

ژئوشیمی آلی، بلوغ حرارتی و پتانسیل هیدروکربن‌زایی سازند گورپی، ازگله، شمال غرب کرمانشاه

بهروز رفیعی^{۱*}، مصطفی اربابی^۲، حسن محسنی^۱ و مسعود بیاتی^۲

۱- دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان

۲- کارشناس ارشد زمین‌شناسی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان

۳- دانشجوی دکترای زمین‌شناسی مهندسی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان

* b_rafi@basu.ac.ir

دریافت: ۹۱/۶/۱۲ پذیرش: ۹۲/۳/۸

چکیده

جهت بررسی پتانسیل هیدروکربن‌زایی و بلوغ حرارتی سازند گورپی در محل تونل آبرسانی نوسود، منطقه ازگله هشت نمونه مورد آنالیز پیرولیز راک-اول قرار گرفتند. نتایج نشان داد که مواد آلی این سازند اغلب از نوع کروژن تیپ III و II/III می‌باشند. سازند گورپی در ناحیه مورد مطالعه از لحاظ بلوغ حرارتی یک سنگ منشا بالغ بوده و به مرحله کاتائز (نفت‌زایی) رسیده است. انعکاس ویترنیت بیش‌تر نمونه‌ها نیز بین ۱/۳ تا ۱/۵ می‌باشد که خود بیان‌گر ورود سازند گورپی به مرحله کاتائز بوده و توانایی تولید مقادیری هیدروکربن مایع را دارد. بر اساس شاخص‌های HI و T_{max} ، این سازند از لحاظ پتانسیل ژنتیکی یک سنگ منشا مناسب تا نسبتاً خوب بوده و کروژن موجود در آن در صورت رسیدن به بلوغ مناسب توانایی تولید گاز را خواهد داشت. نمودار تعیین رخساره آلی نیز نشان دهنده رخساره آلی CD برای این سازند بوده که نشانگر شرایط رسوبی اکسیدان تا نیمه اکسیژن‌دار برای این سازند می‌باشد. نتایج آنالیز راک-اول نشان می‌دهند که رسوبات این سازند در مرحله سطح پایین آب (LST) بر جای گذاشته شده‌اند. نتایج آنالیز XRD نشان می‌دهد که کلسیت کانی اصلی تشکیل دهنده نمونه‌ها بوده و کوارتز و پیریت در برخی از نمونه‌ها دیده می‌شود. کانی‌های رسی کائولینیت و ایلیت در نمونه‌های مورد مطالعه مشاهده نشده‌اند.

واژه‌های کلیدی: سازند گورپی، ژئوشیمی آلی، پتانسیل هیدروکربن‌زایی، منطقه ازگله، استان کرمانشاه

مقدمه

زاگرس انجام شده است. از جمله این مطالعات می‌توان به مطالعات [۱، ۳، ۴ و ۵] اشاره کرد. تونل انتقال آب نوسود در غرب ایران یکی از طرح‌های در حال اجرا جهت تأمین انتقال آب به دشت‌های گرمسیری می‌باشد. طول این تونل بالغ بر ۵۷ کیلومتر بوده که از نظر زمین‌شناسی در میان سازندهای گورپی و گرو در زون زاگرس چین‌خورده حفاری می‌شود. حین حفاری تونل از میان سازندهای گرو و گورپی، حجم زیادی از گازهای متان، دی‌اکسید و مونواکسیدکربن و سولفید هیدروژن به داخل تونل نشت کرده که علاوه بر کاهش سرعت حفاری، تلفات جانی نیز در پی داشته است. به همین دلیل و به منظور شناخت منشأ این گازها، هر دو سازند گرو و گورپی در مسیر تونل باید مورد مطالعه قرار گیرند. هدف از این پژوهش بررسی پتانسیل هیدروکربن‌زایی سازند گورپی با استفاده از مطالعات ژئوشیمیایی در منطقه ازگله، شمال

امروزه ژئوشیمی نفت با استفاده از نظریات و روش‌های مختلف ژئوشیمیایی بسیاری از مسایل نفتی و به‌ویژه شناخت سنگ منشأ را مورد مطالعه قرار می‌دهد [۱۲ و ۱۶]. به منظور بررسی پتانسیل سنگ منشأ از روش‌های ژئوشیمیایی و ایتیکی متعددی استفاده می‌شود. بهترین و دقیق‌ترین روش، روش استفاده از دستگاه پیرولیز راک-اول می‌باشد. از مزایای این روش مدت زمان کوتاه انجام آن است که طی آن می‌توان تعداد زیادی نمونه را آنالیز نمود [۱۷]. این روش هم‌چنین اطلاعات مفیدی راجع به رخساره‌های زیستی، وضعیت محیط ته‌نشینی از لحاظ شرایط اکسیداسیون و احیا و نیز مهاجرت هیدروکربون‌ها از سنگ منشأ ارائه می‌دهد [۱۰]. حوضه رسوبی زاگرس از دیرباز مورد توجه بسیاری از پژوهشگران بوده است. مطالعات ژئوشیمیایی بسیاری بر روی سازند گورپی و دیگر سازندهای دارای پتانسیل سنگ منشأ در حوضه رسوبی

بعضی موارد توسط رسوبات آبرفتی پوشیده شده و مرز زیرین آن سنگ‌های آهکی سازند گرو می‌باشد. لیتولوژی سازند گورپی در منطقه مورد مطالعه عمدتاً سنگ‌های آهکی تیره رنگ با شکستگی‌های ریز و فراوان می‌باشد. بر اساس سنگواره‌های میکروسکوپی سن سازند گورپی در منطقه مورد مطالعه کرتاسه‌ی بالایی می‌باشد [۲].

مواد و روش‌ها

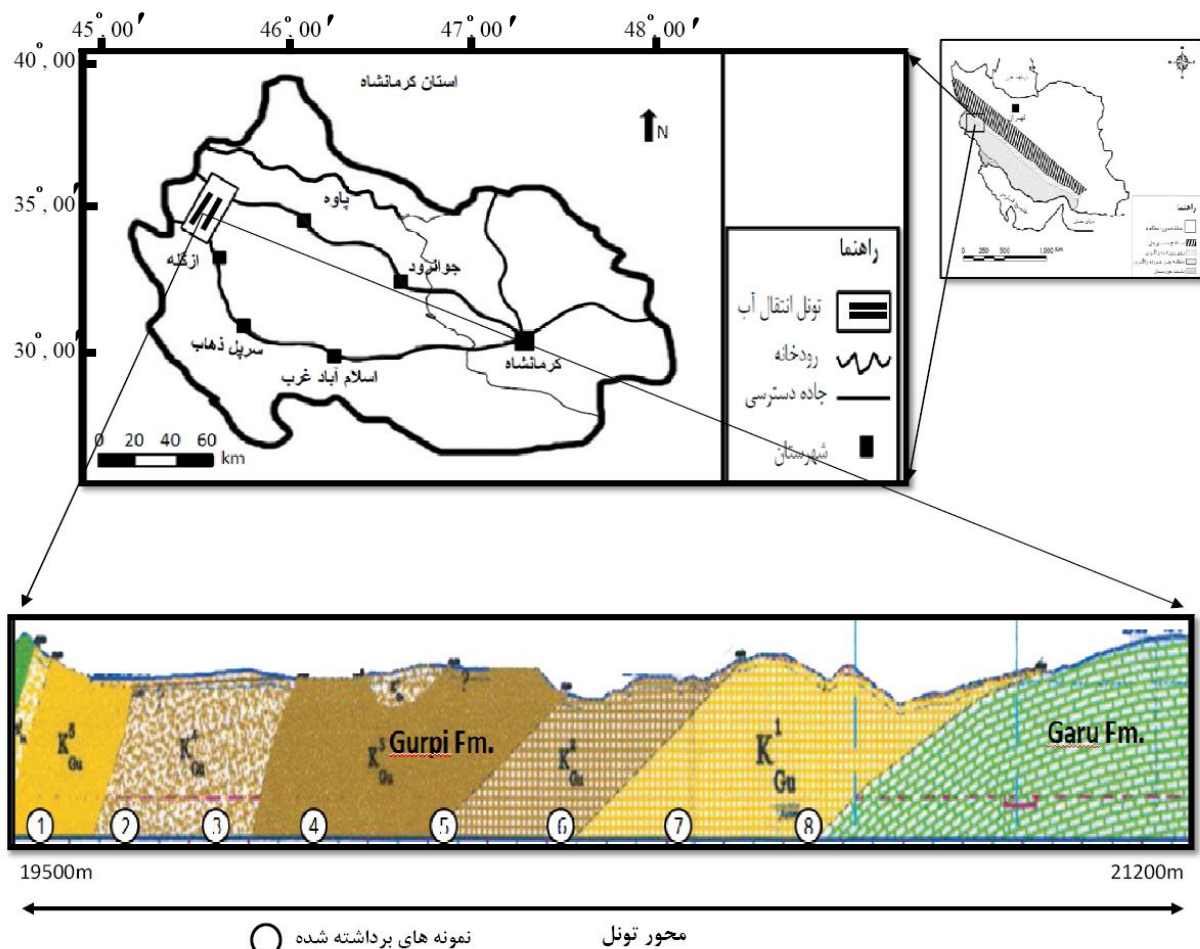
نمونه‌برداری

تعداد ۸ نمونه سالم و دست نخورده به فواصل منظم در حین حفاری تونل و در محل‌هایی که تونل سازند گورپی را قطع نموده است (عمدتاً در فواصل بین ۱۹۵۰۰ تا ۲۱۲۰۰ متری تونل که مرز زیرین سازند گورپی به خوبی نمایان است) در راستای محور تونل برداشت شده است. این نمونه‌ها به سرعت بسته‌بندی شده و به آزمایشگاه منتقل گردیده است. موقعیت این نمونه‌ها بر روی ستون چینه‌شناسی مسیر تونل نشان داده شده است (شکل ۲).

غرب کرمانشاه، می‌باشد. همچنین رخساره آلی و سیستم تراکت در سازند گورپی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از این مطالعه نقش سازند گورپی در تولید این گازها را مشخص خواهد کرد.

موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی منطقه

منطقه مورد مطالعه در محدوده شهرستان ازگله، شمال غرب کرمانشاه، واقع شده است. این منطقه بیش‌تر کوهستانی بوده و از لحاظ آب و هوایی دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم می‌باشد. برش مورد مطالعه در واقع در راستای مسیر تونل انتقال آب نوسود می‌باشد که مختصات جغرافیایی ورودی آن عرض شمالی $34^{\circ} 11' 20''$ و طول شرقی $49^{\circ} 32' 45''$ است (شکل ۱). محدوده نمونه‌برداری بخشی از زون زاگرس و در محدوده زاگرس چین‌خورده قرار دارد. سازندهای گورپی و گرو در منطقه رخنمون دارند و تونل نوسود این سازندها را قطع کرده و امکان دسترسی به نمونه‌های تازه و سالم را فراهم نموده است. مرز بالایی سازند گورپی فرسایشی بوده و در



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه. برش ارائه شده نشان‌دهنده سازندهای موجود در مسیر تونل انتقال آب و اعداد، شماره نمونه‌ها می‌باشد.

نمونه‌ها در دانشگاه بوعلی‌سینا همدان توسط دستگاه
 Italstructures (Cu α , 40kV, 30mA) آنالیز شده‌اند.

نتایج

آنالیز پیرولیز راک - اول

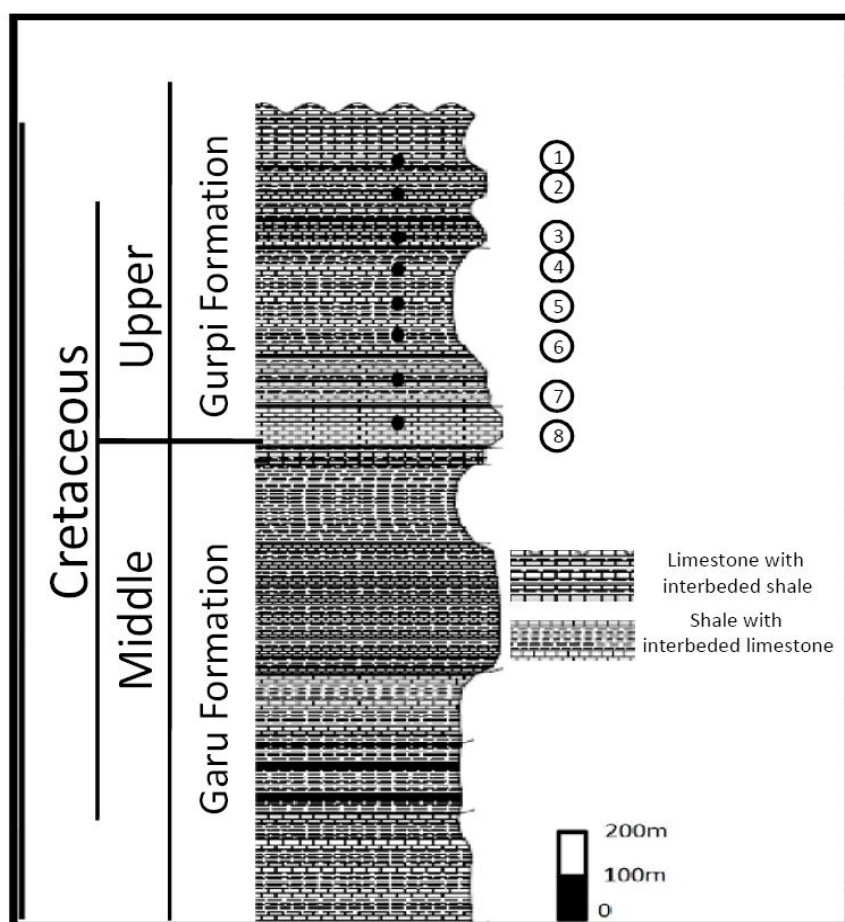
با استفاده از دستگاه پیرولیز راک- اول پارامترهای S_1 (هیدروکربن آزاد شده در درجه حرارت ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد بر حسب mg HC/g rock), S_2 (هیدروکربن آزاد شده در درجه حرارت ۳۰۰ تا ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد بر حسب mg HC/g rock), S_3 (دی‌اکسیدکربن تولید شده در درجه حرارت ۳۰۰ الی ۳۹۰ درجه سانتی‌گراد بر حسب $\text{mg CO}_2/\text{g rock}$), S_1+S_2 (پتانسیل زایشی بر حسب mg HC/g rock), HI (شاخص هیدروژن نسبت S_2/TOC بر حسب mg HC/g TOC) و $T_{\max}$ (بیشینه مقدار حرارتی که در آن کروژن تجزیه می‌شود) محاسبه شده است. (جدول ۱).

آنالیز پیرولیز راک - اول

در روش آنالیز پیرولیز راک- اول حدود ۱۰۰ میلی‌گرم نمونه سنگ (پودر شده) در شرایط اتمسفر هلیوم در ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ دقیقه حرارت داده می‌شود. سپس دما با فواصل ۲۵ درجه سانتی‌گراد در هر دقیقه تا ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد [۱۴]. در این پژوهش ۵۰ گرم پودر از هر نمونه سنگی متعلق به سازند گورپی به پژوهشگاه صنعت نفت ارسال گردید تا با دستگاه پیرولیز راک- اول مدل ۶ از لحاظ پتانسیل هیدروکربن‌زایی مورد ارزیابی قرار گیرد.

آنالیز XRD

به منظور تشخیص کانی‌های تشکیل‌دهنده نمونه‌های متعلق به سازند گورپی، از میان ۸ نمونه برداشت شده تعداد ۵ نمونه پودری مورد آنالیز XRD قرار گرفته است.



شکل ۲. ستون چینه‌شناسی مسیر تونل (متراژ ۱۹۵۰۰ تا ۲۱۲۰۰ متری تونل). موقعیت نمونه‌های برداشته شده (نقاط سیاه‌رنگ) و شماره آن‌ها (اعداد داخل دوایر) نیز روی شکل نشان داده شده‌اند.

جدول ۱. نتایج آنالیز پیرولیز راک- اول سازند گورپی در منطقه مورد مطالعه. شاخص‌های آماری بیشینه (max)، کمینه (min)، میانگین (mean) و انحراف معیار (SD) نیز نمایش داده شده است. (S_1 و S_2 برحسب mg HC/g rock ، S_3 برحسب $\text{mg CO}_2/\text{g rock}$)

Number	S_1	S_2	S_3	Tmax ($^{\circ}\text{C}$)	HI (mg HC/g TOC)	OI ($\text{mg CO}_2/\text{g TOC}$)	TOC (Wt%)
1	0.19	0.10	0.00	452	36	0.00	0.27
2	0.52	0.06	0.00	450	22	0.00	0.27
3	0.90	0.58	0.00	474	44	0.00	1.33
4	0.96	0.87	0.00	452	99	0.00	0.88
5	0.63	0.45	0.00	474	47	0.00	0.95
6	0.85	0.97	0.00	473	55	0.00	1.87
7	0.65	0.63	0.00	450	106	0.00	0.59
8	1.09	1.27	0.00	454	113	0.00	1.12
Max	1.09	1.27	0.00	474	113	0.00	1.87
Min	0.19	0.10	0.00	450	22	0.00	0.27
Mean	0.72	0.61	0.00	459.90	65.25	0.00	0.91
SD	0.29	0.42	0.00	11.49	35.24	0.00	0.54

آنالیز کانی‌شناسی (XRD)

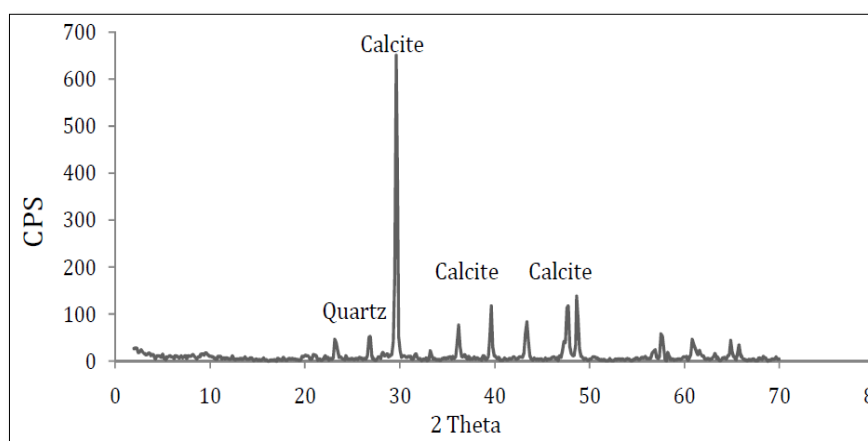
سازند گورپی در منطقه مورد مطالعه غالباً یک سازند آهکی بوده و بیش‌تر از کانی کلسیت با مقدار جزئی کوارتز تشکیل شده است. نمونه‌ای از دیاگرام XRD در شکل ۳ دیده می‌شود. عدم وجود کانی‌های ایلیت و کائولینت در طیف‌های XRD نشان می‌دهد که این سازند حرارت‌های بالایی را تحمل نکرده و بنابراین بیشینه دمایی که مواد آلی این سازند متحمل شده در حدود پایان کاتارز می‌باشد و با توجه به عمق این سازند انتظار تولید گاز در این وضعیت بسیار نامحتمل می‌باشد.

ژئوشیمی آلی

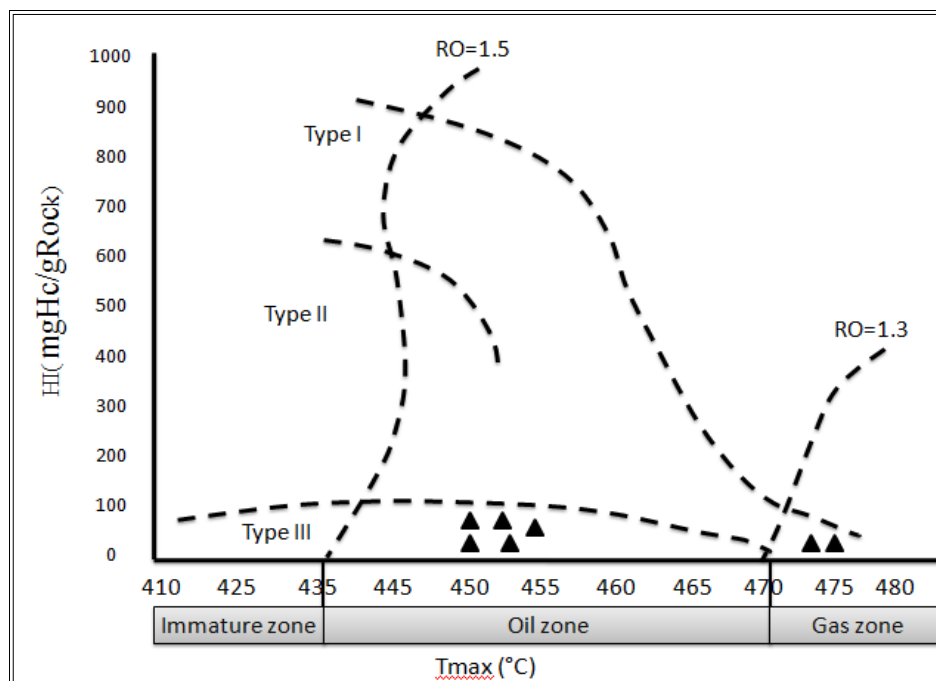
نوع کروژن

رسم مقادیر شاخص هیدروژن (HI) در مقابل شاخص اکسیژن (OI)، در دیاگرام [۸]. بیان‌گر نوع کروژن می‌باشد.

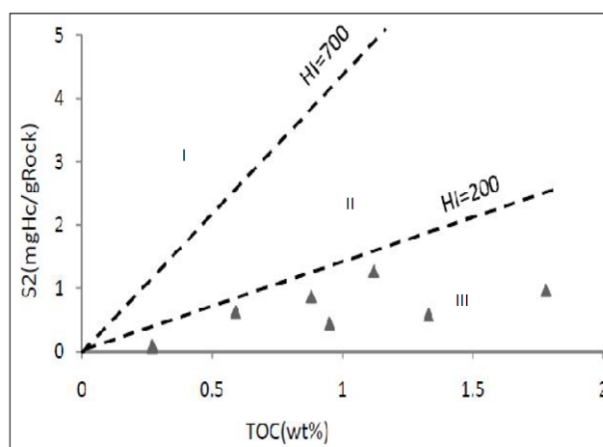
ولی به دلیل این که مقادیر OI سازند گورپی صفر می‌باشد بنابراین در دیاگرام فوق به جای OI از پارامتر T_{max} جهت پی بردن به نوع کروژن استفاده شده است (شکل ۴). نمودار S_2 در برابر TOC نیز بیان‌گر نوع کروژن می‌باشد [۱۱]. (شکل ۵). همچنین [۸]. نیز بر پایه این نمودار انواع تیپ‌های کروژن را مشخص نموده است (شکل ۶). با توجه به نمودار [۸]، ۳۷/۵ درصد کروژن تیپ II/III، ۵۰ درصد کروژن تیپ III و ۱۲/۵ درصد کروژن تیپ IV می‌باشند (شکل ۷ الف). در مجموع می‌توان گفت که ۸۷/۵ درصد نمونه‌های سازند گورپی از کروژن تیپ II/III و III تشکیل شده‌اند. کروژن تیپ III در صورت رسیدن به بلوغ مناسب (مرحله متاژن- گاززایی با انعکاس ویتترینیت بیش‌تر از ۲/۵) قابلیت تولید گاز را خواهد داشت.



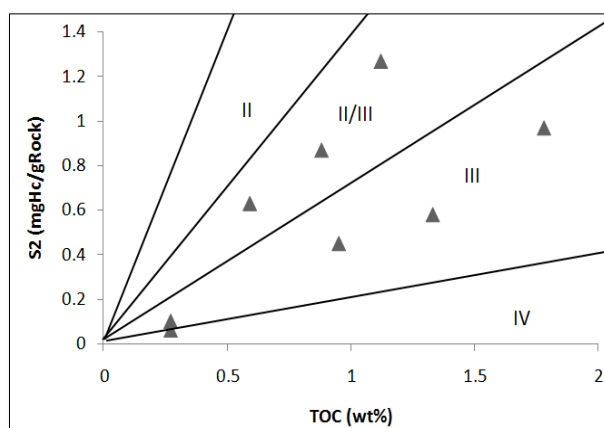
شکل ۳. دیاگرام XRD یکی از نمونه‌های مربوط به سازند گورپی. پیک‌های کلسیت و کوارتز در این نمودار به خوبی مشاهده می‌شوند.



شکل ۴. نمودار HI در مقابل T_{max} بیانگر نوع ماده آلی می‌باشد [۸]. همان‌گونه که در شکل مشخص است، اکثر نمونه‌ها در محدوده کاتازنز (نف‌ت‌زایی) قرار دارند.



شکل ۵. نمودار S_2 در مقابل TOC که بیانگر تیپ کروژن می‌باشد [۱۱]. تمام نقاط در محدوده کروژن تیپ III قرار گرفته‌اند.



شکل ۶. رسم مقادیر S_2 در مقابل TOC [۸]. اغلب نقاط در محدوده کروژن تیپ II/III و III واقع شده‌اند.

سنگ منشأ گورپی قبلاً به بلوغ حرارتی لازم برای شکستن گروه‌های کربوکسیل خود رسیده است، لذا مقادیر OI نمونه‌های سازند گورپی صفر می‌باشد. مقادیر T_{max} بالای نمونه‌ها نیز این مطلب را تایید می‌کند [۸].

نمودار S_2/TOC و پتانسیل سنگ منشأ

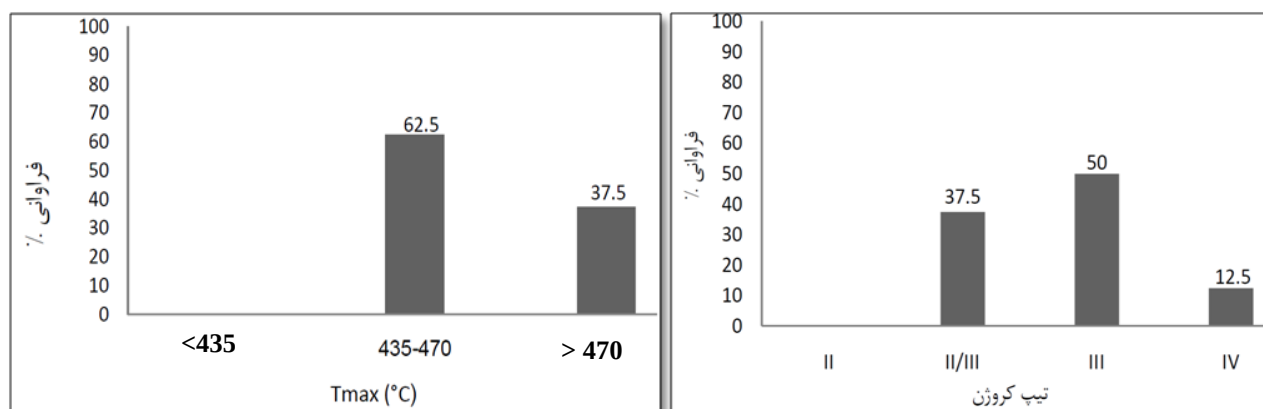
نمودار S_2/TOC بیان‌گر پتانسیل هیدروکربن‌زایی سنگ منشأ می‌باشد [۱۴]. سازند گورپی در منطقه مورد مطالعه یک سنگ منشأ متوسط تا خوب ولی از لحاظ پتانسیل هیدروکربن‌زایی یک سنگ منشأ ضعیف می‌باشد (شکل ۸). شایان ذکر است که هیچ‌کدام از نمونه‌های سازند گورپی دارای TOC بالای ۲٪ نمی‌باشند و این موضوع خود دلیلی بر پایین بودن کمیت ماده آلی در سنگ منشأ منطقه مورد مطالعه می‌باشد. سنگ‌های منشأ که دارای S_2 کمتر از ۲/۵ mg HC/g Rock می‌باشند در ردیف سنگ‌های منشأ با پتانسیل هیدروکربن‌زایی متوسط و ضعیف قرار می‌گیرند [۷ و ۱۴]

بیشینه درجه حرارت (T_{max}) و پنجره نفتی

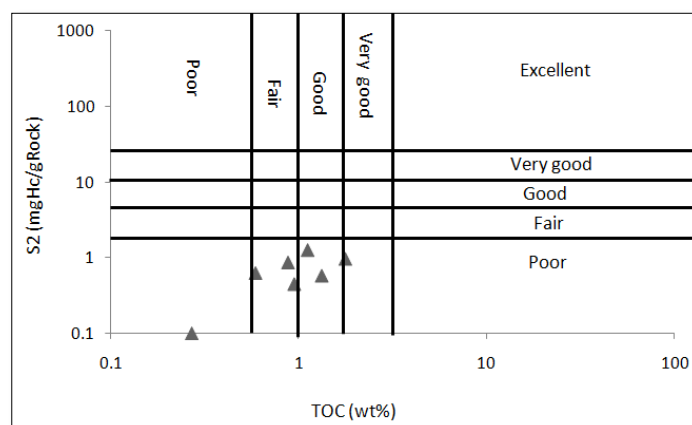
مقادیر T_{max} نمونه‌های سازند گورپی بین ۴۵۰ تا ۴۷۴ تغییر می‌کند. ۶۲/۵ درصد نمونه‌ها در درجه حرارت بین ۴۳۵ تا ۴۷۰ درجه سانتی‌گراد و ۳۷/۵ درصد آن‌ها در درجه حرارت بیش از ۴۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار دارند (شکل ۷ ب). شروع پنجره‌ی نفتی در T_{max} بین ۴۳۵ تا ۴۴۵ درجه سانتی‌گراد و پایان پنجره‌ی نفتی در T_{max} ۴۷۰ درجه سانتی‌گراد است [۸]. با توجه به موارد ذکر شده بیش‌تر نمونه‌های سازند گورپی در مرحله‌ی بالغ بوده و به مرحله کاتائزن (نفت‌زایی) رسیده‌اند.

شاخص هیدروژن

شاخص هیدروژن نمونه‌های سازند گورپی بین صفر تا ۱۵۰ mg HC/g Rock می‌باشد. این بدین معناست که نمونه‌ها مقادیری هیدروکربن مایع تولید می‌نمایند [۱۵]. این نتیجه با نتایج حاصل از تعیین تیپ کروژن (یعنی برتری کروژن تیپ III) نیز سازگاری دارد. به دلیل این که



شکل ۷. الف) نمودار ستونی فراوانی انواع کروژن‌ها در سازند گورپی. کروژن تیپ III و II/III حدود ۸۷٪ از مجموع مواد آلی را تشکیل می‌دهد. ب) نمودار ستونی T_{max} نمونه‌های سازند گورپی

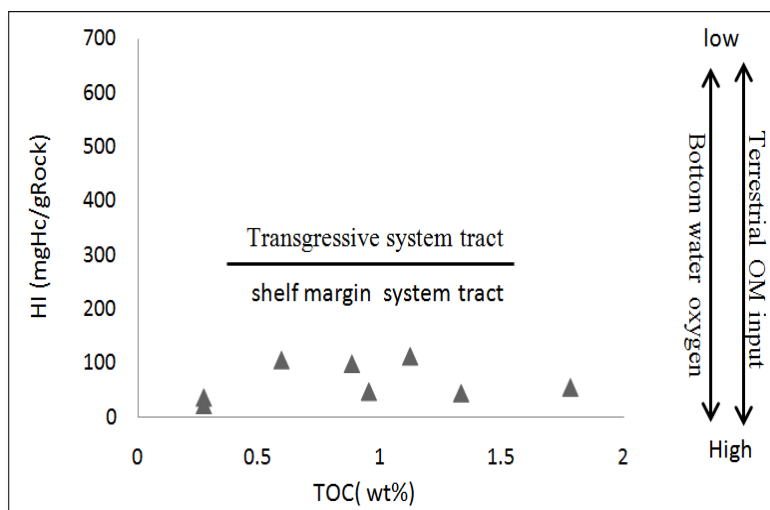


شکل ۸. نمودار S_2/TOC بیان‌گر پتانسیل هیدروکربن‌زایی [۱۴]. سازند گورپی یک سنگ منشأ متوسط تا خوب ولی دارای پتانسیل هیدروکربن‌زایی ضعیف می‌باشد.

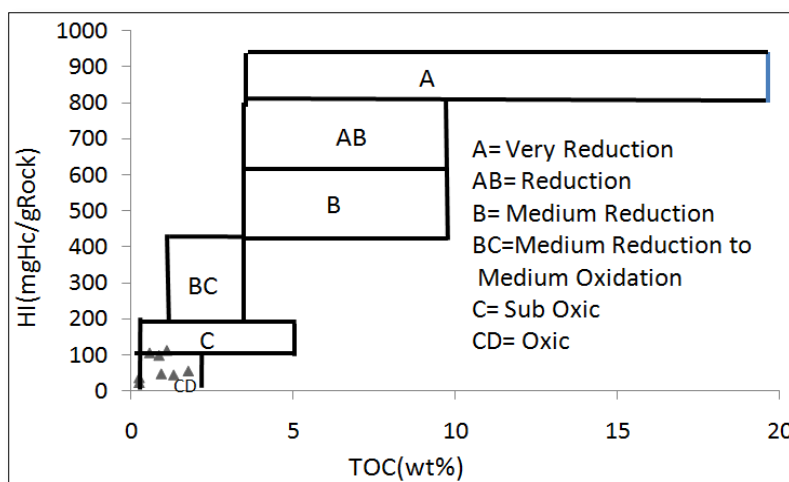
نمودار HI/TOC

برای تعیین سیستم تراکت‌ها می‌توان از نمودار HI در مقابل TOC استفاده کرد [۱۳]. در سیستم تراکت‌های سطح بالای آب (TST) بیش‌ترین مقدار TOC در رسوبات انباشته می‌شود، ولی در زمان سطح پایین آب (LST) به دلیل این‌که سطح آب دریا پایین می‌باشد قسمت اعظمی از شلف از آب خارج بوده و مواد آلی از خشکی وارد محیط رسوبی شده و طی این عمل مواد آلی اکسیده شده و در نتیجه مقدار TOC نمونه‌ها کاهش می‌یابد [۸]. با توجه به نمودار HI در مقابل TOC (شکل ۹) تمامی نمونه‌های سازند گورپی در سطح پایین آب بر جای گذاشته شده‌اند و همین امر سبب اکسید شدن نمونه‌ها و کاهش TOC

نمونه‌ها شده و باعث کاهش پتانسل هیدروکربن‌زایی سنگ منشا شده است. از این رو حدود ۵۰٪ کروژن‌های سازند گورپی از تیپ III می‌باشند. هم‌چنین این نمودار (HI/TOC) جهت تعیین رخساره‌ی آلی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۹]. بر اساس مقادیر HI و TOC محدوده‌ی رخساره این سازند تعیین شده است (شکل ۱۰). بر این اساس محدوده‌ی رخساره‌ی این سازند CD بوده که بیان‌گر محیطی اکسیدان با مقادیر TOC پایین و مواد آلی با منشا خشکی می‌باشد [۱۰]. این نتیجه کاملاً با نتایج شکل ۹ که نشان دهنده تجمع مواد آلی در مرحله سطح پایین آب دریاست تطابق دارد.



شکل ۹. رسم مقادیر HI در مقابل TOC جهت تعیین سیستم تراکت [۱۳]. تمامی نمونه‌های سازند گورپی در هنگام سطح پایین آب بر جای گذاشته شده‌اند.



شکل ۱۰. نمودار مقادیر TOC در مقابل HI جهت تعیین رخساره آلی [۹]. سازند گورپی در ناحیه مورد مطالعه در شرایطی اکسیدان رسوب کرده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته و تفسیر نتایج آنالیز راک- اول بر روی نمونه‌های سازند گورپی می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که کروژن غالب در سازند گورپی کروژن تیپ III و II/III بوده و دارای منشأ خشکی می‌باشد. شاخص هیدروژن نمونه‌های سازند گورپی کمتر از 1000 HC/g Rock است. سازند گورپی در منطقه مورد مطالعه یک سنگ متوسط تا خوب بوده ولی از لحاظ پتانسیل تولید هیدروکربن در رتبه‌ی ضعیف قرار می‌گیرد، این مطلب با TOC کمتر از ۲٪ تمام نمونه‌ها نیز سازگاری دارد. این سازند در منطقه مورد مطالعه از لحاظ بلوغ حرارتی بالغ بوده و به پنجره‌ی نفتی (مرحله کاتائز) رسیده است. انعکاس ویتروینیت بیش‌تر نمونه‌ها نیز بین ۱/۳ تا ۱/۵ می‌باشد که خود نشان‌گر ورود سازند گورپی به مرحله کاتائز می‌باشد. با توجه به نتایج ژئوشیمی آلی مشخص است که سازند گورپی در منطقه مورد مطالعه نقش چندانی در تولید گاز نداشته و باید در سازندهای دیگر به دنبال منشأ این گازها بود.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه بوعلی‌سینا همدان صورت پذیرفته است. در این‌جا از آقای مهندس گرگه‌ای به‌دلیل همکاری در مطالعات صحرایی و همچنین از پژوهشکده علوم زمین صنعت نفت تهران به‌خاطر انجام آنالیز راک- اول تشکر و سپاسگزاری می‌گردد.

شاخص سنگ منشأ (SPI_r)

جهت تعیین شاخص سنگ منشأ از رابطه ارائه شده توسط [۶] استفاده شده است. این شاخص بیانگر حداکثر هیدروکربن تولیدی از ستونی از یک سنگ در یک متر مربع از سطح تولید است. این شاخص طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

SPI_r : شاخص سنگ منشأ، h : ضخامت سنگ منشأ (بر حسب متر)، ρ : وزن مخصوص سنگ منشأ و مقدار S_1+S_2 متوسط شاخص تولید (بر حسب کیلوگرم هیدروکربن در تن سنگ منشأ) می‌باشد.

بر پایه مطالعات [۶] چگالی سنگ‌های منشأ را ۲/۵ تن بر متر مکعب برآورد کرده‌اند. آن‌ها همچنین بیان کرده‌اند که سنگ‌های منشایی که SPI_r آن‌ها کمتر از ۲، بین ۲ تا ۷ و بیش‌تر از ۷ باشند به ترتیب پتانسیل سنگ منشأ کم، متوسط و بالا می‌باشد. تونل انتقال آب نوسود سازند گورپی را در مترهای متعددی قطع نموده و امکان محاسبه یک ضخامت معین از این سازند امکان‌پذیر نبوده در نتیجه ضخامت میانگین این سازند محاسبه شده و مقدار آن ۴۰۰ متر می‌باشد. نمونه‌های سازند گورپی در منطقه مطالعاتی دارای SPI_r کمتر از ۲ بوده و اصطلاحاً یک سنگ منشأ با پتانسیل کم می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۲. محاسبه شاخص SPI_r سازند گورپی در منطقه مورد مطالعه

پتانسیل سنگ منشأ	شاخص SPI_r	میانگین S_1+S_2	چگالی (تن در متر مکعب)	ضخامت (متر)	سازند
کم	۱/۰۰۵	۱/۳۴	۲/۵	۴۰۰	گورپی

منابع

- regressive shale. *Org. Geochem.* V. 17(4), p. 483-509.
- [14] Peters K. E (1986) Guidelines for evaluating petroleum source rocks using programmed pyrolysis. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, V. 70, p. 318-329.
- [15] Peters, K.E. and Cassa, M.R (1994) Applied source rock geochemistry. In: Magoon, L.B., Dow, W.G. (Eds.), *The petroleum system-from source to trap*, Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem., no. 60, p. 93-120.
- [16] Peters, K.E. and Fowler, M.G (2002) Application of petroleum geochemistry to exploration and reservoir management. *Organic Geochemistry*, V. 33, p. 5-36.
- [۱] اشکان، ع. م (۱۳۸۳) اصول مطالعات ژئوشیمیایی سنگ‌های منشأ هیدروکربوری و نفت‌ها با نگرش ویژه به حوضه رسوبی زاگرس. انتشارات شرکت ملی نفت ایران. ۳۵۵ ص.
- [۲] موسسه خدمات مهندسی مشاور لار (۱۳۸۵) مطالعات مرحله یک تونل انتقال آب نوسود.
- [3] Ala, M.A., Kinghorn, R.R.F. and Rahman, M (1980) Organic geochemistry and source rock characteristics of the Zagros petroleum province, Southwest of Iran. *Petroleum Geology*, V. 3, p. 61-86.
- [4] Bordenave, M.L. and Burwood, R (1990) Source rock distribution and maturation in the Zagros Orogenic Belt: Provenance of Asmari and Bangestan reservoir oil accumulations. *Organic Geochemistry*. V. 16, p. 366-387.
- [5] Bordenave, M.L. and Huc, A.Y (1995) The Cretaceous source rock in the Zagros Foothills of Iran. *Reve De Institut Francais Du Petrol*, V. 50, p. 727-754.
- [6] Demasion, G, J. and Huizinga, B.J (1991) Genetic classification of the petroleum system. *AAPG Bulletin*, V. 75, p. 1624-1643.
- [7] Espitalié J., Deroo, G. and Marquis, F (1985) La pyrolysis Rock-Eval et ses applications. *Revue Institue Francais du Pétrole*, part I, V. 40, p. 563-587, part II, V.40, p. 755-784 (in French).
- [8] Hunt, J.M (1996) *Petroleum geochemistry and geology*. W.H. Freeman and Company, New York, p. 743.
- [9] Jones, R.W (1987) Organic facies. In: Brooks, J., and Welte, D. (eds.), *Advances in petroleum geochemistry 2*. Academic Press, London, p. 1-9.
- [10] Kotorba, M.J., Wieclaw, D., Kosakowski, P., Zacharski, J. and Kowalski, A (2003) Evaluation of source rock and petroleum potential of middle Jurassic strata in the south-eastern part of Poland, *Prezeglad. Geologi Czny*, V, 51, p. 1031-1040.
- [11] Langford, F.F. and Blanc-Valleron, M.M (1990) Interpreting Rock- Eval pyrolysis data using of pyrolyzable hydrocarbons vs. total organic carbon. *AAPG. Bull.* V. 74 (6), p. 804-779.
- [12] Miller, R.G (1995) A future for exploration geochemistry. In: Grimalt, J.O. Dorronsoro, C. (eds.), *Organic Geochemistry: developments and application to energy, climate, environment and human history*. A.I.G.O.A., Donostia-San Sebastian, Spain, p. 412-414.
- [13] Pasley, M., Gregory, W. and Hart, G.F (1991) Organic matter variations in transgressive and

