

مدل سازی فرآیند نفت زایی سنگ منشأ در مقاطع تراستی: مثالی از حوضه زاگرس

ارسلان زینلزاده^۱، سید رضا موسوی حرمی^{۱*}، محمد کسایی نجفی^۲ و مریم میرشاهانی^۲

۱- دانشکده علوم، گروه زمین شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

۲- پژوهشکده علوم زمین، واحد ژئوشیمی، پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۲۹

چکیده

فرآیند نفت زایی موجب تولید نفت از مواد آلی سنگها در طی میلیون ها سال می شود. نفت تولید شده پس از مهاجرت، در سنگ مخزن جمع شده و یک تجمع یا میدان نفتی را تشکیل می دهد. در این مطالعه با استفاده از روش مدل سازی حوضه، تاریخچه حرارتی در یک مقطع تراستی شبیه سازی شده و تاریخچه هیدروکربن زایی سنگ های منشأ بررسی شده است. در این مقاله، با استفاده از داده های چینه شناسی، زمین شناسی و ژئوشیمیایی و به کمک نرم افزار مدل سازی یک بعدی، تاریخچه تدفین و نفت زایی ترسیم شده است. میزان پختگی مواد آلی سازندها، وضعیت پنجره نفت زایی و گاز زایی و همچنین میزان کمی هیدروکربن زایی برای سنگ های منشأ پابده، کزدمی، گرو و سرگلو به دست آمده است. از داده های پختگی مواد آلی سازندها بر اساس انعکاس و پترینایت، جهت کنترل کیفی کار مدل سازی و اطمینان از درستی مدل، استفاده شده است. بر اساس این مطالعه، در مقطع تراستی، گسل موجب افزایش عمق و پختگی سنگ های منشأ و سرعت بخشیدن به فرآیند نفت زایی شده است. میزان تاثیر گسل تراستی هنگامی که سنگ منشأ به مرحله حداکثر نفت زایی نرسیده است، بیشتر خواهد بود. در صورتی که سنگ منشأ قبل از گسل خوردگی بخش عمده توان نفت زایی خود را از دست داده باشد، گسل تراستی تاثیری به مراتب کمتر در نفت زایی دارد.

کلمات کلیدی: مدل سازی یک بعدی حوضه، فرآیند نفت زایی، مقطع تراستی، کمربند زاگرس، سنگ های منشأ

مقدمه

می گردد. فرآیند نفت زایی^۱ از جمله فرآیندهای مهم در شکل گیری منابع هیدروکربنی است که در سنگی غنی از ماده آلی به نام سنگ منشأ رخ می دهد. این فرآیند در طی زمان زمین شناسی و در طول میلیون ها سال، رخ می دهد [۱ و ۲].

اکتشاف و تولید هیدروکربن در مناطق نفت خیز نیازمند مطالعاتی است که منجر به شناخت بهتری از چگونگی تولید، مهاجرت و تجمع منابع هیدروکربنی

وجود ذخیره اقتصادی هیدروکربن در بعضی از تاقدیس‌های جبهه کوهستانی زاگرس، از جمله میدان مختار [۱۰] در نزدیکی شهر یاسوج، (شکل ۱) لزوم انجام مطالعه بیشتر این منطقه را نمایان می‌سازد. هدف از این مطالعه، بررسی چگونگی فرآیند نفت‌زایی سنگ‌های منشأ در بخش‌های چین خورده کوهستانی زاگرس است. نقش و تأثیری که گسل‌های تراستی در فرآیند نفت‌زایی می‌توانند داشته باشند مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

مدل‌سازی حوضه، روشی برای بررسی فرآیندهای نفت‌زایی در حوضه‌های رسوبی است و بررسی این فرآیندها، نیازمند محاسبات زیادی می‌باشد. در نرم‌افزارهای مدل‌سازی، معادلات و تئوری‌ها به شکل یک برنامه ارائه شده و در مدت زمان کوتاه، می‌توان فرآیندهای رخ داده در میلیون‌ها سال را بازسازی کرد. نرم‌افزارهای مدل‌سازی و سخت‌افزارهای کامپیوتری پیشرفته، امکان انجام مطالعات مدل‌سازی حوضه‌های رسوبی را فراهم آورده است. در این زمینه مطالعات مختلفی در شرکت‌های نفتی با استفاده از نرم‌افزارهای یک بعدی، دو بعدی و سه بعدی انجام می‌شود. در سال‌های اخیر استفاده از روش مدل‌سازی حوضه رسوبی در بررسی میدان‌های نفتی خاورمیانه مورد توجه قرار گرفته است [۱۱-۱۵].

در این مطالعه، با استفاده از داده‌های موجود از تاقدیس بنگستان که در زاگرس مرتفع واقع است (شکل ۱)، چاهی فرضی^۱ دارای گسل تراستی یا غیر نرمال، شبیه‌سازی شده است (شکل ۲). نمودارهای تاریخچه نفت‌زایی سنگ‌های منشأ پابده، کزدمی، گرو و سرگلو روند تولید هیدروکربن و نقش گسل خوردگی در این فرآیند را نشان می‌دهد.

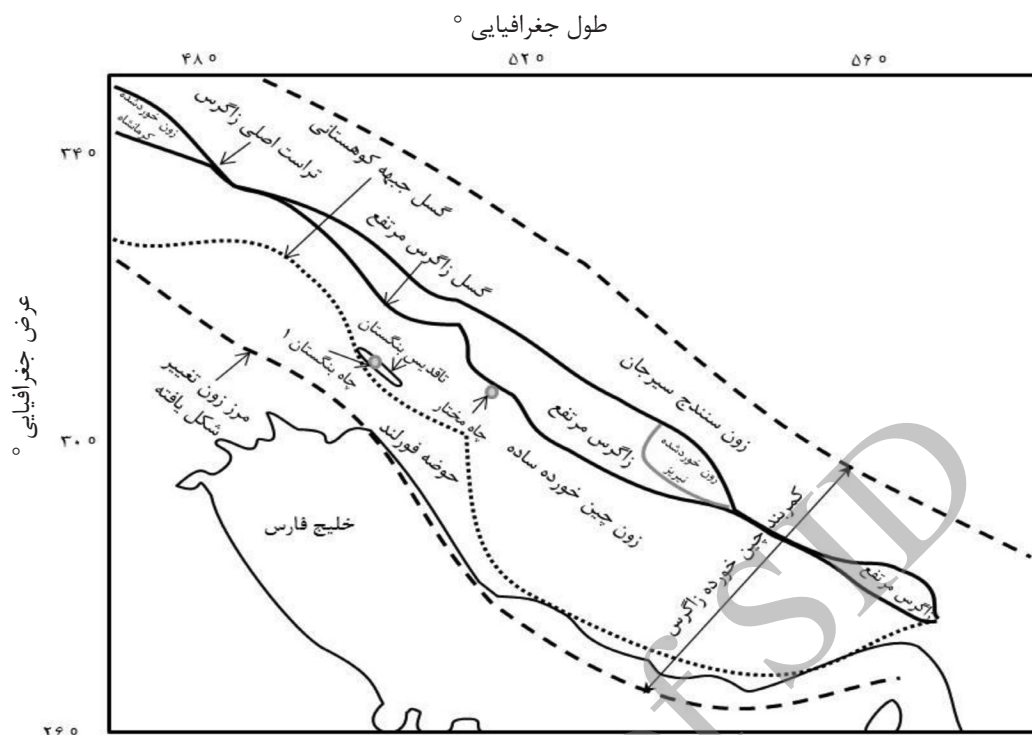
فرآیند نفت‌زایی، تحت تأثیر عوامل زیادی از جمله حرارت، زمان زمین‌شناسی، نوع مواد آلی و جنس سنگ‌ها است [۳ و ۴]. از اینرو جهت بررسی فرآیند نفت‌زایی، عوامل کمی و کیفی مختلفی در نظر گرفته می‌شود. پیچیدگی و حجم زیاد محاسبات این فرآیند، استفاده از نرم‌افزارها و روش‌های مدل‌سازی حوضه را اجتناب‌ناپذیر کرده است.

مطالعه فرآیند نفت‌زایی سنگ‌های منشأ زاگرس در قالب بررسی سیستم نفتی، مورد توجه شرکت‌ها و موسسات فعال در زمینه اکتشاف و تولید منابع هیدروکربنی قرار گرفته است. نتایج مطالعات انجام شده در زمینه سیستم‌های نفتی زاگرس در مقالات مختلفی منتشر شده است [۵-۸].

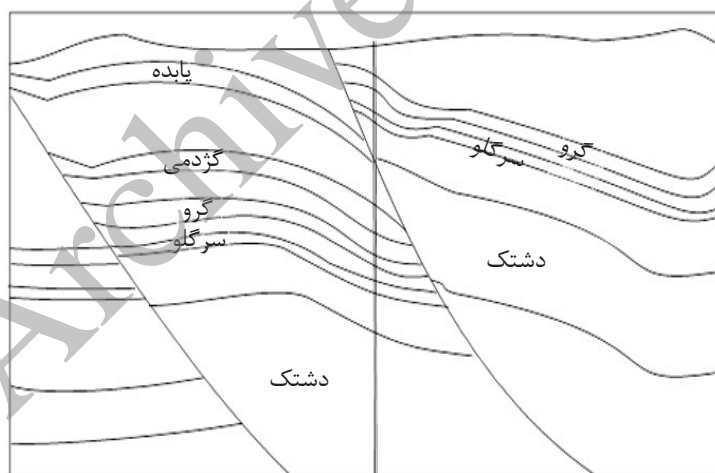
در کمربندهای چین‌خورده و تراستی، حدود ۱۴٪ منابع هیدروکربنی جهان ذخیره شده است که در این میان کمربند چین‌خورده و تراستی زاگرس ۸٪ این منابع را دارا است [۵ و ۹]. با توجه به نقش این مناطق زمین‌شناسی در تامین انرژی جهان، مطالعه و بررسی سیستم‌های نفتی آنها مورد توجه قرار گرفته است.

بخش‌هایی از زاگرس مانند فروافتادگی دزفول، بیشتر مورد توجه فعالیت‌های اکتشاف و تولید هیدروکربن بوده است [۸]. در مقابل در بخش‌های کوهستانی و تراستی زاگرس فعالیت کمتری انجام شده که دلایل متعددی می‌تواند داشته باشد. از آن جمله می‌توان به سختی فعالیت اکتشاف و تولید هیدروکربن در بخش کوهستانی زاگرس اشاره کرد که منابع هیدروکربنی کمتری را دارا است. به علت بهم‌ریختگی لایه‌ها در بخش‌های تراستی، انجام نمونه‌برداری و شناسایی لایه‌ها وقت و هزینه بیشتری نیاز دارد و ساختارهای سطحی و زیر سطحی تفاوت‌های زیادی با هم دارند. همچنین وجود گسل‌های متعدد باعث کاهش کیفیت پوش سنگ و تله‌های نفتی شده است.

1. Pseudowell



شکل ۱- بخش‌های ساختمانی کمربند چین خورده و تراستی زاگرس (تغییر یافته از [۶])



شکل ۲- مقطع شماتیک بازسازی شده

زمین‌شناسی منطقه

کمربند زاگرس با راستای شمال غرب - جنوب شرق حاصل سیستم کوه‌زایی آلپی-همیالیا است و در پی بسته شدن دریای تیتیس تشکیل شده است [۱۶ و ۱۷].

نتایج این مطالعه، دیدی کلی از چگونگی تولید هیدروکربن از سنگ‌های منشأ در بخش کوهستانی و تراستی زاگرس نشان می‌دهد و تفاوت‌های این بخش از زاگرس را با مناطقی مانند فروافتادگی دزفول آشکار می‌سازد. دست‌آوردهای این بررسی می‌تواند جهت مطالعات جامع اکتشافی مناطق کوهستانی زاگرس، مورد توجه قرار گیرد.

در بخش‌های گسل خورده، این چاه‌ها اغلب در برگیرنده تکرار شدگی سنگ‌های منشأ در بخش پایین دستی گسل‌های تراستی نیستند؛ لذا در اغلب موارد، جهت بررسی سنگ‌های منشأ با استفاده از روش‌های معمول، داده‌های کافی در دسترس نیست. در مدل‌سازی امکان بازسازی وضعیت‌های مختلف وجود دارد و با توجه به داده‌های موجود، فرآیند نفت‌زایی سنگ‌های منشأ در قسمت‌هایی بررسی می‌شود که دسترسی مستقیم به آن به علت عمق دفن زیاد امکان‌پذیر نیست.

در این مطالعه با استفاده از روش مدل‌سازی، فرآیند نفت‌زایی زون‌های سنگ منشأ در یک چاه فرضی، مورد بررسی قرار گرفته است. جهت این کار یک مقطع فرضی^۳ بازسازی شده (شکل ۲) و از داده‌های موجود از چاه بنگستان-۱ (شکل ۱)، شامل داده‌های ژئوشیمی و زمین‌شناسی استفاده شده است. تاقدیس بنگستان در حاشیه فروافتادگی دزفول واقع شده (شکل ۱) و شامل لایه‌های گدوان در بالا تا رسوبات با سن کرتاسه مربوط به سازند دشتک است. در این چاه در سازند دشتک گسل‌های تراستی شناسایی شده است [۲۴].

برای مدل‌سازی تاریخچه‌های تدفین و حرارتی، از داده‌های زمین‌شناسی و ژئوشیمیایی استفاده شده است. این داده‌ها شامل سن زمین‌شناسی سازندها [۲۵]، سنگ‌شناسی [۲۴]، گرادیان حرارتی، دمای لایه‌ها [۲۶]، عمق پی‌سنگ [۲۵] و داده‌های انعکاس ویتروینایت [۲۴] است.

با توجه به اینکه در مقاطع تراستی، لایه‌ها تکرار می‌شوند و روند افزایش سن با عمق، صدق نمی‌کند، بازسازی تاریخچه تدفین این مقاطع نسبت به وضعیت‌های معمول با محاسبات پیچیده‌تری همراه است.

کمربند زاگرس در سمت جنوب‌غرب ایران به خلیج فارس و در شمال‌شرق به زون دگرگونی-رسوبی سنندج-سیرجان محدود شده است (شکل ۱). برخورد صفحه عربی و ایرانی موجب تشکیل رسوبات ضخیم لایه و همچنین تغییر شکل لایه‌ها شده است که از محل برخورد به سمت جنوب غرب از شدت آن کاسته می‌شود [۱۸ و ۱۹]. این کمربند از شمال‌شرق به سمت جنوب‌غرب به چهار زون تقسیم شده است: زون دگرگونی سنندج-سیرجان، زون تراست‌های هم‌آغوش، کمربند چین‌خورده ساده، حوضه فورلند (شکل ۱) [۲۰ و ۲۱]. مرز جبهه کوهستانی زاگرس^۱ توسط توپوگرافی برجسته، مشخص شده و خط مشترک بین جبهه کوهستانی و حوضه فورلند است. زون تراستی و زاگرس مرتفع دارای گسل‌های متعدد تراستی است.

در طی نئوژن بر اثر کوه‌زایی زاگرس، چارچوب رسوبی منطقه تغییر کرده است [۲۲]. چین‌خوردگی موجب بالاآمدگی و فرسایش لایه‌ها در بخش کوهستانی زاگرس و تشکیل رسوبات هم‌زمان با کوه‌زایی^۲ سازند آجاجاری و بختیاری در بخش‌های پایین دست شده است [۲۳]. همچنین در بخش‌های کوهستانی گسل‌های تراستی در اثر فاز فشارشی کوه‌زایی زاگرس شکل گرفته است.

روش مطالعه

فرآیند نفت‌زایی یک جهت و برگشت ناپذیر است و با کاهش دما به حالت تعلیق در می‌آید. در مدل‌سازی، فرآیند نفت‌زایی شبیه‌سازی می‌شود و با استفاده از آن، کیفیت و کمیت فرآیند مشخص می‌شود، از جمله تاریخچه پختگی مواد آلی توسط مدل‌های حرارتی محاسبه می‌شود.

گسل‌های تراستی موجب تکرار شدگی و افزایش عمق لایه‌های بخش پایینی گسل می‌شود. از آنجا که چاه‌های نفتی حداکثر تا عمق ۴۰۰۰ الی ۵۰۰۰ m حفاری می‌شوند و وجود مشکلات حفاری

1. Mountain Front Flexure (MFF)
2. Synorogenic
3. Synthetic

بالایی، کاهش حدود ۲۰۰۰ m ضخامت مقطع و رخنمون یافتن سازند گدوان شده است.

جهت اطمینان از درستی روش مدل‌سازی و صحت داده‌های مورد استفاده، از داده‌های انعکاس ویترونیات استفاده شده است. تطابق خوبی بین نمودار تاریخچه پختگی محاسبه شده توسط مدل‌سازی و داده‌های انعکاس ویترونیات اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه، به‌دست آمده که نشان دهنده درستی نتایج حاصل از مدل است (شکل ۵).

در بخش بالایی گسل، سازند گدوان با پختگی ۰/۰۶٪ انعکاس ویترونیات در بالای لایه‌ها واقع شده و میزان پختگی همراه با عمق دفن افزایش یافته و به حدود ۰/۱۱٪ انعکاس ویترونیات برای سازند نیریز، افزایش پیدا کرده است (شکل ۵). سنگ‌های منشأ گرو و سرگلو در بخش بالای گسل در پنجره نفت‌زایی واقع شده‌اند. در مقایسه با پختگی سنگ‌های منشأ در فروافتادگی دزفول [۸]، سنگ‌های منشأ بخش بالایی، میزان پختگی کمتری دارند. که این می‌تواند به‌علت فرسایش بخشی از مقطع باشد.

میزان پختگی لایه‌ها در بخش پایینی گسل از ۰/۰۷٪ تا ۰/۲۲٪ انعکاس ویترونیات به ترتیب برای سازندهای گورپی تا دشتک، افزایش یافته است. سنگ منشأ پابده قبل از گسل خوردگی، وارد پنجره نفت‌زایی شده و اکنون سازند کژدمی در پنجره نفت‌زایی و سازندهای گرو و سرگلو در پنجره گاززایی واقع شده‌اند. وضعیت سنگ‌های منشأ در پنجره نفت‌زایی شبیه مناطق شمال شرق فروافتادگی دزفول است [۸]. همچنین سازندهای گرو و سرگلو در اکثر ناودیس‌های فروافتادگی دزفول و فارس شمالی در پنجره گاززایی قرار دارند [۱۵]. در این مطالعه عمق بالاتر دفن سنگ‌های منشأ در این مطالعه می‌تواند دلیل پختگی بالای سنگ‌های منشأ باشد.

در این مطالعه از نرم‌افزار مدل‌سازی یک بعدی GenTect، ارائه شده توسط مؤسسه نفت فرانسه^۱، استفاده شده است. این نرم‌افزار دارای قابلیت مدل‌سازی حرارتی وضعیت‌های پیچیده و گسل خورده است. وضعیت پختگی و رانش نفت^۲ از سنگ‌های منشأ پابده، کژدمی، گرو و سرگلو محاسبه شده است. شروع و پایان پنجره نفت‌زایی به ترتیب مطابق با ۰/۶۵٪ و ۰/۱٪ انعکاس ویترونیات در نظر گرفته شده [۲۸] و میزان پختگی سازندها با روش Easy Ro محاسبه شده است.

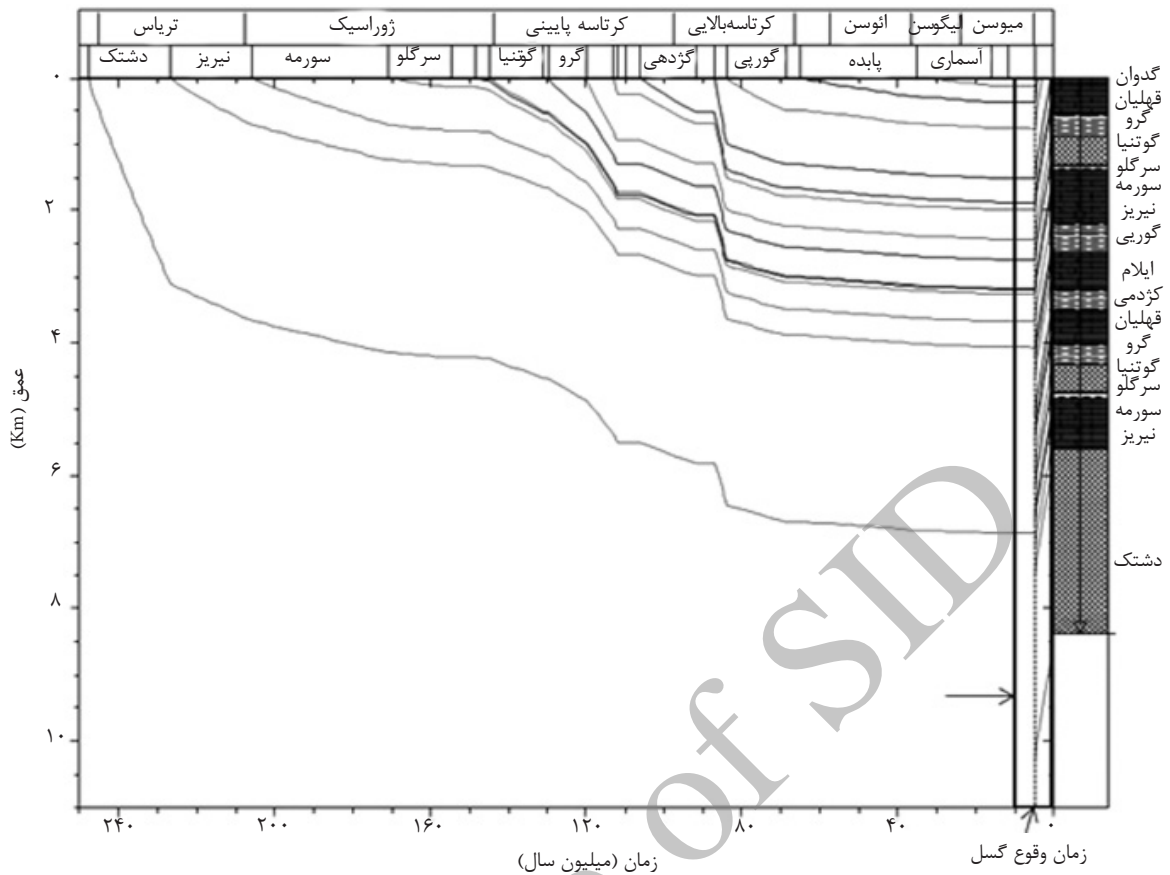
در چاه بنگستان-۱ لایه‌های بالای سازند گدوان فرسایش یافته است. براساس داده‌های انعکاس ویترونیات مقدار ضخامت حذف شده بر اثر فرسایش ۲۰۰۰ m در نظر گرفته شده است. این مقدار فرسایش با مطالعات قبلی انجام شده در زاگرس مطابقت دارد [۲۹].

زمان بالآمدگی صفحه ایران ۱۲ تا ۱۵ میلیون سال پیش در نظر گرفته شده است [۱۶]. از آن زمان حوضه زاگرس تحت نیروهای فشارشی و گسل‌های تراستی قرار گرفته است. در چاه فرضی مورد مطالعه، گسل تراستی در سازند دشتک با سن ۵ میلیون سال پیش در نظر گرفته شده که بعد از این زمان فرسایش لایه‌های بیرون زده رخ داده است.

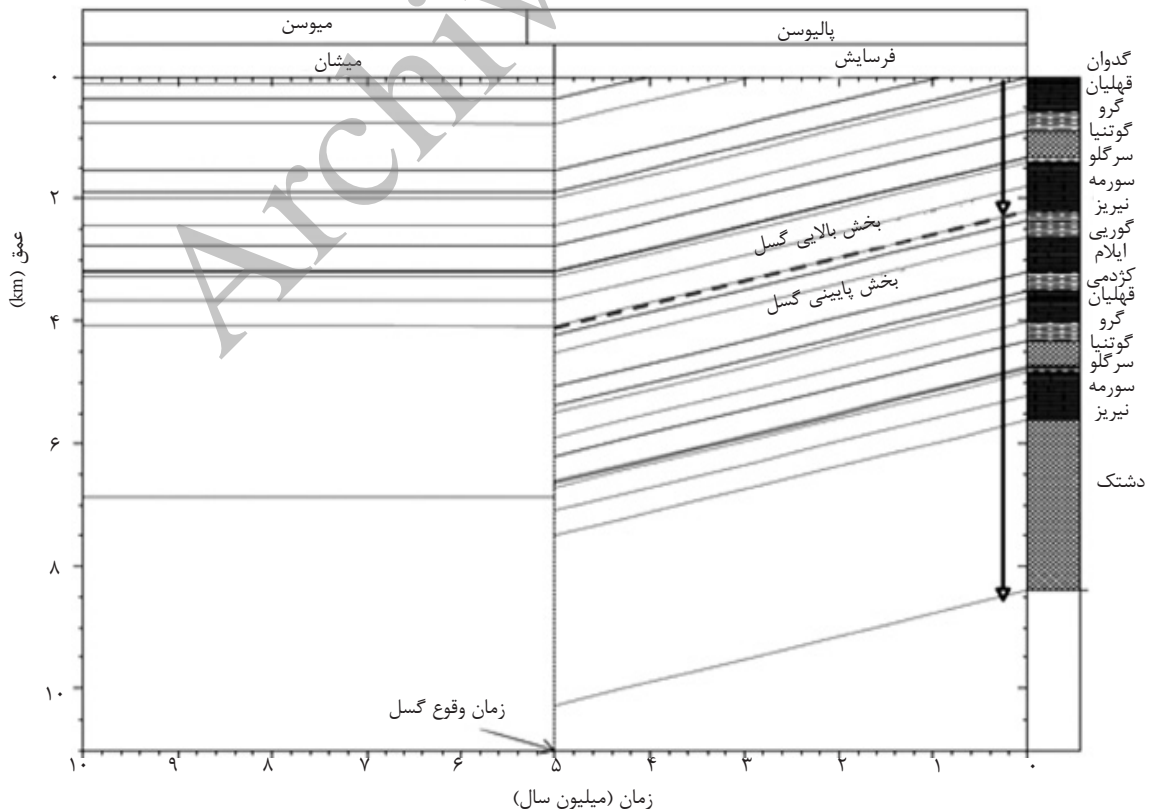
مدل‌سازی حرارتی

تاریخچه تدفین مدل‌سازی شده برای چاه فرضی نشان می‌دهد که گسل خوردگی در ۵ میلیون سال پیش رخ داده است (شکل‌های ۳ و ۴). گسل تراستی موجب شده سازندهای گورپی تا سازند دشتک در زیر سازند نیریز واقع شود. گسل خوردگی موجب دفن شدن سطح پایینی سازند دشتک تا عمق حدود ۱۰۲۰۰ m شده است (شکل ۴) سپس هم‌زمان با گسل‌یافتگی (۵ میلیون سال پیش) فرسایش لایه‌ها در سطح زمین شروع شده و تا زمان حال ادامه داشته است. فرسایش موجب حذف لایه‌های

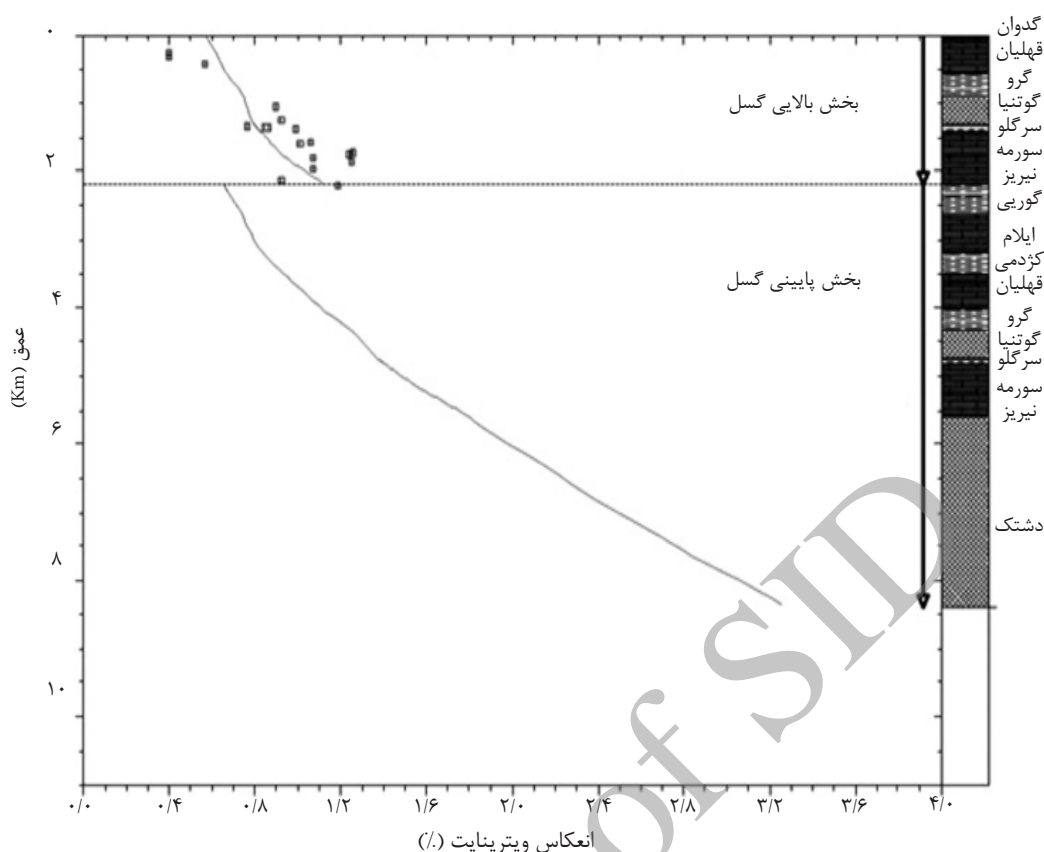
1. IFP
2. Expulsion



شکل ۳- تاریخچه تدفین مقطع مورد مطالعه



شکل ۴- تاریخچه تدفین مقطع مورد مطالعه از ۱۰ میلیون سال پیش تا زمان حال



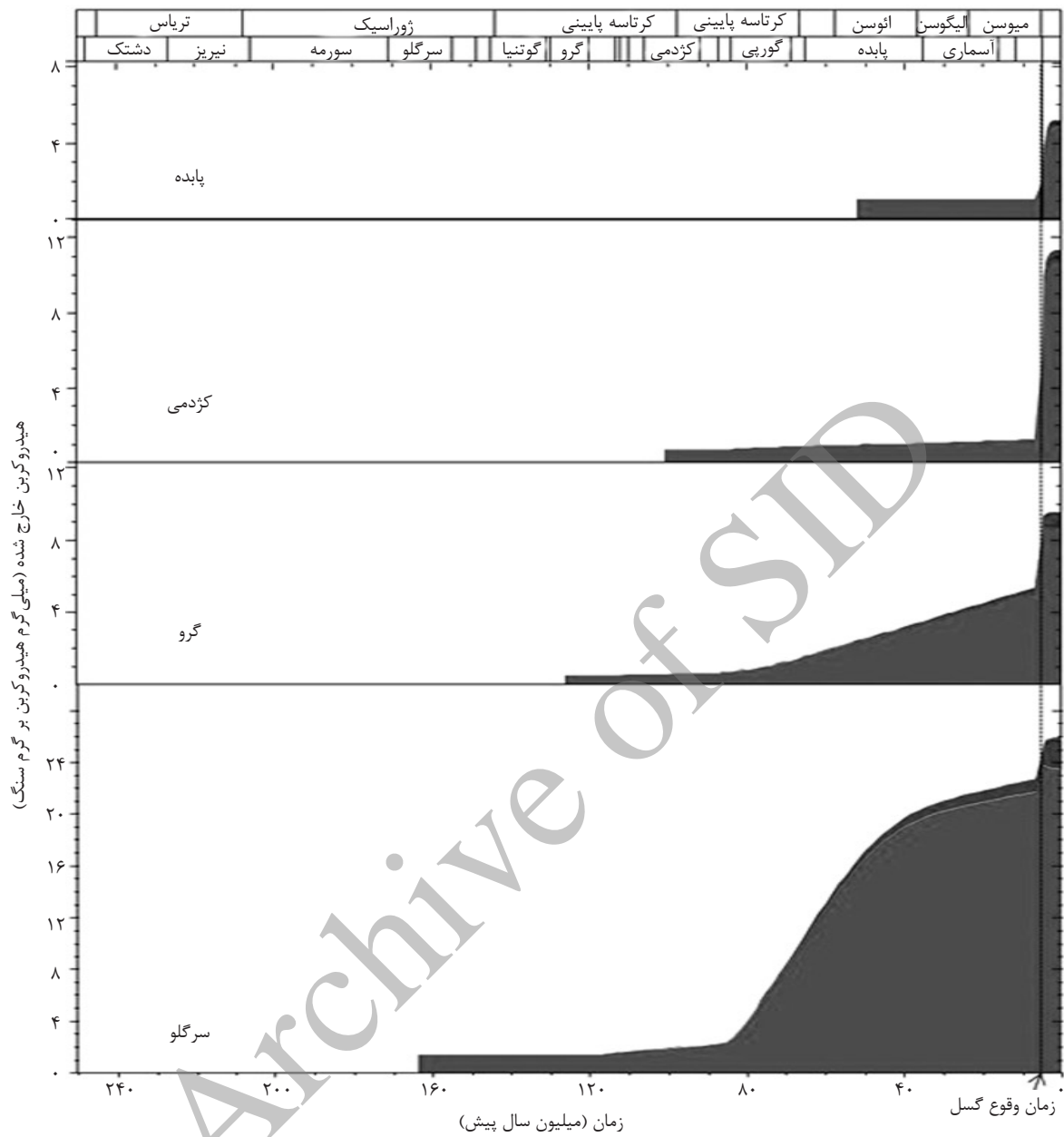
شکل ۵- نمودار میزان پختگی محاسبه شده و میزان پختگی به دست آمده در آزمایشگاه و داده های انعکاس ویترنایت [۲۴]

تاریخچه هیدروکربن زایی به دست آمده از بخش پایین دستی گسل، نشان دهنده تاثیر رخ داد گسل در کمیت نفت زایی سنگ های منشأ است (شکل ۸). سنگ منشأ سرگلو در کرتاسه بالایی تا ائوسن بخش عمده ای از توان هیدروکربن زایی خود را از دست داده است. با گسل خوردگی جهشی در میزان هیدروکربن زایی رخ داده میزان پختگی بالا موجب شده، کمیت قابل توجهی از هیدروکربن تولیدی از این سازند به شکل گاز باشد.

سنگ منشأ گرو در کرتاسه بالایی شروع به نفت زایی کرده (حدود ۱۲۰ میلیون سال پیش) که تا زمان حال ادامه داشته است و افزایش ناگهانی در میزان هیدروکربن زایی این سازند بعد از گسل خوردگی (حدود ۵ میلیون سال پیش) و افزایش عمق تدفین رخ داده است. تاریخچه هیدروکربن زایی سنگ های منشأ پابده و کژدمی نیز یک افزایش ناگهانی در ۵ میلیون سال پیش نشان می دهد (جدول ۱).

در شکل ۶ سنگ های منشأ چاه فرضی مورد مطالعه همراه با میزان هیدروکربن زایی بر حسب میلی گرم هیدروکربن بر گرم سنگ منشأ، دیده می شود. گسل تراستی موجب تکرار شدن سنگ های منشأ در بخش پائین دستی گسل شده است. میزان هیدروکربن زایی سرگلو در دو بخش بالادستی و پایین دستی گسل دارای تفاوت ۵ میلی گرم هیدروکربن بر گرم سنگ است. به علت عمق تدفین بیشتر در بخش پایین دستی گسل، میزان هیدروکربن زایی در این بخش بیشتر است. تفاوت میزان هیدروکربن زایی در این بخش ها به مقدار ماده آلی اولیه و پختگی آنها بستگی دارد.

تاریخچه پختگی سنگ های منشأ نشان می دهد که سازند سرگلو و گرو در کرتاسه بالایی و سازند کژدمی در الیگوسن وارد پنجره نفت زایی شده اند (شکل ۷). هم زمان با وقوع گسل، سازندهای سرگلو و گرو با افزایش میزان پختگی وارد پنجره گاز زایی شده اند.



شکل ۸- نمودار میزان خروج هیدروکربن از سنگ های منشأ در بخش پایینی گسل

جدول ۱- میزان هیدروکربن زایی سنگ های منشأ قبل و بعد از گسل خوردگی

درصد هیدروکربن زایی بعد از گسل خوردگی	میزان هیدروکربن زایی (میلی گرم هیدروکربن بر گرم سنگ)			سنگ منشأ
	کل	بعد از وقوع گسل	قبل وقوع گسل	
۱۲	۲۶	۳	۲۳	سرگلو
۳۵	۸/۵	۳	۵/۵	گرو
۹۲	۱۲	۱۱	۱	کژدمی
۸۰	۵	۴	۱	پابده

نتیجه گیری

ویترینایت رسیده که قبل از مرحله حداکثر نفت زایی است. این افزایش پختگی منجر به ۸۰٪ کل هیدروکربن زایی این سازند شده است.

با توجه به نتایج این مطالعه، گسل تراستی می تواند موجب تکرار شدن و افزایش عمق تدفین لایه های سنگ منشأ در مدت زمان کم زمین شناسی شده که این افزایش عمق تدفین همراه با افزایش ناگهانی پختگی سنگ های منشأ خواهد بود. میزان تاثیر این افزایش پختگی بر فرآیند نفت زایی سنگ منشأ، بستگی به وضعیت سنگ منشأ در پنجره نفت زایی دارد. در صورتی که قبل از وقوع گسل تراستی، سنگ منشأ در ابتدای پنجره نفت زایی باشد، افزایش عمق دفن حاصل از گسل می تواند موجب حداکثر نفت زایی را موجب شود. در چاه فرضی مورد مطالعه فرآیند نفت زایی سازند کژدمی بیش از سایر سنگ های منشأ تحت تاثیر گسل خوردگی قرار گرفته است. به دلیل اینکه، این سنگ منشأ قبل از گسل خوردگی در مراحل ابتدایی نفت زایی بوده و با افزایش عمق حاصل از گسل به مرحله حداکثر نفت زایی رسیده است.

با توجه به نتایج این مطالعه و تاثیری که گسل تراستی می تواند در فرآیند نفت زایی سنگ های منشأ داشته باشد، انجام بررسی جامع فرآیند نفت زایی در مناطق تراستی نیازمند در نظر گرفتن وقوع گسل خوردگی در مدل سازی حوضه است.

عوامل متعددی از جمله بهم ریختگی لایه ها، عمق زیاد سنگ های منشأ و مشکلات حفاری موجب شده انجام مطالعات مرتبط با اکتشاف و تولید در مناطقی که تحت تاثیر گسل های تراستی واقع شده اند با مشکلات بیشتری نسبت به مناطق چین خورده ساده، همراه باشد. لذا داده ها و منابع کمتری در این زمینه منتشر شده است. روش مدل سازی حوضه و در نظر گرفتن چاه یا برش فرضی راه حلی است که در مطالعات منتشر شده [۳۰ و ۳۱] استفاده شده است.

بررسی آماری نتایج حاصل در این مطالعه نشان می دهد، میزان هیدروکربن زایی سازند سرگلو بعد از گسل خوردگی ۱۲٪ کل نفت زایی این سازند است (جدول ۱). این مقدار برای سنگ های منشأ گرو و کژدمی بیشتر است و به ترتیب ۳۵٪ و ۹۰٪ می رسد. در حالی که درصد هیدروکربن برای سازند پابده، حدود ۱۰٪ کمتر از سازند کژدمی است. بنابراین بخش عمده ای از نفت زایی سازندهای کژدمی و پابده بعد از افزایش عمق حاصل از گسل رخ داده است. این افزایش عمق باعث شده سازند کژدمی وارد مرحله حداکثر نفت زایی (میزان پختگی ۰/۸٪ انعکاس ویترینایت (شکل ۷) شود. بنابراین نسبت به سایر سازندها درصد بیشتری از نفت زایی آن بعد از گسل خوردگی رخ داده است. سنگ منشأ پابده بعد از گسل خوردگی از پختگی ۰/۳٪ به ۰/۷٪ انعکاس

مراجع

- [1]. Hunt J. M., "Petroleum Geochemistry and Geology," 2nd ed, W. H. Freeman, 1995.
- [2]. Magoon L. B. and Dow W. G., "The Petroleum System, from Source to Trap," AAPG memoir 60, pp. 655, 1994.
- [3]. Hantschel T. and Kauerauf A. I., "Fundamentals of basin and petroleum systems modeling," Springer, pp. 476, 2009.
- [4]. Beaumont E. A. and Foster N. H., "AAPG Treatise of Petroleum Geology," Handbook of Petroleum Geology, AAPG, pp.1150, 2000.
- [5]. Bordenave M. L., "Petroleum systems and distribution of the oil and gas fields in the iranian part of the zagros foldbelt," Hydrocarbon Exploration in the Zagros Mountains of Iraqi Kurdistan and Iran Conference, The Geological Society, London, 2013.

- [6]. Tavakoli Shirazi S., "The geology of the high zagros (Iran) tectonic and thermal evolution during the paleozoic," Ph. D. Thesis, Université de Cergy-Pontoise, France, 2012.
- [7]. Alizadeh B., Sarafdokht H., Rajabi M., Opera A. and Janbaz M., "Organic geochemistry and petrography of Kazhdumi (Albian–Cenomanian) and Pabdeh (Paleogene) potential source rocks in southern part of the Dezful Embayment," Iran, Organic Geochemistry, Vol. 49, pp. 36-46, 2012.
- [8]. Bordenave M. L. and J. A. Hegre, "Current distribution of oil and gas fields in the Zagros Fold Belt of Iran and contiguous offshore as the result of the petroleum systems," In: P. Leturmy and C. Robin (Editors), Tectonic and Stratigraphic Evolution of Zagros and Makran During the Mesozoic-Cenozoic: Special Publication 330. Geological Society, London, Special Publications, pp. 291-353, 2010.
- [9]. Cooper M., "Structural style and hydrocarbon prospectivity in fold and thrust belts: a global review," Geological Society, London, Special Publications, Vol. 272, pp. 447-472, 2007.
- [10]. Bosold A., Schwarzhans W., Julapour A., Ashrafzadeh A. R. and Ehsani S. M., "The structural geology of the High Central Zagros revisited (Iran)," Petroleum Geoscience, Vol. 11, pp. pp. 225-238, 2005.
- [11]. Shariatinia Z., Haghghi M., Feiznia S., Alizai A. H. and Levresse G., "Hydrocarbon migration in the Zagros Basin, offshore Iran, for understanding the fluid flow in the Oligocene–Miocene carbonate reservoirs," Russian Geology and Geophysics, Vol. 54, pp. 64-81, 2013.
- [12]. Pitman J. K. et al., "Assessment of undiscovered conventional oil and gas resources of the Arabian Peninsula and Zagros Fold Belt," U.S. Geological Survey, pp. 4, 2012.
- [13]. Abeed Q., Leythaeuser D. and Littke R., "Geochemistry, origin and correlation of crude oils in Lower Cretaceous sedimentary sequences of the southern Mesopotamian Basin, southern Iraq," Organic Geochemistry, Vol. 46, pp. 113-126, 2012.
- [14]. Bashari A., "Thermal history reconstruction in the Soroosh and Nowrooz fields, Persian Gulf, based on apatite fission track analysis and vitrinite reflectance data," Journal of Petroleum Geology, Vol. 31, pp. 153-165, 2008.
- [15]. Rudkiewicz J., Sherkati S. and Letouzey J., "Evolution of Maturity in Northern Fars and in the Izeh Zone (Iranian Zagros) and Link with Hydrocarbon Prospectivity," In: O. Lacombe, F. Roure, J. Lavé and J. Vergés (Editors), Thrust Belts and Foreland Basins. Frontiers in Earth Sciences. Springer Berlin Heidelberg, pp. 229-246, 2007.
- [16]. Mouthereau F., Lacombe O. and Vergés J., "Building the Zagros collisional orogen: Timing, strain distribution and the dynamics of Arabia/Eurasia plate convergence," Tectonophysics, Vol. 532–535, pp. 27-60, 2012.
- [17]. Frizon de Lamotte D. et al., "The southernmost margin of the Tethys realm during the Mesozoic and Cenozoic: Initial geometry and timing of the inversion processes," Tectonics, Vol. 30, TC3002.
- [18]. Berberian M., "Master "blind" thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface morphotectonics," Tectonophysics, Vol. 241, pp. 193-224, 1995.
- [19]. Alavi M., "Tectonics of the Zagros orogenic belt of iran: new data and interpretations," Tectonophysics, Vol. 229, pp. 211-238, 1994.
- [20]. Colman-Sadd S. P., "Fold development in Zagros simply folded belt, Southwest Iran," AAPG Bulletin, Vol. 62, pp. 984-1003, 1978.

- [21]. Falcon N. L., "Southern Iran: Zagros mountains," Geological Society, London, Special Publications, Vol. 4, pp. 199-211, 1974.
- [22]. Bahroudi A. and Koyi H. A., "Tectono-sedimentary framework of the Gachsaran Formation in the Zagros foreland basin," Marine and Petroleum Geology, Vol. 21, pp. 1295-1310, 2004.
- [23]. Pirouz M., Simpson G. Bahroudi A. and Azhdari A., "Neogene sediments and modern depositional environments of the Zagros foreland basin system," Geological Magazine, Vol. 148, pp. 838-853, 2011.
- [24]. Burwood R., "Well Bangestan-1 source rock potential evaluation and characterisation," Oil Service Company of Iran, Unpub, 1978.
- [25]. Koop W. J. and Orbell G., "Regional chronostratigraphic thickness and facies distribution maps of SW Iran Area (Permian and younger)," Oil Service Company of Iran, Report Number 1269, 1977.
- [26]. Orbell G., "Geothermal gradient map," Oil Service Company of Iran, Drawing No. 327091, 1977.
- [27]. Koop W. J., "Basement depth map," Oil Service Company of Iran, Drawing No. 32661.
- [28]. Sweeney, J. and A.K. Burnham, "Evaluation of a simple model of vitrinite reflectance based on chemical kinetics," AAPG Bulletin, Vol. 74, pp. 1559-1570, 1990.
- [29]. Bordenave M. L. and Hegre J. A., "The influence of tectonics on the entrapment of oil in the Dezful Embayment, Zagros foldbelt, Iran," Journal of Petroleum Geology, Vol. 28, pp. 339-368, 2005.
- [30]. Husson L. and Moretti I., "Thermal regime of fold and thrust belts—an application to the Bolivian sub Andean zone," Tectonophysics, Vol. 345, pp. 253-280, 2002.
- [31]. Parra M. et al., "The Monagas fold-thrust belt of eastern venezuela. part I: structural and thermal modeling," Marine and Petroleum Geology, Vol. 28, pp. 40-69, 2011.

Archive of SID