



فصلنامه علوم محیطی، دوره هجدهم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹

۲۱۹-۲۳۸

## فاکتورهای مؤثر زمین شناسی (رخساره، دیاژنز و تکتونیک) در ویژگی‌های مخزنی زون C1 مخزن ایلام میدان اهواز

مهدی خشنودکیا، محمد حسین آدابی\* و محبوبه حسینی برزی

گروه حوضه‌های رسوبی و نفت، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۰۶

خشنودکیا، م.، م.ح. آدابی و م. حسینی برزی. ۱۳۹۹. فاکتورهای مؤثر زمین شناسی (رخساره، دیاژنز و تکتونیک) در ویژگی‌های مخزنی زون C1 مخزن ایلام میدان اهواز. فصلنامه علوم محیطی. ۱۸(۴): ۲۱۹-۲۳۸.

**سابقه و هدف:** شناخت فاکتورهای زمین‌شناسی محیط رسوبی، فرآیندهای دیاژنتیکی و تکتونیک نقش مؤثری در شناخت ویژگی‌های کیفیت مخزنی دارد تا شناخت مناسبی از مخزن به‌دست آید. در این مطالعه سعی بر آن شده است که این موضوع بررسی گردد.

**مواد و روش‌ها:** بنابراین جهت مطالعه زمین‌شناسی مخزن ایلام اهواز چاه ۱۱۶ از دیدگاه دیاژنز، تغییرات رخساره‌ای و تکتونیک توسط ابزارهای میکروسکوپ پلاریزان، میکروسکوپ الکترونی، اطلاعات حاصل از داده‌های مغزه، ارزیابی پتروفیزیکی و مدل مخزنی بررسی گردید.

**نتایج و بحث:** از دیدگاه رسوب‌شناسی، زون C1 مخزن ایلام اهواز از اجزای موجودات میکروسکوپی همی پلاژیک غالباً اولیگوسترژینیده در محیط رسوبی دریای باز تشکیل شده است. چنین رخساره‌ای که متشکل از گل آهکی میکریتی است، ذاتاً نباید تخلخل داشته باشد. اما فرآیند دیاژنز، متئوریکی قبل از سنگ شدگی سبب افزایش کیفیت مخزنی آن گردیده است. بنحوی که در گستره مخزن شاهد ایجاد مخزنی از نوع آهک گل سفید<sup>۱</sup> با تخلخل از ۵ تا ۲۷ درصد (در ناحیه غربی مخزن از ۱۵ تا ۲۷ درصد تخلخل) و تراوایی کلینکنبرگ ۱ تا ۱۰ و گاهاً ۱۰۰ میلی داریسی شده است. همچنین شرایط ایجاد گلوگاه‌های خلل و فرجی از ۲۰ تا غالباً چند دهم میکرون را نیز فراهم نموده است. اما دلیل توسعه دیاژنز متئوریکی متفاوت در گستره مخزن را باید در حوادث تکتونیکی زاگرس در دوران کرتاسه دنبال کرد. در دوران کرتاسه گسل‌های پی سنگی کششی دوران مزوزوئیک فعالیت مجدد کرده و بر جغرافیای گذشته حوضه تأثیر می‌گذارند. بنحوی که در امتداد این گسل‌های شمالی - جنوبی در زون C1 مخزن ایلام اهواز شاهد تفاوت در فرآیندهای دیاژنتزی ناحیه غربی و نواحی دیگر مخزن هستیم. این تفاوت فرآیندهای دیاژنتزی کمی قبل از سنگ‌شدگی رسوب اتفاق افتاده است.

**نتیجه‌گیری:** تأثیر مناسب فاکتورهای زمین‌شناسی (رخساره، دیاژنز و تکتونیک) شرایطی ایده‌آلی را در افزایش کیفیت مخزنی فراهم کرده است.

**واژه‌های کلیدی:** دیاژنز، رخساره، تکتونیک، مخزن ایلام، میدان اهواز.

\* Corresponding Author: *Email Address.* m-adabi@sbu.ac.ir  
<http://doi.org.10.52547/envs.18.4.219>

## مقدمه

پیدا کردند (Fabricius et al., 2007). در حوضه زاگرس این موجودات پلانکتونی با نام اولیگوسترینیده و با یک محدوده زمانی مشخص شناخته شده‌اند. رخساره اولیگوسترینیده در آهک و مارل‌های دوره زمانی کرتاسه میانی در لرستان و خوزستان مشخص شده‌اند قطر اولیگوسترینیده از ۰/۱۵ تا ۰/۹ میلی‌متر می‌باشد (Adams et al., 1965). در ناحیه اهواز مخزن ایلام، اولیگوسترینیده در بایوزون شماره ۲۶ (Wynd, 1965) و در زون C1 مشخص شده است. شرایط زیستی این بایوزون بازگو کننده رخساره دریای باز، کم انرژی و گل غالب می‌باشد که با چنین توصیفی ذاتا نباید دارای کیفیت مخزنی باشد (تخلخلی پایین و تراوایی کمتر از ۱ میلی داری باشد). اما زون C1 میدان اهواز با وجود رخساره اولیگوسترینیده، شرایط کیفیت مخزنی پیدا کرده است. مقدار تخلخل این زون از ۵ تا ۲۷ درصد در گستره مخزنی (۱۵ تا ۲۷ درصد در غرب میدان) و مقدار تراوایی کلینکنبرگ آن از ۱ تا ۱۰ و گاه ۱۰۰ میلی داری افزایش یافته است. اما براساس مطالعات میکروسکوپی مقاطع نازک و همچنین مشاهده مستقیم مغزه توسط ذره بین تخلخلی در حدود حداکثر ۷ درصد تخمین زده می‌شود. در اینجا دو موضوع اصلی مطرح است. ابتدا چرا رخساره‌ای که ذاتا باید تخلخل و تراوایی پایینی داشته باشد به چه دلیل‌های زمین‌شناسی کیفیت مخزنی پیدا کرده است و دوم، دلیل تفاوت تخلخل در حدود ۲۰ درصد در بین داده‌های پتروفیزیکی و مشاهده‌های میکروسکوپی چیست؟ جهت پاسخ‌گویی به این سؤال‌های بالا از میکروسکوپ الکترونی جهت بررسی سطوح خلل و فرج مخزن، آزمایش‌های مغزه، داده‌های لرزه‌ای جهت شناسایی ساختار زمین‌شناسی، رفتار گسل‌های مخزنی و مدل مخزنی استفاده گردید.

## جایگاه زمین‌شناسی

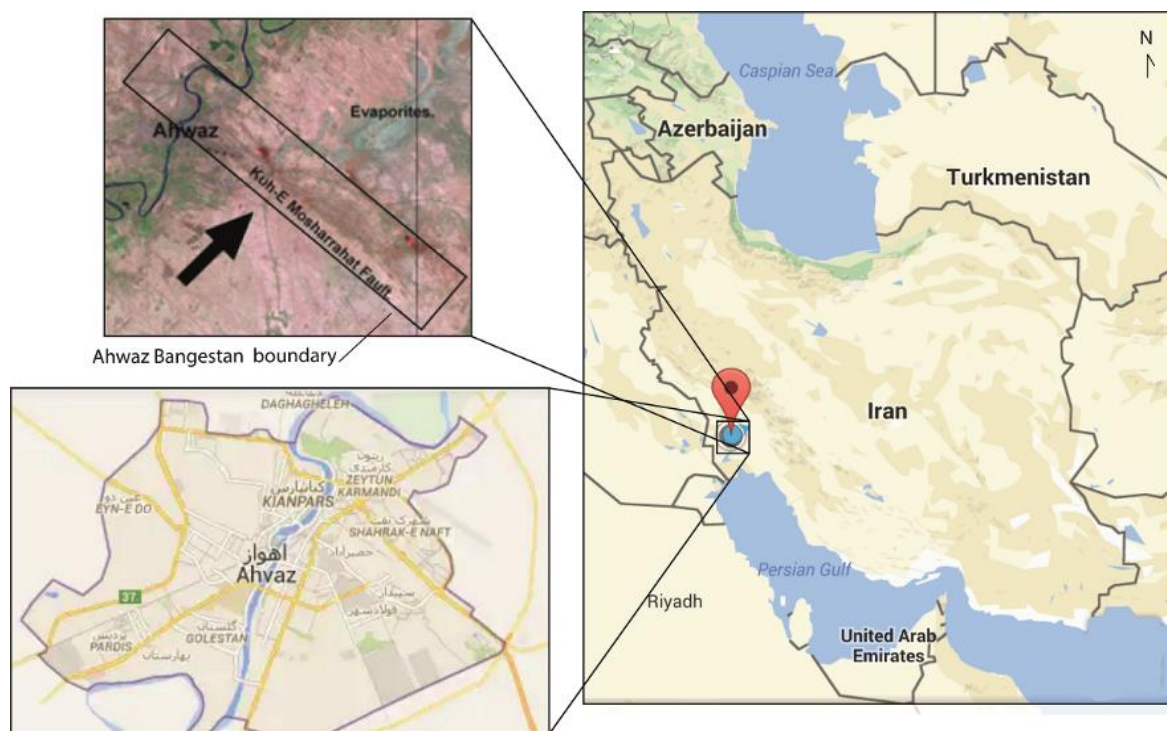
زاگرس چین‌خورده جایگاه ویژه‌ای در میان

اهمیت مطالع مخازن نیاز به شناخت فاکتورها و عوامل زمین‌شناسی دارد. به‌عنوان نمونه نقش محیط رسوبی در سطوح خلل و فرج مخزن باید مشخص شود و یا اینکه نقش فرآیندهای دیاژنتیکی در سنگ مخزن مشخص شود. همچنین فاکتورهایی مانند شکل ساختار زمین‌شناسی و رفتار گسل‌های مخزنی نیز درک مناسبی از ویژگی‌ها ارائه می‌دهد (Ahr, 2011). بنابراین مطالعات زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی جنبه‌های ساختاری و رسوب‌گذاری مخزن را مشخص می‌کند. شناخت محیط رسوبی تأثیر مهمی در شناخت بهتر مدل مخزنی، اصول و مفاهیم زمین‌شناسی دارد. زیرا که توزیع فضایی ویژگی‌های سنگ وسیال مشخص می‌شود. مطالعات مغزه و آنالیز داده‌های مغزه فهم محیط رسوبی و فرآیندهای دیاژنتزی بعد از رسوب‌گذاری و ویژگی‌های مخزنی را مشخص می‌کند. مطالعات آزمایشگاهی ویژگی‌های سطوح خلل و فرج مخزن در مقیاس میکروسکوپی تعیین می‌کند.

مخزن بنگستان میدان اهواز در سال ۱۳۳۷ کشف گردید و بهره‌برداری از آن در سال ۱۳۵۰ از سازندهای ایلام و سروک آغاز شد. براساس مطالعات اولیه بخشی از مخزن ایلام در میدان اهواز دارای رخساره آهک گل سفید است (Bolz, 1975; Bolz, 1978). آهک گل سفید از موجودات پلانکتونی اغلب با ترکیب کانی شناسی کلسیتی تشکیل شده‌اند (Fabricius et al., 2007). آهک گل سفید در حدود ۹۰ میلیون سال پیش در دوران زمین‌شناسی کرتاسه در نواحی مختلف دنیا از جمله اروپای غربی، ایران و... به‌صورت تجمعاتی از لجن موجودات پلانکتونی در شرایط نیمه عمیق تا عمیق در کف دریا رسوب‌گذاری کرده‌اند و طی فرآیندهای دیاژنتز به دلیل وزن رسوبات بالایی از رسوبات لجن به آهک گل سفید تبدیل شدند و همچنین بر اثر پدیده دیاژنتز انحلالی کیفیت مخزنی

دارای امتدادی موازی با گسل اصلی زاگرس است و سبب تراستی و پر شیب تر شدن تاقدیس دریال جنوبی، چین خوردگی نامتقارن و بالا آمدگی ساختار اهواز شده است. دلیل بالاتر و بزرگ بودن میدان اهواز نسبت به میدان اطراف، هورستی از پی سنگ به دلیل گسل پیشانی چین خوردگی زاگرس می باشد (Moteie, 1993). تاقدیس اهواز دارای هندسه نامتقارن و سطح محوری خمیده رو به شمال شرق است که به سمت جنوب غرب باریکتر و مرتفع تر می شود (Speer (and Baker, 1978). روند تاقدیس اهواز، امتدادی شمال غرب - جنوب شرق (در حدود آزیموت ۳۰۸ درجه) است. تاقدیس اهواز دارای سه کوهانک در بخش مخزن بنگستان است. شیب مخزن بنگستان اهواز ۱۵ تا ۲۰ درجه و در بخش یال شمالی کوهانه جنوب شرقی تا ۲۲ درجه است. میدان اهواز با مخزن های آسماری، بنگستان (ایلام - سروک) و خامی (داریان - فهلیان) در زیر شهر اهواز قرار دارد (شکل ۱).

زمین شناسان دنیا دارد. دلیل های جذابیت این حوضه رسوبی را می توان در پدیده های رسوبی، ساختمانی و چینه شناسی دید که در مقایسه با دیگر نواحی زمین شناسی دنیا منحصر بفرد است. کمربند چین خورده تراستی زاگرس به طول ۱۵۰۰ کیلومتر و عرض تقریبی ۱۰۰ تا ۳۰۰ کیلومتر می باشد. ساختارهای حوضه زاگرس روند شمال غرب - جنوب شرق دارند. براساس تقسیم بندی (1995) Berberian حوضه زاگرس به بخش های زون تراستی زاگرس مرتفع، کمربند چین خورده ساده، فرو افتادگی دزفول و دشت آبادان تقسیم کرد. براساس مطالعات (Berberian 1995) پنج گسل تراستی اصلی که از اعماق پی سنگ به بالا آمده است، سبب به وجود آمدن تقسیم بندی امروزی زاگرس شده اند. تاقدیس اهواز در ناحیه فرو- افتادگی دزفول (با ضخامت تقریبی ۱۴ تا ۱۶ کیلومتر) و روی یکی از این گسل های پی سنگی تراستی بزرگ قرار دارد (Moteie, 1993). این گسل تراستی بزرگ

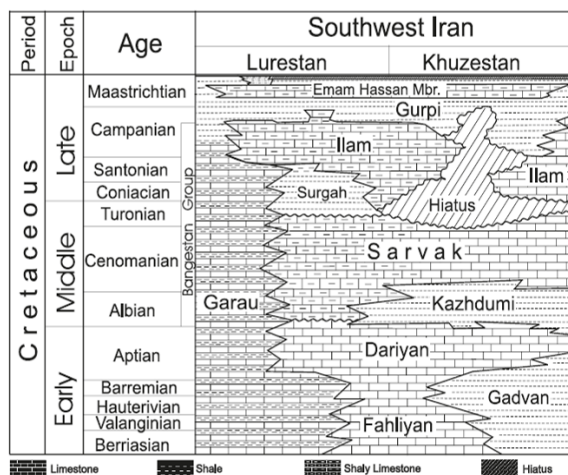


شکل ۱ - جایگاه میدان اهواز در جنوب غرب ایران با راستای شمال غرب - جنوب شرق

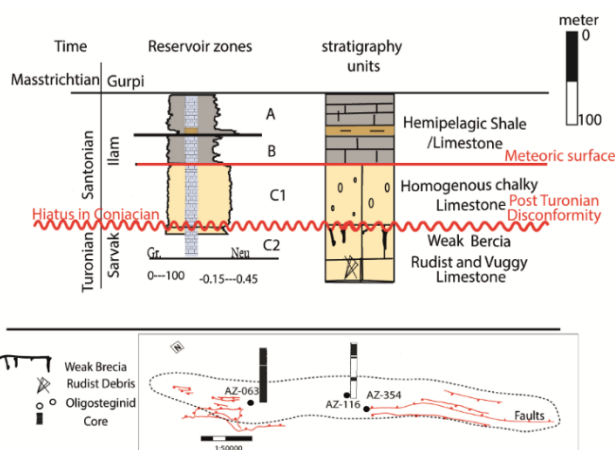
Fig. 1- Location of Ahvaz field in southwest Iran with NW - SW strike

ایلام در ناحیه مورد مطالعه از زون‌های A-B-C1 تشکیل شده است (Khalili, 1974; Speers, 1976; Bolz, 1978;) و (Rahimpour *et al.*, 2012; Omidvar *et al.*, 2014) متوسط ضخامت چینه‌های آن کمابیش ۱۱۰ متر می‌باشد. مقدار تخلخل مفید در زون مخزنی C1 در سازند ایلام در حدود ۵ تا ۲۷ درصد و با ضخامت تقریبی ۵۰ متر است. تخلخل مؤثر در زون‌های متراکم A-B در حدود ۳ درصد و با ضخامت ۶۰ متر است. (شکل ۳). سازند ایلام توسط زون‌های متراکم (A-B) از سازند گورپی و زون مخزنی (C2-C3) از سروک بالایی جدا شده است (شکل ۳).

گروه بنگستان (سازندهای ایلام - سورگاه - سروک - کژدمی) اولین بار توسط James and Wynd (1965) در ناحیه مورد توافق اکتشاف و تولید هیدروکربور در ناحیه فروافتادگی دزفول در جنوب غرب ایران توصیف شد (شکل ۲). از دیدگاه فسیل‌شناسی، سنگ‌شناسی، رسوب-شناسی و جغرافیای دیرینه توسط محققان فراوانی مورد بررسی قرار گرفت. رخساره عمیق سازند ایلام در لرستان و رخساره کم عمق آن در خوزستان و فارس گسترش دارد (Moteie, 1993). در میدان اهواز گروه بنگستان شامل سازندهای ایلام و سروک می‌باشد (شکل ۳). مخزن



شکل ۲- ستون چینه‌شناسی توالی کرتاسه در جنوب غرب ایران (باز طراحی براساس گزارش James and Wynd, 1965)  
 Fig. 2- Cretaceous sequence stratigraphic column in the southwestern Iran (redesigned according to the report by James and Wynd, 1965)



شکل ۳- نمایش زون‌های مخزنی و غیر مخزنی در مخزن ایلام اهواز. زون C1 از رخساره آهک هموزن گل سفید تشکیل شده است که توسط ناپیوستگی بعد از تورونین از سروک بالایی جدا شده و روی سطح بالایی این زون توسعه پدیده دیاژنز سبب افزایش کیفیت مخزنی شده است

Fig. 3- Representation of reservoir and non-reservoir zones in the Ilam Reservoir of Ahwaz. Zone C1 is composed of homogenous chalky limestone facies that are separated from the upper facies by post-Turonian disconformity and on the top of this zone, the diagenesis event enhanced the reservoir quality

## مطالعات گذشته

بولز مطالعه‌ای روی مخزن بنگستان در چاه ۶۳ میدان اهواز داشت و زون C1 را به‌عنوان یک مخزن گل سفید با رخساره دریای باز معرفی کرد (Bolz, 1975; Flügel *et al.*, 1968). افزون بر این از گزارش فلوگل (Bolz, 1978) که توسط میکروسکوپ الکترونی روی آهک‌ها انجام شده بود، نیز استفاده گردید.

## مواد و روش‌ها

در این مطالعه از داده‌های چاه ۱۱۶ اهواز در زون C1 مخزن ایلام به ضخامت ۵۵ متر مغزه اسلب (برش خورده)، بازیافت ۱۰۰ درصد و مقاطع نازک استفاده شده است، تا با بررسی کیفیت مخزنی از دیدگاه تغییرات رخساره‌ای، تأثیر عامل‌های دیاژنز و تطابق با لاگ‌های پتروفیزیکی رفتار مخزنی درک شود. جهت مطالعه توسط میکروسکوپ الکترونی چهار نمونه سنگ از مغزه برش خورده در زون C1 مخزن ایلام چاه ۱۱۶ انتخاب شد. از این ابزار برای شناخت فابریک سنگ‌های کربناته استفاده می‌شود. قدرت بزرگنمایی این ابزار در مطالعه اخیر تا ۶۰۰ برابر و دارای شعاع دید بسیار بزرگتری نسبت به میکروسکوپ پلاریزان است. همچنین از ابزار (EDX) <sup>۲</sup> که به میکروسکوپ الکترونی متصل است جهت تشخیص ترکیب شیمیایی استفاده گردید. برای شناخت گسترش تخلخل در مخزن ایلام از مدل استاتیک (Fajrak and Khoshnoodkia, 2019) و اطلاعات لرزه‌ای دو بعدی و سه بعدی جهت شناسایی رفتار گسل‌های تراسی (Azarpour, 2015; Lakzaee, 2015; Schlumberger methods, 2017; Khoshnodekia, 2018) و امتداد لغز شمالی - جنوبی (Schlumberger methods, 2017; Khoshnodekia, 2018) استفاده گردید.

افزون بر این از داده‌های آنالیز مغزه روتین (تخلخل و تراوایی در تمامی چاه‌های مغزه‌دار (۱۸ چاه) و داده‌های آنالیز مغزه ویژه (گزارش گونه سنگی توسط (Kord and

(Abdali, 2009) و اطلاعات فشار مویبندی و تراوایی نسبی در چاه‌های ۳۵۴ و ۱۱۶) و ارزیابی پتروفیزیکی مخزن بنگستان چاه ۱۱۶ (Parchekhare, 2009) نیز استفاده گردید.

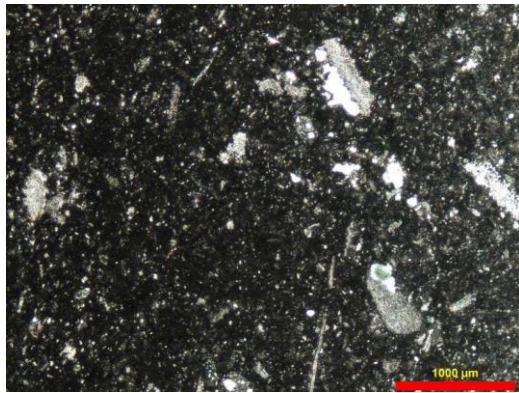
## نتایج و بحث

### مطالعه زمین شناسی

### مطالعه رسوب شناسی

مطالعه مقاطع نازک توسط میکروسکوپ پلاریزان در زون C1 مخزن ایلام در چاه ۱۱۶ انجام شد. فراوانترین فرام مشاهده شده اولیگوستژینیده می‌باشد (شکل ۴). این ریز رخساره گل غالب می‌باشد و در محیط کم انرژی رسوب‌گذاری کرده است. افزون بر این آثاری از خرده‌های بسیار ریز بایوکلاست (استراکد و رودیست) نیز در آن دیده می‌شود. خرده‌های بایوکلاست این ریز رخساره در اندازه ۲/ تا ۵/ میلی‌متر (اندازه سیلت) می‌باشد. خرده‌های رودیست از منطقه‌های کم‌عمقتر مجاور به این ناحیه حمل شده‌اند (Bolz, 1978). وجود این گونه‌زیستی معرف رخساره الیگوستژینا بایوکلاست و کستون - پکستون می‌باشد (شکل ۴). با توجه به گونه زیستی موجود (به‌طور عمده الیگوستژین) رسوب‌گذاری در محیط دریای باز کم‌عمق برای این ریز رخساره در نظر گرفته شده است (شکل ۵). براساس مطالعه Wynd (1965) وجود رخساره الیگوستژینا به زون زیستی ۲۶ و در محیط‌های همی پلاژیک اختصاص دارد و افزون بر زون زیستی ۲۶ می‌توان زون زیستی ۳۰ و ایند (مشخصه محیط بنتیک) (Wynd, 1965) روتالیا اسکورنسیس - جلبک را نیز دید (Khalili, 2014; Bolz, 1977; Omidvar *et al.*, 1974). همچنین شاید وجود قطعه‌های خرد شده اکیونئیدها و اسفنج از منطقه‌های کم‌عمقتر حوضه حمل شده باشد (Bolz, 1978). وجود زون زیستی ۲۶ در کنار ۳۰ به دلیل هم‌پوشانی بین این دو می‌باشد. براساس چنین شواهدی می‌توان گفت که زون C1 مخزن ایلام در رخساره دریای

پیشروی آب دریا می‌داند که در ادامه متأثر آب متتوریک و افزایش کیفیت مخزنی شده است (Bolz, 1978).



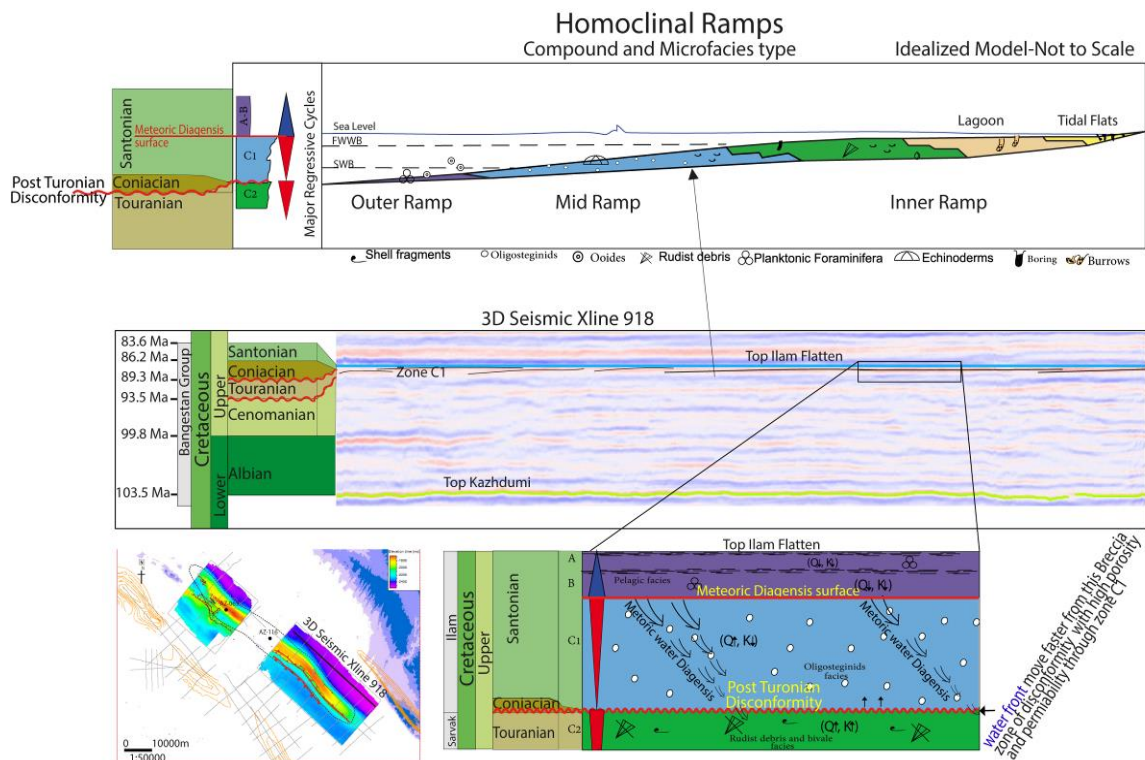
شکل ۴- رخساره آهک وکستونی حاوی فرام همی پلاژیک با

رخساره الیگوستژینا و تخلخل پایین در مطالعات

میکروسکوپی (چاه ۱۱۶ اهواز- عمق ۳۲۳۸ متری)

Fig. 4 – Foraminifera hemipelagic wackstone facies containing oligostegina facies with low porosity in microscopic studies (AZ-116 - depth of 3238 m)

باز و در یک محیط رمپ میانی و کم‌انرژی رسوب‌گذاری کرده است (شکل ۵). زون C1 توسط ناپیوستگی بعد از تورونین از آهک رودیستی سروک بالایی جدا می‌شود (شکل ۵). همچنین روی سطح بالایی این زون سطح رخنمونی دیده می‌شود که سبب گسترش پدیده دیاژنز در زون C1 شده است (شکل ۵). ناپیوستگی بعد از تورونین و مزر ایلام - سروک توسط افرادی همچون (Khalili, 1974; Speers, 1976; Bolz, 1978;) گزارش شده است. Adams *et al.* (1965) در مطالعه رخساره الیگوستژینا در زاگرس جایگاه رسوبی آن را جایی در بین محیط رسوب‌گذاری پلاژیک و بنتیک می‌داند. بولز در مطالعه رخساره الیگوستژینا در زون C1 مخزن ایلام میدان اهواز آن را یک سکانس رسوبی ناقص با حداکثر



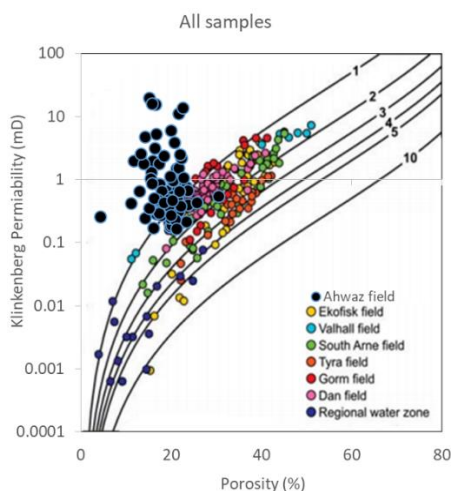
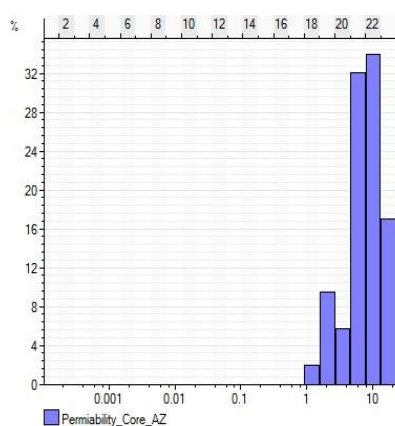
شکل ۵- مدل رسوبی مخزن ایلام میدان اهواز- براساس این مدل پیشنهادی زون C1 با فراوانی الیگوستژینا معرف رخساره دریای باز است و گونه‌های زیستی و ریز رخساره‌های زون‌های A-B نشان دهنده شروع ورود به رسوب‌گذاری بخش پایینی رخساره سازند عمیق گورپی در بخش رمپ خارجی است

Fig. 5 - Ilam Reservoir depositional model of Ahwaz field - Based on this proposed model, C1 zone with abundant oligostegina represents the open sea facies. The biofacies and microfacies of A and B zones indicate the onset of sediment of the lower part of Gurpi formation in the outer ramp

## بررسی تخلخل و اندازه گلوگاه‌ها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی (SEM)<sup>۳</sup>

فرام) و ثانویه درون ذره‌ای (انحلال فسیل) می‌باشد. اما این موضوع با تخلخل محاسبه شده از مغزه چاه ۱۱۶ در زون C1 در حدود ۱۵ تا ۲۷ درصد و تراوایی کلینکنبرگ ۱ تا ۱۰ میلی داری تطابق ندارد (شکل ۶ الف و ب). افزون بر این با مشاهده ارزیابی پتروفیزیکی نیز شاهد تخلخل در حدود ۱۵ تا ۲۲ درصد در زون C1 در چاه ۱۱۶ هستیم (شکل ۷). در اینجا با چالشی روبرو هستیم که چه دلیلی سبب تفاوت در مقادیر تخلخل بین مقاطع نازک میکروسکوپی (شکل ۴)، تخلخل ارزیابی شده لاگ درون چاهی (شکل ۷)، مشاهدات مغزه توسط لنز دستی و اطلاعات مغزه (شکل ۶ الف و ب) گردیده است و یا با نگاه دقیقتر این رخساره دارای چه نوع ژئومتری و فابریک می‌باشد و افزون بر این دلیل به وجود آورنده شرایط مخزنی موجود نقش جایگاه محیط رسوبی است یا تأثیرات دیاژنز بعدی؟ پاسخ‌گویی به این سؤال‌ها کمک فراوانی به درک حوادث تکتونیکی و فرآیندهای دیاژنزی در زمان کرتاسه و یا به عبارتی جغرافیای گذشته حوضه و نقش آن در کیفیت مخزنی امروزی خواهد کرد. چنین سؤال‌هایی نیز توسط Bolz (1975) مطرح گردید و برای پاسخ‌گویی به این سؤال‌ها دیدگاه مخزن‌های گل سفید توسط ایشان مطرح گردید

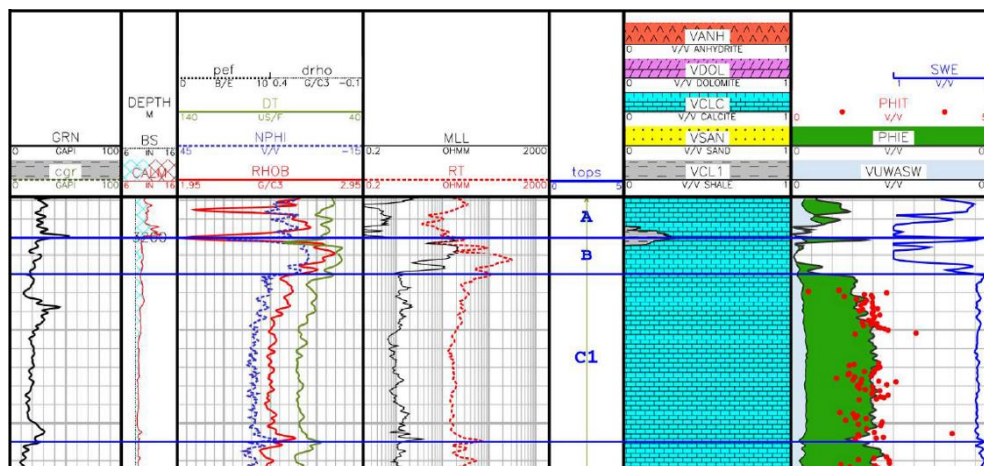
با توجه به مطالعه رسوب‌شناسی، زون C1 مخزن ایلام اهواز از رخساره آهک‌های وکستونی دریای باز و گل غالب تشکیل شده است. بنابراین رخساره آهکی گل غالب در اصل باید تخلخل و تراوایی نزدیک به صفر داشته باشند، مگر اینکه متأثر از فرآیندهای دیاژنزی قرار گیرد. با مطالعه زون C1 توسط میکروسکوپ پلاریزان (شکل ۴) و استفاده از ذره بین (لوپ) جهت مشاهده مغزه بیشترین تخلخلی تخمینی توسط چشم که می‌توان به آن اختصاص داد، در حدود ۷ درصد است که نقش پدیده دیاژنزی انحلال را در افزایش تخلخل نشان می‌دهد. نوع تخلخل مشاهده شده، تخلخل اولیه درون ذره‌ای (حفرات باز جلبک و فرام) و تخلخل ثانویه درون ذره‌ای (انحلال فسیل) می‌باشد (شکل-های ۴ و ۹). همچنین در مقاطع نازک مورد مطالعه منافذ به نظر غیر مرتبط می‌باشند (شکل ۴). مشاهدات مغزه توسط لنز دستی این رخساره را در گروه IIIB طبقه‌بندی آرچی قرار می‌دهد. Bolz (1975) نیز در مطالعه چاه ۶۳ اهواز بنگستان در زون C1 این موضوع را بیان کرده است که زون C1 دارای تخلخل اولیه درون ذره‌ای (حفرات باز جلبک و



شکل ۶- نمودار تخلخل (۱۵ درصد تا ۲۷ درصد) به تراوایی کلینکنبرگ (۱ تا ۱۰ میلی داری) (۸۴ نمونه) زون C1 در چاه مورد مطالعه

مخزن ایلام اهواز و مقایسه آن با آهک‌های گل سفید در مخازن هیدروکربوری در سازندهای اکوفیسک و تور در دریای شمال

Fig. 6- Porosity diagram (15% to 27%) to Klinkenberg permeability (1 to 10 milli Darcy) (84 samples) of C1 zone in the studied well of Ilam reservoir of Ahwaz and its comparison with chalky limestones in hydrocarbon reservoirs in Ekofisk and Tor formations in the North Sea



شکل ۷- نمودار ارزیابی چاه ۱۱۶ مخزن ایلام میدان اهواز. براساس ارزیابی موجود زون C1 تخلخلی در حدود ۱۵ تا ۲۲ درصد را نشان می‌دهد. همچنین مقادیر تخلخل به دست آمده از مغزه در حدود ۵ تا ۲۷ درصد نیز نمایش داده شده است (نقطه قرمز)

(Parchekkhare, 2009)

Fig. 7- Petrophysical evaluation of well AZ-116 of Ilam Reservoir of Ahwaz field. Based on the current evaluation, the C1 zone showed about 15 to 22% porosity. Also, the porosity values of the core were also 5 to 27% (red dot) (Parchekkhare, 2009)

متفاوت با اجزا کلسیت میکرو مقیاس هستند (شکل ۸) و از بلورهای بزرگ کلسیت خود شکل، با لبه‌های صاف و بدون خوردگی تشکیل شده است (شکل ۸).

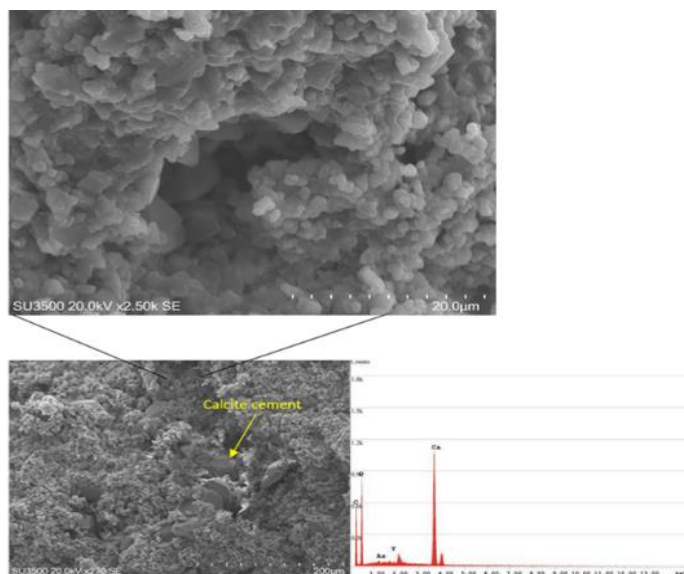
با مشاهده تصاویر میکروسکوپ الکترونی نقش فرآیند دیانژن روی بلورهای اجزا کلسیت دیده می‌شود (شکل‌های ۸ و ۹). Bolz (1975) اجزا کلسیت که در حدود ۱ تا ۵ میکرون می‌باشند بدون سطوح بلوری سالم و حفظ شده هستند. بجز چند کریستال کلسیت با ابعاد بلوری درشت‌تر که بعد از این فاز آبشویی اولیه مهم اتفاق افتاده است (شکل‌های ۸ و ۹). بولز نیز در مطالعه چاه ۶۳ اهواز بنگستان در زون C1 تمامی مطالب بالا و موضوع دیانژن متئوریک را بیان کرده است. این موضوع بدان معنا است که انحلال رخساره مربوط به رخنمون اولیه رسوب قبل از سنگ‌شدگی و تحت تأثیر قرار گرفتن به‌وسیله دیانژن متئوریک می‌باشد. یک چنین اتفاق بزرگی (آبشویی قبل از سنگ‌شدگی رسوب) سبب ایجاد مخزنی آهکی گل سفید هموزن از رخساره گل آهکی میکریتی ذاتا بدون تخلخل شده است (Bolz, 1975). تنها چنین راه و شیوه‌ای از آبشویی، انحلال و دیانژن متئوریکی قبل از سنگ‌شدگی رسوب می‌تواند مخزن آهک گل سفیدی از گل آهکی میکراتی به‌وجود آورد (Bolz, 1975).

برای پاسخگویی به این سؤال‌ها از میکروسکوپ الکترونی استفاده گردید. بنابراین ۴ نمونه (اعماق ۳۲۰۴-۳۲۴۰-۳۲۲۶ و ۳۲۵۳ متری) برای مطالعه توسط میکروسکوپ الکترونی از زون‌های B-C1 در چاه ۱۱۶ بنگستان اهواز انتخاب گردید و در نهایت ۴۰ عکس از آن‌ها گرفته شد. نمونه‌های مورد مطالعه شامل سه عدد (زون C1 با آهک گل سفید با ویژگی‌های مخزنی) و یک عدد (زون B با ویژگی‌های غیر مخزنی) می‌باشد.

### نمونه گل سفید دارای کیفیت مخزنی

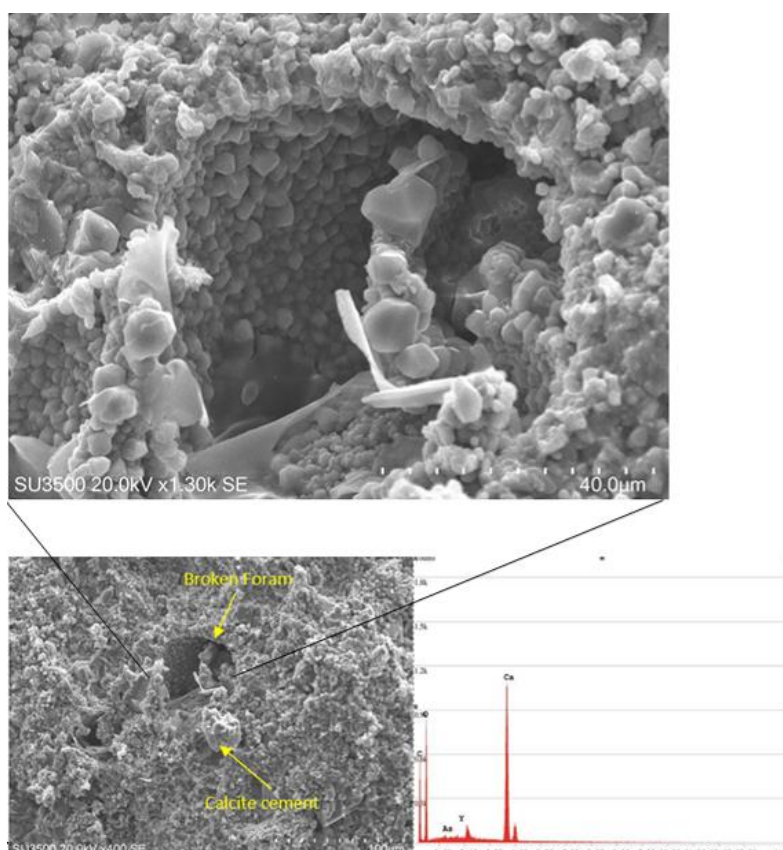
سه نمونه انتخاب شده از نوع آهک گل سفید دارای ویژگی‌های مخزنی در این مطالعه در زون C1 مخزن بنگستان چاه ۱۱۶ در اعماق ۳۲۲۶، ۳۲۴۰ و ۳۲۵۳ متری می‌باشد (شکل ۷). اندازه اجزا کلسیت در این نمونه‌ها در حدود ۱ تا ۵ میکرون است. (شکل ۸) و براساس طبقه‌بندی سنگ شناسی فولک از نوع آهک میکریتی می‌باشند (Folk, 1965) و از لحاظ شکل ظاهری بصورت نیمه خود شکل تا بی‌شکل هستند. اندازه حفره‌های منافذ و کانال‌ها از کمتر از ۱ تا ۲۰ میکرون متغییر است (شکل ۸). در این آهک گل سفید قطعات روزن‌بر شکسته شده و فابریک سیمان کریستالی نیز دیده می‌شود (شکل ۸). این سیمان‌های کریستالی بسیار





شکل ۸- آهک گل سفید میکرو مقیاس به همراه سیمان‌های بلوری درشت‌تر. آنالیز EDX نیز نشان‌دهنده ترکیب کلسیتی نمونه می‌باشد و پیک‌های دیگر شواهدی از آلودگی نمونه به گل حفاری دارد (چاه ۱۱۶ اهواز- عمق ۳۲۴۰ متری)

Fig. 8 – Micro-scale chalky limestone with thicker crystalline cements. The EDX analysis also showed calcite composition of the sample and other peaks showed evidence of sample contamination with drilling mud (AZ-116 - depth of 3240 m)



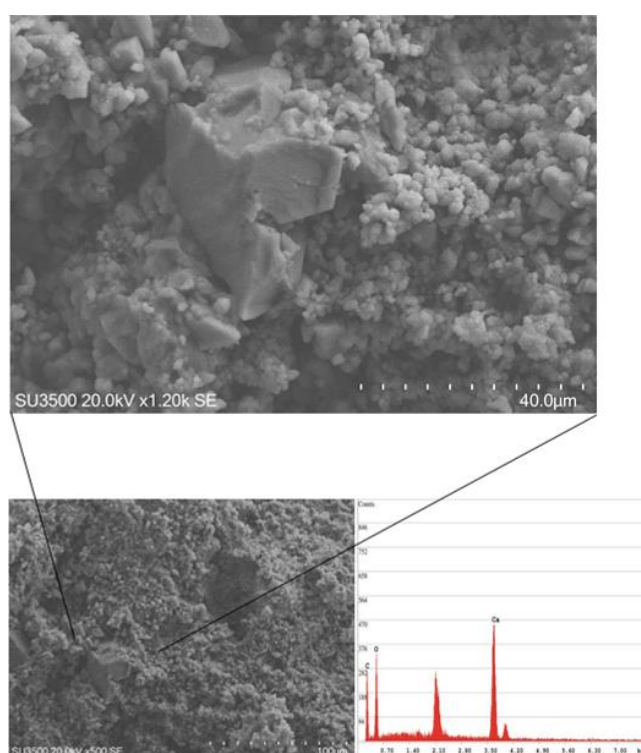
شکل ۹- آهک گل سفید به همراه بلورهای کلسیت که در درون حجره روزن‌بر و ثانویه درون ذره‌ای تشکیل شده است. آنالیز EDX نیز نشان‌دهنده ترکیب کلسیتی نمونه می‌باشد و پیک‌های دیگر شواهدی از آلودگی نمونه به گل حفاری دارد (چاه ۱۱۶ اهواز- عمق ۳۲۵۳ متری)

Fig. 9- Chalky limestone crystals formed within the foraminifera and secondary intragranular. The EDX analysis also showed calcite composition of the sample and other peaks had evidence of sample contamination with drilling mud (AZ-116, depth of 3253 m)

### نمونه غیر گل سفید بدون کیفیت مخزنی

یک نمونه با آهک غیر گل سفید بدون کیفیت مخزنی در این مطالعه در زون B مخزن بنگستان چاه ۱۱۶ در عمق ۳۲۰۴ متری (شکل ۷) و در بالای رخساره مخزن آهک گل سفید انتخاب گردید. براساس نمودار ارزیابی چاه ۱۱۶ مخزن ایلام میدان اهواز (شکل ۷) تخلخلی نزدیک به صفر تا ۳ درصد را نشان می‌دهد. از دیدگاه مطالعه میکروسکوپ الکترونی تصاویر مشاهده شده از اندازه اجزا و بلورهای این رخساره نشان می‌دهد که به‌طور

مشابه با مخزن آهک گل سفید زیرین، میکرتی و به‌طور عمده یوهدرال است (شکل ۱۰). سطح تماس‌ها به‌طور عمده صاف بوده است که نشان دهنده سالم بودن سطوح بلوری و عدم تأثیر پدیده دیاژنتیک انحلال بوده است. اما در این رخساره بلورهای درشتتر بسیار کمتر دیده می‌شوند (شکل ۱۰). بنابراین سبب تخلخلی در حدود ۳ درصد (شکل ۷) و تراوایی نزدیک به صفر شده است. در مقایسه با آهک گل سفید در زون C1 تنها تعداد بسیار کمی از اجزای آراگونیتی تحت تأثیر آبشویی قرار گرفته‌اند.



شکل ۱۰- آهک‌های گل سفید بدون کیفیت مخزنی که در بالای رخساره گل سفید تشکیل شده است آنالیز EDX نیز نشان دهنده ترکیب کلسیتی نمونه می‌باشد و پیک‌های دیگر شواهدی از آلودگی نمونه به گل حفاری دارد (چاه ۱۱۶ اهواز- عمق ۳۲۰۴ متری)

Fig. 10- Chalky limestone without a reservoir quality formed above the chalky facies. The EDX analysis also showed calcite composition of the sample and other peaks showed evidence of sample contamination with drilling mud (AZ-116 - depth of 3204 m)

### مطالعات مخزنی (تخلخل و تراوایی)

در این بخش ویژگی تخلخل و تراوایی زون C1 مخزن ایلام میدان اهواز بررسی شد. تخلخل یکی از دو پارامتر ضروری مخزن است. تخلخل موجود در زون C1 براساس تصاویر میکروسکوپ الکترونی به تخلخل اولیه درون ذره‌ای در حفرات باز فرام و تخلخل ثانویه حاصل از

انحلال فسیل تقسیم می‌شوند (شکل‌های ۴ و ۹). در مخزن ایلام تخلخل به دو دسته تخلخل اولیه درون ذره‌ای هم‌زمان با رسوب‌گذاری و تخلخل ثانویه کمی پس از رسوب‌گذاری درون ذره‌ای تقسیم می‌شوند (شکل ۱۲). Bolz (1975) نیز در مطالعه چاه ۶۳ اهواز بنگستان در زون C1 این موضوع را بیان کرده است. همانطور که در

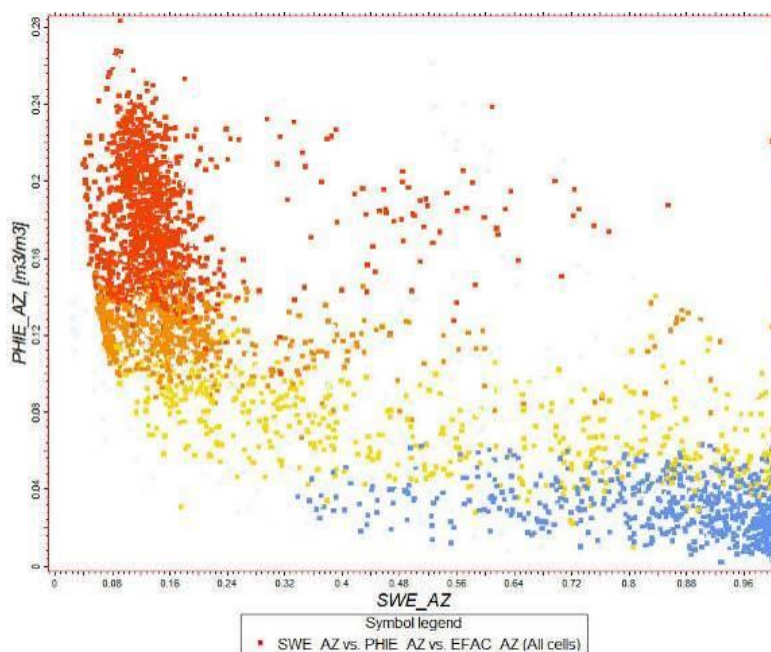
دارند. تخلخل‌هایی درشت‌تری به حساب می‌آیند. و تخلخل‌هایی که قطرشان کوچکتر از یک میکرون باشد (۲۰ درصد تخلخل دیگر در چاه ۱۱۶ براساس مطالعات میکروسکوپ الکترونی (شکل‌های ۸ و ۹) و نتایج آنالیز مغزه) تخلخل‌هایی ریزتری محسوب می‌شوند. هر دو نوع تخلخل در این مخزن به دلیل پدیده دیاژنز متئوریکی اتفاق افتاده است. تخلخل‌های کوچکتر به‌طور معمول دارای نیروی مویبندی بالا و تراوایی پایین هستند. توزیع تخلخل مفید زون C1 در گستره مخزن ایلام از تخلخل مفید ۱۵ درصد تا ۲۷ درصد می‌باشد (اشکال ۱۱-۱۲ و جدول ۱).

تصویر دیده می‌شود فضای خالی بین دانه‌ها توسط گلوگاه‌های تخلخل به‌خوبی به هم متصل می‌باشند (شکل‌های ۸ و ۹). بنابراین تأیید کننده تخلخل متوسط (۱۵ تا ۲۷ درصد) وجود گلوگاه مناسب است (شکل‌های ۸ و ۹). تخلخل چاه ۱۱۶ براساس مطالعات میکروسکوپ پلاریزان (شکل ۴) و ذره‌بین در مطالعه نمونه دستی مغزه در حدود ۷ درصد است. بنابراین تخلخل‌هایی را که در چاه ۱۱۶ بتوان با میکروسکوپ پلاریزان (شکل ۴) و ذره-بین در مطالعه نمونه دستی مغزه مشاهده کرد، قطری بزرگتر از یک میکرون (۷ درصد تخلخل در چاه ۱۱۶)

جدول ۱- مقادیر تخلخل و تراوایی مغزه در گستره مخزن ایلام

Table 1. Porosity and permeability values of the core in the Ilam Reservoir

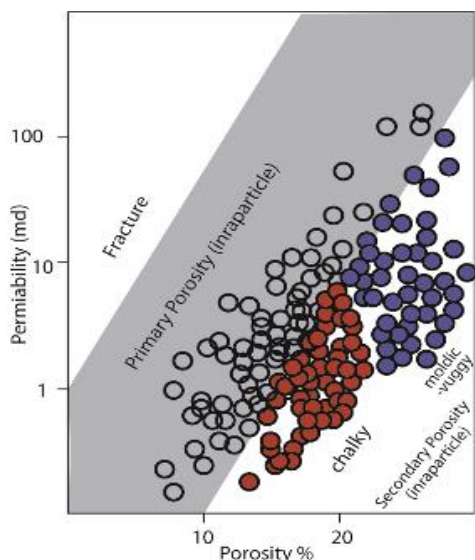
زون	Porosity (تخلخل)						Permiability (تراوایی)					
	Horizontal (افقی)			Vertical (عمودی)			Horizontal (افقی)			Vertical (عمودی)		
	Mean (میانگین)	Min (حداقل)	Max (حداکثر)	Mean (میانگین)	Min (حداقل)	Max (حداکثر)	Mean (میانگین)	Min (حداقل)	Max (حداکثر)	Mean (میانگین)	Min (حداقل)	Max (حداکثر)
A	3.4	2.4	4.6	*	*	*	0	0	0.1	0	0	0.1
B	7.7	6	19.6	13.3	8.5	17.6	0.3	0	2.2	0.4	0	10
C1	18.8	7.1	29.7	17.5	9.8	27.1	0.6	0.1	159.5	4.4	0.1	64.3



شکل ۱۱- نمودار تخلخل مفید به اشباع آب چاه‌های مخزن ایلام میدان اهواز. زون A-B در دسته سنگ بد (رنگ آبی) و زون C1 در گونه سنگی خوب (رنگ زرد) و خیلی خوب (رنگ قرمز) قرار می‌گیرد

Fig. 11- Effective porosity - water saturation diagram of the Ilam Reservoir in Ahwaz field. Zones A and B fall into the category of bad rock type (blue) and zone C1 in good rock type (yellow) and very good rock type (red)

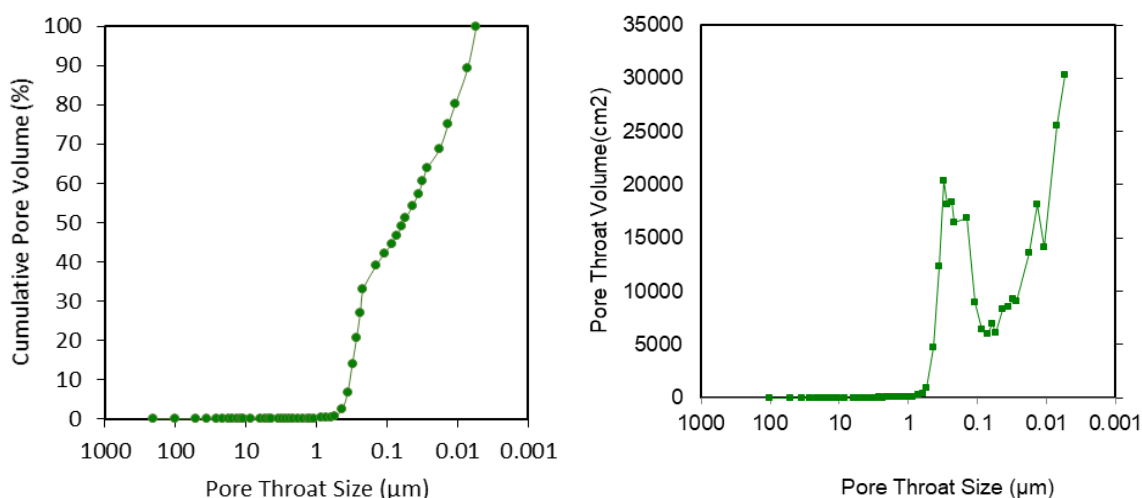
ایجاد چنین شرایطی با تخلخل بالا و تراوایی کلینکنبرگ کمتر از ۱۰ میلی دارسی و اندازه گلوگاه بسیار کوچک در مخزن های گل سفید دیده می شود.



شکل ۱۲- ارتباط تخلخل و تراوایی به دست آمده از مغزه چاه های اهواز (چاه ۱۸) در زون C1 مخزن ایلام اهواز. براساس این نمودار تخلخل اولیه درون ذره های اولیه و تخلخل ثانویه درون ذره های دیده می شود. فراوانی داده های دارای ویژگی های آهک گل سفید بخش قابل توجهی می باشد  
Fig. 12 – The relationship between porosity and permeability obtained from core data of Ahwaz wells (18 wells) in the zone C1 of Ilam Reservoir

تراوایی، پارامتری دیگر در ارزیابی مخزن ایلام است. تراوایی یک ویژگی دینامیک مخزن است و فاکتورهایی در زون C1 ایلام آن را کنترل می کند. زون C1 ایلام از یک رخساره دریای باز با رخساره فسیلی اولیگوسترینیده و قطری از ۰/۱۵ تا ۰/۹ میلی متر می باشد (Adams et al., 1965) و توزیع فضایی هموزن تشکیل شده است. چنین رخساره رسوبی می تواند فابریک سنگ را کنترل کند و تأثیر بسزایی در تراوایی بسیار کم داشته باشد.

با استفاده از داده های فشارهای مویینه ناشی از تزریق جیوه می توان ارتباط بین گلوگاه ها مرتبط با تخلخل و تراوایی را مشخص کرد (Rezaee et al., 2006). چاه ۱۱۶ داده های آزمایش ویژه مغزه را نداشت و بنابراین نزدیکترین چاه (چاه ۳۵۴ در فاصله ۳۷۰۰ متری غرب چاه ۱۱۶) که دارای داده های آزمایش ویژه مغزه بود، انتخاب گردید. منحنی اندازه گلوگاه های خلل و فرج ناشی از تزریق جیوه در زون C1 (چاه ۳۵۴ در نمونه 4H در عمق ۳۴۱۹/۶ متری) نشان دهنده وجود گلوگاه هایی اغلب کوچکتر از ۰/۴ میکرون در مخزن می باشد (Kord and Abdali, 2009) (شکل ۱۳). این موضوع تأییدکننده وجود مخزنی است که اندازه گلوگاه های بسیار کوچک است و



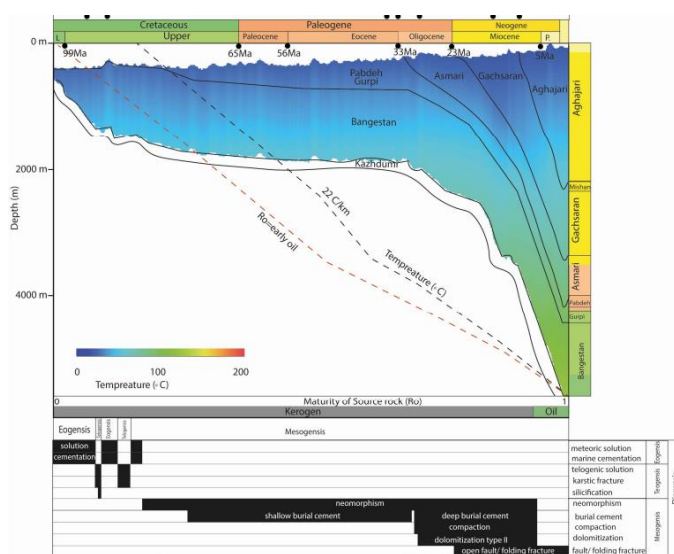
شکل ۱۳- اندازه گلوگاه های خلل و فرج که نشان دهنده گلوگاه هایی اغلب کوچکتر از ۰/۴ میکرون می باشد (نمودارهای تجمعی و حسابی). (زون C1 در چاه ۳۵۴ در نمونه 4H و عمق ۳۴۱۹/۶ متری)  
Fig. 13- Size of the pore throats, which represent often smaller than 0.4 microns (Cumulative and Arithmetic charts). (C1 zone in AZ-354 in sample 4H and depth of 3419.6 m)

## نقش تکتونیک در مخزن ایلام

حوادث تکتونیکی سنومانین و بعد از سنومانین نقش مهمی در تغییر در جغرافیای گذشته محیط رسوبی و فرآیندهای تأثیرگذار بر دیاژنز داشته است. این حوادث سبب ایجاد مخزن آهکی گل سفید از رخساره گل آهکی میکریتی بدون تخلخل در میدان اهواز شده است. اما ابتدا باید گفت که ایجاد مخزن آهکی گل سفید با کیفیت مخزنی خوب در تمام گستره میدان اهواز اتفاق نیفتاده است و تنها در بخش غربی این میدان وجود دارد. دوم آنکه بنا بر شواهدی که بیان شد، پدیده دیاژنز متئوریکی قبل از سنگ‌شدگی رسوبات اتفاق افتاده است. دلیل چنین پدیده دیاژنزی را می‌توان در بلورهای آهک گل سفیدی نیمه خود شکل تا بی شکل به دلیل آبشویی دید که سبب شده سطوح بلوری صاف آهک حفظ نشوند (Bolz, 1975). بنابراین دیاژنزی متئوریکی تنها بخش غربی مخزن را تحت تأثیر قرار داده و سبب افزایش تخلخل ۱۵ تا ۲۷ درصدی و تراوایی کلینکنبرگ تا ۱۰ میلی داری شده است که می‌تواند به دلیل حوادث تکتونیکی دوران کرتاسه باشد. در این مطالعه تکامل دیاژنتیک مخزن بنگستان به صورت تاریخچه حرارتی - دفنی در غرب میدان اهواز ترسیم شده است (شکل ۱۴).

بر این اساس رسوب‌گذاری و فرسایش با تغییرات رژیم حرارتی در طول تاریخچه حوضه قابل تشخیص است. شواهدی از بالا آمدگی حوضه در طول دوران سنومانین و تورونین مشاهده می‌شود (شکل ۱۴). عمده‌ترین حادثه دیاژنتیک ائوژنیک شامل انحلال متئوریکی در بعضی افق‌های مخزنی است (شکل ۱۴). در ادامه مخزن بنگستان شاهد دو بار ناپیوستگی و خروج از آب به مدت طولانی در دوران سنومانین بالایی و بعد از تورونین داشته است که این رخداد دیاژنز تلوژنیک نقش بزرگی در ایجاد تخلخل و افزایش کیفیت مخزنی در افق‌های پایینتر و نئومورفیسیم داشته است. بیشتر این فرآیندهای دیاژنز سریع شروع شده‌اند و زمانی که عمق تدفین بیشتر شده، پایان یافته‌اند. در ادامه با افزایش نرخ تدفین رسوبات و افزایش دما زمین گرمایی دیاژنز مزوژنیک اتفاق افتاده است.

اما پاسخ به این سؤال که حوادث تکتونیکی دوران کرتاسه به چه نحوی سبب تأثیر بر افزایش کیفیت مخزنی و پدیده دیاژنز متئوریک در غرب مخزن ایلام اهواز شده است، نیز مهم است. زیرا به طور قطع افزایش کیفیت مخزنی به دلیل پدیده دیاژنز می‌باشد (Bolz, 1975). اما چرا در بخش شرقی و میانی میدان پدیده آبشویی اتفاق نیفتاده است و تخلخل در حدود ۵ درصد است.

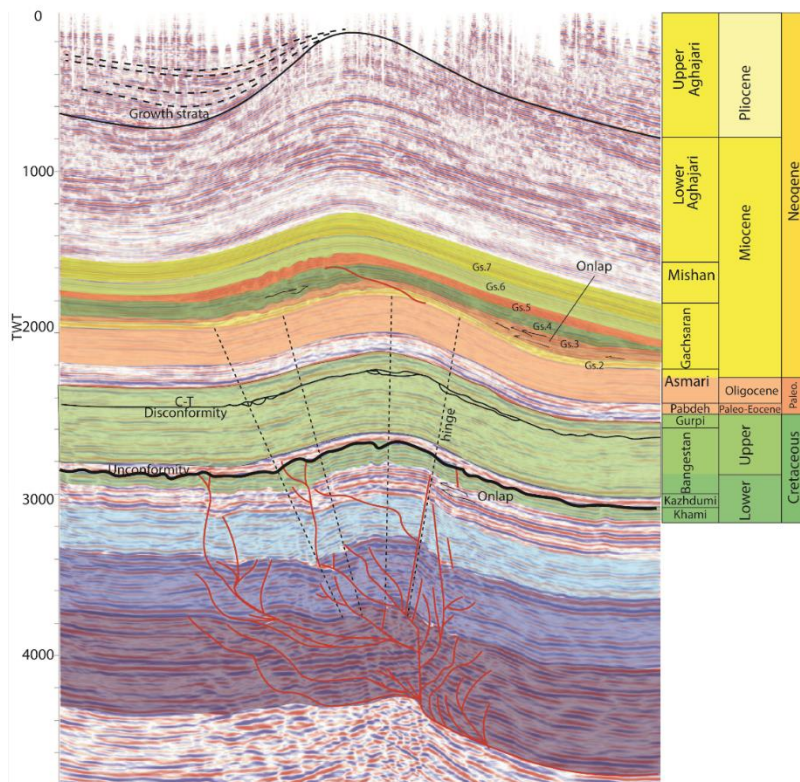


شکل ۱۴- نمودار تاریخچه تدفین در غرب میدان اهواز.

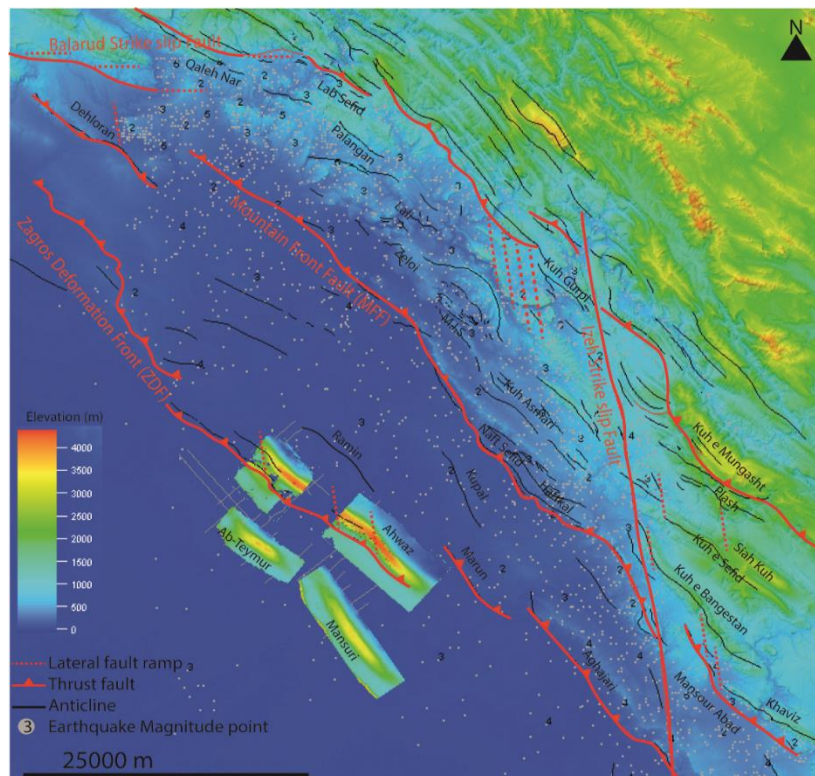
Fig. 14- Burial history in the west of Ahwaz field

مارل‌های سازند میشان و ماسه سنگ‌های بخش پایینی سازند آجاجاری در دوره زمانی اوایل تا اواخر میوسن همراه است (شکل ۱۵) (Saadallah *et al.*, 2019). در ادامه تشکیل ساختارهای رشدی در بخش بالایی ماسه سنگ آجاجاری در زمان میوپلیوسن همزمان با چین خوردگی اصلی زاگرس می‌باشند (شکل ۱۵) که این موضوع با نظر (Hessami, 2002) که اعتقاد دارد جبهه دگرریختی زاگرس به صورت مرحله‌ای از ائوسن بالایی تا حال حاضر به سمت جنوب غرب گسترش یافته است و دلیل آن را تشکیل ساختارهایی همزمان با رسوب-گذاری بیان کرده است تا حدود بالایی تطابق دارد و زمان شکل‌گیری نهایی ساختار اهواز اواخر زمان پلیوسن می‌داند (شکل ۱۵). این فاز دوم چین خوردگی حوضه زاگرس سبب چین خوردگی بیشتر ساختارهای اصلی و تغییرات ضعیفتری در شکل ساختار آن‌ها گردیده است (شکل ۱۵) (Saadallah *et al.*, 2019). از طرفی تغییر در امتداد و ژئومتری چین خوردگی (شکل ۱۶) بیشتر به دلیل تغییرات جانبی رخساره‌ای در جغرافیای گذشته حوضه (Saadallah *et al.*, 2019) و حضور گسل‌های عمیق قدیمی (Sepehr and Cosgrove, 2004) دوران پرموتریاس می‌باشد (شکل ۱۵). همچنین این گسل‌های امتداد لغز سبب تغییر در امتداد و ژئومتری ساختارها به سمت شمال می‌شوند (Talbot and Alavi, 1996; Authemayou *et al.*, 2005) و رفتار رمپ گسلی امتداد لغز راستگرد دارند (Saadallah *et al.*, 2019) در نهایت آخرین حادثه تکتونیکی موجب تکامل کلی گسل‌های پی سنگی معکوس زاگرس در طول زمان پلیوسن تا کواترنری و ساخت توپوگرافی امروزی کوه‌های زاگرس و تغییرات ساختاری شدیدتر - فعالیت دوباره گسل پی سنگی تراستی قدیمی شده است (Navabpour *et al.*, 2010). آغاز این حرکات امتداد لغز گسلی به اواخر میوسن برمی‌گردد (شکل ۱۶) (Allen *et al.*, 2004).

داده‌های لرزه‌ای سه بعدی اطلاعات مفیدی در رابطه با تکتونیک، ژئومتری حوضه رسوبی، رخساره‌های رسوبی در گستره میدان اهواز نشان می‌دهد (شکل ۱۵). از داده‌های لرزه‌ای جهت شناسایی ویژگی‌های ساختاری و رسوبی میدان اهواز استفاده گردید. در میدان اهواز آنالیز مقطع لرزه‌ای وجود ساختارهای رشدی، گسل‌های قاشقی و ناپیوستگی‌ها و همچنین حوادث دیگر زمین-شناسی را نشان می‌دهد. براساس خط لرزه‌ای در میدان اهواز وجود ناپیوستگی‌های گسترده و وسیع به دلیل سیستم کششی و نرخ فرونشست وسیع در زمان رسوب-گذاری چه‌بسا گروه خامی دیده می‌شود (شکل ۱۵). وجود چنین ناپیوستگی‌هایی همزمان با فاز کششی صفحه عربی در دوران پرموتریاس بوده است. چنین سیستم کششی سبب ایجاد یک سری گسل‌های نرمال در آن زمان شده است (Sepehr and Cosgrove, 2004). در ادامه حوادث تکتونیک فشاری در دوران سنوزوئیک سبب پیچیده شدن رفتار تکتونیک کششی اولیه رسوبات دوران مزوزوئیک شده است. بیشتر گسل‌ها در ساختار اهواز در حوادث قبل از تکتونیک کششی دیده می‌شود (شکل ۱۵). نهشته‌های دوران کرتاسه شرایط بعد از تکتونیک را تجربه کرده است (شکل ۱۵) و در نهایت در دوران سنوزوئیک وارد فاز فشاری و کوهزایی بعد از تکتونیک شده است (شکل ۱۵). آغاز اولین فاز چین‌خوردگی ساختار اهواز در زمان رسوب-گذاری ممبر ۳ گچساران در اوایل زمان زمین‌شناسی میوسن می‌باشد (شکل ۱۵). از شواهد این چین-خوردگی می‌توان به وجود ساختارهای آنلپ در این مرز اشاره کرد. بنابراین بسته شدن اقیانوس نئوتتیس که یک برخورد قاره‌ای - قاره‌ای بوده کچه‌بسا در اوایل میوسن با چین خوردگی رسوبات قبلی و رسوب‌گذاری تبخیری‌های گچساران همراه بوده است (شکل ۱۵-۱۵) (Sherkati *et al.*, 2005). بعد از این فاز چین خوردگی در ادامه یک دوره تکتونیک آرام در طول رسوب‌گذاری



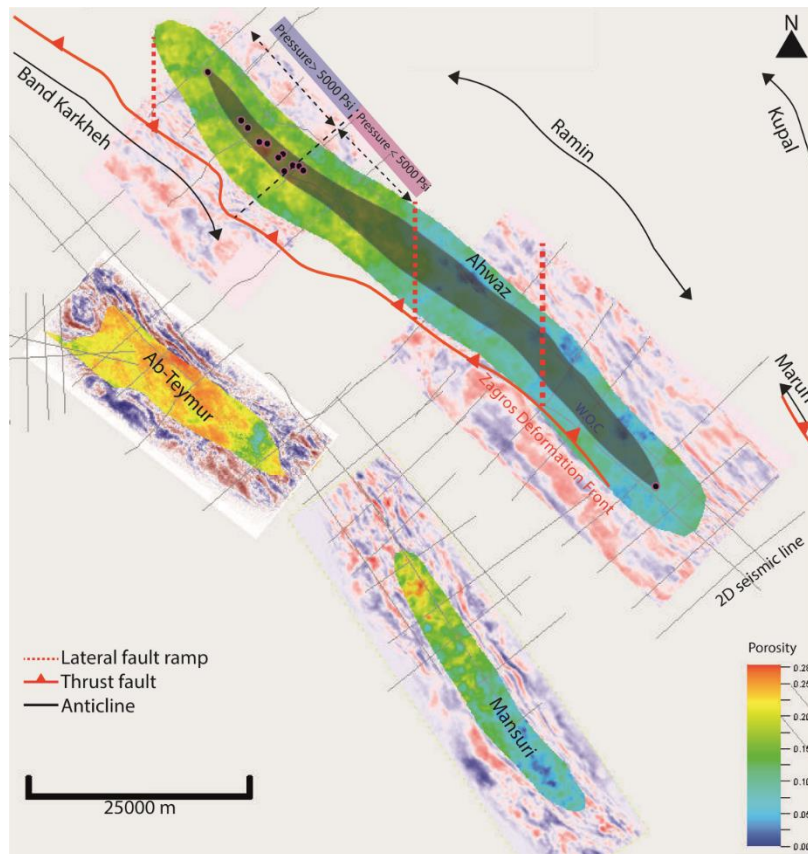
شکل ۱۵- تصویر لرزه‌ای از ساختار اهواز  
 Fig. 15- Seismic image of Ahwaz structure



شکل ۱۶- نقشه ارتفاعی حوضه زاگرس به همراه گسل‌های اصلی و ارتباطشان با تغییرات توپوگرافی و تغییر امتداد چین‌ها را نمایش می‌دهد.  
 Fig. 16- Elevation map of the Zagros Basin along with the major faults and their relation to the topographic changes along the fold changes.

تغییر در امتداد و ژئومتری چین خوردگی امروزی (Saadallah *et al.*, 2019) شده است (شکل ۱۷). به-طوریکه توزیع تخلخل زون C1 در مخزن ایلام از سمت غرب با تخلخل ۲۷ تا ۵ درصد در شرق شده است (شکل ۱۷).

بنابراین تأثیر این گسل‌های امتداد لغز شمالی - جنوبی در مخزن بنگستان میادین اهواز، منصوری و آب تیمور سبب تغییر در جغرافیای دیرینه حوضه در زمان کرتاسه و در نتیجه تغییر در تخلخل و تراوایی زون C1 و



شکل ۱۷- توزیع تخلخل در زون C1 مخزن ایلام میدان اهواز (Fajrak and Khoshnodkia, 2019) ، معادل زون C1 منصوری (Mosavi, 2017) و معادل زون C1 آب تیمور (Shabani, 2018)

Fig. 17- Porosity distribution in the C1 zone of the Ilam Reservoir in Ahwaz field (Fajrak and Khoshnodkia, 2019), equivalent to C1 zone of Mansouri (Mosavi, 2017) and equivalent to C1 zone of Abteymur (Shabani, 2018)

سمت تخلخل عالی (آهک گل سفید با کیفیت خوب مخزنی) میل کند و حتی تراوایی را نیز تا حد قابل ملاحظه‌ای افزایش دهد. افزون بر این پدیده دیاژنز متئوریک نه تنها زون C1 را بهبود داده بلکه موجب افزایش تخلخل در رخساره رودیستی زیر آن در زون C2 مخزن سروک نیز شده است. دلیل تفاوت توسعه دیاژنز متئوریکی در بخش غربی به فعالیت مجدد گسل‌های پی سنگی مزوزوئیک در جغرافیای گذشته حوضه می‌باشد. بنحوی که در امتداد این گسل‌های شمالی-جنوبی شاهد تغییرات جانبی رخساره و فرآیندهای دیاژنزی هستیم.

## نتیجه‌گیری

براساس مطالعه صورت گرفته توسط میکروسکوپ پلاریزان و الکترونی وجود رخساره آهک گل سفید در زون C1 مخزن ایلام تأیید شد. دلیل ایجاد آهک گل سفید با کیفیت خوب مخزنی در بخش غربی (تخلخل ۱۵ تا ۲۷ درصد و تراوایی کلینکنبرگ ۱ تا ۱۰ میلی داری) توسعه پدیده دیاژنز متئوریکی و انحلال رسوبات رخنمون یافته زون C1 قبل از سنگ‌شدگی رسوب در بخش غربی مخزن است. بنابراین این پدیده سبب شده تا زون C1 به اندازه کافی از رخساره‌ای با تخلخل بد (گل آهکی میکرایتی) به



## سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از شرکت منطقه‌های نفت خیز جنوب جهت ایجاد فضای این مطالعه در قالب پروژه دکترا و حمایت مالی آن کمال تشکر را دارند.

## پی‌نوشت‌ها

- <sup>1</sup> Chalky  
<sup>2</sup> Energy Dispersive Spectroscopy  
<sup>3</sup> Scanning Electron Microscope  
<sup>4</sup> Klinkenberg permeability

## منابع

- Adams, T.D., Khalili, M. and Khosravi-Said, A., 1965. Stratigraphic significance of some oligosteginid assemblages from Lorestan Province, northwest Iran. *Micropaleontology*. 13(1), 55-67.
- Ahr, W.M., 2011. *Geology of Carbonate Reservoirs: The Identification, Description, and Characterization of Hydrocarbon Reservoirs in Carbonate Rocks*. John Wiley & Sons, USA.
- Allen, M., Jackson, J. and Walker, R., 2004. Late Cenozoic reorganization of the Arabia-Eurasia collision and the comparison of short-term and long-term deformation rates. *Tectonics*. 23(2), 1-16.
- Authemayou, C., Bellier, O., Chardon, D., Malekzadeh, Z. and Abbassi, M., 2005. Active partitioning between strike-slip and thrust faulting in the Zagros fold-and-thrust belt (Southern Iran). *Comptes Rendus Géosciences*. 337, 539-545.
- Azarpour, M., 2015. Structural Interpretation of 3D seismic information of the Asmari Reservoir of Ahwaz Block A. National Iranian South Oil Company, Reservoir Geology Division, Interior Published Report No.8475, 132. (In Persian).
- Berberian, M., 1995. Master blind thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface morphotectonics. *Tectonophysics*. 241, 193-224.
- Bolz, H., 1975. Stereoscan electron microscope (SEM) studies of a chalky limestone reservoir in the Bangestan Formation of Well Ahwaz 063, Oil Service Company of Iran, interior published report No. 1227, 112.
- Bolz, H., 1977. Reappraisal of the biozonation of the Bangestan group (late Aptian- early Campanian) of southwest Iran Oil Service Company of Iran, interior published report No. 1252, 29.
- Bolz, H., 1978. Core study in Bangestan reservoir of the Ahwaz field, Oil Service Company of Iran, interior published report No. 1276, 45.
- Fabricius, I.L., 2007. Chalk: composition, diagenesis and physical properties. *Bulletin of the Geological Society of Denmark*. 55, 97-128.
- Fajrak, M. and Khoshnoodkia, M., 2019. Modeling study of Ilam reservoir of Ahwaz field in line with water flooding project in western part of Ahwaz field: National Iranian South Oil Company, Reservoir Geology Division, Interior published report No.10012, 37. (In Persian).
- Flügel, E., Franz, H.E. and Ott, W.F., 1968. Review of electron microscopic studies of limestones. G. Müller et al. (eds.), *Recent Developments in Carbonate Sedimentology in Central Europe*, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, Germany.
- Folk, R.L., 1965. Some Aspects of Recrystallization in Ancient Limestones. In: Pray, L.C. and Murray, R.C., Eds., *Dolomitization and Limestone Diagenesis*, Society for Sedimentary

- Geology, Special Publications. 13, 14-48.
- Hessami, K., 2002. Tectonic History and Present-Day Deformation in the Zagros Fold-Thrust Belt. Uppsala university, Sweden., Ph. D. thesis. 13.
- James, G.A. and Wynd, J.G., 1965. Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area. American Association of Petroleum Geologists. 49, 2182-2245.
- Khalili, M., 1974. The biostratigraphic synthesis of the Bangestan Group in southwest Iran. National Iranian Oil Company, Reservoir Geology Division, Interior published report No. 1219. p.70
- Khoshnoodkia, M., 2018. Application of 3D Seismic attributes in Identifying Fracture Areas of Ahwaz Bangestan Reservoir and Integration with Reservoir Production Data: National Iranian South Oil Company, Reservoir Geology Division, Interior published report No. 9698, 50. (In Persian).
- Kord, M. and Abdali, M., 2009. Analysis of reservoir rock properties in study of Bangestan reservoir of Ahwaz field: National Iranian South Oil Company, Reservoir Engineering Division, Interior published report, 64. (In Persian).
- Lakzaee, A., 2015. Structural Interpretation of 3D Seismic Information of the Asmari Reservoir of Ahwaz Block B: National Iranian South Oil Company, Reservoir Geology Division, Interior published report No. 8457, 97. (In Persian).
- Mosavi, A., 2017. Modeling study of Bangestan reservoir of Mansuri field: National Iranian South Oil Company, Reservoir Geology Division, Interior published report No. 9950, 97. (In Persian).
- Motiei, H., 1993. Geology of Iran: Stratigraphy of Zagros. Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.
- Navabpour, P., Angelier, J., Barrier, E., 2010. Mesozoic Extensional brittle tectonics of Arabian passive margin inverted in zagros collision, (Iran, Interior Fars), Geological society, London, Special Publications. 330, 65-96.
- Omidvar, M., Mehrabi, H., Sajjadi, F., Bahramizadeh-Sajjadi, H., Rahimpour- Bonab, H., Ashrafzadeh, A., 2014. Revision of the foraminiferal biozonation scheme in Upper Cretaceous carbonates of the Dezful Embayment, Zagros, Iran: integrated palaeontological, sedimentological and geochemical investigation. Revue de Micropaleontologie. 57, 97-116.
- Parchehkhare, Sh., 2009. Petrophysical evaluation of Ahwaz borehole 116 in Ilam and Sarvak formations: National Iranian South Oil Company, Reservoir Geology Division, Interior published report No. 6595, 65. (In Persian).
- Rahimpour-Bonab, H., Mehrabi, H., Enayati-Bidgoli, A. H. and Omidvar, M., 2012. Coupled imprints of tropical climate and recurring emersions on reservoir evolution of a mid-Cretaceous carbonate ramp, Zagros Basin, SW Iran. Cretaceous Research. 37, 15-34.
- Rezaee, M.R., Jafari, A. and Kazemzadeh, E., 2006. Relationships between permeability, porosity and pore throat size in carbonate rocks using regression analysis and neural networks. Journal of Geophysics and Engineering. 3, 370-376.
- Saadallah, N., Roustaei, M., Salehi, M.A., Najafzadeh, K., Edalat, A. and Shojaee, S., 2019. Mansoorabad PSTM/PSDM 3D Seismic Interpretation Structural Modeling and Velocity Modeling Report. National Iranian South Oil Company, Reservoir Geology Division, Interior published report, 240.
- Schlumberger methods, 2017. Ahwaz G&G study

Asmari Reservoir. National Iranian South Oil Company, Reservoir Geology Division, Interior published report.

Company, Reservoir Geology Division, Interior published report No. 1082, 137.

Sepehr, M. and Cosgrove, J.W., 2005. Role of the Kazerun Fault Zone in the formation and deformation of the Zagros Fold-Thrust Belt, Iran Tectonics. 24, 1-15.



Shabani, M., 2018. Modeling study of Bangestan reservoir of Abteymur field: National Iranian South Oil Company, Reservoir Geology Division, Interior published report No. 9751, 89. (In Persian).

Sharland, P.R., Archer, R. Casey, D.M., Davies, R.B., Hall, S.H., Heward, A.P., Horbury, A.D. and Simmons, M.D., 2001. Arabian Plate sequence stratigraphy. Geo Arabia, Special Publication. 2, 371.

Sherkati, S., Molinaro, M., Frizon De Lamotte, D. and Letouzey, J., 2005. Detachment folding in the Central and Eastern Zagros fold-belt (Iran): salt mobility, multiple detachments and late basement control. Journal of Structural Geology. 27, 1680-1696.

Speer, R.G., 1976. Review of the geology of the Bangestan reservoir in Ab Teymur and Mansuri fields. Oil Service Company of Iran, interior published report No. 3021, P. 35.

Speer, R.G. and Baker, S.N., 1978. Ahwaz Bangestan reservoirs relationship between fracture distribution matrix porosity and well productions, Oil Service Company of Iran, interior published report No. 3458, 22.

Talbot, C.J. and Alavi, M., 1996. The past of a future syntaxis across Zagros. Geological Society, London, Special Publications. 100, 89-109.

Wynd, A.G., 1965. Biofacies of the Iranian oil consortium a greement area, Iranian Operation Oil



Environmental Sciences Vol.18 / No.4 / Winter 2021

219-238

## Effective geological factors (facies, diagenesis, and tectonic) for reservoir characterization of Ilam Reservoir zone C1 (Ahwaz oilfield)

Mahdi Khoshnoodkia, Mohammad Hossein Adabi\*, Mahbobeh Hosseini-barzi

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

Received: 2019.12.29

Accepted: 2020.04.25

**Khoshnoodkia, M., Adabi, M.H. and Hosseini-barzi, M., 2021.** Effective geological factors (facies, diagenesis, and tectonic) for reservoir characterization of Ilam Reservoir zone C1 (Ahwaz oilfield). *Environmental Sciences*. 18(4): 219-238.

**Introduction:** Understanding the geological factors of the sedimentary environment and diagenetic and tectonic processes plays an important role in recognizing reservoir quality characteristics to obtain a proper understanding of the reservoir. This study attempted to investigate this subject.

**Material and methods:** In order to study the geology of well 116 of Ilam Reservoir in Ahwaz from a diagenesis point of view, facies and tectonic changes were studied by a polarizing microscope, electron microscope, and using data from core data, petrophysical evaluation, and reservoir model.

**Results and discussion:** From a sedimentological point of view, the C1 zone of the Ilam Reservoir is composed of oligostegina hemiplelegic microorganisms in the sedimentary environment of the open seas. Such facies, which are composed of calcareous micritic mud, should not inherently have porosity. Yet, the process of meteoric diagenesis before lithification has increased its reservoir quality. The chalky reservoir had 5% to 27% porosity (15% to 27% porosity in the western part of the reservoir) and 1 to 10 milli-darcy (sometimes 100 milli-darcy) Klinkenberg permeability. It also provided conditions for the pore throats from 20 to often several tenths of microns. But the reason for the development of different meteoric diagenesis across the reservoir was probably the Zagros tectonic events during the Cretaceous period. During the Cretaceous, the extensional basement crust of the Mesozoic period reactivated and affected the paleogeography of the basin. This is probably the reason why different diagenetic processes are observed in the west area along these north-south faults in zone C1 in contrast to other parts of the reservoir. These events occurred just before lithification.

**Conclusion:** Positive effects of geological factors (facies, diagenesis, and tectonics) have provided ideal conditions for increasing reservoir quality.

**Keywords:** Diagenesis, Facies, Tectonic, Ilam Reservoir, Ahwaz oilfield.

---

\* Corresponding Author: *Email Address.* m-adabi@sbu.ac.ir  
<http://doi.org.10.52547/envs.18.4.219>