

بازسازی محیط رسوبی سازند دلیچای بر مبنای مطالعات پالینولوژیکی و میکروفاسیس در برش در جزین در استان سمنان

مریم نادریان^۱، الهه زارعی^۲ و خدیجه محمدخانی^۱

^۱ کارشناسی ارشد، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران

^۲ استادیار، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۲۶

چکیده

سازند دلیچای با لیتولوژی شیلی - ماری با میان لایه های آهکی به ضخامت ۶۳۱ متر در برش در جزین در شمال خاور سمنان مورد بررسی قرار گرفت. این سازند در مرز زیرین خود به طور ناهمساز و با یک لایه کنگلومرای بر روی سازند شمشک قرار می گیرد و در مرز بالایی خود به طور هم شیب و با گذر تدریجی توسط سنگ آهک های ستر لایه سازند لار پوشیده می شود. جهت تعیین محیط دیرینه از مطالعات میکروفاسیسی و مطالعات پالینولوژیکی (فراوانی و تنوع داینوسیست ها، نسبت داینوسیست های پروکسیمیت به کوریت، مطالعات پالینوفاسیسی و فاکتورهای حفاظت از مواد ارگانیک) استفاده شد. بالا بودن درصد اسپور و حضور مواد آمورف شفاف به همراه فراوانی از فرامینفرهای بنتیک دارای پوسته پورسلانوز و حضور داینوسیست های شاخصی چون *Nannoceratopsis gracilis* و *Pareodinia ceratophora* گویای یک محیط کم عمق با شرایط احیایی (محیط لاگون) در قسمت های ابتدایی از برش مورد مطالعه است. به تدریج به سمت بالای برش مورد مطالعه افزایش تنوع و فراوانی داینوسیست ها بویژه فرم های کوریت به همراه کاهش نسبت اسپور و پولن و فیتوکلست ها مشاهده می گردد. این شرایط به همراه ظهور فرامینفرهای پلانکتون و افزایش تعداد آنها، فراوانی رادیولرها و دوکفه ای پلاژیک به سمت بالای برش نشانه پیشروی و نهشته شدن در یک محیط دریایی باز است.

کلیدواژه ها: بازسازی محیط رسوبی، سازند دلیچای، پالینومورف، میکروفاسیس.

***نویسنده مسئول:** الهه زارعی

E-mail: ezarei@du.ac.ir

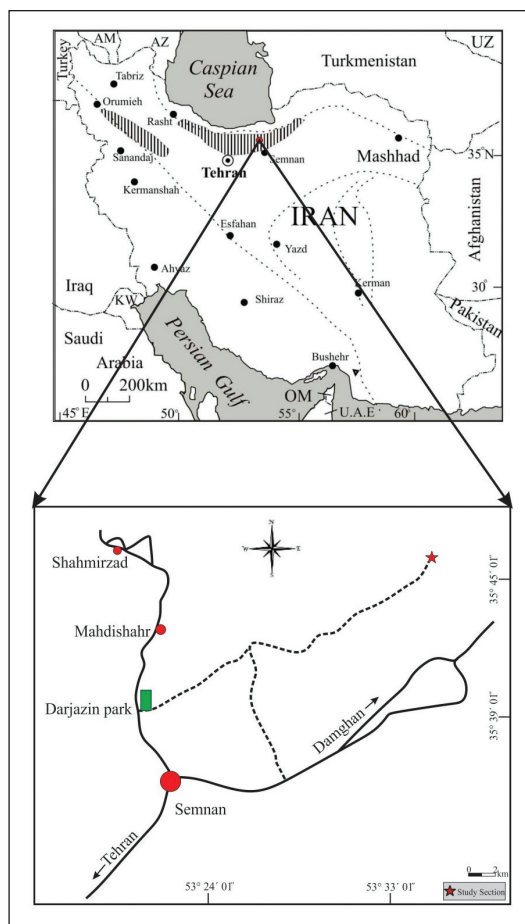
۱- پیش نوشتار

سازند دلیچای با لیتولوژی ماری-آهکی با ضخامت نسبتاً کم و به رنگ سبز-خاکستری به عنوان یک افق زودفرسای تپه ماهوری، در تمام طول رشته کوه البرز بین دو سازند آواری و تیره رنگ شمشک در پایین و آهکی، صخره ای و روشن لار در بالا قرار گرفته است (آقائاتی، ۱۳۸۳). در لیتولوژی شیلی و ماری سازند دلیچای پالینومورف های دریایی و خشکی مانند: داینوفلاژله، آکریتارک، اسکلوکودونت و اسپور و پولن از حفظ شدگی خوبی برخوردارند (قاسمی نژاد و همکاران، ۱۳۸۷؛ سجادی و همکاران، ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸؛ برومند و همکاران، ۱۳۹۰؛ ده بزرگی، ۱۳۹۲). اما در آهک های انتهایی سازند دلیچای که تقریباً بخش عظیمی از سازند دلیچای را دربر می گیرد به علت عدم حفظ شدگی پالینومورف ها تفسیر محیط رسوبی تنها بر اساس آنها امکان پذیر نیست از این رو تلفیق مطالعات پالینوفاسیس و میکروفاسیس به طور متقابل می توانند در تعیین و تحلیل محیط های رسوبی کمک نمایند.

۲- موقعیت زمین شناسی و چینه شناسی منطقه

منطقه مورد مطالعه در جنوب شهرستان مهدی شهر با طول و عرض جغرافیایی $35^{\circ} 46' 10''$ N و $53^{\circ} 35' 14''$ E در ۱۱ کیلومتری شهر در جزین در شمال استان سمنان واقع شده است (شکل ۱).

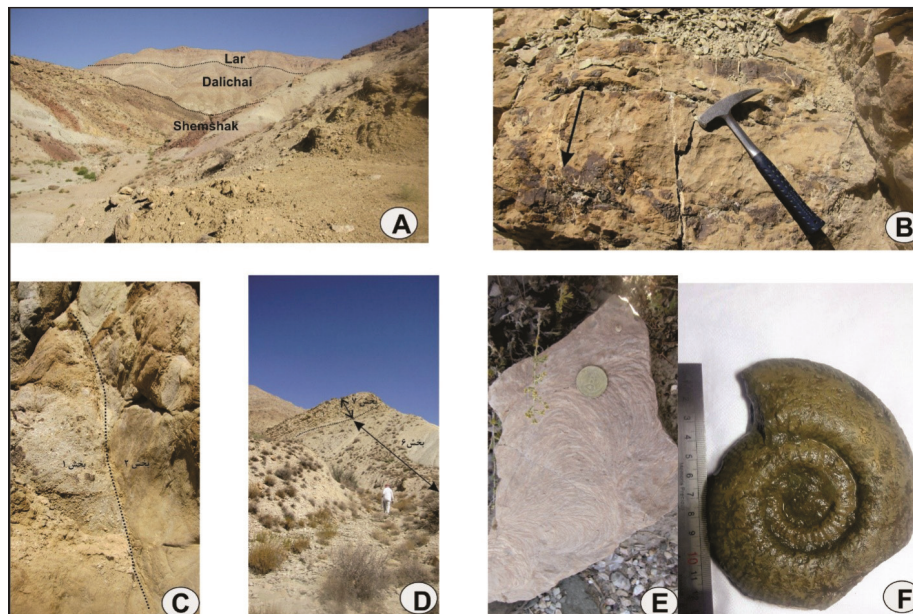
سازند دلیچای در برش مورد مطالعه با ۶۳۱ متر ضخامت متناوب از شیل و مارن با میان لایه های آهکی که ۸ بخش قابل تفکیک و توصیف است. بین دو سازند سیلیسی-آواری شمشک و آهک صخره ساز لار قرار گرفته است (شکل های ۲- A و B). بخش ۱ از سازند دلیچای شامل کنگلومرای کوارتزی بوده و به حالت عدسی شکل و ضخامت حدود ۵/۵ تا ۱/۵ متر مشاهده می گردد. بر روی آن ماسه سنگ خاکستری رنگ به ضخامت ۲ متر با رپیل مارک متقارن قرار می گیرد (شکل ۲- C) سپس شیل تیره و مارن سبز رنگ به ضخامت ۱۱۵ بر روی آن قرار می گیرد که هیچ ماکروفسیلی در این قسمت مشاهده نشد. بخش ۴ از سازند دلیچای شامل تناوبی از آهک و شیل آهکی متوسط تا ضخیم لایه است که حدود ۷۵ متر ضخامت دارد.



شکل ۱- راه های دسترسی به برش مورد مطالعه.

بریزوآ و دوکفه‌ای جمع آوری شد (شکل‌های ۲-D تا F) و آخرین بخش از سازند دلیچای تناوب سنگ آهک قهوه‌ای روشن و نازک لایه، و مارن‌های ضخیم لایه سفید رنگ است. در این بخش از پایین به بالا بر مقدار و ضخامت سنگ آهک افزوده شده و از مقدار مارن کاسته می‌شود. در واقع در این بخش شاهد گذر تدریجی سازند دلیچای به سازند لار می‌باشیم. جایی که مارن‌ها به پایان رسیده و بر چرتی بودن آهک‌ها افزوده می‌شود، مرز دلیچای و لار در نظر گرفته شد (شکل ۲-B).

بخش‌های ۵ و ۶ نیز جمعا به ضخامت ۲۵۷ متر از شیل سیاه‌رنگ و مارن خاکستری تشکیل شده است. بخش ۷ بیشتر شامل مارن با میان لایه سنگ آهک است که به طرف بالای این بخش از مقدار مارن کاسته شده و بر مقدار آهک افزوده می‌گردد. این بخش ضخامت ۳۰ متر دارد که بر روی آهک‌های این بخش آثار فراوانی از فعالیت زیستی به ویژه ایکنوجنس *Zoophycus* sp. مشاهده می‌گردد. ضمناً در این آهک‌ها تعداد فراوانی آمونیت و دیگر ماکروفسیل‌ها از جمله بلنیت، اسفنج،



شکل ۲- (A) مرز بالا و پایین سازند دلیچای در برش مورد مطالعه؛ (B) چرت‌های سازند لار در مرز تفکیک دو سازند؛ (C) کنگلومرای کوارتزی در بخش ۱ و ماسه سنگ خاکستری رنگ بخش ۲ از سازند دلیچای؛ (D) بخش ۶ و ۷ سازند دلیچای؛ (E) اثر رخساره‌ای زئوفیکوس؛ (F) جنس *Homoeoplanites (parachoffatia) arkeli* Upper bathonian از آمونیت‌های یافت شده در برش مورد مطالعه.

۳- فاکتورهای تفسیر محیط دیرینه

فاکتورهایی که جهت تفسیر محیط دیرینه سازند دلیچای مورد استفاده قرار گرفت شامل مطالعات پالینولوژیکی و میکروفاسیسی است. از فاکتورهای پالینولوژیکی مورد استفاده در برش مورد مطالعه می‌توان از مطالعات پالینوفاسیسی، فاکتورهای حفاظت از مواد ارگانیکی و داینوسپست‌ها و پارامترهای رخساره‌ای شاخص آنها نام برد.

۳-۱. پالینوفاسیسی

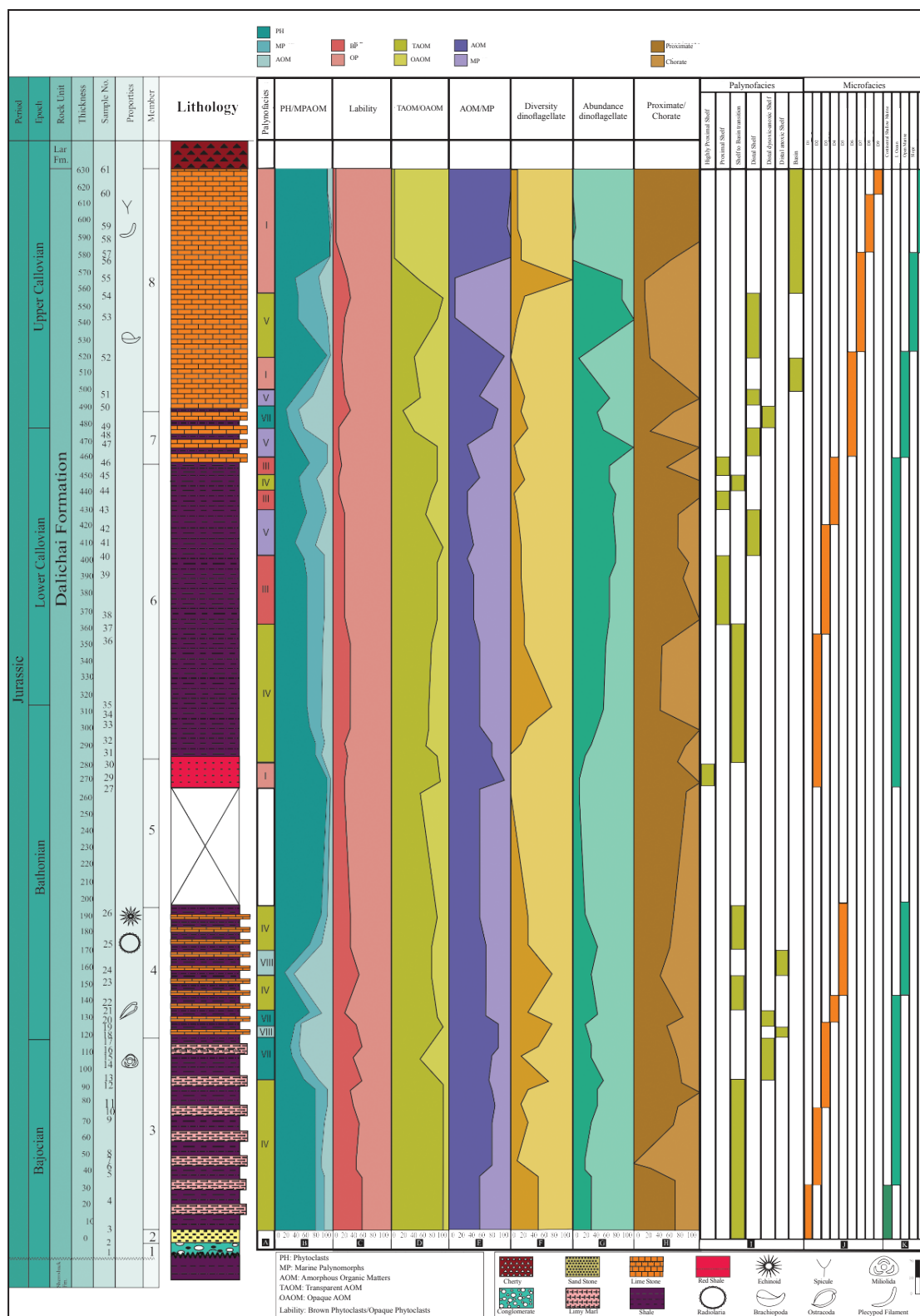
تمام مواد موجود در اسلایدهای پالینولوژیکی که برای تعیین پالینوفاسیسی و تفسیر محیطی مورد استفاده قرار می‌گیرند را می‌توان در سه گروه مواد آمورف (SOM) پالینومورف دریایی (MP) و پالینوماسرال (P) قرار داد. درصد گروه‌های ذکر شده محاسبه گردید و نتایج حاصل به دیاگرام سه گانه Tyson (1993) منتقل شد و ۳ رخساره پالینولوژیکی در برش سازند دلیچای تفکیک شد که به شرح زیر است (شکل‌های ۳ و ۴):

– **رخساره پالینولوژیکی I:** که حدود ۹۵-۹۰ درصد از خرده‌های خشکی تشکیل شده است و مطابق با پالینوفاسیسی I و II تائسون می‌باشد. این رخساره‌ها شرایط Highly proximal shelf or basin و Marginal dysoxic-anoxic basin را نشان می‌دهند. نمونه‌های ۲۸ و ۲۹ و ۵۲ و ۵۷ تا ۶۱ در انتهای برش در این رخساره قرار

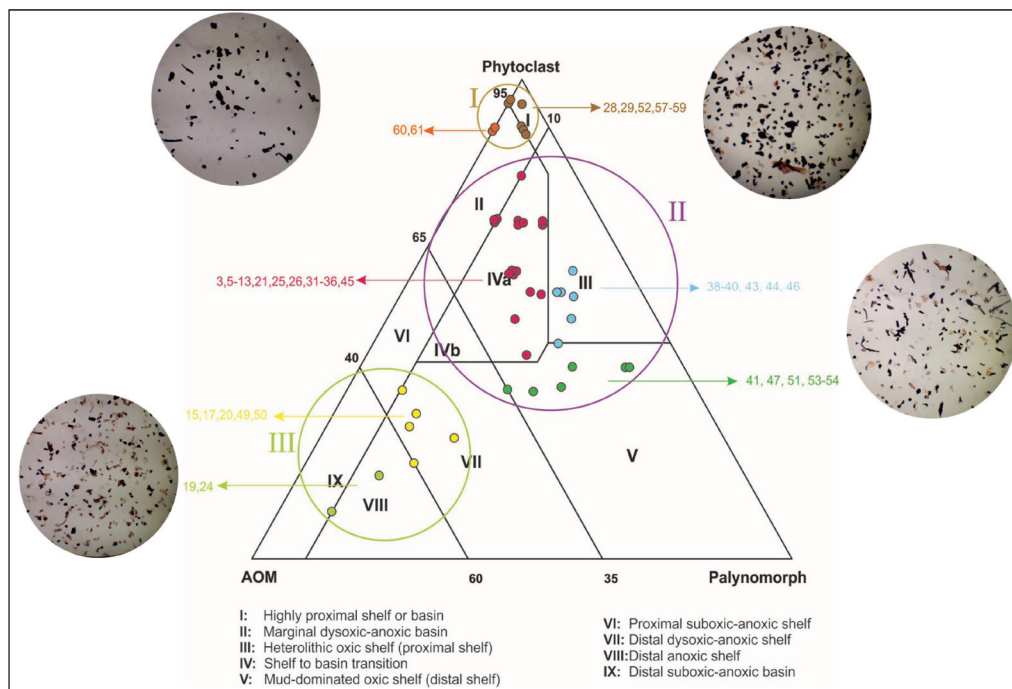
می‌گیرد. نمونه‌های ۲۸ و ۲۹ به دلیل درصد بالای خرده‌های خشکی شفاف و میزان زیاد اسپور و همین‌طور حضور داینوفالزله‌های پروکسیمیت محیط کم‌عمق و نزدیک به ساحل (proximal shelf) را نشان می‌دهند. نمونه‌های ۵۲ و ۵۷ تا ۶۱ محیط basin را نشان می‌دهند که کاهش نسبت اسپور به مواد آمورف و بالا بودن درصد مواد آمورف تیره و فراوانی داینوسپست‌های کوریت نشان دهنده یک محیط عمیق (basin) است.

– **رخساره پالینولوژیکی II:** شامل ۳۵ تا ۸۰ درصد خرده‌های خشکی، حدود ۱۰ تا ۳۵ درصد از مواد آمورف شفاف و تیره رنگ و حدود ۵۰ تا ۵۰ درصد پالینومورف‌های دریایی می‌شود. این گروه شامل خرده‌های گیاهی شفاف و تیره رنگ و مواد آمورف عمدتاً شفاف است و معادل با پالینوفاسیسی IV، III و V تائسون می‌باشد و تقریباً می‌توان یک محیط حدواسط (shelf to basin transition) را برای آن در نظر گرفت.

– **رخساره پالینولوژیکی III:** که ۱۰ تا ۳۵ درصد خرده‌های خشکی، حدود ۵۰ تا ۸۰ درصد از مواد آمورف شفاف، حدود ۱۰ تا ۲۵ درصد پالینومورف‌های دریایی را شامل می‌شود. این گروه معادل با پالینوفاسیسی VII و VIII تائسون می‌باشد که تقریباً یک محیط شلف خارجی (Distal shelf) را نشان می‌دهد (شکل ۴).



شکل ۳- فاکتورهای موثر در تفسیر محیط دیرینه در طول ستون چینه‌شناسی. (A) پالینوفاسیس‌های سازند دلیچای در برش مورد مطالعه مطابق با نمودار سه گانه تایشون؛ (B) درصد مواد ارگانیکی (SOM: structure-less organic matter; MP: marine palynomorph; P: palynomacerals)؛ (C) lability: نسبت ماسرال روشن به تیره؛ (D) نسبت مواد آمرف شفاف به تیره؛ (E) مواد آمرف به پالینومرف دریایی؛ (F) تنوع داینوسیت‌ها؛ (G) فراوانی داینوسیت‌ها؛ (H) نسبت داینوسیت‌های پروکسیمیت به کوریت؛ (I) انواع محیط سازند دلیچای در برش مورد مطالعه مطابق با نمودار تایشون؛ (J) انواع میکروفاسیس‌های سازند دلیچای؛ (K) محیط‌های حاصل از مطالعات میکروفاسیس.



شکل ۴- داده‌های مربوط به رخساره پالینولوژیکی سازند دلیچای برش چینه‌شناسی درجین بر روی دیاگرام (Tyson 1995) که با دایره‌های I, II, III روی شکل مشخص شده است.

سازند دلیچای در منطقه درجین به شرح زیر است:

میکروفاسیس D1 (ساب لیت آرنایت) در کمر بند رخساره‌ای قاره‌ای-دریایی کم عمق قرار دارد و ۱۲ درصد سازند را تشکیل می‌دهد. میکروفاسیس D2 (رخساره مارنی) و میکروفاسیس D3 (پلوئیدا میلیولید و کستون) و میکروفاسیس D4 (پلوئیدا بایوکلاستیک و کستون) در کمر بند رخساره ای لاگون قرار دارند و ۳۹ درصد سازند را تشکیل می‌دهند و میکروفاسیس D5 (بنتیک فرامینیفر) پلوئیدا اکتینودرم پکستون) و D6 (پلسی پود فیلامنت رادیولار و کستون) در کمر بند رخساره‌ای دریایی باز قرار گرفته‌اند و ۲۸ درصد و میکروفاسیس D7 (بایوکلاست و کستون) در کمر بند رخساره‌ای شیب قاره قرار دارد و ۹ درصد سازند دلیچای در برش درجین را تشکیل می‌دهد. میکروفاسیس D8 (فیلامنت رادیولار اکتینوید و کستون) و میکروفاسیس D9 (اسپیکول رادیولار و کستون) در کمر بند رخساره‌ای دریایی عمیق قرار گرفته‌اند و ۱۲ درصد سازند را تشکیل می‌دهد (Dunham, 1962) (شکل‌های ۵، ۳ و ۶).

۴- بحث

وجود مواد ارگانیکی نه تنها وابسته به شرایط مناسب برای تولید آنها بلکه وابسته به دو شرط اساسی دیگر یعنی سرعت رسوب گذاری و وجود آب‌های فقیر از اکسیژن برای حفاظت آنها است. براین اساس تفسیر محیط رسوبی فقط براساس محتوای مواد ارگانیکی اشتباهاتی را ایجاد می‌کند. بنابراین در سازند دلیچای که دارای لیتولوژی‌های متنوع از شیل و مارن و آهک است لازم است که در کنار مطالعه پالینومرف‌ها از میکروفاسیس جهت مطالعه دقیق رسوبی نیز استفاده شود. بنابراین با در نظر گرفتن میزان فراوانی و تنوع داینوسیست‌ها و فراوانی گروه‌های اصلی خرده‌های ارگانیکی و استفاده از داینوسیست‌های شاخص و مقایسه آنها با مطالعات میکروفاسیسی می‌توان محیط گذشته را تفسیر نمود.

۳-۲. فاکتورهای حفاظت از مواد آلی

این فاکتورها براساس نسبت درصد سه گروه اصلی عناصر پالینولوژیکی (پالینومورف دریایی، مواد آمورف، فیتوکلاست) سنجیده می‌شوند. در این مطالعه سه فاکتور حفاظت از مواد آلی مورد بررسی قرار گرفت. فاکتورهای حفاظت از مواد آلی شامل نسبت ماسرال‌های شفاف به تیره رنگ (Lability) و نسبت مواد آمورف شفاف به تیره رنگ (TAOM/OPAOM) و مواد آمورف به پالینومورف دریایی (AOM/MP) است (Waveren and Visscher 1994; Van Der Zwan 1990, Zonneveld et al., 1997) (شکل ۵).

۳-۳. داینوسیست‌های شاخص محیط دیرینه

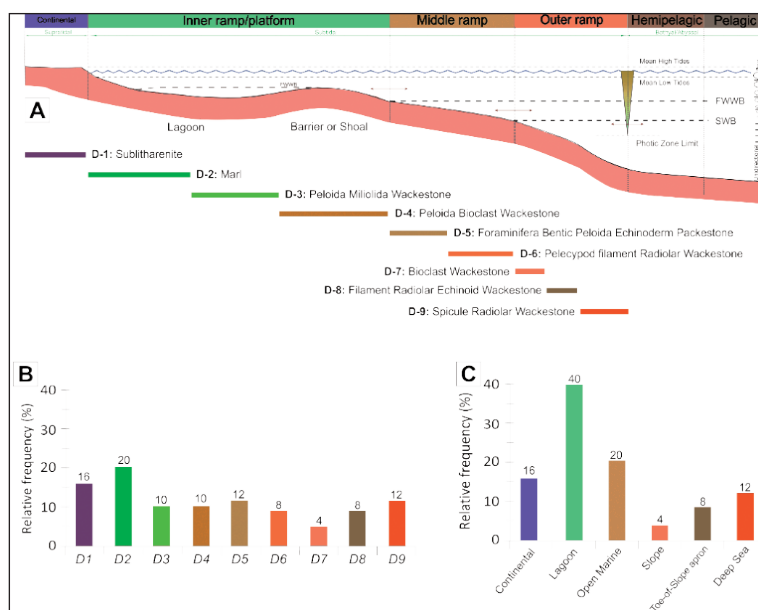
در بازسازی محیط دیرینه به دو صورت از سیستم داینوفلاژله‌ها نیز (داینوسیست‌ها) استفاده می‌شود (Sarjent, 1978).

—مطالعه و ارزیابی تنوع و فراوانی داینوسیست‌ها: فراوانی نسبی از داینوسیست‌ها وابسته به تغییرات در تعداد گونه‌هاست و تنوع گونه‌ها به وسیله تعداد گونه‌ها در هر نمونه محاسبه می‌شود. معمولاً بیشترین تنوع در محیط نرتیک میانی و خارجی (mid to outer shelf) است و در صورت کاهش عمق (محیط ساحلی) و یا افزایش آن میزان تنوع کاهش پیدا می‌کند (Sluijs et al., 2005; Sarjent, 1978) (شکل ۳).

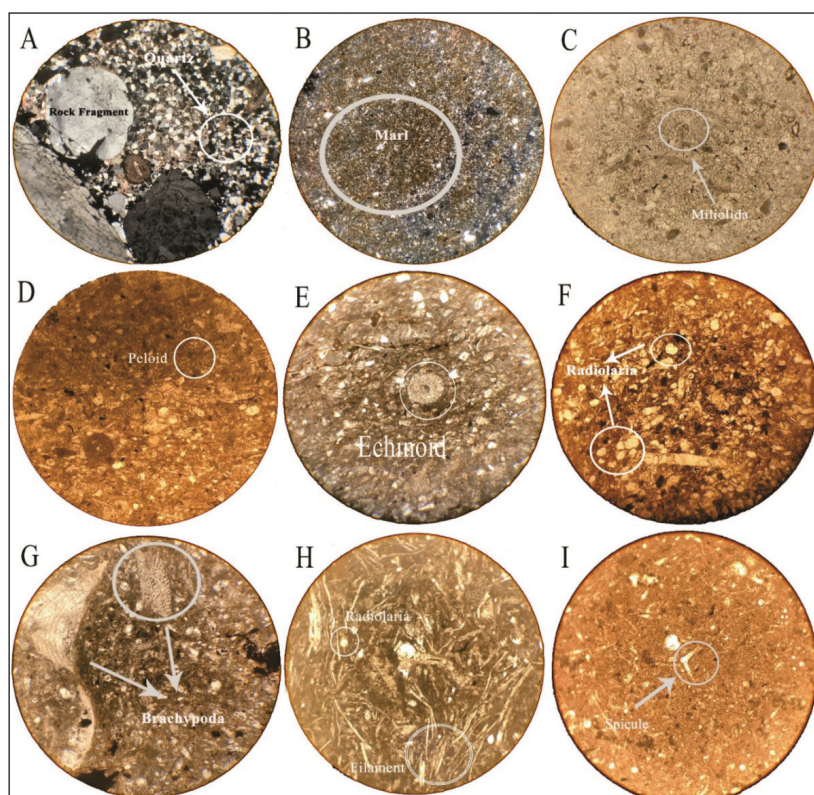
—استفاده از اختلاف مورفولوژیکی آنها: داینوسیست‌ها از نظر مورفولوژی به سه فرم مختلف پروکسیمیت (Proximate)، کوریت (Chorate) و کویت (Cavate) طبقه‌بندی می‌شوند (Sarjeant, 1978). سیست‌هایی که دارای پروسس‌های طویل می‌باشند (Chorate) شاخص محیط‌های دور از ساحل بوده و فرم‌های با پروسس‌های کوتاه یا فاقد پروسس (Proximate) محیط‌های ساحلی و یا نزدیک به ساحل را نشان می‌دهند (Batten and Stead, 2005; Gorin and Steffen, 1991) (شکل ۳).

۳-۴. مطالعات میکروفاسیس

سازند دلیچای از نظر میکروفاسیس نیز به طور دقیق مورد مطالعه قرار گرفت. در اینجا نمونه‌های مربوط به برش درجین با حرف D نشان داده می‌شود. میکروفاسیس‌های



شکل ۵- (A) میکروفاسیس‌های موجود در سازند دلیچای؛ (B) درصد فراوانی میکروفاسیس‌های برش درجین؛ (C) درصد محیط‌های رسوبی وابسته به هر میکروفاسیس در سازند دلیچای در برش مورد مطالعه.



شکل ۶- (A) ساب لیت آرنایت (D1)؛ (B) رخساره مارنی (D2)؛ (C) رخساره پلوئیدامیلیولید و کستون (D3) فرامینیفراهای با پوسته پورسلانوز میلیولیده و پلوئیدهای با اندازه کوچک و گرد نشده به همراه ذرات آواری کوآرتز کاملاً جور شده و زاویه دار در شکل مشخص شده است؛ (D) پلوئید با یوکلست و کستون (D4)؛ (E) رخساره بنتیک فرامینیفرا پلوئید اکینودرم پکستون (D5) را نشان می‌دهد. قطعات اکینوئید و خار اکینوئید و ذرات تخریبی کوآرتز در شکل مشخص شده است؛ (F) پلسی پود فیلامنت رادیولار و کستون (D6)؛ (G) با یوکلست و کستون (D7)؛ (H) فیلامنت رادیولار اکینوئید و کستون (D8)؛ (I) اسپیکول رادیولار و کستون (D9).

قرار گرفته‌اند (پلوئیدا میلیولید و کستون D3) و (پلوئیدا بایوکلاستیک و کستون D4) این شرایط تداوم دارد که نشان افزایش تدریجی عمق تا نمونه ۴۶ در متر ۴۵۵ متری در ابتدای کالوین است (شکل ۶).

افزایش مواد آمورف شفاف به همراه داینوسیست‌های عمدتاً کوریت در نمونه ۴۹ و ۵۰ حداکثر شرایط پیشروی در مرز کالوین پایینی و بالایی را نشان می‌دهد که مطابق با نمودار تاسون معادل محیط Distal anoxic shelf است. افزایش درصد رادیولار و پلسی پود فیلامنت در میکروفاسیس D6 (پلسی پود فیلامنت رادیولار و کستون) به همراه رسوبات پلاژیک در نمونه ۴۶ تا ۵۲ مشاهده شد که همگی نشان دهنده محیط شیب قاره می‌باشد (شکل‌های ۴ و ۶).

از نمونه ۵۲ تا انتهای برش مورد مطالعه از درصد پالینومورف‌های دریایی به طور محسوسی کاسته می‌شود و درصد ماسرال‌ها و مواد آمورف تیره افزایش پیدا می‌کند که مطابق با نمودار تاسون در رخساره I قرار می‌گیرد که یک محیط basin یا proximal shelf را نشان می‌دهد. اطلاعات حاصل از پالینوفاسیس در تطابق با مطالعات میکروفاسیسی میکروفاسیس D7 (بایوکلاست و کستون) و میکروفاسیس D8 (فیلامنت رادیولار اکنویید و کستون) و میکروفاسیس D9 (اسپیکول رادیولار و کستون) و حضور فرامینفرهای پلانکتون و فراوانی از پوسته‌های نازک و ظریف (فیلامنت‌های) دوکفه‌ای‌های پلاژیک (Posidinia) به همراه اسپیکول اسفنج و رادیولار در زمینه‌ای از میکرایت نشان دهنده محیط دریایی عمیق (basin) است (شکل‌های ۴ و ۶).

با توجه به تغییرات بسیار تدریجی لیتولوژی (سنگ آهک نازک لایه در تناوب با مارن‌های سبز تا خاکستری رنگ) و عدم حضور جریان‌های خرده‌دار و توربیدایت و عدم گسترش بقایای موجودات چارچوب‌ساز نظیر مرجان‌های هرماتپیک و جلبک‌ها به منظور ایجاد سد بیناگر ساختار تکنیکی هورست و گرابن است. هورست و گرابن‌ها مربوط به حوضه‌های رفتی بوده که بر اثر فاز کششی پس از رویداد سیمین میانی در شمال ایران ایجاد شده است. این ساختار کششی سبب شده که محیط‌های کم‌عمق ساحلی (گنگومرای کوارتزی و کوارتز آرنایت) و محیط لاگون (open marine lagoon) بر روی هورست‌ها و نهشته‌های عمیق دریایی (فیلامنت رادیولار اکنویید و کستون، اسپیکول رادیولر و کستون) بر روی گرابن‌ها تشکیل شوند. به دلیل تبدیل تدریجی رخساره‌های کربناته به یکدیگر و عدم وجود ساخت‌های ریفی و همچنین با توجه به مطالعات پیشین، پلنفرم کربناته سازند دلیچای از نوع رمپ در نظر گرفته شده است. این نوع رمپ دارای شیب نسبتاً ملایم و یکنواخت بوده و تا انتهای ساختار هورست کشیده شده است.

۵- نتیجه‌گیری

در نهایت بررسی تغییرات اجزای سازنده میکروفاسیس‌ها و پالینوفاسیس‌های سازند دلیچای در برش درجین نشان می‌دهد که این سازند ابتدا با کنگلومرا و لایه‌های ماسه‌سنگ شروع می‌شود که خود گویای شروع پیشروی دریا است. بعد از آن شیل و مارن تیره رنگ قرار می‌گیرد که در مقاطع نازک تعداد بی‌شماری از فرامینفرهای بنتیک مشاهده می‌شود که دارای پوسته پورسلانوز و در خانواده میلیولیده قرار می‌گیرد. این شرایط به همراه بالا بودن درصد اسپور و حضور مواد آمورف شفاف در این بخش از سازند تایید کننده یک محیط کم‌عمق با شرایط احیایی است که می‌تواند گویای محیط لاگون در محدوده زمانی باتونین باشد. به تدریج به سمت بالای برش مورد مطالعه افزایش تنوع و فراوانی داینوسیست‌ها و فراوانی فرم‌های کوریت از داینوسیست‌ها به همراه کاهش نسبت اسپور و پولن و فیتوکلاست‌ها مشاهده می‌گردد. این امر نشانه پیشروی و بالا آمدن تدریجی سطح آب در طول باتونین و کالوین است. ظهور فرامینفرهای پلانکتون و افزایش تعداد آنها، فراوانی رادیولرها و دوکفه‌ای پلاژیک به سمت بالای برش بازگوکننده چنین شرایطی است.

مرز زیرین سازند دلیچای در برش مورد مطالعه با نهشته‌های آواری و تیره رنگ سازند شمشک ناپوسته و هم‌شیب است و با یک افق کنگلومرای کوارتزی سفید رنگ مشخص می‌شود. وجود میکروکنگلومرا و بعد ماسه‌سنگ ساب لیت آرنایت D1 خود گویای نهشته شدن آنها در یک محیط تقریباً پارانرژی قاره‌ای و نزدیک به ساحل بوده است و شروع پیشروی دریا در قاعده برش را نشان می‌دهد (Wantland and Pursey, 1975). بعد از آن شیل و مارن تیره رنگ قرار می‌گیرد که دارای میزان بالای اسپور و خرده‌های خشکی است. با توجه به نسبت ۸۰ درصدی فیتوکلاست در اسلایدهای ابتدای برش و وجود فرم‌های پروکسیمیت داینوفلاژله (گونه‌های *Cribroperidinium crispum*, *Nannoceratopsis gracilis* و *Pareodinia ceratophora*) فراوانی اسپور و پولن‌های خشکی نسبت به فرم‌های دریایی (داینوفلاژله‌ها) و پایین بودن درصد مواد آمورف AOM و همچنین حضور تعداد بیشماری از فرامینفرهای بنتیک دارای پوسته پورسلانوز به ویژه خانواده میلیولیده با اندازه کوچک و پوسته نازک در مقاطع نازک، آثار حفاری کرم (ورمتیوب) و همچنین پلوئیدهای با اندازه کوچک و گردن شده که گویای دو میکروفاسیس مارنیو پلوئیدا میلیولید و کستون (D2, D3) است به همراه عدم حضور آمونیت در این بخش از سازند تایید کننده یک محیط پروکسیمال کم‌عمق (فلات قاره داخلی) با شرایط احیایی است که می‌توان یک محیط لاگون را برای نهشته‌های انتهای باژوسین در برش مورد مطالعه در نظر گرفت (Riding and Thomas, 1992; Riding, 1984; Poulsen and Riding, 2003; Fensome, 1979) (شکل‌های ۴ و ۶).

از نمونه ۱۵ تا ۲۰ در متر ۱۱۰ تا ۱۳۰ متری درصد ماسرال‌های خشکی و پالینومورف‌های دریایی کاهش و درصد مواد آمورف خصوصاً مواد آمورف شفاف افزایش می‌یابد این شرایط به همراه افزایش داینوسیست‌های کوریت به پروکسیمیت و افزایش درصد پولن به اسپور نشان دهنده افزایش عمق همراه با شرایط احیایی در مرز باژوسین-باتونین است (Batten, 1996). این متر ۱۱۰ تا ۱۳۰ متری معادل با میکروفاسیس D4 (پلوئیدا بایوکلاستیک و کستون) است که در آن خرده‌هایی از اسپیکول اسفنج (کمتر از ۵ درصد) در زمینه گل آهکی قرار گرفته‌اند که مطابق با نمودار تاسون یک محیط شلف خارجی (Distal shelf) را می‌توان در نظر گرفت.

از نمونه ۱۹ تا ۲۶ یعنی معادل با بخش ۴ (لایه‌های شیلی مارن با میان لایه آهک) تناوبی از پالینوفاسیس II و III مشاهده می‌شود. ولی عمدتاً افزایشی از ماسرال‌های تیره هم‌بعد و مواد آمورف تیره مشاهده می‌شود و میزان داینوسیست‌های نوع کوریت افزایش نشان می‌دهد که یک محیط حدواسط (shelf to basin transition) را می‌توان در نظر گرفت (Waveren and Visscher, 1994). همچنین در مقطع نازک فرامینفرهای بنتیک و اکنودرم و ذرات پلوئید با زمینه میکرایتی مشاهده می‌گردد (بنتیک فرامینفرها پلوئیدا اکنودرم پکستون) که با توجه به حضور قطعات اکنودرمی می‌توان محیط دریایی در محدوده زمانی باتونین برای آن در نظر گرفت (Wantland and Pursey, 1975; Flugel, 2004).

از نمونه‌های ۲۸ و ۲۹ افزایش قابل توجهی از ماسرال‌های روشن و تیره، نسبت بالای اسپور به پولن و فراوانی داینوسیست‌های نوع پروکسیمیت، تنوع و فراوانی پایین داینوسیست‌ها نشان دهنده کاهش مجدد عمق در این ضخامت می‌باشد و مطابق با نمودار تاسون یک محیط کم‌عمق و نزدیک به ساحل (proximal shelf) را نشان می‌دهد (Poulsen and Riding, 2003; Fensome, 1979). مطالعات ریز رخساره (D2) و کاهش فرامینفرهای شاخص عمق نشان دهنده کاهش عمق در انتهای باتونین است (شکل ۶).

به تدریج بعد از نمونه ۲۹ یعنی متر ۲۷۰ متری افزایشی از پالینومورف‌های دریایی و مواد آمورف مشاهده می‌گردد. افزایش فرم‌های دریایی به همراه تنوع و فراوانی بالایی از داینوسیست‌ها به ویژه داینوسیست‌های کوریت مشاهده می‌گردد. همچنین افزایش فرامینفرهای پورسلانوز (میلیولید) و خرده‌های اسپیکول اسفنج به همراه دانه‌های غیر اسکلتی چون پلوئید و ذرات کوارتز تخریبی که در زمینه گل آهکی

کتابنگاری

- آقاباتی، ع.، ۱۳۸۳- زمین شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.
- برومند، ز.، قاسمی نژاد، ا. و مجیدی فرد، م. ر.، ۱۳۹۰- پالینوفاسیس و تفسیر محیط رسوبی سازند دلیچای در برش طالو واقع در شمال خاوری دامغان بر پایه پالینومورف ها: سی امین گردهمایی علوم زمین.
- ده بزرگی، ا.، ۱۳۹۲- پالینولوژی و پالئو اکولوژی رسوبات ژوراسیک میانی (سازندهای دلیچای و بغمشاه)، شرق سمنان (منطقه جام): پایان نامه دکتری، دانشکده زمین شناسی، دانشگاه تهران، ۳۲۰ ص.
- سجادی، ف.، هاشمی، ح. و هاشمی یزدی، ف.، ۱۳۸۷- مطالعه پالئو اکولوژی سازند دلیچای در برش بلو، شمال سمنان، با استفاده از پالینومورف ها: دوازدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران. شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب، اهواز.
- سجادی، ف.، هاشمی، ح. و هاشمی یزدی، ف.، ۱۳۸۸- پالینواستراتیگرافی سازند دلیچای در برش چینه شناسی بلو، شمال سمنان براساس میوسپورها: فصلنامه زمین شناسی ایران. دانشگاه شهید بهشتی، ش. ۱۰، صص. ۵۹-۶۸.
- قاسمی نژاد، ا.، سجادی، ف. و هاشمی یزدی، ف.، ۱۳۸۷- تفسیر محیط رسوبی دیرینه سازند دلیچای در برش بلو، شمال سمنان، بر اساس پالینومورف ها: فصلنامه زمین شناسی ایران، ش ۸، صص. ۸۵-۹۴.

References

- Batten, D. J. and Stead, D. T., 2005- Palynofacies analysis and its stratigraphic application. In: Koutsoukos, E.A.M. (Ed.); Applied Stratigraphy. Springer, Dordrecht. 203-226.
- Batten, D. J., 1996- Upper Jurassic and Cretaceous miospores. Chapter 26A, Palynofacies and palaeoenvironmental interpretation. In: Jansonius, J. and McGregor, D.C. (eds.): Palynology: Principles and Application, American Association Stratigraphic Palynologists Foundation, 3: 1011-1064.
- Dunham, R. J., 1962- Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: Ham, W.E. (ed.), Classification of carb.
- Fensome, R. A., 1979- Dinoflagellate cysts and acritarchs from the Middle and Upper Jurassic of Jameson Land, East Greenland, Bulletin GrønlandsGeologiskeUndersøgelse 132, 98 pp.
- Flügel, E., 2004- Microfacies of Carbonate Rocks. Springer, 976 p.
- Gorin, G. E. and Steffen, D., 1991- Organic facies as a tool for recording eustatic variation in marine fine-grained carbonates-example of the Berriasian Stratotype at Barrias (Ardecch, SE France). Paleo III, 85, 303-320. (Available on [http://dx.doi.org/10.1016/0031-0182\(91\)90164-m](http://dx.doi.org/10.1016/0031-0182(91)90164-m)).
- Poulsen, N. E. and Riding, J. B., 2003- The Jurassic dinoflagellate cyst zonation of Subboreal Northwest Europe. In: Ineson, J.R. and Surlyk, F. (eds). The Jurassic of Denmark and Greenland. Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin, 1: 115-144. (Available on <http://Citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.513.7916&rep=rep1&type=pdf>).
- Riding, J. B. and Thomas, J. E. 1992- Dinoflagellate cysts of the Jurassic System. In: Powell, A.J. (ed), A stratigraphic index of dinoflagellate cysts. British Micropalaeontological Society Publications Series. Chapman and Hall, London: 7-97. (Available on http://www.researchgate.net/profile/James_Riding/publication/289990451_Dinoflagellate_cysts_of_the_Jurassic_system/links/58a558f9a6fdcc0e07648a12/dinoflagellate-cyctc-of-the-jurassic-system.pdf?origin=publication_detail).
- Riding, J. B., 1984- Dinoflagellate cyst range-top biostratigraphy of the uppermost Triassic to lowermost Cretaceous of northwest Europe. Palynology 8, 195-210.
- Sarjent, W. A. S., 1978- Fossil and living dinoflagellates, Academic press London and New York, 182 p.
- Sluijs, A., Pross, J. and Brinkhuis, H., 2005- From greenhouse to icehouse; organic-walled dinoflagellate cysts as paleoenvironmental indicators in the Paleogene. Earth-Science Reviews. 68: 281-315.
- Tyson, R.V., 1993- Palynofacies analysis, In: D. G Jenkins (ed.), Applied Micropaleontology and Palynology", 135-172.
- Tyson, R.V., 1995- Sedimentary Organic Matter. Organic Facies and Palynofacies; Chapman and Hall, London, 615 pp. 175pp. (Available on [http://doi.org/10.1016/0146-6380\(95\)90073-x](http://doi.org/10.1016/0146-6380(95)90073-x)).
- Van Der Zwan, C. J., 1990- Palynostratigraphy and palynofacies reconstruction of the Upper Jurassic to Lowermost Cretaceous of the Dra field, offshore Mid Norway. Review of Palaeobotany and Palynology, 62: 157 - 186. (Available on <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/003466679090021a>).
- Wantland, K. F. and Pursey, W. C., 1975- Distribution of Holocene benthic foraminifera on the Belize Shelf. American Association of Petroleum Geologists Studies in Geology, No. 2, p. 233-399.
- Waveren, I. and Visscher, H., 1994- Analysis of the composition and selective preservation of organic matter in surficial deep-sea sediment from a high-productivity area (Banda Sea, Indonesia). Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeocology, 112: 85-111. (Available on [http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0031-0182\(94\)90135-x](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0031-0182(94)90135-x)).

Zonneveld, K., Versteegh, G. and Lange, G., 1997- Preservation of organic –walled dinoflagellate cyst in different oxygen regimes: a 1000 year natural experiment. *Marine micropaleontology* 29, 393 -405. (Available on <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037783989600321?via%diHub>).

Paleoenvironment of the Dalichai Formation in Darjazin section, North of Semnan based on palynomorphs and microfacies

M. Naderiyan¹, E. Zarei^{2*} and Kh. Mohammad-khani¹

¹M.Sc., Department of Geology, School of Earth Sciences, Damghan University, Damghan, Iran

²Assistant Professor, Department of Geology, School of Earth Sciences, Damghan University, Damghan, Iran

Received: 2020 February 15

Accepted: 2019 October 26

Abstract

The Dalichai Formation in Darjazin section in NE Semnan with a thickness of 631 meters consisting of an alternation of bulish-gray was studied. This formation overlies the Shemshak formation disconformity with conglomerate bed and it has gradually been covered by the thick-bedded limestones of the Lar formation. In order to study paleoenvironment of the Dalichai Formation the authors examined many different factors including Microfacies and palynological data (abundance and diversity of Dinocyst, proximate to chorate Dinocyst, palynofacies analysis and “selective preservation of organic matter”). A high percentage of brown wood and sporomorphs and the dominance of cavate and proximate dinocysts such as *Nannoceratopsis gracilis*, and *pareodinia ceratophora* and fluorescent amorphous organic matter, as well as Miliolid benthic foraminifera are evidence of suboxic to anoxic condition, which favored accumulation and preservation of organic matter in open marine lagoon, in the lower part of Dalichai Formation. A decrease in the brown wood and abundance and species richness of marine palynomorph (mainly choratedinocysts) reflects more offshore settings in the upper part of Dalichai Formation. On the other hand, Appearance and increase of planktonic foraminifera and Radiolar and posidonia indicate development of strong marine transgression and deposition in an open marine environment.

Keywords: Paleoenvironment, Dalichai Formation, Palynomorph, Microfacies

For Persian Version see pages 287 to 294

*Corresponding author: E. Zarei; E-mail: ezarei@du.ac.ir