

## شواهدی بر غرق شدن پلاتفرم کربناته فارس در ژوراسیک، جنوب ایران

علی حسین جلیلیان

استادیار گروه زمین‌شناسی دانشگاه پیام‌نور، ایران

نویسنده مسئول: jalilian@pnu.ac.ir

نوع مقاله: پژوهشی

دریافت: ۹۸/۱۱/۲۷ پذیرش: ۹۹/۲/۸

## چکیده

مطالعه چیدمان رخساره‌ها و محیط رسوب‌گذاری توالی‌های ژوراسیک منطقه فارس، گویای تحولات مهمی در تاریخچه تکامل این قسمت از حوضه رسوبی زاگرس از جمله خروج از آب تا غرق شدن پلاتفرم کربناته در آن دوره است. به‌منظور بررسی جنبه‌های مختلف این رویدادهای زمین‌شناسی، دو بُرش از نهشته‌سنگ‌های ژوراسیک در کوه گدون و میدان نفتی کوه‌سیاه از نظر رسوب‌شناسی، چینه‌نگاری و چاه‌نگاری مطالعه شدند. یافته‌های این تحقیق نشان داد که توالی رسوبی ژوراسیک زیرین منطقه فارس عمدتاً شامل سنگ‌های کربناته و شیل‌هایی است که در بخش داخلی یک رمپ هموکلینال نهشته شده است. این توالی به یک افق خاک آهکی (کالکریت) منتهی می‌شود که همزمان با ناپیوستگی آلتین و خروج پلاتفرم از آب تشکیل شده است. پیشروی دریا و برقراری دوباره پلاتفرم در اوایل ژوراسیک میانی منجر به پوشانده شدن سطح ناپیوستگی با کربنات‌های پیراکشندی، شیل‌های دریایی عمیق و سنگ‌آهک‌های پلاژیک است. پوشانده شدن بدون واسطه نهشته‌های پلاتفرمی با رخساره‌های دریایی عمیق باژوسین، نشانه افزایش ناگهانی فضای رسوب‌گذاری و غرق شدن سکوی کربناته فارس است. چنین شرایطی، نتیجه عمیق شدن سریع حوضه ناشی از فرونشینی تکتونیکی همزمان با بالابودن سطح جهانی آب دریاها در باژوسین است. در این زمان، تغییر محیطی بارزی در حوضه زاگرس روی داد که طی آن پلاتفرم وسیع و پیوسته (ایپریک) ژوراسیک پیشین از هم تفکیک و سامانه رسوبی تازه‌ای ایجاد شد. این سامانه متشکل از دریا‌های عمیق و پلاتفرم‌های کربناته در بین آن‌ها بود و توسعه بیشتر دریا‌های باز را نشان می‌دهد. تشابه محیط‌رسوبی نهشته‌های باژوسین در فارس و حوضه گوتنیا (لرستان و شمال عراق) نشانه گسترش دریا‌های عمیق در بیشتر مناطق زاگرس است. با این اوصاف، غرق شدن پلاتفرم کربناته ژوراسیک یک رویداد فراگیر و نقطه عطف در تاریخ رسوب‌گذاری و تکامل ساختاری زاگرس است که رژیم رسوبی پس از آن کاملاً متفاوت شده است.

واژه‌های کلیدی: غرق شدن پلاتفرم، ژوراسیک، منطقه فارس، حوضه زاگرس

## پیشگفتار

منجر می‌شود (شلاگر و کمبر، ۱۹۸۶؛ گودت، ۲۰۱۳) که با تغییر ناگهانی نهشته‌های بخش کم‌عمق دریا به رخساره‌های آواری عمیق یا سنگ‌آهک‌های پلاژیک مشخص می‌شود (موتی و هالوک، ۲۰۰۳؛ مارینو و سانتانتینو، ۲۰۱۰؛ براندانو و همکاران، ۲۰۱۶). موضوع غرق شدن پلاتفرم‌های کربناته از جنبه‌های گوناگون دارای اهمیت است و در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. این مبحث، به‌عنوان یک چالش در رسوب‌شناسی کربنات‌ها مطرح است؛ زیرا نرخ رسوب‌گذاری در کارخانه‌های تولید کربنات، غالباً بیشتر از بالآمدن سطح نسبی آب دریاهاست و امکان غرق شدن این محیط‌ها کم است (شلاگر، ۱۹۸۱ و ۱۹۹۹). افزون بر این، شناخت توالی‌های غرق‌شده می‌تواند به بازسازی تاریخچه رسوب‌گذاری، تکتونیک و نوسانات آب دریا‌های گذشته کمک کند و اکتشاف مخازن هیدروکربنی و پوش سنگ‌ها

در مطالعه توالی‌های رسوبی گذشته و بازسازی محیط تشکیل آن‌ها، شواهد انکارناپذیری از غرق شدن پلاتفرم‌ها به‌دست آمده است (هالوک و شلاگر، ۱۹۸۶؛ ایبرلی و همکاران، ۲۰۱۰). پلاتفرم‌ها محیط‌های رسوبی کم‌عمقی هستند که به‌عنوان کانون رسوب‌گذاری دریاها و کارخانه‌های تولید کربنات شناخته شده‌اند (شلاگر، ۲۰۰۳؛ بوسنس، ۲۰۰۵). این محیط‌ها زمانی غرق می‌شوند که خیزش سطح نسبی آب دریا (برآیند نوسان آب دریا و فرونشینی تکتونیکی) فراتر از میزان رسوب‌گذاری باشد و تولید کربنات در آب‌های کم‌عمق متوقف شود (شلاگر، ۱۹۸۱ و ۱۹۸۹؛ فلوگل، ۲۰۱۰). غرق شدن درازمدت پلاتفرم‌ها به غرق شدن ناپیوستگی‌ها<sup>۱</sup>

<sup>1</sup> Unconformity

رسوبی ایران، عمدتاً آواری و اغلب محصول پلاتفرم‌های پایدار در اقیانوس پالئوتتیس هستند (کونرت و همکاران، ۲۰۰۱؛ لاسمی، ۱۳۷۹). تغییرات رخساره‌ها و ستبرای این نهشته‌ها را به تأثیر حرکات زمین‌زایی، جای‌گیری گنبد‌های نمکی، گسلش پی‌سنگ و افت و خیز سطح آب دریاها نسبت داده‌اند (بربریان و کینگ، ۱۹۸۱؛ جهانی و همکاران، ۲۰۰۹). تشکیل کافت و بازشدن اقیانوس نئوتتیس میان ورقه‌های عربی و ایران در امتداد گسل اصلی زاگرس، از رویدادهای مهم این منطقه در پرموتریاس است (حسینی، ۲۰۰۰؛ ستامپلی و بورل، ۲۰۰۲).

حدود ۱۵٪ از ذخایر شناخته‌شده‌ی گاز جهان تاکنون در سرزمین فارس کشف شده است که کربنات‌های پرموتریاس (سازندهای دالان و کنگان) سنگ مخزن اصلی آن‌ها هستند (بردناو و هگر، ۲۰۱۰؛ معتمدی و همکاران، ۲۰۱۲). در طی ژوراسیک و کرتاسه، حوضه‌ی زاگرس بخشی از حاشیه شمال‌خاوری ورقه عربی بود که گسل کازرون آن را به دو بخش فارس و لرستان جدا کرده است (سپهر و کاسگرو، ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵). با همگرا شدن ورقه‌های عربی و ایران در کرتاسه پسین، اقیانوس نئوتتیس بسته شد (گلونکا، ۲۰۰۴؛ علوی، ۲۰۰۷) و حوضه‌ی فورلند زاگرس پدید آمد (فخاری و همکاران، ۲۰۰۸؛ پیروز و همکاران، ۲۰۱۱). برخورد ورقه‌های یاد شده در نهایت با فرارانش بخش‌هایی از پوسته اقیانوسی و جای‌گیری واحدهای افیولیتی در ناحیه نیریز همراه بود (بابایی و همکاران، ۲۰۰۶؛ آگارد و همکاران، ۲۰۱۱). تداوم فاز فشارشی و چین‌خوردگی ناشی از برخورد، منجر به ایجاد رشته‌کوه‌هایی شد که به عنوان خاستگاه اصلی نهشته‌های آواری حوضه پس از کرتاسه عمل کرده‌اند (پیریایی و همکاران، ۲۰۱۰). به همین خاطر، در مقاطعی از سنوزوئیک به خصوص نئوژن با افزایش واردات آواری، محیط رسوب‌گذاری از دریایی به قاره‌ای تغییر کرد و مجموعه‌های آواری و تبخیری در جنوب ایران بر جای گذاشته شدند (آلدگا و همکاران، ۲۰۱۸؛ بیگی و همکاران، ۲۰۱۸). تکامل ساختاری و زمین‌ریخت زاگرس نتیجه رویدادهای تکتونیکی متعددی است که مهم‌ترین آن‌ها همزمان با نهشته شدن آواری‌های میوسن- پلیوسن (سازندهای آجاجاری و بختیاری) صورت گرفته و سیمای کنونی زاگرس از پیامدهای آن محسوب می‌شود (حسامی

را بهبود ببخشد (ارلیچ و همکاران، ۱۹۹۰؛ کاتونینو، ۲۰۰۶). سطوح غرق‌شده می‌توانند پوش‌سنگ مخازن حاصل از پلاتفرم‌ها باشند (ساتلر و همکاران، ۲۰۰۹). توالی رسوبی دوره ژوراسیک زاگرس، عمدتاً شامل رخساره‌های کربناته است که واحدهای آواری و تبخیری آن‌ها را همراهی می‌کنند (جیمز و وایند، ۱۹۶۵؛ علوی، ۲۰۰۴). این رسوبات با بیشینه ستبرای ۱۰۰۰ متر عمدتاً حاصل رسوب‌گذاری یک دریای حاشیه قاره‌ای و کم‌عمق (اپیکانتینتال<sup>۲</sup>) در جنوب راندگی اصلی زاگرس است که تغییر شرایط رسوب‌گذاری آن منجر به تغییر و تنوع رخساره‌ها شده است (مطیعی، ۱۳۷۲؛ جلیلیان، ۱۳۹۳؛ الف، ۱۳۹۶). در ارتباط با جوانب مختلف غرق‌شدن پلاتفرم کربناته فارس در ژوراسیک تاکنون مطلبی منتشر نشده است. در این مقاله، بخشی از شواهد مرتبط با این رویداد زمین‌شناسی و سازوکارهای احتمالی مؤثر در وقوع آن مطرح شده است.

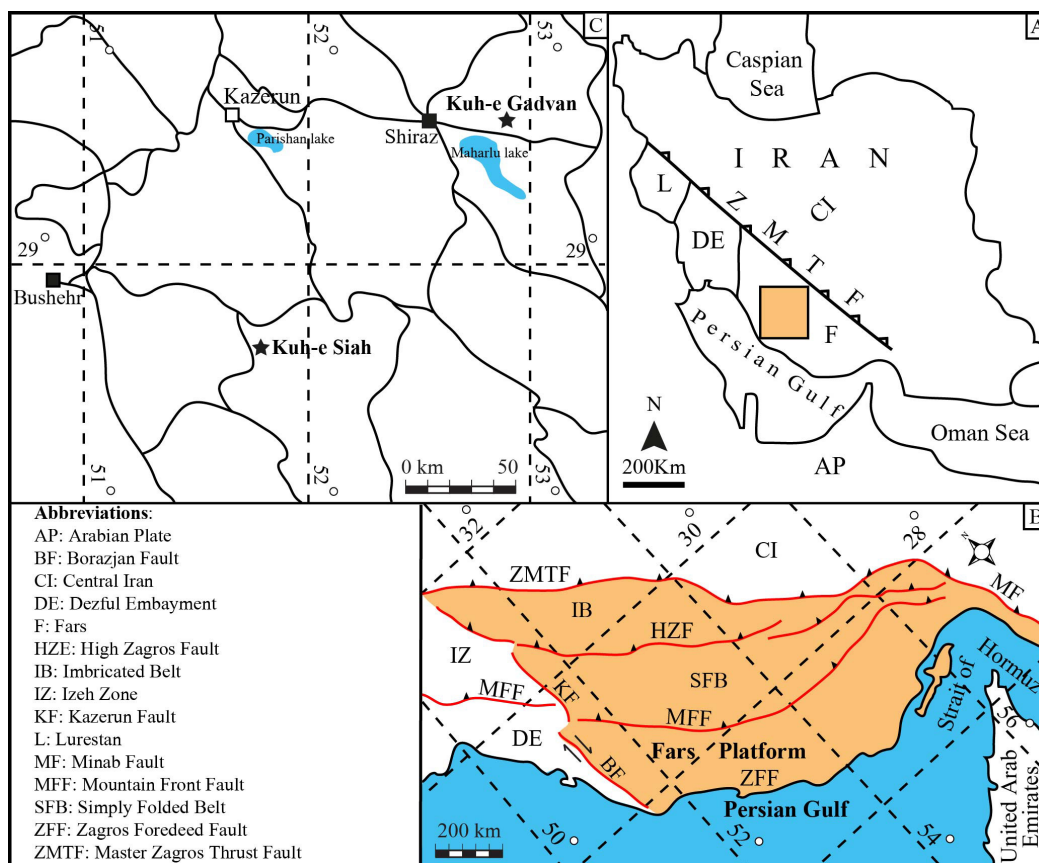
#### زمین‌شناسی و چینه‌نگاری نواحی مورد مطالعه

رشته‌کوه زاگرس نتیجه تشکیل و تغییر پی‌درپی نهشته‌سنگ‌هایی با ستبرای ۷ تا ۱۲ کیلومتر است که از اواخر پرکامبرین پسین تا هولوسن در جنوب- جنوب باختر ایران پدید آمده‌اند (بربریان و کینگ، ۱۹۸۱؛ علوی، ۲۰۰۴ و ۲۰۰۷). محدوده مورد نظر در این مطالعه، قسمتی از قلمرو جنوب‌خاوری زاگرس است که به نام پلاتفرم فارس معرفی شده است (ستوده‌نیا، ۱۹۷۸). پلاتفرم فارس شامل زمین‌هایی است که در خاور گسل کازرون تا گسل میناب قرار دارند و دشت ساحلی شمال خلیج فارس تا کوهستان چند هزارمتری زاگرس بلند را در برمی‌گیرد (شکل ۱A-B). کهن‌ترین سنگ‌های شناخته شده در این منطقه، مجموعه عمدتاً تبخیری سازند هرمز به سن اینفراکامبرین است (کلمن- سد، ۱۹۷۸؛ کنت، ۱۹۷۹؛ نصیر و همکاران، ۲۰۰۸) که پوشش رسوبی فانروزوئیک را از پی‌سنگ بلورین پرکامبرین جدا می‌کند (حسینی، ۱۹۸۸؛ علوی، ۲۰۰۴). صعود نمک‌های سازند هرمز و تشکیل تعداد زیادی گنبد نمکی در منطقه فارس، یکی از وجوه تمایز آن است که حوضه هرمز هم گفته می‌شود (اسنایدرو و همکاران، ۲۰۱۹). نهشته‌های پالئوزوئیک زاگرس، مشابه سایر پهنه‌های زمین‌ساختی-

<sup>2</sup> Epicontinental

سرچاهان (اردوئیسین) را شامل می‌شود (زابو و خردپیپر، ۱۹۷۸؛ صابری و همکاران، ۱۳۹۸). مجموع ضخامت سنگ‌های ژوراسیک در این چاه ۹۹۶ متر است که از این مقدار ۱۵۱ متر سازند نیریز، ۶۸۵ متر سازند سورمه و ۱۶۰ متر متعلق به سازند هیث است. به سمت لرستان و شمال عراق، توالی رسوبی ژوراسیک به سازندهای موس (توآرسین)، علن (توآرسین-آلنین)، سرگلو (آلنین-باتونین)، نجمه (کالوین-تیتونین) و هیث (تیتونین) تغییر می‌یابد (ستوده‌نیا، ۱۹۷۸؛ الشهران و نیرن، ۲۰۰۳؛ غضبان، ۲۰۰۷) (شکل ۲). شواهد میدانی و داده‌های چاه‌پیمایی نشان می‌دهند که در نواحی مورد مطالعه سنگ‌های ژوراسیک زیرین و بالایی عمدتاً کربناته‌اند؛ در حالی که در ژوراسیک میانی واحدهای شیلی حضور بیش‌تری دارند (شکل‌های ۳ و ۴).

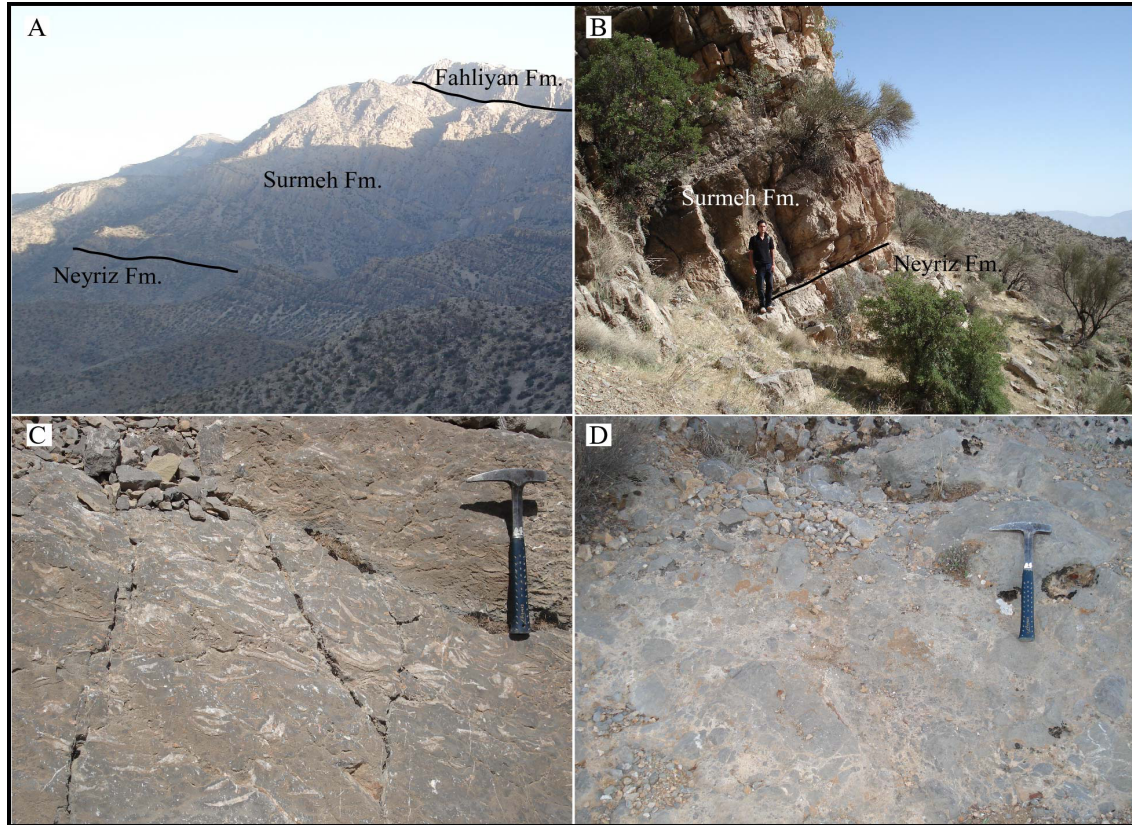
و همکاران، ۲۰۰۱؛ شرکتی و همکاران، ۲۰۰۵). توالی رسوبی ژوراسیک پلاتفرم فارس شامل واحدهای کربناته، شیل و تخییری است که در قالب سازندهای نیریز (ژوراسیک زیرین)، سورمه (ژوراسیک) و هیث (ژوراسیک بالایی) معرفی شده‌اند (جیمز و وایند، ۱۹۶۵؛ مطیعی، ۱۳۷۲؛ آفانباتی، ۱۳۸۳). در کوه گدون، بخش بالایی سازند نیریز کهن‌ترین واحد سنگ‌چینه‌ای است که رخنمون دارد و با توالی نسبتاً کامل از سنگ‌های ژوراسیک تا نهشته‌های هولوسن پوشانده شده است. در این بُرش، سازند سورمه ۵۵۰ متر ستبراً دارد و با ناپیوستگی فرسایشی از سازندهای نیریز و فهلیان (کرتاسه زیرین) جدا شده است (پروانه‌نژاد شیرازی و همکاران، ۱۳۸۹). چاه شماره یک میدان نفتی کوه سیاه تا عمق ۳۸۰۵ متری حفاری شده است و مجموعه‌ای از سنگ‌های منتسب به سازندهای میشان (میوسن) تا



شکل ۱. جایگاه زمین‌شناسی و جغرافیایی محدوده خاوری رشته‌کوه زاگرس: (A) موقعیت ناحیه مورد نظر در جنوب ایران با مستطیل قهوه‌ای روشن روی نقشه نشان داده شده است. (B) چارچوب ساختاری و گسل‌های مهم محدودکننده منطقه فارس (بربریان، ۱۹۹۵؛ سیهر و کاسگرو، ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵). نقشه ساده‌ای از راه‌های دسترسی به بُرش‌های کوه گدون و میدان نفتی کوه سیاه که با علامت ستاره مشخص شده‌اند. دریاچه‌های مهارلو و پریشان (تالاب فامور) از عوارض جغرافیایی مهم منطقه هستند که با رنگ آبی نشان داده شده‌اند (برگرفته از بختیاری، ۱۳۹۱ با تغییرات).

Period	Epoch	Region	Iranian Oil Operating Companies Agreement Area			
			Northern Iraq	Lurestan	Khuzestan	Fars
		Stage				
Jurassic	Upper	Tithonian	Gotnia	Barsarin	Gotnia	Hith
		Kimmeridgian				
		Oxfordian	Najmeh	Naokelekan	Najmeh	
	Middle	Callovian				Surmeh
		Bathonian		Sargelu	Sargelu	
		Bajocian				
		Aalenian	Alan		Alan	
	Lower	Toarcian	Mus		Mus	
		Plinsbachian	Adaiyeh	Sarki	Adaiyeh	Neyriz
		Cinemurian	Buthmah			
<b>Legend</b>						
		Dolomite	Shaly dolomite	Limestone	Evaporite	
		Argillaceous limestone	Shale	Interbedded shale and limestone		

شکل ۲. شمای کلی سازندهای ژوراسیک در مناطق مختلف زاگرس (جیمز و واینند، ۱۹۶۵؛ الشهران و نیرن، ۲۰۰۳).



شکل ۳. تصاویر میدانی بعضی از سازندهای مزوزوئیک در کوه گدون: (A) نمای کلی بخشی از یال جنوب باختری تاقدیس کوه گدون که سازند نیریز در هسته آن رخنمون یافته و با سازندهای سورمه و فهلیان پوشانده شده است. (B) تماس ناگهانی دولومیت و شیل‌های سازند نیریز با کربنات‌های ستبر و کوه‌ساز پایه سازند سورمه، (C) نمای نزدیک از سنگ‌آهک‌های لیتئوتیس دار شاخص ژوراسیک زیرین در شروع سازند سورمه، (D) پرش‌های انحلالی در مرز سازندهای سورمه و فهلیان (ناپیوستگی مرز ژوراسیک به کرتاسه) که معادل سازند تبخیری هیت در برش زیرزمینی کوه‌سیاه است.





حوضه ناشی از آغاز کافت در منطقه مدیترانه و افت سطح آب و پسروی دریا باعث این نبود رسوبی شده است (شارلند و همکاران، ۲۰۰۱؛ زیگلر، ۲۰۰۱). نخستین نهشته‌های ژوراسیک زاگرس خاوری و نواحی ساحلی پیرامون خلیج فارس، مجموعه کربناته و شیلی سازند نیریز است که در اواسط ژوراسیک پیشین (سینمورین-پلینسباکین) تشکیل شده است (مطیعی، ۱۳۷۲؛ جلیلیان، ۱۳۹۶ الف). شواهد میدانی و سنگ‌نگاری نمونه‌های بخش بالایی سازند نیریز در کوه گدون حاکی از رسوب‌گذاری آن در بخش کم‌عمق یک محیط دریایی است. نشانه‌های رسوبی مثل انواع لامیناسیون، ترک‌های گلی، ریپل‌مارک، استروماتولیت، کانی‌های تبخیری، فابریک فنسترال و دولومادستون‌ها (شکل‌های ۵ و ۶) نشان می‌دهند که این نهشته‌ها در قسمت داخلی یک رمپ هموکلینال به‌خصوص پهنه کشندی آن پدید آمده‌اند (شین و همکاران، ۱۹۸۳؛ لاسمی و همکاران، ۲۰۱۲). بارزترین ساختمان‌های رسوبی سازند نیریز لایه‌بندی هترولیتی<sup>۲</sup> (فلاسر، موجی و عدسی) است. این ساختمان‌ها شاخص رسوبات پیراکشندی (کشندسنگ‌ها<sup>۳</sup>) هستند و تنوع آن‌ها تابع شدت و رژیم جریان و مقدار رسوبات محیط است (دمیکو و هاردی، ۱۹۹۴؛ دیویس، ۲۰۱۲؛ زندمقدم، ۲۰۱۳). پهنه‌های کشندی در سواحل باز، کم ارتفاع و نسبتاً کم انرژی، به‌خصوص در مناطق با دامنه کشند زیاد و فاقد امواج قدرتمند گسترش می‌یابند (پرات و همکاران، ۱۹۹۲؛ تسیر و رینود، ۲۰۱۶). مجموعه رسوبی ژوراسیک زیرین منطقه فارس با حضور کربنات‌های ستر و کوه‌ساز بخش آغارین سازند سورمه تکمیل می‌شود. سنگ‌شناسی غالب این بخش را سنگ‌آهک‌های دولومیتی تشکیل داده‌اند که فراوانی لیتیتوتیس‌های<sup>۴</sup> بزرگ از وجوه بارز آن است (جیمز و وایند، ۱۹۶۵). عنوان لیتیتوتیس برای معرفی همه دوکفه‌ای‌های شناخته شده در کربنات‌های دریاهای کم‌عمق ژوراسیک پیشین استفاده می‌شود (لی، ۱۹۸۳). متوسط اندازه این دوکفه‌ای‌ها ۲۰-۱۵ سانتی‌متر است؛ اما در بعضی موارد تا ۷۰ سانتی‌متر هم گزارش شده است (دیلجک و باسر، ۱۹۹۷؛ کروبیک و گلونکا، ۲۰۰۹).

مسیر جاده شیراز به خرامه میسر است (شکل ۱C). میدان نفتی کوه‌سیاه در ۸۰ کیلومتری جنوب خاوری بوشهر قرار دارد و چاه شماره یک آن با مختصات جغرافیایی "۴۸ و ۳۹' و ۲۸° شمالی و "۱۲ و ۴۲' و ۵۱° خاوری در یال شمالی تاق‌دیس کوه‌سیاه حفاری شده است. در مطالعات میدانی، ضمن اندازه‌گیری ستبرای توالی رسوبی و بررسی تغییرات جانبی و عمودی واحدهای سنگی، تعداد ۱۰۰ نمونه دستی برداشت شد. با تهیه مقاطع نازک و پتروگرافی نمونه‌ها، ویژگی‌های بافتی، اجزای تشکیل‌دهنده سنگ‌های کربناته و فراوانی آلومک‌ها بررسی و نمونه‌های کربناته بر پایه رده‌بندی دانهام (۱۹۶۲) نام‌گذاری شدند. برای تعیین محیط رسوب‌گذاری رخساره‌ها از معیارهای ارایه شده توسط شول و همکاران (۱۹۸۳)، تاکر و همکاران (۱۹۹۰)، واکر و جیمز (۱۹۹۲)، ریدینگ (۱۹۹۶) و فلوگل (۲۰۱۰) استفاده شده است. با بررسی نمودارهای (لاگ<sup>۱</sup>) ژئوفیزیکی صوتی و گاما، ترکیب کلی سنگ‌ها در دیواره چاه مشخص و واحدهای شیلی از کربنات تفکیک شدند. در مرحله بعد، داده‌های میدانی و چاه‌نگاری دو بُرش مورد مطالعه با هم مقایسه و واحدهای هم‌ارز مشخص شدند. برای آگاهی از وضعیت سطح آب دریاها در دوره‌ی ژوراسیک، به منابعی نظیر گلونکا و کیسلینگ (۲۰۰۲) و حق و القحطانی (۲۰۰۵) استناد شده است. در نهایت، بر اساس بیوزون‌های معرفی‌شده برای بخش‌های مختلف توالی ژوراسیک زاگرس از جمله وایند (۱۹۶۵) سن واحدهای سنگی و زمان غرق‌شدن پلاتفرم تعیین شده است.

## بحث

### پلاتفرم کربناته ژوراسیک پیشین

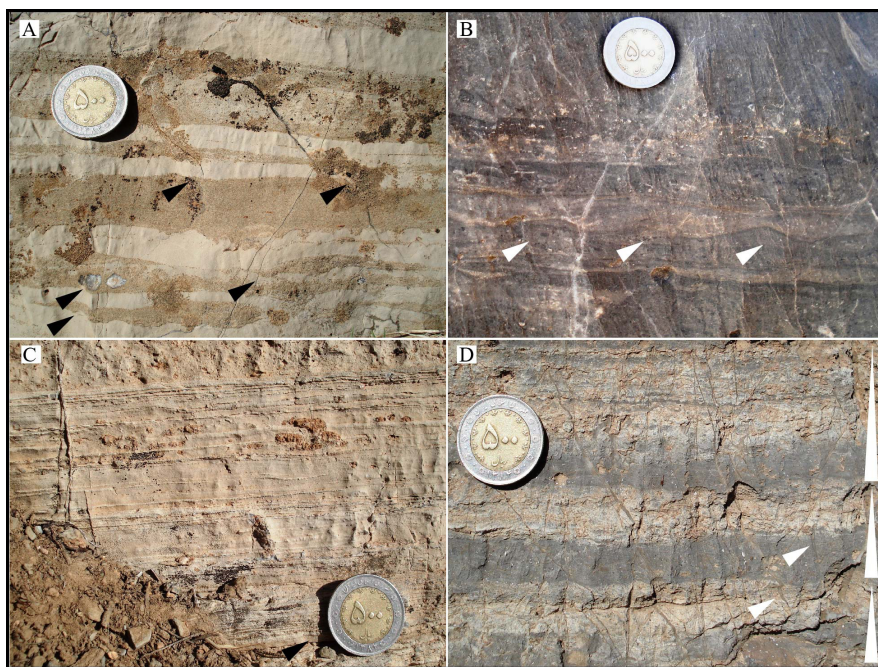
توالی رسوبی ژوراسیک زیرین در منطقه فارس شامل سازند نیریز و بخش زیرین سازند سورمه است (جیمز و وایند، ۱۹۶۵؛ ستوده‌نیا، ۱۹۸۷). وقفه رسوب‌گذاری در مرز تریاس به ژوراسیک (رتین-هتانزین) منجر به نبود بخشی از سنگ‌های تریاس بالایی و ژوراسیک زیرین جنوب ایران (ناپوستگی میان سازند نیریز و سازندهای خانه‌کت و دشتک) شده است (زابو و خردپیر، ۱۹۷۸؛ ستوده‌نیا، ۱۹۷۸؛ سیدامامی، ۲۰۰۳). بالآمدگی بستر

<sup>2</sup> Heterolithic

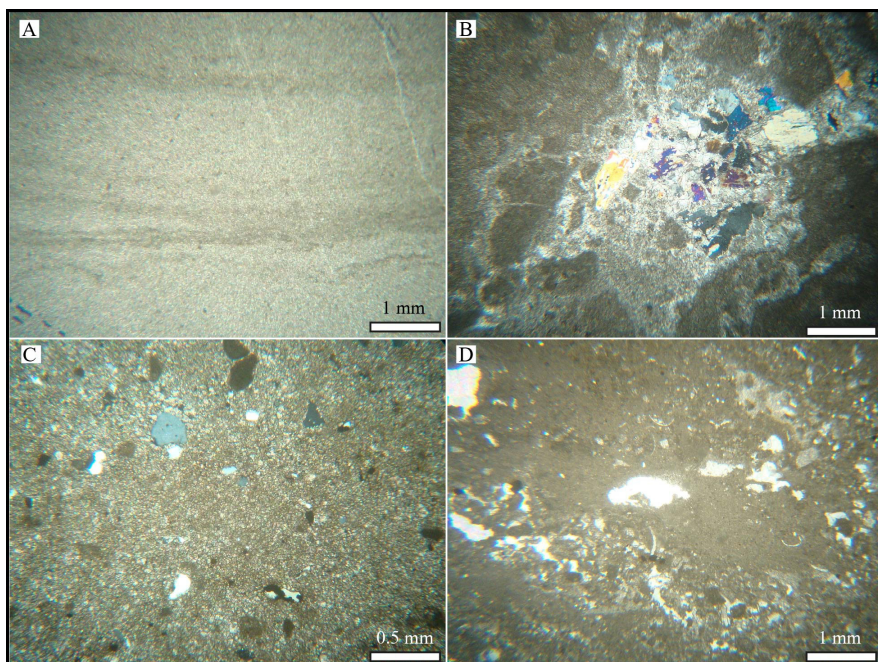
<sup>3</sup> Peritidal/Tidalites

<sup>4</sup> Lithotitis

<sup>1</sup> Log



شکل ۵. تصاویر میدانی بعضی از مهم‌ترین ساختمان‌های رسوبی مشاهده شده در رخنمون‌های سازند نیریز: (A) انواع لایه‌بندی هترولیتی شامل عدسی، موجی و فلاسر، (B) لایه‌بندی ریپلی حاصل از جابه‌جایی ریپل مارک‌ها، (C) تکرار لامیناسیون‌های افقی (مسطح)، موجی و ریپلی ناشی از تغییرات روزانه در شدت و جهت جریان‌های کشنندی، (D) ساختار ریتمی (تکرار چرخه‌های کشنندی) متشکل از تناوب لامینه‌ها و لایه‌های بسیارنازک دولومیت (روشن) و استروماتولیت (تیره) حاصل از تغییر مکان جانبی مکرر زیرمحیط‌های پهنه کشنندی، بودن ترک‌های گلی نشانه خروج متناوب محیط تشکیل نهشته‌ها از آب دریاست (قطر سکه حدود ۲۵ میلی‌متر است).

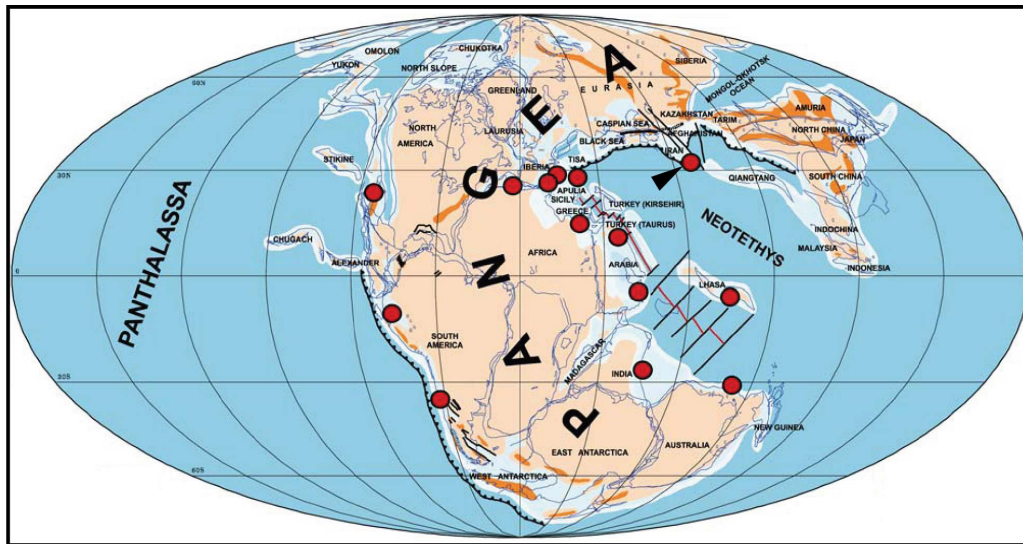


شکل ۶. تصاویر میکروسکوپی نمونه‌های کربناته سازند نیریز: (A) لامیناسیون افقی متشکل از دولومیت میکروکریستالین (دولومیت رسوبی) و لامینه‌های جلبکی (استروماتولیت)؛ (B) کانی‌های تبخیری (ژیپس و انیدریت) در زمینه مادستون آهکی، (C) دولومادستون سیلنتی معرف واردات آواری از خشکی و محیط ساحلی تشکیل این نهشته‌ها، (D) وکستون پلوییدی با فابریک چشم پرنده‌ای (فنسترال) از بافت‌های شاخص نهشته‌های پیراکشنندی (XPL).



اساساً تجمع لیتیتوتیس‌ها یکی از وجوه تمایز توالی‌های رسوبی ژوراسیک زیرین در جهان است (رایدینگ، ۲۰۰۲؛ فرانچسکی و همکاران، ۲۰۱۴). این جانوران در آب‌های گرم ساحلی و عمدتاً در پهنه‌های کشندی و تالاب‌های مرتبط با آن‌ها می‌زیسته‌اند (فریزر، ۲۰۰۱؛ فریزر و همکاران، ۲۰۰۴). با این اوصاف، مشخص می‌شود که پس از رسوب‌گذاری سازند نیریز و هم‌ارزهای آن در فلات قاره نئوتتیس، شرایط محیطی برای تولید بیش‌تر کربنات مساعد و با تشکیل طبقات لیتیتوتیس‌دار قاعده سازند سورمه در توارسین پلاتفرم کربناته فارس تثبیت شد. مقایسه شرایط و محیط‌رسوبی رخساره‌های ژوراسیک زیرین منطقه فارس با نهشته‌های هم‌زمان در نواحی مختلف حاشیه شمال خاوری ورقه عربی، حاکی از آب و هوای گرم و خشک و حضور غالب یک سکوی کربناته-تبخیری پیوسته در این مناطق است (موریس، ۱۹۸۰؛ غضبان، ۲۰۰۷؛ عقروی و همکاران، ۲۰۱۰). وسعت زیاد فلات قاره ژوراسیک پیشین و گسترش دریا‌های کم‌عمق (اپیریک) در خاورمیانه به فرونشینی اندک پلاتفرم (کوپ) و استونلی، (۱۹۸۲) و پایین‌بودن سطح جهانی آب دریاها در آن زمان مربوط است (گلونکا و کیسلینگ، ۲۰۰۲؛ حق و القحطانی، ۲۰۰۵).

لیتیتوتیس‌ها در ژوراسیک پیشین ظاهر شده و تقریباً همه آن‌ها پیش از ژوراسیک میانی منقرض شده‌اند (هریس و همکاران، ۱۹۹۶). گسترش کربنات‌های لیتیتوتیس‌دار در مناطق وسیعی از باختر اروپا تا شمال آفریقا، خاورمیانه و حاشیه باختری قاره آمریکا (شکل ۷) گویای رشد سریع و شکوفایی جهانی دوکفه‌ای‌ها در زمان نسبتاً محدود سینمورین-توارسین است (لینفلدر و همکاران، ۲۰۰۲؛ فریزر و همکاران، ۲۰۰۴). این موضوع یکی از رویدادهای برجسته زیست‌چینه‌ای مزوزوئیک است که به سازگاری فوق‌العاده لیتیتوتیس‌ها با شرایط محیطی ژوراسیک پیشین و امکان مهاجرت بین اقیانوس‌های تتیس و پانتالاسا از گذرگاه هیسپانیک<sup>۱</sup> در آمریکای مرکزی مربوط است (آبرهان، ۲۰۰۱؛ کروبیکی و گلونکا، ۲۰۰۹). ظهور لیتیتوتیس‌ها از آن جهت دارای اهمیت است که نشانه بازگشت جانوران به دریاها پس از انقراض جمعی<sup>۲</sup> در مرز تریاس-ژوراسیک است که طی آن حدود ۸۰ درصد از جانداران زمین به دلیل اثرات گلخانه‌ای شدید ناشی از فراوانی گازهای متان و دی‌اکسیدکربن از بین رفتند (هالام و ویگنال، ۱۹۹۹؛ پالفی و همکاران، ۲۰۰۲؛ فلیچر و همکاران، ۲۰۰۸). دوکفه‌ای‌ها در دینامیک پلاتفرم‌های کربناته مناطق گرم نقش محوری داشته‌اند و



شکل ۷. نقشهٔ تکتونیک ورقه‌ای جهان در ژوراسیک پیشین که ابرقاره پانگه‌آ در میان اقیانوس‌های نئوتتیس و پانتالاسا را نشان می‌دهد (کروبیکی و گلونکا، ۲۰۰۹). پراکندگی لیتیتوتیس‌ها با دایره‌های قرمز و موقعیت تقریبی زاگرس (جنوب ایران) در بالای مدار ۳۰ درجه شمالی با پیکان سیاه مشخص شده است.

<sup>1</sup> Hispanic Corridor

<sup>2</sup> Mass extinction



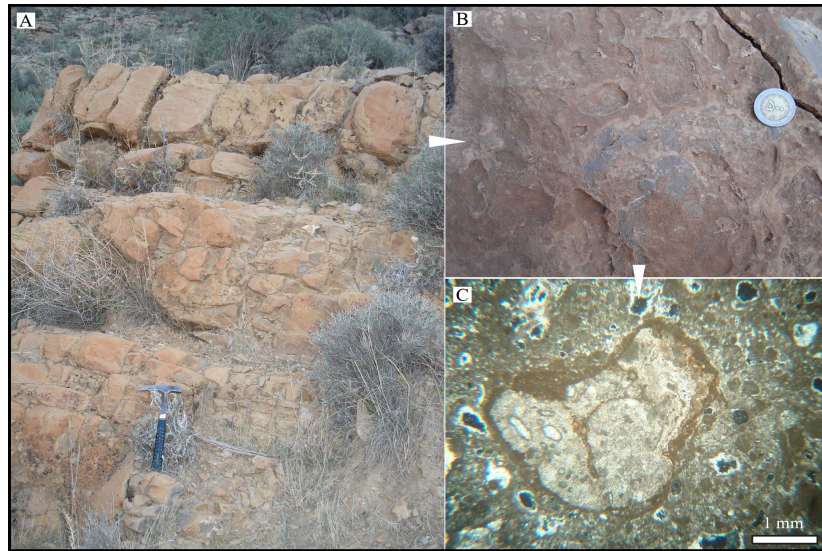
## ناپیوستگی آلتین

تغییر در شرایط محیطی گاهی سبب می‌شود رسوب‌گذاری برای مدتی متوقف شود و یک سطح ناپیوستگی در انتهای توالی رسوبی پدید آید. ناپیوستگی‌های عمده معرف بازه‌های زمانی طولانی گم‌شده (هیاتوس<sup>۱</sup>) در توالی‌های رسوبی هستند و حداکثر پایین افتادن سطح آب دریاها را نشان می‌دهند (امینی، ۱۳۸۸؛ جلیلیان، ۱۳۹۶ ب). شناخت ناپیوستگی‌ها نیازمند بررسی‌های دقیق سنگ‌شناسی، چینه‌نگاری، داده‌های لرزه‌ای، زمین‌شیمی و الگوی چیدمان رخساره‌هاست (باد و همکاران، ۱۹۹۵). ناپیوستگی آلتین نتیجه یکی از سه وقفه رسوبی شناخته شده دوره ژوراسیک است که در اثر آن بسیاری از حوضه‌های رسوبی از آب خارج شدند و الگوی رسوب‌گذاری به محیط‌های حدواسط و قاره‌ای تغییر کرد (دیویس و همکاران، ۱۹۹۹). این ناپیوستگی با باز شدن اقیانوس اطلس و رویداد تکتونیکی سیمین میانی (مرز ژوراسیک پیشین- ژوراسیک میانی) مرتبط بوده است (گلونکا و کیسلینگ، ۲۰۰۲). در انتهای توالی رسوبی ژوراسیک زیرین حاشیه غیرفعال نئوتتیس از جمله مناطق پیرامون خلیج فارس نیز شواهدی از یک وقفه رسوبی وجود دارد که با ناپیوستگی آلتین مرتبط است (الشهران و نیرن، ۲۰۰۳؛ لاسمی و جلیلیان، ۲۰۱۰). لایه‌های خاک آهکی (کالکریت یا کالچی<sup>۲</sup>) در توالی ژوراسیک منطقه فارس با رویداد سیمین میانی همخوانی دارد (جلیلیان، ۱۳۹۱) و نتیجه خروج پلاتفرم ژوراسیک پیشین از آب و توقف رسوب‌گذاری است (برای نمونه فلوجل، ۲۰۱۰). کالکریت محصول هوازدگی سنگ‌های کربناته و یکی از نشانه‌های ناپیوستگی موازی است (ریتالک، ۲۰۰۱؛ امینی، ۱۳۸۸). این افق خاکی با رنگ قرمز و ریخت‌شناسی متفاوت نسبت به واحدهای دربرگیرنده و عوارض ناشی از دیاژنز جوی در مقاطع نازک به‌خوبی قابل تشخیص است (شکل ۸). تغییر ناگهانی و کوتاه‌مدت مقادیر نمودارهای گاما و صوتی در انتهای کربنات‌های لیتیتویس‌دار چاه شماره یک میدان نفتی کوه‌سیاه (عمق حدود ۱۶۶۰ متری) موقعیت این افق را نشان می‌دهد (رجوع کنید به شکل ۴).

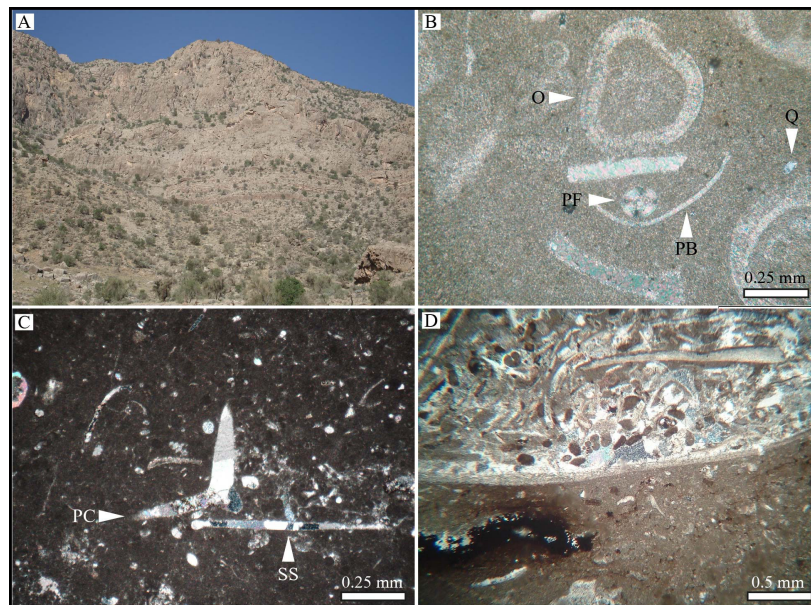
## غرق شدن پلاتفرم ژوراسیک میانی

حضور کربنات‌های دریایی کم‌عمق روی ناپیوستگی آلتین، بیانگر پیشروی دریا و برقراری دوباره پلاتفرم ژوراسیک در منطقه فارس است. نخستین لایه‌های رسوبی ژوراسیک میانی در کوه‌گدون از طبقات ریتمی دولومیت‌های رسوبی (دولومادستون با فابریک چشم‌پرنده‌ای و ترک‌های گلی) و باندستون‌های استروماتولیتی تشکیل شده است که در یک پهنه کشندی نهشته شده‌اند (برای نمونه شین، ۱۹۸۳؛ دیویس، ۲۰۱۲؛ کوئل، ۲۰۱۲). مجموعه رخساره‌های ژوراسیک زیرین، افق کالکریتی آلتین و کشندسنگ‌های روی آن با یک توالی متشکل از شیل‌های خاکستری و سنگ‌آهک‌های نازک تا متوسط‌لایه پوشانده شده‌اند (شکل ۹A). لاسمی و جلیلیان (۲۰۱۰) سن این بخش عمدتاً شیلی را اواخر آلتین- باژوسین تعیین کرده‌اند که از رخساره‌های پلاژیک و سنگ‌آهک‌های دوباره نهشته‌شده<sup>۳</sup> در قسمت عمیق دریا<sup>۴</sup> تشکیل شده است. گل‌های آهکی و بقایای جانوران (فونا) بخش عمیق دریا از جمله اسپیکول اسفنج‌ها، روزنداران، دوکفه‌ای‌ها و کرینوبیدهای پلانکتونی با مشتقات کنده شده از حاشیه پلاتفرم نظیر خرده‌های خارپوست، اینتراکلاست، آلیید و کوارتز اجزاء اصلی رخساره‌های این قسمت هستند (شکل‌های ۹B-D). در بُرش زیرزمینی کوه‌سیاه، افزایش مقادیر پرتوی گاما (بالا تر از ۵۰ و متمایل شدن نمودار به سمت راست) و انحراف منحنی صوتی به چپ، نشانه افزایش محتوای شیلی و کاهش نفوذپذیری سنگ‌های روی ناپیوستگی آلتین است (برای نمونه ارزانی و ندیمی، ۱۳۸۵). همگرا شدن روند تغییرات نمودارهای گاما و صوتی در چینه‌نگاری سکانشی معرف بالا آمدن سطح آب دریاست و موقعیت کمترین فاصله بین دو منحنی به عنوان بیش‌ترین پیشروی<sup>۵</sup> و عمق حوضه در نظر گرفته می‌شود (یانگ و نیو، ۱۹۹۳). پوشانده شدن بدون واسطه رخساره‌های بخش داخلی پلاتفرم با شیل و سنگ‌آهک‌های پلاژیک به مفهوم تغییرات ناگهانی (در مقیاس زمین‌شناسی) در شرایط محیطی به‌خصوص افزایش عمق و فضای رسوب‌گذاری است (اینسل، ۲۰۰۰؛ فلوجل، ۲۰۱۰).

<sup>3</sup> Calciturbidite<sup>4</sup> Basin<sup>5</sup> Maximum flooding surface<sup>1</sup> Hiatus<sup>2</sup> Calcrete/Caliche



شکل ۸. تصاویر میدانی و میکروسکوپی از اثرات ناپیوستگی آلنین در منطقه فارس: (A) و (B) نمای کلی و نزدیک از افق خاک قدیمی (کالکریت) قرمز رنگ انتهای کربنات‌های لیتئوتیس‌دار ژوراسیک زیرین (قطر سکه حدود ۲۵ میلی‌متر است). (C) فابریک‌های ناشی از هوازدگی سنگ‌های کربناته به‌خصوص حفرات انحلالی در زمینه کالکریت و پی‌زویید کالیچی در وسط تصویر که نشانه خروج رسوبات از دریا و تأثیر آب و هوای گرم و خشک است (XPL).



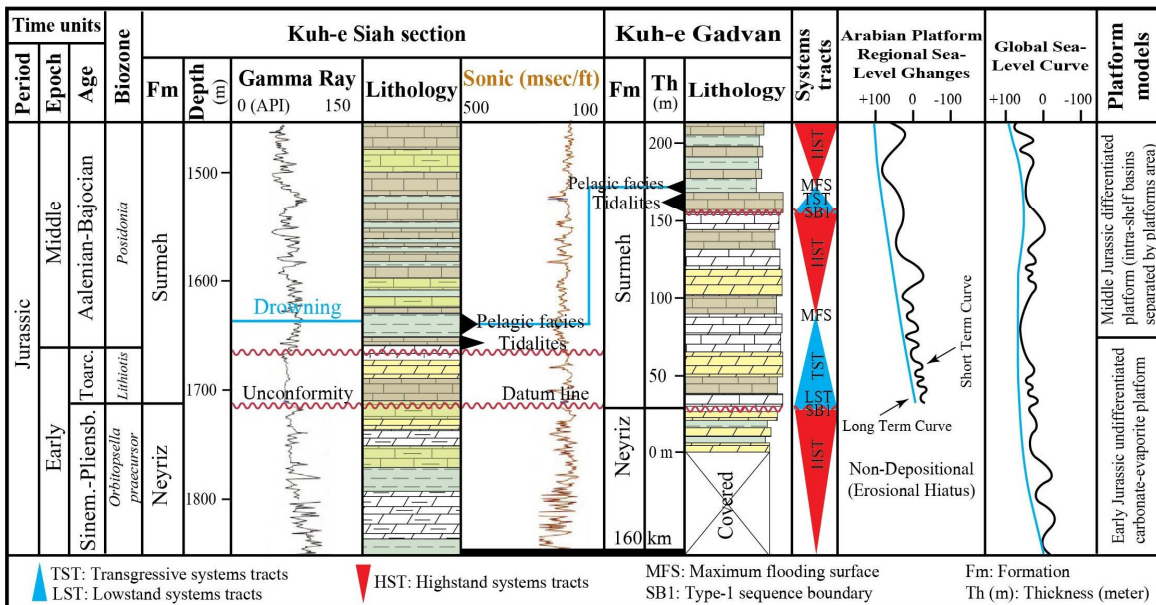
شکل ۹. تصاویر میدانی و میکروسکوپی از رخساره‌های پلاژیک باژوسین در کوه گدون: (A) نمای کلی از شیل و سنگ‌آهک‌های بخش عمیق دریا با ریخت فرسوده و پوشش گیاهی نسبتاً زیاد که به تدریج به کربنات‌های سبتر پلاتفرم ژوراسیک میانی تغییر می‌یابند. (B) مادستون آهکی دارای آلیید (O)، کوارتز آواری (Q)، دوکفه‌ای (PB) و روزنداران پلانکتونی (PF)، (C) وکستون آهکی با اسپیکول اسفنج (SS) و کرینویید پلانکتونی (PC) و (D) گرینستون اینتراکلاستی، بیوکلاستی و پلوییدی (سنگ‌آهک دوباره نهشته شده) بر روی مادستون آهکی پلاژیک (XPL).

و شمال عراق (حوضه گوتنیا) نیز در شرایط مشابهی نهشته شده‌اند (زیگلر و همکاران، ۲۰۰۱؛ عقروی و همکاران، ۲۰۱۰). سنگ‌های آهکی سیاه و شیل‌های بیتومین‌دار بخش زیرین سازند سرگلو (باژوسین-باتونین)

تماس بلافصل کشندسنگ‌های روی ناپیوستگی آلنین با رخساره‌های دریای عمیق باژوسین حاکی از تغییری مهم در الگوی رسوبی زاگرس خاوری و غرق شدن پلاتفرم فارس است (شکل ۱۰). رسوبات باژوسین مناطق لرستان

گسل‌های فعال و یا افزایش ناگهانی عمق اقیانوس‌ها در اثر ذوب شدن یخچال‌ها، به عنوان سازوکارهای اصلی تغییر ساختار و غرق شدن پلاتفرم‌های کربناته مطرح هستند (ریدینگ، ۱۹۹۶؛ اینسالاکو و همکاران، ۲۰۰۰). سطح جهانی آب دریاها در زمان باژوسین نسبتاً بالا و حدود ۵۰ متر از سطح دریاهای امروزی بالاتر بوده است (گلونکا و کیسلینگ، ۲۰۰۲؛ حق و القحطانی، ۲۰۰۵). افزون بر این، با گسترش بستر اقیانوس نفوتتیس در ژوراسیک به سمت شمال خاوری، گسل‌های منطقه فعال شده و با جابه‌جا کردن بستر حوضه زاگرس هندسه آن را تغییر دادند (بربریان و کینگ، ۱۹۸۱؛ بربریان، ۱۹۹۵). در نتیجه، پلاتفرم وسیع و پیوسته (اپیریک) ژوراسیک پیشین از هم تفکیک شد و سامانه رسوبی تازه‌ای متشکل از پلاتفرم‌های مجزا و دریاهای عمیق (حوضه‌های درون شلفی) به‌وجود آمد (زیگلر و همکاران، ۲۰۰۱؛ شارلند و همکاران، ۲۰۰۱). به این ترتیب، فرونشینی تکتونیکی همزمان با خیزش سطح آب دریاها در باژوسین منجر به غرق شدن پلاتفرم کربناته فارس و ایجاد حوضه عمیق گوتنیا در لرستان و شمال عراق شده‌است.

محصول رسوب‌گذاری قسمت‌های عمیق حوضه گوتنیا هستند (عبدالله و همکاران، ۲۰۱۵؛ حکیمی و همکاران، ۲۰۱۷). این موضوع بیانگر گسترش دریاهای عمیق در بیش‌تر مناطق زاگرس در باژوسین است که رویدادی مهم در تاریخ رسوب‌گذاری و نقطه عطفی در تکامل ساختاری این حوضه محسوب می‌شود. در ارتباط با دلایل غرق شدن پلاتفرم‌های کربناته به عوامل متعددی نظیر تغییرات سطح جهانی آب دریاها، نرخ فرونشینی، توان تولید کربنات، افزایش واردات آواری، تغییرات اقلیمی، ریزش حاشیه پلاتفرم، تغییر شوری آب و حذف تولید کننده‌های کربنات اشاره شده است (برای نمونه شلاگر، ۱۹۸۹؛ ویلسون، ۲۰۰۰؛ وبستر و همکاران، ۲۰۰۴؛ فلوگل، ۲۰۱۰). نکته کلیدی در این میان، واکنش کارخانه‌های تولید کربنات به تغییر سطح نسبی یا جهانی آب دریاهاست که تشکیل رخساره‌های گوناگون در پلاتفرم‌ها و روی هم‌نشستن آن‌ها در قالب توالی‌های رسوبی را کنترل می‌کند (تاگر و همکاران، ۱۹۹۰؛ کاتونینو، ۲۰۰۶). در مجموع، بالا آمدن سریع سطح نسبی آب دریاها ناشی از فرونشینی زیاد در امتداد



شکل ۱۰. بخشی از توالی رسوبی ژوراسیک زیرین - ژوراسیک میانی در منطقه فارس که تغییر بدون واسطه رخساره‌های بخش داخلی پلاتفرم (پیراکشندی) به شیل و آهک‌های پلاژیک باژوسین (غرق شدن پلاتفرم فارس) را نشان می‌دهد. رخساره‌های رسوبی ژوراسیک زیرین و میانی تفاوت آشکار دارند و به ترتیب محصول پلاتفرم پیوسته و پلاتفرم‌های مجزا و دریاهای عمیق (حوضه‌های درون شلفی) هستند. تغییرات نسبی سطح آب دریا در محدوده مورد مطالعه با منحنی‌های معرف تغییرات منطقه‌ای و جهانی سطح آب دریاها در پلاتفرم عربی و جهان (برگرفته از حق و القحطانی، ۲۰۰۵) مقایسه شده است. افزایش چشمگیر فضای رسوب‌گذاری و غرق شدن پلاتفرم فارس در باژوسین با روند افزایشی سطح آب دریاها در آن زمان همخوانی دارد.

## نتیجه‌گیری

مطالعه رخساره‌ها و نمودارهای چاه‌نگاری توالی رسوبی ژوراسیک منطقه فارس حاکی از رویدادهای زمین‌شناسی مهم در آن دوره است. نخستین نهشته‌سنگ‌های ژوراسیک زیرین این منطقه عمدتاً کشنده‌سنگ‌های سازند نیریز هستند که در بخش داخلی یک رمپ هموکلینال تشکیل شده‌اند. با شکوفایی دوکفه‌ای‌ها در اواخر ژوراسیک پیشین و مساعد شدن شرایط تولید کربنات در دریاها، پلاتفرم فارس تثبیت شد و طبقات لیتوتیس‌دار سازند سورمه در توآرسین به‌وجود آمدند. مجموعه سنگ‌های ژوراسیک زیرین زاگرس در شرایط پایین‌بودن سطح آب دریاها و فرونشینی کم حوضه تشکیل شده‌اند که در نهایت با ناپیوستگی آلتین از آب خارج و بخشی از آن‌ها دچار فرسایش شده است. با پیشروی دریا و فراهم شدن شرایط رسوب‌گذاری در اوایل ژوراسیک میانی، کربنات‌های پیراکشندی روی سطح ناپیوستگی تشکیل و با رخساره‌های پلاژیک پوشانده شدند. حضور بدون واسطه رسوبات دریایی عمیق باژوسین روی نهشته‌های پلاتفرمی و ناپیوستگی آلتین، بیانگر افزایش ناگهانی عمق حوضه و غرق‌شدن پلاتفرم فارس است. افزایش قابل‌توجه فضای رسوب‌گذاری نتیجه بالا بودن سطح آب دریاها در آن زمان، توأم با پایین افتادن بستر حوضه در امتداد گسل‌های فعال بوده است. نهشته‌های باژوسین حوضه گوتنیا (لرستان و عراق) نیز در شرایط مشابهی تشکیل شده‌اند که نشانه گسترش دریا‌های عمیق در سایر مناطق زاگرس است. این موضوع حاکی از تغییرات مهمی در الگوی رسوب‌گذاری و چارچوب ساختاری زاگرس است که طی آن پلاتفرم وسیع و پیوسته (اپیریک) ژوراسیک پیشین از هم تفکیک شد و سامانه رسوبی تازه‌ای شامل دریا‌های عمیق و پلاتفرم‌های مجزا به‌وجود آمد. غرق‌شدن پلاتفرم فارس در باژوسین نقطه عطفی در تاریخ تکامل حوضه زاگرس است که رژیم رسوب‌گذاری پس از آن کاملاً متفاوت شده است.

## سیاس‌گذاری

از زحمات بی‌دریغ و پیگیری‌های مستمر دست‌اندرکاران ارجمند مجله رسوب‌شناسی کاربردی به‌خاطر فراهم کردن امکان انتشار این مقاله صمیمانه قدردانی می‌شود. هم‌چنین، داوران گرامی با صرف وقت باارزش و مطالعه

دقیق مقاله اشکالات آن را یادآوری کردند و با ارایه پیشنهادات ارزنده امکان اصلاح آن را فراهم نمودند. تلاش این عزیزان بسیار ارزشمند و ستودنی است و برای یکان یکان آن‌ها تندرستی و توفیق آرزومندم.

## منابع

- آق‌بناتی، ع (۱۳۸۳) زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی، ۷۰۸ ص.
- ارزانی، ن. و ندیمی، ع. ر (۱۳۸۵) زمین‌شناسی زیرسطحی، انتشارات دانشگاه پیام‌نور، ۲۹۷ ص.
- بختیاری، س (۱۳۹۱) اطلس راه‌های ایران، مؤسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی، ۶۴ ص.
- پروانه‌نژاد شیرازی، م.، بهرامی، م.، موسوی، ب. و حبیب‌نژاد، ع (۱۳۸۹) ریزیزیت‌چینه‌نگاری و محیط‌رسوبی سازند سورمه در کوه گدون. مجله زمین‌شناسی کاربردی دانشگاه آزاد اسلامی، شماره ۲، ص ۱۰۱-۸۷.
- جلیلیان، ع. ح (۱۳۹۱) رویداد تکتونیکی سیمین میانی (ژوراسیک میانی) در زاگرس، جنوب باختر ایران. مجموعه مقالات ششمین همایش ملی زمین‌شناسی دانشگاه پیام نور، ۴۱۴-۴۰۹.
- جلیلیان، ع. ح (۱۳۹۳) رخساره‌ها، محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند سورمه (ژوراسیک) در منطقه فارس. مجله رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۲، شماره ۳، ص ۱۰۲-۹۰.
- جلیلیان، ع. ح (۱۳۹۶الف) رخساره‌ها، محیط‌رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند نیریز (ژوراسیک زیرین) در منطقه فارس. مجله علوم‌زمین، شماره ۱۰۶، ص ۵۶-۴۵.
- جلیلیان، ع. ح (۱۳۹۶ب) محیط‌های رسوبی پیشرفته. انتشارات دانشگاه پیام‌نور، ۳۴۷ ص.
- صابری، م. ح، جلیلیان، ی. و ربانی، ا. ر (۱۳۹۸) برآورد پتانسیل هیدروکربن‌زایی به وسیله پارامترهای سینتیکی و آنالیز پیرولیز راک- اول ۶ سازند سرچاهان و میان لایه‌های زغالی سازند فراقون در ناحیه فارس ساحلی و خلیج فارس. نشریه مهندسی منابع معدنی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، شماره ۳، ص ۳۶-۱۵.
- لاسمی، ی (۱۳۷۹) رخساره‌ها، محیط‌های رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی نهشته‌سنگ‌های پرکامبرین بالایی و پالئوزوئیک ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی، ۱۸۰ ص.
- مطیعی، ه (۱۳۷۲) چینه‌شناسی زاگرس، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی، ۵۳۶ ص.
- Abdula, R. A., Balaky, S. M., Nourmohamadi, M. S. and Piroui, P (2015) *Microfacies Analysis and Depositional Environment of the Sargelu*



- tectonic settings in the Cenozoic. *Sedimentary Geology*, 175: 49–72.
- Brandano, M., Corda, L., Tomassetti, L. and Tagliavento, M (2016) Frequency analysis across the drowning of a Lower Jurassic carbonate platform: The Calcare Massiccio Formation (Apennines, Italy), *Marine and Petroleum Geology*, doi: 10.1016/j.marpetgeo.2016.09.013.
- Budd, D. A., Saller, A. H. and Harris, P. M (1995) Unconformities and Porosity in Carbonate Strata. *American AAPG Memoir* 63, 306 p.
- Cataneanu, O (2006) *Principles of sequence stratigraphy*. Elsevier, 380 p.
- Colman-Sadd, S. P (1978) Fold Development in Zagros Simply Folded Belt, Southwest Iran. *AAPG Bulletin*, 62(6): 984-1003.
- Davis, R. A (2012) Tidal signatures and their preservation potential in stratigraphic sequence. In: Davis, R.A. and Dalrymple, R.W (Eds) (2012) *Principles of Tidal Sedimentology*. Springer, pp. 35-55.
- Debeljak, I. and Buser, S (1997) Lithotid bivalves in Slovenia and their mode of life. *Geology*, 40: 11–64.
- Davies, R. J., O'Donnell, D., Bentham, P. N, Gibson, J. P., Curry, M. R., Dunay, R. E. and Maynard, J. r (1999) The origin and genesis of major Jurassic unconformities within the triple junction area of the North Sea, UK. In: Fleet, A. J. and Boldy, S. A. R (Eds) (1999) *Petroleum Geology of Northwest Europe. Proceedings of the 5th Conference*, pp. 17-131.
- Demicco, A. V. and Hardie, L. A (1994) Sedimentary structures and early diagenetic features of shallow marine carbonate deposits. *Society for Sedimentary Geology Atlas, Series Number 1*, 265 p.
- Dunham, R. J (1962) Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham, W. E. (Ed) *Classification of carbonate rocks*, AAPG Memoir, pp. 108–121.
- Eberli, G. P., Anselmetti, F. S., Isern, A. R. and Delius, H (2010) Timing of changes in sea level and currents along the Miocene platforms of the Marion Plateau, Australia. In: Morgan, A. D., George, P. M., Harris, J. A., Kupecz, J. E. and Sarg, J. E (Eds) (2010) *Cenozoic Carbonate Systems of Australasia. SEPM Special Publications*, 95: 219–242.
- Einsele, G (2000) *Sedimentary Basins Evolution, Facies, and Sediment Budget*. Springer, 628 p.
- Erlich, R. N., Barrett, S. F. and Bai Ju, G (1990) Seismic and geologic characteristics of drowning events on carbonate platforms. *American Association of Petroleum Geologists, Bulletin*, 74: 1523-1537.
- Fakhari, M. D., Axen, G. J., Horton, B. K., Hassanzadeh, J. and Amini, A (2008) Revised age of proximal deposits in the Zagros foreland Formation (Middle Jurassic) from Kurdistan Region, Northern Iraq. *Donnish Journal of Geology And Mining Research*, 1(1):1-26.
- Aberhan, M (2001) Bivalve palaeobiogeography and the Hispanic Corridor: time of opening and effectiveness of a proto-Atlantic seaway. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 165: 375–394.
- Agard, P., Omrani, J., Jolivet, L., Whitechuch, H., Vrielyck, B., Spakman, W., Monié, P., Meyer, B. and Wortel, R (2011) Zagros orogeny: a subduction-dominated process. *Geological Magazine*, 148(5-6): 692–725.
- Alavi, M (2004) Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution. *American Journal of Science*, 304: 1–20.
- Alavi, M (2007) Structures of the Zagros fold-thrust belt in Iran. *American Journal of Science*, 307: 1064-1095.
- Aldega, L., Bigi, S., Carminati, E., Trippetta, F., Corrado, S. and Kavooosi, M. A (2018) The Zagros fold-and-thrust belt in the Fars province (Iran): II. Thermal Evolution. *Marine and Petroleum Geology*, 93: 376–390.
- Alsharhan, A. S. and Nairn, A. E. M (2003) *Sedimentary Basins and Petroleum Geology of the Middle East*. Elsevier, 878 p.
- Aqrawi, A. A. M., Goff, J. C., Horbury, A. D. and Sadooni, F. N (2010) *The Petroleum Geology of Iraq*. Scientific Press, 423 p.
- Babaie, H. A., Babaei, A., Ghazi, A. M. and Arvin, M (2006) Geochemical, <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar age, isotopic data for crustal rocks of the Neyriz ophiolite, Iran. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 43:57-70.
- Berberian, M (1995) Master "blind" thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface morphotectonics. *Tectonophysics*, 241: 193-224.
- Berberian, M. and King, C. G. P (1981) Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 18: 210-265.
- Bigi, S., Carminatia, E., Aldega, L., Trippetta, F. and Kavooosi, M. A (2018) Zagros fold and thrust belt in the Fars province (Iran) I: Control of thickness/rheology of sediments and pre-thrusting tectonics on structural style and shortening. *Marine and Petroleum Geology*, 91: 211–224.
- Bordenave, M. L. and Hegre, J. A (2010) Current distribution of oil and gas fields in the Zagros Fold Belt of Iran and contiguous offshore as the result of the petroleum systems. *Geological Society London Special Publications* 330: 291–353.
- Bosence, D (2005) A genetic classification of carbonate platforms based on their basinal and

- Hessami, K., Koyi, H. A., Talbot, C. J., Tabasi, H. and Shabaniyan, E (2001) Progressive unconformities within an evolving foreland fold-thrust belt, Zagros Mountains. *Journal of Geological Society*, 158: 969-981.
- Husseini, M. I (1988) The Arabian Infracambrian extensional system. *Tectonophysics*, 148: 93-103.
- Husseini, M. I (2000) Origin of the Arabian Plate structures: Amar Collision and Najd Rift. *GeoArabia*, 5(4): 527-542.
- Insalaco, E., Skelton, P. W. and Palmer, T. J (Eds) (2000) Carbonate Platform Systems: Components and Interactions. *The Geological Society of London, Special Publication No. 178*, 231 p.
- Jahani, S., Callot, J. P., Letouzey, J., Frizon de Lamotte, D (2009) The eastern termination of the Zagros fold-and-thrust belt, Iran: structures, evolution, and relationships between salt plugs, folding, and faulting. *Tectonics*, 28: 1-22.
- James, G. A. and Wynd, J. G (1965) Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area. *AAPG Bulletin*, 49(12): 2182-2245.
- Kent, P. E (1979) The Emergent Hormuz Salt Plugs of Southern Iran. *Journal of Petroleum Geology*, 2: 117-144.
- Konert, G., Afifi, A. M., Al-Hajri, S. A., Droste, H. J (2001) Paleozoic Stratigraphy and Hydrocarbon Habitat of the Arabian Plate. *GeoArabia*, 6: 407-442.
- Koop, W. J. and Stoneley, R (1982) Subsidence history of the Middle East Zagros Basin, Permian to Recent, *Philos. Trans. R. Soc. London, Ser. A*, 305: 149-168.
- Krobicki, M. and Golonka, J (2009) Palaeobiogeography of Early Jurassic Lithiotis-type bivalve buildups as recovery effect after Triassic/Jurassic mass extinction and their connections with Asian palaeogeography. *Acta Geoscientia Sinica*, 30(1): 30-33.
- Kvale, E. P (2012) Tidal Constituents of Modern and Ancient Tidal Rhythmites: Criteria for Recognition and Analyses. In: Davis, J. R. A. and Dalrymple, R. W (Eds) (2012) *Principles of Tidal Sedimentology*. Springer, pp. 1-17.
- Lasemi, Y., Jahani, D., Amin-Rasouli, H. and Lasemi, Z (2012) Ancient Carbonate Tidalites. In: Davis, R. A. J. and Dalrymple, R. W. (Eds) (2012) *Principles of Tidal Sedimentology*. Springer, pp. 567-607.
- Lasemi, Y. and Jalilian, A. H (2010) The Middle Jurassic basinal deposits of the Surmeh Formation in the Central Zagros Mountains, southwest Iran: Facies, Stacking pattern and Controls. *Carbonates and Evaporites*, 25: 283-295.
- basin and implications for Cenozoic evolution of the high Zagros. *Tectonophysics*, 451: 170-185.
- Fletcher, B. J., Brentnall, S. J., Anderson, C. W., Berner, R. A. and Beerling, D. J (2008) Atmospheric Carbon dioxide linked with Mesozoic and early Cenozoic climate change. *Nature Geoscience*, 1: 43-48.
- Flügel, E (2010) *Microfacies of carbonate rocks*. 2<sup>nd</sup> Edition, Springer, 984 p.
- Franceschi, M., Corso, J. D., Posenato, R., Roghi, G., Masetti, D. and Jenkyns, H. C (2014) Early Pliensbachian (Early Jurassic) C-isotope perturbation and the diffusion of the Lithiotis Fauna: insights from the western Tethys. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 410: 255-263.
- Fraser, N. M (2001) Global Development of Early Jurassic Reefs: "Lithiotis" Bivalve Bioherms. *AAPG Bulletin*, 85(1): 115-129.
- Fraser, N. M., Bottjer, D. J and Fischer, A. G (2004) Dissecting "Lithiotis" Bivalves: Implications for the Early Jurassic Reef Eclipse. *SEPM Research Report*, 51-67.
- Ghazban, F (2007) *Petroleum geology of the Persian Gulf*. Tehran University Press, 707 p.
- Godet, A (2013) Drowning unconformities: Palaeoenvironmental significance and involvement of global processes. *Sedimentary Geology*, 293: 45-66.
- Golonka, J (2004) Plate tectonic evolution of the Southern Margin of Eurasia in the Mesozoic and Cenozoic. *Tectonophysics*, 381(1): 235-273.
- Golonka, J. and Kiessling, W (2002) Phanerozoic Time Scale and definition of time slices. *SEPM, Special Publication No. 72*, pp. 11-20.
- Hakimi, M. H., Najaf, A. A., Abdula, R. A. and Mohialdeen, I. M. J (2017) Generation and expulsion history of oil-source rock (Middle Jurassic Sargelu Formation) in the Kurdistan of north Iraq, Zagros folded belt: Implications from 1D basin modeling study. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. Doi: 10.1016/j.petrol.2017.11.013.
- Hallam, A. and Wignall, P. B (1999) Mass extinctions and sea-level changes. *Earth-Science Reviews*, 48: 217-250.
- Hallock, P. and Schlager, W (1986) Nutrient excess and the demise of coral reefs and carbonate platforms. *Palaios*, 1: 389-398.
- Haq, B. U. and Al-Qahtani, A. M (2005) Phanerozoic cycles of sea-level change on the Arabian Platform. *GeoArabia*, 10(2): 127-160.
- Harries, P. J., Kauffman, E. G. and Hansen, T (1996) Models for biotic survival following mass extinction. In: Hart, M. B (Ed) (1996) *Biotic Recovery from Mass Extinction Events*. Geological Society of London Special Publication No. 102, pp. 41-60.

- Reading, H. G (Ed) (1996) *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. Blackwell, 688 p.
- Rettallack, G. J (2001) *Soils of the past, An introduction to paleopedology*. Blackwell Scientific, 404 p.
- Riding, R (2002) *Structure and composition of organic reefs and carbonate mud mounds: concepts and categories*. *Earth-Science Reviews*, 58: 163–231.
- Sattler, U., Immenhauser, A., Schlager, W. and Zampetti, V (2009) *Drowning history of a Miocene carbonate platform (Zhujiang Formation, South China Sea)*. *Sedimentary Geology*, 219: 318–331.
- Schlager, W (1981) *The paradox of drowned reefs and carbonate platforms*. *Geological Society of America Bulletin*, 92: 197–211.
- Schlager, W (1989) *Drowning unconformities on carbonate platforms*. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special publication*, 44: 15–25.
- Schlager, W (1999) *Scaling of sedimentation rates and drowning of reefs and carbonate platforms*. *Geology*, 27: 183–186.
- Schlager, W (2003) *Benthic carbonate factories of the Phanerozoic*. *International Journal of Earth Sciences*, 92: 445–464.
- Schlager, W. and Camber, O (1986) *Submarine slope angles, drowning unconformities, an self-erosion of limestone escarpments*. *Geology*, 14: 762–765.
- Scholle, P. A., Bebout, D. G. and Moore, C. H (Eds) (1983) *Carbonate depositional environments*. *AAPG Memoir* 33, 708 p.
- Sepehr, M. and Cosgrove, J. W (2004) *Structural framework of the Zagros Fold-Thrust Belt, Iran*. *Marine and Petroleum Geology*, 21: 829–843.
- Sepehr, M. and Cosgrove, J. W (2005) *Role of the Kazerun Fault in the formation and deformation of the Zagros Fold-Thrust Belt, Iran*. *Tectonics*, 24 (5): 1–15.
- Setudehnia, A (1978) *The Mesozoic sequence in southwest Iran and adjacent area*. *Journal of Petroleum Geology*, 1(1): 3–42.
- Seyed-Emami, K (2003) *Triassic in Iran*. *Facies*, 48: 91–106.
- Sharland, P. R., Archer, R., Casey, D. M., Davies, R. B., Hall, S. H., Heward, H. P., Horbory, A. D. and Simons, M. D (2001) *Arabian plate sequence stratigraphy*. *GeoArabia, Gulf Petrolink, Bahrain*, 370 p.
- Sherkati, S., Molinaro, M., Frizon de Lamotte, D. and Letouzey, J (2005) *Detachment folding in the Central and Eastern Zagros fold-belt (Iran): salt mobility, multiple detachments and late basement control*. *Journal of Structural Geology*, 27: 1680–1696.
- Lee, C. W (1983) *Bivalve mounds and reefs of the central High Atlas, Morocco*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 43: 153–168.
- Leinfelder, R. R., Schmid, D. U., Nose, M. and Werner, W (2002) *Jurassic Reef Patterns-The Expression of a Changing Globe*. *SEPM Special Publication*, 72: 465–520.
- Marino, M. and Santantonio, M (2010) *Understanding geological record of carbonate platform drowning across rifted Tethyan margins: examples from the Lower Jurassic of the Apennines and Sicily (Italy)*. *Sedimentary Geology*, 225: 116–137.
- Motamedi, H., Sherkati, S. and Sepehr, M (2012) *Structural style variation and its impact on hydrocarbon traps in central Fars, southern Zagros folded belt, Iran*. *Journal of Structural Geology*, 37: 124–133.
- Morris, R. J (1980) *Middle East: Stratigraphic evolution and oil habitat*. *AAPG Bulletin*, 64(5): 597–618.
- Mutti, M. and Hallock, P (2003) *Carbonate systems along nutrient and temperature gradients: some sedimentological and geochemical constraints*. *International Journal of Earth Sciences*, 92: 465–475.
- Nasir, S., Al-Saad, H., Alsayigh, A. and Weidlich, O (2008) *Geology and petrology of the Hormuz dolomite, Infra-Cambrian: Implications for the formation of the salt-cored Halul and Shraouh islands, Offshore, State of Qatar*. *Journal of Asian Earth Sciences*, 33: 353–365.
- Palfy, J., Smith, L. P. and Mortensen, J. K (2002) *Dating the end-Triassic and Early Jurassic mass extinction, correlative large igneous provinces, and isotopic events*. *Geological Society of America Special Paper*, 356: 523–532.
- Piryaei, A., Reijmer, J. J. G., Van Buchem, F. S. P., Yazdi-Moghadam, M., Sadouni, J. and Danelian, T (2010) *The influence of Late Cretaceous tectonic processes on sedimentation patterns along the northeastern Arabian plate margin (Fars Province, SW Iran)*. *Geological Society, London, Special Publications* 330, pp. 211–251.
- Pirouz, M., Simpson, G., Bahroudi, A. and Azhdari, A (2011) *Neogene sediments and modern depositional environments of the Zagros foreland basin system*. *Geological Magazine, Cambridge University Press*, 148(5-6): 838–853.
- Pratt, B. R., James, N. P. and Cowan, C. A (1992) *Peritidal carbonates*. In: Walker, R. G. and James, N. P (Eds) (1992). *Facies models—response to sea level change*. *Geological Association of Canada*, pp. 303–322.

- Ziegler, M. A (2001) Late Permian to Holocene paleofacies evolution of the Arabian Plate and its hydrocarbon occurrences. *GeoArabia*, 6: 445–504.
- Shinn, E. A (1983) Tidal Flat Environment. In: Scholle, P. A., Bebout, D. G. and Moore, C. H (Eds) (1983) Carbonate depositional environments. *AAPG Memoir*, 33: 171-210.
- Snidero, M., Muñoz, J. A., Carrera, N., Butillé, M., Mencos, J., Motamedi, H., Piryaei, A. and Säbat, F (2019) Temporal evolution of the Darmadan salt diapir, eastern Fars region, Iran. *Tectonophysics*, 76: 115–130.
- Stampfli, G. M. and Borel, G. D (2002) A plate tectonic model for the Paleozoic and Mesozoic constrained by dynamic plate boundaries and resorted synthetic oceanic isochrones. *Earth and Planetary Science Letters*, 196: 17–33.
- Szabo, F. and Kheradpir, A (1978) Permian and Triassic stratigraphy, Zagros basin, south-west Iran. *Journal of Petroleum Geology*, 1(2): 57-82.
- Tessier, B. and Reynaud, J. Y (Eds) (2016). *Contributions to Modern and Ancient Tidal Sedimentology: Proceedings of the Tidalites 2012 Conference. International Association of Sedimentologists*. John Wiley and Sons, Ltd. 349 p.
- Tucker, M. E., Wilson, J. L., Crevello, P. D., Sarg, J. R. and Read, J. F (Eds) (1990) *Carbonate Platforms: Facies, Sequences and Evolution*. The International Association of Sedimentologists, Special publication, No. 9, 328 p.
- Walker, R. G. and James, N. P (Eds) (1992) *Facies models response to sea level change*. Geological Association of Canada, 409 p.
- Webster, J. M., Wallace, L., Silver, E., Applegate, B., Potts, D., Braga, J. C., Riker-Coleman, K. and Gallup, C (2004) Drowned carbonate platforms in the Huon Gulf, Papua New Guinea. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 5(11): 1-31.
- Wynd, J. G (1965) *Biofacies of the Iranian oil consortium agreement area*. Iranian Oil Operating Companies, Report No. 1082, 89 p.
- Wilson, M. E (2000) Tectonic and volcanic influences on the development and diachronous termination of a tertiary tropical carbonate platform. *Journal of Sedimentary Researches*, 70: 310–324.
- Yang, C. S. and Nio, S. D (1993) Application of high-resolution sequence stratigraphy to the Upper Rotliegend in the Netherlands offshore. *AAPG Memoir*, 58: 285-316.
- Zand-Moghadam, H., Moussavi-Harami, R., Mahboubi, A. and Bavi, H (2013) Comparison of Tidalites in Siliciclastic, Carbonate, and Mixed Siliciclastic-Carbonate Systems: Examples from Cambrian and Devonian Deposits of East-Central Iran. *Hindawi Publishing Corporation*, Article ID 534761, pp. 1-21.