

توصیف و تطابق رخساره‌ها و سکانس‌های رسوبی سازندهای کنگان و دالان در رمپ کربناته پرمین-تریاس، بخش‌های مرکزی و شرقی خلیج فارس

مهرداد شاه‌کرم^۱، محسن آل‌علی^{۲*}، وحید توکلی^۳ و زهرا ملکی^۴

۱- دانشجوی دکترا، گروه علوم زمین، دانشکده علوم و فناوری‌های همگرا، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۲ و ۴- استادیار گروه علوم زمین، دانشکده علوم و فناوری‌های همگرا، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

۳- دانشیار دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

نویسنده مسئول: aleali.mohen@gmail.com

دریافت: ۱۴۰۰/۷/۲۰ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۸

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

سازندهای دالان و کنگان به سن پرمین پسین-تریاس پیشین یکی از مهم‌ترین مخازن هیدروکربوری در خلیج فارس محسوب می‌شوند. هدف از این پژوهش تحلیل ریزرخساره‌های رسوبی، آرایه مدل رسوبی و بررسی چینه‌نگاری سکانشی بخش بالایی سازند دالان و سازند کنگان در میادین نفتی بخش‌های مرکزی و شرقی خلیج فارس بوده است. در توالی‌های رسوبی چاه‌های مذکور، با استفاده از مطالعه پتروگرافی (۳۶۵۱ برش‌نازک میکروسکوپی، ۱۵ ریزرخساره کربناته مربوط به زیرمحیط‌های پهنه‌کشندی، لاگون، پشته‌های سدی و دریای باز شناسایی شد. تحلیل ریزرخساره‌های رسوبی، تغییرات جانبی و عمودی آن‌ها، مقایسه با پرتو گاما و تطابق با محیط‌های رسوبی دیرینه و عهد حاضر، مدل رسوبی رمپ کربناته با شیب ملایم را برای این توالی‌های رسوبی پیشنهاد می‌دهد. مقایسه درصد فراوانی رخساره‌های میکروسکوپی در میادین مورد مطالعه، بیانگر ته‌نشست ریزرخساره‌های چاه میدان بخش مرکزی خلیج فارس در حوضه‌ی رسوبی کم عمق تر نسبت به چاه‌های میادین شرقی است و جهت شیب دیرینه‌ی حوضه‌ی رسوبی را به سمت شمال شرق عمیق‌تر نشان می‌دهد. تعداد پنج سکانش رسوبی رده سوم برای سازندهای مذکور با استفاده از مدل پیشرونده-پسرونده آرایه شده است. سکانش‌های UDS1, UDS2, UDS3 برای بخش بالایی سازند دالان و سکانش‌های KGS1, KGS2 برای سازند کنگان در نظر گرفته شده است. سکانش‌های مذکور شامل دسته‌های رسوبی HST و TST هستند و سطوح چینه‌ای مرز سکانشی و سطح حداکثر غرقابی در آن‌ها مشخص شده است. مرزهای سکانشی بر اساس توالی‌های رسوبی و ریزرخساره‌هایی که بیانگر افت سطح نسبی آب دریا هستند مشخص شده‌اند و سطح حداکثر غرقابی با توجه به عمیق‌ترین ریزرخساره گسترش یافته در هر سکانش تعیین شده است. تطابق سکانش‌های معرفی شده در چاه‌های مورد مطالعه بیانگر تشکیل الگوی رسوبی کم عمق شونده به سمت بالا بوده است.

واژگان کلیدی: سازند دالان، سازند کنگان، ریزرخساره، رمپ کربناته و چینه‌نگاری سکانشی

۱- پیشگفتار

چینه‌نگاری سکانشی آن‌ها دارای اهمیت ویژه‌ای بوده و توسط پژوهشگران در این خصوص، مطالعات گسترده‌ای صورت گرفته است (اهرنبرگ و همکاران، ۲۰۰۷؛ مرادپور و همکاران، ۲۰۰۸؛ فونتانا و همکاران، ۲۰۱۰؛ پیروی و همکاران، ۲۰۱۰؛ توکلی و همکاران، ۲۰۱۱؛ کریمی و همکاران، ۲۰۱۵؛ عامل و همکاران، ۲۰۱۵؛ جعفریان و همکاران، ۲۰۱۷؛ رضوند و همکاران، ۲۰۱۷؛ توکلی و همکاران، ۲۰۱۸). مطالعه چینه‌شناسی زیستی و چینه‌نگاری سکانشی توالی‌های مذکور در جنوب‌باختر ایران (کوه سورمه، کوه دنا و فارس ساحلی) توسط

توالی کربناته-تبخیری بخش بالایی سازند دالان و سازند کنگان به سن پرمین پسین-تریاس پیشین در خلیج فارس و جنوب‌باختر ایران به عنوان یکی از مخازن هیدروکربوری مهم شناخته شده است. این توالی در خلیج فارس و نواحی اطراف آن به صورت نهشته‌های کربناته-تبخیری در حاشیه قاره‌ای غیرفعال در اقیانوس نئوتتیس شکل گرفته و گسترش یافته است. با توجه به اینکه این سازندها بخش عظیمی از ذخایر گازی جهان را در خود جای داده‌اند، مطالعه و ارزیابی رخساره‌های رسوبی، چینه‌شناسی و

مخزنی K1-K4 تقسیم می‌شوند. بخش‌های مخزنی K1 و K2 مربوط به سازند کنگان و دو بخش K3 و K4 به بخش بالایی سازند دالان تعلق دارند (شکل ۱). بلندای قدیمه قطر-کازرون ساختار زمین‌ساخت مهمی با روند شمال خاور- جنوب باختر است که سبب تقسیم خلیج فارس به دو بخش باختری و خاوری شده است. با توجه به اهداف این مطالعه، یک چاه از میدانی واقع در بخش مرکزی خلیج فارس با عنوان چاه شماره ۱ و دو چاه از میدانی بخش شرقی خلیج فارس به نام چاه‌های شماره ۲ و ۳ انتخاب شده است.

۳- موارد و روش‌ها

در این پژوهش به منظور ارایه مدل رسوبی و بررسی چینه‌نگاری سکانسی بخش بالایی سازند دالان و سازند کنگان، تعداد ۳۶۵۱ برش‌نازک میکروسکوپی تهیه شده از مغزه‌های حفاری (با فواصل ۲۵ سانتی‌متر تا ۱ متر) مورد ارزیابی و مطالعه پتروگرافی و تطابق با پرتو گاما، قرار گرفته است. در چاه شماره ۱، ۱۴۴۴ برش‌نازک و در چاه‌های شماره ۲ و ۳ به ترتیب ۱۱۱۰ و ۱۰۹۷ برش‌نازک بررسی شده است. جهت نام‌گذاری ریزرخساره‌ها از روش دانهام (۱۹۶۲) و جهت دسته‌بندی ریزرخساره‌های رسوبی و ارایه مدل رسوبی از روش فلوجل (۲۰۱۰) و ویلسون (۱۹۷۵) استفاده شده است. به منظور تشخیص کانی کلسیت از دولومیت، برش‌های نازک با آلزارین قرمز به روش دیکسون (۱۹۶۵) رنگ‌آمیزی شده‌اند.

۴- ریزرخساره‌ها و محیط رسوبی

بر اساس مطالعات پتروگرافی، ۱۵ ریزرخساره مرتبط با چهار کمربند رخساره‌ای پهنه کشندی، لاگون، پشته‌های سدی و دریای باز شناسایی شده است، که از خط ساحلی به سمت دریای باز شامل موارد زیر هستند:

۴-۱- گروه رخساره‌ای پهنه کشندی^۱

این گروه رخساره‌ای شامل ۵ رخساره میکروسکوپی می‌باشد:

MF1: ریزرخساره انیدریت لایه‌ای تا توده‌ای: این ریزرخساره شامل انیدریت به شکل‌های لایه‌ای تا توده‌ای بوده که از ترکیب بلورهای هم‌بعد تا شعاعی موازی و نیمه موازی و سوزنی شکل با جهت‌گیری نامنظم و تصادفی

اینسالاکو و همکاران (۲۰۰۶) انجام گرفته و در مجموع ۱۶ ریزرخساره کربناته و ۴ سکانس رسوبی رده سوم معرفی شده است. ال شرهان (۲۰۰۶) چینه‌نگاری سکانسی سازند خوف را در ناحیه ابوظبی، دبی و شمال امارات ارزیابی نموده است. براساس بافت رسوبی، ۱۰ ریزرخساره مرتبط با کمربندهای رخساره‌ای بالای پهنه کشندی، لاگون، پشته‌های سدی و فلات کم‌عمق شناسایی و تعداد ۷ سکانس رسوبی رده سوم KS7 تا KS1 برای این سازندها ارایه شده است. سازند مذکور در ورقه عربی معادل سازندهای دالان و کنگان در ایران می‌باشد.

در این پژوهش توالی‌های رسوبی بخش بالایی سازند دالان و سازند کنگان جهت بررسی و ارزیابی ریزرخساره‌ها، ارایه مدل رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی از سه میدان نفتی واقع در بخش مرکزی و خاوری خلیج فارس انتخاب شده‌اند. هدف از این مطالعه تطابق ریزرخساره‌های شناسایی شده، چگونگی توزیع و گسترش آن‌ها و مقایسه درصد فراوانی رخساره‌های میکروسکوپی در راستای تفسیر محیط رسوبی دیرینه بوده و همچنین ارتباط ژنتیکی واحدهای رسوبی و الگوی برانبارش چرخه‌های رسوبی مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفته است.

۲- موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی

خلیج فارس در زمان پرمین و تریاس در شمال‌خاور ورقه عربی در نیمکره جنوبی (۵-۲۵ S°) در شرایط آب و هوای گرم و خشک قرار داشته است. این حوضه رسوبی در حاشیه آرام شمال‌خاوری ورقه عربی در آغاز پیدایش نئوتتیس شکل گرفته است (شارلند و همکاران، ۲۰۰۴). سازندهای کربناته-تبخیری دالان و کنگان با سن پرمین پسین-تریاس پیشین در این زمان در حوضه رسوبی مذکور ته‌نشست شده‌اند، سازند دالان، با یک مرز ناپیوسته سازند فراقان را پوشانده و مرز بالایی آن با سازند کنگان به صورت ناپیوستگی هم‌شیب می‌باشد (سازبو و خردپیر، ۱۹۷۸). این سازند در برش نمونه به سه بخش کربناتی پایینی، تبخیری نار و کربناتی بالایی تقسیم شده و بخش کربناته بالایی به همراه سازند کنگان در این پژوهش مورد ارزیابی قرار گرفته است. سازند اخیر با مرز هم‌شیب در زیر سازند دشتک قرار گرفته و شامل نهشته‌های آهکی و دولومیتی با میان لایه‌های تبخیری می‌باشد. سازندهای مذکور به چهار واحد

¹ Tidal Flat Facies Group

در این ریزرخساره مشاهده نشده است. این ریزرخساره به صورت متناوب با رخساره میکروسکیپی مادستون دولومیتی انیدریتی مشاهده شده است (آل علی و همکاران، ۲۰۱۳؛ کریمی و همکاران، ۲۰۱۵).

تشکیل شده است (شکل ۲-ا). فراوانی انیدریت‌ها در این ریزرخساره بیش از ۸۰٪ بوده و ضخامت آن‌ها کمتر از ۰/۸ متر است. این ریزرخساره در بخش بالایی توالی‌های رسوبی زون‌های مخزنی در چاه‌های مورد مطالعه دیده شده است. هیچگونه آثار فسیلی، زیست‌آشفستگی و فرایندهای دیاژنزی

Chronostratigraphy		Formation		Reservoir	Sharland(2001, 2004)	Insalaco(2006)	
System	Series						
Triassic	Early	Agher shale	audair Shale	Seal	MFS	3rd-order	
		Kangen	Upper Khuff	K1	Tr20	Cycle I	
				K2	Tr10	Cycle II	
				K3	P40	Cycle III	
K4	P30	Cycle IV					
Permian	Late	Upper Dalan					
		Middle	Nar Anhydrite	Middle Anhydrite	Seal	P20	
		Lower Dalan	Lower Khuff		K5-K7		
	Early	Paradhan	Hausi-Umavza		P10		

شکل ۱. ستون چینه‌نگاری بخش بالایی سازند دالان و سازند کنگان در میداین مطالعه شده (با تغییراتی از اینسالاکو، ۲۰۰۶)

نوع اولیه بوده، اندازه آن‌ها کمتر از ۱۵ میکرون و به صورت بی‌شکل تا نیمه‌شکل‌دار هستند. آثار زیستی و زیست‌آشفستگی در این رخساره میکروسکیپی مشاهده نشده است. این ریزرخساره به صورت میان لایه با رخساره‌های میکروسکیپی MF1 و MF2 در ابتدای تشکیل توالی‌های رسوبی K1-K4 و انتهای K3 مشاهده شده است (رحیم‌پور بناب و همکاران، ۲۰۱۰).

MF4: ریزرخساره باندستون استروماتولیتی: استروماتولیت‌ها ساختارهای ظریف رسوبی با منشا زیستی-رسوبی هستند که توسط تجمعات میکروبی (باکتری‌ها، جلبک‌ها، قارچ‌ها و پروتوزوئن‌ها) در طی فرایند پایدارسازی ذرات و رسوبات ایجاد می‌شوند. این ساختارها به صورت تناوبی از لایه‌های ظریف تیره و روشن در زیرمحیط بین‌کنش دیده می‌شوند (رحیم‌پور بناب، ۱۳۸۴؛ تاکر، ۲۰۰۱؛ وارن، ۲۰۰۶). این ریزرخساره شامل لامینه‌های ظریف موازی و موجی بوده که همراه با آثار جلبکی و زیست‌آشفستگی مشاهده شده است. به‌همراه آن‌ها ندول‌های تبخیری همراه با فابریک روزنه‌ای پر شده با سیمان کلسیتی و انیدریت در زون‌های k2 و k4 دیده شده

MF2: ریزرخساره مادستون دولومیتی با انیدریت: این ریزرخساره شامل مادستون همراه با بلورهای ریز دولومیت و ندول‌های پراکنده انیدریت به صورت هم‌بعد، شعاعی موازی تا نیمه‌موازی و قفس مرغی هستند که نشان دهنده‌ی ته‌نشست آن‌ها در زیرمحیط بالای پهنه‌کنشندی است (شکل ۲-ب). این رخساره میکروسکیپی بدون هرگونه آثار زیستی بوده و در ابتدای تشکیل توالی‌های رسوبی K1-K4 در چاه‌های انتخابی دیده شده است (چاه شماره ۳ دلیل عدم حفاری فاقد بخش K4 بوده است). فرایند دولومیتی‌شدن در این ریزرخساره مشاهده شده است، دولومیت‌ها دارای ابعاد کوچک‌تر از ۲۰ میکرون بوده و بی‌شکل تا نیمه‌شکل‌دار هستند (توکلی و همکاران، ۱۳۹۶؛ رحیم‌پور بناب و همکاران، ۲۰۱۰).

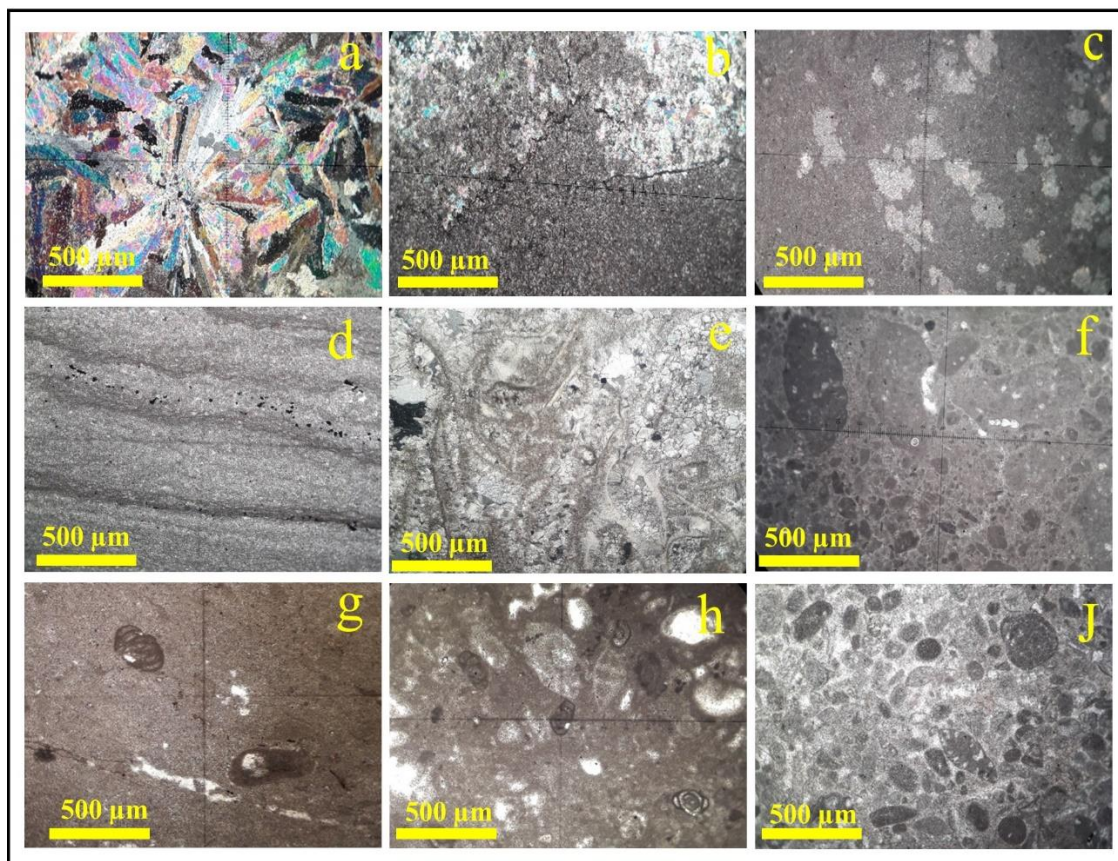
MF3: ریزرخساره مادستون دولومیتی همراه با فابریک روزنه‌ای: این ریزرخساره، مادستون دولومیتی ریزبلور، همراه با فابریک روزنه‌ای و فقدان آثار موجودات دریایی می‌باشد که بیانگر ته‌نشست آن در زیرمحیط پهنه‌کنشندی (بین‌کنشندی تا بالای‌کنشندی) در شرایط کم انرژی است (شین، ۱۹۸۳؛ آدابی، ۲۰۰۹). غالب روزنه‌ها با انیدریت و سیمان کلسیتی پر شده است (شکل ۲-ج). دولومیت‌ها از

جورشدگی ضعیف در یک زمینه میکریته ته‌نشست شده است. اینتراکلاست‌ها تقریباً کمتر از ۱۵۰ میکرون بوده و زاویه‌دار هستند و حدود ۳۰٪ قطعات تشکیل‌دهنده‌ی این رخساره میکروسکوپی را شامل می‌شوند (شکل ۲-f). پلوییدها با قطری کمتر از ۱۵ میکرون، حدود ۲۰٪ از آلوکم‌های این ریزرخساره را تشکیل داده و احتمالاً در اثر شکسته‌شدن و فرسایش اینتراکلاست‌ها شکل گرفته‌اند (توکلی و همکاران، ۲۰۱۸). مقدار کمی خرده‌های دوکفه‌ای و جلبک‌سبز نیز مشاهده شده است. نهشته‌های مذکور در چاه‌های مطالعه شده در بخش زیرین توالی‌های رسوبی زون‌های K1-K4 دیده شده‌اند. فرایندهای دیاژنزی مشاهده شده شامل دولومیتی‌شدن، تخلخل روزنه‌ای و سیمان کلسیتی گرانولار می‌باشد. (رضاووند و همکاران، ۲۰۱۷).

است (شکل ۲-d) (اسرافیلی دیزجی و رحیم‌پوربناب، ۲۰۰۹؛ رضاووند و همکاران، ۲۰۱۷).

MF5: ریزرخساره باندستون ترومبولیتی: این ریزرخساره برخلاف رخساره استرومالیتی که دارای لامینه و موجی شکل هستند، فاقد لایه‌بندی بوده و دارای بافت لخته‌ای تا توده‌ای است (شکل ۲-e). در برش‌های نازک مطالعه شده این ریزرخساره شامل تجمعی از میکروکلونی‌های میکروبی، باکتریایی و جلبکی به همراه قطعات دوکفه‌ای و استراکود بوده است و در میادین مطالعه شده فقط در قسمت زیرین سازند کنگان در قاعده واحد مخزنی k2 مشاهده شده است (توکلی، ۱۳۹۵؛ آل‌علی و همکاران، ۱۳۹۲؛ جعفریان و همکاران، ۲۰۱۷).

MF6: ریزرخساره پکستون اینتراکلاستی پلوییدی: این ریزرخساره شامل اینتراکلاست و پلویید بوده که با



شکل ۲. رخساره‌های میکروسکوپی بخش بالایی سازند دالان و سازند کنگان: (a) ریزرخساره انیدریت لایه‌ای تا توده‌ای، نور پلاریزه (چاه شماره ۱، عمق ۲۶۷۰/۲۱)، (b) ریزرخساره مادستون دولومیتی با انیدریت، نور پلاریزه (چاه شماره ۲، عمق ۴۳۲۷/۳۷)، (c) ریزرخساره مادستون دولومیتی همراه با فابریک روزنه‌ای، نور معمولی (چاه شماره ۱، عمق ۳۰۶۴/۵۰)، (d) ریزرخساره باندستون استروماتولیتی، نور معمولی (چاه شماره ۳، عمق ۳۵۶۳/۷۵)، (e) ریزرخساره باندستون ترومبولیتی، نور پلاریزه (چاه شماره ۳، عمق ۴۳۱۶/۲۲)، (f) ریزرخساره پکستون اینتراکلاستی پلوییدی، نور معمولی (چاه شماره ۱، عمق ۳۰۶۲/۱۱)، (g) ریزرخساره مادستون، نور معمولی (چاه شماره ۳، عمق ۳۶۶۸/۷۳)، (h) ریزرخساره وکستون بیوکلاستی، نور معمولی (چاه شماره ۲، عمق ۴۱۰۹/۳۳)، (i) ریزرخساره پکستون بیوکلاستی پلوییدی، نور معمولی (چاه شماره ۱، عمق ۲۹۲۱/۶۴).

۴-۱-۱- تفسیر

قطعات دوکفه‌ای، جلبک‌سبز و روزن‌بران کفزی به میزان ۱۰-۲۰٪ می‌باشد که در یک زمینه میکریتی نهشته شده‌اند. پلوییدها با ابعاد کمتر از ۱۵ میکرون به میزان کمتر از ۵٪ در این ریزرخساره مشاهده شده است، با توجه به گردشگی و جورشدگی خوب آن‌ها احتمالاً از نوع پلت مدفوعی می‌باشند (تاگر، ۲۰۰۱). از ویژگی‌های این رخساره می‌توان به میکریتی شدن و آشفستگی زیستی اشاره نمود (شکل ۲-۱h). تخلخل در این ریزرخساره به صورت تخلخل درون‌دانه‌ای بوده و فضاهای خالی غالباً توسط سیمان کلسیتی و انیدریتی پر شده است. ریزرخساره وکستون بیوکلاستی در زیرمحیط‌های لاگونی میداین مطالعه شده در تناوب با مادستون‌های این بخش، دیده شده است.

MF9: ریزرخساره پکستون بیوکلاستی پلوییدی: انواع بیوکلاست‌های لاگونی نظیر میلیولیدا، گاستروپودا، جلبک‌های سبز به مقدار بیش از ۳۰٪ و آلوکم‌های پلوییدی، پلت مدفوعی به میزان ۲۰٪ به همراه آنکویید در یک زمینه میکریتی در این ریزرخساره نهشته شده‌اند. به دلیل ارتباط نسبی این زیرمحیط با دریای باز، تنوع زیستی و آلوکم‌های آن نسبت به رخساره‌های همراه متعلق به لاگون‌های محصور، بیشتر بوده است (شکل ۲-۱j). فرایند میکریتی شدن توسط جلبک‌های سبز به شدت آلوکم‌ها را تحت تاثیر قرار داده، به نوعی که بیشتر آلوکم‌ها در این ریزرخساره کاملاً میکریتی شده‌اند. این ریزرخساره در تناوب با رخساره‌ای میکروسکیپی دانه‌پشتیبان پشته‌های سدی مشاهده شده است و بیانگر ته‌نشست آن‌ها در زیرمحیط لاگون نزدیک پشته‌های سدی است. در چاه‌های مطالعه شده این ریزرخساره در بخش بالایی توالی‌های رسوبی واحدهای K1-K4 بیشتر مشاهده شده است (رحیم‌پوربناب و همکاران، ۲۰۰۹؛ عامل و همکاران، ۲۰۱۵؛ جعفریان و همکاران، ۲۰۱۷).

۴-۲-۱- تفسیر

زمینه میکریتی همراه با حضور بیوکلاست‌های گاستروپودا، میلیولیدا، جلبک آهکی سبز، پلوییدها و توسعه فرایندهای میکریتی شدن و آشفستگی زیستی، بیان‌گر رسوب‌گذاری ریزرخساره‌های مذکور در زیرمحیط لاگون می‌باشد. میکریتی فراوان نشان‌دهنده انرژی پایین محیط، چرخش

همراهی مجموعه ریزرخساره‌های مادستون‌های دولومیتی روزنه‌ای و انیدریتی، باندستون استروماتولیتی و انیدریتی‌های لایه‌ای تا ندولی بیانگر ته‌نشست آن‌ها در زیرمحیط پهنه کشندی می‌باشد. انیدریت در اقلیم گرم و خشک، به دلیل میزان تبخیر بالا و ایجاد شورابه‌های غنی از سولفات، با بافت‌های متفاوت نظیر لایه‌ای و ندولی در سیخای بالای پهنه کشندی، ته‌نشست می‌شود. به تدریج با افزایش شوری بر تعداد و بزرگی این ندول‌ها اضافه شده و تشکیل بافت قفس‌مرغی را می‌دهند (سارگ، ۱۹۹۸؛ لوسیا، ۲۰۰۷؛ وارن، ۲۰۰۶؛ رحیم‌پوربناب و همکاران، ۲۰۱۰). بافت روزنه‌ای در اثر تخریب و فساد مواد آلی و ایجاد حباب گاز و رها شدن آن‌ها هم‌زمان با رسوب‌گذاری، در بخش میانی تا بالای پهنه کشندی در رخساره‌های آهکی حاصل می‌شود. استروماتولیت‌ها در اثر فعالیت‌های میکروبی و به تله افتادن رسوبات توسط سیانوباکتری‌ها در بخش کم انرژی زیر محیط کشندی تشکیل می‌شوند. ریزرخساره ترومبولیتی در آغاز بالا آمدن سطح آب دریا در اثر فعالیت‌های میکروبیالی در این زیر محیط تشکیل می‌شوند (مورر و همکاران، ۲۰۰۸، ۲۰۰۹؛ فولگل، ۲۰۱۰؛ کوهرر و همکاران، ۲۰۱۰).

۴-۲- گروه رخساره‌ای لاگون^۱

این گروه رخساره‌ای شامل سه رخساره میکروسکیپی است: **MF7: ریزرخساره مادستون:** این ریزرخساره دارای مقادیر کم بیوکلاست نظیر میلیولیدا، گاستروپودا و قطعات پوسته صدف است که در یک زمینه میکریتی و میکرواسپار شناور هستند (شکل ۲-۱g). میکریتی‌ها اغلب دولومیتی شده‌اند و گاهی نفومورفیسیم افزایشی به صورت میکرواسپار در آن‌ها مشاهده می‌شود. وجود زیست‌آشفستگی و کمبود آثار زیستی بیانگر چرخش محدود آب و انرژی کم محیط در زمان تشکیل آن‌ها می‌باشد و در ابتدا و انتهای چرخه‌های رسوبی چاه‌های منتخب مشاهده شده است. این رخساره میکروسکیپی با مادستون‌های پهنه کشندی همراه بوده و مرحله گذر از شرایط پهنه کشندی به لاگون را نشان می‌دهد (تاگر، ۲۰۰۱؛ خلیفا، ۲۰۰۵؛ اینسالاکو، ۲۰۰۶).

MF8: ریزرخساره وکستون بیوکلاستی: این ریزرخساره شامل بیوکلاست‌های لاگونی نظیر میلیولیدا، گاستروپودا،

¹ Lagoon Facies Group

MF11: ریزرخساره گرینستون اییدی: این ریزرخساره از آلومک ایید میکریتی شده با اندازه متوسط (۵/۰-۱ میلی‌متر) تشکیل شده است (شکل ۳-b). به همراه اییدها خرده‌های فسیل دوکفه‌ای و روزن‌بران کفزی مشاهده می‌شود. اییدها و زمینه‌ی ریزرخساره در بازه‌های متفاوت دولومیتی شده‌اند. جورشدگی و بلوغ بافتی خوب به همراه سیمان دریایی اولیه نظیر سیمان گرانولار، حاشیه هم‌ضخامت و تیغه‌ای بیانگر انرژی زیاد و گردش بالای آب در هنگام تشکیل این ریزرخساره می‌باشد. گرینستون اییدی از ریزرخساره‌های غالب در توالی‌های رسوبی مطالعه شده بوده و بجز بخش پایینی واحد K3 در چاه شماره ۳ و به میزان کمتر در K4 چاه شماره ۱، در زون‌های دیگر تقریباً دارای ضخامت مشابهی بوده‌اند. فرایندهای دیاژنزی دولومیتی‌شدن، انحلال، سیمانی‌شدن و فشردگی در این رخساره میکروسکوپی مشاهده شده است. انحلال سبب ایجاد تخلخل بین‌دانه‌ای، قالبی و درون‌دانه‌ای به صورت گسترده شده است. این تخلخل‌ها در مواردی با سیمان انیدریتی و کلسیتی پر شده‌اند (اینسالاکو و همکاران، ۲۰۰۶؛ ال‌شهران و همکاران، ۲۰۰۶؛ رحیم‌پوریناب و همکاران، ۲۰۱۰؛ اسرافیلی دیزجی و رحیم‌پوریناب، ۲۰۱۴).

MF12: ریزرخساره گرینستون اینتراکلاستی بیوکلاستی: این ریزرخساره با بافت دانه‌پشتیبان شامل اینتراکلاست‌های زاویه‌دار درشت به میزان ۳۰٪ و بیوکلاست‌های مختلف نظیر اکینودرم، روزن‌بران کفزی و خرده‌های دوکفه‌ای حدود ۲۰-۳۰٪ می‌باشد. به همراه آن، ایید و پلوئید تا ۱۰٪ مشاهده شده است (شکل ۳-c). ریزرخساره مذکور به همراه رخساره‌های پکستونی بخش دریای باز در چاه‌های منتخب مشاهده شده است. ضخامت این ریزرخساره در بخش K1 و K2 میداین مطالعه شده، به مراتب بیشتر از بخش بالایی سازند دالان بوده است. سیمانی‌شدن، انحلال، دولومیتی‌شدن، فشردگی فیزیکی و شیمیایی از فرایندهای دیاژنزی غالب این ریزرخساره است. سیمان‌های دریایی گرانولار، تیغه‌ای و حاشیه هم‌ضخامت از انواع سیمان تشکیل شده در این ریزرخساره است. تخلخل‌های بین‌دانه‌ای، حفره‌ای و درون‌دانه‌ای نیز در این ریزرخساره مشاهده شده است (اینسالاکو و همکاران،

محدود آب و شرایط مساعد برای تشکیل ریزرخساره‌های مذکور می‌باشد (فلوگل، ۲۰۱۰). پلوئیدها از اجزای غیراسکلتنی مهم رسوبات کربناته هستند که در مناطق کم ژرفا و کم انرژی نظیر زیرمحیط لاگون تهنشست می‌شوند. امروزه ریزرخساره‌های پلوئیدی در بخش میانی تخته‌گاه باهاما در حال تشکیل هستند. این ناحیه دارای حداقل انرژی با درجه شوری نزدیک به ۴۰ پرمیل و تنوع جانوری کم می‌باشد (تاگر و رایت، ۱۹۹۰). در سواحل جنوبی خلیج فارس نیز، بخش اعظم رسوبات آهکی زیرمحیط لاگون، از پلوئید تشکیل شده است. جلبک‌ها ذرات و دانه‌های آهکی را به تله انداخته و به‌همراه آن‌ها نقش مهمی در ایجاد رخساره‌های آهکی دارند. جلبک‌ها در منطقه نفوذ نور، در شرایط آرام انرژی محیط و عمق حدود ۳ تا ۵ متر فراوانند. آب‌های گرم لاگون‌های محافظت شده کم عمق، محل مناسبی برای زیست این موجودات است (ریدینگ، ۱۹۹۶؛ تاگر و رایت، ۱۹۹۰).

۴-۳- گروه رخساره‌ای پشته‌های سدی^۲

این گروه رخساره‌ای شامل سه رخساره میکروسکوپی است: **MF10:** ریزرخساره گرینستون اییدی بیوکلاستی: مهم‌ترین آلومک تشکیل‌دهنده این ریزرخساره اییدهای میکریتی شده می‌باشند. اییدها در این ریزرخساره حدود ۳۰٪ بوده و اغلب کوچک‌تر از یک میلی‌متر هستند. ذرات بیوکلاستی همانند روزن‌بران کفزی، قطعات دوکفه‌ای، گاستروپودا و آلومک‌های اینتراکلاست و پلوئید از دیگر اجزا تشکیل‌دهنده این ریزرخساره به مقدار ۱۰-۲۰٪ می‌باشند (شکل ۳-a). دولومیتی‌شدن، میکریتی‌شدن، انحلال، استیلولیتی‌شدن و سیمان دریایی اولیه نظیر سیمان حاشیه هم‌ضخامت و تیغه‌ای از مهم‌ترین فرایندهای دیاژنزی می‌باشند. فرایند دولومیتی‌شدن بر روی اییدها و همچنین زمینه‌ی ریزرخساره انجام گرفته است. دولومیت‌ها از نوع ثانویه بوده و اندازه آن‌ها کمتر از ۵۰ میکرون می‌باشد و به صورت نیمه‌شکل‌دار تا شکل‌دار هستند. تخلخل‌های درون‌دانه‌ای، بین‌دانه‌ای و قالبی در این ریزرخساره مشاهده شده است. تخلخل‌ها در بازه‌های متفاوت توسط سیمان کلسیتی و انیدریتی پر شده‌اند. (آل‌علی و همکاران، ۱۳۹۲؛ اینسالاکو و همکاران، ۲۰۰۶؛ کریمی و همکاران، ۲۰۱۵).

² Shoal Facies Group

(شکل ۳-۳). فرایندهای دیاژنتیکی میکربیتی‌شدن و دولومیتی‌شدن در این رخساره میکروسکیپی مشاهده شده است (آل‌علی و همکاران، ۱۳۹۲؛ اینسالاکو و همکاران، ۲۰۰۶؛ رضوند و همکاران، ۲۰۱۷). این رخساره میکروسکیپی در چاه‌های میداین بخش شرقی با ضخامت بیشتری نسبت به چاه میدان مرکزی مشاهده شده است. **MF15**: ریزرخساره مادستون: این ریزرخساره دارای زمینه میکربیتی است و به مقدار کمتر از ۵٪ شامل قطعات بیوکلاستی خردده‌های دوکفه‌ای نازک دیواره، خردده‌های اکینودرم، فونای پلاژیک و سوزن‌های اسفنج می‌باشد (شکل ۳-۴). زمینه میکربیتی در این ریزرخساره نمایان‌گر تنه‌نشست این رخساره میکروسکیپی در محیط آرام و کم انرژی می‌باشد (توکلی، ۱۳۸۴؛ آل‌علی و همکاران، ۱۳۹۲؛ اینسالاکو و همکاران، ۲۰۰۶؛ فلوگل، ۲۰۱۰). فرایند دولومیتی‌شدن در این ریزرخساره در بازه‌های متفاوت دیده شده است. دولومیت‌ها در اندازه متفاوت و کمتر از ۵۰ میکرون به صورت نیمه‌شکل‌دار تا شکل‌دار مشاهده شده‌اند. در میدان‌های مطالعه شده این ریزرخساره در زون دارای ضخامت کمی بوده و در زون‌های دیگر دارای ضخامت قابل توجهی هستند و معمولا همراه با ریزرخساره وکستون بیوکلاستی مشاهده می‌شوند.

۴-۴-۱- تفسیر

فراوانی خردده‌های اکینودرم، به همراه سوزن اسفنج، قطعات دوکفه‌ای نازک دیواره و فونای پلاژیک در یک زمینه گل‌پشتیبان، بیانگر زیرمحیط کم انرژی دریای باز شامل رمپ میانی و خارجی برای ریزرخساره‌های مذکور می‌باشد. این رخساره‌های میکروسکیپی در زیر سطح اساس امواج عادی تنه‌نشست شده‌اند. اسفنج‌ها در شرایط بی‌هوازی و اکسیژن کمتر در بخش‌های عمیق‌تر دریای باز همراه با دیگر فونای پلاژیک مشاهده می‌شوند. ریزرخساره مادستونی با فراوانی اندک بیوکلاست‌ها بیانگر تنه‌نشست این ریزرخساره در محیط کم‌انرژی دور از ساحل و زیر سطح اساس امواج توفانی در ژرف‌ترین بخش حوضه می‌باشد. رخساره میکروسکوپی پکستونی با توجه به حضور آلوکم‌های اینتراکلاستی و بیوکلاستی با سایز بزرگ بیان‌گر تنه‌نشست آن‌ها در محیط با انرژی زیاد و در بالای سطح اساس امواج توفانی در زیرمحیط رمپ میانی می‌باشد.

۲۰۰۶؛ رحیم‌پوریناب و همکاران، ۲۰۰۹؛ عبدالملکی و همکاران، ۲۰۱۶).

۴-۳-۱- تفسیر

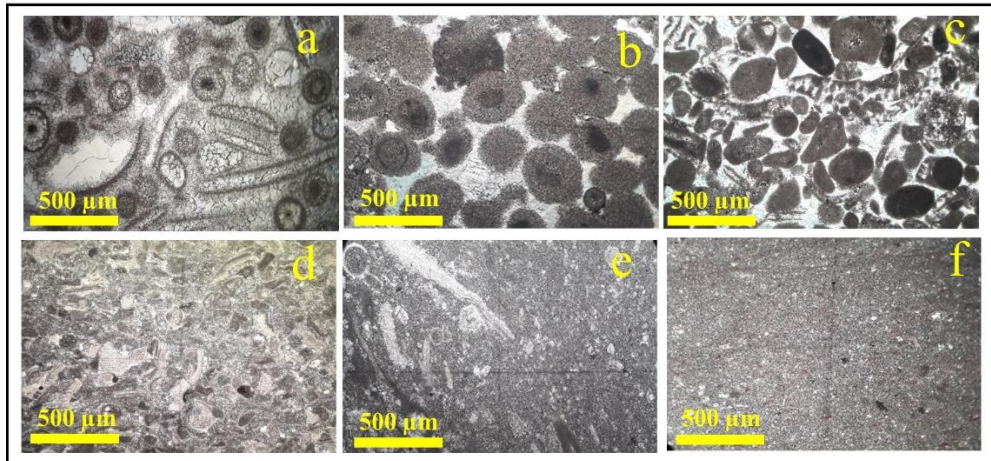
وجود مقادیر زیاد الیید به همراه اینتراکلاست و بیوکلاست‌هایی نظیر قطعات دوکفه‌ای، روزن‌بران کفزی و اکینودرم نشان‌دهنده حاکم بودن شرایط انرژی بالای محیط در زمان رسوب‌گذاری این ریزرخساره است. الییدها در ژرفای بسیار کم (کمتر از ۲ متر) در محیط‌های دریایی با شوری بالا و فوق‌اشباع از کربنات کلسیم تشکیل می‌شوند. در محیط‌های دریایی گرمسیری نظیر خلیج فارس و باهاما الییدها عهد حاضر در حال تشکیل هستند (تاکر، ۲۰۰۱). حضور الییدها با بافت دانه‌پشتیبان، بلوغ بافتی بالا و سیمان‌های دریایی اولیه در این ریزرخساره‌ها بیان‌گر تنه‌نشست آن‌ها در محیط پراثری با گردش بالای آب می‌باشد. بنابراین زیر محیط پشته‌های سدی مربوط به بخش بالای سطح اساس امواج عادی برای این ریزرخساره‌ها پیشنهاد می‌گردد.

۴-۴-۲- گروه رخساره‌های دریای باز^۳

این گروه رخساره‌ای شامل سه رخساره میکروسکیپی است: **MF13**: ریزرخساره پکستون اینتراکلاستی بیوکلاستی: این ریزرخساره دربردارنده قطعات اینتراکلاست با ابعاد ۰/۲-۰/۵ میلی‌متر (حدود ۳۰٪) و قطعات بیوکلاستی شامل روزن‌بران کفزی، کرینویید و خردده‌های دوکفه‌ای با سایز بزرگ به میزان ۲۰٪ بوده و در یک زمینه غالباً میکربیتی تنه‌نشست شده‌اند (رضوند و همکاران، ۲۰۱۷) (شکل ۳-۴). از ویژگی‌های این ریزرخساره می‌توان به تراوایی و تخلخل کم آن اشاره نمود. فرایندهای دیاژنتیکی انحلال، میکربیتی‌شدن، دولومیتی‌شدن و فشردگی فیزیکی در این ریزرخساره مشاهده شده است. این ریزرخساره‌ها در چاه‌های میداین بخش شرقی با ضخامت بیشتری نسبت به چاه میدان مرکزی دیده شده است.

MF14: ریزرخساره وکستون بیوکلاستی: اجزاء اصلی تشکیل‌دهنده این ریزرخساره شامل فونای پلاژیک، سوزن اسفنج، خردده‌های اکینودرم و قطعات دوکفه‌ای نازک دیواره می‌باشد. این ریزرخساره مجموعاً از ۱۰-۱۵٪ قطعات بیوکلاستی شناور در زمینه میکربیتی ساخته شده است

³ Open Marine Facies Group



شکل ۳. رخساره‌های میکروسکوپی بخش بالایی سازند دالان و سازند کنگان: (a) ریزرخساره گرینستون اییدی بیوکلاستی، نور معمولی (چاه شماره ۲، عمق ۴۲۵۹/۷۵)، (b) ریزرخساره گرینستون اییدی، نور معمولی (چاه شماره ۱، عمق ۲۹۵۰/۸۷)، (c) ریزرخساره گرینستون اینتراکلاستی بیوکلاستی، نور معمولی (چاه شماره ۳، عمق ۳۵۸۴/۰۲)، (d) ریزرخساره پکستون اینتراکلاستی بیوکلاستی، نور معمولی (چاه شماره ۱، عمق ۲۹۹۰)، (e) ریزرخساره وکستون بیوکلاستی، نور معمولی (چاه شماره ۲، عمق ۴۳۷۳/۲۳)، (f) ریزرخساره مادستون، نور معمولی (چاه شماره ۱، عمق ۳۰۲۶/۰۹).

۴-۵- محیط رسوبی

بر اساس شناسایی و تفکیک ریزرخساره‌های رسوبی موجود در توالی‌های مطالعه شده و با توجه به کمیت و نوع اجزا اسکلتی و غیراسکلتی آن‌ها و با بررسی تغییرات جانبی و عمودی رخساره‌های میکروسکوپی، محیط رسوبگذاری برای بخش بالایی سازند دالان و همچنین سازند کنگان، یک رمپ کربناته با شیب ملایم در اقلیم گرم و خشک در نظر گرفته شده است (شکل ۴). (شارلند و همکاران، ۲۰۰۱، ۲۰۰۴؛ ال‌شهران، ۲۰۰۶؛ اینسالاکو و همکاران، ۲۰۰۶؛ رحیم‌پوریناب، ۲۰۰۷؛ پیروی و همکاران، ۲۰۱۰؛ کریمی و همکاران، ۲۰۱۵؛ عامل و همکاران، ۲۰۱۵؛ جعفریان و همکاران، ۲۰۱۷؛ رضاوند و همکاران، ۲۰۱۷).

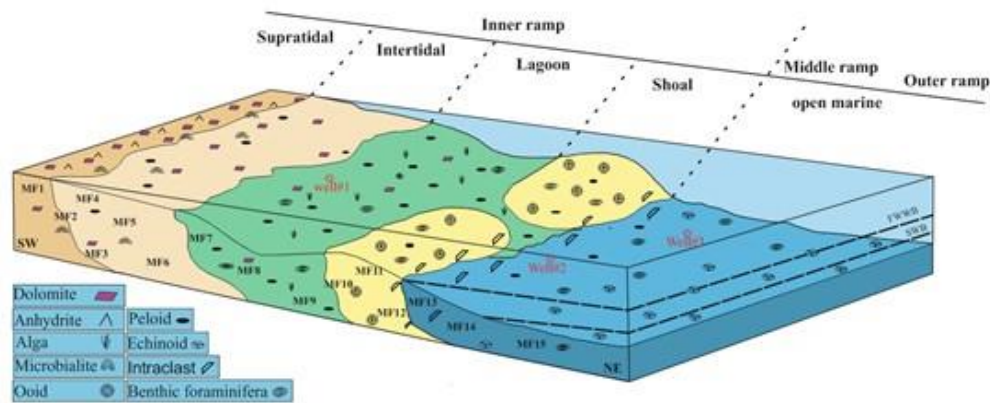
عدم وجود رخساره‌های وابسته به جریان‌های توربیدیتی و نبود رخساره‌های ریفی و بقایای موجودات ریف‌ساز، همچنین وجود ریزرخساره‌های گرینستون اییدی و پلوییدی و تغییرات تدریجی ریزرخساره‌های مطالعه شده و مقایسه آن‌ها با محیط‌های رسوبی امروزی و دیرینه، تاکید بر تهنشست این ریزرخساره‌ها در محیط رمپ کربناته دارد (رد، ۱۹۸۵؛ تاکر و رایت، ۱۹۹۰؛ بورچت و رایت، ۱۹۹۲؛ ریدینگ، ۱۹۹۶؛ فلوگل، ۲۰۱۰). مدل پیشنهادی شامل زیر محیط‌های پهنه کشندی، لاگون و پشته‌های سدی مربوط به بخش رمپ داخلی بوده و ریزرخساره‌های دریای باز در بخش رمپ میانی و خارجی می‌باشد. زیر محیط دریای باز توسط ریزرخساره‌های دانه‌پشتیبان

گرینستونی پشته‌های سدی از بخش لاگونی و پهنه کشندی تفکیک شده است. توالی ریزرخساره‌ها در این مدل بیانگر عمیق شدن حوضه رسوبی از سمت پهنه‌های کشندی به سمت دریای باز می‌باشد.

درصد فراوانی ریزرخساره‌های میادین مطالعه شده بر اساس تغییرات جانبی و بافت آن‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته است (شکل ۵). در زیرمحیط پهنه کشندی توالی‌های رسوبی تهنشست شده، کمترین میزان فراوانی را شامل می‌شوند، میزان فراوانی این نهشته‌ها در میادین مطالعه شده برای چاه‌های شماره ۱ و ۲ و ۳، به ترتیب برابر ۱۶٪، ۸٪ و ۱۵٪ می‌باشد. فراوانی ریزرخساره‌های زیرمحیط لاگون در چاه‌های منتخب تقریباً مشابه بوده و به ترتیب برای چاه‌های میادین مذکور ۲۹٪، ۳۴٪ و ۲۷٪ بوده است. بیشترین فراوانی ریزرخساره‌های مطالعه شده مربوط به بخش پشته‌های سدی می‌باشد. در چاه شماره ۱ میدان مرکزی فراوانی ریزرخساره‌های دانه‌پشتیبان گرینستونی، معادل ۳۷٪ و در میادین بخش شرقی، به ترتیب برابر ۳۳٪ و ۳۴٪ بوده است. ریزرخساره گرینستون اییدی در این زیرمحیط بیشترین درصد فراوانی را شامل می‌شود که با توجه به خصوصیات بافتی آن بیانگر شرایط انرژی بالا و پایدار محیط رسوبی در زمان تشکیل آن می‌باشد. ریزرخساره‌های MF10 و MF12 در چاه‌های مطالعه شده نیز دارای فراوانی بالایی هستند و محیط رسوبی پرنرژی و کم‌عمق را در زمان تهنشست این ریزرخساره‌ها نشان

عمق دریای دیرینه را به سمت شرق خلیج فارس نشان می‌دهد. آنالیز فراوانی ریزرخساره‌ها و زیرمحیط‌های میادین مطالعه شده، نشان می‌دهد که جهت شیب دیرینه میادین مورد مطالعه در توالی رسوبی بخش بالایی سازند دالان به سمت شمال شرق بوده و در ادامه با کاهش نسبی سطح آب دریا و رخنمون رسوبات، بخشی از رسوبات راس سازند مذکور فرسایش یافته است. پس از آن در اثر بالا آمدن سطح نسبی آب دریا در ابتدای تریاس و ته‌نشست رسوبات سازند کنگان، جهت شیب دیرینه از سمت چاه شماره ۱ در میدان مرکزی به سمت چاه شماره ۲ و ۳ در میادین شرقی بوده است. بطور کلی در هر دو محیط رسوبی مطالعه شده، شیب دیرینه رمپ‌های کربناته از سمت میدان مرکزی در جنوب غرب به سمت میادین بخش شرقی خلیج فارس بوده و حوضه رسوبی به سمت شمال شرق عمیق‌تر بوده است (شکل ۴).

می‌دهد. آنالیز فراوانی ریزرخساره‌های مذکور، نشان‌دهنده عمق کمتر دریای دیرینه در میدان مرکزی نسبت به میادین شرقی می‌باشد. احتمالاً فعالیت بلندای قدیمه قطر-کازرون و اثر آن بر روی توالی‌های رسوبی میدان مرکزی، دلیل عمق کمتر دریا در زمان ته‌نشست ریزرخساره‌ها بوده است. میزان فراوانی نهشته‌های مربوط به دریای باز از سمت میدان مرکزی به سمت شرق خلیج فارس، افزایش نشان می‌دهد. در میادین مطالعه شده درصد ریزرخساره‌های مذکور به ترتیب معادل ۱۸٪، ۲۳٪ و ۲۵٪ برای چاه‌های شماره ۱، ۲ و ۳ می‌باشد. ریزرخساره‌های گل‌پشتیبان مادستونی و وکستون بیوکلاستی در چاه‌های میادین شرقی درصد فراوانی بیشتری نسبت به چاه شماره ۱ میدان مرکزی نشان می‌دهد. فراوانی نهشته‌های ذکر شده بیانگر عمق بیشتر دریا و شرایط آرام‌تر محیط رسوبی در زمان ته‌نشست این ریزرخساره‌ها بوده است و افزایش



شکل ۴. مدل رسوبی بخش بالایی سازند دالان و سازند کنگان در میادین مطالعه شده

چینه‌های مرز سکansı (SB) و سطح حداکثر غرقابی (MFS) در آن به آسانی قابل تشخیص است. سکانس UDS1: این سکانس در چاه‌های شماره ۱ و ۳ مطالعه شده و به دلیل عدم حفاری و نبود برش‌نازک در چاه شماره ۲ مورد ارزیابی قرار نگرفته است. ستبرای توالی مذکور در چاه شماره ۱ میدان مرکزی، ۱۵۵ متر و در چاه شماره ۳، معادل ۹۲ متر است (شکل ۶). این سکانس شامل دو سیستم تراکت تراز پیشرونده و تراز بالا می‌باشد. مرز پایینی آن از نوع مرز سکansı درجه اول و به بخش تبخیری نار محدود شده است و مرز بالایی آن از نوع درجه دوم می‌باشد که به قاعده سکانس دوم بخش بالایی سازند دالان محدود می‌گردد (کریمی و همکاران، ۲۰۱۵؛ عامل و همکاران، ۲۰۱۵؛ جعفریان و همکاران، ۲۰۱۷).

۵- چینه‌نگاری سکansı

مطالعه ریزرخساره‌ها و بررسی تغییرات جانبی و عمودی آن‌ها و مقایسه با پرتو گاما، منجر به شناسایی پنج سکانس رسوبی رده سوم در بخش بالایی سازند دالان و سازند کنگان برای چاه‌های میادین مرکزی و شرقی (چاه‌های شماره ۱، ۲، ۳) شده است. در چاه شماره ۲ بدلیل عدم انجام حفاری و نبود داده‌های مورد نیاز اولین سکانس رسوبی بخش بالایی سازند دالان و دسته رسوبی تراز پیشرونده سکانس دوم مطالعه نشده است. در این پژوهش جهت بررسی سکانس‌های رسوبی از مدل پیشروی-پسروی (TR) امری و جوهانسون (۱۹۹۲)، به دلیل کاربردی بودن آن استفاده شده است. این روش شامل دسته رخساره‌های تراز پیشرونده (TST) و تراز بالا (HST) بوده و سطوح



شکل ۵. در صد فراوانی ریزرخساره‌ها و زیرمحیط‌های میدان مطالعه شده

گرینستون اییدی و اییدی بیوکلاستی زیرمحیط پشته‌های سدی ته‌نشست شده‌اند. نهشته‌های پکستون اینتراکلاستی بیوکلاستی و وکستون بیوکلاستی، رسوبات بخش پشته‌های سدی را پوشانده است. حداکثر پیشروی نسبی سطح آب دریا در این سکناس با تشخیص ریزرخساره مادستون حاوی فونای پلاژیک، قطعات بیوکلاستی دوکفه‌ای نازک دیواره و سوزن اسفنج مربوط به رمپ خارجی و پس از مقایسه آن با پرتو گاما، به عنوان سطح حداکثر غرقابی (MFS) در نظر گرفته شده است. سطح حداکثر غرقابی سکناس اول بخش بالایی سازند دالان، معادل سطح P30 شارلند (۲۰۰۱) می‌باشد. با نزدیک شدن به مراحل انتهایی بالآمدگی سطح نسبی آب دریا و کاهش

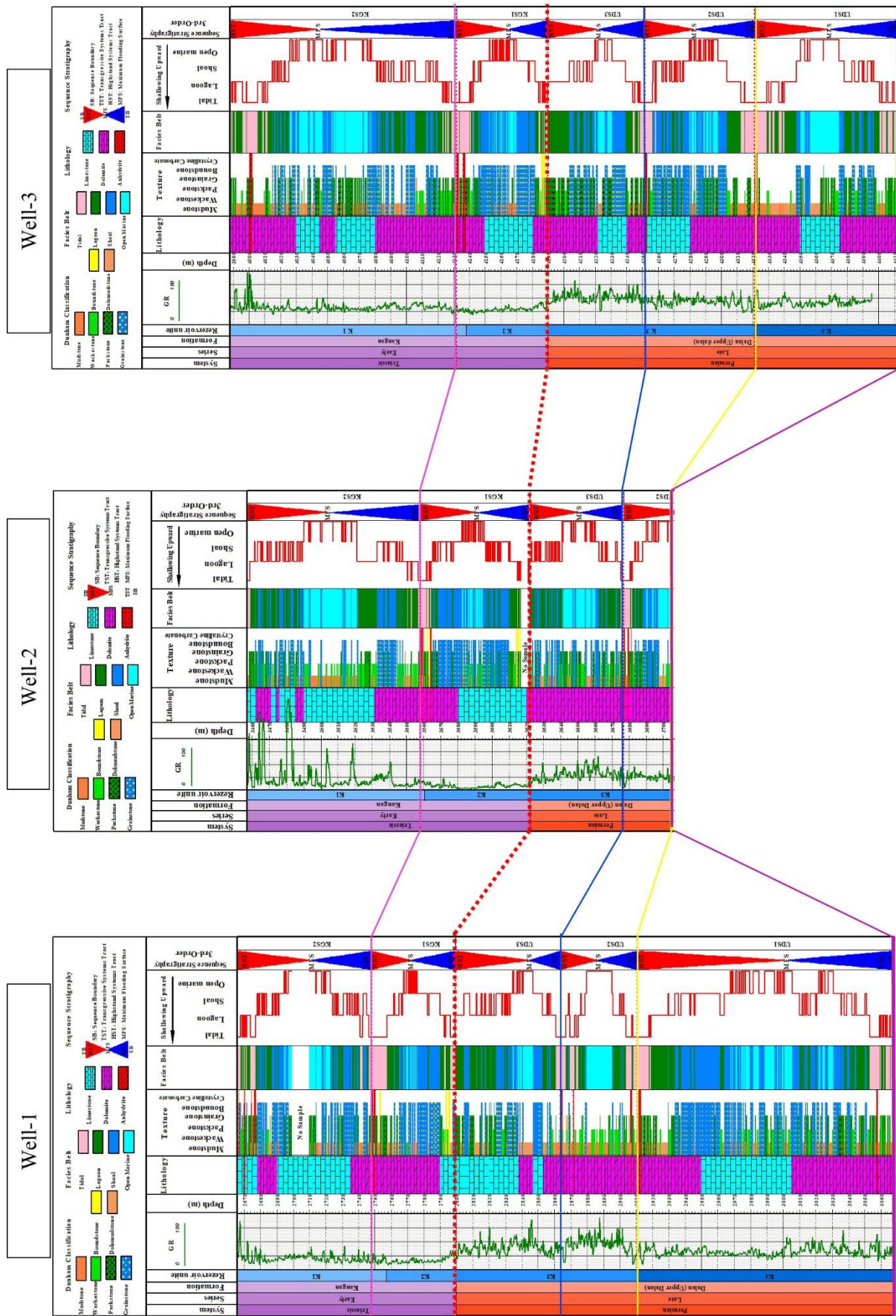
سیستم تراکت تراز پیشرونده (TST) شامل مجموعه واحدهای رسوبی نهشته شده در زیرمحیط‌های پهنه کشندی، لاگون، پشته‌های سدی و دریای باز بوده و ته‌نشست ریزرخساره‌های مطالعه شده بیانگر بالآمدن سطح آب دریا با طرح برانبارش پسرونده می‌باشد. مادستون‌های با فابریک روزنه‌ای و انیدریت توده‌ای به همراه ریزرخساره باندستون استروماتولیتی در آغاز بالا آمدن سطح آب دریا در این توالی بر روی رخساره‌های انیدریتی بخش نار ته‌نشست شده‌اند. در ادامه ریزرخساره‌های گل‌پشتیبان وکستون بیوکلاستی، مادستون و پکستون بیوکلاستی پلوییدی بخش لاگون به صورت متناوب با رخساره‌های میکروسکیپی دانه‌پشتیبان

شده است (کوتنیانو، ۲۰۰۶؛ فلوگل، ۲۰۱۰). این سطح معادل سطح حداکثر غرقابی P40 شارلند (۲۰۰۱) می‌باشد. سیستم تراکت HST در هر سه چاه با توالی پیشرونده و کم عمق‌شونده به سمت بالا در زیر محیط‌های دریای باز، پشته‌های سدی، لاگون و پهنه کشندی بوسیله مشاهدات رسوب‌شناختی، شواهد فسیلی و پرتو گاما مشخص شده است (رضاوند و همکاران، ۲۰۱۷). این دسته رسوبی در میداین بخش شرقی، عمدتاً شامل ریزرخساره‌های دانه‌پشتیبان گرینستون اییدی، اییدی بیوکلاستی مربوط به زیرمحیط پشته‌های سدی است و می‌تواند دلیل بر عمق کمتر و انرژی بیشتر در زمان ته‌نشست این دسته رسوبی در میداین مذکور نسبت به چاه شماره ۱ میداین مرکزی باشد. بطور کلی ارزیابی نهشته‌های رسوبی و دسته‌های رخساره‌ای این سکانس، بیانگر عمق بیشتر چاه میداین مرکزی نسبت به میداین دیگر در زمان تشکیل آن‌ها بوده و مبین ته‌نشست رسوبات این چاه به میزان بیشتر در بخش دریای باز رمپ کربناته می‌باشد. ریزرخساره‌های مادستون با فابریک روزنه‌ای در خاتمه این دسته رسوبی مشاهده شده که بیانگر مرز سکانسی درجه دوم در توالی مذکور می‌باشد. این سکانس رسوبی معادل سیکل سوم Cycle III اینسالاکو (۲۰۰۶) می‌باشد.

سکانس UDS3: سکانس رسوبی سوم آخرین سکانس رسوبی بخش بالایی سازند دالان بوده که با ستبرای تقریباً برابر در میداین مطالعه شده ته‌نشست شده است (چاه شماره ۱: ۶۶ متر، چاه شماره ۲: ۵۴ متر و چاه شماره ۳: ۶۲ متر). سیستم تراکت TST در این سکانس با ریزرخساره مادستونی همراه با تبخیری‌های پهنه کشندی و ریزرخساره پکستون اینتراکلاستی پلوییدی شروع شده و در ادامه با افزایش عمق آب، رخساره‌های گل‌پشتیبان بخش لاگون (MF7, MF8, MF9) نهشته شده‌اند. این توالی پسروده با حضور ریزرخساره‌های گرینستون اییدی بیوکلاستی و به میزان کمی اینتراکلاستی پشته‌های سدی ادامه یافته و نهایتاً توسط نهشته‌های وکستون بیوکلاستی و مادستون به همراه پکستون‌های اینتراکلاستی بیوکلاستی پوشانده شده است. مادستون‌های بخش دریای باز به عنوان سطح حداکثر غرقابی در نظر گرفته شده است. این سطح با توجه به شواهد رسوب‌شناسی و حداکثر افزایش پرتو گاما مشخص شده است.

فضای رسوبگذاری نسبت به رسوبات تشکیل شده در حوضه، نهشته‌های با ماهیت کم عمق‌شونده به سمت بالا در زیرمحیط‌های دریای باز، پشته‌های سدی، لاگون و پهنه کشندی در ادامه توالی مشاهده شده است. این ریزرخساره‌ها در ارتباط با سیستم تراکت تراز بالا (HST) بوده و در یک چرخه پیشرونده به سمت بالا تشکیل شده‌اند (توکلی، ۱۳۹۵؛ عبدالملکی و همکاران، ۲۰۱۶؛ رضاوند و همکاران، ۲۰۱۷). حداکثر پایین‌افتادگی سطح نسبی آب دریا با حضور ریزرخساره‌های انیدریتی در زیرمحیط بالای پهنه کشندی مشخص شده است که با افت شدید مقدار پرتو گاما نمایان است (کوتنیانو، ۲۰۰۶). سکانس اول مطالعه شده معادل سکانس Cycle IV اینسالاکو (۲۰۰۶) در نظر گرفته شده است. دسته رخساره‌های تراز پیشرونده و تراز بالا در هردو چاه ضخامت تقریباً یکسانی دارند. اما سکانس USD1 در چاه میداین مرکزی از ضخامت بیشتری نسبت به چاه شماره ۳ بخش شرقی برخوردار است. ریزرخساره دانه‌پشتیبان گرینستونی بخش پشته‌های سدی در چاه شماره ۱ میداین مرکزی نیز نسبت به چاه مطالعه شده در میداین شرقی، دارای ضخامت بیشتری بوده که این مهم بیان‌گر میزان شرایط انرژی بالای پایدارتر، در زمان تشکیل و ته‌نشست این بازه رسوبی می‌باشد (شکل ۶).

سکانس UDS2: ستبرای توالی این سکانس رسوبی در چاه شماره ۱ میداین مرکزی ۴۷ متر، چاه شماره ۲، ۲۷ متر (فقط برش‌های نازک بخش HST موجود بوده است) و در چاه شماره ۳، ۷۰ متر می‌باشد (شکل ۶). دسته رسوبی TST در چاه‌های مطالعه شده عمدتاً از ریزرخساره‌های زیرمحیط لاگونی و دریای باز تشکیل شده و به میزان کمتر ریزرخساره‌های دانه‌پشتیبان بخش پشته‌های سدی قابل مشاهده است. ضخامت نهشته‌های اخیر در چاه شماره ۱ نسبت به چاه شماره ۳ به میزان قابل توجهی کمتر بوده و این مسئله نشان می‌دهد که در زمان تشکیل رخساره‌های چاه شماره ۱ ژرفای دریای دیرینه بیشتر بوده است. ضخامت توالی رسوبی در چاه شماره ۳، بیشتر از چاه شماره ۱ بوده که بیانگر ته‌نشست کمتر رسوبات، در بخش دریای باز میداین مرکزی بوده است. حضور ریزرخساره مادستون زیرمحیط رمپ خارجی با ستبرای زیاد در توالی چاه میداین مرکزی موکد این موضع است. سطح حداکثر غرقابی در پایان این سیستم تراکت با رخساره‌های گل‌پشتیبان مادستون رمپ خارجی و افزایش مقدار پرتو گاما، مشخص



شکل ۶. ستون چینه‌نگاری شامل ویژگی‌های بافتی و محیطی، ریزرخساره‌ها و چینه‌نگاری سکansı میادین مورد مطالعه

نهشته‌های دریای باز (MF13, MF14, MF15) بصورت متناوب با ریزرخساره‌های بخش پشته‌های سدی تشکیل شده است. این مهم بیانگر ژرفای کم حوضه رسوبی در زمان تشکیل این توالی بوده است. دسته رسوبی پسرونده این توالی، عمدتاً شامل رخساره‌های بخش پشته‌های سدی می‌باشد. حداکثر بالآمدگی سطح آب دریا در این سکانس با تشکیل لایه کم‌ضخامت ریزرخساره مادستون دریای باز مربوط به بخش رمپ خارجی مشخص شده است. این ریزرخساره شامل خرده‌های دوکفه‌ای دیواره نازک و فونای پلاژیک بوده و آثار سوزن اسفنج در آن مشاهده شده است و به عنوان سطح حداکثر غرقابی سکانس چهارم و معادل TR10 شارلند (۲۰۰۱) در نظر گرفته شده است (شکل ۶). سیستم تراکت تراز بالا با ریزرخساره‌های دریای باز (MF14, MF15) شروع شده و سپس توسط ریزرخساره‌های پشته‌های سدی (MF10, MF11, MF12) پوشانده می‌شوند. این توالی پیشرونده هم‌زمان با کاهش فضای رسوبگذاری با ریزرخساره‌های گل‌پشتیبان مادستون و وکستون بیوکلاستی بخش لاگونی ادامه و با پکستون‌های اینتراکلاستی پلوییدی، مادستون با فابریک روزنه‌ای و انیدریت توده‌ای پهنه کشندی پایان می‌یابد. سکانس مذکور معادل سکانس سیکل دوم اینسالاکو (۲۰۰۶) می‌باشد (اینسالاکو و همکاران، ۲۰۰۶؛ کریمی و همکاران، ۲۰۱۵؛ جعفریان و همکاران، ۲۰۱۷؛ توکلی و همکاران، ۲۰۱۸). این دسته رسوبی در چاه میدان مرکزی عمدتاً شامل رسوبات بخش لاگونی و پهنه کشندی بوده در صورتی که در میادین بخش شرقی عمدتاً شامل رخساره‌های دانه‌پشتیبان پشته‌های سدی بوده که بیانگر انرژی بالای محیط رسوبی در زمان ته‌نشست این مجموعه رسوبی در میادین شرقی می‌باشد.

سکانس KGS2: ستبرای سکانس رسوبی دوم سازند کنگان در چاه شماره ۱ میدان مرکزی ۸۲ متر و برای چاه‌های ۲ و ۳، به ترتیب ۱۰۲ و ۱۴۴ متر می‌باشد (شکل ۶). دسته رسوبی TST با رخساره‌های (MF2, MF3, MF6) پهنه کشندی شروع می‌شود. سپس هم‌زمان با بالا رفتن سریع سطح نسبی آب دریا این توالی پسرونده با ریزرخساره‌های لاگونی (MF7, MF8, MF9) ادامه یافته و برروی آن‌ها ریزرخساره‌های دانه‌پشتیبان محیط پرنرژی پشته‌های سدی (MF10, MF11) نهشته شده است. در ادامه ریزرخساره‌های رمپ میانی و خارجی شامل (MF13,

در انتهای بالآمدگی سطح آب دریا و کاهش فضای رسوبگذاری نسبت به حجم رسوبات تشکیل شده در محیط رسوبی، دسته رسوبی HST با رخساره‌های مرتبط با زیرمحیط‌های دریای باز، پشته‌های سدی و لاگون شناسایی شده است. این رخساره‌ها به ترتیب در زیر محیط‌های رسوبی رمپ خارجی، میانی و داخلی با چرخه پیشرونده و کم عمق‌شونده به سمت بالا ته‌نشست شده‌اند. ریزرخساره‌های پهنه کشندی در این دسته رسوبی مشاهده نشده است که احتمالاً به دلیل خروج از آب و فرسایش رسوبات مذکور بوده، آثار دیاژنز جوی نیز در انتهای سازند دالان مشهود است. این سطح به عنوان مرز سکانسی نوع اول در نظر گرفته شده است (توکلی و همکاران، ۱۳۹۶؛ عنایتی بیدگلی و رحیم‌پوربناب، ۲۰۱۶؛ توکلی و همکاران، ۲۰۱۸). سکانس UDS3 معادل سکانس رده چهارم KS3b اینسالاکو (۲۰۰۶) بوده با این تفاوت که در این پژوهش با توجه به بازه زمانی ته‌نشست این توالی رسوبی و مرز سکانسی نوع اول واقع در راس توالی، به عنوان سکانس رده سوم معرفی شده است. دسته رسوبی سوم از نظر ته‌نشست ریزرخساره‌ها و ستبرای آن‌ها در چاه‌های مطالعه شده تقریباً مشابه بوده و بیانگر شرایط یکسان محیط دیرینه رسوبی در زمان تشکیل این سکانس رسوبی بوده است (شکل ۶).

سکانس KGS1: توالی رسوبی KGS1 اولین سکانس رسوبی سازند کنگان بوده که در چاه‌های مورد مطالعه دارای ستبراهای (چاه شماره ۱: ۶۴ متر، چاه شماره ۲: ۶۴ متر و چاه شماره ۳: ۵۸ متر) می‌باشد. مرز زیرین آن منطبق بر مرز پرموتریاس و از نوع درجه اول (SB1) است. این مرز سکانسی با توجه به مشاهدات رسوب‌شناختی شناسایی شده و در چاه‌های مذکور قابل انطباق است (توکلی، ۱۳۹۵؛ آل‌علی و همکاران، ۱۳۹۲؛ رضوند و همکاران، ۲۰۱۷؛ توکلی و همکاران، ۲۰۱۸).

دسته رسوبی TST در این توالی با رخساره‌های پهنه کشندی (MF1, MF2, MF3) شروع شده و سپس نهشته‌های بخش لاگونی (MF6, MF7, MF8) روی آن‌ها قرار گرفته است. ریزرخساره ترومبولیتی بخش زیرین پهنه کشندی فقط در این بخش مشاهده شده است. گرینستون اییدی و ایید بیوکلاستی در ادامه توالی با افزایش سطح نسبی آب دریا برروی ریزرخساره‌های قبلی نهشته شده است. با ادامه روند افزایش سریع سطح نسبی آب دریا،

رخساره‌های دسته رسوبی پیشرونده ته‌نشست شده است. تغییرات سطح نسبی آب دریا در این بازه زمانی سبب تشکیل سه سکانس رسوبی رده سوم در بخش بالایی سازند دالان گردیده است. اینسالاکو و همکاران (۲۰۰۶)، برای بخش بالایی سازند دالان دو سکانس رسوبی رده سوم شامل Cycle III و Cycle IV و پنج سکانس رسوبی رده چهار معرفی نموده‌اند، در این پژوهش سکانس‌های رسوبی اول و دوم، معادل با دو سکانس رده سوم ذکر شده توسط اینسالاکو، است و سکانس سوم (UDS3)، با توجه به شواهد رسوب‌شناختی، تطابق با لاگ پرتو گاما و همچنین بازه زمانی ته‌نشست و شکل‌گیری توالی‌های مذکور، بعنوان سکانس رده سوم و معادل پنجمین سکانس رده چهار اینسالاکو (KS3b) در نظر گرفته شده است. ال‌شهران (۲۰۰۶) برای سازند خوف در امارات متحده عربی ۷ سکانس رسوبی رده سوم، KS1-KS7 تشخیص داده است. سکانس‌های رسوبی رده سوم KS2، KS3، KS4 در پرمین پسین ته‌نشست شده‌اند و معادل سکانس‌های مطالعه شده در این پژوهش می‌باشند. در انتهای پرمین پسین بدلیل افتادن سطح نسبی آب دریا و خروج از آب حاشیه پلاتفرم کربناته، نهشته‌های رأس بخش بالایی دالان دچار فرسایش شده‌اند. آثار فرسایش در این رخساره، بصورت فرایندهای دیاژنزی نظیر انحلال و سیمان جوی مشاهده شده است. مرز بالایی توالی مذکور به عنوان مرز سکانشی نوع اول شناسایی شده است و منطبق بر مرز پرموتریاس می‌باشد. در ابتدای تریاس پیشروی سریع آب دریا حاصل یوستازی و فرونشینی سریع نئوتتیس، موجب ایجاد فضای رسوبگذاری لازم جهت تشکیل رخساره‌های پسرورنده سازند کنگان بر روی سطح فرسایشی نهشته‌های قبلی شده است. این رخساره‌ها در زیرمحیط‌های پهنه کشندی و لاگونی نهشته شده و سپس توسط رخساره‌های پشته‌های سدی و دریای باز پوشانده شده‌اند. در ادامه با کاهش سطح نسبی آب دریا، ته‌نشست دسته رسوبی پیشرونده بر روی نهشته‌های قبلی صورت گرفته است. تغییرات سطح نسبی آب دریا در بازه زمانی تریاس پیشین سبب شکل‌گیری دو سکانس رسوبی رده سوم در توالی رسوبی سازند کنگان شده است. در مطالعات پیشین (شارلند و همکاران، ۲۰۰۱؛ اینسالاکو و همکاران، ۲۰۰۶) برای سازند کنگان و بخش بالایی سازند خوف دو سکانس رسوبی رده سوم مشخص شده است.

در توالی رسوبی مشاهده شده است. گسترش ریزرخساره‌های مادستونی رمپ خارجی با محتویات فونای پلاژیک بیانگر سطح حداکثر غرقابی در این سکانس رسوبی و معادل Tr20 شارلند (۲۰۰۱) است. سیستم تراکت HST با حضور ریزرخساره‌های گل‌پشتیبان و کستون بیوکلاستی و دانه‌پشتیبان پکستون اینتراکلاستی بیوکلاستی دریای باز شروع شده که در زیر ریزرخساره‌های دانه‌پشتیبان پشته‌های سدی (MF10, MF11) قرار گرفته است. ریزرخساره‌های مادستون، وکستون بیوکلاستی و پکستون بیوکلاستی-پلوییدی بخش لاگون به صورت متناوب با این ریزرخساره‌ها ادامه روند پیشرونده توالی مذکور را شامل شده است. در انتهای این دسته رسوبی ریزرخساره‌های پهنه کشندی شامل پکستون‌های پلوییدی اینتراکلاستی و مادستون با فابریک روزنه‌ای مشاهده شده است. این سکانس رسوبی معادل سیکل اول اینسالاکو (۲۰۰۶) است (اینسالاکو و همکاران، ۲۰۰۶؛ کریمی و همکاران، ۲۰۱۵؛ جعفریان و همکاران، ۲۰۱۷؛ توکلی و همکاران، ۲۰۱۸). ضخامت سکانس رسوبی پنجم از سمت میدان مرکزی به سمت میداین شرقی افزایش می‌یابد، همچنین ستبرای ریزرخساره‌های بخش دریای باز در برش چاه شماره ۳ به میزان قابل توجهی از میداین دیگر بیشتر است، این مهم بیانگر ته‌نشست رسوبات این میدان در عمق بیشتر در زمان نهشته شدن ریزرخساره‌های مذکور بوده است و جهت دریای دیرینه را از بخش کم عمق در میدان مرکزی از جنوب غرب به سمت بخش عمیق‌تر در چاه شماره ۳، در شمال شرق نشان می‌دهد.

بحث چینه‌نگاری سکانشی

هم‌زمان با ادامه کافت‌زایی و بازشدگی دریای نئوتتیس در پرمین پسین و فرونشینی سریع حاصل گسل‌های اصلی ناحیه‌ای، پیشروی سریع آب دریا بر روی حاشیه آرام شمال شرق ورقه عربی صورت گرفته است. رخساره‌های پهنه‌کشندی و لاگونی در طی بالآمدگی سریع آب دریا، بر روی بخش انیدریتی نار نهشته شده و با ادامه فرونشینی و ایجاد فضای رسوبگذاری مناسب نهشته‌های پشته‌های سدی در گستره‌ی وسیعی از پلاتفرم کربناته نهشته شده است. رخساره‌های مذکور در انتهای دسته رسوبی پسرورنده توسط نهشته‌های بخش دریای باز پوشیده شده‌اند. در ادامه با کاهش نرخ فرونشینی و کاهش فضای رسوبگذاری،

۶- نتیجه‌گیری

تجزیه و تحلیل ریزرخساره‌های رسوبی در میادین مورد مطالعه، منجر به شناسایی ۱۵ ریزرخساره کربناته متعلق به زیرمحیط‌های پهنه کشندی، لاگون، پشته‌های سدی و دریای باز شده است. بر این اساس محیط‌های رسوبی سازندهای مطالعه شده یک رمپ کربناته کم شیب در نظر گرفته شده است که با توجه به شواهد رسوب‌شناختی این دو پلاتفرم کربناته در اقلیم گرم و خشک تشکیل شده‌اند. آنالیز ریزرخساره‌های تشکیل دهنده توالی‌های مطالعه شده بیان‌گر بیشترین فراوانی برای ریزرخساره‌های دانه‌پشتیبان گرینستونی در میادین مطالعه شده می‌باشد. این مهم بیانگر شرایط مداوم‌تر با انرژی بالا و عمق کم در زمان تشکیل این ریزرخساره‌ها بوده و سبب شده توالی‌های ضخیمی از ریزرخساره‌های مذکور در بازه‌های زمانی مختلف تشکیل گردد. ریزرخساره‌های گل‌پشتیبان مادستونی و وکستون بیوکلاستی دریای باز، در میادین بخش شرقی نسبت به میدان مرکزی فراوانی بیشتری دارند و بیانگر عمق بیشتر و شرایط آرام‌تر انرژی محیط در زمان ته‌نشست آن‌ها در چاه‌های ذکر شده است.

عمق حوضه رسوبی از سمت میدان مرکزی به طرف چاه شماره ۲ و سپس چاه شماره ۳ در میادین بخش شرقی عمیق‌تر شده است. با توجه به شواهد مذکور عمق کمتر بخش مرکزی خلیج فارس در ارتباط با تاثیر بلندای قدیمی قطر-کازرون در نظر گرفته شده است.

مطالعه ریزرخساره‌های رسوبی و تغییرات جانبی و عمودی آن‌ها منجر به شناسایی سه سکانس رسوبی رده سوم برای بخش بالایی سازند دالان و دو سکانس رسوبی رده سوم برای سازند کنگان شده است. مرز سکانس نوع اول در قاعده بخش بالایی سازند دالان به صورت مرز فرسایشی مشخص شده است. مرز بالایی این بخش نیز با عنوان مرز سکانس نوع اول و منطبق بر مرز پرموتریاس به صورت یک مرز ناپیوسته مشاهده شده است.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از شرکت‌های نفت فلات قاره ایران، نفت و گاز پارس و مهندسی و توسعه نفت به دلیل همکاری و در اختیار قرار دادن برش‌های نازک و داده‌های مورد نیاز دیگر تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

آل‌علی، م.، رحیم‌پوربناب، ح.، موسوی‌حرمی، ر.، جهانی، د.، اسدی اسکندر، ا (۱۳۹۲) محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانس سازند کنگان در میدان پارس جنوبی. مجله علوم زمین، شماره ۸۷، سال ۲۲، ص ۶۵-۷۴.

رحیم‌پوربناب، ح (۱۳۸۴) سنگ‌شناسی کربناته (ارتباط دیاژنز و تکامل تخلخل)، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۸۷ ص.

توکلی، و (۱۳۸۴) تاثیر دوگانه چینه‌نگاری سکانس بر کیفیت مخزنی رسوبات کربناته، مطالعه موردی: سازندهای دالان و کنگان در میدان گازی پارس جنوبی. مجله پژوهش نفت، شماره ۸۷، سال ۲۲، ص ۳۷-۵۱.

توکلی، و (۱۳۹۵) تاثیر رخساره‌های پس از انقراض پرمین - تریاس بر جدایش مخزنی سازندهای کنگان و دالان در بخش مرکزی خلیج فارس. مجله پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، شماره سوم، سال ۳۲، ص ۱-۲۰.

توکلی، و.، رحیم‌پوربناب، ح.، عباسی، م (۱۳۹۶) تعیین الگوی سکانس مناسب برای جدایش واحدهای مخزنی در عضو دالان بالائی، بخش مرکزی خلیج فارس. مجله پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، شماره ۶۷، سال ۳۳، ص ۸۳-۱۰۰.

- Abdolmaleki, J., Tavakoli, V., Asadi-Eskandar, A (2016) Sedimentological and diagenetic controls on reservoir properties in the Permian-Triassic successions of Western Persian Gulf, Southern Iran. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 141: 90-113.
- Adabi, M. H (2009) multistage dolomitization of Upper Jurassic Mozduran Formation, Kopet-Dagh Basin, N.E. Iran. *Journal of Carbonates and Evaporites*, 24:16-32.
- Aleali, M., Rahimpour-Bonab, H., Moussavi-Harami, R., Jahani, D (2013) Environmental and sequence stratigraphic implications of anhydrite textures: A case from the Lower Triassic of the Central Persian Gulf. *Journal of Asian Earth Sciences*, 75: 110-125.
- Alshahrhan, A. S (2006) Sedimentological character and hydrocarbon parameters of the middle Permian to early Triassic Khuff formation, United Arab Emirates. *Journal of GeoArabia*, 11: 121-158.
- Amel, H., Jafarian, A., Husinec, A., Koeshidayatullah, A., & Swennen, R (2015) Microfacies, depositional environment and diagenetic evolution controls on the reservoir quality of the Permian Upper Dalan Formation, Kish Gas Field. *Journal of Marine and Petroleum Geology*, 67: 57-71.
- Baud, A. Richoz, S., Pruss, S (2007) The lower Triassic anachronistic carbonate facies in space and time. *Journal of Global and Planetary Change*, 55: 81-89.

- system, biostratigraphy and stratigraphic architecture. *Journal of GeoArabia*, 11: 75–176.
- Jafarian, A., Javanbakht, M., Koeshidayatullah, A., Pimentel, N., Salad Hersi, O., Yahyaei, A., Beigi, M (2017) Paleo environmental, diagenetic, and eustatic controls on the Permo–Triassic carbonate–evaporite reservoir quality, Upper Dalan and Kangan formations, Lavan Gas Field, Zagros Basin. *Journal of Geological*, 53: 1442-1457.
- Karimi, H., Kohansal Ghadimvand, N., Kangazian, A (2015) Sedimentary Environment and Sequence Stratigraphy of the Kangan Formation in Kish Gas Field (Kish Well A1 Subsurface Section). *Journal of Science and Technology*, 8: 655–663.
- Khalifa, M. A (2005) Lithofacies, diagenesis and cyclicity of the ‘Lower Member’ of the Khuff Formation (Late Permian), Al Qasim Province, Saudi Arabia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 25: 719–734.
- Koehrer, B., Aigner, T., forke, H., Poppelreiter, M (2012) Middle to Upper Khuff (Sequences KS1 to KS4) outcrop-equivalents in the Oman Mountains: grainstone architecture on a subregional scale. *Journal of GeoArabia*, 17 (4), 59–104.
- Lucia, F. J (2007) Carbonate Reservoir Characterization. Springer-Verlag, Berlin, 341P.
- Maurer, F., Rettori, R. Martini, R (2008) Triassic stratigraphy, facies and evolution of the Arabian shelf in the northern United Arab Emirates. *Journal of Earth Sciences*, 97: 765–784.
- Maurer, F., Martini, R., Rettori, R., Hillgärtner, H. Cirilli, S (2009) The geology of Khuff outcrop analogues in the Musandam Peninsula, United Arab Emirates and Oman. *Journal of GeoArabia*, 14: 125–158.
- Moradpour, M., Zamani, Z., Moallemi, S. A (2008) Controls on the reservoir quality in the lower Triassic Kangan Formation, southern Persian Gulf. *Journal of Petroleum geology*, 31: 1–18.
- Peyravi, M., Kamali, M.R., Kalani, M (2010) Depositional environments and sequence stratigraphy of the Early Triassic Kangan Formation in the northern part of the Persian Gulf: implications for reservoir characteristics. *Journal of Petroleum geology*, 33: 371–386.
- Rahimpour-Bonab, H., Esrafil-Dizaji, B., Tavakoli, V (2010) Dolomitization and anhydrite precipitation in Permo-Triassic carbonates at the South Pars gas field, Offshore Iran: controls on reservoir quality. *Journal of Petroleum Geology*, 33: 43–66.
- Rahimpour-Bonab, H., Asadi-eskandar, A., Sonei, R (2009) Effects of the Permian–Triassic boundary on reservoir characteristics of the South Pars gas field, Persian Gulf. *Journal of Geological*, 44: 341–364.
- Burchette, T. P., Wright, V. P (1992) Carbonate ramp depositional systems. *Journal of Sedimentary Geology*, 79: 3–57.
- Catuneanu, O (2006) Principles of sequence stratigraphy, Elsevier. Amsterdam. 375P.
- Dickson, J. A. D (1965) A modified staining technique for carbonate in the thin section. *Journal of Nature*, 205: 587.
- Dunham, R. J (1962) Classification of carbonate rocks according to depositional texture. *Journal of American association petroleum geologist*, 1:108-121.
- Ehrenberg, S. N., Nadeau P. H. Aqrabi, A. A. M (2007) A comparison of Khuff and Arab reservoir potential throughout the Middle East. *AAPG Bulletin*, 86: 1709-1732.
- Embry, A. F., 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. In: (Vorren, T. O., Bergsager, E., Dahl-Stamnes, O. A., Holter, E., Johansen, B., Lie, E., Lund, T.B.), *Arctic Geology and Petroleum Potential*, 2: 121–146.
- Enayati-Bidgoli, A. H., 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. *Journal of Marine and Petroleum Geology*, 73: 36-58.
- Esrafil-Dizaji, B. Rahimour-Bonab, H (2009) Effects of depositional and diagenetic characteristics on carbonate reservoir quality: a case study from the South Pars field in the Persian Gulf. *Journal of Petroleum Geoscience*, 15: 325-344.
- Esrafil-Dizaji, B., rahimpour-Bonab, H (2013) a review of Permo-Triassic reservoir rocks in the Zagros area, SW Iran: influence of the Qatar-Fars arch. *Journal of Petroleum geology*, 36: 257–279.
- Esrafil-Dizaji, B. Rahimour-Bonab, H (2014) Generation and evolution of oolitic shoal reservoirs in the Permo-Triassic carbonates, the South Pars Field, Iran. *Journal of Petroleum Geoscience*, 15: 325-344.
- Flügel, E (2010) *Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation and application*, Springer-verlag: 976P.
- Fontana, S., Nader, F. H., Morad S., Ceriani, A., Al-Aasm, I. S (2010) Diagenesis of the Khuff Formation (Permian-Triassic), Northern United Arab Emirates. *Journal of Arab Geoscience*. 95-111.
- Insalaco, E., Virgone, A., Courme, B., Gaillot, J., Kamali, M., Moallemi, A., Lotfpour, M., Monibi, S (2006) Upper Dalan Member and Kangan Formation between the Zagros Mountains and offshore Fars, Iran: depositional

- Wilson, J. L (1975) Carbonate facies in geological history. Springer, Berlin–Heidelberg, New York. 471P.
- Rahimpour-Bonab, H (2007) A procedure for appraisal of a hydrocarbon reservoir continuity and quantification of its heterogeneity. *Journal of petroleum science and engineering*, 58: 1–12.
- Read, J. F (1985) Carbonate Platform Facies Models. *AAPG Bulletin*, 69 (1): 1–21.
- Reading, H. G (1996) *Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy*, 3rd Blackwell, 688P.
- Rezavand, N., Jahani, D., Asilian, H (2017) Facies, Depositional Environment and Sequence Stratigraphy of Dalan Formation in Persian Gulf (Qatar-South Fars Arch) Well SP-A Subsurface Section. *Journal of Science and Technology*, 10(34): 1-16.
- Sarg, J. F (1988) Carbonate sequence stratigraphy. In: Wilgus, C.K. et al. (eds.), *Sea level changes: an integrated approach: SEPM Special publication*, 42:155-181.
- Sharland, P. R., Archer, R., Casey, D. M., Davies, R. B., Hall, S. H., Heward, A. P., Horbury, A. D., Simmons, M. D (2001) Arabian Plate Sequence Stratigraphy. *Journal of GeoArabia Special Publication 2*, 371P.
- Sharland, P. R., Casey, D. M., Davies, R. B., Simmons, M. D. Sutcliffe, O. E (2004) Arabian plate sequence stratigraphy - Revisions to SP2. *Journal of GeoArabia*, 9 (1):199-214.
- Shinn, E. A (1983) Birdseyes, fenestrae, shrinkage pores and loferites: a reevaluation. *Journal of Sedimentary Petrology*, 53: 619-629.
- Shinn, E. A (1986) Modern carbonate tidal flats: their diagnostic features. *Journal of Colorado School of mines*, 81: 7–35.
- Szabo, F., Kheradpir, A (1978) Permian and Triassic stratigraphy, Zagros basin, southwest Iran. *Journal of Petroleum Geology*, 2: 57-82.
- Tavakoli, V., Rahimpour-Boab, H., Esrafil-Dizaji, B (2010) Diagenetic controlled reservoir quality of South Pars gas field, an integrated approach. *Journal of Geoscience*, 343: 55–71.
- Tavakoli, V., Naderi-Khujin, M., Seyedmehdi, Z (2018) The end-Permian regression in the western Tethys: sedimentological and geochemical evidence from offshore the Persian Gulf, Iran. *Journal of Geo-Marine Letters*. 38 (2): 179-192.
- Tucker, M. E., Wright, V. P (1990) *Carbonate sedimentology*. London, Blackwell Scientific Publications, 482P.
- Tucker, M. E (2001) *Sedimentary petrology*, Third edition, Blackwell, Oxford, 260P.
- Warren, J. K (2006) *Evaporites: sediments, resources and hydrocarbons*. Springer Verlag, Brunei, 1035P.