

تحلیل یکپارچه گونه‌های سنگی مخزنی، واحدهای جریان‌ی هیدرولیکی و رخساره‌های الکتریکی در چارچوب سکانس‌های رسوبی مخازن پرمین-تریاس در بخش مرکزی خلیج فارس

حمزه مهرابی^{۱*}، محمدحسین دهاقین^۲ و یاسمن احمدی^۳

۱- استادیار دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران

۲ و ۳- دانشجوی کارشناسی‌ارشد، رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، دانشگاه تهران، تهران

نویسنده مسئول: mehrabi.hamze@ut.ac.ir

نوع مقاله: پژوهشی

پذیرش: ۹۹/۲/۳۱

دریافت: ۹۸/۱۲/۱۹

چکیده

در این مطالعه با استفاده از اطلاعات به دست آمده از مغزه‌های حفاری، مقاطع نازک میکروسکوپی و تلفیق آن‌ها با لاگ‌های پتروفیزیکی و داده‌های تخلخل-تراوایی، گونه‌های سنگی مخزنی، واحدهای جریان‌ی هیدرولیکی و رخساره‌های الکتریکی در سازندهای دالان بالایی و کنگان در یکی از چاه‌های میدان پارس جنوبی مشخص گردیده‌اند. هدف این مطالعه، بررسی ارتباطات موجود بین این مفاهیم با جایگاه‌های سکانسی (سکانس‌ها و سیستم تراکت‌ها) در مخازن مورد اشاره می‌باشد. گونه‌های سنگی مخزنی بر اساس مطالعات پتروگرافی خصوصیات رخساره‌ای (بافت رسوبی)، فرآیندهای دیاژنزی، و نوع حفرات غالب تعیین گردیده‌اند. تعداد ۸ واحد جریان‌ی هیدرولیکی با استفاده از مفهوم نشانگر زون جریان تعیین شده است. رخساره‌های الکتریکی بر مبنای لاگ‌های نوترون، صوتی، چگالی و مقاومت با استفاده از روش خوشه‌بندی تعیین گردیده و با رخساره‌های مغزه (گونه‌های سنگی) مطابقت داده شده‌اند. در نهایت، گونه‌های سنگی، واحدهای جریان‌ی هیدرولیکی و رخساره‌های الکتریکی تعیین شده در چارچوب سکانس‌های رسوبی مورد بررسی قرار گرفته، ارتباطات آن‌ها تشریح شده و توزیع آن‌ها در درون مخزن مشخص گردیده است. در نتیجه، رخساره‌های دانه غالب (پکستون/گریستون) مربوط به زیرمحیط شول با تخلخل بین‌دانه‌ای بالا و اثرات دیاژنزی افزایش یافته کیفیت مخزنی (انحلال و دولومیتی شدن) که سبب ایجاد حفرات انحلالی، قالبی و بین‌بلوری در آن‌ها شده‌اند، بهترین واحدهای مخزنی این توالی‌ها را در سکانس رسوبی واحد K4، بخش میانی واحد K2 و بخش میانی واحد K1 تشکیل داده‌اند. از سوی دیگر، رخساره‌های انیدریتی بالای جزرومدی، رخساره‌های گل غالب (مادستون/وکستون) پهنه جزرومدی، لاگون و دریای باز همراه با رخساره‌های دانه غالب سیمانی شده و فشرده شده، افق‌های غیر مخزنی را در سیستم تراکت پیشرونده سکانس‌های K3 و K2 و بخش پایینی سیستم تراکت پیشرونده و سیستم تراکت پسرونده سکانس K1 ایجاد نموده‌اند.

واژه‌های کلیدی: گونه سنگی مخزنی، واحد جریان‌ی هیدرولیکی، رخساره الکتریکی، سکانس رسوبی، سازندهای دالان بالایی و کنگان

۱- پیشگفتار

در توالی‌های کربناته، به دلیل پیچیدگی‌های زمین‌شناسی و تغییرات زیاد در خصوصیات مخزنی در مقیاس‌های بزرگ و کوچک، مدل‌سازی مخزن دشوار است (مور، ۲۰۰۱). در نتیجه، استفاده از روش‌های تلفیقی و مطالعات جامع در این مخازن امری ضروری است (آر، ۲۰۰۸). به منظور ساخت یک مدل کارآمد و صحیح از یک مخزن هیدروکربنی، شناسایی گونه‌های سنگی یکی از فرآیندهای ضروری می‌باشد. از طرفی، جهت توسعه موثر یک میدان هیدروکربوری و توصیف یکپارچه مخزن، مطالعه و تعیین خواص پتروفیزیکی از جمله تعیین گونه‌های سنگی یکی از اساسی‌ترین مراحل به شمار می‌رود (گومز و همکاران، ۲۰۰۸؛

رحیم‌پورناب و همکاران، ۲۰۱۲). تجزیه و تحلیل پتروگرافی اولین و اساسی‌ترین گام در توصیف توالی‌های کربناته است (لوسیا، ۲۰۰۷). در این توالی‌ها، تمام خصوصیات مخزن (شامل خصوصیات استاتیک و دینامیک) در ارتباط با خصوصیات رخساره‌های رسوبی، تغییرات دیاژنتیکی و شکستگی‌ها کنترل می‌شوند (آر، ۲۰۰۸). در نتیجه، مطالعه رسوب‌شناسی مخازن کربناته بخش جدایی‌ناپذیری از هر نوع توصیف مخزن کربناته است (لوسیا، ۲۰۰۷). تعیین گونه‌های سنگی پتروگرافیکی (PRTs) در کربنات‌ها یک روش شناخته شده برای توصیف این مخازن است (مهرابی و همکاران، ۲۰۱۹). مقدار و نوع تخلخل، هندسه گلوگاه منافذ، توزیع اندازه حفرات، نفوذپذیری و غیره، از محیط‌های رسوبی و

بالآمدگی قرار دارد و جهت امتداد آن شمال‌شرق- جنوب‌غرب می‌باشد. مهم‌ترین سازندهای مخزنی این میدان سازندهای دالان و کنگان (بخشی از گروه دهرم) می‌باشند که شامل چهار واحد مخزنی $K1$ ، $K2$ ، $K3$ و $K4$ هستند (رحیم‌پوربناب و همکاران، ۲۰۱۰). این توالی‌ها از نظر چینه‌شناسی، معادل با سازند خوف^۲ در کشورهای عربی حاشیه خلیج فارس به شمار می‌روند (اینسالاکو و همکاران، ۲۰۰۶). شکل شماره ۱ موقعیت میدان مورد مطالعه و ستون چینه‌شناسی توالی‌های رسوبی پرمین-تریاس را در خلیج فارس نشان می‌دهد.

۳- داده‌ها و روش‌های مطالعه

این مطالعه بر اساس مطالعات پتروگرافی بر روی ۴۵۰ متر از مغزه‌های حفاری و ۱۳۰۰ مقطع نازک تهیه شده از آن‌ها در سازندهای دالان بالایی و کنگان در یکی از میداین بخش مرکزی خلیج فارس صورت گرفته است. علاوه بر این، لاگ‌های پتروفیزیکی (شامل لاگ‌های گاما، نوترون، صوتی، چگالی و مقاومت) این چاه و داده‌های تخلخل-تراوایی از حدود ۷۵۰ نمونه پلاگ مغزه جهت ارزیابی مخزن و تعیین گونه‌های سنگی مخزنی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مقاطع نازک توسط آلیزارین رنگ‌آمیزی شده‌اند و از هر یک متر مغزه تعداد ۳ مقطع نازک (با فواصل حدود ۳۰ سانتی‌متر) تهیه گردیده است. جهت تعیین گونه‌های سنگی بر مبنای مطالعات پتروگرافی، رخساره‌های رسوبی و فرآیندهای دیاژنزی این توالی‌ها به دقت مورد بررسی قرار گرفته است. جهت نام‌گذاری رخساره‌ها از روش دانهام (۱۹۶۲) و امری کلوان (۱۹۷۱) استفاده شده و تفسیر رخساره‌ها با کمک مدل استاندارد فلوگل (۲۰۱۰) صورت پذیرفته است. از تلفیق نتایج مطالعات رخساره‌ای و دیاژنزی و با در نظر گرفتن نوع غالب حفرات و مقادیر تخلخل و تراوایی، گونه‌های سنگی پتروگرافی^۳ تعریف شده‌اند (مهرابی و همکاران، ۲۰۱۹).

با استفاده از داده‌های تخلخل و تراوایی، واحدهای جریانیهیدرولیکی^۴ این مخازن با استفاده از مفهوم نشانگر زون جریان^۵ تعیین گردیده و با گونه‌های سنگی مخزنی

دیاژنزی به ارث می‌رسند. بافت‌های رسوبی و سایر ویژگی‌های بافتی و ساختاری رخساره‌های کربناتی مهم‌ترین عوامل شکل‌دهنده کیفیت مخزنی در مخازن کربناته هستند. بنابراین، تمایز رخساره‌های رسوبی و تعریف کلاس‌های دیاژنزی می‌تواند به تعیین گونه‌های سنگی مبتنی بر داده‌های زمین‌شناسی کمک کند و آن‌ها را در قالب سکانس‌های رسوبی قابل پیش‌بینی نماید (گومز و همکاران، ۲۰۰۸).

تاکنون مطالعات مختلفی از جنبه‌های زمین‌شناسی و مخزنی بر روی توالی‌های پرمین بالایی - تریاس در نواحی مختلف زاگرس و بخصوص در خلیج فارس به انجام رسیده است (اسرافیلی دیزجی و رحیم‌پوربناب، ۲۰۰۹؛ رحیم‌پوربناب و همکاران، ۲۰۱۰؛ توکلی و همکاران، ۲۰۱۱؛ عنایتی بیدگلی و همکاران، ۲۰۱۴؛ مهرابی و همکاران، ۲۰۱۶؛ توکلی و جمالیان، ۲۰۱۸؛ عنایتی بیدگلی و نویدطلب، ۲۰۲۰). این مطالعات، توالی‌های مذکور را از دیدگاه محیط‌رسوبی، تاریخچه دیاژنزی و کیفیت مخزنی مورد بررسی قرار داده‌اند. با این حال، مطالعه یکپارچه و تعیین گونه‌های سنگی مخزنی این توالی‌ها مبتنی بر داده‌های مختلف کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در ضمن، ارتباط بین افق‌های مخزنی در این توالی‌ها با جایگاه‌های سکانسی نیز بخوبی مشخص نگردیده است. هدف این مطالعه، تعیین گونه‌های سنگی مخزنی، واحدهای جریانی هیدرولیکی و رخساره‌های الکتریکی سازندهای دالان بالایی و کنگان در یکی از چاه‌های میدان گازی پارس جنوبی، بر مبنای تلفیق داده‌های زمین‌شناسی و پتروفیزیکی در چارچوب سکانس‌های رسوبی است.

۲- موقعیت جغرافیایی و چینه‌شناسی مخزن

میدان گازی پارس جنوبی، یکی از میداین جنوب ایران واقع در بخش مرکزی خلیج فارس است (موحد و همکاران، ۱۳۹۰). این میدان به همراه بخش قطری، بزرگ‌ترین میدان گازی جهان را شکل داده است (کشفی، ۱۹۹۲؛ اینسالاکو و همکاران، ۲۰۰۶). وسعت این میدان (همراه با بخش قطری) حدود ۹۷۰۰ کیلومتر مربع است. از نظر ساختمانی، میدان پارس جنوبی بخشی از بالآمدگی قطر- فارس^۱ بوده که در قسمت شمالی این

^۲ Khuff

^۳ petrographic rock type: PRT

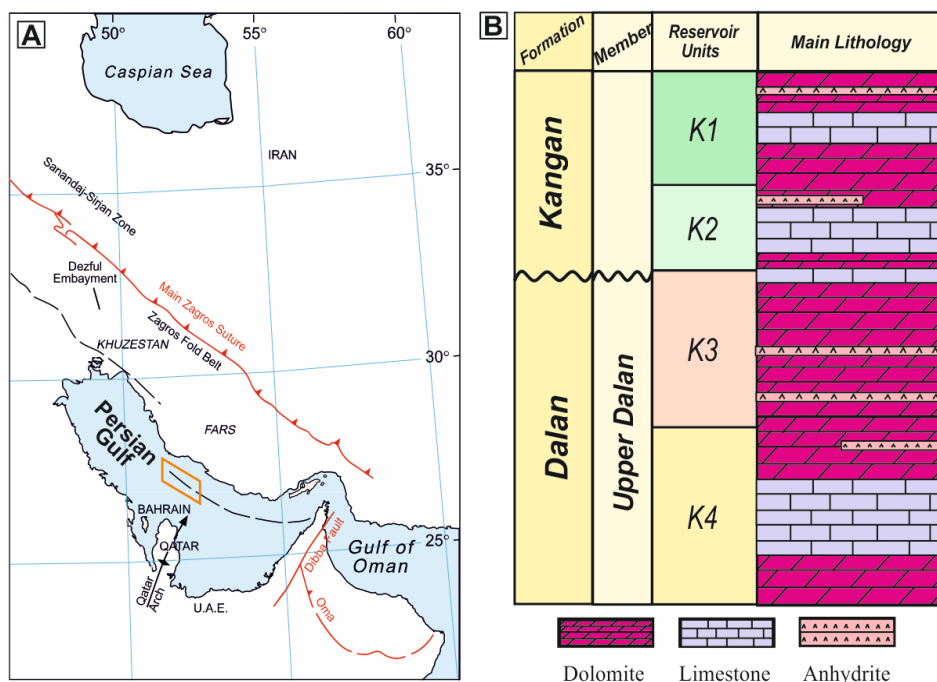
^۴ hydraulic flow units: HFU

^۵ flow zone indicator: FZI

^۱ Qatar-Fars arc

سکانس‌های رسوبی تطابق داده شده‌اند و ارتباطات بین آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. به منظور تفکیک سکانس‌های رسوبی، از روش سکانس پیشرونده-پسرونده^۳ ارائه شده توسط امری و یوهانسن (۱۹۹۲) استفاده گردیده است.

مطابقت داده شده‌اند (گومز و همکاران، ۲۰۰۸؛ اسکالینسکی و کنتز، ۲۰۱۴). به منظور تعیین رخساره‌های الکتریکی^۱ از روش خوشه‌بندی^۲ در نرم‌افزار Matlab استفاده گردیده است (دبورا، ۲۰۱۸). رخساره‌های الکتریکی در نهایت با گونه‌های سنگی پتروگرافی و واحدهای جریان‌ی هیدرولیکی در چارچوب



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی میدان مورد مطالعه در بخش مرکزی خلیج فارس (A). چینه‌شناسی توالی‌های رسوبی پرمین - تریاس همراه با واحدهای مخزنی سازندهای دالان و کنگان در خلیج فارس (B) (رحیم‌پورناب و همکاران، ۱۳۹۷).

پرمین- تریاس در چاه مورد مطالعه شامل رخساره‌های متعلق به بخش بالایی پهنه جزرومدی^۵، پهنه جزرومدی^۶ لاگون^۷، پشته‌های اوئیدی- پلوئیدی^۸ و دریای باز^۹ می‌باشند که معرف یک محیط رسوبی از نوع رمپ کم شیب^{۱۰} می‌باشند (اینسالاکو و همکاران، ۲۰۰۶؛ رحیم‌پور نباب و همکاران، ۲۰۱۰).

این رخساره‌ها، طی گذر از محیط‌های دیاژنزی دریایی، هایپرسالین و دفنی کم‌عمق تا عمیق، متحمل فرآیندهای مختلفی نظیر میکرایتی شدن، سیمانی شدن، دولومیتی شدن، انحلال، تبلور مجدد و فشردگی (فیزیکی تا شیمیایی) شده‌اند (اسرافیلی دیزجی و رحیم‌پورناب، ۲۰۰۹؛ توکلی و همکاران، ۲۰۱۱؛ مهرابی و همکاران،

۴- نتایج

۴-۱- گونه‌های سنگی پتروگرافی

مطالعات رخساره‌ای منجر به شناسایی تعداد ۱۲ ریزرخساره^۴ در سازندهای دالان بالایی و کنگان در چاه مورد مطالعه گردید که خلاصه‌ای از ویژگی‌های آن‌ها در جدول ۱ ارائه گردیده است. از آنجایی که مشخصات رخساره‌ای و محیط رسوبی این سازندها در مطالعات متعدد پیشین مورد بحث قرار گرفته است، در اینجا از تکرار آن‌ها خودداری می‌گردد (برای مطالعه بیشتر در این خصوص مراجع شود به اینسالاکو و همکاران، ۲۰۰۶؛ توکلی و همکاران، ۲۰۱۱؛ عنایتی بیدگلی و رحیم‌پور نباب، ۲۰۱۶؛ مهرابی و همکاران، ۲۰۱۵). همانگونه که در جدول (۱) آمده است، رخساره‌های رسوبی مخازن

⁵ supratidal

⁶ intertidal

⁷ lagoon

⁸ shoals

⁹ open marine/off-shoal

¹⁰ homoclinal ramp

¹ electrofacies

² clustering

³ transgressive-regressive: T-R

⁴ microfacies

استروماتولیت و ترومبولیت می‌باشند و به زیرمحیط پهنه جزرومدی تعلق دارند. در این رخساره‌ها، تراکم و تا حدی انحلال، فرآیندهای غالب دیاژنزی هستند. انواع عمده تخلخل این گروه، تخلخل‌های فنسترال و حفره‌ای هستند. به طور کلی، این گونه‌سنگی دارای کیفیت مخزنی پایینی است. رخساره‌های ترومبولیت فشرده شده، واحدهای متراکم را در توالی‌های مورد بررسی فراهم می‌کنند که می‌توانند بعنوان موانع مخزنی در برخی از موقعیت‌های چینه‌شناسی، به ویژه در قاعده سازند کنگان عمل کنند (جدول ۲ و شکل ۲).

PRT-4: این گونه سنگی شامل رخساره‌های مادستون و دولومادستون با ساختارهای فنسترال و نودولار است. تراکم و سیمانی شدن اثرات قابل‌توجه دیاژنزی در این گونه سنگی هستند. منافذ بین بلورین و فنسترال از انواع غالب حفره‌ای هستند که معمولاً توسط سیمان‌های انیدریتی و کلسیتی پر شده‌اند. بسته به شدت دولومیتی شدن و ویژگی‌های بافتی بلورهای دولومیت (نظیر شکل و اندازه بلورها)، کیفیت مخزنی این گروه از ضعیف تا متوسط متغیر است. این گونه‌سنگی با رخساره‌های گل غالب محیط‌های کم‌انرژی (لاگون و دور از شول) مطابقت دارد (جدول ۲ و شکل ۲).

PRT-5: این گروه شامل رخساره‌های وکستونی می‌باشد که درجات مختلفی از دولومیتی شدن را پشت سر گذاشته‌اند. علاوه بر این، تراکم و سیمانی شدن باعث از بین رفتن کیفیت مخزنی در این گونه‌سنگی شده است. تخلخل بین‌بلورین، نوع اصلی تخلخل این گروه است. بسته به شدت دولومیتی شدن و ویژگی‌های بافتی بلورهای دولومیت، کیفیت مخزنی این گروه از ضعیف تا متوسط متغیر است. این گونه‌سنگی با رخساره‌های گل غالب محیط‌های کم‌انرژی لagoon و پشت شول مطابقت دارد (جدول ۲ و شکل ۲).

PRT-6: این گونه‌سنگی شامل رخساره‌های دانه غالب (پکستون و گرینستون) است که تحت تأثیر تراکم شدید و یا سیمان‌شدگی گسترده قرار گرفته‌اند و به همین دلیل، کیفیت مخزنی خود را از دست داده‌اند. در بعضی از نمونه‌های این گروه، تخلخل‌های قالبی و حفره‌ای به مقدار کم وجود دارند. این گونه‌سنگی با رخساره‌های زیر محیط شول (بخصوص بخش پشت شول: *leeward shoal*) مطابقت دارد (جدول ۲ و شکل ۲).

۲۰۱۵ و ۲۰۱۶). این فرآیندها به طرق مختلف بر روی خصوصیات مخزنی اولیه رخساره‌ها و نوع حفرات آن‌ها تاثیرگذار بوده‌اند. از این نظر، فرآیندهای دیاژنزی موثر بر کیفیت مخزنی این توالی‌ها را می‌توان در دو گروه عمده قرار داد: ۱- فرآیندهای دیاژنزی افزایشده کیفیت مخزنی شامل انحلال و دولومیتی شدن و ۲- فرآیندهای دیاژنزی کاهشده کیفیت مخزنی شامل انواع سیمانی شدن و فشردگی.

در این مطالعه، با در نظر گرفتن تغییرات دیاژنتیکی بر روی این رخساره‌های رسوبی و انواع حفرات غالب، ۷ گونه سنگی پتروگرافی (PRT) در مخازن مورد مطالعه تعریف شده است که خلاصه‌ای از ویژگی‌های آن‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. هم‌چنین، تصاویر میکروسکوپی از این گونه‌های سنگی در شکل ۲ نشان داده شده است. در اینجا شرح مختصری از ویژگی‌های گونه‌های سنگی ارائه گردیده است.

PRT-1: این گونه سنگی شامل رخساره‌های انیدریتی است که فاقد حفرات حفظ شده بوده و دارای آثار تراکم طی تدفین می‌باشد. با توجه به ماهیت متراکم و عدم وجود فضاها منفذی، این گونه سنگی از نظر کیفیت مخزنی بسیار ضعیف است و می‌تواند به عنوان گونه‌سنگی غیرمخزنی^{۱۱} در نظر گرفته شود. این گونه سنگی با رخساره‌های انیدریت در زیرمحیط بالای جزرومدی (FG1) مطابقت دارد (جدول ۲ و شکل ۲).

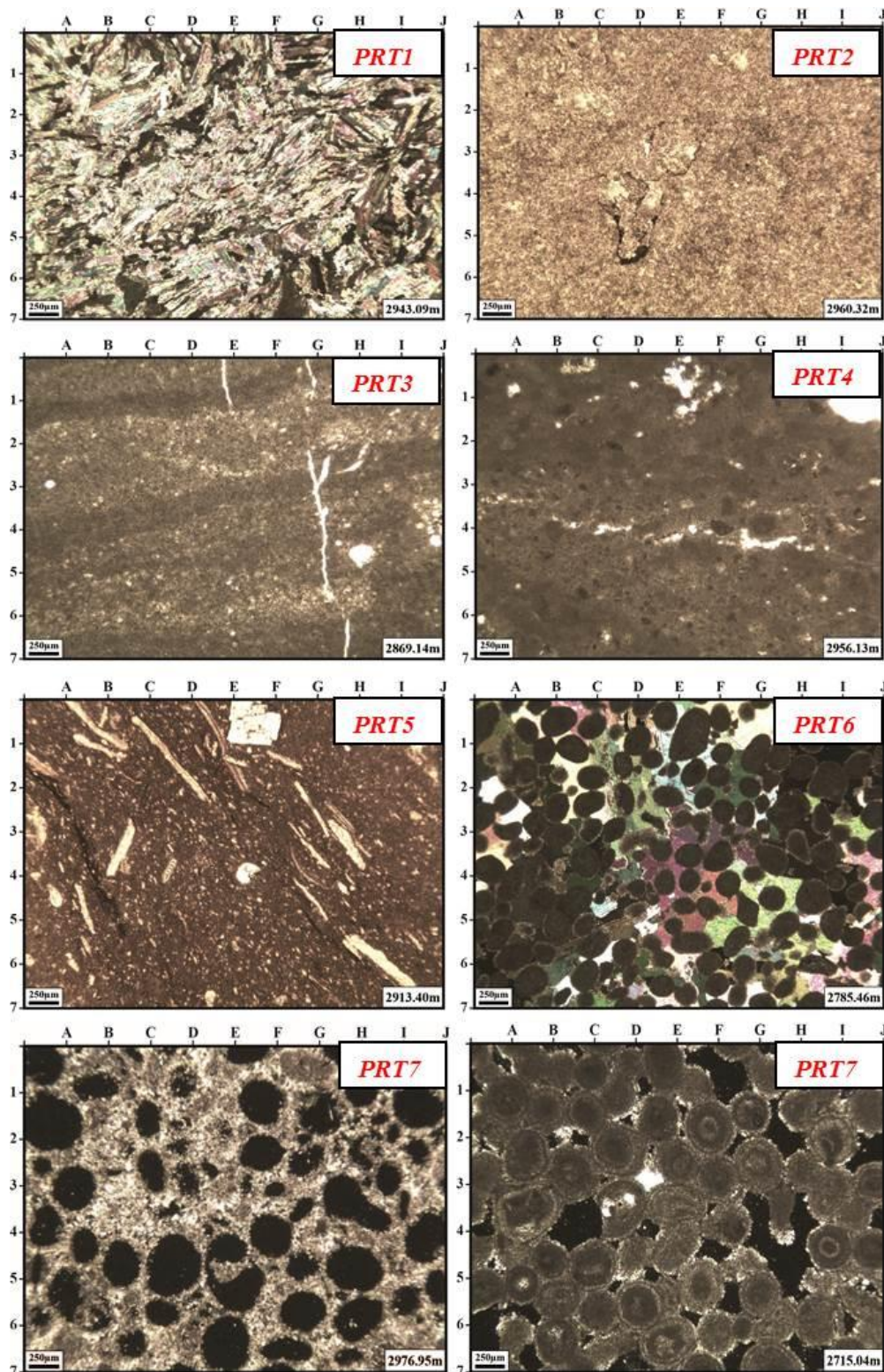
PRT-2: این گونه‌سنگی شامل رخساره‌های بافت بلورین است که در آن، بافت اولیه سنگ به دلیل دولومیتی‌شدن گسترده و مخرب فابریک، کاملاً از بین رفته است (عنایتی بیدگلی و نویدطلب، ۲۰۲۰). آن دسته از رخساره‌های دولومیتی که در آن‌ها بافت اولیه سنگ قابل تشخیص نیست، در این کلاس قرار می‌گیرند. بسته به پارامترهای مختلفی مانند بافت رسوبی و اندازه بلورهای دولومیت، رخساره‌های این گروه ممکن است از کیفیت مخزنی ضعیف تا متوسط برخوردار باشند. دولومیتی‌شدن و تراکم، تغییرات قابل‌توجه دیاژنزی این گونه‌سنگی هستند و تخلخل بین‌بلورین در آن غالب است (جدول ۲ و شکل ۲).

PRT-3: این گونه‌سنگی شامل رخساره‌های میکروبی سازندهای دالان بالایی و کنگان است که شامل

¹¹ non-reservoir/seal rock type

توجه دیاژنزی این گروه هستند. این گونه‌سنگی با رخساره‌های دانه غالب از کمرند پر انرژی شول مطابقت دارد که در بخش‌های کم‌عمق درونی رمپ گسترش یافته‌اند (جدول ۲ و شکل ۲).

PRT-7: این گونه سنگی شامل رخساره‌های دانه غالب نهشته شده در محیط‌های پر انرژی (شول) با مقادیر زیادی از تخلخل اولیه (بین‌دانه‌ای) و دیاژنزی (قالبی و حفره‌ای) است. انحلال و دولومیتی شدن فرآیندهای قابل



شکل ۲. تصاویر میکروسکوپی مربوط به گونه‌های سنگی مخزنی تعیین شده در سازندهای دالان بالایی و کنگان

جدول ۱. رخساره‌های رسوبی سازندهای دالان بالایی و کنگان و مهم‌ترین خصوصیات آن‌ها در میدان پارس جنوبی

محیط رسوبی	عنوان رخساره	کد رخساره
بالای جزرومدی	انیدریت	MF1
بین جزرومدی	مادستون دولومیتی شده (ندولار و فنسترال)	MF2
بین جزرومدی	باندستون استروماتولیتی	MF3
بین جزرومدی	باندستون ترومبولیتی	MF4
لاگون	مادستون تا وکستون حاوی فرامینیفرای بنتیک و پلوئید	MF5
لاگون	وکستون حاوی خرده‌های اسکلتی	MF6
لاگون	وکستون حاوی آنکوئید و اینتراکلت	MF7
پشت شول	پکستون حاوی پلوئید و آنکوئید	MF8
شول رو به دریا	پکستون تا گرینستون حاوی اوئید و بایوکلت	MF9
شول رو به دریا	گرینستون تا پکستون حاوی آنکوئید و اینتراکلت	MF10
جلوی شول	وکستون تا مادستون حاوی خرده‌های ریز اسکلتی (میکروباپوکلت)	MF11
غیر قابل تشخیص	کربنات بلورین (کریستالین)	MF12

جدول ۲. گونه‌های سنگی پتروگرافی (PRT) و خصوصیات رسوبی آن‌ها در سازندهای دالان بالایی و کنگان

کیفیت مخزنی	حفرات غالب	دیاژنز غالب	اندازه دانه/بلور (MM)	کد رخساره	بافت رسوبی	کد گونه سنگی
کم	فاقد حفره	فشردگی	--	MF1	انیدریت	PRT-1
کم تا متوسط	بین بلورین	دولومیتی شدن اولیه، فشردگی	<0.5	MF12	بلورین	PRT-2
کم	چشم پرنده‌ای، حفره‌ای	فشردگی، انحلال	--	MF3, MF4	باندستون	PRT-3
اغلب کم	چشم پرنده‌ای، بین بلورین	فشردگی، دولومیتی شدن، سیمانی شدن	0.1 to 0.5	MF2, MF5, MF11	(دولو-) مادستون	PRT-4
کم تا متوسط	بین بلورین	فشردگی، دولومیتی شدن، سیمانی شدن	0.1 to 0.5	MF6, MF7	(دولو-) وکستون	PRT-5
کم	قالبی و حفره‌ای (نادر)	سیمانی شدن و فشردگی	0.5 to 2	MF8, MF9, MF10	پکستون/گرینستون	PRT-6
زیاد	قالبی، بین دانه‌ای و حفره‌ای (فراوان)	انحلال و دولومیتی شدن	0.5 to >2	MF8, MF9, MF11	گرینستون/پکستون	PRT-7

۴-۲- واحدهای جریان‌ی هیدرولیکی

تعیین واحدهای جریان‌ی هیدرولیکی یکی از رایج‌ترین روش‌ها برای تفکیک واحدهای مختلف مخزنی و غیرمخزنی در توالی‌های رسوبی است (امیفل و همکاران، ۱۹۹۳). در این روش، با استفاده از داده‌های تخلخل و تراوایی حاصل از آنالیز مغزه و قرار دادن آن‌ها در رابطه زیر، مخزن هیدروکربوری به واحدهای با خصوصیات مخزنی مجزا تفکیک می‌گردد (مهرابی و همکاران، ۲۰۱۹؛ حسینی و همکاران، ۱۳۹۸؛ سبوحی و رضایی،

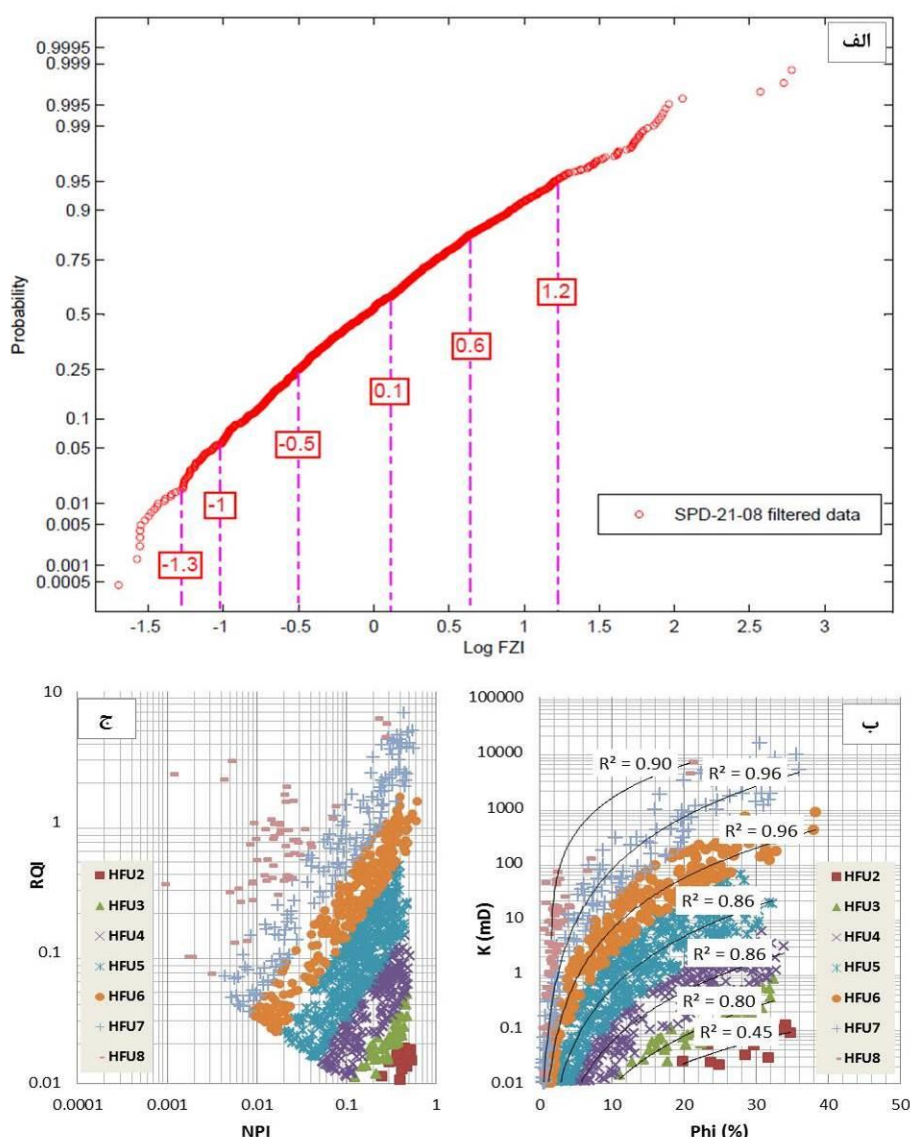
۱۳۹۸). رایج‌ترین روش جدایش واحدهای جریان‌ی هیدرولیکی، استفاده از مفهوم نشانگر زون جریان می‌باشد (عباس‌زاده و همکاران، ۱۹۹۶).

$$FZI = RQI / NPI = \{ (0.0314 \sqrt{K/\Phi}) \} / \{ \Phi / (1 - \Phi) \}$$

در این رابطه، FZI : نشانگر زون جریان، RQI : اندیس کیفیت مخزنی و NPI : اندیس تخلخل نرمال شده می‌باشد. ترسیم نمودار احتمالی لگاریتم FZI یکی از بهترین روش‌ها برای تعیین تعداد واحدهای جریان‌ی

نمودارهای تخلخل- تراوایی و اندیس کیفیت مخزنی- تخلخل نرمال شده برای واحدهای جریان‌ی هیدرولیکی ۲ تا ۸ در شکل ۳ نمایش داده شده‌اند. تفکیک قابل قبول موجود در بین داده‌ها حاکی از انتخاب مناسب تعداد واحدهای جریان‌ی هیدرولیکی در مخزن مورد مطالعه است. مقادیر آماری مربوط به واحدهای جریان‌ی هیدرولیکی در جدول ۳ آمده است. همانگونه که مشخص است، با افزایش شماره واحد جریان‌ی، کیفیت مخزنی آن نیز افزایش می‌یابد. بدین ترتیب، $HFU-1$ دارای پایین‌ترین کیفیت و $HFU-8$ دارای بهترین کیفیت مخزنی است.

هیدرولیکی در مخزن مورد مطالعه می‌باشد (عباس‌زاده و همکاران، ۱۹۹۶؛ قره‌چلو و همکاران، ۱۳۹۳). ترسیم نمودار مذکور در چاه مورد مطالعه (شکل ۳) نشان‌دهنده وجود ۸ واحد جریان‌ی هیدرولیکی با خصوصیات مخزنی منحصر بفرد می‌باشد. لازم به ذکر است که استفاده از این روش در خصوص نمونه‌های با تراوایی خیلی کم (کمتر از ۰/۰۱ میلی‌داریسی) با خطا همراه می‌باشد. لذا برای جلوگیری از بروز خطا، چنین نمونه‌هایی در قالب یک واحد جریان‌ی هیدرولیکی با پایین‌ترین کیفیت مخزنی دسته‌بندی شده‌اند ($HFU-1$) و رابطه فوق بر روی مابقی نمونه‌ها اعمال گردیده است.



شکل ۳. الف: نمودار احتمالی مقادیر لگاریتم FZI که بر اساس تعداد نقاط شکست موجود در آن، تعداد ۸ واحد جریان‌ی هیدرولیکی در توالی‌های دالان بالایی- کنگان شناسایی شده است. ب: نمودار تخلخل- تراوایی برای واحدهای جریان‌ی هیدرولیکی تعیین شده، ج: نمودار اندیس کیفیت مخزنی (RQI) در برابر تخلخل نرمال شده (NPI) برای واحدهای جریان‌ی هیدرولیکی تعیین شده در میدان پارس جنوبی. نمونه‌های با تراوایی کمتر از ۰/۰۱ میلی‌داریسی بعنوان $HFU-1$ در نظر گرفته شده‌اند.

جدول ۳. مقادیر آماری مربوط به تخلخل، تراوایی، اندیس کیفیت مخزنی و نشانگر زون جریان برای ۸ واحد جریانی هیدرولیکی تعیین شده در سازندهای دالان بالایی و کنگان

کد واحد جریانی	میانگین آریتماتیک				میانگین ژئومتریک				کیفیت مخزنی
	K	Phi	RQI	FZI	K	Phi	RQI	FZI	
HFU-1	0.001	2.19	0.02	17.68	0.00	1.52	0.02	1.03	بسیار کم
HFU-2	0.06	29.23	0.01	0.03	0.05	28.92	0.01	0.03	کم
HFU-3	0.16	24.00	0.02	0.07	0.11	23.32	0.02	0.07	کم تا متوسط
HFU-4	0.64	17.84	0.04	0.20	0.22	15.75	0.04	0.19	متوسط
HFU-5	3.83	13.63	0.11	0.67	0.80	11.50	0.08	0.62	متوسط تا خوب
HFU-6	52.24	12.78	0.35	2.24	3.96	8.66	0.21	2.12	خوب
HFU-7	908.62	11.55	1.19	7.88	15.66	6.10	0.50	7.24	بسیار خوب
HFU-8	325.93	2.57	1.00	102.11	5.71	1.39	0.64	44.78	عالی

۵- تفسیر نتایج

ترسیم چینه‌ای گونه‌های سنگی مخزنی، واحدهای جریانی هیدرولیکی و رخساره‌های الکتریکی در کنار نتایج مطالعات رخساره‌ای و دیاژنزی در چارچوب چینه‌نگاری سکansı با هدف کشف روابط بین آن‌ها و بررسی ارتباط این مفاهیم با جایگاه‌های سکansı صورت گرفت. بر همین اساس، نمودار جامع کیفیت مخزنی و رسوب‌شناسی از سازندهای دالان بالایی و کنگان ترسیم گردید (شکل ۶). بر اساس این نمودار، ارتباطات معناداری بین توزیع گونه‌های سنگی مخزنی (PRT)، واحدهای جریانی هیدرولیکی (HFU) و رخساره‌های الکتریکی (EF) با یکدیگر و با جایگاه‌های سکansı وجود دارد. این روابط در قالب سکانس‌ها و سیستم تراکت‌های رسوبی هر سکانس توضیح داده شده است.

۵-۱- سکانس رسوبی واحد K4

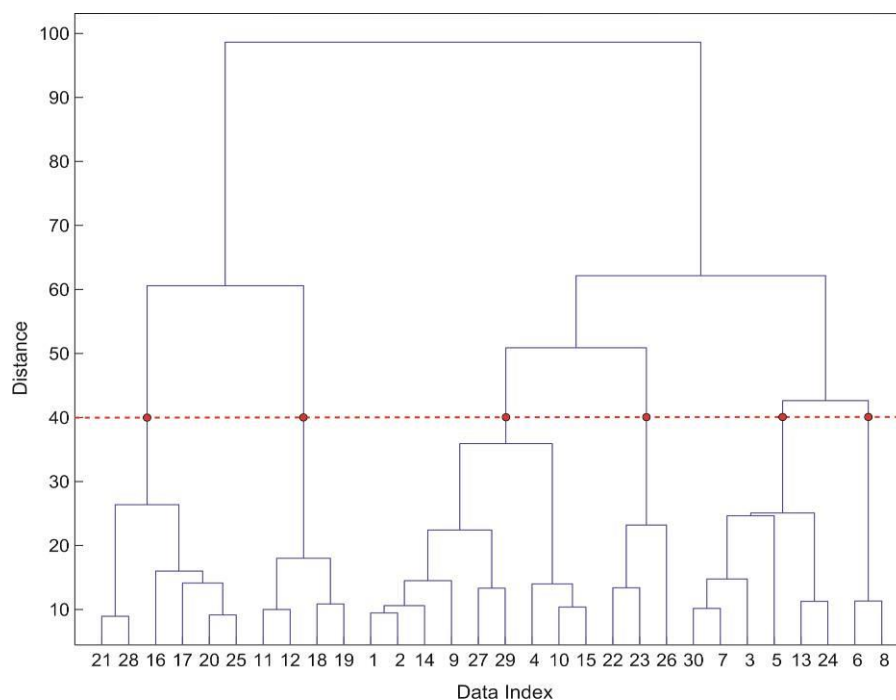
این سکانس رسوبی با ضخامت حدود ۱۱۵ متر در چاه مورد مطالعه شناسایی شده است. واحد K4 اساساً از رخساره‌های پکستون و گرینستون متشکل از اوئیدها و خرده‌های اسکلتی تشکیل شده است که در زیرمحیط پرانرژی شول نهشته شده‌اند (شکل ۶). در بین این رخساره‌ها، توالی‌های نازکی از رخساره‌های پهنه جزرومدی و لاگون با فراوانی کم حضور دارند.

۴-۳- رخساره‌های الکتریکی

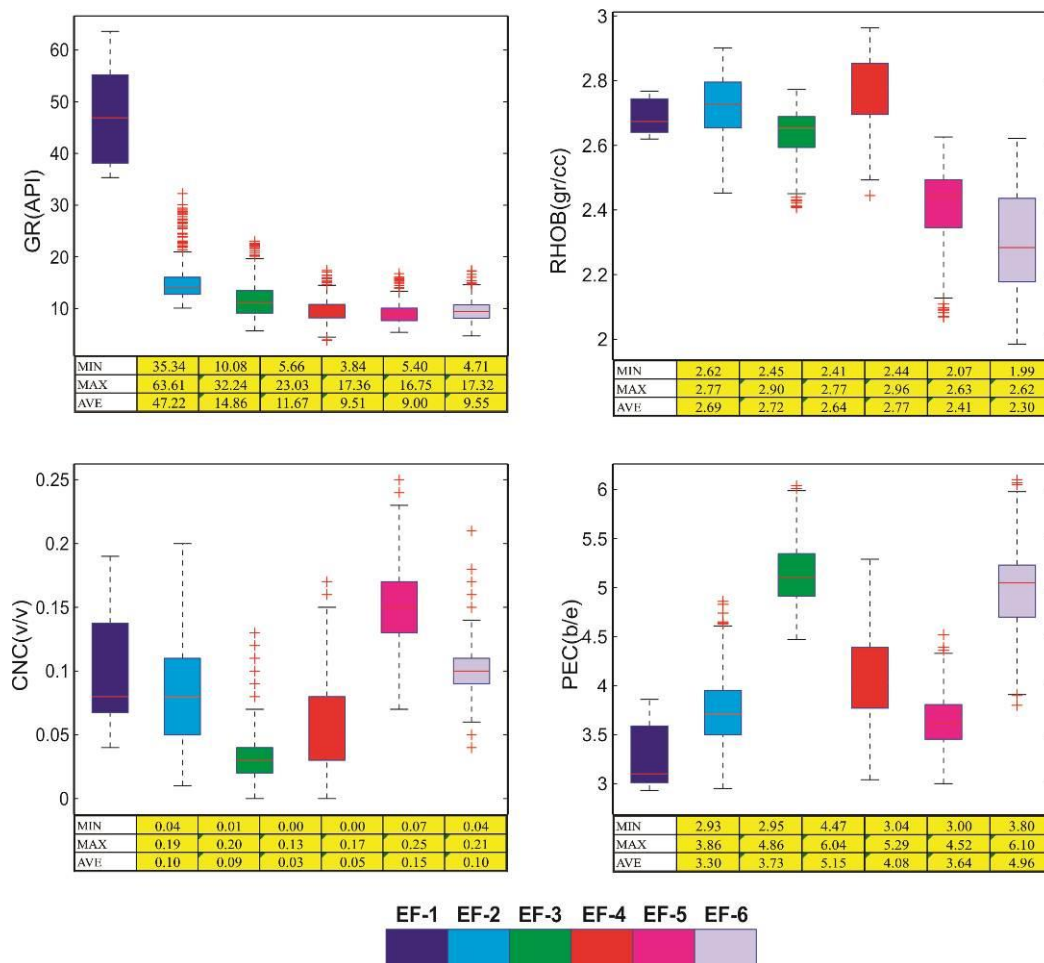
به منظور تعیین رخساره‌های الکتریکی و تطابق دادن آن‌ها با داده‌های مغزه، لاگ‌های گاما، چگالی، مقاومت و نوترون سازندهای مخزنی دالان بالایی و کنگان در چاه مورد مطالعه با استفاده از مفهوم خوشه‌بندی و شبکه‌های عصبی مصنوعی در نرم‌افزار *Matlab* آنالیز شدند (سرا و ایت، ۱۹۸۰؛ جمشیدی و همکاران، ۱۳۹۵). در نتیجه، نمودار درختی^۱ این داده‌ها ترسیم شد (شکل ۴) و تعداد ۶ رخساره الکتریکی بر مبنای یک حد برش^۲ تفکیک گردید. سپس، توزیع چینه‌شناسی این رخساره‌ها در کنار اطلاعات بدست آمده از آنالیز مغزه ترسیم گردید و ارتباطات آن‌ها با گونه‌های سنگی مخزنی و واحدهای جریانی هیدرولیکی مورد بررسی قرار گرفت. نمودارهای جعبه‌ای ترسیم شده برای رخساره‌های الکتریکی مختلف در شکل ۵ نمایش داده شده‌اند. از این نمودارها جهت ارزیابی کیفیت مخزنی هر رخساره الکتریکی استفاده گردیده است. بر همین اساس، رخساره‌های الکتریکی با بالاترین کیفیت مخزنی شامل $EF-5$ و $EF-6$ می‌باشند. این رخساره‌ها با مقادیر بالای لاگ نوترون و مقادیر کم لاگ‌های گاما و چگالی مشخص می‌شوند. رخساره‌های الکتریکی ۱ تا ۴ با مقادیر کم لاگ نوترون، مقادیر بالای لاگ مقاومت و مقادیر متغیر لاگ‌های گاما و مقاومت نشانگر کیفیت مخزنی کم می‌باشند.

¹ dendrogram

² cut-off level



شکل ۴. دندروگرام (نمودار درختی) ترسیم شده برای تعیین رخساره‌های الکتریکی به روش خوشه‌بندی در نرم‌افزار *Matlab* برای داده‌های لاگ از سازندهای دالان بالایی و کنگان. بر اساس این نمودار، تعداد ۶ رخساره الکتریکی در چاه مورد مطالعه تعیین گردیده است.



شکل ۵. نمودارهای جعبه‌ای ترسیم شده برای رخساره‌های الکتریکی سازندهای دالان بالایی و کنگان. این نمودارها برای لاگ‌های گاما، چگالی، نوترون و مقاومت (فتوالکتریک) ترسیم شده‌اند.

کننده این تفسیر می‌باشند (شکل ۶). حضور رخساره‌های شول در سیستم تراکت پسروده موجب افزایش مقادیر تخلخل و تراوایی در بخش بالایی این سکانس و در زیر مرز پرمین-تریاس گردیده است. این افزایش در کیفیت مخزنی با وجود گونه‌های سنگی مخزنی ($PRT-6$, $PRT-7$)، واحدهای جریان‌های هیدرولیکی ($HFU-5$ تا $HFU-7$) و رخساره‌های الکتریکی ($EF-2$, $EF-4$, $EF-5$) با کیفیت متوسط تا بالا مشخص شده است (شکل ۶).

۵-۳- سکانس رسوبی واحد $K2$

این سکانس رسوبی با ضخامت حدود ۴۵ متر در چاه مورد مطالعه تفکیک گردیده و اولین سکانس سازند کنگان به شمار می‌رود که پس از حادثه مرز پرمین-تریاس نهشته شده است (شکل ۶). از دیدگاه کیفیت مخزنی، این سکانس به طور واضح قابل تفکیک به دو بخش غیر مخزنی و مخزنی می‌باشد. واحد غیر مخزنی این سکانس منطبق بر رخساره‌های گل‌غالب لاگون تا پهنه جزرومدی و رخساره‌های فشرده شده و سیمانی شده شول می‌باشد که سیستم تراکت پیشرونده این سکانس را تشکیل داده‌اند. عدم وقوع انحلال و غلبه فرآیندهای کاهنده کیفیت مخزنی نظیر فشردگی و سیمانی شدن همراه با بافت‌های گل‌غالب سبب افت شدید پارامترهای مخزنی (تخلخل و تراوایی) در این سیستم تراکت شده‌اند. همین مسئله سبب غلبه گونه‌های سنگی ($PRT-4$, $PRT-6$)، واحدهای جریان‌های هیدرولیکی ($HFU-1$) و رخساره‌های الکتریکی ($EF-3$) نشانگر کیفیت مخزنی پایین در این بخش از سازند کنگان شده است (شکل ۶). سیستم تراکت پسروده این سکانس با ضخامت ۲۰ متر اساساً از رخساره‌های متعلق به کمر بند رخساره‌ای شول (پکستون تا گرینستون‌های اوئیدی، آنکوئیدی و بایوکلستی) تشکیل شده است که ذاتاً از پتانسیل مخزنی بالایی برخوردارند. علاوه بر این، وقوع فرآیندهای دیاژنزی افزایش کیفیت مخزنی نظیر دولومیتی شدن و انحلال موجب بالا رفتن هرچه بیش‌تر این پتانسیل مخزنی شده‌اند و حفرات قالبی، حفره‌ای و بین بلورین را در این سیستم تراکت شکل داده‌اند. غلبه گونه‌های سنگی مخزنی ($PRT-2$, $PRT-6$, $PRT-7$)، واحدهای جریان‌های هیدرولیکی ($HFU-5$ تا $HFU-7$) و رخساره‌های الکتریکی ($EF-4$, $EF-5$) با کیفیت مخزنی

مجموعه رخساره‌های کمر بند شول اساساً دارای پتانسیل مخزنی بالایی هستند که به صورت حفرات بین‌دانه‌ای سبب ایجاد تخلخل و تراوایی بالا در سنگ میزبان خود می‌شوند. با این حال، وقوع فرآیندهای دیاژنزی افزایش کیفیت مخزنی نظیر انحلال گسترده ذرات آراگونیتی و دولومیتی شدن، تا حدود زیادی کیفیت مخزنی این رخساره‌ها را افزایش داده‌اند و مهم‌ترین واحد مخزنی سازنده‌های دالان بالایی و کنگان را در میدان مورد مطالعه بوجود آورده‌اند. تخلخل‌های قالبی و حفره‌ای ناشی از انحلال دانه‌های اوئید و گاه‌ها زمینه و سیمان موجود در این رخساره‌ها، مقادیر بالایی (تا ۳۵ درصد) از تخلخل و تراوایی (۱۰۰۰ میلی‌داری) را در این رخساره‌ها شکل داده‌اند (شکل ۶).

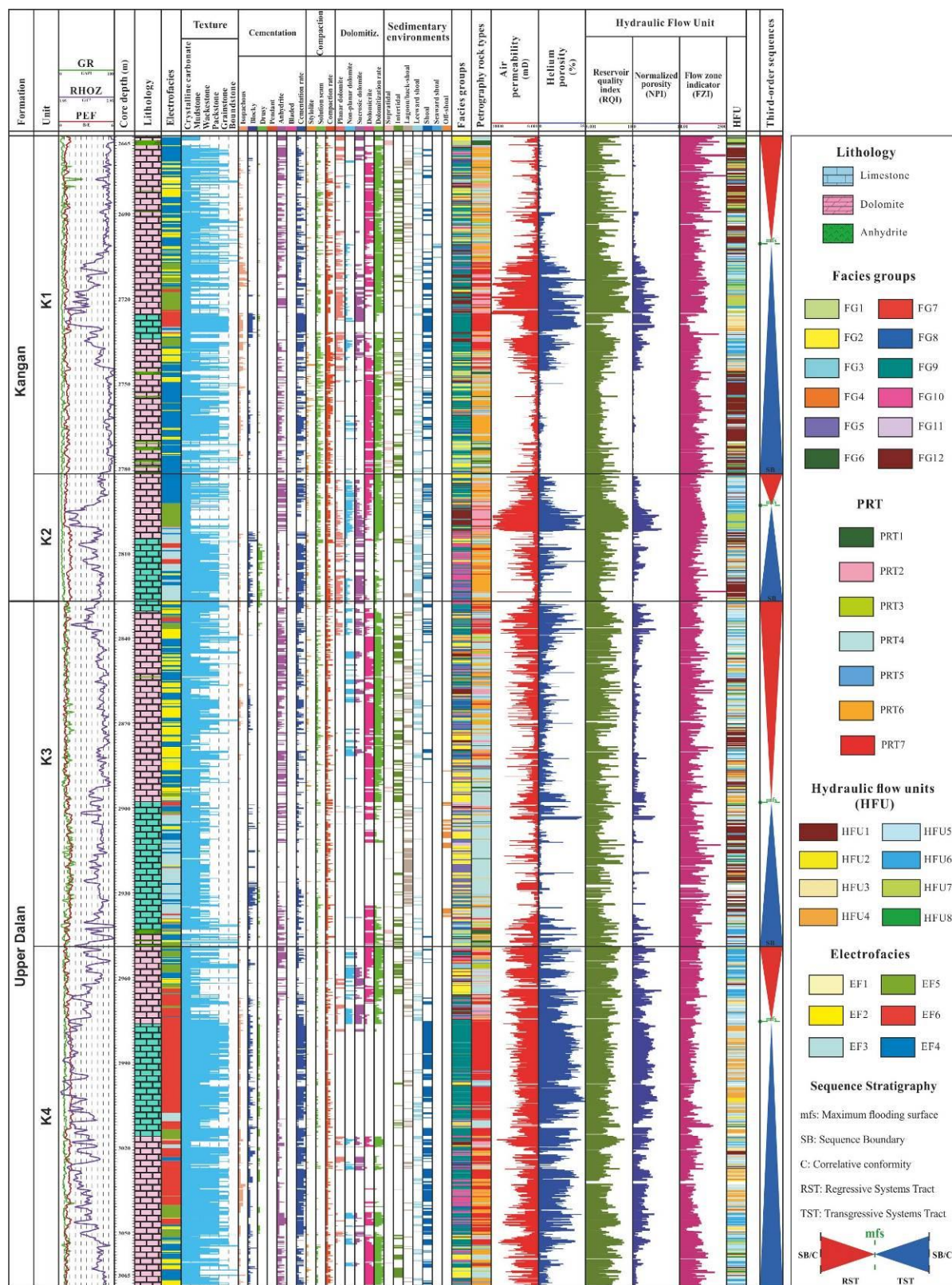
سیستم تراکت پیشرونده (TST) این سکانس اساساً از رخساره‌های شول با کیفیت مخزنی بالا تشکیل شده است. همین مسئله سبب غلبه گونه‌های سنگی مخزنی ($PRT-6$, $PRT-7$)، واحدهای جریان‌های هیدرولیکی ($HFU-4$ تا $HFU-6$) و رخساره‌های الکتریکی ($EF-5$, $EF-6$) با کیفیت بالا در این بخش از سازند شده است (شکل ۶). در سیستم تراکت پسروده (RST)، این سکانس حاوی رخساره‌های مادستون/دولومادستون و باندستون‌های استروماتولیتی-ترومبولیتی با کیفیت مخزنی متوسط تا ضعیف می‌باشد که با گونه‌های سنگی مخزنی ($PRT-2$ تا $PRT-4$)، واحدهای جریان‌های هیدرولیکی ($HFU-5$, $HFU-6$) و رخساره‌های الکتریکی ($EF-3$ تا $EF-5$) با کیفیت متوسط همراهی نشان می‌دهند (شکل ۶).

۵-۲- سکانس رسوبی واحد $K3$

این سکانس رسوبی با ضخامت ۱۲۰ متر در چاه مورد مطالعه شناسایی شده است. به طور کلی، کیفیت مخزنی در این سکانس رسوبی در مقایسه با واحد $K4$ بسیار کمتر می‌باشد (شکل ۶). دلیل اصلی این مسئله، غلبه رخساره‌های کم انرژی و گل‌غالب متعلق به زیرمحیط‌های پهنه جزرومدی، لاگون و دریای باز در واحد $K3$ می‌باشد. سیستم تراکت پیشرونده این سکانس عمدتاً از چنین رخساره‌هایی تشکیل شده و از کیفیت مخزنی پایینی برخوردار است. فراوانی گونه‌های سنگی مخزنی ($PRT-4$)، واحدهای جریان‌های هیدرولیکی ($HFU-1$, $HFU-3$) و رخساره‌های الکتریکی ($EF-3$) با کیفیت پایین، تأیید

مخزنی مخازن پرمین - تریاس را در میدان پارس جنوبی
شکل داده‌اند.

بالا حاصل ترکیب اثرات رخساره‌ای و فرآیندهای دیاژنزی
در این سیستم تراکت می‌باشند که دومین واحد مهم



شکل ۶. ستون یکپارچه رسوبی و کیفیت مخزنی سازندهای دالان بالایی و کنگان در چاه مورد مطالعه. در این ستون، خصوصیات رخساره‌ای و فرآیندهای دیاژنزی در کنار گونه‌های سنگی مخزنی، واحدهای جریان‌ی هیدرولیکی و رخساره‌های الکتریکی در چارچوب سکانس‌های رسوبی مطابقت داده شده‌اند.

۵-۴- سکانس رسوبی واحد K1

این سکانس با ضخامت ۱۲۰ متر در چاه مورد مطالعه شناسایی شده و دارای سنگ‌شناسی غالب دولومیت و سنگ آهک دولومیتی است. تجمع رخساره‌های دانه غالب (پکستون و گرینستون) متعلق به زیرمحیط شول با ضخامت حدود ۴۰ متر در بخش میانی این سکانس (اطراف سطح بیشینه غرقابی: *MFS*) سبب ایجاد یک واحد با کیفیت مخزنی مناسب گردیده است (شکل ۶). تخلخل غالب در این رخساره‌ها عموماً از نوع تخلخل‌های اولیه (بین‌دانه‌ای) و بین‌بلورین می‌باشد. در بالا و پایین این واحد، غلبه رخساره‌های گل‌غالب متعلق به پهنه جزرومدی و لاگون همراه با رخساره‌های سیمانی شده و فشرده شده بخش پستی شول^۱ موجب پایین آمدن چشمگیر کیفیت مخزنی گردیده است. در بخش مخزنی میانی، گونه‌های سنگی (*PRT-2*, *PRT-7*)، واحدهای جریان‌ی هیدرولیکی (*HFU-5* تا *HFU-8*) و رخساره‌های الکتریکی (*EF-5*, *EF-6*) با کیفیت بالا تمرکز دارند و در بخش‌های غیرمخزنی زیرین و بالایی، غلبه گونه‌های سنگی (*PRT-4*, *PRT-6*)، واحدهای جریان‌ی هیدرولیکی (*HFU-1*) و رخساره‌های الکتریکی (*EF-2*, *EF-4*) فاقد کیفیت مخزنی مشاهده می‌شود (شکل ۶).

۶- نتیجه‌گیری

مطالعه یکپارچه خصوصیات رخساره‌ای، فرآیندهای دیاژنزی و خصوصیات مخزنی توالی‌های پرمین-تریاس در یکی از چاه‌های واقع در میدان پارس جنوبی در بخش مرکزی خلیج فارس با هدف بررسی و تحلیل توزیع گونه‌های سنگی مخزنی، واحدهای جریان‌ی هیدرولیکی و رخساره‌های الکتریکی سازنده‌های دالان بالایی و کنگان و ارتباط آن‌ها با سکانس‌های رسوبی منجر به نتایج زیر گردید:

✓ مطالعات رخساره‌ای منجر به تشخیص تعداد ۱۲ ریزرخساره با مشخصات بافتی و ترکیبی مختلف گردید که در زیرمحیط‌های بالای جزرومدی، بین جزرومدی، لاگون، شول و دریای باز در یک رمپ کربناته هم‌شیب (هوموکلینال) در بخش مرکزی خلیج فارس نهشته شده‌اند. اثرات دیاژنزی بر روی این رخساره‌ها از دیدگاه تاثیرشان بر کیفیت مخزنی

(تخلخل و تراوایی) به دو گروه عمده تقسیم شده‌اند. فرآیندهای دیاژنزی افزایش کیفیت مخزنی شامل انحلال و دولومیتی شدن و فرآیندهای کاهش کیفیت مخزنی شامل فشردگی و انواع مختلفی از سیمانی شدن می‌باشند.

✓ بر اساس بافت‌های رسوبی، فرآیندهای دیاژنزی و نوع حفرات غالب، تعداد ۷ گونه سنگی مخزنی بر پایه مطالعات پتروگرافی (*PRT*) در مخازن دالان بالایی و کنگان شناسایی گردید. از بین این گونه‌های سنگی، رخساره‌های متراکم انیدریتی و مادستونی فاقد تخلخل قابل‌ملاحظه از کیفیت مخزنی پایینی برخوردارند و رخساره‌های دانه‌غالب (پکستونی تا گرینستونی) انحلال یافته یا دولومیتی شده با حفرات قالبی، حفره‌ای، بین‌دانه‌ای و بین‌بلوری بهترین کیفیت مخزنی را دارا می‌باشند.

✓ با استفاده از داده‌های تخلخل-تراوایی حاصل از آنالیز مغزه، تعداد ۸ واحد جریان‌ی هیدرولیکی (*HFU*) بر اساس مقادیر نشانگر زون جریان (*FZI*) شناسایی گردید و توزیع آن‌ها در مخزن مورد مطالعه مشخص شد. بر اساس این روش، واحدهای مخزنی و غیرمخزنی سازنده‌های دالان بالایی و کنگان در چاه مورد مطالعه مشخص شدند.

✓ تعداد ۶ رخساره الکتریکی (*EF*) بر مبنای لاگ‌های نوترون، صوتی، چگالی و مقاومت با استفاده از روش خوشه‌بندی در نرم‌افزار *Matlab* تفکیک گردید و با ترسیم نمودارهای جعبه‌ای و آنالیز آماری مقادیر لاگ‌های مذکور، الکتروفاسیس‌های تعیین شده بر اساس کیفیت مخزنی رده‌بندی گردیدند.

✓ در نهایت، با تلفیق نتایج حاصل از تعیین گونه‌های سنگی مخزنی، واحدهای جریان‌ی هیدرولیکی و رخساره‌های الکتریکی در چارچوب سکانس‌ها و سیستم تراکتهای رسوبی به بررسی ارتباطات موجود بین آن‌ها و جایگاه‌های سکانشی پرداخته شد. در نتیجه، رخساره‌های دانه‌غالب (پکستونی و گرینستونی) متعلق به کمربند رخساره‌ای شول که تحت تاثیر انحلال و یا دولومیتی شدن قرار گرفته‌اند، بهترین افق‌های مخزنی را در سکانس‌های رسوبی *K4* بخش میانی-بالایی سکانس *K2* و بخش میانی سکانس *K1* بوجود آورده‌اند. بر خلاف آن،

¹ leeward shoal

سبحی، م.، رضایی، پ (۱۳۹۸) بررسی واحدهای جریانیه هیدرولیکی (HFU) ریزرخساره‌های مخزنی ناحیه پشته کربناته نهشته‌های سازند کنگان (تریاس پیشین) و ارتباط آن با محیط‌رسوبی و دیاژنز. نشریه رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۷، شماره ۱۳، ص ۱۶۷-۱۸۳.

قره‌چلو، س.، امینی، ع.، کدخدایی، ع.، فرجپور، و (۱۳۹۳) شناسایی انواع منافذ و خواص مخزنی مرتبط با آن‌ها در سازند آسماری، یکی از میادین نفتی جنوب‌غرب ایران. نشریه رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۲، شماره ۳، ص ۱۲-۲۹.

Abbaszadeh, M., Fujii, H., Fujimoto, F (1996) Permeability prediction by hydraulic flow unit's theory and applications. Society of Petroleum Engineering, Formation Evaluation, 11: 263-271.

Ahr, W (2008) Geology of Carbonate Reservoirs. John Wiley and Sons, Chichester, 296 p.

Amaefule, J. O., Altnubay, M., Tiab, D., Kersey, D.G., Keeland, D.K (1993) Enhanced reservoir description: using core and log data to identify hydraulic (flow) units and predict permeability in un-cored intervals/wells. Society of Petroleum Engineers, SPE 26436:1-16.

Dabbura, I (2018) K-means Clustering: Algorithm, Applications, Evaluation Methods, and Drawbacks. Towards data science, <https://towardsdatascience.com/k-means-clustering-algorithm-applications-evaluation-methods-and-drawbacks-aa03e644b48a>.

Dunham, R. J (1962) Classification of carbonate rocks according to depositional texture: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 1: 108-121.

Embry, A. F., and Johannessen, E. P (1992) T-R sequence stratigraphy, facies analysis and reservoir distribution in the uppermost Triassic-Lower Jurassic succession, western Sverdrup Basin, Arctic Canada. Norwegian Petroleum Society Special Publications, 2: 121-146.

Embry, A. F., and Klován, J. E (1971) A Late Devonian reef tract on northeastern Banks Island: Canadian Journal of Petroleum Geology, 19: 51 p.

Enayati-Bidgoli, A.H., and Navidtalab, A (2020) Effects of progressive dolomitization on reservoir evolution: a case from the Permian-Triassic gas reservoirs of the Persian Gulf, offshore Iran. Marine and Petroleum Geology, 119: 104480.

Enayati-Bidgoli, A. H., and Rahimpour-Bonab, H (2016) A geological based reservoir zonation scheme in a sequence stratigraphic framework: A case study from the Permo-Triassic gas reservoirs, Offshore Iran. Marine and Petroleum Geology, 73: 36-58.

رخساره‌های گل‌غالب مربوط به پهنه‌های جزرومدی، لاگون و دریای باز همراه با رخساره‌های فشرده شده و سیمانی شده دانه غالب سبب تشکیل افق‌های با کیفیت مخزنی ضعیف در بخش‌های مختلف این سازندها گردیده‌اند. افق‌های غیرمخزنی مخازن پرمین تریاس در سیستم تراکت پیشرونده سکانس K2 و K3 و بخش پایینی سیستم تراکت پیشرونده سکانس K1 تمرکز یافته‌اند. این تغییرات کیفیت مخزنی بخوبی در مفاهیم گونه‌های سنگی مخزنی، واحدهای جریانیه هیدرولیکی و رخساره‌های الکتریکی منعکس می‌باشند. همچنین، این ناهمگنی‌ها قابلیت پیش‌بینی و ردیابی در چارچوب سکانس‌ها و سیستم تراکت‌های رسوبی را دارا می‌باشند.

تشکر

در پایان نویسندگان از ریاست محترم انجمن رسوب‌شناسی ایران، جناب آقای دکتر موسوی‌حرمی و دبیر محترم پنجمین همایش ملی رسوب‌شناسی ایران جناب آقای دکتر زندمقدم و همچنین از سردبیر محترم مجله رسوب‌شناسی کاربردی جناب آقای دکتر خدابخش تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

رحیم‌پوربناب، ح.، طاوسی ایرج، پ (۱۳۹۷) تفکیک سدهای تراوایی مخزنی در سازندهای مخزنی کنگان و دالان بالایی. بیست و یکمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، ۷ ص. موحد، ب.، کهنسال قدیم‌وند، ن.، زمان‌نژاد، م.ر.ف (۱۳۹۰) ارزیابی پتروفیزیکی سازندهای کنگان و دالان فوقانی - چاه Sp.x در میدان گازی پارس جنوبی. فصلنامه زمین، دوره ۶، شماره ۲۱، ص ۱۸۵-۱۶۹.

جمشیدی، م.، گلی، ط.، جلیلیان، ع. ح.، ارزانی، ن.، ارشد، ع (۱۳۹۵) بررسی رخساره‌های رسوبی و الکتریکی مخزن بنگستان با بهره‌گیری از روش MRGC در میدان نفتی قلعه‌نار، جنوب باختری ایران. نشریه رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۴، شماره ۸، ص ۴۲-۵۵.

حسینی، ک.، رضایی، پ.، کاظم شیروودی، س (۱۳۹۸) تحلیلی بر رخساره‌های الکتریکی، واحدهای جریانیه و بررسی توان مخزنی سازند میشریف (سنومانین-تورونین) در میدان نفتی اسفند، خلیج فارس. نشریه رسوب‌شناسی کاربردی، انتشار آنلاین.

- Rahimpour-Bonab, H., Esrafil-Dizaji, B., and Tavakoli, V (2010) Dolomitization and anhydrite precipitation in Permo-Triassic carbonates at the South Pars gasfield, offshore Iran: Controls on reservoir quality. *Journal of Petroleum Geology*, 33: 43-66.
- Rahimpour-Bonab, H., Mehrabi, H., Navidtalab, A., Izadi-Mazidi, E (2012) Flow unit distribution and reservoir modeling in Cretaceous carbonates of the Sarvak Formation, Abteymour Oilfield, Dezful Embayment, SW Iran. *Journal of Petroleum Geology*, 35:1-24.
- Serra, O., and Abbott, H. T (1980) The Contribution of Logging Data to Sedimentology and Stratigraphy. SPE-9270-PA.
- Skalinski, M., Kenter, J. A. M (2014) Carbonate petrophysical rock typing: integrating geological attributes and petrophysical properties while linking with dynamic behavior. In: Agar SM, Geiger S (eds) *Fundamental controls on fluid flow in carbonates*, volume 406. Geological Society London Special Publication, London: 229-259.
- Tavakoli, V., and Jamalian, M (2018) Microporosity evolution in Iranian reservoirs, Dalan and Dariyan Formations, the central Persian Gulf. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 52:155-165.
- Tavakoli, V., Rahimpour-Bonab, H., Esrafil-Dizaji, B (2011) Diagenetic controlled reservoir quality of South Pars gas field, an integrated approach. *Comptes Rendus Geoscience*, 343: 55-71.
- Enayati-Bidgoli, A. H., Rahimpour-Bonab, H., Mehrabi, H (2014) Flow unit characterization in the Permian-Triassic carbonate reservoir succession at south pars gasfield, Offshore Iran. *Journal of Petroleum Geology*, 37: 205-230.
- Esrafil-Dizaji, B., and Rahimpour-Bonab, H (2009) Effects of depositional and diagenetic characteristics on carbonate reservoir quality: a case study from the South Pars gas field in the Persian Gulf. *Petroleum Geoscience*, 15(4): 325 - 344.
- Flügel, E (2010) *Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application*, second ed. Springer, Berlin, 984 p.
- Gomes, J. S., Riberio, M. T., Strohmenger, C.J., Negahban, S., Kalam, M.Z (2008) Carbonate reservoir rock typing the link between geology and SCAL. In: Society of petroleum engineers - 13th Abu Dhabi international petroleum exhibition and conference, ADIPEC 2008. <https://doi.org/10.2118/118284-MS>.
- Insalaco, E., Virgone, A., Courme, B., Gaillot, J., Kamali, M., Moallemi, A., Lotfpour, M., and Monibi, S (2006) Upper Dalan/Kangan Formation between the Zagros Mountains and offshore Fars: depositional system, biostratigraphy and stratigraphic architecture. *GeoArabia*, 11, 2: 75-176.
- Kashfi, M. S (1982) Guri Limestone, a new hydrocarbon reservoir in south Iran. *Journal of Petroleum Geology*, 5: 161-171.
- Lucia, F. J (2007) *Carbonate Reservoirs Characterization: an integrated approach*. Springer-Verlag, Berlin, 341 p.
- Mehrabi, H., Rahimpour-Bonab, H., Enayati-Bidgoli, A. H., and Esrafil-Dizaji, B (2015a) Impact of contrasting paleoclimate on carbonate reservoir architecture: Cases from arid Permo-Triassic and humid Cretaceous platforms in the south and southwestern Iran. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 126: 262-283.
- Mehrabi, H., Mansouri, M., Rahimpour-Bonab, H., Tavakoli, V., Hassanzadeh, M (2016) Chemical compaction features as potential barriers in the Permian-Triassic reservoirs of Southern Iran. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 145: 95-113.
- Mehrabi, H., Ranjbar-Karami, R., and Roshani-Nejad, M (2019) Reservoir rock typing and zonation in sequence stratigraphic framework of the cretaceous dariyan formation, Persian Gulf. *Carbonates and Evaporites*, 34(4): 1833-1853.
- Moore, C. H (2001) *Carbonate porosity: evolution and diagenesis in a sequence stratigraphic framework*. Elsevier, Amsterdam 444 pp.