

تحلیل ریزرخساره‌ها محیط رسوبی سازند آسماری در یکی از مخازن نفتی جنوب غرب ایران (مورد مطالعه: سازند آسماری با سن الیگو-میوسن دزفول)

عبدالمطلب حقیقت

دانشجوی دکتری گروه زمین‌شناسی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

محسن آل علی*

عضو هیئت علمی گروه زمین‌شناسی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

نادر کهنسال قدیم وند

عضو هیئت علمی گروه زمین‌شناسی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

داوود جهانی

عضو هیئت علمی گروه زمین‌شناسی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

زهرا ملکی

عضو هیئت علمی گروه زمین‌شناسی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۲۰

چکیده

این مقاله با هدف، شناسایی ریزرخساره‌ها و محیط رسوبی این سازند با بررسی دقیق مقاطع نازک میکروسکوپی به دست آمده از سه چاه A، B و C در میدان مورد مطالعه است. نتیجه مطالعات مقاطع بر اساس طبقه‌بندی‌های ویلسون (۱۹۷۵) و فلوگل (۲۰۰۴) و باکستون و پدلی (۱۹۸۹)، منجر به شناسایی ۱۵ ریزرخساره، شامل ۱۳ ریزرخساره کربناته و ۲ ریزرخساره غیر کربناته شد که در ۷ گروه رمپ خارجی (O)، رمپ میانی (M)، ریف (R)، سد (Br)، لاگون (L)، پهنه جزر و مدی (T) و کانال (Ch) دسته‌بندی می‌شوند. بر طبق شواهد به دست آمده از ریزرخساره‌ها، نبود ریزرخساره‌های توریدایتی، تبدیل تدریجی رخصاره‌ها به هم، عدم وجود ساخت‌های ریفی قابل ملاحظه و نبود آنکوئیدها و پیژوئیدها که خاص محیط شلف کربناته بوده و به ندرت در رمپ‌های کربناته وجود دارند، و همچنین نبود ساخت‌های ریزشی و واریزه‌ها که بیانگر شیب بالای محیط رسوبی در هنگام رسوب‌گذاری هستند، مدل رسوب‌گذاری سازند آسماری در میدان نفتی مورد مطالعه از نوع محیط رمپ کربناته با شیب یکنواخت شامل زیرمحیط‌های رمپ داخلی، رمپ میانی، رمپ خارجی تعیین گردیده است که در مواقع پایین افتادن آب دریا تحت تاثیر رخصاره‌های آواری قرار گرفته و رخصاره‌های غیر کربناته آواری به حوضه وارد شده است.

کلیدواژه‌ها: میوسن، سازند آسماری، دیاژنز، کیفیت مخزنی، فرو افتادگی دزفول.

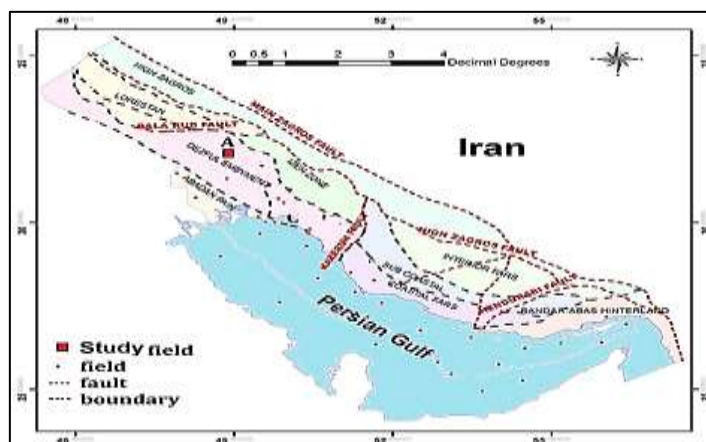
* (نویسنده مسئول): aleali.mohsen@gmail.com

مقدمه

میدان مورد مطالعه در ایالت تکتونواستراتیگرافی فروافتادگی دزفول از حوضه زاگرس قرار دارد (شکل ۱). این زون در محاط سه پدیده ساختمانی مهم است: در شمال به یک زون خمشی به نام زون خمشی بالارود با جهتی شرقی - غربی و در حد شمال شرقی به خمش دیگری بنام خمش جبهه کوهستان با راستای شمال غربی - جنوب شرقی محدود و در حد جنوب شرقی به یک زون پیچیده خمشی و گسلی با امتداد شمالی جنوبی به نام زون گسله کازرون، محدود می‌گردد (مطیعی، ۱۳۷۴). این پهنه بخشی از پیش گودال زاگرس است و حدود ۳۰۰۰ تا ۶۰۰۰ متر پایین افتادگی دارد. بعنوان مثال افت قائم حوضه در محل فروافتادگی دزفول برای افق پایینی سازند آغاچاری (میوسن - پلیوسن) بیش از ۳ کیلومتر است (بربریان، ۱۹۹۵). ولی نسبت به مناطق همجوار، از نظر زمین‌ساختی و چین خوردگی پایدارتر است و چین خوردگی کمتری دارد. حداکثر ارتفاع در این زون به ۱۰۰۰ متر بالای سطح دریا می‌رسد و قدیمی‌ترین سازند برون‌زده در آن دارای سن الیگوسن است (شرکتی، ۱۳۸۴). تقریباً همه‌ی نفت تولیدی ایران در ناحیه فروافتادگی دزفول با مساحت نسبتاً کم (حدود ۴۰۰۰۰ کیلومتر مربع) قرار دارد (بردناو، ۱۹۹۵). در این ناحیه بیش از ۴۵ میدان عظیم نفتی وجود دارد که غالب این مخازن با پوشش گازی همراه هستند (بردناو، ۲۰۰۸). پایداری این ناحیه در مقابل فشارهای وارده از طرف دو ناحیه‌ی بالازده لرستان و فارس و فرونشست آن موجب گردیده تا یک سکانس ضخیم رسوبی از مزوزوئیک تا سنوزوئیک در این ناحیه تشکیل گردد. لذا این فروافتادگی با ضخامت زیاد رسوبات ترشیری نسبت به پلتفرم فارس و ناحیه لرستان مشخص می‌شود. سازند آسماری سنگ مخزن اصلی نفت در حوضه فروافتادگی دزفول است که از نظر لیتولوژی شامل آهک کرم تا قهوه‌ای رنگی است که در بیرون‌زدگیها به صورت برجسته با درز و شکاف زیاد به خوبی مشخص است. ضخامت این سازند در برش الگو ۳۱۴ متر بوده اما به طور کلی ضخامت آن از چند متر تا ۵۱۸ متر متغیر است. مرز پایینی سازند آسماری در فروافتادگی دزفول، سازند شیلی پابده به صوت هم شیب و پیوسته است. در مرکز لرستان با دگرشیبی فرسایشی روی سازند آهکی و دولومیتی شهبازان قرار می‌گیرد. در بخشی از نواحی فارس هم به حالت دگرشیبی فرسایشی سازند جهرم را فرا می‌گیرد. مرزبالایی آن با سازند تبخیری گچساران همشیب و در برخی مناطق ناهمشیب است (آقاناتی، ۱۳۸۳). اهمیت مطالعات ریز رخساره‌ها در تعیین محیط رسوبی، شناسایی نحوه توزیع خصوصیات مخزنی، معماری مخزن و ناهمگنی‌های آن و در نهایت ساخت مدل‌های مخزنی ضروری می‌باشد. نقش ریز رخساره‌ها در تعیین عامل کنترل کننده کیفیت مخزنی نیز مهم می‌باشد اگرچه در بسیاری از مخازن کربناته به عنوان تنها عامل کنترل کننده کیفیت مخزنی نیستند و فرایندهای دیاژنزی اولیه و ثانویه نقش اصلی در کنترل کیفیت مخزنی را دارند؛ این موضوع با توجه به اینکه سنگ‌های کربناته بسیار ناهمگن بوده و کیفیت مخزنی (تخلخل و تراوایی) آنها به شدت متغیر است اهمیت زیادی دارد. کارهای متعددی در ارتباط با ریز رخساره‌ها و تعیین محیط رسوبی در سازند آسماری صورت گرفته است. به عنوان مثال، بررسی ریز رخساره‌ها و محیط رسوبی سازند آسماری (الیگوسن) در فروافتادگی دزفول جنوبی توسط رئیسی (۱۳۷۷) منجر به شناسایی ۱۳ ریز رخساره شامل: مادستون و وکستون پلاژیک، مادستون آهکی فسیل‌دار، وکستون دارای خارپوست، پکستون دارای خارپوست و نومولیت، گرینستون دارای خارپوست، پکستون دارای روزن‌داران کفزی، وکستون دارای روزن‌داران کفزی و استراکود، مادستون آهکی فسیل‌دار، پکستون اینتراکلاستی، باندستون استروماتولیتی و مادستون آهکی همرا با

انیدریت شده است. مطالعات امیری (۱۳۸۶) در میدان نفتی هفتکل منجر به شناسایی ۱۷ ریز رخساره شامل: مادستون دارای روزن داران پلانکتونیک، وکستون دارای روزن داران پلانکتونیک و خرده‌های اسکلتی، باندستون مرجانی، وکستون جلبکی، وکستون دارای خارپوست، گرینستون آئیدی، گرینستون دوکفه‌ای دار، گرینستون دارای خرده‌های اسکلتی، گرینستون دارای روزن داران کفزی، پکستون دارای روزن داران کفزی، وکستون دارای روزن-داران کفزی، گرینستون پلوییدی، وکستون اینتراکلاستی، باندستون استروماتولیتی، مادستون، دولومیکرایت و انیدریت در پنج زیر محیط پهنه بالای جزر و مدی، پهنه بین جزر و مدی، لاگون، سد و دریای باز گردید که بیانگر رسوبگذاری سازند آسماری در یک محیط رمپ کربناته با شیب یکنواخت (رمپ داخلی، رمپ میانی و رمپ خارجی) می‌باشند. همچنین، چینه شناسی و بررسی ریز رخساره‌های سازند آسماری در تاقدیس‌های بنگستان، خویز و میدان نفتی پارسی منجر به شناسایی ۱۷ ریز رخساره گردیده است که محیط رسوبی آنها از رمپ داخلی تا میانی، رمپ خارجی و حوضه درون پلاتفرمی تغییر می‌کند.

میدان مورد مطالعه در ناحیه فروافتادگی دزفول از حوضه زاگرس قرار دارد این میدان در محدوده بین عرض‌های جغرافیایی 29° تا 31° شمالی و طول‌های جغرافیایی 49° تا 51° شرقی واقع شده است. فروافتادگی دزفول یک واقعیت ساختمانی در جنوب غربی تراس زاگرس بوده که در برگیرنده اکثریت میداین نفتی ایران است. به طوریکه ۳/۴ نفت کشف شده در جنوب غربی ایران، در سازند آسماری این زون جای گرفته است (مطیعی، ۱۳۷۴). شناخت این پدیده و زمان بکارگیری نام فروافتادگی دزفول بطور دقیق معین نیست، ولی احتمالاً از سال‌های بعد از ۱۳۱۰ معمول گردیده است. در ابتدا این نام معرف یک خاصیت توپوگرافیک است، ولی بصورت کامل‌تر به ناحیه‌ای از حوضه اطلاق می‌شود، که در آن سازند آسماری فاقد رخنمون است. فروافتادگی دزفول در محاط سه پدیده ساختمانی مهم است. در شمال به یک زون خمشی به نام زون خمشی بالارود با جهتی شرقی - غربی و در حد شمال شرقی به خمش دیگری بنام خمش جبهه کوهستان با راستای شمال غربی - جنوب شرقی محدود و در حد جنوب شرقی به یک زون پیچیده خمشی و گسلی با امتداد شمالی جنوبی به نام زون گسله کازرون، محدود می‌گردد (مطیعی، ۱۳۷۴). موقعیت جغرافیایی میدان مورد مطالعه نسبت به دیگر میداین فروافتادگی دزفول در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۱. موقعیت میدان مورد مطالعه در ایالت تکتونواستراتیگرافی فروافتادگی دزفول

در این مطالعه، داده‌های در دسترس از کلیه بخش‌های میدان مورد مطالعه جمع‌آوری شده و بانک اطلاعاتی کاملی تهیه خواهد شد. در محدوده زمین‌شناسی داده‌های مقاطع نازک میکروسکوپی، مغزه‌ها و آنالیز مغزه‌ها، گزارشات زمین‌شناسی تهیه و موقعیت چاه‌ها، رئوس سازندها مشخص گردید. در حوزه پتروفیزیک نگارهای چاه‌پیمایی خام رقومی شده، مشخصات گل حفاری، اندازه‌گیری‌های دمای ته چاه‌ها، مشخصات آب سازندی و آزمایشات مغزه از قبیل فاکتور سیمان شدگی بررسی شدند. در بخش ژئوفیزیک داده‌های لرزه‌ای دو و سه بعدی، اطلاعات سرعت سنجی و گزارش پردازش ژئوفیزیکی تهیه گردید و نهایتاً مراحل انجام کار به صورت زیر ارائه گردید.

مطالعات زمین‌شناسی

الف) مطالعات میکروسکوپی مقاطع نازک به منظور بررسی شاخص‌های دیاژنزی و نقش آنها در کیفیت مخزنی، شناسایی رخساره‌های زمین‌شناسی و بررسی ارتباط آنها با کیفیت مخزنی مورد بررسی قرار گرفت. سازند آسماری در هیچ یک از چاه‌های میدان مورد مطالعه به صورت کامل مغزه‌گیری نشده است. برای پوشش مطالعه رسوب شناسی کل سازند آسماری در میدان مورد مطالعه، از اطلاعات تکمیلی پتروگرافی میدان از دیگر چاه‌ها استفاده شده است. از بخش مغزه‌گیری شده سازند آسماری در تمام چاه‌ها در حدود ۴۰۰ مقطع نازک از چاه‌های A و B مطالعه گردید. به منظور نامگذاری سنگ‌های کربناته و بافت‌های آنها از طبقه‌بندی دانهام (Dunham, 1962)، برای شناسایی میکروفاسیس‌ها از طبقه‌بندی ویلسون (Wilson, 1975)، فلوگل (Flugel, 1982, 2004) و باکستون و پدلی (Buxton and Pedley, 1989) استفاده شده است.

ب) تخلخل و تراوایی‌های مغزه شامل ۲۶۰۰ اندازه‌گیری از چاه‌های A, B, C, D, E, F و G در میدان مورد مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است. این داده‌ها با استفاده از روش فابریک لوسیا (Lucia, 1995) برای بررسی کیفیت مخزنی ریزرخساره‌های معرفی شده در مرحله قبل مورد استفاده قرار گرفته‌اند. همچنین بررسی داده‌های حاصل از آزمایش‌های مخصوص مغزه (SCAL) به منظور شناسایی رخساره‌های منفذی و ارتباط آنها با رخساره‌های زمین‌شناسی اولیه و الگوهای دیاژنزی به مقدار ۸۵ اندازه‌گیری از چاه‌های A و B در میدان مورد مطالعه استفاده شد. نتایج حاصل از بررسی پتروگرافی همراه با داده‌های تخلخل و تراوایی و نگارهای چاه‌پیمایی و تفاسیر رخساره‌های لاگ برای تفاسیر محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانشی مورد استفاده قرار گرفته است.

ج) تعیین رئوس سازندها در محل چاه‌ها و انطباق رخساره‌های زمین‌شناسی با رخساره‌های پتروفیزیکی در محل چاه‌ها

مطالعات پتروفیزیکی

مطالعات پتروفیزیکی بر روی تمامی چاه‌های حفاری شده تا بخش مخزنی سازند آسماری در میدان مورد مطالعه (۲۰۰ حلقه چاه اکتشافی و توسعه‌ای) که از آنها نگارهای چاه‌پیمایی در دسترس بود انجام گرفت. ارزیابی پتروفیزیکی انجام گرفته در چاه‌های مورد مطالعه در چندین مرحله به شرح زیر انجام گرفت که تمامی این مراحل در نرم افزار ژئولاگ انجام گرفته است. در ابتدا با استفاده از چاه‌هایی که نگارهای چاه‌پیمایی در آنها به صورت کامل موجود بود چاه‌هایی که نگارهای ناقص داشتند پیش‌بینی و تکمیل گردید این کار با استفاده از رابطه نگارها با همدیگر و به کمک روش سیستم‌های هوشمند انجام گرفت. پس از تکمیل نگارها در تمامی چاه‌ها، با وارد کردن نگارها، داده‌های اندازه‌گیری شده تخلخل و تراوایی و اندازه‌گیری‌های مخصوص مغزه، دمای ته چاه‌ها و اطلاعات

مربوط به گل حفاری پایگاه داده مناسب در نرم افزار ژئولاگ تهیه گردید. بعد از تهیه پایگاه داده مناسب، تصحیحات نگارها شامل هم عمق کردن نگارها با داده‌های مغزه و نگارها با همدیگر، پرش نگارها و بقیه تصحیحات مورد نیاز انجام گرفت. در ادامه تصحیحات شرایط محیطی و تصحیحات محیطی نگارها (برای نگارهای که تصحیحات محیطی نیاز داشتند) انجام گرفت. بعد از انجام تصحیحات محیطی، تعیین نوع کانی‌های اصلی سازند، پیک کردن پارامترهای پتروفیزیکی، با استفاده از روش پتروفیزیک احتمالی، حجم شیل، تخلخل، اشباع شدگی و نوع و لیتولوژی سازند برآورد گردید. در ادامه کار رخساره‌های پتروفیزیکی با استفاده از مفهوم رخساره لاگ و رخساره‌های مخزنی در چاه‌های مغزه دار معرفی گردید و با کمک نگاره‌های چاه‌پیمایی به تمامی چاه‌ها که دارای نگار چاه‌پیمایی بوده ولی فاقد مغزه بودند گسترش داده شد. با استفاده از مفهوم رخساره‌های پتروفیزیکی معرفی شده (رخساره‌های لاگ و رخساره‌های مخزنی) تراوایی برای تمامی چاه‌ها برآورد گردید و در انتها هم زون‌های بهره‌ده و زون‌های فاقد توانایی تولید معرفی و شناسایی گردید و محاسبه N/G برای تمامی چاه‌ها در محل چاه انجام گردید.

تلفیق نتایج و مدل سازی زمین آماری

در این مرحله مدل‌سازی جامع مخزن و چگونگی تلفیق اطلاعات به دست آمده از روش‌های مختلف و عددی کردن شاخص‌های زمین‌شناسی و توزیع و گسترش آنها در مقیاس میدان مورد بحث قرار گرفته است. در این مرحله توزیع و بسط مشخصات پتروفیزیکی (تخلخل، اشباع شدگی و تراوایی) انجام شده و مشخصه‌های استخراج شده از ارزیابی‌های پتروفیزیکی و مخزنی در مقیاس چاه‌ها با استفاده از مطالعات چینه‌نگاری سکansı، زمین آمار و داده‌های لرزه‌ای به کل میدان تعمیم داده شده است. نهایتاً تجزیه و تحلیل نهایی با استفاده از مدل تهیه شده ارائه شده است. برای انجام این کار نتایج حاصل از سه بخش قبلی یعنی نتایج زمین شناسی شامل رخساره‌ها و چینه‌نگاری سکansı، نتایج حاصل از بخش پتروفیزیک شامل تخلخل، تراوایی، اشباع شدگی و نسبت خالص به ناخالص بدست آمده برای چاه‌ها در محل چاه در میدان مورد مطالعه همراه با بقیه داده‌های تکمیلی شامل مختصات سطحی چاه‌ها، مسیر حفاری چاه‌ها، نگاره‌های چاه‌پیمایی و نقشه توپوگرافی زیرسطحی (UGC map) مورد استفاده قرار گرفته است. در ابتدا با بارگزاری داده‌های ذکر شده در نرم افزار پترل، پایگاه داده جامع تهیه گردید. در ادامه چارچوب چینه‌پیمایی مناسب با استفاده از تفسیر افق‌ها و همچنین نتایج چینه‌نگاری سکansı در محل چاه‌ها تهیه گردید و مخزن مورد مطالعه گریدبندی گردید. در ادامه پارامترهای پتروفیزیکی شامل تخلخل مفید، تراوایی، اشباع شدگی و رخساره‌های معرفی شده به سه روش کریجینگ، شبیه سازی گوسی مدل سازی گریدبندی و پس از تجزیه و تحلیل نتایج روش مناسب و بهینه به عنوان روش نهایی انتخاب گردید.

به طور کلی اطلاعات مورد استفاده در این پروژه را در چند دسته به شرح زیر می‌توان تقسیم بندی کرد.

- اطلاعات پتروگرافی شامل مقاطع نازک: تا زمان انجام این مطالعه در حدود ۴۰۰ مقطع نازک از دو چاه A و B میدان مورد مطالعه از سازند آسماری در دسترس می باشد که با همدیگر کل ضخامت سازند آسماری را در میدان مورد مطالعه پوشش می دهند.
- اندازه گیری‌های تخلخل و تراوایی: حدود ۲۶۰۰ اندازه گیری از چاه‌های A, B, C, D, E, F و G در میدان مورد مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است.

- اندازه‌گیری‌های مخصوص مغزه: مقدار ۸۵ اندازه‌گیری از چاه‌های A و B در میدان مورد مطالعه برای این مطالعه در دسترس بود.
- نگارهای چاه‌پیمایی: از میان تمام چاه‌هایی که در میدان مورد مطالعه حفاری گردیده‌اند فقط ۲۰۰ چاه دارای نگار در سازند آسماری بود. البته باید ذکر گردد نگارها در تمامی چاه‌ها به صورت کامل موجود نبوده ولی با استفاده از ارتباط بین نگارها در چاه‌هایی که اطلاعات نگارگیری ناقص بوده این اطلاعات پیش‌بینی گردیده و تکمیل گردید.
- اطلاعات تکمیلی: این اطلاعات شامل اطلاعات تکمیل چاه‌ها، سربرگ چاه‌ها، مسیر حفاری چاه‌ها، اطلاعات راس سازندها و نقشه زیر سطحی توپوگرافی راس سازند آسماری می‌باشد.

مبانی نظری

بررسی‌های دقیق پتروگرافی مقاطع نازک میکروسکوپی سازند آسماری در میدان مورد مطالعه حاکی از وجود ۱۵ ریزرخساره شامل ۱۳ ریز رخساره کربناته و دو ریز رخساره غیر کربناته، تشخیص داده شده است. این ریز رخساره‌ها در ۷ گروه به شرح زیر دسته‌بندی شده‌اند:

۱) ریزرخساره‌های رمپ خارجی (O)

- **وکستون تا مادستون دارای روزن‌داران پلانکتونیک (O₃)**

این ریز رخساره یک سنگ آهک با بافت وکستون تا مادستون است که اجزای تشکیل دهنده آن شامل فسیل‌های ریز پلانکتونیک (گلوبیژرینا) به همراه استراکد و دیتروپا می‌باشند. ذرات تخریبی ریز کوارتز نیز به همراه پیریت در زمینه میکرایتی وجود دارند. حجرات روزن‌داران پلانکتونیک در بیشتر موارد توسط سیمان اسپارایتی پُر شده‌اند. تنوع و فراوانی روزن‌داران پلانکتونیک و اندازه رسوبات به سمت حوضه ریزتر می‌شوند. این ریز رخساره را می‌توان معادل ریز رخساره رمپ شماره ۵ فلوگل (۲۰۰۴) و شماره ۸ باکستون و پدلی در نظر گرفت.

- **وکستون تا پکستون بایوکلاستی دارای روزن‌داران پلانکتونیک (O₂)**

این ریزرخساره از قطعات کوچک خارپوست، دوکفه‌ای و بریوزوئر تشکیل شده است. قطعات روزن‌داران پلانکتونیک در آن زیاد می‌باشد و روزن‌داران کوچک کفزی نیز تا حدی در آن وجود دارند. با توجه به نبود قطعات جلبکی و روزن‌داران کفزی به مقدار زیاد، این ریز رخساره بیانگر نهشته شدن در زیر سطح اساس امواج در حالت طوفانی و شرایط رمپ بیرونی می‌باشند (گیل، ۲۰۰۰).

- **پکستون فاورینادار (O₁)**

اجزای تشکیل دهنده اصلی این رخساره نوعی پلت مدفوعی با شکل استوانه‌ای کشیده و شیار داخلی مشخص از نوع کوپرولیت می‌باشد که به آن فاورینا گفته می‌شود (آدامز و بورژوا، ۱۹۶۷؛ مطیعی، ۱۳۸۷)، و به همراه مجموعه‌ای از پلویید و آئیدها در زمینه میکرایتی قرار دارند. فاورینا در بخش بالایی آسماری میانی گسترش پیدا کرده است (آدامز و بورژوا، ۱۹۶۷). این ریز رخساره در تعداد کمی از مقاطع مطالعه

شده در میدان نفتی مورد مطالعه وجود دارد. به طور کلی، پلت‌های دفعی می‌توانند در آب‌های کم‌عمق و عمیق دریایی تولید شوند اما در محیط‌های کم‌انرژی بیشتر تولید شده و باقی می‌مانند. محیط تشکیل این مجموعه مربوط به لاگون تا دریای باز دانسته شده است (ون بوخم و همکاران، ۲۰۱۰؛ فلوگِل، ۲۰۰۴). این مجموعه‌های فسیلی از دوره دونین تا ترشیاری مشاهده شده‌اند.

(۲) ریزرخساره های رمپ میانی (M)

• وکستون - پکستون جلبکی (M₁)

اجزای تشکیل دهنده این ریز رخساره، جلبک‌های کورالیناسه و تا حدی مرجان‌ها هستند که در داخل زمینه میکرایتی قرار دارند. اجزای فرعی دیگر شامل روتالیا، میوژپسینا، اکینودرم، دوکفه‌ای، دیتروپا و میلیولید نیز در آن دیده می‌شوند. بافت آن وکستون تا پکستون است. با توجه به وجود جلبک‌های کورالیناسه، خارپوست و روزن‌داران کف‌زی که مربوط به محیط دریای باز و بالاتر از سطح اساس امواج طوفانی هستند، این ریز رخساره به قسمت کم‌عمق رمپ میانی نسبت داده می‌شود. این ریز رخساره را می‌توان معادل ریز رخساره رمپ شماره ۹ فلوگِل (۲۰۰۴) و ریز رخساره شماره ۵ باکستون و پدلی (۱۹۸۹) دانست.

(۳) ریزرخساره‌های ریف (R)

• باندستون مرجانی (R₁)

اجزای اصلی این ریز رخساره، قطعات مرجانی می‌باشند که حجرات آن‌ها توسط سیمان کلسیتی دروزی و تا حدی با میکرایت پر شده‌اند. قطعات زیستی خارپوست و بریوزوئر نیز تا حدی در این رخساره وجود دارند. بافت آن پکستون تا گرینستون می‌باشد. این ریز رخساره در بخش انتهایی زیرمحیط رمپ داخلی، بالاتر از سطح اساس امواج در حالت نرمال، قرار دارد. گسترش این ریز رخساره عمدتاً به صورت توده‌های کوچک ریفی می‌باشد. این ریز رخساره قابل مقایسه با ریز رخساره استاندارد شماره ۶ باکستون و پدلی (۱۹۸۹) و ریز رخساره رمپ شماره ۱۲ فلوگِل (۲۰۰۴) می‌باشد (شکل ۶). ریز رخساره مشابه در میدان هفتکل (امیری، ۱۳۸۶) گزارش شده است. گسترش ریف در بخش زیرین و میانی سازند آسماری در میدان نفتی گچساران نیز توسط توماس (۱۹۵۰) گزارش شده است که سازنده‌های ریفی عمدتاً جلبک‌ها و بریوزوئرها هستند. همچنین، مخازن سنگ آهک ریفی میوسن زیرین در سازند آسماری در میداین نفتی مانند هفتکل و گچساران وجود دارند (اگل، ۱۹۹۷).

(۴) ریزرخساره های مربوط به سد (Br)

• گرینستون پلوییدی (Br₂)

در این ریز رخساره، دانه‌های اصلی را پلوییدها تشکیل می‌دهند. اجزای فرعی دیگر در آن شامل میلیولید، خار پوست و کمی آلیید می‌باشند. بافت آن گرینستون بوده و دارای سیمان دریایی است که در آن پلوییدها تا حد زیادی میکرایتی شده‌اند. این ریز رخساره تا حدی تحت تأثیر فشردگی مکانیکی و به ندرت

فشرده‌گی شیمیایی قرار گرفته است. این ریز رخساره قابل مقایسه با ریز رخساره رمپ شماره ۲۹ فلوگل (۲۰۰۴) و معادل کمربند رخساره‌ای شماره ۳ باکستون و پدلی می‌باشد (شکل ۷). ریز رخساره مشابه در سازند آسماری (وزیری مقدم، ۲۰۱۰) و میدان هفتکل (امیری، ۱۳۸۶) در رمپ داخلی گزارش گردیده است.

• پکستون تا گرینستون دارای روزن‌داران کفزی (Br₁)

اجزای تشکیل دهنده اصلی این ریز رخساره، روزن‌داران کفزی مانند میلیولید، دندرتینا، پنیروپلیس و بورلیس می‌باشند. اجزای فرعی شامل قطعات جلبکی، گاستروپود و پلویید نیز در بعضی از نمونه‌ها دیده می‌شود. فراوانی روزن‌داران کفزی، وجود بافت پکستون تا گرینستونی، زمینه سیمان اسپارایتی و نبود گل، دانه‌های کمی گرد شده با جورشدگی متوسط بیانگر جابجایی قطعات تشکیل دهنده و رسوب‌گذاری آن‌ها در یک محیط پُرانرژی و کم‌عمق سدی می‌باشد. این ریز رخساره را می‌توان معادل ریز رخساره رمپ شماره ۱۳ فلوگل (۲۰۰۴) و ریز رخساره سدی گرینستونی باکستون و پدلی (۱۹۸۹) دانست. ریز رخساره مشابه در سازند آسماری (امیرشاه کرمی، ۲۰۰۷؛ امیری، ۱۳۸۶) در رمپ داخلی معرفی شده است.

(۵) ریزرخساره های مربوط به لاگون (L)

• وکستون تا پکستون پلوییدی دارای بایوکلاست (L₆)

این ریز رخساره دارای پلویید، به همراه اندکی قطعات میلیولید، خار پوست، استراکد و ذرات کوارتز می‌باشد. محیط تشکیل آن به بخش کم‌عمق و کم‌انرژی لاگون نسبت داده می‌شود. این ریز رخساره قابل مقایسه با ریز رخساره رمپ شماره ۲۰ فلوگل (۲۰۰۴) می‌باشد.

• وکستون تا پکستون دارای روزن‌داران کفزی (L₅)

اجزای سازنده این ریز رخساره شامل روزن‌داران کفزی با دیواره بدون منفذ شامل میلیولید، پنیروپلیس، بورلیس، دندرتینا و آرکایاس می‌باشند. بافت آن وکستون تا پکستون می‌باشد. وجود روزن‌داران کفزی، مانند میلیولید، بورلیس و دندرتینا، بیانگر ته نشست این ریز رخساره در یک محیط لاگونی بسته می‌باشد. این ریز رخساره قابل مقایسه با ریز رخساره رمپ شماره ۱۳ فلوگل (۲۰۰۴) می‌باشد. مشابه این ریز رخساره در میدان هفتکل (امیری، ۱۳۸۶) معرفی شده است.

• وکستون دارای خارپوست (L₄)

اجزای اصلی این ریز رخساره را قطعات خار پوست و روتالیا تشکیل می‌دهند. اجزای فرعی دیگر شامل میلیولید، بورلیس و تکستولاریا نیز در این رخساره حضور دارند. زمینه این ریز رخساره میکرایتی بوده و بافت آن گل غالب می‌باشد. این ریز رخساره متعلق به رمپ داخلی می‌باشد. این ریز رخساره را می‌توان با ریز رخساره رمپ شماره ۷ فلوگل (۲۰۰۴) مقایسه کرد. ریز رخساره مشابه در چاه شماره ۱۹ میدان پارسی (رحمانی، ۱۳۹۰) گزارش شده است.

• وکستون ماسه ای (L₃)

این ریز رخساره دارای ذرات کوارتزی در اندازه ماسه در یک زمینه میکرایتی است. این ذرات دارای جورشدگی نسبتاً خوب و گرد شدگی کم هستند. این ذرات ماسه‌ای در دوره‌های پایین بودن سطح آب دریا وارد محیط شده و منشأ آن‌ها احتمالاً دلتایی یا بادی می‌باشد. قطعات فسیلی مانند روزن‌داران کفزی (میلیولید و بورلیس که شاخص محیط لاگون هستند) به همراه گاستروپود و استراکد در زمینه میکرایتی نشان‌دهنده تشکیل این ریز رخساره در یک محیط کم‌عمق با انرژی پایین می‌باشند.

• **دولومیت (L₂)**

این ریز رخساره از بلورهای ریز، متوسط و نسبتاً درشت دولومیت به همراه ساخت روزنه‌ای در زمینه تشکیل شده است. شکل بلورهای دولومیت از بی‌شکل تا شکل دار متغیر است و انواع بی‌شکل آن‌ها فراوانی بیشتری داشته و ریز بلورتر هستند. محیط تشکیل این ریز رخساره به محیط بین جزر و مدی تا پهنه جزر و مدی و اقلیم گرم و خشک نسبت داده می‌شود. اندازه بلورهای دولومیت در پهنه جزر و مدی به دلیل تعداد مکان‌های هسته‌زایی زیاد، ریزتر هستند (رحیم‌پور بناب، ۱۳۸۴) که در این حالت باعث حفظ ساختمان‌های رسوبی و فابریک اولیه و شکل فسیل‌های موجود در زمینه شده‌اند ولی به سمت بخش‌های دورتر از پهنه جزر و مدی (سمت دریای باز) اندازه بلورهای دولومیت درشت‌تر شده است که در این حالت موجب از بین رفتن فابریک کلی ریز رخساره شده‌اند. انیدریتی شدن در این رخساره نسبتاً زیاد است که به صورت پر کردن ساختارهای روزنه‌ای و قالب‌های فسیلی و همچنین به صورت پر کردن شکستگی‌ها در زمینه مشاهده می‌شود. فرایند انحلال نیز در این ریز رخساره وجود دارد که باعث انحلال دولومیت و انیدریت و تشکیل حفرات در زمینه شده است. این ریز رخساره معادل ریز رخساره شماره یک باکستون و پدلی (۱۹۸۹) می‌باشد.

• **مادستون دولومیتی (L₁)**

این ریز رخساره دارای قطعات فسیلی مانند گاستروپود، میلیولید، روتالیا و خارپوست به مقدار کم می‌باشد که در زمینه میکرایتی قرار دارند که در بعضی از نمونه‌ها فاقد هر گونه فسیل می‌باشد. ذرات ریز و درشت کوارتز در آن نسبتاً زیاد است. این ریز رخساره در یک محیط محدود با انرژی پایین، لاگون رو به پهنه جزر و مدی در بخش رمپ داخلی تشکیل شده است (فلوگل، ۲۰۰۴). دولومیتی شدن ریز بلور تا متوسط بلور در زمینه به صورت جانشینی در زمینه رخ داده است. همچنین جانشینی انیدریت در اثر انحلال دولومیت در زمینه مشاهده می‌شود. این ریز رخساره قابل مقایسه با ریز رخساره رمپ شماره ۱۹ فلوگل (۲۰۰۴) و کمربند رخساره‌ای شماره ۱ باکستون و پدلی (۱۹۸۹) می‌باشد. ریز رخساره مشابه در میدان هفتکل (امیری، ۱۳۸۶)؛ در حوضه زاگرس، ناحیه چمن- بلبلی (امیر شاه کرمی و همکاران، ۲۰۰۷) و وزیری مقدم و همکاران، ۲۰۱۰) گزارش گردیده است.

۶) ریزرخساره‌های مربوط به پهنه جزر و مدی (T)

• **انیدریت (T₁)**

این ریز رخساره فاقد هر گونه فسیل و لامیناسیون بوده و مشخصه آب و هوای گرم و خشک و بیانگر خروج حوضه از آب می‌باشد. کانی‌های دیگر مانند ژیبس به میزان کمتر همراه این ریز رخساره وجود دارند. این رخساره در بخش آسماری میانی همراه با میان‌لایه‌های دولومیت مشاهده می‌شود. این ریز رخساره در نمونه‌های مغزه به رنگ سفید تا شیری در زمینه سنگ به صورت گرهک‌های پراکنده قابل مشاهده است. محیط تشکیل این ریز رخساره را می‌توان به محیط‌های کم‌عمق شور لاگونی محدود و پهنه‌های جزر و مدی یا سابخایی نسبت داد. این ریز رخساره را می‌توان معادل ریز رخساره رمپ شماره ۲۵ فلوگل (۲۰۰۴) و کمر بند رخساره‌ای شماره ۱ باکستون و پدلی (۱۹۸۹) دانست که در زیر محیط رمپ داخلی و ناحیه پهنه جزر و مدی نهشته شده است (شکل ۱۰). ریز رخساره مشابه از منطقه دهلران (وزیری مقدم و همکاران، ۲۰۱۰)؛ تنگ بولفارس، تنگ نایاب و چاه شماره ۱۹ میدان پارسی (رحمانی، ۱۳۹۰) و میدان هفتکل (امیری، ۱۳۸۶) گزارش شده است.

۷) ریزرخساره های مربوط به کانال (Ch)

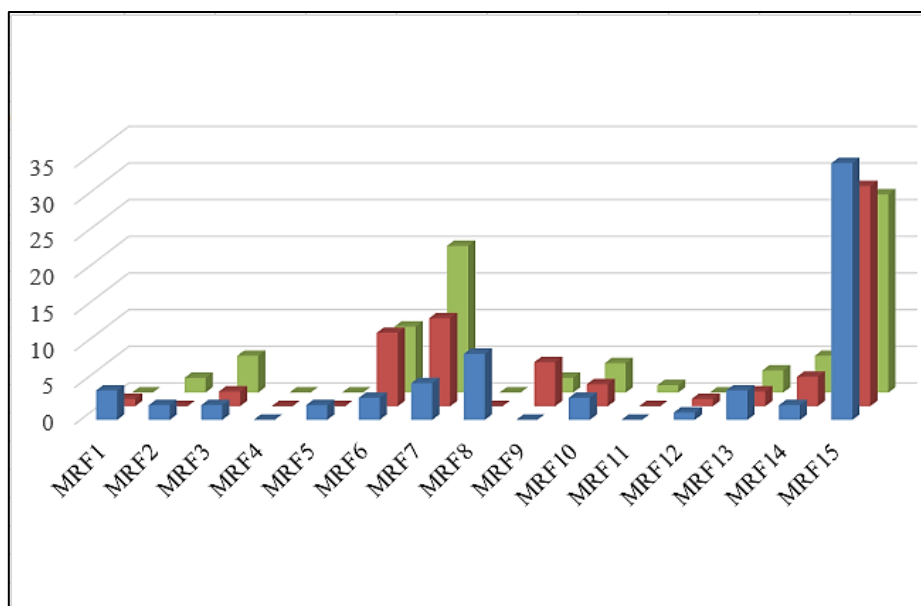
• ماسه سنگی (Q₁)

این رخساره دربردارنده نهشته‌های رو به بالا ریزشونده، با لایه بندی مورب و سطح زیرین فرسایشی از ماسه‌سنگ‌های آرنایتی است. دانه‌ها دارای خوروشوندگی متفاوت از خوب تا بد در چاه‌های مختلف، گرد تا زاویه دار و در اندازه ماسه متوسط تا ریز می‌باشند. این رخساره دارای درصد‌های متفاوتی از کوارتز، فلدسپار، خرده‌های کربناته آواری و بندرت کانیهای سنگین زیرکن، رتیل و تورمالین هستند (شکل ۱۱). توالی رو به بالا ریزشونده، ساخت لایه بندی مورب نهشته‌ها و جایگاه آنها نشان دهنده ساخته شدن این توالیها ناشی از مهاجرت کانالهای فعال دشت دلتایی تپ کشیده است.

جدول زیر مشخصه های اصلی ریزرخساره های شناسایی شده در میدان مورد مطالعه و فراوانی هر رخسار در چاه های موجود در محدوده مطالعاتی را ارائه می دهند.

جدول ۱. مشخصات اصلی ریز رخساره‌های شناسایی شده در میدان نفتی مورد مطالعه

اجزای تشکیل دهنده	بافت و کانی شناسی	اندازه دانه و جورشدگی	فرایند دپازیتی اصلی	نام ریزرخساره	محیط رسوبی	کمریند و خسارهای استاندارد
روزن داران پلاتکتونیک (گلوپلریتا)، استراکود، میولوبید، خارپوست، دیتروپد، فرات، تخریب، کوارتز	گل غالب، آهک	دانه ریز تا متوسط / جورشدگی متوسط	تئوپورلیسم، شکستگی، سیمانی شدن	وگستون تا مانستون دارای روزن داران پلاتکتونیک	رسمپ بهرونی	شماره ۵ فلوکال، شماره ۸ پاکستان و پدلی
شکلهای خارپوست، دوکفهای و بروزوتر، روزن داران پلاتکتونیک، لادگی میولوبید	دانه غالب، آهک	دانه متوسط / جورشدگی ضعیف	اشستگی زیستی، انحلال، سیمانی شدن	وگستون تا پکتون پلوکلاستی دارای روزن داران پلاتکتونیک	رسمپ بهرونی	شماره ۶ فلوکال، شماره ۸ پاکستان و پدلی
فلوریت، پلوپید، آلیت	دانه غالب، آهک	دانه متوسط / جورشدگی نسبتاً خوب	میکریتی شدن، انحلال	پکتون ظاهریناگر	لاگون تا فریای یز	-
جایک های کورالینه، قدگی، شکلهای مرجان، اکتیونوپ، دوکفهای، میولوبید، دیتروپا	گل غالب، آهک	-	سیمانی شدن، استیلویتی شدن	وگستون تا پکتون چلکی	بخش کم عمق رسمپ میانی	شماره ۹ فلوکال، شماره ۵ پاکستان و پدلی
شکلهای مرجان، اندکی بروزوتر و خارپوست	دانه غالب، آهک	-	سیمانی شدن، انبساطی شدن	مانستون مرجالی	بخش انتهایی رسمپ داخلی	شماره ۶ پاکستان و پدلی و شماره ۱۲ فلوکال
پلوپید، آلیت، میولوبید، خارپوست	دانه غالب، آهک	دانه متوسط / جورشدگی خوب	سیمانی شدن، تراکم	گرمستون پلوپیدی	رسمپ داخلی (سد)	شماره ۳ پدلی و شماره ۲۶ فلوکال
روزن داران کفزی (میولوبید)، بولیس، پنروپیس، شکلهای جایک، گاستروپود، پلوپید	دانه غالب، آهک	دانه متوسط / جورشدگی متوسط	سیمانی شدن، انحلال	پکتون تا گرمستون دارای روزن داران کفزی	رسمپ داخلی (سد)	شماره ۳ پاکستان و پدلی و ۱۲ فلوکال
پلوپید، شکلهای میولوبید، خارپوست، استراکود، فرات، کوارتز	دانه غالب، آهک، دولومیت	دانه ریز تا متوسط / جورشدگی ضعیف	اشستگی زیستی، میکریتی شدن، انحلال	وگستون تا پکتون پلوپیدی دارای پلوکلاست	بخش کم عمق لاکون	شماره ۲۰ فلوکال
روزن داران کفزی (میولوبید)، بولیس، پنروپیس، فراتینا	دانه غالب، آهک، دولومیت	دانه ریز تا متوسط / جورشدگی ضعیف	اشستگی زیستی، دولومیتی شدن، انحلال، انبساطی شدن	وگستون تا پکتون دارای روزن داران کفزی	لاگون نیمه بسته	شماره ۲ پاکستان و پدلی، شماره ۱۲ فلوکال
شکلهای خارپوست، روزنارها، استراکود، میولوبید، نکتولاریا، خرده های جایک، فرمز	گل غالب، آهک، دولومیت	دانه متوسط / جورشدگی ضعیف تا متوسط	استیلویتی شدن، شکستگی، انبساطی شدن	وگستون دارای خارپوست	رسمپ داخلی	شماره ۷ فلوکال، شماره ۴ پاکستان و پدلی
روزن داران کفزی (میولوبید)، بولیس، گاستروپود، استراکود	گل غالب، آهک، ماسه	دانه متوسط / جورشدگی نسبتاً خوب	تئوپورلیسم، انبساطی شدن	وگستون ماسه ای	لاگون	-
-	گل غالب، آهک، دولومیت و انبساطی	دانه ریز تا متوسط / جورشدگی خوب	شکستگی، انحلال، انبساطی شدن	دولومیت	لاگون تا سایخالی	شماره ۱ پاکستان و پدلی
گاستروپود، میولوبید، خارپوست	گل غالب، آهک، دولومیت، انبساطی	دانه ریز	دولومیتی شدن، انحلال، انبساطی شدن	مانستون	رسمپ داخلی (دین جزر و مدی)	شماره ۱۶ فلوکال و شماره ۱ پاکستان و پدلی
-	بافت متراکم تا کشیده، انبساطی	بالورین	شکستگی، انحلال	انبساطی	پهنه جزر و مدی تا سایخالی	شماره ۱ پاکستان و پدلی
-	دانه غالب	دانه متوسط / جورشدگی ضعیف	سیمانی شدن	ماسه سنگ آواری	کنال های رودخانه ای	-



شکل ۲. فراوانی ریزرخساره های شناسایی شده در میدان مورد مطالعه

مدل رسوبی سازند آسماری

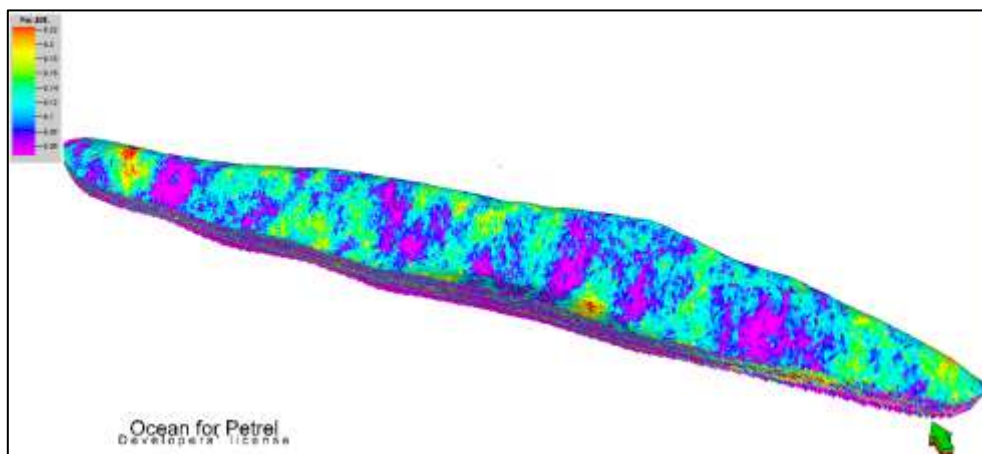
با توجه به مطالعات پیشین، به طور کلی، رسوب‌گذاری شیل‌های دریایی عمیق سازندهای پابده و جهرم با رسوب‌گذاری کربنات‌های دریایی کم عمق سازند آسماری تداوم پیدا کرده است و از نظر چینه نگاری، هم‌ارزهای زمانی آن یک پسروری اصلی در ائوسن بالایی دنبال کرده و در طی الیگوسن- میوسن زیرین در امتداد جبهه کوهستانی زاگرس گسترده شده‌اند. سازندهای آسماری- جهرم از رخساره‌های سنگی مربوط به محیط‌های دریای باز، پشته زیر آبی، نیمه محدود و پهنه جزر و مدی تشکیل شده‌اند (نجفی و همکاران، ۲۰۰۴). از نظر محیط رسوبی، سازند آسماری حاوی سکنس‌هایی از رخساره‌های کربنات‌های دریای باز تا جزر و مدی می‌باشد، بنابراین، سازند آسماری در محیطی دریایی کم عمق رسوب نموده و مدل رسوبی آن شامل زیر محیط‌های دریای باز سد بیوکلاستیکی لاگون و پهنه جزر و مدی می‌باشد، این محیط مشابه بخش جنوبی خلیج فارس امروزی است (رئیزی، ۱۳۷۷). محیط رسوبی در بخش عمده گسترش حوضه آسماری ثابت نبوده و به حالت جانبی به محیط‌های کم‌عمق‌تر و یا عمیق‌تر تبدیل می‌شده است. به عنوان مثال، سازند آسماری میانی در میانه فرو افتادگی دزفول مربوط به محیط جزر و مدی است در حالیکه در لرستان متعلق به محیط فوق جزر و مدی یا سابخی می‌باشد و یا آسماری بالایی که در فرو افتادگی دزفول معرف محیط جزر و مدی است ولی در حوالی دهدز متعلق به محیط دریایی عمیق و کم‌انرژی می‌باشد (مطیعی، ۱۳۷۴).

در مطالعه حاضر، نتیجه بررسی های پتروگرافی مقاطع نازک به دست آمده از میدان و تعیین ریز رخساره‌ها و مقایسه آن‌ها با انواع ریز رخساره‌های فلوگل (۲۰۰۴) و ویلسون (۱۹۷۵)، مدل رسوب‌گذاری سازند آسماری در میدان نفتی مورد مطالعه تعیین گردیده است. بر این اساس، با توجه به نبود ریز رخساره‌های توریدیتی، تبدیل تدریجی رخساره‌ها به هم، عدم وجود ساخت‌های ریفی قابل ملاحظه و نبود آنکوئیدها و پیروئیدها که خاص محیط شلف کربنات‌ها بوده و به ندرت در رمپ‌های کربنات‌ها وجود دارند (فلوگل، ۲۰۰۴) و همچنین نبود ساخت‌های ریزشی و واریزه‌ها که بیانگر شیب بالای محیط رسوبی در هنگام رسوب‌گذاری هستند، مدل رسوب‌گذاری سازند آسماری در

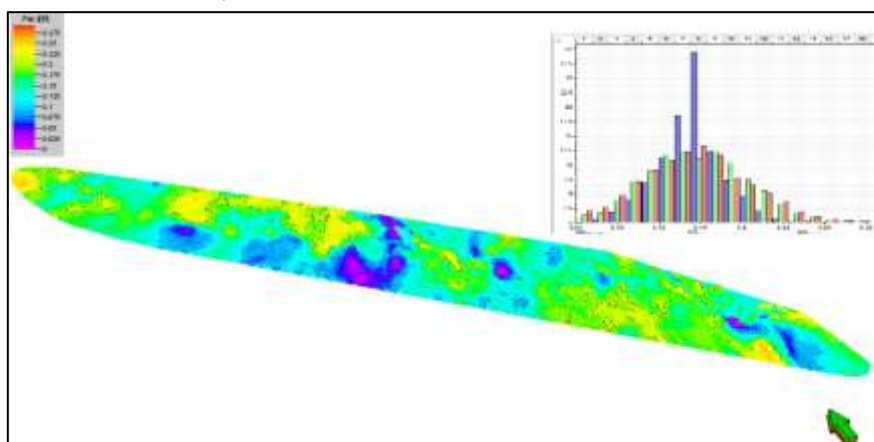
میدان نفتی مورد مطالعه از نوع محیط رمپ کربناته با شیب یکنواخت شامل زیرمحیط‌های رمپ داخلی، رمپ میانی، رمپ خارجی تعیین گردیده است که در مواقع پایین افتادن آب دریا تحت تاثیر رخساره‌های آواری قرار گرفته و رخساره‌های غیر کربناته آواری به حوضه وارد شده است.

یافته های پژوهش

پس از ساخت مدل ساختمانی ساخت مدل تخلخل میدان مورد مطالعه در دستور کار قرار گرفت. روش‌های مختلفی برای ساخت مدل تخلخل وجود دارد که ساده‌ترین آنها استفاده از میانگین تخلخل در هر چاه و استفاده از الگوریتم-هایی چون نزدیکترین مقدار^۱ یا مقادیر متوسط^۲ می‌باشد که نقشه‌هایی از توزیع تخلخل غیر واقعی را نشان می‌دهند. در این مطالعه تخلخل با استفاده از سه الگوریتم کریجینگ، شبیه سازی گوسی (SGS) و استفاده از امپدانس صوتی ساخته شد. شکل (۲) مدل سه بعدی تخلخل و شکل (۳) توزیع تخلخل متوسط و هیستوگرام نگار و مدل تخلخل را برای مخزن مورد مطالعه را با استفاده از الگوریتم کریجینگ نشان می‌دهد. همانطور که دیده می‌شود الگوریتم کریجینگ مدلی هموار و ملایم از تخلخل ارائه داده است، مقدار تخلخل در فواصل بیشتر از دامنه، به سمت مقادیر میانگین (که در این مطالعه ۱۵ درصد هست) تمایل پیدا می‌کند. بنابراین نتایج حاصل از روش کریجینگ نمی‌تواند توزیع صحیحی از مدل تخلخل میدان ارائه دهد.



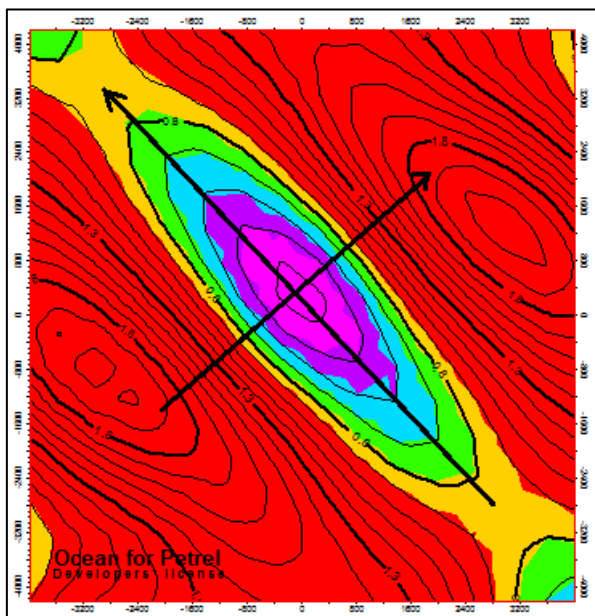
شکل ۲. مدل سه بعدی تخلخل با استفاده از الگوریتم کریجینگ



¹ Closest

² Moving Average

شکل ۴. نقشه تخلخل متوسط و هیستوگرام نگار و مدل تخلخل با استفاده از روش کریجینگ ساده (نگارنده) در مرحله بعد از الگوریتم شبیه سازی گوسی (SGS) برای مدل سازی تخلخل استفاده گردید. به منظور بهره‌برداری مناسبتر از این الگوریتم، می‌توان پارامترهای واریوگرام را برای هر زون به صورت مجزا تنظیم کرده و سپس، از آن استفاده کرد (Deutsch and Journel, 1992). اما پیش از این کار، شناسایی روند یا جهت دامنه‌های بزرگ و کوچک ضروری است. برای این کار، از نقشه‌های واریوگرام استفاده می‌شود که این نقشه‌ها جهت اصلی و نیز مقدار دامنه‌ها در هر جهت را نمایش می‌دهند. نقشه واریوگرام تولید شده از تخلخل موثر بر اساس نگارهای افزایش مقیاس یافته در شکل (۵) نشان داده شده است. جهت اصلی با زاویه ۴۵ درجه از شمال غرب بوده و مقدار آن برابر با ۵۰۰۰ متر است. دامنه کوچک عمود بر دامنه اصلی برابر با ۱۲۰۰ متر می‌باشد. جدول ۷-۲ مقادیر دامنه‌های بزرگ، کوچک، قائم و مقدار اثر قطعه‌ای^۱ برای زون‌های مختلف را فهرست کرده است. بدیهی است که این مقدار متفاوت از مقدار مربوط به کل زون‌ها می‌باشد.

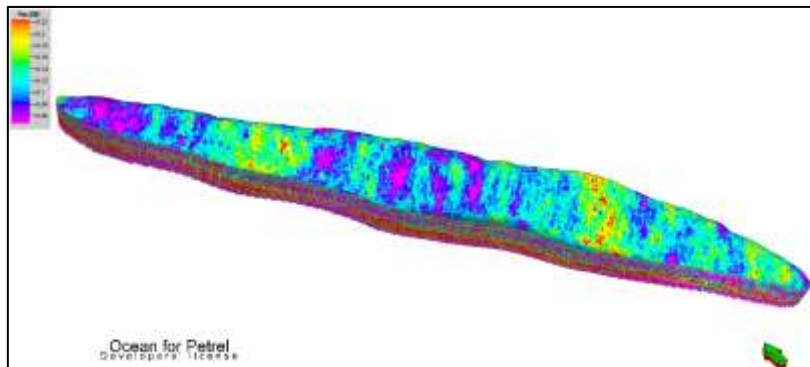


شکل ۵. نقشه واریوگرام تولید شده از تخلخل بر اساس نگارهای افزایش مقیاس یافته (نگارنده) جدول ۲. مقادیر دامنه‌های بزرگ، کوچک، قائم و مقدار اثر قطعه‌ای برای زون‌های مختلف (نگارنده)

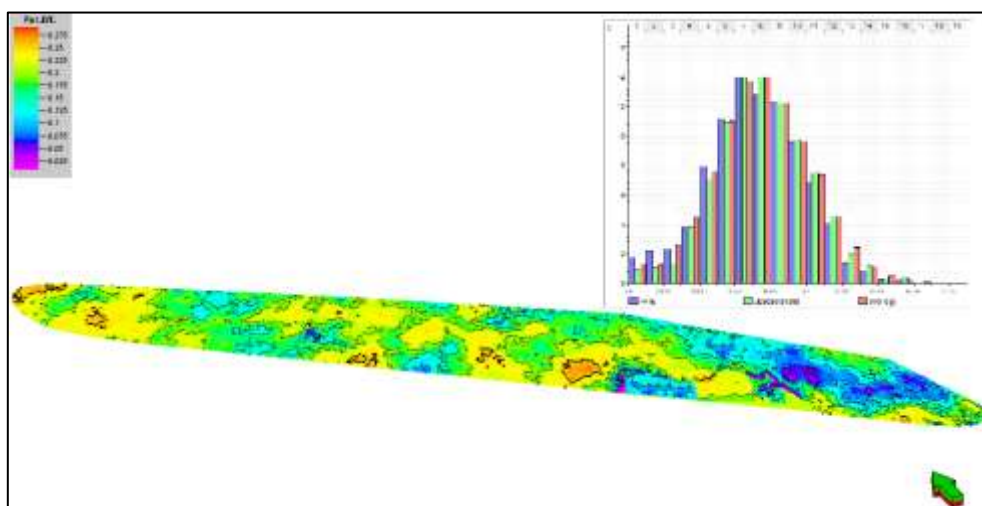
Zone	Major Range	Minor Range	Vertical Range	Nugget
Zone_1	800	470	32	0.155
Zone_2	570	240	5	0.0
Zone_3	770	420	12	0.106
Zone_4	520	440	12	0.226
Zone_5	880	560	15	0.237
Zone_6	1100	560	7.5	0.114
Zone_7	750	520	15.7	0.068
Zone_8	800	420	8	0.019
Zone_9	900	520	13	0.093
Zone_10	800	470	32	0.155
Zone_11	570	240	5	0.0
ALL	5000	1250	135	0.23

¹ Nugget

شکل‌های زیر نقشه‌های بدست آمده بر اساس پارامترهای واریوگرام جدول بالا بر اساس الگوریتم SGS را برای مدل تخلخل نشان می‌دهند. همانطور که در مدل سه بعدی و نقشه توزیع میانگین و پارامترهای آماری مربوطه دیده می‌شود مقدار تخلخل توزیع مناسب‌تری را با تخلخل نگار در مقایسه با مدل کریجینگ نشان می‌دهد.



شکل ۶. مدل سه بعدی تخلخل با استفاده از الگوریتم شبیه سازی گوسی و پارامترهای واریوگرام ارائه شده

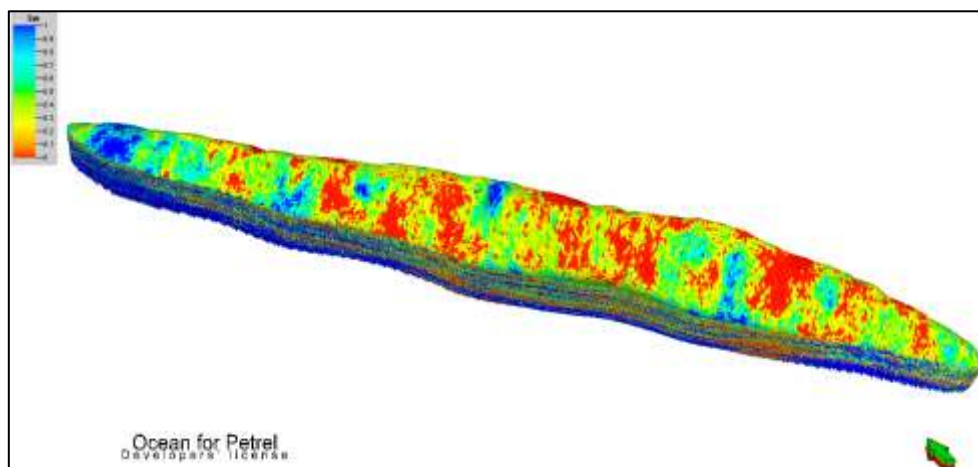


شکل ۷. نقشه تخلخل متوسط و هیستوگرام نگار و مدل تخلخل با استفاده از الگوریتم شبیه سازی گوسی با پارامترهای واریوگرام ارائه شده

مدل سازی اشباع شدگی

روش‌های مختلفی برای مدل‌سازی اشباع آب به وسیله مهندسين و زمین شناسان مورد استفاده قرار می‌گیرد. مهندسين مخزن از منحنی‌های فشار مؤئینه برای محاسبه اشباع آب استفاده می‌کنند. اساس این کار مبتنی بر این واقعیت است که ارتفاع از سطح آب آزاد تابع پارامترهای پتروفیزیکی سنگ مانند تخلخل و تراوایی، ترشوندگی و نیز درصد اشباع سیالات است (چهرازی، ۱۳۸۹). بدین ترتیب با مشخص بودن ارتفاع از سطح آب آزاد می‌توان درصد اشباع سیالات را مشخص کرد. مشکل این روش این است که اطلاعات چاه را در نظر نمی‌گیرد لذا در نهایت مدلی همگن تولید می‌شود که بر داده‌های چاه منطبق نیست. زمین شناسان از روش کریجینگ برای مدل سازی اشباع شدگی استفاده می‌کنند. مزیت این روش لحاظ داده‌های چاه است که استفاده از روش‌های زمین آماری را میسر می‌کنند. مشکل این روش عدم لحاظ تغییر تدریجی در اشباع سیالات با فاصله از سطح آب آزاد است و

مدلی که تولید می‌شود در پایین تر از سطح تماس آب و نفت نیز، هیدروکربن دیده می‌شود. در این مطالعه به دلیل این که سطح تماس آب و نفت واحدی برای کل مخزن وجود ندارد از روش کریجینگ برای مدل سازی اشباع آب استفاده شده است.



شکل ۸. مدل نهایی اشباع شدگی میدان مورد مطالعه با استفاده از الگوریتم کریجینگ

یکی از دلایل اصلی در مدل‌سازی سه‌بعدی زمین‌شناسی محاسبه میزان ذخیره هیدروکربن می‌باشد. حجم ذخیره، اصلی‌ترین پارامتر در تعیین اقتصادی بودن یک میدان به شمار می‌رود. امروزه تخمین ذخیره هیدروکربن باید همراه با تبیین عدم قطعیت به صورت کمی همراه باشد. روش‌های مختلفی برای بررسی عدم قطعیت وجود دارد. عدم قطعیت می‌تواند از فرآیندهای منفردی مانند سطح تماس سیالات در مدل سه‌بعدی زمین‌شناسی، تا ترکیبی از چند فرایند از قبیل داده‌های لرزه‌ای و ارزیابی‌های اقتصادی متغیر باشند. این عدم قطعیت‌ها بر روی میزان ذخیره تاثیر متفاوتی خواهند داشت. به طور کلی عدم قطعیت مدل زمین‌شناسی مشتمل بر عدم قطعیت ساختمانی، عدم قطعیت مربوط به مشخصات استاتیک و عدم قطعیت مرتبط با مشخصات دینامیک است. عدم قطعیت مربوط به مدل استاتیک در قالب حجم کل سنگ ظاهر شده و بزرگترین پارامتر در عدم قطعیت میزان ذخیره می‌باشد. در این مطالعه، تاثیر پارامترهای استاتیک در قالب بررسی پارامترهای تخلخل، اشباع شدگی بررسی گردید.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه سعی بر آن شد که محیط رسوبی سازند آسماری در میدان مورد نظر با استفاده از بررسی پتروگرافی مقاطع نازک به دست آمده از چاه‌های میدان تحلیل شود. بر این اساس، مطالعه مقاطع نازک میکروسکوپی منتج به شناسایی ۱۵ ریزرخساره شامل ۱۳ ریز رخساره کربناته: وکستون تا مادستون دارای روزن‌داران پلانکتونیک، وکستون تا پکستون بایوکلاستی، پکستون فاورینادار، وکستون تا پکستون جلبکی، باندستون، گرینستون پلوییدی، پکستون تا گرینستون دارای روزن‌داران کفزی، وکستون تا پکستون پلوییدی دارای بایوکلاست، وکستون دارای خارپوست، دولومیت، مادستون دلومیتی و ۲ ریز رخساره غیر کربناته انیدریتی و ماسه‌ای گردیده است که با توجه به انواع ریز رخساره‌های استاندارد و کمرندهای رخساره‌ای آن‌ها، در شش زیرمحیط پهنه جزر و مدی، لاگون، سدی (متعلق به رمپ داخلی)، رمپ میانی، رمپ خارجی و کانال‌ها برای رخساره‌های آواری دسته‌بندی شده‌اند. با توجه به رخساره‌های شناسایی شده و نبود شواهد توریدایتی، ریزشی و واریزه‌ای و همچنین نبود آنکوئیدها و پیژوئیدها که خاص

محیط شلف کربناته هستند، محیط رسوبی سازند آسماری در میدان مورد مطالعه، رمپ کربناته با شیب یکنواخت تعیین می شود که رخساره های غیرکربناته آواری آن در مواقع پایین افتادن سطح آب دریا شکل گرفته اند.

مطالعات رسوبی

این بخش بر اساس مطالعه پتروگرافی مقاطع نازک در چاه های مغزه دار انجام گردید. براساس مطالعات صورت گرفته، ۹ ریزرخساره رسوبی در پنج زیرمحیط دریای باز، شول، لاگون، بین جذرومدی و بالای جذرومد متعلق به یک رمپ کربناته کم شیب که دز زمان های مختلفی مخصوصا آسماری پایینی تحت تاصیر ورود آواری از جنوب غرب و از صفحه عربی بوده است. این ورودی های آواری منجر به رسوبگذاری بخش ماسه سنگی گسترده در آسماری پایینی گردیده است. مهمترین فرایندهای دیاژنزی موثر در کیفیت مخزنی توالی مورد مطالعه شامل، دلوامیتی شدن، انیدریتی شدن، سیمانی شدن و تبلور مجدد و شکستگی می باشند. مطالعات چینه نگاری سکansı برای بازه مورد مطالعه (سازند آسماری) منجر به شناسایی چهار سکانس رده ۳ کامل گردید. این سکانس های معرفی شده خود محتوای ۸ سیستم تراکت می باشند. بخش سیستم تراکت پیشرونده سکانس یک به دلیل ضخامت زیاد خود به چهار زون تقسیم گردید. بنابراین ۱۱ زون که هر کدام معادل یک سیستم تراکت رسوبی بودند برای سازند آسماری در میدان مورد مطالعه شناسایی گردید. ساخت مدل سه بعدی تخریل و اشباع شدگی بر اساس چارچوب سکansı ارائه شده انجام گرفته است.

مطالعات پتروفیزیکی

مطالعات پتروفیزیکی بر روی چاه های حفاری شده حاوی نگارهای چاه پیمایی در سازند مخزنی انجام گرفت. ارزیابی پتروفیزیکی چاه های مورد مطالعه نشان داد که لیتولوژی سازند آسماری را می توان به دو بخش اصلی تقسیم بندی کرد. بخش پایینی بیشتر از ماسه سنگ تمیز و در بازه هایی هم آهک دولمیتی شده و لیتولوژی مختلط کربناته آواری می باشد. بخش بالایی سازند آسماری در چاه های میدان مورد مطالعه بیشتر از ماسه سنگ های مختلف با کربنات ها و به سمت بالا به تدریج غلبه کربنات ها شامل آهک و دولمیت و در بعضی از موارد هم انیدریت تشکیل شده است

در زون ۱۰ کمترین میزان آهک را داریم این تغییرات تا زون ۹ ثابت باقی خواهد ماند. تغییرات لیتولوژی آهک به سمت زون ۸ یک روند افزایشی را در پی دارد البته شیب روند تغییرات خیلی کم می باشد. روند تغییرات لیتولوژی آهک از زون ۸ به زون ۷ بیشترین شیب تغییرات مثبت را دارا می باشد. به طوری که در زون ۷ بیشترین میزان حجم آهک میدان را دارا می باشیم. تغییرات میزان آهک از زون ۷ به سمت زون ۶ روند کاهشی را دارا می باشد. این تغییر بیشترین شیب منفی را دارا می باشد. از زون ۶ به سمت زون ۵ دوباره افزایش روند میزان آهک را دارا می باشیم. از زون ۵ به ۴ روند کاهش و از زون ۴ به ۳ روند افزایش را خواهیم داشت. از زون ۳ به ۲ کاهش و از زون ۲ به یک افزایش میزان کلسیت را خواهیم داشت. بنابراین با یک نگاه کلی زون ۱۰ کمترین و زون ۷ بیشترین میزان کلسیت را دارا می باشند.

به طور کلی روند تغییرات لیتولوژی دولومیت مشابه کلسیت می باشد. از زون ۱۰ تا زون هفت افزایش میزان حجم دولومیت را خواهیم داشت. از زون ۷ به ۶ کاهش، از زون ۶ به ۵ افزایش، از زون ۵ به ۴ کاهش، از زون ۴ به ۳

افزایش و دو باره از زون ۳ به ۲ کاهش حجم دولومیت را دارا می‌باشیم. از زون ۲ به زون ۱ شیب تغییرات لیتولوژی دولومیت در بیشترین مقدار خود به سمت مثبت را دارا می‌باشیم به طوری که زون ۱ بیشترین حجم دولومیت را در میان تمام زون‌های میدان برخوردار می‌باشد. پس زون ۱۰ کمترین میزان و زون ۱ بیشترین میزان حجم دولومیت را دارا می‌باشند. و در یک نگاه کلی تر و در مقیاس بزرگ تر شیب روند تغییرات از زون ۱۰ به سمت زون ۱ یک روند افزایشی را دارا می‌باشد.

روند تغییرات حجم ماسه عکس تغییرات دولومیت و به تبع آن کلسیت می‌باشد. حجم ماسه در زون‌های ۱۰، ۹ و ۸ از میزان بالایی برخوردار می‌باشد. از زون ۸ به زون هفت روند تغییرات حجم ماسه از شیب منفی برخوردار می‌باشد. از زون ۷ به زون ۶ روند تغییرات دوباره مثبت یعنی با افزایش دوباره حجم ماسه، از زون ۶ به زون ۵ کاهش، زون ۵ به ۴ کاهش، ۴ به ۳ افزایش و از زون ۳ به ۲ با شیب افزایش تندی روبرو می‌شود به طوری که در زون ۲ حجم زیادی از لیتولوژی میدان را ماسه به خود اختصاص می‌دهد. دوباره از زون ۲ به زون ۱ حجم ماسه روند تغییرات آن به سمت کاهش می‌باشد که دارای پر شیب ترین میزان تغییرات و به سمت منفی می‌باشد. بنابراین زون ۱۰ و ۹ بیشترین و زون ۱ کمترین میزان حجم ماسه میدان را به خود اختصاص می‌دهد.

تغییرات حجم شیل در توالی عمودی میدان از روند منظم تر و کمتری برخوردار می‌باشد بطوری که این تغییرات از زون ۱۰ تا زون ۷ روند کاهش، از زون ۷ تا ۴ روند افزایشی و از زون ۴ تا ۱ دوباره روند کاهش را دنبال می‌کند. بنابراین زون ۴ بیشترین حجم شیل و زون ۱ کمترین میزان آن را دارا می‌باشد.

گونه‌های سنگی بر اساس مفهوم واحدهای جریان و با استفاده از داده‌های تخلخل و تراوایی مغزه برای میدان مورد مطالعه تعیین گردید. بر این اساس ۶ واحد جریانی که کیفیت مخزنی از ۱ به سمت واحد جریانی ۶ افزایش می‌یابد برای سازند آسماری استخراج گردید. همچنین ۶ رخساره لاگ بر اساس نگارهای چاه‌پیمایی برای میدان مورد مطالعه استخراج گردید. نتایج این بخش یعنی تخلخل مفید و آب اشباع شدگی به عنوان داده‌های ورودی برای ساخت مدل سه بعدی استاتیکی مخزن مورد استفاده قرار گرفت.

مدل استاتیک

با تلفیق نتایج حاصل از مطالعات پتروفیزیکی و پتروگرافی مدل استاتیک مخزن تهیه گردید. مدل‌های نهایی تخلخل و آب اشباع شدگی بر اساس روش‌های زمین آماری مختلف تهیه شد و در نهایت برآورد ذخیره بر اساس پارامترهای تخلخل و اشباع شدگی صورت پذیرفت. مدل‌های مختلفی برای ساخت مدل تخلخل شامل استفاده از روش کریجینگ و شبیه‌سازی گوسی مورد استفاده قرار گرفت. مقایسه نتایج نشان داد که مدل حاصل از روش شبیه‌سازی گوسی بهترین نتیجه را ارائه می‌دهد. بنابراین مدل تخلخل حاصل از شبیه‌سازی گوسی به عنوان مدل نهایی تخلخل انتخاب گردید. برای ساخت مدل سه بعدی اشباع شدگی از الگوریتم کریجینگ استفاده گردید. نهایتاً پیش بینی حجم ذخیره بر اساس مدل‌های تخلخل و اشباع آب برآورد گردید.

منابع

آقاناتی، سید علی، ۱۳۸۳: زمین شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، صفحه

امیری، حمید، ۱۳۸۶: مشخصات سنگ شناسی، محیط رسوبگذاری و چینه نگاری سکانسی سازند آسماری در میدان نفتی هفتکل، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، صفحه ۹۱.

رئیزی، علی، ۱۳۷۷: بررسی رخساره‌ها و محیط رسوبی سازند آسماری (الیگوسن) در فروافتادگی دزفول جنوبی، رساله

کارشناسی ارشد رسوب‌شناسی و سنگ شناسی رسوبی دانشگاه تربیت معلم، صفحه ۹۶.

مطیعی، همایون، ۱۳۸۷: زمین شناسی نفت سنگهای کربناتی، انتشارات آراین زمین، صفحه ۸۹۱.

مطیعی، همایون، ۱۳۷۴: زمین شناسی نفت زاگرس ۱ و ۲، سازمان زمین شناسی ایران، صفحه ۱۰۰۹.

رحمانی، علی، ۱۳۹۰: چینه شناسی سازند آسماری در تاقدیس‌های بنگستان و خویز و میدان نفتی پارسی، پایان نامه دکتری، زمین شناسی دانشگاه اصفهان، صفحه ۲۱۰.

رحیم‌پور بناب، حسین، ۱۳۸۴: سنگ شناسی کربناته (ارتباط دیاژنز و تکامل تخلخل)، انتشارات دانشگاه تهران، صفحه ۴۸۷.

Adams, T. D., and Bourgeois, F., (1967) Asmari Biostratigraphy, Geological and Exploration, Div, JOOC, Report No. 1074, Tehran.

Amirshahkarami, M., Vaziri-Moghaddam, H., and Taheri, A., (2007) Sedimentary facies and sequence stratigraphy of the Asmari Formation at Chaman-Bolbol, Zagros Basin, Iran. *Journal of Asian Earth Sciences* 29, pp. 947–959.

Bordenava, M.L., (2008) The origin of the Permo-Triassic gas accumulations in the Iranian Zagros Foldbelt and contiguous offshore areas: A Review of the Palaeozoic Petroleum System, *Journal of Petroleum Geology*.

Bordenava, M.L., Burwood, R., (1995) The Albian Kazhdumi Formation of the Dezful Embayment, Iran: One of the Most Efficient Petroleum Generating Systems.

Buxton M. W. N., Pedley H. M., (1989) Short paper: a standardized model for Tethyan tertiary carbonate ramps. *J Geol Soc Lond* 146(5), pp. 746–748.

Dunham, R. J., (1962) Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham, W.E., ed., *Classification of Carbonate rocks: AAPG-Publ-Memoris 1*, Tulsa, Oklahoma, pp. 108-121.

Edgell, H. S. (1997) Significance of reef limestones as oil and gas reservoirs in the Middle East and North Africa. 10th Edgeworth David Symposium, University of Sydney.

Flügel E., (2004) *Microfacies of carbonate rocks*. Springer, Berlin, pp. 996.

Flügel, E., (1982) *Microfacies analysis of limestones*, Springer, pp. 633.

Geel, T., (2000) Recognition of stratigraphic sequences in carbonate platform and slope deposits: empirical models based on microfacies analysis of Palaeogene deposits in southeastern Spain: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Vol. 155, pp. 211-238.

Nadjafi, M., Mahboubi, A., Moussavi-Harami, R., Mirzaee, R., (2004): Depositional history and sequence stratigraphy of outcropping Tertiary carbonates in the Jahrum and Asmari Formations, Shiraz area (SW Iran). *J. Petrol. Geol.* 27:179–190.

Sherkati, Sh., Letouzey J., (2004) Variation of structural style and basin evolution in the central Zagros (Izeh zone and Dezful Embayment), Iran. *Mar Petrol Geol* 21, pp.535–554.

Thomas, A. N., (1950) Facies Variations in the Asmari Limestone, *Int. Geol. Congress, Report of Eighteenth Session, 1948, Part 11*, pp. 74-82.

Van Buchem, F. S. P., Allan, T. L., Laursen, G. V., Lotfpour, M., Moallemi, A., Monibi, S., Motiei, H., Pickard, N. A. H., Tahmasbi, A. R., Vedrenne V. and Vincent, B. (2010) Regional stratigraphic architecture and reservoir types of the Oligo-Miocene deposits in the Dezful Embayment (Asmari and Pabdeh Formations) SW Iran. *Geological Society, London, Special Publications*. Vol. 329; pp. 219-263.

Vaziri-Moghaddam H., Kimiagari M., Taheri A., (2006) Depositional environment and sequence stratigraphy of the Oligo-Miocene Asmari Formation in SW Iran. *Facies* 52, pp.41–51.

Wilson, J. L., (1975) *Carbonate facies in geological history*: New York, Springer, pp. 471.