

# تحلیل بافت، ساخت و محیط تشکیل تبخیری‌های سازند گند در برش ساران، البرز مرکزی، براساس داده‌های صحرایی، پتروگرافی و پراش پرتو ایکس

زینب علیزاده عرب<sup>۱</sup> و محبوبه حسینی برزی<sup>(۲)</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه حوضه‌های رسوبی و نفت، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۲. دانشیار، گروه حوضه‌های رسوبی و نفت، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۲۲

## چکیده

سازند گند به سن ائوسن پسین در برش ساران واقع در البرز مرکزی، دارای لیتولوژی کربناته، مارنی، آذرآواری و تبخیری است و مرز زیرین و بالایی آن به ترتیب با سازندهای کرج و سرخ پایینی ناپیوسته است. این برش در بخش قابل توجهی از ضخامت خود دارای نهشته‌های تبخیری است. براساس مطالعات صحرایی، پتروگرافی و داده‌های پراش پرتو ایکس، نهشته‌های تبخیری سازند گند بیشتر شامل کانی‌های ژپیس، انیدریت، دولومیت، آهک و کوارتز هستند. مطالعات صحرایی و پتروگرافی نمونه‌های مورد مطالعه، حاکی از آن است که کانی‌های ژپیس و انیدریت به سه شکل اولیه (نوع اول)، ثانویه (نوع دوم) و ترشیاری (نوع سوم) تشکیل شده و دولومیت‌ها مرتبط با دیاژنز اولیه هستند. تبخیری‌های اولیه شامل لامینه‌ها و لایه‌هایی از ژپیس می‌باشند و در محیط زیرآبی کم‌عمق (سالینا) بر اثر تبخیر تشکیل شده‌اند. تبخیری‌های ثانویه با بافت نودولی، ساخت اینترولیتیک و قفس مرغی، در مرحله تدفین کم‌عمق (سیخای ساحلی) نهشته شده‌اند. در نهایت تبخیری‌های نوع سوم با بافت‌های آلاباسترین، پرفیروبلاستیک و ساتن‌اسپار در نتیجه رخنمون یافتن تبخیری‌های اولیه و ثانویه در شرایط متئوریک فرآتیک به وجود آمده‌اند. فراوانی کانی‌های تبخیری در برش ساران، به همراه شواهد دیگر در این نهشته‌ها، بیان‌کننده گسترش شرایط آب و هوایی گرم و خشک در زمان تشکیل سازند گند است. با توجه به لایه‌ای بودن رسوبات تبخیری سازند گند در برش ساران، و همراهی آن‌ها با رخساره‌های کم‌عمق دریایی و وجود ضخامت قابل توجه نهشته‌های آذرآواری سازند کرج در زیر این نهشته‌ها، می‌توان منبع یون لازم را برای نهشت این واحدهای تبخیری، آب دریای ائوسن و همچنین مهاجرت یون‌ها از توف‌های قدیمی‌تر پیشنهاد کرد.

**واژه‌های کلیدی:** ائوسن پسین، پراش پرتو ایکس، سازند گند، سالینا، نهشته‌های تبخیری.

## مقدمه

واژه تبخیری به سنگ‌هایی اطلاق می‌شود که از ته‌نشست شورابه‌های اشباع شده سطحی یا نزدیک به سطح، بر اثر تبخیر توسط نور خورشید حاصل می‌شود. نهشته‌های تبخیری به سه نوع اولیه، ثانویه و ترشیاری

(نوع سوم) تقسیم می‌شوند (Warren, 2006). براساس نظر Warren (2006) تبخیری اولیه به نمک‌هایی می‌گویند که توسط نور خورشید در حوضه‌های سطحی آب‌های خیلی شور ته‌نشست شده و شواهد

\* نویسنده مرتبط: hosseini.barzi@gmail.com

بلورشناسی آن‌ها در طی فرایندهای رسوبی حفظ شده است. با تدفین تبخیری‌های اولیه و تغییر آنها طی فرایندهای دیاژنزی تبخیری‌های ثانویه تشکیل می‌شوند. همچنین در اثر بالآمدگی حوضه و حرکت سنگ‌های تبخیری ثانویه به نزدیک سطح زمین، انحلال تبخیری‌های ثانویه و در پی آن، تبخیر و ته‌نشست مجدد شورابه‌های حاصل، سنگ‌های تبخیری نوع سوم شکل می‌گیرد.

سازند کُند به صورت نهشته‌های مخلوط سیلیسی آواری، آذرآواری، تبخیری و کربناته، مرتبط با حوضه‌های محدود و محلی در مناطقی از دامنه‌های جنوبی البرز به سن ائوسن پسین و محدود بین دو ناپیوستگی تشکیل شده است (آقانباتی، ۱۳۸۵). تشکیل این حوضه‌های محلی در ساختار کلی رشته کوه‌های البرز به‌عنوان بخشی از سامانه آلپ-همیالیا و تحت تاثیر رخداد‌های کوهزایی آلپی ممکن شده است. (Allen et al., 2003; Alavi, 1996) نخستین کوهزایی آلپی واقعی در پالتوسن، هم‌زمان با رویداد لارامید، رخ داده که با گسلش راندگی، چین خوردگی و فراخاست، پیدایش حوضه‌های رسوبی میان کوهی، انباشت آواری‌های هم‌زمان با کوهزایی و مهاجرت پیش‌خشکی به سمت جنوب همراه هستند. کوهزایی بعدی در آغاز الیگوسن بوده که ماگماتیسیم درونی، از آب خارج شدن گسترده زمین و گسترش حوضه‌های میان کوهی را سبب شده است. بازپسین فاز کوهزایی آلپی در اواخر پلیوسن یا اوایل پلیستوسن صورت می‌گیرد و حاصل آن، گسلش، راندگی، مرتفع شدن و سیمای امروزی البرز است (آقانباتی، ۱۳۸۵).

گستره زمانی پالتوسن-ائوسن دوران بحرانی برای تکامل آب و هوای جهان هستند و شامل رخداد‌های افزایش دما می‌باشد، دمای فوق‌العاده بالا در پالتوسن-ائوسن تحت عنوان ماکزیمم دما معرفی شده است (Zachos et al., 2001 and 2008). رخداد افزایش دمای دوره‌ی ائوسن در اقیانوس تیتیس، هند، آرام و اطلس توسط محققین مختلف گزارش شده است (Jovane et al., 2007; Savian et al., 2014; Giorgioni et al., 2019 Bohaty and Zachos, 2003). در طی پالتوسن-ائوسن شرایط آب و هوایی از گلخانه‌ای به سردخانه‌ای تغییر کرده است.

به دلیل پراکندگی محدود، سازند کُند تا سال‌های اخیر، مورد مطالعه جدی قرار نگرفت. پرتوآذر و الله مددی (۱۳۸۴)، سازند کُند به سن ائوسن پسین را سکانشی رسوبی شامل طبقاتی از کنگلومرا، توف، شیل، گچ، سنگ‌آهک و مارن معرفی کردند. این سازند با ناپیوستگی هم‌شیب بر روی شیل‌های توفی سبزرنگ ائوسن میانی سازند کرج قرار دارند و در بالا با ناپیوستگی هم‌شیب به سازند قرمزسرخ پایینی به سن الیگوسن تبدیل می‌شود. همچنین سازند کُند در برش نمونه، در یک کیلومتری شمال شرق دهکده کُند بالا واقع در شمال شرق تهران، به ضخامت ۲۴۴ متر توسط برنا (۱۳۹۲) به‌عنوان توالی از نهشته‌های سیلیسی آواری، آذرآواری، تبخیری و کربناته معرفی شده است. مطالعات وی به دلیل ضخامت به نسبت اندک تبخیری‌ها در برش کُند بر تبخیری‌های این سازند تاکیدیدی نداشته است. با اینکه بررسی نهشته‌های تبخیری از بابت ارائه شواهد آب و هوایی و جغرافیای دیرینه مهم است، تاکنون بر روی تبخیری‌های سازند کُند، پژوهش مستقلی صورت نگرفته است.

با توجه به ضخامت قابل توجه نهشته‌های تبخیری در برش ساران (در مجموع ۲۲۰ متر) و اهمیت اقتصادی آن، در این پژوهش سعی بر آن است تا با مطالعه صحرایی و پتروگرافی این تبخیری‌ها به بررسی ویژگی‌های بافتی و ساختی آنها پرداخته شده و بر این اساس محیط و شرایط تشکیل آنها مورد بررسی قرار گیرد. این دست مطالعات می‌تواند گامی باشد برای روشن شدن محیط رسوبی، شرایط آب و هوایی و جغرافیای دیرینه البرز طی ته‌نشست این رسوبات در ائوسن پسین و چگونگی تغییرات ثانویه آن پس از نهشت باشد.

## چینه‌شناسی و موقعیت جغرافیایی منطقه

A: دولومادستون، مارن و سنگ‌آهک خاکستری رنگ با بین لایه‌های نازک تبخیری (۳۰ متر)، B: واحد سفید و خاکستری رنگ تبخیری پایینی (با توجه به ضخامتشان (۱۵۰ متر) معدن گچ را به خود اختصاص داده‌اند)، C: مادستون و دولومادستون کرمی رنگ با بین لایه‌هایی از مارن (۱۶متر)، D: بین لایه‌هایی از شیل سبز و مارن قرمز رنگ (شش متر)، E: آهک نازک لایه کرمی رنگ (سه متر)، F: توالی مخلوط توف و آهک (پنج متر)، G: مادستون و دولومادستون با بین لایه‌های شیل سبز رنگ (۱۵متر)، H: واحد سفید و خاکستری رنگ تبخیری بالایی (۷۰ متر)، و در نهایت I: دولومادستون و مادستون با بین لایه‌هایی از شیل و مارن قرمز رنگ (۱۱متر) می‌باشد. (شکل ۲-الف، ب، پ و شکل ۳). مرز زیرین و بالایی تبخیری‌های مورد نظر در هر دو واحد با دولومادستون و مارن به صورت تدریجی مشاهده شده است. این واحد تبخیری به صورت گسترده با ضخامت‌های متفاوتی در نواحی مختلف البرز (روستای گُند، روستای ساران و روستای بلان آجان) رخمون دارد (آقنابتی، ۱۳۸۵؛ امیدی و همکاران، ۱۳۹۷).

برش مورد مطالعه در ۸۰ کیلومتری شمال شرق تهران، در مسیر جاده فیروزکوه، گستره شهر گیلاوند در فاصله ۲۰ کیلومتری جنوب این شهر واقع شده است (شکل ۱). این برش بین طول  $35^{\circ} 30' 28''$  شرقی و عرض جغرافیایی  $52^{\circ} 10' 08''$  شمالی در گستره ساختاری البرز مرکزی (جنوب البرز مرکزی)، قرار دارد و بخشی از ورقه ۱:۲۵۰۰۰۰ زمین‌شناسی تهران به شمار می‌آید (دانشمند، ۱۳۶۵). مقطع مورد مطالعه در نزدیکی روستای ساران واقع شده است. فاصله برش نمونه از برش مورد مطالعه واقع در روستای ساران ۸۰ کیلومتر می‌باشد. مرز زیرین سازند با توف‌های سازند کرج به صورت ناپیوستگی هم‌شیب و مرز بالایی آن با تخریبی‌های سازند سرخ زیرین به صورت ناپیوستگی (زاویه‌دار) است. سازند گُند در برش ساران با ضخامت کل ۳۰۶ متر، دارای دو واحد تبخیری می‌باشد. واحد تبخیری پایینی ۱۵۰ متر (ضخیم لایه) و واحد تبخیری بالایی ۷۰ متر (متوسط لایه) ضخامت دارند. توالی چینه‌شناسی این سازند در برش مورد مطالعه به ترتیب از قاعده شامل واحدهای

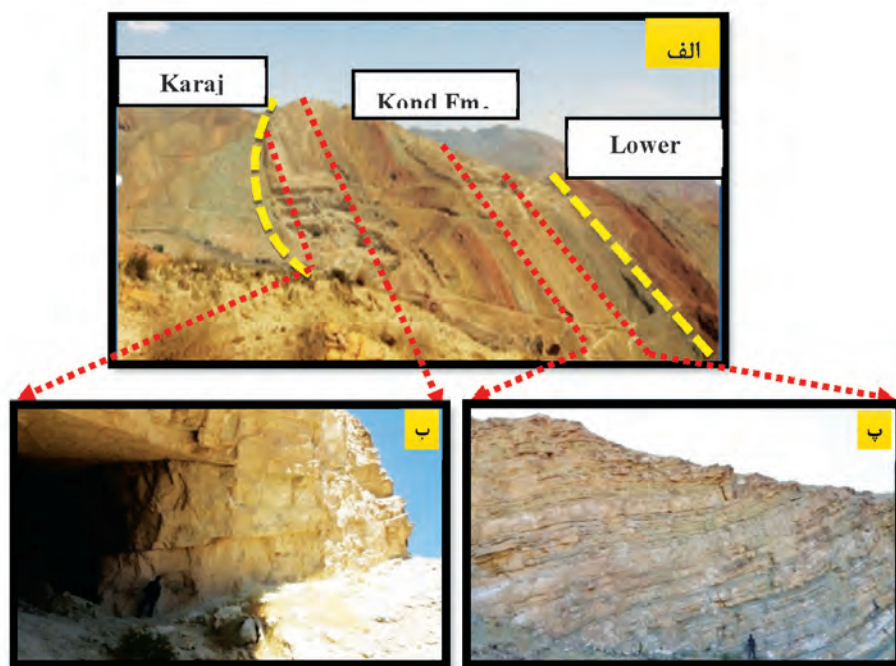


شکل ۱. راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه (برگرفته شده از Google map)

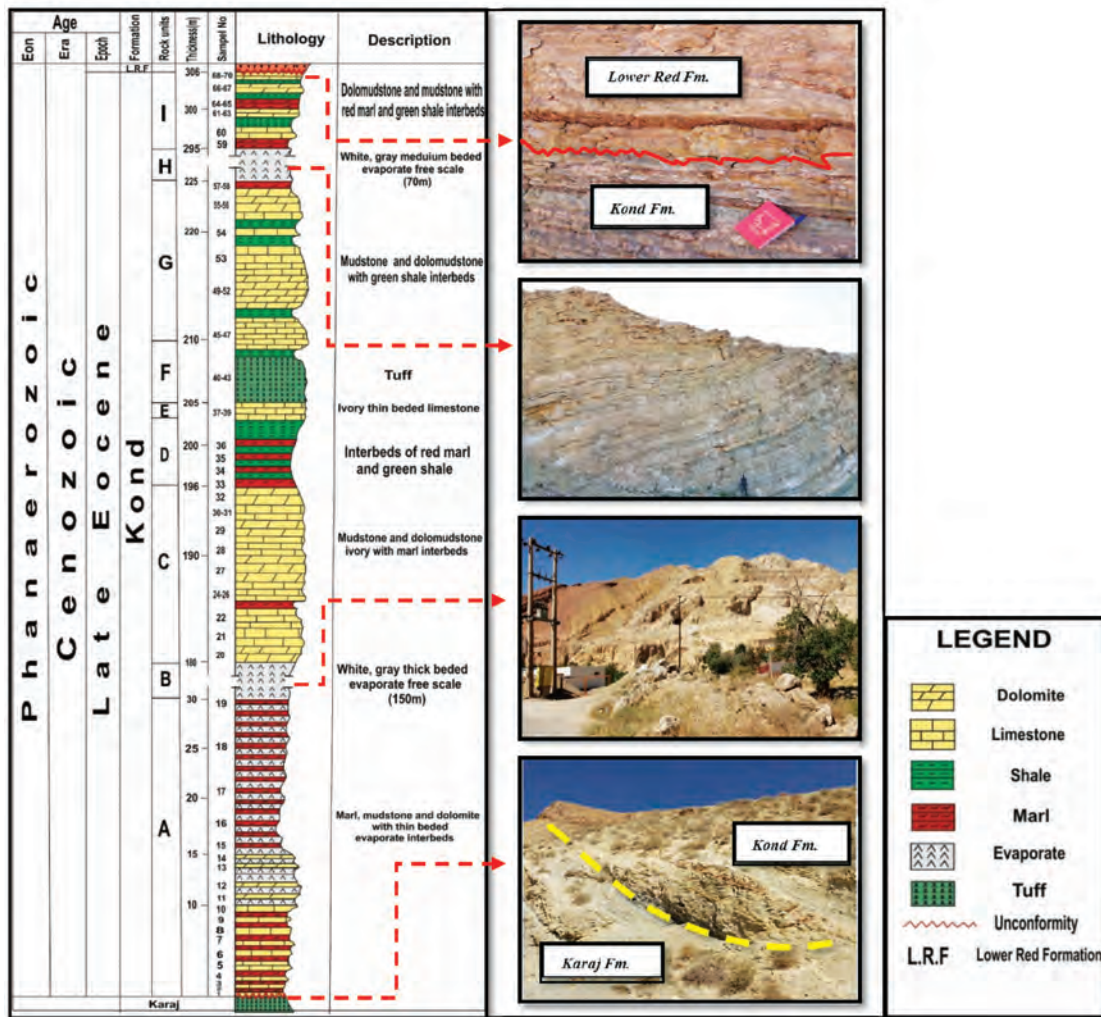
## روش مطالعه

محلول سدیم کبالتی نیترات استفاده شده است (Hayes and Klugman, 1959). برای تعیین نوع کانی‌های رسی و کانی‌شناسی تبخیری موجود در نمونه‌های برداشت شده از سازند گند، تعداد پنج نمونه مارنی پودر شده با کمترین مقدار کربنات کلسیم، براساس نتایج آنالیز کلسی متری انتخاب شدند، آنالیز پراش پرتو ایکس در آزمایشگاه زرآما انجام شد. تعداد شش نمونه تبخیری از واحدهای پایینی و بالایی مورد آنالیز پراش پرتو ایکس در آزمایشگاه کریستالوگرافی دانشکده متالوژی و مواد دانشگاه تهران، در بازه پنج تا ۱۰۰ درجه توسط لامپ مس به طول موج ۱/۵۴ آنگستروم، سرعت چهار درجه بر دقیقه صورت گرفت. روش محاسبه درصد وزنی هم براساس روش ریتولد انجام شد. در نهایت برای نام‌گذاری آهک‌ها از طبقه‌بندی (Dunham, 1962)، برای نام‌گذاری توف‌ها از طبقه‌بندی (Pettijohn et al, 1987)، جهت تعبیر و تفسیر و نام‌گذاری دولومیت‌ها از مقاله (Adabi, 2009)، برای مطالعات تبخیری‌ها از (Warren, 2016) و برای تعیین و تشخیص میکروفاسیس‌ها از مدل (Wilson, 1975) و استاندارد (Flugel, 2010) استفاده شده است.

با مطالعه نقشه‌های زمین‌شناسی و عکس‌های هوایی و بررسی‌های صحرایی مقدماتی، برش ساران انتخاب شد. نمونه‌برداری از سازند مورد نظر با فواصل هر دو متر انجام شد و در بخش‌هایی که تغییرات لیتولوژی شدت می‌گرفت، به روش نمونه‌برداری هدفمند (Lewis and McConchie, 1994)، به ازاء هر یک متر و گاه نیم متر یک نمونه برداشت شد. در مجموع تعداد ۹۰ نمونه دولومیت، مارن، کربنات، آذرآواری و ۷۰ نمونه تبخیری در جهت عمود بر لایه‌بندی برداشت شد. تهیه ۱۴۰ عدد مقطع نازک میکروسکوپی در آزمایشگاه دانشگاه شهید بهشتی انجام گرفت و مطالعات پتروگرافی بر روی این مقاطع با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان انجام شد. در این مطالعه معیارهای سنگ‌شناسی، بافت، ساخت و ترکیب بررسی شده است. جهت تشخیص سیمان‌های کربناتی و تمایز کلسیت از دولومیت، حدود یک سوم از هر مقطع توسط محلول آلزارین قرمز و فروسیانید پتاسیم به روش (Dickson, 1965)، رنگ‌آمیزی شد. همچنین برای شناسایی مطمئن‌تر دانه‌های فلدسپاتی از



شکل ۲. الف) نمای کلی از واحد تبخیری سازند گند در برش ساران دید به سمت غرب، ب) لایه‌های ضخیم واحد تبخیری پایینی دید به سمت شرق، پ) تبخیری‌های متوسط لایه بالایی دید به سمت شرق



شکل ۳. توالی چینه‌شناسی سازند گند در برش ساران

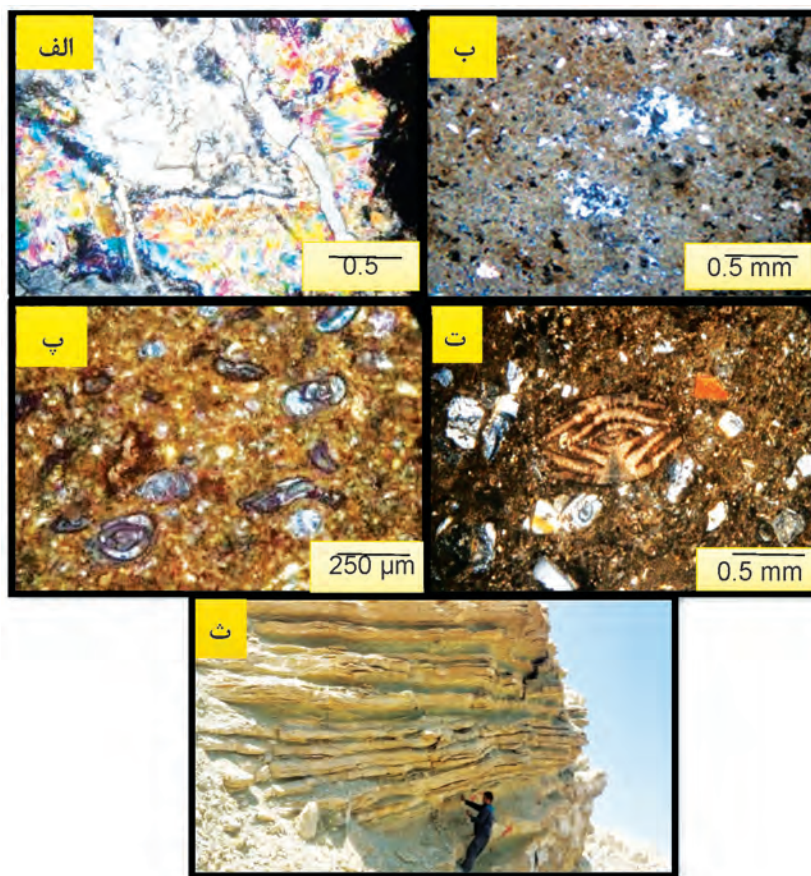
### پتروگرافی

دولومیت‌های ریز تا متوسط بلور (دولومیکرواسپار) که به صورت سیمان فضاهای خالی اطراف انیدریت با بافت شعاعی را پر کرده‌اند، مشاهده شد (علیزاده عرب، ۱۳۹۷) (شکل ۴-الف و ب). فابریک و اندازه بلوری بسیار ریز دولومیکرایت‌ها و وجود ذرات پراکنده کوارتز، بیانگر این است که دولومیت‌های نوع اول در شرایط درجه حرارت کم و نزدیک به سطح و سبخت تشکیل شده‌اند که بر این اساس، آب دریا و محلول‌های غنی از Mg می‌توانند عامل این نوع دولومیتی شدن باشند (Adabi, 2009). همچنین با توجه به اینکه سیمان دولومیتی به دنبال تشکیل انیدریت فضای باقیمانده را پر کرده است، تشکیل آن به مصرف یون کلسیم

پتروگرافی مقاطع مورد مطالعه شامل بررسی شکل‌های رسوبی، مشخصات بافتی، کانی‌شناسی و بررسی فرایندهای دیاژنزی بخش مهمی از مطالعه این نهشته‌های تبخیری است. قبل از پرداختن به پتروگرافی تبخیری‌های سازند گند در برش ساران لازم است، به پتروگرافی میان لایه‌های کربناته، آذرآواری و مارنی همراه با این تبخیری‌ها اشاره شود. میان لایه‌های کربناته مورد نظر، در زیر میکروسکوپ شامل رخساره‌های دولومیتی و آهکی به شرح زیر هستند. دولومیت در این سازند به دو صورت دولومیت‌های بسیار ریز بلور به‌عنوان دولومیکرایت در زمینه و همچنین

همین دلیل محیط نهشت آنها با دریای کم عمق مرتبط می باشد (علیزاده عرب، ۱۳۹۷) (شکل ۴-ت). نهشته های مارنی با گسترش قابل توجهی در سازند کُند در برش ساران، دیده می شود (شکل ۴-ث). پس از آنالیز پراش پرتو ایکس نمونه های انتخابی به شناسایی چهار کانی ایلیت، کلریت، کائولینیت و مونت موریلونیت منجر شده است. حضور کانی های رسی ایلیت، مونت موریلونیت و کائولینیت به صورت همراه با هم، نشانگر محیط رسوبی حدواسط و لاگون و شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک، ایلیت و مونت موریلونیت در آب و هوای خشک و نیمه خشک در حضور پوشش گیاهی و کائولینیت در آب و هوای خشک در نبود حضور پوشش گیاهی است (Meunier, 2005).

به دنبال تشکیل انیدریت در سیال دیاژنزی در محیط های دیاژنزی سطحی و نزدیک به سطح ارتباط داده می شود. رخساره های آهکی در زیر میکروسکوپ به صورت وکستون هایی با فراوانی فرامینیفرهای بنتیک مانند میلیولید، نومولیت، دیسکوسیکلینا و مادستون های دولومیتی بوده و میکروفاسیس کربناته مرتبط با محیط لاگون و پهنه جزر و مدی را نشان می دهند (علیزاده عرب، ۱۳۹۷) (شکل ۴-پ). انواع سیمان های کربناته شامل از دولومیتی و کلسیتی و همچنین سیمان های تبخیری در این نمونه ها به وفور مشاهده می شود. لایه های آذرآواری موجود در سازند کُند به صورت کریستال توف آهکی تا وکستون-مادستون توفی (شکل ۴-ت) بوده و به نهشته های سقوطی و رخساره ای کلاستیک مرتبط هستند و در بین نهشته های کربناته قرار گرفته و به



شکل ۴. الف) حضور دولومیکرواسپارایت در مرکز بلورهای انیدریت با بافت شعاعی (نور پلاریزه)، ب) دولومیکرایت همراه با بلورهای ژئپس (نور پلاریزه)، پ) وکستون دارای میلیولید (نور پلاریزه)، ت) مقطعی از رخساره آذرآواری با فسیل نومولیت (نور پلاریزه)، ث) رخساره مارنی با بین لایه های تبخیری در صحرا، دید به سمت شمال غرب

## کانی‌شناسی

شکل هوازده ژئوپس و انیدریت و رشد بلورهای ریز کربنات بر سطح آنها چهره متفاوت و مبهمی ایجاد کرده، برای کانی‌شناسی دقیق‌تر و مطمئن‌تر، از انواع روش‌های رنگ‌آمیزی نیز کمک گرفته شد. بر این اساس نیز فقدان فلدسپات و حضور اندکی کلسیت و بیشتر دولومیت در نمونه‌ها تایید شد. دو کانی ژئوپس و انیدریت، هر یک با بافت‌های متفاوت ظاهر شدند که در ادامه آمده است.

مطالعات پتروگرافی بر روی تمامی مقاطع صورت گرفته و آنالیز پراش پرتو ایکس بر روی شش نمونه‌ی انتخابی از تبخیری‌های پایینی و بالایی انجام شد. بر این اساس، تبخیری‌های سازند گُند در برش ساران دارای کانی‌های ژئوپس، انیدریت، دولومیت، آهک و اندکی کوارتز می‌باشند (جدول ۱). از آنجایی‌که طی مطالعه برخی از مقاطع نازک،

جدول ۱. نتایج آنالیز پراش پرتو ایکس به‌صورت درصد

شماره نمونه	کوارتز	آهک	دولومیت	انیدریت	ژئوپس
۱	۵٪	۰	۱۷٪	۱۰٪	۶۸٪
۲	۰	۰	۰	۰	۱۰۰٪
۳	۰	۱/۸٪	۰	۱۶/۸٪	۸۱/۴٪
۴	۰	۰/۹٪	۲۴/۱٪	۸/۵٪	۶۶/۵٪
۵	۰	۴/۳٪	۰	۱۴/۵٪	۸۱/۲٪
۶	۰	۱/۷٪	۱۲/۵٪	۱۳٪	۷۲/۸٪

## بافت و ساخت تبخیری‌ها

Warren (2006) معتقد است هر گروه از تبخیری‌ها دارای شواهد ساختی<sup>۱</sup>، بر اساس مطالعات صحرایی و بافتی<sup>۲</sup>، در مقیاس میکروسکوپی مختص خود هستند که شناسایی آنها را امکان‌پذیر می‌سازد.

## ساخت‌های مشاهده شده در تبخیری‌ها

ساخت‌های رسوبی شکل‌هایی هستند که در صحرا قابل مشاهده و از نظر اندازه از اجزای تشکیل‌دهنده سنگ بزرگ‌تر می‌باشند (Pettijohn and Potter, 1964). ساخت لایه و لامینه‌ای<sup>۳</sup>، ساخت قفس‌مرغی<sup>۴</sup>، ساخت اینترولیتیک<sup>۵</sup> و ریبل مارک تداخلی<sup>۶</sup> مهم‌ترین و فراوان‌ترین ساخت‌های رسوبی مشاهده شده در توالی مورد مطالعه می‌باشند.

ساخت لایه‌ای و لامینه‌ای: از تبخیری‌های اولیه بوده و در یک محیط زیرآبی تشکیل می‌شوند (Warren and

Kendal, 1985; Warren, 2006). تبخیری‌های لایه‌ای و لامینه‌ای به شکل لامینه‌ها و لایه‌های ممتد با ضخامت‌های چند اینچ تا صدها فوت یافت می‌شوند و به شکل ژئوپس از آب‌های خیلی شور ته‌نشین می‌شوند و سپس به انیدریت تبدیل می‌شوند. این شکل از انیدریت ممکن است به‌صورت لامینه‌ای یا متشکل از ندول‌های به‌هم‌پیوسته باشد (Lucia, 2007). تناوب لامینه‌های کربناته-ژئوپس همواره ناشی از تغییرات شوری در سالیانی کم‌عمق است. در واقع، لامینه‌های ژئوپس در طی افزایش شوری و لامینه‌های کربناته در زمان رقیق شدن نهشته می‌شوند (Schroder et al., 2003).

1. Fabric
2. Texture
3. Bed and laminate
4. Chicken-wire
5. Enterolithic
6. Interference ripple

## بافت‌های مشاهده شده در تبخیری‌های اولیه

در تبخیری‌های اولیه در برش مورد مطالعه، دو بافت جناغی و توفال‌های انیدریت لایه‌ای، طی مطالعات میکروسکوپی مشاهده شد.

بافت جناغی: یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های نهشته‌های تبخیری زیرآبی به نسبت کم‌عمق، وجود بلورهای موازی در اندازه سانتی‌متری می‌باشد و به هسته سازی در کف استخرهای شورابه‌ای مربوط است. بسته به شوری شورابه‌ها، این بافت حاوی بلورهای جناغی هالیت و یا ژپس است (Warren, 2006). برای تشکیل بافت جناغی باید شرایط محیطی نظیر دما و شوری اندکی ناپایدار و عمق کم باشد. همواره تبخیر باعث پایین افتادن سطح آب شده و به سرعت عمق آب کم می‌شود (Schreiber, 1986; Warren, 2016). بافت جناغی در نتیجه حفظ لبه‌ها می‌تواند در اثر رشد متوالی بلورهای ژپس حاصل شود. چنانچه کریستال‌ها به‌طور جانبی به همدیگر متصل شوند لایه‌های ضخیمی را تشکیل می‌دهند (Warren, 2006). در حوضه‌های تبخیری دریایی، محصور شدن و اشباع شدن آب برای نهشته شدن رسوبات تبخیری ضروری می‌باشد، چنین شرایطی به پسروری آب، محدودیت جغرافیایی دیرینه و نرخ بالای تبخیر نسبت داده می‌شود (Warren, 2006). در مقاطع مورد مطالعه، رخساره تبخیری پایینی سازند گند در برش ساران از لایه‌ها و لامینه‌های ژپسی دارای بافت جناغی تشکیل شده است. بررسی‌های پتروگرافی نشان می‌دهد، بلورهای ژپس به فرم دم چلچله‌ای، کاج یا نخل مانند و همچنین به صورت بافت جناغی مشاهده می‌شوند (شکل ۶-الف و ب).

بافت توفال‌های انیدریت لایه‌ای: این نوع انیدریت شاید به صورت ژپس اولیه از شورابه‌های سبخایی ته‌نشین شده و سپس در نتیجه آب‌زدایی و تدفین به انیدریت تبدیل شده است. این لایه‌ها همواره به عنوان یک سد نفوذناپذیر عمل می‌کنند (Lucia, 2007). انیدریت لایه‌ای شاخص محیط سبخایی گرم و خشک با تبخیر شدید است (Warren, 2006).

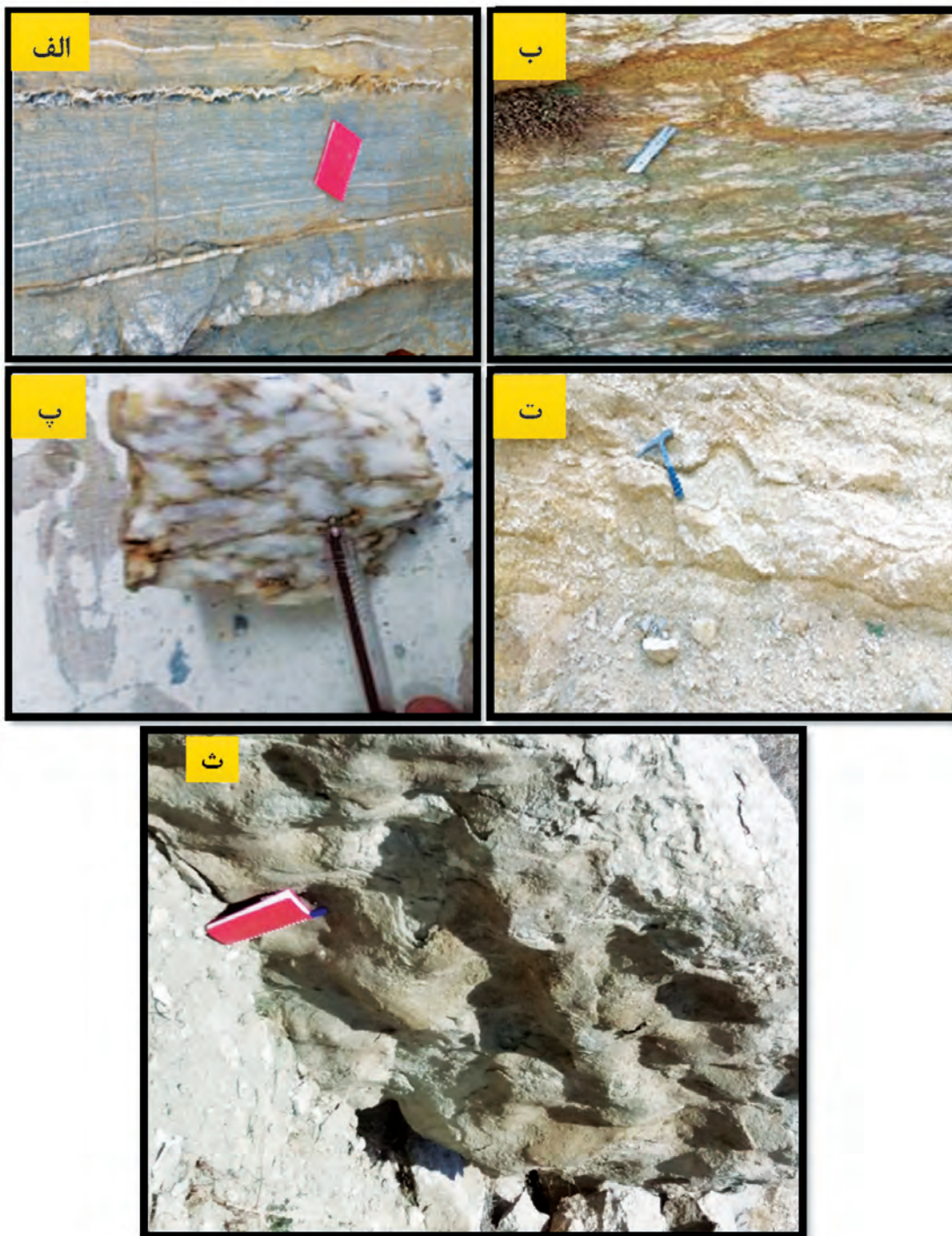
در صحرا، لامینه‌هایی از تبخیری‌های سازند گند در واحد پایینی و بالایی در تناوب با لامینه‌های کربناته و مارنی مشاهده می‌شود (شکل ۵-الف).

ساخت قفس‌مرغی: از مهم‌ترین ساخت‌های مشاهده شده در تبخیری‌های ثانویه توالی مورد مطالعه می‌باشند. وقتی ندول‌های ژپس و انیدریت در آب‌های منفذی فوق اشباع زون موپینگی رشد کرده و به هم می‌پیوندند، تشکیل ساخت قفس‌مرغی را می‌دهند و بخش بالای ناحیه جزر و مدی یک توالی سبخای ساحلی را مشخص می‌کند. این توالی می‌تواند از چند متر تا چندین ۱۰ متر متغیر باشد (Prothero and Schwab, 1996; Warren, 2006).

ساخت ندول‌های تبخیری به صورت قفس‌مرغی در تبخیری‌های پایینی سازند گند با اندازه چند سانتی‌متر در یک زمینه کربناتی-مارنی رشد کرده‌اند (شکل ۵-ب و پ). ساخت روده‌ای (اینترولیتیک): آزاد شدن آب بر اثر تبدیل ژپس به انیدریت باعث پر شدن درصدی از تخلخل‌های موجود از آب می‌شود. در طول زمان این آب‌ها به رسوبات مجاور نقل مکان می‌کنند. یکی از اثرات مهم تبدیل لایه‌های ژپس به انیدریت کاهش استحکام ذاتی انیدریت به دلیل افزایش روان شدگی و فشارهای فوق‌العاده بالا است. در این شرایط اگر آب نتواند آزادانه از ژپسی که آب خود را از دست داده خارج شود، موجب تغییر فرم‌های شدید و تشکیل ساخت اینترولیتیک می‌شود. این ویژگی مربوط به بخش بالای جزر و مدی توالی سبخا و آب‌های خیلی کم عمق می‌باشد (Butler, 1970; Shearman, 2006; Warren, 1966).

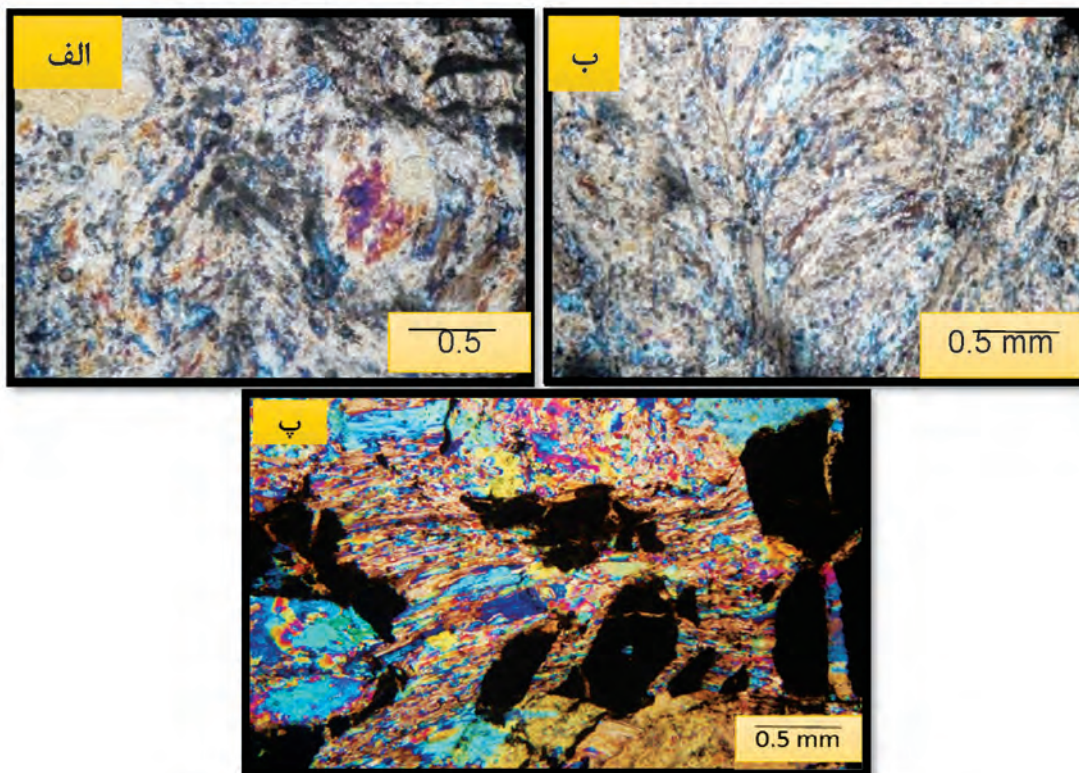
ساخت اینترولیتیک در مطالعات صحرایی سازند گند در اوایل توالی واحد تبخیری پایینی مشاهده شده و ظاهری چین‌خورده و مواج به برونزدها داده است (شکل ۵-ت). ریپل مارک تداخلی: ریپل‌های تداخلی در پهنه‌های جذر و مدی همواره طرح‌های پیچیده‌ای را نشان می‌دهند. ریپل‌ها بر اثر تغییرات عمق آب و جهت آب حاصل می‌شوند و به حضور جریان‌های جزر و مدی دلالت دارد (Tucker, 2001). در بخش‌های بالایی واحد تبخیری پایینی سازند گند در برش ساران، این ساخت رسوبی مشاهده شد (شکل ۵-ث).





شکل ۵. الف) ساخت لامینه، ب و پ) ساخت قفسه مرغی، ت) ساخت اینترولیتیک، ث) ریپل مارک تداخلی در واحدهای تبخیری سازند کند در برش ساران

بافت توفال‌های انیدریت لایه‌ای از بافت‌های اولیه مشاهده شده طی مطالعه میکروسکوپی نمونه‌های واحدهای تبخیری پایینی و بالایی است. در این نمونه‌ها، لایه‌ی انیدریت شامل ترکیب فشرده‌ای از بلورهای هم بعد یا توفال‌های کشیده و در هم بافته با جهت‌گیری نیمه موازی یا نامنظم و تصادفی است (شکل ۶-پ).



شکل ۶. الف) ژپس با بافت جناغی (نور پلاریزه)، ب) ژپس کاج مانند (نور پلاریزه)، پ) بافت انیدریت لایه‌ای (نور پلاریزه)

## بافت‌های مشاهده شده در تبخیری‌های ثانویه

ندول‌های انیدریت و ژپس<sup>۱</sup>، بافت قفس مرغی<sup>۲</sup> و بافت پوکیلوتوپیک<sup>۳</sup> از انواع بافت‌های تبخیری‌های ثانویه مشاهده شده در برش مورد مطالعه هستند.

ندول‌های انیدریت و ژپس در سبخای ابوظبی از مثال‌های تبخیری‌های ثانویه هم‌زمان با رسوب‌گذاری هستند (Kendall and Warren, 1988). این ندول‌ها به صورت جایگزینی<sup>۴</sup> یا به طور جانشینی از سیالات بین حفره‌ای تغلیظ شده در بخش‌های موئینه و قسمت بالای بخش فرآتیک واقع در زیر سطح سبخا تشکیل می‌شوند (Kendall and Warren, 1988). اغلب ندول‌های تشکیل شده در سبخا انیدریتی هستند و سپس به ژپس تبدیل می‌شوند. ندول‌های انیدریت بیشتر در محیط‌های سبخایی و به همراه رسوبات گل پشتیبان مثل دولومادستون‌ها تشکیل می‌شوند (Kasprzyk and Orti, 1998).

در مقاطع مورد مطالعه تبخیری‌های پایینی و بالایی

سازند کُند، انیدریت و ژپس به صورت ندول در یک زمینه‌ی مادستونی و دولومادستونی می‌باشد و به همراه رخساره‌های کربناته متعلق به رسوبات پهنه‌ی جزر و مدی است. (شکل ۷-الف و ب).

بافت قفس مرغی: در مکان‌هایی مانند رسوبات پهنه‌ی جزر و مدی خلیج فارس که دمای سطح خیلی بالا و آب خیلی شور است، انیدریت ثانویه مشاهده می‌شود (Lucia, 2007). ژپس که متداول‌ترین فرم سولفات رسوبی در دمای نزدیک به سطح و سطحی است، وقتی مدفون شده به دمای ۶۰ تا ۵۰ درجه می‌رسد، آب خود را از دست داده و به انیدریت تبدیل می‌شود (Warren, 2006). عمق دقیق این تبدیل شدن‌ها در هر ناحیه‌ای به فشار لیتواستاتیک، گرادیان زمین‌گرایی محلی و شوری شورابه‌های منفذی بستگی دارد. اگر شوری سیالات منفذی

1. Nodular gypsum and anhydrite
2. Chichen-wire
3. Poikilotopic
4. Displacive

تبخیری پایینی و بالایی سازند کند در برش ساران مشاهده شده‌اند. این بافت‌ها در گذر از شرایط فرآتیک ساکن به فرآتیک فعال تشکیل شده‌اند (شکل ۸).

بافت پورفیروبلاستی حاصل آنگیری انیدریت و بیانگر الگوی پراکندگی انیدریت اولیه می‌باشد (Warren, 2006; Holliday, 1970). این بافت همراه با تغییر شکل رسوبات ایجاد شده و طول کریستال‌ها و بافت کریستالوبلاستیک به‌وضوح نشان می‌دهد که کشیدگی مکانیکی باعث افزایش حجم و تغییر شکل کریستال‌ها شده است (Warren, 2016).

در تعداد زیادی از مقاطع مورد مطالعه، این بافت به‌صورت بلورهای بزرگ ژئیس در اندازه میلی‌متری به‌طور پراکنده در انیدریت مشاهده می‌شود (شکل ۸).

ژئیس‌های دانه ریز آلاباسترین از بلورهای به‌هم‌پیوسته کوچک تا بزرگ، که همواره به شکل ضخیمی در هم قفل شده‌اند و بیشتر دارای خاموشی نامنظم هستند، تشکیل شده است (Tucker, 1992). گاهی ندول‌هایی از انیدریت اطراف کریستال‌های ژئیس به‌صورت نامنظم و با جهت‌گیری‌های تصادفی حضور دارد. این ژئیس‌ها بر اثر آنگیری دوباره انیدریت به ژئیس‌های دانه ریز تشکیل شده‌اند. ژئیس‌های دانه درشت پورفیروبلاستی پس از ورود ندول‌های انیدریتی از منطقه فرآتیک ساکن<sup>۴</sup> به منطقه فعال جریان‌های فرآتیک<sup>۵</sup> حاصل می‌شوند. درحالی‌که ژئیس‌های آلاباسترین در زون فعال‌تر<sup>۶</sup> یعنی عمق کمتر تشکیل می‌شوند. (Warren, 2006) (شکل ۸).

ژئیس آلاباسترین در مقاطع مورد مطالعه به‌صورت بلورهای در هم قفل شده همراه با بلورهایی از انیدریت مشاهده می‌شود (شکل ۸).

رگه‌های ژئیس رشته‌ای (ساتن اسپار) همواره به‌صورت موازی یا نیمه موازی با لایه‌بندی هستند و به موازات کنتاکت با لایه‌های تبخیری قرار دارند. آن‌ها چند میلی‌متر

نزدیک سطح به درجه اشباع هالیت نزدیک شود تبدیل ژئیس به انیدریت در عمق‌ها و دماهای کمتری (۳۵ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد) اتفاق می‌افتد. فرآیند آب‌زدایی ژئیس و تبدیل آن به انیدریت یک واکنش برگشت‌پذیر می‌باشد (Selley, 2000). رسوب‌گذاری پی‌درپی انیدریت به فرم جابجایی باعث آرایش تنگاتنگ ندول‌ها در رسوب میزبان می‌شود و به رگه‌های نازکی محدود می‌شوند. به این بافت ندول ایجاد شده، انیدریت قفس مرغی گفته می‌شود و یک بافت تیپیک در بیشتر رسوبات سولفات‌تبخیری قدیمه است. به سمت بخش‌های فوقانی منطقه بالای جزر و مدی یا ساحلی سبخایی با افزایش شوری به‌تدریج بر تعداد و بزرگی ندول‌ها افزوده شده و بافت قفس مرغی ایجاد شده است (Shearman 1966; Warren 2006).

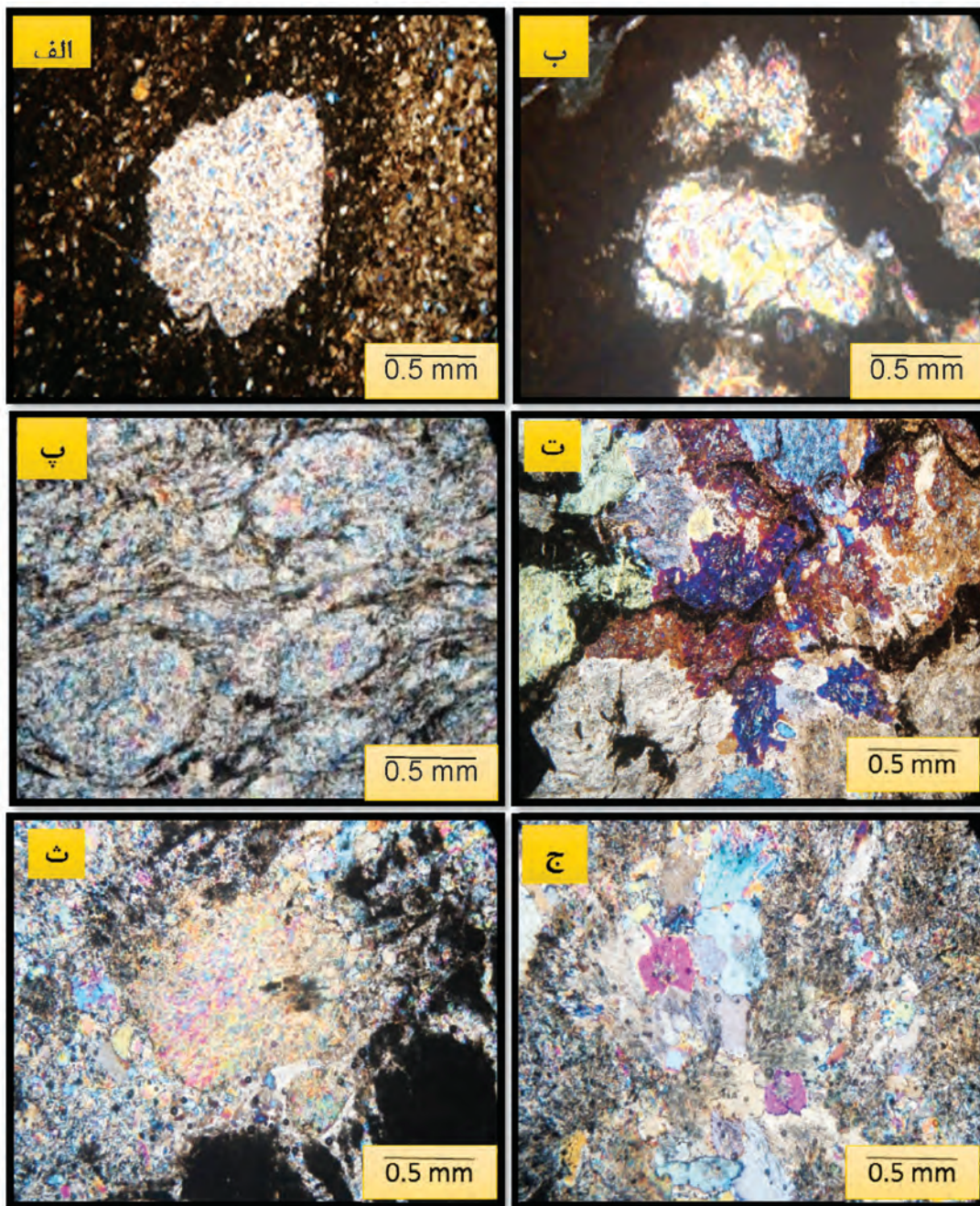
در مقاطع مورد مطالعه نیز این نوع انیدریت، به‌صورت ترکیبی از کریستال‌های موزاییکی منظم و خیلی نازک ندولار دیده می‌شود و در زمینه مادستونی یا دولومادستونی رشد کرده و بافت قفس مرغی را ایجاد کرده است (شکل ۷-پ و ت). اندازه بلورهای آن از چند میلی‌متر تا چند سانتی‌متر متغیر می‌باشد. بافت مذکور در واحد تبخیری پایینی سازند کند، در برش ساران فراوان دیده شد و در واحد تبخیری بالایی به‌طور جزئی مشاهده شده است.

بافت پویکیلوتوپیک در مقاطع مورد مطالعه، بلورها بیشتر به‌صورت بلورهای بزرگ، پراکنده و نامنظم تبخیری که اغلب به‌طور تصادفی توزیع شده و دانه‌های دیگر را در بر می‌گیرند، مشاهده شد (شکل ۷-ث و ج). این بافت بیشتر در رخساره‌های مادستونی تشکیل شده است. بافت مورد نظر در هر دو واحد تبخیری پایینی و بالایی دیده شده است.

## بافت‌های مشاهده شده در تبخیری‌های نوع سوم

بافت‌های ژئیس‌های دانه درشت پورفیروبلاستیک<sup>۱</sup> و ژئیس‌های دانه‌ریز آلاباسترین<sup>۲</sup> و رگه‌های ژئیس رشته‌ای (ساتن اسپار)<sup>۳</sup>، از بافت‌های مرتبط با تبخیری‌های نوع سوم هستند. و طی عمل بالآمدگی و آنگیری دوباره، لایه‌های انیدریتی به ژئیس‌های دیاژنتیکی تبدیل شده و در واحدهای

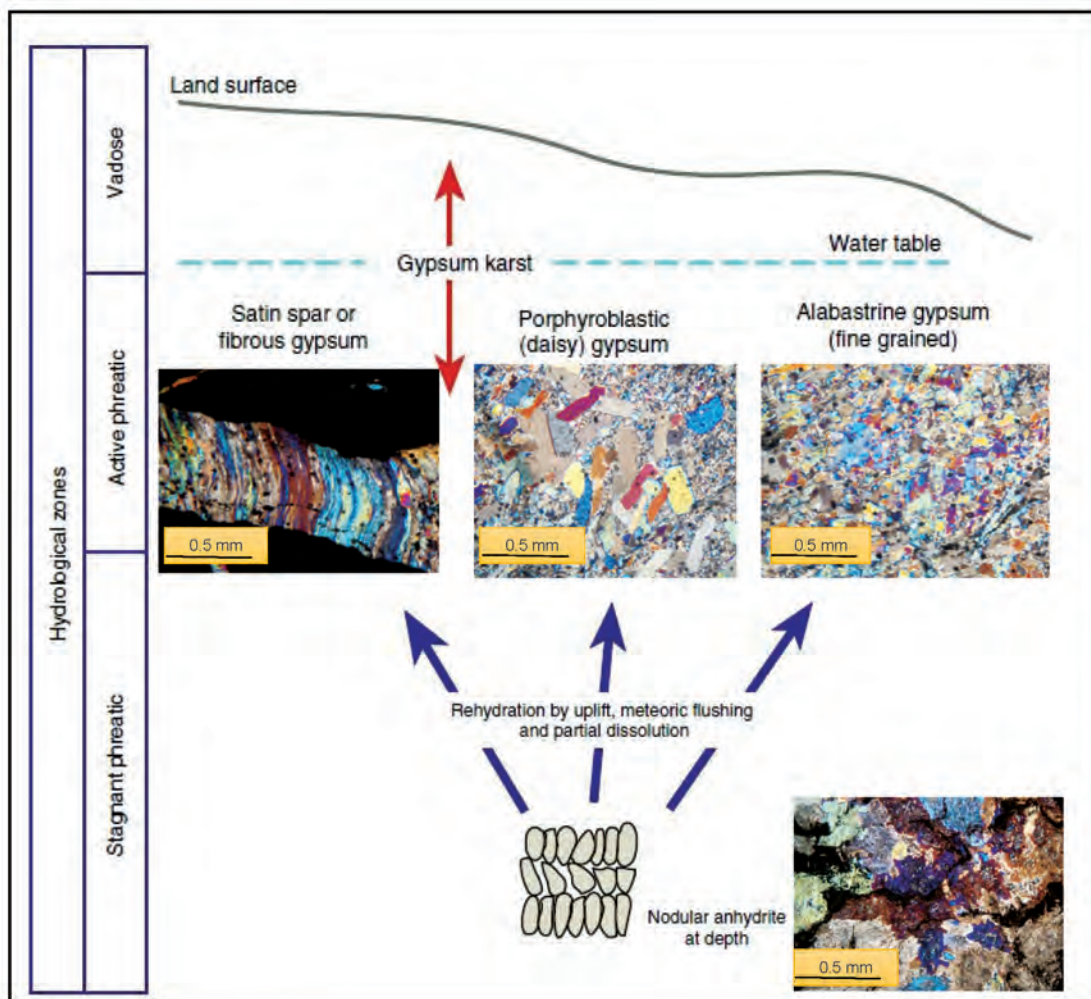
1. Porphyroblastic  
2. Alabastrine  
3. Satinspar  
4. Stagnant phreatic  
5. Active phreatic  
6. More active phreatic



شکل ۷. الف و ب) ندول ژپس و انیدریت در زمینه‌ی مادستون (نور پلاریزه)، پ و ت) بافت قفسه مرغی مشخصه تبخیری های ثانویه (نور پلاریزه)، ث و ج) اشکال مختلف انیدریت با بافت پوبکیلوتوپیک در توالی تبخیری (نور پلاریزه)

تبدیل انیدریت به ژپس، حاصل شده‌اند. در بررسی‌های پتروگرافی نمونه‌های مورد مطالعه، شکستگی‌ها و رگه‌هایی از ژپس رشته‌ای (اسپار شفاف) با ضخامت چند میلی‌متر که به صورت عمودی مرتب شده‌اند در اکثر مقاطع مشاهده می‌شود (شکل ۸).

یا چند سانتی‌متر ضخامت داشته و از رشته‌هایی به صورت عمودی مرتب شده، تشکیل شده‌اند (Tucker, 2001). Shearman et al. (1972) معتقد است که رگه‌های پر شده از ژپس‌های رشته‌ای، در اثر شکستگی‌های هیدرولیکی ناشی از فشار زیاد آب‌های زیرزمینی محبوس شده در هنگام



شکل ۸. تصویری از مکان تشکیل تبخیری‌های نوع سوم (Warren, 2006) همراه با تصاویر میکروسکوپی برگرفته از تبخیری‌های سازند کند که موقعیت فراتیک فعال را برای بافت پورفیروبلستی، آلاباسترین و ساتن اسپار و فراتیک ساکن را برای ندول‌های انیدریت نشان می‌دهد

## بحث

جزر و مدی و سبخا تشکیل شده‌اند (Adabi, 2009).

- میان لایه‌های کربناته همراه با حضور ساخت لامینه‌ای در تبخیری‌ها طی دوره‌ی تازه شدگی آب دریا به وجود می‌آیند و شامل رخساره‌های وکستون بایوکلاستی و مادستون حاوی فسیل‌های دریایی (فرامینیفرهای بنتیک مانند میلیولید) (بخصوص در رخساره وکستونی) متعلق به محیط لاگون و بالای جزر و مدی می‌باشد (Wilson, 1975).

- ساخت اینترولیتیک مشاهده شده در صحرا، ساخت قفس مرگی و همچنین بافت قفس مرگی مشاهده شده در توالی تبخیری‌های سازند کند، بیانگر تشکیل در

با توجه به مجموعه شواهد زیر، تبخیری‌های سازند کند در برش ساران به مناطق حاشیه دریا مرتبط هستند و قاره‌ای نمی‌باشند.

- وجود بافت جناغی ژپیس نشان‌دهنده محیط زیرآبی کم‌عمق (سالینا) می‌باشد (Warren, 2016).

- تبخیری‌های سازند کند در برش ساران با میان لایه‌هایی از دولومیکرایت‌ها همراه هستند که این دولومیکرایت‌ها با توجه به اندازه بلوری و فابریک بسیار ریز، تحت شرایط درجه حرارت کم و نزدیک سطح، به‌طور هم‌زمان، با رسوب‌گذاری یا در مراحل اولیه دیاژنز در گستره‌ی بالای

است. با توجه به مطالب ارائه شده و نتایج به دست آمده می‌توان منع یون لازم، برای نهشت تبخیری‌های ائوسن آب دریای زمان مذکور که تا محیط پهنه‌ی جزر و مدی پیشروی کرده است، در نظر گرفت.

با توجه به میکروفاسیس‌های تعیین شده در کربنات‌های همراه با نهشته‌های تبخیری، متعلق به محیط لاگون و بالای جزر و مدی، محیط تشکیل سازند کُند در این برش یک رمپ کربناته هستند (علیزاده عرب، ۱۳۹۷) و در واقع، به زمان بالا آمدن سطح آب دریا مربوط است. همچنین بر اساس بافت و ساخت‌های مشاهده شده در تبخیری‌های این سازند، براساس مدل ارائه شده توسط Warren (2006) و فراوانی قابل توجه رخساره‌های مرتبط با سبخا، آن‌ها را تبخیری‌های پهنه‌ی گلی و شامل شرایط سالینا<sup>۱</sup> و سبخا معرفی می‌کنیم. در واقع با توجه به بافت قفس مرغی و ساخت اینترولیک (محیط سبخا) و نیز بافت جناغی، ساخت لایه‌ای (محیط سالینا) نحوه قرارگیری واحدهای مختلف بر روی یکدیگر، می‌توان این‌گونه بیان کرد که حوضه سازند کُند در برش ساران دارای یک سد یا مانع بوده که ارتباط آن را با محیط‌های مجاور محدود کرده است و به‌نظر می‌رسد این محدودیت در زمان‌های پایین افتادن تراز آب دریا به بیشترین میزان خود رسیده به‌گونه‌ای که حوضه کربناته به یک حوضه تبخیری سبخی (واحد پایین و بالایی) تبدیل شده‌است. این مورد با وجود حوضه‌های به نسبت کوچک، محدود شده و مجزا در پستی و بلندی‌های مراحل پس از برخورد در تکتونیک البرز (حوضه‌های بین کوهستانی) (آقانباتی، ۱۳۸۵) است. در این محدوده زمانی، با بالا رفتن سطح آب گاه‌گاه با یکدیگر مرتبط شده و ویژگی‌های یک دریای یکپارچه را می‌گیرند، قابل توجیه است. قرارگیری این رخساره‌ها بر روی یکدیگر حاصل نوسان سطح آب یا تغییر در میزان تبخیر در محیط می‌تواند باشد (شکل ۹).

در مجموعه نهشته‌های سازند کند، محیط رسوبی نهشته‌های آهک توفی نیز با توجه به حضور آن‌ها بین

محیط سبخی می‌باشد (شکل ۵).

- حضور کانی‌های رسی ایلیت، مونت موریلونیت و کائولینیت از منشا تخریبی همراه با هم در بین لایه‌های مارنی متناوب با تبخیری‌های این سازند، نشانگر محیط رسوبی حدواسط (لاگون) می‌باشد (شکل ۴).
- اعتقاد بر این است که ندول‌های ژپیس و انیدریت در زون موئینه سبخا به‌صورت جانیشینی تشکیل می‌شوند (Warren and Kendall, 1985).
- ریپل‌مارک تداخلی مشاهده شده در واحد تبخیری به پهنه‌ی جزر و مدی تعلق داشته و بر اثر تغییرات عمق و جهت آب حاصل شده است.
- مطالعات پراش پرتو ایکس، بیانگر فراوانی بالای ژپیس و انیدریت در تبخیری‌های سازند کُند می‌باشد. این نسبت، در سبخاهای دریایی فراوان‌تر از قاره‌ای است (در سبخاهای قاره‌ای هالیت و انیدریت بیشتر حضور دارند) (Warren, 2006).
- براساس نتایج حاصل از انجام آنالیز پراش پرتو ایکس، کانی‌های تبخیری محیط قاره‌ای همچون ترونا، پیرسینیت مشاهده نشد.
- به‌طور کلی تبخیری‌های پهنه‌ی گلی<sup>۱</sup>، که بیشتر به‌صورت توالی‌هایی از واحدهای زمینه غالب هستند و با گسترش جانبی وسیع، بافت‌های شاخصی چون قفس مرغی، اینترولیتیک و ندولار (همان‌گونه که در نهشته‌های مورد مطالعه مشاهده می‌شود)، شناخته می‌شوند (Warren, 2006).
- خروج سیالات منیزیم‌دار باعث می‌شود سیالات بین حفره‌ای غنی از منیزیم شوند و باعث دولومیتی شدن ثانویه در سطح گسترده در کربنات‌های مجاور شوند. این بلورها درون رسوبات رشد می‌کنند. در ماتریکس، رسوبات بالای جزر و مدی و یا بین حد جزر و مدی مشاهده می‌شوند. با ادامه اشباع سولفات کلسیم در سیالات بین حفره‌ای، ندول‌های ژپیس و انیدریت رشد می‌کنند و پس از اتصال ندول‌ها به یکدیگر بافت قفس مرغی را ایجاد می‌کنند و حتی بر اثر آبگیری بافت روده‌ای را به وجود می‌آورند. این ویژگی مربوط به بخش بالای جزر و مدی توالی سبخا

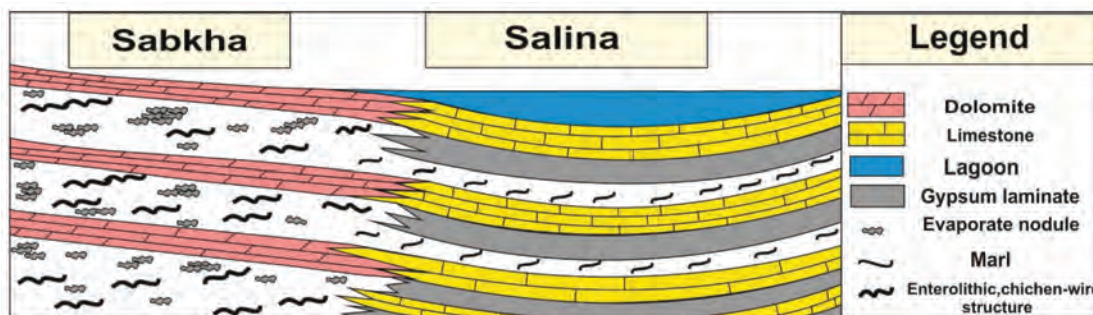
1. With sabkha, salina pans

2. Salina

2004) و نیز همراهی کانی‌های رسی ایلیت، مونت موریلونیت و کائولینیت، نشانگر محیطی با شرایط آب و هوای گرم و خشک است (Warren, 2006). شواهد سیخا بودن و وجود دولومیکرایت در سازند گُند نیز وجود داشته که سیخا یک محیط گرم و خشک است.

نهشته‌های کربناته و همچنین حضور فرامینیفرای بنتیک مانند نومولیت و میلیولید در داخل این نهشته‌ها، محیط کم‌عمق آبی (لاگون) پیشنهاد می‌شود (علیزاده عرب، 1397) (شکل 4).

حضور انیدریت و دیگر تبخیری‌ها (El Tabakh et al.,)



شکل 9. مدل محیط تبخیری‌های اولیه و ثانویه سازند گُند در برش ساران که در تناوبی از سیخا و سالینا در حوضه‌های محدود شده تشکیل شده‌اند

## نتیجه‌گیری

اٹوسن پیشنهاد می‌شود. واحد تبخیری در دریای کم‌عمق و محیط سیخا، به دنبال پس‌روی اٹوسن در آغاز اٹوسن پسین و تشکیل حوضه‌های کوچک و مجزا، نهشته شده‌اند. آب دریای اٹوسن در اثر پمپاژ به سمت محیط سیخا، در رسوبات سیخا به تله می‌افتد و در حین پس‌روی (برگشت به سمت دریا) تبخیر شده است. یون‌های کلسیم و سولفات به‌صورت ژپس ته‌نشین می‌شوند. با توجه به وجود نهشته‌های آهک توفی مابین این نهشته‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که تامین یون در تبخیری‌های سازند گُند علاوه بر آب دریا می‌تواند با فعالیت‌های آتشفشانی سازند کرج نیز مرتبط باشد.

7. به نظر می‌رسد باوجود دو واحد تبخیری مجزا، محیط رسوبی سازند گُند در برش ساران، دو سیکل پس‌رونده را نشان می‌دهد. ابتدا محیط سازند گُند در برش ساران لاگون بوده که به‌مرور به پهنه‌ی جزر و مدی و در نهایت با پس‌روی آب دریا به محیط سیخا می‌رسد و تبخیری‌های پایینی نهشته شده که در مراحل بعدی این سیکل دوباره تکرار می‌شود. درواقع، حوضه موردنظر در طی دوره‌های افت تراز سطح آب دریا به یک محیط مستعد برای تشکیل و ته‌نشست تبخیری‌ها تبدیل شده است.

1. بررسی‌های صحرایی و میکروسکوپی نشان می‌دهد، تبخیری‌های سازند گُند در برش ساران شامل سه نوع اولیه، ثانویه و از نوع ترشیاری (نوع سوم) می‌باشند.
2. تبخیری‌های اولیه با بافت لامینه‌ای، جناغی، تبخیری‌های ثانویه با بافت قفسه مرغی، بافت انیدریت ندولی، بافت پویکیلوتوپیک و ساخت اینترولیتیکی و همچنین تبخیری‌های ترشیاری با بافت‌های پرفیروبولاستیک، ساتن اسپار و آلاباسترین مشخص می‌شوند.
3. فراوانی کانی‌های تبخیری و مجموعه کانی‌های رسی مشاهده شده، بیان‌کننده گسترش شرایط آب و هوایی گرم و خشک در زمان تشکیل سازند گُند است.
4. نهشته‌های تبخیری ثانویه سازند گُند در برش ساران مرتبط با محیط سیخا می‌باشند و این مورد با مشاهده بافت قفس مرغی، ساخت قفس مرغ و اینترولیتیکی تایید می‌شود.
5. تشکیل بافت آلاباسترین، پرفیروبولاستیک و ساتن اسپار به محیط فرآتیک فعال نسبت داده می‌شود.
6. منبع یون لازم برای نهشت واحد تبخیری، آب دریای

## سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از نظرات ارزشمند جناب آقای دکتر آدابی و نیز امکانات آزمایشگاهی دانشگاه شهید بهشتی، تشکر و سپاسگزاری می نمایند.

## منابع

- آقائباتی، ع.، ۱۳۸۵. زمین شناسی ایران. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶.
- برنا، ن.، ۱۳۹۲. پتروگرافی، دیاژنز و محیط رسوبی سازند گند در برش نمونه، گند علیا (البرز مرکزی). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۲۵.
- پرتوآذر، ح.، الله مددی، ش.، ۱۳۸۴. مطالعه بیواستراتیگرافی سازند کند در نواحی کند و ساران. بیست و یکمین گردهمایی علوم زمین، ۴.
- امید، ر.، صادقی، ع.، حسینی برزی، م. و اکبری بس کلایه، ن.، ۱۳۹۷. زیست چینه نگاری سازندهای سروک و ایلام در میدان نفتی آب تیمور (چاه های شماره ۱ و ۱۴). فصلنامه زمین شناسی ایران، ۱۲، ۴۶، ۷۵-۹۲.
- علیزاده عرب، ز.، ۱۳۹۷. پتروگرافی، دیاژنز و محیط رسوبی سازند کند در برش ساران (البرز مرکزی). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۷۹.
- Adabi, M.H., 2009. Multistage dolomitization of Upper Jurassic Mozduran Formation, Kopet-Dagh Basin, N.E. Iran. *Journal of Carbonates and Evaporates*, 24, 1, 16-32.
- Alavi, M., 1996. Tectonostratigraphic synthesis and structural style of the Alborz Mountain System in Iran. *Journal of Geodynamics*, 21, 1, 1-33.
- Allen, M.B., Ghassemi, M.R., Shahrabi, M. and Qorashib, M., 2003a. Accommodation of late Cenozoic oblique shortening in the Alborz range, northern Iran. *Journal of Structural Geology*, 25, 659-672.
- Bohaty, S.M. and Zachos, J.C., 2003. Significant southern ocean warming event in the late middle Eocene. *Geology*, 31, 11, 1017-1020.
- Butler, GP., 1970. Recent gypsum and anhydrite of the Abu Dhabi, Trucial Coast, Persian Gulf: an alternative explanation of origin. In: *Proceedings of 3rd international salt symposium*. Northern Ohio Geological Society, Cleveland, I, 120-152.
- Dickson, J.A.D., 1965. A modified staining technique for carbonate in thin section. *Nature*, 205, 587.
- Dunham, R.J., 1962. Classification of carbonate rocks according to their depositional texture. In: Ham, W.E. (Eds.), *Classification of Carbonate Rocks*. American Association of Petroleum Geologist Memoirs, 1, 108-121.
- Edgar, K.M., Wilson, P.A., Sexton, P.F., Gibbs, S.J., Roberts, A.P. and Norris, R.D., 2010. New biostratigraphic, magnetostratigraphic and isotopic insights in the Middle Eocene Climatic Optimum in low latitudes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 297, 670-682.
- El-Tabakh, M., Mory, A., Schreiber, C. B. and Yasin, R., 2004. Anhydrite cements after dolomitization of shallow marine Silurian carbonates of the Gascoyne Platform, Southern Carnarvon Basin, Western Australia. *Sedimentary Geology*, 164.
- Flugel, E., 2010. *Microfacies of Carbonate Rocks*. Springer-Verlag, Berlin, 1006.
- Giorgioni, M., Jovane, L., Rego, E.S., Rodelli, D., Frontalini, F., Coccioni, R., Catanzariti, R. and Özcan, E., 2019. Carbon cycle instability and orbital forcing during the Middle Eocene Climatic Optimum. *Scientific Reports*, 9, 9357.
- Hayes, J.R. and Klugman, M.A., 1959. Feldspar staining methods. *Journal of Sedimentary Research*, 29, 2, 227-232.
- Holliday, D.W., 1970. The petrology of secondary gypsum rocks. *Journal of Sedimentary Petrology*, 40, 734-744.
- Jovane, L., Florindo, F., Coccioni, R., Dinariès-Turell, J., Marsili, A., Monechi, S., Roberts, A.P. and Sprovieri, M., 2007. The middle



- Eocene climatic optimum event in the Contessa Highway section, Umbrian Apennines, Italy. *Geological Society of America Bulletin*, 119, 413-427.
- Kamran, M., Frontalini, F., Mirza, K., Jafavian, A., Latif, K., Ali, F., Kashif, M., Fawad, N., Shafi, M. and WAN, X.Q., 2020. Larger benthic foraminiferal assemblages and their response to Middle Eocene Climate Optimum in the Kohat Basin (Pakistan, eastern Tethys). *Journal Pre-proof*, 40.
  - Kasprzyk, A. and Otri, F., 1998. Palaeogeographic and burial controls on anhydrite genesis: the Badenian basin in the Carpathian Fore deep (southern Poland, western Ukraine). *Sedimentology*, 45, 889-907.
  - Kendall, C.G.S.C. and Warren, J.K., 1988. Peritidal evaporates and their sedimentary assemblages. In: Schreiber, B.C. (Ed.), *Evaporates and Hydrocarbons*. Columbia University Press, New York, 66-138.
  - Lewis, D.W. and McConchie, D., 1994. *Practical Sedimentology*. Chapman and Hall Press, 213.
  - Lucia, F. J., 2007. *Carbonate Reservoir Characterization*, 2nd edition: New York, Springer-Verlag, 336.
  - Meunier, A., 2005. *Clays*. Springer, New York, 231-377.
  - Miller, K.G., Wright, J.D. and Browning, J.V., 2005. Visions of ice sheets in a greenhouse world. *Marine Geology*, 217, 215-231.
  - Miller, K.G., Fairbanks, R.G. and Mountain, G.S., 1987. Tertiary oxygen isotope synthesis, sea level history, and continental margin erosion. *Paleoceanography*, 2, 1, 1-19.
  - Pettijohn, F. J., Potter, P E. and Siever, R., 1987. *Sand and Sandstone* (2nd ed). Berlin, Springer-Verlag, 553.
  - Pettijohn, F.J. and Potter, P.E., 1964. *Atlas and Glossary of Primary Sedimentary Structures* Springer-Verlag. New York, 370.
  - Prothero, D.R. and Schwab, F., 1996. *An Introduction to Sedimentary Rocks Stratigraphy*. Sedimentary Geology, New York, WH Freeman and Company, 575.
  - Savian, J.F., Jovane, L., Frontalini, F., Trindade, R.I.F., Coccioni, R., Bohaty, S.M. and Iacoviello, F., 2014. Enhanced primary productivity and magnetotactic bacterial production in response to middle Eocene warming in the Neotethys Ocean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 414, 32-45.
  - Schreiber, B.C., 1986. Arid shorelines and evaporites. In: Reading, H.G. (Ed.), *Sedimentary Environments and Facies*. Blackwell, Oxford, 189-228.
  - Schroder, S., Schreiber, B.C., Amthor, J.E. and Matter, A., 2003. A depositional model for terminal Neoproterozoic-Early Cambrian Ara Group evaporates in south Oman. *Sedimentology*, 50, 879-898.
  - Selly, R.C., 2000. *Applied Sedimentology*. Academic Press, London, 663.
  - Shearman, D.J., Mossop, G., Dunsmore, H. and Martin, H., 1972. Origin of gypsum veins by hydraulic fracture. *Transactions of the Institute of Mining and Metallurgy. Section B. Applied Earth Sciences*, 81, 149-55.
  - Shearman, D.J., 1966. Origin of marine evaporates by diagenesis. *Transactions of the Institute of Mining and Metallurgy. Section B. Applied Earth Sciences*, 75, 208-21.
  - Tucker, M. E., 2001. *Sedimentary Petrology. An introduction to the origin of sedimentary rocks*. Blackwell Science, 262.
  - Tucker, M.E., 1992. *Sedimentary Petrography. An introduction to the origin of sedimentary rocks*, (2nd ed), Blackwell Scientific Publications, Oxford, London. 260.
  - Warren, J.K., 2016. *Evaporates, A Geological Compendium*, Second Edition. Springer In-

ternational Publishing Switzerland, 1822.

- Warren, J.K., 2006. *Evaporates: Sediments, Resources and Hydrocarbons*. Springer-Verlag, Berlin, 1035.

- Warren, J.K. and Kendall. C., 1985. Comparison of sequences formed in marine sabkha (subaerial) and salina (subaqueous) setting, modern and ancient. *American Association of Petroleum Geologists*, 69, 1013-1023.

- Wilson, J.L., 1975. Carbonate Facies in

*Geologic History*. Springer-Verlag, Berlin, 471.

- Zachos, J.C., Dickens, G.R. and Zeebe, R.E., 2008. An early Cenozoic perspective on greenhouse warming and carbon-cycle dynamics. *Nature*. 451, 279-283.

- Zachos, J.C., Pagani, M., Sloan, L., Thomas, E. and Billups, K., 2001. Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science*, 292, 686-693.