

Original Research Paper

Nannostratigraphy of the Surgah Formation at Posht-e-Jangal and Pasan stratigraphic sections – with special reference to Turonian-Coniacian and Coniacian-Santonian boundaries

Kamyar Younesi¹, Anoushiravan Lotfali Kani^{1*}, and Hormoz Ghalavand²

¹ Department of Sedimentary Basins and Petroleum, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

² Oil and Gas Production Supervision manager, National Iranian Oil Company, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 2023 February 25

Accepted: 2023 June 03

Available online: 2023 September 23

Keywords:

Surgah Formation

Posht-e-Jangal section

Pasan section

Calcareous nannofossils

Turonian to Coniacian boundary

ABSTRACT

A conformable passage between Sarvak and Surgah Formations in Lurestan sedimentary basin reveals the potential of studying the Turonian–Coniacian boundary within Surgah Formation. Two sections of the Surgah Formation at Posht-e-Jangal and Pasan anticlines situated on the southeast of the Lurestan sedimentary basin have been studied on the basis calcareous nannofossils, and based on the observed distribution of nannoflora, the presence of CC12 to CC16 nannofossil biozones is documented which points to the latest Turonian to Coniacian age for the base of this Formation, while the top boundary is estimated approximately at earliest Santonian. Due to the absence of *Micula staurophora*, however, separation of CC13 and CC14 biozones is not possible and therefore, the Turonian–Coniacian boundary is placed somewhere within the said undivided interval. The FO of *Calculites obscurus* as the marker event for the top of CC16 biozone is not identified but on the basis of suspected LO of *Lithastrinus septenarius* as the marker event of the top of UC11 and onset of UC12, the record of early Santonian beds seems probable.

1. Introduction

Reactivation of the basement faults and trusts in the time span of Late Cenomanian to Early Turonian due to the change of tectonic regime from passive to active, and the onset of the foreland phase of Zagros (Alavi, 2004; Farzipour-Saein et al., 2009) causes the formation of an extensive unconformity at the top of Sarvak Formation in Khuzestan and Fars provinces, and it also leads to deposition of


bauxite bearing layers, breccia horizons and erosion of large intervals of topmost Sarvak Formation. But in Lurestan province, due to the dominance of a more stable basin conditions and the transfer of sedimentary regime from carbonate to siliciclastic, a succession of pyritic shale with limestone intercalations named Surgah Fm. has been deposited. This conformable deposition between Sarvak


* Corresponding author: Anoushiravan Lotfali Kani; E-mail: a-kani@sbu.ac.ir

Citation:

Younesi, K., Lotfali Kani, A., and Ghalavand, H., 2023. Nannostratigraphy of the Surgah Formation at Posht-e-Jangal and Pasan stratigraphic sections – with special reference to Turonian-Coniacian and Coniacian-Santonian boundaries. Scientific Quarterly Journal, GEOSCIENCES, 33(3), 129, 1-12. <https://doi.org/10.22071/gsj.2023.387066.2066>.

E-ISSN: 2645-4963; Copyright©2021 G.S. Journal & the authors. All rights reserved.

 doi: 10.22071/gsj.2023.387066.2066

 dor: 20.1001.1.10237429.1402.33.3.12.3



This is an open access article under the by-nc/4.0/ License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Fm. (late Albian to Middle-late Turonian). and Surgah Fm., clearly indicates that Surgah Fm. (Mohseni and Zeybaram Javanmard, 2020; Navidtalab et al., 2019; Kazemi et al., 2012; Alsharhan and Nairn, 2003; James and Wynd, 1965) has the appropriate potential for studying Turonian–Coniacian boundary interval. Many previous studies on Surgah Fm. either based on planktonic foraminifera or calcareous nannofossils point to Late Turonian to Coniacian-early Santonian age) Kazemi et al., 2012; Vahidinia et al., 2016; Haddadi et al., 2020; Farhad, 2007; Akbari, 2006; Monjezi et al., 2008; Raziani et al., 2016). Considering the fact that there is an unconformity at the top of Sarvak Fm. in most parts of Zagros basin, investigation and analysis of Surgah Fm. with rich nannofossil assemblages in the present sections can reveal the prevailing depositional conditions of the Zagros basin during this time span.

2. Research methodology

The studied sections (Posht-e-Jangal and Pasan) are located at Mamulan village (Khoramabad – Pol-e-Dokhtar road) and Biyar village (vicinity of Garab – Kuhdasht), respectively (Fig.1). These sections are structurally situated on anticlines with the same name in Lurestan structural zone where the various formations of Bangestan Group demonstrate pelagic facies (Macleod, 1970; Takin et al., 1970; Casciello et al., 2009). The uppermost parts of Sarvak Fm. are exposed in both sections and Sarvak – Surgah boundary does not show any iron staining and is conformable in contrast to the type section of Surgah Fm. The boundary with the overlying Ilam Fm. is conformable and Surgah Fm. gradually passes into Ilam Fm. (Fig. 2).

Surgah Fm. in Posht-e-Jangal encompasses 63 meters of calcareous shale, marl and limestone where a total of 53 samples have been collected. In the Pasan section, the 70-meter-thick Surgah Fm. consists of limestone and calcareous shale has yielded a total of 79 samples. Approximately 25 cm. pits were dug to avoid and minimize contamination (Fig. 2). All the collected samples were prepared using the gravity-settling technique of Bown and Young (1998). The prepared samples have been studied under a Nikon Optiphot II light microscope with 100X objective. Identification of nannofossil assemblages was carried out based on the systematic classification of Perch-Nielsen (1985) and Burnett et al. (1998), while for specific designation of *Prediscosphaera* Blair and Watkins (2008) is considered. The chronostratigraphic correlation of biozone is inferred according to Gale et al. (2020) whereas the biozonal scheme (CC) of Sissingh (1977) has been followed in conjunction with the UC biozonation scheme of Burnett et al. (1998).

3. Results

3.1. Biozonation and Age Determination

Five biozones (CC12, CC13, CC14, CC15 and CC16) of Sissingh

(1977) have been recorded based on the distribution of nannofossils in the studied sections, and their equivalents in the UC scheme of Burnett et al. (1998) have been marked.

The identified biozones are listed below:

-*Lucianorhabdus maleformis* Zone (CC12) Originally defined from the FO of *L. maleformis* to the FO of *Marthasterites furcatus* (Perch-Nielsen, 1985), this zone pointed to late Turonian to earliest Coniacian, but presently is considered late Turonian in age (Gale et al. 2020). This biozone covers the first four meters of Pasan section and the basal 19 meters of the Posht-e-Jangal area. Since the FO of *L. maleformis* is not observed, UC biozonation of Burnett et al. (1998) could be applied more appropriately. The FO of *Eiffellithus eximius* marks the onset of UC8 and in absence of *L. maleformis* constitutes a better proxy to distinguish late Turonian strata (Perch-Nielsen, 1985; Lees, 2002; Schueth and Lees, 2019).

- *Marthasterites furcatus* (CC13) – *Micula staurophora* (CC14): In both sections, FO of *M. furcatus* marks the onset of CC13 biozone (4 meters from the base of Pasan section and 19 meters from the base of Posht-e-Jangal section). Neither in the Pasan nor in the Posht-e-Jangal, CC13 biozone cannot be separated from CC14. In fact, no *M. staurophora* is observed in Pasan, while the FO of said species coincides with that of *Reinhardtites anthophorus* in Posht-e-Jangal at 28 meters from the base. The upper boundary of these two merged biozones (i.e. top of CC14 biozone) occurs at 11.5 and 28 meters from the base of Pasan and Posht-e-Jangal sections, respectively. According to Perch-Nielsen (1985), CC13 biozone corresponds to early Coniacian while CC14 is of late Coniacian to earliest Santonian age. However, Gale et al. (2020) have revised the ages as the latest Turonian-earliest Coniacian and early Coniacian, respectively. The rare species *Lapideacassis tricornus* and the largest form of *Prediscosphaera* i.e. *P. desidegrandis* (Blair and Watkins, 2008) are reported for the first time in this interval.

-*Reinhardtites anthophorus* Zone (CC15): This biozone is defined from FO of *R. anthophorus* to FO of *Lucianorhabdus cayeuxii* and can be observed in both Pasan (11.5 to 43 meters) and Posht-e-Jangal (28 to 64 meters) sections. *R. anthophorus* very much resembles *Zeughrabdotus scutula* and their distinction requires careful observation. Perch-Nielsen (1985) proposed late early Santonian age for this biozone while recently it is believed to be early Coniacian-early late Coniacian. FO of *Lithastrinus grillii* is the main event which helps distinguish UC10 from UC11 biozones of Burnett et al. (1998) and is only observed in the Pasan section.

-*Lucianorhabdus cayeuxii* (CC16): This biozone defined from FO of *L. cayeuxii* to FO of *Calculites obscurus* is partly documented due to the absence of *C. obscurus*. (from 65 meters to the end of

Posht-e-jangal section, and from 43 meters to the end of the Pasan section) (figs. 3 and 4). Gale et al. (2020) and Lamolda et al. (2014) have marked the Coniacian-Santonian boundary, but Perch-Nielsen (1985) assigned it to the late Santonian.

4. Discussion

The two chronostratigraphic boundaries, namely, Turonian-Coniacian and Coniacian-Santonian, discussed herein, are marked by inoceramid forms. Since no inoceramids were observed in the studied sections, comparative nannofossil events have been utilized. The Turonian – Coniacian boundary has been ratified after about 35 years of investigations at the Salzgitter-Salder Quarry section in Germany based on inoceramid *Cremniceras deformis erectus* within the CC13 or UC9 standard nannofossil biozones and planktonic foraminifera *Dicarinella concavata* biozone (Walaszczyk, 2022; Jarvis et al., 2021; Gale et al., 2020; Lees, 2008). As it is mentioned in section 4, CC13 and CC14 biozones are merged in the current study, and marking the exact position of Turonian – Coniacian boundary is not possible unless complementary studies on carbon and oxygen isotope are carried out. Similarly, the Coniacian – Santonian boundary is situated within CC16 / UC11c nannofossil biozones (Gale et al., 2020;

Lamolda et al., 2014) and since the present study the CC16 biozone is uncertain, the Coniacian – Santonian boundary is also doubtful. However, taking into account the LO of *Lithastrinus septenarius* which is recorded within the higher levels of UC11c biozone (defined as the interval between the FO of *L. cayeuxii* and the LO of *L. septenarius*), the occurrence of Coniacian – Santonian boundary within the succession of Surgah Formation is probable, considering the results of biostratigraphic studies of Surgah succession in Sarkan and Maleh-kuh boreholes in the vicinity of Posht-e-Jangal section (based on planktonic foraminifera) which have documented the Coniacian – Santonian passage (Haddadi et al., 2020).

5. Conclusion

To sum up, the two studied sections have the appropriate potential for critically studying of the Turonian – Coniacian boundary and probably the Coniacian – Santonian boundary. The succession covering the Turonian – Coniacian interval has been documented in both sections whereas the occurrence of the Coniacian – Santonian boundary is doubted. Nonetheless, studies on Surgah Formation using other fossil groups have indicated the record of Coniacian – Santonian boundary elsewhere. Therefore, an integrated biostratigraphic study on Surgah Formation is proposed.

نانوستراتیگرافی سازند سورگه در برش‌های پاسان و پشت جنگل - نگاهی بر مرزهای تورونین - کنیاسین و کنیاسین - ساتونین

کامیار یونسی^۱، انوشیروان لطفعلی‌کنی^{۱*} و هرمز فلاوند^۲^۱ گروه حوضه‌های رسوبی و نفت، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران^۲ مدیریت نظارت بر تولید نفت و گاز، شرکت ملی نفت ایران، تهران، ایران

چکیده

روند رسوب گذاری پیوسته بین سازند سروک و سورگه در حوضه رسوبی لرستان، پتانسیل مطالعه مرز جهانی در تورونین - کنیاسین سازند سورگه را امکان پذیر می‌کند. در این مطالعه، دو برش از سازند سورگه در تقادیس‌های پشت جنگل و پاسان در جنوب‌خاور حوضه رسوبی لرستان براساس نانوفسیل‌های آهکی مورد مطالعه قرار گرفتند و بر اساس پراکندگی گونه‌های مشاهده شده، وجود زیست‌زون‌های CC12 تا CC16 ثبت و سن اواخر تورونین پسین تا کنیاسین برای قاعده سازند و ابتدای ساتونین؟ برای رأس آن در دو برش از سازند سورگه پیشنهاد می‌شود. تفکیک زون‌های زیستی CC13 از CC14 به واسطه عدم حضور گونه *Miculastaurophora* امکان‌پذیر نشد و از این رو، جایگاه مرز تورونین - کنیاسین در دو برش یاد شده، درون بازه تفکیک نشده این دو زون زیستی قرار می‌گیرد. گونه *Calculites obscurus* به عنوان حد بالای زون زیستی CC16 شناسایی نشده ولی بر پایه ثبت با تردید آخرین حضور *Lithastrinus septenarius* به عنوان حد پایین زون زیستی UC11 و شروع زون زیستی UC12 وجود لایه‌های ابتدای ساتونین در این دو برش محتمل می‌باشد.

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۱۳

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۷/۰۱

کلیدواژه‌ها:

سازند سورگه

برش پشت جنگل

برش پاسان

نانوفسیل‌های آهکی

مرز تورونین - کنیاسین

۱- پیش‌نوشتار

شده و روند رسوب گذاری با تغییر از سیستم کربناته به سیستم تخریبی، به نهشته شدن ردیفی از شیل‌های پیریت‌دار و میان لایه‌های سنگ آهک رسی با ظاهری نرم‌فرسا به نام سازند سورگه انجامیده است و تشکیل آن با تغییر مجدد سیستم رسوب گذاری کربناته و نهشته شدن سازند ایلام به اتمام می‌رسد (Alsharhan and Nairn, 2003; James and Wynd, 1965). به بیان دیگر، این پیوستگی چینه‌شناسی بین دو سازند سروک و سورگه در حوضه لرستان وجود دارد، جایی که سازند سروک تا اواخر تورونین نهشته شده است (Mohseni and Zeybaram Javanmard, 2020; Navidtalab, 2020; et al., 2019; Kazemi et al., 2012). این پیوستگی چینه‌شناسی، سازند سورگه را که توسط پژوهشگران متعددی مطالعه شده مناسب مطالعه مرز تورونین - کنیاسین می‌سازد. سن این سازند براساس نانوفسیل‌های آهکی تورونین پسین تا کنیاسین (زون‌های CC12 تا CC15؛ فرهاد، ۱۳۸۶؛ اکبری، ۱۳۸۵) و سنومنین میانی تا ساتونین (زون‌های CC10

تغییر رژیم زمین‌ساختی حوضه زاگرس از غیرفعال به فعال در بازه زمانی سنومنین پسین - تورونین پیشین که به فعال شدن دوباره گسل‌های قاعده‌ای، راندگی (تراستی شدن) و شروع مقدمات تشکیل حوضه پیش‌بومی (فورلندی) زاگرس انجامید (Alavi, 2004; Farzipour-Saein et al., 2009) منجر به ایجاد ناپیوستگی بزرگی در رأس سازند سروک در نواحی خوزستان و فارس گردید به طوری که در بخش‌هایی از زاگرس، مانند منطقه مومی و موندون در استان کهگیلویه و بویراحمد اقی‌های بوکسیتی دیده می‌شود (زمانیان و همکاران، ۱۳۹۶؛ زراسوندی و همکاران، ۱۳۹۰) و در فارس ساحلی بخش‌های بزرگی از رأس سازند سروک حذف شده است و یا اقی‌های برشی مابین سازندهای سروک و ایلام دیده شده است (آقاناتی، ۱۳۸۵؛ Bagherpour et al., 2021; James and wynd, 1965). در ناحیه لرستان، با در امان ماندن از حوادث پس از تورونین پیشین، شرایط رسوب گذاری به گونه‌ای دیگر دنبال

* نویسنده مسئول: انوشیروان لطفعلی‌کنی؛ E-mail: a-kani@sbu.ac.ir

ماخذنگاری:

یونسی، ک، لطفعلی‌کنی، ا، و فلاوند، ه، ۱۴۰۲، نانوستراتیگرافی سازند سورگه در برش‌های پاسان و پشت جنگل - نگاهی بر مرزهای تورونین - کنیاسین و کنیاسین - ساتونین. فصلنامه علمی علوم زمین، ۳۳(۳)، ۱۲۹-۱۲۱. <https://doi.org/10.22071/gsj.2023.387066.2066>

doi: 10.22071/gsj.2023.387066.2066

doi: 20.1001.1.10237429.1402.33.3.12.3

حقوق معنوی مقاله برای فصلنامه علوم زمین و نویسندگان مقاله محفوظ است.

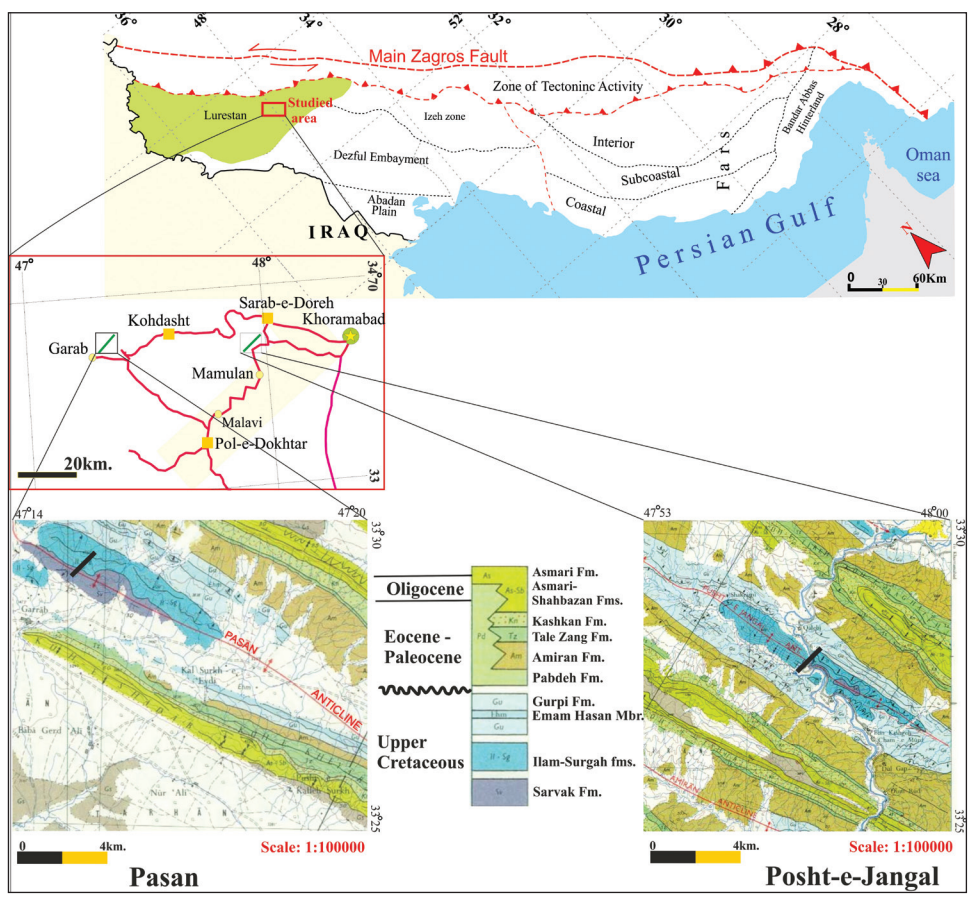
This is an open access article under the by-nc/4.0/ License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

۲- روش پژوهش

۲-۱- جایگاه زمین‌شناسی

دو برش چینه‌شناسی پشت جنگل و پاسان به لحاظ جغرافیایی به ترتیب در معمولان و روستای پیر از توابع شهرگراب شهرستان کوهدشت قرار دارند. برش تاقدیس پشت جنگل، با مختصات ۴۱° ۲۶' ۳۳" و ۱۷° ۵۶' ۴۷" در میانه جاده خرم‌آباد به پلدختر و مابین روستاهای چم‌حیدر و قالبی می‌باشد. برش پاسان با مختصات ۱۶° ۲۹' ۲۹" و ۴۷° ۱۵' ۴۷" در باختر کوهدشت و در روستای پیر نزدیک شهر گراب قرار دارد (شکل ۱). از دیدگاه ساختاری در تاقدیس‌هایی به همین نام‌ها قرار دارند. هر دوی این تاقدیس‌ها درون پهنه ساختاری لرستان قرار دارند که میزبان رخساره‌های پلاژیک سازندهای گروه بنگستان هستند (MacLeod, 1970; Takin et al., 1970; Casciello et al., 2009).

تا CC17؛ شکری و همکاران، ۱۳۹۷) تعیین شده در حالی که توزیع روزن‌بران گویای سنی معادل تورونین پسین تا ابتدای سانتونین است (حدادی و همکاران، ۱۳۹۸؛ رازیانی و همکاران، ۱۳۹۵؛ منجزی و همکاران، ۱۳۸۷؛ Vahidinia et al., 2012; Kazemiet al., 2016). وصالی و قاسمی‌نژاد (۱۳۹۳) از دیدگاه پالئولوژی سن سانتونین را تعیین نمودند. با توجه به عدم پیوستگی رسوبی انتهای سازند سروک در بازه زمانی تورونین به کنیاسین در اغلب نواحی زاگرس که به واسطه عملکرد فازهای مختلف زمین‌ساختی صورت گرفته، مطالعه این سازند در برش‌های فعلی می‌تواند دید مناسبی از شرایط حوضه رسوبی زاگرس در اختیار گذارد. همچنین نهشتگی رسوبات سازند سورگه در محیطی ژرف و پلاژیک تا همی‌پلاژیک، به وجود غنای فسیلی مناسبی از نانوفسیل‌های آهنکی انجامیده است که هدف این مقاله بررسی زیست‌چینه‌نگاری این سازند در برش‌های پشت جنگل و پاسان با استفاده از این گروه فسیلی می‌باشد.



شکل ۱- بالا: نقشه زیرتقسیمات زاگرس و موقعیت زیرپهنه لرستان (Sherkati and Letouzey, 2004) در کنار راه‌های دسترسی به دو برش مورد مطالعه - پایین: موقعیت زمین‌شناسی برش پشت جنگل اقتباس از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ (McLeod, 1970) و برش پاسان اقتباس از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ (Takin et al., 1970).

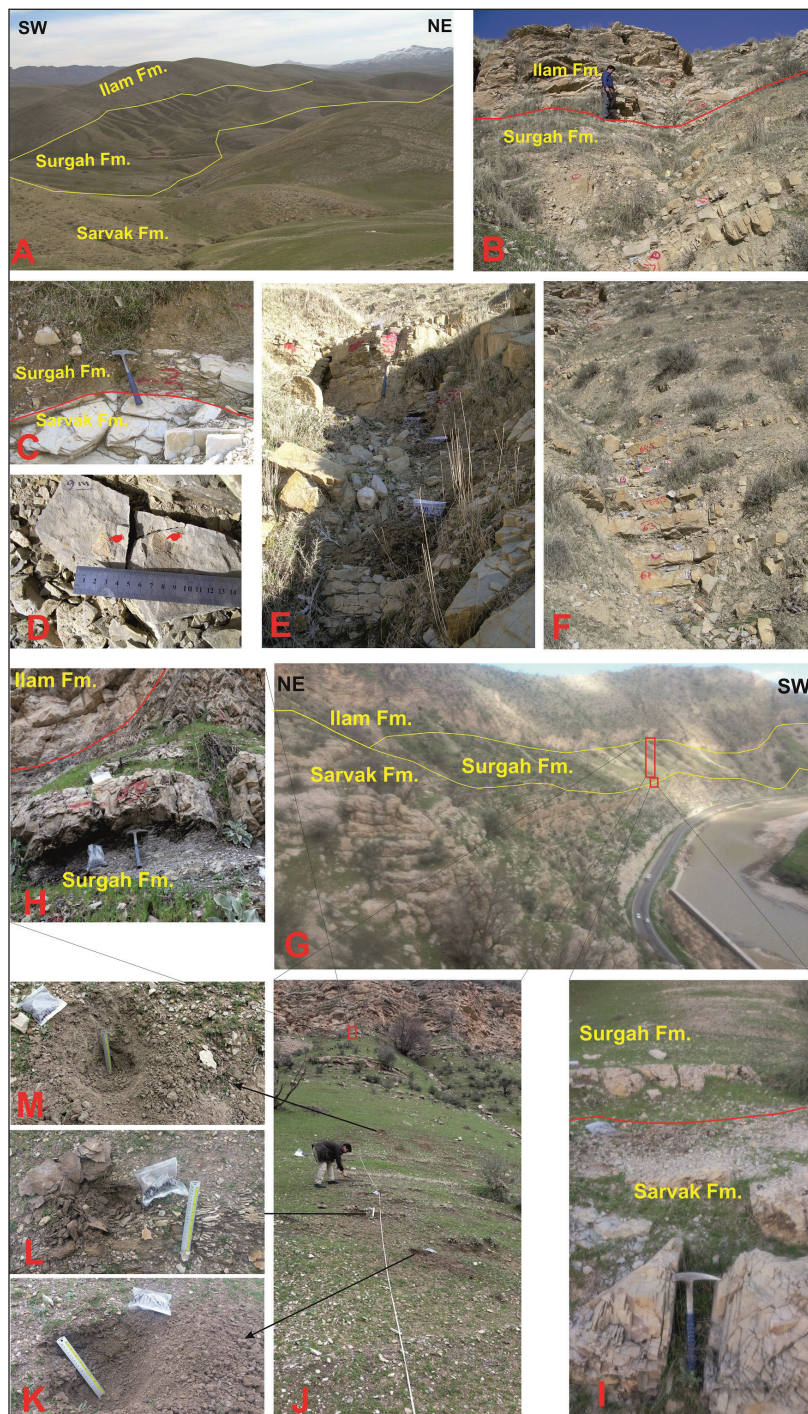
Figure 1. Up: Subdivision of the Zagros basin depicting the location of study area and the access routes within Lurestan subzone (Sherkati and Letouzey, 2004) – Down: Geological map of the areas around Posht-e-jangaland (McLeod, 1970) and Pasan sections (Takin et al., 1970).

آغشتگی آهن است، با مرزی پیوسته روی آن قرار گرفته است در ادامه سازند سورگه با ارتباطی تدریجی و پیوسته توسط سازند ایلام دنبال می‌شود (شکل ۲).

در هردو تاقدیس، بخش‌هایی از رأس سازند سروک به عنوان هسته تاقدیس برنزد داشته و سازند سورگه در این دو برش، بر خلاف برش تیپ و مطالعه رازیانی و همکاران (۱۳۹۵) که مرز زیرینش با سروک دارای

شکل ۲- تصاویر برش‌های پاسان (A-F) و پشت جنگل (G-I)؛ (A) نمای کلی از سازند سورگه و سازندهای سروک و ایلام به عنوان واحدهای زیرین و بالایی؛ (B) نمای نزدیک از مرز سازند سورگه با ایلام؛ (C) نمای نزدیک از مرز سازند سروک با سورگه؛ (D) قالب دوکفه‌ای تپ اینوسرامید؛ (E) توالی شیل آهکی در میانه سازند سورگه؛ (F) توالی منظم شیل آهکی و سنگ آهک در انتهای سازند سورگه؛ (G) نمای کلی سازند سورگه و مرزهای زیرین و بالایی؛ (H) مرز سازند سورگه با ایلام؛ (I) مرز سازند سروک با سورگه؛ (J) نمای نزدیک تر توالی سازند سورگه و سازند ایلام؛ (K,L,M) حفر گودال به منظور برداشت نمونه بدون آلودگی و نشان دادن توالی‌های مارنی و سنگ آهک شیلی.

Figure 2. Photos of the two stratigraphic sections, Pasan (A-F) and Posht-e-Jangal (G-I); A) General view of Surgah Fm. and its boundaries with underlying Sarvak Fm. and overlying Ilam Fm.; B) Close-up of Surgah – Ilam boundary; C) Close-up of Sarvak – Surgah boundary; D) Mold of a bivalve type of Inoceramid; E) Calcareous shale succession in the middle of Surgah Fm.; F) Rhythmic succession of calcareous shale and limestone at top of Surgah Fm.; G) General view of Surgah Fm. and its boundaries with underlying Sarvak Fm. and overlying Ilam Fm.; H) Close-up of Surgah – Ilam boundary; I) Sarvak – Ilam boundary; J) Closer view of the passage of Surgah Fm. to Ilam Fm.; K, L, M) Dug holes in order to achieve contamination-free samples and also illustrate marly and shally limestone succession.



۲-۲- نمونه برداری و مطالعه

سازند سورگه در برش پشت جنگل شامل ۶۳ متر توالی شیل آهکی، مارن و سنگ آهک است که تعداد ۵۳ نمونه از آن برداشت شده است. ستبرای این سازند در برش پاسان ۷۰ متر شامل سنگ آهک و شیل آهکی است و تعداد ۷۹ نمونه از آن برداشت شده است. نمونه برداری با فواصل ۱ متری و در برخی موارد نیم متری صورت گرفته است. همچنین برای جلوگیری از آلودگی، به ویژه در نمونه‌های نرم، گودال‌های حداقل ۲۵ سانتی متری حفر شد (شکل ۲). نمونه‌ها جهت مطالعه نانوفسیل‌ها به روش ته‌نشست ثقلی باون و یانگ (Bown and Young, 1998) آماده شده و توسط میکروسکوپ نوری Nikon Optiphot II با عدسی 100X مطالعه شدند. برای شناسایی نانوفسیل‌ها

از منابعی چون پرک نیلسن (Perch-Neilsen, 1985) و برنت و همکاران (Burnett et al., 1998)، و در مورد برخی گونه‌های جنس *Prediscosphaera*، از بلیر و واتکینز (Blair and Watkins, 2008) استفاده شد. حفظ شدگی متوسط تا خوب نانوفسیل‌ها به شناسایی فلورای غنی از ۱۱ خانواده انجامید که به تفکیک، در برش پاسان ۷۰ گونه در قالب ۲۹ جنس و در برش پشت جنگل ۳۴ گونه در قالب ۵۳ جنس شناسایی شدند. همچنین معیار سن اطلاق شده به هر زیست‌زون شناسایی شده، مقیاس زمان زمین‌شناسی کرتاسه ۲۰۲۰ (Gale et al., 2020) می‌باشد. مبنای تعیین زیست‌زون‌ها، مدل زون‌بندی سیسینگ (Sissingh, 1977) بوده که الگوی زون‌بندی برنت و همکاران (Burnett et al., 1998) نیز در کنار آن مورد استفاده قرار گرفت.

۳- داده‌ها و اطلاعات

۳-۱- زیست‌چینه‌نگاری و تعیین سن

براساس مطالعه اجتماعات نانوفسیلی سازند سورگه در دو برش یاد شده، زیست‌زون‌های CC12، CC13-CC14، CC15، CC16 و CC12 از زون‌بندی سیسینگ (Sissingh, 1977) شناسایی شدند و همچنین در کنار هر زون زیستی ارائه شده با مدل سیسینگ (Sissingh, 1977) (الگوی CC) تصحیح شده پرک نیلسن (Perch-Nielsen, 1985)، مدل زیست‌زونی برنت و همکاران (Burnett et al., 1998) الگوی (UC) نیز بررسی شد. شرح زیست‌زون‌های تعیین شده در ذیل آورده شده است:

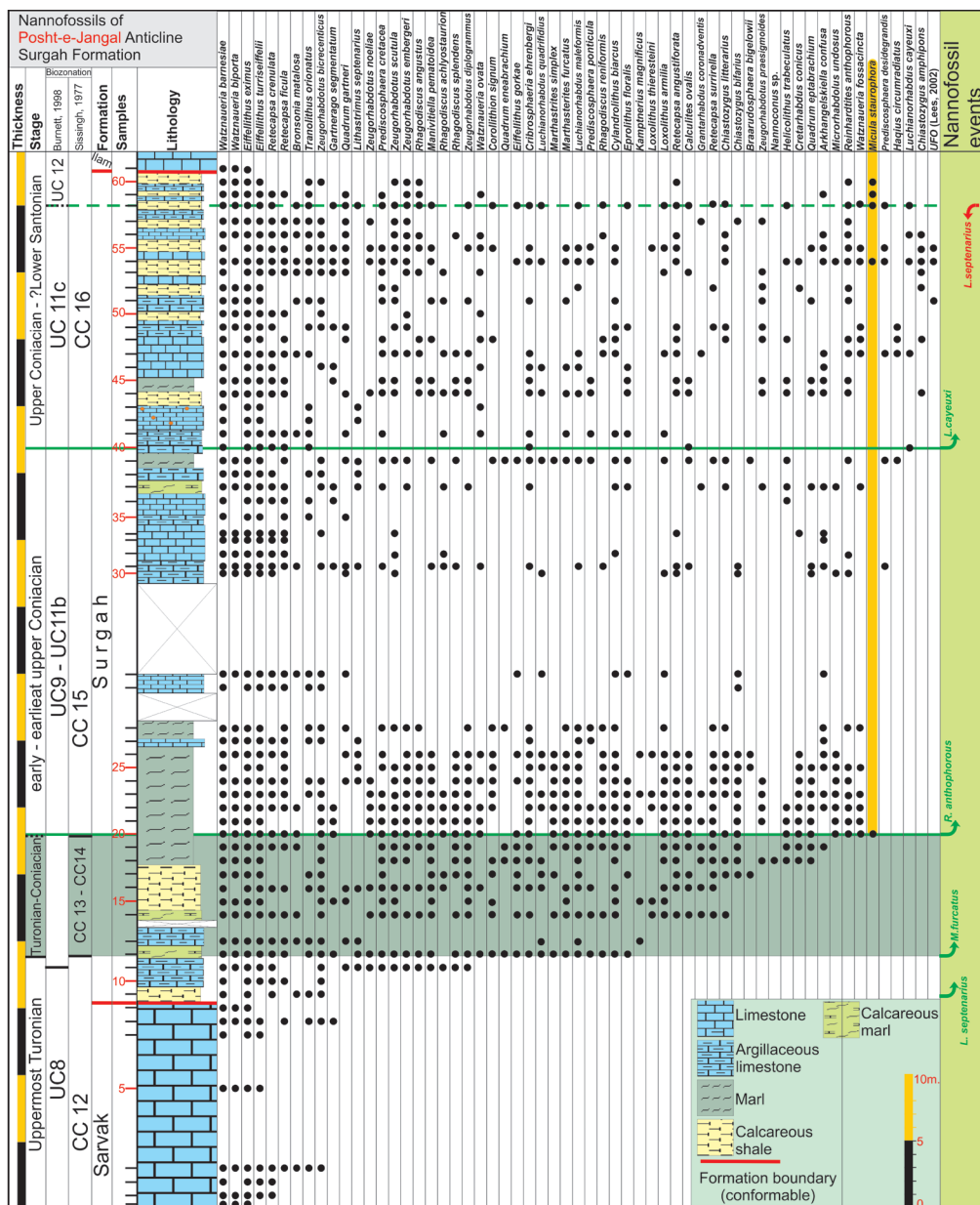
- *Lucianorhabdus maleformis* Zone (CC12)

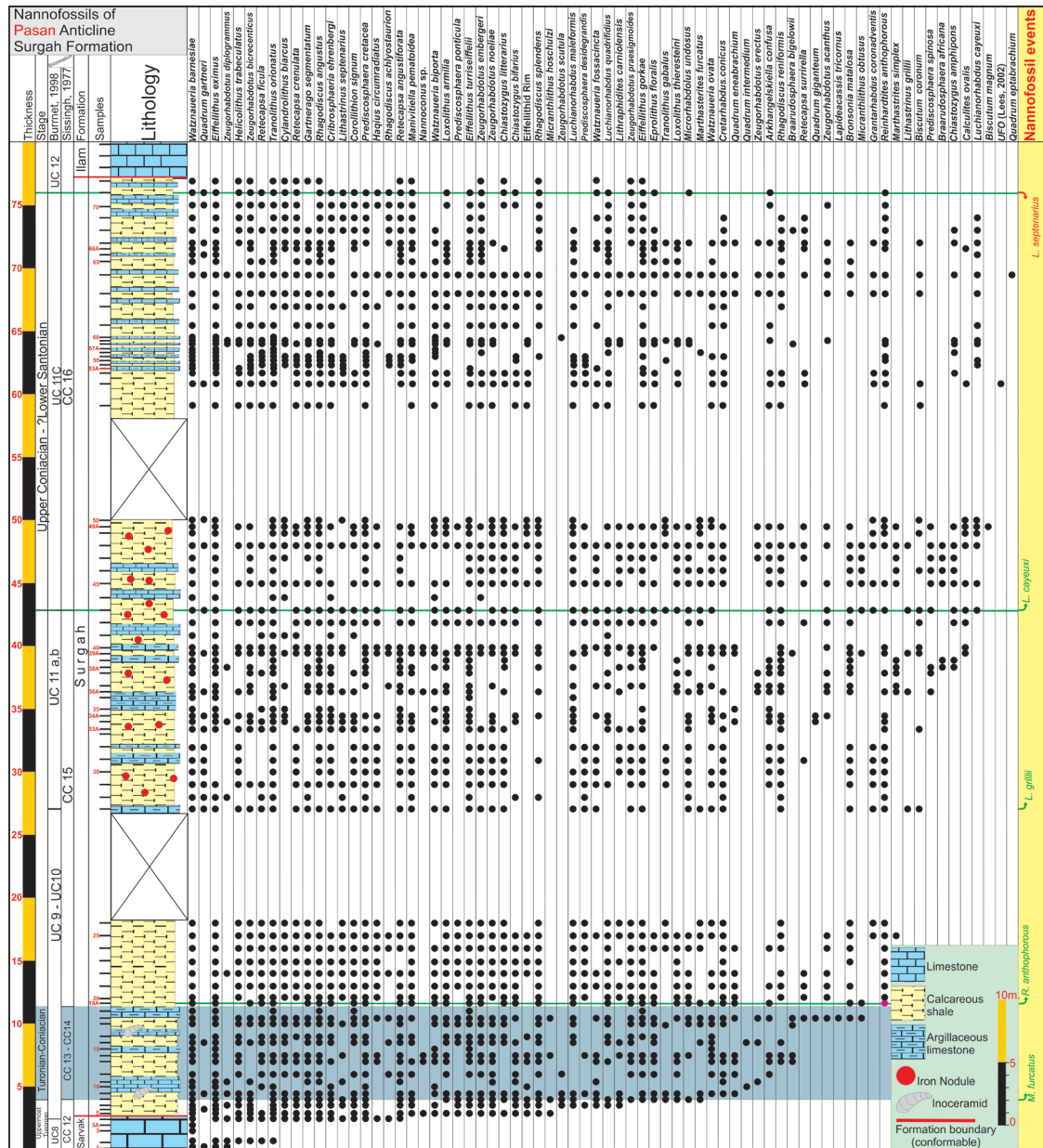
این زون توسط سیسینگ (Sissingh, 1977) معرفی و توسط پرک نیلسن (Perch-Nielsen, 1985) تصحیح شده است. این زون که از نخستین حضور *Marthasterites furcatus* تا نخستین حضور *Lucianorhabdus maleformis* تعریف شده است، براساس پرک نیلسن (Perch-Nielsen, 1985) معرف تورونین پسین-اوایل کنیاسین پیشین بوده است. اما براساس مقیاس زمان زمین‌شناسی ۲۰۲۰

(GTS 2020) معرف انتهای تورونین است. در هر دو برش پشت جنگل و پاسان، صرفاً براساس جایگاه چینه‌شناسی و حضور *M. furcatus* به عنوان مرز بالای زون CC12، بخش‌های کوچکی از سازند سورگه در دو برش یاد شده، احتمالاً درون این زیست‌زون نهشته شده‌اند (شکل‌های ۳ و ۴). گرچه نخستین حضور *L. maleformis* مشاهده نشده است، ولی می‌توان با استفاده از الگوی زیست‌زون برنت و همکاران (Burnett et al., 1998) تحلیل بهتری را ارائه داد. بدین صورت که با حضور *Eiffellithus eximius* که معرف قاعده UC8 از زون‌بندی برنت و همکاران (Burnett et al., 1998) است و در غیاب *L. maleformis* به‌واسطه حضور نادر و حتی نبودش در محیط‌های اقیانوسی، شاخصه بهتری برای محدوده تورونین پسین است (Perch-Nielsen, 1985, Lees, 2002, Schueth and Lees, 2019)، می‌توان اطلاق سن تورونین پسین به این ضخامت از سازند سورگه و بخش‌های نمونه برداری شده سازند سروک (ابتدای ستون چینه‌شناسی تا متر ۱۹ از برش پشت جنگل و ابتدای ستون چینه‌شناسی تا متر ۴ از برش پاسان) در هر دو برش را با اطمینان بیشتری انجام داد.

شکل ۳- گسترش چینه‌شناسی نانوفسیل‌های آهکی در برش پشت جنگل؛ ضخامت خاکستری رنگ محدوده جایگاه مرز تورونین - کنیاسین را مشخص می‌کند. همچنین گسترش چینه‌شناسی *Micula staurophora* با رنگ زرد نشان داده شده است.

Figure 3. Stratigraphic distribution of calcareous nannofossils in Posht-e-jangal section; the grey-colored thickness illustrates the probable position of Turonian - Coniacian boundary. Also, stratigraphic distribution of *Micula staurophora* is marked yellow.





شکل ۴- گسترش چینه‌شناسی نانوفسیل‌های آهکی در برش پاسان؛ ضخامت خاکستری رنگ محدوده جایگاه مرز تورونین - کنیاسین را مشخص می‌کند.

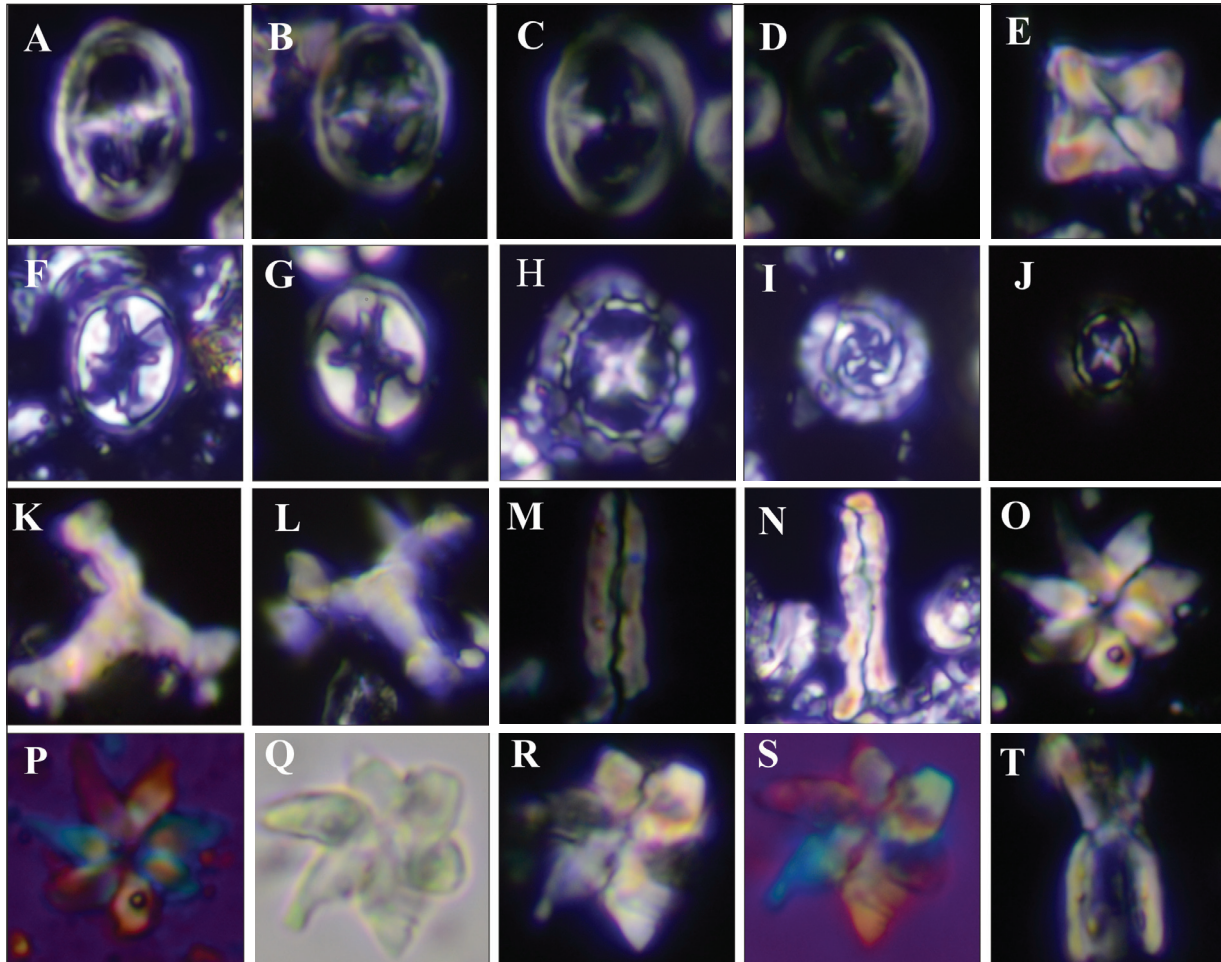
Figure 4. Stratigraphic distribution of calcareous nannofossils in Pasan section; the grey colored thickness illustrates the probable position of Turonian – Coniacian boundary.

(متر از ۲۸ متری پشت جنگل و ۱۱/۵ متری پاسان) مشخص می‌شود. به همین دلیل، امکان تفکیک دو زون زیستی UC9 از UC10 نیز وجود ندارد (شکل‌های ۳ و ۴). شایان ذکر است، گسترش بسیار ضعیف *M. staurophora* در برش شاه‌نخجیر توسط شکری و همکاران (۱۳۹۷) نیز گزارش شده است. در بازه انتهایی این محدوده زونی (متر از ۱۰/۵) غیرقابل تفکیک، در برش پاسان، گونه بسیار کمیاب *Lapideacea sistricornus* برای نخستین بار در سازند سورگاه ثبت شد (شکل ۵). در هر دو برش در کنار دیگر گونه‌های جنس *Prediscosphaera*، گونه بزرگ *P. desidegrandis* از این بازه زون زیستی (متر از ۲۲ پشت جنگل و متر از پاسان) تا انتهای ستون چینه‌شناسی حضور دارد (شکل ۵). بلیر و واتکینز (Blairand Watkins, 2008) این گونه را نخستین بار از طبقات کنیاسین - سانتونین حوضه اینترپور غربی ایالات متحده آمریکا معرفی کردند. همچنین دو گونه *Zeughrabdotus biperforatus*

-Marthasterites furcatus (CC13) – Micula staurophora (CC14)
 CC13 توسط چپک و هی معرفی شده (Cepeck and Hay, 1969) و توسط سیسینگ (Sissingh, 1977) تصحیح شده است. CC14 توسط مانیویت (Maniviti, 1971) معرفی شده و توسط سیسینگ (Sissingh, 1977) تصحیح شده است. در هر دو برش با حضور *Marthasterites furcatus* شروع زیست‌زون CC13 (متر از ۱۹ پشت جنگل و متر از ۴ پاسان) ثبت می‌شود. در برش پشت جنگل اولین حضور *Micula staurophora* همزمان با نخستین حضور *Reinhardtites anthophorus* (متر از ۲۸ متری) که معرف زون CC15 است رخ داده، در حالی که در برش پاسان حضوری از آن ثبت نشده است. از این رو، در این دو برش، امکان تفکیک دو زون CC13 از CC14 وجود ندارد و در نهایت، مرز بالایی محدوده این دو زیست‌زون تفکیک نشده بر حضور *R. anthophorus* به‌عنوان رأس زیست‌زون CC14 و قاعده CC15

کنیاسین پسین تا ابتدای سانتونین تعریف شده است، بر اساس مقیاس زمان زمین شناسی ۲۰۲۰ (GTS 2020) به ترتیب سن انتهای تورونین پسین-ابتدای کنیاسین پیشین و کنیاسین پیشین را مشخص می‌کند.

و زیرگونه *Broinsonia parca expansa* به عنوان شاخصه‌های مهم در تقسیم‌بندی زون زیستی UC8 در هیچ کدام از دو برش دیده نشدند. زون زیستی CC13 و CC14 که به ترتیب در پرک نیلسن (Perch-Nielsen, 1985) معرف سن کنیاسین پیشین و



شکل ۵- برخی نانوفسیل‌های آهکی شاخص شناسایی شده در این مطالعه.

Figure 5. Some identified index nannofossil in this study.

A, B) *Reinhardtites anthophorus*; C, D) *Zeughrabdodus scutula*; E) *Micula staurophora*; F, G) *Eiffellithus eximius*; H) *Prediscosphaera desidegrandis*; I) *Prediscosphaera ponticula*; J) *Prediscosphaera cretacea*; K, L) *Marthasterites furcatus*; M, N) *Lucianorhabdus cayeuxii*; O, P) *Lithastrinus septenarius*; Q, R, S) *Lithastrinus grillii*; T) *Lapideacas sistricornus*
Scale bar: 4 μ m.

و از این رو، حد پایین زیست‌زون UC11 در این برش قابل تفکیک نیست. سن این زیست‌زون کنیاسین پیشین-ابتدای کنیاسین پسین می‌باشد (Lamolda et al., 2014; Gale et al., 2020). در حالی که براساس پرک-نیلسن (Perch-Nielsen, 1985) سن معادل انتهای سانتونین پیشین را تعیین می‌کند.

-*Lucianorhabdus cayeuxii* (CC16)

این زیست‌زون براساس اولین حضور *Lucianorhabdus cayeuxii* تا نخستین حضور *Calculites obscures* شناخته می‌شود. حد بالایی این زیست‌زون در هر دو برش مورد مطالعه دیده نشده است و از این رو، تنها بخشی این زیست‌زون در سازند سورگه (متر ۶۵ تا انتهای برش پشت جنگل و متر ۴۳ تا انتهای برش پاسان) دیده

-*Reinhardtites anthophorus* (CC15)

این زون زیستی که از اولین حضور *Reinhardtites anthophorus* تا اولین حضور *Lucianorhabdus cayeuxii* تعریف می‌شود، از متر ۲۸ تا ۶۴ متری برش پشت جنگل و متر ۱۱/۵ تا ۴۳ متری برش پاسان دارای گسترش خوبی است. تشخیص دقیق نخستین حضور این گونه به دلیل امکان اشتباه آن با گونه *Zeughrabdodus scutula* قدری مشکل است (شکل ۵) و نیاز به دقت دارد (Perch-Nielsen, 1985). یکی از حوادث مهم حادث شده در این زیست‌زون، اولین حضور *Lithastrinus grillii* است که معرف شروع زون زیستی UC11 از زون‌بندی برنت و همکاران (Burnett et al., 1998) می‌باشد که بخش‌هایی از آن معادل با زیست‌زون CC15 است (شکل ۵) گونه *L. grillii* در برش پشت جنگل دیده نشده

موکول کرد. از سوی دیگر، احتمال وجود طبقات سانتونین در دو برش یاد شده نیز وجود دارد. مرز کنیاسین-سانتونین براساس گونه اینوسراموس *Platyceramus undulatoaplicatus* معرفی شده است (Lamolda et al., 2014) و نخستین حضور گونه روزن‌بری *Globotruncana linneana* درون زون زیستی *Dicarinella asymetrica* ویژگی جایگزین برای آن است (Petrisso, 2019; Petrisso et al., 2017). برای تخمین موقعیت مرز کنیاسین-سانتونین با استفاده از نانوفسیل‌ها، باید به محدوده نخستین حضور گونه *L. cayeuxii* به‌عنوان حد پایین زون CC16 و آخرین حضور گونه *L. septenarius* توجه شود (Lamolda et al., 2014). در واقع، همان‌گونه که در توصیف زون زیستی CC16 بیان شد، نخستین حضور گونه *C. obscurus* ثبت نشده که مشابه این وضعیت در سایت U1513 واقع در جنوب اقیانوس هند نیز مشاهده گردیده است (Thibault et al., 2016) و به علت نبود گونه یاد شده، تفکیک زون CC16 امکان‌پذیر نیست (Petrisso et al., 2022). تیالت و همکاران (Thibault et al., 2016) نخستین حضور گونه *C. obscurus* را پدیده‌ای دوزمانی دانسته‌اند. از این رو، آخرین حضور گونه *L. septenarius* را می‌توان به عنوان حادثه جایگزین نخستین حضور گونه *C. obscurus* دانست (Petrisso et al., 2022).

شایان یادآوری است برای نخستین بار در ایران، این مرز به خوبی در سازند آب‌دراز در حوضه کپه‌داغ توسط کلنات و همکاران (Kalanat et al., 2022) از دیدگاه روزن‌بران، دانیوفلاژله و ایزوتوپ‌های کربن-اکسیژن مطالعه شد و ضمن معرفی شرایط اکسیژن‌دار در حادثه OAE3، نخستین حضور گونه روزن‌بری *G. linneana* را به پیروی از توصیف ارائه شده برای مرز جهانی (حادثه جایگزین در غیاب گونه اینوسراموس ذکر شده) به عنوان مرز کنیاسین - سانتونین معرفی کردند. همچنین حدادی و همکاران (۱۳۹۸) در طبقات بالایی سازند سورگه در چاه سرکان و ماله کوه که در نزدیکی برش پشت جنگل واقع است، نخستین حضور گونه *G. linneana* را ثبت کرده‌اند. از این رو، تعیین جایگاه احتمالی مرز کنیاسین - سانتونین و بررسی حادثه OAE3 در دو برش مورد مطالعه، منوط به مطالعات ایزوتوپ کربن-اکسیژن است. در هر صورت آنچه مسلم است، پیوستگی رسوب‌گذاری بین سازندهای سورگه و سروک و سورگه و ایلام و وجود تمامی زیست‌زون‌های روزن‌بران پلانکتونی و نانوفسیلی در این محدوده، سازند سورگه را به یکی از پتانسیل‌های مطالعه مرزهای زمان-چینه‌نگاری (کرونوستراتیگرافی) یاد شده در حوضه زاگرس تبدیل می‌کند.

۵- نتیجه‌گیری

دو برش مورد مطالعه دارای پتانسیل مناسبی برای تعیین دقیق‌تر موقعیت مرز تورونین - کنیاسین و احتمالاً مرز کنیاسین - سانتونین در حوضه زاگرس می‌باشند. محدوده رخداد مرز تورونین - کنیاسین در هر دو برش مشخص شده است. وجود طبقات سانتونین در این مطالعه در حاله‌ای از ابهام است، گرچه برخی شواهد و مطالعات پیشین، ثبت رخداد این مرز را نیز محتمل می‌کنند. در این خصوص، مطالعه زیست‌چینه‌نگاری این دو برش از دیدگاه روزن‌بران پلانکتونی در کنار نانوفسیل‌های آهکی و تلفیق و مقایسه نتایج با داده‌های ایزوتوپ کربن - اکسیژن در شناسایی دقیق‌تر مرزهای زمان-چینه‌نگاری (کرونوستراتیگرافی) یاد شده، می‌تواند مفید واقع شود.

می‌شود (شکل‌های ۳ و ۴). زیست‌زون CC16 که در پرک نیلسن (Perch-Nielsen, 1985) دارای سنی معادل سانتونین پسین است، امروزه گذر کنیاسین - سانتونین درون این زون قرار دارد (Gale et al., 2020; Lamolda et al., 2014). گرچه به دلیل عدم ثبت آخرین حضور *Quadrum gartneri* تفکیک UC11a از UC11b امکان‌پذیر نیست، ولی اولین حضور *L. cayeuxii* افزون بر تعیین قاعده زون زیستی CC16، قاعده UC11c از زون‌بندی برنت و همکاران (Burnett et al., 1998) را مشخص می‌کند که حد بالای آن بر آخرین حضور *Lithastrinus septenarius* منطبق است. این حادثه آخرین حضور در هر دو برش پشت جنگل (مترژ ۷۵) و پاسان (مترژ ۷۶) دیده شده است. مرز جهانی کنیاسین - سانتونین درون این زون (CC16 or UC11c) قرار دارد (Lamolda et al., 2014; Gale et al., 2020). همان‌گونه که ذکر شد، حد بالایی زون زیستی CC16 در دو برش مورد مطالعه دیده نشده است، ولی آخرین حضور *L. septenarius* در هر دو برش مورد مطالعه مشاهده شده است، گرچه به واسطه نوع سنگ دربرگیرنده که شیل آهکی نسبتاً مقاومی است، احتمالاً ثبت آخرین حضور گونه یاد شده، چندان قابل اطمینان نیست. با این حال، اگر جایگاه آخرین ثبت *L. septenarius* را در این مطالعه، قابل اطمینان بدانیم، در هر دو برش مورد مطالعه، زون زیستی UC11 کامل است. به هر روی بهتر است اطلاق سن سانتونین به بخشی از رأس سازند سورگه در هر دو برش پاسان و پشت جنگل، با احتیاط انجام شود.

۴- بحث

۴-۱- تعیین مرز اشکوب‌ها

برش استراتوتایپ جهانی (GSSP) مرز تورونین - کنیاسین در شمال آلمان در محل معدن سالزگیتز-سالدر (Salzgitter-Salder Quarry section) پس از گذشت ۳۵ سال از پیشنهاد آن، مورد تأیید کمیسیون بین‌المللی چینه‌شناسی قرار گرفت (Jarvis et al., 2021). معیار زیستی جدایش تورونین از کنیاسین فرمی از دوکفه‌ای تیپ اینوسراموس به نام *Cremnoceramus deformis erectus* می‌باشد. با این حال، در نبود این گونه اینوسراموس، مرز تورونین - کنیاسین درون زیست‌زون نانوفسیلی CC13 از زون‌بندی سیسینگ (Sissingh, 1977) و یا UC9 از زون‌بندی برنت و همکاران (Burnett et al., 1998) قرار داده می‌شود. همچنین از دیدگاه روزن‌بران پلانکتونی این مرز در ابتدای زیست‌زون *Dicarinella concavata* قرار می‌گیرد (Walaszczyk et al., 2022; Jarvis et al., 2021; Gale et al., 2020; Lees, 2008). باور بر آن است که گونه نانوفسیلی *Marthasterites furcatus* رفتاری دوزمانی دارد و بهتر است نخستین حضور گونه *Lithastrinus septenarius* تا نخستین حضور گونه *Micula staurophora* برای تخمین موقعیت مرز تورونین - کنیاسین در نظر گرفته شود (Lees, 2008; Jarvis et al., 2021).

در دو برش مورد مطالعه، بر خلاف برش معدن سالزگیتز-سالدر، نخستین حضور گونه *L. septenarius* پیش از حضور گونه *M. furcatus* ثبت شده است و همچنین تفکیک دو زون زیستی CC13 و CC14 امکان‌پذیر نیست (رجوع شود به بخش تعریف زون زیستی‌ها) ولی به هر روی، می‌توان قسمت پایینی محدوده مشترک مشخص شده برای زون‌های زیستی CC13-CC14 را به عنوان محدوده گذر تورونین - کنیاسین در نظر گرفت و نتیجه نهایی را به انجام آنالیزهای ایزوتوپی

کتابنگاری

- آق‌آبانی، ع.، ۱۳۸۵، زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۷ ص.
اکبری، ط.، ۱۳۸۵، لیتواستراتیگرافی و نانواستراتیگرافی سازند سورگه در منطقه ایلام، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.
حدادی، م.، وحیدی‌نیا، م.، محمودی‌قزایی، م. ح.، و شفیع‌اردستانی، م.، ۱۳۹۸، بررسی حوادث زیستی قاعده‌های زمانی کنیاسین و سانتونین سازند سورگه، چاه ماله کوه و سرکان، جنوب باختری خرم‌آباد، نشر علمی-پژوهشی زمین‌شناسی نفت ایران، سال نهم، شماره ۱۷، ص. ۶۲-۷۵.

رازیانی، م.، وحیدی نیا، م.، و صادقی، ع.، ۱۳۹۵، زیست‌چینه‌نگاری و دیرینه‌بوم‌شناسی تورونین-سانتونین بر پایه روزن‌بران شناور، سازند سورگه، ناق‌دیس سورگه، جنوب باختر ایلام، فصلنامه علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، سال بیست و پنجم، شماره ۹۹، ص ۷۶-۸۴.

زراسوندی، ع.، پورکاسب، ه.، ساکی، ع. و سلامی الهی، س.، ۱۳۹۰، بررسی شرایط نهشت، محیط رسوبی و تعیین زایش افق بوکسیتی در کانسارهای مندان و ده نو، منطقه دهدشت، استان کهگیلویه و بویراحمد با استفاده از مطالعات کانی‌شناختی، مجله زمین‌شناسی اقتصادی، دوره ۳، شماره ۱، ص ۱-۱۳.

زمانیان، ح.، احمدنژاد، ف.، زراسوندی، ع.، شاهکرمی، پ. و صامتی، م.، ۱۳۹۶، زمین‌شیمی و تبادل جرم واحدهای بوکسیتی مختلف در کانسار مومبی (جنوب غرب ایران)، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، شماره ۱، ص ۴۹-۶۶.

فرهاد، ف.، ۱۳۸۶، نانواستراتیگرافی سازند سورگه در میدان گازی تنگ بیجار (منطقه ایلام)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.

شکری، م.ح.، هادوی، ف.، خدادادی، ل.، نطقی‌مقدم، م.، و کامیابی‌شادان، ح.، ۱۳۹۷، زیست‌چینه‌نگاری و بوم‌دیرینه‌شناسی سازند سورگه بر اساس نانوفسیل‌های آهکی در برش شاه‌نخجیر (جنوب باختر ایلام) مجله علوم زمین سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، زمستان ۱۳۹۷، سال ۲۸، شماره ۱۱۰، ص ۱۸۳ تا ۱۹۲.

منجزی، ن.، وزیری مقدم، ح.، طاهری، ع.، و امیری بختیار، ح.، ۱۳۸۷، زیست‌چینه‌نگاری سازند سورگه در برش الگو (جنوب شرق ایلام)، مجله علوم دانشگاه تهران، جلد ۳۴، شماره ۴، ص ۶۷-۷۶.

وصالی، ص. و قاسمی نژاد، ا.، ۱۳۹۳، گزارش پالئومورف‌های دریایی سازند سورگه در برش تنگ شیرین آب ایلام و استفاده از آنها در تعیین ویژگی‌های محیط رسوبی، هجدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس.

References

- Aghanabati, A., 2006. *Geology of Iran, Geological survey of Iran, 587p. (In Persian).*
- Akbari, T., 2006. *Lithostratigraphy and Nanostratigraphy of Surgah Formation in Ilam, Msc thesis, Shahid Beheshti University of Tehran, Unpublished. (In Persian).*
- Alavi, M., 2004. Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution, *American Journal of Science*, 304, pp. 1-20.
- Alsharhan, A. S., and Nairn, A. E. M., 2003. *Sedimentary Basins and Petroleum Geology of the Middle East*, Elsevier Science, 843p.
- Bagherpour, B., Mehrabi, H., Faghih, A., Vaziri-Moghaddam, H., and Omidvar, M., 2021. Tectono-eustatic controls on depositional setting and spatial facies distribution of Coniacian-Santonian sequences of the Zagros Basin in Fars area, S. Iran, *Marine and Petroleum Geology*, 129, 1-24. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2021.105072>.
- Blair, S.A., and Watkins, D.K., 2008. High-resolution calcareous nannofossil biostratigraphy for the coniacian/Santonian Stage boundary, Western Interior Basin. *Cretaceous Research*, 30, 367-384. [http://refhub.elsevier.com/S0031-0182\(21\)00602-7/ff0365](http://refhub.elsevier.com/S0031-0182(21)00602-7/ff0365).
- Bown, P.R., and Young, J.R., 1998. Thechnics. In: Bown, P.R. (Ed.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. British Micropalaeontological Society Publications Series. Chapman and Hall/Kluwer Academic Publishers, pp. 16-28.
- Burnett, J.A., Gallagher, L.T., and Hampton, M.J., 1998. Upper Cretaceous. In: P.R. Bown (Ed.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. British Micropalaeontological Society Series, Chapman Hall/Kluwer Academic Press, pp. 132-199.
- Casciello, E., Verges, J., Saura, G., Casini, N., Blanc, E., Homke, S., and Hunt, D.W., 2009. Fold patterns and multi, layer rheology of the Lurestan Province, Zagros Simply Folded Belt (Iran), *Journal of the Geological Society of London*, 166, 947-959. <https://doi.org/10.1144/0016-76492008-138>.
- Cepek, P., and Hay, W. W., 1969. Calcareous Nannoplankton and Biostratigraphic subdivision of the upper Cretaceous: *Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc.*, 19, p. 323-333.
- Farhad, F., 2007. *Nanostratigraphy of Surgah Formation at Tang-e-Bijar Gas field, Msc thesis, Shahid Beheshti University of Tehran, Unpublished. (In Persian).*
- Farzipour-Saein, A., Yassaghi, A., Sherkati, S., and Koyi, H., 2009. Mechanical stratigraphy and folding style of the Lurestan region in the Zagros Fold-Thrust Belt, Iran: *Journal of Geological Society, London*, 166, pp. 1101-1115.
- Gale, A.S., Mutterlose, J., and Batenburg, S., 2020. Cretaceous. In: *Geologic Time Scale*, Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Schmitz, M.D. and Ogg, G.M.(Eds). Elsevier.
- Geologic Time Scale (GTS) , 2020. Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Schmitz, M.D. and Ogg, G.M.(Eds). Elsevier.
- Haddadi, M., Vahidinia, M., Mahmudy-gharaie, M.H., and Shafiee-Ardestani, M., 2020. Investigation of main planktonic foraminifera bio-events at the base of the Coniacian and Santonian stages in the Surgah Formation, Maleh-Kuh and Sarkan wells, Southwest of Khoram Abad, *Iranian Journal of Petroleum Geology*, 17, pp. 62 – 75. (In Persian).
- James, G.A., and Wynd, J.G., 1965. Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium, agreement area. *American Association of Petroleum, AAPG Bulletin*, 49(12)- 2182-2245.
- Jarvis, I., Pearce, M., Püttmann, T., Voigt, S., and Walaszczyk, I., 2021. Palynology and calcareous nannofossil biostratigraphy of the Turonian-Coniacian boundary: The proposed boundary stratotype at Salzgitter-Salder, Germany and its correlation in NW Europe. *Cretaceous Research*, 123, 104782. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2021.104782>.
- Kalanat, B., Davtatab, E., and Vahidinia, M., 2022. The oxic Coniacian-Santonian interval in Kopet-Dagh Basin (NE Iran): Carbon isotope and benthic-planktic foraminifera assemblages at the time of the last Cretaceous OAE, *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 588, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2021.110817>.
- Kazemi, A., Sadeghi, A., and Adabi, M.H., 2012. biostratigraphy of the surgah formation in Kuhe-e-Surgah and correlation with Tang-e-Garab (West of Iran) *Arab Journal of Geoscience*, Springer.

- Lamolda, M.A., Paul, C.R.C., Peryt, D., and Pons, J.M., 2014. The Global Boundary Stratotype and Section Point (GSSP) for the base of the Santonian Stage, "Cantera de Margas" Olazagutia, northern Spain. *Episodes*, 37, 1-13.
- Lees, J.A., 2002. Calcareous nannofossils biogeography illustrates palaeoclimate change in the Late Cretaceous Indian Ocean. *Cretaceous Research* 23, p. 537-634.
- Lees, J.A., 2008. The calcareous nannofossil record across the Late Cretaceous Turonian / Coniacian boundary, including new data from Germany, Poland, the Czech Republic and England, *Cretaceous Research*, 29, 40- 67.
- Manivit, H., 1971. Nannofossiles calcaires du Crétacé français (Aptien- Maestrichtien). Essai de Biozonation appuyée sur les stratotypes, Université de Paris.
- McLeod, J.H., 1970. Geological Map of Pol-e-Dokhtar, Scale, 1:100000, National Iranian Oil Company.
- Mohseni, H., and Zeybaram Javanmard, R., 2020. New data on sequence stratigraphy of the Sarvak Formation in Malekshahi city, (Ilam province) Zagros basin, Iran, *Marine and Petroleum Geology*, 112.
- Monjezi, N., Vaziri-Moghadam, Taheri, A., and Amiri Bakhtyar, H., 2008. *Biostratigraphy of Surgah Formation in Type section (Southeast of Ilam)*, *Journal of Science of Tehran University*, 4, pp. 67 – 76. (In Persian).
- Navidtalab, A., Heimhofer, U., Huck, S., Omidvar, M., Rahimpour-Bonab, H., Ahari pour, R., Shakeri, A., 2019. Biochemostratigraphy of an upper Albian-Turonian succession from the southeastern Neo-Tethys margin, SW Iran. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 533, 109255.
- Perch-Nielsen, K., 1985. Mesozoic Calcareous Nannofossil; In: Bolli, H.M., Saunders, J.B., and Perch-Nielsen, K. (Eds), *Plankton Stratigraphy*, Cambridge Earth Sciences Series, Cambridge University Press, p. 329 – 426.
- Petrizzo, M.R., 2019. A critical evaluation of planktonic foraminiferal biostratigraphy across the Coniacian-Santonian boundary interval in Spain, Texas, and Tanzania. In: Denne, R.A., Kahn, A. (Eds.) *Geologic problem solving with Microfossils IV*, 111, SEPM special Publication, 186-198.
- Petrizzo, M.R., Jimenez Berrococo, A., Falzoni, F., Huber, B.T., and Macleod, K.G., 2017. The Coniacian – Santonian sedimentary record in southern Tanzania (Ruvuma Basin, East Africa): Planktonic foraminiferal evolutionary, geochemical and paleoceanographic patterns, *Sedimentology*. 64, 252-285.
- Petrizzo, M.R., MacLeod, K.G., Watkins, D.K., Wolfgring, E., and Huber, B., 2022. Late Cretaceous Paleocyanographic Evolution and onset of Cooling in santonian at Southern High Latitude (IODP Site U1513, SE Indian Ocean) *Paleoceanography and Paleoclimatology*, 37. <https://doi.org/10.1029/2021PA004353>.
- Raziani, M., Vahidinia, M., and Sadeghi, A., 2016. *Biostratigraphy and paleoecology of Turonian – Santonian (Surgah Formation) in Surgah anticline Southwest of Ilam based on planktonic foraminifera*, *Scientific Quarterly Journal, Geosciences*, 25, 99. (In Persian).
- Schueth, J., and Lees, J., 2019. Pioneer nannofossil assemblages from the initial transgression of the Niobrara seaway in the Turonian, San Juan Basin, New Mexico, USA, *Marine Micropaleontology*, 151, 101771.
- Sherkati, Sh., and Letouzey, J., 2004. Variation of structural style and basin evolution in central Zagros (Izeh zone and Dezful Embayment), Iran. *Marine and Petroleum Geology*, 21, 535-554. <https://doi:10.1016/j.marpetgeo.2004.01.007>.
- Shokri, M.H., Hadavi, F., Khodadadi, M., Notghi Moghaddam and Kamyabi Shadan, H., 2019. *Biostratigraphy and paleoecology of the Surgah Formation based on calcareous nannofossils in Shah- Nakhjir section (southwest Ilam)*, *Scientific Quarterly Journal, Geosciences*, 28, 110. (In Persian).
- Sissingh, W., 1977. Biostratigraphy of Cretaceous calcareous nannoplankton. *Geologie en Mijnbouw*, 56, pp.37-65.
- Takin, M., Akbari, Y., and McLeod., 1970. Geological Map of Kabir Kuh, National Iranian Oil Company.
- Thibault, N., Jarvis, I., Voigt, S., Gale, A.S., Atree, K., and Jenkyns, H.C, 2016. Astronomical calibration and global correlation of Santonian (Cretaceous) based on the marine carbon isotope record, 31(6), 847 – 865. <http://doi.org / 10.1002/2016pa002941>.
- Vahidinia, M., Haddadi, M., and Shafiee Ardestani, M., 2016. Investigation of Main Planktonic Foraminiferal Bio-Events in Surgah Formation at Pol-e-Dokhtar Area, South Western of Iran, *Open Journal of Geoscience*, 6, pp.774-785. doi: 10.4236/ojg.2016.68060.
- Vesali, S., and Ghasemi-Nejad, E., 2014. *Report of marine palynomorph of Surgah Formation at Shirin-Ab Section, Ilam and using palynomorphs in interpretation of sedimentary environment*, 18th symposium of Geological society of Iran. (In Persian).
- Walaszczyk, I., Čech, S., James S. Crampton, J.M., Dubicka, Z., Ifrim, C., Jarvis, I., Kennedy, W.J., Lees, J.A., Lodowski, D., Pearce, M., Peryt, D., Sageman, B., Schiøler, P., Todes, J., David Uličný, D., Silke Voigt, S., Wiese, F., With contributions by Christian Linnert, C., Püttmann, T., Toshimitsu, S., 2022. The Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) for the base of the Coniacian Stage (Salzgitter-Salder, Germany) and its auxiliary sections (Ślupia Nadbrzeźna, central Poland; Střeleč, Czech Republic; and El Rosario, NE Mexico) *Episodes*, 45(2), 181-220. <https://doi.org/10.18814/epiugs/2021/021022>.
- Zamanian, H., Ahmad-Nejad, F., Zarasvandi, A., Shahkarami., P and Sameti, M., 2017. *Geochemistry of several Bauxite units in Mombei ore deposit (Southwest Iran)*, *Iranian journal of Crystallography and Mineralogy*, 1, pp. 49 – 66. (In Persian).
- Zarasvandi, A, Poorkaseb, H., Saki, A., and Salami Elahi, S., 2011. *Study of sedimentation conditions, sedimentary environment and Bauxite bearing horizon of Mandan and Dehno deposits, Dehdasht area, Kohgiluyeh and Boirahmad using mineralogy studies*, *Iranian journal of Economic Geology* 3, 1, pp.1 – 13. (In Persian).