت همگن بوده و در میان گروههای با کیفیت مخزنی خوب قرار می گیرند. تخلخل و تراوایی در این رخساره ها همبستگی بسیار بالا دارند (شکل ۲۶) [۱].

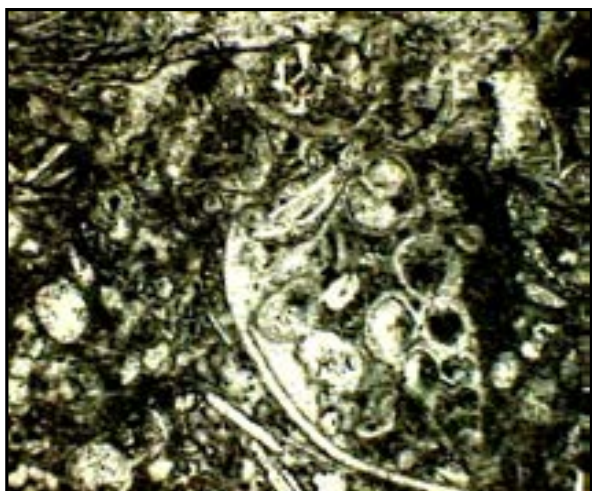


شکل (۲۷) رخساره دولومادستون پلوئیدال

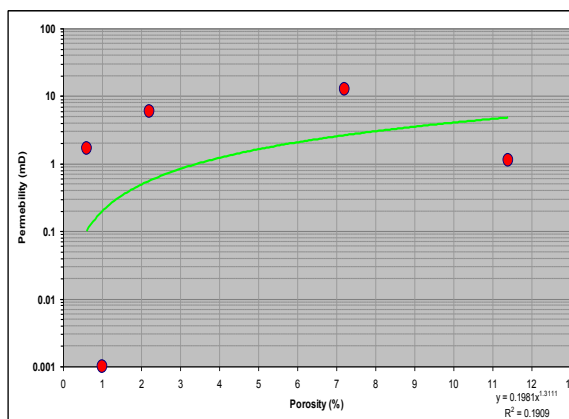


شکل (۲۶) دیاگرام تخلخل و تراوایی در رخساره سنگی F7.

شکل (۲۷) نمونه ای از یک دولومادستون پلوئیدال را نشان می دهد که دارای تخلخل از نوع شکستگی که در مناطق این شکستگیها با انیدریت بصورت کامل و در بعضی دیگر بصورت نیمه پر، دیده می شود. حدود ۷ درصد ضخامت سازندها را تشکیل می دهند همبستگی بین تخلخل و تراوایی در این رخساره ضعیف می باشد (شکل ۲۸) [۱].

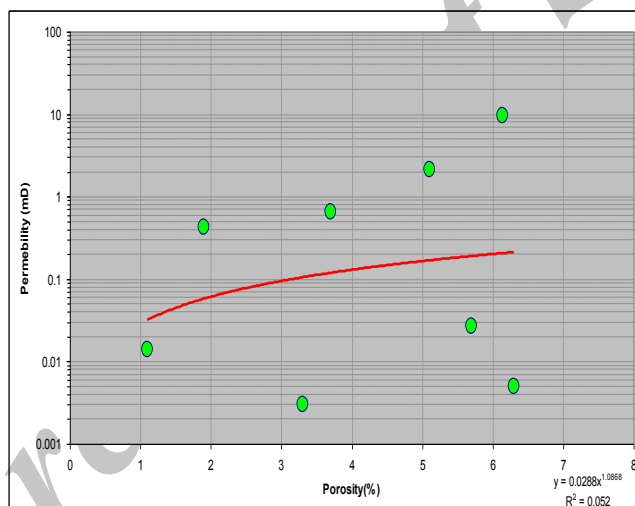


شکل (۲۹) رخساره باندستون ترومبولیتی.



شکل (۲۸) دیاگرام تخلخل و تراوایی در رخساره سنگی F9.

شکل (۲۹) نمونه ای از یک باندستون ترومبولیتی را نشان می دهد که دارای خرده های اسکلتی زیاد می باشد و تخلخلهای موجود در آن بیشتر از نوع روزنه ای بوده و کیفیت تخلخل پایین می باشد. حدود ۸ درصد ضخامت سازندها را تشکیل می دهند. همبستگی بین تخلخل و تراوایی در این رخساره نیز ضعیف می باشد (شکل ۳۰) [۱].



شکل (۳۰) دیاگرام تخلخل و تراوایی در رخساره سنگی F10.

با مطالعه و بررسی مقاطع نازک مختلف، سه مرحله دیاژنزی در این سازندها تشخیص داده شده است:

دیاژنزی اولیه: این مرحله کمی بعد از رسوبگذاری در یک محیط خیلی بسته و محدود تا بستر دریا رخ داده است. این نوع دیاژنز بطور عمده شامل میکربیتی شدن دانه ها و هموزن و یکنواخت شدن گل سنگهای کربناته توسط حفاری موجودات می باشد که این عمل باعث تغییر عمده در بافت اولیه رسوبی نشده است.

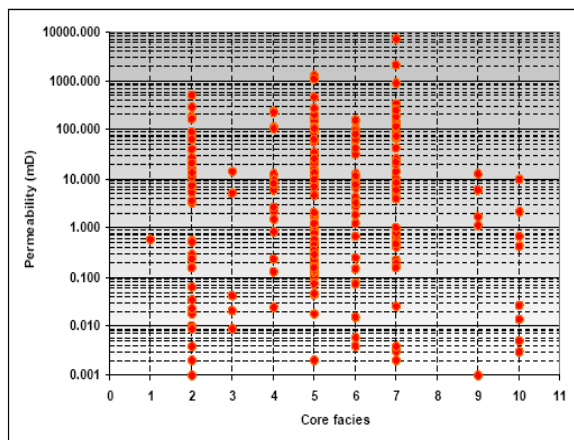
دیاژنز ثانویه: این نوع دیاژنز که به دیاژنز بعد از رسوبگذاری معروف است شامل چندین فرآیند می باشد که بطور شدیدی رخساره ها را کنترل کرده اند [۱، ۲، ۱۲]. این مرحله دیاژنزی در سازندهای دالان و کنگان شامل ته نشینی سیمانهای حاشیه دریا در گریستونهای محیط تپه ای، سیمانی شدن آهکهای دریایی توسط سیمان کلیستی بطور فراگیر، ته نشینی انیدریت

ندولار در گل سنگهای آهکی سابخایی در زمان دولومیتی شدن اولیه و بطور عمومی کریستالیزه شدن رسوبات می باشد. انحلال کامل یا بخشی دانه های آراگونیت در این مرحله دیاژنزی ثبت و مشاهده شده است.

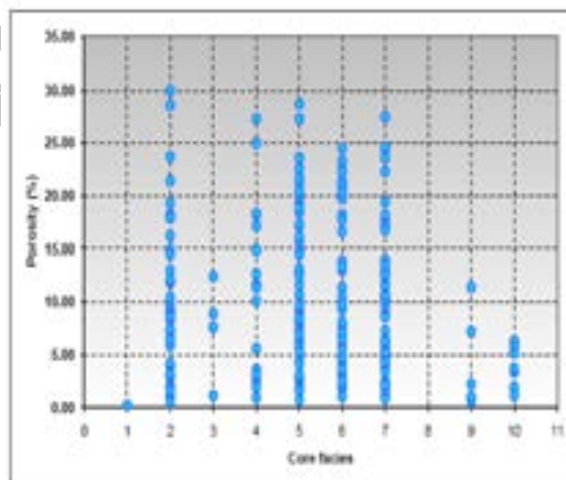
دیاژنز پایانی: یک نوع دیاژنز دفنی می باشد که در اعماق رخ داده است. مهمترین فرآیندها در این مرحله تشکیل سیمان کلیستی و دولومیتی و همچنین تبلور مجدد می باشد. علاوه بر این تشکیل سیمان انیدریتی و بسته شدن و پر شدن تخلخل اولیه و ثانویه در این مرحله بطور معمول و متداول دیده می شود. یکی دیگر از پدیده های مهم دیاژنز دفنی، استیلولیتی شدن و ایجاد درز و شکاف می باشد [۱].

انواع تخلخل مشاهده شده در این سازندها شامل هر دو نوع تخلخل اولیه و ثانویه است. تخلخل بین دانه ای در گرینستونها مهمترین و قابل توجه ترین تخلخل اولیه است. در حالیکه تخلخل درون دانه ای و بین بلوری مهمترین انواع تخلخل ثانویه به شمار می رود. تخلخل درون دانه ای توسط شسته شدن دانه های آراگونیتی و یا نتیجه انحلال در زمان دفن عمیق است و زمانیکه تخلخل درون دانه ای با انواع دیگر تخلخل ارتباط پیدا کند تخلخل موثر افزایش خواهد یافت. تخلخل بین بلورین بطور عمده در زمان دیاژنز دفنی تشکیل شده است و در توالیهای رسوبی که بطور کامل توسط دولومیت های کریستالین جایگزین شده اند اهمیت ویژه ای دارد.

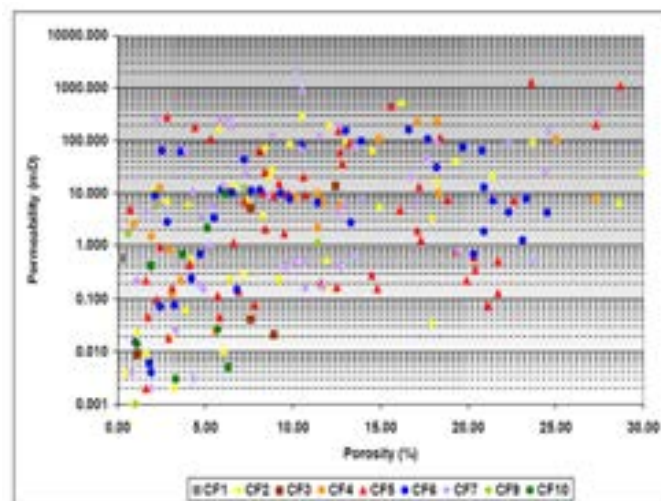
تخلخل از نوع شکستگی در این سازندها متداول بوده و اثر شدید و قابل توجهی بر افزایش تخلخل موثر دارد. شکستگی های باز در حالتی که ایجاد یک شبکه از کانالهای میکروسکوپی در توالیهای متخلخل کنند و در ارتباط با انواع دیگر تخلخل باشند اهمیت ویژه ای پیدا می کنند. بطور کلی، شکستگی های ثبت شده در این سازندها بصورت قائم تا مایل گاهی بطور جزئی با سیمان کلیستی، دولومیتی و یا انیدریتی پر شده اند [۱،۲،۳].



شکل (۳۲) دیاگرام تغییرات تراوایی در هر یک از رخساره های ده گانه در سازندهای دالان و کنگان.



شکل (۳۱) دیاگرام تغییرات تخلخل در هر یک از رخساره های ده گانه در سازندهای دالان و کنگان.



شکل (۳۳) دیاگرام تخلخل و تراوایی در انواع مختلف رخساره ها در سازندهای دالان و کنگان.

۳. بحث و بررسی

مطالعات کیفی و کمی نمودارهای پتروفیزیکی که روی سازندهای کنگان و دالان در چاههای محدوده مورد مطالعه صورت گرفته است، این سازندها در آغاز براساس خواص پتروفیزیکی به چهار زون K1، K2، K3 و K4 تقسیم شده است. نتایج نشان می دهد که زون K4 با تخلخل بالا و درجه اشباع آب کم با ارزش ترین مخزن از دیدگاه پتانسیل مخزنی می باشد.

- زون K1 :

این زون قسمت بالایی سازند کنگان به سن تریاس زیرین می باشد. بر پایه مطالعات لیتولوژی نمونه های مغزه و مطالعات میکروسکوپی مقاطع نازک، این واحد به سه زیر واحد k_{1a} ، k_{1b} و k_{1c} از بالا به پائین تقسیم شده است. زیر واحد k_{1a} دولومیتی بوده و در قسمتهای بالایی لایه های انیدریتی و سنگ آهک هم دیده می شود. زیر واحد k_{1b} سنگ آهکی بوده و میان لایه هایی از دولومیت و انیدریت در آن دیده می شود. زیر واحد k_{1c} نیز از دولومیت و سنگ آهک دولومیتی تشکیل شده است. فراوانترین انواع سنگها در این زون، گریستونهای الیتی، پلوئیدی می باشد.

- زون K2 :

این واحد از بالا به پائین به زیر واحدهای k_{2a} و k_{2b} تقسیم شده است. زیر واحد k_{2a} دولومیتی و زیر واحد k_{2b} سنگ آهکی می باشد. گستردگی بایمدال تخلخل و تراوایی وابسته به لیتولوژی های دولومیتی و سنگ آهکی در این زون می باشد. در نمونه های دولومیتی، تراوایی خطی با افزایش تخلخل، افزایش می یابد، در حالیکه در نمونه های سنگ آهکی با افزایش تخلخل، تراوایی افزایش نمی یابد. فراوانترین انواع سنگها در زون K2 شامل دولستون با فابریک فنسترال و گاهها " پلتی، انیدریتی و ترک گلی می باشند. در این واحد رخساره سنگی، گریستون، دولوگریستون، با تغییرات آلومنی مثل انیدها، پلتها، انتراکلاستها و انکوئیدها تشکیل شده است. از لحاظ مخزنی زیر واحد k_{2a} متوسط و زیر واحد k_{2b} مخزن ضعیفی می باشد.

- زون K3 :

این واحد که در قسمت بالایی سازند دالان قرار دارد، از لایه های دولومیتی، انیدریتی و سنگ آهکی تشکیل شده است. لایه های انیدریتی در قسمت زیرین این سکانس قرار دارد. این واحد، بر اساس مطالعات پتروگرافی به سه زیر واحد K_{3a}

دولومیتی) در قسمت بالایی و k3b (آهکی) در قسمت میانی، k3c (بین لایه ای دولومیتی و انیدریتی) در قسمت زیرین تقسیم شده است. فراوانترین انواع سنگها در این زون، مادستون و دولومادستون است و گرینستون و دولوگرینستون، وکستون/ پکستون هم دیده می شود. انیدریت بصورت لایه ها و ندولهای بزرگ در زون k3 بیشتر از زونهای دیگر است.

– زون K4:

فراوانترین رخساره سنگی در این زون، گرینستون انیدی، دولوگرینستون انیدی و گرینستون ریزدانه و دولوگرینستون می باشد. انواع دیگر سنگها اهمیت کمتری دارند. بر پایه مطالعات سنگ شناسی این زون از بالا به پائین به سه زیر واحد تقسیم شده است. این زیر واحدها شامل دولومیت بالایی (k4a) و سنگ آهک میانی (k4b) و دولومیت زیرین (k4c) است.

نقشه های هم ضخامت نمایانگر افزایش ضخامت زونهای مخزنی به سمت جنوب شرقی و شمال غربی محدوده مورد مطالعه می باشد. در قسمت مرکزی خلیج فارس در امتداد شمال شرقی - جنوب غربی ضخامت این سازندها نسبتاً کمتر از نواحی دیگر می باشد که این امر ناشی از فرسایش بیشتر در این ناحیه و از طرفی تحرک بیشتر کوهزایی در اثر بالا آمدگی کمان قطر در قسمت مرکزی خلیج فارس است [۲]. بطور کلی ضخامت زون K4 در ناحیه مورد مطالعه، از بقیه زونها بیشتر است و زون K2 کمترین ضخامت را نسبت به سایر زونها، در ناحیه مورد مطالعه دارد. در محدوده مورد مطالعه، عمق تدفین هر یک از زونها از شمال غرب بسمت جنوب شرق افزایش می یابد. بعبارتی دیگر، در جنوب شرق ناحیه مورد مطالعه، شاهد افزایش عمق حوضه رسوبی هستیم.

با توجه نقشه های هم تخلخل در ناحیه مورد مطالعه، زون k4 بیشترین تخلخل و زون k3 کمترین تخلخل را دارد، در گستره ناحیه مورد مطالعه، تخلخل زونها یک روند کاهشی را از غرب به شرق و شمال شرق نشان می دهد و کیفیت مخزنی کاهش می یابد و علت این امر ناشی از تغییرات رخساره ای جانبی است. فاکتورهای اصلی در کنترل توسعه و توزیع تخلخل در این سازندها شامل تغییر رخساره ها، عمق تدفین رسوبات و فرآیندهای دیاژنزی می باشند [۲،۳].

بهترین میزان تخلخل در توالیهای رسوبی این سازندها در جایی است که فواصل گرینستونی غالب می گردند. انواع تخلخل در این گرینستونها بطور عمده عبارتند از: تخلخل بین دانه ای، درون دانه ای و انواع تخلخل حفره ای. [۱، ۲، ۳]. عمق تدفین اثر قابل توجهی بر توسعه تخلخل دارد. با افزایش عمق تدفین، کاهش تدریجی و آهسته ای در میانگین تخلخل مشاهده می شود. اما در فواصل گرینستونی با افزایش عمق، کاهش محسوسی در ماکزیمم تخلخل مشاهده می شود. کاهش تخلخل بطور عمده ناشی از افزایش سیمانی شدن در زمان افزایش عمق تدفین می باشد [۱، ۲، ۳]. دیاژنز نقش عمده ای در توزیع تخلخل در سازندهای دالان و کنگان دارا می باشد. فرآیندهای دیاژنتیکی که باعث افزایش تخلخل می شوند، بیشتر در گرینستونها و گل سنگهای آهکی اتفاق افتاده اند. این افزایش تخلخل در اثر تبلور مجدد رسوبات کربناته و تبدیل آن به دولومیتهای کرسیتالین زبر و خشن صورت می گیرد. فرآیندهای دیاژنزی همچنین باعث بسته شدن و پر شدن تخلخل در مقاطع گرینستونی شده اند که این عمل توسط سیمانی شدن نهایی و ورود کلسیت و انیدریت در فضای بین دانه ای صورت گرفته است [۱، ۲].

در جدول (۲) مقادیر حداکثر، حداقل و میانگین تخلخل و تراوایی در هر یک از زونها و زیر واحدهای آنها آورده شده است. حضور دگرشیبی های مهم که جداکننده سازندهای دالان و کنگان از همدیگر باشد در میان چاه های محدوده مطالعه شده در این ناحیه کاملاً آشکار نمی باشد. تداوم لایه های رسوبی مشخص (marker bed) در میان رسوبات پرمین تریاس و دلایل پالتولوژی تاییدی بر diachroneity یا عدم همزمانی رسوبات در مکانهای مختلف در این سازند می باشد [۲، ۴، ۱۳].

جدول (۱) مقادیر حداکثر، حداقل و میانگین تخلخل و تراوایی در هر یک از زونها و زیر واحدهای آنها [۱].

Zone	Sub zone	porosity			Permeability		
		Max	Min	Av.	Max	Min	Av.
K1	K1a	21.37	0.013	6.235	18.856	1.93	8.02
	K1b	160.05	0.055	18.38	26.31	0.18	10.31
	K1c	742.99	0.045	121.62	23.26	0.06	12.73
K2	K2a	823.24	0.064	113.33	33.44	2.66	12.29
	K2b	796.77	0.022	21.45	26.77	0.25	5.18
K3	K3a	105.46	0.019	40.60	24.89	0.12	7.90
	K3b	9.29	0.018	1.84	34.65	0.19	5.7
	K3c	29.69	0.058	3.029	25.42	0.38	7.8
K4	K4a	755.5	0.079	38.25	26.006	1.52	10.32
	K4b	813.55	0.028	23.62	42.82	0.63	20.04
	K4c	1069.7	0.029	42.62	37.26	0.68	11.49

۴. نتایج

محدوده کمان قطر یکی از مناطق پر جاذبه زمین شناسی می باشد که بیش از ۱۵ میدان عظیم گازی را در خود جا داده است. شرایط محیط رسوبگذاری و تغییرات بعد از رسوبگذاری (دیاژنز) نقش عمده ای در تشکیل مخازن گازی مهم با کیفیت در این ناحیه داشته است. سازند کنگان و دالان در این ناحیه به چهار زون مخزنی k1-k4 تقسیم بندی شدند و عموماً حاوی بخشهای با تخلخل و تراوایی بالا می باشد.

وجود رخساره های مناسب از قبیل: گرینستون/دولوگرینستون

دولوگرینستون اوئیدی و... در این سازندها همراه با فرایند دیاژنز سبب بهتر شدن کیفیت مخزن شده است. همچنین ایجاد درز و شکاف نیز سبب افزایش کیفیت مخزن در این ناحیه شده است. آزمایشات تخلخل و تراوایی بر روی رخساره ها و اعمال حد آستانه برای تراوایی و تخلخل هر یک از رخساره ها، آنها را از نظر کیفیت مخزنی در چهار گروه ضعیف، متوسط، خوب و خیلی خوب ارزیابی می نماید.

زون k4 یکی از بهترین و غنی ترین زون ها در این ناحیه محسوب می شود. زون K2 گسترش وسیعی در این ناحیه داشته است. انیدریت و دولومیت که اغلب دارای تراوایی پایینی می باشد بعنوان بهترین پوش سنگ این زونها محسوب می گردند. نقشه های هم عمق نشانگر این حقیقت می باشد که این سازندها به سمت شمال غرب و جنوب شرق خلیج فارس عمیق تر می گردند. همچنین عدم همزمانی لایه های رسوبی شاخص، مورد مطالعه و تایید قرار گرفته است.

تشکر و قدردانی

هیئت تحریریه مجله از آقای دکتر بهروز واثقی و داور ناشناس دیگر که داوری مقاله را به عهده داشته اند، تشکر و قدردانی می نماید"

۵. منابع

- [۱] محبوبی پور، ح، ۱۳۸۳، بررسی ویژگیهای زمین شناسی و مخزنی سازندهای کنگان و دالان در محدوده کمان قطر واقع در خلیج فارس، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی، دانشگاه تهران، ۶۹ص.
- [2] Bashari, A., 2005, Permian-Triassic Carbonate, Kangan and Dalan formations in the hydrocarbon province of the Qatar- South Fars Arch in the Persian Gulf: 67th EAGE Conference and Exhibition incorporating SPE Europec.
- [3] Bashari, A., 2005, Khuff formation Permian-Triassic carbonate in the Qatar-South Fars arch hydrocarbon province, of the Persian Gulf: (EAGE, First Break, v. 23, p. 43-50, Special topic).
- [4] Bashari, A., 1988, Permian-Triassic Boundary of Carbonate Sediments in the Persian Gulf: 6th Geological Symposium of Iran. Tehran.
- [5] Perotti, C. R., S. Carruba, M. Rinaldi, G. Bertozzi, L. Feltre and M. Rahimi, 2011, The Qatar-South Fars Arch Development (Arabian Platform, Persian Gulf): Insights from Seismic Interpretation and Analogue Modelling. New Frontiers in Tectonic Research - At the Midst of Plate Convergence.
- [6] Carruba, S., Bertozzi, G., Perotti, C.R., & Rinaldi, M., 2007, Alcuni aspetti del diapirismo salino nel Golfo Persico. Rendiconti della Società Geologica Italiana, v. 4, p. 188-190.
- [7] Edgell, H. S., 1996, Salt tectonism in the Persian Gulf: In Salt tectonics, (Eds.) G.I. Alsop, D.J. Blundell, and I. Davison , p. 129-151, Geological Society of London Special Publication no. 100, The Geological Society Publishing House, Bath.
- [8] Wyllie, M. R. J. and W.D. Rose, 1980, Some theoretical considerations related to the quantitative evaluation of the physical characteristics of reservoir rock from electrical log data: *Journal Petrol. Technol.*, 189. 1950.
- [9] Schlumberger, North West Dome Khuff Gas Reservoir Qatar.
- [10] Schlumberger, 1981, Well Evaluation Conference- United Arab Emirates/Qatar. Schlumberger Service Tech. Paris, France, 271p.
- [11] Szabo, F. and A. Kheradpir, 1978, Permian and Triassic Stratigraphy Zagros Basin, South Iran: *Journal. Petrol. Geol.*, v.1, no. 2, p. 57-82.
- [12] Loutfpour, M. and A. Moallemi, 2000, Biostratigraphic and Lithostratigraphic studies of the Khuff Formation in the Salman Field in the Persian Gulf: 4th Symposium Geological Society of Iran (Abstract); *Middle East Evaluation Review*, 7, 1989.
- [13] Loutfi, G. and M. Abul Hamd, 1993, Permian Khuff in Abu Dhabi: Geological re-evaluation using well logs, cores, testing, and seismic data: *SPE Middle East Oil Technical and Exhibition, Bahrain*. 1989.
- [14] Alshahrahan, A. S., Facies sedimentary environment of Permian Carbonates (Khuff Formation) in the United Arab Emirates. *Sedimentary Geology*, 84, 89-99.
- [15] Kashfi, M. S. 1992, Geology of the Permian super-giant gas reservoir in the greater Persian Gulf: *Journal Petrol. Geol.*, p. 15 no. 4, p. 465-480.
- [16] Rosen, R., 1979, Permo-Triassic Boundary of Fars-Persian Gulf area of Iran: *Journal of Paleontology*, v. 53, no, 1, p. 92-97.
- [17] Clayton, C., R. Cook, and T. Hyde, 1997, Multiple 3D Scenario Modelling of Reservoir Heterogeneity in the Khuff Carbonate of the South Pars Field, Offshore Iran: *AAPG Bulletin (abstract)*, v. 81, no, 8, p. 1366-1367.
- [18] Pollastro, R.M., 2003, Total petroleum systems of the Paleozoic and Jurassic, Greater Ghawar Uplift and adjoining provinces of Central Saudi Arabia and Northern Persian Gulf: *United States Geological Survey Bulletin*, v. 2202-H, Available from <http://pubs.usgs.gov/bul/b2202-h/>