

## تأثیر ویژگی های ریزرخساره ای و دیاژنزی در کنترل کیفیت مخزنی سازند آسماری در میدان گازی گورزین، حوضه زاگرس، جنوب ایران

کریم ممبئی<sup>۱</sup>، نصراله عباسی<sup>۲\*</sup>، احمد یحیایی<sup>۳</sup>

۱- کارشناس ارشد چینه نگاری و دیرینه شناسی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان

۲- نصراله عباسی، دانشیار، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان

۳- احمد یحیایی، کارشناس ارشد چینه شناسی و فسیل شناسی، تهران، شرکت نفت فلات قاره ایران

\*[abbasi@znu.ac.ir](mailto:abbasi@znu.ac.ir)

دریافت آبان ۱۳۹۸، پذیرش اسفند ۱۳۹۸

### چکیده

سازند آسماری در میدان گازی گورزین در جنوب ایران، با مرز ناهموار (احتمالاً فرسایشی) بر روی نهشته‌های پلاژیک و مارن سازند پابده قرار دارد و با یک مرز تدریجی توسط نهشته‌های تبخیری سازند گچساران به عنوان سنگ پوش مخزن آسماری پوشیده می‌شود. مجموع ضخامت بررسی شده در یکی از چاه‌های این میدان، ۱۸۳ متر است. سنگ‌شناسی سازند آسماری در این برش شامل تناوبی از سنگ آهک، آهک دولومیتی و رسی و شیل، به همراه مارن سبز است. با مطالعات سنگ‌شناسی و آنالیز رخساره‌ای توالی این سازندها، ۲ ریزرخساره شناسایی شدند که یک رمپ کربناته از مناطق ژرف دریایی تا محیط سبخایی است و در یک سکانس پسروده ایجاد گردیده است. این رمپ شامل محیط‌های عمیق، دریای باز، ریف کومه‌ای، سد زیستی-غیر زیستی، لاگون و محیط جزر و مدی است که با توجه به تغییرات سریع رخساره‌ها و نهشته شدن رسوبات تبخیری گچساران، موید یک محیط در حال بسته شدن می‌باشد. تاریخچه دیاژنزی که کربنات‌های آسماری در برش مورد مطالعه طی کرده‌اند شامل: الف) دیاژنز آبهای جوی: جایی که باز بلوری شدن، سیمانی شدن و انحلال به ثبت رسیده است. ب) دیاژنز فریاتیکی دریایی: جایی که زیست آشفستگی، میکربیتی شدن و سیمانی شدن رخ داده است. ج) دیاژنز دفنی: جایی که انحلال حاصل از فشار-تراکم و شکستگی رایج هستند رخ داده است. ریزرخساره‌ها دارای تنوع گسترده‌ای از خصوصیات مخزنی می‌باشند به همین دلیل یک مخزن ناهمگن را شکل داده‌اند. در این بین ریز شکستگی‌ها عمدتاً یک تأثیر بسیار قوی بر کیفیت مخزن در این رخساره‌ها اعمال می‌کنند. حضور همزمان فضاهای انحلال یافته و شکستگی در مخزن مقدار زیادی تراوایی را افزایش داده است. بهترین کیفیت مخزنی در ریزرخساره گرینستون/ پکستون دارای دانه‌های پوششی با تخلخل از نوع قالبی می‌باشد که به واسطه انحلال لیتولوژی پکستون اووئیددار در جریان دیاژنز آب‌های جوی ایجاد شده است.

کلمات کلیدی: سازند آسماری، ریزرخساره، رمپ کربناته، دیاژنز، کیفیت مخزن، میدان گازی گورزین

## ۱- مقدمه

سازند آسماری یکی از بزرگترین مخازن نفتی جهان را در خود جای داده است که دارای سن الیگوسن-میوسن بوده و در سراسر حوضه پیش خشکی<sup>۱</sup> زاگرس و با توالی آهک ضخیم لایه گسترش دارد. حوضه رسوبی این سازند، همگام با حوضه کربناته ایران مرکزی (سازند قم) در طی مراحل نهایی تکامل و بسته شدن حوضه تیتسی تکمیل شده است [۲۵]. سکانس های نئوپروتوزوئیک تا نئوژن کمر بند جوان چین خورده و رورانده ی زاگرس، جزء دومین تا سومین مخازن نفتی و اول تا سوم مخازن گازی دنیا است و قسمتی از کمر بند آلپین-همالیاست [۸، ۱۱]. در مطالعه حاضر، عوامل تأثیر گذار بر محیط رسوبی و دیاژنزی در سازند آسماری به عنوان سنگ مخزن در میدان گازی گورزین<sup>۲</sup> واقع در جزیره قشم مورد بررسی قرار گرفت. بر خلاف رسوبات تخریبی که در آنها بافت اولیه در کیفیت مخزن تأثیر گذار است، در رسوبات کربناته، دیاژنزی نقش بسزایی را ایفا می کند [۳۴]. فرآیندهای دیاژنزی به همراه ریزرخساره های رسوبی اصلی ترین فاکتورها در کیفیت مخزن کربنات ها قلمداد می شوند [۲۹]، بنابراین هدف اصلی از ارائه این مطالعه ارزیابی و تأثیر عوامل ریزرخساره ای و دیاژنزی بر کیفیت مخزن می باشد. رسوبات آسماری در جزیره قشم بر روی سازند پابده نهشته شده اند در حالی که این توالی در نواحی مختلف زاگرس یکسان نیستند به گونه ای که با تغییرات شرایط رسوبگذاری و تکتونیکی منطقه در نواحی فارس و لرستان بر روی سازندهای جهرم و شهبازان قرار می گیرند [۳].

## ۲- مواد و روش مطالعه

به منظور انجام این مطالعات، ۱۸۳ متر از چاه مورد نظر توسط شرکت نفت فلات قاره ایران مغزه گیری گردید که از این ضخامت، شامل توالی سازندهای پابده (۱/۳ متر)، آسماری (۶۲/۴ متر) و گچساران (۱۹/۶۰ متر) می باشد. تمامی این مغزه ها با هدف تشخیص ساخت و بافت، ماکروفسیل ها، زیست آشفستگی، شکستگی ها و حفرات و تعیین مرز سازندها و رخساره ها در دو بعد ماکروسکوپی و میکروسکوپی مورد بررسی دقیق قرار گرفتند. جهت مطالعات میکروسکوپی، ۶۵۵ مقطع نازک با فاصله های بسیار کم از مغزه های حفاری جهت بررسی های دیرینه شناسی و رسوب شناسی تهیه شد (شماره گذاری از بالا به پایین انجام گرفت). برای تشخیص، بررسی و شناسایی روزنبران از کتاب جنس های روزنبران و طبقه بندی آنها [۲۸] و کتاب راهنمای رنگی پتروگرافی سنگ های کربناته [۳۵] استفاده شده است. همچنین با استفاده از روش های نامگذاری فولک [۲۳]، دانهام [۱۵] و امبری و کلوان [۱۸] مقاطع نازک نامگذاری شدند و نوع تخلخل از طریق طبقه بندی شوکت و پرای [۱۴] مشخص گردید. به منظور تعیین و تفسیر ریزرخساره های از کمر بندهای استاندارد [۲۱] و پژوهش های دیگر استفاده شده است. برای تشخیص راحت تر انواع کانی های کربناته، مقاطع نازک با محلول آلزارین رد-اس<sup>۳</sup> و فری سیانید پتاسیم جهت تشخیص دولومیت و کلسیت به روش پیشنهادی دیکسون [۱۷] رنگ آمیزی شدند. تمام مقاطع نازک در زیر میکروسکپ پلاریزان مدل کایوا<sup>۴</sup> و میکروسکوپ بیناکولار مطالعه شدند.

<sup>1</sup> Foreland

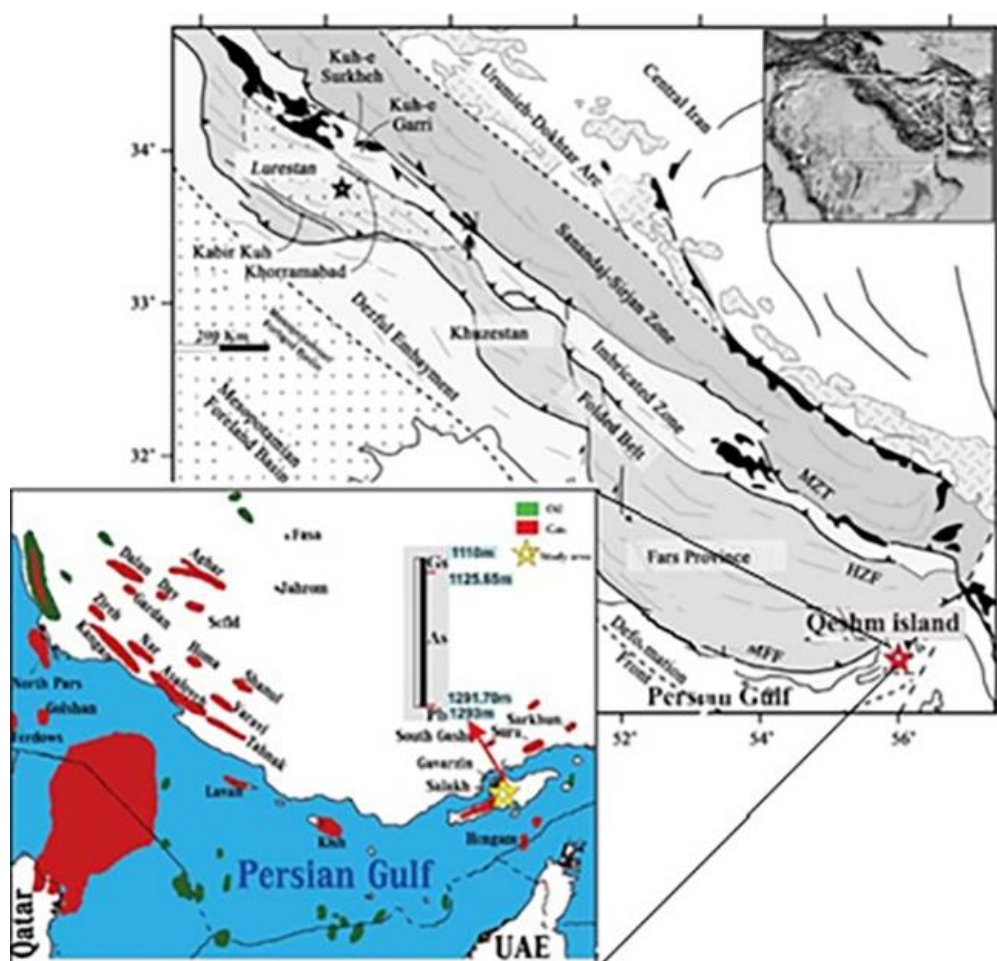
<sup>2</sup> Gevarzin

<sup>3</sup> Alizarine red-S

<sup>4</sup> kyowa ms-pol2

### ۳- حدود و موقعیت جغرافیایی

تاق‌دیس گورزین در جزیره قشم، استان هرمزگان در حوضه رسوبی زاگرس واقع شده است (شکل ۱). کمربند چین خورده و تراست زاگرس<sup>۱</sup> بیش از ۱۸۰۰ کیلومتر است که از شمال عراق (کردستان عراق) تا تنگه هرمز در ایران امتداد دارد که در نتیجه بهم پیوستن پلیت‌های اوراسیا و عربی در طول بسته شدن اقیانوس نئوتتیس پدید آمد [۲۶]. حوضه پیش خشکی زاگرس یک محیط رسوبی متنوع را نشان می‌دهد به گونه‌ای که تغییرات محیط رسوبگذاری پلیت عربی به سمت کوه‌های زاگرس از محیط‌های سبنا و سوپرتایدال تا رمپ کربناته<sup>۲</sup>، دریای عمیق و ساحل<sup>۳</sup> و در انتها محیط رودخانه‌ای را مشاهده کرد [۳۸].



شکل ۱- نقشه ساختاری کمربند زاگرس و موقعیت جغرافیایی میدان گازی گورزین در جزیره قشم، استان هرمزگان [۳۶].

MZT = Main Zagros Thrust.  
HZF = High Zagros Fault, MFF = Mountain Front Fault

<sup>۱</sup> Zagros folded and Thrust Belt (ZFTB)

<sup>۲</sup> foredeep distal

<sup>۳</sup> foredeep

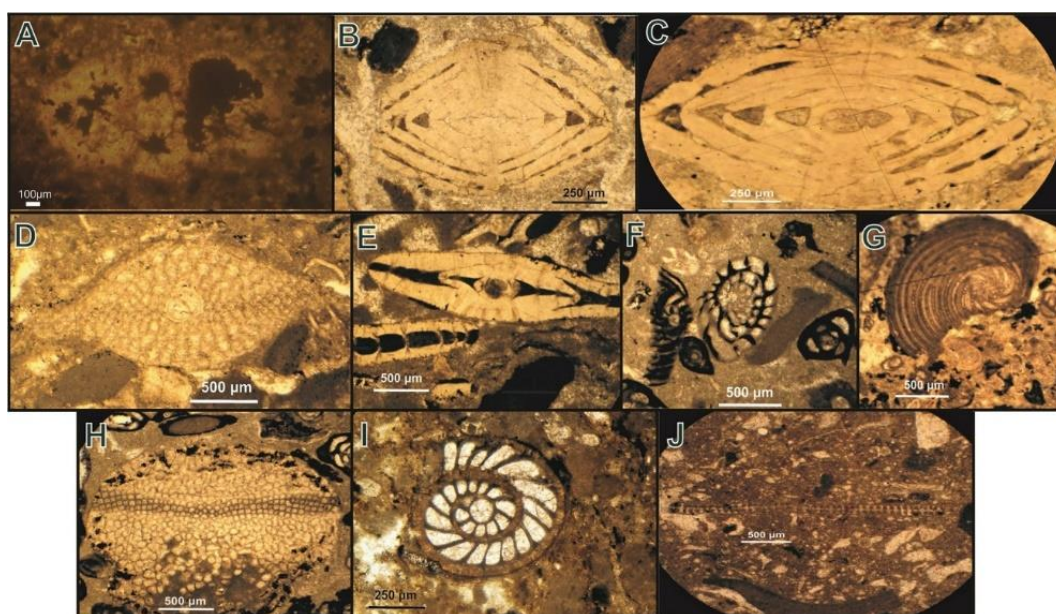
#### ۴- معرفی محیط رسوبی کربناته روپلین-بوردگالین در میدان گورزین

سازند آسماری به سن روپلین-بوردگالین به ضخامت ۱۶۳ متر در میدان گازی گورزین است که قابل تفکیک به ۱۲۱ لایه است. این سازند در این برش، با یک مرز ناهموار ناشی از ریزش قطعاتی از سازند آسماری از محیط بالاتر به عمق زیادتر (سازند پابده) (شکل ۲)، بر روی مارن‌های سازند پابده (به سن احتمالاً ائوسن)، سپس با یک مرز تدریجی توسط نهشته‌های تبخیری سازند گچساران به سن میوسن به عنوان سنگ پوش مخزن آسماری پوشیده می‌شود. مرز زیرین سازند آسماری با سازند پابده عموماً یک مرز پیوسته گزارش شده است (آقنابتی ۱۳۸۳، [۲]. قاعده سازند آسماری در کوه آسماری با لایه‌های انیدریتی است و افق‌های رأسی سازند پابده با رخساره دریاچه‌ای همراه با افق خاک قدیمی است که نشان دهنده مرز ناپیوسته روپلین-شاتین می‌باشد [۱ و ۴]. تعیین اینکه مرز زیرین ناهموار سازند آسماری در چاه مورد مطالعه یک مرز ناپیوسته فرسایشی باشد به دلیل نبود شواهد کافی (مانند رخنمون وسیع تر و بزرگ تر) مقدور نیست. در برش مورد مطالعه نمونه‌های شماره ۶۵۴ و ۶۵۵ مربوط به این لایه است. میدان گازی گورزین ۱/۳۰ متر از سازند پابده در زیر سازند آسماری مغزه‌گیری شده است. سازند پابده در این برش دارای یک لایه به ضخامت ۱/۳۰ متر است، از عمق ۱۲۹۳ متر تا عمق ۱۲۹۱/۷۰ متر ادامه دارد. بر اساس میکروفسیل *Globigerina sp.* احتمالاً این نمونه‌ها، سن ائوسن دارند.

سن سازند آسماری در برش مورد مطالعه بر اساس مجموعه فسیلی روزنبران روپلین تا بوردگالین است (شکل ۳). در لایه شماره یک از عمق ۱۲۹۱/۷۰-۱۲۹۱/۱۰ به ضخامت ۶۰ سانتیمتر و با سنگ‌شناسی آهک آرژیلیتی، به رنگ سبز و دارای استیلولیت، آثار حفاری، زیست آشفستگی و روزنبران بزرگ با پوسته هیالین می‌باشد. روزنبران این لایه عبارت اند از: *Nummulites vascus*، *Nummulites fichteli*، *Lepidocyclina sp.*، *Globigerina sp.* و *Operculina sp.* که ابتدای این لایه، شروع آشکوب روپلین است [۲۷، ۲۰]. لایه شماره چهار از عمق ۱۲۸۹/۴۰-۱۲۹۰/۴۰ متر به ضخامت ۱ متر با سنگ‌شناسی آهک دولومیتی به رنگ سبز است و روزنبران *Peneroplis evolutus*، *Elphidium sp.*، *Peneroplis farsensis* و *Miogypsina sp.* دارد و ابتدای آن شروع آشکوب اکتانین است. لایه ۶۰ از عمق ۱۱۹۵/۷۰-۱۱۹۷/۹۵ متر به ضخامت ۲/۲۵ متر با سنگ‌شناسی آهک به رنگ کرم و متخلخل است. دارای ذرات اسکتی بزرگ (متوسط)، استیلولیت، آثار حفاری جانداران و زیست آشفستگی می‌باشد. روزنبران پلاژیک، *Elphidium sp.* و *Meandropsina iranica* مهمترین بایوکلست‌های این لایه است که ابتدای آشکوب بوردگالین را مشخص می‌کنند.



شکل ۲- مرز ناهموار آسماری-پابده، در مغزه چاه گورزین، عمق ۱۲۹۱/۶۵ متری، با تجمعی از فسیل فرامینیفرهای نومولیت در قاعده سازند آسماری (مقیاس به سانتیمتر).



شکل ۳- تصاویر میکروفسیل های سازندهای پابده (ائوسن) و آسماری (الیگوسن-میوسن): A: *Globigerina* sp. (نمونه از عمق 1292.20m). B: *Nummulites vascus* (نمونه از عمق 1257.88 m). C: *Nummulites fichteli* (نمونه از عمق 1291.34 m). D: *Lepidocyclina* sp. (نمونه از عمق 1213.20 m). E: *Operculina* sp. (نمونه از عمق 1162.42 m). F: *Peneroplis farsensis* (نمونه از عمق 1168.88 m). G: *Peneroplis evolutus* (نمونه از عمق 1206.14 m). H: *Miogypsina* sp. (نمونه از عمق 1249.70 m). I: *Elphidium* sp. (نمونه از عمق 1215.80 m). J: *Meandropsina iranica* (نمونه از عمق 1251.47 m).

با بررسی مقاطع نازک و مغزه‌های حفاری، ویژگی‌های اساسی رسوبی و فسیل‌شناسی به صورت خلاصه در جدول‌های ۱ و ۲ به دست آمد. در این مطالعات ۱۲ ریزرخساره از محیط سبختا تا محیط عمیق را تشکیل می‌دهد که در ادامه زیر محیط‌ها به صورت مجزا بررسی می‌شود. براساس این داده‌ها یک رمپ تشخیص داده شد و اجزای آن به شرح زیر است (شکل‌های ۴ تا ۶) [۳].

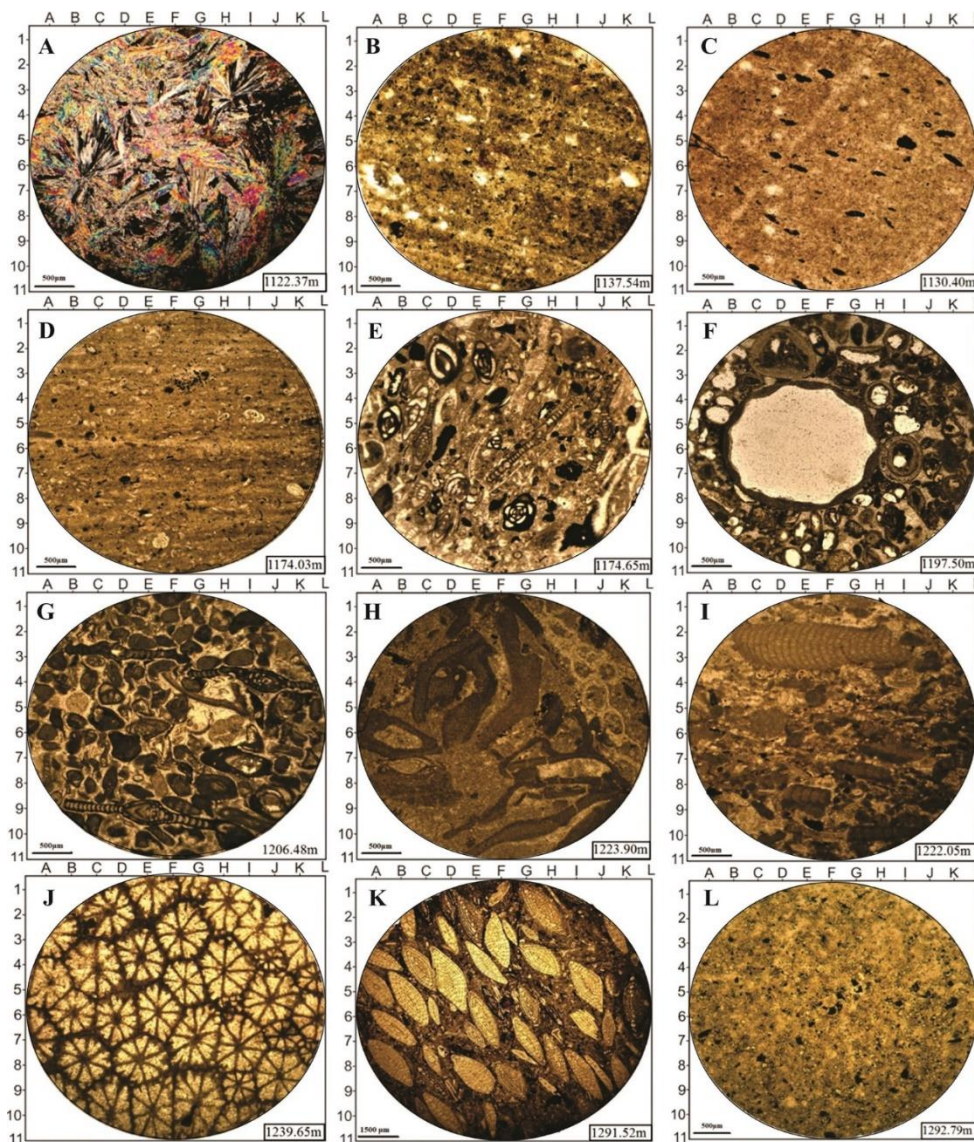
جدول ۱- داده‌های ریزرخساره توالی مورد مطالعه (نقل از [۳]).

شماره ریزرخساره	نام رخساره	اجزاء اصلی	بایوکلیست	ذرات فرعی	شکل
MF1	انیدریت	Crystals of anhydrite	-	-	۴ و ۵ - A
MF2	آهک مارنی دارای بایوکلیست ذرات در اندازه ماسه و میان لایه شیل	Bioclasts, quartz sand	bivalve, ostracoda	Pyrite Plants debris	۴ و ۵ - B
MF3	وکستون / مادستون دارای لیتوکلیستیک اندازه ذرات در حد ماسه	Matrix-supported and Fe-stained intraclasts, Silt to fine sand-sized quartz	Ostracoda, thin-shelly bivalves	Bioclasts Peloids Anhydrite nodules	۴ و ۵ - C
MF4	مادستون / وکستون حاوی روزنبران کوچک، استراکود	Ostracoda, Benthic small foraminifera (millioids, <i>Discorbis</i> , <i>Rotalia</i> )	<i>Discorbis</i> sp., <i>Rotalia</i> sp. <i>Miliolid</i> sp.	Quartz in silt or sand sizes, bivalve and echinoderm	۴ و ۵ - D
MF5	فلوتستون / وکستون دارای روزنبران، بایوکلیستی	Benthic foraminifera (millioids, <i>Peneroplis</i> , <i>Austrotrillina</i> ), ostracoda, green algae, gastropoda,	<i>Miliolid</i> spp., <i>Austrotrillina</i> sp., <i>Peneroplis</i> sp., <i>Rotalia</i> sp., <i>Elphidium</i> sp., <i>Polimorphinid</i> sp., <i>Carpatiella</i> sp., <i>Tubecularia</i> sp., <i>Pyrgo</i> sp., <i>Valvulinia</i> sp., <i>Triloculina trigonula</i> .	Peloid	۴ و ۵ - E
MF6	گریستون / پکستون حاوی دانه‌های پوششی	Ooid, <i>Favreina</i> , benthic foraminifera, oncooids	<i>Miliolid</i> spp., <i>Austrotrillina</i> sp., <i>Rotalia</i>	Benthic foraminifers micropeloids	۴ و ۵ - F
MF7	گریستون / پکستون حاوی روزنبران جلبک قرمز	Red algae, coral, benthic foraminifera	<i>Miliolid</i> spp., <i>Peneroplis</i> sp., <i>Carpatiella</i> sp., <i>Discorbis</i> sp. <i>Rotalia</i> sp., <i>Elphidium</i> sp., <i>Pyrgo</i> sp., <i>Chilostomella</i> sp., <i>Austrotrillina</i> sp. and <i>Schlumbergerina</i> sp.	Echinoderms Ostracoda Peloid	۴ و ۵ - G
MF8	رودستون / فلوتستون حاوی جلبک قرمز بایوکلیستی	Red algae, bryozoan and echinoderm	<i>Lithothamnium</i> sp., <i>Lithophyllum</i> sp. <i>Subterranoophyllum tomasi</i>	Bryozoan, Echinoderm, Ostracoda Foraminifers	۴ و ۵ - H
MF9	وکستون / پکستون حاوی جلبک قرمز اکتینوئید ماسه‌ای	Quartz sand red algae, echinoderm benthic foraminifera	<i>Carpatiella</i> sp., <i>Elphidium</i> sp., <i>Valvulinia</i> sp., <i>Lithothamnium</i> sp., <i>Subterranoophyllum tomasi</i>	Fine-grained quartz	۴ و ۵ - I
MF10	باندستون / فلوتستون حاوی مرجان و جلبک قرمز	Coral, red algae, bryozoan, echinoderm and bivalve	<i>Miliolid</i> spp., <i>Rotalia</i> sp., <i>Cymopolia</i> sp., <i>Carpatiella</i> sp. <i>Lithothamnium</i> sp., <i>Tubiphytes</i> sp	Gastropods, worm tubes	۴ و ۵ - J
MF11	وکستون / پکستون حاوی روزنبران بزرگ با پوسته هیالین	Large hyaline foraminifera, coral, red algae, bryozoan and echinoderm	<i>Nummulites fichtelli</i> , <i>Operculina</i> sp. <i>Lepidocyclina</i> sp. <i>Miliolid</i> spp., <i>Asterigerina</i> sp. <i>Reussella</i> sp., <i>Textularia</i> sp.	Bivalve, gastropods, Worm tubes	۴ و ۵ - K

MF12	مارن سیلتی حاوی مواد آلی فراوان	Silt size quartz, pelagic foraminifera	Globigerina, <i>Elphidium</i> sp.	Pyrite, organic matter	۵ و ۰ - L
------	------------------------------------	---	-----------------------------------	------------------------	--------------

جدول ۲- داده های ریزرخساره توالی مورد مطالعه (نقل از [۳]).

شماره ریزرخساره	موقعیت محیط رسوبی	فابریک و ساختارهای رسوبی	SMF	فاکتورهای دیاژنزی	شکل
MF1	Supratidal	nodular, chicken-wire and laminated structures	SMF- 24	Dense	۵ و ۰ - A
MF2	Tidal flat restricted lagoon	lamination	SMF- 23	Bioturbation, Siliceous cement	۵ و ۰ - B
MF3	Intertidal, near shore, freshwater-hypersaline mixed zone	fenestral	SMF- 24	Anhydrite cement	۵ و ۰ - C
MF4	Restricted with high tolerance lagoon	lamination, bioturbation	SMF-19	Bioturbation, Chemical compaction traces, Burrow filling, Stylolite, Drusy Cement, Neomorphism,	۵ و ۰ - D
MF5	moderate to low energy shallow carbonate environment, lagoon, surrounded by sand bars	lamination, bioturbation	SMF- 19	Silicious cement, Burrow filling, Drusy cement, Stylolite, Chemical compaction traces, Recrystallization, Cementation, Compaction	۵ و ۰ - E
MF6	High energy shoal, Ooid bars	crude cross-bedding, massive	SMF-11	Drusy cement, Isopachous cement	۵ و ۰ - F
MF7	Bioclast-foraminiferal sandy shoal	crude cross-bedding, massive	SMF- 12	Drusy and blocky cements, Syntaxial cement	۵ و ۰ - G
MF8	small algal patch reef	bioturbation	SMF-5	Dolomitization, Neomorphism, Drusy cements, Compaction, Stylolite, Syntaxial cement, Micritization,	۵ و ۰ - H
MF9	Sub-marine channels of mid-ramp	lamination, bioturbation	SMF-4	Compaction, Syntaxial cement, Drusy cement, Micritization,	۵ و ۰ - I
MF10	Carbonate buildups and reefs of high-energy open marine	bioturbation	SMF-5	Drusy and blocky cements, Recrystallization, Cementation, Blocky cement, Chemical compaction, Stylolite, Dolomitization, Recrystallization, Boring, Syntaxial cement, Boring, Mechanical Compaction, Neomorphism, Geopetal fabric	۵ و ۰ - J
MF11	Open marine setting with oligotrophic condition	bioturbation	SMF- 4	Chemical compaction traces, Dolomitization, Drusy cement, Boring, Stylolite	۵ و ۰ - K
MF12	Deposited under fair weather wave base (FWWB) and storm wave base (SWB)	lamination	SMF- 1	Organic matter	۵ و ۰ - L



شکل ۴- تصاویر میکروسکوپی مقاطع نازک سازند آسماری، گچساران و پابده: A: بلورهای انیدریت و اشکال بادبزنی (Fan-shaped) (MF-1) (anhydrite). B: بافت مادستون؛ Ostracoda (J4)، دارای مقدار زیاد مواد آلی (به رنگ قهوه ای مایل به زرد در زمینه). پیریت (نقاط ریز و سیاه)، دارای لایه بندی کوارتز در اندازه ماسه تا سیلت به صورت پراکنده (MF-2). C: لیتوکلست (Lithoclast) (B8)، سیمان انیدریتی (Anhydrite cement) (E5)، پیریت (نقاط ریز سیاه رنگ)، ذرات کوارتز در اندازه سیلت (MF-3). D: بافت مادستون؛ استراکود (G4)، مواد آلی (B2)، پیریت (G6)، ذرات کوارتز در اندازه ماسه، لایه بندی (MF-4). E: بافت پکستون؛ *milliolid* (D2)، *Elphidium* sp. (C8)، *Elphidium* sp.14 (G6)، *Peneroplis evolutus* (C5)، *Peneroplis thomasi* (G8)، *Quenqueloculina* sp. (D9)، استراکودا (H4)، شکم پا (A6)، مواد آلی (B2) (MF-5). F: بافت پکستون/گرینستون؛ ائید (→ I7 H4)، پلونید (F10, J5)، آنکوئید (D2)، خرده های جلبک سبز (B7). و سوزن خاردار (E6) (MF-6). G: بافت پکستون/گرینستون؛ خرده های جلبک قرمز (I2, F1) (MF-7) (H6)، تخلخل میان ذره ای (I7) (MF-7). H: تکه های جلبک های قرمز (MF-8) (I1): بافت فلوتستون؛ جلبک قرمز *Lithophyllum* sp. (D3)، بریوزوا (J5)، *Biloculina* sp. (C7)، استیلولیت (E2). (MF-9). J: بافت باندستون؛ مرجان اسکالرکتینا، سیمان دروزی و بلوکی، مواد آلی (F10) (MF-10). K: بافت پکستون؛ تجمع فسیل های بزرگ و روشن روزنبران، عمده آنها را روزنبر Nummulite (D4) تشکیل می دهد (MF-11). L: مواد ارگانیکی و دانه های کوارتز، *Elphidium* sp. (F5) (MF-12).



## ۴-۱- رمپ داخلی

### ۴-۱-۱- سوپراتایدال (سبک)

رخساره انیدریت (MF1) با ساخت‌های رسوبی مختلف مانند بافت نودولار، بافت لانه‌مرغی و لایه‌بندی، به محیط‌های سبک<sup>۱</sup> تعلق دارد، در حالی که تبخیر درجه بالا تحت شرایط آب و هوای دیرینه خشک رخ داده است [۴۳].

### ۴-۱-۲- اینترتایدال

با توجه به ویژگی‌ها و ارتباط رخساره‌ها، و تعداد بسیار کم فسیل‌ها، به نظر می‌رسد رخساره (MF2) در یک محیط کم انرژی مانند محیط پری تایدال که در آن مواد در اندازه رس که توسط رودخانه و کانال‌های دلتایی از محیط‌های خشکی منتقل شده اند نهشته شده است. همچنین بافت فنسترال، دانه‌های اکسیده، فسیل دریایی محدود و ندول‌های انیدریت رخساره (MF3) همه نشان می‌دهد که این رخساره در محیط جزر و مدی، نزدیک به ساحل در پلت فرم آسماری نهشته شده است [۴۲، ۲۱].

### ۴-۱-۳- لاگون

حضور استراکودا، روزنبران کوچک، محتوای رس و اجتماع فسیلی با تنوع کم در رخساره (MF4) به نظر می‌رسد به یک محیط لاگون داخلی محصور شده تاکید می‌کند که احتمالاً ناشی از نفوذ ذرات آواری و تغییر شوری باشد [۲۱]. وجود آهک گلی<sup>۲</sup> و ساختار لایه‌بندی نیز نشان می‌دهد در شرایط انرژی کم آب‌های آرام تشکیل شده است [۴۲]. همچنین بر اساس بافت گل‌پشتیبان و نوع دانه‌ها (روزنبران پورسلانوز، خرده‌های جلبک و نرم تنان) رخساره (MF5) در یک محیط کربناته متوسط تا کم انرژی نهشته شده است. بر اساس ارتباط ریزرخساره‌ها و محتوای فسیلی، این ریزرخساره در یک محیط لاگونی کم عمق که در آن گردش آب توسط سد<sup>۳</sup> محصور شده تشکیل شده است [۴۲].

### ۴-۱-۳- سد زیستی-غیرزیستی

بایوکلیست‌های نابرجا و ائیدهای ریزرخساره (MF6) آب‌های کم عمق با انرژی متوسط رو به بالا را نشان می‌دهند. دانه‌بندی خوب جورشده، بافت دانه پشتیبان، و فاقد گل آهکی، بیشتر ویژگی‌های رسوباتی هستند که در محیط با انرژی زیاد و بالای پایه آرامش امواج نهشته شدند. رسوباتی با ویژگی‌های مشابه در یک محیط پشته تفسیر شدند [۲۲، ۴۱، ۴۲]. منشا جلبک‌های قرمز از ریف‌های کومه‌ای و منشا روزنبران از لاگون پیش‌بینی می‌شود. چنین شرایط رسوبگذاری در نهشته‌های کربناته کوآترنری خلیج فارس توسط الشهران و کندال گزارش شده است [۶]. همچنین با توجه به خصوصیات ریزرخساره (MF7) در یک محیط پراثری نهشته شده است و فراوانی زیاد اجزای بایوکلیستی گردشده این رخساره در بالای امواج طوفان به صورت پشته رسوبی نهشته شده است [۲۲].

## ۴-۲- رمپ میانی

### ۴-۲-۱- ریف کومه‌ای

<sup>1</sup> Sabkha

<sup>2</sup> lime-mud

<sup>3</sup> Shoal

با توجه به فونای متنوع دریای باز ریزرخساره (MF8) در محیط کم عمق دریای باز نهشته شده است. جلبک‌های قرمز عموماً مناطق حاره‌ای و نیمه حاره‌ای، بستر سخت دریا در محیط‌های ریفی و یا دریای باز را ترجیح می‌دهند [۴۲]. مرجان و جلبک قرمز در محیط با انرژی زیاد و اکسیژن خوب توانایی تشکیل پشته‌های کربناته و ریف‌ها را دارند [۲۱]. بر اساس رخساره‌های معرفی شده توسط [۴۲] و [۲۲]، مرجان‌ها و جلبک‌های باندستونی، وابسته به ریف می‌باشند، اما با توجه به تعدادی نمونه‌ها که دارای خرده‌های مرجان و جلبک قرمز به صورت شناور (MF10) در یک بافت فلوئستونی هستند و همچنین جایگاه چینه شناسی این ریزرخساره که با رخساره‌های سدی و لاگون تناوب دارد به ریف‌های کومه‌ای<sup>۱</sup> نسبت داده می‌شود. ریزرخساره (MF10) در شرایط کم عمق (کمتر از ۵۰ متر) در حاشیه پلتفرم در شرایط انرژی بالا تشکیل شده است [۴۱].

### ۲-۲-۴- کانال بین ریفی

با توجه به محتویات متنوع رخساره (F9) از جمله فونای دریای باز (خارداران و جلبک قرمز)، تنوع روزنبران بنتیک و ذرات کوارتز، این رخساره منشاهای مختلفی از جمله دریای باز، لاگون و محیط خشکی می‌تواند داشته باشد. با توجه به کمربندهای رخساره‌ای استاندارد (SMF-4) فلوگل [۲۱]، آشفستگی و خوردشدگی‌های تشکیل دهنده‌های این رخساره را می‌توان به کانال‌های بین ریفی در محیط رمپ میانی نسبت داد.

### ۳-۲-۴- محیط دور رمپ میانی

حضور انواع فونای اسکلتی در ریزرخساره (MF11) از جمله: بریوزوآ، خارداران و روزنبران با دیواره هیالین و تخت نشان دهنده این است که این رسوبات در آب نسبتاً عمیق با انرژی هیدرودینامیک متوسط تحت شوری عادی بین سطح اساس امواج طوفانی و سطح اساس امواج آرامش تشکیل شده است [۲۲، ۴۲]. روزنبران از جمله نومولیت‌ها و بعضاً لپیدوسیکلینا تفسیر کننده این است که رسوبات این ریزرخساره در منطقه فوتیک/لیگوفوتیک نهشته شده است [۹، ۱۰، ۱۲، ۳۷]. حضور این روزنبران هیالین بزرگ همراه با جلبک‌های قرمز دلیلی بر تشکیل آن‌ها در محیط رمپ میانی [۴۰] و خرده‌های جلبک‌های قرمز و مرجان‌ها ریز تا درشت در حد گراول در مقاطع نازک و مغزه‌ها در این بخش برگرفته از بخش کم عمق تر دریای باز مربوط به ریف‌های کومه‌ای مجاور است [۱۳].

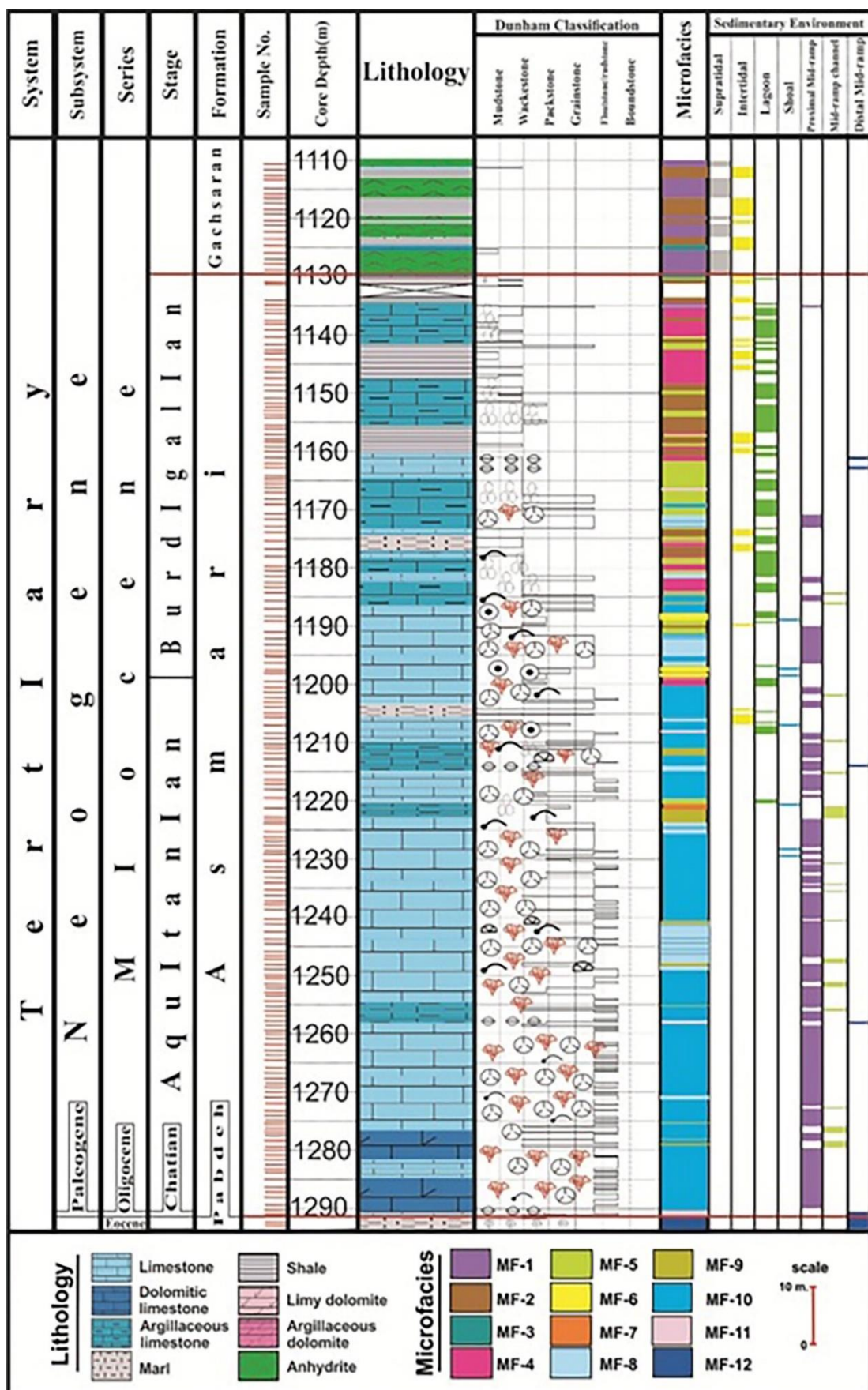
### ۳-۴- محیط عمیق

وجود رسوبات خوب دانه بندی شده، روزنبران پلانکتونیک و عدم حضور اجزای نابرجا در ریزرخساره (MF12) نشان دهنده یک محیط رسوبگذاری با انرژی بسیار کم است و به وضعیت آرام آب در زیر سطح اساس امواج آرام اشاره دارد [۷، ۱۶، ۲۱]. همچنین وجود پیریت و مواد ارگانیکی در متن این رخساره نشان دهنده شرایط بی‌هوازی و تهی از اکسیژن است [۴۲]. زمینه رسی و سنگ‌شناسی مارن همراه با روزنبران پلانکتون موید حوضه رسوبگذاری عمیق در انتهای رمپ بیرونی است [۲۲].

<sup>1</sup> Patch reef



شکل ۵- تصاویر مغزه های حفاری سازند آسماری، گچساران و پابده در میدان گازی گورزین: A: فابریک لانه مرغی (MF-1). B: زیست آشفنگی، آثار حفاری جانداران و گل پشتیبان بودن (MF-2). C: پیوستگی با انیدریت (MF-3). D: زیست آشفنگی و تراکم (MF-4). E: بایوکلست های بزرگ و زیست آشفنگی (MF-5). F: شکستگی و خلل و فرج (MF-6). G: بافت بسیار متراکم (MF-7). H: بایوتوریشن (MF-8). I: لایه بندی و تراکم (MF-9). J: مرجان بزرگ و جلبک خرد شده (MF-10). K: فراوانی روزنبران بزرگ در این رخساره (MF-11). L: بافت ریزدانه (مارن سیلتی حاوی مواد آلی فراوان (MF-12)).



شکل ۶- سنگ شناسی، ریزرخساره و محیط رسوبی سازند آسماری در میدان گازی گورزین. برای راهنمای علائم به شکل ۷ مراجعه شود.

## ۵- ارتباط رخساره‌ها و مدل رسوبی

محیط رسوبی میدان گازی گوزین در چاه مورد مطالعه بر اساس ارتباط ریزرخساره‌ها، چینه‌نگاری، سنگ‌شناسی و آنالیز رسوبی یک مدل رمپ کربناته برای محیط رسوبی سازند آسماری در چاه مطالعه شده میدان گازی گوزین پیشنهاد می‌شود (شکل ۷). ضخامت کم رسوبات در نظر گرفته سازند پابده در این مطالعه رمپ بیرونی را تشکیل می‌دهد. شرایط رسوبگذاری سازند آسماری از الیگوسن تا میوسن از رمپ میانی تا رمپ داخلی متغیر بوده است. گسترش و توزیع رسوبات در الیگوسن نسبت به رسوبات میوسن بسیار کمتر و محدود به محیط عمیق‌تر و رمپ بیرونی می‌باشند. نهشته‌های آشکوب آکیتانین در رمپ میانی سازند آسماری و نهشته‌های آشکوب بوردگالین همراه با نهشته‌های تبخیری سازند گچساران در رمپ داخلی رسوبگذاری شده‌اند. و یک روند کم عمق شونده به سمت رأس آسماری را به نمایش می‌گذارد. از طرفی با توجه به تغییرات سریع رخساره‌ها از دریای باز به سمت ساحل یا راس آسماری، موید یک محیط در حال بسته شدن است و با شروع نهشته شدن رسوبات تبخیری سازند گچساران این محیط کاملاً بسته می‌شود [۲۴] حوضه رسوبی نهشته‌های محیط عمیق، ریز دانه رسی به صورت مارن همراه با روزنبران پلانکتون و ذرات ریز در حد سیلت یا ماسه ریز دانه در زیر سطح امواج عادی رسوب کرده‌اند. این بخش شامل ریزرخساره (MF12) می‌باشد. در بخش رمپ میانی روزنبران بزرگ اغلب نومولیت با پوسته هیالین در یک محیط الیگوتروفیک با سنگ‌شناسی آهک دولومیتی انتهای رمپ میانی<sup>۱</sup> نهشته شده‌اند (MF11) و در ادامه مرجان‌ها و جلبک‌های قرمز فلوتستون، باندستون و رودستون بعضاً نابرجا و دارای شکستگی به صورت ریف‌های کومه‌ای در ابتدای رمپ میانی<sup>۲</sup> زیر سطح (FWWB) برجای گذاشته شدند (MF10 و MF8). اجزای متنوع جورشده ریزرخساره (MF9) همراه با ذرات آواری از قبیل کوارتز و اکستراکست نشان دهنده رسوبگذاری این رخساره در کانال‌های بین ریف کومه‌ای است [۲۲] (SMF-4). در این بخش از رمپ کربناته شستشوی دائمی و جابجایی آلوکم‌ها و تجمع آن‌ها به صورت نابرجا و همچنین انباشت جلبک‌ها و مرجان‌ها به صورت ریف‌های کومه‌ای است. در بخش رمپ درونی، حوضه رسوبی شامل متنوع‌ترین ریزرخساره‌ها را در بر می‌گیرد و شامل ریزرخساره‌های MF7 تا MF1 است. الگوی کلی این ریزرخساره‌ها در رمپ درونی، انتقال از سد زیستی-غیرزیستی به لاگون و به بخش پری تایدال<sup>۳</sup> است. بخش سد زیستی-غیرزیستی دارای نهشته‌هایی با بافت گرینستون و پکستون همراه با دانه‌های پوششی و ذرات اسکلتی در بالای سطح اساس امواج طوفانی (FWWB) است (MF6 و MF7). در ادامه این سد ریزرخساره‌های (MF5 و MF4) در یک محیط بسته و مردابی با بافت مادستون تا پکستون ته نشست شده‌اند. نوع روزنبران (بیشتر با پوسته پورسلانوز) و ساخت/بافت رسوبی نمونه‌ها نشان دهنده برجای ماندن آنها در محیط‌های کم انرژی و مردابی است که توسط برجستگی‌های<sup>۴</sup> زیستی یا غیرزیستی محدود شده‌اند. این قسمت در ادامه جای خود را به بخش‌های مردابی رمپ درونی می‌دهد و رخساره‌های آن با رخساره‌های ساحلی و سبخایی (MF1, MF2, MF3) تغییر تدریجی و پیوسته‌ای را به نمایش می‌گذارد. در مناطق سبخایی به دلیل شدت تبخیر مجموعه‌ای از رسوبات تبخیری همراه یا بدون رسوبات رسی برجای مانده‌اند. این بخش شامل بافت لانه مرغی

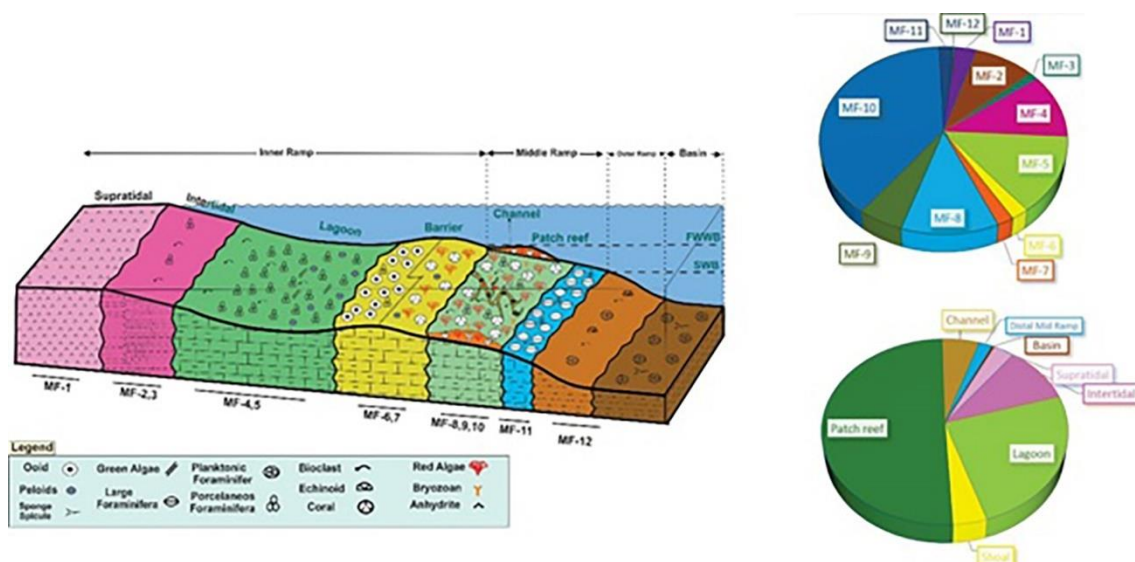
<sup>1</sup> Distal mid ramp

<sup>2</sup> Proximal mid ramp

<sup>3</sup> peritidal

<sup>4</sup> built-up

و رسوبات تبخیری انیدریت است که ممکن است تحت تاثیر جریانات دارای رسوبات آواری نیز بوده باشد. مشابه این مدل رسوبگذاری سازندهای مذکور در میدان نفتی کویال در فروافتادگی دزفول مرکزی (آسماری و گچساران) در فروافتادگی دزفول (پابده و آسماری) توصیف شده است.



شکل ۷- مدل پیشنهادی محیط رسوبی توالی سازندهای پابده، آسماری و گچساران در میدان گازی گورزین (بدون مقیاس)

## ۶- دیاژنز

دیاژنز نهشته‌های کربناته در ارتباط با فرایندهایی است که در محیط‌های سطح دریا، متئوریک و به طرف پایین تا محیط دفن عمیق صورت می‌گیرد. این فرایندها در ایجاد و انسداد تخلخل در رسوبات بسیار حائز اهمیت است [۳۹]. مغزه‌های مطالعه شده به شدت به وسیله دیاژنز متاثر شده‌اند که بافت‌های رسوبی اصلی و توزیع سیستم‌های منفذی و پتانسیل مخزنی اولیه دچار تغییرات و اصلاح شده‌اند. مطالعات پتروگرافی انجام شده در این سازند مشخص کرد که این کربنات‌ها تحت تغییرات گسترده دیاژنتیکی دچار میکریتی شدن، سیمانی شدن، بازبلوری شدن، انحلال و تراکم مکانیکی و شیمیایی قرار گرفته‌اند. این فرایندها در محیط‌های دیاژنتیکی متفاوتی از محیط دیاژنز دریایی اولیه تا دیاژنز دفن عمیق قرار دارند. عموماً دو سطح از دیاژنز کربنات‌ها تشخیص داده شده است. یکی سطح اولیه میکریتی شدن، زیست‌آشفتگی و سیمانی شدن زیر دریایی و انحلال که با فاز نهایی سیمانی شدن و تراکم به علاوه مقدار کمی دولومیتی شدن ادامه می‌یابند. مسیر دیاژنزی که کربنات‌های آسماری این میدان طی کرده‌اند شامل: الف) دیاژنز فریاتیکی دریایی: جایی که زیست‌آشفتگی، میکریتی شدن و سیمانی شدن رخ می‌دهد. ب) دیاژنز آبهای جوی: جایی که باز بلوری شدن، سیمانی شدن و انحلال رخ می‌دهد. ج) دیاژنز دفنی: جایی که انحلال حاصل از فشار-تراکم و شکستگی رایج هستند رخ داده است.

## ۱-۶- دیاژنز فریاتیک دریایی

دیاژنز دریایی سازند آسماری در زیست آشفستگی، میکریتی شدن دانه ها و رسوبات ته نشست شده دریایی که اولین فرایند دیاژنز دریایی است [۵] قابل مشاهده است، شکل اسکلت برخی از دانه ها به وسیله بورینگ (آثار حفاری) قارچ ها و جلبک ها میکریتی شده و در حفظ اسکلت تاثیر گذار بوده و همچنین این دیاژنز به نظر می رسد با سیمانی شدن اولیه دانه ها از حاشیه یک سیمان ایزوله یا جدا افتاده شروع شده باشد (شکل ۸-E و F). رخساره های آسماری و گچساران شواهد دیاژنزی اولیه متفاوتی را نشان می دهند برای کربناتهای آسماری دیاژنز اولیه در محیط فریاتیک دریایی آغاز شده است ولی اثرگذاری فرایندهای دیاژنتیکی اولیه در رخساره گچساران در محیط رسوبی بسیارشور سبخوا رخ داده است.

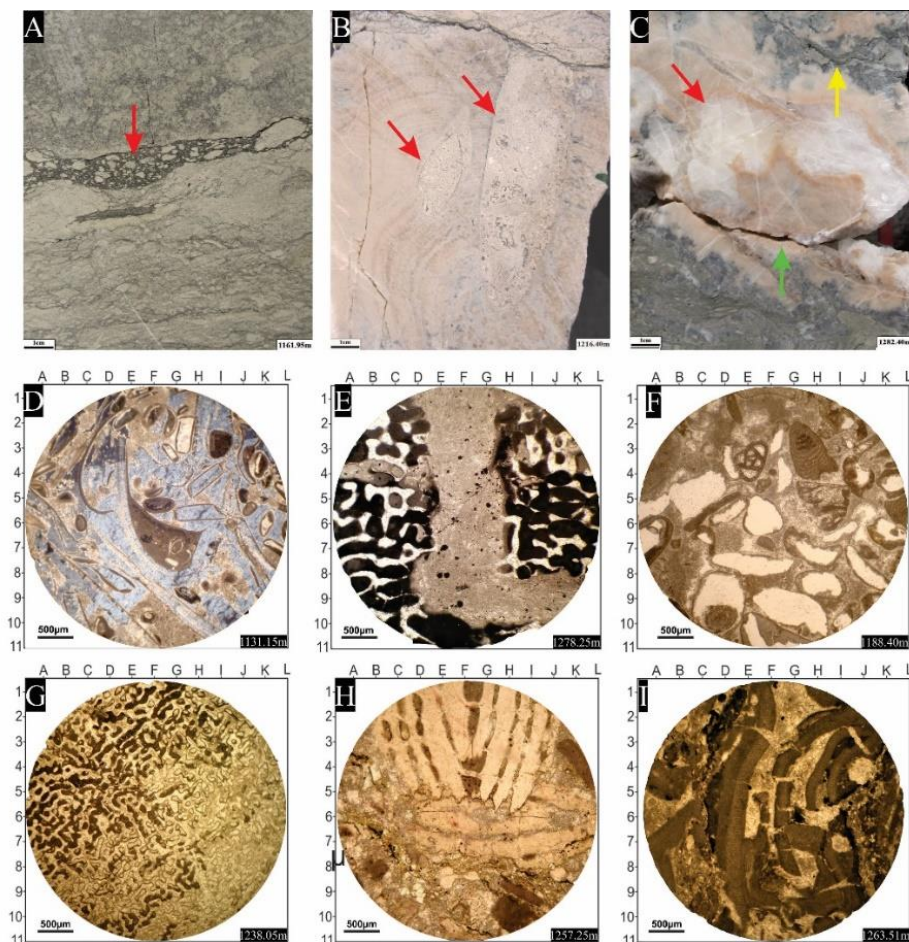
## ۲-۶- دیاژنز (آبهای) جوی

از شواهد حضور این دیاژنز می توان به انحلال، بازبلوری شدن و سیمانی شدن اشاره کرد، در بیشتر موارد جلبک ها، کورال ها و باقی مانده های دوکفه ای ها به صورت بخشی و یا کاملاً در جریان این مرحله بازبلوری شده اند (شکل ۸-D، F و G)، بنابراین نفومورفیسیم یا شکل جدید این اجزا به صورت کلسیت کم منیزیم از آراگونیت و کلسیت پرمیزیم شکل گرفته است، از این گذشته دانه های ناپایدار و صدف ها در جریان دیاژنز جوی تمایل به انحلال نشان می دهند. انحلال در بیشتر رخساره ها مخصوصاً در رخساره های MF-4 و MF-6 مشهود است. انحلال توسط آب های جوی در پیدایش تخلخل بسیار مهم است و برخی از مخازن هیدروکربنی بدین صورت تشکیل شده اند [۳۹]. رشد ثانویه سیمان سینتکسیال در این شرایط بر روی دانه های اکینودرم در مرحله اولیه شروع به گسترش می کند [۳۲]. این فرایندها، انحلال های قالبی و حفره ای را شکل می دهند که باعث افزایش تخلخل و تراوایی می شوند. هیچ شواهدی برای حضور کارستی شدن و یا خاک های قدیمه در این رسوبات پیدا نشده است.

## ۳-۶- دیاژنز دفنی

دفن کربنات های آسماری در اعماق کمتر از ۱/۳ کیلومتر با تراکم سازند و تغییر شکل دانه ها و شکسته شدن آن همراه شده و در انتها منجر به تراکم بسیار زیاد و انحلال و سرانجام استیلولیتی شدن و شکستگی شده است (شکل ۸-H و I). از آنجایی که استیلولیت ها به راحتی در در رخساره های رس دار تشکیل می شوند [۱۹]، علاوه بر فشار روباره ای و تکتونیک، حضور رس در برخی از این رخساره ها می تواند یکی از دلایل گسترش استیلولیت باشد. بعضاً در مجاور استیلولیت ها دولومیت های نیمه شکل دار تا شکل دار تمیز و روشن در اندازه متوسط دیده می شود (شکل ۸-H) که احتمالاً سیال منیزیم دار ناشی از فرایند انحلال در طی تراکم با آهک های اطراف استیلولیت واکنش داده و دولومت تشکیل شده است [۳۳]. دیاژنز دفنی به صورت پیش رونده ای به وسیله تراکم شیمیایی و سیمانی شدن منجر به تخریب تخلخل شده است. تعداد زیادی از نمونه مغزه ها و مقاطع نازک تراکم بسیار زیاد و استیلولیتی شدن را نشان می دهند. با افزایش عمق دفن انحلال فشاری آغاز شده و تراکم در بیشتر رخساره ها گسترش پیدا کرده است. از نتیجه آن می توان به پیدایش انحلال ها و گسترش استیلولیت ها اشاره کرد. استیلولیت ها معمولاً در بقایای نسبتاً انحلال پذیر سکناس های مطالعه شده مثل لایه های رس دار، مواد آلی، کوارتز، دولومیت و پیریت قابل مشاهده هستند. این فرایندهای دیاژنزی در جریان مرحله دفن کم عمق (تقریباً ۳۰۰ تا ۵۰۰ متر) رخ

می دهند و در جریان مرحله دفن عمق متوسط و عمیق به اوج خود می رسد که به خوبی کلسیت اسپاری درشت و هم بعد درون حفرات اولیه و ثانویه ته نشست می کند، این سیمان احتمالاً از حل شدن دانه ها در جریان تراکم شیمیایی منشا میگیرد که در بیشتر نمونه ها تخلخل را کاهش داده است.



شکل ۸- تصاویر میکروسکوپی فرایندهای دیاژنز میدان گازی گورزین [۳]. A: شکستگی و باند رسی (پیکان، نمونه از عمق 1161.95 m). B: زیست آشفستگی و حفاری دو کفه ای در بدنه مرجان ها (پیکان، نمونه از عمق 1216.40 m). C: پر شدن شکستگی ها با سیمان کلسیتی (پیکان قرمز و سبز) و تراکم شیمیایی (پیکان زرد) (نمونه از عمق 1282.40 m). D: میکرایتی شدن و سیمان شدگی سیلیسی (10G، نمونه از عمق 1131.15 m). E: زیست آشفستگی و حفاری جانداران (6F مرکز حفاری، نمونه از عمق 1278.25 m). F: انحلال و تخلخل قالبی (مثلاً 6F، نمونه از عمق 1188.40 m). G: نفومورفسم (نمونه از عمق 1238.05 m). H: تراکم مکانیکی و دولومیت های شکل گرفته در مجاورت استیلولت (5C-I، نمونه از عمق 1257.25 m). I: شکستگی در جلبک های قرمز (نمونه از عمق 1263.51 m).

## ۷- کیفیت مخزن

ویژگی های یک مخزن به وسیله ترکیبی از چندیدن فاکتور و توزیع آنها کنترل می شود که از مهم ترین فاکتورهای کنترل کننده در کیفیت مخزن کربناته آسماری در تافدیس گورزین می توان به نوع رخساره، حجم محتوای رس، انحلال، سیمان شدگی و شکستگی اشاره کرد. در واقع با افزایش حجم محتوای رس، حجم فضای متخلخل به فضاهای کوچکتر تقسیم شده و باعث کاهش تراوایی می شود (شکل ۸-A) [۳]. ولی حضور همزمان فضاهای انحلال یافته و شکستگی ها در مخزن مقدار



زیادی تراوایی را افزایش می‌دهند، به گونه‌ای که در رخساره MF-7 در بخشی که ریزشکستگی زیاد است تراوایی به ۱۰۰ میلی داری می‌رسد در حالی که در بخش‌های فاقد ریزشکستگی همان رخساره تراوایی بین ۷٪-۲۳٪ متغیر است. ریزرخساره (MF-1) یک ریزرخساره تبخیری با لیتولوژی انیدریت است که دارای مقدار تخلخل پایین و تراوایی ۰.۵۶ میلی داری می‌باشد. با توجه به مقدار بسیار کم تخلخل موجود در این لیتولوژی و خاصیت پلاستیکی و مقاوم در برابر شکنندگی نمی‌تواند رخساره مخزنی مناسبی باشد و همینطور به خاطر تراوایی کم ولی تاثیر گذاری مشهود در این رخساره که می‌تواند منجر به مهاجرت هیدروکربن از رخساره‌ها یا زون‌های مخزنی زیرین شود نمی‌تواند سنگ پوش خوبی برای مخزن آسماری باشد. ریزرخساره (MF-2) با لیتولوژی شیل ماسه‌ای یا مارل است که تخلخل کمتر از ۵٪ و تراوایی کمتر از ۲ میلی داری همانند ریزرخساره (MF-1) نمی‌تواند مخزن یا سنگ پوش خوبی باشد. بهترین کیفیت مخزنی در ریزرخساره (MF-6) به واسطه آبشویی لیتولوژی پکستون با دانه‌های اوئید در جریان دیاژنز آبهای جوی ایجاد شده است که دارای تخلخلی تا ۳۱.۴۵٪ و تراوایی ۱۰۶.۴۱ میلی داری است، و تخلخل غالب آن از نوع قالبی<sup>۱</sup> است (شکل ۸-F). این آبشویی که منشا آن آب‌های اسیدی و اکسیدانت جوی هستند منجر به انحلال و جابجایی دانه‌های ریزتر از جمله ماتریکس و رس موجود در لابه لای فضاها و متخلخل و همینطور ایجاد تخلخل بیشتر و تراوایی بهتری شده است، همینطور در جریان این آبشویی می‌توان این انتظار را داشت که بعضاً دانه‌های دارای مقاومت کم دچار انحلال گردیده و ارتباط بین گلوگاه‌های تخلخل بیشتری را ایجاد کنند که طبعاً باعث افزایش تراوایی و مرتبط شدن هر چه بیشتر فضاها و متخلخل دور افتاده شوند. دیگر ریزرخساره‌های باقی مانده (MF-4 و MF-5 و MF-7 و MF-9) دارای تنوع گسترده‌ای از خصوصیات مخزنی می‌باشند که نشان دهنده ناهمگنی بسیار زیاد مخزن در این ریزرخساره‌ها است (شکل ۹). در این ریزرخساره‌ها توزیع تخلخل بسیار پیچیده و عمدتاً حاصل فرایندهای انحلالی می‌باشد که از حل شدن دانه‌های با مقاومت کم در زمینه سنگ و اجازه نفوذ سیال مخزنی در باقی رخساره و انحلال هر چه بیشتر این زون مخزنی شده است. در رخساره MF-10 که لیتولوژی آن شامل اسکلت کورال‌ها و جلبک‌های قرمز (بایندستون یا فلوتستون) است دارای تخلخل از نوع درون دانه‌ای<sup>۲</sup> و شبکه‌ای<sup>۳</sup> کمتر از ۱۵٪ است، ولی تراوایی آن تنوع بسیار زیادی دارد که بین حدود ۰ تا ۷۰ میلی داری است. همانطور که به وسیله آزمایش‌های پتروگرافیک توسط شرکت نفت فلات قاره ایران نیز تایید شد، ریزشکستگی‌ها یک تاثیر بسیار قوی بر کیفیت مخزن در این ریزرخساره‌ها اعمال می‌کنند. ریزشکستگی‌ها عمدتاً در اغلب ریزرخساره‌ها در میزان تراوایی تاثیر گذارند. بلورهای بسیار درشت هیالین در MF-11 با لیتولوژی وکستون/پکستون و تخلخل از نوع بین ذره‌ای<sup>۴</sup> و حفره‌ای<sup>۵</sup> نشان دهنده یک ریزرخساره مخزنی بد تا ضعیف است، در این ریزرخساره اگرچه تخلخل کمتر از ۱۵٪ است ولی تراوایی معمولاً کمتر از ۱ میلی داری دارد، که این خصوصیات ویژگی‌های یک مخزن خوب قلمداد نمی‌شود. ریزرخساره MF-12 با تخلخل و تراوایی بسیار کم نشان دهنده خصوصیات یک مخزن خوب نیست ولی به دلیل حضور فراوان مواد آلی در این ریزرخساره که در واقع سازند پابده است اگر دچار بلوغ حرارتی لازم گردد می‌تواند به عنوان یک سنگ منشا قوی برای ریزرخساره‌های مخزنی بالاتر از خود ایفای

<sup>1</sup> Moldic

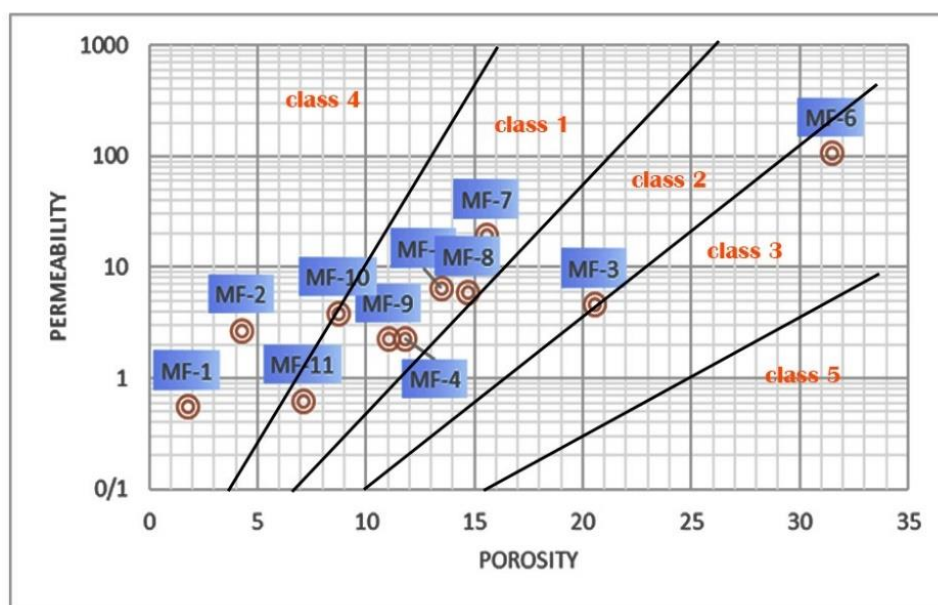
<sup>2</sup> Intraparticle

<sup>3</sup> framework

<sup>4</sup> interparticle

<sup>5</sup> vuggy

نقش کند. همچنین در شکل زیر یک نمودار متقاطع از داده های تراوایی و تخلخل مغزه در مقابل هم دیگر را نشان می دهد که هدف ترسیم این نمودار بررسی کیفیت مخزنی توالی مورد مطالعه به وسیله طبقه بندی لوسیا [۳۰، ۳۱] و چارت طراحی شده برای آن است. همانطور که در شکل مشاهده می شود طبقه بندی لوسیا بر مبنای ترسیم مقدار تراوایی در مقابل تخلخل است که برای مخازن کربناته و ماسه سنگی استفاده می شود، بر این اساس ۵ کلاس برای مخازن تعریف شده است که با توجه به ارتباط تخلخل و تراوایی نوع آنها مشخص می شود. لذا برای توالی مورد مطالعه این مقاله عمدتاً داده های مورد بررسی در کلاس ۱ قرار می گیرند که نشان دهنده میزان تراوایی زیاد و تخلخل زیاد است که عمده این تراوایی در ارتباط با شکستگی های ایجاد شده به واسطه تنش های موجود در منطقه است، و بخش دیگر این تراوایی در ارتباط با تخلخل های انحلالی مرتبط با هم در کربنات های این بخش می باشد. همچنین بیشترین ذخیره کربوهیدراتی یا به عبارت دیگر بیشتر حجم تخلخل موجود در این کلاس در ارتباط با تراوایی حاصل از شکستگی ها است و بخش دیگر این تخلخل مربوط به تخلخل های رایج در رمپ های کربناته است.



شکل ۹- کراس پلات تخلخل در مقابل تراوایی با چارت لوسیا که به تعیین کیفیت مخزن در میدان گازی گورزین می پردازد.

## ۸- نتیجه گیری

توالی مورد مطالعه شامل سازند های پایده، آسماری و گچساران است که پایده با یک با مرز ناهموار (احتمالاً فرسایشی) در قاعده آسماری و سازند گچساران با یک مرز تدریجی در زیر گچساران قرار گرفته است. مرز زیرین یک مرز ناهموار ناشی از ریزش قطعاتی از سازند آسماری از محیط بالاتر به عمق زیادتر (سازند پایده)، است. نسبت دادن یک مرز ناپیوستگی فرسایشی در قاعده سازند آسماری، در این چاه قطعی نیست، زیرا مرز ناهموار مذکور، تنها در ابعاد مغزه مشاهده شد. این توالی دارای ۱۲ رخساره که سازند پایده در قاعده آسماری دارای ۱ رخساره، سازند آسماری ۸ رخساره و سازند گچساران به عنوان سنگ پوش آسماری دارای ۳ رخساره است. سازند پایده در یک محیط عمیق، سازند آسماری در یک پلتفرم کربناته

کم عمق و سازند گچساران در یک محیط تبخیری نهشته شدند و یک سکانس پسروده را به نمایش می‌گذارند. تاریخچه دیاژنزی که کربنات‌های آسماری این میدان طی کرده‌اند شامل: الف) دیاژنز فریاتیکی دریایی: جایی که زیست آشفنگی، میکربیتی شدن و سیمانی شدن رخ می‌دهد. ب) دیاژنز آبهای جوی: جایی که باز بلوری شدن، سیمانی شدن و انحلال رخ می‌دهد. ج) دیاژنز دفنی: جایی که انحلال حاصل از فشار-تراکم و شکستگی رایج هستند رخ داده است. این مخزن یک مخزن ناهمگن است که در آن ریزشکستگی‌ها نقش و فضاها را انحلال یافته تعیین کننده‌ای را در کیفیت مخزن ایفا می‌کنند و ریزرخساره با تخلخل از نوع قالبی بهترین کیفیت مخزن را به خود اختصاص داده است.

## سپاس و قدردانی

این مقاله مستخرج از پایان نامه تحصیلات تکمیلی کارشناسی ارشد تحت حمایت مالی مدیریت پژوهش و فناوری شرکت نفت فلات قاره ایران می‌باشد. بدینوسیله از مدیریت محترم پژوهش و فناوری شرکت نفت فلات قاره ایران جناب آقای مهندس جواد رستمی به دلیل پشتیبانی علمی-مالی و همچنین رئیس بخش رسوب شناسی شرکت نفت فلات قاره سرکار خانم دکتر الهام حاج کاظمی و آقای دکتر بهروز اسرافیلی دیزجی و مهندس صنوبری سپاسگزاری می‌گردد. همچنین از داوران محترم آقایان دکتر علی صیرفیان و دکتر محمود برگریزان سپاسگزاری می‌گردد.

## منابع

- [۱] امین رسولی، ه.، لاسمی، ی.، قماش، م. و ظاهری، ش. ۱۳۹۱، رخساره‌های مرز سازندهای پابده و آسماری در برش کوه آسماری: گواهی بر ناپوستگی مرز روپلین-شاتین در ایران، فصلنامه علمی-پژوهشی علوم زمین، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، شماره ۸۳، ص. ۶۶-۵۹.
- [۲] مطیعی، ه.، ۱۳۷۲، زمین شناسی ایران، چینه شناسی زاگرس، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ص ۵۳۶.
- [۳] ممبئی، ک.، ۱۳۹۶، دیرینه شناسی، ریزرخساره و تحلیل محیط رسوبی سازند آسماری در میدان گازی گورزین، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه زنجان.
- [4] ADAMS, T.D. and BOURGEOIS, F., 1967, Asmari Biostratigraphy: Iranian Oil Operation Companies: *Geological and Exploration Division*, **1074**, 6-11.
- [5] AGHAEI, A., MAHBOUBI, A., MOUSSAVI-HARAMI, R., HEUBECK, C., NADJAFI, M., 2013, Facies analysis and sequence stratigraphy of an Upper Jurassic carbonate ramp in the Eastern Alborz range and Binalud Mountains, NE Iran: *Facies*, **59**, 863-889.
- [6] ALSHAHRAN A., KENDALL, C., 2011, Introduction to Quaternary carbonate and evaporite sedimentary facies and their ancient analogues: *International Association of Sedimentologists*, **43**, 1-10.
- [7] AMIRSHAHKARAMI, M., VAZIRI-MOGHADDAM, H., and TAHERI, A., 2007, Sedimentary facies and sequence stratigraphy of the Asmari Formation at Chaman-Bolbol, Zagros Basin Iran: *Journal of Asian Earth Science*, **29**, 947-959.
- [8] ALAVI, M., 2004, Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforland evolution: *American Journal of Science*, **304**, 1-20.

- [9] BASSI, D., HOTTINGER, L. and NEBELSICK, J. H., 2007, Larger Foraminifera from the Upper Oligocene of the Venetian area, northeast Italy: *Palaeontology*, **50**, 845-868.
- [10] BARATTOLO, F., BASSI, D., and ROMERO, R., 2007, Upper Eocene larger foraminiferal-coraline algal facies from the Klokova Mountain (south continental Greece): *Facies*, **53**, 361-375.
- [11] BEYDOUN, Z. R., HUGHES CLARKE, M.W., and STONELET, R., 1992, Petroleum in the Zagros Basin: a Late tertiary foreland basin overprinted onto the outer edge of a vast hydrocarbon-rich Paleozoic-Mesozoic passivemargin shelf. In: MAEQUEEN, R.W., LACKIE D.H. (Eds.), Foreland basins and fold belts, 55. USA: *Bulletin of American Association Petroleum Geologist, Memoir*, 309-339.
- [12] BRANDANO, M., and CORDA, I., 2002, Nutrients, sea level and tectonics: constrains for the facies architecture of a Miocene carbonate ramp in central Italy: *Terra Nova*, **14**, 257-262.
- [13] BRASIER, M.D., 1975, An outline history of sea-grass communities: *Paleontology*, **18**, 681-702.
- [14] CHOQUETTE, P. W., and PRAY, L. C., 1970, Geologic nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, **54**, 207-250.
- [15] DUNHAM, R. J., 1962, Classification of carbonate rocks according to their depositional texture, In: HAM, W. E., (Ed.), Classification of Carbonate Rocks: *American Association of Petroleum Geologists Memoir*, 108-121.
- [16] CORDA, L., and BRANDANO, M., 2003, A photic zone carbonates production on a Miocene ramp, Central Apennines, Italy: *Sedimentary Geology*, **161**, 55-70.
- [17] DICKSON, J.A.D., 1965, A Modified Staining Technique for Carbonates in Thin Section: *Nature*, **205**, 587-587.
- [18] EMBERY, A.F., and KLOVEN, J.E., 1971, A Late Devonian reef tract on northeastern Banks Island, Northwest territories: *Bulletin of Canadian Petroleum Geologist*, **19**, 730-781.
- [19] EHRENBERG, S.N., 2006, Porosity destruction in carbonate platforms: *Journal of Petroleum Geology*, **29**, 41-52.
- [20] EHRENBERG, S.N. PICKARD, G., LAURSEN, S., MONIBI, Z., MOSSADEGH, T., SVÅNÅ, T.A., AQRAWI, A.A.M. MCARTHUR, J. M. and M. THIRLWALL, 2007, Strontium Isotope Stratigraphy of the Asmari Formation (Oligocene-Lower Miocene), SW Iran: *Journal of Petroleum Geology*, **30**, 107-128.
- [21] FLÜGEL, E., 2004, Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application. *Springer, Berlin; New York*. 976 p.
- [22] FLÜGEL, E., 2010, Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application. *Springer, Heidelberg Dordrecht London New York*. 634 p.
- [23] FOLK, R.L., 1959, Parctical Petrographical Classification of limestones: *Bulletin of American Association Petroleum Geologist*, **43**, 1-38.
- [24] HEYDARI, E., 2008, Tectonics versus eustatic control on super sequences of the Zagros Mountains of Iran: *Tectonophysics*, **451**, 56-70.
- [25] HARZAUSER, M., LATAL, C. and PILLER, W.E., 2007, The stable isotope archive of Lake Pannon as a mirror of Late Miocene climate change: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **249**, 335-350.
- [26] LACOMBE, O., GRASEMANN, B. and SIMPSON, G., 2011, Introduction: geodynamic evolution of the Zagros: *Geodynamic Magazine*, **148**, 689-691.
- [27] LAURSEN, G., MONIBI, S. ALLAN, T., PICKARD, N., HOSSEINNEY, A. VINCENT, B. HAMON, Y. BUCHMEN, F. VAN, MOALLEMI, A. and G. DRUILLION, 2009, The Asmari

- Formation revisited: changed stratigraphic allocation and new biozonation: *Shiraz 2009-1st EAGE International Petroleum Conference and Exhibition*, cp-125-00069.
- [28] LOEBLICH, A.R., and TAPPAN, H., 1988, Foraminiferal Genera and Their Classification. *Springer, Berlin; New York*. 2031 p.
- [29] LUCIA, F.J. 2007, Carbonate Reservoir Characterization. *Springer, Berlin Heidelberg*, 341 p.
- [30] LUCIA, F. J. 1995, Rock-fabric/petrophysical classification of carbonate pore space for reservoir characterization: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, **79**, 1275-1300.
- [31] LUCIA, F. J., 1999, Carbonate Reservoir Characterization, *Springer, New York*, 226 p.
- [32] LAND L.S., MACKENZIE, F.T., and GOULD, S. J., 1967, Pleistocene history of Bermuda: *Geological Society of America Bulletin*, **78**, 993-1006.
- [33] LEE, Y.L. and FRIEDMAN, G.M., 1987, Deep-Burial dolomitization in the lower Ordovician Ellenburger Group Carbonates in west Texas and southeastern New Mexico: *Journal of Sedimentary Petrology*, **57**, 544-577
- [34] MOORE, C. H., 2001, Carbonate Reservoir Porosity Evolution and Diagenesis in a Sequence Stratigraphic Framework, *Elsevier, Amsterdam*, 444 p.
- [35] SCHOLLE, P.A., and ULMER-SCHOLLE, D.S., 2003, A Colour Guide to the Petrography of Carbonate Rocks: Grains, textures, porosity, diagenesis. *American Association of Petroleum Geologists*, 474 p.
- [36] RAJABI, P., 2016, Micro-Bio Stratigraphy of Asmari Formation in Mamoolan Stratigraphy Section, Sout of Khorramabad: *Open Journal of Geology*, **6**, 459-467.
- [37] ROMERO, J. CAUS, E. and J. ROSSEL, 2002, A model for the palaeoenvironmental distribution of larger foraminifera based on Late Middle Eocene deposits on the margin of the south Pyrenean basin (SE Spain): *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **179**, 43-56.
- [38] PIROUZ, M., SIMPSON, G., BAHROUDI, A. and AZHDARI, A., 2011, Neogene sediments and modern depositional environments of the Zagros foreland basin system: *Geological Magazine*, **148**, 838-853.
- [39] TUCKER, M.E. 1991, Sedimentology Petrography: An introduction to the origin of sedimentology rocks, *Blackwell, Berlin*, 260 p.
- [40] VAN BUCHEM, F.S.P., ALLAN, T.L., LAURSEN, G.V., LOTFPOUR, M., MOALLEMI, A., MONIBI, S., MOTIEI, H., PICKARD, N.A.H., TAHMSEBI, A.R., VEDRENNE, V., and VINCENT, B., 2010, Regional stratigraphic architecture and reservoir types of the Oligo-Miocene deposits in the Dezful Embayment (Asmari and Pabdeh formations) SW Iran: *Geological Society, London, Special Publications*. **329**, 219-263.
- [41] VAZIRI-MOGHADDAM, H., SEYRAFIAN, A., TAHERI, A., and MOTIEI, H., 2010, Oligocene–Miocene ramp system (Asmari Formation) in the NW of the Zagros basin, Iran: Microfacies, paleoenvironment and depositional sequence: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, **27**, 56–71.
- [42] WILSON, J.L., 1975, Carbonate facies in geologic history. *Springer, Berlin, New York*. 471 p.
- [43] WARREN, J.K. and KENDALL, C. G. St. C., 1985, Comparison of marine sabkhas (subaerial) and saline (subaqueous) evaporites: modern and ancient: *Bulletin of American Association Petroleum Geologist*, **69**, 1013-1023.

# The impact of microfacies and diagenesis characteristics on the reservoir quality of Asmari Formation in the Gevarzin gas field, Zagros basin, south Iran

K. Mombani, N. Abbassi, A. Yahyaei

\*[abbasi@znu.ac.ir](mailto:abbasi@znu.ac.ir)

Received: October 2019, Accepted: December 2019

## Abstract

Asmari Formation from the Gavarzin Gas Field (GGF), in the south Iran, shows uneven contact (probably as erosional unconformity boundary) with the marl and pelagic limestone of Pabdeh Formation and conformable overlain by the evaporate sediments of Gachsaran Formation, as a main cap rock of Asmari Formation reservoirs. Excavated cores from the one of the wells of GGF is 183 m in thickness, which includes 1.30 m from the top of Pabdeh Formation, 162.4 m from the Asmari Formation and 19.30 m from the basal layers of Gachsaran Formation. Asmari Formation comprises alternation of limestone, calcite dolomitic, claystone and shale with green marl in this well. Petrography studies and facies analysis on the thin sections and cores led to identification of 12 microfacies, which formed in shallowing upward sequence of a carbonate ramp system from deep-sea basin to sabkha environments. The ramp includes deep environments, open sea, patch reef, bio-, clastic-bars, lagoon and tidal environments, and changed to the restricted environment, which confirmed by overlain evaporative sediments of Gachsaran Formation. Diagenesis processes are main factors on carbonate reservoir quality of GGF. The diagenesis history of the studied samples is summarized as A) vadose zone diagenesis, includes the crystallization, cementation, and dissolution processes. B) marine phreatic diagenesis, comprises bioturbation, micritization and cementation processes. C) burial diagenesis, confirmed by compression-induced, pressure dissolution and mechanical fracturing processes. The microfacies data show a wide varieties of reservoir characteristics and therefore a heterogeneous reservoir has been formed. Microfractures, however have strongly influence on the reservoir quality in this well of GGF. Confluence of dissolved and fractures porosities led to increase of permeability of the reservoir. The high-quality reservoir estimated for grainstone/packstone sediments of coated grains microfacies with moldic porosity. These microfacies formed by the dissolution of ooid-bearing packstone in the vadose zone.

**Keywords:** Asmari Formation, Microfacies, Carbonate Ramp, Diagenesis, Reservoir Quality, Gavarzin Gas Field

**Keywords:** Dariyan Formation, Anneh Anticline, Biostratigraphy, Aptian, Orbitolina.