

دیرینه بوم‌شناسی نهشته‌های ائوسن بالایی - شاتین (سازندهای پابده و آسماری) در میدان نفتی مارون

محمد گودرزی^{۱*}، حسن امیری بختیار^۲، محمدرضا نورایی نژاد^۳ و مصطفی صداقت‌نیا^۴

۱- دانشجوی دکترا، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

۲- دکترا زمین‌شناسی، شرکت ملی نفت، مناطق نفت‌خیز جنوب، اهواز، ایران

۳- دانشجوی دکترا، گروه حوضه‌های رسوبی و نفت، دانشکده علوم‌زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۴- دانش‌آموخته دکترا، کارشناس آزمایشگاه مرکزی دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

نویسنده مسئول: Mohammadgoodarzi45@yahoo.com *

نوع مقاله: پژوهشی

پذیرش: ۱۴۰۴/۸/۴

دریافت: ۱۴۰۴/۳/۷

چکیده

در پژوهش حاضر شرایط دیرینه بوم‌شناسی نهشته‌های ائوسن بالایی (سازند پابده) و شاتین (سازند آسماری) در میدان نفتی مارون مورد مطالعه قرار گرفت. برای انجام این پژوهش تعداد ۲۵۰ مقطع نازک در دو چاه (چاه‌های A و B) مطالعه شد. در این چاه‌ها شرایط دیرینه نور بین محدوده تاریک تا حداکثر نور (آفوتیک- یوفوتیک)، شرایط شوری نرمال تا کمی بالاتر از نرمال (34- 40 Psu) و شرایط مواد غذایی بین محدوده غذای کم تا زیاد (الیگوتروف - یوتروف) تعیین شده است. در نهشته‌های ائوسن بالایی (سازند پابده) حضور فرامینفرهای پلانکتون نشان‌دهنده محیطی عمیق و آرام بوده و در نهشته‌های الیگوسن حضور فرامینفرهای بزرگ کفزی در قاعده سازند آسماری (بخش دیستال رمپ میانی) شاخص انرژی هیدرودینامیکی پایین و وجود بستری نرم و پایدار می‌باشد. حضور فرامینفرهای هیالین با دیواره‌ای ضخیم‌تر، اندازه کوچک‌تر و فرم عدسی در بخش پروکسیمال رمپ میانی موید افزایش انرژی و نور بوده که این وضعیت نشان دهنده محیطی کم عمق با انرژی هیدرودینامیکی بالاتر، بستری سخت‌تر و ناپایدارتر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سازند پابده، سازند آسماری، میدان نفتی مارون، دیرینه بوم‌شناسی

۱- پیشگفتار

برش الگوی سازند پابده در تنگ پابده، در تاق‌دیس کوه گورپی، ۸۰ کیلومتری شمال شهرستان لالی می‌باشد (آقاباتی، ۱۳۸۵). در برش الگو ضخامت سازند پابده حدود ۸۰۰ متر بوده که از شیل و مارن‌های ارغوانی در قاعده و شیل‌های خاکستری و لایه‌هایی از سنگ‌آهک رسی و گاهی چرت‌دار در بخش‌های میانی و بالایی تشکیل شده است و بطور همشیب و تدریجی در زیر سنگ‌آهک‌های سازند آسماری قرار دارد. سن سازند پابده در نقاط مختلف زاگرس متفاوت است، بطوریکه در فارس و خوزستان سن این سازند پالئوسن تا الیگوسن بوده و در لرستان تا ابتدای میوسن می‌رسد. سازند پابده گاهی به عنوان یک سنگ منشا و گاه به عنوان سنگ مخزن از اهمیت ویژه‌ای در مطالعات نفتی و مواد هیدروکربوری برخوردار است (هداوند خانی، ۱۳۹۷ و گودرزی و همکاران، ۱۳۹۸). مطالعات انجام شده در مناطق مختلف حوضه زاگرس نشان‌دهنده

تغییرات چشمگیری در ضخامت، لیتولوژی، مرزهای زیرین و بالایی، محتویات فسیلی و سن سازند پابده از جایی به جای دیگر چه در رخنمون‌های سطح‌الارضی و در برش‌های تحت‌الارضی می‌باشد (هداوندخانی، ۱۳۹۶)، در این راستا به مطالعات محققین مختلفی مانند نجفی (۱۳۷۷)، حسین‌زاده (۱۳۸۷)، بهاران و همکاران (۱۳۸۹)، صادقی و هداوندخانی (۱۳۸۹)، کریمی و پروانه‌نژادشیرازی (۱۳۹۱)، ثبوت و هادوی (۱۳۹۱)، هداوندخانی (۱۳۹۷)، ۱۳۹۶، ۱۳۹۳)، دانشیان و همکاران (۱۳۹۹)، سبکرو و همکاران (۱۳۹۹ و ۱۴۰۱) و مغفوری‌مقدم و همکاران (۱۴۰۰) می‌توان اشاره کرد. سازند آسماری جوان‌ترین سنگ مخزن زاگرس است و به دلیل اهمیت اقتصادی آن (تولید مواد هیدروکربوری) مطالعات گسترده و جامعی بر روی آن انجام شده است. رسوبات پلاتفرم کربناته‌ای که سازند آسماری را تشکیل می‌دهند، شامل تعدادی از بزرگ‌ترین ذخایر نفتی

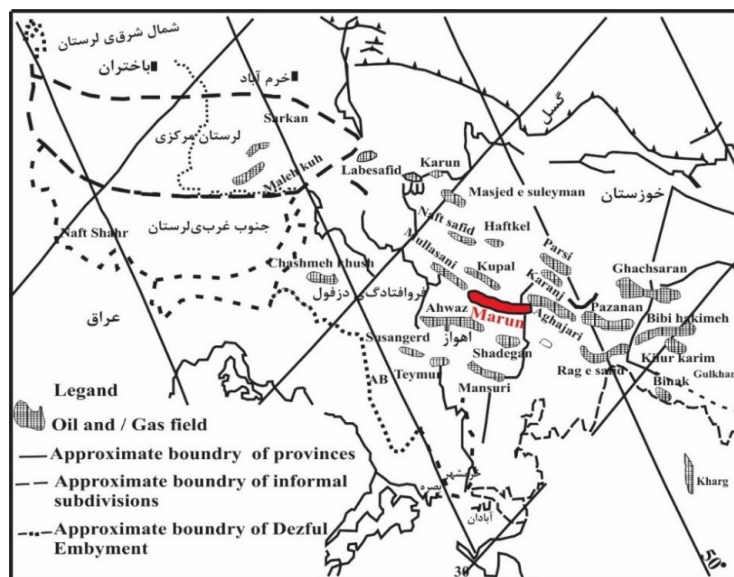
مطالعات وسیعی در این راستا و در نقاط مختلف زاگرس انجام شده است که در زیر به پاره‌ای از مهم‌ترین مطالعات انجام شده اشاره شده است:

آورجانی و همکاران (۱۳۹۰)، کلنات و همکاران (۱۳۹۳)، ۱۳۸۹، طاهری و همکاران (۱۳۹۴)، ذبیحی‌زوارم و همکاران (۱۳۹۴)، وزیری‌مقدم و همکاران (۱۳۹۴)، رحیم‌زاده و همکاران (۱۳۹۴)، حبیبی (۱۳۹۵)، خوشنود و همکاران (۱۳۹۵)، براری و همکاران (۱۳۹۶)، غلام‌پور موگهی (۱۳۹۶)، نیسی و همکاران (۱۳۹۶)، اختری و همکاران (۱۳۹۶)، لرستانی و همکاران (۱۳۹۷)، رحیم‌آبادی و همکاران (۱۳۹۸)، گودرزی و همکاران (۱۳۹۸)، زارع و همکاران (۱۳۹۸)، کمالی‌فر و همکاران (۱۳۹۸)، خلیلی و همکاران (۱۴۰۰)، احمدی و همکاران (۱۴۰۰) و موسوی و همکاران (۱۴۰۱).

۲- موقعیت جغرافیایی

میدان نفتی مارون در ۴۰ کیلومتری شمال‌شرق شهرستان اهواز، در جنوب فروافتادگی دزفول شمالی و در امتداد تاقدیس‌های آغا‌جاری و رامین قرار گرفته است. این میدان در افق آسماری دارای طول ۶۷/۵ کیلومتر و بطور متوسط ۵/۵ کیلومتر عرض می‌باشد. این میدان از شمال توسط میدان رامین، از جنوب توسط میدان رامشیر، از شرق توسط میدان کوپال و از غرب و شمال‌غرب توسط میدان‌های اهواز و شادگان محدود شده است (شکل ۱).

در دنیا می‌باشند علوی (۲۰۰۴). سازند آسماری در برش‌های کامل خود دارای دو عضو ماسه‌سنگی اهواز (جنوب فروافتادگی دزفول) و تبخیری کلهر (شمال‌غرب فروافتادگی دزفول و جنوب‌غربی لرستان) می‌باشد آقانباتی (۱۳۸۵). به لحاظ چینه‌نگاری زیستی این سازند به سه واحد آسماری پایینی به سن الیگوسن، آسماری میانی به سن میوسن پیشین (آکی‌تانی) و آسماری بالایی به سن میوسن پیشین (بوردیگالین) تقسیم‌بندی شده که در همه جا دیده نمی‌شود آقانباتی (۱۳۸۵). مرزهای زیرین و بالایی سازند آسماری در نقاط مختلف حوضه زاگرس به دلیل تغییرات حوضه در زمان رسوبگذاری متفاوت بوده چنانچه در در اکثر نقاط، سازند پابده در مرز زیرین سازند آسماری قرار دارد ولی در نواحی لرستان مرکزی سازند کربناتی شهبازان و فارس داخلی سازند جهرم در مرز زیرین سازند آسماری نهشته شده است (آقانباتی، ۱۳۸۵). از طرفی مرز بالایی سازند آسماری در نقاط مختلف زاگرس یکسان نیست بطوریکه در اکثر نقاط زاگرس سازند گچساران بر روی آن نهشته شده و در بعضی نقاط سازند رازک بجای سازند گچساران نهشته شده است (آقانباتی، ۱۳۸۵). از آنجا که سازند آسماری اهمیت و جایگاه خاصی در زمین‌شناسی ایران و زمین‌شناسی نفت (سنگ مخزن اصلی نفت ایران) دارد توجه بسیاری از پژوهشگران در راستای انجام پایان‌نامه‌ها و رساله‌های مختلف را به خود جلب کرده است چنانچه تاکنون



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی میدانی نفتی جنوب‌غرب ایران و از جمله میدان نفتی مارون که با چند ضلعی قرمز رنگ مشخص شده است.

Fig. 1. Location of the oil fields in the southwest of Iran and Marun oil field which is shown by a red polygon

۳- روش مطالعه

به منظور انجام این پژوهش تعداد ۱۰۰ مقطع نازک از ۲۷۵/۵ متر (عمدتاً مغزه حفاری و با تعداد کمتر خرده حفاری) از چاه A و ۱۵۰ مقطع نازک از ۲۷۲/۵ متر (خرده حفاری و مغزه حفاری) از چاه B جهت پی بردن به شرایط پالئوآکولوژیکی حاکم در زمان رسوبگذاری توالی مورد مطالعه قرار گرفت. برای شناسایی میکروفسیل‌های موجود از منابع (آدامز و بورژوا، ۱۹۶۷)، (لوبلیش و تاپان، ۱۹۸۰)، (بوداقر و فادل، ۲۰۰۸) همچنین برای شناسایی فرامینیفرهای پلانکتون از منابعی مانند (پرمولی سیلوا و همکاران، ۲۰۰۳)، (بواقر و فادل، ۲۰۱۵) و هداوندخانی و همکاران، ۱۳۹۶-۱۳۹۷) استفاده شده و جهت زون‌بندی زیستی و تشخیص بایوزون‌ها از (لارسن، ۲۰۰۹) و (ون‌بوخم، ۲۰۱۰) استفاده شده است. جهت نام‌گذاری و طبقه‌بندی سنگ‌های کربناته از روش (دانهام، ۱۹۶۲) و

(امبری و کلوان، ۱۹۷۱) و برای شناسایی ریزرخساره‌ها و تفسیر آن‌ها از روش (ویلسون، ۱۹۷۵؛ باکستون و پدلی، ۲۰۰۰؛ گیل، ۲۰۰؛ پومار، ۲۰۰۷، باسی و همکاران، ۲۰۰۷؛ فلوگل، ۲۰۱۰) استفاده شده است.

۴- زیست‌چینه‌نگاری

در این مطالعه پس از شناسایی فرامینیفرهای بنتیک و پلانکتون در چاه‌های مورد مطالعه و بر اساس پخش و پراکندگی عمودی آن‌ها سه بایوزون تجمعی شناسایی گردید (جدول‌های ۱ و ۲)، (گودرزی و همکاران، ۱۳۹۸). بر مبنای زون‌بندی (لارسن، ۲۰۰۹) و (ون‌بوخم، ۲۰۱۰) سن ائوسن پسین (بخش بالایی سازند پابده) و روپلین-شاتین (بخش زیرین سازند آسماری) تعیین گردیده است (گودرزی و همکاران، ۱۳۹۸) (جدول ۱ و Plate 1).

جدول ۱. زون‌های زیستی چاه A (گودرزی و همکاران، ۱۳۹۸).

Table 1. Biozonation of the well A (Goodarzi et al. 2019).

Biozone	Thickness (m)	Age	Depth	formations
<i>Globigerina</i> spp - <i>Turborotalia cerroazulesis</i> - <i>Hantkenina</i> Assemblage Zone	93	L. Eocene	(3688 – 3595)	Pabdeh
<i>Lepidocyclina</i> – <i>Operculina</i> - <i>Ditrupea</i> Assemblage Zone	153	Rupelian- Chattian	(3595 – 3442)	Asmari
<i>Archaias asmaricus</i> - <i>Archaias hensoni</i> – <i>Miogyopsinoides compalanatus</i> Assemblage Zone	29.5	Chattian	(3442-3412.5)	Asmari

جدول ۲. زون‌های زیستی چاه B (گودرزی و همکاران، ۱۳۹۸).

Table 2. Biozonation of the well B (Goodarzi et al. 2019).

Biozone	Thickness (m)	Age	Depth	formations
<i>Globigerina</i> spp - <i>Turborotalia cerroazulesis</i> - <i>Hantkenina</i> Assemblage Zone	59	L. Eocene	(3267.5 – 3208.5)	Pabdeh
<i>Lepidocyclina</i> – <i>Operculina</i> - <i>Ditrupea</i> Assemblage Zone	165.5	Rupelian - Chattian	(3208.5 – 3043)	Asmari
<i>Archaias asmaricus</i> - <i>Archaias hensoni</i> – <i>Miogyopsinoides compalanatus</i> Assemblage Zone	48	Chattian	(3043 – 2995)	Asmari

۴-۱- ریزرخساره‌ها و محیط‌های رسوبی چاه‌های

مورد مطالعه

پس از بررسی ویژگی‌هایی مانند بافت رسوبی، ساختارهای رسوبی، عناصر اسکلتی و غیراسکلتی تعداد ۸ ریزرخساره در چاه A و ۶ ریزرخساره در چاه B مربوط به کمربندهای

حوضه، رمپ خارجی، رمپ میانی (بخش‌های دیستال و پروکسیمال)، و رمپ درونی (شول، ریف کومه‌ای و لاگون باز) شناسایی گردید (گودرزی و همکاران، ۱۳۹۸). (جدول ۳ و شکل‌های ۲ تا ۶).

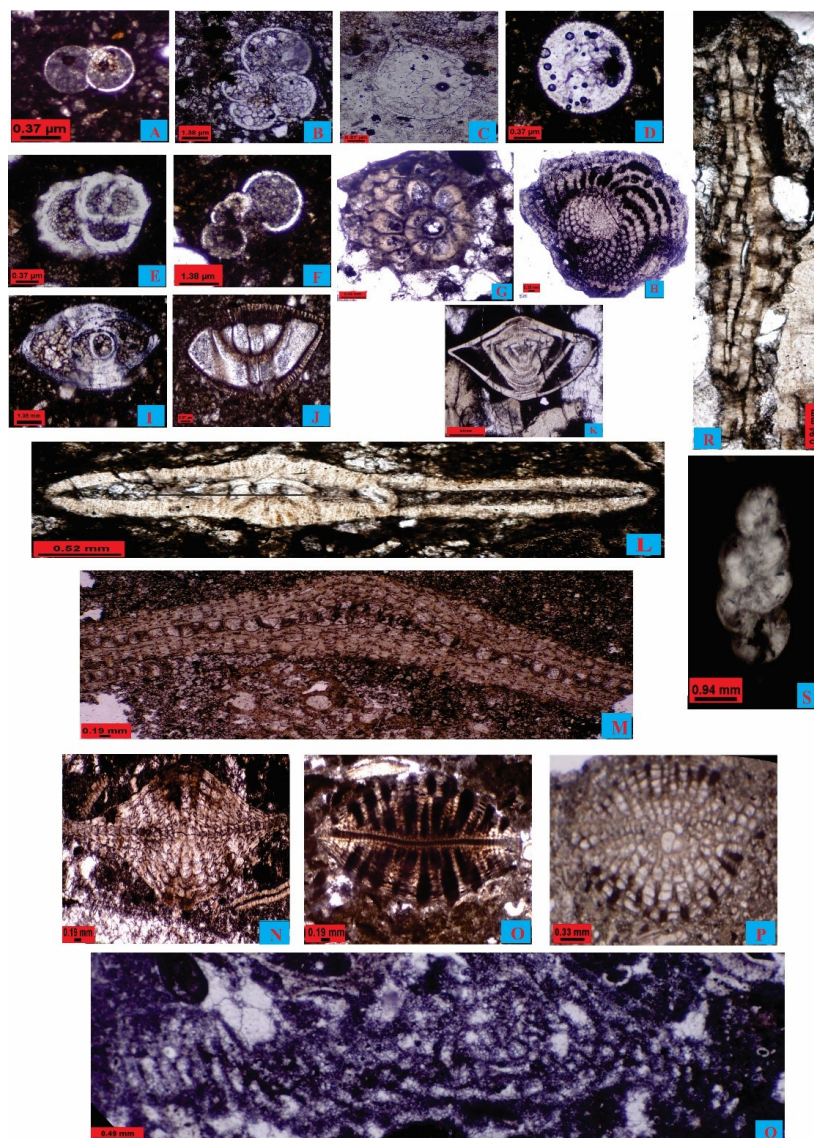


Plate 1

A; *Globigerina* sp (Transverse section; Mn A, Depth, 3638). B; *Catapsydrax dissimilis* (Transverse section; Mn A, Depth 3638). C; *Hantkenina* sp. (Oblique section; Mn, A, Depth, 3597). D; *Globigerina mexicana* (Oblique section; Mn A, Depth 3636). E; *Striate uvigerinid* (Genus sp1) (Oblique section; Mn A, Depth 3626, 3636). F; *Dentoglobigerina yeguaensis* (Axial section; Mn A, Depth 3636). G; *Miogypsinoidea complanatus* (Transverse section; Mn A, Depth 3414). H; *Heterostegina* sp (Transverse section; Mn A, Depth, 3499). I; *Lenticulina* sp. (Axial section; Mn A, Depth, 3438). J; *Heterolepa* sp. (Axial section, Mn B, Depth 3264). K; *Amphistegina cf lessoni* (Axial section; Mn A, Depth, 3505). L; *Operculina complanata* (Axial section; Mn B, Depth, 3043). M; *Eulepidina elephantina*. (Mn A, Depth 3525). N; *Lepidocyclina* sp. (Axial section; Mn A, Depth 3488). O; *Nephrolepidina marginata* (Axial section; Mn A, Depth, 3412). P; *Nephrolepidina tournoueri* (Axial section; Mn A, Depth 3412). Q; *Archaias* sp. (Axial section; Mn A, Depth 3416.50). R; *Spiroclypeous blankenhorni* (Axial section; Mn B, Depth, 3043). S; *Eouvigerina iranica* (Axial section; Mn B, Depth 3193.6).

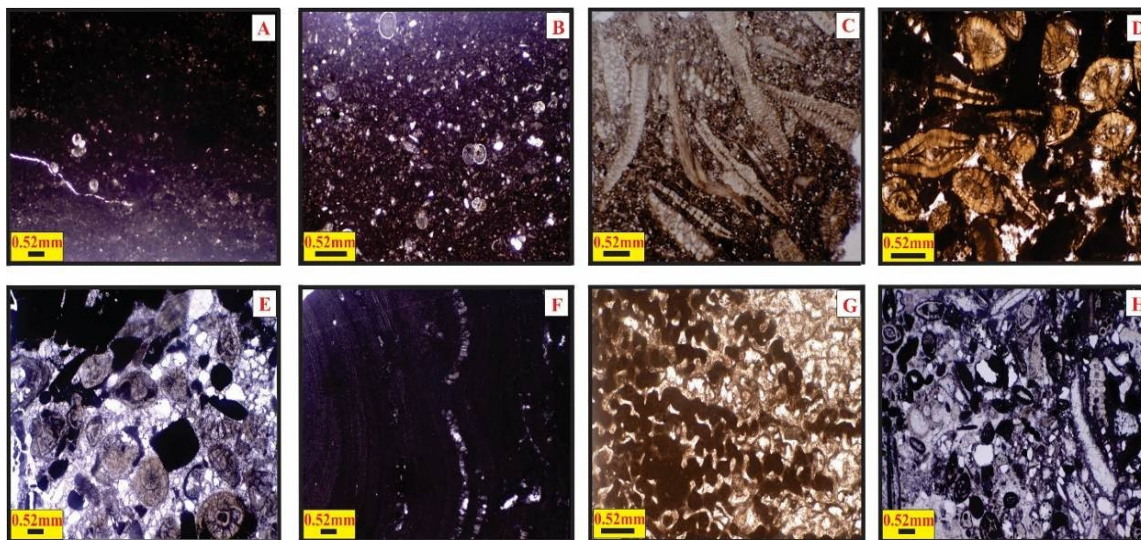
۲-۴- پالئواکولوژی

فرامینیفرهای کفزی به دلیل تکامل سریع، فراوانی زیاد، گسترش وسیع و انقراض ناگهانی گونه یا اجتماع گونه‌ها به عنوان ابزار مهمی در زیست‌چینه‌نگاری، تکامل جنس‌ها، گونه‌ها، تعیین عمق نسبی و بازسازی محیط‌های قدیمه محسوب می‌شوند (وزیری‌مقدم و همکاران، ۱۳۸۸؛

بهفروری و همکاران، ۱۳۹۱؛ هوهینگر، ۱۹۹۹؛ رومرو و همکاران، ۲۰۰۲). به عقیده بناوینتون و همکاران (۲۰۰۴) بازسازی محیط‌های دیرینه بر مبنای توزیع و پراکندگی فرامینیفرها و بررسی فاکتورهای مانند نور، دما، شوری، مواد غذایی، بستر زیست، انرژی هیدرودینامیکی و هم زیستی امکان‌پذیر است. روزن‌داران مخصوصاً فرم‌های

بوم‌شناختی نهشته‌های اتوسن بالایی (بخش بالایی سازند پابده) و الیگوسن (بخش زیرین سازند آسماری) در چاه‌های مورد مطالعه مورد تفسیر قرار گرفته است. برای دستیابی به چنین اهدافی، پارامترهای دیرینه بوم‌شناختی از قبیل نور، مواد غذایی، شوری، انرژی هیدرودینامیکی - تحرک آب، ماهیت کف بستر، عمق، همزیستی فرامینیفرها، تولید مثل و راهبرد تغذیه‌ای در چاه‌های مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است.

کفزی بزرگ حساسیت زیادی نسبت به تغییرات محیطی از خود نشان می‌دهند و به دلیل طول عمر کوتاه‌شان (اغلب تا چند ماه) به خوبی قادر به ثبت شرایط محیطی محل زیست خود می‌باشند (تالر و هالوک، ۱۹۹۷). به همین دلیل روزن‌داران ابزار قدرتمندی جهت تفسیر شرایط دیرینه به شمار می‌آیند. در این پژوهش ابتدا بر اساس روزن‌داران موجود ریزرخساره‌ها و محیط‌های رسوبی شناسایی (جدول ۲ و شکل ۲) و بعد شرایط دیرینه



شکل ۲. MF A: مادستون حاوی فرامینیفرهای پلانکتون. MF B: وکستون بیوکستی حاوی فرامینیفرهای پلانکتون. MF C: وکستون-پکستون (فلوتستون) حاوی فرامینیفرهای هیالین کشیده (نومولیتیده و لپیدوسیکلینیده). MF D: پکستون بایوکستی حاوی فرامینیفرهای هیالین عدسی شکل و جلبک قرمز. MF E: گرینستون حاوی فرامینیفرهای هیالین. MF F: باندستون جلبکی. MF G: کورال باندستون. MF H: پکستون - گرینستون حاوی فرامینیفرهای هیالین و پورسلانوز.

Fig. 2. Mf A: planktonic foraminifera mudstone, Mf B: bioclast wackestone bearing planktonic foraminifera, Mf C: wackestone/packstone (floatstone) contain elongate hyaline foraminifera (nummulitidae and lepidocyclinidae), Mf D: bioclast packstone contain lenticular hyaline foraminifera and red algae, Mf E: grainstone with hyaline foraminifera, Mf F: algal boundstone, Mf G: coral boundstone, Mf H: hyaline and porcelaneous foraminifera packstone/grainstone.

۱- نور (Light)

پهنه نوری یوفوتیک، مزوفوتیک، الیگوفوتیک و آفوتیک تقسیم‌بندی کرده است. شرایط نوری در چاه‌های مورد مطالعه به شرح زیر می‌باشد:

الف- ریزرخساره‌های زون آفوتیک: در این پهنه نوری با توجه به عدم وجود نور کافی برای انجام عمل فوتوسنتز (فلوگل، ۲۰۱۰) موجودات وابسته به نور حضور نداشته و با تسلط هتروتروف‌ها مشخص می‌شود (پومار و همکاران، ۲۰۰۲). رخساره‌های حاوی فرامینیفرهای پلانکتون فاقد انواع بزرگ کفزی، خاص ژرفای بیشتر از ۲۰۰ متر می‌باشند (گیل، ۲۰۰۰). در چاه‌های مورد مطالعه ریزرخساره‌های MF A و MF B در این پهنه نوری نهشته

شدت نور در دریا به وسیله شفافیت و عمق آب کنترل می‌شود. با افزایش عمق از شدت نور کاسته می‌شود (هالوک، ۱۹۹۸). در دریاها عواملی همچون ورود مواد آواری، تراکم زیاد پلانکتون‌ها و آشفته‌گی آب باعث کاهش شفافیت آب می‌شوند و در نتیجه باعث میزان نفوذ نور به اعماق بیشتر می‌شود. گونه‌هایی که با نور کم سازگار شده‌اند با کاهش شفافیت آب محدوده عمق زندگی‌شان را کمتر می‌کنند هر چند بیشتر آن‌ها از بین می‌روند (هالوک، ۱۹۹۸). پومار (۲۰۰۱) با استفاده از وجود یا نبود ارگانسیم‌های وابسته به نور، محیط‌های اقیانوسی را به ۴

می‌گردد (فلوگل، ۲۰۱۰). در این پهنه نوری فرامینیفرهای پورسلانوز بزرگی که با داینوفیسه‌آ، کلروفیسه‌آ و یا رودوفیسه‌آ همزیستی دارند (Archaias, Dendritina, and PENEROPLIS MILIOLIDS) زیست می‌کنند (لئوتینگر، ۱۹۸۴). ریف‌های مرجانی پراکنده همراه با فرامینیفرهای پورسلانوز بخش‌های عمیق‌تر زون یوفوتیک را اشغال می‌کنند (شوستر، ۱۹۹۹). این زون نوری معادل با زون نوردار پایینی (بسی و همکاران، ۲۰۰۷) می‌باشد. حضور مرجان‌های پراکنده و فرامینیفرهای پورسلانوز همچون (*Austrotrillina*, *Quinqueloculina*, *Miliolid*, *Pyrgo*) در ریزرخساره‌های Mf E و Mf F (از چاه B) و Mf E- و Mf H (از چاه A) در بازه زمانی روپلین- شاتین نشان دهنده نهشته شدن در بخش‌های پایینی زون یوفوتیک می‌باشد (شکل‌های ۲ تا ۷).

۲- مواد غذایی (Nutrients)

مواد مغذی عامل مهمی در ایجاد تجمعات زیستی هستند (هالوک، ۲۰۰۰؛ شوستر، ۱۹۹۹). عناصر زیستی در محدوده غذایی شامل فسفات، نیتروژن، آهن و سیلیکات هستند (فلوگل، ۲۰۰۴). در آب‌های گرم و نیمه گرم دریایی که فقیر از مواد غذایی است فرامینیفرهای بزرگ کفزی و مرجان‌های ژئوگزانتلا از تجمعات اصلی زیستی هستند (هالوک، ۲۰۰۰؛ پومار و همکاران، ۲۰۰۴؛ برندانور و همکاران، ۲۰۰۹). جهت بیان میزان مواد مغذی در محیط‌های دریایی از واژه‌های الیگوتروپی، مزوتروپی، یوتروپی و هایپرتروپی استفاده می‌شود (موتی و هالوک، ۲۰۰۳). شرایط مواد غذایی در چاه مورد مطالعه به شرح زیر می‌باشد:

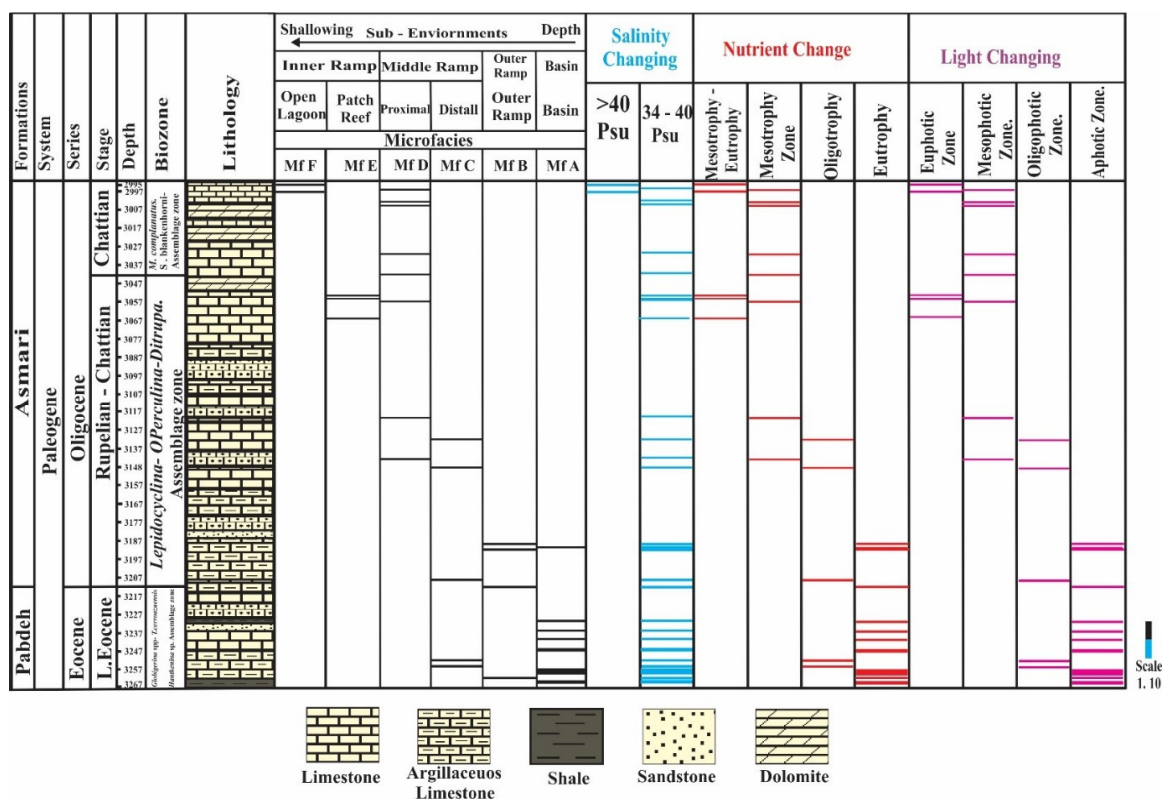
الف: ریزرخساره‌های زون الیگوتروپیک: مشخصه این زون کاهش و کمبود مواد غذایی می‌باشد که بلوغ را به تاخیر می‌اندازد و فرامینیفرهای بزرگ دارای همزیست چنین شرایطی را ترجیح می‌دهند (هالوک، ۱۹۸۶). فرامینیفرهای کفزی بزرگ همزیست‌دار مانند (هتروستژینا، اپرکولینا، اسپیروکلیپئوس، یولپیدینا، نفرولپیدینا، لپیدوسیکیلینا و آمفیستژینا) و گاها جلبک قرمز مرجانی فونای شاخص این زون می‌باشد. ریزرخساره Mf C از بخش دیستال رمپ میانی به سن روپلین- شاتین بیانگر وجود چنین شرایطی از مواد غذایی در چاه‌های مورد مطالعه است (شکل‌های ۲ تا ۷).

شده‌اند و گسترش آن محدود به حوضه و رمپ بیرونی می‌باشند. این پهنه نوری مربوط به بخش بالایی سازند پابده بوده و در محدوده زمانی ائوسن پسین نهشته شده است (شکل‌های ۲ تا ۷).

ب- ریزرخساره‌های زون الیگوفوتیک: جلبک‌های قرمز و تعدادی از فرامینیفرهای بزرگ شاخص این محیط می‌باشند (پومار، ۲۰۰۱). فرامینیفرهای کفزی بزرگ دارای همزیست جلبکی به منظور استفاده از میزان کم نور در این محدوده، مورفولوژی پوسته خود را برای جذب حداکثر نور پهن‌تر و نازک‌تر می‌کنند (راسر و همکاران، ۲۰۰۵). این پهنه نوری هم ارز زون نوردار تحتانی از بسی و همکاران (۲۰۰۷) می‌باشد. در چاه‌های مورد مطالعه ریزرخساره Mf C (بخش دیستال رمپ میانی) در این پهنه نوری نهشته شده است (شکل‌های ۲ تا ۷). فونای غالب این پهنه نوری فرامینیفرهای بنتیک (نومولیتیده و لپیدوسیکیلینیده) بوده که با جلبک‌های قرمز همزیستی دارند. قسمت‌های پایینی سازند آسماری به سن الیگوسن در این پهنه نوری نهشته شده است.

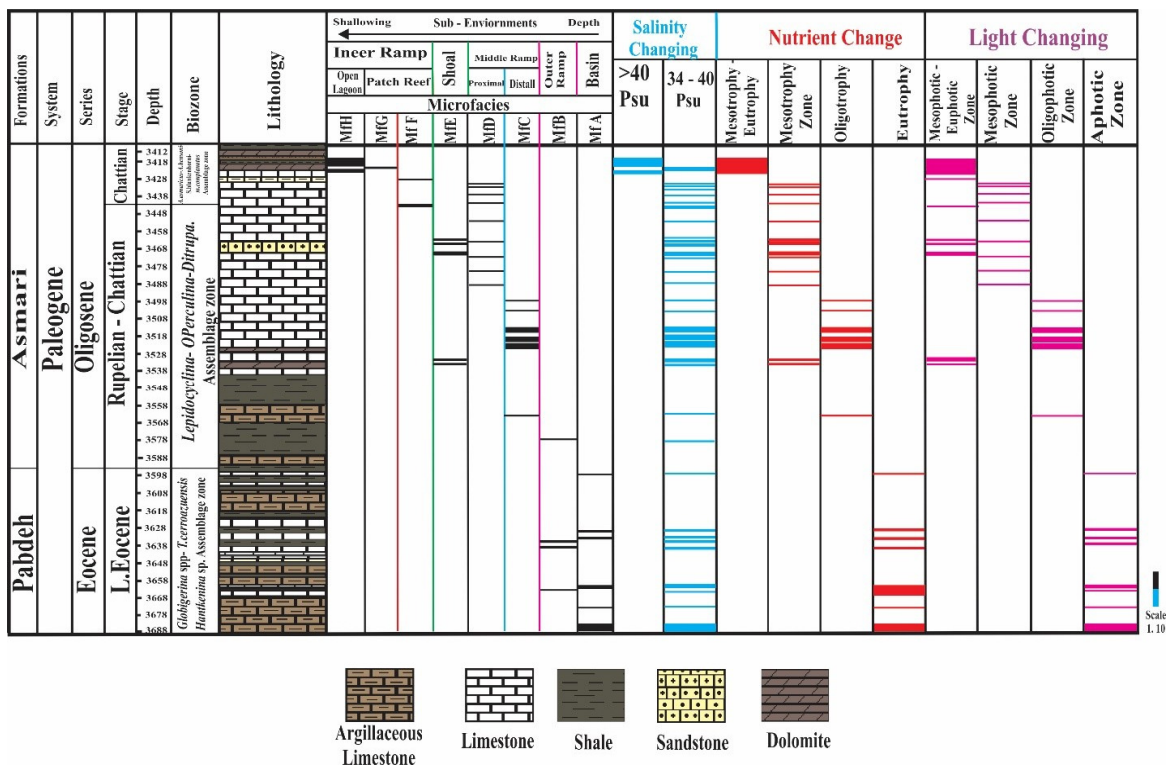
ج- ریزرخساره‌های زون مزوفوتیک: در این محدوده نوری فرامینیفرهایی با دیواره هیالین و صدفی متورم‌تر زیست می‌کنند (هالوک، ۱۹۹۸). این پهنه نوری به عنوان زونی بینابین زون یوفوتیک و الیگوفوتیک می‌باشد (هوتینگر، ۱۹۹۷). محدوده مورد نظر را می‌توان معادل با بخش‌های پایینی زون نوردار بالایی (۴۰ تا ۸۰ متری) از زون‌بندی بسی و همکاران (۲۰۰۷) در نظر گرفت. در چاه‌های مورد مطالعه Mf D (بخش پروکسیمال رمپ میانی) شاخص این پهنه نوری می‌باشد (شکل‌های ۲ تا ۷). فرامینیفرهای این ریزرخساره عمدتاً دارای مورفولوژی عدسی شکل، پوسته ضخیم مانند *Rotalia viennotti*, *Heterostegina*, *Amphistegina*, *Lepidocyclina*, و *Miogyopsinoides* با دیواره هیالین می‌باشند. قسمت‌های پایینی سازند آسماری به سن الیگوسن در چنین شرایط نوری رسوب‌گذاری نموده است.

د- ریزرخساره‌های یوفوتیک تا فوتیک: این پهنه نوری متعلق به محیط‌های کم عمق بوده و موجوداتی که در این محدوده زیست می‌کنند به نور بیشتری نیاز دارند. زون فوتیک در برگیرنده پهنه‌های بالای جزرومدی، بین جزرومدی و بخش‌هایی از پهنه زیر جزرومدی است و به دو زیر زون یوفوتیک پایینی و یوفوتیک بالایی تقسیم



شکل ۳. تغییرات شوری، نور و مواد غذایی بر اساس تغییرات عمودی ریزخساره‌ها در چاه A.

Fig. 3. Salinity, light and nutrient variations according to vertical changes in microfacies of well A.

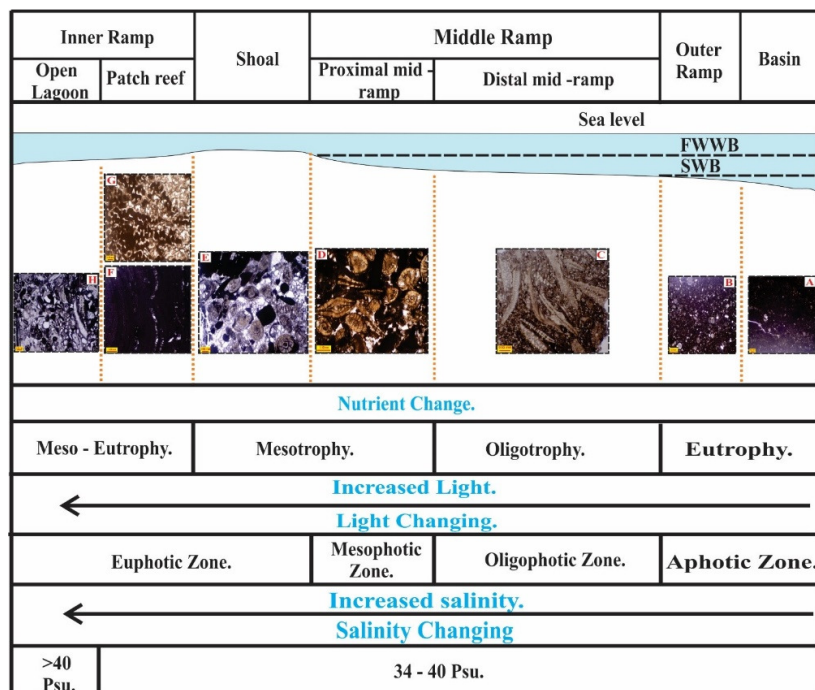


شکل ۴. تغییرات شوری، نور و مواد غذایی بر اساس تغییرات عمودی ریزخساره‌ها در چاه B.

Fig. 4. Salinity, light and nutrient variations according to vertical changes in microfacies of well B.

چنین شرایطی به دلیل میزان متوسط مواد غذایی و مطلوب بودن شرایط نورانی فرامینیفراها از پوسته پهن و نازک‌تری نسبت به سطح برخوردارند (هالوک، ۱۹۸۷). در چاه‌های مورد مطالعه Mf D مربوط به بخش پروکسیمال رمپ میانی به سن روپلین - شاتین در این محدوده غذایی نهشته شده است (شکل‌های ۲ تا ۷).

ب: ریزرخساره‌های زون مزوتروف: به عقیده فلوگل (۲۰۱۰) شرایط مزوتروپی مورد علاقه معلق‌خواران می‌باشد. حضور فرامینیفراهای بدون‌منفذ به همراه شکم‌پایان (در لاگون‌های کم عمق با آشفته‌گی کم)، جلبک‌های قرمز و سبز، اکینوئیدها و اسفنج‌ها بیانگر شرایط الیگو تا مزوتروپی می‌باشند (هالوک، ۱۹۸۷). در

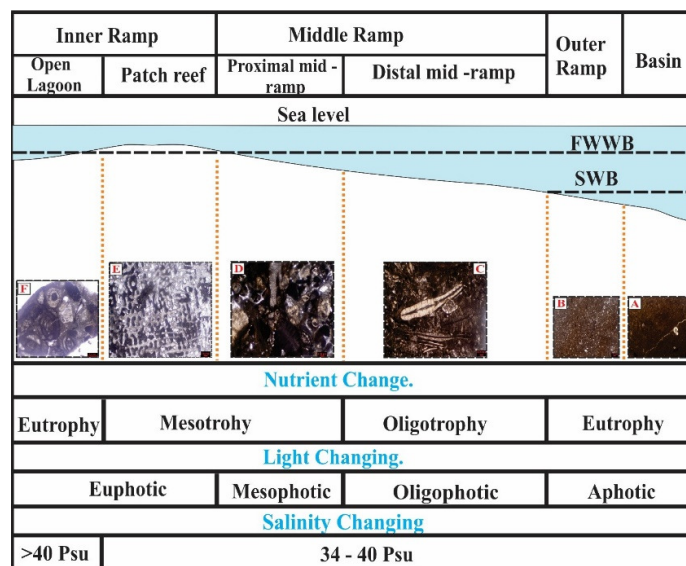


شکل ۵. مدل رسوبی چاه مورد مطالعه و تغییرات شوری، نور و مواد غذایی بر اساس ریزرخساره‌ها و محیط‌های رسوبی چاه A: Mf A: مادستون حاوی فرامینیفراهای پلانکتون. Mf B: وکستون بیوکلاستی حاوی فرامینیفراهای پلانکتون. Mf C: وکستون - پکستون (فلوتستون) حاوی فرامینیفراهای هیالین بزرگ با پوسته کشیده و نازک (نومولیتیده و لپیدوسیکیلینیده). Mf D: پکستون بایوکلاستی حاوی فرامینیفراهای هیالین عدسی، لنزی شکل و جلبک قرمز. Mf E: گربنستون حاوی فرامینیفراهای هیالین. Mf F: آگلال باندستون. Mf G: کورال باندستون. Mf H: پکستون - گربنستون حاوی فرامینیفراهای هیالین و پورسلانوز.

Fig. 5. The sedimentary model of the studied well along with salinity, light and nutrient changes based on the identified microfossils and sedimentary environments of well A. Mf A: planktonic foraminifera mudstone, Mf B: bioclast wackestone bearing planktonic foraminifera, Mf C: wackestone/packstone (floatstone) contain elongate hyaline foraminifera (nummulitidae and lepidocyclinidae), Mf D: bioclast packstone contain lenticular hyaline foraminifera and red algae, Mf E: grainstone with hyaline foraminifera, Mf F: algal boundstone, Mf G: coral boundstone, Mf H: hyaline and porcelaneous foraminifera packstone/grainstone.

میلیولیدهای بخش میانی سازند آسماری به سن شاتین نشان‌دهنده شرایط غذایی زیاد (یوتروفیک) می‌باشد. از طرفی حضور فرامینیفراهای کفزی بزرگ و کشیده نومولیتیده و لپیدوسیکیلینیده (هتروستژینا، اپرکولینا، یولپیدنا و اسپیروکلیپوس) در بخش پایینی سازند آسماری به همراه جلبک قرمز شاخص پهنه غذایی الیگوتروف بوده و حضور فرامینیفراهای عدسی شکل با دیواره ضخیم شاخص پهنه غذایی مزوتروفیک از رمپ میانی می‌باشد (شکل‌های ۲ تا ۷).

ج: ریز رخساره‌های زون یوتروفیک: این محدوده نشان دهنده شرایط با غذای فراوان است و در چنین وضعیتی فرامینیفراهای پلانکتون فراوان می‌شوند که منجر به کاهش شفافیت آب می‌شود. این وضعیت در چاه‌های مورد مطالعه در ریزرخساره‌های Mf B، Mf A (حوضه و رمپ بیرونی به سن ائوسن پسین) و Mf H (لاگون باز از رمپ درونی به سن شاتین) وجود دارد (شکل‌های ۲ - ۷). در این مطالعه حضور فرامینیفراهای پلانکتون در بخش فوقانی سازند پابده به سن ائوسن پسین و همچنین حضور



شکل ۶. مدل رسوبی چاه مورد مطالعه و تغییرات شوری، نور و مواد غذایی بر اساس ریزرخساره‌ها و محیط‌های رسوبی چاه B: MFA: مادستون حاوی فرامینیفراهای پلانکتون. MF B: وکستون بیوکستی حاوی فرامینیفراهای پلانکتون. MFC: وکستون - پکستون (فلوتستون) حاوی فرامینیفراهای هیالین بزرگ با پوسته کشیده و نازک (نومولیتیده و لپیدوسیکیلینیده). MFD: پکستون بایوکستی حاوی فرامینیفراهای هیالین عدسی، لنزی شکل و جلبک قرمز. MFE: کورال باندستون. MFF: پکستون - گریستون حاوی فرامینیفراهای هیالین و پورسلانوز.

Fig. 6. The sedimentary model of the studied well along with salinity, light and nutrient changes based on the identified microfacies and sedimentary environments of well B. MF A: planktonic foraminifera mudstone, MF B: Bioclast wackestone contain planktonic foraminifera, MF C: wackestone-Packstone (floatstone) with larger hyaline foraminifera (nummulitidae and lepidocyclinidae), MF D: bioclast packstone with lenticular hyaline foraminifera and red algae, MF E: Coral boundstone, MF F: packstone/grainstone with hyaline and porcelaneous foraminifera

۳- شوری (Salinity)

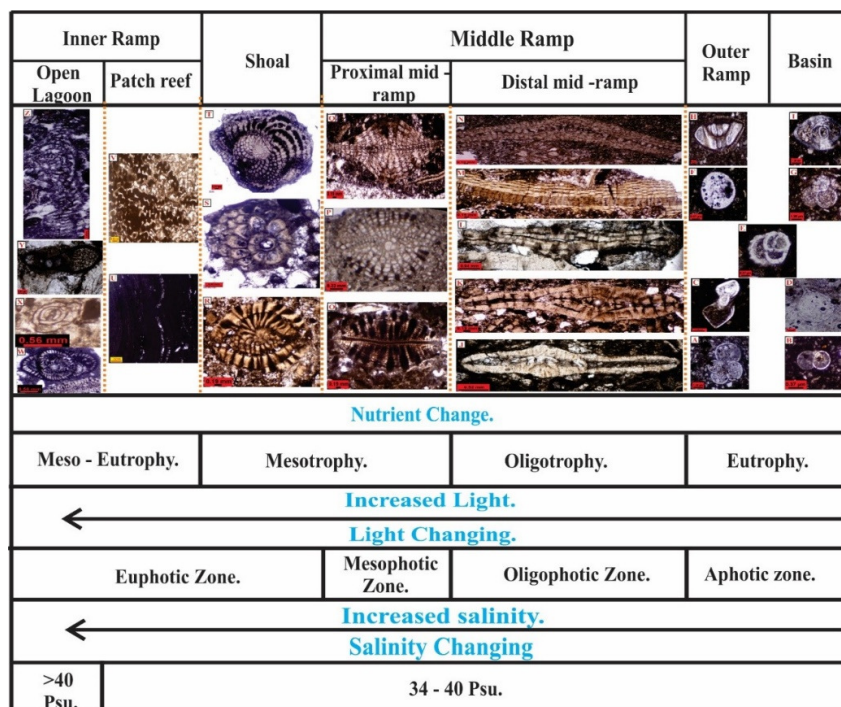
منظور از شوری میزان نمک‌های حل شده در آب دریا، که بصورت ۱ گرم نمک حل شده در ۱۰۰۰ گرم آب گفته می‌شود و شامل نمک‌های Sr, K, Ca, Mg می‌باشد (فلوگل، ۲۰۱۰). میزان شوری در آب‌های شیرین در محدوده 30 - 40 و در آب‌های فوق شور بالاتر از 40 Psu بوده که این حالت در حوضه‌های تبخیری، لاگون محصور و حوضه‌های نیمه بسته مانند خلیج فارس و باتلاق‌ها ایجاد می‌شوند و در آب‌های لب شور میزان شوری، بین شوری نرمال و فوق شور قرار دارد (فلوگل، ۲۰۱۰). در چاه‌های مورد مطالعه بر اساس پراکندگی ایزوگام‌ها نسبت به شوری آب دریا، ۲ ریزرخساره شوری به صورت زیر شناسایی شده است:

الف: ریزرخساره‌های با شوری نرمال (34 - 40 Psu):

این میزان شوری خاص فرامینیفراهای پلانکتون و بنتیک بزرگ با پوسته کشیده و لاملار (لپیدوسیکیلینا، هتروستژینا، اپرکولینا، اسپیکولیپتوس و آمفیستژینا) می‌باشد. برخی از موجودات مانند مرجان‌ها (بصورت محدود)، و جلبک قرمز کورالیناسه‌آ نیز می‌توانند در این محدوده شوری زیست کنند (رئسی و هوتینگر، ۱۹۸۴؛

هالوک و گلن، ۱۹۸۶؛ فلوگل، ۲۰۱۰). در این میزان شوری فراوانی فرامینیفراهای با پوسته پورسلانوز کمتر از ۴۸ درصد می‌باشد. در چاه‌های مورد مطالعه Mf A - Mf G (محیط‌های حوضه، رمپ خارجی، رمپ میانی و کمرندهای شول و ریف کومه‌ای از رمپ داخلی به سن ائوسن پسین - روپلین-شاتین) در این محدوده شوری نهشته شده است (شکل‌های ۲ تا ۷).

ب: ریزرخساره‌های با شوری بیشتر از 40 Psu: در این محدوده شوری فرامینیفراهای پورسلانوز افزایش پیدا کرده و فرامینیفراهای با پوسته هیالین با تعداد کمتر نیز وجود دارند (مصدق و همکاران، ۲۰۰۹). در چاه‌های مورد مطالعه ریزرخساره Mf H که دارای مجموعه مخلوطی از فرامینیفراهای هیالین و پورسلانوز هست در این محدوده شوری نهشته شده است. بر اساس پخش و پراکندگی فرامینیفراها در محیط‌های مختلف، میزان شوری در محیط‌های حوضه، رمپ خارجی (نهشته‌های ائوسن پسین بخش بالایی سازند پابده)، رمپ میانی و رمپ درونی (شول و ریف کومه‌ای در زمان الیگوسن پیشین) نرمال بوده و در محدوده زمانی شاتین (لاگون باز) شرایط شوری کمی بالاتر از نرمال بوده است.



شکل ۷. نمایش تغییرات پالئوکولوژیکی همراه با تغییر محیط رسوبی، تغییر در نوع فرامینیفرها، اندازه و جنس صدف فسیل‌ها.

Fig. 7. Displaying paleoecological and sedimentary environment variations along with change in size and test of foraminifera. A; *Catapsydrax* sp., B; *Globigerina* sp., C; *Globonomalina* sp., D; *Hantkenina* sp., E; *Striate uvigerinid* (Genus sp1), F; *Globigerina mexicana*, G; *subbotina* sp., H; *Heterolepa* sp., I; *Lenticulina* sp., J; *Operculina complanata*, K; *Heterostegina* sp., L; *Spiroclypeous blankenhornii* M; *Eulepidina dilitata*, N; *Eulepidina elephantina*, O; *Nephrolepidina marginata*, P; *Nephrolepidina tournoueri*, Q; *Lepidocyclina* sp., R; *Heterostegina* sp., S; *Miogypsinoides complanatus*, T; *Heterostegina precursor*, U. Red algal. V; Coral, W; *Austrotrillina howchini*, X; *Pyrgo* sp., Y; *Dendritina rangiand* Z: *Archaias* sp.

۴- ماهیت کف بستر

دهنده بسترهای نرم (بخش دیستال رمپ میانی) و حضور فرامینیفرهای هیالین و پورسلانوز با دیواره ضخیم عدسی شکل در ریزرخساره‌های Mf D و Mf H (بخش‌های پروکسیمال رمپ میانی، شول و لاگون باز) نشان‌دهنده بسترهای سخت هستند (شکل ۸).

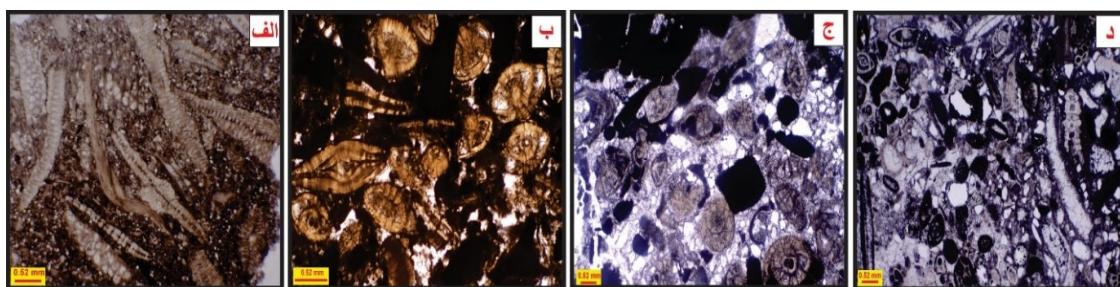
۵- تحرک آب و انرژی هیدرودینامیکی

به عقیده هالوک (۱۹۸۶) تحرک و انرژی هیدرودینامیکی آب یکی دیگر از فاکتورهای پالئوکولوژیکی موثر بر زیست موجودات است که خود عاملی موثر بر فرایند کلسیتی شدن می‌باشد. تحرک آب باعث ایجاد لامینه‌های ثانوی در فرامینیفرها می‌شود، که ضخیم شدن لایه‌ها در پوسته فرامینیفرها را به دنبال دارد (بیونگتون و همکاران، ۲۰۰۴). شکل ظاهری موجودات کفزی منعکس کننده سازگاری آن‌ها با محیط‌های پر انرژی یا کم انرژی می‌باشد (فلوگل، ۲۰۱۰). با افزایش عمق از شدت نور و تحرک آب کاسته شده و فرامینیفرها تغییر شکل می‌دهند بطوریکه

این پارامتر بر پخش و پراکندگی موجودات موثر بوده و خود مرتبط با آشفته‌گی آب می‌باشد (بیونگتون و همکاران، ۲۰۰۴). بطوریکه فرم‌هایی که بر روی بسترهای خشن، سخت و دانه درشت زیست می‌کنند دارای پوسته‌های ضخیم‌تر و اشکال دوکی شکل هستند و فرم‌هایی که بر روی بسترهای نرم و گلی زیست می‌کنند دارای صدفی نازک‌تر می‌باشند (رنمو و ترولسترا، ۲۰۰۱) (شکل ۸). تاثیر این پارامتر در برخی از فرامینیفرها مانند *Amphistegina* و *Heterostegina* بخوبی مشخص است، چنانچه در اعماق زیاد مورفولوژی آن‌ها پهن و نازک (لامینه‌ای) شده که چنین اشکالی نشان‌دهنده زیستن بر روی بسترهای نرم می‌باشد. در حالی که در اعماق کمتر با بالاتر رفتن انرژی دارای صدفی تخم‌مرغی و عدسی شکل شده که نشان دهنده زیستن در بسترهای سخت می‌باشد (شکل ۹). در چاه‌های مورد مطالعه حضور فرامینیفرهای هیالین بزرگ با دیواره نازک و زمینه میکراتی در ریزرخساره Mf C نشان

گرینستونی نشان از انرژی و تحرک بالای آب می‌باشد. چنین وضعیتی در چاه‌های مورد مطالعه در بخش‌های پروکسیمال رمپ میانی، شول و لاگون باز (رمپ داخلی) در قاعده سازند آسماری وجود دارد (شکل ۸). در این چاه‌ها تاثیر این دو پارامتر بر جنس‌های *Amphistegina* و *Heterostegina* بخوبی مشخص است، بطوریکه پوسته و دیواره آنها در اعماق زیاد و انرژی کمتر بصورت نازک، لاملار و کشیده بوده و در اعماق کمتر با افزایش انرژی، پوسته آنها کوچک‌تر، ضخیم‌تر و عدسی شکل می‌باشند (شکل-های ۸، ۹ و ۱۰).

پوسته آنها نازک‌تر، کشیده‌تر و رشد کندتری پیدا می‌کنند (براندانو و همکاران، ۲۰۰۹؛ هالوک و گلن، ۱۹۸۶). حضور لپیدوسیکلینیدهای کشیده با دیواره نازک و پوسته سالم نشان‌دهنده بخش‌های پایینی زون نوردار، محیطی آرام و بدون تاثیر امواج می‌باشد (پومار، ۲۰۰۱؛ رومرو و همکاران، ۲۰۰۲). در چاه‌های مورد مطالعه حضور فرامینیفرهای کفزی بزرگ با دیواره هیالین، پوسته کشیده، نازک و زمینه گلی در بخش دیستال رمپ میانی نشان‌دهنده انرژی و تحرک پایین آب بوده و حضور فرامینیفرهای بنتیک کوچک با دیواره‌های هیالین، پورسلانوز و همچنین مورفولوژی عدسی تا لنزی شکل با دیواره ضخیم در بافت



شکل ۸. نمایش ماهیت کف بستر، تحرک و انرژی هیدرودینامیکی: الف، بستر نرم و پایدار - ب، ج و د: بستر سخت و ناپایدار.

Fig. 8. Displaying substrate and hydrodynamic energy, A: soft and stable substrate, B: hard and unstable substrate.



شکل ۹. تاثیر عمق بر جنس آمفیستژینا، سمت چپ بصورت لاملار در انرژی پایین و در اعماق بیشتر و سمت راست در انرژی بالاتر و اعماق کمتر با پوسته ضخیم‌تر.

Fig. 9. The effect of the water depth on *Amphistegina*, left side picture: represents lamellar test in higher water depth with lower energy regime, right side one shows lower water depth with higher energy and thicker test.



شکل ۱۰. تاثیر عمق بر جنس هتروستژینا، در سمت چپ A، مربوط به اعماق کمتر، انرژی بالاتر و پوسته ضخیم‌تر و در سمت راست B، مربوط به اعماق بیشتر و انرژی کمتر با پوسته نازک و کشیده.

Fig. 10. The effect of the water depth on *Heterostegina*, A: represents lower depth, higher energy and thicker test, B: shows higher depth, lower energy and thin and elongate test.

۶- عمق

فرامینیفرها در اعماق مختلف با خصوصیات مورفولوژیکی متفاوتی زیست می‌کنند (شکل‌های ۱۱ تا ۱۳). تغییر در عمق آب باعث تغییر در سبک زندگی آنها می‌شود (برندانو و همکاران، ۲۰۰۹). میزان وابستگی جلبک درونی به نور محدوده عمقی خاصی را برای فرامینیفرهای همزیست‌دار فراهم می‌کند (هالوک، ۱۹۸۷). فرامینیفرهای پورسلانوز در بخش‌های کم عمق پلاتفرم گسترش زیادی دارند. در کم‌عمق‌ترین بخش، میلیولیدها بسیار فراوان هستند، زیرا این نوع از فرامینیفرها فاقد جلبک‌های همزیست بوده و به راحتی در نقاط کم عمقی که میزان شوری بالا می‌باشد می‌توانند زیست کنند (شکل ۱۱). پوسته بدون منفذ آنها را در برابر نفوذ زیاد نور محافظت می‌کند (مصدق و همکاران، ۲۰۰۹). برخی از فرامینیفرهای پورسلانوز (نظیر آرکیاس و بورلیس) دارای جلبک همزیست بوده و به همین دلیل قادر به تحمل میزان بالای شوری نیستند (لیز، ۱۹۹۰) و از این‌رو نسبت به گروه‌های پیشین عمق زیست آنها اندکی بیشتر است. با افزایش عمق و کاسته شدن از میزان نفوذ نور کم-کم شرایط برای زیست فرامینیفرهای هیالین فراهم می‌شود (کلنات و همکاران، ۱۳۸۹). برخی از فرامینیفرهایی که گونه‌های امروزی‌شان نیز حضور دارند در اعماق و بسترهای متفاوتی زیست می‌کنند. *Amphistegina* در اعماق زیاد بصورت پهن و نازک ولی در اعماق کم که میزان انرژی بالاتر می‌باشد دارای صدفی تخم مرغی و عدسی شکل هستند (بتزلر و همکاران، ۱۹۹۷) (شکل‌های ۹ و ۱۱). بر اساس حضور فرامینیفرها، پوسته‌ها و مورفولوژی‌های متفاوت در ریزرخساره‌ها، تغییرات عمق زیستی آنها به شرح زیر می‌باشد:

در ریزرخساره‌های Mf A و Mf B فرامینیفرهای پلانکتونی شاخص اعماق زیاد (حوضه) و بیشتر از ۲۰۰ متر حضور دارند (گیل، ۲۰۰۰). این دو ریزرخساره مربوط به محیط‌های حوضه و رمپ بیرونی از سازند پابده می‌باشند. حضور فرامینیفرهای کفزی بزرگ با پوسته هیالین - دیواره نازک و کشیده در ریز رخساره Mf C (هتروستژینا، اپرکولینا و اسپیروکلیپئوس) و لپیدوسیکیلینیده (یولپیدینا)، نشان دهنده اعماق بیشتر از ۴۰ متر (بین ۳۰ تا ۱۵۰ متر) بوده که خود مربوط به بخش دیستال رمپ میانی در قسمت‌های پایینی سازند آسماری می‌باشد (شکل‌های ۲، ۵ و ۶). همچنین در چاه‌های مورد مطالعه حضور فرامینیفرهای

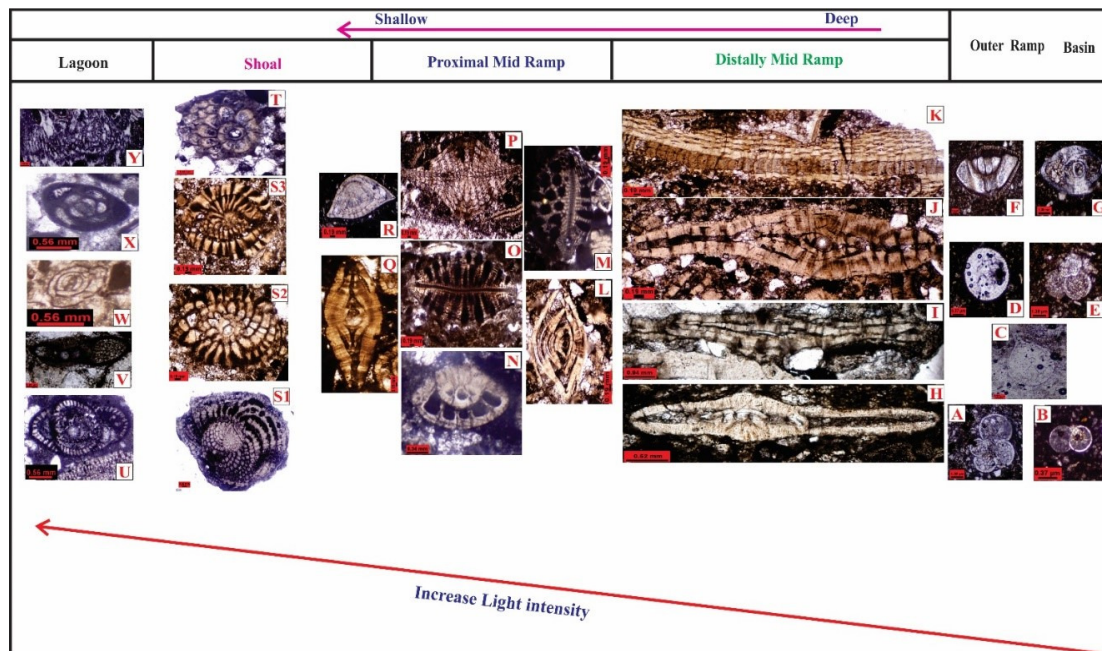
کفزی کوچک با پوسته هیالین، فرم عدسی - لنزی شکل با دیواره ضخیم (نفرولپیدینا، هتروستژینا، آمفیستژینا، روتالیا وینوتی و میوژیپسینوئیدس) ریزرخساره Mf D در بخش پروکسیمال رمپ میانی و شول مربوط به قسمت‌های پایینی سازند آسماری بوده که خود نشان‌دهنده اعماق کمتر از ۵۰ متر می‌باشد (شکل‌های ۲، ۵ و ۶). حضور فرامینیفرهای با دیواره پورسلانوز مانند آرکیاس، دندریتینا، میلیولید نشان‌دهنده کاهش عمق و افزایش نور بوده و معمولاً اعماق ۰ تا ۳۰ متری از زون نوری (یوفوتیک) رمپ درونی را نشان می‌دهد (شکل‌های ۲، ۵ و ۶).

۷- همزیستی (Symbiotic)

روزن‌داران بزرگ همزیست‌دار محدود به آب‌های گرم نواحی گرمسیری‌اند و دمای آب بیش از ۱۴-۱۸ درجه سانتی‌گراد در سردترین ماه‌های سال است (رنمو، ۲۰۰۶). بسیاری از روزن‌داران بزرگ، همزیست جلبکی دارند و دارای ساختار اسکلتی تکامل یافته‌تری نسبت به روزن‌داران غیر همزیست‌دار می‌باشند. از طرفی مورفولوژی داخلی پیچیده بدن این دسته از فرامینیفرها بدلیل حضور جلبک‌های همزیست در بدن این موجودات می‌باشد (هالوک، ۱۹۸۶) (شکل ۱۳). استفاده روزن‌داران از جلبک‌های فتوسنتز کننده دارای مزیت‌های اکولوژیکی هست از جمله اینکه این موجودات تقریباً تمامی مواد مغذی مورد نیاز خود را از این جلبک‌ها دریافت می‌کنند. نیاز هم زیست به نور بر شکل پوسته و آرایش حجرات تأثیر می‌گذارد تا مساحت مورد نیاز برای فتوسنتز به حداکثر برسد. این وضعیت در جنس *Lepidocyclina* که جلبک‌های همزیست در درون حجرات آن زیست می‌کنند دیده می‌شود (شکل ۱۴). فرامینیفرها در مناطق کم عمق دریا از جلبک‌های سبز و قرمز و در مناطق عمیق از دیاتومه‌ها (نومولیتیده، لپیدوسیکیلینا و آمفیستژینا) و داینوفلاژله‌ها به عنوان همزیست خود استفاده می‌کنند (لیوتینگر، ۱۹۸۴). از طرفی میزان وابستگی جلبک درونی به نور، فرامینیفرهای همزیست را محدود به زیستن در عمق خاصی می‌کند (هالوک، ۱۹۸۶). بطوریکه مواردی نظیر پنروپلیس‌ها و چندین گونه از آرکیاس‌ها که دارای همزیست جلبکی از نوع کلروفیسه‌آ هستند عمق تقریباً ۷۳ متری را اشغال می‌کنند و گونه‌هایی که همزیست دیاتومه‌ای دارند در آب‌های عمیق‌تر و کمتر از ۱۳۰ متری

(شکل ۵) (بیونگتون و همکاران، ۲۰۰۴). بنابراین می‌توان گفت که میزان دسترسی به نور کنترل کننده فعالیت جلبک همزیست می‌باشد (هالوک، ۱۹۷۹). به عقیده (مصدق و همکاران، ۲۰۰۹) فرامینیفرهای پورسلانوزی چون میلیولیدها که فاقد جلبک همزیست هستند می‌توانند در کم عمق‌ترین بخش‌های لاگونی با شوری‌های بالا نیز زندگی کنند. ولی فرامینیفرهای بدون منفذ پیچیده‌ای چون آرکیاس‌ها که دارای جلبک همزیست هستند قادر به تحمل شوری‌های بالا در اعماق کمتر نیستند و در عمق بیشتری نسبت به میلیولیدها زندگی می‌کنند (لیز، ۱۹۹۰).

نیز قادر به زندگی می‌باشند (بیونگتون و همکاران، ۲۰۰۴). تغییرات مورفولوژیکی در روزن‌داران همراه با تغییر عمق زیستگاه‌های گونه‌های همزیست‌دار تغییر می‌نماید، بطوریکه در نواحی کم‌عمق فرامینیفرهای هیالین با پوسته‌ای ضخیم‌تر (با نسبت ضخامت به قطر زیاد) حضور دارند. عاملی که در ایجاد این پوسته ضخیم نقش دارد در ارتباط با کاهش عمل فتوسنتز توسط جلبک‌های همزیست در شرایط نامساعد نوری می‌باشد (بیونگتون و همکاران، ۲۰۰۴). در اعماق بیشتر پوسته فرامینیفرهای منفذدار بزرگ و مسطح دارای کمترین میزان ضخامت به قطر است که در این شرایط فرامینیفرها سطح پوسته خود را برای حداکثر جذب نور توسط جلبک همزیست افزایش می‌دهند



شکل ۱۱. نمایش ارتباط بین ضخامت، اندازه و تغییر نوع پوسته در فرامینیفرها نسبت به تغییرات عمق آب.

Fig. 11. The relationship between thickness, size and test variations in foraminifera with respect to changes in water depth. A; *Catapsydrax dissimilis*. B; *Globigerina* sp. C; *Hantkenina* sp. D; *Globigerina mexicana*. E; *Subbotina* sp. F; *Heterolepa* sp. G; *Lenticulina* sp. H; *Operculina complanata*. I; *Spiroclypeous blankenhorni*. J; *Heterostegina* sp. K; *Eulepidina dilitata*. L; *Amphistegina* sp. M; *Nephrolepidina marginata*. N; *Rotalia veeinoti*. O; *Nephrolepidina marginata*. P; *Lepidocyclina* sp. Q; *Heterostegina* sp. R; *Amphistegina* sp. S1; *Heterostegina precursor*. S2, 3; *Heterostegina* sp. T; *Miogypsinoidea complanatus*. U; *Austrotrillina howchini*. V; *Dendritina rangi*. W; *Pyrgo* sp. X; *Quinqueloculina* sp. Y; *Archaias* sp.

غیرجنسی بوده و دارای حجره جنینی بزرگ‌تر (فرم مگالوسفریک) و اندازه کوچک‌تری می‌باشد. پوسته نوع B حاصل تولید مثل جنسی بوده که دارای اندازه بزرگ‌تر و حجره جنینی کوچک‌تر (فرم میکروسفریک) می‌باشد

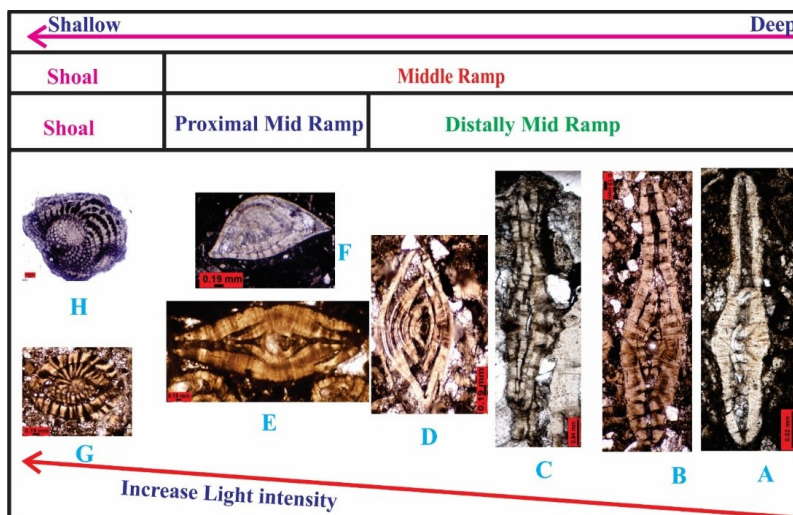
۸- تولید مثل فرامینیفرها^۱

فرامینیفرها در چرخه زندگی خود دو مرحله تولید مثل جنسی و غیرجنسی دارند (هوتینگر، ۱۹۸۳) و (وزیری مقدم و همکاران، ۱۳۸۸). پوسته نوع A حاصل تولید مثل

¹ Foraminifera reproduction

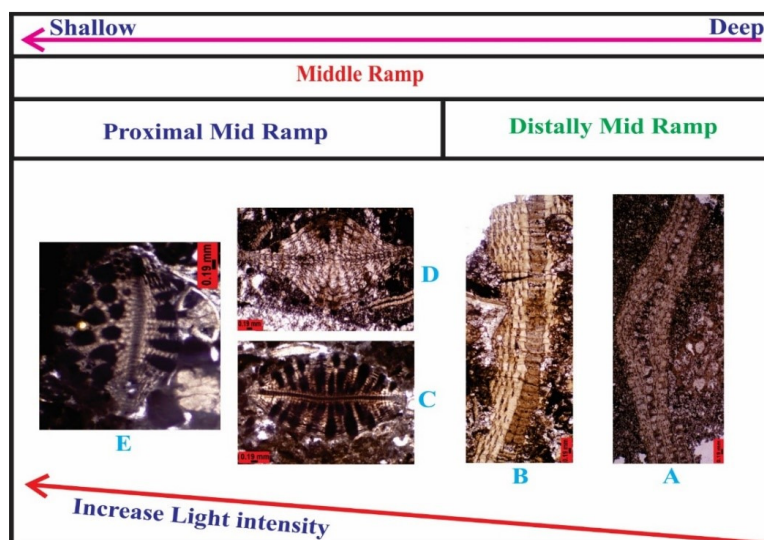
مثل وجود دارد. در چاه‌های مورد مطالعه حضور فراوان فرامینیفرهای بزرگ- کشیده نومولیتیده و لپیدوسیکلینیده (MFC) در قاعده سازند آسماری نشان دهنده غالب بودن فرم B و تولید مثل جنسی بوده که این وضعیت حاکی از شرایط پایدار و با ثبات محیطی می‌باشد (شکل‌های ۲، ۷ و ۱۵). و حضور فرامینیفرهای عدسی و لنزی شکل نشان‌دهنده فرم A (تولید مثل غیرجنسی) بوده که این وضعیت در چاه‌های مورد مطالعه در MFE و MFD وجود دارد (شکل‌های ۲، ۷ و ۱۴).

(شکل ۱۵). به عقیده هوتینگر (۱۹۸۳) در آب‌های کم عمق پوسته‌های نوع A فراوان‌ترند اما در آب‌های بسیار عمیق تناوب دو نوع تولید مثل رخ می‌دهد. تولید مثل جنسی معمولاً در شرایط پایدار و در عمق بهینه گستره‌ی ژرفای محیط زندگی فرامینیفر رخ می‌دهد پس حضور فراوان پوسته نوع B حاکی از شرایط محیطی پایدار می‌باشد (وزیری‌مقدم و همکاران، ۱۳۸۸). به عقیده (هوتینگر، ۱۹۸۳) در آب‌های کم عمق پوسته‌های نوع A فراوان‌ترند و در آب‌های بسیار عمیق تناوب دو نوع تولید



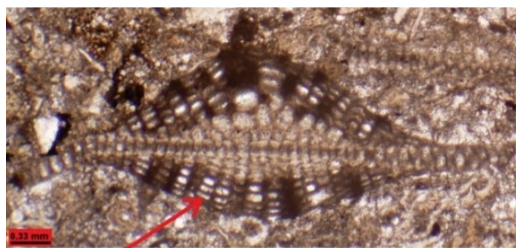
شکل ۱۲. ارتباط بین کاهش ضخامت، کاهش اندازه در نومولیتیدا نسبت به تغییرات عمق آب

Fig. 12. The relationship between thickness and size variations in nummulitidae with respect to changes in water depth. A; *Operculina complanata*. B; *Heterostegina* sp. C; *Spiroclypeous blankenhorni*. D; *Amphistegina* sp. E; *Heterostegina* sp. F; *Amphistegina* sp. G; *Heterostegina* sp. H; *Heterostegina precursor*.



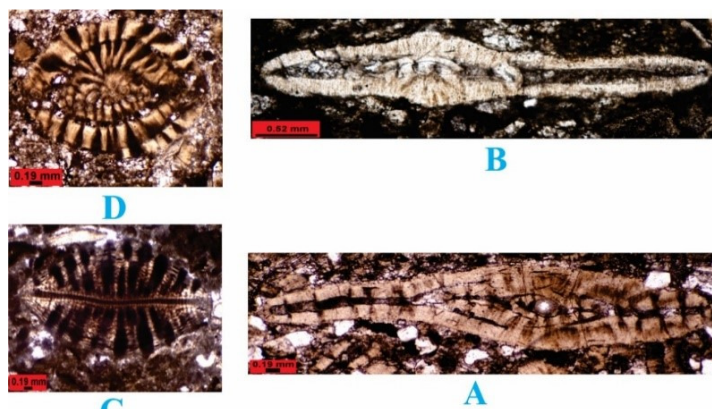
شکل ۱۳. نمایش ارتباط بین کاهش ضخامت، کاهش اندازه در لپیدوسیکلینیده نسبت به تغییرات عمق آب

Fig. 13. The relationship between thickness and size variations in lepidocyclinidae with respect to changes in water depth. A; *Eulepidina elephantina*. B; *Eulepidina dilitata*. C, E; *Nephrolepidina marginata*. D; *Lepidocyclina* sp.



شکل ۱۴. حجرات جانبی در داخل دیواره *Nephrolepidina* جهت همزیستی با جلبک بوجود آمده است (وزیری مقدم و همکاران، ۱۳۸۸).

Fig. 14. Lateral chambers in *Nephrolepidina* in order to symbiosis with algae.



شکل ۱۵. انواع تولید مثل فرامینیفرها در چاه‌های مورد مطالعه: A - B، تولید مثل جنسی، فرم میکروسفریک *Heterostegina* (A) و *Operculina* (B)، و C - D فرم A تولید مثل غیر جنسی، *Nephrolepidina marginata* (C) و *Heterostegina* (D).

Fig. 15. Different kinds of foraminiferal reproduction in studied wells, A-B: sexual reproduction, microspheric form (A: *Heterostegina*) and (B: *Operculina*), C-D: Asexual reproduction (C: *Nephrolepidina marginata*) and (D: *Heterostegina*).

این بخش، اندازه بزرگ یک مزیت است (رنمو و تروالسترا، ۲۰۰۱). در چاه‌های مورد مطالعه جنس‌هایی مانند *Eulepidina*، *Spiroclypeous*، *Operculina*، *Heterostegina* با فرم کشیده (نوع میکروسفریک) دارای راهبرد تغذیه‌ای از نوع k و لپیدوسیکلین‌های عدسی شکل با دیواره ضخیم و میلیولیدها (*Quinqueloculina* و *Austrotrillina*) دارای راهبرد تغذیه‌ای r (فرم‌های مگالوسفریک) می‌باشد. بنابراین در چاه‌های مورد مطالعه C MF از بخش دیستال رمپ میانی شاخص راهبرد تغذیه‌ای k و MF D، MF F و MF H از بخش‌های پروکسیمال، شول و لاگون باز شاخص راهبرد تغذیه‌ای r می‌باشند (شکل ۱۶).

۵- نتیجه‌گیری

۱- این مطالعه در چاه‌های A و B میدان نفتی مارون انجام شده است. بر اساس پخش و پراکندگی فرامینفرهای پلانکتون و کفزی سه بایوزون تجمعی شناسایی و بر

۹- راهبرد تغذیه‌ای^۱

ارگانسیم‌ها از نظر راهبردهای اصلی زندگی به دو گروه فرصت طلب نوع r (r-strategy) و رقابت جوهای نوع k (k-strategy) تقسیم‌بندی می‌شوند (وزیری مقدم و همکاران، ۱۳۸۸؛ هوتینگر، ۱۹۸۷). سبک اصلی r راهبردها افزایش ناگهانی تراکم جمعیت، بلوغ زودرس و تولید مثل سریع (غیرجنسی) می‌باشد که زیستگاه‌های پرتنش و غنی از مواد مغذی (یوتروفی) را ترجیح می‌دهند (وزیری مقدم و همکاران، ۱۳۸۸؛ هوتینگر، ۱۹۹۷). گروه k راهبرد دارای طول عمری زیادتری (جثه‌ی بزرگ‌تر) بوده و توان تولید مثلی کمتری دارا می‌باشند (هوتینگر، ۱۹۹۷). بنابراین k راهبردها زیستگاه‌های پایدار با میزان مواد غذایی محدود (الیگوتروفی) را ترجیح می‌دهند. میلیولیدها و بعضی گونه‌های آسترپژرینا برخی از r راهبردهای سازند آسماری هستند (امیرشاه کرمی و همکاران، ۲۰۰۷). k راهبردها در اعماق زیاد فراوران ترند زیرا در شرایط پایدار و الیگوتروفی

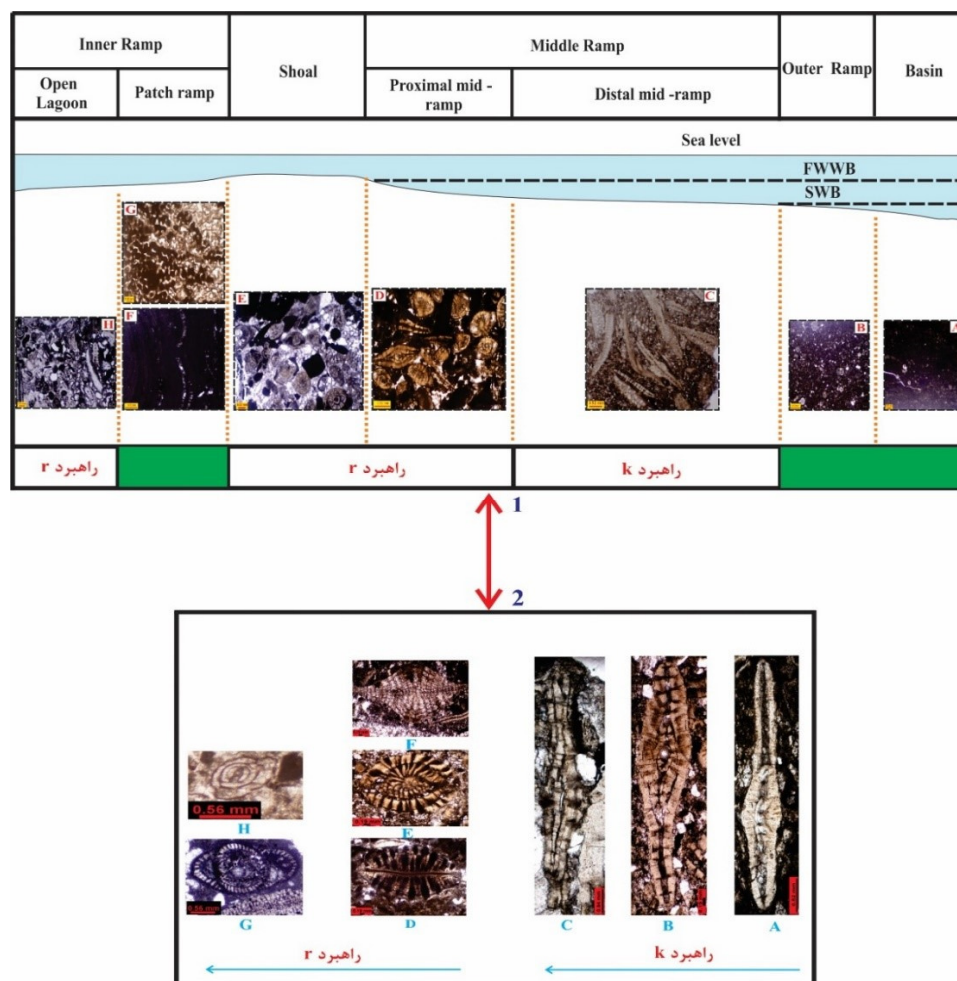
¹ Nutrient strategy

الیگوتروفیک تا یوتروفیک می‌باشد. در بخش پایینی سازند آسماری بخاطر بیشتر بودن عمق و انرژی هیدرودینامیکی کمتر، بستر نرم و پایدار بوده که باعث موفولوژی کشیده و نازک فرامینیفرها شده و در اعماق کمتر انرژی هیدرودینامیکی بیشتر، بستر سخت و ناپایدار بوده به همین دلیل موفولوژی بدن آنها بصورت عدسی و لنزی شکل می‌باشد. در قاعده سازند آسماری حضور فرامینیفرهای کفزی بزرگ نشان‌دهنده تولید مثل جنسی و راهبرد تغذیه‌ای K و حضور فرامینیفرهای عدسی شکل با حجره جنینی بزرگ نشان از تولید مثل غیرجنسی و راهبرد تغذیه‌ای r می‌باشد.

مبنای بایوزون‌های شناسایی شده سن بخش بالایی سازند پابده ائوسن پسین و بخش پایینی سازند آسماری روپلین-شاتین تعیین شده است.

۲- بر مبنای مطالعه ریزرخساره‌ها، تعداد ۸ ریزرخساره از چاه A و شش ریزرخساره از چاه B مربوط به کمرندهای حوضه، رمپ خارجی، رمپ میانی (بخش‌های دیستال و پروکسیمال)، و رمپ درونی (شول، ریف کومه‌ای و لاگون باز) شناسایی شد.

۳- بر مبنای مطالعه دیرینه بوم‌شناسی در چاه‌های مورد مطالعه، شوری در محدوده نرمال تا کمی بالاتر از نرمال ($34 - 40 \text{ Psu} - >40 \text{ Psu}$)، تغییرات شرایط نور در بخش بالایی سازند پابده آفوتیک و در بخش پایینی سازند آسماری یوفوتیک و مواد غذایی در محدوده



شکل ۱۶. نمایش راهبردهای تغذیه‌ای در چاه‌های مورد مطالعه. ۱: راهبردهای تغذیه بر مبنای مدل رسوبی و ۲: راهبردهای تغذیه بر مبنای فرامینیفرهای کفزی.

Fig. 16. Displaying nutrient strategy in the studied wells. 1. nutrient strategy according to sedimentary model and 2. nutrient strategy based on benthic foraminifera.

References

- Adams, T. D., Bourgeois, F (1967) Asmari biostratigraphy. Geol Explor Div, IOOC Rep 1074, Tehran (unpublished).
- Aghanabati, A (2011) Geology of Iran. Geological Survey of Iran, Teheran, p 586 (in Persian).
- Ahmadi, S., Seyrafian, A., Vaziri-Moghaddam, H (2020) Biostratigraphy and microfacies of the Asmari Formation insouth flank of Mish anticline (northeast of Gachsaran), Iranian Journal of Petroleum Geology, 10 (19): 69-91.
- Akhzari, S., Seyrafian, A., Vaziri-Moghaddam, H (2015) Oligocene ramp system (Asmari Formation) in the west of Fars province: Microfacies and sedimentary environment. National Conference on Novel Applied Researches, Urmia, 1: 60-61 (in Persian).
- Akhzari, S., Seyrafian, A., Vaziri-Moghaddam, H (2018) Biostratigraphy and paleoecology of the Asmari Formation at northwest of Deris Village, west of Fars Province. Sedimentary Facies, 10 (2): 173-192 (in Persian).
- Alavi, M (2004) Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution. American Journal of Science, 304: 1-20.
- Allahkarampour Dill, M., Seyrafian, A., Vaziri-Moghaddam, H (2010) The Asmari Formation, north of the Gachsaran (Dill anticline), southwest Iran: facies analysis, depositional environments and sequence stratigraphy: Carbonates and Evaporites, 25: 145-160.
- Allahkarampour Dill, M., Seyrafian, A., Vaziri-Moghaddam, H (2012) Palaeoecology of the Oligocene-Miocene Asmari Formation in the Dill anticline, N. Jb. Geol. Palont. Abh, 10: 1-18.
- Allahkarampour Dill, M., Vaziri-Moghaddam, H., Seyrafian, A., Behdad, (Ghabeishavi) A (2018) Oligo-Miocene carbonate platform evolution in the northern margin of the Asmari intra-shelf basin, SW Iran: Marine and Petroleum Geology, 92: 437- 461.
- Alsharhan, A. S., Kendall, C. G. S. C (2003) Holocene coastal carbonates and evaporites of the southern Arabian Gulf and their ancient analogues, Earth-Science Reviews, 61: 191-243.
- Amirshahkarami, M (2008) Distribution of Miogypsinoides in the Zagros Basin, Southwest of Iran, Historical Biology, 20: 175-184.
- Amirshahkarami, M., Ghabishavi, A., Rahmani, A (2010) Biostratigraphy and paleoenvironment of the larger benthic foraminifera in wells sections of the Asmari Formation from the Rag-e-Safid Oil field, Zagros Basin, southwest Iran, Stratigraphy and Sedimentology Researches, 40: 63-48.
- Arab pour, S., Seyrafian, A., Taheri, A., Rahmani A (2016) Biostratigraphy, sedimentary environment and sequence stratigraphy of the Asmari Formation in well no. 4 of Lab-e Safid oil field (north of Dezful embayment, SW of Lurestan) and Tang- e Lende (Kuh-e Safid, NW of Dehdasht). Iranian Journal of Petroleum Geology, 5 (10): 87- 119 (In Persian).
- Avarjani, Sh., Mahboubi, A., Moussavi Harami, R (2011) Microfacies Depositional Environments And Sequence Stratigraphy Of The Oilgo-Miocene Asmari Formation In The Kupal Oil Field, Central Dezful Embayment, Iranian Journal of Geology, 5 (19): 45-60 (in Persian).
- Avarjani, Sh., Mahboubi, A., Moussavi Harami, R., Rahimpour-Bonab, H., Amiribakhtiar, H (2015) Sequence Stratigraphy and Reservoir Quality of the Asmari Formation at Haftkel, Kupal and Marun oilfields, Northern Dezful Embayment, Zagros Basin, SW Iran. Ph.D thesis, Ferdowsi University of Mashhad, 354 P (in Persian).
- Babazadeh, A., Baharan, S., Parvanehnejad Shirazi, M., Bahrami, M (2010) Biostratigraphy of the Pabdeh Formation in Tang-e Zanjiran section (Southeast Shiraz) based on planktonic foraminifera, Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches, 26 (1): 145- 158 (in Persian).
- Bachmann, M., Hirsch, F (2006) Lower Cretaceous carbonate platform of the eastern Levant (Galilee and Golan Heights), Stratigraphy and second-order sea-level change. Cretaceous Research, 27: 467-512.
- Barari, M., Vaziri-Moghaddam, H., Seyrafian, A (2017) Biostratigraphy and microfacies of the Asmari Formation I Lar Anticline (Northeast of Gachsaran), biostratigraphical correlation. Ranian Journal of Petroleum Geology, 6 (14): 49 - 73 (in Persian).
- Bassi, D., Hottinger, L., Nebelsick, J (2007) Larger foraminifera from the Upper Oligocene of the Venetian area, North-East Italy. Paleontology, 50: 845-868.
- Bassi, D., Nebelsick, J. H (2010) Components, facies and ramps: Redefining Upper Oligocene shallow water carbonates using coralline red algae and larger foraminifera (Venetian area, northeast Italy), Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 295: 258-280.
- Beavington, S (2004) Ecology of extant nummulitids and other larger benthic foraminifera: applications in palaeoenvironmental analysis, Earth-Science Reviews, 67: 219-265.
- Binazadeh, T., Binazadeh, A., Vafayi, T (2018) Microfacies, depositional environment and biostratigraphy of Asmari Formation In Dashroom section (Sout Of Yasuj), Scientific Quarterly Journal, Geosciences, 27(106): 169-178 (in Persian).

- Bolli, H. M., Saunders, J. B., Nielsen, K. P (1987) *Plankton Stratigraphy*, Cambridge University Press, New York, p. 1023.
- Boudagher Fadel, M. K (2008) Evolution and Geological Significance of Larger Benthic Foraminifera, *Developments in Paleontology and Stratigraphy*, 21. Elsevier, Amsterdam, p. 544.
- Boudagher Fadel, M. K (2015) Biostratigraphic and geological significance of planktonic foraminifera, 22. Newnes, 320.
- Brandano, M., Corda, L (2002) Nutrients, sea level and tectonics: constrains for the facies architecture of a Miocene carbonate ramp in central Italy, *Terra Nova*, 14: 257-262.
- Brandano, M., Vannucci, G., Pomar, L., Obrador, A (2005) Rhodolith assemblages from the lower Tortonian carbonate ramp of Menorca (Spain): Environmental and paleoclimatic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology*, 226: 307-323.
- Brandano, M., Frezza, V., Tomassetti, L., Pedley, M (2009) Facies analysis and paleoenvironmental interpretation of the Late Oligocene Attard Member (Lower Coralline Limestone Formation), Malta. *Sedimentology*, 56: 1138-1158.
- Brandano, M., Frezza, V., Tomassetti, L., Cuffaro, M (2009) Heterozoan carbonates in oligotrophic tropical waters: The Attard member of the lower coralline limestone formation (Upper Oligocene, Malta) *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 274: 54-63.
- Brandano, M., Morsili, G., Vannucci, M., Parente, F., Bosellini, G., Mateu-Vicens (2010) Rhodolith-rich lithofacies of the Porto Badisco Calcarenes (upper Chattian, Salento, southern Italy), *Italy Journal Geoscience*, 129: 119-131.
- Busk, H. G., Mayo, H. T (1918) Some notes on the geology of the Persian Oilfields, *Journal of the Institution of Petroleum Technologists*, 5: 5-26.
- Buxton, M. W. N., Pedley, H. M (1989) A standardized model for Thethyan Tertiary carbonate ramps, London. *Journal of the Geological Society*, 146: 746-748.
- Cahuzac, B., Poignant, A (1997) Essai de biozonation de l'Oligo-Miocène dans les bassins européens à l'aide des grands foraminifères néritiques, *Bulletin de la Société géologique de France*. 168: 155-169.
- Carannante, G., M., Esteban, J. D., Milliman, L., Simon (1988) Carbonate lithofacies as paleolatitude indicators: problems and limestone: *Sedimentary Geology*, 60: 333-346.
- Corda, L., and M. Brandano (2003) Aphotic zone carbonate production on a Miocene ramp, Central Apennines, Italy: *Sedimentary Geology*, 161: 55-70.
- Cosovic, V., Drobne, K., Moro, A (2004) Paleoenvironmental model for Eocene foraminiferal limestones of the Adriatic carbonate platform (Istrian Peninsula), *Facies*, 50: 61-75.
- Daneshian, J., Tabatabaei, M. S., Tahmasbi, A (2020) Biostratigraphy of the Oligocene deposits of Pabdeh Formation based on planktonic foraminifera in Bandar Abbas area. *Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches University of Isfahan*, 36(4): 1-26 (in Persian).
- Dunham, R (1962) Classification of carbonate rocks according to depositional texture, in Ham, W.E., (ed.), *Classification of carbonate rocks*. AAPG Memoir 1, Tulsa, 108-121.
- Ehrenberg, S. N., Pickard, N. A. H., Laursen, G. V., Monibi, S., Mossadegh, Z. K., Svana, T. A., Agrawi, A. A. M., McArthur, J. M., Thirlwall, M. F (2007) Strontium Isotope Stratigraphy of the Asmari Formation (Oligocene - Lower Miocene), Sw Iran. *Journal of Petroleum Geology*, 30: 107-128.
- Embry, A. F., Klován, J. E (1971) A late Devonian reef tract on northeastern Banks Islands, Northwest Territories, *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 19: 730-781.
- Flügel, E (2010) *Microfacies of carbonate rocks, analysis, interpretation and application*. Springer, Berlin, p. 976.
- Geel, T (2000) Recognition of stratigraphic sequence in carbonate platform and slope deposits: empirical models based on microfacies analysis of Palaeogene deposits in southeastern Spain, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 155: 211-238.
- Garmabi, A., Vaziri, H (2007) Microbiostratigraphy of Pabde formation in Siri Dana-1 well in Persian Gulf, The 26th Symposium of Geological Society of Iran. P 8 (in Persian).
- Goodarzi, M., Vahidinia, M., Amiri Bakhtiar, H., Noraii-Nejad, M (2019) Stratigraphy and Paleontology, upper part of the Pabdeh Formation and lower part of the Asmari Formation, with emphasize on the formations boundary in the Maroun oil -field based on cyclolog softward, M.Sc thesis, Ferdowsi University of Mashhad, 327 P (in Persian).
- Goodarzi, M., Vahidinia, M., Amiri Bakhtiar, H., Noraii-Nejad, M (2019) The stage boundaries comparison of the upper of the Pabdeh and the lower part of the Asmari Formations in well A of Marun oil field with surface boundaries NB and PB using cyclolog software. 5th National symposium of sedimentological Society of Iran (in Persian).
- Goodarzi, M., Vahidinia, M., Amiri Bakhtiar, H., Noraii-Nejad, M (2019) Biostratigraphy, microfacies, and depositional environment of the Asmari Formation in one of the Marun oil

- field wells and comparison with other Zagros area. *Sedimentary Facies*, 12: 226-253. (In Persian).
- Goodarzi, M., Amiri Bakhtiar, H., Noraii Nejad, M (2019) Paleontology and depositional environment of the upper part of the Pabdeh Formation and the lower part of the Asmari Formation in the A and B wells Marun oilfields, Northeast Ahwaz. *Applied Sedimentology*, 7 (13): 184-208. (In Persian).
- Goodarzi, M., Amiri Bakhtiar, H., Noraii Nejad, M., Ezampanah, Y (2020) Paleocasology, carbonate associations and investigation of NB, PB Stages boundary surface by the using Cyclolog in one of wells Marun oilfieds. *Sedimentary Facies, Applied Sedimentology*, 8 (15): 131-160. (In Persian).
- Gholampour mugahi, S., Vaziri moghadam, H., Salehi, M. A., Arzani, N., Armoon, A (2017) Biostratigraphy and microfacies analysis of the Shahbazan and Asmari formations (through Eocene to Oligocene) in the carbonate deposits of northwest Dezful Embayment, Zagros Sedimentary Basin. *Iranian Journal of Petroleum Geology*, 7 (13): 20 – 42 (in Persian).
- Habibi, T (2016) Biostratigraphic correlation and foraminiferal associations of the Oligocene successions in Fars Basin. *Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches*, 32: 113-134 (in Persian).
- Hadavandkhani, N (2010) Biostratigraphy of Pabdeh Formation in Emamzadeh Soltan Ebrahim section, northwest of Izeh city in Khuzestan province, southern Iran. *Iranian Journal of Geology*, 4 (15): 81-98 (in Persian).
- Hadavandkhani, N (2015) Lithostratigraphy and biostratigraphy of the Pabdeh Formation in the Izeh zone (Chahardeh, Tange Hatti and north flank of Tange Pabdeh sections), PhD thesis, Shahid Beheshti University, Iran, 488 p (In Persian).
- Hadavandkhani, N., Sadeghi, A., Adabi, M. H., Tahmasbi Sarvestani, A (2017) Stratigraphy and the introduction of new biozonations in the Pabdeh Formation (Tange Hatti section, Izeh zone Khuzestan. *Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches*, 33 (2): 1-18 (in Persian).
- Hadavandkhani, N., Sadeghi, A., Adabi, M. H., Tahmasbi Sarvestani, A (2018) Lithostratigraphy and biostratigraphy of the Pabdeh Formation at Chahardeh village section (Izeh zone, Khuzestan province). *Scientific Quartery Journal, Geosciences*, 27(107): 137-150 (in Persian).
- Hallock, P (1998) Habitats of modern larger foraminifera: taxonomic, depth and regional comparisons: Conference abstract, Tertiary to Recent larger foraminifera- their depositional environments and importance as petroleum reservoirs (Kingston- upon- Thames), 13 p.
- Hallock, P (2000) Symbiont-bearing foraminifera: harbingers of global change?. *Micropaleontology*, 95-104.
- Hallock, P., Pomar, L (2008) Cenozoic evolution of larger benthic foraminifers: paleoceanographic evidence for changing habitats. In: *Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium*, pp. 16–20 Lauderdale, Florida.
- Heydari, E (2008) Tectonics versus eustatic control on supersequences of the Zagros Mountains of Iran. *Tectonophysics*, 451: 56-70.
- Hoseinzadeh, R (2008) Biostratigraphy and sequence stratigraphy of Pabde formation in Kavar section. M.Sc thesis, Tehran University, 230 P (in Persian).
- Hohenegger, J., Yordanova, E., Tatzreiter, Y (1999) Habitats of larger foraminifera on the upper reef slope of Sesko Island, Okinawa: *Marine Micropaleontology*, 36: 109–168.
- Hohenegger, J., Yordanova, E., Hatta, A (2000) Remarks on West Pacific Nummulitidae (Foraminifera), *Journal of Foraminiferal Research*, 30: 3-28.
- Hottinger, L (1980) Répartition comparée des grands foraminifères de la mer Rouge et de l'Océa Indien: *Annali dell'Università di Ferrara*, 6: 35–51.
- Hottinger, L (1983) Processes determining the distribution of larger foraminifera in space and time, in Meulenkamp, J. E. (ed.), *Reconstruction of marine paleoenvironments*, Utrecht Micropaleontological Bulletin, 30: 239–253.
- Hottinger, L (1997) Shallow benthic foraminiferal assemblages as signals for depth of their deposition and their limitation: *Bulletin de la Societé Géologique de France*, 168: 491-505.
- James, G. A., Wynd, J. G (1965) Stratigraphic nomenclature of Iranian Oil Consortium Agreement Area. *AAPG Bulletin*, 49: 2182 - 2245.
- Kalanat, B., Vaziri-Moghaddam, H., Taheri, A (2010) Biostratigraphy and paleoecology of the Asmari Formation in the Southwest of Firuoabad, *Sedimentary Facies*, 3 (1): 71 – 84 (in Persian).
- Kalanat, B., Vaziri Moghaddam, H., Vahidinia, M (2014) Comparison of sequence stratigraphy and depositional environment of Asmari Formation in the Fars, Khuzestan and Lurestan areas of Zagros basin, *Sedimentary Facies*, 7 (1): 107 – 124 (in Persian).
- Kamalifar, F., Aleali, S. M., Ahmadi, V., Mirzaiee, A (2019) Biostratigraphy, microfacies, Depositional environments of Oligo-Miocene sediments Based on foraminifera in the Zagros zone (Interior and Coastal Fars), *Applied Sedimentology*, 7 (13): 57-76. (In Persian).

- Khalili, A., Vaziri Moghaddam, H., Seyrafi, A (2022) Cyclostratigraphy study of Asmari reservoir in Karanj, Paranj and Parsi oil fields. *Iranian Journal of Petroleum Geology*, 10 (20): 1 – 16 (in Persian).
- Khoshnod, M., Vaziri Moghaddam, H (2016) Biostratigraphy and sedimentary environment of Asmari Formation in Davan section, North of Kazerun, *Iranian Journal of Petroleum Geology*, 6 (12): 94 – 112 (in Persian).
- Karimi, N., Parvaneh Nejad, M (2012) Biostratigraphy of Pabdeh formation in the Salamati stratigraphic section (southwest of Shiraz) based on planktonic foraminifera, The 16th Symposium of Geological Society of Iran, P 9 (in Persian).
- Kindler, P., Wilson, M. E. J (2012) Carbonate grain association: their use and environmental significance, a Brien Review, *Carbonate System during the Oligocene-Miocene Climatic Transition: Wiley-Blackwell*, p. 35-47.
- Lacassagne, R. M. A (1963) Asmari sedimentary environment, Unpublished Report of the Geological and Exploration Division, Iranian Oil offshore company, no.1041.
- Laursen, G. V., Monibi, S., Allan, T. L., Pickard N. A. H., Hosseiny, A., Vincent, B., Hamon, Y., Van Buchem, F. S. H., Moallemi, A., Driullion, G (2009) The Asmari Formation revisited: Changed stratigraphic allocation and new biozonation, First international petroleum conference exhibition, Shiraz, Iran.
- Lees, A. A. T., Buller (1972) Modern temperate water and warm water shelf carbonate sediments contrasted: *Marine Geol*, 13: 67–73.
- Lee, J. J (1990) Fine structure of rodophycean prokaryotic purple in situ in *Peneroplis pertusus* and *P. asicularis*. *Journal of Foraminiferal Research*, 20: 162–169.
- Lees, G. M (1933) The reservoir rocks of Persian oil fields: *American Association Petroleum Geology Bulletin*, 17: 229-240.
- Loeblich, A.R., Tappan, H (1988) *Foraminiferal Genera and their Classification* (2 volumes). Van Nostrand Reinhold Company, New York, p. 970.
- Lorestani, M., Kangazian, A., Safari, A., Noura, M. R (2017) Sedimentary Environment And Sequence Stratigraphy Of Asmari Formation In Haftkel Oilfield, (Well No. 28), Dezfool Embaymen, And Comparing It With Asmari Formation In Masjed-I-Soleiman Oilfield (Well No. 186), Khuzestan Province, *Scientific Quarterly Journal, Geosciences*, 28(110): 79-88.
- Leutenegger, S (1984) Symbiosis in benthic foraminifera; specificity and host adaptations. *The Journal of Foraminiferal Research*, 14: 16-35.
- Maghfouri Moghaddam, I., Jafari Zadeh, H. R., Aleali, M., Maleki, Z (2021) Stratigraphy of the Limestone Unit of Pabdeh Formation in Bankul section (Northeast Ilam), Lorestan Zone. *Applied Sedimentology*, 9(18): 22 – 32 (in Persian).
- Mossadegh, Z. K., Haig, D. W., Allan, T., Adabi, M. H., Sadeghi, A (2009) Salinity changes during Late Oligocene to Early Miocene Asmari Formation deposition, Zagros Mountains, Iran: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 272: 17-36.
- Motiei, H (2003) *Geology of Iran*, Stratigraphy of Zagros, Geological Survey of Iran, Teheran, 551p (in Persian).
- Monibi, S., Samani, P (2016) Biostratigraphic Age Revision of the Asmari Formation in One of the oil fields in southwest of Iran, *Petroleum Research*, 25: 88 – 98 (in Persian).
- Mutti, M., Hallock, P (2003) Carbonate systems along nutrient and temperature gradients: some sedimentological and geochemical constraint, *Int J Earth Sci*, 92: 465–475.
- Najafi, A (1988) Microbiostratigraphy of Pabdeh in the northeast of Dezful depression and stratigraphic relationship of Tale Zang, Kashkan and Shahbazan formations, M.Sc thesis, Teacher Training University, 120 P (in Persian).
- Neisi, A., Ghaderi, A., Ghabeishavi, A., Allahkarampour Dill (2016) Biostratigraphy, microfacies and sequence stratigraphy of the Asmari Formation (based on Cyclolog) in the Qaleh Nar oil field, Zagros basin. *Iranian Journal of Petroleum Geology*, 6 (12): 22- 44. (In Persian).
- Nouradini, M., Ashouri, A. R., Yazdi, M., Rahiminejad, A. H (2019) Palaeoecology and distribution of upper Oligocene–lower Miocene foraminifera in the Qom Formation, the Bagher-Abad section, NE Isfahan, Central Iran. *Carbonates and Evaporites*, 34: 563-579 (in Persian).
- Omid, R (2016) Biostratigraphy and Lithostratigraphy of the Sarvak and Ilam formations in Abteymoor Oil field (wells no.1 and 14) and their correlation. Unpublished MSc thesis, University of Shahid Beheshti, 276 p (in Persian).
- Pomar, L (2001 a) Types of carbonate platforms: a genetic approach: *Basin Research*, 13: 313-334.
- Pomar, L (2001 b) Ecological control at sedimentary accommodation: evolution from a carbonate ramp to rimmed shelf, Upper Miocene, Balearic Island: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 175: 249-272.
- Pomar, L., Obrador, A., Westphal, H (2002) Sub-wavebase cross-bedded grainstones on a distally steepened carbonate ramp, Upper Miocene,

- Menorca, Spain. *Sedimentology*, 49 (1): 139-169.
- Pomar, L., Brandano, M., Westphal, H (2004) Environmental in feluencing skeletal grain sediment associations: a critical review of Miocene examples from the western Mediterranean. *Sedimentology*, 51: 627-651.
- Pomar, L., Hallock, P (2007) Changes in coral-reef structure through the Miocene in the Mediterranean province: adaptive vs. environmental: *Earth Seince*, 35: 899-902.
- Pomar, L., Hallock, P (2008) Carbonate factories: A conundrum in sedimentary geology: *Earth Seince*, 81: 134-169.
- Pomar, L., Mateu Vicens, G., Morsilli, M., Brandano, M (2014) Carbonate ramp evolution during the Late Oligocen (Chattian), Salento Peninsula, southern Italy, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 404: 109-132.
- Rahmani, A., Vaziri-Moghaddam, H., Taheri, A. and Ghabeishavi, A (2009) A Model for the Paleoenvironmental Distribution of Larger Foraminifera of Oligocene-Miocene Carbonate Rocks at Khaviz Anticline, Zagros Basin, Sw Iran. *Historical Biology, An International Journal of Paleobiology*, 21: 215-227.
- Rahmani, A., Ghabeishavi, A (2010) Sequence Stratigraphic of Asmari formation in Lab Sefid oilfield (southwest of Iran), 14th Symposium of Geological Society of iran, Urmia (in Persian).
- Rahmani, A., Taheri, A., Vaziri-Moghaddam, H. and Ghabeishavi, A (2012) Biostratigraphy of the Asmari Formation at Khaviz and Bangestan Anticlines, Zagros Basin, SW Iran, *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie-Abhandlungen*, 263: 1-16.
- Rahim Abadi, M., Vaziri Moghaddam, H., Seyrafian, A., Sotohian, F (2020) Biostratigraphy and microfacies of the Asmari Formation in north flank of Khami anticline (north of Gachsaran), *Iranian Journal of Petroleum Geology*, 8 (16): 1-25 (In Persian).
- Renema, W., Troelstra, S. R (2001) Larger foraminifera distribution on a mesotrophic carbonate shelf in SW Sulawesi (Indonesia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 175: 125-147.
- Renema, W (2006) Large benthic foraminifera from the deep photic zone of a mixed siliciclastic-carbonate shelf off East Kalimantan, Indonesia. *Marine Micropaleontology*, 58(2): 73-82.
- Reuter, M., Piller, W. E., Harzhauser, M., Mandic, O., Berning, B., Rogl, F., Kro, A., Aubry, M. P., Wielandt-Schuster, U., Hamedani, A (2009) The Oligo-Miocene Qom Formation (Iran): evidence for an Early Burdigalian restriction of Tethyan Seaway and closure of its Iranian gateways, *International Journal of Earth Sciences*, 98: 627-650.
- Richardson, R. K (1924) The geology and oil measures of southwest Persia, *Journal Institute Petroleum Technology*, 10: 256-283.
- Romero, J., Caus, E., Rosell, J (2002) A model for the palaeoenvironmental distribution of larger foraminifera based on late Middle Eocene deposits on the margin of the South Pyrenean basin (NE Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 179: 43-56.
- Roozpeykar, A., Moghaddam, I (2016) Sequence biostratigraphy and paleoenvironmental reconstruction of the Oligocene-early Miocene deposits of the Zagros Basin (Dehdasht area, South West Iran), *Arabian Journal of Geosciences*, 9: 77.
- Sabokro, M., Vahidinia, M., Adabi, M. H., Hadavandkhani, N (2021) Biostratigraphy of the Pabdeh Formation in the Parsi Oil Field (Dezful Embayment, South-West Iran) (2021) *Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches University of Isfahan*, 37(2): 21-50 (in Persian).
- Sadeghi, A., Hadavandkhani, N (2010) Biostratigraphy of Pabdeh Formation in Emamzadeh Soltan Ebrahim section, northwest of Izeh city in Khuzestan province, southern Iran, *Iranian Journal of Geology*, 4 (15): 81- 98. (in Persian).
- Sadeghi, R., Vaziri Moghaddam, H., Taheri, A (2010) Microfacies and sedimentary environment of the Oligocene sequence (Asmari Formation) in Fars sub basin, Zagros Mountains, southwest Iran Facies, 57: 431-446.
- Sadeghi, R., Vaziri Moghaddam, H., Mohammadi, E (2018) Biofacies, depositional model, and sequence stratigraphy of the Asmari Formation, Interior Fars sub-zone, Zagros Basin, SW Iran. *Carbonates and Evaporites*, 33(3): 489-507.
- Sadeghi, R., Forouzandeh, Kh., Mohammadi, M (2015) Stratigraphy and sedimentary environment of the Asmari formation in moshkan section, *Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches University of Isfahan*, 31(5): 67-90 (in Persian).
- Seyrafian, A., Hamedani, A (1998) Microfacies and depositional environment of the Upper Asmari Formation (Burdigalian), North-Central Zagros Basin, Iran: *Neues Jahrbuch für Geologie and Palaontologie –Abhandlungen*, 210: 129-141.
- Seyrafian, A (2000) Microfacies and depositional environments of the Asmari Formation, at Dehdes area (Acorrelation across Central Zagros Basin), *Carbonates Evaporites*, 15: 2248.
- Seyrafian, A., Mojikhalifeh, A (2005) Biostratigraphy of the Late Paleogene-Early Neogene Succession, North-Central Border of Persian Gulf, Iran, *Carbonates and Evaporites*, 20: 91-97.
- Seyrafian, A., Vaziri Moghaddam, H., Arzani, N., Taheri, A (2011) Facies analysis of the Asmari Formation in central and north-central Zagros

- basin, southwest Iran, Biostratigraphy paleoecology and diagenesis. *Rev. Mex. ciencias Geol*, 28: 439-458.
- Shabafrooz, R., Mahboubi, A., Vaziri Moghaddam, H., Ghabeishavi, A., Moussavi Harami, R (2015) Depositional architecture and sequence stratigraphy of the oligo-miocene Asmari platform; Southeastern Izeh zone, Zagros Basin, Iran. *Facies* 61 (1).
- Shabafrooz, R., Mahboubi, A., Vaziri Moghaddam, H., Moussavi Harami, R., Ghabeishavi, A., Al-Aasm, I. S (2015 b) Facies analysis and carbonate ramp evolution of oligomiocene Asmari formation in the gachsaran and bibi-hakimeh oilfields and the nearby mish anticline, Zagros Basin. *Iran Neues Jahrb. für Geol. Paläontologie – Abh*, 276: 121-146.
- Soubot, M., Hadavi, F (2012) Nanostratigraphy of Gorpi-Pabde formations boundary in Tang Durahek section (south of Kangan anticline). The 16th Symposium of Geological Society of Iran, P 8.
- Sooltanian, N., Seyrafian, A., Vaziri Moghaddam, H (2011) Biostratigraphy and paleo-ecological implications in microfacies of the Asmari Formation (Oligocene), Naura anticline (Interior Fars of the Zagros Basin), Iran. *Carbonates and Evaporites*, 26: 167-180.
- Taheri, M. R., Vaziri Mogaddam, H., Taheri, A., Ghabeishavi, A (2016) Microfacies And Depositional Environment Of The Asmari Formation In The Izeh Zone, Zagros Sedimentry Basin. *Iranian Journal of Petroleum Geology*, 5 (10): 20- 45. (In Persian).
- Taheri, M. R., Vaziri Moghaddam, H., Taheri, A., Ghabeishavi, A (2017) Biostratigraphy and paleoecology of the oligo-miocene Asmari formation in the Izeh zone (Zagros Basin, SW Iran). *Bol. Soc. Geol. Mex*, 69: 59-85.
- Tesovic, B., Gusic, I., Jelaska, V., Buckovic, D (2001) Stratigraphy and microfacies of the Upper Cretaceous Pucisca ormaton, Island of Brac, Croatia, *Cretaceous Research*, 22: 591 – 613.
- Tomasovych, A (2004) Microfacies and depositional environment of an Upper Triassic intra-platform carbonate basin: the Fatric Unit of West Carpathians (Slovakia), *Facies*, 50: 77-105.
- Thomas, A. N (1948) The Asmari limestone of southwest Iran; Anglo-Iranian Oil Company Report, 706 p, unpublished.
- Triantaphyllou, M. V., Koukousioura, O., Dimiza M. D (2009) The presence of the Indo-Pacific symbiont-bearing foraminifer *Amphistegina lobifera* in Greek coastal ecosystems (Aegean Sea, Eastern Mediterranean). *Mediterranean Marine Science*, 10: 73-86.
- Van Buchem, F. S. P., Allan, T. L., Laursen, G. V., Lotfpour, M., Moallemi, A., Monibi, S., Motiei, H., Pickard, N. A. H., Tahmasbi, A. R., Vedrenne, V., Vincent, B (2010) Regional stratigraphic architecture and reservoir types of the Oligo-Miocene deposits in the Dezful Embayment (Asmari and Pabdeh Formations) SW Iran, Geological Society, London, Special Publications, 329: 219-263.
- Vaziri Moghaddam, H., Kimiagari, M., Taheri, A (2006) Depositional environment and sequence stratigraphy of the Oligo-Miocene Asmari Formation in SW Iran: *Facies*, 52: 41-51.
- Vaziri Moghaddam, H., Seyrafian, A., Taheri, A., Motiei, H (2010) Oligo-Miocene ramp system (Asmari Formation) in the NW of the Zagros basin, Iran: Microfacies, paleoenvironment and depositional sequence. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 27: 56-71.
- Vaziri Moghadam, H., Taheri, A., Kimiagari, M (2009) Foraminifera index genera and palaeoecology, Academic Center for Education, Culture and Research of esfahan, p 372 (in Persian).
- Warren, J (2000) Dolomite: occurrence, evolution and economically important associations, *Earth-Science Reviews*, 52: 1-81.
- Wilson, J. L (1975) Carbonate facies in geological history: Springer, Berlin, p. 471.
- Wynd, J. G (1965) Biofacies of the Iranian oil Consortium Agreement Area (I.O.O.C), Unpublished Report no. p. 1082, 88.
- Wilson, M. E. J., Vecsei, A (2005) The apparent paradox of abundant foramol facies in low latitudes, their invironmental significance and effect on platform development: *Earth-Science Reviews*, 69: 133-168.
- Zabihi Zoeram, F., Vahidinia, M., Sadeghi, A., Mahboubi, A., Amiri Bakhtiar, H (2015) Larger benthic foraminifera: a tool for biostrtigraphy, facies analysis and paleoenvironmental interpretations of the OligoMiocene carbonates, NW Central Zagros Basin, Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 8: 931-949.
- Zare, M., Vahidinia, M., Mahmudy Garaie, M. H (2019) Biostratigraphy, Microfacies, and Paleoecology of the Asmari Formation in the south-western Iran. *Applied Sedimentology*, 7 (13): 102-130. (In Persian).

Paleoecology of Upper Eocene-Chattian deposits (Pabdeh and Asmari formations) in Marun oil field

M. Gooderzi^{1*}, H. Amiribakhtiar², M. R. Nuraeinezhad³ and M. Sedaghatnia⁴

1- Ph. D. student. Dept., of Geology, Faculty of Science, Lorestan University, Khorramabad, Iran

2- Ph. D. of Geology, National Iranian South Oil Company (NISOC), Ahwaz, Iran

3- Ph. D. student., Dept., of Sedimentary Basins and Petroleum, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

4- Ph. D. (graduated), Expert of the Central Laboratory of Lorestan University, Khorramabad, Iran

* Mohammadgoodarzi45@yahoo.com

Recieved: 2025.5.28 Accepted: 2025.10.26

Abstract

In the Current research paleoecology of the Upper Eocene (Pabdeh Formation) and Chattian (Asmari Formation) has been studied by analyzing 250 thin sections in the Marun oil field (A and B). in the studied wells the light conditions vary from the dark to maximum (aphotic to euphotic), salinity from the normal to slightly higher than normal (34- 40 Psu), and the nutrients fluctuate from oligotrophic to eutrophic. In the Upper Eocene interval (Pabdeh Formation) the abundance of Planktonic foraminifera indicate a quiet, low energy and deep marine setting and in the Oligocene the occurrence of larger benthic foraminifera in the basal parts of the Asmari Formation (distal part of the middle ramp) point to low hydrodynamic energy conditions and a stable substrate. The presences of hyaline foraminifera with lenticular, thicker tests and smaller in size in the proximal parts of the middle ramp suggest higher energy and light levels and a higher energy shallow marine environment with unstable and firmground substrate.

Keywords: Pabdeh Formation, Asmari Formation, Marun oil fields, Palaeoecology

Introduction

The Type Section of Pabdeh Formation is Gurpi Anticline which located in the Pabdeh county. Pabdeh Formation in this section is about 800 meters thick that consist of mainly purple shale and marl in the lower part in addition gray shale, Argillaceous limestone and cherty limestone in the middle and upper parts. Gurpi Formation located in lower boundary and Asmari Formation is upper boundry. The age of the Pabdeh Formation varies in different parts of the Zagros sedimentary basin, such as in Fars and Khuzestan the age of this formation is Paleocene to Oligocene while in Lorestan it reaches the beginning of the Miocene. This formation has both source rock and reservoir rock characteristics. Based on the studies conducted, it has been determined that the thickness, age, lithology, and fossil contents of this formation vary in different parts of the Zagros sedimentary basin. The Asmari Formation is the youngest reservoir rock of the Zagros sedimentary basin, and due to its economic importance (hydrocarbon production), extensive and comprehensive studies have been conducted on it. This formation has two members, Ahvaz sandstone (south of the Dezful embayment) and Kalhor evaporite

(northwest of the Dezful embayment and southwest of Lorestan zone). In terms of biostratigraphy, it is divided into three units: Lower Asmari of Oligocene age, Middle Asmari of Early Miocene age (Aquitian) and Upper Asmari of Early Miocene age (Burdigalian). The lower and upper boundaries of the Asmari Formation are affected by different sedimentary and tectonic basin changes, so that in most places, the Pabdeh Formation is located at the lower boundary of the Asmari Formation, but in the central Lorestan zone, the Shahbazan formation and in the inner Fars zone, the Jahrom Formation are deposited at the lower boundary of the Asmari Formation. The upper boundary of this formation is mainly the Gachsaran Formation, but in some areas the Razak Formation has been deposited instead of the Gachsaran Formation Aghanabati (2011). Marun oilfield is located 40 km northeast of Ahvaz city, south of the northern Dezful embayment and along the Aghajari and Ramin anticlines. This oilfield is 67.5 km long and 5.5 km wide on the Asmari horizon. This oilfield is bounded by Ramin oilfield to the north, Ramshir oilfield to the south, Kopal oilfield to the east, and Ahvaz and Shadegan oilfields to the west and northwest.

Material and methods

In this study, 100 thin sections from 275.5 meters of Well A and 150 thin sections from 272.5 meters of Well B were studied to understand the paleoecological conditions prevailing at the time of sedimentation of the sequence. In this study, Microfossils identification was based on Adams and Bourgeois (1967), Premoli Silva et al (2003), Boudagher and Fadel (2015) and Hedavandkhani et al (2017-2018). Biozonation and biozone recognition were used from Laursen (2009) and van Buchem (2010). Naming and classification of carbonate rocks is based on Dunham (1962), Embry A and Klovan (1971). identification of microfacies and their interpretation based on Wilson (1975), Buxton and Pedley (2000), Geel (2000), Pomar (2007) and Flugel (2010).

Results and discussions

Benthic foraminifera are considered important tools in paleontology, genera-species evolution, relative depth determination, and reconstruction of paleo environments due to their rapid evolution, high abundance, wide distribution, and sudden extinction of species or species communities. Foraminifera, especially Large Benthic forms, are highly sensitive to environmental changes, due to their short life (often only a few months) are well able to record the environmental conditions of their habitat. For this reason, foraminifera are considered powerful tools for interpreting of paleoconditions. In this study, nine (9) paleoecological parameters such as light, nutrients, salinity, hydrodynamic energy, the nature of the substrate, depth, Symbiotic, reproduction, and nutritional strategy were investigated in the studied wells.

Light: based on the presence or absence of light-dependent organisms and these light conditions Pomar (2001) divided oceanic environments into 4 light zones: euphotic, Mesophotic, Oligophotic and Aphotic.

Aphotic zone: In both wells studied, Mf A and Mf B belong to this aphotic zone and its extension is limited to the basin and outer ramp. These microfacies belong to the upper part of the Pabdeh Formation and were deposited in the Late Eocene time range.

Oligophotic zone: In the studied wells, the Mf C (distal part of the middle ramp) was deposited in this light zone. The dominant foraminifera in this light zone are benthic foraminifera (*Nummulitidae* and *Lepidocyclinidae*) that Symbiotic with red algae. The lower parts of the Oligocene-aged Asmari Formation were deposited in this light zone

Mesophotic zone: In the studied wells, Mf D (proximal part of the middle ramp) is the

indicator of this light zone. The foraminifera of this microfacies mainly have lenticular morphology, thick shells such as *Heterostegina*, *Rotalia viennotti*, *Lepidocyclina*, *Amphistegina*, *Miogypsinoidea* and with hyaline walls. The lower parts of the Oligocene Asmari Formation were deposited under such light conditions.

Euphotic to Photic Zone: This light zone belongs to shallow environments and the organisms living in this zone need more light. In these wells, Mf E, Mf F (from well B) and Mf E-Mf H (from well A) in the Ruplin-Chatin time interval indicate deposition in the lower parts of the euphotic zone.

Nutrients

The terms oligotrophic, mesotrophic, eutrophic and hypertrophic are used to describe the amount of nutrients in marine environments.

Oligotrophic zone: In these wells, Mf C from the distal part of the middle ramp to the Rupelian - Chatin age indicates the presence of such nutrient conditions in the wells studied.

Mesotrophic zone: Mf D is related to the proximal part of the middle ramp of Rupelian - Chattian age and is deposited in this food zone.

Eutrophic zone: In the studied wells, Mf A, Mf B (Basin and Outer ramp of Late Eocene age) and Mf H (open lagoon of the inner ramp of Chattian age) are related to this zone.

Salinity

The salinity level in fresh waters is the range of 30-40 Psu and in hypersaline waters is higher than 40 Psu. In the studied wells, based on the distribution of organisms relative to the salinity of seawater, two salinity microfacies have been identified as follows:

Normal salinity microfacies (34-40 Psu): This salinity is typical of large planktonic and benthic foraminifera with elongated and lamellar shells (*Lepidocyclina*, *Heterostegina*, *Operculina*, *Spirocyclus* and *Amphistegina*) which were deposited in this salinity range in the studied wells Mf A - Mf G (Basin environments, Outer ramp, Middle ramp, Shoal and mound reef belts from the inner ramp to the Late Eocene - Rupelian - Chattian age).

Microfacies with salinity >40 Psu: In this salinity range, porcelanose foraminifera have increased and hyaline-shelled foraminifera are also present in smaller numbers Mossadegh et al (2009). In the studied wells, the Mf H microfacies has been deposited in this salinity range.

The nature of the substrate: This factor affects the distribution and dispersion of organisms and is itself related to water turbulence Beavington et al (2004). some forms that live on rough, hard, and coarse-grained substrates have thicker shells and spindle-shaped shapes, and forms that live on

soft, muddy substrates have thinner shells. The presence of large thin-walled hyaline foraminifers with a micrate background in the Mf C microfacies indicates soft beds (distal part of the middle ramp), and the presence of thick-walled lenticular hyaline and porcelanose foraminifers in Mf D and Mf H (proximal parts of the middle ramp, shoal and open lagoon) indicates hard beds.

hydrodynamic energy: Water movement causes secondary laminae in foraminifera, which thicken the layers in the foraminiferal shell. The presence of elongated *Lepidocyclinids* with thin walls and intact shells indicates a calm, undisturbed environment in the lower parts of the littoral zone. the presence of large benthic foraminifers with hyaline walls, elongated, thin shells, and mud substrate in the distal part of the middle ramp indicates low water energy and mobility. the presence of small benthic foraminifers with hyaline, porcelanose walls, as well as lenticular to lenticular morphology with thick walls in the greenstone texture indicates high water energy and mobility. Such a situation exists in the studied wells in the proximal middle ramp, shoal and open lagoon (inner ramp) sections at the base of the Asmari Formation.

Depth: The changes in the biological depth of foraminifers in the studied wells are as follows: In Mf A and Mf B, the presence of planktonic foraminifers is an indicator of great depths (basin) and more than 200. The presence of large benthic foraminifera with thin-walled, elongated hyaline shells in the Mf C (*Heterostegina*, *Operculina*, and *Spiroclypeus*) and *Lepidocyclinidae* (*Eulpidina*) indicates depths greater than 40 m (between 30 and 150 m). Also presence of small benthic foraminifera with hyaline shells, lenticular-lens-shaped forms with thick walls (*Nephrolepidina*, *Heterostegina*, *Amphistegina*, *Rotalia vinoti* and *Miogypsinoidea*) in Mf D indicates depths less than 50 meters. The presence of porcelanose-walled foraminifera such as *Archaias*, *Dendritina*, and *miliolids* indicates a decrease in depth and an increase in light, and usually indicates depths of 0 to 30 meters from the light (euphotic) zone of the inner ramp.

Symbiotic: *Peneroplis* and several species of *Archaias* that have an algal symbiosis of the Chlorophyceae type Symbiotic a depth of approximately 73 meters, and species that have a diatom symbiosis are also able to live in deeper waters, less than 130 meters. Porcelanose foraminifera such as *miliolids*, which lack symbiotic algae, can survive in the shallowest parts of lagoons with high salinities. However, complex non-pore foraminifera such as *Archaias*,

hich have symbiotic algae, cannot tolerate high salinities at shallower depths and live at greater depths than *miliolids*.

Foraminifera reproduction: The abundant presence of large and elongated *Nummulitid* and *lepidocyclinid* foraminifers in MFC indicates the dominance of B form and sexual reproduction, which indicates stable and stable environmental conditions, and the presence of lenticular and lens-shaped foraminifers indicates A form (asexual reproduction), which is present in the wells studied in MFD and MFE.

Nutrient stratagy: In the studied wells, genera such as *Spiroclypeous*, *Eulepidina*, *Heterostegina*, *Operculina* with elongated form (microspherical type) have k-type feeding strategy, and lenticular *lepidocyclines* with thick walls and *miliolids* (*Austrorillina* and *Quinqueloculin*) have r-type feeding strategy (megalospherical forms). Mf C from the distal part of the middle ramp is the k-type feeding strategy index, and Mf D, Mf F, and Mf H from the proximal, shoal, and open lagoon sections are the r-type feeding strategy index.

Conclusion

Based on the distribution and dispersal of planktonic and benthic supersperms, three Assemblage biozones have been identified. The age of upper part the Pabdeh Formation is Late Eocene and the lower part of Asmari formation is Rupelian - Chattian.

Based on the study of microfacies, 8 microfacies from well A and 6 microfacies from well B were identified related to the basin belts, outer ramp, middle ramp (distal and proximal parts) and inner ramp (shoal, patch reef, and open lagoon).

Based on the study of paleoecology in the studied wells, salinity is normal to slightly higher than normal range (34-40 Psu - >40 Psu), light changes conditions in the upper part of the Pabdeh Formation are Aphotic while in the lower part of the Asmari Formation are Oligophotic. the nutrients are oligotrophic to eutrophic range. In the lower part of the Asmari Formation, due to greater depth and less hydrodynamic energy, the bed is soft and stable, which causes the elongated and thin morphology of the foraminifers. At shallower depths, there is more hydrodynamic energy, and the bed is hard and unstable, which is why their body morphology is lenticular and lens-shaped. At the base of the Asmari Formation, presence of large benthic foraminifers indicates sexual reproduction while a K feeding strategy, the presence of lenticular foraminifers with a large proloculus indicates asexual reproduction and a r feeding strategy.