

## مناطق گاز خیز زاگرس و قسمت ایرانی خلیج فارس

ترجمه: ارسلان زینل‌زاده، کارشناس ارشد رسوب‌شناسی دانشگاه تهران

### خلاصه

در ناحیه فارس و قسمت ایرانی خلیج فارس بیش از ۶۰۰ TCF (Trillions of Cubic Feet) ذخیره گاز وجود دارد. این گاز در سازندهای کربناته دالان و کنگان ذخیره شده و سازند انیدریتی دشتک سنگ پوشش است. این گاز از شیل‌های غنی از ماده آلی و رادیواکتیو با سن سیلورین آغازین (Landoverian) منشاء گرفته و گسترش زمان حال این سنگ منشاء تحت تاثیر فرسایش قبل از پرمین است. مدل‌سازی ژئوشیمیایی برای این سنگ منشاء استفاده شده و شروع نفت‌زایی را در بعضی نواحی ژوراسیک میانی نشان می‌دهد در حالی که شروع گاززایی به صورت ناحیه‌ای کرتاسه میانی است. یک سری نقشه ایزوپک جهت بررسی پختگی سنگ منشاء در طول زمان استفاده شده است که تصویر قابل اعتمادی از ژئومتری مخازن، گستره طولانی مهاجرت ارایه می‌دهد و موقعیت تجمعات عظیم نفت و گاز قبل از کوه‌زایی زاگرس در بعضی بلندی‌های ناحیه‌ای را نشان می‌دهد. پس از شکل‌گیری تاق‌دیس‌ها در اواخر میوسن و پلیوسن مقادیر زیادی گاز و مقدار محدودی نفت سبک در آنها تجمع یافته‌اند.

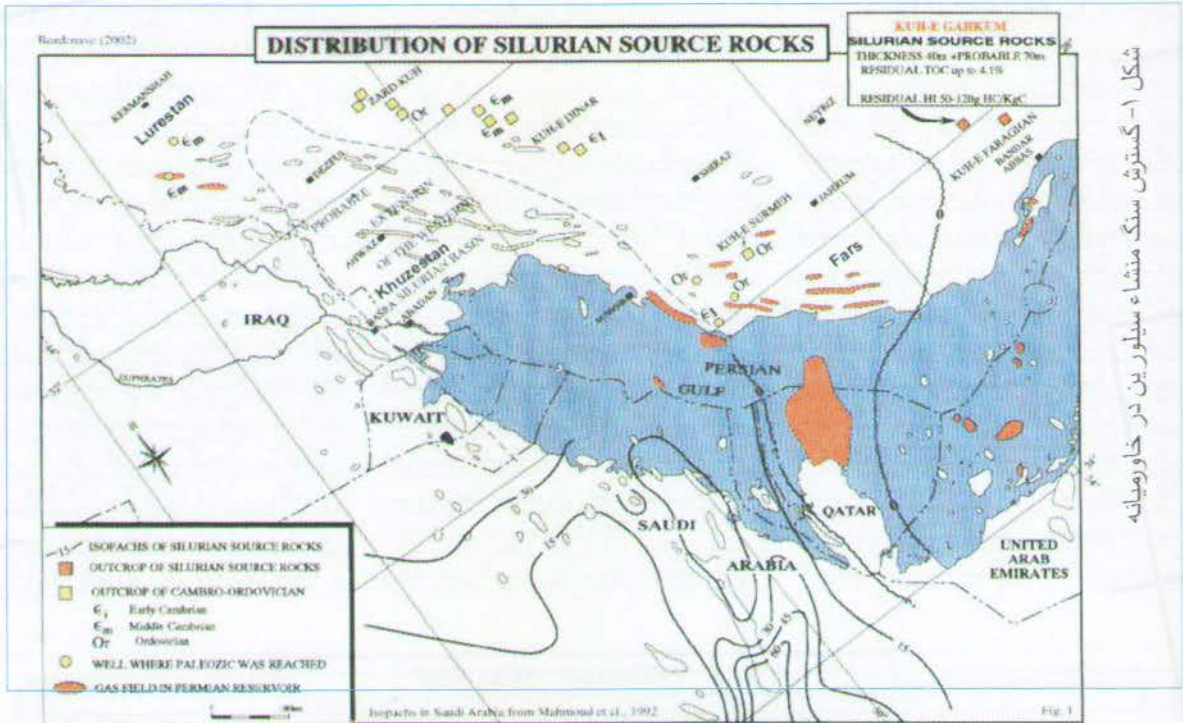
از بازسازی جغرافیایی گذشته و نقشه گسترش رخساره‌ها و نقشه‌های هم‌ضخامت ویژگی‌های مخازن کنگان و دالان و گسترش ناحیه‌ای سازند دشتک، به دست می‌آید. نقشه گسترش مخزن، سنگ پوشش چشمه‌های نفت و گاز و آثار نفتی همراه با موقعیت میدان‌های گازی امکان انتخاب از بین اهداف زیاد را میسر می‌سازد. بعضی از اهداف ممکن است دارای نفت سبک در زیر گاز باشند.

در یک محیط خیلی کم انرژی نهشته شده و غنی از ماده آلی با خاصیت رادیواکتیو به بالا است که توسط لاگ دانسیته و لاگ گاما به راحتی در چاه‌ها شناسایی و شیل پایینی سیلورین به خاطر داشتن خواص رادیواکتیو بالا در عربستان به نام Hot Shale شناخته می‌شود و دارای ۴ تا ۱۲ درصد کربن آلی است. منابع نفت سبک متعددی در ماسه سنگ‌های پرمین پایینی (سازند Unayzah (شکل ۲))

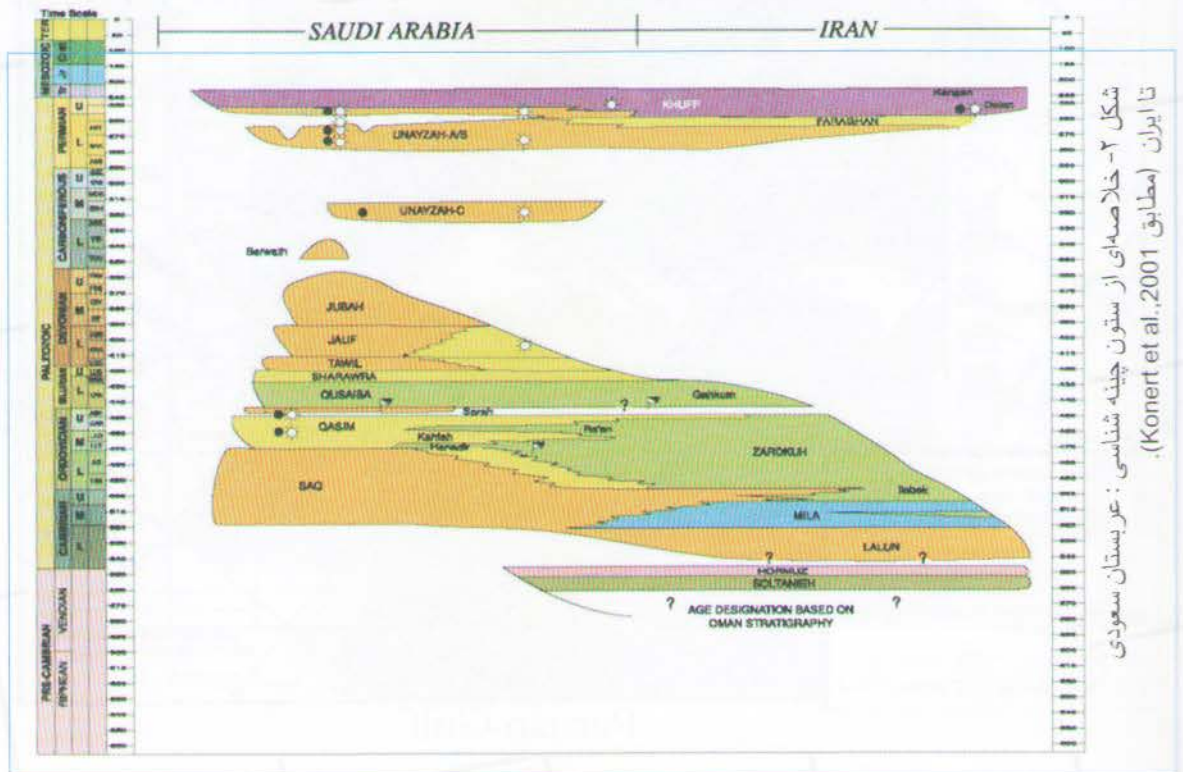
شامل می‌شوند سنگ منشاء دیده نشده است. پایان اردوویسین با یک یخبندان که به صورت گسترده قاره گندوانا را پوشانده، مشخص می‌شود. آب شدن سریع یخچال‌ها باعث پیشروی سریع و بالآمدن آب دریا در ابتدای لاندوورین شده که منجر به نهشته شدن شیل‌های سیاه گراپتولیت دار تقریباً در تمام حاشیه قاره گندوانا شده است. لایه پایینی پیشرونده،

## سنگ منشاء سیلورین

در بعضی مناطق زاگرس ایران، رسوبات توسط گنبد‌های نمکی (سازند هرمز (شکل ۱)) بالا آمده اما درون این نمک‌ها نمونه‌های سنگ منشاء یافت نشده است. همچنین در رسوبات کامبرین اردوویسین کوه‌های زاگرس مرتفع و در کوه سورمه ناحیه فارس سنگ منشاء پیداننده و در چاه‌های اکتشافی که به اندازه کافی عمیق هستند و رسوبات قبل از پرمین را



شکل ۱- گسترش سنگ منشاء سیلورین در خاورمیانه



شکل ۲- خلاصه‌ای از ستون چینه شناسی: عربستان سعودی تا ایران (مطابق ۲۰۰۱، Konert et al.)

نمونه‌های خوبی از فرسایش قبل از پرمین هستند بیش از ۱۰۰۰ متر رسوب از کوه دینار در مقایسه با زردکوه حذف شده است (Szabo and Kheradpir, 1978). اما حتی در زردکوه شیل‌های پایین سیلورین حذف شده‌اند. در کوه سورمه فارس مرکزی رسوبات پرمین با کنگلومرا شروع می‌شود که دارای دگرشیبی ۱۰ درجه با شیل‌های اردووسین است. فرسایش قبل از پرمین همچنین در چاه‌های عمیق حفاری شده در فارس غربی و لرستان دارای اهمیت می‌باشد.

محتمل است که سنگ‌منشاء سیلورین در گودی غرب آرک قطر به سمت شمال ضخیم می‌شود (در ناحیه گسترده‌ای که فروافتادگی دزفول را شامل می‌شود در بیشتر دوران مزوزوئیک یک فروافتادگی بوده است). به احتمال زیاد سنگ‌منشاء سیلورین در نیمه شرقی آب‌های امارات متحده عربی و در حوضه رب‌الخالی وجود دارد. در حوضه رب‌الخالی منابع عظیم گازی شناخته شده است. اما چاهی به اندازه کافی عمیق حفاری نشده که شامل رسوبات قبل از پرمین شود. احتمالاً هورست‌های عربستان سعودی دارای کشیدگی به سمت شمال در جهت

شیل‌های سیلورین عمان و عربستان سعودی می‌باشند (Bordenave and Burwood 1990).

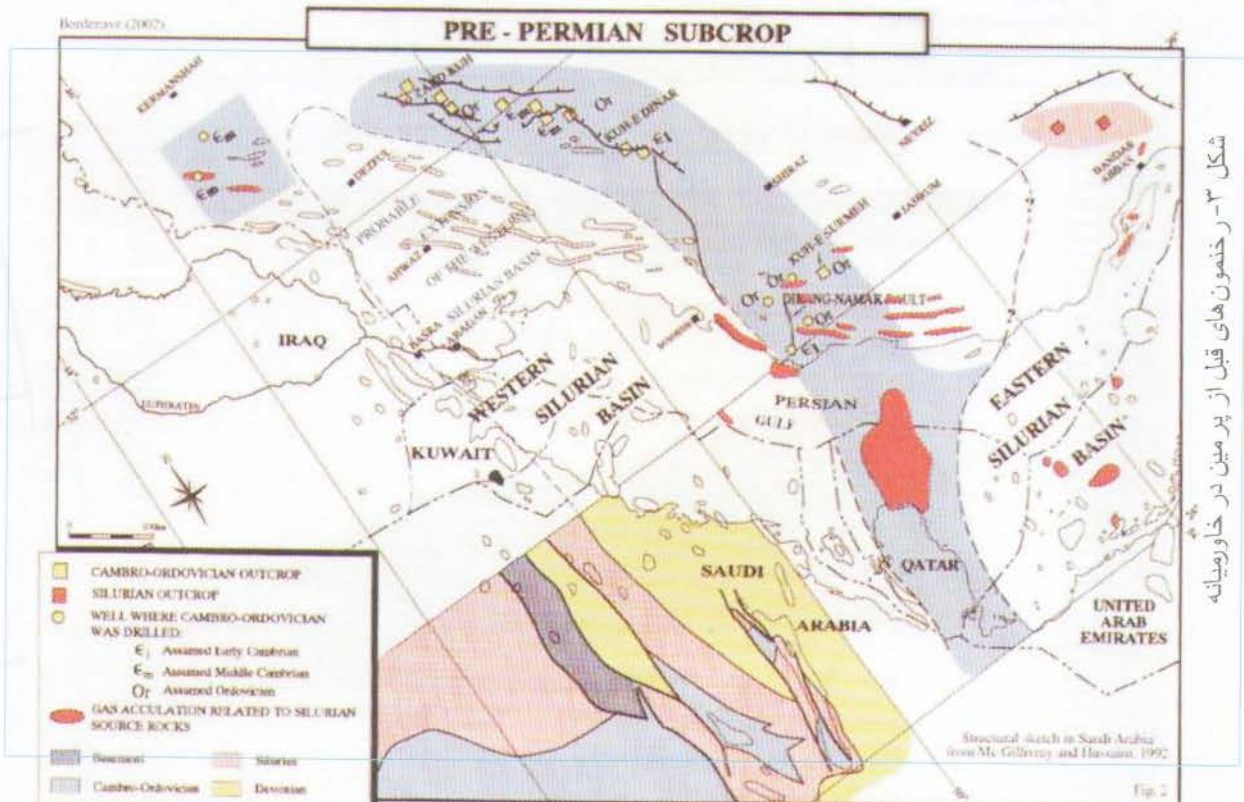
ممبر قصبیه (شیل‌های Hot) دارای گستردگی وسیعی در عربستان سعودی است و در سمت غربی آرک قدیمی قطر نازک‌شدگی نشان می‌دهد (Magmoud et al., 1992) آرک قطری پروتروزوئیک وجود داشته و حوضه غربی را از حوضه شرقی جدا می‌کرده و حوضه شرقی سیلورین از شمال غرب عمان تا شمال بندرعباس گسترش داشته است (شکل ۱).

رسوبات دونین و کربنیفر در قسمت ایرانی زون چین‌خوردگی ساده زاگرس در رخنمون‌ها یا چاه دیده نشده است. در کربنیفر یک فاز تکتوتیک موجب شکل‌گیری سیستم هورست و بلوک‌های شمال جنوب شده که به خوبی در عربستان سعودی دیده می‌شود. چاه‌های اکتشافی فرسایش اصلی قبل از پرمین را نشان می‌دهد (شکل ۳). در بعضی هورست‌ها بیش از ۱۰۰۰ متر رسوب شامل رسوبات سیلورین حذف شده است (McGillivray et al., 1992).

رخنمون‌های زاگرس مرتفع دارای

شناخته شده که براساس تشابه ایزوتوپی و ترکیب بایومارکری از سنگ‌منشاء سیلورین حاصل شده است (Mahmoud et al., 1992) همچنین نفت‌های تجمع یافته در تخریبی‌های Haushi کربنیفر، در کناره غربی عمان، باتوجه به تطابق نفت با سنگ‌منشاء دارای منشأ سیلورین می‌باشد.

در زون چین‌خورده ساده زاگرس، سنگ‌های سیلورین تنها در دو محل رخنمون دارند، شمال بندرعباس (شکل ۳) در کوه گهکم و کوه فراقان. در کوه فراقان ۶۰۰ متر شیل با ۷ متر شیل سیاه‌رنگ پوشانده شده که دارای فسیل‌های جانداران لاندوورین میانی می‌باشد. در کوه گهکم حداقل ۴۰ متر شیل‌های لایه‌ای پلتی سیاه‌رنگ با ظاهر زغالی بوده و دارای خواص رادیواکتیو و TOC باقی مانده ۴/۱٪ می‌باشد. مواد آلی فوق پخته است (Tmax ۴۷۵°C و هیدروژن ایندکس از ۵۰ تا ۲۰۰ gHC/kgC متغییر است). نقشه‌های هم‌ضخامت جمعی در کوه گهکم سنگ‌های سیلورین قبل از کوهزایی زاگرس تا عمق ۶۰۰۰ متری دفن شده‌اند. ایزوتوپ کربن ( $\delta^{13}C$ ) شیل‌های سیلورین (۳۰/۸٪-) مشابه با



Persian Gulf

شکل ۳- رخنمون‌های قبل از پرمین در خاورمیانه

شماره ۲۲ - خرداد ۱۳۸۴

ابتدایی (۲۰ Ma) یا ائوسن ابتدایی (Ma) ۵۰ به پنجره گاززایی رسیده است. اگر فشردگی رسوبات در نظر گرفته شود ۳۲۰۰ متر تدفین برای تراوش نفت ضروری است که معادل ۲۷۰۰ متر زمان حال است در حالی که برای پنجره گاززایی ۵۶۰۰ متر تدفین، معادل ۵۰۰۰ متر ضخامت رسوبات است.

یک سری نقشه هم ضخامت، برای سازندهای مختلف تهیه شده که مربوط به ژوراسیک تا اوایل میوسن است و بعضی از ساختارها را نشان می دهد. برای مثال بلندی دارای یال های با شیب بسیار کم که از قطر تا جنوب جزیره و قسمت مرکزی ناحیه فارس گسترده شده است (بلندی گاو بندگی) و در شمال بندر عباس و جنوب غرب لرستان بلندی هایی دیده می شود. بلندی های قدیمی همچنین در نقشه های هم ضخامت ژوراسیک و کرتاسه و نقشه هم ضخامت تجمع ابتدای پریمین تا ژوراسیک، کرتاسه ابتدایی، کرتاسه، آسماری (میوسن ابتدایی) و بالای میشان (میوسن میانی) دیده می شود. این نقشه های هم ضخامت تغییرات حرارتی سنگ منشاء سیلورین طی زمان در محل های مختلف (گودی ها

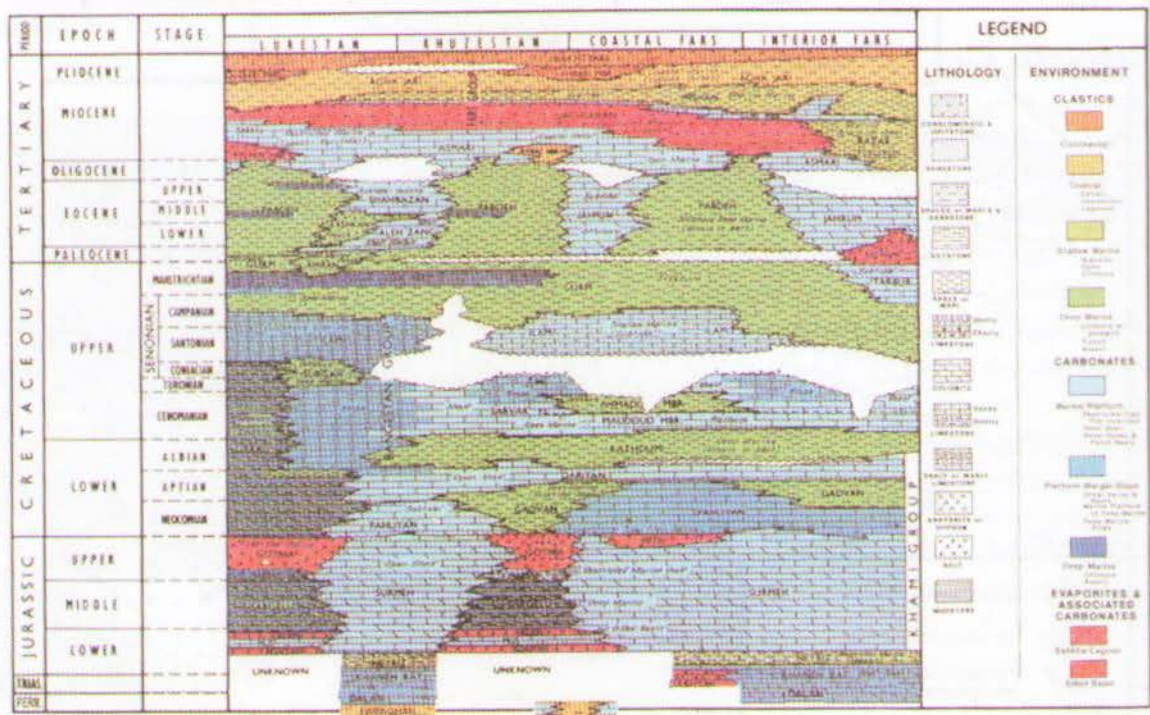
است. جریان حرارت ۳۶ درجه (mW/m2) بهترین تطابق بین داده های محاسبه شده و داده های اندازه گیری شده پختگی حرارتی را نشان می دهد. داده های انعکاس ویتیرینیت، Rock-Eval Tmax و ایندکس هیدروژن برای سنگ های منشاء کژدمی و پایده برای مدل سازی مورد استفاده قرار گرفته است (شکل ۴). ضخامت لایه های فرسایش یافته در چاه های مورد مطالعه با استفاده از رخنمون ها و نقشه های هم ضخامت محلی مشخص شده است. شروع زایش نفت و گاز، در سه چاه زمانی بوده که سنگ منشاء تا عمق ۳۰۰۰ متری دفن شده است، در حالی که شروع تراوش نفت در حدود ۳۲۰۰ متری بوده و پنجره گاززایی در عمق ۵۶۰۰ متری شروع شده است. شروع تراوش نفت نزدیک بالای گاو بندگی وقتی بوده که نسبت تبدیل Transformation Ratio به ۲۷ تا ۳۰٪ رسیده و زمان آن بین ۱۳۷ Ma تا مرز ژوراسیک- کرتاسه، (شکل ۵) بوده و در ۱۶۰ Ma طی باتونین دریال شمال بلندی، در ناحیه شیراز رخ داده است. سنگ منشاء در بلندی گاو بندگی به پنجره گاززایی نرسیده اما در محل های دیگر از میوسن

چاه های کبیرکوه-۱ و لرستان است جایی که فرسایش قبل از پریمین به آهک های دولومیتی کامبرین میانی رسیده است.

## زمان مهاجرت نفت و گاز، تجمع و جابه جاشدگی

برای بازسازی سری حوادثی که منجر به تشکیل تجمعات عظیم گاز شده یکی از قدم های اصلی ارزیابی تاریخچه حرارتی سنگ های منشاء سیلورین است و تعیین زمان تراوش نفت و شروع پنجره گاززایی است. سه چاه عمیق، در ناحیه فارس، برای مدل سازی و ارزیابی حرارتی انتخاب شده که سازند فراقان (شکل ۲) یا سنگ های قبل از پریمین را شامل می شوند. محاسبات با استفاده از نرم افزار IFP Genex و پارامترهای سینیک استاندارد I.F.P. کروژن نوع II و عدم داده های دیگر انجام شده و تنها سنگ منشاء سیلورین شناخته شده در زاگرس در کوه گهکم است و فوق پخته (Overmature) می باشد.

از آنجا که ناحیه مورد مطالعه از اواخر پریمین تا اواخر میوسن/پلیوسن (کوه زایی زاگرس) خیلی پایدار باقی مانده فرض ثابت بودن جریان حرارت قابل قبول



شکل ۴- ستون چینه شناسی زاگرس ((بر اساس James and Wynd, 1965) (محیط رسوبی توسط J.L.Wilson)).

راه یافته است، در بعضی نواحی که تحت چین خوردگی زاگرس واقع نشده و گاز در بلندی های ناحیه ای گسترده باقی مانده است مانند میدان پارس جنوبی.

## پراکندگی میدان های گازی و چشمه ها

سنگ منشاء جوان تر از سیلورین در ناحیه فارس جنوب عرض جغرافیایی بوشهر دیده نشده است و چشمه های نفتی، گازی و بیتومن و شواهد غیر مستقیم هیدروکربن مانند گچ ترش (Turushs Gashe) و چشمه های سولفور پراکنده در ناحیه فارس احتمالاً در ارتباط با وجود گاز و نفت منشاء گرفته از سنگ منشاء سیلورین است. به دلیل مشابه، منابع عظیم گازی تجمع یافته در کربنات های پرموتریاس (سازندهای کنگان و دالان) دارای منشاء مشابهی هستند. این مطلب برای میدان های پارس شمالی، موند، کنگان، نار، وراوی، شانول، تابناک، هما و پارس جنوبی و چندین میدان گازی که در آب های ابوظبی وجود دارند، صادق است.

در مقابل، مقادیر عظیم نفت سنگین 6API تا 16) و بیتومن که در مخازن کرتاسه

گودی شمال بندرعباس بوده که تا ۲۸۰۰ متر مارن های میشان در آن رسوب گذاری شده اند.

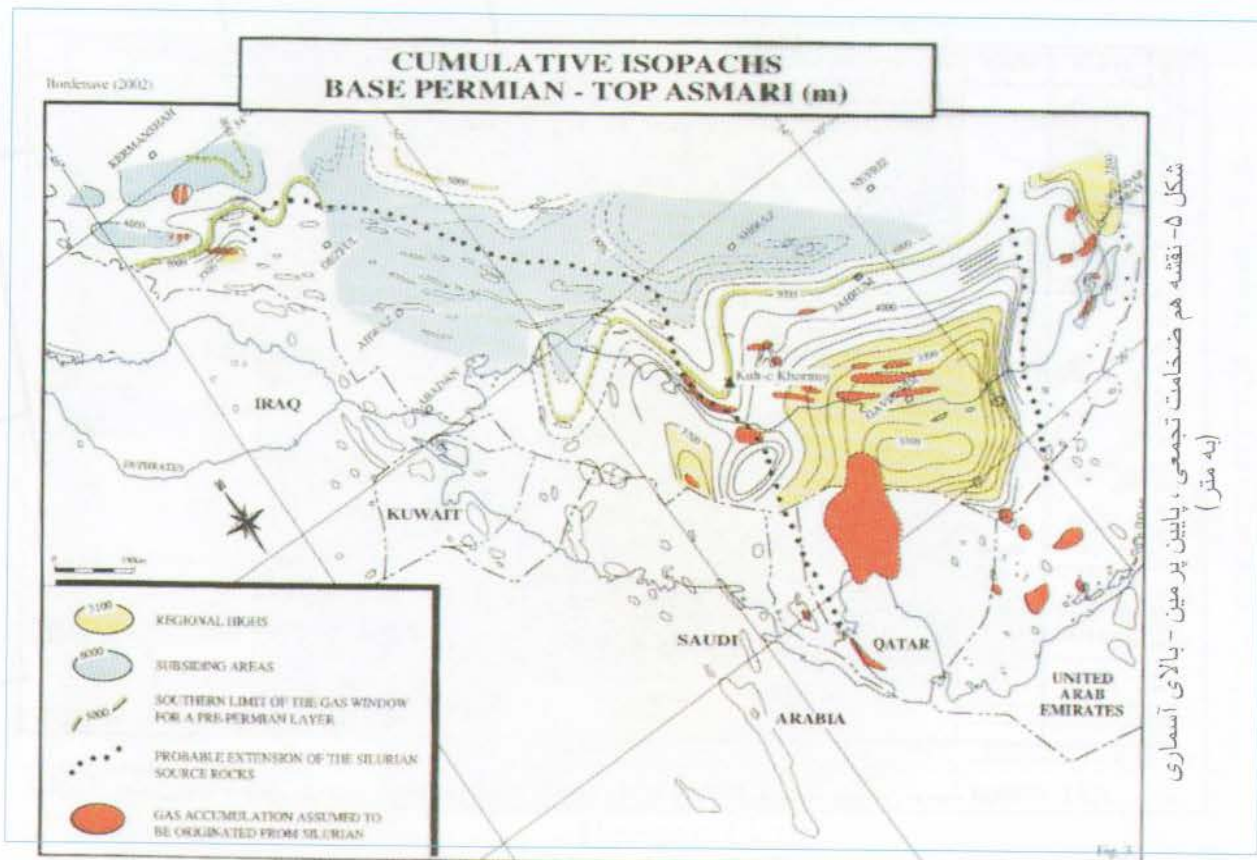
هیدروکربن های شکل گرفته از سنگ منشاء سیلورین مهاجرت کرده است و در مناطقی که انیدریت نار به عنوان سنگ پوشش در دالان پایینی تجمع کرده مانند قسمتی از خلیج فارس که در شمال قطر واقع شده است. در مناطق دیگر هیدروکربن به مخزن کنگان و دالان بالایی رسیده است.

مقدار زیادی از نفت تولید شده در حوضه سیلورین شرقی و غربی در بلندی گاو بندی / آرک قطر و مقداری نفت در شمال بندرعباس و جنوب غرب لرستان، در ژوراسیک بالایی کرتاسه زیرین و میانی، تجمع یافته است. پایان سنومانین معادل دوباره جوان شدن سیستم گسلی N-S پالتوزونیک است. از پایان کرتاسه به بعد، وجود مقدار زیادی گاز تولید شده و در دو طرف بلندی گاو بندی موجب رانده شدن نفت به اطراف و شکل گیری Oil legs در دو طرف بلندی شده است.

در طی میوسن بالایی و پلیوسن، قسمتی از گاز در ساختارهای جدید زاگرس تجمع یافته و قسمتی از نفت به سطح زمین

و بلندی ها) را نشان می دهد. براساس نقشه های هم ضخامت در پایان ژوراسیک، لایه ای که در زیر ماسه سنگ فراقان قرار داشته و در بلندی قطر- گاو بندی بوده ناپخته باقی مانده است. در مقابل، در جنوب شرق فارس، خشکی شرق ابوظبی، ناحیه شیراز و گچساران و احتمالاً فروافتادگی دزفول مقداری نفت به وجود آمده است. در فروافتادگی دزفول و شرق آب های ابوظبی اطلاعاتی از بالای سازند دالان وجود ندارد انتظار می رود در فروافتادگی دزفول، سازند دالان در عمق ۶۰۰۰ تا ۸۰۰۰ متری باشد.

براساس نقشه های هم ضخامت مربوط به پایان کرتاسه ابتدایی، تراوش نفت از سنگ منشاء ادامه داشته است در حالی که در بیشتر فروافتادگی دزفول و در شمال شیراز سنگ منشاء به پنجره گاززایی رسیده که طی کرتاسه بالایی و پالتوزن، زون گاززایی گسترش پیدا کرده است. در پایان نهشته شدن آسماری (شکل ۵) زون گاززایی شمال ناحیه فارس و قسمت شمالی خلیج فارس و لرستان و در پایان میوسن میانی، درست قبل از کوهزایی زاگرس زون گاززایی قسمت های شرقی ناحیه فارس را دربر گرفته است که حاصل



شکل ۵- نقشه هم ضخامت تجمعی، پایین پرمین - بالای آسماری (به متر)

سازندهای دالان و کنگان دارای پوشش مناسب نبوده و جزو اهداف اکتشافی نیستند.

## نتیجه گیری

در سیستم نفتی پالتوزوئیک، سنگ منشاء سیلورین در ارتباط با کربنات‌های پرموتریاس است. نفت ابتدا در بلندی‌های ناحیه‌ای مانند بلندی قطر-گابندی، شمال بندرعباس و جنوب شرق لرستان تجمع یافته و پس از چین خوردگی زاگرس به تاقدیس‌ها مهاجرت کرده است. مقداری از نفت در زمان کرتاسه میانی بر اثر حرکت دوباره گسل‌ها به سطح راه یافته و نفت باقی مانده در بلندی قطر-گابندی بر اثر افزایش حجم گاز به طرف یال‌ها و پایین رانده شده است. به این خاطر گفته می‌شود قبل از کوه‌زایی زاگرس، تجمع قابل توجهی از گاز در بلندی‌های قدیمی مخصوصاً در بلندی قطر-گابندی توسط نفت در یال‌ها احاطه شده بود. ■

تکتونیکي حداقل در سازند دشتک باشد

۴. سطح کنگان در عمق کمتر از ۵۰۰ متر باشد.

چهار رخساره اصلی در سازندهای کنگان و دالان (شکل ۴) دیده می‌شود: دریای آزاد، پرفسیل، نزدیک ساحل، محدود شده. رخساره مورد توجه کنگان و دالان تنها از رخساره‌های محدود تشکیل شده‌اند. این رخساره دارای دولایه کربناته است و ۲۵۰ تا ۴۵۰ متر ضخامت دارد که توسط لایه‌های ضخیم انیدریتی ممبرنار از هم جدا شده‌اند. کربنات‌ها از لایه‌های ضخیم دولومیتی و لایه‌های نازک الیتی و پلتوتیید متخلخل تشکیل شده است. ویژگی‌های مخزن بستگی به ضخامت نسبی لایه‌های الیتی دارد. در شرق بلندی گابندی مخزنی در سازندهای پرموتریاس دیده نشده است. سازند کنگان در کوه سورمه آرژیلی است و به سمت جنوب شرق در چاه‌های متعدد سازندهای کنگان و دالان آرژیلی هستند (باوش ۱، خلافانی ۱، M-1 و O-4bis).

سازند دشتک از لایه‌های ضخیم انیدریت و دولومیت تشکیل شده و یک سنگ پوشش موثر است. در شمال شرق زاگرس به جای این لایه‌ها، لایه‌های دولومیت و گاه الیت و پلتوتیید خانه‌ک وجود دارد که یک مخزن است. در این نواحی گاهی

ترشیری ساختارهای عظیم موند، فارو (F)، هنگام (H) و فارو B (FB) تجمع یافته‌اند دارای منشاء مهاجرت جانبی سازندهای Hanifa و Tuwaiq Mountain در قسمت شمالی عربستان سعودی و دریای ابوظبی است. مقادیر بالای سولفور (۳/۵ تا ۵٪) این ذخایر سنگین تاییدکننده این مطلب است.

یک چشمه نفتی می‌تواند برای تعیین زمان تجمع و منشاء نفت مورد استفاده قرار گیرد. در صخره‌های کنار پلاک نمک‌کوه خورموج، شرق بوشهر، دولایه سنگ آهک اشباع از بیتومن مشاهده می‌شود یکی ۱۰ متر در سازند سروک با سن سنومانین و دیگری ۵ متر در آسماری با سن میوسن ابتدایی. در هر دو مورد فضاهای خالی آهک‌های بیتومینه، با بیتومن پر شده و از بالا و پایین توسط آهک‌های متخلخل بدون بیتومن احاطه شده است.

مرز بین بیتومن‌ها و آهک‌های تمیز ناگهانی، خطی و موازی لایه‌های چینه‌شناسی است. توده نمک خورموج که موجب رخنمون پایین سنومانین شده، دارای رخساره‌های محیط کم عمق، جزیره‌ای را تشکیل می‌دهد که نمونه‌ای قدیمی از توده‌های نمک امروزی در خلیج فارس است.

## نواحی گاز خیز

بلندی‌های قدیمی زاگرس، مناطق گاز خیز امروزی هستند محل‌هایی که نفت و سپس گاز تجمع پیدا کرده است. پراکندگی میدان‌های گاز و لایه‌های نفتی با استفاده از ژئومتری لایه‌های کنگان و دالان قابل استنتاج است. ژئومتری این لایه‌ها با استفاده از یک سری نقشه‌های هم‌ضخامت از بالای کنگان تا بالای سازند میشان به دست می‌آید. گسترش میدان‌های گازی شناخته شده، چشمه‌های نفت، گاز و بیتومن، شواهدی برای اکتشاف منابع جدید هستند.

تاقدیس‌هایی که قرار گرفته در محل قدیمی تجمع گاز، دارای پتانسیل اکتشافی بوده و با شرایط زیر کاملاً پراز گاز هستند:

۱. دارای پتانسیل مخزنی خوبی باشد
۲. توسط سنگ پوشش موثر دشتک پوشیده شده باشد
۳. ساختار به اندازه کافی بزرگ و متقارن بدون دگرشیبی‌های

Gas Prospective Areas in the zagros Domain of Iran and in the Gulf Iranian Waters by M.L. Bordenave, Search and Discovery Article#10043 (2003)

