

چینه‌نگاری سکانسی و زیست‌چینه‌نگاری سازند گورپی در شمال میدان نفتی گچساران، جنوب غرب ایران

ساسان بختیاری‌نژاد^۱، سیدعباس نجفی^{۲*}، سیما عامری^۳

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد زمین‌شناسی نفت، گروه زمین‌شناسی نفت و حوضه‌های رسوبی، دانشکده علوم‌زمین، دانشگاه شهیدچمران اهواز، اهواز، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی‌ارشد مهندسی نفت گرایش اکتشاف، گروه مهندسی نفت، دانشکده نفت آبادان، دانشگاه صنعت نفت، آبادان، ایران

۳- دانشجوی کارشناسی‌ارشد سنجش از دور زمین‌شناختی، گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم‌زمین، دانشگاه شهیدچمران اهواز، اهواز، ایران

Email: abbas.najafi@ait.put.ac.ir

چکیده

در این مطالعه، نانوپلانکتون‌های آهکی و سکانس‌های رسوبی سازند گورپی در حوضه زاگرس مورد بررسی قرار گرفتند. نمونه‌برداری از برش‌های گورپی در جنوب غرب ایران (شمال میدان نفتی گچساران) انجام شد و ۱۶ جنس و ۲۱ گونه نانوپلانکتون آهکی شناسایی گردید. بر اساس طبقه‌بندی‌های Sissingh (1977)، ۱۱ طبقه زیستی از سنن سانتونین پسین تا ماستریختین پسین تعیین شد که نشان داد که حوضه رسوب‌گذاری سازند گورپی در این برهه زمانی در عرض‌های جغرافیایی پایین با شرایط آب و هوایی گرم قرار داشته است. همچنین، با استفاده از روش‌های PEFA و INPEFA، چهار سکانس رسوبی مرتبه سوم در میدان نفتی گچساران شناسایی شد. در این تحلیل‌ها، نرخ رسوب‌گذاری و مدت زمان تقریبی تشکیل هر سکانس با استفاده از داده‌های چاه‌نمودار اشعه گاما و تحلیل MESA محاسبه گردید. این تحقیق در حوزه پیش‌بینی روند رسوب‌گذاری و اکتشاف منابع هیدروکربوری بسیار حائز اهمیت است.

کلیدواژه‌ها: نانوپلانکتون‌های آهکی، چینه‌نگاری سکانسی، سازند گورپی، طبقه‌بندی زیستی، تحلیل MESA.

Sequence Stratigraphy and Biostratigraphy of the Gurpi Formation in the North of the Gachsaran Oil Field, Southwest Iran

Sasan Bakhtiari Nejad¹, SeyedAbbas Najafi^{2*}, Sima Ameri³

1- M. Sc student in Petroleum Geology, Department of Petroleum Geology & Sedimentary Basins, Faculty of Earth Sciences, Shahid Chamran University of Ahwaz, Ahwaz, Iran

2- M. Sc student in Petroleum Engineering - Exploration, Department of Petroleum Engineering, Abadan Faculty of Petroleum, Petroleum University of Technology, Abadan, Iran

3- M. Sc student in Geological Remote Sensing, Department of Remote Sensing & GIS, Faculty of Earth Sciences, Shahid Chamran University of Ahwaz, Ahwaz, Iran

Email: abbas.najafi@ait.put.ac.ir

Abstract

In this study, calcareous nannoplankton and sedimentary sequences of the Gurpi Formation in the Zagros Basin were examined. Sampling was conducted from Gurpi sections in the southwest of Iran (north of the Gachsaran oil field), where 16 genera and 21 species of calcareous nannoplankton were identified. According to Sissingh's (1977) classifications, 11 biostratigraphic zones ranging from Late Santonian to Late Maestrichtian were established, indicating that the depositional basin of the Gurpi Formation during this period was situated at low latitudes with warm climatic conditions. Furthermore, using PEFA and INPEFA methods, four third-order sedimentary sequences were identified in the Gachsaran oil field. In these analyses, the sedimentation rate and the approximate duration of each sequence were calculated using gamma-ray well logs and MESA analysis. This study is highly significant in predicting sedimentation trends and hydrocarbon resource exploration.

Keywords: Calcareous Nannoplankton, Sequence Stratigraphy, Gurpi Formation, Biostratigraphic Classification, MESA Analysis.

مقدمه

کمر بند چین خورده زاگرس بخشی از کمر بند کوهزایی آلپ-همالیا با روند شمال غربی به جنوب شرقی است که ساختار زمین شناسی آن شامل تاقدیس های نزدیک به هم و فشرده با سطوح محوری عمده قائم است. این حوضه، شامل استان های خوزستان، بخش هایی از فارس و لرستان، ضخامت رسوبی قابل توجهی دارد که در محیط دریایی و با رخساره های متنوع رسوب گذاری شده است (آقاباتی، ۱۳۸۳). سازند گورپی، یکی از این سازندها در کرتاسه پسین، عمده تا از مارن و شیل خاکستری مایل به آبی به همراه لایه های سنگ آهکی تشکیل شده و به عنوان یکی از سنگ های منشأ و پوش سنگ در فروافتادگی دزفول اهمیت دارد (مطیعی، ۱۳۷۲؛ مهدی پور و همکاران، ۱۳۹۱). تعیین سن سازند گورپی نشان دهنده تنوع منطقه ای است؛ به طوری که در لرستان سن قاعده آن کامپاین و حد بالای پالئوسن، اما در فارس و خوزستان سن قاعده سانتونین و حد بالای ماستریختین تعیین شده است (درویش زاده، ۱۳۷۰). نانوپلانکتون های آهکی، که شاخص های زیستی مهمی در رسوبات کربناته اند، در این سازند بررسی شده اند. این فسیل ها، که اغلب در شیل ها و مارن ها حفظ می شوند، نقش کلیدی در طبقه بندی زیستی و تعیین سن نسبی دارند (بداتی و همکاران، ۱۳۹۲). سکانس رسوبی به مجموعه ای از لایه های رسوبی گفته می شود که در یک بازه زمانی مشخص تحت تأثیر تغییرات سطح دریا، فعالیت های تکتونیکی و الگوهای رسوب گذاری تشکیل شده اند (Vail et al., 1977). این توالی ها با سطوح ناپیوستگی از یکدیگر جدا می شوند؛ این سطوح بیانگر توقف در رسوب گذاری یا فرسایش بوده و نقش کلیدی در بازسازی تاریخچه زمین شناسی مناطق دارند (Sloss, 1963). چینه نگاری سکانسی (Sequence Stratigraphy)، روشی برای تحلیل این توالی هاست که تغییرات سطح دریا و روند تکاملی حوضه های رسوبی را بررسی می کند و در اکتشاف منابع هیدروکربوری اهمیت بالایی دارد (Catuneanu et al., 2009; Posamentier & Allen, 1999). سکانس های رسوبی از سه مرحله اصلی تشکیل شده اند: بخش سامانه های تراز پایین (LST)، بخش سامانه های بالارونده (TST) و بخش سامانه های تراز بالا (HST)، که هر کدام منعکس کننده شرایط خاص محیط رسوبی هستند (Catuneanu et al., 2009). نرم افزار CycloLog برای بررسی چینه نگاری سکانسی، چینه نگاری اقلیمی (Climate Stratigraphy) و چینه نگاری چرخه ای (Cyclo Stratigraphy) مبتنی بر داده های چاه پیمایی استفاده می شود. این نرم افزار بر اساس چاه نمودارهای حساس به رخساره، به ویژه نمودار اشعه گاما (Gamma Ray Log)، آنالیزهایی نظیر فیلتر خطای پیش بینی (PEFA)، فیلتر خطای پیش بینی یکپارچه (INPEFA)، و آنالیز طیفی آنتروپی حداکثر (MESA) را امکان پذیر می کند. این ابزار تحلیلی در بهبود مطالعات چینه نگاری، رسوب شناسی و اکتشافات هیدروکربوری بسیار ارزشمند خواهند بود.

بحث

موقعیت و زمین شناسی منطقه

منطقه مورد مطالعه در جنوب غربی ایران در زاگرس و در ۲۵ کیلومتری شمال گچساران واقع شده است. این منطقه بین طول های جغرافیایی $50^{\circ}40'$ الی $50^{\circ}48'$ و بین عرض های جغرافیایی $31^{\circ}30'$ الی $30^{\circ}38'$ در حفاصل بین تاقدیس های خامی و دیل قرار گرفته است. دسترسی به منطقه و برش مورد نظر از طریق جاده گچساران-دهدشت امکان پذیر است. نمونه برداری در این برش از قاعده گورپی تا رأس گورپی که مرز سازندهای گورپی-پابده است و با تغییر رنگ شیل خاکستری در گورپی به شیل ارغوانی در پابده مشخص می شود، انجام گرفته شد. ضخامت سازند گورپی در برش مورد مطالعه حدود ۱۹۰ متر تخمین زده شده و از لحاظ سنگ شناسی از شیل و میان لایه های مارن و سنگ آهک تشکیل شده است.

روش کار

به منظور انجام مطالعات زیست چینه نگاری تعداد ۵۰ نمونه با فواصل حداقل یک متر و حداکثر چهار متر از قاعده سازند گورپی تا رأس آن (مرز گورپی-پابده) بصورت سیستماتیک برداشت شد و در آزمایشگاه به روش اسمیر اسلاید (Smear slide) (Bown & Young, 1988) آماده سازی لازم روی نمونه ها انجام شد. روش اسمیر اسلاید شامل پنج مرحله به شرح زیر می باشد:

مرحله اول: جمع‌آوری نمونه‌های رسوبی از برش موردنظر.

مرحله دوم: آماده‌سازی هر نمونه به صورت لایه‌ای نازک روی اسلایدهای شیشه‌ای.

مرحله سوم: خشک‌شدن اسلایدها در دمای اتاق.

مرحله چهارم: رنگ‌آمیزی اسلایدها با رنگ‌های خاص برای بهتر دیده‌شدن نانوفسیل‌ها.

مرحله پنجم: بررسی اسلایدها زیر میکروسکوپ نوری و شناسایی نانوفسیل‌های موجود.

نرم‌افزار سیکلولوگ با ارائه روش PEFA از پنجره متحرک برای تحلیل داده‌های چاه‌پیمایی استفاده می‌کند. این پنجره به طور همزمان فقط تعداد مشخصی از داده‌ها را بررسی می‌کند و سپس به صورت مرحله‌به‌مرحله روی سری زمانی داده‌ها حرکت می‌کند. در هر موقعیت، داده‌های درون پنجره با استفاده از ضرایب ریاضی محاسبه می‌شوند تا مقدار بعدی پیش‌بینی شود. سپس این مقدار پیش‌بینی شده با مقدار واقعی مقایسه می‌شود و اختلاف آن‌ها به عنوان خطای پیش‌بینی ثبت می‌گردد. این فرآیند در طول داده‌ها تکرار می‌شود و هر جا که خطای پیش‌بینی زیاد باشد، نشان‌دهنده یک تغییر یا ناپیوستگی مهم در داده‌ها است. این ناپیوستگی‌ها می‌توانند اطلاعات ارزشمندی درباره تغییرات زمین‌شناسی مانند وقفه در رسوب‌گذاری یا تغییر نوع سنگ ارائه دهند. منحنی INPEFA با یکپارچه‌سازی و نرمال‌سازی منحنی PEFA به دست می‌آید و روندها و نقاط عطفی را نمایش می‌دهد که در داده‌های اولیه چاه‌پیمایی دیده نمی‌شوند. روندهای مثبت و منفی این منحنی نشان‌دهنده اختلاف سیستماتیک بین پیش‌بینی فیلتر خطی و مقدار واقعی هستند. نقاط عطف نیز انتقال بین این روندها را مشخص می‌کنند. در بیانی دیگر روندهای مثبت در این منحنی نشانگر بخش سامانه‌های بالارونده (TST)، روندهای منفی نشانگر بخش سامانه‌های تراز بالا (HST) و نقاط عطف نیز بسته به نحوه حضورشان نشانگر مرز سکانس (SB) یا سطح پیشینه پیشروی دریا (MFS) خواهند بود. این منحنی برای همبستگی دقیق لایه‌های زمین‌شناسی بین چندین چاه استفاده می‌شود و امکان تحلیل تغییرات و ارتباطات لایه‌ها با وضوح بالا را فراهم می‌کند (Nio et al., 2014). چرخه‌های میلانکوویچ به تغییرات دوره‌ای در مدار زمین و محور چرخش آن اشاره دارند که بر مقدار و توزیع نور خورشید دریافتی در زمین تأثیر می‌گذارد. این چرخه‌ها شامل سه مؤلفه اصلی هستند:

مؤلفه اول: خروج از مرکز مداری (Eccentricity): تغییرات در شکل مدار زمین از دایره‌ای به بیضوی، با دوره‌های حدود ۱۰۰ هزار سال (کوتاه) و ۴۱۳ هزار سال (بلند).

مؤلفه دوم: انحراف محوری (Obliquity): تغییر در زاویه شیب محور زمین نسبت به مدارش، با دوره‌ای حدود ۴۱ هزار سال.

مؤلفه سوم: پیشروی محوری (Precession): تغییر جهت محور چرخش زمین، با دوره‌های حدود ۱۹ و ۲۳ هزار سال.

این چرخه‌ها باعث تغییرات اقلیمی بلندمدت مانند تناوب عصرهای یخبندان و گرمایش زمین می‌شوند و اثرات آن‌ها در رسوبات زمین‌شناسی و داده‌های چاه‌نگاری قابل ردیابی است. روش MESA در تحلیل چرخه‌های میلانکوویچ بسیار کاربردی است. این روش با تجزیه داده‌ها به مجموعه‌ای از موج‌های ساده، مانند سینوسی و کسینوسی، قادر است تغییرات در فرکانس‌ها و طول موج‌های مرتبط با چرخه‌های مختلف مانند انحراف محوری، پیشروی محوری و خروج از مرکز مداری را شناسایی کند. MESA با تکیه بر اصول چرخه‌های میلانکوویچ و بکارگیری چاه‌نمودارهای حساس به رخساره (به خصوص چاه‌نمودار اشعه گاما)، مجموعه‌ای از طیف‌های حاصل از تجزیه چاه‌نمودار اشعه گاما را در قالب یک تصویر نمایش می‌دهد. در این تصویر ۵ منحنی اصلی که بیانگر ۵ چرخه میلانکوویچ هستند مشاهده می‌شوند. طیف‌های موجود در تصویر به سه رنگ آبی، زرد و قرمز بوده که به ترتیب بیانگر شدت وقوع چرخه‌ها می‌باشند. ممکن است برخی از چرخه‌ها بصورت پیوسته در تصویر نباشند که این به معنی عدم وجود آن چرخه در تصویر خواهد بود. در چرخه‌های میلانکوویچ، چرخه‌های خروج از مرکز مداری (Eccentricity)، به‌ویژه چرخه کوتاه‌مدت (حدود ۱۰۰ هزار سال)، اهمیت ویژه‌ای در ثبت رسوب‌گذاری دارند. این چرخه، تغییرات بزرگی در میزان تابش دریافتی زمین ایجاد می‌کند و به عنوان عامل اصلی تناوب بین دوره‌های یخبندان و بین‌یخبندان شناخته می‌شود. بنابراین جهت تعیین نرخ رسوب‌گذاری بایستی به

طیف‌های قرمز رنگ در منحنی چرخه ۱۰۰ هزار ساله توجه نمود. با دنبال کردن این طیف‌ها در هر متر از چاه، می‌توان به اطلاعاتی از قبیل نرخ رسوب گذاری دست یافت (Nio et al., 2014). این شاخص تعیین می‌کند در هر متر از چاه حفاری شده، رسوب گذاری با چه آهنگی در حال وقوع بوده است. یکای این شاخص، متر بر هزار سال (m/Ka) می‌باشد. با در دست داشتن میزان ضخامت یک سکانس رسوبی و تقسیم آن بر میانگین نرخ رسوب گذاری همان سکانس، می‌توان مدت زمان تقریبی تشکیل آن سکانس را محاسبه نمود. در این مطالعه از داده‌های چاه‌نمودار اشعه گاما متعلق به دو چاه A و B واقع در یال شمالی میدان نفتی گچساران بهره گرفته شد.

به منظور شناسایی و تفکیک واحدهای زمانی مختلف در تاریخ زمین‌شناسی از طبقه‌بندی استفاده می‌شود. طبقه‌بندی زیستی بر اساس حضور و غیاب فسیل‌های مختلف در لایه‌های زمین‌شناسی انجام می‌شود. این فسیل‌ها به عنوان شاخص‌های زمانی عمل می‌کنند و به محققان امکان می‌دهند تا سن لایه‌های مختلف را تعیین کنند و تغییرات زیستی و محیطی را در طول زمان بررسی کنند. از جمله طبقه‌بندی‌های دقیق و استاندارد جهانی برای کرتاسه طبقه‌بندی Sissingh (1977) است. در این مطالعه طبقه‌بندی‌ها، بر اساس اولین حضور (First Occurrences) که به اختصار به صورت FO نیز نوشته می‌شود و آخرین حضور (Last Occurrences) که به اختصار بصورت LO نیز نوشته می‌شود، تعیین شد. همچنین در نام گذاری واحدهای زیستی (Biozones) اختصار CC بیانگر Cocoliths Cretaceous از طبقه‌بندی Sissingh (1977) می‌باشد. تعریف هر طبقه به شرح زیر برقرار است:

CC16: *Lucianorhabdus cayeuxii* zone

این طبقه به سن سانتونین پسین با اولین حضور گونه *Lucianorhabdus cayeuxii* شروع شده و تا اولین حضور گونه *Calculites obscures* ادامه دارد.

CC17: *Calculites obscurus* zone

این طبقه به سن سانتونین پسین - کامپانین پیشین با اولین حضور گونه *Calculites obscures* شروع شده و تا اولین حضور گونه *Aspidolithus parvus* ادامه دارد.

CC18: *Aspidolithus parvus* zone

این طبقه به سن کامپانین پیشین با اولین حضور گونه *Aspidolithus parvus* شروع شده و تا آخرین حضور گونه *Marthasterites furcatus* ادامه دارد.

CC19: *Calculites ovalis* zone

این طبقه به سن کامپانین با آخرین حضور گونه *Marthasterites furcatus* شروع شده و تا اولین حضور *Ceratolithoides aculeus* ادامه دارد.

CC20: *Ceratolithoides aculeus* zone

این طبقه به سن کامپانین با اولین حضور گونه *Ceratolithoides aculeus* شروع شده و تا اولین حضور گونه *Quadrum sissinghi* ادامه دارد.

CC21: *Quadrum sissinghi* zone

این طبقه به سن کامپانین با اولین حضور گونه *Quadrum sissinghi* شروع شده و تا اولین حضور گونه *Quadrum trifidus* ادامه می‌یابد.

CC22: *Quadrum trifidum* zone

این طبقه به سن کامپانین با اولین حضور گونه *Quadrum trifidus* شروع شده و تا آخرین حضور گونه *Reinhardtites anthophorus* ادامه دارد.

CC23: *Tranolithus phacelosus* zone

این طبقه به سن ماستریشتین پیشین با آخرین حضور گونه *Reinhardtites anthophorus* شروع شده و تا آخرین حضور گونه *Tranolithus phacelosus* ادامه دارد.

CC24: *Reinhardtites levis* zone

این طبقه به سن ماستریشتین پیشین با آخرین حضور گونه *Tranolithus phacelosus* شروع شده و تا آخرین حضور گونه *Reinhardtites levis* ادامه می‌یابد.

CC25: *Arkhangelskiaceae cymbiformis* zone

این طبقه به سن ماستریشتین پسین با اولین حضور گونه *Arkhangelskiella cymbiform* شروع شده و تا اولین حضور گونه *Nephrolithus frequens* ادامه دارد.

CC26: *Nephrolithus frequens* zone

این طبقه به سن ماستریشتین پسین با اولین حضور گونه *Nephrolithus frequens* شروع شده و تا آخرین حضور گونه *Nephrolithus frequens* ادامه دارد.

زون‌های شناسایی شده در این برش که شامل زون CC16 تا زون CC26 است، که سنی معادل سانتونین پسین - ماستریشتین پسین را نشان می‌دهد. گونه *micula prinsii* که نشانگر بالاترین بخش ماستریشتین پسین است و در مرز کرتاسه - پالئوژن نیز گزارش شده است، در نمونه‌های مطالعه شده در رأس گورپی مشاهده شد.

بررسی منحنی‌های PEFA و INPEFA در سازند گورپی منجر به شناسایی چهار سکانس رسوبی مرتبه سوم (3rd order sequence) گردید که به قرار زیر می‌باشند:

سکانس اول

این سکانس در چاه A دارای (۹ متر) و در چاه B دارای (۶ متر) ضخامت بوده و دربرگیرنده بخش سامانه‌های تراز بالا (HST) می‌باشد. بخش سامانه‌های پیش‌رونده (TST) این سکانس را بایستی در سازند ایلام جستجو نمود.

سکانس دوم

این سکانس در هر دو چاه دارای (۴۷ متر) ضخامت بوده و دربرگیرنده بخش سامانه‌های پیش‌رونده (TST) و بخش سامانه‌های تراز بالا (HST) می‌باشد. براساس نتایج آنالیز طیفی آنتروپی حداکثر (MESA)، در چاه A، میانگین نرخ رسوب گذاری این سکانس برابر با ۰.۰۲۶۷ متر بر هزارسال (۲.۶۷ سانتی‌متر بر هزارسال) و مدت زمان تقریبی تشکیل آن نیز برابر با ۱.۷۵۵ میلیون‌سال بوده و در چاه B، میانگین نرخ رسوب گذاری این سکانس برابر با ۰.۰۲۵۷ متر بر هزارسال (۲.۵۷ سانتی‌متر بر هزارسال) و مدت زمان تقریبی تشکیل آن نیز برابر با ۱.۸۱۰ میلیون‌سال می‌باشد.

سکانس سوم

این سکانس در هر دو چاه دارای (۳۹ متر) ضخامت بوده و دربرگیرنده بخش سامانه‌های پیش‌رونده (TST) و بخش سامانه‌های تراز بالا (HST) می‌باشد. به دلیل محدودیت آنالیز طیفی آنتروپی حداکثر (MESA) در پوشش‌دهی کامل سکانس‌ها، آنالیز تنها بر روی بخش سامانه‌های پیش‌رونده (TST) این سکانس صورت پذیرفت و مشخص شد که در چاه A، میانگین نرخ رسوب گذاری این بخش برابر با ۰.۰۳۴۹ متر بر هزارسال (۳.۴۹ سانتی‌متر بر هزارسال) و مدت زمان تقریبی تشکیل آن نیز برابر با ۷۱۲.۲۲ هزارسال بوده و در چاه B، میانگین نرخ رسوب گذاری این بخش برابر با ۰.۰۳۵۳ متر بر هزارسال (۳.۵۳ سانتی‌متر بر هزارسال) و مدت زمان تقریبی تشکیل آن نیز برابر با ۶۹۸.۶۳ هزارسال می‌باشد.

سکانس چهارم

این سکانس در هر دو چاه دارای (۲ متر) ضخامت بوده و دربرگیرنده بخش سامانه‌های پیش‌رونده (TST) می‌باشد. بخش سامانه‌های تراز بالا (HST) این سکانس را بایستی در سازند پابده جستجو نمود. لازم به ذکر است که مرز دو سازند گورپی و پابده در این سکانس، بوسیله منحنی PEFA بصورت ناپیوستگی (Unconformity) مشاهده گردید.

نتیجه‌گیری

بررسی‌های زیست‌چینه‌نگاری و چینه‌نگاری سکانشی سازند گورپی در برش مورد مطالعه، با استفاده از داده‌های نانوپلاتکتون‌های آهکی و چاه‌نمودار اشعه گاما، به شناسایی چهار سکانس رسوبی مرتبه سوم انجامید. نتایج آنالیزهای PEFA و INPEFA نشان‌دهنده روندهای رسوب گذاری

(بخش‌های سامانه‌های پیش‌رونده (TST) و تراز بالا (HST)) و نقاط عطف کلیدی (سطوح پیشینه پیشروی دریا (MFS) و مرز سکانس (SB)) است. بر اساس آنالیز طیفی چرخه‌های میلانکوویچ (MESA)، نرخ رسوب گذاری در سکانس‌ها بین ۲.۵۷ تا ۳.۵۳ سانتی متر بر هزارسال متغیر بوده و مدت زمان تشکیل آن‌ها از ۰.۷ تا ۱.۸ میلیون سال تخمین زده شد. همچنین تطابق بین نانوپلانکتون‌های شاخص و طبقه‌بندی Sissingh (1977) نشان داد که سن سازند گورپی در منطقه مورد مطالعه از سانتونین پسین تا ماستریشتین پسین متغیر و حوضه رسوب گذاری آن در این برهه زمانی در عرض‌های جغرافیایی پایین با شرایط آب و هوایی گرم قرار داشته است.

منابع

- آقاباتی، س.ع، ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران، چاپ اول، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ۶۴۰ ص.
- بدایقی، ف.، هادوی، ف.، رحیمی، ب.، ۱۳۹۲. زیست‌چینه‌نگاری و پالئواکولوژی آخرین لایه‌های منصوب به کرتاسه البرز شرقی بر مبنای نانوفسیل‌های آهکی در برش چشمه قلقل. دوفصلنامه علمی-پژوهشی دیرینه‌شناسی، ۱-۱: ۱۹-۳۶.
- درویش‌زاده، ع.، ۱۳۷۰. زمین‌شناسی ایران، چاپ اول، انتشارات امیرکبیر، تهران، ۴۳۴ ص.
- مطیعی، ه.، ۱۳۷۲. زمین‌شناسی ایران: چینه‌شناسی زاگرس، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ۵۴۸ ص.
- مهدی‌پور، و.، ضیائی، ب.، فرج‌پور، و.، ۱۳۹۱. نقش سازند گورپی به عنوان سنگ مخزن و پوش سنگ در یکی از میداین فروافتادگی دزفول. مجموعه مقالات اولین کنفرانس بین المللی نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی، ۳۰ خرداد ۱۳۹۱، مرکز همایش‌های بین‌المللی هتل المپیک تهران، ۶۰۲۸ ص.

- Bown, P, R &. Young, J, R., 1998. Calcareous nannofossil Biostratigraphy. Kluwer Academic Publishing, Netherland, 268 p.
- Catuneanu, O., Galloway, W, E., Kendall, C, G, St, C., Miall, A, D., Posamentier, H, W., Strasser, A &. Tucker, M, E., 2009. Sequence stratigraphy: Methodology and nomenclature. Newsletters on Stratigraphy, 44(3): 173-245.
- James, G, A &. Wynd, J, G., 1965. Stratigraphic Nomenclature of Iranian Oil Consortium Agreement Area. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 49(12): 2182 – 2245.
- Nio, S, D., Bohm, A, R., Brouwer, J, H., De Jong, M, G, G &. Smith, D, G., 2014. Climate Stratigraphy: Principles and Applications in Subsurface Correlation. European Association of Geoscientists and Engineers, Netherland, 130 p.
- Posamentier, H, W &. Allen, G, P., 1999. Siliciclastic sequence stratigraphy: concepts and applications. SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology, 7, Society for Sedimentary Geology (SEPM), United State of America, 210 p.
- Sissingh, W., 1977. Biostratigraphy of Calcareous Nannoplankton. Geologie En Mijnbouw, 56: 37-65.
- Sloss, L, L., 1963. Sequences in the cratonic interior of North America. Geological Society of America Bulletin, 74(2): 93-114.
- Vail, P, R., Mitchum, R, M &. Thompson, S., 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level, Part 4: Global cycles of relative changes of sea level. American Association of Petroleum Geologists Memoir, 26: 83-97.