

دیرینه بوم شناسی تورونین- سانتونین بر پایه روزن داران شناور در برش الگو سازند سورگه، تاقدیس کبیر کوه، جنوب ایلام

مهدی رازیانی^۱، محمد وحیدی نیا^{۲*}، عباس صادقی^۳

۱- دانشجوی دکتری چینه نگاری و دیرینه شناسی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲- دانشیار، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۳- دانشیار، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران، تهران، ایران

*پست الکترونیک: Vahidinia@ferdowsi.um.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۷/۳/۲۰

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۲/۷

چکیده

به منظور بررسی دیرینه بوم شناسی تورونین - سانتونین، برش الگو سازند سورگه در تاقدیس کبیر کوه ایلام انتخاب و مورد نمونه برداری و بررسی دقیق چینه شناسی و فسیل شناسی قرار گرفت. این توالی دارای سنگ شناسی شیل و شیل های مارنی با میان لایه های نازک سنگ آهک مارنی به ضخامت ۱۶۸ متر است. مرز زیرین و فوقانی سازند سورگه به ترتیب با سازندهای آهکی و سخت سروک و ایلام به صورت همشیب همراه با مرز مشخص سنگ شناسی است. در این پژوهش با استفاده از نسبت روزن داران شناور به کفزی و رابطه تعیین عمق Van der Zwaan، به طور کلی برای تورونین - سانتونین در سازند سورگه محیط دریای باز عمیق (باتیال بالایی) با عمق متوسط ۶۶۲ متر تعیین شد. در قاعده سازند سورگه و در طول بایوزون *Marginotruncana sigali-Dicarinella primitiva Zone* با سن تورونین پسین، میزان فراوانی فرم های عمیق (H_3) و درصد روزن داران شناور (%P) افزایش می یابد که نشان دهنده افزایش سطح آب است و رونق فرم های کارن دار و k-strategic مثل *Dicarinella* و *Marginotruncana* حاکی از شرایط الیگوتروفیکی و کاهش مواد مغذی است، همچنین کاهش فرم های بدون کارن مثل *Muricohedbergella* و *Whiteinella* نشان دهنده افزایش شوری در این بایوزون است. در میانه های سازند سورگه و در بایوزون *Dicarinella concavata Zone* با سن انتهای تورونین پسین - کنیاسین تا اوایل سانتونین کاهش درصد روزن داران شناور (%P) و افزایش فرم های کم عمق (H_1) حاکی از کاهش تدریجی سطح آب می باشد و افزایش فرم های بدون کارن و r-strategic مثل *Muricohedbergella* و *Whiteinella* حاکی از وفور مواد مغذی و شرایط یوتروفیکی و کاهش نسبی شوری آب است. در رأس سازند سورگه و در بایوزون *Dicarinella asymetrica Zone* با سن سانتونین پیشین شاهد نوسانات شرایط محیطی هستیم به این صورت که در ابتدا کاهش درصد روزن داران شناور (%P) و افزایش فرم های کارن دار و k-strategic حاکی از افزایش مواد مغذی و شوری و شرایط الیگوتروفیکی است، اما در آخرین اقیانوس های آن افزایش فرم های بدون کارن و r-strategic حاکی از وفور مواد مغذی و شرایط یوتروفیکی و کاهش شوری آب است.

واژه های کلیدی: سورگه؛ روزن داران شناور؛ کفزی؛ تورونین؛ سانتونین؛ یوتروفیکی؛ الیگوتروفیکی.

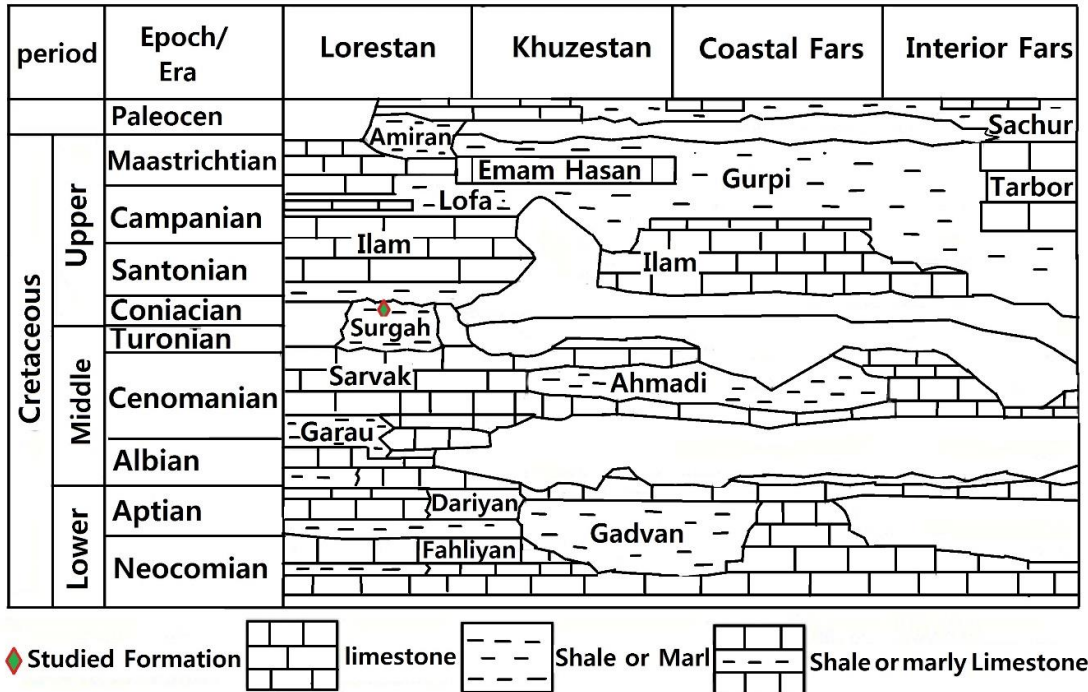
مقدمه

زاگرس چین خورده (زیرپهنه لرستان) و بیشتر در جنوب ایلام دارای رخنمون های سطح الارضی است (شکل ۱). این سازند شیلی به ترتیب در زیر و روی دو سازند آهکی و صخره ساز ایلام و سروک قرار گرفته است (آقنابتی،

سازند سورگه به عنوان یکی از سازندهای گروه بنگستان در کرتاسه پسین جای گرفته است که بر خلاف دیگر سازندهای این گروه که در سرتاسر زاگرس رخنمون دارند این سازند گسترش محدودی دارد و تنها در بخش شمالی

برش را در یال شمال خاوری تاقدیس کبیرکوه بنا نهاد و ضمن معرفی بایوزون های آن، سن تورونین پسین - سانتونین پیشین را برای آن پیشنهاد کرد.

۱۳۸۳). سازند سورگاه ابتدا توسط Wynd (1965) با سن تورونین - سانتونین در تنگ گراب و در کوه سورگاه معرفی شد، اما پس از آن منجزی (۱۳۸۵) به دلیل قرارگیری تنگ گراب در تاقدیس کبیرکوه محل دقیق این



شکل ۱: گسترش سازند سورگاه در زیرپهنه لرستان واقع در پهنه زاگرس چین

مانند جریان Kuroshio در آسیا، جریان California در غرب ایالات متحده و جریان Peru در سواحل شرقی آمریکای جنوبی به صورت شمال - جنوب در طول حاشیه قاره های مختلف گسترش دارند بنابراین ویژگی و فراوانی روزن داران شناور تغییر پیدا کرده و به انواع آب سرد و آب گرم تقسیم می شوند. امروزه با تغییرات عرض جغرافیایی، عمق آب، تغییرات در شوری و با جابه جایی توده های آب، مجموعه های مشخصی از روزن داران شناور ظاهر می شوند (Bandy, 1960; Phleger, 1960, 1964 a & a, 1960 b). در طول زمان کرتاسه دو چرخه گرم شدگی رخ داده که چرخه اول در کرتاسه پیشین و در محدوده آشکوب آلین و چرخه دوم در کرتاسه پسین و در محدوده آشکوب های تورونین - سانتونین مشاهده می شود (Bowen, Lowenstam & Epstein, 1954). (شکل ۲).

در سال های اخیر اطلاعات زیادی در زمینه روابط محیطی و تکاملی روزن داران شناور در طول زمان زمین شناسی به دست آمده است که حاصل مطالعه روزن داران شناور امروزی و ارتباط دادن آن ها با فون های سنوزوئیک و تفسیر مجموعه های کرتاسه است. این مطالعات در محدوده کرتاسه دو عامل محیطی و تکاملی را مورد ارزیابی و تحلیل قرار داده است.

امروزه روزن داران شناور در مناطق مختلف جهان همانند اقیانوس هند، اطلس و آرام شناسایی و مورد مطالعه و تأیید قرار گرفته اند با این که روزن داران شناور در هر کدام از سه اقیانوس مذکور حضور دارند، اما آن ها به طور مساوی در سرتاسر آب های گرمسیری اقیانوس های جهان پخش نشده اند. به علت جابه جایی متفاوت توده های آب، همه گونه ها در اقیانوس اطلس در یک مکان حضور ندارند. جریانات مهمی

۱ کیلوگرم به روش سیستماتیک برداشت و به دلیل ماهیت نرم و شیلی بودن آن‌ها از روش شست و شو برای آماده‌سازی نمونه‌ها استفاده شد (Zepeda, 1998). به این صورت که نمونه‌های خشک با هیدروژن پراکسید ۱۰٪ خیسانده و سپس با آب گرم روی الک‌های ۷۰، ۱۰۰ و ۱۲۰ میکرون شسته شدند (صورت نیاز این روش چندین بار تکرار می‌شود) (Zepeda, 1998). رسوبات بر جای مانده بر روی الک‌های مذکور پس از خشک شدن با استفاده از میکروسکپ دوچشمی جداسازی و از هر رسوب در صورت امکان ۳۰۰ نمونه فسیلی جدا و مورد مطالعه و تجزیه و تحلیل قرار گرفت و برای شناسایی میکروفسیل‌ها از Caron & Robaszynski (1984)؛ Caron (1985)؛ Sliter (1989)؛ Premoli Silva & Sliter (1994)؛ Premoli Silva & Verga (2000)؛ Robaszynski *et al.* (2007) استفاده شده است. تصاویر منتخبی از این میکروفسیل‌ها در پلیت‌های ۱ و ۲ آمده است.

بایوزوناسیون

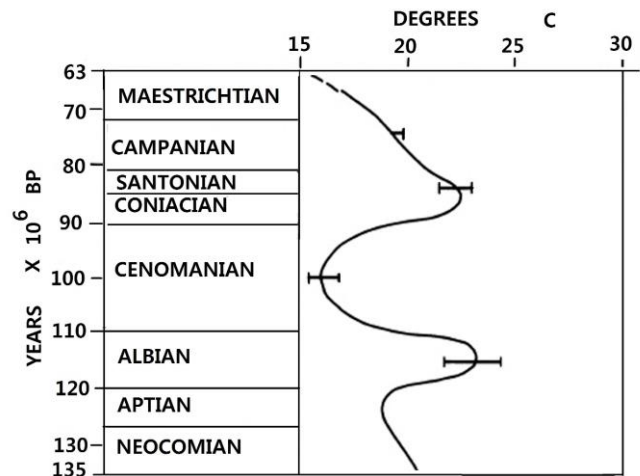
وجود روزن‌داران شناور فراوان در سازند سورگانه این فرصت را ایجاد کرد که با دقت فراوان به شناسایی و شمارش آماری آن‌ها پرداخته شود. در این مطالعه ۲۴ گونه متعلق به ۹ جنس از روزن‌داران شناور شناسایی و در غالب سه بایوزون زیر برای انتهای تورونین میانی - سانتونین پیشین معرفی شدند (شکل ۴) که منطبق بر بایوزون‌های ارائه شده توسط Premoli Silva & Verga (2007) برای حوضه تیس هستند که از قاعده به سمت رأس سازند سورگانه عبارتند از:

1- *Marginotruncana sigali* - *Dicarinella primitiva* zone

Category: partial range zone

Author: Premoli Silva & Verga, 2004

Age: Late middle to late Turonian



شکل ۲: منحنی دیرینه دمای کرتاسه شرق اروپا براساس ایزوتوپ O^{18} بلمنویدها (برگرفته از Urey et al., 1951؛ Lowenstam & Epstein, 1954؛ Bowen, 1961).

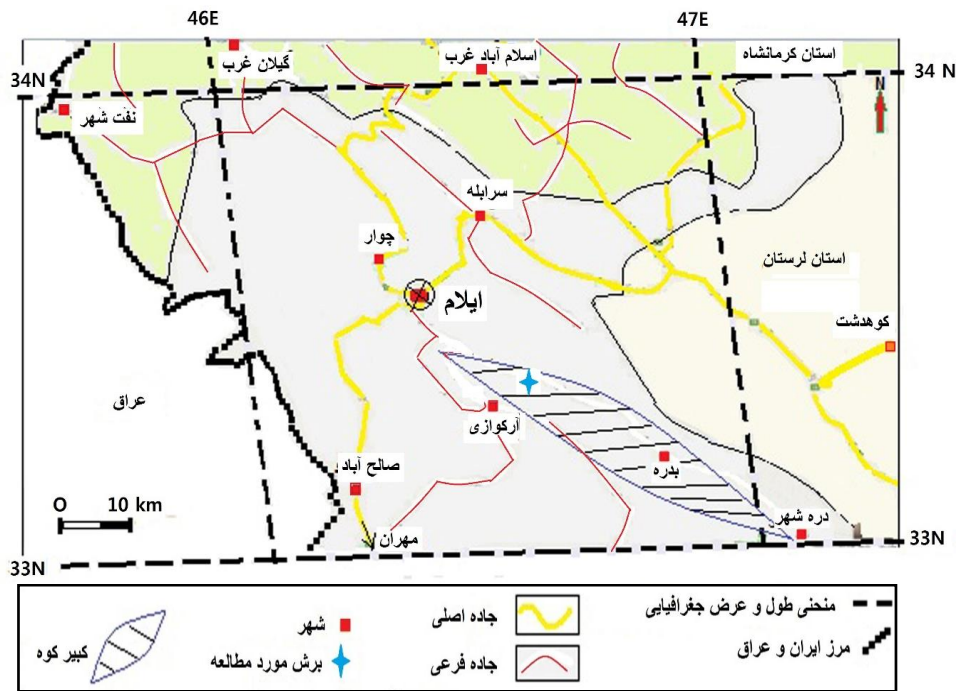
لذا در این مطالعه سعی شده است تا به بررسی و مطالعه عوامل مؤثر بر زیست بوم روزن‌داران شناور در طول دوره دوم گرم شدگی کرتاسه (تورونین - سانتونین) پرداخته شود.

موقعیت و راه‌های دسترسی به برش مورد مطالعه

برش نمونه سازند سورگانه در یال شمال شرقی تاق‌دیس کبیرکوه واقع در ۴۷ کیلومتری جنوب شرق شهرستان ایلام و در روستای پاکل گراب قرار گرفته است که دارای مختصات جغرافیایی $33^{\circ} 27' 13''$ عرض شمالی و $46^{\circ} 46' 32''$ طول شرقی است برای دستیابی به برش نمونه سازند سورگانه پس از طی ۴۷ کیلومتر در طول جاده آسفالتی ایلام به دره شهر، به روستای پاکل گراب وارد شده و از قسمت غربی روستا پس از گذشتن از تنگ گراب و طی ۳ کیلومتر مسیر صعب‌العبور کوهستانی به محل مختصات ذکر شده در بالا می‌رسیم (شکل ۳).

روش مطالعه

با توجه به این که جنس رسوبات سازند سورگانه در برش مورد مطالعه بیشتر از شیل و شیل‌های ماری است. بر این اساس ۱۷۶ نمونه نرم و شیلی با وزن تقریبی هر نمونه



شکل ۳: نقشه موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه مورد

concovata در قاعده سازند سورگه است، لذا قاعده این بایوزون در رأس سازند سروک قرار گرفته و ادامه آن ۲۴ متر از نهشته‌های شیلی و مارنی بخش زیرین سازند سورگه را در بر می‌گیرد و دارای سن انتهای تورونین میانی - انتهای تورونین پسین است.

2- *Dicarinella concavata* Zone

Category: Interval Zone

Author: Sigal 1955

Age: latest Turonian to earliest Santonian

Defination: Interval Range Zone from the FO of *Dicarinella concavata* to the FO of *Dicarinella asymetrica*

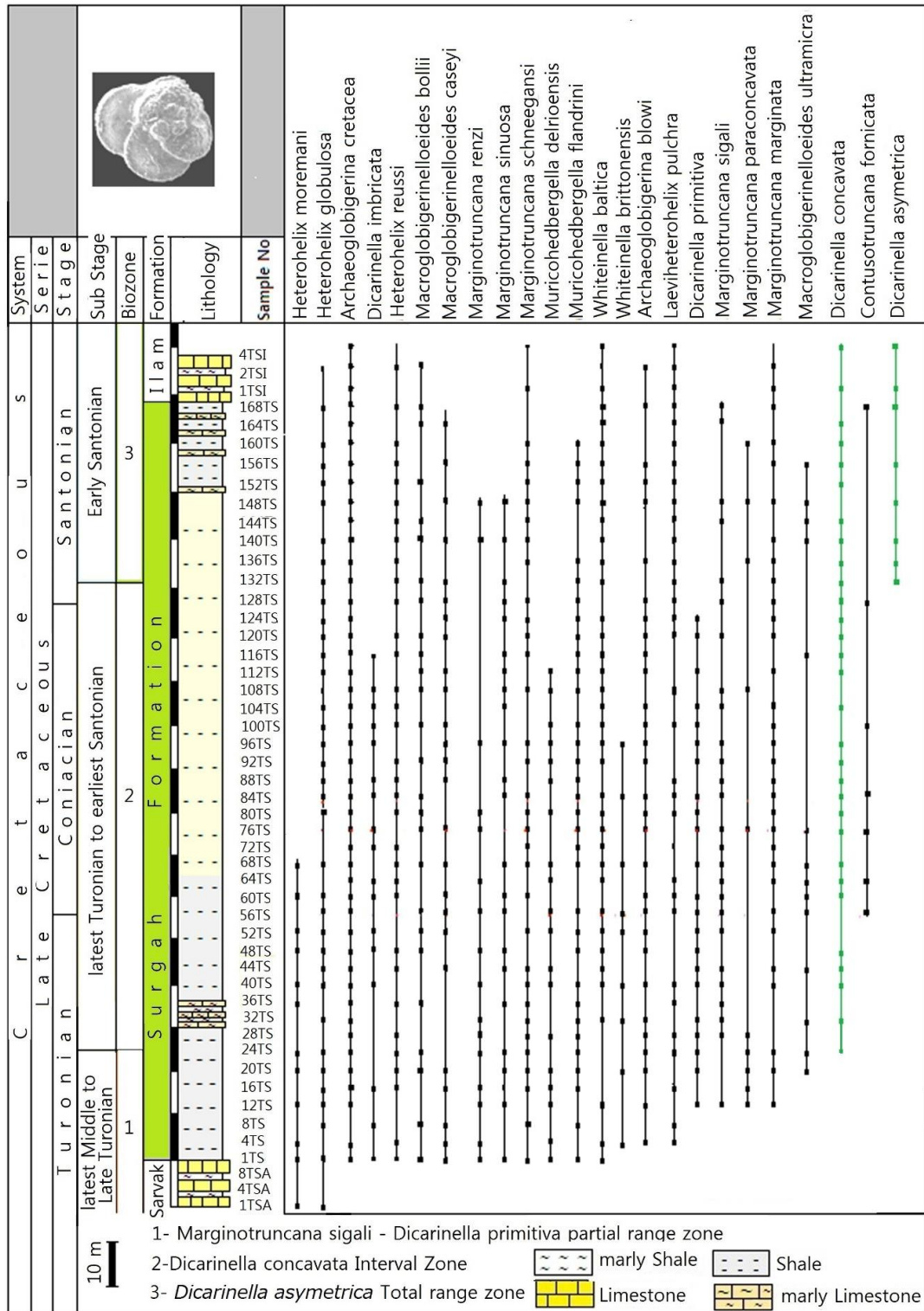
گونه‌های روزن داران شناور یافت شده در این بایوزون مشتمل بر *Archaeoglobigerina blowi*, *Dicarinella*, *Archaeoglobigerina cretacea*, *Dicarinella concavata*, *Dicarinella imbricata*, *Heterohelix globulosa*, *Heterohelix primitiva*, *Heterohelix reussi*, *moreman*, *Laeviheterohelix*, *Heterohelix reussi*, *moreman*, *Macroglobigerinelooides bollii*, *pulchra*, *Macroglobigerini-* *Macroglobigerinelooides caseyi*, *Marginotruncana neloeides*, *ultramicros*

Defination: partial range zone from the LO of *Helvetoglobotruncana helvetica* to the FO of the *Dicarinella concavata*

گونه‌های روزن داران شناور یافت شده در این بایوزون شامل *Archaeo- Archaeoglobigerina blowi*, *Dicarinella imbricata*, *globigerina cretacea*, *Heterohelix globulosa*, *Dicarinella primitive*, *Heterohelix reussi*, *Heterohelix moremani*, *Macroglobigerini-* *Laeviheterohelix pulchra*, *Macroglobigerinelooides caseyi*, *neloeides bollii*, *Margino-* *Macroglobigerinelooides ultramicros*, *Marginotruncana truncana*, *schneegansi*, *Marginotruncana paraconcavata*, *marginata*, *Muricohedber-* *Muricohedbergella delrioensis*, *Marginotruncana renzi*, *gella flandrini* و *Whiteinella baltica*, *Marginotruncana sinuosa* و *Whiteinella brittonensis* می‌باشند.

این بایوزون از نوع بایوزون بخشی بوده و در بر گیرنده آخرین حضور گونه *Helvetoglobotruncana helvetica* در رأس سازند سروک تا اولین حضور گونه *Dicarinella*

Muricohed- Muricohedbergella delrioensis Marginotruncana paraconcovata marginata
Whiteinella baltica bergella flandrini Marginotruncana Marginotruncana renzi
 و *Whiteinella brittonensis* هستند. *Marginotruncana sinuosa schneegansi*



شکل ۴: گسترش روزن‌داران شناور در طول تورونین - سانتونین در برش نمونه سازند سورگاه

و وارد سانتونین پسین نمی‌شود. بر اساس بایوزون‌های معرفی شده مشخص گردید که سازند سورگاه در برش نمونه از آخرین افق‌های انتهای تورونین میانی - انتهای سانتونین پیشین نهشته شده است و مرزهای تورونین - کنیاسین و کنیاسین - سانتونین در داخل بایوزون *Dicarinella concavata* Zone قرار گرفته است (شکل ۴).

تفسیر دیرینه بوم شناسی

مطالعات انجام شده بر روی کف رسوبات (جایی که پوسته‌های روزن‌داران قرار گرفته است) و عمق آب، محدوده‌های زیستی مشخصی را برای روزن‌داران شناور آشکار ساخته است (Be, 1960; Bandy, 1956).

Phleger (1960) به این نکته اشاره کرده است که بایوزوناسیون‌هایی که در بستر رسوبات و بر اساس فراوانی گونه‌ها معرفی شده‌اند مربوط به اندازه جمعیت است و ارتباطی با لایه‌بندی ستون آب ندارند، اما به هر حال روزن‌داران شناور که در مطالعات Be (1960) مورد استفاده قرار گرفته‌اند بیشتر متعلق به محدوده پهنه نوری هستند که در میان این جمعیت‌های متنوع گونه‌هایی مانند *Globorotalia tumida* و *Sphaeroidinella dehiscens* به ندرت دیده می‌شوند لذا اگر این بایوزوناسیون مربوط به فراوانی گونه‌ها و اندازه جمعیت آن‌ها باشد این فرم‌ها باید در ارتباط با جمعیت‌های بزرگتر پهنه‌های نوری باشند در حالی که این چنین نیست. همچنین Be (1960) پایین‌تر از پهنه نوری در میان مجموعه‌های شناور، تعدادی گونه با دیواره ضخیم پیدا کرد، بنابراین دیواره ضخیم شده یا پوسته‌های کریستالین اساساً متعلق به ویژگی اعماق حدود ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ متر (مزوپلاژیک) یا بیشتر است (Be, 1960; Be & Ericson, 1963). نسبت روزن‌داران شناور به کف‌زی (P/B) در پهنه شلف خارجی کمتر از ۱ و در پهنه باتیال بالایی بیشتر از ۱ و در آب‌های عمیق‌تر بیشتر از این میزان است، اما باید توجه داشت که ممکن است عکس این حالت نیز رخ دهد.

این بایوزون از نوع بایوزون بینابینی بوده و در برگیرنده اولین حضور گونه *Dicarinella concavata* تا اولین حضور گونه *Dicarinella asymetrica* است، سنگ شناسی غالب در این بایوزون شیل خاکستری تا زرد نخودی نازک لایه به ضخامت ۱۱۲ متر است که دارای سن انتهای تورونین پسین - ابتدای سانتونین پیشین است. مرزهای تورونین - کنیاسین و کنیاسین - سانتونین به ترتیب در قاعده و رأس این بایوزون قرار دارند (شکل ۴).

3- *Dicarinella asymetrica* zone

Category: Total Range Zone

Author: Postuma, 1971

Age: Early Santonian to earliest Campanian

Definition: Total range zone of *Dicarinella asymetrica*

گونه‌های همراه این بایوزون شامل *Archaeoglobigerina Contusotru-*, *Archaeoglobigerina cretacea*, *blowi*, *Dicarinella asymetrica incana fornicata*, *Dicarinella primitiva*, *Dicarinella concavata*, *Heterohelix reussi*, *Heterohelix globulosa*, *Macroglobigerinelooides*, *Laeviheterohelix pulchra*, *Macro-* *Macroglobigerinelooides caseyi bollii*, *Marginotruncana globigerinelooides ultramicrus*, *Marginotruncana paracon-* *marginata*, *Marginotruncana Marginotruncana renzi*, *cavata*, *Marginotruncana sinuosa*, *schneegansi*, *Whiteinella baltica* و *Muricohedbergella flandrini* می‌باشند. این بایوزون از نوع بایوزون گستره‌ای بوده و شامل تمام ضخامت رسوباتی است که گونه *Dicarinella asymetrica* در آن‌ها حضور دارد. که در این برش ۴۰ متر از شیل‌های زرد نخودی و خاکستری با میان لایه‌های نازک سنگ آهک مارنی رأس سازند سورگاه را در برمی‌گیرد، با توجه به این که در مطالعات فسیل شناسی ظهور گونه‌های جنس *Globotruncana* در انتهای این برش دیده نشد لذا سن این بایوزون تا انتهای سانتونین پیشین در نظر گرفته شده

Plate 1

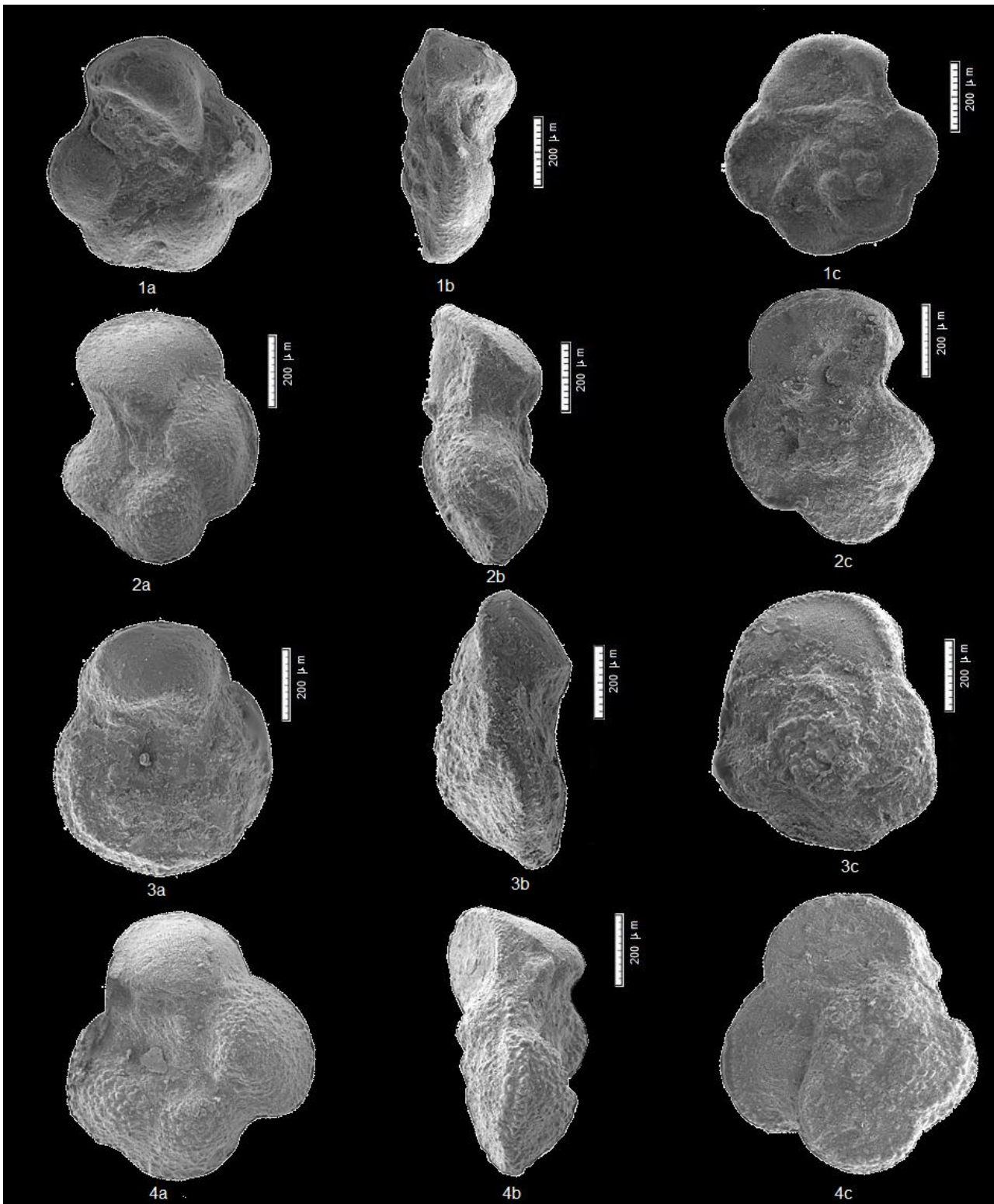


Plate1: Figs 1a-c) *Dicarinella concavata* (Brotzen 1934); Figs 2a-c) *Dicarinella primitiva* (Dalbiez, 1955); Figs 3a-c) *Contusotruncana fornicata* (Plummer 1931) and Figs 4a-c) *Dicarinella asymetrica* (Sigal 1952)

Plate 2

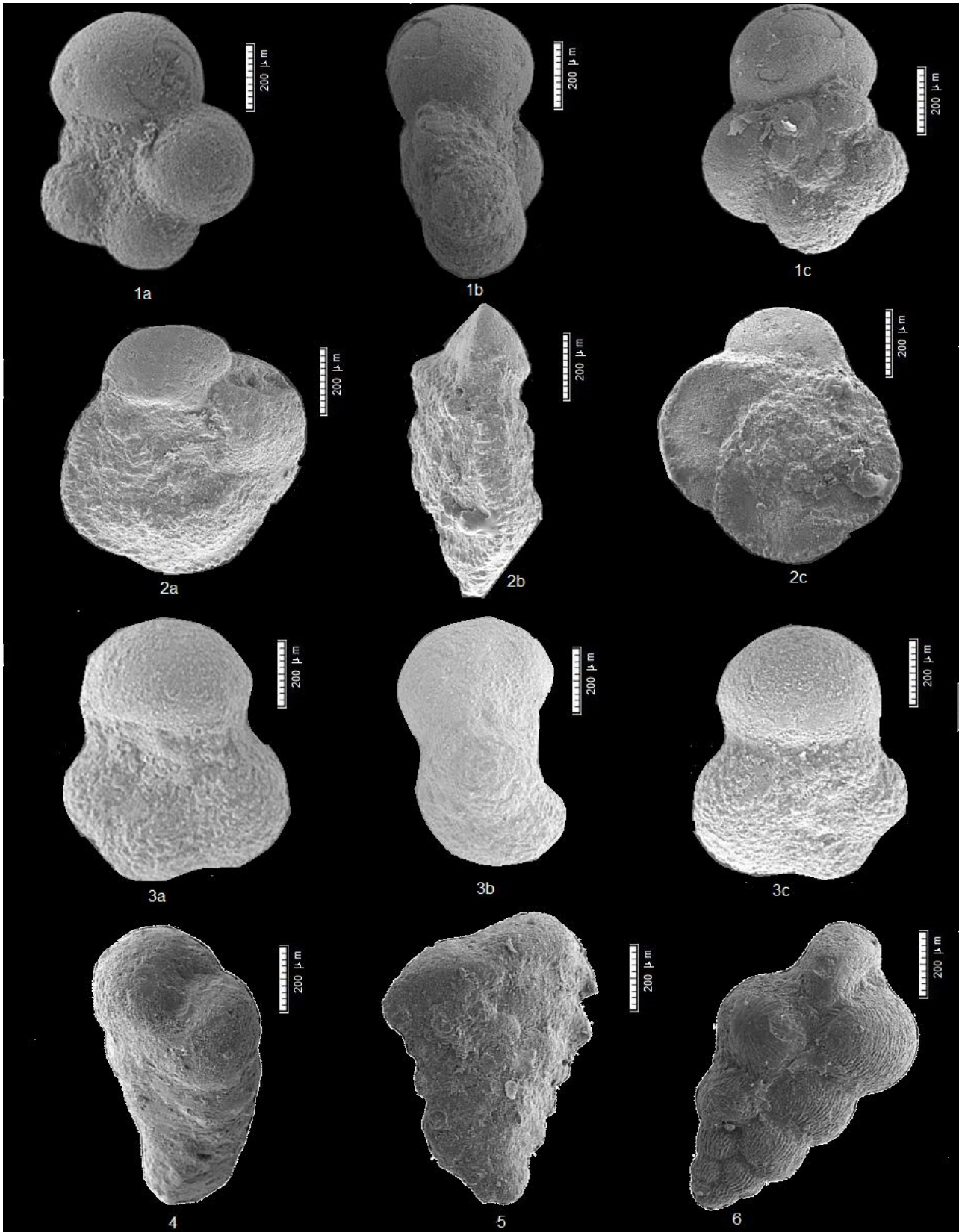


Plate 2: Figs 1a-c) *Muricohedbergella delrioensis* (Carsey, 1926); Figs 2a-c) *Marginotruncana renzi* (Gandolfi, 1942); Figs 3a-c) *Whiteinella baltica* (Douglas & Rankin, 1969); Fig 4) *Dorothia conula* (Cushman, 1964); Fig 5) *Bolivinita costifera* (Cushman, 1960) and Fig 6) *Heterohelix reussi* (Cushman, 1938)

شمارش دقیق قرار می‌گیرند سپس بر پایه داده‌های آماری به دست آمده تفسیرهای بوم‌دیرینه شناختی انجام می‌شود. بر پایه پژوهش‌های صورت گرفته توسط *Leckie et al.* (1998) اگر میزان روزن‌داران شناور به ۸۰ تا ۸۵ درصد برسد، محیط باتیال بالایی را نشان می‌دهند و در زمانی که روزن‌داران کفزی افزایش یابند، این درصد به ۸۰ تا ۳۰ کاهش می‌یابد.

جنس‌های بدون کارن مثل *Hedbergella* دورترین فاصله را با روزن‌داران کفزی دارند و متعلق به آب‌های سطحی هستند و جنس‌های *Whiteinella* در آب‌های میانی ساکن هستند در حالی که جنس‌های کارن‌دار مانند *Dicarinella* و *Marginotruncana* به گونه‌های روزن‌داران کفزی نزدیک‌تر بوده و ساکن آب‌های ژرف هستند (*Huber et al.*, 1995, 1999; *Fassell & Bralower*, 1999; *Reolid et al.*, 2015). جنس و گونه‌های مختلفی در طول عمق آب ظهور و انقراض پیدا می‌کنند که علاوه بر عمق عملکرد عوامل دیگری مانند بالا یا پایین افتادن پهنه حداقل اکسیژن (OMZ) یا مواد غذایی نیز در ظهور و انقراض روزن‌داران مؤثر است (*Leary et al.*, 1989; *Koutsoukos et al.*, 1990; *Hart et al.*, 1998; *Hart*, 1999; *Premoli Silva & Sliter*, 1999).

بسیاری از محققین مانند *Gibson* (1989); *Van der Zwaan et al.* (1990, 1999) و *Leckie et al.* (1998) به اهمیت مواد غذایی در نسبت روزن‌داران شناور به کفزی (P/B) به ویژه در روزن‌داران کفزی تأکید کرده‌اند. درصد روزن‌داران کفزی با عمق نسبت عکس دارد، زیرا نرخ تکثیر آن‌ها به میزان مواد آلی که به کف دریا می‌رسد وابسته است. روزن‌داران کفزی تا سه برابر بیشتر از روزن‌داران شناور به مواد آلی نیاز دارند و آن‌ها را جذب می‌کنند. تراکم روزن‌داران شناور و کفزی به نوسانات میزان مواد آلی وابسته است، مقدار مواد آلی که به کف

در شرق اقیانوس آرام بیشترین فراوانی گونه‌های شناور در شلف خارجی و در باتیال بالایی وجود دارد در حالی که در آب‌های باتیال ژرف‌تر این نسبت کاهش پیدا می‌کند همچنین در آب‌های باتیال ژرف‌تر با کاهش روزن‌داران شناور، نسبت رادیولرها افزایش می‌یابد که در اعماق زیر ۱۲۰۰ متر فراوان‌تر از روزن‌داران هستند و بیشتر زمان‌ها همانند فراوانی روزن‌داران در بستر رسوبات پهنه باتیال زیرین و آبیسال است (*Bandy & Arnal*, 1960; *Bandy & Rodolfo*, 1964). از مدت‌ها قبل محققین به این موضوع پی بردند که درصد روزن‌داران شناور در رسوبات، با ژرف‌تر شدن آب افزایش پیدا می‌کند (*Boltovskoy & Van der Zwaan et al.*, 1976; *Gibson*, 1989; *Wright*, 1990, 1999). اختلاف نسبی میان نرخ بالاتر تکثیر گونه‌های شناور در نواحی دریای باز و در برابر آن تکثیر و تراکم بالای گونه‌های کفزی در نواحی نرتیک دلیل اصلی چنین تفاوتی در گسترش روزن‌داران است (*Gibson*, 1989).

به دلیل این که اکوسیستم پلاژیک به ژرفای آبی کمتر (درون پهنه نوری) برای افزایش عملکرد خود نیاز دارد بنابراین تراکم بالای روزن‌داران شناور در محدوده دریای باز بیشتر امکان‌پذیر است (*Van der Zwaan et al.*, 1990).

Van der Zwaan et al. (1990) از رابطه ریاضی زیر

برای برآورد ژرفای آب استفاده کردند:

$$\text{Water depth} = e^{(3.58718 + (0.03534 \cdot \%PI))}$$

در این رابطه *pl* درصد روزن‌داران شناور را نشان می‌دهد و *e* لگاریتم طبیعی است.

نسبت میان روزن‌داران شناور و کفزی (P/B) به همراه رابطه تعیین ژرفای *Van der Zwaan* از جمله روش‌های مورد اطمینان برای محاسبه ژرفای دریاها گذشته هستند. در این روش پس از شناسایی جنس و گونه‌ها، آن‌ها مورد

جنس های کارن دار و k-strategists مانند *Marginotruncana* جلوگیری شود (Valentine, 1973). روزن داران شناور بر اساس ریخت شناسی و سبک زندگی به شش گروه تقسیم می شوند (Reolid et al., 2015). (جدول ۱ و شکل ۵).

حوضه می رسد به دلیل عمل اکسیداسیون، با افزایش عمق کاهش می یابد بنابراین در ژرفای زیاد نسبت P/B افزایش می یابد. وفور مواد غذایی باعث ایجاد شرایط یوتروفیک شده و زمینه را برای گسترش گروه های فرصت طلب (r-strategists) مانند *Whiteinella*، *Hedbergella* و *Heterohelix* فراهم می کند و ممکن است از رونق

K-mode specialists		r/K-mode intermediate forms		r-mode opportunists
highly oligotrophic	oligotrophic	mesotrophic	eutrophic	highly eutrophic
<i>R. deeckeii</i> <i>R. cushmani</i> <i>R. greenhornensis</i>	primitive marginotruncanids	<i>D. algeriana</i> <i>D. canaliculata</i> <i>D. hagni</i> <i>D. imbricata</i> <i>P. gibba</i> <i>P. stephani</i> <i>G. bentonensis</i> <i>G. caseyi</i> <i>G. ultramicrus</i> <i>W. archaeocretacea</i> ⁽¹⁾ <i>W. aprica</i> ⁽¹⁾ <i>W. aumalensis</i> ⁽¹⁾ <i>W. baltica</i> ⁽¹⁾ <i>W. praelhelvetica</i> ⁽¹⁾ <i>W. brittonensis</i> ⁽¹⁾ <i>W. inornata</i> ⁽¹⁾ <i>W. paradubia</i> ⁽¹⁾	<i>Hb. delrioensis</i> ⁽¹⁾ <i>Hb. simplex</i> ⁽¹⁾ <i>Hb. planispira</i> ⁽¹⁾ <i>Hx. moremani</i> ^(1,2) <i>Hx. reussi</i> ^(1,2) <i>Schackoina</i> spp. ⁽²⁾	

شکل ۵: سبک زندگی و شرایط زیستی فرم های مختلف روزن داران شناور (برگرفته از Coccioni & Luciani, 2005)

R =Rotalipora, D =Dicarinella, P =Praeglobotruncana, G =Globigerinelloides, Hb =Hedbergella, Hx =Heterohelix, W=Whiteinella. (1)= upwelling form, (2)= low-oxygen-tolerant form.

۳- فرم های تروکوسپیرال بدون کارن: این فرم ها r-strategics و سازگار با شرایط مزوتروفیک به یوتروفیک و اکسیژن کم بوده و در آب های سطحی گسترش دارند مثل *Whiteinella* و *Hedbergella*.

۴- فرم های پلانسیپرال: این فرم ها سازگار با شرایط مزوتروفیک به یوتروفیک می باشند و تا اندازه ای فرصت طلب هستند و در آب های سطحی تا میانی گسترش دارند مانند *Macroglobigerinelloides*.

۵- فرم های دوردیفنی: این فرم ها فرصت طلب (r-strategics) و سازگار با شرایط وفور مواد مغذی

۱- فرم های تروکوسپیرال با کارن های قوی: این فرم ها K-strategics بوده و در شرایط کاهش مواد مغذی (الیگوتروفیک تا مزوتروفیک) و افزایش اکسیژن در آب های میانی تا عمیق گسترش دارند همانند *Dicarinella* و *Marginotruncana*.

۲- فرم های تروکوسپیرال با کارن های ضعیف: این فرم ها r/k strategics بوده و در شرایط الیگوتروفیک به مزوتروفیک و فراهم شدن اکسیژن در آب های میانی گسترش دارند مانند *Archaeoglobigerina*.

(r-strategics) و سازگار با شرایط وفور مواد مغذی
(یوتروفیک) و اکسیژن کم هستند و در آب‌های سطحی
گسترش دارند مانند *Guembelitra*.

(یوتروفیک) و کم اکسیژن هستند که در آب‌های سطحی
تا میانی گسترش دارند همانند *Heterohelix*.
۶- فرم‌های سه‌ردیفی: این فرم‌ها فرصت طلب بوده

جدول ۱: فرم‌های روزن‌داران شناور و سبک زندگی و نیازهای زیستی آنها

(برگرفته از Hart & Bailey, 1979; Hart, 1999; Keller et al., 2001; Coccioni & Luciani, 2005 و Reolid et al., 2015)

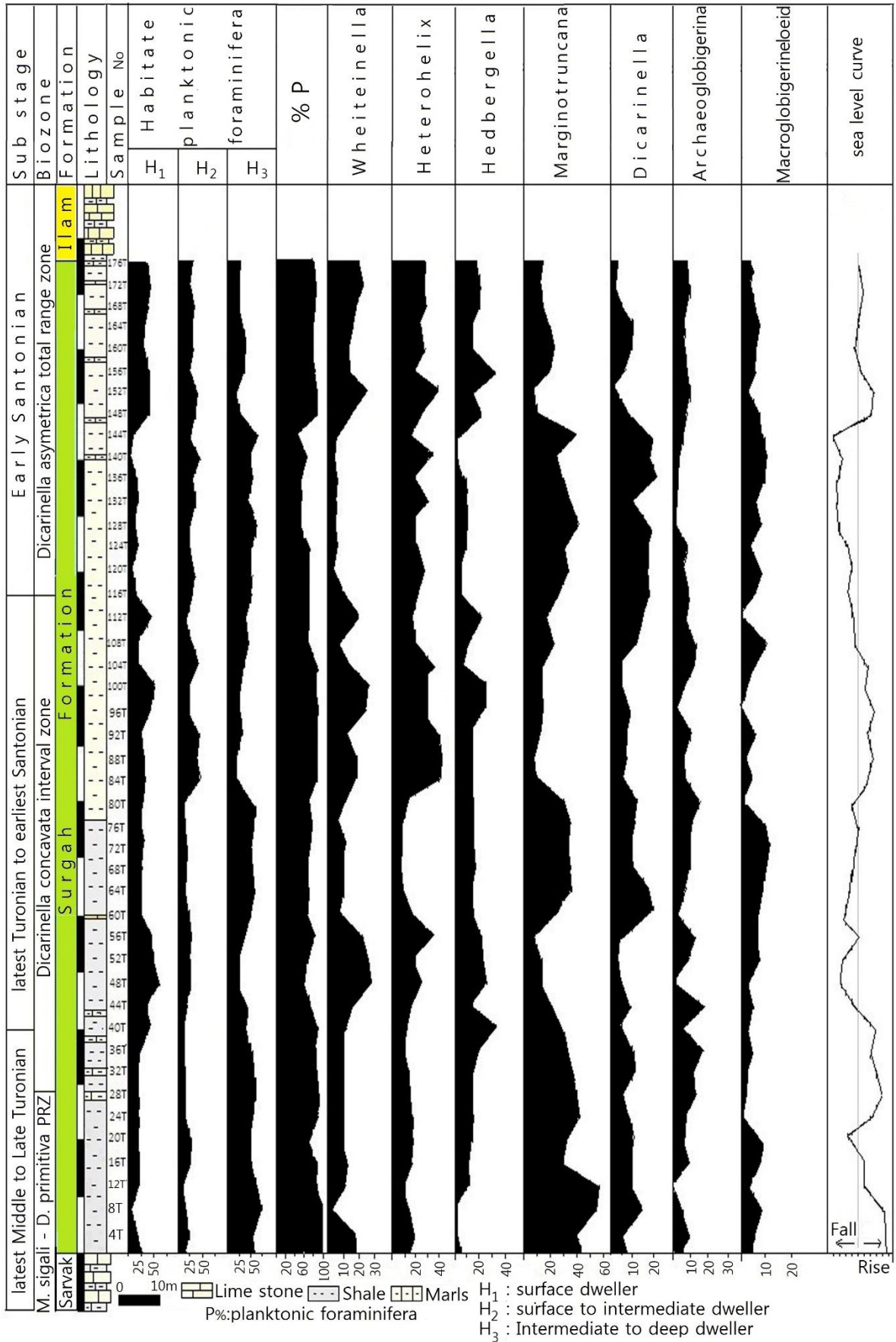
Morphology	Genera	Habitate	Mode	Requirements	
				Redox	Trophic
Strongly keeled trochospiral	<i>Dicarinella</i>	Intermediate – dweller	Intermediate	Oxygenated	Mesotrophic
	<i>Marginotruncana</i>	Intermediate to Deep – dweller	Specialist	Well Oxygenated	Oligotrophic
	<i>Rotalipora</i>	Intermediate to Deep – dweller	Specialist	Well Oxygenated	Oligotrophic
Weakly keeled trochospiral	<i>Helvetoglobotruncana</i>	Intermediate to deep – dweller	Intermediate to specialist	Oxygenated to well oxygenated	Mesotrophic to Oligotrophic
	<i>Archaeoglobotruncana</i>	Intermediate to deep - dweller	Intermediate to specialist	Oxygenated	Mesotrophic to oligotrophic
Unkeeled trochospiral	<i>Hedbergella</i>	Surface – dweller	Opportunist	Oxygenated to poorly oxygenated	Eutrophic
	<i>Whiteinella</i>	Surface - dweller	Opportunist	Oxygenated to poorly oxygenated	Mesotrophic to Eutrophic
Planispiral	<i>Macroglobigerinelloides</i>	Surface to intermediate - dweller	Opportunist to intermediate	Oxygenated to poorly oxygenated	Mesotrophic to Eutrophic
Biserial	<i>Heterohelix</i>	Surface to intermediate - dweller	Opportunist	Oxygenated to poorly oxygenated	Eutrophic
Triserial	<i>Guembelitra</i>	Surface - dweller	Opportunist	poorly oxygenated	Eutrophic

عمق آب

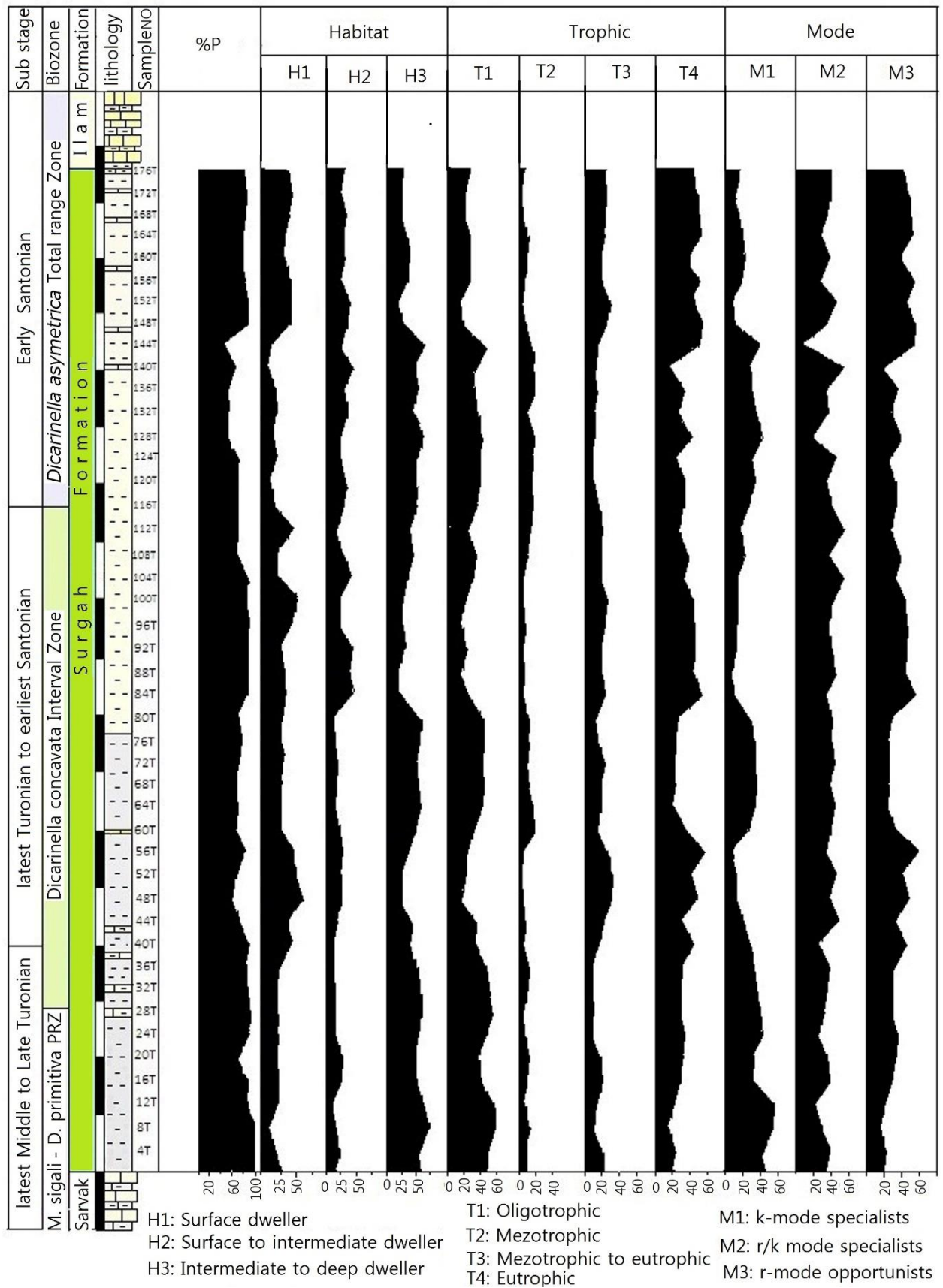
کم عمق (H_1) مثل *Muricohedbergella* و *Whiteinella*
نشان از کاهش سطح آب در انتهای تورونین و کنیاسین
است. این کاهش سطح آب در میانه بالایی سازند سورگاه
و در بایوزون *Dicarinella asymetrica Zone* با سن
سانتونین پیشین نیز ادامه دارد به طوری که در ابتدای این
بایوزون درصد روزن‌داران شناور (%p) کاهش نسبتاً قابل
ملاحظه‌ای پیدا می‌کند، اما در رأس سازند سورگاه هم‌زمان
با ظهور میان لایه‌های سنگ آهک درصد روزن‌داران
شناور افزایش (%p) یافته و پیک افزایش سطح آب نیز
دیده می‌شود (شکل‌های ۶ تا ۸).

در این پژوهش بر اساس فرمولی که توسط Van der
Zwaan et al. (1990) ارائه شده است، نسبت روزن‌داران
شناور به کف زی (P/B) و مکان زیستی^۱ روزن‌داران
شناور، عمق آب محاسبه و به تفسیر آن پرداخته شده است،
به این صورت که در قاعده سازند سورگاه و در بایوزون
Dicarinella primitive - Marginotruncana sigali Zone
با سن تورونین پسین افزایش درصد روزن‌داران
شناور (%p) و افزایش فراوانی فرم‌های عمیق (H_3)
مثل *Dicarinella* و *Marginotruncana* حاکی از افزایش
سطح آب در این زمان است، اما در نهشته‌های میانی سازند
Dicarinella concavata Zone در بایوزون
کاهش درصد روزن‌داران شناور (%p) و افزایش فرم‌های

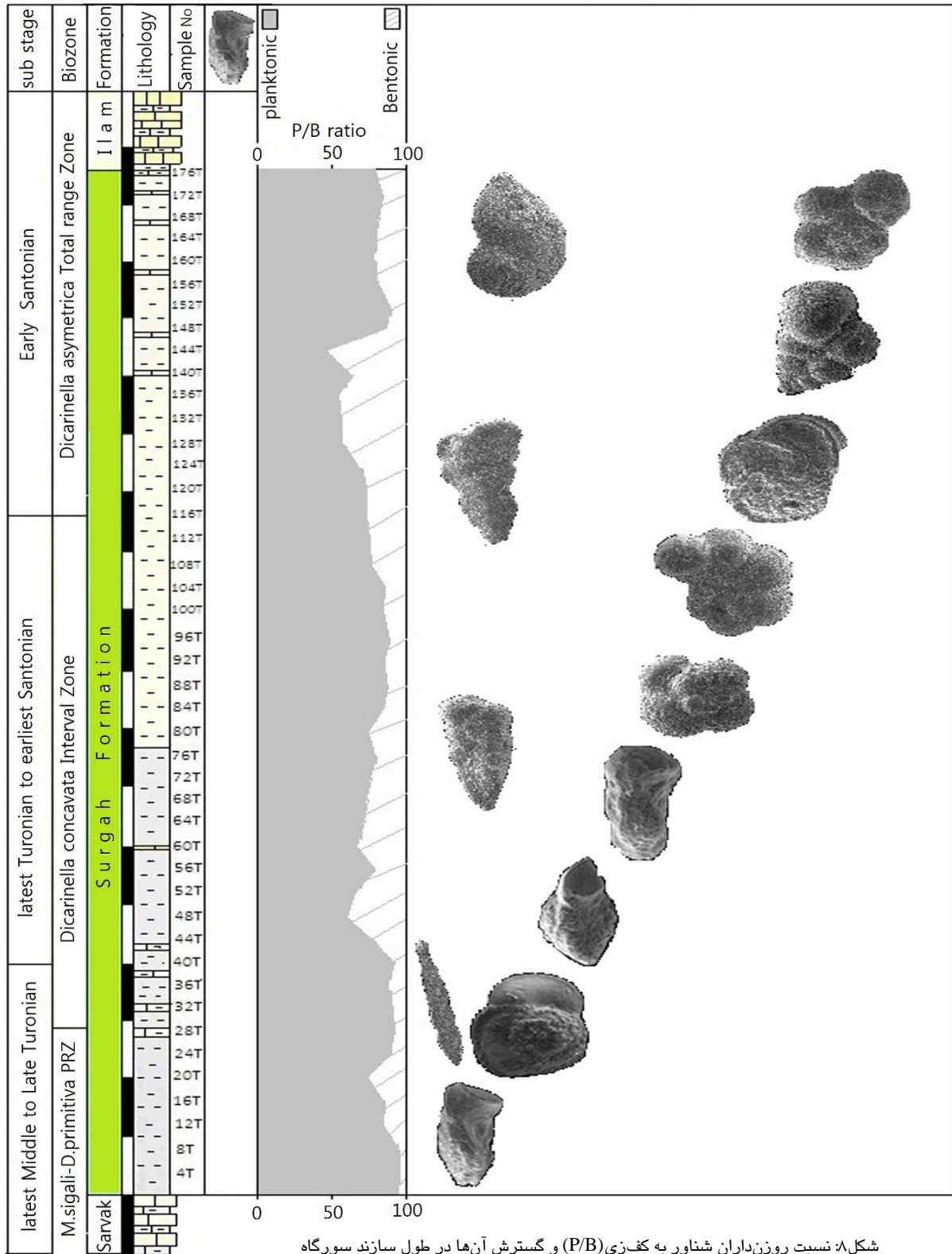
1-Habitate



شکل ۶: فراوانی و درصد روزن‌داران شناور، گروه‌های مورفوتایپی و منحنی تغییرات عمق در طول تورونین - سانتونین



شکل ۷: درصد و سبک‌های زندگی روزن‌داران شناور در طول تورونین - سانتونین در برش الگو سازند سورگه



شکل ۸: نسبت روزن‌داران شناور به کفزی (P/B) و گسترش آن‌ها در طول سازند سورگه

میانگین درصد روزن‌داران شناور ۷۵ درصد و ژرفای آب ۶۶۲ متر است (جدول ۲ و ۳).

بر این اساس نهشته‌های سازند سورگه در زمان تورونین - سانتونین در محیط باتیال بالایی نهشته شده‌اند که به طور

جدول ۲: شمارش آماری روزن‌داران شناور در ارتباط با سبک زندگی، مکان زیستی و شرایط غذایی در برش نمونه سازند سورگاه

Sample no	Mode			Habitat			Trophic			
	K-mode Specialists	r/k mode intermediate forms	r-mode opportunists	Intermediate to deep dweller	Surface to intermediate dweller	Surface - dweller	Oligotrophic	Mesotrophic	Mesotrophic to eutrophic	Eutrophic
1T	۴۵	۳۵	۲۰	۵۹	۱۹	۲۲	۴۹	۸	۲۲	۲۱
4T	۴۰	۳۸	۲۲	۵۵	۲۵	۲۰	۵۰	۵	۲۳	۲۲
8T	۵۵	۲۹	۱۶	۷۴	۲۲	۴	۵۹	۱۵	۱۰	۱۶
12T	۵۷	۲۲	۲۱	۶۵	۱۱	۲۴	۵۷	۸	۱۴	۲۱
16T	۳۰	۴۰	۳۰	۵۰	۲۶	۲۴	۴۰	۱۰	۲۱	۳۰
20T	۳۲	۳۵	۲۳	۴۹	۲۹	۲۲	۳۷	۱۲	۱۸	۲۳
24T	۴۲	۲۳	۳۵	۵۷	۱۹	۲۴	۴۹	۸	۸	۳۵
28T	۴۰	۳۱	۲۹	۶۰	۱۸	۲۲	۵۴	۶	۱۱	۲۹
32T	۳۷	۳۴	۲۹	۶۱	۱۷	۲۲	۵۰	۱۱	۱۰	۲۹
36T	۳۲	۳۸	۳۰	۶۱	۱۵	۲۴	۴۹	۱۲	۹	۳۰
40T	۳۰	۲۴	۴۶	۴۰	۱۴	۴۶	۳۵	۵	۱۵	۴۶
44T	۲۰	۴۹	۳۱	۴۸	۲۲	۳۰	۳۸	۱۰	۲۱	۳۱
48T	۱۲	۳۹	۴۹	۲۰	۲۶	۵۴	۱۴	۵	۳۲	۴۹
52T	۱۳	۴۶	۴۱	۲۶	۲۶	۴۸	۲۳	۳	۳۳	۴۱
56T	۸	۳۴	۵۸	۲۶	۳۰	۴۴	۲۲	۴	۲۸	۵۸
60T	۲۷	۳۹	۳۴	۵۰	۲۶	۲۴	۳۰	۲۰	۱۶	۳۴
64T	۳۵	۴۴	۲۱	۶۰	۱۶	۲۴	۴۳	۱۷	۱۹	۲۱
68T	۳۶	۳۹	۲۵	۵۶	۱۸	۲۶	۴۵	۱۱	۱۹	۲۵
72T	۳۲	۴۴	۲۴	۵۲	۲۱	۲۷	۴۲	۱۰	۲۴	۲۴
76T	۳۴	۴۱	۲۵	۵۸	۱۹	۲۳	۴۶	۱۲	۱۷	۲۵
80T	۳۰	۴۱	۲۹	۵۹	۱۴	۲۷	۴۶	۱۳	۱۲	۲۹
84T	۱۰	۳۵	۵۵	۲۱	۴۶	۳۳	۲۶	۵	۲۴	۵۵
88T	۹	۴۷	۵۶	۲۲	۴۴	۳۴	۱۵	۷	۲۱	۵۷
92T	۱۲	۴۱	۵۴	۲۹	۴۶	۲۵	۲۳	۷	۱۷	۵۴
96T	۱۵	۳۸	۴۷	۲۷	۲۵	۴۸	۱۷	۱۰	۲۵	۴۷
100T	۱۴	۴۰	۴۶	۲۵	۲۳	۵۲	۲۰	۵	۲۸	۴۷
104T	۱۳	۵۵	۳۲	۳۵	۴۳	۲۲	۳۰	۵	۱۹	۴۶
108T	۲۲	۳۸	۴۰	۴۸	۳۲	۲۰	۳۶	۱۲	۲۰	۳۲
112T	۱۷	۵۵	۲۸	۳۹	۱۷	۴۴	۲۴	۱۵	۲۱	۴۰
116T	۲۷	۴۰	۳۳	۵۵	۳۰	۱۵	۳۷	۱۸	۱۷	۲۸
120T	۳۳	۳۴	۲۳	۵۶	۳۷	۷	۳۹	۱۷	۱۱	۳۳
124T	۳۰	۴۶	۲۴	۵۷	۲۶	۱۷	۳۹	۱۸	۱۰	۳۳
128T	۴۱	۱۸	۴۱	۶۳	۲۴	۱۳	۴۳	۲۰	۱۳	۲۴
132T	۳۵	۳۷	۲۸	۴۷	۳۷	۱۶	۳۷	۱۰	۱۲	۴۱
136T	۳۰	۳۴	۳۶	۵۵	۳۰	۱۵	۳۳	۲۲	۱۷	۲۸
140T	۲۷	۵۴	۱۹	۴۹	۴۶	۵	۳۰	۱۸	۱۵	۳۶
144T	۴۰	۹	۵۱	۶۵	۲۵	۱۰	۴۵	۲۰	۱۶	۱۹
148T	۱۰	۳۵	۵۵	۲۶	۳۴	۴۰	۱۸	۸	۲۴	۵۱
152T	۷	۴۷	۴۶	۱۸	۴۲	۴۰	۱۶	۲	۲۸	۵۵
156T	۲۰	۲۷	۵۳	۳۴	۲۷	۳۹	۲۷	۷	۲۰	۴۶
160T	۲۲	۳۹	۳۹	۳۸	۳۴	۲۸	۲۸	۱۰	۱۹	۴۳
164T	۲۰	۲۹	۵۱	۳۷	۳۳	۳۰	۲۶	۱۱	۲۴	۳۹
168T	۱۵	۳۵	۵۰	۲۵	۳۶	۳۹	۲۰	۵	۲۴	۵۱
172T	۱۲	۴۰	۴۸	۲۴	۳۲	۴۴	۲۱	۳	۲۶	۵۰
176T	۱۵	۴۰	۴۵	۲۷	۳۵	۳۸	۲۵	۴	۲۵	۴۸

جدول ۳: شمارش آماری روزن داران شناور در ارتباط با مکان زیستی (H)، روزن داران شناور (P)، روزن داران کفزی (B)، نسبت روزن داران شناور به کفزی (P/B) و عمق آب (water depth)

Sample No	%H ₁	%H ₂	%H ₃	Pl	B	P / B	Water depth
1T	۲۲	۱۹	۵۹	۹۵	۵	۱۹	۱۰۳۶
4T	۲۰	۲۵	۵۵	۹۶	۴	۲۴	۱۰۷۳
8T	۴	۲۲	۷۵	۹۶	۴	۲۴	۱۰۷۳
12T	۲۴	۱۱	۶۵	۸۴	۱۶	۵	۷۰۲
16T	۲۴	۲۶	۵۰	۸۹	۱۱	۸	۸۳۹
20T	۲۲	۲۹	۴۹	۸۲	۱۸	۴/۵	۶۵۵
24T	۲۴	۱۹	۵۷	۹۰	۱۰	۹	۸۶۹
28T	۲۲	۱۸	۶۰	۹۳	۷	۵/۵	۹۶۶
32T	۲۲	۱۷	۶۱	۸۹	۱۱	۸	۸۳۹
36T	۲۴	۱۵	۶۱	۸۸	۱۲	۷	۸۱۰
40T	۴۶	۱۴	۴۰	۸۷	۱۳	۶/۷	۷۸۰
44T	۳۰	۲۲	۴۸	۷۸	۲۲	۳/۵	۵۶۸
48T	۵۴	۲۶	۲۰	۶۰	۴۰	۱/۵	۳۰۰
52T	۴۸	۲۶	۲۶	۶۶	۳۴	۲	۳۷۲
56T	۴۴	۳۰	۲۶	۸۰	۲۰	۴	۶۱۰
60T	۲۴	۲۶	۵۰	۶۷	۳۳	۲	۳۸۵
64T	۲۴	۱۶	۶۰	۷۲	۲۸	۲/۶	۴۵۹
68T	۲۶	۱۸	۵۶	۷۴	۲۶	۲/۸	۴۹۳
72T	۲۷	۲۱	۵۲	۷۸	۲۲	۳/۵	۵۶۸
76T	۲۳	۱۹	۵۸	۸۰	۲۰	۴	۶۱۰
80T	۲۷	۱۴	۵۹	۷۴	۲۶	۲/۸	۴۹۳
84T	۳۳	۴۶	۲۱	۶۸	۳۲	۲	۳۹۹
88T	۳۴	۴۴	۲۲	۷۱	۲۹	۲/۵	۴۴۴
92T	۲۵	۴۶	۲۹	۵۵	۴۵	۱/۲	۲۵۲
96T	۴۸	۲۵	۲۷	۶۵	۳۵	۱/۸	۳۵۷
100T	۵۲	۲۳	۲۵	۷۱	۲۹	۲/۵	۴۴۴
104T	۲۲	۴۳	۳۵	۷۲	۲۸	۲/۵	۴۵۹
108T	۲۰	۳۲	۴۸	۷۸	۲۲	۳/۵	۵۶۸
112T	۴۴	۱۷	۳۹	۷۷	۲۳	۳/۴	۵۴۸
116T	۱۵	۳۰	۵۵	۷۵	۲۵	۳	۵۱۱
120T	۷	۳۷	۵۶	۸۱	۱۹	۴/۲	۶۳۲
124T	۱۷	۲۶	۵۷	۷۸	۲۲	۳/۵	۵۶۴
128T	۱۳	۲۴	۶۳	۷۰	۳۰	۲/۳	۴۲۸
132T	۱۶	۳۷	۴۷	۸۵	۱۵	۵/۶	۷۲۳
136T	۱۵	۳۰	۵۵	۶۸	۳۲	۲	۳۹۹
140T	۵	۴۶	۴۹	۶۴	۳۶	۱/۸	۳۴۴
144T	۱۰	۲۵	۶۵	۵۱	۴۹	۱	۲۱۹
148T	۴۰	۳۴	۲۶	۶۸	۳۲	۲	۳۹۹
152T	۴۰	۴۲	۱۸	۷۷	۲۳	۳/۴	۵۴۸
156T	۳۹	۲۷	۳۴	۸۱	۱۹	۴/۲	۶۳۲
160T	۲۸	۳۴	۳۸	۷۵	۲۵	۳	۵۱۱
164T	۳۰	۳۳	۳۷	۷۳	۲۷	۲/۷	۴۷۶
168T	۳۹	۳۶	۲۵	۷۲	۲۸	۲,۵	۴۷۳
172T	۴۴	۳۲	۲۴	۷۵	۲۵	۳	۵۱۱
176T	۳۸	۳۵	۲۷	۸۰	۲۰	۴	۶۰۶

مواد غذایی

در قاعده سازند سورگه و در بایوزون *Marginotruncana sigali-Dicarinella primitive Zone* تروکوسپیرال با کارن‌های برجسته (*Dicarinella* و *Marginotruncana*) که k-strategics و ساکن مناطق عمیق هستند فراوانی قابل توجه‌ای دارند که حاکی از کاهش مواد مغذی (الیگوتروفیک) و فراوانی اکسیژن در طول تورونین پسین است. در میانه‌های سازند سورگه و در طول بایوزون *Dicarinella concavata Zone* به تدریج از فراوانی فرم‌های کارن‌دار کاسته و به فراوانی فرم‌های بدون کارن (*Hedbergella* و *Whiteinella*) و دو ردیفی (*Heterohelix*) افزوده می‌شود این فرم‌ها r-strategics و سطحی‌زی هستند و گویای شرایط فراوانی مواد مغذی (یوتروفیک) و کمبود اکسیژن در طول کنیاسین - اوایل سانتونین هستند و در نهایت در رأس سازند سورگه و در طول بایوزون *Dicarinella asymetrica Zone* با این که تا حدودی فرم‌های k strategics افزایش پیدا می‌کنند و شرایط به سمت کاهش مواد مغذی پیش می‌رود، اما مجدداً در آخرین افق‌های سازند سورگه فرم‌های r-strategics افزایش می‌یابند که حاکی از وفور مواد مغذی (یوتروفیک) در سانتونین پیشین است.

به طور کلی در قاعده سازند سورگه با سن تورونین پسین شرایط الیگوتروفیک بوده، اما در طول کنیاسین - سانتونین بیشتر شرایط یوتروفیک حکم فرما بوده است (شکل ۷).

شوری

مطالعات گوناگون در سرتاسر جهان نشان می‌دهد که با استفاده از روزن‌داران شناور می‌توان شوری را به طور نسبی تعیین کرد که در این خصوص بیشتر از جنس *Muricohedbergella* و در مرتبه بعدی از جنس

Whiteinella استفاده می‌شود (Pierre 1999) Wolff et al., 1999).

فراوانی این جنس‌ها مؤید کاهش شوری آب دریا و یا به عبارتی افزایش نزولات جوی و کاهش ورود مواد آواری به داخل حوضه است. درستی این مطلب در مناطق مختلف جهان بر اساس آنالیزهای O^{18} و C^{13} به تأیید رسیده است (Wolff et al., 1999). از مهم‌ترین گونه‌های روزن‌داران شناور کرتاسه جهت تعیین شوری می‌توان به *Hedbergella simplex* و *Hedbergella delrioensis* که شاخص محیط‌های سطحی و نیمه شور هستند اشاره کرد. نکته قابل ذکر در این رابطه آن است که علاوه بر آنالیزهای O^{18} و C^{13} که به تأیید صحت تعیین شوری توسط *Hedbergella* و *Whiteinella* کمک می‌کنند، استفاده از *Heterohelix* نیز در این رابطه مفید است. با توجه به این که *Heterohelix* نسبت به شرایط اکسیژن محدود مقاوم است و در شرایط منفی‌تر شدن O^{18} روند منحنی آن نسبت عکسی با *Hedbergella* و *Whiteinella* نشان می‌دهد، می‌توان از این جنس در کنار *Whiteinella* برای تعیین شوری استفاده کرد (Keller & Pardo, 2004). لذا در این مطالعه با بررسی تمامی گونه‌های *Hedbergella*، *Heterohelix* و *Whiteinella* به همراه چند جنس دیگر پلانکتون روند تغییرات شوری مورد ارزیابی قرار گرفت به این صورت که در قاعده سازند سورگه و در بایوزون *Marginotruncana sigali-Dicarinella primitiva Zone* با سن تورونین پسین، کاهش فراوانی گونه‌های *Hedbergella* و *Whiteinella* بیانگر افزایش شوری در این زمان است، اما در طول بایوزون *Dicarinella concavata Zone* با سن تورونین پسین - کنیاسین تا سانتونین پیشین افزایش فراوانی گونه‌های *Hedbergella* و *Whiteinella* در ابتدای این بایوزون و کاهش آن‌ها در انتهای بایوزون بیانگر کاهش شوری در محدوده مرز

Marginotruncana sigali - *Dicarinella primitiva* Zone با سن انتهای تورونین میانی - تورونین پسین افزایش فرم‌های عمیق (H_3) و روزن داران شناور (%P) حاکی از افزایش سطح آب و افزایش فرم‌های کارن دار و k-strategic مثل *Dicarinella* و *Marginotruncana* حاکی از کاهش مواد مغذی و شرایط الیگوتروفیک و کاهش فرم‌های بدون کارن مثل *Muricohedbergella* و *Whiteinella* نشان از افزایش شوری آب است.

۵- در میانه‌های سازند سورگاه و در بایوزون *Dicarinella concavata* Zone با سن انتهای تورونین پسین - کنیاسین تا اوایل سانتونین کاهش تدریجی درصد روزن داران شناور (%P) و افزایش فرم‌های کم عمق (H_1) حاکی از کاهش تدریجی سطح آب و افزایش فرم‌های بدون کارن و r-strategic مثل *Muricohedbergella* و *Whiteinella* نشان از وفور مواد مغذی و شرایط یوتروفیک و کاهش شوری آب است.

۶- در رأس سازند سورگاه و در بایوزون *Dicarinella asymetrica* Zone با سن سانتونین پیشین، شاهد نوسانات شرایط محیطی هستیم به این صورت که در ابتدای بایوزون کاهش درصد روزن داران شناور (%P) و افزایش فرم‌های کارن دار و k-strategic حاکی از کاهش مواد مغذی و شرایط الیگوتروفیک است، اما در آخرین افق‌های آن افزایش فرم‌های r-strategic حاکی از وفور مواد مغذی و شرایط یوتروفیک است.

تورونین - کنیاسین و افزایش میزان شوری در محدوده مرز کنیاسین - سانتونین است همچنین در طول بایوزون *Dicarinella asymetrica* Zone با سن سانتونین پیشین میزان فراوانی گونه‌های *Hedbergella* و *Whiteinella* بیانگر ادامه کاهش شوری و نوسانات شوری در این زمان است (شکل ۶ و جدول ۲ و ۳).

نتیجه گیری

۱- سازند سورگاه در برش نمونه با سنگ شناسی نرم فرسا و شیلی، به ضخامت ۱۷۶ متر به ترتیب در بالا و پایین سازندهای آهکی و صخره ساز سروک و ایلام با گسستگی لیتولوژیک قرار گرفته است.

۲- بر اساس روزن داران شناسایی شده در برش نمونه سازند سورگاه، ۳ بایوزون شناسایی و سن انتهای تورونین میانی - انتهای سانتونین پیشین را برای آن تعیین شد. که از قاعده به سمت بالا عبارتند از:

1- *Marginotruncana sigali* - *Dicarinella primitiva* zone (latest middle to late Turonian)

2- *Dicarinella concavata* zone (Late Turonian to Earliest Santonian)

3- *Dicarinella asymetrica* zone (latest Early Santonian)

۳- بر اساس نسبت روزن داران شناور به کف زی (P/B) و رابطه تعیین عمق Van der Zwaan، به طور کلی محیط رسوبی سازند سورگاه در زمان تورونین - سانتونین، دریای باز عمیق (باتیال بالایی) با عمق متوسط ۶۶۲ متر تعیین شد.

۴- در قاعده سازند سورگاه و در بایوزون

منابع

- آقائباتی، س.ع.، ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱-۵۸۶.
- منجری، ن.، ۱۳۸۵. زیست‌چینه‌نگاری سازند سورگانه (مقطع تیپ) بر اساس فرامینیفرهای پلانکتونیک در جنوب شرق ایلام. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان.
- Bandy, O.L., & Arnal, R.E., 1960. Concepts of foraminiferal paleoecology. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 44 (12): 1921-1932.
- Bandy, O.L., & Rodlfo, K.S., 1964. Distribution of foraminifera and sediments, Peru- Chile Trench area. *Deep-Sea Research*, 11 (5): 817- 837.
- Bandy, O.L., 1960 a. Planktonic foraminiferal criteria for paleoclimatic zonation. *Science Reports of the Tohoku University*, 4: 1-8.
- Bandy, O.L., 1960 b. The geologic szgniJicance of coiling ratios in the foraminifer Globigerina pachyderma (Ehrenberg). *Journal of Paleontology*, 34 (4): 671-681.
- Bandy, O.L., 1964 a. Cenozoic planktonic foraminiferal zonation. *Micropaleontology*, 10 (1): 1-17.
- Bandy, O.L., 1956. Ecology of foraminifera in northeastern Gulf of Mexico. U. S. *Geological Survey Professional Paper*, 274: 179-204.
- Be, A.W.H., 1960. Ecology of Recent planktonic foraminifera: Part 2 - Bathymetric and seasonal Distributions in the Sargasso Sea of Bermuda. *Micropaleontology*, 6 (4): 373-392.
- Be, A.W.H., & Ericson, D.B., 1963. Aspects of calcification in planktonic foraminifera (Sarcodina). *Annals of the New York Academy of Sciences*, 109: 65-81.
- Bolli, H.M., 1957. The genera Praeglobotruncana, Globotruncana, Rotalipora Abathomphalus in the Upper Cretaceous of Trinidad, B.W.I.U.S. *Natural History Museum Bulletin*, 215: 51-60.
- Boltovskoy, E., & Wright, R., 1976. Recent Foraminifera. Junk, *The Hague*, 1-515.
- Bralower, T.J., Leckie, R.M., Sliter, W.V., & Thierstein, H.R., 1995. An integrated Cretaceous microfossil biostratigraphy. *SEPM Special Publications*, 54: 65-79.
- Bowen, R., 1961. Paleotemperature analyses of Mesozoic Belemnoidea from Germany and Poland. *Journal of Geology*, 69 (1): 75-83.
- Caron, M., 1985. Cretaceous planktic foraminifera. In: Bolli, H.M., Saunders, J.B., & Perch Nielsen, K., (eds.), *Plankton stratigraphy*. Cambridge University Press, 17-86.
- Coccioni, R., & Luciani, V., 2005. Planktonic foraminifers across the Bonarelli Event (OAE2, latest Cenomanian): The Italian record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 224: 167-185.
- Cushman, J.A., 1965. Upper Cretaceous Foraminifera of the Gulf Coastal Region of the United States and adjacent area. *Geological Survey Professional*, 1-241.
- Fassell, M.L., & Bralower, T.J., 1999. Warm, equable mid-Cretaceous: stable isotope evidence. *Geological Society of America*, 332: 121-142.
- Gibson, T.G., 1989. Planktonic/benthonic foraminiferal ratios: modern patterns and Tertiary Applicability. *Marine Micropaleontology*, 15: 29-52.
- Hart, M.B., 1999. The evolution and biodiversity of Cretaceous planktonic foraminifera. *Geobios*, 32 (2): 247-255.
- Hemleben, C., Spindler, M., & Anderson, O.R., 1989. *Modern Planktonic Foraminifera*. Springer Verlag, New York, 1-363.
- Hart, M.B., & Bailey, H.W., 1979. The distribution of planktonic Foraminiferida in the Mid-Cretaceous NW Europe; Aspekte der Kreide Europas. *International Union of Geological Sciences*, 6: 527-542.
- Huber, B.T., Hodell, D.A., & Hamilton, C.P., 1995. Middle Late Cretaceous climate of the southern high latitudes: stable isotopic evidence for minimal equator-to-pole thermal gradients. *Geological Society of America Bulletin*, 107: 1164-1191.

- Huber, B.T., Leckie, R.M., Norris, R.D., Bralower, T.J., & CoBabe, E., 1999. Foraminiferal assemblage and stable isotopic change across the Cenomanian-Turonian boundary in the subtropical North Atlantic. *Journal of Foraminiferal Research*, 29: 392-417.
- Jarvis, I., Carson, G.A., Cooper, M.K.E., Hart, M.B., Leary, P.N., Tocher, B.A., Horne, D., & Rosenfeld, A., 1988. Microfossil assemblages and the Cenomanian-Turonian (Late Cretaceous) Oceanic Anoxic Event. *Cretaceous Research*, 9: 3-103.
- Koutsoukos, E.A.M., & Hart, M.B., 1990. Cretaceous foraminiferal morphogroup distribution patterns, palaeocommunities and trophic structures: a case study from the Sergipe Basin, Brazil. Transactions of the Royal Society of Edinburgh. *Earth Sciences*, 81: 221-246.
- Keller, G., & Pardo, A., 2004. Paleoeology of the Cenomanian-Turonian Stratotype Section (GSSP) at Pueblo, Colorado. *Marine Micropleontology*, 51: 95-128.
- Leckie, R.M., Yuretich, R.F., West, O.L.O., Finkelstein, D., & Schmidt, M., 1998. Paleooceanography of the southwestern Western Interior Sea during the time of the Cenomanian-Turonian boundary (Late Cretaceous). *SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology*, 6: 101-126.
- Loeblich, A.R.Jr., & Tappan, E., 1988. Foraminiferal genera & their classification. *Van Nostrand Reinhold Company*, New York, 1-970.
- Lowenstam, H.A., & Epstein, S., 1954. Paleotemperatures of the post-Aptian Cretaceous as determined by the oxygen isotope method. *Journal of Geology*, 62 (3): 207-248.
- Pierre, Ch., 1999. The carbon and oxygen isotope distribution in the Mediterranean water masses. *Marine Geology*, 153: 41-55
- Phleger, F.B., 1960. Ecology and distribution of recent foraminifera. *Baltimore: Johns Hopkins Press*, 1-297.
- Postuma, J.A., 1971. Manual of Planktonic Foraminifera. *Elsevier*, 1-420.
- Premoli Silva, I., & Sliter, W.V., 1999. Cretaceous paleooceanography: evidence from planktonic foraminiferal evolution. *Geological Society of America Special Paper*, 332: 301-328.
- Premoli Silva, I., & Verga, D., 2004. Practical manual of Cretaceous planktonic foraminifera, course 3. In: Verga, D., & Rettri, R., (eds.), International school of planktonic foraminifera: Universities of Perugia and Milano. *Tripografiadi di Pontefelcino*, Perugia, Italy, 1-283.
- Reolid, M., Sánchez-Quiñónez, C.A., Alegret, L., Molina, E., 2015. Palaeoenvironmental turnover across the Cenomanian-Turonian transition in Oued Bahloul, Tunisia: foraminifera and geochemical proxies. *Cretaceous Research*, 33: 196-204.
- Robaszynski, F., & Caron, M., 1979. Atlas de foraminifères planctoniques du Crétacé moyen (Mer Boreale et Tethys), première partie. *Cahiers de Micropaleontologie*, 1-185.
- Segerstrale, S.G., 1957. Baltic Sea. In: Hedgpeth, J.W., (ed.), Treatise on marine ecology and paleoecology. *Geological Society of America Memoir*, 1 (Ecology): 751-800.
- Sliter, W.V., 1989. Biostratigraphic zonation for Cretaceous planktonic foraminifera examined in thin section. *Journal of Foraminiferal Research*, 1: 1-19.
- Sverdrup, H., Johnson, M.W., & Fleming, R.H., 1942. The Oceans, The Oceans, Their Physics, Chemistry, and General Biology. New York: *Prentice-Hall*, 1-1087.
- Urey, H.C., Lowenstam, H.A., Epstein, S., & McKinney, C.R., 1951. Measurement of paleotemperatures and temperatures of the Upper Cretaceous of England, Denmark, and the Southeastern United States. *Bulletin of the Geological Society of America*, 62: 399-416.
- Van der Zwaan, D.J., Jorissen, F.J., & de Stigter, H.C., 1990. The depth dependency of planktonic/benthic foraminiferal ratios: constraints and applications. *Marine Geology*, 95: 1-16.
- Van der Zwaan, G.J., Duijnste, I.A.P., den Dulk, M., Ernst, S.R., Jannink, N.T., & Kouwenhoven, T.J., 1999. Benthic foraminifera: proxies or problems? A review of paleoecological concepts. *Earth Science Reviews*, 46: 213-236.

- Wolff, T., Grieger, B., Hale, W., Du'rkoop, A., Mulitza, S., Pa'tzold, J., & Wefer, G., 1999. On the reconstruction of Paleosalinites. *In: Fischer, G., & Wefer, G., (eds.), Use of Proxies in paleoceanography: examples from the South Atlantic. Springer-Verlag, Berlin, 207-228.*
- Wynd, J.G., 1965. Biofacies of the Iranian oil consortium agreement area. *IOOC report*, No, 1028. (unpublished)
- Zepeda, M.A., 1998. planktic foraminifera diversity, equitability & biostratigraphy of the uppermost Campanian-Maastrichtian, ODP Leg122, Hole 762, Exmoth plateau, NW Australia, eastern Indian Ocean. *Cretaceous Research*, 19: 117-152.

Paleoecology of Turonian-Santonian on the basis of planktonic foraminifera in the type section of Surgah Formation, Kabir-kuh anticline, South of Ilam

Raziani, M.¹, Vahidinia, M.^{2*}, Sadeghi, A.³

1-Ph.D. Student in Paleontology and Stratigraphy, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

2-Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

3-Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Earth Science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

*E-mail: Vahidinia@ferdowsi.um.ac.ir

Introduction

Sediments of Turonian to Santonian age are located in Surgah formation and characterized by Shale and marly Shale. Surgah formation as one of the formations of Bangestan group against other formations this group has limited expansion so that it only outcrops in Lurestan subbasin. During the Cretaceous time, two warming cycles occurred, the first cycle is observed in the Lower cretaceous (Albian) and second cycle is observed in the Upper Cretaceous (Turonian-Santonian). (Lowenstam & Epstein, 1954; Bowen, 1961). Therefore, in this study has been attempted to investigate the influencing factors on the planktonic foraminifera ecology during the seconded cycle Turonian-Santonian.

Materials and methods

In this study, 168 samples were systematically collected during a Surgah formation. The samples include Shales and marly Shales. About 1 kg of each sample wase processed. The samples were dried, soaked in hydrogen peroxide (% 10) for 12 hours. The mixture was washed over three sieves of 70, 100 and 120 μ m mesh to remove the clay fraction. This procedure was repeated several times when necessary. The residue was dried at 40° C. then, Foraminifera were identified and counted. At least 300 foraminifera were counted in each sample. The general taxonomy follows Robaszynski and Caron (1979), Caron (1985), Premoli Silva & Sliter (1999), Robaszynski *et al.* (2000), Premoli Silva & Verga (2007). Paleoecological indicators were obtained using the results of the counting process.

Discussion

A type section of Surgah Formation in Ilam Kabir-Kuh anticline in order to Paleoecology of Turonian - Santonian was selected, sampled and precisely studied for stratigraphy and paleontology. This sequence with a thickness of 168 m is composed of shale and marlyshales with interla of marlylimestone. Lower and upper boundaries of the Surgah Formation with Sarvak and Ilam limestone Formations are conformable with sharp lithological boundary respectively. Three biostratigraphic zones are proposed for the Turoniane - Coniacian interval in Surgah formation:

1- *Marginotruncana sigali* - *Dicarinella primitiva* partial range Zone (latest middle (?) - late Turonian). Because the usual index species for this interval, *Helvetoglobotruncana helvetica*, has not been found at Surgah formation, therefore the base of this zone is not exposed in the this formation, then age of this zone is latest Middle (?) - late Turonian.

2- *Dicarinella concavata* Interval Zone (latest Turonian - earliest Santonian).

3- *Dicarinella asymetrica* Total Range Zone (Early Santonian - Campanian).

Because *Dicarinell asymetrica* has been found all over Surgah formation, the top of this zone is not exposed in the Surgah Formation, then age of this zone is latest Early Santonian. On this basis, generally the age of the Surgah formation latest Middle Turonian - latest Early Santonian is determined. The ratio between planktonic and benthonic foraminifera (P/B) is one of the most reliable proxies to estimate palaeo-water depths. It has been known for a long time that the percentage of planktonic foraminifera in modern sediments increases with water depth (e.g., Boltovskoy & Wright, 1976; van der Zwaan *et al.*, 1999). Van der Zwaan *et al.* (1990) described the regression curves with a mathematical formula, which can be used to estimate the water depth. Planktonic foraminifera are divided into five groups according to morphology and lifestyle (Hart & Bailey (1979); Coccioni & Luciani (2005); Reolid *et al.* (2015):

- 1- Strongly keeled trocospiral: these forms are k- strategic and develop in conditions of reduced nutrients (oligotrophic - mesotrophic), increased oxygen and deep waters. Like geniuses: *Dicarinella* and *Marginotruncana*.
- 2- Weakly keeled trocospiral: these forms are k/r strategic and develop in conditions of oligotrop...- mesotrophic and increased oxygen. Like genus: *Archaeoglobigerina*.
- 3- Unkeeled trocospiral: these forms are r- strategic and develop in conditions of increased nutrients (mesotrophic - eutrophic), reduced oxygen and surface waters. Like geniuses: *Whiteinella* and *Hedbergella*.
- 4- Planispiral: these forms are r-strategic (opportunist) and develop in conditions of eutrophic, increased oxygen and surface to medium waters. Like genus: *Macroglobigerinelloides*.
- 5- Biserial: these forms are r-strategic (opportunist) and develop in conditions of rincreased nutrients (eutrophic), poorly oxygenated and surface to intermediate waters. Like genus: *Heterohelix*.

Conclusion

Sediments of Turonian-Santonian age are located in Surgah formation and characterized by Shale and marly Shale with 168 m thickness. Lower and upper boundaries of the Surgah Formation with Sarvak and Ilam limestone Formations are conformable with sharp lithological boundary respectively. Generally for the Turonian to Santonian in the Surgah Formation deep open marine (upper bathyal) with an average depth of 662 m was determined. At the base of the Surgah Formation, Late Turonian, the frequency of deep forms (H₃) and percentage of planktonic foraminifera (%P) increased therefore suggests sea-level rise, also killed-forms and K-strategies increasment suggests a lack of nutrients and Oligotrophic condition, whereas decrease of non-killed forms indicates increasment of water salinity in this biozone. In the middle of the Surgah Formation. late Turonian-Coniacian to earliest Santonian, the percentage decrease of planktonic foraminifera (%P) and shallow forms (H₁) increasment is indicated sea level gradually falling also none-keeling forms and r-strategies increasment offers abundance of nutrients , Eutrophic conditions, and relative decrease of water salinity. On top of the Surgah Formation, Early Santonian fluctuations in environmental conditions are observed.

Keywords: Surgah; Planktonic foraminifera; Benthonic; Turonian; Santonian; Oligotrophic; Eutrophic.

References

- Bowen, R., 1961. Paleotemperature analyses of Mesozoic Belemnnoidea from Germany and Poland. *Journal of Geology*, 69 (1): 75-83.
- Coccioni, R., & Luciani, V., 2005. Planktonic foraminifers across the Bonarelli Event (OAE2, latest Cenomanian): The Italian record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 224: 167-185.
- Caron, M., 1985. Cretaceous planktic foraminifera. In: Bolli, H.M., Saunders, J.B., & Perch Nielsen, K., (eds.), *Plankton stratigraphy. Cambridge University Press*, 17-86.
- Hart, M.B., & Bailey, H.W., 1979. The distribution of planktonic Foraminiferida in the Mid-Cretaceous NW Europe; Aspekte der Kreide Europas. *International Union of Geological Sciences*, 6: 527-542.
- Premoli Silva, I., & Sliter, W.V., 1999. Cretaceous paleoceanography: evidence from planktonic foraminiferal evolution. *Geological Society of America Special Paper*, 332: 301-328.
- Premoli Silva, I., & Verga, D., 2004. Practical manual of Cretaceous planktonic foraminifera, course 3. In: Verga, D., & Rettri, R., (eds.), *International school of planktonic foraminifera: Universities of Perugia and Milano. Tripografiadi di Pontefelcino, Perugia, Italy*, 1-283.
- Reolid, M., Sánchez-Quiñónez, C.A., Alegret, L., Molina, E., 2015. Palaeoenvironmental turnover across the Cenomanian-Turonian transition in Oued Bahloul, Tunisia: foraminifera and geochemical proxies. *Cretaceous Research*, 33: 196-204.
- Robaszynski, F., & Caron, M., 1979. Atlas de foraminifers planctoniques du Cré'tace' moyen (Mer Boreale et Tethys), premie`re partie. *Cahiers de Micropaleontologie*, 1-185.
- Van der Zwaan, D.J., Jorissen, F.J., & de Stigter, H.C., 1990. The depth dependency of planktonic/benthic foraminiferal ratios: constraints and applications. *Marine Geology*, 95: 1-16.
- Van der Zwaan, G.J., Duijnste, I.A.P., den Dulk, M., Ernst, S.R., Jannink, N.T., & Kouwenhoven, T.J., 1999. Benthic foraminifers: proxies or problems? A review of paleocological concepts. *Earth Science Reviews*, 46: 213-236.