

# تاریخچه رسوب گذاری و پس از رسوب گذاری عضو گوری در جنوب خاور حوضه رسوبی زاگرس

افشین زهدی<sup>۱</sup>، سید علی معلمی<sup>۲</sup> و محمد علی صالحی<sup>۳</sup>

استادیار، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران  
 استادیار، پژوهشکده ازدیاد برداشت از مخازن نفت و گاز، تهران، ایران  
 استادیار، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران  
 تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۰۳

## چکیده

در حوضه رسوبی زاگرس، بیشترین ستبرای از کربنات های عضو گوری در رخنمون های خاور منطقه بندرعباس قابل اندازه گیری است. در این پژوهش، عضو گوری در پنج رخنمون در منطقه بندرعباس مورد مطالعه چینه شناسی و رسوب شناسی قرار گرفت. عضو گوری در رخنمون های مورد مطالعه شامل سنگ آهک با میان لایه های مارن است و ستبرای آن از ۵۴۰ متر در رخنمون هندون در خاور منطقه بندرعباس تا ۵۲ متر در رخنمون نخ در باختر منطقه بندرعباس متغیر است. مطالعات رخساره ای و استفاده از نسبت  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (مقادیر  $0.708522$  و  $0.708790$ )، در لایه های سنگ آهکی قاعده این عضو بیانگر شروع رسوب گذاری این نهشته ها در فاصله زمانی بوردیگالین و لانگین و در قالب رخساره کربناته است. مطالعات صحرایی و توزیع رخساره ها بیانگر یک سکوی کربناته از نوع شلف برای رسوب گذاری نهشته های کربناته عضو گوری در منطقه بندرعباس است. مطالعات سنگ نگاری و تجزیه های ژئوشیمیایی عنصری (استرانسیم، منگنز و آهن) و ایزوتوبی (اکسیژن و کربن) نیز بیانگر تأثیر فرایندهای دیاژنزی دریایی و تدفین کم ژرفا با منشأ سیال های بیشتر دریایی روی نمونه های کربناته عضو گوری پس از رسوب گذاری است. مقایسه مقادیر ایزوتوپ های اکسیژن و کربن نمونه های عضو گوری با محدوده ایزوتوپ های اکسیژن و کربن متعلق به کربنات های کلسیتی دریایی میوسن پیشین تا میانی و همچنین تغییرات بیشتر در مقادیر ایزوتوپ اکسیژن (میان  $1/19$  تا  $5/39$  - بخش در هزار) و تغییرات کمتر در ایزوتوپ کربن (میان  $2/2$  تا  $1/05$  - بخش در هزار)، بیانگر تأثیر سیال های تدفینی کم ژرفا (فریاتیک دریایی) روی نمونه های کربناته عضو گوری است.

**کلیدواژه ها:** رخساره کربناته، ژئوشیمی، عضو گوری، میوسن، زاگرس.

\*نویسنده مسئول: افشین زهدی

E-mail: afshin.zohdi@znu.ac.ir

## ۱- پیش نوشتار

عضو گوری در گذشته به نام های دیگری مانند سازند گوری و یا آهک اُپر کولینادار خوانده می شد؛ ولی امروزه عضوی از سازند میشان است که برش الگوی آن در تنگ گوری در ۲۸ کیلومتری جنوب خاور شهرستان لار، به ستبرای ۱۱۱ متر اندازه گیری و گزارش شده است (James and Wynd, 1965). این عضو در برش نمونه از سنگ آهک های متوسط تا ستبرای لایه دارای فسیل های فراوان (مانند اویستر، جلبک سرخ و روزن برهای کفزی) با تناوب مارن خاکستری تا سبز تشکیل شده است (James and Wynd, 1965). تغییرات ستبرای این عضو در حوضه رسوبی زاگرس بسیار زیاد است و از جمله مناطقی که برنزدهای نهشته های متعلق به عضو گوری در آن گسترش زیادی دارند؛ منطقه بندرعباس و جنوب خاور حوضه رسوبی زاگرس است که در برگزیده ستبرای قابل توجهی از این نهشته های کربناته است (مطیعی، ۱۳۷۲) (شکل ۱). در این پژوهش سعی شده است که این توالی کربناته در رخنمون های قابل برداشت منطقه بندرعباس (رخنمون های خوش، هندون، انگورو، باویون و نخ) از دید تاریخچه رسوبی و پس از رسوب گذاری به طور کامل مطالعه شود. لازم به توضیح است که در چند سال گذشته بخش سنگ آهک گوری مورد توجه زمین شناسان بسیاری قرار گرفته است و این نهشته ها از جنبه های مختلف زیست چینه نگاری، محیط رسوبی و چینه نگاری سکاسی در بخش های مختلف حوضه رسوبی زاگرس مطالعه شده اند؛ که می توان به مطالعات انجام شده توسط (Rahmani et al. (2010), Heidari et al. (2014), حسینی پور و همکاران (۱۳۹۳)، دانشیان و همکاران (۱۳۹۵) و (Daneshian et al. (2016) اشاره کرد. بنابراین در راستای مطالعات پیشین صورت گرفته روی این نهشته ها، پژوهش حاضر کوششی است برای تعیین سن دقیق شروع رسوب گذاری عضو گوری در منطقه بندرعباس با استفاده از داده های ایزوتوپ استرانسیم، شناسایی رخساره ها و تعیین نوع محیط رسوب گذاری این نهشته ها و همچنین بررسی دقیق تغییرات دیاژنزی عضو گوری که در بخش های جنوب خاور حوضه رسوبی زاگرس رخنمون قابل توجهی دارد. امید است که نتایج حاصل از این پژوهش در میدان های گازی که عضو گوری سنگ مخزن مناسبی را تشکیل می دهد، مورد استفاده قرار بگیرد.

## ۲- زمین شناسی

حوضه رسوبی زاگرس با طولی برابر با ۱۸۰۰ کیلومتر، در بخش های میانی کمربند کوهزایی آلپین-همالیای جای گرفته است و به صورت یک نوار پهناور باروند شمال باختر- جنوب خاور از کوه های تاروس (Taurus) در ترکیه آغاز می شود و تا تنگه هرمز در ایران گسترش می یابد (Stocklin, 1968; Alavi, 1994; Farzipour-Saein et al., 2013). این رشته کوه از شمال خاور توسط گسل رورانده اصلی زاگرس و از جنوب باختر توسط خلیج فارس محدود می شود که امروزه تشکیل یک حوضه پیش بومی فعال را داده است. منطقه بندرعباس، محدوده ای از جنوب خاور حوضه رسوبی زاگرس است که حد خاوری آن را گسل زندان-میناب و حد شمالی آن را جبهه چین های زاگرس تشکیل می دهد و از سوی جنوب به آب های خلیج فارس محدود می شود. از ویژگی های کلی این ناحیه می توان به این موارد اشاره کرد: بیشتر رخنمون های این منطقه از رسوبات گروه فارس تشکیل شده اند. ستبرای قشر رسوبی در این ناحیه به مراتب بیشتر از ناحیه فارس است و از این دید با فروافتادگی دزفول شباهت دارد. بیشتر رخنمون های این منطقه دارای راستای محوری خاوری-باختری و شمال خاوری- جنوب باختری هستند، که در تضاد با امتداد کلی رخنمون های زاگرس است که شمال باختری- جنوب خاوری شناخته شده اند (مطیعی، ۱۳۷۲). شکل ۱ موقعیت چینه نگاری سازندهای میوسن در پهنه چین خورده زاگرس را از سوی جنوب باختر به شمال خاور نمایش می دهد. ستون چینه شناسی زمان میوسن در منطقه مورد مطالعه دربر گیرنده سازند آواری رازک یا معادل آن تبخیری های گچساران و کربنات های آسماری، بخش سنگ آهک گوری، سازندهای میشان و آغاجاری و کنگلومرای بختیاری به عنوان جدیدترین توالی منطقه است.

عضو آهک گوری که در قاعده سازند میشان قابل شناسایی است؛ متعلق به محیط دریایی کم ژرفاست که در زمان میوسن در حوضه رسوبی زاگرس رسوب گذاری کرده است (Heidari et al., 2014). این عضو در بخش های خاوری منطقه مورد مطالعه روی سازند آواری- کربناته رازک و در بخش های باختری تر منطقه روی تبخیری های سازند گچساران جای می گیرد (شکل ۲). این کربنات ها در همه

ژرفای حوضه و نوع زیر محیط‌های رسوبی دیرینه تعیین شده است. عضو گوری در برش‌های مورد مطالعه دارای ۶ رخساره کربناته مربوط به ۲ زیر محیط رسوبی است (جدول ۱). در ادامه رخساره‌های معرفی شده از سنگ‌آهک‌های گوری به ترتیب از بخش‌های کم‌ژرف‌تر حوضه به سوی مناطق ژرف‌تر به‌طور کامل توصیف می‌شود.

#### ۴-۱. وکستون تا پکستون دارای میلیولید

این رخساره در برش‌های مورد مطالعه گسترش قابل توجهی دارد و ساختمان رسوبی مشخصی در آن شناسایی نشده است. در رخنمون‌های صحرایی، این رخساره به‌صورت یک سنگ‌آهک متوسط تا سترلایه به رنگ خاکستری دیده می‌شود. مشخصه اصلی این رخساره گوناگونی پایین آلوم‌های اسکلتی در آن است و با حضور روزن‌بران کف‌زی با پوسته تیره و بدون منفذ مانند میلیولید (۱۶ درصد) و بورلیس ملو (۱۰ درصد) مشخص می‌شود. همراه با میلیولید، مقادیر کمتر از خرده‌های دوکفه‌ای (۶ درصد) و گاستروید (۵ درصد) مجموعه آلوم‌های اسکلتی سازنده این رخساره را تشکیل می‌دهند (شکل ۵-A). میانگین اندازه ذرات اسکلتی در این رخساره کمتر از ۱ میلی‌متر است. ذرات اسکلتی تشکیل‌دهنده این رخساره به‌صورت سالم دیده می‌شوند. از آلوم‌های غیر اسکلتی شناسایی شده در این رخساره می‌توان به پلت‌های مدفوعی (۷ درصد) و پلوید (۵ درصد) حاصل از میکربیتی شدن کامل اجزای اسکلتی اشاره کرد. این رخساره بدون هر گونه فسیل شاخص دریای باز است. این رخساره بیشتر در رخنمون‌های خاوری منطقه بندرعباس (مانند رخنمون‌های خوش، هندون و انگورو) شناسایی شده است.

#### ۴-۲. وکستون تا پکستون حاوی روزن‌برهای کف‌زی با پوسته تیره

این رخساره در طی مطالعات صحرایی به‌صورت کالک‌آرنایت و به رنگ خاکستری روشن دیده می‌شود. روزن‌بران کف‌زی با پوسته‌های تیره و پورسلانوز مانند تاپرینا مالاباریکا (۱۸ درصد) و بورلیس ملو (۱۶ درصد)، به همراه خرده‌های اسکلتی دیگر همچون میلیولید (۸ درصد) و گاستروید (۶ درصد) تشکیل‌دهندگان اصلی این رخساره هستند. میانگین اندازه ذرات تشکیل‌دهنده این رخساره میان ۱ تا حدود ۴ میلی‌متر متغیر است. ذرات اسکلتی تشکیل‌دهنده این رخساره به‌صورت سالم و خرد نشده دیده می‌شوند. این رخساره دارای یک بافت و کستون تا پکستونی است (شکل ۵-B).

#### ۴-۳. باندستون مرجانی

این رخساره در طی مشاهدات صحرایی به‌صورت پیوسته بوده و در فواصل طولانی قابل پیگیری است (شکل‌های ۵-C و E). تنها آلوم‌های تشکیل‌دهنده این رخساره مرجان‌های سالم، برجا و بدون هر گونه خردشدگی هستند. فضاهای خالی موجود در بدنه مرجانی بیشتر توسط سیمان کلسیتی و گاه توسط میکرب پر شده است. این رخساره با دیگر رخساره‌های سدی دارای جلبک سرخ به‌صورت متناوب دیده می‌شود. رخساره باندستونی مرجانی تنها در رخنمون‌های خاور منطقه بندرعباس (مانند رخنمون‌های هندون و انگورو) با گسترش قابل ملاحظه‌ای شناسایی شده است.

#### ۴-۴. رودستون تا باندستون دارای جلبک سرخ

این رخساره نیز همانند رخساره باندستون مرجانی نمونه‌ای از سنگ‌آهک برجا به شمار می‌آید. در این رخساره جلبک‌های سرخ (۳۵ درصد) به همراه قطعات مرجان (۸ درصد)، بریوزوا (۶ درصد) و روزن‌بران کف‌زی با پوسته روشن و منفذدار (۵ درصد) از سازندگان اصلی بافت سنگ به شمار می‌روند (شکل‌های ۵-C و D). جلبک‌های سرخ در این رخساره بیشتر گرهک‌های رودولیت را تشکیل می‌دهند و به‌صورت کروی‌شکل و صفحه‌ای‌شکل در مقاطع نازک میکروسکوپی دیده می‌شوند.

#### ۴-۵. وکستون تا پکستون دارای روزن‌بران کف‌زی با پوسته روشن

در رخنمون‌های صحرایی، این رخساره به‌صورت یک سنگ‌آهک متوسط‌لایه به رنگ روشن تا خاکستری روشن دیده می‌شود؛ که دارای ساختمان‌های چین‌بندی مورب است (شکل ۶-A). آلوم‌های اسکلتی متعلق به روزن‌بران کف‌زی با پوسته روشن و منفذدار مانند اپرکولینا (۱۷ درصد) و آمفیستینا (۱۲ درصد)، جلبک سرخ (۸ درصد) به همراه قطعات مربوط به دوکفه‌ای‌های بزرگ (۷ درصد) اجزای اصلی این رخساره را تشکیل می‌دهند. از اجزای فرعی این رخساره می‌توان به قطعات

برش‌های مورد مطالعه به‌صورت تدریجی به مارن‌های سازنده می‌شاند تبدیل می‌شوند (شکل ۲). عضو گوری از دید ستبرا در ناحیه مورد مطالعه تغییرات قابل توجهی نشان می‌دهد؛ به‌طوری که از خاور به باختر منطقه بندرعباس تفاوت قابل ملاحظه‌ای دارد (شکل ۲). ستبرای عضو آهکی گوری در رخنمون هندون در بخش‌های خاوری منطقه در حدود ۵۴۰ متر است و به سوی باختر و در رخنمون‌های باویون و نخ به ترتیب ستبرای‌هایی در حدود ۹۵ و ۵۲ متر را تشکیل می‌دهد (شکل‌های ۳ و ۴). از دید سنگ‌شناسی عضو گوری در منطقه بندرعباس از توالی سنگ‌آهک‌های متوسط تا سترلایه، سنگ‌آهک مارنی و مارن آهکی تشکیل شده است. سنگ‌آهک‌های گوری به رنگ نخودی و کرم تا قهوه‌ای و با میان‌لایه‌های مارن خاکستری تا سبز دیده می‌شود. از اجزای زیستی دیده شده در این عضو، می‌توان به مرجان‌های شاخه‌ای بزرگ (شکل ۳-D)، جلبک‌های سرخ (شکل ۳-E)، قطعات خارپوست، دوکفه‌ای و اویستر (شکل‌های ۴-E و F) و بریوزوا اشاره کرد.

### ۳- روش مطالعه

برای دستیابی به اهداف مورد نظر، از روش‌های مختلف گردآوری اطلاعات صحرایی و آزمایشگاهی استفاده شد و در پایان این اطلاعات با یکدیگر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. پس از مطالعه نقشه‌ها، به‌ویژه نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ بندرعباس (فخاری، ۱۳۷۴)، منطقه مورد مطالعه مورد پیمایش قرار گرفت و بهترین رخنمون‌ها (شکل‌های ۳ و ۴) برای انجام نمونه‌برداری انتخاب شد. در طی عملیات صحرایی به مرز میان لایه‌ها، ستبرای لایه‌ها و وجود ساختمان‌های رسوبی در آنها توجه و در حدود ۱۰۱۲ متر لایه رسوبی به‌طور کامل اندازه‌گیری، توصیف و نمونه‌برداری شده است. در طی مطالعات سنگ‌نگاری ۴۵۰ مقطع نازک توسط میکروسکوپ پلاریزان، ۹ نمونه توسط میکروسکوپ الکترونی و ۱۰ نمونه توسط میکروسکوپ کاتدولومینسانس مطالعه شد. همه مقاطع میکروسکوپی توسط محلول آلزاین سرخ (Red-S) به منظور تشخیص کانی کلسیت از دولومیت به روش (Dickson 1965) رنگ‌آمیزی شده است. در این پژوهش سنگ‌های آهکی به روش‌های (Dunham 1962) و (Embry and Klovan 1971) نام‌گذاری شدند. مطالعات تکمیلی سنگ‌نگاری توسط میکروسکوپ الکترونی مدل VEGA\TESCAN در مرکز متالوژی رازی و میکروسکوپ کاتدولومینسانس در پژوهشگاه صنعت نفت تهران انجام شد. برای مطالعات ژئوشیمیایی عنصری (استرانسیم، منگنز و آهن) و ایزوتوپ‌های اکسیژن و کربن، ۱۹ نمونه و برای تجزیه ایزوتوپ استرانسیم، ۶ نمونه از کربنات‌های عضو گوری انتخاب و در آزمایشگاه ژئوشیمی دانشکده علوم زمین دانشگاه بوخوم در کشور آلمان تجزیه شد. برای تعیین عناصر اصلی و فرعی از دستگاه (ICP-OES, Thermo Fisher Scientific iCAP 6500 DUO) مقادیر ایزوتوپ‌های اکسیژن و کربن نیز توسط دستگاه اسپکترومتر جرمی (VG SIRA Series II) اندازه‌گیری شده است. خطای اندازه‌گیری ایزوتوپی %  $\pm 0.1$  بوده است. نسبت‌های ایزوتوپی  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  توسط دستگاه اسپکترومتر جرمی اندازه‌گیری شد. میانگین دقت برای اندازه‌گیری نسبت ایزوتوپی  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  به‌صورت منفرد در این مطالعه کمتر از ۰/۰۰۰۲۷ است. در این مطالعه از استانداردهای رایج SRM NBS-987 با نسبت ایزوتوپی  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  برابر با ۰/۷۱۰۲۴۹ و EN-1 با نسبت ایزوتوپی  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  برابر با ۰/۷۹۰۱۷۷ استفاده شده است (Geske et al., 2012). در پایان از تلفیق داده‌ها و تجزیه و تحلیل اطلاعات حاصل از مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی، تاریخچه رسوب‌گذاری و پس از رسوب‌گذاری عضو گوری در منطقه بندرعباس تفسیر شد.

### ۴- رخساره‌ها

سنگ‌آهک‌های گوری از دید محتوای فسیلی بسیار غنی و سرشار از روزن‌بران کف‌زی با پوسته‌های تیره و روشن، مرجان، جلبک سرخ، بریوزوا و دوکفه‌ای‌های بزرگ نظیر اویستر هستند. در این سازند، بر پایه فراوانی و توزیع محتوای فسیلی،

رو به دریای شلف داخلی و بالای سطح اساس امواج عادی در نظر گرفته می‌شود. گوناگونی بالای آلوکم‌های اسکلتی در رخساره‌های و کستون تا پکستون دارای روزن‌بران کف‌زی با پوسته روشن مانند اپرکولینا و رودستون دارای دوکفه‌ای بزرگ مانند اویستر، بیانگر افزایش ژرفای آب و همچنین چرخش مناسب آب در محیط رسوب گذاری این رخساره است. با توجه به مواردی که بیان شد؛ احتمالاً این رخساره در شرایط انتهایی شلف میانی رسوب گذاری کرده است. به‌طور کلی می‌توان گفت که در سکوی کربناته عضو گوری، روزن‌بران کف‌زی با پوسته‌های تیره و پرسلانوز (مانند میلیولیدا، تابرینا مالاباریکا و بوریس ملو) معمولاً همراه با رخساره‌های شلف داخلی و محیط‌های کم‌ژرفای دریایی، روزن‌بران کف‌زی با پوسته روشن (مانند اپرکولینا)، بریوزوآ و قطعات جلبک سرخ همراه با مجموعه رخساره‌های متعلق به دریای باز (شلف میانی) و در جلوی رخساره‌های سدی (باندستون مرجانی) دیده می‌شوند. در زمان رسوب گذاری کربنات‌های عضو گوری، رخنمون‌های بخش‌های خاوری منطقه بندرعباس بیشتر از رخساره‌های کم‌ژرفا و متعلق به زیرمحیط شلف داخلی تشکیل شده‌اند. ژرفای کم محیط رسوب گذاری عضو گوری در بخش‌های خاوری منطقه، سبب فراهم کردن شرایطی مناسب برای تشکیل نهشته‌های کربناته با سترهای قابل توجه در این منطقه شده است؛ به گونه‌ای که سترهای عضو گوری در رخنمون هندون تا حدود ۵۴۰ متر نیز اندازه‌گیری شده است.

در زمان رسوب گذاری عضو گوری (میوسن پیشین تا میانی) در منطقه بندرعباس شرایط محیطی از شلف داخلی تا شلف میانی و سپس شلف خارجی در تغییر بوده است؛ اما شرایط شلف داخلی در بیشتر رخنمون‌های مطالعه شده حاکم بوده است. به‌طوری که در قاعده عضو گوری با توجه به فراوانی رخساره‌های غنی از روزن‌بران تیره و پرسلانوز بیشتر شرایط شلف داخلی حاکم بوده است. از سوی دیگر رسوبات این بخش به‌طور مستقیم روی رسوبات متعلق به سازندهای رازک (خاور منطقه) و گچساران (باختر منطقه بندرعباس) قرار گرفته‌اند و به سوی بالا و رأس عضو گوری شرایط زیر محیط شلف میانی حکم فرما شده است. در انتهای میوسن پیشین شرایط رسوب گذاری با ژرف تر شدن محیط از سنگ‌آهک‌های عضو گوری به مارن‌های سازند میشان تغییر می‌کند که غنی از روزن‌بران پلانکتون هستند (Daneshian et al., 2016).

#### ۶- فرایندهای دیاژنی

در این بخش با توجه به مطالعات سنگ‌نگاری و ژئوشیمیایی، فرایندهای دیاژنی مؤثر بر سنگ‌آهک‌های عضو گوری شناسایی و بر پایه تلفیق این اطلاعات توالی دیاژنی تفسیر شده است.

#### ۶-۱. مطالعات سنگ‌نگاری

رخساره‌های رسوبی عضو گوری توسط فرایندهای دیاژنی گوناگون مانند میکریتی شدن و بورینگ (شکل‌های A-8 و B)، تبلور دوباره (شکل A-8-C)، انواع سیمان‌ها (هم‌ستر، رورشدی، دروزی، هم‌بعد، بلوکی و هم‌محور) (شکل‌های A-8-D و F و A-9-F)، انحلال (شکل‌های G-9 و H)، دولومیتی شدن (دولومیت‌های هم‌اندازه و ریزبلور) (شکل‌های A-10 تا D)، سیلیسی شدن (شکل‌های A-11 و B) و تشکیل شکستگی (شکل‌های C-11 و D) در طی مراحل مختلف تدفین تا بالا آمدن تحت تأثیر قرار گرفته‌اند. این فرایندها از زمان رسوب گذاری عضو گوری در زمان میوسن پیشین- میانی، تا محیط‌های تدفین ژرف تر و حتی پس از بالا آمدگی به دفعات نهشته‌های کربناته عضو گوری را تحت تأثیر قرار داده‌اند و رخداد هر یک ممکن است بر رخداد فرایند دیگر تأثیر داشته باشد و شدت عملکرد فرایندهای دیگر را متأثر سازد. با توجه به محل قرارگیری و جایگاه رسوبی کربنات‌های عضو گوری به نظر می‌رسد که پس از ته‌نشست و رسوب گذاری و تأثیر فرایندهای دیاژنی دریایی، بیشتر این رسوبات به دلیل مجاورت با محیط‌های ساحلی و نوسان‌های سطح آب دریا در طی میوسن به میزان قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر فرایندهای دیاژنی جوی نیز قرار بگیرند. مطالعات سنگ‌نگاری (میکروسکوپ‌های پلاریزان، الکترونی و کاتدولومینسانس) صورت گرفته در این پژوهش، فرایندهای دیاژنی متأثر از

اکیونید (۴ درصد)، بریوزوآ (۳ درصد) و روزن‌برهای پلانکتون مانند گلوبیژرینا (۳ درصد) اشاره کرد (شکل‌های ۶-B و D). گوناگونی آلوکم‌های اسکلتی در این رخساره بالاست. متن سنگ در این رخساره بیشتر از میکریتی تشکیل شده است و بافت و کستون تا پکستون دارد. این رخساره بیشتر در رخنمون‌های باختر منطقه بندرعباس (مانند رخنمون نخ) شناسایی شده است.

#### ۴-۶. رودستون دارای اویستر

این رخساره در طی مطالعات صحرایی به‌صورت کلسی‌رودایت و غنی از دوکفه‌ای‌های بزرگ مانند اویستر با اندازه‌های میان ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر دیده می‌شود. آلوکم‌های اصلی سازنده این رخساره را اویستر (۴۰ درصد) به همراه خرده‌های بیوکلاستی همچون بریوزوآ (۷ درصد) و جلبک سرخ (۶ درصد) تشکیل می‌دهند (شکل ۶-E). به میزان کمتر روزن‌بران کف‌زی با پوسته روشن (۴ درصد) و خرده‌های اکیونید (۳ درصد) نیز دیده شده است. در برخی از نمونه‌ها همراه دوکفه‌ای‌های بزرگ، روزن‌بران پلانکتون مانند گلوبیژرینا (۳ درصد) دیده شده است. بافت رخساره، دانه‌پشتیان و بیشتر به‌صورت رودستون دیده می‌شود. این رخساره بیشتر در رخنمون‌های باختر منطقه بندرعباس (مانند رخنمون‌های باویون و نخ) با گسترش قابل ملاحظه‌ای شناسایی شده است.

#### ۵- محیط رسوبی

به دلیل حضور ریف‌های پیوسته و واقعی و تغییرات سریع رخساره‌ها و سنگ‌شناسی می‌توان محیط رسوب گذاری عضو گوری را در منطقه بندرعباس به یک سکوی کربناته از نوع شلف نسبت داد (شکل ۷). البته باید به این نکته اشاره کرد که نبود رسوبات لغزشی و ریزشی در نهشته‌های مطالعه شده به دلیل شناسایی نشدن رخساره‌های متعلق به بخش‌های ژرف تر حوضه است که مشخصه چنین رخساره‌هایی فراوانی روزن‌بران پلانکتون است که درون این رخساره ژرف، رسوبات حمل شده از مناطق کم‌ژرفا تر دیده شود. همچنین به دلیل دیده نشدن شواهد خروج از آب (مانند استروماتولیت و بافت چشم پرندای) رخساره‌های مربوط به زیرمحیط پهنه‌های کشندی نیز شناسایی نشده است. بر پایه توزیع روزن‌بران کف‌زی و دیگر آلوکم‌های اسکلتی شناسایی شده و روابط هندسی رخساره‌ای، ۲ زیرمحیط رسوبی برای عضو گوری در منطقه بندرعباس تشخیص داده شد (شکل ۷). این زیرمحیط‌های رسوبی از بخش کم‌ژرفا تر به سوی مناطق ژرف تر شامل شلف داخلی و میانی هستند. در نمونه‌های مطالعه شده، رخساره‌های مربوط به نواحی شلف خارجی که مشخصه آنها وجود روزن‌بران پلانکتون است، دیده و شناسایی نشده است. لازم به توضیح است که، همانند چنین سکوی کربناته‌ای در زمان میوسن پیشین تا میانی توسط پژوهشگران مختلف در دیگر بخش‌های شمالی و جنوبی اقیانوس تیس شناسایی و گزارش شده است (e.g., Pomar et al., 1996; Pomar and Ward, 1999; Conti et al., 2017; Salocchi et al., 2017).

زیرمحیط شلف داخلی (رخساره‌های شماره ۱ و ۲ که غنی از میلیولید و روزن‌بر کف‌زی با پوسته تیره و پرسلانوز است) به دلیل محصور بودن در پشت سد مرجانی و جلبکی، دارای انرژی کم و چرخش محدود آب هستند. از ویژگی مشترک این رخساره‌ها، گوناگونی کم بایوکلاست‌ها و حضور روزن‌بران با پوسته پرسلانوز (بی‌منفذ) است. گوناگونی کم آلوکم‌های اسکلتی و حضور بالای روزن‌بران کف‌زی با دیواره‌های تیره و پرسلانوز، بیانگر محیط به نسبت آرام با چرخش محدود آب و تشکیل رخساره‌های شماره ۱ و ۲ در یک محیط کم‌ژرفای با انرژی پایین است (Beavington-Penney and Racey, 2004; Palma et al., 2007; Adabi et al., 2016). رخساره‌های باندستون مرجانی و رودستون تا باندستون دارای جلبک سرخ توسط جانداران درجا و در حاشیه سکوی کربناته عضو گوری به‌صورت نهشته‌های ریفی تشکیل شده است و در بالای سطح اساس امواج عادی قرار می‌گیرد (Wilson, 1975; Brandano et al., 2010; Perrin and Bosellini, 2012). محیط تشکیل این رخساره با توجه به موقعیت چینه‌شناسی آن در توالی‌های شناسایی شده، انتهایی‌ترین بخش

### ۶-۳. توالی پارائزی

در هنگام رسوب‌گذاری کربنات‌های عضو گوری و در محیط فریاتیکی دریایی، فرایندهای زیستی مانند میکربیتی شدن و تشکیل پوشش‌های میکربیتی و در کل آشفتگی زیستی این رسوبات را تحت تأثیر قرار داده‌اند (شکل‌های A-8 و B). سیمان هم‌ستبرای حاشیه‌ای (با فراوانی کمتر از ۵ درصد، شکل A-8-D) به عنوان اولین نسل سیمان (Madden and Wilson, 2013) در نمونه‌های مورد مطالعه پس از میکربیتی شدن تشکیل شده است (شکل ۱۳). در ادامه، سیمان‌های کلسیتی اسپاری (هم‌بعد و بلوکی)، بخش قابل توجهی از فضاهای میان‌دانه‌ای و درون‌دانه‌ای موجود در میان ذرات را پر کرده است (شکل‌های A-9 تا D). سیمان کلسیتی هم‌بعد فراوان‌ترین سیمان کربناته تشکیل شده در کربنات‌های عضو گوری در منطقه بندرعباس به شمار می‌آید. اگر چه فراوانی این سیمان هیچ‌گاه به حدی نمی‌رسد، که سبب تشکیل بافت چیره گریستونی حتی در رخساره‌های شلف داخلی و پرانرژی عضو گوری در منطقه بندرعباس شود. به عبارت دیگر، از آنجا که بیشتر رخساره‌های عضو گوری گل‌پشتیان است؛ بنابراین سیمانی شدن گسترش‌چندانی در رخساره‌های شناسایی شده این نهشته‌های کربناته در منطقه بندرعباس نداشته است؛ اما با این وجود در رخساره‌های شلف میانی، سیمانی شدن می‌تواند به عنوان یکی از فرایندهای اصلی دیاژنزی و تأثیرگذار در این نهشته‌ها به شمار آید. سیمان کلسیتی رورشدی حاشیه‌ای در پیرامون خرده‌های اکینودرم (شکل‌های E-9 و F)، بیشتر بدون میانبار و به حالت شفاف و روشن است که مؤید تشکیل آنها در محیط‌های با ژرفای تدفین کم و فریاتیکی دریایی است (Flügel, 2010). هم‌زمان با رخداد فرایندهای دیاژنزی یادشده، در محیط فریاتیکی دریایی تا تدفین کم ژرفا، تراکم به عنوان پدیده‌ای دیاژنزی مستمر رسوبات را تحت تأثیر قرار می‌دهد و سبب کاهش حجم فضاهای میان‌دانه‌ای می‌شود (شکل ۱۳).

در ادامه و تحت تأثیر آب‌های تحت اشباع نسبت به کربنات کلسیم (احتمالاً با منشأ تدفینی به دلیل نبود مرز سکانشی نوع اول در توالی مورد مطالعه)، بخشی از اجزای اسکلتی با ترکیب کانی‌شناسی ناپایدار (آراگونیت و کلسیت با منیزیم بالا) موجود در کربنات‌ها حل شده‌اند (شکل‌های G-9 و H). در طی مرحله تدفین کم ژرفا در پی تأثیر آب‌های دریایی غنی از منیزیم، فرایند دولومیتی شدن و جانشینی بلورهای کلسیت توسط بلورهای دولومیت ریزبلور، هم‌اندازه و شکل‌دار در بخش سنگ‌آهک گوری رخ داده است (شکل‌های A-10 تا D). بلورهای ریز دولومیت تنها رخساره‌های دریایی و متعلق به زیرمحیط شلف میانی را تحت تأثیر قرار داده‌اند. با ادامه فرایند تدفین، فرایند سیلیسی شدن به میزان کم کربنات‌های عضو گوری را تحت تأثیر قرار می‌دهد (شکل‌های A-11 و B). این فرایند در نمونه‌های مورد مطالعه شامل جایگزینی انتخابی اجزای تشکیل‌دهنده سنگ‌آهک‌های عضو گوری، توسط سیلیس است. بافت اولیه این اجزا نیز به‌طور کامل حفظ شده است. این فرایند را می‌توان به عنوان «جانشینی انتخابی» در نظر گرفت که در طی آن، بخشی از سنگ‌آهک‌های میزبان و اولیه توسط سیلیس جانشین می‌شود. به نظر می‌رسد که فسیل‌ها در مقایسه با ماتریکس میکربیتی راحت‌تر تحت تأثیر فرایندهای سیلیسی شدن قرار می‌گیرند؛ که می‌تواند به دلیل توانایی قابل ملاحظه مواد آلی در جذب و اتصال به سیلیس باشد (Blatt, 1992). در سنگ‌آهک‌های عضو گوری در منطقه بندرعباس فرایند جانشینی انتخابی سیلیس در نمونه‌های فسیلی به‌طور چیره در پوسته‌های بریوزوآ و روزن‌بران کفزی با پوسته روشن دیده شده است (شکل‌های A-11 و B). در محیط دیاژنزی تدفین ژرف‌تر، تأثیر تراکم فیزیکی به بیشترین مقدار خود رسیده است؛ به گونه‌ای که سبب ترک خوردگی، شکستگی و له شدن آلوکم‌ها می‌شود. تراکم شیمیایی و ایجاد درزه‌های انحلالی و استیلولیت‌ها نیز در محیط دیاژنزی تدفین نیمه‌ژرف تا ژرف رخ داده است (شکل ۱۳). در اثر بالا آمدن سنگ‌های آهکی، رگه‌های پر شده با کلسیت (شکل‌های C-11 و D)، شکستگی‌ها و فرایند انحلال، سنگ‌های آهکی عضو گوری را تحت تأثیر قرار داده‌اند. این فرایندها بیشتر تحت تأثیر محیط دیاژنزی و سیال‌های جوی به وجود آمده است.

آب‌های جوی را روی کربنات‌های عضو گوری ضعیف در نظر می‌گیرد. از سوی دیگر، مطالعات چینه‌نگاری سکانشی این نهشته‌ها، هیچ ناپوستگی نوع اول و خروج از آب را درون کربنات‌های عضو گوری در منطقه بندرعباس در نظر نگرفته است (Heidari et al., 2014). در این پژوهش نیز، در پنج رخنمون مطالعه شده هیچ رخساره‌ای در ارتباط با زیرمحیط کشنده برای کربنات‌های عضو گوری در منطقه بندرعباس شناسایی نشده است. در همه رخنمون‌های مطالعه شده، روی کربنات‌های عضو گوری، مارن‌های سازند میشان با ستبرای قابل توجه قرار می‌گیرند که محیط‌های رسوبی به مراتب ژرف‌تر از کربنات‌های عضو گوری را نشان می‌دهند.

### ۶-۲. مطالعات ژئوشیمیایی

همراه با مطالعات سنگ‌نگاری، پژوهشگران مختلفی (Azmy et al., 2011; Haeri-Ardakani et al., 2013; Swart, 2015) در زمینه اهمیت مطالعات ژئوشیمیایی (عنصری و ایزوتوپی) در تشخیص انواع مختلف محیط‌های دیاژنزی در سنگ‌های کربناتی مطالب جامعی ارائه کرده‌اند. در این پژوهش برای تشخیص دقیق‌تر محیط‌های دیاژنزی نهشته‌های کربناته عضو گوری، می‌توان از نمودارهای عنصر در برابر عنصر و نیز عنصر در برابر ایزوتوپ‌های اکسیژن، کربن و حتی استرانسیم استفاده کرد. نتایج حاصل از مطالعات ژئوشیمیایی در جدول ۲ ارائه شده است. نمودارهای پراکندگی عناصر فرعی و ایزوتوپی در برابر یکدیگر (شکل‌های A-12 تا F) نشان می‌دهد که میان هر یک از این عناصر (برای نمونه استرانسیم در برابر منگنز و آهن) رابطه به نسبت خطی و مشخصی دیده می‌شود که نشان‌دهنده محیط‌های دیاژنزی تدفینی کم ژرفا تا متوسط است (شکل ۱۲). به عبارت دیگر، کاهش مقادیر عنصر استرانسیم و ایزوتوپ‌های اکسیژن و کربن در نمونه‌ها با افزایش نسبی مقادیر آهن و منگنز همراه است؛ که این مطلب بیانگر تأثیر فرایند دیاژنزی متعلق به محیط‌های تدفینی کم ژرفا تا متوسط بر نمونه‌های کربناته عضو گوری است. روندهای مشابهی همانند کربنات‌های عضو گوری، در کربنات‌های هتروزئو میوسن جنوب خاور جزیره سسیل در بخش‌های مرکزی مدیترانه گزارش شده است (Knoerich and Mutti, 2006). این کربنات‌ها نیز پس از رسوب‌گذاری، بیشتر تحت تأثیر فرایندهای دیاژنزی دریایی و تدفینی-دریایی، دستخوش تغییرات قابل ملاحظه‌ای شده‌اند. مقادیر اندازه‌گیری شده ایزوتوپ استرانسیم در نمونه‌های کربناته عضو گوری (جدول ۲)، در نتیجه تأثیر کم فرایندهای دیاژنزی جوی دستخوش تغییرات زیادی نشده‌اند و با مقادیر ایزوتوپ استرانسیم آب دریای میوسن پیشین تا میانی (مقادیر ۰/۷۰۸۴ تا ۰/۷۰۸۸) تقریباً مشابه است (McArthur et al., 2001). این مقادیر بیانگر شروع رسوب‌گذاری کربنات‌های عضو گوری در فاصله زمانی احتمالاً بوردیگالین تا لانگین است که با مطالعات بایوچینه‌نگاری انجام شده روی سنگ‌آهک‌های گوری در منطقه بندرعباس شباهت زیادی دارد (Heidari et al., 2014).

در بسیاری از مطالعات ژئوشیمیایی مربوط به ایزوتوپ‌های پایدار اکسیژن و کربن صورت گرفته روی نهشته‌های کربناته الیگوسن پسین تا میوسن پیشین متعلق به سازند آسماری در حوضه رسوبی زاگرس، روند تغییرات به شکل L برگشته و بیشتر بودن روند تغییرات ایزوتوپ کربن در مقایسه با ایزوتوپ اکسیژن است؛ این مطلب بیانگر یک روند دیاژنزی جوی روی نمونه‌های کربناته سازند آسماری پس از رسوب‌گذاری است (برای نمونه کریمی‌مصدق و همکاران، ۱۳۸۹؛ معلمی، ۱۳۸۸). تغییرات ایزوتوپ‌های اکسیژن و کربن در نمونه‌های کربناته عضو گوری (شکل A-12) و مقایسه آن با دامنه تغییرات ایزوتوپ‌های اکسیژن و کربن در کربنات‌های دریایی میوسن پیشین تا میانی (e.g., Veizer et al., 1999)، نشان از تأثیر فرایندهای دیاژنزی دریایی و سپس تدفینی (بیشتر فریاتیکی دریایی) روی نمونه‌های کربناته عضو گوری دارد. تغییرات به نسبت بیشتر در مقادیر ایزوتوپ اکسیژن در مقایسه با ایزوتوپ کربن نمونه‌ها، احتمالاً می‌تواند به دلیل تأثیر فرایندهای دیاژنزی تدفینی (فریاتیکی دریایی) روی این سنگ‌آهک‌ها باشد.

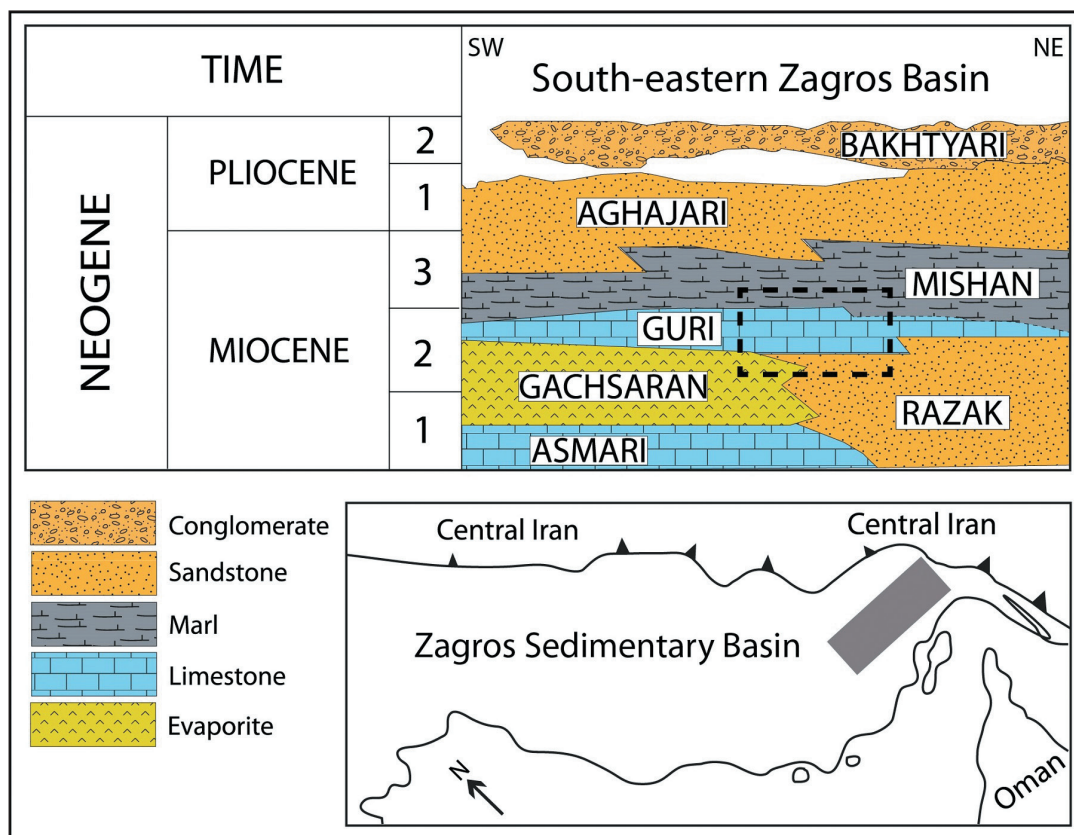
## ۷- نتیجه گیری

نازک میکروسکوپی و تجزیه‌های ژئوشیمیایی (عنصری و ایزوتوپی)، مشخص شد که این کربنات‌ها پس از رسوب گذاری و تأثیر فاز دیاژنز دریایی، بیشتر وارد محدوده و قلمرو دیاژنز تدفینی فریاتیکی- دریایی، شده‌اند و روند ایزوتوپ‌های اکسیژن، کربن و استرانسیم تأثیر قابل ملاحظه دیاژنز جوی را روی این نهشته‌های کربناته در منطقه بندرعباس نشان نمی‌دهند.

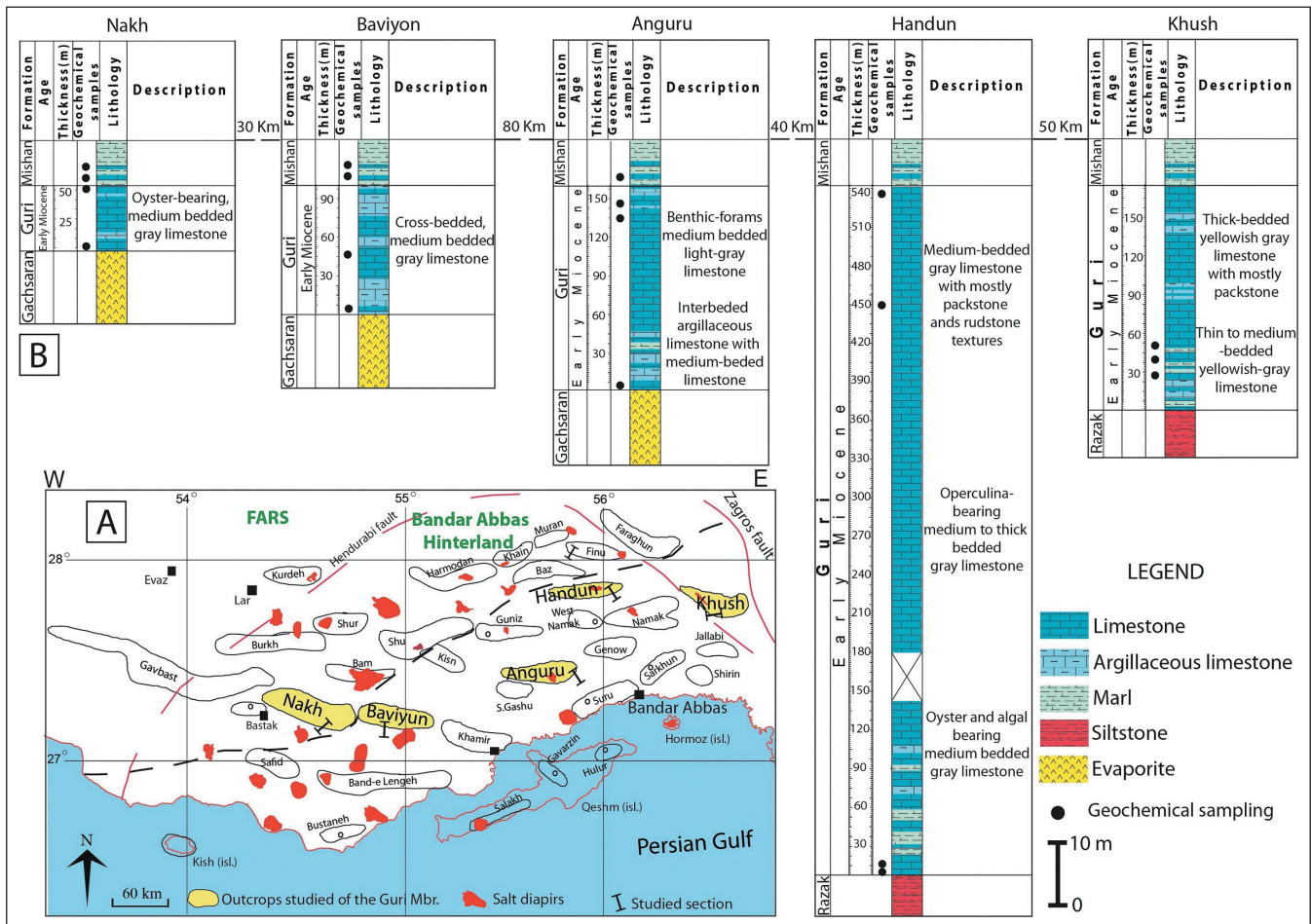
### سپاسگزاری

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از شرکت نفت مناطق مرکزی ایران به سبب حمایت از این پژوهش و در اختیار گذاشتن داده‌ها، از همکاران محترم در پژوهشگاه صنعت نفت تهران جناب آقایان مهندس شاکری و مرادپور و همچنین سرکار خانم مهندس زمانی به سبب همراهی در مطالعات صحرایی و همکاری در مطالعات آزمایشگاهی و از داوران محترم برای تصحیح مقاله و ارائه نظرات ارزشمندشان در راستای بهبود کیفیت این مقاله سپاسگزاری کنند.

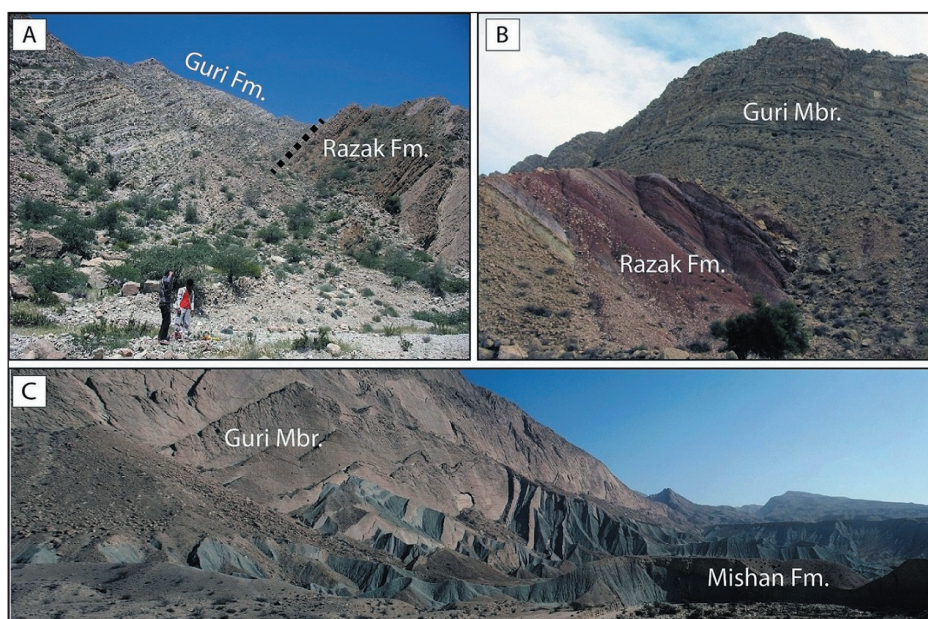
عضو گوری واحد کربناته‌ای سرشار از روزن‌بران کف‌زی به همراه تجمعات اویسترو، جلبک سرخ و مرجان است؛ که بر پایه مطالعات ایزوتوپ استرانسیم انجام شده در این پژوهش، در فاصله زمانی بوردیگالین تا لانگین در بخش‌های جنوب خاور حوضه رسوبی زاگرس شروع به رسوب گذاری کرده است. این کربنات‌ها در منطقه مورد مطالعه، به‌طور همشیب روی سازند آواری- کربناته رازک (رخمون‌های خاور منطقه بندرعباس) و سازند تبخیری گچساران (رخمون‌های باختر منطقه بندرعباس) قرار می‌گیرند. در همه رخمون‌های مطالعه شده عضو گوری در بالا به‌طور همشیب و با مرزی تدریجی توسط مارن‌های سبز رنگ سازند میشان پوشیده شده است. ستبرای این عضو از خاور منطقه (رخمون‌های هندون و انگورو) به سوی بخش‌های باختری تر منطقه (رخمون‌های باویون و نخ) کاهش قابل ملاحظه‌ای نشان می‌دهد. مطالعات صحرایی و میکروسکوپی بیانگر ۶ رخساره کربناته برای عضو آهکی گوری در منطقه بندرعباس است که در یک سکوی کربناته از نوع شلف در زمان میوسن پیشین تا میانی رسوب گذاری کرده است. در مطالعات دیاژنزی و استفاده از مقاطع



شکل ۱- توالی چینه‌شناسی رسوبات سنوزوییک در منطقه مورد مطالعه (برگرفته با تغییرات از مطیعی، ۱۳۷۲). در این منطقه، عضو گوری بر روی سازندهای رازک و گچساران قرار گرفته است و توسط مارن‌های سازند میشان نیز پوشیده شده است.



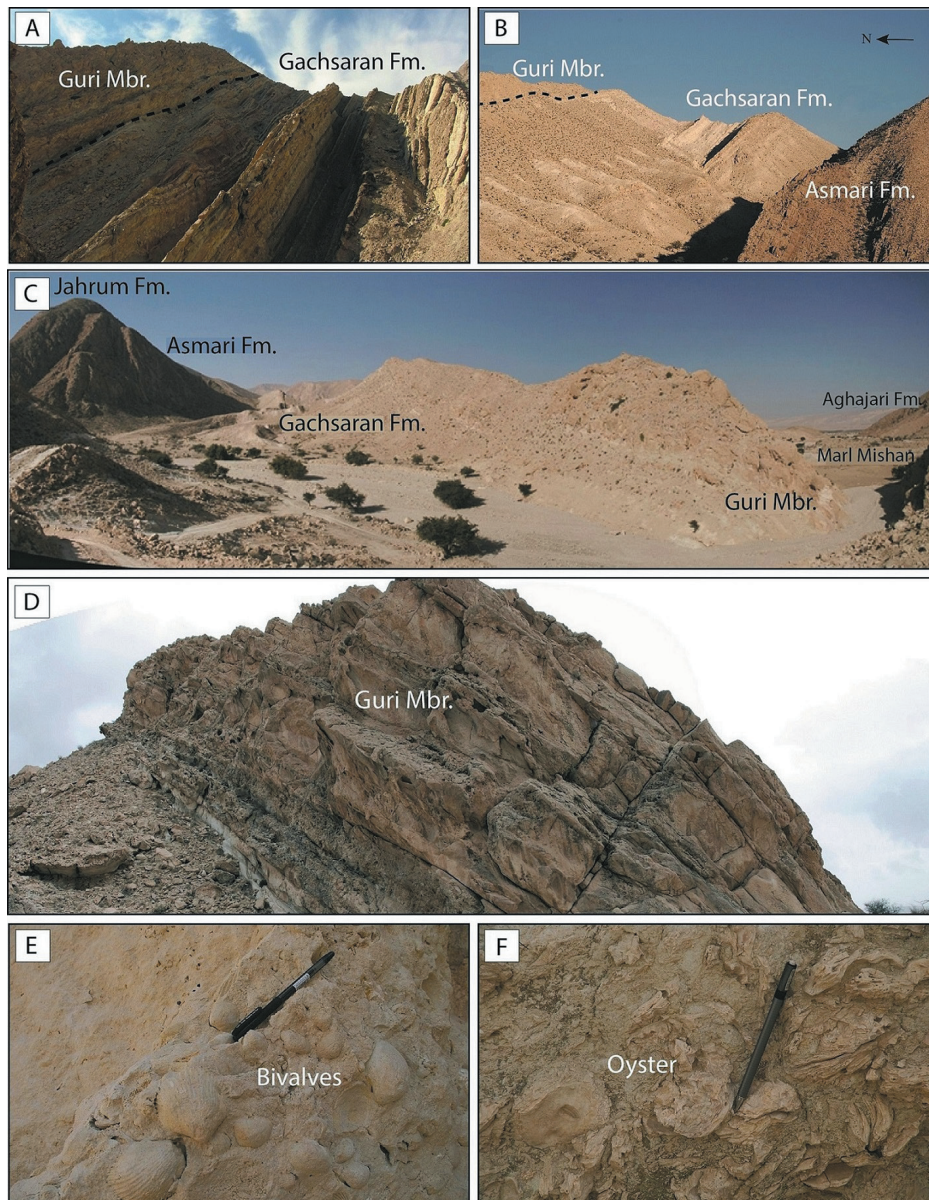
شکل ۲- A) نقشه ساختمانی تاق‌دیس‌های جنوب خاور حوضه رسوبی زاگرس که رخنمون‌های سطحی مورد مطالعه در آن مشخص شده است (برگرفته با تغییرات از Sherhati, 2002)؛ B) در این شکل، ستون چینه‌شناسی و تغییرات سنگ‌شناسی عضو گوری در منطقه بندرعباس از خاور (رخنمون خوش) به باختر (رخنمون نخ) رسم شده است. خط مبنا مرز میان عضو گوری و سازند میشان است. کربنات‌های عضو گوری در خاور منطقه بندرعباس روی سازند رازک و در باختر منطقه بر روی سازند تبخیری گچساران قرار گرفته است.



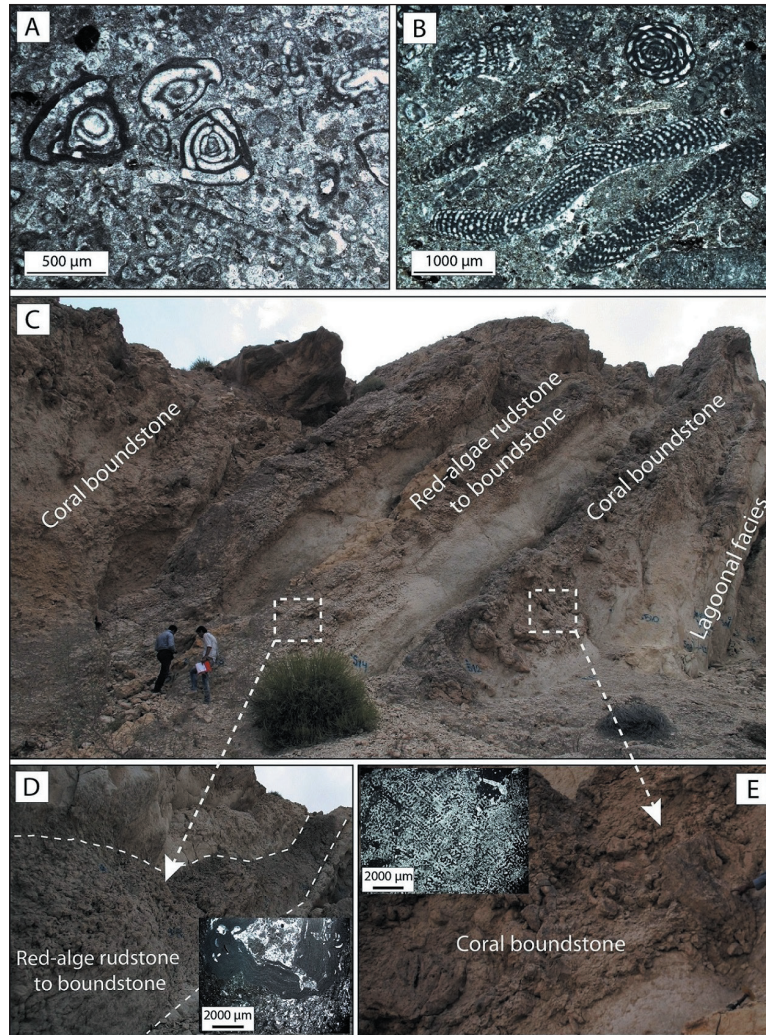
شکل ۳- تصاویر صحرایی عضو گوری در خاور منطقه بندرعباس؛ A و B) مرز زیرین عضو گوری با سازند رازک در رخنمون‌های خوش و هندون؛ C) مرز بالایی عضو گوری با مارن‌های سازند میشان که به صورت تدریجی است (رخنمون هندون)؛



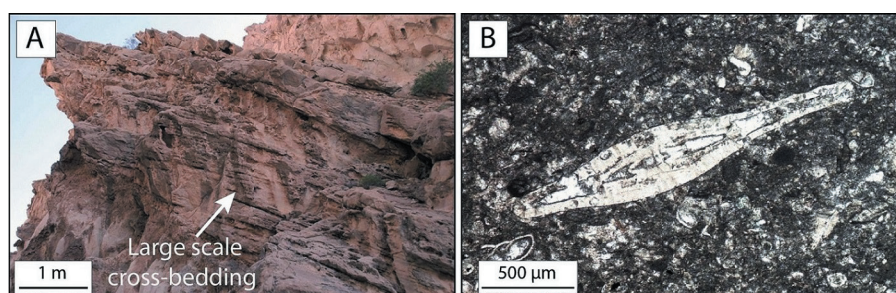
شکل ۳- تصاویر صحرایی عضو گوری در خاور منطقه بندرعباس؛ D و E) سنگ آهک‌های عضو گوری با ستبرای قابل توجه در رخنمون هندون در خاور منطقه بندرعباس؛ F و G) آلوکم‌های اسکلتی مرجان و جلبک سرخ با اندازه و ستبرای زیاد در رخنمون انگورو در خاور منطقه بندرعباس.



شکل ۴- تصاویر صحرایی عضو گوری در باختر منطقه بندرعباس؛ A، B و C) مرز زیرین عضو گوری با سازند تبخیری گچساران در رخنمون‌های باویون و نخ؛ D) توالی سنگ آهک‌های عضو گوری با ستبرای پایین در رخنمون نخ در باختر منطقه بندرعباس؛ E و F) آلوکم‌های اسکلتی دوکفه‌ای درشت و اویستر با اندازه بزرگ در رخنمون نخ در باختر منطقه بندرعباس.

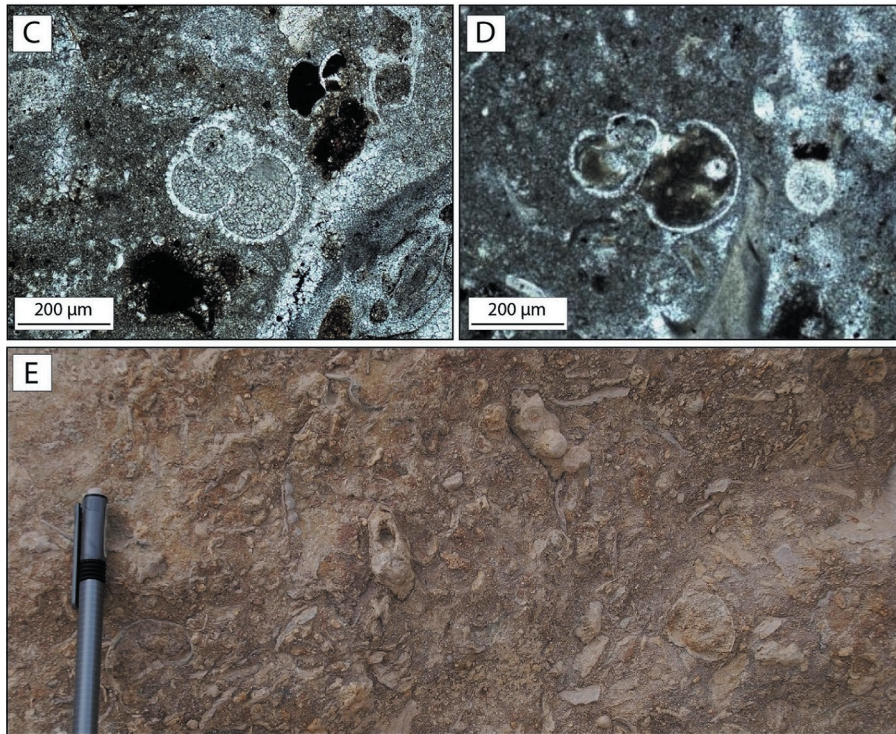


شکل ۵- تصاویر صحرایی و میکروسکوپی از رخساره‌های زیر محیط شلف داخلی و میانی عضو گوری در منطقه بندرعباس؛ (A) رخساره و کستون تا پکستون دارای میلیولید، رخنمون هندون؛ (B) رخساره و کستون تا پکستون دارای روزن‌بران کف‌زی با پوسته تیره همچون تابرینا مالاباریکا و بورلیس ملو، رخنمون انگورو؛ (C، D و E) رخساره‌های باندستون مرجانی و رودستون تا باندستون دارای جلبک سرخ در رخنمون انگورو در خاور منطقه بندرعباس.

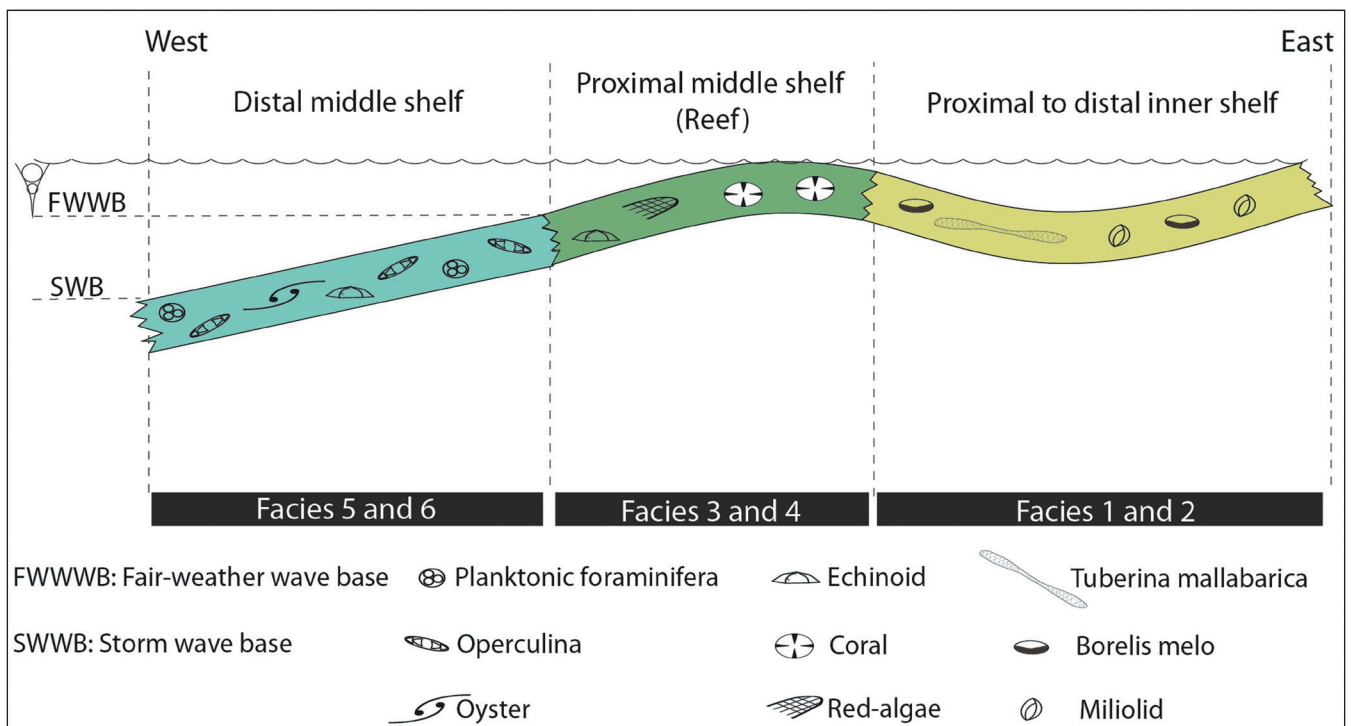


شکل ۶- تصاویر صحرایی و میکروسکوپی از رخساره‌های زیر محیط شلف میانی عضو گوری در منطقه بندرعباس؛ (A و B) رخساره و کستون تا پکستون دارای روزن‌بران کف‌زی با پوسته روشن مانند اپرکولینا، رخنمون نخ؛ در این رخساره با فراوانی کم، روزن‌بران پلانکتون نیز دیده و شناسایی شده است؛

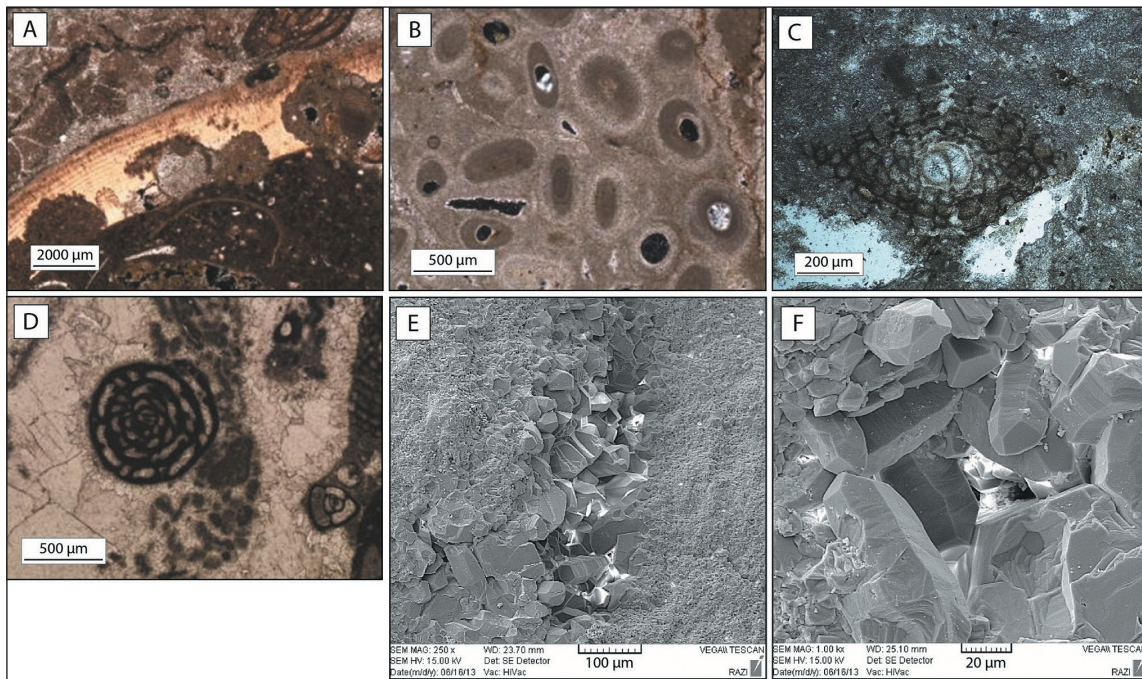




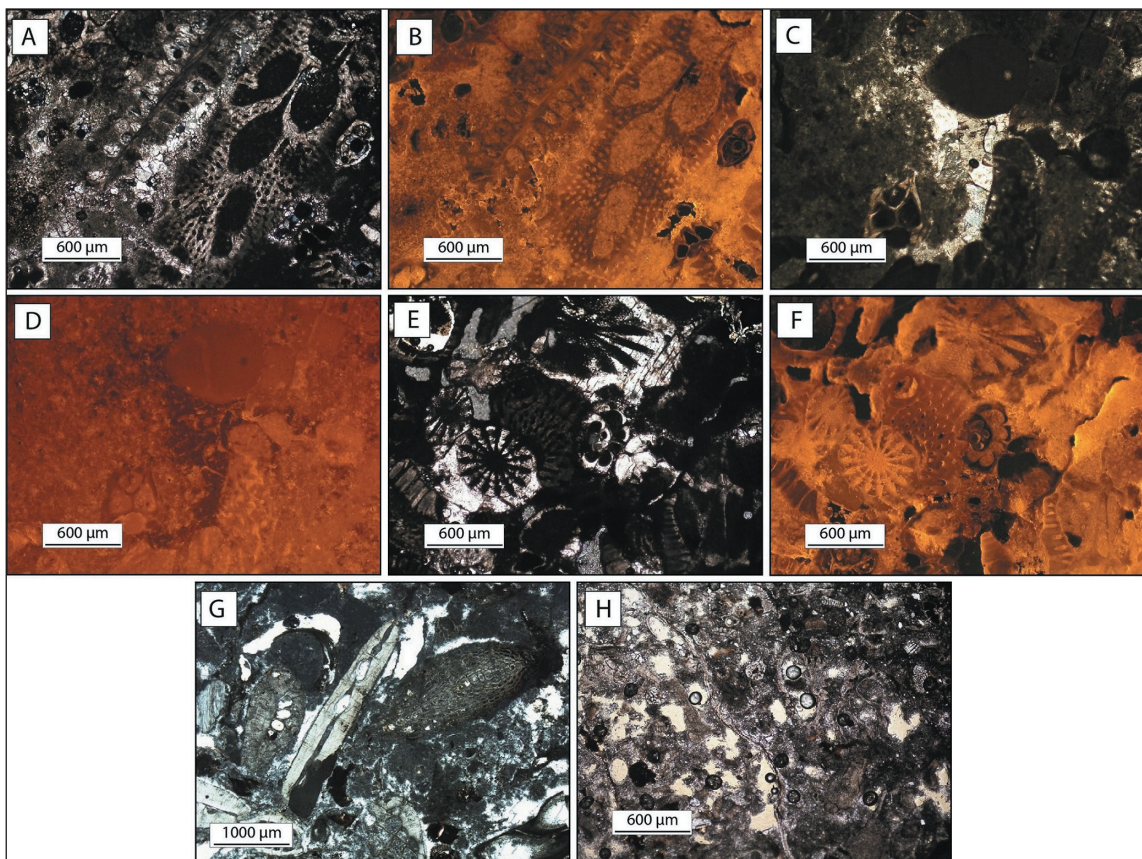
شکل ۶- تصاویر صحرایی و میکروسکوپی از رخساره‌های زیر محیط شلف میانی عضو گوری در منطقه بندرعباس؛ (C تا D) رخساره و کستون تا پکستون دارای روزن‌بران کف‌زی با پوسته روشن مانند اپرکولینا، رخمون نخ؛ در این رخساره با فراوانی کم، روزن‌بران پلانکتون نیز دیده و شناسایی شده است؛ (E) رخساره رودستون دارای دوکفه‌ای‌های بزرگ مانند اویستر در رخمون باویون در باختر منطقه بندرعباس.



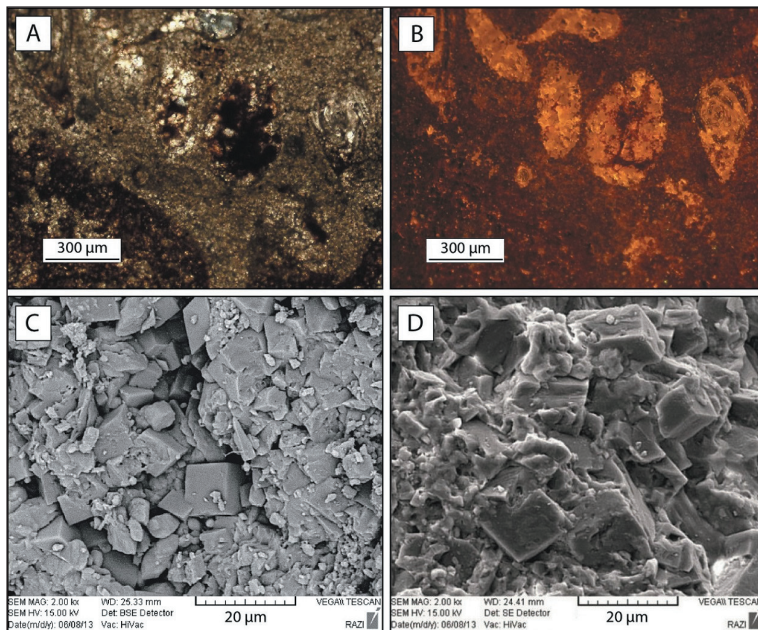
شکل ۷- مدل نمادین رسوب‌گذاری کربنات‌های عضو گوری در منطقه بندرعباس که بیانگر یک سکوی کربناته از نوع شلف است. رخمون‌های خاور منطقه بندرعباس (مانند هندون و انگورو) در بخش‌های کم‌رُف‌تر این سکوی کربناته و رخمون‌های باختر منطقه بندرعباس (مانند باویون و نخ) در بخش‌های دور از ساحل شلف میانی رسوب‌گذاری کرده است.



شکل ۸- تصاویر میکروسکوپ‌های پلاریزان و الکترونی از فرایندهای دیاژنزی عضو گوری در منطقه بندرعباس؛ (A) حفاری توسط موجودات میکروسکوپی (جلیک‌ها) روی سنگ بستر سخت، مانند پوسته‌های فسیلی؛ رخنمون انگورو؛ (B) فرایند میکربیتی شدن در نمونه‌های کربناته عضو گوری واقع در رخنمون هندون؛ (C) فرایند تبلور دوباره که سبب افزایش اندازه بلورهای میکربیت در سنگ کربناته عضو گوری در رخنمون خوش شده است؛ (D) سیمان هم‌ستبرای حاشیه‌ای در پیرامون روزن‌برهای کف‌زی یا پوسته تیره. این سیمان از اولین سیمان‌های دریایی تشکیل شده در رسوبات عضو گوری در رخنمون هندون است؛ (E و F) سیمان کلسیتی دروزی درون حفره‌های سنگ‌های کربناته عضو گوری در تصویر SEM در رخنمون هندون.

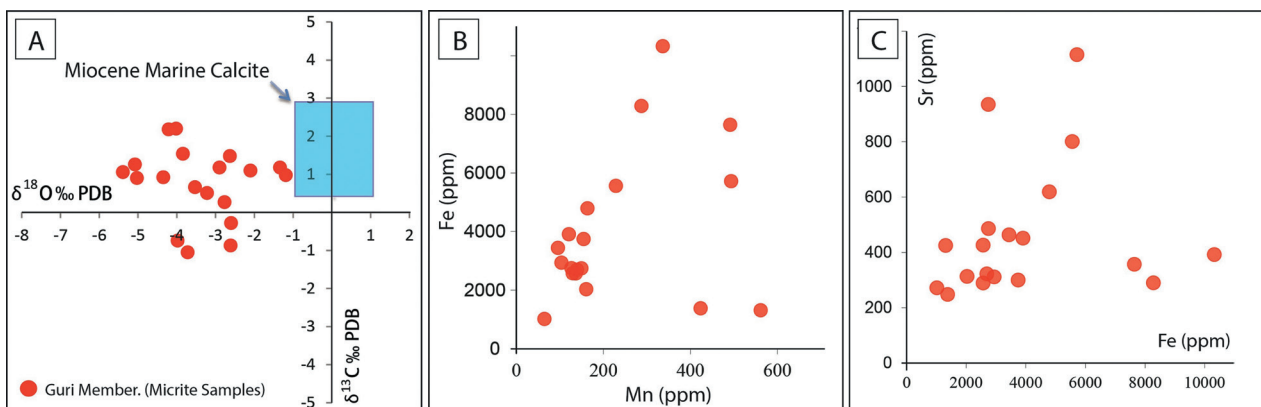
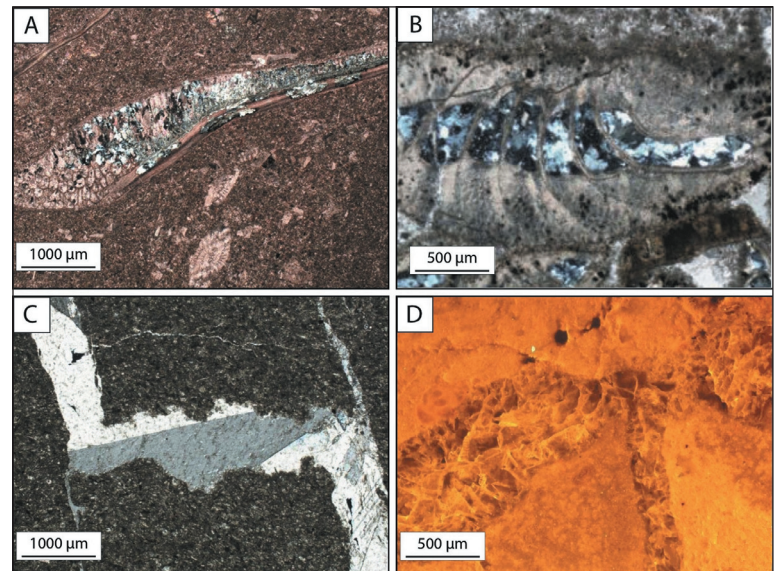


شکل ۹- تصاویر میکروسکوپ‌های پلاریزان و کاتدولومینسانس از فرایندهای سیمانی شدن و انحلال نمونه‌های کربناته عضو گوری در منطقه مورد مطالعه؛ (D تا A) بلورهای سیمان هم‌بعد که در حفرات و فضاهای خالی موجود در سنگ دیده می‌شود. این سیمان‌ها در میکروسکوپ کاتدولومینسانس رنگ‌های زرد و زرد مایل به سرخ را نشان می‌دهند؛ رخنمون هندون؛ (E و F) سیمان هم‌محور در پیرامون یک قطعه خارپوست. این سیمان به دلیل داشتن رنگ تیره و کدر می‌تواند مربوط به محیط‌های دریایی و تدفین کم‌رطوبت باشد؛ رخنمون انگورو؛ (G و H) تصاویر میکروسکوپی انحلال حفره‌ای در بخش‌های سنگ آهکی عضو گوری واقع در رخنمون خوش.

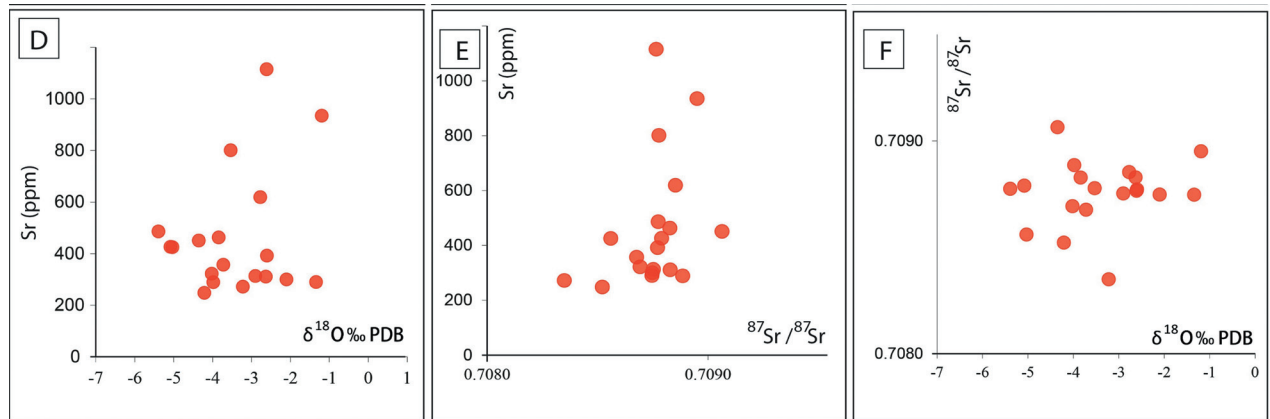


شکل ۱۰- فرایند دولومیتی شدن عضو گوری در رخمون انگورو؛ A و B تصاویر میکروسکوپ پلاریزان و کاتدولومینسانس. در این نوع دولومیت، ویژگی‌های رسوبی سنگ آهک اولیه پس از تأثیر فرایند دولومیتی شدن همچنان قابل تشخیص است؛ C و D تصاویر میکروسکوپ الکترونی از بلورهای ریز دولومیت با شکل بلوری منظم در عضو گوری.

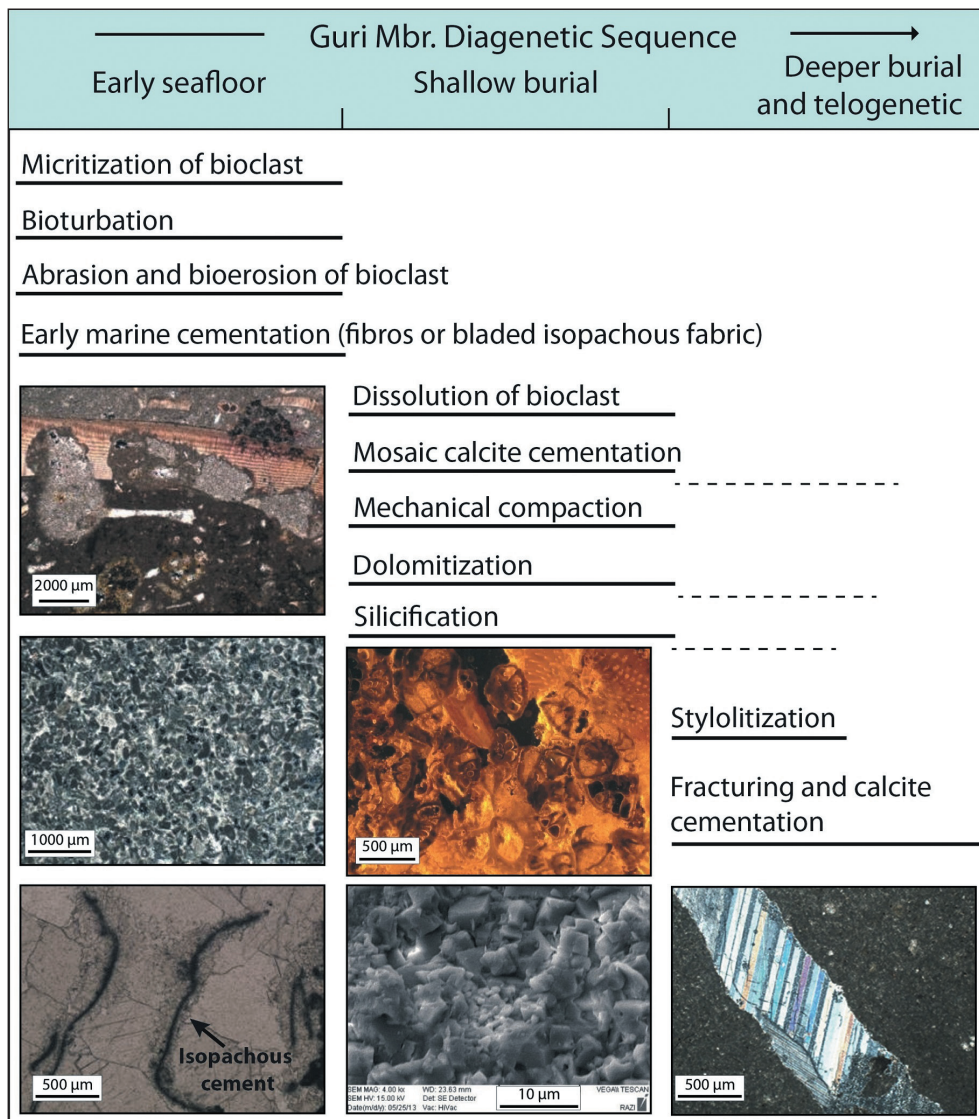
شکل ۱۱- تصاویر میکروسکوپ‌های پلاریزان و کاتدولومینسانس از فرایند سیلیسی شدن و شکستگی‌های کانالی شکل در عضو گوری در رخمون باویون؛ A و B فرایند سیلیسی شدن به صورت جانیشینی و انتخابی روی پوسته‌های فسیلی (مانند بریوزوآ)؛ C و D شکستگی‌های کانالی شکل. در بیشتر موارد این شکستگی‌ها توسط سیمان هم‌بعد و بلوکی پر شده‌اند. رنگ زرد سیمان پرکننده شکستگی‌ها در نور کاتدولومینسانس مؤید منشأ جوی برای سیمان‌های پرکننده شکستگی در طی بالا آمدن (Uplift) سنگ‌های کربناتی است.



شکل ۱۲- تغییرات عناصر فرعی و ایزوتوپی در سنگ آهک‌های عضو گوری؛ A تغییرات ایزوتوپ‌های اکسیژن و کربن در کربنات‌های عضو گوری و مقایسه آنها با محدوده ایزوتوپ‌های اکسیژن و کربن سنگ آهک‌های دریایی میوسن (Veizer et al., 1999)؛ B و C تغییرات عنصر آهن در برابر منگنز و استرانسیم. روند به نسبت خطی بیانگر تأثیر دیاژنز تدفینی روی نمونه‌های کربناته عضو گوری است؛



شکل ۱۲- تغییرات عناصر فرعی و ایزوتوپی در سنگ آهک‌های عضو گوری؛ D و E) تغییرات عنصر استرانسیم در برابر ایزوتوپ‌های اکسیژن و استرانسیم؛ F) تغییرات ایزوتوپ اکسیژن در برابر ایزوتوپ استرانسیم که بیانگر تأثیر دیاژنز تدفینی کم‌ژرفا روی نمونه‌های عضو گوری در منطقه بندرعباس است.



شکل ۱۳- توالی دیاژنزی عضو گوری در جنوب خاور حوضه رسوبی زاگرس از محیط‌های دریایی تا محیط‌های تدفینی کم‌ژرفا و ژرف و بالاآمدگی.

جدول ۱- انواع مختلف رخساره‌ها، سنگ‌شناسی چیره، آلوکم‌های اصلی و فرعی و همچنین نوع محیط رسوبی رخساره‌های شناسایی شده عضو گوری در منطقه بندرعباس.

Facies Code	Facies Name	Main Lithology	Main Allochems	Minor Allochems	Sedimentary Environment
Facies 1	Miliolid wackestone to packstone	Limestone	Miliolid (16%) and Borelis melo (10%)	Bivalve debris (6%) and gastropoda (5%)	Proximal inner shelf
Facies 2	Porcellaneous benthic foraminifera wackestone to packstone	Limestone	Tuberina mallabarica (18%) and Borelis melo (16%)	Miliolid (8%) and gastropoda (6)	Proximal to distal inner shelf
Facies 3	Coral boundstone	Limestone	Coral	Rarely red-algae	Proximal middle shelf (Reef)
Facies 4	Red-algae rudstone to boundstone	Limestone	Red-algae (35%)	Coral (8%), bryozoa (6%) and benthic foraminifera (5%)	Proximal middle shelf (Reef)
Facies 5	Hyaline-benthic foraminifera wackestone to packstone	Limestone and marl	Operculina (17%) and Amphistegina (12%)	Red-algae (8%), large bivalve (7%), echinoid deris (4%) and planktonic foraminifera (3%)	Distal middle shelf
Facies 6	Oyster rudstone	Limestone and marl	Oyster (40%)	Bryozoa (7%), red-algae (6%), echinoid deris (3%) and planktonic foraminifera (3%)	Distal middle shelf

جدول ۲- نتایج تجزیه‌های عنصری و ایزوتوپی نمونه‌های سنگ آهکی عضو گوری در منطقه بندرعباس.

Outcrop	Sample No.	Age	Sr Isotope	$\delta^{13}\text{C} \text{‰ (PDB)}$	$\delta^{18}\text{O} \text{‰ (PDB)}$	Sr (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)
Khush	29	Burdigalian	0.70856	0.9	-5.03	425	1316	562
	43			1.06	-5.39	486	2753	127
	51			-0.74	-3.98	289	2572	137
Handun	1	Burdigalian	0.708522	2.18	-4.21	248	1383	424
	5	Burdigalian	0.708693	2.2	-4.02	322	2696	140
	450			1.54	-3.84	463	3443	96
	538			0.27	-2.77	619	4792	164
Anguru	5	Langhian	0.70879	1.26	-5.08	426	2575	130
	135			0.92	-4.35	451	3907	121
	146			0.66	-3.53	801	5563	229
	159			-0.87	-2.61	1115	5719	494
Baviyon	1	Langhian	0.708748	1.1	-2.1	300	3747	155
	48			1.48	-2.63	311	2941	104
	101			-0.28	-2.6	392	10330	337
	106			-1.05	-3.72	357	7646	492
Nakh	5			0.51	-3.22	272	1018	65
	51	Langhian	0.708753	1.18	-2.9	313	2034	161
	58			0.98	-1.19	935	2747	150
	56			1.18	-1.34	290	8287	288

## کتابنگاری

- حسینی پور، ف.، حسینی، م. ج. و داستانپور، م.، ۱۳۹۳- اویسترهای سنگ‌آهک گوری (میوسن پیشین) در شمال بندرعباس، ناحیه زاده محمود، جنوب خاوری حوضه زاگرس، فصلنامه علوم زمین، ۹۱، صص. ۱۰۱ تا ۱۱۰.
- دانشیان، ج.، درخشانی، م. و معلمی، س. ع.، ۱۳۹۵- تعیین سن نسبی نهشته‌های سازند میشان بر اساس فرامینفرا و ایزوتوپ استرانسیم در شمال غرب و غرب بندرعباس، جنوب ایران، پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی، ۶۳، صص. ۳۵ تا ۵۴.
- فخاری، م.، ۱۳۷۴- نقشه زمین‌شناسی چهار گوشه بندرعباس، ۱:۲۵۰۰۰۰، شماره ۱۳-۱، شرکت ملی نفت ایران.
- کریمی مصدق، ز.، آدابی، م. ح.، و صادقی، ع.، ۱۳۸۹- ژئوشیمی سازند آسماری در مقاطع سطح الارضی تنگ سپو و تنگ بن در ناحیه، استان کهگیلویه و بویراحمد، فصلنامه علوم زمین، ۷۶، صص. ۲۳ تا ۳۲.
- مطیعی، ه.، ۱۳۷۲- زمین‌شناسی ایران، چینه‌شناسی زاگرس، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، ۵۳۶ ص.
- معلمی، ع.، ۱۳۸۸- محیط رسوبی و تأثیر عوامل دیاژنزی بر کیفیت مخزنی سازندهای جهرم- آسماری در خاور گسل قطر- کازرون (غرب فارس ساحلی)، پایان‌نامه دکترای زمین‌شناسی- رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ۳۱۷ ص.

## References

- Adabi, M. H., Kakemem, U. and Sadeghi, A., 2016- Sedimentary facies, depositional environment and sequence stratigraphy of Oligocene-Miocene shallow water carbonate from the Rig Mountain, Zagros Basin (SW Iran). *Carbonates and Evaporites* 31, 69-85.
- Alavi, M., 1994- Tectonics of the Zagros orogenic belt of Iran: New data and interpretations. *Tectonophysics* 229, 211-238.
- Azmy, K., Brand, U., Sylvester, P., Gleeson, S. A., Logan, A. and Bitner, M. A., 2011- Biogenic and abiogenic low-Mg calcite (bLMC and aLMC): Evaluation of seawater-REE composition, water masses and carbonate diagenesis. *Chemical Geology* 280, 180-190.
- Beavington-Penney, S. J., and Racey, A., 2004- Ecology of extant nummulitids and other larger benthic foraminifera: applications in palaeoenvironmental analysis. *Earth Science Reviews* 67, 219-265.
- Blatt, H., 1992- *Sedimentary Petrology*. W.H. Freeman and Company, New York, 2nd edition, 514 p.
- Brandano, M., Tomassetti, L., Bosellini, F. and Mazzucchi, A., 2010- Depositional model and paleodepth reconstruction of a coral-rich, mixed siliciclastic-carbonate system: the Burdigalian of Capo Testa (northern Sardinia, Italy). *Facies* 56, 433-444.
- Conti, S., Fioroni, C. and Fontana, D., 2017- Correlating shelf carbonate evolutive phases with fluid expulsion episodes in the foredeep (Miocene, northern Apennines, Italy). *Marine and Petroleum Geology* 79, 351-359.
- Daneshian, J., Moallemi, S. A. and Derakhshani, M., 2016- Refinement of stratigraphy according to the first finds of planktonic species of *Orbulina* and *Praeorbulina* from the Guri Limestone of the Mishan Formation in northwest of Bandar Abbas, South Iran. *Stratigraphy and Geological Correlation* 24, 267-275.
- Dickson, J. A. D., 1965- A modified staining technique for carbonate in thin section. *Nature* 205, 587.
- Dunham, R. J., 1962- classification of carbonate rock according to depositional texture, In: W. E. Ham (eds.), *Classification of Carbonate Rocks*. American Association of Petroleum Geologists Memoir 1, 108-121.
- Embry, A. F. and Klovan, J. E., 1971- A late Devonian reef tract on northeastern Banks Islands, Northwest Territories. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology* 19, 730-781.
- Farzipour-Saein, A., Nilfouroushan, F. and Koyi, H., 2013- The effect of basement step/topography on the geometry of the Zagros fold and thrust belt (SW Iran): an analog modeling approach. *International Journal of Earth Sciences* 102, 2117-2135.
- Flügel, E., 2010- *Microfacies of Carbonate Rocks, Analysis, Interpretation and Application*. Springer, Berlin Heidelberg, New York, 967 p.
- Geske, A., Zorlu, J., Richter, D. K., Buhl, D., Niedermayr, A. and Immenhauser, A., 2012- Impact of diagenesis and low grade metamorphism on isotope ( $\delta^{26}\text{Mg}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  and  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ ) and elemental (Ca, Mg, Mn, Fe and Sr) signatures of Triassic sabkha dolomites. *Chemical Geology* 332-333, 45-64.
- Haeri-Ardakani, O., Al-Aasm, I. and Coniglio, M., 2013- Petrologic and geochemical attributes of fracture-related dolomitization in Ordovician carbonates and their spatial distribution in southwestern Ontario, Canada. *Marine and Petroleum Geology* 43, 409-422.
- Heidari, A., Mahboubi, A., Moussavi-Harami, R., Gonzalez, L. and Moalemi, S. A., 2014- Biostratigraphy, sequence stratigraphy, and paleoecology of the Lower-Middle Miocene of Northern Bandar Abbas, Southeast Zagros basin in south of Iran. *Arabian Journal of Geosciences* 7 (5), 1829-1855.
- James, G. A. and Wynd, J. G., 1965- Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 49, 2182-2245.
- Knoerich, A. C. and Mutti, M., 2006- Missing Aragonitic Biota and the Diagenetic Evolution of Heterozoan Carbonates: A Case Study from the Oligo-Miocene of the Central Mediterranean. *Journal of Sedimentary Research* 76, 871-888.
- Madden, R. H. C. and Wilson, M. E. J., 2013- Diagenesis of a SE Asian Cenozoic carbonate platform margin and its adjacent basinal deposits. *Sedimentary Geology* 286-287, 20-38.
- McArthur, J. M., Howarth, R. J. and Bailey, T. R., 2001- Strontium isotope stratigraphy: LOWESS Version 3: Best fit to the marine Sr-isotope curve for 0–509 Ma and accompanying look-up table for deriving numerical age. *Journal of Geology* 109, 155-170.
- Palma, R., Lopez-Gomez, J. and Piethe, R., 2007- Oxfordian ramp system (La Manga Formation) in the Bardas Blancas area (Mendoza Province) Neuquen Basin, Argentina, Facies and depositional sequence. *Sedimentary Geology* 195, 113-134.
- Perrin, C. and Bosellini, F. R., 2012- Paleobiogeography of scleractinian reef corals: Changing patterns during the Oligocene-Miocene climatic transition in the Mediterranean. *Earth-Science Reviews* 111, 1-24.
- Pomar, L. and Ward, W. C., 1999- Reservoir-scale heterogeneity in depositional packages and diagenetic patterns on a reef-rimmed platform, Upper Miocene, Mallorca, Spain. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 83, 1759-1773.
- Pomar, L., Ward, W. C., and Green, D. G., 1996- Upper Miocene Reef Complex of the Lluçmajor area, Mallorca, Spain. In: Franseen, E., Esteban, M., Ward, W. C., Rouchy, J. M. (Eds.), *Models for Carbonate Stratigraphy from Miocene Reef Complexes of the Mediterranean regions*. SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology Series 5, 191-225.
- Rahmani, Z., Vaziri-Moghaddam, H. and Taheri, A., 2010- Facies Distribution and Palaeoecology of The Guri Member of The Mishan Formation, in Lar area, Fars Province, SW Iran. *Iranian Journal of Science and Technology* 34, 257-266.
- Salocchi, A. C., Argentino, C. and Fontana, D., 2017- Evolution of a Miocene carbonate shelf (northern Apennines, Italy) revealed through a quantitative compositional study. *Marine and Petroleum Geology* 79, 340-350.
- Sherkati, S., 2002- Zagros structure; 1:1000000, Exploration Direction: National Iranian Oil Company.
- Stoeklin, J., 1968- Structural history and tectonics of Iran; A review. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 52, 1229-1258.
- Swart, P. K., 2015- The geochemistry of carbonate diagenesis: The past, present and future. *Sedimentology* 62, 1233-1304.
- Veizer, J., Ala, D., Azmy, K., Bruckschen, P., Buhl, D., Bruhn, F., Carden, G. A. F., Diener, A., Ebner, S., Goddard, Y., Jasper, T., Korte, C., Pawellek, F., Podlaha, O. G. and Strauss, H., 1999-  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  evolution of Phanerozoic seawater. *Chemical Geology* 161, 59-88.
- Wilson, J. L., 1975- *Carbonate Facies in Geologic History*. Springer-Verlag, 471p.

## Depositional and post-depositional history of the Guri Member in the south-east of Zagros sedimentary basin

A. Zohdi<sup>1\*</sup>, S. A. Moallemi<sup>2</sup> and M. A. Salehi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran

<sup>2</sup>Assistant Professor, IOR/EOR Institute for Oil and Gas Reservoirs, Tehran, Iran

<sup>3</sup>Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran

Received: 2017 March 13

Accepted: 2017 June 03

### Abstract

In the Zagros sedimentary basin, the maximum thickness of the Guri Member carbonates is belonging to the eastern parts of the Bandar-Abbas region. In this research, the Guri Member in five outcrops at the Bandar-Abbas region has been sedimentological and stratigraphic studied. The Guri Member mainly consists of limestone with interbedded marl with a variable thickness from 540 m at the Handun outcrop to 52 m at the Nakh outcrop. According to facies study and using the <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr isotopic ratio (amounts 0.708522 and 0.708790 values) of the basal carbonate layers of this member, the beginning sedimentation of these deposits occur during the Burdigalian and Langian times within the five carbonate facies. Fieldwork observations and facies distribution suggested a shelf carbonate platform for deposition of the Guri Member at the Bandar-Abbas region. Petrographic investigation in addition to trace elements (Sr, Mn and Fe) and isotopic (oxygen and carbon) geochemical analyses, also indicate the main influence of the marine to shallow-burial diagenetic process with the marine fluids after primary deposition of the Guri Member. The comparison of the oxygen and carbon isotope values of the Guri samples with the least-altered oxygen and carbon range for the early to middle Miocene marine calcite and also the more variations of the oxygen isotope values (between -1.19‰ to -5.39‰ PDB), and less variations of carbon isotope values (between -1.05‰ to 2.2‰ PDB), indicate the effects of shallow-burial fluids (marine-phreatic) on the carbonate of the Guri Member.

**Keywords:** Carbonate Facies, Geochemistry, Guri Member, Miocene, Zagros.

For Persian Version see pages 129 to 142

\*Corresponding author: A. Zohdi; E-mail: [afshin.zohdi@znu.ac.ir](mailto:afshin.zohdi@znu.ac.ir)