

تأثیر نوسانات سطح آب دریا بر رخساره‌های رسوبی در سازند مزدوران، باختر کپه‌داغ

سیده زهرا پورحیدر^۱، اسداله محبوبی^۲، محمد حسین محمودی قرائی^۳ و سید رضا موسوی حرمی^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم پایه، گروه زمین‌شناسی، مشهد، ایران

^۲ استاد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم پایه، گروه زمین‌شناسی، مشهد، ایران

^۳ استادیار، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم پایه، گروه زمین‌شناسی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۸/۲۸

چکیده

سازند کربناتی مزدوران در برش سطح‌الارضی باختر حوضه رسوبی کپه‌داغ، در شمال باختری شهرستان جاجرم، متشکل از دولومیت در بخش‌های قاعده‌ای و بالایی و سنگ آهک‌های مادستونی تا گریستونی در بخش‌های میانی برش است. این سازند در چاه قزل‌تپه ۲ از تناوب سنگ آهک و شیل تشکیل شده است. مطالعات رخساره‌ای این سازند منجر به شناسایی چهار کمربند رخساره‌ای (دریای باز، سد، لاگون و پهنه جزرومدی) شامل پانزده رخساره کربناتی و دو رخساره آواری شده است. نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که این سازند در مناطق مورد مطالعه به احتمال زیاد در یک سکوی کربناتی از نوع رمپ تک‌شیب بر جای گذاشته شده است. در بررسی‌های چینه‌نگاری سکانشی، پنج سکانشی رسوبی رده سوم در برش چشمه‌خان و چهار سکانشی رسوبی در چاه قزل‌تپه ۲ شناسایی شده است. مرز زیرین سکانش اول (لایه دیرینه خاک در برش چشمه‌خان) و مرز بالایی سکانش آخر (رسوبات قاره‌ای) از هر دو برش مورد مطالعه، مرز سکانشی نوع اول و دیگر مرزها، نوع دوم هستند. منحنی تغییرات سطح آب دریا در توالی‌های مورد مطالعه با منحنی تغییرات جهانی سطح آب دریا انطباق نسبی دارد و برخی اختلاف‌ها احتمالاً در ارتباط با شرایط زمین‌ساختی حوضه کپه‌داغ بوده که در اثر فرونشینی در امتداد گسل‌های طولی و بار رسوبی ایجاد شده است.

کلیدواژه‌ها: کپه‌داغ، مزدوران، روستای چشمه‌خان، چاه قزل‌تپه ۲، چینه‌نگاری سکانشی.

*نویسنده مسئول: اسداله محبوبی

E-mail: mahboubi@um.ac.ir

۱- پیش‌گفتار

حوضه رسوبی کپه‌داغ در شمال خاوری ایران یکی از حوضه‌های دارای پتانسیل هیدروکربنی است که از زمان تریاس و در طی کوهزایی سیمین شکل گرفته است. رسوبات این حوضه از ژوراسیک تا میوسن به پنج توالی پیش‌رونده و پس‌رونده تقسیم گردیده است که نتیجه تأثیر تغییرات سطح دریا و فعالیت‌های زمین‌ساختی است (Afshar-Harb, 1979). در این مطالعه، آخرین واحد سنگ‌چینه‌ای کربناتی ژوراسیک فوقانی در حوضه رسوبی کپه‌داغ (سازند مزدوران) در نواحی دشت گنبد تا باختر پارک جنگلی گلستان مورد بررسی قرار گرفته است. سازند مزدوران در برش الگو بیشتر از سنگ آهک گلی با گرهک‌های چرت و لایه‌های مارن و شیل تشکیل شده است که با یک مرز مشخص بر روی شیل‌های کشف‌رود قرار گرفته و ماسه‌سنگ‌های انتهایی سازند مزدوران به طور تدریجی به کنگلومرای قرمز رنگ شوریه تبدیل می‌شوند (افشارحرب، ۱۳۷۳). تاکنون مطالعات زیادی از این سازند در خاور حوضه انجام شده است (موسوی حرمی، ۱۳۶۸؛ Lasemi, 1995; Mahboubi et al., 2010; Adabi & Rao, 1991; Kalantari, 1969) اما مطالعات کمتری در باختر حوضه انجام گرفته است. بنابراین هدف از این تحقیق، تشخیص و تفکیک رخساره‌های سنگی و محیط رسوبی، تحلیل چینه‌نگاری سکانشی و در نهایت تفسیر تغییرات سطح آب دریا در نهشته‌های سازند مزدوران در باختر حوضه و مقایسه آن با بخش خاوری است.

۲- روش مطالعه

در این مطالعه از یک برش سطح‌الارضی در جنوب روستای چشمه‌خان و داده‌های چاه قزل‌تپه ۲ استفاده شده است (شکل ۱). از برش چشمه‌خان به ضخامت ۲۳۶ متر، ۱۳۰ نمونه سنگ آهک و دولومیت و ۸ نمونه ماسه‌سنگ و نیز ۱۰۳ نمونه از خرده‌های حفاری چاه قزل‌تپه ۲ به همراه لاگ‌های گاما، نوترون و صوتی بررسی شده‌اند. شناسایی اجزای اسکلتی و غیر اسکلتی و تعیین درصد فراوانی آنها در سنگ‌های آهکی با استفاده از چارت‌های مقایسه‌ای (Flugel 2010) و

Tucker (2001) و رنگ‌آمیزی آنها به منظور تفکیک کانی‌های کربناتی توسط محلول آلزایرین قرمز به روش Dickson (1965) انجام شده است. از روش Sibley & Gregg (1987) برای طبقه‌بندی دولومیت‌ها، از روش Dunham (1962) برای نامگذاری سنگ‌های آهکی و از روش Pettijohn et al. (1987) برای نامگذاری ماسه‌سنگ‌ها استفاده شده است. اندیس تخریبی (CI) برای نمونه‌های حاوی آئید، اینتراکلت، اکینودرم و ذرات کوارتز به صورت میانگین ۱۰ عدد از این دانه‌ها که در مقطع مورد نظر بیشترین قطر را دارند، محاسبه شده و در نهایت چینه‌نگاری سکانشی نیز به روش Catuneanu (2006) انجام شده است.

۳- موقعیت جغرافیایی و چینه‌شناسی سازند مزدوران در مناطق مورد مطالعه

برش سطح‌الارضی چشمه‌خان در شمال باختری جاجرم و جنوب خاوری روستای دشت قرار دارد (شکل ۱). سازند کهر و سلطانیه با سن پرکامبرین به عنوان قدیمی‌ترین سنگ‌های شناخته شده در منطقه، توالی سازندهای باروت تا مبارک به سن پالئوزویک، سازندهای کشف‌رود، باش کلاته، چمن‌بید و مزدوران به سن مزوزویک و سازند کنگلومرای فجن به سن سنوزویک به عنوان آخرین واحد سنگی در محدوده مورد مطالعه رخنمون دارند (سلامتی و همکاران، ۱۳۸۰). در این ناحیه، سازند مزدوران به طور پیوسته بر روی سازند چمن‌بید و زیر رسوبات سیلیسی-آواری قرمز رنگ سازند شوریه قرار دارد (شکل ۲). موقعیت جغرافیایی قاعده سازند در محل برش مورد مطالعه به طول $56^{\circ}5'47''/3''$ و عرض $37^{\circ}15'57''$ شمالی بوده و موقعیت رأس سازند به طول $56^{\circ}6'2/3''$ و عرض $37^{\circ}16'10/7''$ شمالی است. چاه قزل‌تپه ۲ در حدود ۲۲ کیلومتری شمال باختر شهر گنبد کاووس و ۲۵۰ متری جنوب باختر چاه قزل‌تپه ۱ (شکل ۱) قرار داشته و موقعیت جغرافیایی آن به طول $54^{\circ}51'23''$ و عرض $37^{\circ}23'53''$ شمالی است. بر اساس

– **تفسیر:** کالیپونل‌ها به عنوان ارگانیزم‌های دریای باز ژوراسیک بالایی و کلسی اسفرها همراه با جلبک‌های پلانکتون و روزن‌برهای پلانکتون در طول ژوراسیک و کرتاسه (Scholle & Ulmer-Scholle, 2003) و همچنین رادیولرها نیز در طی فانروزویک (De Wever et al., 2001) از مهمترین اجزای تشکیل دهنده سنگ آهک‌های پلاژیک محسوب می‌شوند. حضور رادیولاریا، عدم حضور موجودات کفزی وابسته به نور، موجودات پلانکتون خوب حفظ شده (کالیپونل) و فقدان قطعات ساییده شده و فرسایش یافته (Wilson, 1975) در رخصاره‌های A1 و A2 و همچنین وجود موجودات استنوهالین از قبیل اکتینودرم، جلبک قرمز و استراکداهای نازک پوسته، عدم حضور روزن‌برهای کفزی و جلبک سبز، فراوانی گل و وجود لامیناسیون در رخصاره‌های A3 و A4، محیط رسوب‌گذاری دریای باز و تشکیل در زیر سطح اثر امواج را مورد تأیید قرار می‌دهند (Badenas & Aurell, 2010). این رخصاره‌ها از نظر شرایط محیطی و سن، مشابه رخصاره‌های پکستون کالیپونل‌دار ژوراسیک- کرتاسه شمال تونس (Boughdiri et al., 2006)، رخصاره مادستون بیوکستی غنی از فسیل‌های کفزی نهشته‌های شمال خاور اسپانیا به سن کیمریجین (Badenas et al., 2003) و از نظر شرایط محیطی، مشابه رخصاره وکستون/پکستون اکتینودرم‌دار نهشته‌های کربناتی ژوراسیک میانی باختر هند (Ahmad et al., 2006) هستند.

– **مجموعه رخصاره‌های B (پشته‌های سدی):** چهار رخصاره در این مجموعه شناسایی شده است. B1 (گرینستون آئیدی: آئیدها فراوانی ۳۰ تا ۳۵ درصد، اندیس تخریبی ۰/۳۵ میلی‌متر و اندازه‌ای در حدود ۰/۳ تا ۰/۴ میلی‌متر دارند. اینتراکلاست‌ها با فراوانی ۱۰ درصد و اندازه‌ای در حدود ۰/۹ تا ۱ میلی‌متر (اندیس تخریبی ۰/۹۵ میلی‌متر)، پلویید هم با فراوانی ۲۰ تا ۲۵ درصد و پلت با فراوانی ۱۰ درصد از دیگر اجزای تشکیل دهنده غیر اسکلتی هستند (شکل ۳-ت). فابریک داخلی اکثراً در اثر میکریتی شدن از بین رفته است ولی در صورت قابل تشخیص بودن از نوع متحدالمرکز و هسته بیشتر از ذرات بیوکستی است. آئیدها هم به صورت گرد و هم به شکل بیضوی و کشیده تشکیل شده‌اند. آئیدها در این رخصاره دارای گردشگی خوب و جورشدگی نسبتاً خوب هستند. B2 (گرینستون اینتراکستی حاوی پلویید: انواع دانه‌های غیر اسکلتی شامل ۳۰ درصد اینتراکست (اندیس تخریبی ۰/۹۵ میلی‌متر)، ۲۰ درصد پلت و ۱۰ درصد پلویید (۰/۱ تا ۰/۲ میلی‌متر) و انواع ذرات اسکلتی شامل پوسته دوکفه‌ای (۰/۴ تا ۰/۸ میلی‌متر)، روزن‌بران کفزی (۰/۵ میلی‌متر)، براکیوپود (۰/۶ تا ۰/۸ میلی‌متر)، جلبک سبز (۰/۳ میلی‌متر)، هر کدام با فراوانی کمتر از ۴ درصد و ۱ تا ۲ درصد پوسته‌های نازک استراکدا هستند (شکل ۳-ج). دولومیتی شدن هم به مقدار اندک به صورت بلورهای درشت و خودشکل پراکنده در زمینه دیده می‌شود. B3 (گرینستون پلوییدی اینتراکستی حاوی بایوکست: این رخصاره شامل ۳۵ درصد پلویید (۰/۲ میلی‌متر)، ۳۰ درصد اینتراکست (اندازه ۰/۵ تا ۱/۱ میلی‌متر و اندیس تخریبی ۰/۹ میلی‌متر)، ۳ درصد کورتویید (۰/۲ تا ۰/۶ میلی‌متر) و ۲۵ درصد دانه‌های اسکلتی (مانند رخصاره قبل) است (شکل ۳-چ). اینتراکست‌ها در دو رخصاره اخیر بیشتر زاویه‌دار و حاوی گل و در برخی از نمونه‌ها حاوی خرده‌های اسکلتی نظیر اکتینوید و روزن‌بران هستند. فشردگی شیمیایی باعث توسعه و گسترش میکرواستیلولیت‌ها و تماس مضرس در محل تماس دانه‌ها شده است. ذرات آواری ریز و زاویه‌دار کوارتز با فراوانی اندک (۱ درصد) از دیگر تشکیل دهنده‌گان این رخصاره هستند. B4 (گرینستون/پکستون پلوییدی: پلت (۴۰ درصد، کمتر از ۰/۱ میلی‌متر)، اینتراکست (۱۰ درصد، اندازه ۰/۵ تا ۱/۲ میلی‌متر و اندیس تخریبی ۰/۷۵ میلی‌متر)، پلویید (۵ درصد، ۰/۲ تا ۰/۳ میلی‌متر)، روزن‌بران کفزی (۲ درصد، ۰/۳ میلی‌متر)، پوسته دوکفه‌ای (۲-۳ درصد، ۰/۳ تا ۰/۴ میلی‌متر) و ۱ درصد نیز پوسته نازک استراکدا، گاستروپود، اکتینوید و جلبک سبز اجزای تشکیل دهنده این رخصاره هستند (شکل ۳-ح). این مجموعه رخصاره‌ای در صحرا با لایه‌بندی ضخیم تا توده‌ای و

مطالعات زیست‌چینه‌ای (پورحیدر و همکاران، ۱۳۹۰) و با توجه به تشخیص ۱۲ جنس و ۱۴ گونه از روزن‌داران کفزی، ۷ جنس از جلبک‌های سبز و ۷ جنس و ۱۰ گونه کالیپونل، سن سازند مزدوران در منطقه مورد مطالعه به طور کلی، آکسفوردین-والانزی‌نین زیرین تشخیص داده شده است. ضخامت سازند مزدوران در برش چشمه‌خان، ۲۳۶ متر است. این سازند در ابتدا با چندین متر لایه‌های ماسه‌سنگی شروع می‌شود که بر روی رسوبات ماری سازند چمن‌بید قرار می‌گیرند و سپس توسط لایه‌های توده‌ای تا نازک لایه آهکی و دولومیتی، لایه‌های دولومیت خالص زرد رنگ و متخلخل و لایه‌های نازک باندستون استروماتولیتی ادامه می‌یابد و در نهایت به دولومیت‌های نازک لایه به رنگ کرم و دارای تخلخل فراوان ختم می‌شود. سازند مزدوران در چاه قزل‌تپه ۲ از سنگ آهک و شیل به ضخامت ۲۷۴ متر (از عمق ۱۸۰۰۰ تا ۱۸۹۰۰ فوت) تشکیل شده است. سازند مزدوران در این چاه در زیر لایه‌های سازند شوربچه و بر روی شیل‌های سازند شمشک قرار دارد (Yassini, 1970) که بر اساس خصوصیات چینه‌سنگی شامل لایه‌های سنگ آهک و شیل، سنگ آهک دولومیتی و دولومیت و سنگ آهک با میان لایه‌هایی از ماسه‌سنگ است.

۴- رخصاره‌های سنگی

نحوه جایگیری رخصاره‌ها نشان‌دهنده تغییرات کوچک و بزرگ در الگوهای محیطی نظیر آب و هوا، شدت جریان آب و یا تغییرات در سطح نسبی آب دریا است (Bachmann & Hirsch, 2006). مطالعه رخصاره‌های میکروسکوپی سازند مزدوران منجر به شناسایی چهار کمر بند رخصاره‌ای شامل پانزده رخصاره کربناتی و دو رخصاره آواری شده است که به ترتیب از سمت دریا به سوی ساحل عبارتند از:

۴-۱. رخصاره‌های کربناتی

– **مجموعه رخصاره‌های A (دریای باز):** این مجموعه شامل چهار رخصاره است. A1 (پکستون کالیپونل‌دار: این رخصاره دارای ۱۵ تا ۲۰ درصد کالیپونل در اندازه ۲۰ تا ۴۰ میکرون است. گاهی پوسته‌های نازک استراکدا، رادیولاریا، جلبک‌های سبز کوچک و خرده‌های بیوکستی نوشکل نیز مشاهده می‌شود (شکل ۳-الف). این رخصاره فقط در برخی از نمونه‌های چاه قزل‌تپه ۲ دیده شده است. A2 (مادستون/وکستون کلسی اسفردار: کلسی اسفر در اندازه‌های ریز تا درشت (حد اکثر تا صد میکرون) با فراوانی ۱۰ تا ۱۵ درصد در این رخصاره دیده می‌شوند که مانند رخصاره قبلی، تنها در چاه قزل‌تپه ۲ دیده شده است (شکل ۳-ب). A3 (وکستون/مادستون بیوکستی: در این رخصاره، اکتینوید (۷-۸ درصد، اندازه ۰/۱ تا ۰/۳ میلی‌متر و اندیس تخریبی ۲/۶ میلی‌متر)، پوسته‌های نازک استراکدا (۷-۵ درصد، ۰/۲ میلی‌متر) و دوکفه‌ای (۰/۴ میلی‌متر) به همراه جلبک قرمز (۰/۳ تا ۰/۴ میلی‌متر)، روزن‌بران کفزی (۰/۲ میلی‌متر) و همچنین اینتراکست (اندازه ۰/۴ تا ۰/۵ میلی‌متر) دیده می‌شود که فراوانی هر کدام از آنها از ۱ تا ۲ درصد بیشتر نیست (شکل ۳، پ). A4 (وکستون اینتراکستی حاوی پلویید: اینتراکلاست‌ها با فراوانی ۲۰ تا ۲۵ درصد، اندازه‌ای در حدود ۰/۸ تا ۱/۲ میلی‌متر و اندیس تخریبی در حدود ۰/۹ میلی‌متر دارند. علاوه بر اینتراکلاست، پلت و پلویید هم با فراوانی ۷ درصد (۰/۱ میلی‌متر)، دوکفه‌ای ۱۰ تا ۱۵ درصد (۰/۴ تا ۰/۵ میلی‌متر)، اکتینوید (۳ درصد، اندیس تخریبی ۰/۳ میلی‌متر) و حدود ۱ درصد استراکدا و جلبک قرمز از دیگر اجزای تشکیل دهنده هستند. دانه‌های زیستی نسبت به انواع غیر زیستی فراوانی بسیار کمی دارند. اکثر اینتراکلاست‌ها، گلی هستند و به صورت نیمه‌زاویه‌دار تا نیمه گرد شده هستند (شکل ۳-ت). این رخصاره‌ها در صحرا دارای لایه‌بندی نازک تا بسیار نازک به رنگ خاکستری روشن و لایه‌بندی متوسط به رنگ خاکستری تا کرم مایل به زرد هستند که گاهی شکستگی‌های حاوی رگه‌های کلسیتی در این رسوبات دیده می‌شوند. در برخی تناوب‌های نازک لایه‌تر، لامیناسیون‌های موازی با مقیاس کوچک دیده می‌شود.

زرد رنگ تا کرم مایل به خاکستری هستند. این رسوبات گاهی به صورت نازک لایه نیز رخنمون دارند. لایه‌بندی و لامیناسیون‌های موازی نیز از دیگر خصوصیات این رسوبات است. همچنین شکستگی‌ها و رگه‌های کلسیتی در این رخنساره فراوان دیده می‌شود.

– **تفسیر:** فراوانی پلیویدها در برخی از رخنساره‌های این مجموعه (Adachi et al., 2004)، گردش‌دگی و جورشدگی ضعیف پلیویدها و اینتراکلت‌ها، حضور روزن‌بران کف‌زی همچون میلیوید و تکستولاریا به همراه استراکدا (Lefort et al., 2011) و جلبک‌های سبز و نیز فقدان ساختمان‌های رسوبی حاصل از اثر امواج و جریان‌ها مؤید تشکیل این مجموعه رخنساره‌ای در یک محیط کم‌انرژی لاگونی در رمپ داخلی است. از طرف دیگر وجود میلیوید به عنوان شاخص آب‌های آرام و کم‌عمق نیمه‌شور تا فوق‌العاده شور و همراهی آن با جلبک‌های سبز در رخنساره‌های و کستونی از عوامل تأییدکننده محیط کربناتی لاگونی از رمپ داخلی برای این رخنساره‌ها است (Bachmann & Hirsch, 2006). در رخنساره C4 نیز، برتری فراوانی جلبک سبز نسبت به سایر آلوکم‌های زیستی و تنوع کم بیوکلت‌ها می‌تواند نشان‌دهنده محیط محصور و آرام لاگون باشد (Husinec & Sokac, 2006). وجود مقدار کمی از موجودات استخوان‌نظیر اکتینودرم، براکیوپود و بریوزوئر به همراه فسیل‌های مناطق محصور دریایی از قبیل گاستروپود، نشان‌دهنده چرخش نیمه محصور آب دریا (لاگون در ارتباط با دریای باز) است که احتمالاً در نتیجه فعالیت‌های طوفانی صورت گرفته است (Burchette & Wright, 1992). این رخنساره‌ها از نظر شرایط محیطی و سن، مشابه رسوبات رمپ کربناته ژوراسیک فوقانی در حاشیه جنوبی حوضه اروپای مرکزی (مادستون و پکستون پلیویدی) (Kastner et al., 2008) و رسوبات آکسفوردین/کیمریجین خاور حوضه پاریس (Lefort et al., 2011) هستند.

– **مجموعه رخنساره‌های D (جزر و مدی):** سه رخنساره شناسایی شده در این مجموعه به شرح زیر هستند. D1) باندستون استروماتولیتی: استروماتولیت‌ها در سازند مزدوران بر اساس تقسیم‌بندی Logan et al. (1964) از نوع صفحه‌ای هستند (شکل ۴-ث). فابریک فنسترال در این رخنساره به وفور مشاهده می‌شود. لامینه‌هایی متشکل از پلت فراوان نیز در تناوب با لامینه‌های قبلی دیده می‌شود. D2) دولومادستون: این نوع دولومیت که اندازه بلورهای آن بین ۵ تا ۱۵ میکرون (میانگین ۱۰ میکرون) در تغییر است و به عنوان دولومیت‌های اولیه و دمای پایین شناخته می‌شوند احتمالاً همزمان با رسوب‌گذاری در محیط سوپراتایدال و سبخایی تشکیل شده است (Sibley & Gregg 1987; Reinhold, 1998). این نوع دولومیت رنگ خاکستری داشته، فاقد فسیل بوده و اثری از بافت‌های اولیه ندارند و متراکم و بدون تخلخل هستند (شکل ۴-ج). D3) مادستون: در این رخنساره سنگی ذرات کوارتز به طور پراکنده وجود دارند و در رخنمون صحرایی، لامیناسیون و لایه‌بندی نازک قابل مشاهده است. سنگ‌های رسوبی این مجموعه در روی زمین به صورت تناوبی از لایه‌بندی نازک تا بسیار نازک همراه با لامیناسیون‌های موازی و در بعضی قسمت‌ها به صورت متوسط لایه به رنگ کرم تا زرد روشن و نخودی رخنمون دارند.

– **تفسیر:** مجموعه رخنساره‌های پهنه جزر و مدی با عدم حضور خرده‌های اسکلتی، فراوانی گل آهکی، حضور استروماتولیت به همراه فابریک فنسترال، مجموعه رخنساره‌های مادستون و دولومادستون محیط سوپراتایدال و فراوانی بالای ذرات آواری نیمه‌زاویه‌دار با جورشدگی متوسط (Nader et al., 2006) قابل تشخیص است. (Bachmann & Hirsch, 2006) معتقدند که ورود مقادیر بالای رسوبات سیلیسی-آواری نشان‌دهنده تأثیر آب شیرین در محیط‌های ساحلی است. مطالعه استروماتولیت‌ها در جنوب آلمان به سن تریاس (Bachmann, 2002) به دلیل محتوای فسیلی و همراهی با دولومیکریت و ژپیس، نشان‌دهنده تشکیل در مناطق محصور دریایی و محیط‌های با شوری بیشتر مانند سوپراتایدال و مطالعه استروماتولیت‌های

به رنگ کرم روشن تا زرد کم‌رنگ و در بعضی قسمت‌ها صورتی کم‌رنگ دیده می‌شود. این رخنساره‌ها گاهی به صورت متوسط لایه نیز رخنمون دارند. لایه‌بندی‌های مورب که بیشتر در رسوبات نازک لایه دیده می‌شود و ریپل مارک‌های کوچک و نامتقارن، ساختمان‌های رسوبی موجود در این رخنساره هستند. شکستگی‌های حاوی رگه‌های کلسیتی نیز در این رسوبات دیده می‌شوند.

– **تفسیر:** Masse et al. (2003) انواع گرینستون‌ها را نشان‌دهنده محیط‌های پرنانژی مانند پشته‌ها تفسیر می‌کنند. این مجموعه رخنساره‌ای به دلیل وجود مقادیر فراوان آئید و اینتراکلت، اندازه نسبتاً بزرگ خرده‌های اسکلتی و اینتراکلاست‌ها، جورشدگی متوسط دانه‌ها، وجود لامیناسیون مورب و ریپل مارک (Bachmann & Hirsch, 2006) و عدم وجود گل آهکی، در یک محیط دریایی کم‌عمق و نسبتاً پرنانژی سدی تشکیل شده است (Lasemi, 1995). وجود برخی از اجزای اسکلتی دریایی باز نظیر اکتینودرم و براکیوپود و نیز پلیویدها که به طرف لاگون بر جای گذاشته شده است، ته‌نشینی این رخنساره‌ها را در یک محیط حد واسط بین لاگون و دریای باز تأیید می‌نماید (Badenas & Aurell, 2010). پلیویدها به نظر می‌رسد از میکریتی شدن اینتراکلاست‌ها یا بیوکلاست‌هایی نظیر روزن‌بران کف‌زی و یا در اثر خرد شدن مادستون‌ها تشکیل شده‌اند (Adachi et al., 2004). به دلیل قرار گرفتن این رخنساره در زون فریاتیك دریایی فعال و پرنانژی، انواع سیمان‌های دریایی اولیه مانند سیمان رشته‌ای، شعاعی و هم‌ضخامت آراگونیتی و همچنین بلوکی و دفنی در این رسوبات تشکیل شده است (Adabi & Rao, 1991). این رخنساره‌ها از نظر شرایط محیطی، مشابه رسوبات کربناتی ژوراسیک میانی باختر هند (گرینستون آئیدی، گرینستون/پکستون پلیویدی) (Ahmad et al., 2006) و از نظر شرایط محیطی و سن، مشابه نهشته‌های رمپ کربناتی ژوراسیک فوقانی در حاشیه جنوبی حوضه اروپای مرکزی (انواع مختلف گرینستون‌ها) (Kastner et al., 2008) هستند.

– **مجموعه رخنساره‌های C (لاگون):** در این مجموعه رخنساره‌ای، چهار رخنساره میکروسکوپی وجود دارد. C1) مادستون حاوی بیوکلت: در این رخنساره، روزن‌بران کف‌زی (۰/۱ میلی‌متر)، پوسته دوکفه‌ای (۰/۲ میلی‌متر)، جلبک سبز (۰/۲ میلی‌متر)، اکتینوید (اندیس تخریبی ۰/۱ میلی‌متر) و استراکدا و به مقدار کمتر، پلت، اینتراکلت (۰/۷ میلی‌متر) و ذرات کوارتز آواری دیده می‌شود که فراوانی هر کدام از آنها به تنهایی کمتر از ۱ درصد است (شکل ۴-الف). C2) پکستون/وکتون پلیویدی: پلیویدها با حدود ۱۵ تا ۳۵ درصد فراوانی (۰/۱ میلی‌متر)، اینتراکلاست‌ها (۷ درصد، اندیس تخریبی ۰/۸۵ میلی‌متر)، روزن‌بران کف‌زی (کمتر از ۵ درصد، ۰/۲ میلی‌متر) به همراه پوسته دوکفه‌ای (۰/۲ تا ۰/۳ میلی‌متر)، گاستروپود (۰/۲ میلی‌متر) و نیز جلبک سبز (۰/۱ تا ۰/۲ میلی‌متر) و استراکدا (هر کدام کمتر از ۲ درصد)، این رخنساره را تشکیل می‌دهند (شکل ۴-ب). C3) پکستون/وکتون بیوکلتی: در این میکروفاسیس اینتراکلاست (۵ درصد و ۱ تا ۱/۵ میلی‌متر) و اندیس تخریبی (۱/۳ میلی‌متر) تنها دانه غیر زیستی است که به مقدار اندک وجود دارد و اجزای اسکلتی شامل روزن‌بران بنتیک (۵ درصد، ۰/۲ میلی‌متر)، پوسته دوکفه‌ای (۵ درصد، ۰/۲ تا ۰/۳ میلی‌متر)، جلبک سبز (۱۰ درصد، ۰/۳ تا ۰/۶ میلی‌متر)، گاستروپود (۸ درصد، ۰/۳ تا ۰/۴ میلی‌متر)، براکیوپود (۵ درصد، ۰/۴ میلی‌متر) و نیز پوسته‌های دوتایی نازک استراکدا، بریوزوئر و اکتینوید (اندازه ۰/۱ میلی‌متر)، هر کدام با فراوانی ۱ درصد می‌شود (شکل ۴-پ). C4) وکتون حاوی داسی کلاسه: جلبک‌های سبز داسی کلاسه (حدوداً ۱۵ درصد، ۰/۱ تا ۰/۳ میلی‌متر)، دانه اصلی تشکیل‌دهنده این رخنساره هستند. سایر اجزای اسکلتی شامل دوکفه‌ای، استراکدا، گاستروپود و اکتینوید است که هر کدام کمتر از ۱ درصد فراوانی دارند. مهم‌ترین فرایند دیاژنزی مانند رخنساره قبلی، نوشکلی است (شکل ۴-ت). این رخنساره‌ها در صحرا به صورت تناوبی از لایه‌بندی متوسط تا ضخیم رخنمون دارند که عمدتاً

۵- مدل رخساره‌ای

با توجه به نوع رخساره‌ها و تغییرات عمودی آنها در توالی مورد مطالعه و اینکه سازند مزدوران یک گذر تدریجی از رخساره‌های کربناتی عمیق سازند چمن‌بید به سیلیسی- آواری‌های سازند شوربچه است می‌توان مدل رسوبی این رخساره‌ها را به صورت یک سکوی کربناتی کم‌عمق نوع رمپ تک‌شیب (Homoclinal ramp) تفسیر کرد (شکل ۵) به‌طوری که در این سکو رسوبات مناطق کم‌عمق بدون تغییر مهمی در شیب بستر با رسوبات مناطق عمیق‌تر در ارتباط بوده‌اند (Burchette & Wright, 1992). بر اساس رده‌بندی رمپ‌ها (Read, 1985)، یک رمپ دارای پشته سدی با ذرات بیوکستی را می‌توان برای سکوی سازند مزدوران در ناحیه مورد مطالعه در نظر گرفت که چهار کمربند رخساره‌ای پهنه جزرومدی، لاگون، پشته و دریای باز در این سکو قابل شناسایی هستند. این محیط رسوبی از نظر شرایط محیطی و سن، مشابه سکوی شمال باختر سوئیس به سن ژوراسیک فوقانی (Jank et al., 2006a) و سکوی خاور اسپانیا (Badenas & Aurell, 2010) به سن کیمریجین است. از مثال‌های عهد حاضر رمپ هوموکلینال می‌توان به سواحل شیخ‌نشین خلیج فارس (Purser, 1973) و فلات روتست در استرالیا (Collins, 1988) و از مثال‌های قدیمی آن به گروه هلدربرگ نیویورک (Laporte, 1969) با سن دونین و سکوی کربناتی آپسین فوقانی در جنوب حوضه میسترا در خاور اسپانیا (Thomas et al., 2008) اشاره کرد.

۶- چینه‌نگاری سکاسی

سکاس‌های رسوبی سازند مزدوران بر پایه تشخیص مرزهای سکاسی و پاراسکاس‌های رسوبی آن بر اساس ویژگی‌هایی نظیر دسته رخساره‌ها، محیط‌های رسوبی و تغییرات عمودی آنها شناسایی شده و هم ارزی آنها با منحنی نوسانات سطح نسبی آب دریاها در مقیاس جهانی (Haq et al., 1987) تفسیر شده است. پنج سکاس رسوبی رده سوم در برش چشمه‌خان و چهار سکاس رسوبی رده سوم در چاه قزل‌تپه ۲ شناسایی شده است. این سازند در هر دو برش مورد مطالعه با ماسه‌سنگ و کنگلومرای سازند شوربچه در بالای توالی، مرز فرسایشی دارد و لذا به عنوان مرز سکاسی نوع اول در نظر گرفته می‌شود (موسوی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۷). در برش چشمه‌خان در مرز این دو سازند یک لایه ۴۰ سانتی‌متری از خاک دیرینه قرمز وجود دارد که در انتهای مرحله HST و ابتدای مرحله LST به وجود آمده که چنین رسوباتی نشان‌دهنده ناپیوستگی در مرز این دو سازند بوده و منجر به تشکیل مرز سکاسی نوع ۱ شده است (Emery & Myers, 1996). قاعده سازند در برش چشمه‌خان با ماسه‌سنگ‌هایی شروع می‌شود که روی رسوبات ماری چمن‌بید قرار دارند و در چاه قزل‌تپه ۲ نیز آهک‌های گلی قاعده سازند بر روی شیل‌های باتلاقی (محیط قاره‌ای) سازند شمشک قرار گرفته‌اند (Yassini, 1970). بنابراین در اینجا نیز با توجه به تغییر ناگهانی رخساره‌ها که نشان‌دهنده رخنمون یا خروج رسوبات از آب و فرسایش ناشی از آن هستند (Sloss, 1963) مرز سکاسی از نوع اول در نظر گرفته می‌شود. به دلیل عدم وجود فرسایش و بیرون‌زدگی از آب، سایر مرزهای سکاسی در درون سازند از نوع دوم هستند. کلیه سکاس‌ها، رخساره‌های پیشرونده به سمت دریای باز و عمیق‌شونده به سمت بالا (TST) و رسوبات پسرونده به طرف ساحل و کم‌عمق شونده به طرف بالا (HST) را شامل می‌شوند.

۶-۱. سکاس‌های رسوبی برش چشمه‌خان

سازند مزدوران در برش چشمه‌خان از پنج سکاس رسوبی تشکیل شده است (شکل ۶). DS1: اولین سکاس رسوبی با ضخامت تقریبی ۶۷ متر در واقع ضخیم‌ترین سکاس در توالی سازند مزدوران در برش چشمه‌خان است. این سکاس با ماسه‌سنگ‌های ساحلی (کوآرتز آرنایت دانه متوسط) در قاعده سازند شروع می‌شود که مرحله LST را تشکیل می‌دهند. با پیشروی آب دریا (مرحله TST)، در ابتدا سنگ‌آهک‌های

تورونین (کرتاسه بالایی) در شمال اسپانیا (Rodriguez-Martinez et al., 2012) نیز نشان‌دهنده تشکیل در مناطق جزر و مدی است.

۴-۲. رخساره‌های سیلیسی- آواری (مجموعه رخساره‌ای E)

E1) شیل سیلیتی: این رخساره آواری دانه‌ریز به صورت بین لایه‌ای در قسمت‌های بالا و پایین توالی در چاه قزل‌تپه ۲ وجود دارد. این شیل‌ها فاقد فسیل بوده و ذرات تشکیل‌دهنده آن عموماً در اندازه سیلت هستند و در برش سطح‌الارضی مشاهده نمی‌شوند. E2) کوآرتز آرنایت: این رخساره دانه متوسط تا دانه درشت در برش چشمه‌خان (شکل ۴-چ) عمدتاً از کوآرتز (به صورت مونو کریستالین و پلی کریستالین با تغییرات اندازه بین کمتر از ۰/۱ تا ۰/۳ میلی‌متر و فراوانی ۵۰ تا ۶۰ درصد)، خرده‌سنگ‌های دگرگونی (به صورت کوآرتزهای شیبستوز با منشأ دگرگونی با فراوانی ۴ درصد و متوسط اندازه ۰/۱ میلی‌متر)، خرده‌سنگ‌های رسوبی (فراوانی ۳ درصد و اندازه ۰/۱ میلی‌متر) و فلدسپار (۲درصد) به همراه سیمان‌های کربناتی دولومیتی و خرده‌های بیوکستی مانند بریوزوآ با فراوانی کمتر از یک درصد تشکیل شده است. بر اساس مقایسه با تصاویر استاندارد ارائه شده توسط (Tucker 2001)، ذرات تشکیل‌دهنده این ماسه‌سنگ‌ها نیمه‌گرد شده تا نیمه‌زایه‌دار و دارای جورشدگی متوسط تا خوب هستند و در روی زمین به صورت تناوبی از لایه‌بندی نازک و تقریباً قرمز رنگ رخنمون دارند. E3) ساب‌لیت آرنایت: این ماسه‌سنگ‌های دانه‌ریز تا خیلی دانه‌ریز در چاه قزل‌تپه ۲ (شکل ۴-ح) از کوآرتز (به صورت تک‌بلور با اندازه بسیار ریز و فراوانی ۵۰ تا ۶۰ درصد)، خرده‌سنگ‌های دگرگونی (به صورت کوآرتزهای شیبستوز با منشأ دگرگونی با فراوانی ۸ درصد)، خرده‌سنگ‌های رسوبی (از نوع مادستون با فراوانی ۵ درصد) به همراه سیمان‌های کربناتی تشکیل شده‌اند. در اکثر موارد، ذرات مواد آلی به رنگ سیاه و مقدار بسیار کم ماتریکس در فضای بین دانه‌ها مشاهده می‌شود.

- **تفسیر:** رسوبات سیلیسی آواری سازند مزدوران در ناحیه مورد مطالعه، عمدتاً در کمربند ساحلی، پهنه جزر و مدی و لاگون نهشته شده‌اند. کوآرتز آرنایت‌ها در برش چشمه‌خان با توجه به درشت بودن اندازه دانه‌های کوآرتز با گردشگی متوسط و جورشدگی خوب، عدم وجود ماتریکس، وجود پوسته‌های فسیلی اندک و ساختمان‌های رسوبی موجود در آنها (لامیناسیون‌های مورب مسطح و ریپل‌مارک‌های نامتقارن کوچک) (Pettijohn et al., 1987)، در محیط ساحلی پرنانرژی تحت تأثیر امواج و جزر و مد و یا در کانال‌های جزر و مدی (Kastner et al., 2008; Mahboubi et al., 2010) تشکیل شده‌اند که ورود ذرات آواری را می‌توان در ارتباط با جریان‌های ساحلی و فعالیت‌های تکتونیکی (Khalifa, 2005) در ارتفاعات بالا آمده جنوب خاور حوضه رسوب‌گذاری سازند مزدوران دانست. در نهشته‌های رمپ کربناتی ژوراسیک فوقانی در حاشیه جنوبی حوضه اروپای مرکزی (Kastner et al., 2008) نیز رخساره‌های ماسه‌سنگی مشابه از نظر شرایط محیطی و سن، گزارش شده است. ساب‌لیت آرنایت‌ها در چاه قزل‌تپه ۲ نسبت به کوآرتز آرنایت‌های برش چشمه‌خان، بسیار دانه ریزتر بوده و جورشدگی و گردشگی ضعیف‌تری دارند. همچنین با توجه به شواهد دیگری مانند وجود مقادیر بسیار اندک ماتریکس و مواد آلی در فضای بین دانه‌ها، دانه‌های پیریت احیایی و سیمان کربناتی که به محیط آرام‌تری نسبت به سایر انواع سیمان‌ها نیاز دارد (Tucker, 2001) و با توجه به اینکه (Pettijohn et al., 1987) ماسه‌سنگ‌های نابالغ را به محیط‌های دریایی کم‌عمق یا کولابی نسبت می‌دهند، می‌توان محیط تشکیل آنها را منطقه کم‌انرژی زیر حد جزر و مدی و یا لاگون نزدیک آن دانست. رخساره شیلی سازند مزدوران در ناحیه مورد مطالعه به صورت شیل‌های کمی سیلیتی به رنگ قهوه‌ای روشن است که به علت عدم وجود فسیل و رنگ قهوه‌ای مایل به قرمز در محیط جزر و مدی ته‌نشین شده‌اند (Mahboubi et al., 2010; Khalifa, 2005).

با پسروی آب دریا تا منطقه سوپراتابادل تشکیل شده‌اند. سکناس پنجم ۴۰ متر ضخامت دارد.

۶-۲. سکناس‌های رسوبی در چاه قزل‌تپه ۲

در چاه قزل‌تپه ۲، برای تشخیص سکناس‌های رسوبی و مرز آنها از نمودارهای چاه‌پیمایی و خرده‌های حفاری استفاده شده است. سازند مزدوران در این چاه از چهار سکناس رسوبی رده سوم به شرح ذیل تشکیل شده است (شکل ۷).

DS1: اولین سکناس در برش تحت‌الارضی سازند مزدوران در این ناحیه با ضخامت تقریبی ۸۸ متر، با ته‌نشست شیل‌های سیلتی منطقه جزر و مدی بر روی رسوبات قاره‌ای سازند شمشک شروع می‌شود که مرز زیرین آن از نوع اول است. رسوبات مرحله TST در این سکناس به ترتیب شامل پکستون/وکستون پلوییدی لاگون و وکستون بیوکستی دریای باز است که بر روی نمودار گاما، افزایش مقدار API را نشان می‌دهند (امینی، ۱۳۸۸). بیشترین مقدار API (حدود ۱۰۰) در حداکثر سطح پیشروی آب دریا در رخساره‌های مادستون/وکستون کلسی‌اسفردار است. به سمت انتهای سکناس، روند کاهشی مقدار لاگ گاما می‌تواند نشان‌دهنده دسته رخساره‌های HST باشد (امینی، ۱۳۸۸). این مرحله از سه پاراسکناس پسرونده تشکیل شده و شامل رخساره‌های وکستون اینتراکستی حاوی پلویید دریای باز، گرینستون/پکستون پلوییدی محیط سدی، مادستون‌های حاوی بیوکست لاگونی و ماسه‌سنگ‌های دانه‌ریز محیط لاگون و زیر حد جزر و مدی (ساب‌لیت‌آرنایت) است. سکناس مذکور با مادستون‌های جزر و مدی که در اثر افت سطح آب ته‌نشین شده‌اند پایان می‌یابد. برخلاف برش چشمه‌خان رسوبات عمیق دریای باز حاوی میکروفسیل‌های پلانکتون از قبیل کالپونل هستند.

DS2: در قسمت ابتدائی این سکناس رخساره‌های عمیق‌تر (وکستون اینتراکستی حاوی پلویید دریای باز) بر روی رخساره‌های کم‌عمق‌تر (گرینستون/پکستون پلوییدی محیط سدی) قرار می‌گیرند که نشان‌دهنده مرحله TST است. بالاآمدگی ناگهانی سطح آب دریا و عمیق‌شدگی ناگهانی حوضه در روی نمودار گاما با افزایش ناگهانی در مقدار API (حدود ۹۰) در بازه‌ای با روند کاهنده مشخص می‌شود (Catuneanu, 2006) که منجر به تشکیل رخساره وکستون کلسی‌اسفردار شده است. به تدریج و با خارج شدن از حالت سکون نسبی سطح آب دریا و کاهش تدریجی فضای رسوب‌گذاری، در مرحله HST رسوبات وکستون اینتراکستی حاوی پلویید و مادستون کلسی‌اسفردار در دریای باز، گرینستون آئیدی در محیط سدی و پکستون/وکستون بیوکستی در محیط لاگون تشکیل شده‌اند. این مرحله از دو پاراسکناس تشکیل شده است. مادستون‌های محیط جزر و مدی در انتهای سکناس نشان‌دهنده حداکثر پسروی سطح آب دریا هستند. مرز فوقانی این سکناس که ضخامتی در حدود ۶۷ متر دارد نیز به دلیل عدم وجود شواهد خروج از آب به صورت مرز غیر فرسایشی در نظر گرفته شده است. یک پیک افزایشی مقدار API در لاگ گاما در انتهای سکناس دیده می‌شود که با روند افزایشی و کاهشی کلی در سکناس هماهنگ نیست که احتمالاً به دلیل مقادیر ناچیز مواد آلی است (Serra, 1986) که در رسوبات تجمع یافته‌اند.

DS3: سکناس سوم با ضخامت تقریبی ۵۲ متر بین دو مرز غیر فرسایشی در بالا و پایین محصور شده و شامل دو پاراسکناس پسرونده در مرحله TST و دو پاراسکناس پسرونده در مرحله HST است. این سکناس با دسته رخساره‌های پسرونده مرحله TST که به سمت بالا عمیق‌شونده هستند آغاز می‌شود. رخساره‌های پسرونده مرحله TST شامل مادستون بیوکستی محیط لاگون، گرینستون آئیدی محیط سدی و وکستون/مادستون بیوکستی دریای باز و رسوبات MFS شامل پکستون کالپونل‌دار دریای باز (حدود ۶۰ API) است. این رخساره‌ها به شدت تحت تأثیر فرایند دولومیتی شدن قرار گرفته‌اند. در قسمت فوقانی این سکناس دسته رخساره آغاز افت سطح آب دریا و پسروی (HST) شامل مادستون کلسی‌اسفردار، گرینستون پلوییدی از

دولومیتی و سپس دولومیت‌های ریزبلور جزر و مدی تشکیل شده‌اند. این مرحله از دو پاراسکناس پسرونده تشکیل شده است. حداکثر بالاآمدگی سطح آب دریا در این سکناس با رخساره گرینستون پلوییدی اینتراکستی حاوی بیوکست مربوط به محیط سدی مشخص می‌شود. در مرحله HST، پکستون‌های پلوییدی و وکستون‌های بیوکستی محیط لاگون تشکیل شده‌اند و در نهایت، مادستون مربوط به محیط جزر و مدی، مرز دو سکناس و حداکثر پسروی سطح آب دریا است.

DS2: پیشروی تدریجی سطح آب دریا در سکناس دوم با تشکیل رخساره‌های لاگونی (پکستون/وکستون پلوییدی و بایوکستی و وکستون حاوی جلبک سبز) و سدی (گرینستون/پکستون پلوییدی و گرینستون آئیدی) در مرحله TST ادامه یافته که این مرحله از سه پاراسکناس پسرونده تشکیل شده است. در ادامه، رخساره‌های وکستون/مادستون بیوکستی حاوی اکتیوید در مرحله حداکثر پیشروی سطح آب دریا (MFS) برجای گذاشته شده‌اند. در مرحله HST نیز رخساره‌های وکستون/پکستون بیوکستی و مادستون حاوی بیوکست در محیط لاگون و همچنین گرینستون پلوییدی اینتراکستی حاوی بیوکست در محیط سدی تشکیل شده‌اند. این مرحله شامل دو پاراسکناس پسرونده بوده که بخش اعظم آنها در محیط لاگون تشکیل شده‌اند. در ادامه روند پسروی، با رسوب‌گذاری مادستون فاقد فسیل و باندستون استروماتولیتی محیط جزر و مدی، سکناس دوم پایان می‌یابد. ضخامت تقریبی این سکناس در حدود ۵۰ متر است.

DS3: سکناس سوم از دو پاراسکناس پسرونده و سه پاراسکناس پسرونده با ضخامت کلی ۳۶ متر تشکیل شده است. در این سکناس در تبدیل رخساره‌های پسرونده به سطح بیشترین پیشروی، تغییرات مشخصی در سنگ‌شناسی مشاهده می‌شود به نحوی که استروماتولیت‌های نازک‌لایه بین جزر و مدی و سنگ آهک‌های ضخیم و متوسط‌لایه TST با رخساره لاگونی (مادستون و وکستون/پکستون بیوکستی) به سنگ آهک‌های نازک‌لایه با رخساره گرینستون اینتراکستی حاوی پلویید (MFS) تبدیل می‌گردند. در مرحله HST نیز مانند مرحله TST، رخساره‌های مادستون و وکستون بیوکستی لاگونی و استروماتولیت‌های جزر و مدی تشکیل شده‌اند ولی بخش اعظم رسوبات این مرحله را دولومیت و سنگ آهک‌های دولومیتی تشکیل می‌دهند که دارای آثاری از فسیل و دانه‌های اسکلتی هستند. پس از انباشتگی پاراسکناس‌های پسرونده این مرحله، با حداکثر پسروی آب دریا و ایجاد شرایط سوپراتابادل، دولومیت‌های ریزبلور اولیه ته‌نشین شده و سکناس سوم خاتمه می‌یابد.

DS4: در ادامه رسوب‌گذاری سازند مزدوران، دسته‌های رخساره‌های پسرونده در مرحله TST در سکناس چهارم (شامل سه پاراسکناس پسرونده)، علاوه بر رسوبات لاگون (وکستون بیوکستی، پکستون پلوییدی و مادستون حاوی بیوکست)، دربردارنده رسوبات محیط سدی شامل گرینستون اینتراکستی حاوی پلویید نیز هستند. رخساره وکستون اینتراکستی حاوی پلویید دریای باز نشان‌دهنده حداکثر سطح پیشروی در این سکناس است. با شروع پسروی، دسته رخساره‌های پسرونده در مرحله HST شامل وکستون حاوی داسی کلاذ محیط لاگون و گرینستون اینتراکستی محیط سدی بوده و نهایتاً دولومیت‌های اولیه سبخایی بر جای گذاشته شده‌اند. رسوبات این سکناس که ضخامت تقریبی آن در حدود ۴۳ متر است به مقدار زیادی تحت تأثیر دولومیتی شدن قرار گرفته‌اند.

DS5: رخساره‌های مادستون حاوی بیوکست و وکستون پلوییدی و بیوکستی محیط لاگون که در مرحله TST تشکیل شده‌اند بر روی دولومیت‌های اولیه در انتهای سکناس چهارم قرار می‌گیرند. رسوبات محیط سدی با ضخامت زیاد از رخساره‌های گرینستون پلوییدی اینتراکستی حاوی بیوکست و گرینستون آئیدی تشکیل شده و سطح حداکثر پیشروی (MFS) درون این رخساره‌ها در نظر گرفته شده است. رسوبات مرحله HST نیز مانند مرحله TST از مادستون و وکستون‌های لاگون تشکیل شده است و سرانجام دولومیت‌های اولیه سبخایی در انتهای سکناس

از نظر زمین‌ساخت محلی آرام‌تر بوده، به نظر می‌رسد که عوامل برون‌حوضه‌ای نسبت به عوامل درون حوضه‌ای تأثیر بیشتری داشته‌اند. در چاه قزل‌تپه ۲ نیز حوضه رسوب‌گذاری سازند مزدوران در محدوده زمانی نامبرده نسبت به سطح جهانی، متحمل نوسانات بیشتری شده است.

در برش‌های مورد مطالعه از سازند مزدوران، با توجه به ضخامت متفاوت سازند در این دو برش، تعداد سکناس‌های رسوبی رده سوم بیانگر تشابه در تغییرات سطح آب دریا در این دو منطقه است. از طرفی، شرایط این دو توالی برای انجام مقایسه چندان مناسب نیست زیرا برای تعیین سن سازند در قسمت‌های زیرین (مرز زیرین سازند) در چاه قزل‌تپه ۲ اطلاعات کافی در دسترس نبوده است. اما اگر معیارهای سرعت رسوب‌گذاری و فرونشینی در محیط تشکیل، یکنواخت در نظر گرفته شود در مقایسه سکناس‌های رسوبی رده سوم در دو برش مورد مطالعه از سازند مزدوران می‌توان گفت که سکناس‌های ۲ تا ۵ از برش چشمه‌خان کاملاً قابل انطباق با سکناس‌های ۱ تا ۴ چاه قزل‌تپه ۲ هستند (شکل ۸). تفاوت عمده این دو برش در ضخامت سکناس‌های رسوبی رده سوم است که به تفاوت در پارامترهای محیط رسوبی این دو برش از قبیل سرعت رسوب‌گذاری، سرعت فرونشینی و فضای رسوب‌گذاری مربوط می‌شود (Vedrine & Strasser, 2009). توالی سازند مزدوران در چاه قزل‌تپه ۲ علیرغم محدوده سنی کمتر، دارای ضخامت بیشتری است. با توجه به این دو مسأله می‌توان گفت که حوضه رسوبی کپه‌داغ در دشت گنبد (انتهای باختری حوضه) دارای سرعت رسوب‌گذاری و یا سرعت فرونشینی بیشتری نسبت به برش چشمه‌خان (منطقه جنوب باختری حوضه) بوده که منجر به ته‌نشست توالی ضخیم‌تری از رسوبات در مدت زمان کمتر شده است (Jank et al., 2006b). البته اگر در رابطه با چاه قزل‌تپه ۲ داده‌های سنی بیشتری وجود داشته باشد با اطمینان بیشتری می‌توان نتیجه‌گیری نمود. مطالعه سازند مزدوران توسط Lasemi (1995) در خاور کپه‌داغ به ضخامت ۱۶۰۰ متر منجر به تفکیک پنج سکناس رسوبی رده سوم شده است که دارای مجموعه رخصاره‌های محیط‌های دریای باز، لاگون و جزر و مدی هستند. ولی در باختری‌ترین قسمت حوضه کپه‌داغ (چاه قزل‌تپه ۲) تعداد سکناس‌ها کمتر است. مرز فوقانی سازند مزدوران با سازند شوربچه و مرز تحتانی آن با سازند چمن‌بید در برش چشمه‌خان، با سازند شمشک در چاه قزل‌تپه ۲ و با سازند کشف‌رود در شمال خاور مشهد (Lasemi, 1995) به صورت مرز فرسایشی است. در مقایسه این برش‌ها، به غیر از اختلاف سن، مهمترین مسأله تغییر ضخامت آنهاست به طوری که از خاور و مرکز حوضه به سمت باختر از ضخامت سازند مزدوران کاسته می‌شود. مسأله دیگر روند کاهش تعداد سکناس‌های رسوبی از خاور (۵ سکناس در شمال خاور مشهد) به باختر حوضه (۴ سکناس در چاه قزل‌تپه ۲) است. بنابراین تغییرات ضخامت رسوبات و تعداد سکناس‌ها می‌تواند بیانگر این مطلب باشد که تأثیر نوسانات جهانی سطح آب دریا در زمان تشکیل سازند مزدوران در مناطق مورد مقایسه تقریباً یکسان بوده و تنها بر باختری‌ترین قسمت حوضه (چاه قزل‌تپه ۲) تأثیر کمتری داشته است. با توجه به شیب کلی حوضه رسوبی کپه‌داغ که به سمت باختر است و رخصاره‌های عمیق شناسایی شده در چاه قزل‌تپه ۲ نیز می‌توان گفت که شیب حوضه در منطقه مورد مطالعه، به سمت باختر و شمال باختر است.

۸- نتیجه‌گیری

با توجه به مجموعه شواهد ارائه شده برای شرایط رسوب‌گذاری هر یک از مجموعه‌های رخصاره‌ای، ارتباط عمودی آنها و نیز توجه به اصل والتر، می‌توان مدل رسوبی این رخصاره‌ها را به صورت یک سکوی کربناتی کم‌عمق نوع رمپ هوموکلینال تفسیر کرد که چهار کمر بند رخصاره‌ای پهنه جزرومدی، لاگون، پشته و دریای باز در آن قابل شناسایی هستند. تغییرات سطح آب دریا به هنگام تشکیل سازند مزدوران (آکسفوردین - والانزین زیرین) در چندین مرحله انجام شده است. بر

محیط سدی و ماسه‌سنگ‌های دانه‌ریز (ساب لیت‌آرنایت) و مادستون محیط لاگون هستند که به صورت توالی کم‌عمق شونده همراه با کاهش مقادیر لاگ گاما مشاهده می‌شوند. رخصاره محیط جزر و مدی، کم‌عمق‌ترین محیطی بوده که سطح آب دریا در طی رسوب‌گذاری سکناس سوم، تا آنجا پسروی کرده و لذا، رخصاره شیل سیلتی در منطقه جزر و مدی، بخش پایانی سکناس را تشکیل می‌دهد.

DS4: پیشروی تدریجی سطح آب دریا با تشکیل رخصاره‌های لاگونی (پکستون/وکستون پلوییدی) ادامه یافته و تا قسمت‌های مختلف دریای باز (وکستون اینتراکستی حاوی پلویید) پیش می‌رود. حداکثر پیشروی با رخصاره مادستون کلسی‌اسفردار و پکستون کالیپونل‌دار مشخص شده و حداکثر مقدار API مقابل آن (حدود ۵۰) مشخص‌کننده MFS است. مرحله HST در چهارمین سکناس که شامل سه پاراسکناس پسروده است نسبت به مرحله TST گسترش بیشتری دارد. بعد از تشکیل توالی کم‌عمق‌شونده به سمت بالا شامل رسوبات مادستون کلسی‌اسفردار، گریستون اینتراکستی حاوی پلویید و مادستون دارای بایوکست در مرحله HST، مرز بالایی با پسروی آب دریا به رسوبات مادستون فاقد فسیل محیط جزر و مدی ختم می‌شود. شیل‌های سیلتی محیط جزر و مدی که بخش پایانی سکناس رسوبی را می‌سازند بیانگر پایین افتادن سطح نسبی آب دریا هستند. روند افزایشی و کاهش یافته مقادیر لاگ گاما با مراحل پیشروی و پسروی آب دریا در این سکناس که ضخامت آن ۶۷ متر است نسبت به سایر سکناس‌ها انطباق کمتری دارد.

۷- تفسیر تغییرات سطح آب دریا

همان‌طور که قبلاً اشاره شد پنج سکناس رسوبی رده سوم در برش چشمه‌خان و چهار سکناس رسوبی در چاه قزل‌تپه ۲ تشخیص داده شده و منحنی مربوطه با منحنی جهانی تغییرات سطح آب دریا (Haq & Al-Qahtani, 2005) مقایسه شده است (شکل‌های ۶ و ۷) که این مقایسه در بعضی قسمت‌های توالی، انطباق کامل و در سایر بخش‌ها، انطباق نسبی را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که مدت زمان رسوب‌گذاری سکناس‌ها بر اساس ضخامت هر یک از آنها برآورد شده و تأثیر عواملی نظیر نرخ رسوب‌گذاری، میزان فشردگی و شرایط زمین‌ساختی، کم و بیش یکسان در نظر گرفته شده است (محبوبی و همکاران، ۱۳۸۴). لذا محدوده سنی هر یک از سکناس‌های رسوبی سازند مزدوران در برش چشمه‌خان با ضخامت ۲۳۶ متر و سن ۲۷ میلیون سال (از قاعده آکسفوردین تا والانزین زیرین) و در چاه قزل‌تپه ۲ با ضخامت ۲۷۴/۳۲ متر و سن ۲۰ میلیون سال (از کیمریجین تا والانزین زیرین)، در حدود پنج تا شش میلیون سال است که معادل سکناس‌های رده سوم (Vail et al. (1991) و Miall (2000) هستند. مطالعات مشابهی در راستای چینه‌نگاری سکناسی در رسوبات ژوراسیک بالا (کیمریجین - تیتونین) در منطقه دور استریت (Dover Strait) در شمال فرانسه انجام شده که منجر به شناسایی نه سکناس رسوبی رده چهارم در این محدوده زمانی شده (Mahieux et al., 1998) و همچنین با مطالعه سکوی شمال باختر سوئیس، پنج سکناس رسوبی رده سوم در محدوده سنی آکسفوردین - کیمریجین تشخیص داده شده است (Jank et al., 2006b).

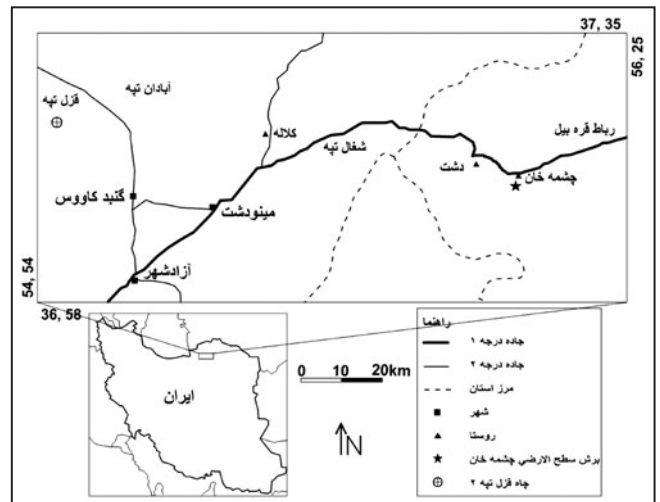
مقایسه منحنی تغییرات سطح آب دریا در مناطق مورد مطالعه با منحنی جهانی نشان‌دهنده انطباق زیاد دو منحنی از نظر تعداد سکناس‌های رسوبی رده چهارم است اما تعداد سکناس‌های مرتبه سوم با منحنی جهانی یکسان نیست. این امر احتمالاً می‌تواند در اثر عوامل محلی و اتوسیکلیک (Lasemi, 1995) مانند عوامل زمین‌ساختی، بالا آمدگی، فعالیت گسل‌های طولی و نیز فرونشینی حوضه در اثر بار رسوبی باشد (Vedrine & Strasser, 2009)؛ افشار حرب، ۱۳۷۳؛ محبوبی و همکاران، ۱۳۸۴). بنابراین تغییرات سطح آب دریا در قسمت‌های ابتدایی توالی سازند در برش چشمه‌خان، بیشتر به زمین‌ساخت و عوامل منطقه‌ای مربوط می‌شود تا اینکه متأثر از نوسانات جهانی سطح آب دریا باشد. ولی در نیمه دوم توالی که احتمالاً محیط رسوب‌گذاری

دو منطقه مورد مطالعه می‌توان گفت که سرعت رسوب گذاری و فرونشینی حاصل از بار رسوبی در زمان تشکیل سازند مزدوران در دشت گنبد (انتهای باختری حوضه کپه‌داغ) نسبت به برش چشمه‌خان (منطقه جنوب باختری حوضه) بیشتر بوده است و در نتیجه عمق حوضه نیز در قسمت باختر و شمال باختر نسبت به مناطق مرکزی و خاوری بیشتر بوده است.

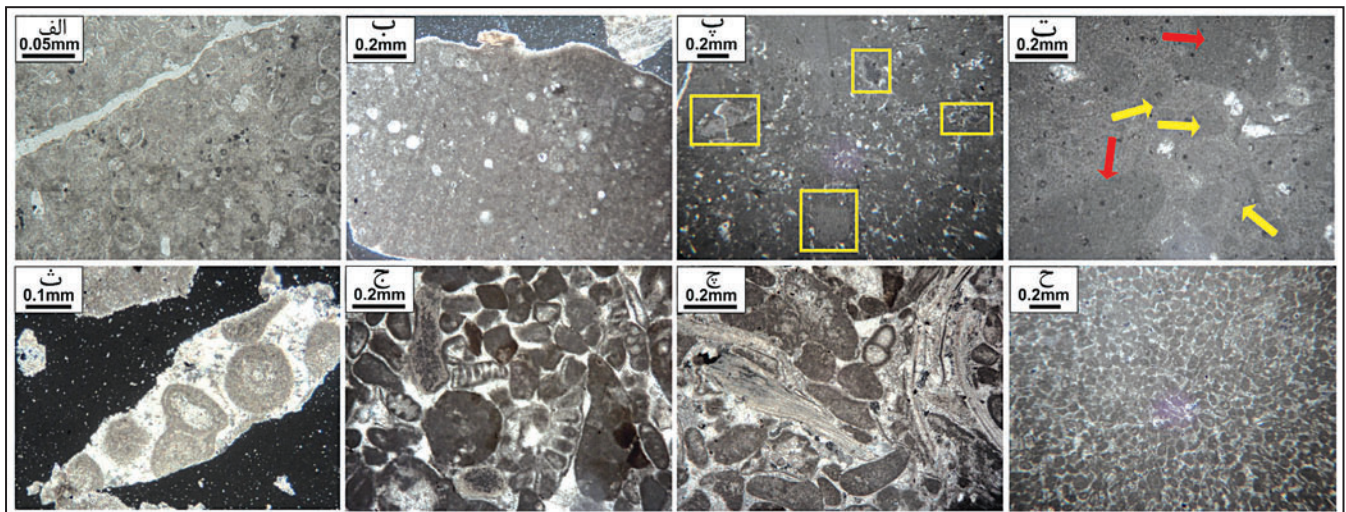
اساس شناسایی مرزهای سکانشی نوع دوم و اول، پنج سکانش رسوبی رده سوم در برش چشمه‌خان و چهار سکانش در چاه قزل‌تپه ۲ شناسایی شده است. مقایسه منحنی تغییرات سطح آب دریا در این ناحیه با منحنی‌های جهانی نشان می‌دهد که این نمودارها در چاه قزل‌تپه ۲ و برش چشمه‌خان با منحنی‌های جهانی، انطباق نسبی دارند. با توجه به ضخامت و سن سازند و تعداد پاراسکانش‌ها و سکانش‌های رده سوم در



شکل ۲- تصویر صحرایی سازند مزدوران در برش چشمه‌خان (دید به سمت شمال باختر).

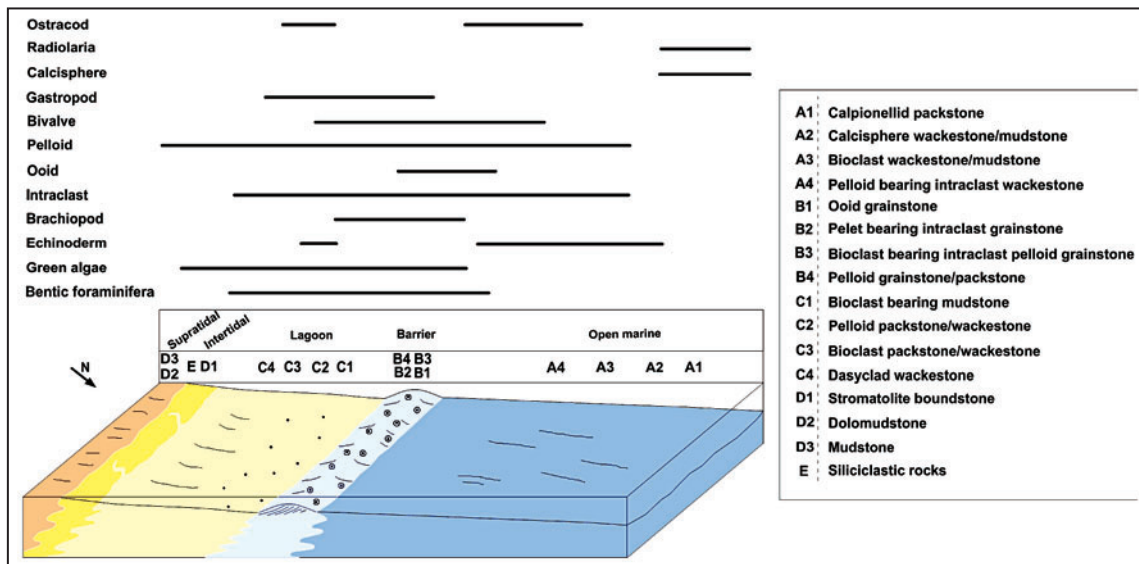
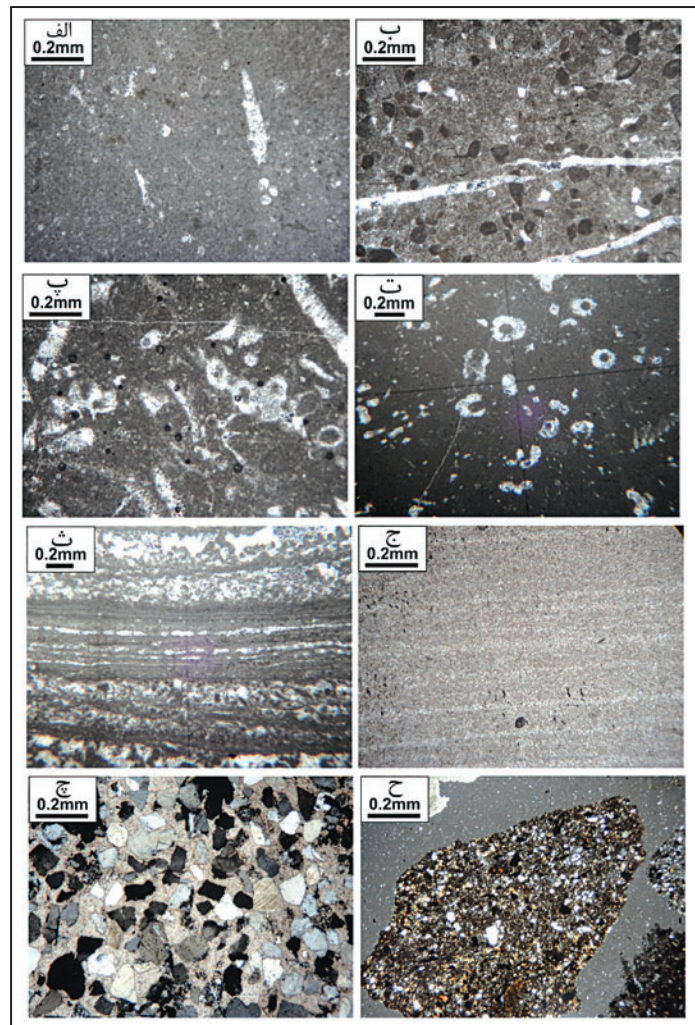


شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه

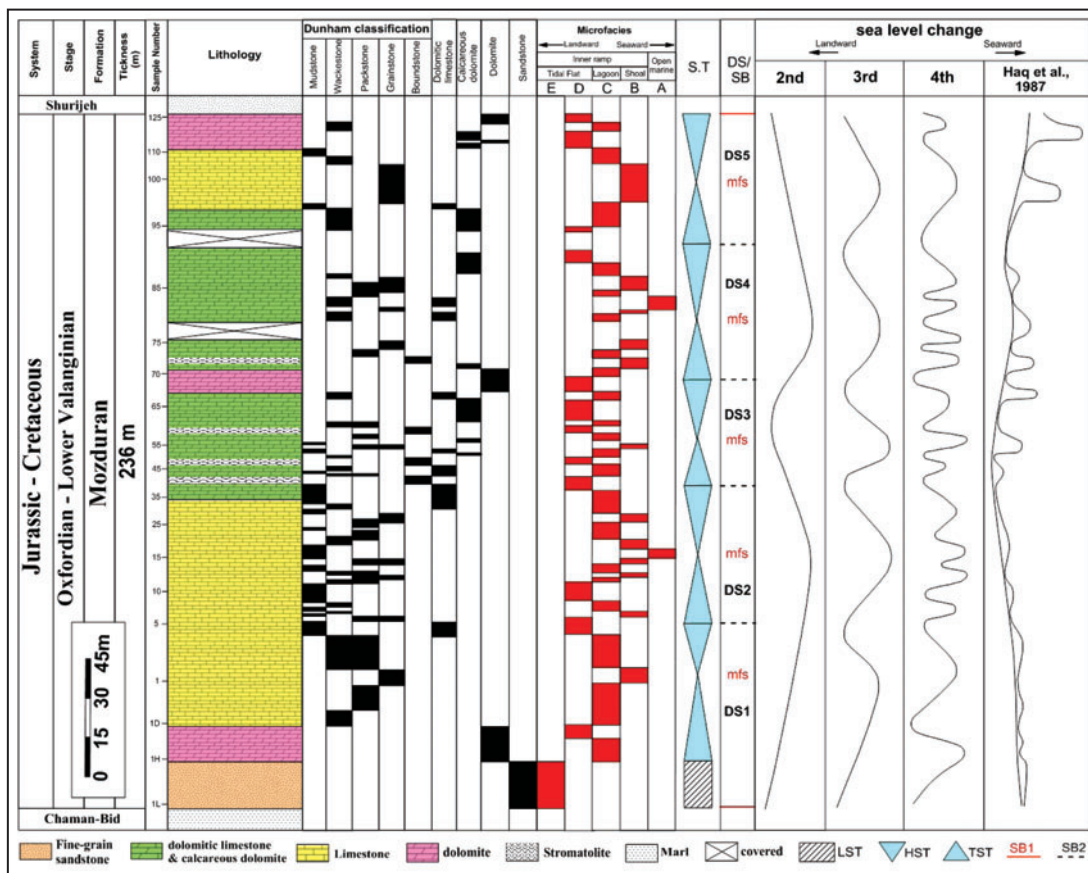


شکل ۳- مجموعه رخساره‌های محیط دریای باز و پشته‌های سدی (XPL به جز شکل الف). الف) پکستون کالیپونل دار (PPL)، چاه قزل‌تپه ۲، عمق ۱۸۶۲۰؛ ب) مادستون / وکستون کلسی اسفردار، چاه قزل‌تپه ۲، عمق ۱۸۵۰۰؛ پ) وکستون / مادستون بیوکلسی، کادرها قطعات اکتینوئید را نشان می‌دهند، برش چشمه‌خان؛ ت) وکستون اینتراکلسی حاوی پلویید، اینتراکلست گلی (فلش قرمز) و پلویید (فلش زرد) به سختی از زمینه میکریتی قابل تشخیص هستند، برش چشمه‌خان؛ ث) گرینستون آئیدی، چاه قزل‌تپه ۲، عمق ۱۸۴۴۰؛ ج) گرینستون اینتراکلسی حاوی پلویید، برش چشمه‌خان؛ چ) گرینستون پلوییدی اینتراکلسی حاوی بیوکلست، برش چشمه‌خان؛ ح) رخساره گرینستون / پکستون پلوییدی، برش چشمه‌خان.

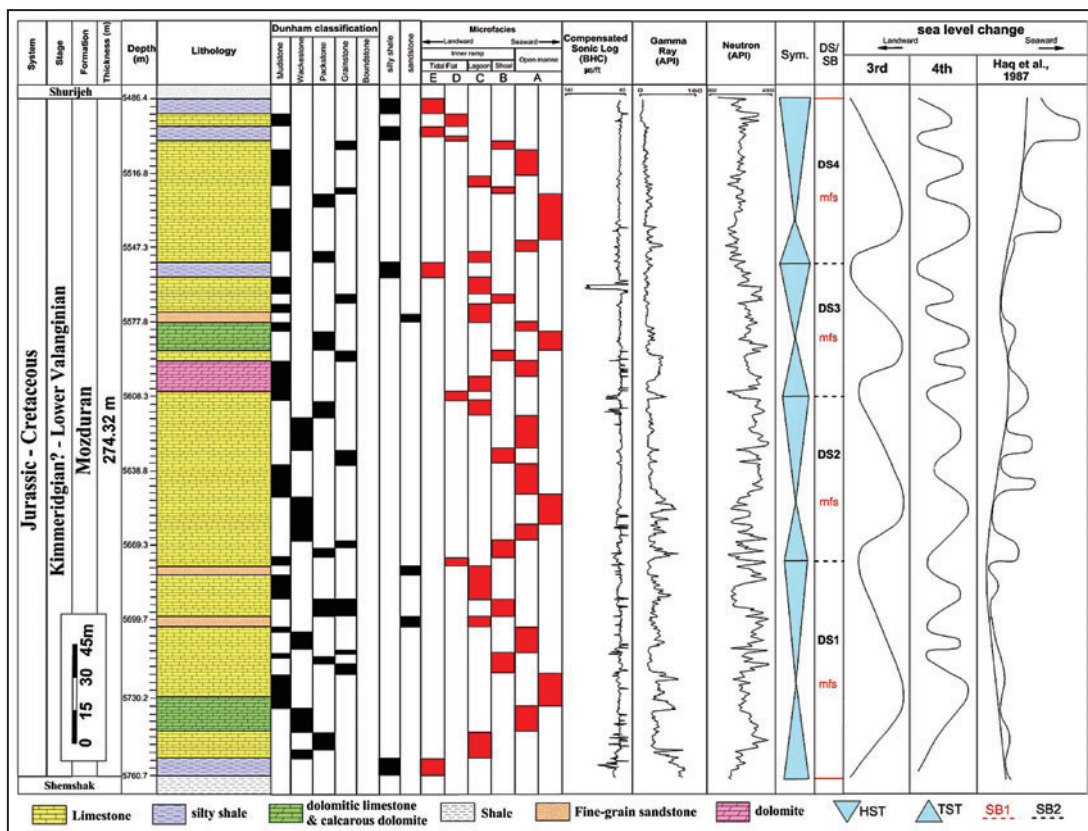
شکل ۴- مجموعه رخساره‌های محیط لاگون، جزر و مد و رخساره‌های آواری (XPL). الف) مادستون حاوی بیوکلست؛ ب) پکستون/ وکستون پلوییدی؛ پ) پکستون/ وکستون بیوکلستی؛ ت) وکستون حاوی داسی‌کلادسه؛ ث) باندستون استروماتولیتی؛ ج) دولومادستون با لامیناسیون ظریف؛ چ) ماسه‌سنگ دانه متوسط با سیمان کربناتی؛ ح) ماسه‌سنگ دانه ریز، چاه قزل‌تپه ۲، عمق ۱۸۶۹۰. به غیر از شکل ح، سایر اشکال مربوط به برش چشمه‌خان هستند.



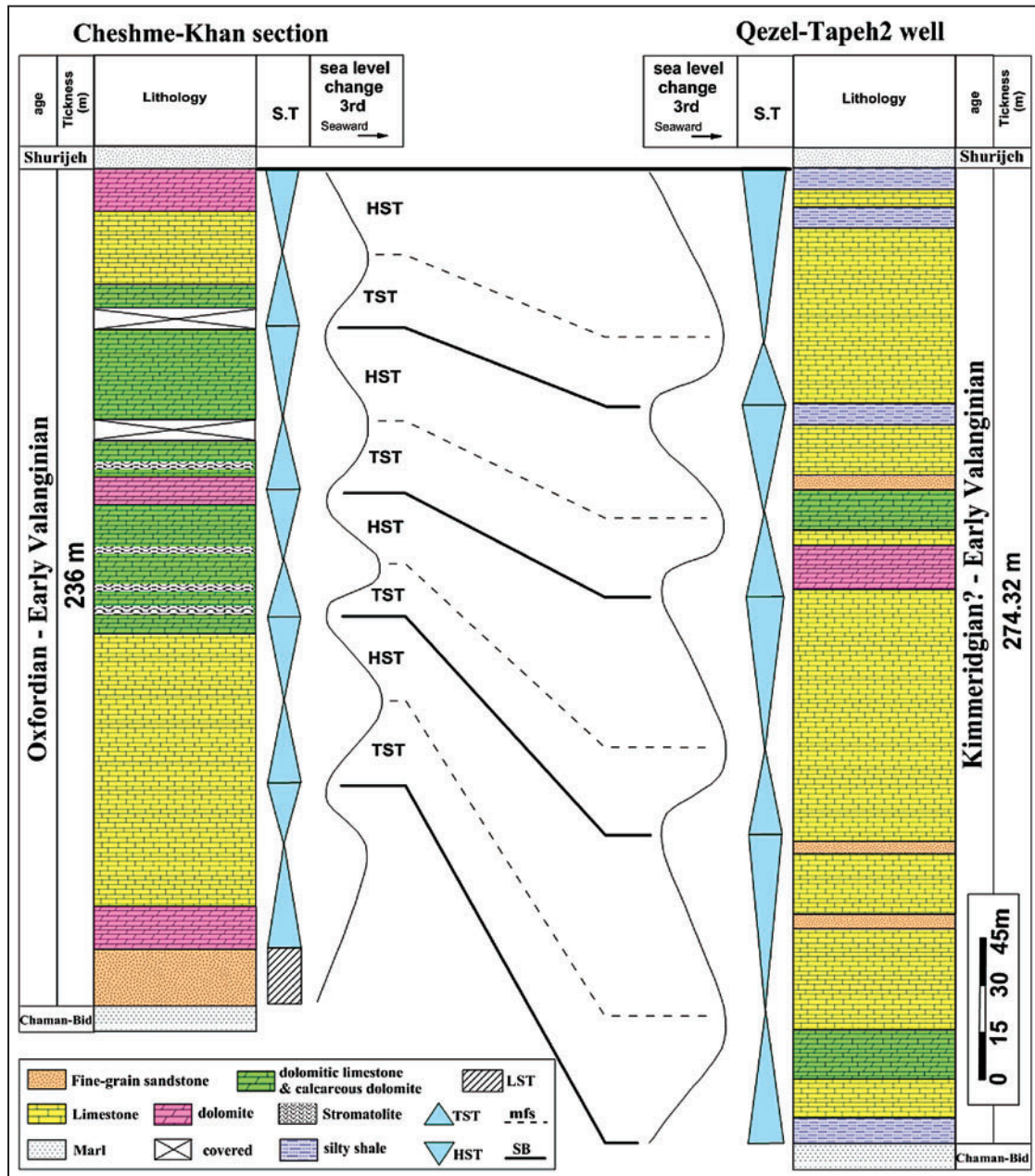
شکل ۵- مدل شماتیک محیط رسوبی سازند مزدوران در ناحیه مورد مطالعه در یک رمپ کربناتی هموکلینال.



شکل ۶- ستون چینه‌نگاری سازند مزدوران در برش چشمه‌خان به همراه رخساره و سکانس رسوبی.



شکل ۷- ستون چینه‌شناسی سازند مزدوران در چاه قزل‌تپه ۲ به همراه رخساره‌ها و سکانس‌های رسوبی.



شکل ۸- تطابق سکانس‌های رسوبی سازند مزدوران در ناحیه مورد مطالعه.

کتابنگاری

- افشارحرب، ع.، ۱۳۷۳- زمین‌شناسی کپه‌داغ، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، شماره ۱۱، ۲۷۵.
- امینی، ع.، ۱۳۸۸- مبانی چینه‌نگاری سکانسی، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۲۴.
- پورحیدر، س.ز.، حسینی، م.ج.، محمودی قرایی، م.ح.، محبوبی، ا.، موسوی حریمی، ر. و داوودیان، ا.، ۱۳۹۰- لیتواستراتیگرافی و بیواستراتیگرافی سازند مزدوران در باختر کپه‌داغ (روستای چشمه‌خان و چاه قزل‌تپه ۲)، نخستین کنگره چینه‌شناسی و رسوب‌شناسی ایران، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد.
- سلامتی، ر.، شافعی، ا.، کریمی، ح. و وزیری، ح.، ۱۳۸۰- نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ رباط قره‌بیل، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- محبوبی، ا.، موسوی حریمی، ر.، نجفی، م. و منصوری دانشور، پ.، ۱۳۸۴- چینه‌نگاری سکانسی و تاریخچه تغییرات سطح آب دریا در سنگ‌های آهکی سازند کلات (ماستریشین بالایی) در شمال مشهد، علوم زمین، سال پانزدهم، شماره ۵۸، ص. ۱۷-۲.
- موسوی حریمی، ر.، ۱۳۶۸- لیتواستراتیگرافی و تاریخچه رسوب‌گذاری ژوراسیک فوقانی (آکسفوردین- کیمریجین) در محدوده کل‌ملک‌آباد در جنوب باختر آق‌در بند، هشتمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور، ص. ۶-۸.
- موسوی‌زاده، م.ع.، محبوبی، ا.، موسوی حریمی، ر. و نجفی، م.، ۱۳۸۷- رخساره‌های رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند تیرگان در برش‌های جوزک و چمن‌بید در باختر حوضه رسوبی کپه‌داغ و انطباق با نواحی خاور حوضه، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم پایه)، جلد ۳۲، شماره ۳، ص. ۳۳-۵۶.

References

- Adabi, M. H. & Rao, C.P., 1991- Petrographic and geochemical evidence for original aragonitic mineralogy of Upper Jurassic carbonate (Mozduran Formation) Sarakhs area, Iran. *Sedimentary Geology* 72: 253-267.
- Adachi, N., Ezaki, Y. & Liu, J., 2004- The origins of peloids immediately after the end-permian extinction, Guizhou Province, South China. *Sedimentary Geology* 164: 161-178.
- Afshar-Harb, A., 1979- The stratigraphy, tectonics and petroleum geology of Kopet-Dagh region, northern Iran. Unpublished phd thesis, Petroleum Geology Section, Imperial College, London 316 pp.
- Ahmad, A. H. M., Bhat, G. M. & Haris Azim Khan, M., 2006- Depositional Environments and Diagenesis of the Kuldhar and Keera Dome Carbonates (Late Bathonian-Early Callovian) of Western India. *Journal of Asian Earth Sciences* 27: 765-778.
- Bachmann, G. H., 2002- A Lamellibranch-Stromatolite Bioherm in the Lower Keuper (Ladinian, Middle Triassic), South Germany. *Facies* 46: 83-88.
- Bachmann, M. & Hirsch, F., 2006- Lower Cretaceous carbonate platform of the eastern Levant (Galilee and the Golan Heights): stratigraphy and second-order sea-level change. *Cretaceous Research* 27: 487-512.
- Badenas, B., Aurell, M., Rodriguez-Tovar, F. J. & Pardo-Iguzquiza, E., 2003- Sequence stratigraphy and bedding rhythms of an outer ramp limestone succession (Late Kimmeridgian, Northeast Spain). *Sedimentary Geology* 161: 153-174.
- Badenas, B. & Aurell, M., 2010- Facies models of a shallow-water carbonate ramp based on distribution of non-skeletal grains (Kimmeridgian, Spain). *Facies* 56: 89-110.
- Boughdiri, M., Sallouhi, H., Maâlaoui, K., Soussi, M. & Cordey, F., 2006- Calpionellid zonation of the Jurassic-Cretaceous transition in North-Atlas Tunisia, Updated Upper Jurassic stratigraphy of the 'Tunisian trough' and regional correlations. *Comptes Rendus Geoscience* 338: 1250-1259.
- Burchette, T.P. & Wright, V.P., 1992- Carbonate ramp depositional systems. *Sedimentary geology* 79: 3-35.
- Catuneanu, O., 2006- Principles of Sequence Stratigraphy. Elsevier 375 pp.
- Collins, L. B., 1988- Sediments and history of the Rottneest Shelf, southwest Australia: a swell-dominated, non-tropical carbonate margin. *Sedimentary Geology* 60: 15-49.
- De Wever, P., Dumitrica, P. & Caulet, J. P., 2001- Radiolarians in the sedimentary record. CRC Press 533 pp.
- Dickson, J. A. D., 1965- A modified staining technique for carbonate in thin section. *Nature* 205: 587pp.
- Dunham, R.J., 1962- Classification of carbonate rocks according to depositional texture. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 1: 108-121.
- Emery, D. & Myers, K., 1996- Sequence Stratigraphy. Blackwells, Oxford 297 pp.
- Flügel, E., 2010- Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application. Second Edition, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 976 pp.
- Haq, B. U., & Al-Qahtani, A. M., 2005- Phanerozoic cycles of sea-level change on the Arabian Platform. *GeoArabia* 10(2): 127-160.
- Husinec, A. & Sokac, B., 2006- Early Cretaceous benthic associations (foraminifera and calcareous algae) of a shallow tropical-water platform environment (Mljet Island, southern Croatia). *Cretaceous Research* 27: 418-441.
- Jank, M., Meyer, C. A. & Wetzel, A., 2006a- Late Oxfordian to Late Kimmeridgian carbonate deposits of NW Switzerland (Swiss Jura): Stratigraphical and palaeogeographical implications in the transition area between the Paris Basin and the Tethys. *Sedimentary Geology* 186: 237-263.
- Jank, M., Wetzel, A. & Meyer, C. A., 2006b- Late Jurassic sea-level fluctuations in NW Switzerland (Late Oxfordian to Late Kimmeridgian):

- closing the gap between the Boreal and Tethyan realm in Western Europe. *Facies* 52: 487–519.
- Kalantari, A., 1969- Foraminifera from the middle-Jurassic–Cretaceous successions of Kopet Dag region (N.E. IRAN). Tehran, NIOC. Geol. Laboratories, no.3, Ph.D. thesis, London University.
- Kastner, M., Schulke, I. & Winsemann, J., 2008- Facies architecture of a Late Jurassic carbonate ramp: the Korallenoolith of the Lower Saxony Basin. *International Journal of Earth Sciences (Geol Rundsch)* 97: 991–1011.
- Khalifa, M. A., 2005- Lithofacies, diagenesis and cyclicity of the ‘Lower Member’ of the Khuff Formation (Late Permian), Al Qasim Province, Saudi Arabia. *Journal of Asian Earth Sciences* 25: 719–734.
- Laporte, L. F., 1969- Recognition of a transgressive carbonate sequence within an epeiric sea- Helderberg Group (Lower Devonian) of New York State. *Society for sedimentary geology, Special Publication*, 14: 98-119.
- Lasemi, Y., 1995- Platform carbonate of Upper Jurassic Mozduran Formation in the Kope-Dagh Basin, NE Iran, facies, Paleoenvironments and sequences. *Sedimentary Geology* 99: 151-164.
- Lefort, A., Lathuiliere, B., Carpentier, C. & Huault, V., 2011- Microfossil assemblages and relative sea-level fluctuations in a lagoon at the Oxfordian / Kimmeridgian boundary (Upper Jurassic) in the eastern part of the Paris Basin. *Facies* 58:167.
- Logan, B. W., Rezak, R. & Ginsburg, R. N., 1964- Classification and environmental significance of algal stromatolites, *The Journal of Geology* 72: 62-83.
- Mahboubi, A., Moussavi-Harami, R., Carpenter, S. J., Aghaei, A. & Collins, L. B., 2010- Petrographical and geochemical evidences for paragenetic sequence interpretation of diagenesis in mixed siliciclastic–carbonate sediments: Mozduran Formation (Upper Jurassic), south of Agh-Darband, NE Iran. *Carbonates Evaporites* 25: 231–246.
- Mahieux, G., Proustb, J.N., Tessier, B. & DeBatist, M., 1998- Comparison between high-resolution seismic and sequence stratigraphic approaches applied to the Upper Jurassic deposits of the Dover Strait area (Northern France). *Marine and Petroleum Geology* 15: 329-342.
- Masse, J. P., Fenerci, M. & Pernarcic, E., 2003- Palaeobathymetric reconstruction of peritidal carbonates, Late Barremian, Urgonian, sequences of Provence (SE France). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 200: 65-81.
- Miall, A. D., 2000- *Principles of Sedimentary Basin Analysis*. Springer-Verlag 616 pp.
- Nader, F. H., Abdel-Rahman, A. M. & Haidar, A.T., 2006- Petrographic and chemical traits of Cenomanian platform carbonates (Central Lebanon): implications for depositional environments. *Cretaceous Research* 27: 689-706.
- Pettijohn, F. J., Potter, P. E., & Siever, R., 1987- *Sand and sandstone*. Springer-Verlag 553 pp.
- Purser, B. H., 1973- *The Persian Gulf: Holocene carbonate sedimentation and diagenesis in a shallow epicontinental sea*. Springer 471 pp.
- Read, J. F., 1985- Carbonate platform facies models. *American Association Petroleum Geology* 69: 1-12.
- Reinhold, C., 1998- Multiple episodes of dolomitization and dolomite recrystallization during shallow burial in Upper Jurassic shelf carbonates: eastern Swabian Alb, southern Germany. *Sedimentary Geology* 121: 71–95.
- Rodriguez-Martinez, M., Sanchez, F., Walliser, E. O. & Reitner, J., 2012- An Upper Turonian fine-grained shallow marine stromatolite bed from the Munecas Formation, Northern Iberian Ranges, Spain. *Sedimentary Geology* 264: 96–108.
- Scholle, P. A. & Ulmer-Scholle, D. S., 2003- *A Color Guide to the Petrography of Carbonate Rocks: Grains, textures, porosity, diagenesis*, American Association of Petroleum Geologists 470 pp.
- Serra, O., 1986- *Fundamental of well log interpretation. Vol.2: the interpretation of logging data*. Elsevier 684 pp.
- Sibley, D. F. & Gregg, J. M., 1987- Classification of dolomitic rock textures, *J. Sed. Petrol* 57: 957-965.
- Sloss, L. L., 1963- Sequences in the cratonic interior of North America. *Geological Society of America Bulletin* 74: 93-114.
- Thomas, S., Loser, H. & Salas, R., 2008,- Low-light and nutrient-rich coral assemblages in an Upper Aptian carbonate platform of the Southern Maestrat Basin (Iberian Chain, eastern Spain). *Cretaceous Research* 29(3): 509-534
- Tucker, M. E., 2001- *Sedimentary Petrology*. Third edition, Blackwells, Oxford 260 pp.
- Vail, P. R., Audemart, F., Bowman, S. A., Eisner, P. N. & Perez Cruz, G., 1991- The stratigraphic significances of tectonics, eustasy and sedimentology- an overview, In: G. Einsele, W. Ricken and A. Seilacher (editors), *Cycles and Events in Stratigraphy*. Springer-Verlag, Berlin 659 pp.
- Vedrine, S. & Strasser, A., 2009- High-frequency palaeoenvironmental changes on a shallow carbonate platform during a marine transgression (Late Oxfordian, Swiss Jura Mountains). *Swiss Journal of Geosciences* 102: 247–270.
- Wilson, J. L., 1975- *Carbonate Facies in Geologic History*. Springer-Verlag, Berlin 471 pp.
- Yassini, I., 1970- Etude Paleontologique du sodage QT-2. National Iranian oil company, Final Paleontological Report No.212, 25 pp.

The Effect of Sea Level Change on Depositional Facies in Mozduran Formation, West of the Kopet-Dagh Basin

S. Z. Pourheidar¹, A. Mahboubi^{2*}, M. H. Mahmudy Gharai³ & S. R. Moussavi Harami²

¹ M. Sc. Student, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

² Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

³ Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Received: 2013 January 01

Accepted: 2013 November 19

Abstract

The Mozduran Formation in west of the Kopet-Dagh basin, NE Jajarm, is mainly composed of dolostone in top and base, and mudstone to grainstone limestones in the middle parts of Cheshme-Khan section. This formation in the Qezel-Tapeh2 well is composed of alternative limestone and shale layers. Based on the facies studies, four carbonate facies associations (open marine, barrier, lagoon and tidal flat) have been identified, including fifteen carbonate microfacies and two siliciclastic lithofacies. It is interpreted that the Mozduran Formation in this area were deposited in a homoclinal ramp of a carbonate platform. The sequence stratigraphy analysis led to distinguish five depositional sequences in the Cheshme-Khan section and four depositional sequences in the Qezel-Tapeh2 well. The lower boundary of the 1st sequence (paleosol layer in the Cheshme-Khan section) and the upper boundary of the latest sequence (continental deposits) of both sections are a "type 1" sequence boundaries, but other boundaries are interpreted to be a "type 2" sequence boundaries. The relative sea-level curve of the study area comparing to the global sea-level curve, shows a relatively correlation and some differences can probably be related to regional tectonic setting of the Kopet-Dagh basin due to subsidence along the longitudinal faults and sediment loading.

Keywords: Kopet-Dagh, Cheshme-Khan Village, Qezel-Tapeh2 Well, Sequence Stratigraphy.

For Persian Version see pages 275 to 286

*Corresponding author: A. Mahboubi; E-mail: mahboubi@um.ac.ir