بیست و سومین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران
۲۰ و ۲۱ آبانماه ۱۳۹۹
The 23rd Symposium of Geological Society of Iran
10-11 November, 2020

•بررسی میزان تولید مواد ارگانیکی (Paleoproductivity)سازند دلیچای در برش پریخان در غرب شاهرود بر مبنای مطالعه فرامینیفرها و مطالعات میکروفاسیسی

مریم نادریان ،الهه زارعی*
•کارشناسی ارشد گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران
•*دکتری چینه نگاری و دیرینه شناسی، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران

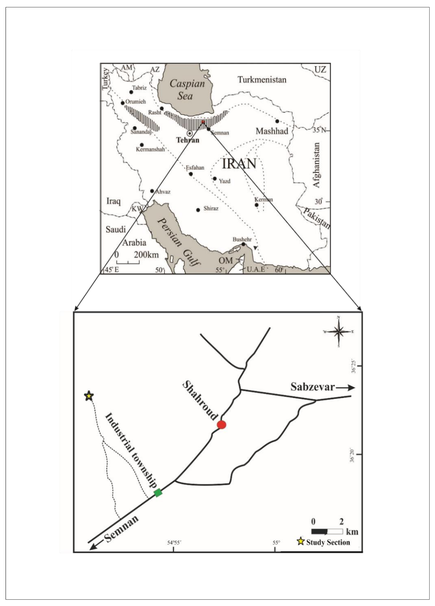
چکیده

سازند دلیچای به ضخامت ۲۵۰ متر متناوب از لایه های مارنی و آهکی در برش چینه شناسی پریخان در غرب شاهرود مطالعه شد. این سازند با ناپیوستگی فرسایشی بر روی سازند شمشک و به صورت کاملا تدریجی به آهک چرتی ضخیم لایه سازند لار تبدیل می شود. برای بررسی میزان مواد غذایی در طی نهشته شدن سازند دلیچای از مطالعات میکروفاسیسی و شواهد فسیلی مانند تنوع و فراوانی فرامینیفرها، نسبت فرم های اپی فونال به این فونال، نسبت فرم های این فونال سطحی به این فونال عمقی استفاده شد. این فاکتورها تقریبا یک محیط مزوتروفیک برای نهشته‌های سازند دلیچای در برش مورد مطالعه را نشان میدهند. به تدریج در نهشته های آهکی انتهای سازند دلیچای در برش مورد مطالعه افزایشی از نسبت فرم های اپی فونال به این فونال، قطعاتی از ماکروفسیل (امونیت و اکینوئیدو..) و بریوزوا با زمینه میکرایتی مشاهده می گردد که این شرایط به همراه اثر فسیلی *Zoophycus* نشان دهنده تغییر از محیط مزوتروپیک به الیگوتروپیک در محدوده زمانی کالووین است. کاهش قابل توجه در تنوع و درصد فراوانی فرامینیفرهای بنتیک اپی فونال به این فونال (Epi/infunal) و ظهور و فراوانی از فرامینیفرهای پلانکتون *Globigerina* sp. همراه با ذرات و پوسته خرد نشده دوکفه ای پوذیدونیا و فراوانی رادیولر نشان از افزایش میزان تولید و حفظ شدگی خوب مواد آلی در یک محیط یوتروپیک در دو مرز باژوسین – باتونین و باتونین – کالووین است.

مقدمه

سازند مارنی – آهکی دلیچای از لحاظ محتوای فسیلی بسیار غنی بوده و از آن گروه های فسیلی چون :آمونیت، اسفنج، بلمنیت، بازوپایان، دوکفه ای، شکم پایان، خاردراران (خارپوستان) از ماکروفسیل ها و فرامینیفر، اسپور، پولن، داینوفلاژله، رادیولر و ... از میکروفسیل ها گزارش شده است[۱]. این سازند در برش مورد مطالعه با ضخامت نسبتاً کم و به رنگ سبز – خاکستری به عنوان یک افق زودفرسای تپه ماهوری، بین دو سازند آواری و تیره رنگ شمشک در پایین و آهکی، صخره ای و روشن لار در بالا، قرار گرفته می گیرد. ته نشست رسوبات غنی از مواد آلی تحت شرایط خاصی اتفاق می افتد. تولید بالا همراه با حفاظت مناسب مواد آلی موجب به وجود آمدن رخساره های غنی از مواد آلی می شود. از این به منظور بررسی و تعیین میزان مواد غذایی سازند دلیچای در برش مورد مطالعه ابزارهایی مانند مطالعه فرامینیفرها و مطالعات میکروفاسیسی استفاده شد.

منطقه مورد مطالعه در شهرستان شاهرود در قسمت جنوبی کوه های البرز در محدوده استان سمنان قرار دارد. در این برش نیز هر سه سازند شمشک، دلیچای و لار با تغییر رنگ و لیتولوژی به طور واضح قابل مشاهده می باشد. موقعیت جغرافیایی برش مورد مطالعه با 11 ´49 °54 E˝ و 20´24 °36 N˝ می باشد (شکل ۱).



شکل ۱ : **نقشه راه های دسترسی به برش مورد مطالعه.**

مواد و روش کار

سازند دلیچای در برش پریخان ۲۵۰ متر است که شامل تناوبی از رسوبات مارنی، آهک مارنی و شیل آهکی می‌باشد. جهت انجام مطالعات فسیل شناسی ۲۵ نمونه از برش پریخان مورد آماده سازی قرار گرفتند. به منظور مطالعه فرامینیفرها از مقاطع نازک (Thin section)استفاده شد. برای انجام مطالعات آماری ۲۰ میدان برای هر نمونه انتخاب شد و پس از شمارش، نمودارها در اکسل ترسیم شد (شکل ۳). فاکتورهایی که جهت تفسیر محیطی مورد استفاده قرار گرفتند شامل مطالعه میکروفاسیس ها و مطالعه فرامینیفرها بود.

بحث

۱-۲- مطالعات میکروفاسیس :

سازند دلیچای از نظر میکروفاسیس نیز به طور دقیق مورد مطالعه قرار گرفت و به روش دانهام [۲]نامگذاری شد. در اینجا نمونه های مربوط به برش پریخان با حرف P نشان داده می شود. میکروفاسیس های سازند دلیچای در منطقه پریخان به شرح زیر است :

میکروفاسیس P1 (رخساره مارنی) و میکروفاسیس P2 (رخساره پلوئیدا بنتیک فرامینیفرا وکستون) در کمربند رخساره ای لاگون قرار دارند که ۱۰ درصد سازند را تشکیل می دهند. میکروفاسیس P3 (پلسی پود فیلامنت رادیولر وکستون) در کمربند رخساره ای دریای باز قرار دارند که ۲۸ درصد سازند را تشکیل می دهد. در این میکروفاسیس دوکفه ای Bositra یا *Posidonia* spp مشاهده می شود.

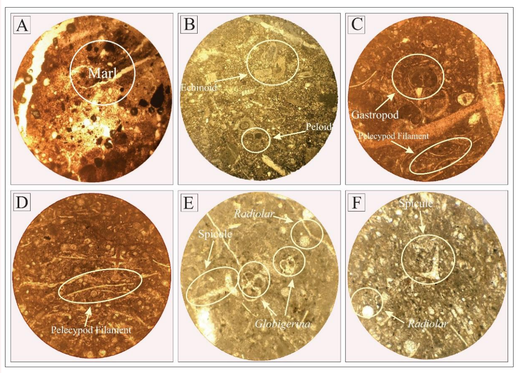
حضور و فراوانی *Posidonia* به نوعی نشان از استرس محیطی است. این گروه از دوکفه ای ها به خوبی با شرایط استرس به ویژه افزایش سطح مواد غذایی سازگار شده است. فاسیس آهکی *Posidonia* به سن باتونین_ کالووین در مناطق تتیس به صورت گسترده ای وجود دارد [۳]. میکروفاسیس P4 (بایوکلست وکستون) در کمربند رخساره ای شیب قاره قرار دارند و ۲۳ درصد سازند را تشکیل می دهد. میکروفاسیس P5(رادیولر اسپیکول وکستون) در کمربند رخساره ای دریای عمیق قرار گرفته و ۳۹ درصد سازند را تشکیل می دهد (شکل ۲).

۲-۲: مطالعه فرامینیفرها:

از جمله فاکتورهای موثر در تفسیر درجه اکسیژن و میزان مواد غذایی محیط می توان به شرایط لیتولوژیکی و شواهد فسیلی مانند تنوع وفراوانی فرامینیفرها، نسبت فرم های اپی فونال به این فونال، نسبت فرم های این فونال سطحی به این فونال عمقی اشاره کرد.

۱-۲-۲: نسبت فرامینیفرهای پلانکتونیک به بنتیک (P/B): فرامینیفرها براساس نحوه زیست به دو دسته بزرگ پلانکتون (Plankton) و بنتون (Benthon) تقسیم می شوند [۴]. فرامینیفرهای پلانکتون برخلاف فرامینیفرهای بنتیک از فراوانی خوبی در هر دو محیط کم عمق و عمیق برخوردارند ولی فرامینیفرهای بنتیک به علت نداشتن حرکت نسبت به فرامینیفرهای پلانکتون در تفسیر محیط های رسوبی دارای ارزش بیشتری می باشند [۵].

۲-۲-۲: نسبت فرامینیفرهای بنتیک سطح زی به درون زی:فرامینیفرهای بنتیک مدت طولانی است که جهت تعیین عمق استفاده می گردند [۶و۷]. از فراوانی، تنوع و ترکیب گونه های آن کم و بیش می توان برای بازسازی عمق استفاده نمود. اما گاهی اوقات عمق به تنهایی نمی تواند فاکتور کنترل کننده مقدار فرامینیفرهای بنتیک باشد. از فاکتورهای موثر در توزیع و پراکنش فرامینیفرهای بنتیک می توان به محتوی کربن آلی درون رسوبات، میزان مواد غذایی و اکسیژن کف بستر اشاره نمود[۸] . فرامینیفرهای بنتیک بر مبنای شرایط زیستی به دو گروه فرامینیفرهای بنتیک سطح زی (Epifaunal) و فرامینیفرهای بنتیک درون زی (Infaunal) تقسیم می شوند. هر کدام از این گروه ها نشان دهنده شرایط محیطی خاصی است. موجودات سطح زی (Epifaunal) به علت حضور بر روی رسوبات، وابستگی بیشتری به اکسیژن و مواد غذایی دارند و معمولاً در محیط هایی با اکسیژن بالا افزایش پیدا می کنند. [۷و۹] .



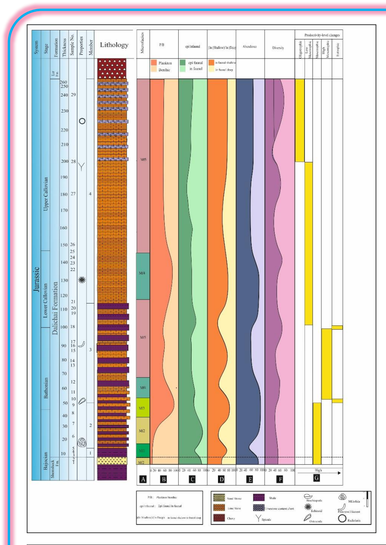
میکروفاسیس های سازند دلیچای در برش پریخان.
A ، P1– رخساره مارنی که معادل میکروفاسیس (Peloida Bentic Foraminifera Wackestone)- پلوئیدا بنتیک فرامینیفرا وکستون B
فرامینیفرهای با پوسته پورسلانوز میلیولیده و ،پلوئید های با اندازه کوچک و گرد نشده به همراه ذرات آواری کوارتز کاملا" جورشده و زاویه دار در شکل
- پلسی پود فیلامنت C ، P2مشخص شده است
- D ، P3رادیولار وکستون که معادل میکروفاسیس پلسی پود فیلامنت رادیولار وکستون که معادل
- بایوکلست وکستون که E ، P3میکروفاسیس
- رادیولار اسپیکول F ، P4معادل میکروفاسیس P5.وکستون که معادل میکروفاسیس

از نمونه های اپی فونال موجود در برش های مورد مطالعه می توان به جنس های *Ammodiscus* sp., *Glomospira* sp., *Glomospirella* sp., *Spirillina* sp., *Ophtalmidium* sp., *Miliolida* sp. (Infaunal) در درون رسوبات و در شرایطی که اکسیژن به علت اکسید شدن مواد آلی کاهش یافته زندگی می کنند. این گروه نسبت به کاهش میزان اکسیژن بسیار مقاوم بوده و در محیط های عمیق و کم اکسیژن در نزدیکی سطح رسوب و در شرایط اکسیژنی در درون رسوب قرار دارند[۷و۹] از نمونه های این فونال موجود در برش های مورد مطالعه می توان به جنس های *Textularia* sp., *Lenticulina* sp., *Nodosaria* sp., *Dentalina* sp., *Valvulina* sp.اشاره کرد. جوریسن و همکارانش[۱۰] ارتباط بین عمق نفوذ اکسیژن و مواد آلی را بررسی کردند و الگوی پراکنش فرامینیفرهای بنتیک را ارائه دادند. در این الگو محیط به سه بخش الیگوتروفیک (Oligotrophic)، مزوتروفیک (Mesotrophic) و یوتروفیک (Eutrophic) تقسیم می شود که محیط الیگوتروفیک نشان دهنده شرایط دارای اکسیژن فراوان و مواد آلی کم می باشد که معمولاً گونه های اپی فونال افزایش می یابند. شرایط یوتروفیک معمولاً در طول حاشیه قاره ای، نواحی بالا رونده (Upwelling) ایجاد می شود که در این شرایط میزان مواد غذایی بالا و مقدار اکسیژن پایین می باشد که گونه های این فونال فراوان می شوند[۹و ۱۰] . محیط مزوتروفیک مناسب ترین بخش از زیستگاه موجودات را تشکیل می دهد که دارای میزان اکسیژن و مواد آلی در سطح متوسط است که بیشترین فراوانی گونه ها در این محیط می باشد. از این رو می توان آن را به سه گروه low Mesotrophic، Mesotrophic و high Mesotrophic تقسیم کرد بنابراین، بررسی تغییرات فراوانی گونه های سطح زی و درون زی نشان دهنده تغییرات محیطی است که با توجه به مدل ارائه شده توسط جوریسن و همکارانش[۱۰] می توان تغییرات محیطی را برای برش چینه شناسی تعیین نمود.

۳-۲- بازسازی درجه اکسیژن و میزان مواد غذایی سازند دلیچای در برش پریخان

در برش پریخان مرز بین سازند شمشک و سازند دلیچای با یک ناپیوستگی فرسایشی (Disconformity) به صورت یک افق هوازده سرخ رنگ در ماسه سنگ مشاهده می‌شود. بعد از آن شیل و مارن تیره رنگ قرار می‌گیرد که دارای تعداد بیشماری از فرامینیفرهای بنتیک دارای پوسته پورسلانوز بخصوص خانواده میلیولیده با اندازه کوچک و پوسته نازک در مقاطع نازک، آثار حفاری کرم (ورم تیوب) و همچنین پلوئید های با اندازه کوچک و گرد نشده که موید دو میکروفاسیس مارنی و پلوئیدا (P1) (P2) در برش پریخان است. بررسی نسبت فرامینیفرهای بنتیک اپی فونال به این فونال (Epi/Infunal)مانند *Ophthalmidium* sp. و *Triloculina* sp.و *Quinqluqulina* sp. و *Glomospira* sp.، تنوع و فراوانی نسبتا خوبی از فرامینیفرهای بنتیک موید پیشروی تدریجی سطح آب برای نهشته‌های انتهای باژوسین و ایجاد یک مزوتروفیک با اکسیژن و میزان مواد غذایی متوسط برای سازند دلیچای در برش مورد مطالعه است [۱۳،۱۴و۱۵] . (Plate I , شکل ۳) رصد فرامینیفرهای بنتیک اپی فونال به این فونال (Epi/Infunal)در نمونه شماره ۹ (متراژ ۵۰ متری) کاهش قابل توجهی یافته و ظهور و فراوانی از فرامینیفرهای پلانکتون *Globigerina* sp.مشاهده می گردد. این متراژ معادل میکروفاسیس P3 (پلسی پود فیلامنت رادیولر وکستون) از برش پریخان است که در آن خرده هایی از اسپیکول اسفنج (کمتر از ۵ درصد) در زمینه گل آهکی قرار گرفته اند. همچنین بایوتوربیشن و کانی های گلوکونیت و فسفات در این میکروفاسیس مشاهده می گردند. ذرات و پوسته خرد نشده دوکفه ای Posidoniaدر برش مورد مطالعه موید محیط آرام است و احتمالا به صورت برجا نهشته شده است[۳] . فراوانی رادیولر ها غیر از شرایط تافونومی می تواند وابسته به میزان شرایط eutrophictionدر طول ستون آب باشد[۱۶] . بنابراین ارتباط نزدیک دوکفه ای Posidoniaو رادیولاریت ها می تواند به عنوان شاخصی برای شرایط یوتروفیکیشن eutrophication باشد[۱۶] . تمام شرایط ذکر شده نشان از افزایش میزان تولید و حفظ شدگی خوب مواد آلی در یک محیط یوتروپیک در مرز باژوسین – باتونین است(شکل ۳). از نمونه شماره ۱۰ تا نمونه شماره ۱۸ معادل با بخش ۳ از برش پریخان (لایه های مارنی با میان لایه آهک قهوه ای رنگ) درصد بالایی رادیولار به همراه سوزن های اسفنج (اسپیکول) با زمینه میکرایتی مشاهده می شود که معادل میکروفاسیس P4: بایوکلست وکستون (Bioclast Wackestone) و میکروفاسیس P5: رادیولار اسپیکول وکستون (Radiolaria Spicule Wackestone) است. از اجزای فرعی این دو میکروفاسیس می توان به وجود گاستروپودهایی با دیواره بسیار نازک، فرامینیفرهای پلانکتونیک و درصد پایینی از دوکفه ای های پوزیدونیا اشاره کرد. عمدتا وجود رادیولر ها در مارن های سبز رنگ نشان دهنده شرایط نیمه اکسیژن دار (dysoxic)و حضور مواد آلی در رسوبات است[۳] .با توجه به درصد بالای رادیولار، اسپیکول و نیز وجود فرامینیفرهای پلانکتون ، افزایش فرم های بنتیک اپی فونال به این فونال (Epi/Infunal)و فراوانی فرم های اینفونال عمیق *Nodosaria* sp., *Dentalina* sp به همراه کاهش تنوع فرامینیفرهای بنتیک می تواند معرف محیط مزوتروپیک بالا (high Mesotrophic)برای نهشته های سازند دلیچای در محدوده زمانی باتونین باشد (Plate I ,شکل ۳).

ددر نمونه شماره ۱۸ رادیولارها نسبت به اسپیکول ها از درصد بالاتری برخوردار هستند و حجم بالایی از نمونه را تشکیل می دهند. از اجزای فرعی میکروفاسیس رادیولار اسپیکول وکستون (Radiolaria Spicule Wackestone) می توان به وجود دوکفه ای پوزیدونیا اشاره کرد (شکل ۲). وجود درصد بالای رادیولر به همراه دوکفه ای های پوزیدونیا ، درصد نسبتا بالایی از فرامینیفرهای بنتیک این فونال به اپی فونال و کاهش تنوعی از فرامینیفرهای بنتیک نشان دهنده شرایط یوتروپیک در مرز باتونین – کالووین است. معادل با بخش آهکی(بخش ۴) سازند دلیچای در برش پریخان از نمونه شماره ۲۰ تا ۲۹ در میکروفاسیس P4: بایوکلست وکستون (Bioclast Wackestone) قرار می گیرد. اجزای این میکروفاسیس شامل درصد بالایی رادیولار به همراه سوزن های اسفنج (اسپیکول) به همراه قطعاتی از ماکروفسیل (امونیت و اکینوئیدو..) و بریوزوا در زمینه میکرایتی است. بطور کلی با توجه به افزایش تدریجی از فرم های اپی فونال و تنوع فرامینیفرها و وجود اثر فسیلی *Zoophycus*می توان یک محیط تقریبا نیمه اکسیژنی (Dysoxic) و شرایط low Mesotrophicدر طول کالووین در نظر گرفت[۳] . از نمونه شماره ۲۹ تا انتهای برش افزایش فرامینیفرهای اپی فونال و افزایش تنوع فرامینیفرها در لیتولوژی آهکی مشاهده می شود که موید شرایط الیگوتروپیک است (شکل ۳).



شکل ۳ : فاکتور های موثر در تفسیر میزان اکسیژن و مواد غذایی محیط دیرینه در طول ستون چینه شناسی برش پریخان. A: میکروفاسیس های برش پریخان، B: (P/B: Plankton/Bentic) ،C: (Epi/In: Epifaunal/Infaunal) ،D: (In Shallow/In Deep) ،E: (Abundance)، F: درصد فراوانی، G: درصد تنوع، (Diversity) : تغییرات میزان مواد غذایی در برش پریخان.

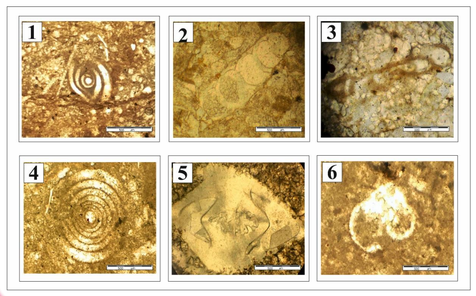


Plate I: 1) *Ophthalmidium* sp.; 2) *Nodosaria* sp. ; 3)*Glomospirella* sp.; 4) *Cornuspira* sp.;5) *Lenticulina* sp.; 6) *Globuligerina* sp.

نتیجه گیری

برای بررسی میزان مواد غذایی در طی نهشته شدن سازند دلیچای در برش پریخان از مطالعات میکروفاسیسی و شواهد فسیلی مانند تنوع وفراوانی فرامینیفرها، نسبت فرم های اپی فونال به این فونال، نسبت فرم های این فونال سطحی به این فونال عمقی استفاده شد. بررسی نسبت فرامینیفرهای بنتیک اپی فونال به این فونال (Epi/Infunal)تنوع و فراوانی فرامینیفرهای بنتیک موید یک محیط مزوتروفیک با اکسیژن و میزان مواد غذایی متوسط برای نهشته‌های انتهای باژوسین است. کاهش قابل توجهی درصد فرامینیفرهای بنتیک اپی فونال به این فونال (Epi/Infunal)و ظهور و فراوانی از فرامینیفرهای پلانکتون *Globigerina* sp. همراه با ذرات و پوسته خرد نشده دوکفه ای Posidonia و فراوانی رادیولر نشان از افزایش میزان تولید و حفظ شدگی خوب مواد آلی در یک محیط یوتروپیک در مرز باژوسین – باتونین است. در محدوده زمانی باتونین بر مبنای درصد بالای رادیولار، اسپیکول و نیز وجود فرامینیفرهای پلانکتون ، افزایش فرم های بنتیک اپی فونال به این فونال (Epi/Infunal)و فراوانی فرم های اینفونال عمیق *Nodosaria* sp., *Dentalina* sp به همراه کاهش تنوع فرامینیفرهای بنتیک می توان یک محیط مزوتروپیک بالا (high mesotrophic)برای نهشته های سازند دلیچای در نظر گرفت. همچنین وجود درصد بالای رادیولر به همراه دوکفه ای های پوزیدونیا ، درصد نسبتا بالایی از فرامینیفرهای بنتیک این فونال به اپی فونال و کاهش تنوعی از فرامینیفرهای بنتیک نشان دهنده شرایط یوتروپیک در مرز باتونین – کالووین است. به تدریج در نهشته های آهکی انتهای سازند دلیچای در برش مورد مطالعه قطعاتی از ماکروفسیل (امونیت و اکینوئیدو..) و بریوزوا با زمینه میکرایتی مشاهده می گردد که این شرایط به همراه اثر فسیلی *Zoophycus*می توان یک محیط تقریبا نیمه اکسیژنی (Dysoxic) و شرایط low Mesotrophic تا الیگوتروپیک را در محدوده کالووین در نظر گرفت.

منابع

[۱] . آقانباتی، ع.، ۱۳۸۳، زمین‌شناسی ایران. تهران: سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
[۲] .Dunham, R. J. 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In W. E. Ham (Ed.) Classification of Carbonate Rocks (pp. 108–121). New York: Memoir American Association of Petroleum Geologists Bulletin no. 1.
[۳] .Renata, J and Daniela, R, 2019 Middle to Late Jurassic carbonate-biosiliceous sedimentation and palaeoenvironment in the Tethyan Fatricum Domain, Krížna Nappe, Tatra Mts, Western Carpathians
Annales Societatis Geologorum Poloniae , vol. 89: 1 – 46.
[۴] .Shahin, A., 1992. Contribution to the foraminifera biostratigraphy and paleobathymetry of the late Cretaceous and early Tertiary in the western central Sinai Egyt. Revwe de micropaleontologic, 35, 157- 175.
[۵] Berger, W. H., and Diester Haass. L., 1988. Paleoproductivity; the bentic/planktonic raito in foraminifera as a productivity index; Marine Geology. 81, 1- 4.
[۶] Van der Zwaan, G. J., Duijnstee, I. A. P., Den Dulk, M., Ernst, S. R., Jannink, N. T., Kouwenhoven, T. J., 1999. Benthic foraminifers: proxies or problem? A review of paleoecological concepts. Earth-Science Reviews, 46: 213–236.
[۷] Nigam. R., and Henriquens P.J., 1992. Planktonic percentage of foraminiferal fauna in surface sediments of the Arabian Sea (Indian Ocean) and a regional model for paleodepth determination; Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 91, 89- 98.
[۸] Holbourn, A., Kuhnt. W., Soeding. E., 2001. Atlantic paleobathymetry, Paleoproductivity and Paleocirculation in the Late Albian: the bentic foraminiferal record. Paleo 3, 170, 171- 169.
[۹] Van Hinsbergen D. J. J., Kouwenhoven T,J., and Van der zwaan G. J., 2005. Paleobathymetry in the backstripping procedure: distinguishing between tectonic and climatic effects on depth estimates; Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 221, 245- 265.
[۱۰] Jorissen, F. J., De Stigter, H. C., Widmark, J. G. V., 1995. A conceptual model explaining benthic foraminiferal habitats. Marine Micropaleontology, 26: 3–15.
[۱۱] Jozsa, S., 2017. Deep wate agglutina foraminifera from the Jurassic /cretaceous boundary and paleoenviromental settings of the Mailica type facies the Czorstyn ridge. Research in Paleontology and Stratigraphy, vol. 123(3): 395-405.
[۱۲] Dasmann, R. F., 1968. A Different Kind of Country. MacMillan Company, New York.
[۱۳] Riding J.B. 1984. Dinoflagellate cyst range-top biostratigraphy of the uppermost Triassic to lowermost Cretaceous of northwest Europe. Palynology 8, 195–210.
[۱۴] 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.
[۱۵] 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.
[۱۶] Baumgartner, p., 2013. Mesozoic radiolarites - accumulation as a function of sea surface fertility on Tethyan margins and in ocean basins. Sedimentology · January 2013