

الله أكبر



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک
گروه اکتشاف نفت

ارزیابی پتانسیل شیل گاز در دو سازند گرو و سرگلو بر اساس اطلاعات ژئوشیمی آلی

دانشجو : محمد توانگر رنجبر

اساتید راهنما :

دکتر رضا قوامی ریایی

دکتر مسعود نعمتی

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ۹۲

پاس بی کران پروردگار یکبار که هستی مان نشید و به طریق علم و دانش را بنمونان شد و به بهنشین حروان علم و دانش متخرمان نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزی مان ساخت و با تقدیر و لشکر خالصان

خدمت اساد عزیزم و همه کسانی که به نوعی مراد به انجام رساندن این مهم پاری نمودند.

تعهد نامه

اینجانب دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته دانشکده
دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه
..... تحت راهنمایی متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

این پژوهش به منظور اکتشاف منابع هیدروکربوری غیرمتعارف و براساس روشهای مطالعه ژئوشیمی انجام شده است. شیل‌های گازدار به دلیل داشتن مواد آلی بالا چنانچه از نظر پختگی مواد آلی وارد پنجره گازی شده و در مرحله تولید گاز خشک قرار گرفته و به درجه اشباع هیدروکربوری رسیده باشند و زایش گاز در آنها صورت گیرد، گزینه مناسبی برای تولید گاز طبیعی به شمار می‌آیند. اکتشاف منابع هیدروکربوری غیرمتعارف (شیل گازی) در ایران در مرحله ابتدایی می‌باشد که در این تحقیق ارزیابی داده‌های دو سازند گرو و سرگلو در منطقه لرستان، براساس نتایج اندازه گیری راک-اول (Rock-Eval) صورت گرفته است. بررسی غنی شدگی، تیپ کروژن و میزان بلوغ مواد آلی شیل گازی برای سازندهای مذکور ما را راهنمایی نمود تا به بررسی پتانسیل و توان تولیدی سازندها بپردازیم. نتایج آنالیز راک-اول نشان می‌دهد که نمونه‌های دو سازند گرو و سرگلو از نظر نوع و میزان و درجه بلوغ مواد آلی دارای شرایط شیل گازی هستند. اندازه گیری ضریب انعکاس (R_0) نیز در این ارزیابی لحاظ گردید تا میزان بلوغ نمونه‌ها و احتمال وجود پتانسیل شیل گازی بررسی شود و نتایج نشان می‌دهد که بخش شمالی ناحیه لرستان در مراحل بلوغ بالایی است و از نظر میزان R_0 در محدوده تولید گاز قرار می‌گیرد. بر اساس نتایج کروماتوگرافی گازی و سایر اطلاعات موجود به ارزیابی شرایط محیطی مواد آلی پرداخته شد که نتایج نشان می‌دهد تمام نمونه‌های سازندهای گرو و سرگلو مربوط به محیط رسوبی دریایی و در شرایط کاملا احیایی بوده‌اند. مقایسه پارامترهای ژئوشیمی آلی شرایط فعلی (pd=present day) با زمان تشکیل شیل‌های مذکور (o=original) منجر به ارزیابی دقیق‌تری از پارامترهای مورد نیاز برای شیل گازی گردیده است. در این راستا ضمن ارزیابی دیاگرامهای عنکبوتی و ترسیم Risk Plot و با مقایسه دو سازند گرو و سرگلو با برخی از شیل‌های گازی شناخته شده دنیا (همانند Barnett Shale) پرداخته شده است. به عنوان ملاکی برای سنجش در این ارزیابی، در نواحی شمالی لرستان (چاههای ماهی‌دشت، شاه‌آباد و هولیلان شامل سازندهای گرو

و سرگلو) و نواحی جنوبی لرستان(چاههای انجیر،ویزهنان و کبیرکوه شامل سازند گرو) پاره‌ای از مناطق بعنوان محدوده‌های با پتانسیل بالا برای مطالعات تفصیلی پیشنهاد شده‌اند.

کلیدواژه: شیل‌گازی، سازند گرو، سازند سرگلو، مخازن غیرمتعارف، ژئوشیمی آلی، لرستان

فصل اول: کلیات	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱- منابع هیدروکربوری	۳
۳-۱- منابع غیرمتعارف نفتی و گازی کشور	۴
۴-۱- شیل گازی	۴
۵-۱- اهمیت شیل گاز	۵
۶-۱- ساختار پایان نامه	۷
فصل دوم: معرفی ناحیه مورد مطالعه	۹
۱-۲- مقدمه	۱۰
۲-۲- زمین شناسی ناحیه ای منطقه	۱۲
۳-۲- چینه شناسی سازندهای مورد مطالعه	۱۴
۱-۳-۲- سازند سرگلو	۱۴
۲-۳-۲- سازند گرو	۱۵
۴-۲- نمونه‌های مورد مطالعه	۱۷
فصل سوم: بررسی پیرولیز راک_اول و انعکاس ویتربینایت (RO)	۱۹
۱-۳- مقدمه	۲۰
۲-۳- شناخت ناحیه مورد مطالعه، حوضه لرستان و نتایج آنالیز راک-اول	۲۰
۱-۲-۳- لرستان شمالی	۲۱
۲-۲-۳- لرستان جنوبی	۲۲
۳-۲-۳- لرستان مرکزی	۲۳
۳-۳- تعیین نمونه هایی که دچار آلودگی (آغشتگی) شده اند	۲۵
۴-۳- بررسی داده های پیرولیز راک-اول (تیپ و درجه بلوغ) حوضه لرستان	۲۶
۱-۴-۳- ارزیابی تیپ و درجه بلوغ کروژن‌ها در سازند گرو	۲۶
۲-۴-۳- ارزیابی تیپ و درجه بلوغ کروژن‌ها در سازند سرگلو	۳۰
۵-۳- بررسی پتانسیل و میزان توان تولید نمونه ها	۳۳
۱-۵-۳- ارزیابی پتانسیل و توان تولید نمونه های سازند گرو	۳۳
۲-۵-۳- ارزیابی پتانسیل و توان تولید نمونه های سازند سرگلو	۳۸
۶-۳- مطالعه با نور انعکاسی جهت اندازه گیری انعکاس ویتربینایت	۴۰

- ۳-۶-۱- میزان %RO نمونه های سازند گرو و سرگلو..... ۴۱
- ۳-۶-۲- تعیین وضعیت پختگی نمونه های سازند گرو و سرگلو به وسیله دیاگرام RO-T..... ۴۲

فصل چهارم: بررسی کروماتوگرافی گازی GC,GC-MS و دیاگرام عنکبوتی..... ۴۷

- ۴-۱- مقدمه..... ۴۸
- ۴-۲- ترکیبات اشباع و آروماتیک در طیف GC نمونه های سازند گرو..... ۴۸
- ۴-۲-۱- ترکیبات اشباع..... ۴۸
- ۴-۲-۲- ترکیبات آروماتیک..... ۵۲
- ۴-۳- ترکیبات اشباع و آروماتیک در طیف GC نمونه های سازند سرگلو..... ۵۵
- ۴-۳-۱- ترکیبات اشباع..... ۵۵
- ۴-۳-۲- ترکیبات آروماتیک..... ۵۶
- ۴-۴- نسبت های Ph/nC18,Pr/nC17 و نسبت پرستان به فیتان (Pr/Ph) برای گرو و سرگلو..... ۵۷
- ۴-۴-۱- نسبت ایزوپروپونوئیدها به پارافین های نرمال..... ۵۷
- ۴-۵- دیاگرام عنکبوتی..... ۶۰
- ۴-۵-۱- نتایج و تفسیر نمودارهای عنکبوتی..... ۶۲
- ۴-۵-۲- محاسبات مربوط به تعیین پارامترهای مورد نیاز برای رسم دیاگرام عنکبوتی..... ۶۳
- ۴-۵-۲-۱- وضعیت سازند گرو در چاه های مورد مطالعه..... ۶۴
- ۴-۵-۲-۲- وضعیت سازند سرگلو در چاه های مورد مطالعه..... ۶۶

فصل پنجم: تعبیر و تفسیر نتایج..... ۷۳

- ۵-۱- نتایج مطالعات آنالیز راک-اول دو سازند گرو و سرگلو..... ۷۴
- ۵-۱-۱- سازند گرو..... ۷۴
- ۵-۱-۲- سازند سرگلو..... ۷۵
- ۵-۲- مطالعه ضریب انعکاس و پترینایت سازندهای گرو و سرگلو..... ۷۵
- ۵-۳- تفسیر نتایج GC, GC-MS سازندهای گرو و سرگلو..... ۷۶
- ۵-۴- تغییرات ضخامت سازندهای گرو و سرگلو در منطقه لرستان..... ۷۸
- ۵-۵- تفسیر وضعیت دیاگرامهای عنکبوتی بدست آمده از سازند گرو و سرگلو..... ۷۹
- ۵-۶- امتیاز بندی پارامترها و معرفی چاه های دارای بیشترین امتیاز..... ۸۳

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات..... ۸۵

- نتیجه گیری..... ۸۶
- پیشنهادات..... ۸۷

۸۸.....	پیوست شماره ۱.....
۸۹.....	پیوست شماره ۲.....
۹۲.....	پیوست شماره ۳.....
۹۳.....	پیوست شماره ۴.....
۹۵.....	پیوست شماره ۵.....
۱۱۰.....	پیوست شماره ۶.....
۱۱۰.....	پیوست شماره ۷.....
۱۱۱.....	پیوست شماره ۸.....
۱۱۳.....	منابع.....

شکل ۱-۱- پراکندگی و میزان ذخایر شیل‌های گازی در دنیا	۵
شکل ۱-۲- نقشه تقسیمات زون‌های ساختاری ایران	.....
شکل ۲-۲- موقعیت ناحیه مورد مطالعه و قرارگیری آن در غرب کشور	.....
	۱۱
شکل ۳-۲- منطقه مورد مطالعه مربوط به ناحیه لرستان	..... ۱۲
شکل ۴-۲- بخشی از وضعیت چینه شناسی زاگرس شامل سازندهای گرو و سرگلو در ناحیه لرستان	.....
شرکت ملی نفت ایران، (۱۳۹۰)	..... ۱۴
شکل ۵-۲- وضعیت چینه شناسی سازندهای گرو و سرگلو و تغییرات جانبی آنها در عراق	..... ۱۵
شکل ۶-۲- تصاویر سازند گرو در مقطع کبیرکوه (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)	..... ۱۷
شکل ۱-۳- سه بخش (شمالی، مرکزی و جنوبی) ناحیه لرستان	..... ۲۰
شکل ۲-۳- دیاگرام S1-TOC نمونه های سازند گرو منطقه لرستان	..... ۲۶
شکل ۳-۳- دیاگرام S1-TOC نمونه های سازند سرگلو منطقه لرستان	..... ۲۶
شکل ۴-۳- نمودار ون کرولن نمونه های سازند گرو در منطقه لرستان	..... ۲۷
شکل ۵-۳- نمودار HI-Tmax نمونه های سازند گرو در منطقه لرستان	..... ۲۸
شکل ۶-۳- نمودار HI-S2/S3 نمونه های سازند گرو در منطقه لرستان	..... ۲۹
شکل ۷-۳- نمودار PI-Tmax نمونه های سازند گرو در منطقه لرستان	..... ۳۰
شکل ۸-۳- نمودار OI-HI نمونه های سازند سرگلو در منطقه لرستان	..... ۳۱
شکل ۹-۳- نمودار HI-Tmax نمونه های سازند سرگلو در منطقه لرستان	..... ۳۲
شکل ۱۰-۳- نمودار HI-S2/S3 نمونه های سازند سرگلو در منطقه لرستان	..... ۳۲
شکل ۱۱-۳- نمودار PI-Tmax نمونه های سازند سرگلو در منطقه لرستان	..... ۳۳
شکل ۱۲-۳- نمودار S1+S2_TOC و تعیین کیفیت نمونه های سازند گرو در منطقه لرستان	..... ۳۶
شکل ۱۳-۳- نحوه پراکندگی نمونه های خوب و عالی براساس نتایج TOC-PP سازند گرو در منطقه لرستان	..... ۳۷
شکل ۱۴-۳- نمودار S1+S2_TOC جهت تعیین کیفیت نمونه های سازند سرگلو در منطقه لرستان	..... ۴۰
شکل ۱۵-۳- پراکندگی نمونه های خوب و عالی مربوط به سازند سرگلو	..... ۴۰
شکل ۱۶-۳- دیاگرام TR-Ro براساس مقادیر Ro مینیمم نمونه های سازند گرو در ناحیه لرستان	..... ۴۳
شکل ۱۷-۳- دیاگرام TR-Ro براساس مقادیر Ro میانگین نمونه های سازند گرو در ناحیه لرستان	..... ۴۴

- شکل ۳-۱۸- دیاگرام TR-Ro براساس مقادیر Ro ماکزیمم نمونه‌های سازند گرو در ناحیه لرستان..... ۴۴
- شکل ۳-۱۹- دیاگرام TR-Ro براساس مقادیر Ro مینیمم نمونه‌های سازند سرگلو در ناحیه لرستان..... ۴۴
- شکل ۳-۲۰- دیاگرام TR-Ro براساس مقادیر Ro میانگین نمونه‌های سازند سرگلو در ناحیه لرستان..... ۴۵
- شکل ۳-۲۱- دیاگرام TR-Ro براساس مقادیر Ro ماکزیمم نمونه‌های سازند سرگلو در ناحیه لرستان..... ۴۵
- شکل ۳-۲۲- نتایج مقایسه پارامترهای سازند گرو و سرگلو در چاه ماهیدشت با ۹ سیستم شیلی آمریکا..... ۴۶
- شکل ۴-۱- پراکندگی طیف کروماتوگرامهای گازی هیدروکربورهای اشباع نمونه‌های سازند گرو مربوط به گروه A (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)..... ۴۹
- شکل ۴-۲- پراکندگی طیف کروماتوگرامهای گازی هیدروکربورهای اشباع نمونه‌های سازند گرو مربوط به گروه B (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)..... ۵۱
- شکل ۴-۳- پراکندگی طیف کروماتوگرامهای گازی هیدروکربورهای اشباع نمونه‌های سازند گرو مربوط به گروه C (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)..... ۵۱
- شکل ۴-۴- پراکندگی طیف کروماتوگرامهای گازی هیدروکربورهای اشباع نمونه‌های سازند گرو مربوط به گروه D (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)..... ۵۱
- شکل ۴-۵- پراکندگی طیف کروماتوگرامهای گازی هیدروکربورهای آروماتیک نمونه‌های سازند گرو مربوط به گروه A (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)..... ۵۳
- شکل ۴-۶- پراکندگی طیف کروماتوگرامهای گازی هیدروکربورهای آروماتیک نمونه‌های سازند گرو مربوط به گروه B (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)..... ۵۴
- شکل ۴-۷- پراکندگی طیف کروماتوگرامهای گازی هیدروکربورهای اشباع نمونه‌های سازند سرگلو مربوط به گروه A (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)..... ۵۵
- شکل ۴-۸- پراکندگی طیف کروماتوگرامهای گازی هیدروکربورهای اشباع نمونه‌های سازند سرگلو مربوط به گروه B (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)..... ۵۶
- شکل ۴-۹- پراکندگی طیف کروماتوگرامهای گازی هیدروکربورهای آروماتیک نمونه‌های سازند سرگلو (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)..... ۵۷
- شکل ۴-۱۰- نمودار Pr/nC17 و Ph/nC18 حاصل از آنالیزهای نمونه‌های سازند گرو..... ۵۹
- شکل ۴-۱۱- نمودار Pr/C17 و Ph/C18 حاصل از آنالیزهای نمونه‌های سازند سرگلو..... ۶۰
- شکل ۴-۱۲- نمودار استاندارد پختگی برای سازندهای گرو و سرگلو براساس ضرایب پختگی استرن C29 (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)..... ۶۱
- شکل ۴-۱۲- نمودار عنکبوتی یا قطبی استفاده شده در مقایسه بهترین سیستم‌های شیل گاز ایالات متحده با یکدیگر (John B.Curtis 2002)..... ۶۱

- شکل ۴-۱۳- Risk Plot استفاده شده در ارزیابی احتمال وجود پتانسیل در سیستم‌های شیل گاز ایالات متحده (Daniel M. Jarvie 2007)..... ۶۱
- شکل ۴-۱۴- وضعیت شیل گاز بارنت و مقایسه آن با شیل‌های گازی ایالات متحده..... ۶۳
- شکل ۴-۱۵- Risk Plot مربوط به نمونه‌های سازند گرو در چاه انجیر-۱..... ۶۴
- شکل ۴-۱۶- Risk Plot مربوط به نمونه‌های سازند گرو در چاه باباقیر ۱ و ۲..... ۶۵
- شکل ۴-۱۷- Risk Plot مربوط به نمونه‌های سازند گرو در چاه دره بانه ۱..... ۶۵
- شکل ۴-۱۸- Risk Plot مربوط به نمونه‌های سازند گرو در چاه کبیرکوه ۱..... ۶۶
- شکل ۴-۱۹- Risk Plot مربوط به نمونه‌های سازند گرو در چاه ماهی دشت ۱..... ۶۶
- شکل ۴-۲۰- Risk Plot مربوط به نمونه‌های سازند گرو در چاه شاه آباد شمالی ۱..... ۶۷
- شکل ۴-۲۱- Risk Plot مربوط به نمونه‌های سازند گرو در چاه سمند-۱..... ۶۷
- شکل ۴-۲۲- Risk Plot مربوط به نمونه‌های سازند گرو در چاه سرکان ۱..... ۶۸
- شکل ۴-۲۳- Risk Plot مربوط به نمونه‌های سازند گرو در چاه ویزنه‌ار ۱..... ۶۸
- شکل ۴-۲۴- Risk Plot مربوط به نمونه‌های سازند گرو در چاه ویزنه‌ان ۱..... ۶۹
- شکل ۴-۲۵- Risk Plot مربوط به نمونه‌های سازند سرگلو در چاه انجیر-۱..... ۷۰
- شکل ۴-۲۶- Risk Plot مربوط به نمونه‌های سازند سرگلو در چاه هولیلان ۱..... ۷۰
- شکل ۴-۲۷- Risk Plot مربوط به نمونه‌های سازند سرگلو در چاه ماهی دشت ۱..... ۷۱
- شکل ۴-۲۸- Risk Plot مربوط به نمونه‌های سازند سرگلو در چاه شاه آباد شمالی ۱..... ۷۱
- شکل ۴-۲۹- Risk Plot مربوط به نمونه‌های سازند سرگلو در چاه سمند ۱..... ۷۲
- شکل ۵-۱- درصد ترکیبات مختلف هیدروکربورهای حاصل از نمونه‌های سازند گرو بر روی نمودار مثلثی استاندارد..... ۷۹
- شکل ۵-۲- درصد ترکیبات مختلف هیدروکربورهای حاصل از نمونه‌های سازند سرگلو بر روی نمودار مثلثی استاندارد..... ۷۹
- شکل ۵-۳- نقشه هم ضخامت سازند گرو در منطقه لرستان..... ۸۱
- شکل ۵-۴- نقشه هم ضخامت سازند سرگلو در منطقه لرستان..... ۸۱
- شکل ۵-۵- نقشه پراکندگی چاههای با پتانسیل و توان تولید بالا مربوط به سازند سرگلو در ناحیه لرستان (بدست آمده از Risk Plot)..... ۸۲
- شکل ۵-۶- نقشه پراکندگی چاههای با پتانسیل و توان تولید بالا مربوط به سازند گرو در ناحیه لرستان (بدست آمده از Risk Plot)..... ۸۲
- شکل ۵-۷- تغییرات پارامترهای Risk Plot در جهت عمق سازند گرو و سرگلو در چاه انجیر..... ۷۳
- شکل ۵-۸- نقشه پراکندگی چاههای دارای بیشترین امتیاز (سازند گرو) ناحیه لرستان..... ۸۴
- شکل ۵-۹- نقشه پراکندگی چاههای دارای بیشترین امتیاز (سازند سرگلو) ناحیه لرستان..... ۸۴

فهرست جداول

شماره صفحه

جدول ۱-۳- تقسیم بندی ناحیه لرستان و تفکیک چاههای آن از نظر سازند دربرگیرنده و ضخامت آن و تعداد نمونه های برداشت شده(شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰).....	۲۱
جدول ۲-۳- نتایج راک-اول مربوط به نمونه های (Cutting)سازندهای گرو و سرگلو چاههای ناحیه لرستان شمالی.....	۲۱
جدول ۳-۳- نتایج ضریب انعکاس ویترینایت مربوط به نمونه های (Cutting)سازندهای گرو و سرگلو مربوط به چاههای ناحیه لرستان شمالی.....	۲۱
جدول ۴-۳- نتایج راک-اول مربوط به نمونه های (Cutting)سازندهای گرو و سرگلو چاههای ناحیه لرستان جنوبی.....	۲۱
جدول ۵-۳- نتایج ضریب انعکاس ویترینایت مربوط به نمونه های (Cutting)سازندهای گرو و سرگلو چاههای ناحیه لرستان جنوبی.....	۲۳
جدول ۶-۳- نتایج راک-اول مربوط به نمونه های (Cutting)سازندهای گرو و سرگلو چاههای ناحیه لرستان مرکزی.....	۲۴
جدول ۷-۳- نتایج ضریب انعکاس ویترینایت مربوط به نمونه های (Cutting)سازند گرو و سرگلو چاههای ناحیه لرستان.....	۲۵
جدول ۸-۳- نمونه هایی از سازند گرو که دچار آلودگی شده اند.....	۲۶
جدول ۹-۳- نتایج مربوط به میزان و وضعیت PP و TOC نمونه های سازندهای گرو در منطقه لرستان (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰).....	۳۳
جدول ۱۰-۳- نتایج مربوط به وضعیت و میزان PP و TOC نمونه های سازند سرگلو در منطقه لرستان(شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰).....	۳۸
جدول ۱۱-۳- نتایج ضریب انعکاس ویترینایت نمونه های خرده حفاری چاههای ناحیه لرستان.....	۴۲
جدول ۱-۴- نسبت ایزوپروئیدهای پرستان و فیتان به نرمال آلکانهای C17 و C18 سازند گرو.....	۵۹
جدول ۲-۴- نسبت ایزوپروئیدهای پرستان و فیتان به نرمال آلکانهای C17 و C18 سازند سرگلو.....	۵۹
جدول ۳-۴- پارامترهای مورد نیاز در رسم دیاگرام عنکبوتی (مربوط به چاههای سازند گرو و سرگلو).....	۶۳
جدول ۱-۵- نتایج امتیاز بندی چاههای (در بردارنده ی سازند گرو) ناحیه لرستان.....	۸۳
جدول ۲-۵- نتایج امتیاز بندی چاههای (در بردارنده سازند سرگلو) ناحیه لرستان.....	۸۳

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

اکتشاف منابع زیرزمینی نفت و گاز، تاریخچه ای طولانی و رو به رشد داشته است. چاه های اولیه نفت، حداکثر عمقی در حدود چند صد متر داشته است. در صورتیکه امروزه غالباً عمق چاه های نفت به بیش از ۴۰۰۰ متر و در مواردی حتی به بیش از ۶۰۰۰ متر می‌رسد. لذا به دلیل هزینه های و سرسام آور حفاری، متخصصین، محققین و دانشمندان فعال در حوزه‌های نفتی از جمله ژئوشیمیست ها تمام سعی و تلاش خود را به کار می‌گیرند تا از میزان ریسک عملیات اکتشافی بکاهند و در مناطقی پیشنهاد حفاری نمایند که احتمال دستیابی به ذخایر هیدروکربوری نفتی و گازی، در بالاترین سطح ممکن قرار داشته باشد [24]. مجموعه عملیات حفاری‌های افقی بویژه در شیل‌های گازی، هزینه و مخارج عملیات را بالاتر نیز برده است. این گروه از منابع جزء منابع غیرمتعارف محسوب می‌شوند.

در ایران نیز ضرورت اکتشاف و بهره برداری از منابع هیدروکربوری غیرمتعارف (به ویژه شیل های گازی)، همپای دیگر کشورهای دنیا با در نظر داشتن وجود منابع عظیم و خوبی در کشور احساس شد و در این زمینه اقدامات اولیه‌ای در حال انجام می‌باشد. در این تحقیق داده های مرتبط با ۱۱۱ نمونه از ۱۱ چاه مورد مطالعه در ناحیه لرستان مورد بررسی قرار داده شده است. در این راستا به دنبال آن هستیم تا ضمن بررسی ژئوشیمیایی داده های آنالیز راک-اول، ضریب انعکاس ویتروینایت و نتایج آنالیز کروماتوگرافی گازی، ضمن در نظر گرفتن ویژگی های زمین شناسی، پتانسیل این دو سازند در منطقه لرستان را به لحاظ پتانسیل شیل گازی مورد ارزیابی قرار دهیم [2]. برای منظور مقایسه‌ای بین دو سازند فوق‌الذکر با برخی از شیل‌های گازی شناخته شده دنیا صورت گرفته است.

۱-۲- منابع هیدروکربوری

منابع هیدروکربوری نفت و گاز جهان را می توان به دو دسته منابع متعارف و غیر متعارف به شرح زیر طبقه بندی نمود :

منابع متعارف هیدرو کربوری، گروهی از منابع هیدروکربوری هستند که وضعیت مخزن و سنگ منشا در آنها به گونه ایست که با صرف هزینه کمتر و با استفاده از روشهای معمول حفر چاه که از دیرباز مورد استفاده قرار می گرفته، جهت بهره برداری و استحصال نفت و گاز استفاده می شود. مجموع کل ذخایر هیدروکربوری نفت و گاز قابل استحصال کشف شده در کشور در پایان سال ۱۳۹۰ با حجم کل ۳۶۴/۶۸ میلیارد بشکه معادل نفت خام شامل ۴۲/۹۲ درصد ذخایر نفتی و ۵۷/۰۸ درصد ذخایر گازی بوده است [2].

منابع انرژی غیرمتعارف به منابعی اطلاق می شود که با استفاده از روش های غیرمعمول در مقایسه با منابع مرسوم استخراج و تولید می شوند. در واقع منابعی هستند که نفت و گاز درون آنها با توجه به وضعیت و نوع مخزن با روش های مرسوم قابل استحصال نیست و برای استحصال نفت و گاز آن باید از روشهای پیچیده تر و با هزینه بیشتری استفاده کرد که ممکن است در شرایطی که قیمت نفت و گاز پایین است، اقتصادی نباشد. گزارش چشم انداز ۲۰۱۲ EIA ، پیش بینی می کند که تقاضا برای انرژی هیدروکربوری مایع بین سال های ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۵، بین حدود ۱۹ تا ۲۶ درصد افزایش می یابد. انتظار می رود تقریباً در همین دوره، قیمت هر بشکه نفت خام بیش از ۲ برابر شود، لذا در این قیمت های بالا، تولید نفت و گاز از منابع غیرمرسوم از نظر اقتصادی مقرون به صرفه خواهد شد [3,27].

۱-۳- منابع غیرمتعارف نفتی و گازی کشور

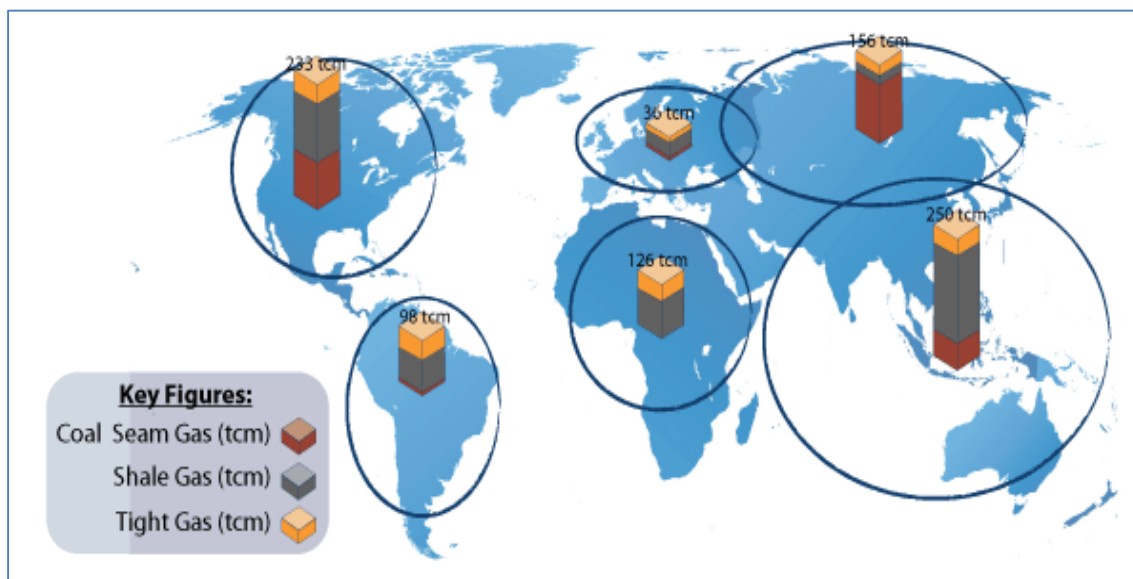
نفت های غیرمتعارف عبارتند از ماسه های نفتی (Tar Sands) شیل های نفتی (Oil Shale) نفت های سنگین و فوق سنگین (Heavy Oil and Extra Heavy Oil) که این نوع نفت ها دارای گرانیروی بالا هستند و چگالی آنها نزدیک و یا بیشتر از چگالی آب و معمولاً حاوی سولفور و عناصر فلزی (به ویژه نیکل و وانادیوم) هستند. در کشور ایران، طبق گزارش های موجود در مطالعات اولیه بر روی چندین مقطع از البرز مرکزی، در منطقه میغان-فشم (شمال تهران) شیل های سیلیسی با اثراتی از نفت و در شمال لاسجرد (۳۵ کیلومتری غرب سمنان) اثراتی از نفت سنگین مشاهده شده است. بررسی شیل های نفتی یکی از طرح های پژوهشی به شمار میرود که توسط پژوهشگاه صنعت نفت در منطقه ایلام و زاگرس در دست پیگیری است [2].

منابع غیر متعارف گازی شامل شنهای فشرده (tight sands)، متان معادن زغال سنگ (coabed methane)، شیل گازی (gas shale)، هیدرات های گازی (gas hydrate) و مخازن گاز تحت فشار (geopressured gas) می باشند که در ذیل بنا به موضوعیت شیلهای گازی در این پایان نامه به بررسی وضعیت این منابع در ایران اشاره خواهد شد [2].

۱-۴- شیل گازی

شیل گازی عبارتست از گازی که در سنگ های ریز غنی از مواد آلی ذخیره شده است. این سنگ ها شامل شیل، سنگ های گل آلود، لجنی و شنی ریز می باشند. منابع شیل گازی در ایران شامل سازند های شمشک (ژوراسیک) در البرز مرکزی و ایران مرکزی و رسوبات رس سازندهای سرگلو و گرو در بخش مرکزی استان لرستان می باشد [2]. شیل های گازی گروه متنوعی از سنگ ها هستند که دارای متان محبوس در داخل خود بوده و در اعماق زمین وجود دارند، ولی می توان بوسیله حرارت دادن (تقطیر) و یا ایجاد شکاف هیدرولیکی، متان آن را از دل آنها استخراج کرد. در حال حاضر به

شیل های نفتی و گازی توجه نسبتاً زیادی می شود چون به عنوان یک سوخت فسیلی، ممکن است جایگزین ذخائر متعارف گازی (که انتظار اتمام آن می رود) شوند. انسان از مدت ها پیش به وجود گاز در صخره های شیل پی برده اما این صخره ها بر خلاف میادین معمولی گاز، حالت متخلخل و شبکه موئینه ندارند و بنابراین استخراج گاز به راحتی از آن ها قابل انجام نیست. بر اساس فناوری جدید با فشار آب یا شن، مجاری حرکت در این سنگها برای عبور گاز باز می شود و امکان جریان گاز فراهم می گردد. در همین حال برای استخراج تجاری متان باید چاه های متعددی بدلیل فشار پایین گاز حفر شود. آمریکا از بزرگترین دارندگان ذخائر شیل گازی جهان است، بر اساس برآوردهای انجام گرفته بیش از ۲۳ درصد این ذخائر در آمریکا واقع شده است [6].



شکل ۱-۱- پراکندگی و میزان ذخایر شیل های گازی در دنیا

۵-۱- اهمیت شیل گازی

شیل های گازی به عنوان یک منبع غیرمتعارف متان و مشابه گاز نهفته در لایه های معدنی ذغال سنگ و یا گاز های به دام افتاده در سازندهای سنگی (TIGHT GAS) به سرعت چشم انداز انرژی آمریکا را با انقلابی جدید روبرو کرده است. همزمان با این اتفاق، منابع گسترده گازهای متعارف نیز کشف شده اند که مجموع ذخایر گازی ایالات متحده را با رشدی خیره کننده روبرو نموده است. از

سوی دیگر، گاز تنها سوخت فسیلی ای است که در سال های آینده، سهم تقاضای مصرف آن، افزایش خواهد یافت [3,4].

کشف ذخایر جدید گاز به آرامی در ۳۰ سال اخیر در حال افزایش بوده است. بر اساس گزارش انتشار یافته از سوی انستیتوی فناوری ماساچوست در سال ۲۰۱۰، مصرف گاز در کنار رشد صعودی اکتشاف ذخایر گاز، همواره با افزایش روبرو بوده است [3,4]. به عنوان مثال، از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۹ میلادی، حجم مصرف جهانی گاز با ۴۰ درصد رشد روبرو گردیده است. اما در این دوره، مصرف نفت با رشدی ۲۰ درصدی همراه بوده است. همچنین در حالی که تا پنج یا شش سال پیش از آن، کارشناسان معتقد بودند که ذخایر گاز حداکثر تا ۵۰ و یا ۶۰ سال نیاز جهانیان را تامین خواهد کرد، هم اینک و در سایه کشف ذخایر شیل های گازی و سایر منابع غیرمتعارف و متعارف گازی و براساس پیش بینی های جدید، آن دوره زمانی به بیش از ۲۰۰ سال رسیده است [3,4].

در سال ۲۰۰۹ میلادی، آژانس بین المللی انرژی تخمین زده بوده در پایان سال ۲۰۰۹ میلادی، مجموعه ذخایر گاز قابل دسترس به ۸۵۰ تریلیون متر مکعب رسیده که این عدد در سال ۲۰۰۸ میلادی حدود ۴۰۰ تریلیون مترمکعب تخمین زده شده است. دلیل اصلی چنین رشد فزاینده ای را باید در کشف منابع گازهای غیرمتعارف و شیل های گازی دانست. علاوه بر آمریکا در بخش هایی از اروپا، چین، آرژانتین، برزیل، مکزیک، کانادا و چند کشور آفریقایی، منابع عظیمی از گازهای غیرمتعارف یافت شده است که این اکتشافات، چشم انداز انرژی این کشورها را با تغییراتی اساسی روبرو خواهد نمود [1].

استفاده از گاز طبیعی به عنوان سوخت وسایل نقلیه یک گام قابل توجه محسوب می شود. اما بزرگترین دستاورد این حوزه در نیروگاه های تولید برق روی داده است. فناوری پیشرفته توربین های سیکل ترکیبی، محاسبات اقتصادی تولید برق در این مراکز را دگرگون نموده است. تولید برق از گاز طبیعی نه تنها ارزانتر از سایر سوخت هاست، بلکه در مقایسه با ذغال سنگ ۵۰ درصدی اکسیدکربن کمتری تولید می کند. با توجه به تلاش دولت ها برای کاهش حجم گازهای گلخانه ای،

جایگزینی سوخت مصرفی نیروگاه ها از ذغال سنگ به گاز، پیامدهای زیست محیطی قابل توجهی به دنبال خواهد آورد.

در حالی که سهم گاز طبیعی در سبد انرژی دنیا در فاصله دهه های ۶۰ تا ۹۰ میلادی، حدود ۱۶ درصد بود، هم اکنون این عدد به ۲۱ درصد رسیده است [4].

۱-۶- ساختار پایان نامه

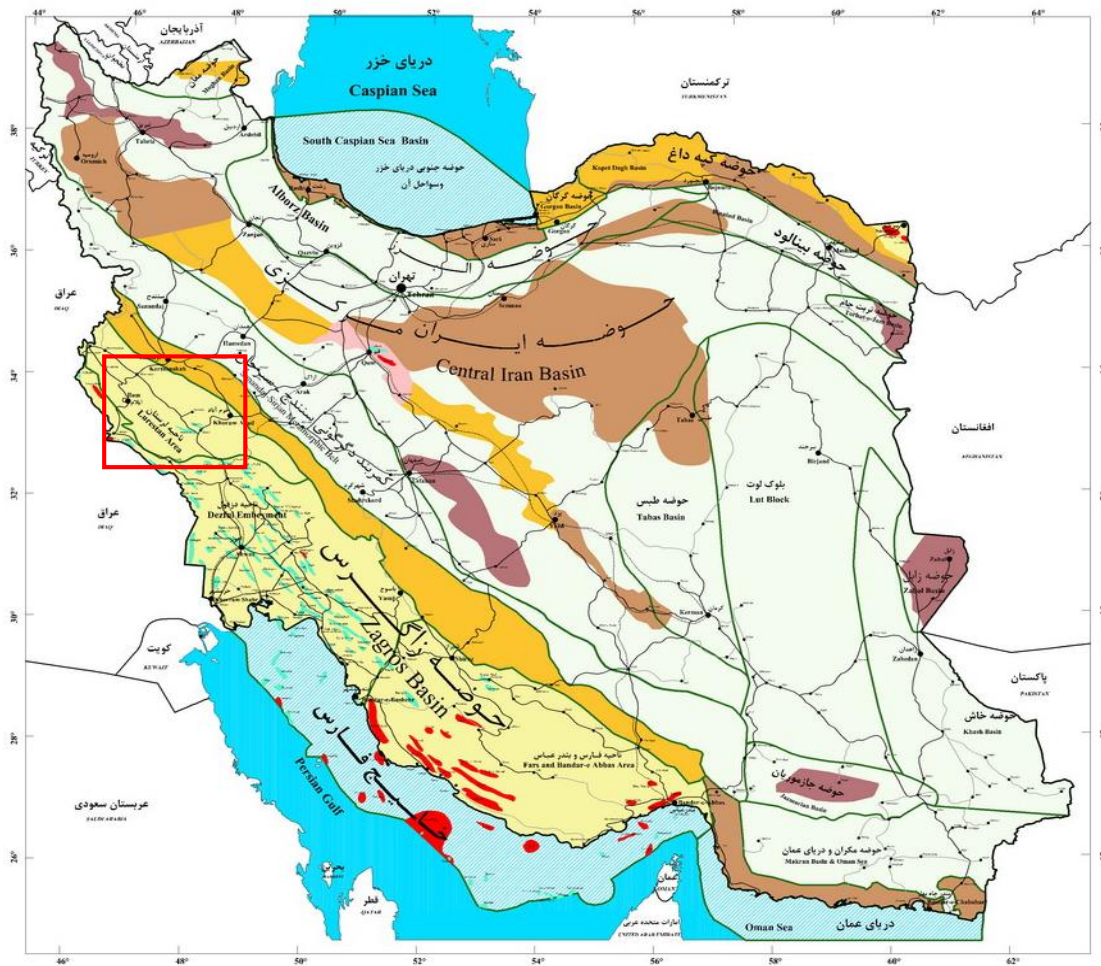
ساختار این تحقیق به نحوی است که نتایج بر مبنای روشهای ژئوشیمیایی ارزیابی سنگ منشا بدست آمده اند و قابل استفاده در مطالعات تفصیلی اکتشافی این حوضه در صنعت نفت کشور می باشند. بعد از مرور مقالات و دریافت داده های مربوطه، ارزیابی کروژنهای دو سازند گرو و سرگلو براساس نتایج اندازه گیری راک-اول (Rock-Eval)، نتایج GC و GC-MS، نتایج اندازه گیری ضریب انعکاس ویترونیات و مقایسه دیاگرامهای عنکبوتی حاصل از نمونه ها با شیل های گازی شناخته شده دنیا (بارنت شیل) صورت گرفت. نام گزاری عناوین هر فصل نیز بر مبنای یکی از روشهای مورد استفاده تعیین گردیده است و در آن فصل به طور کامل به بررسی نوع روش و نتایج آن پرداخته شده است. به گونه ای که در فصل اول کلیات موضوع و اهمیت شیل های گازی بعنوان یکی از منابع هیدروکربوری غیر متعارف مورد بررسی و شناخت قرار می گیرد. در فصل دوم موقعیت و ویژگی های ناحیه مورد مطالعه تعیین و مورد بررسی قرار می گیرد و سپس در فصل های سوم و چهارم داده های موجود از ناحیه لرستان بعنوان منطقه مورد مطالعه با روش های مختلف ژئوشیمیایی مورد تفسیر قرار داده شده و در نهایت با رسم دیاگرام های عنکبوتی مربوط به داده های بدست آمده از هر چاه با یکدیگر و دیاگرام عنکبوتی بارنت شیل (یکی از بهترین سیستم های شیل گاز دنیا) مقایسه شده است. در فصل پنجم با در نظر گرفتن کلیه نتایج بدست آمده از هر روش همراه با در نظر گرفتن شرایط زمین شناسی منطقه، نتیجه گیری کلی صورت گرفته و نواحی محتمل تر از نظر پتانسیل مشخص شده است.

فصل دوم

معرفی ناحیه مورد مطالعه

۲-۱- مقدمه

لایه های شیلی متعددی در حوضه های رسوبی ایران شناسایی و بررسی شده اند. حوضه های اصلی رسوبی در ایران در نواحی ساختاری زاگرس، ایران مرکزی، کپه داغ و مکران گسترش یافته اند (شکل ۲-۱). در این تحقیق سعی شده است که با تمرکز بر ناحیه لرستان از حوضه رسوبی زاگرس، سازندهای گرو و سرگلو به لحاظ چینه شناسی و ساختار زمین شناسی مورد بررسی قرار گیرند [7,8].



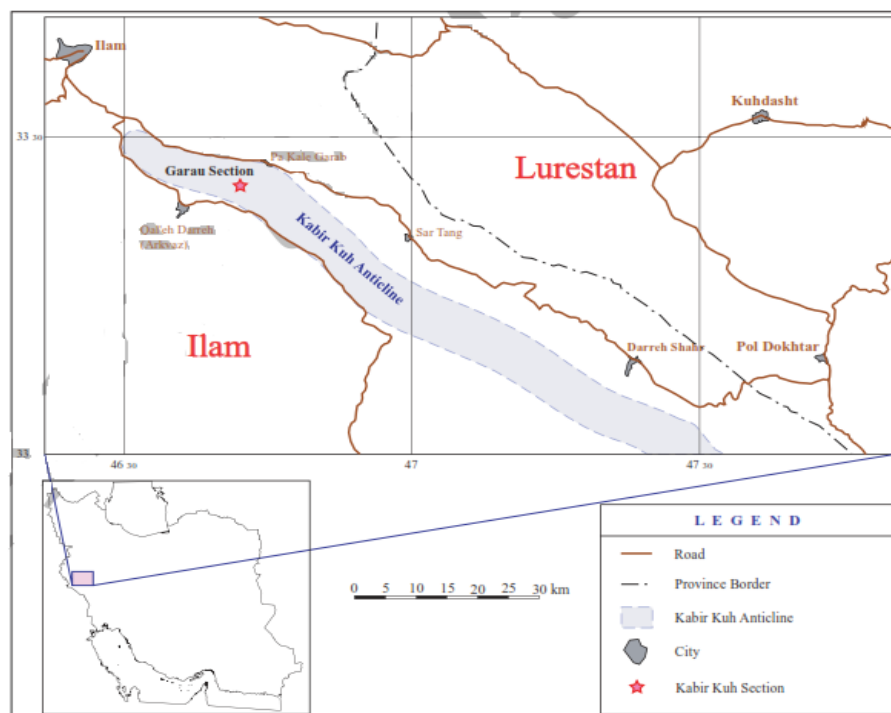
شکل ۲-۱- نقشه تقسیمات زون های ساختاری ایران (پایگاه ملی داده های علوم زمین، ۱۳۹۲)

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه بین ۱۵۶۰۰۰۰ تا ۱۹۴۰۰۰۰ طول شرقی و ۱۲۰۰۰۰ تا ۱۴۵۰۰۰ عرض شمالی و در محدوده لرستان واقع است. ناحیه مورد مطالعه از خاور- شمال خاوری به زون گسلهای واژگونه زاگرس، از شمال و شمال غربی به فروافتادگی کرکوک، و از جنوب تا جنوب

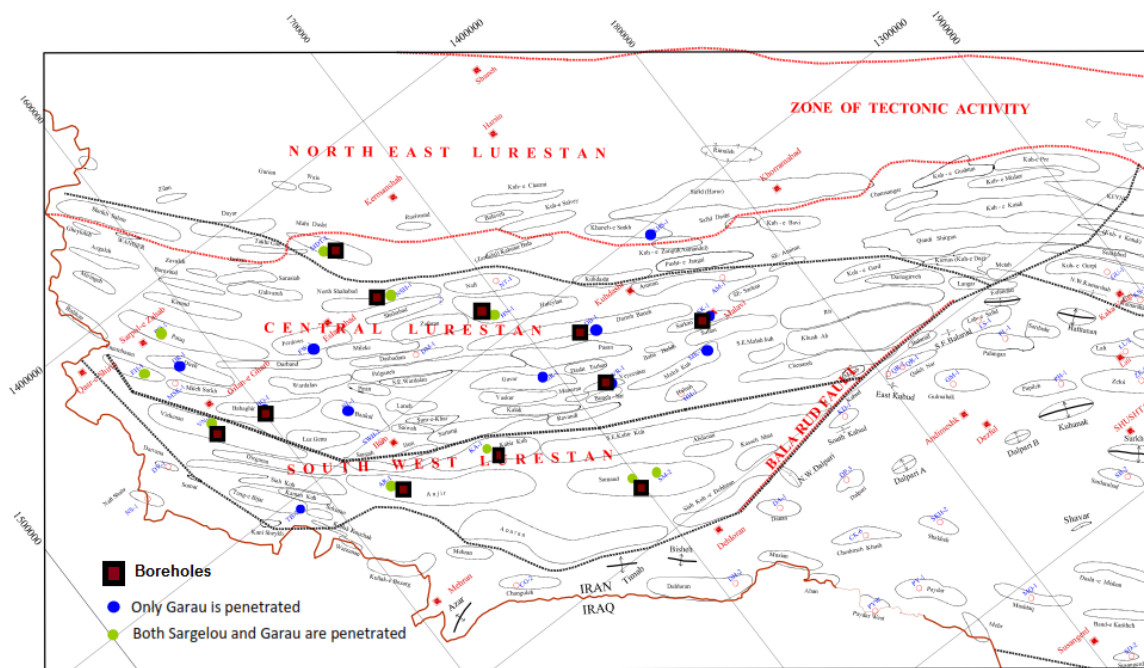
خاوری به خمش بالارود (امتداد خاوری-باختری و جداکننده رخنمون های گروه فارس از ناحیه لرستان است) و فروافتادگی دزفول و از جنوب- جنوب باختری به فروافتادگی دزفول محدود می گردد. این ناحیه بعنوان بخشی از حوضه رسوبی زاگرس دارای گسترش بیش از ۱۴۰۰ کیلومتر از تنگه هرمز تا منتهی‌الیه کردستان و مرز عراق به طرف ترکیه و عراق گسترش دارد و عظیم ترین منابع و ذخایر هیدروکربوری ایران و خاورمیانه را در بر دارد [7,6].

در ناحیه لرستان (شکل ۲-۲) بر اساس شرایط زمین شناسی حاکم، چشمه های نفت، قیر و قیر سفت (آسفالت) بسیار مشاهده می گردد. که این شواهد جزء جذابیت های اکتشاف نفت و گاز، در ایران و عراق محسوب گردیده اند [7,6].

ناحیه لرستان به سه بخش شمالی، مرکزی و جنوبی تقسیم شده و اطلاعات ۱۱ حلقه چاه حفاری شده در این ناحیه موجود می باشد (شکل ۲-۳). داده های خام حاصل از آنالیزهای انجام شده بر روی خرده های حفاری بدست آمده از این چاهها در این پایان نامه مورد بررسی قرار خواهند گرفت.



شکل ۲-۲- موقعیت ناحیه مورد مطالعه و قرار گیری آن در غرب کشور (Jamalian M, 2010)



شکل ۲-۳- ناحیه مورد مطالعه لرستان که به سه منطقه شمالی، مرکزی و جنوبی تفکیک شده است. (گزارش شرکت ملی نفت ایران، پاییز ۹۰)

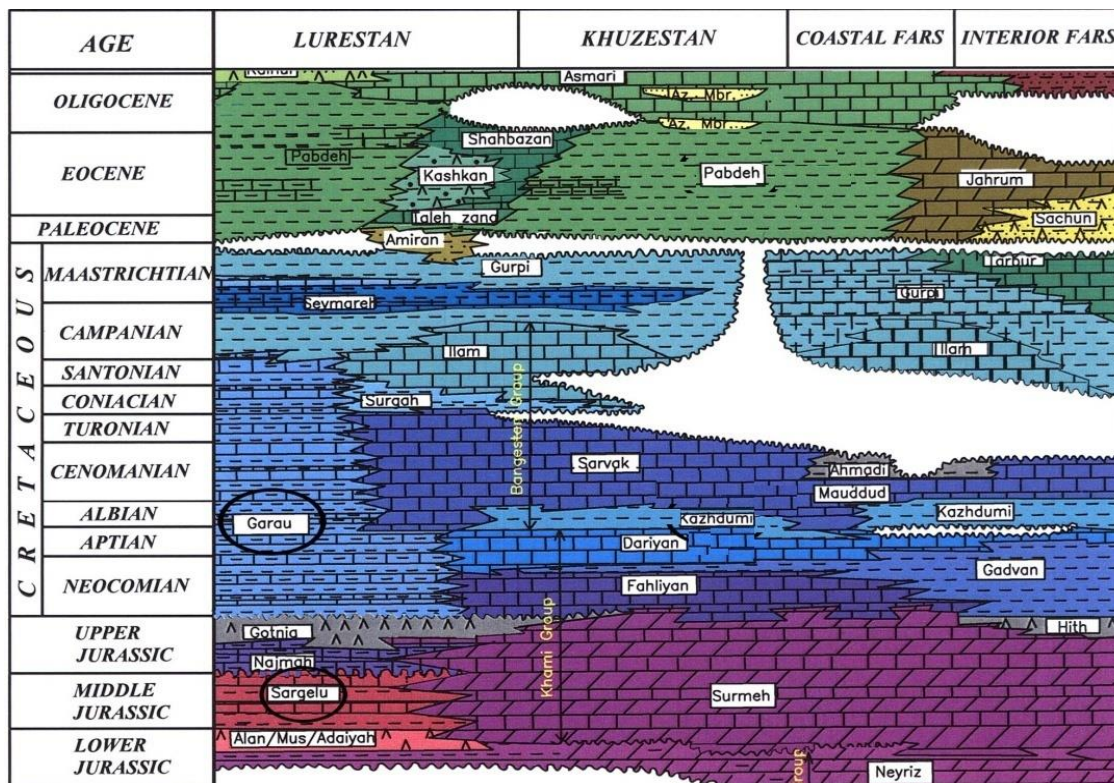
۲-۲- زمین شناسی ناحیه ای منطقه

توالی های رسوبی، سنگهای مخزن خوب، پوش سنگهای گسترده، ارتباط مطلوب سنگهای مخزن با سنگهای منشا، تله های طاق‌دیسی و وجود مخازن نفتی در حوضه رسوبی زاگرس موجب اهمیت زیاد این منطقه شده است. کوهزایی زاگرس دارای سه زون تکتونیکی موازی و متمایز است که از شمال شرق به جنوب غرب شامل مجموعه ماگمایی ارومیه-دختر، زون فلسی زاگرس و کمر بند چین خوردگی و راندگی زاگرس می باشند [8].

کمر بند چین خورده زاگرس قریب ۱۴ کیلومتر رسوبات از پالئوزوئیک تا عهد حاضر را در خود جای داده است. از مجموعه رسوبی پالئوزوئیک زیرین به جهت رخنمون‌های اندک و حفاری‌های بسیار محدود اطلاعات کاملی در دست نیست. در مجموعه رسوبی پالئوزوئیک فوقانی تا ترشیری با توجه به ستون چینه شناسی تطابقی شکل (۲-۴) می‌توان اظهار داشت ناحیه زمین شناسی فارس در بخش عمده‌ای از تاریخ زمین شناسی در موقعیت پلت‌فورمی قرار داشته و غالباً رسوبات کربناته در آن رسوب نموده است. در مقابل، ناحیه لرستان بخش عمیق این حوضه رسوبی را به خود اختصاص داده که غالباً

رخساره های شیلی و آهکهای پلاژیک در این منطقه گسترش یافته اند. محدوده زاگرس مرکزی نیز که فرو افتادگی دزفول و زون ایذه را شامل می‌گردد، محلی میان پلت فورم فارس و حوضه عمیق لرستان بوده و با پیشروی‌ها و پسروی‌های متعدد تناوبی از لایه‌های شیلی و کربناته در آن رسوب نموده است [8].

تاقدیس کبیرکوه در ایالت زمین شناسی لرستان از کمربند چین خوردگی و راندگی زاگرس واقع شده است. این تاقدیس نامتقارن در جنوب شرقی شهرستان ایلام قرار گرفته و موقعیت جغرافیایی آن بین خطوط ۱۶۴۰۰۰۰ تا ۱۷۷۰۰۰۰ شرقی (بین طولهای جغرافیایی ۴۶°۳۰' تا ۴۷° ۵۴') و ۱۲۱۰۰۰۰ تا ۱۲۸۰۰۰۰ شمالی (بین عرضهای جغرافیایی ۳۲° ۵۳' تا ۳۳° ۲۹') واقع شده است. این تاقدیس طویل‌ترین تاقدیس در ناحیه لرستان بوده و تقریباً از ۵۰ کیلومتری شمال غربی اندیمشک شروع شده و تا ۲۰ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان ایلام ادامه دارد [6].



شکل ۲-۴- بخشی از وضعیت چینه شناسی زاگرس شامل سازندهای گرو و سرگلو در ناحیه لرستان (شرکت ملی نفت

ایران، ۱۳۹۰)

۳-۲- چینه شناسی سازندهای مورد مطالعه

در این تحقیق مطالعات بر روی بخشهایی از نمونه های بدست آمده از خرده های ۱۱ حفاری که بر روی دو سازند گرو و سرگلو در منطقه لرستان صورت گرفته است. در ادامه به بررسی این دو سازند مهم در ناحیه لرستان که از نظر سنگ منشأ نفت و گاز دارای اهمیت اند، پرداخته خواهد شد.

۳-۳-۱- سازند سرگلو

مقطع تیپ از دهکده سرگلو واقع در ناحیه سلیمانیه کردستان عراق در تاقدیس سورداش اکتباس شده است که ضخامت سازند مذکور ۱۱۵ متر است. سنگ شناسی این سازند در مقطع تیپ شامل آهکهای سیاه رنگ لایه بیتومن دار، آهکهای دولومیتی و شیلهای متورق سیاه رنگ و در قسمتهای راسی لایه های نازکی از چرت سیاه رنگ تشکیل گردیده است. حد پایینی این سازند، سازند سه کانیاں تدریجی و همساز است و حد بالای آن با سازند نجمه تدریجی و همساز به نظر می رسد (شکل ۲-۵). سن این سازند در قسمت راسی باتونین و در قسمت پایینی متعلق به آخرین حدود توآرسین نسبت داده شده است [6].

Age	Kurdistan		Subsurface Northeast Iraq	Southwest Iran Lurestan	Lithology
Berriasian			Sarmord Formation	Garau Formation	
Tithonian (Middle-Upper)		Chia Gara Fm.	Karimia Mudstone		Non-deposition
Kimmeridgian (Middle-Upper)		Barsarin Fm.	Chia Gara Formation		
? Lower Kimmeridgian Upper Oxfordian ? Lower Oxfordian		Naokelekan Fm.	Gotnia Anhydrite	Gotnia Formation	
Bathonian Bajocian		Sargelu Fm.	Najmeh Formation	Najmeh Formation	
Toarcian		Sehkanian Fm.	Sargelu Formation	Sargelu Formation	
Lower Liassic		Sarki Fm.	Alan Anhydrite	Alan Formation	
			Mus Limestone	Mus Formation	
			Adayeh Anhydrite	Adayeh Formation	
Rhaetic		Baluti shale	Butmah Formation	Neyriz Formation	Non-deposition

۲-۵- وضعیت چینه شناسی سازندهای گرو و سرگلو و تغییرات جانبی آنها در عراق (شرکت ملی نفت

۲-۳-۲- سازند گرو

مقطع تیپ این سازند در دامنه شمال شرقی کبیر کوه در جنوب غربی لرستان قرار دارد (شکل ۲-۶).

این سازند به ۴ واحد تقسیم شده است، که از پایین به بالا عبارتند از [2]:

۱- حدود ۳۰۰ متر شیل تیره تا سیاه رنگ غنی از مواد آلی و آهک های رسی تیره رنگ پیریتی.

قاعده برش به علت پوشش، همبری مشخصی ندارد و روشن نیست روی چه سازندی و چگونه

قرار گرفته است.

۲- ۱۵۰ متر آهک های بسیار دانه ریز تیره تا سیاه همراه با شیل های غنی از مواد آلی

۳- حدود ۱۲۲ متر شیل های خاکستری تا قهوه ای و آهک های رسی نازک لایه خاکستری تیره که

در پی آن آهک های بسیار دانه ریز حاوی گرهک های چرت سیاه رنگ مشاهده می شود.

۴- ۱۸۱ متر تناوب شیل های خاکستری و آهک های شیلی نازک لایه و دانه ریز که در راس برش

ماسه سنگی و گلوکونیت دار می شوند.

حد پائینی این سازند در مقطع تیپ مشخص نیست و با توجه به شواهد زیرزمینی می توان اذعان

داشت که رسوبات عمیق سازند گرو بر روی رسوبات تبخیری سازند گوتنیا به سن ژوراسیک بالایی یا

سنگ آهک های برشی معادل گوتنیا در نواحی لرستان و فروافتادگی دزفول قرار می گیرد [7].

وضعیت حد بالایی سازند گرو بسیار متفاوت است. در مقطع تیپ این حد از طریق یک ناهمسازی

فرسایشی با سنگ آهک های بنگستان (آلبین-کامپانین) مشخص می شود که وجود گلوکونیت و ماسه

ای بودن سرسازند گرو معرف آن است. بخش ماسه ای و گلوکونیت دار قسمت پایانی سازند گرو به

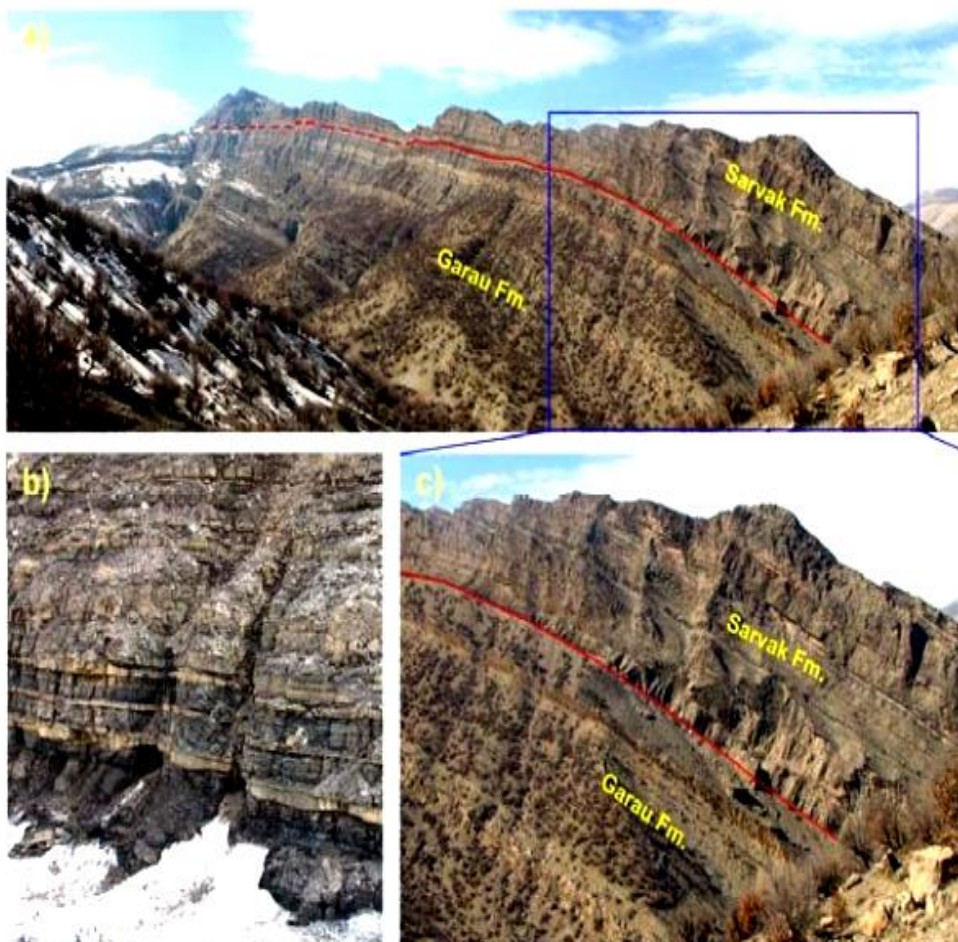
عنوان یک ناپیوستگی فرسایشی بین سازند گرو و سروک در نظر گرفته می شود [8,9]. در نواحی

مرکزی لرستان سازند گرو در زیر سازند سورگه (کنیاسین) قرار می گیرد. به این ترتیب سازند گرو می

تواند در زیر سازندهای مختلفی واقع شود و این موضوع خود معلول پیشروی رسوبات ساحلی محاط به

حوضه رسوبی گرو تفسیر می گردد [7,8]. در مقطع مورد مطالعه سنگ آهک های سازند سروک بر روی سازند گرو قرار می گیرند (شکل ۲-۶).

بطور کلی سن سازند گرو نئوکومین تا آپسین است. سازند گرو فقط در بعضی از مناطق دیده می شود. این سازند تا عراق امتداد می یابد و در آغاز به نام سازند بالامبو خوانده می شود. از لرستان به سمت جنوب شرق، این سازند به آهک و شیل های گروه های خامی و بنگستان تبدیل می شود. این سازند در لرستان مرکزی، یا به عبارت دیگر مرکز حوضه رسوبی، بیشتر شیله است [6].



شکل ۲-۶- تصاویر سازند گرو در مقطع کبیرکوه (a) دید کلی از سازند گرو در مقطع کبیرکوه (b) مرز زیرین سازند گرو (c) مرز فوقانی سازند گرو با سازند سروک در برش مورد مطالعه (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)

۲-۴- نمونه‌های مورد مطالعه

برای ارزیابی ژئوشیمی‌آلی در مجموع تعداد ۱۱۱ نمونه خرده حفاری بدست آمده از ۱۱ چاه حفاری شده مورد آنالیز واقع شده است. به طور مشخص از ۱۰ حفاری ۸۲ نمونه مربوط به سازند گرو و ۲۹ نمونه مربوط سازند سرگلو از ۶ حفاری بدست آمده است.

برای آماده سازی نمونه ها برای آنالیز، نمونه های دچار آغشتگی از مواد زائد گل حفاری تمیز شده تا باعث بروز خطا در نتایج راک اول نشود. بعد از تمیز کردن نمونه ها، بطور معمول ۵ تا ۱۰ گرم هر نمونه جهت استفاده در دستگاه راک اول انتخاب می‌شود که این مقدار نمونه پودر گردیده است. پس از انجام آنالیز میزان هریک از پارامترهای ژئوشیمیای مورد استفاده در ارزیابی مشخص می‌شوند.

فصل سوم

پیرولیز راک_اول

و انعکاس ویترینایت (Ro)

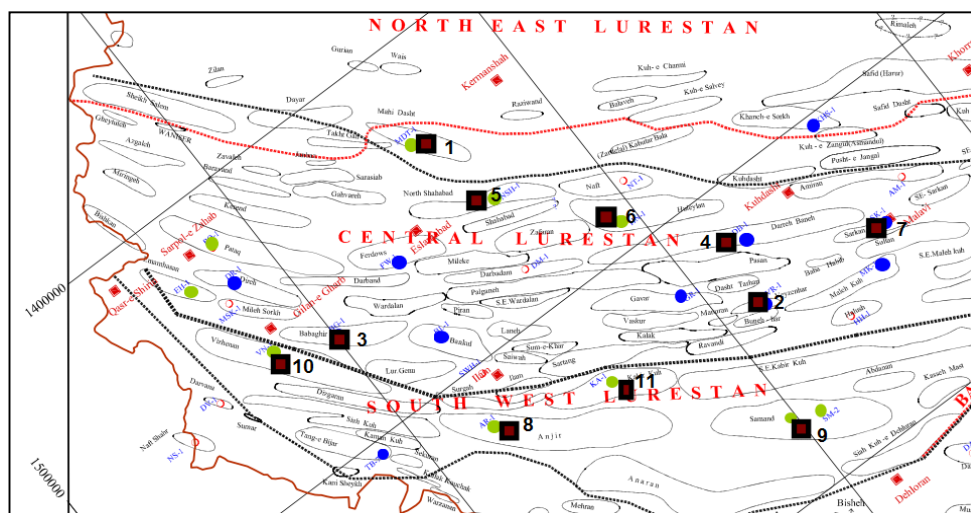
۳-۱- مقدمه

از دیدگاه ژئوشیمی آلی، لایه هایی را می توان به عنوان شیل گازی در نظر داشت که دارای TOC بزرگتر از ۰/۵ تا ۲% درصد وزنی باشند و از نظر پختگی و بلوغ حرارتی وارد پنجره گاز زایی شده باشند و ضریب انعکاس ویتروینایت بزرگتر از ۱/۳٪ را تجربه کرده باشند. این مقدار ضریب انعکاس ویتروینایت معادل T_{max} ای بزرگتر از $475^{\circ}C$ است. و اینکه مقدار پارامتر (Transformation) TR (Ratio) در این لایه ها بین ۸۰ تا ۸۵ درصد باشد [10].

با توجه به معیارهای مختلف به بررسی لایه ها و سازندهای محتمل از دیدگاه شیل های گازی در حوضه رسوبی لرستان در ادامه پرداخته شده است. بیان این نکته لازم است که نمونه های آنالیز شده از چاه های حفاری ایست که غالباً در راس تاقدیس ها قرار گرفته اند و از آنجاییکه مبحث شیل های گازی در ناودیس ها بیشتر مورد توجه بوده، باید میزان بلوغ حرارتی نمونه های آنالیز شده را بیشتر از میزان تعیین شده در نظر گرفت.

۳-۲- حوضه لرستان و نتایج آنالیز راک-اول

در شکل (۳-۱) ناحیه لرستان به سه بخش شمالی، مرکزی و جنوبی تقسیم شده است و بررسی ها بر روی داده های (۱۱ نمونه خرده حفاری) مربوط به ۱۱ حلقه چاه حفاری شده پرداخته می شود.



شکل ۳-۱- سه بخش (شمالی، مرکزی و جنوبی) ناحیه لرستان - چاه ها شماره گذاری شده اند (اصلاح شده شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)

جدول ۳-۱- تقسیم بندی ناحیه لرستان و تفکیک چاههای آن از نظر سازند دربرگیرنده و ضخامت و تعداد نمونه های برداشت شده

لرستان شمالی	1	Mahi-Dasht #1	Garau	600	3
			Sargelu	381	3
لرستان مرکزی	2	Veyzenhar #1	Garau	366	10
	3	Babaghir #1&2	Garau	1305	20
	4	Dareh-Baneh #1	Garau	533	4
	5	N.shahabad #1	Garau	444	11
			Sargelu	108	8
	6	Huleiylan #1	Sargelu	12	2
7	Sarkan #1	Garau	.....	1	
لرستان جنوبی	8	Anjir #1	Garau	780	12
			Sargelu	222	6
	9	Samand #1	Garau	222	12
			Sargelu	220	9
	10	Vizhenan #1	Garau	1778	4
11	Kabir-kuh #1	Garau	159	6	

۳-۲-۱- لرستان شمالی

منطقه شمالی ناحیه لرستان است که با توجه به داده های موجود، بررسی ها فقط بر روی چاه ماهی دشت-۱ انجام شده است. نتایج آنالیز راک-اول نمونه های این چاه در (شکل ۳-۱ و جدول ۳-۲) و اندازه گیری ضریب انعکاس در جدول (۳-۳) آورده شده است.

جدول ۳-۲- نتایج آنالیز راک-اول نمونه خرددهای حفاری (Cutting) سازندهای گرو و سرگلو چاههای ناحیه لرستان

Well	Hole.NO	DEPTH(M)	Fm.name	TOC	Tmax	HI	OI	S1	S2	PI	PP
Mahi-Dasht.1	1	1338	GR	1.98	485	55	9	1.3	1.09	0.54	2.39
		1728	GR	1.28	434	38	16	0.72	0.49	0.6	1.21
		1938	GR	1.29	442	33	14	0.65	0.42	0.61	1.07
		2283	SR	0.17	445	35	116	0.09	0.06	0.6	0.15
		2454	SR	0.39	450	23	45	0.08	0.09	0.47	0.17
		2664	SR	5.91	448	1	4	0.01	0.06	0.14	0.07

$$PI = \text{production index} = S1/(S1+S2)$$

جدول ۳-۳- نتایج ضریب انعکاس ویترینایت مربوط به نمونه های (Cutting) سازندهای گرو و سرگلو مربوط به چاههای ناحیه لرستان شمالی

Well	DEPTH(m)	NO.MEASURE	MEAN RO%	NAME OF FM	MAX RO%	MIN RO%	Vitrinite
Mahi-Dasht.1	1149	12	0.895	GARUA	1.121	0.682	is rich
		3	2.123	SARGELU	2.872	2.112	is rich

۳-۲-۲- لرستان جنوبی

در منطقه لرستان جنوبی، داده‌های چاههای شماره (۱۰) ویزه‌نان، شماره (۱۱) کبیرکوه، شماره (۹) سمند و شماره (۸) انجیر موجود می‌باشد (شکل ۳-۱) که نتایج آنالیز راک-اول آن‌ها (جدول ۳-۴) و اندازه‌گیری ضریب انعکاس در جدول (۳-۵) آورده شده است.

جدول ۳-۴- نتایج آنالیز راک-اول نمونه خرده‌های حفاری (Cutting) سازندهای گرو و سرگلو چاههای ناحیه لرستان

Well	Hole.NO	DEPTH(M)	Fm.name	TOC	Tmax	HI	OI	S1	S2	PI	PP
Anjir #1	8	853	GR	0.17	442	194	116	0.2	0.33	0.38	0.53
		884	GR	0.42	447	121	12	0.33	0.51	0.39	0.84
		1055	GR	0.18	443	128	100	0.22	0.23	0.49	0.45
		1073	GR	1.12	445	58	27	0.41	0.65	0.39	1.06
		1103	GR	3.82	446	8	6	0.27	0.29	0.48	0.56
		1119	GR	2.48	444	17	14	0.32	0.44	0.42	0.76
		1149	GR	2.98	448	10	9	0.26	0.29	0.47	0.55
		1170	GR	1.78	446	15	19	0.18	0.27	0.4	0.45
		1485	GR	3.17	447	9	7	0.26	0.29	0.47	0.55
		1595	GR	2.88	438	5	6	0.18	0.13	0.58	0.31
		1607	GR	0.82	443	52	25	0.25	0.43	0.37	0.68
		1633	GR	0.37	441	100	50	0.56	0.37	0.6	0.93
		1634	SR	0.6	453	58	33	0.55	0.35	0.61	0.9
		1747	SR	1.97	450	43	38	0.74	0.86	0.46	1.6
		1765	SR	0.76	458	53	25	0.6	0.4	0.6	1
		1792	SR	1.19	463	50	15	1.13	0.6	0.65	1.73
1835	SR	2.12	442	43	21	0.62	0.93	0.4	1.55		
1856	SR	2	446	50	16	0.6	1	0.38	1.6		
Samand #1	9	1822	GR	0.74	447	164	24	0.95	1.22	0.44	2.17
		1902	GR	0.73	448	88	47	1.49	0.64	0.7	2.13
		1942	GR	1.93	453	30	37	1.22	0.58	0.68	1.8
		1962	GR	0.88	485	52	45	1.05	0.46	0.7	1.51
		1982	GR	1.85	449	21	19	0.48	0.39	0.55	0.87
		2002	GR	3.43	445	16	8	0.39	0.56	0.41	0.95
		1780	GR	1.76	448	18	24	0.29	0.32	0.48	0.61
		1800	GR	0.36	454	78	49	0.47	0.28	0.63	0.75
		1820	GR	0.78	449	30	28	0.57	0.24	0.7	0.81
		1840	GR	1.21	451	40	32	0.43	0.49	0.47	0.92
		1860	GR	0.98	465	53	14	0.32	0.52	0.38	0.84
		1880	GR	0.53	463	43	19	0.55	0.23	0.71	0.78
		2320	SR	2.92	440	42	20	2.12	1.22	0.63	3.34
		2340	SR	1.25	448	88	45	0.72	1.11	0.39	1.83

		2380	SR	0.36	460	56	182	0.51	0.2	0.72	0.71
		2160	SR	0.47	445	42	42	0.34	0.2	0.63	0.54
		2180	SR	0.72	449	45	32	0.52	0.33	0.61	0.85
		2220	SR	0.81	451	56	28	0.21	0.46	0.31	0.67
		2240	SR	0.24	460	62	75	0.25	0.15	0.63	0.4
		2260	SR	0.72	457	40	61	0.35	0.29	0.55	0.64
		2280	SR	0.65	449	46	59	0.15	0.3	0.33	0.45
Vizhenan #1	10	661	GR	2.49	460	87	12	1.85	2.16	0.46	4.01
		1423	GR	1.32	462	64	27	1.07	0.85	0.56	1.92
		2100	GR	2.1	441	30	11	1.04	0.62	0.63	1.66
		2439	GR	2.64	446	10	9	0.58	0.26	0.69	0.84
Kabir-kuh #1	11	37	GR	0.17	494	82	297	0.39	0.14	0.74	0.53
		58	GR	3.3	492	2	112	0.19	0.05	0.79	0.24
		81	GR	0.32	502	41	183	0.21	0.13	0.62	0.34
		87	GR	1.42	448	69	62	0.34	0.98	0.26	1.32
		187	GR	4.97	440	30	5	4.83	1.49	0.76	6.32
		196	SR	0.93	441	48	40	0.81	0.45	0.64	1.26

جدول ۳-۵- نتایج ضریب انعکاس ویترینایت نمونه خرده‌های حفاری (Cutting) سازندهای گرو و سرگلو چاههای ناحیه لرستان

Well	Hole.NO	DEPTH(m)	NO.MEASURE	MEAN RO%	NAME OF FM	MAX RO%	MIN RO%	Vitrinite
Anjir #1	8	1149	12	0.895	GARUA	1.121	0.682	is rich
		1792	6	0.975	SARGELU	1.251	0.821	is rich
Samand #1	9	1800	12	0.978	GARUA	1.125	0.852	is rich
		2240	9	1.021	SARGELU	1.215	0.922	is rich
Vizhenan #1	10	3390	4	0.886	GARUA	1.255	0.569	is weak
Kabir-kuh #1	11	187	6	0.985	GARUA	1.451	0.677	is average

۳-۲-۳- لرستان مرکزی

منطقه لرستان مرکزی حاوی داده های چاههای شماره(۵) شاه آباد شمالی، شماره (۶) هولیلان، شماره(۴) دره بانه، شماره(۷) سرکان، شماره(۲) ویزنهار و شماره(۳) باباقیر بوده(شکل ۳-۱) و نتایج آنالیز راک-اول نمونه‌های مذکور در جدول(۳-۶) و اندازه‌گیری ضریب انعکاس در جدول(۳-۷) ذکر شده است.

جدول ۳-۶- نتایج آنالیز راک-اول نمونه خرده‌های حفاری (Cutting) سازندهای گرو و سرگلو چاههای ناحیه لرستان

Well	Hole.NO	DEPTH(M)	Fm.name	TOC	Tmax	HI	OI	S1	S2	PI	PP
Veyzenhar #1	2	3107	GR	0.96	447	229	55	2.11	2.2	0.49	4.31
		3158	GR	0.85	444	248	54	1.72	2.11	0.45	3.83

		3183	GR	0.78	450	154	94	1.3	1.2	0.52	2.5
		3192	GR	0.59	443	186	72	0.48	1.1	0.3	1.58
		3244	GR	1.09	447	145	47	1.71	1.58	0.52	3.29
		3390	GR	0.31	441	326	209	1.07	1.01	0.51	2.08
		3436	GR	0.87	436	101	89	0.72	0.88	0.45	1.6
		3460	GR	0.29	431	152	120	0.53	0.44	0.55	0.97
		3466	GR	1.22	437	25	42	0.35	0.31	0.53	0.66
		3473	GR	4.37	440	5	5	0.29	0.23	0.56	0.52
Babaghir #1	3	1862	GR	2.84	508	4	10	0.11	0.11	0.5	0.22
		1817	GR	0.42	450	45	18	0.14	0.19	0.42	0.33
		1957	GR	0.23	449	96	132	0.29	0.22	0.57	0.51
		1975	GR	0.51	446	82	28	0.31	0.42	0.42	0.73
		2006	GR	0.42	446	83	41	0.29	0.35	0.45	0.64
		2024	GR	0.38	449	103	43	0.49	0.39	0.56	0.88
		2045	GR	0.53	447	47	52	0.35	0.25	0.58	0.6
		2093	GR	0.49	444	78	41	0.51	0.38	0.57	0.89
		2094	GR	0.23	446	282	26	0.42	0.65	0.39	1.07
		2112	GR	0.45	443	102	32	0.22	0.46	0.32	0.68
		2145	GR	1	454	49	18	0.75	0.49	0.6	1.24
		2164	GR	1.11	446	68	21	1.05	0.75	0.58	1.8
		2170	GR	3.45	441	52	45	2.25	1.81	0.55	4.06
2194	GR	10.5	437	587	58	27.8	61.64	0.31	89.4		
Babaghir #2	3	2731	GR	3	444	6	6	0.15	0.18	0.45	0.33
		2865	GR	1.25	447	116	32	0.25	1.46	0.15	1.71
		2917	GR	1.04	444	219	21	0.85	2.28	0.27	3.13
		2990	GR	0.97	446	42	52	0.38	0.41	0.48	0.79
		3045	GR	0.26	450	115	119	0.25	0.3	0.45	0.55
		3124	GR	0.3	447	93	82	0.23	0.28	0.45	0.51
Dareh-Baneh #1	4	1653	GR	2.53	442	69	35	1.87	1.74	0.52	3.61
		1844	GR	1.63	444	126	41	2.46	2.06	0.54	4.52
		1936	GR	1.01	443	304	31	2.54	3.07	0.45	5.61
		2186	GR	1.64	444	100	45	2.25	1.64	0.58	3.89
N.shahabad #1	5	2966	GR	1.2	449	100	22	1.1	1.2	0.48	2.3
		3021	GR	2.4	446	72	10	2.11	1.73	0.55	3.84
		3054	GR	1.28	450	144	14	1.22	1.85	0.4	3.07
		3067	GR	2.22	442	54	19	1.85	1.2	0.61	3.05
		3084	GR	1.45	451	70	22	1.09	1.02	0.52	2.11
		3107	GR	1.29	412	64	29	0.62	0.83	0.43	1.45
		3146	GR	1.17	310	13	208	0.25	0.16	0.61	0.41
		3280	GR	2.76	314	6	6	0.19	0.16	0.54	0.35
		2945	GR	0.88	457	64	31	0.42	0.56	0.43	0.98
		3369	GR	1.03	392	34	38	0.83	0.35	0.7	1.18
		3410	GR	1.81	304	30	21	0.38	0.54	0.41	0.92
		3669	SR	1.43	302	17	27	0.62	0.25	0.71	0.87
		3680	SR	1.2	341	24	31	0.24	0.29	0.45	0.53
		3691	SR	0.81	350	4	21	0.19	0.03	0.86	0.22
		3703	SR	0.92	355	9	45	0.14	0.09	0.61	0.23
		3718	SR	0.85	310	36	67	0.44	0.31	0.59	0.75
3730	SR	2.12	340	15	43	0.28	0.32	0.47	0.6		
3767	SR	3.42	317	8	6	0.34	0.28	0.55	0.62		
3777	SR	2.21	327	30	27	0.51	0.68	0.43	1.19		
Huleiylan #1	6	1274	SR	4.53	446	80	10	3.4	3.29	0.5	6.69
		1286	SR	0.81	448	84	50	0.61	0.59	0.51	1.2
Sarkan #1	7	1934	GR	0.83	440	122	24	1.07	1.01	0.51	2.08

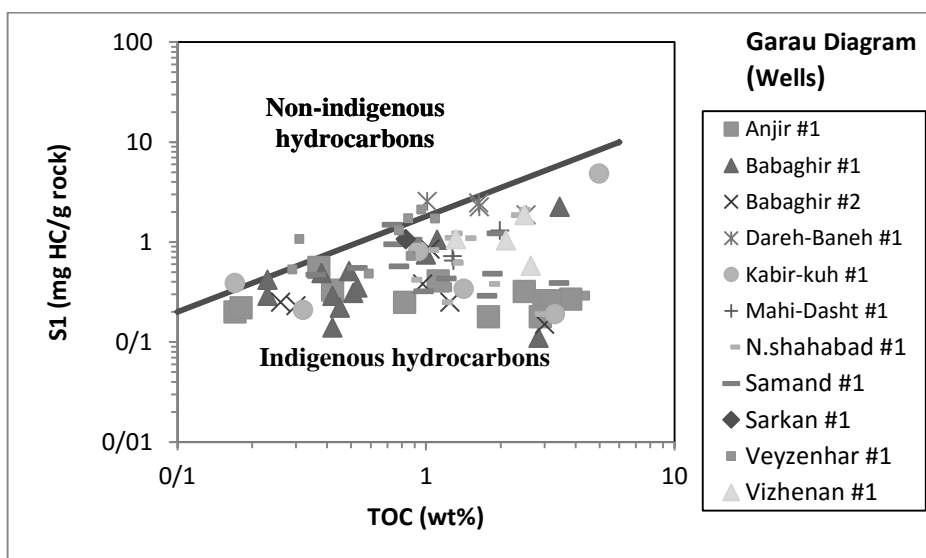
جدول ۳-۷- نتایج ضریب انعکاس ویترینایت نمونه خردده‌های حفاری (Cutting) سازند گرو و سرگلو چاههای ناحیه لرستان مرکزی

Well	Hole.NO	DEPTH(m)	NO.MEASURE	MEAN RO%	NAME OF FM	MAX RO%	MIN RO%	Vitrinite
Veyzenhar #1	2	2100	10	0.782	GARUA	1.025	0.627	is weak
Babaghir #1 & 2	3	1869	20	0.787	GARUA	1.118	0.481	is rich
Dareh-Baneh #1	4	1936	4	0.985	GARUA	1.287	0.664	is very weak
N.shahabad #1	5	3084	11	0.967	GARUA	1.287	0.664	is rich
		3718	8	1.025	SARGELU	1.425	0.578	is rich
Huleiylan #1	6	1143-50	2	1.982	SARGELU	2.596	1.878	is rich
Sarkan #1	7	1934	1	1.012	GARUA	1.325	0.678	is rich

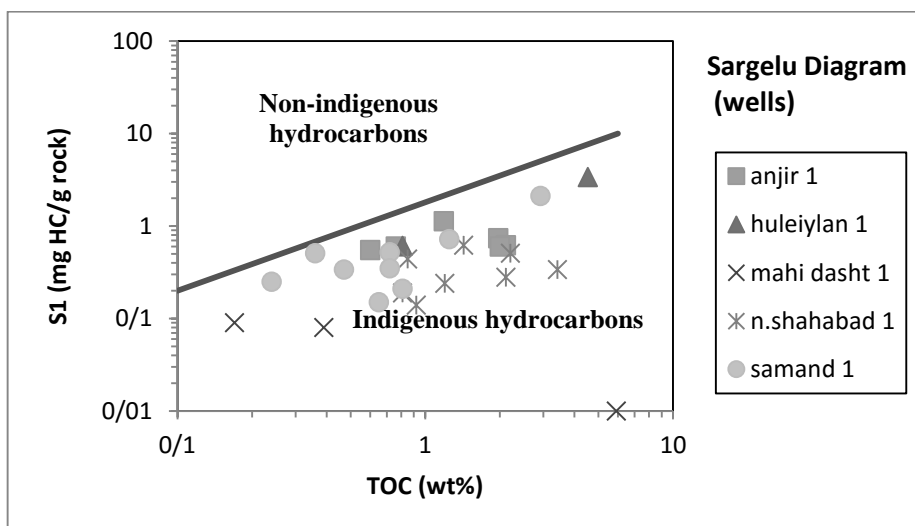
۳-۳- تعیین نمونه هایی که دچار آلودگی (آغستگی) شده اند

با توجه به دیاگرام S₁-TOC تعداد معدودی از نمونه های سازند گرو دارای آلودگی ناچیزی می باشند

(شکل ۳-۲) ولی در نمونه های سازند سرگلو آلودگی ملاحظه نمی گردد (شکل ۳-۳).



شکل ۳-۲- دیاگرام S₁-TOC نمونه های سازند گرو منطقه لرستان



شکل ۳-۳- دیاگرام S1-TOC نمونه های سازند سرگلو منطقه لرستان

در جدول ۳-۸ نمونه هایی از چاههای ویزنهار و برخی از چاههای دیگر که دارای آغستگی اند ارائه شده است. بطور مشخص داده هایی که میزان %TR و %RO_{from Tmax} آنها منفی شده است، در میانگین گیری و استفاده در رسم دیاگرام عنکبوتی لحاظ نمی کنیم.

جدول ۳-۸- نمونه هایی از سازند گرو که دچار آلودگی شده اند

Sample NO	WELL NAME	DEPTH(M)	Fm.name	TOC	Tmax	HI	OI	S1	S2	PI	PP
41	Dareh-Baneh #1	1936	GR	1.01	443	304	31	2.54	3.07	0.45	5.61
103	Veyzenhar #1	3390	GR	0.31	441	326	209	1.07	1.01	0.51	2.08
98	Veyzenhar #1	3107	GR	0.96	447	229	55	2.11	2.2	0.49	4.31
99	Veyzenhar #1	3158	GR	0.85	444	248	54	1.72	2.11	0.45	3.83
45	Kabir-kuh #1	37	GR	0.17	494	82	297	0.39	0.14	0.74	0.53
77	Samand #1	1902	GR	0.73	448	88	47	1.49	0.64	0.7	2.13

۳-۴- بررسی داده های پیرولیز راک-اول (تیپ و درجه بلوغ) حوضه لرستان ۳-۴-۱- ارزیابی تیپ و درجه بلوغ کروژن ها در سازند گرو

بطور کلی سه نوع کروژن قابل تشخیص است که وجه تمایز این سه نوع کروژن به نوع ماده آلی تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی آن بستگی دارد.

▪ کروژن نوع اول، که دارای منشا جلبکی بوده و شاخص هیدروژنی موجود در آن از سایر کروژن ها

بیشتر می باشد ($HI > 600 \text{ mgHI/grTOC}$).

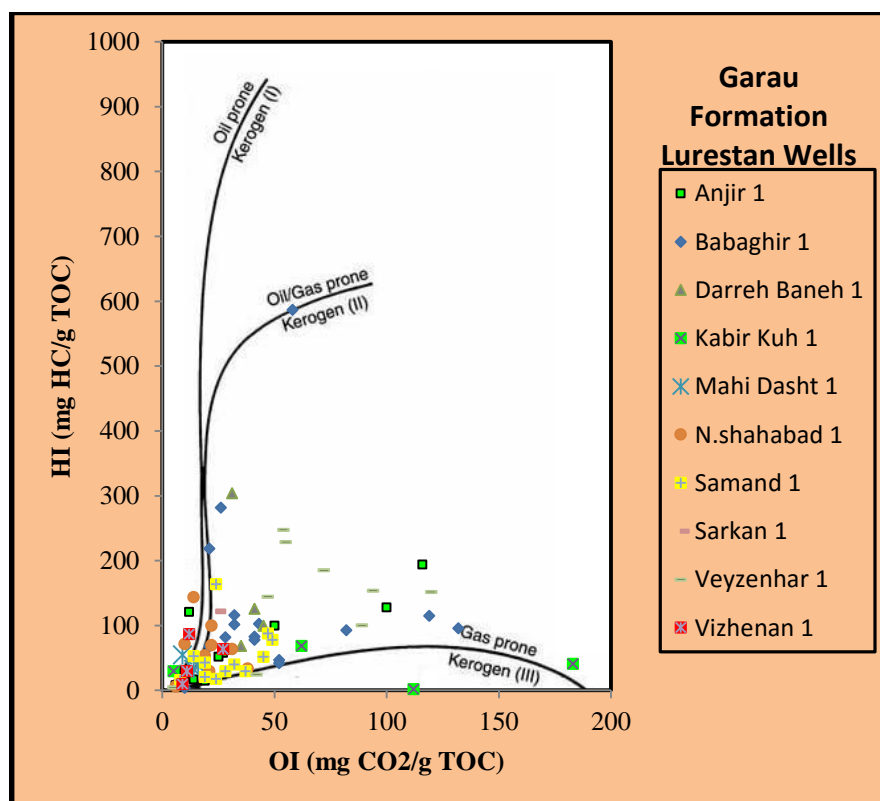
▪ کروژن نوع دوم، یا لیپتینیک ها که نوع حد واسط کروژن محسوب می شود. نسبت هیدروژن به کربن، بین ۳۰۰ تا ۶۰۰ می باشد. قطعات جلبکی و مواد مشتق شده از فیتو پلانکتونها و زئوپلانکتونها ترکیب اصلی (کروژن ساپروپل) این نوع کروژن هستند.

▪ کروژن نوع سوم، یا هومیک با شاخص هیدروژنی بین ۵۰ تا ۲۰۰ می باشد. این نوع کروژن از

لیگنیت و قطعات چوبی گیاهان که در خشکی تولید می شود به وجود می آید [10].

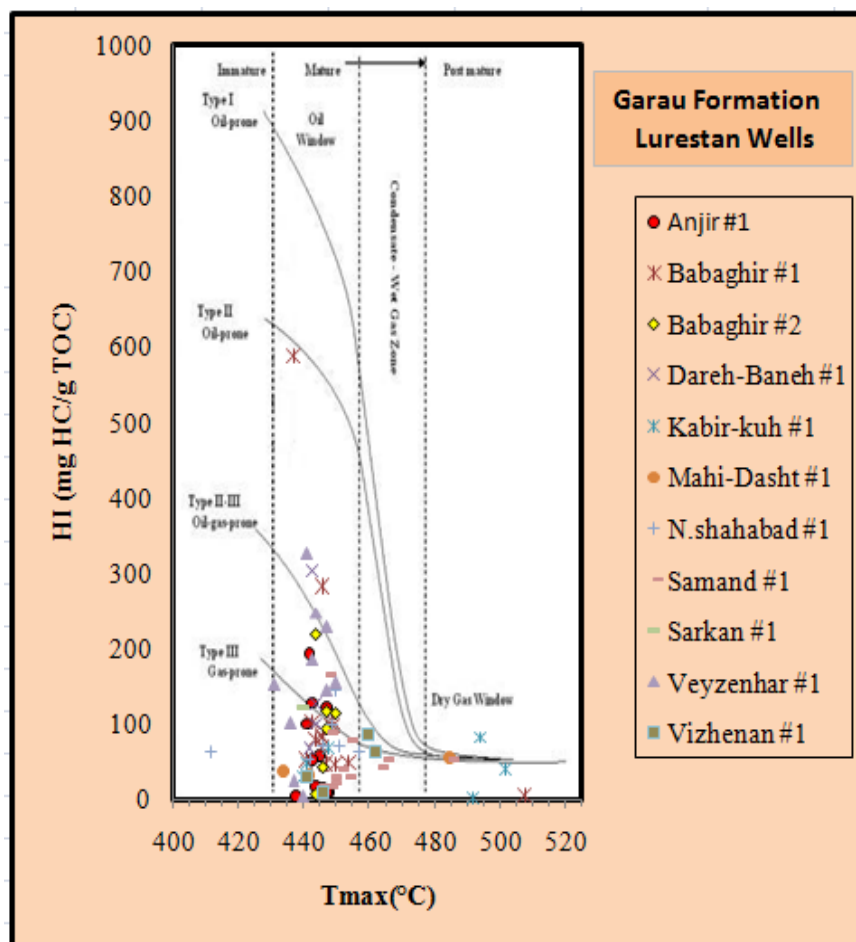
برای تعیین تیپ کروژن، براساس میزان HI-OI عمل می شود و میزان درجه بلوغ آنها ارزیابی می گردد [11].

با توجه به دیاگرام ون کروژن نمونه های سازند گرو در منطقه لرستان (شکل ۳-۴)، بیشتر داده ها دارای میزان HI و OI پایینی است. نمودار ون کروژن داده ها بیانگر آن است که بیشتر نمونه ها از نوع کروژن II و III هستند و با درجه بلوغ بالایی به پنجره گازی نزدیک می شوند.



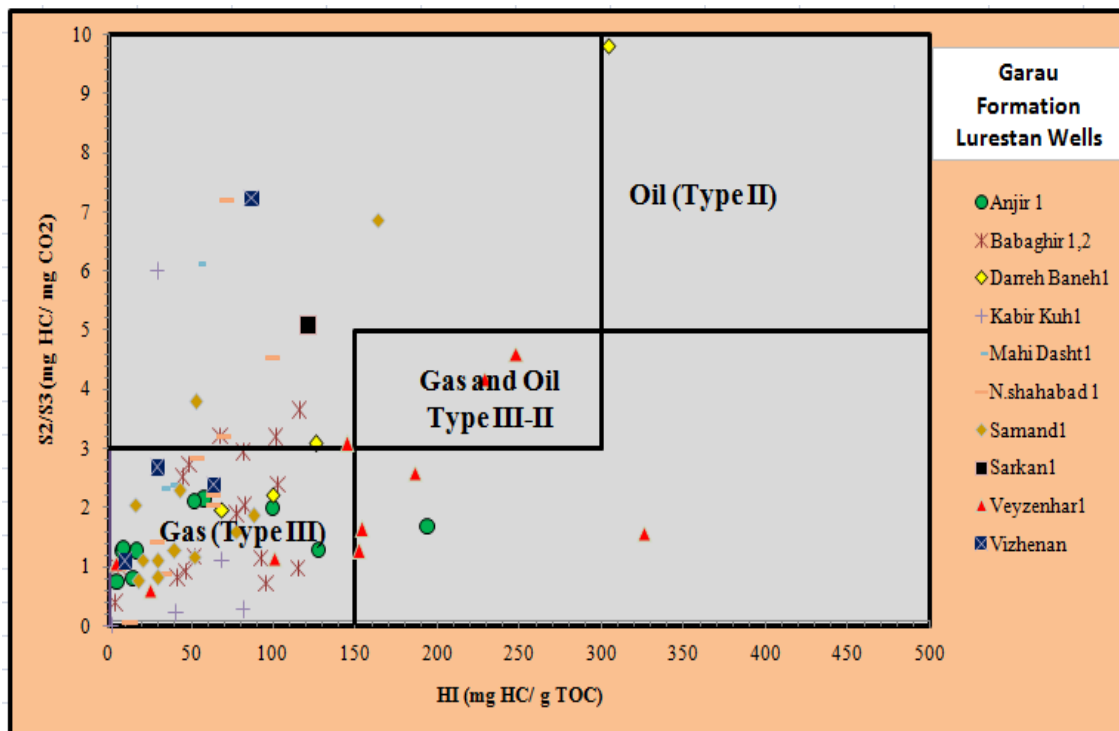
شکل ۳-۴- نمودار ون کروژن نمونه های سازند گرو در منطقه لرستان

با توجه به دیاگرام HI-Tmax سازند گرو (شکل ۳-۵)، بیشتر داده ها در محدوده پنجره نفتی قرار گرفته و عمدتاً از نوع کروژن تیپ III و II/III هستند. درجه بلوغ تعدادی از نمونه های مربوط به چاههای سمند و ویزهنان در محدوده گاز تر، و تعدادی از نمونه های مربوط به چاههای کبیرکوه-۱ (سه نمونه)، باباقیر-۱ (یک نمونه)، سمند-۱ (یک نمونه) و ماهیدشت-۱ (یک نمونه) در محدوده گاز خشک قرار گرفته اند.



شکل ۳-۵- نمودار HI-Tmax نمونه های سازند گرو در منطقه لرستان

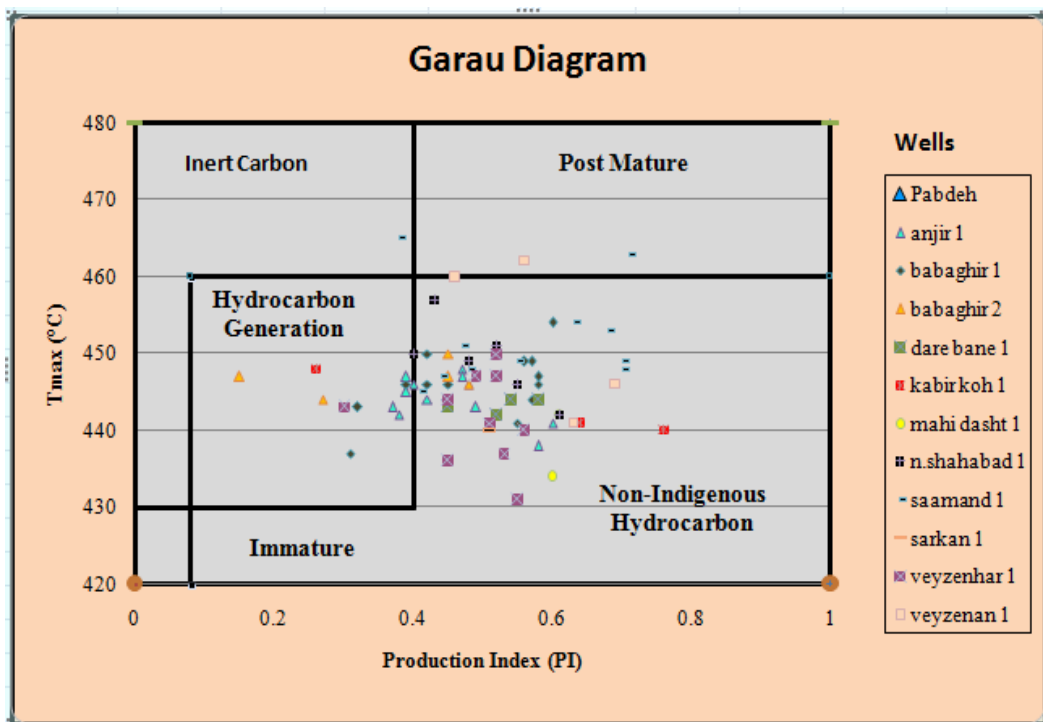
با توجه به دیاگرام S2/S3-HI نمونه های سازند گرو (شکل ۳-۶)، نمونه ها در یک دسته بندی از نظر تیپ کروژن قرار گرفته اند و همانطور که قابل مشاهده است سه نوع کروژن تیپ II، تیپ III و تیپ II/III قابل تفکیک اند. طبق این دیاگرام بیشتر نمونه ها در محدوده پنجره گازی قرار گرفته و از نوع کروژن تیپ III و تعداد معدودی هم (شامل دو نمونه از چاه ویزنههار) در محدوده پنجره نفتی و گازی و از نوع کروژن تیپ II/III هستند.



شکل ۳-۶- نمودار HI-S2/S3 نمونه های سازند گرو در منطقه لرستان

دیگرام PI-Tmax (شکل ۳-۷) نمونه های حاوی هیدروکربور را بر حسب میزان شاخص تولید و افزایش Tmax به چند دسته تقسیم می کند، که شامل محدوده هایی برای تعیین نمونه های فوق بالغ، کربن های بی اثر، هیدروکربورهای نابالغ، هیدروکربورهای مهاجرت یافته و مرحله تولید هیدروکربور می باشد.

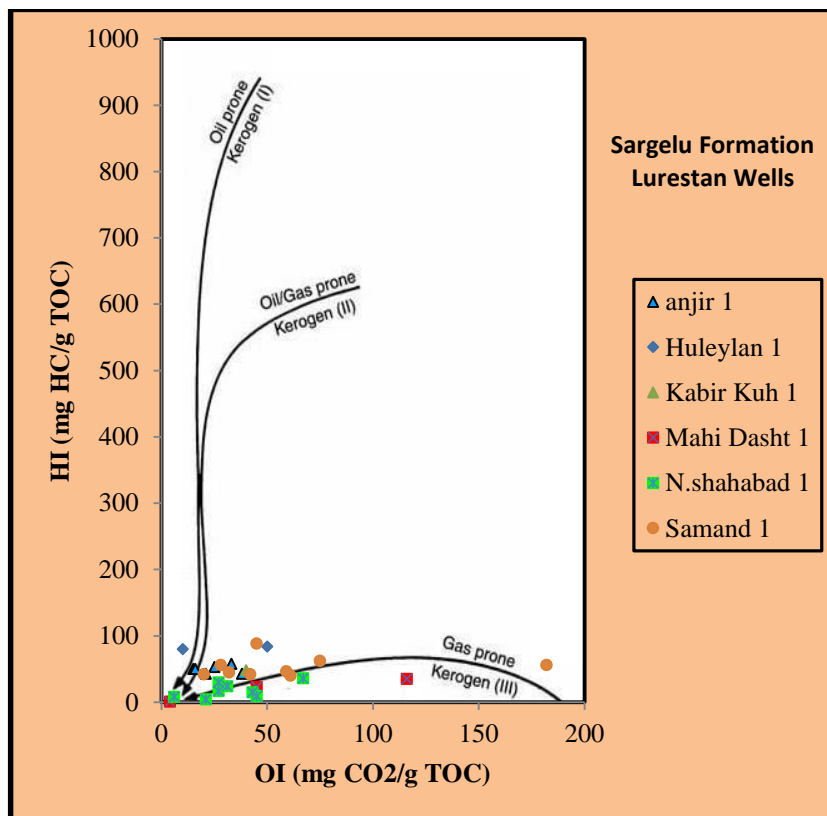
طبق این نتایج بخشی از نمونه ها را که فوق بالغ شده اند (شامل برخی از نمونه های چاه ویزنان-۱ و چاه سمند-۱) از نظر ما اهمیت زیادی دارند.



شکل ۳-۷- نمودار PI-Tmax نمونه های سازند گرو در منطقه لرستان

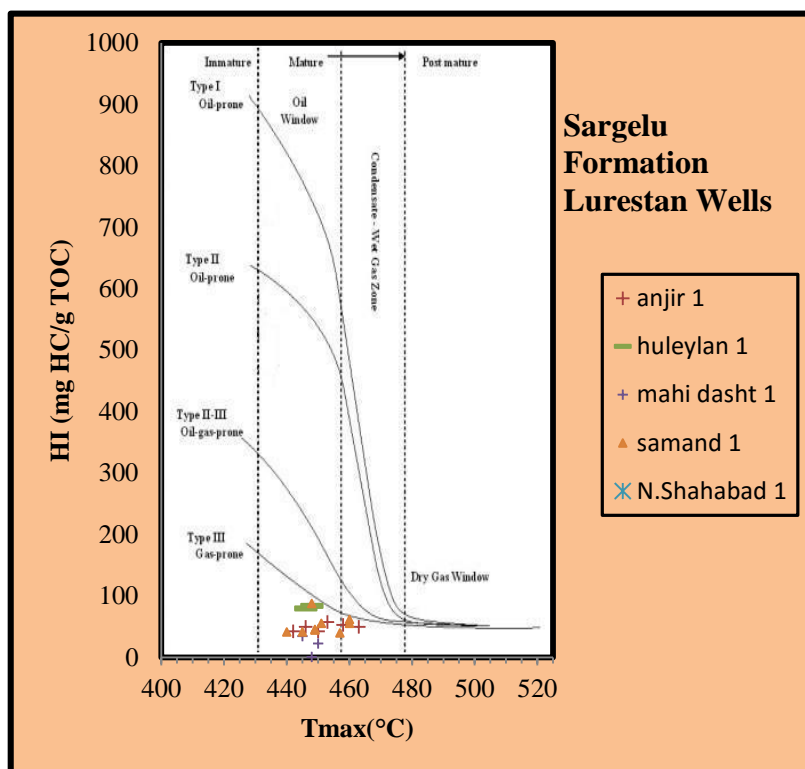
۳-۴-۲- ارزیابی تیپ و درجه بلوغ کروژن ها در سازند سرگلو

با توجه به دیاگرام ون کرولن نمونه های سازند سرگلو (شکل ۳-۸)، بیشتر داده ها دارای میزان HI و OI پایینی بوده و در گوشه ی دیاگرام قابل مشاهده است. می توان گفت، نحوه پراکندگی داده ها بیانگر آن است که بیشتر نمونه ها از نوع کروژن III و II/III (عمدتا نوع III) هستند و با درجه بلوغ بالایی به پنجره گازی نزدیک می شوند.



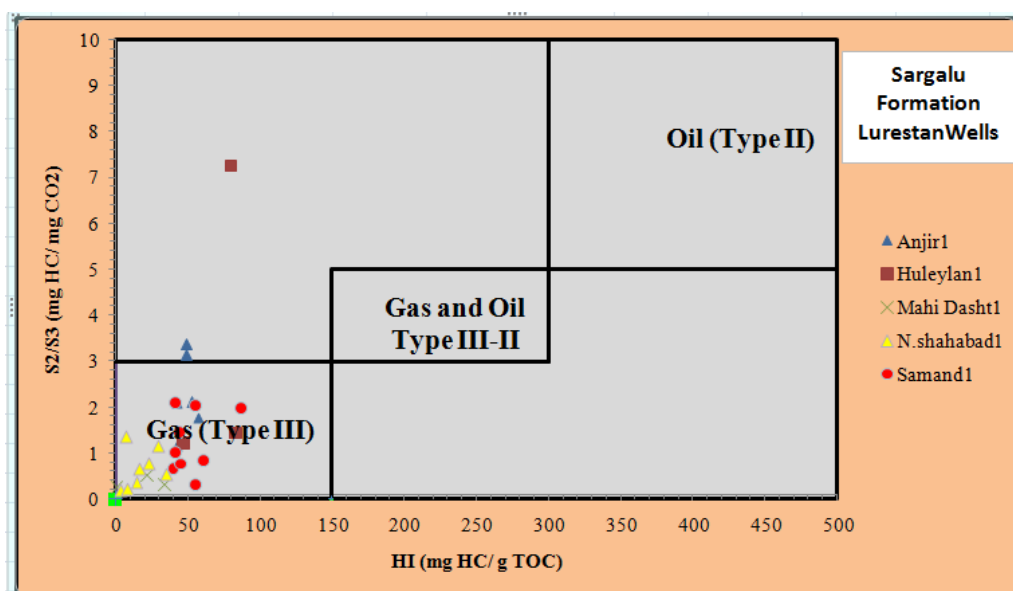
شکل ۳-۸- نمودار ون کروئل نمونه های سازند سرگلو در منطقه لرستان

با توجه به دیگرام HI-Tmax نمونه های سازند سرگلو (شکل ۳-۹)، بیشتر داده ها در محدوده پنجره نفتی قرار گرفتند، ولی تعدادی از نمونه های مربوط به چاههای سمند-۱ و انجیر-۱ هم در اوایل محدوده گاز تر قرار گرفتند. کلیه نمونه ها کروژن تیپ III هستند.



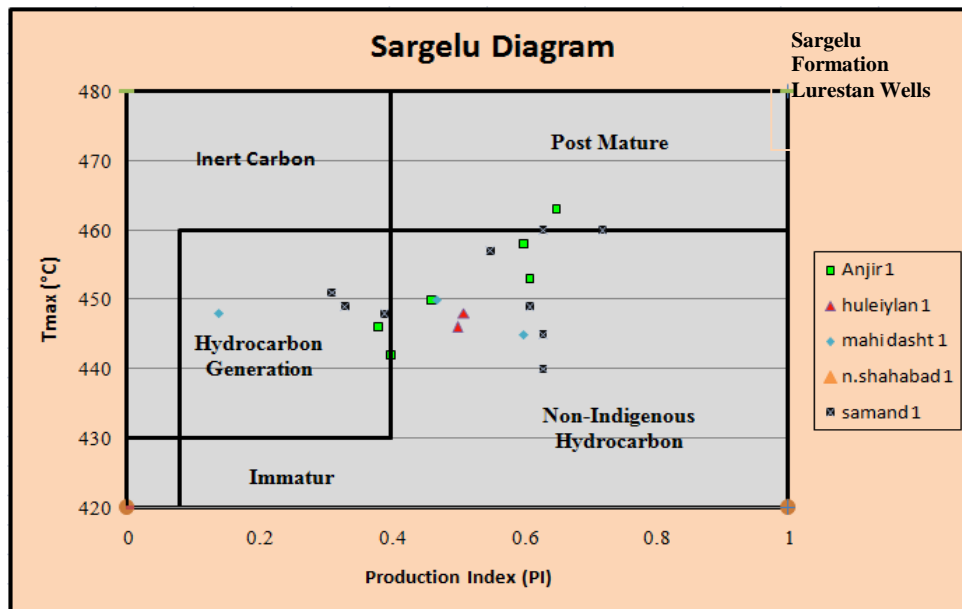
شکل ۳-۹- نمودار HI-Tmax نمونه های سازند سرگلو در منطقه لرستان

با توجه به دیاگرام S2/S3-HI نمونه های سازند سرگلو (شکل ۳-۱۰)، نمونه ها در یک دسته بندی از نظر تیپ کروژن قرار گرفته اند و همانطور که قابل مشاهده است سه نوع کروژن تیپ II و تیپ III و تیپ II/III قابل تفکیک اند. لذا بیشتر نمونه ها قادر به تولید گاز خواهند بود.



شکل ۳-۱۰- نمودار HI-S2/S3 نمونه های سازند سرگلو در منطقه لرستان

دیگرام PI-Tmax نمونه های حاوی هیدروکربور را بر حسب میزان شاخص تولید و افزایش Tmax به چند دسته تقسیم می کند (شکل ۳-۱۱)، نمونه هایی که فوق بالغ شده اند (شامل برخی از نمونه های چاه سمند-۱ و چاه انجیر-۱) با اهمیت می باشند.



شکل ۳-۱۱- نمودار PI-Tmax نمونه های سازند سرگلو در منطقه لرستان

۳-۵- بررسی پتانسیل و میزان توان تولید نمونه ها ۳-۵-۱- ارزیابی پتانسیل و توان تولید نمونه های سازند گرو

تعداد ۸۲ نمونه از سازند گرو مربوط به ۱۰ چاه از ناحیه لرستان مورد آنالیز راک اول قرار گرفته است که نتایج حاصل از آنها که مربوط به میزان وضعیت PP و TOC% است، در جدول ۳-۹ آمده است.

جدول ۳-۹- نتایج مربوط به میزان و وضعیت PP و TOC نمونه های سازندهای گرو منطقه لرستان (اصلاح شده از شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)

No	WELL NAME	DEPTH(M)	Fm.name	TYPE SAMPLE	TOC	TOC situation	PP	PP situation
1	Anjir #1	853	GR	CUTTING	0.17	weak	0.53	weak
2	Anjir #1	884	GR	CUTTING	0.42	weak	0.84	weak
3	Anjir #1	1055	GR	CUTTING	0.18	weak	0.45	Weak
4	Anjir #1	1073	GR	CUTTING	1.12	good	1.06	Weak
5	Anjir #1	1103	GR	CUTTING	3.82	very good	0.56	Weak
6	Anjir #1	1119	GR	CUTTING	2.48	very good	0.76	Weak
7	Anjir #1	1149	GR	CUTTING	2.98	very good	0.55	Weak

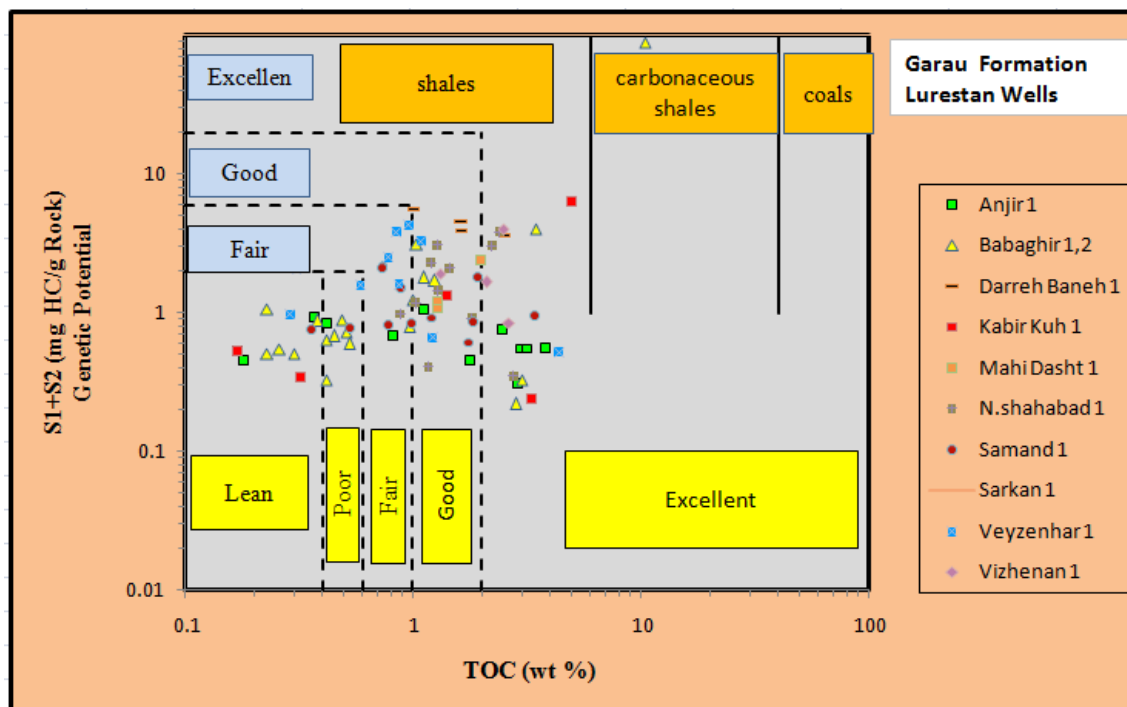
8	Anjir #1	1170	GR	CUTTING	1.78	good	0.45	Weak
9	Anjir #1	1485	GR	CUTTING	3.17	very good	0.55	Weak
10	Anjir #1	1595	GR	CUTTING	2.88	very good	0.31	Weak
11	Anjir #1	1607	GR	CUTTING	0.82	average	0.68	Weak
12	Anjir #1	1633	GR	CUTTING	0.37	weak	0.93	Weak
13	Babaghir #1	1862	GR	CUTTING	2.84	very good	0.22	Weak
14	Babaghir #1	1817	GR	CUTTING	0.42	weak	0.33	Weak
15	Babaghir #1	1957	GR	CUTTING	0.23	weak	0.51	Weak
16	Babaghir #1	1975	GR	CUTTING	0.51	average	0.73	Weak
17	Babaghir #1	2006	GR	CUTTING	0.42	weak	0.64	Weak
18	Babaghir #1	2024	GR	CUTTING	0.38	weak	0.88	Weak
19	Babaghir #1	2045	GR	CUTTING	0.53	average	0.6	Weak
20	Babaghir #1	2093	GR	CUTTING	0.49	weak	0.89	Weak
21	Babaghir #1	2094	GR	CUTTING	0.23	weak	1.07	Weak
22	Babaghir #1	2112	GR	CUTTING	0.45	weak	0.68	Weak
23	Babaghir #1	2145	GR	CUTTING	1	good	1.24	Weak
24	Babaghir #1	2164	GR	CUTTING	1.11	good	1.8	Weak
25	Babaghir #1	2170	GR	CUTTING	3.45	very good	4.06	Average
26	Babaghir #1	2194	GR	CUTTING	10.5	excellent	89.44	Excellent
27	Babaghir #2	2731	GR	CUTTING	3	very good	0.33	Weak
28	Babaghir #2	2865	GR	CUTTING	1.25	good	1.71	Weak
29	Babaghir #2	2917	GR	CUTTING	1.04	good	3.13	Average
30	Babaghir #2	2990	GR	CUTTING	0.97	average	0.79	Weak
31	Babaghir #2	3045	GR	CUTTING	0.26	weak	0.55	Weak
32	Babaghir #2	3124	GR	CUTTING	0.3	weak	0.51	Weak
33	Dareh-Baneh #1	1653	GR	CUTTING	2.53	very good	3.61	Average
34	Dareh-Baneh #1	1844	GR	CUTTING	1.63	good	4.52	Average
35	Dareh-Baneh #1	1936	GR	CUTTING	1.01	good	5.61	Good
36	Dareh-Baneh #1	2186	GR	CUTTING	1.64	good	3.89	Average
37	Kabir-kuh #1	37	GR	CUTTING	0.17	weak	0.53	Weak
38	Kabir-kuh #1	58	GR	CUTTING	3.3	very good	0.24	Weak
39	Kabir-kuh #1	81	GR	CUTTING	0.32	weak	0.34	Weak
40	Kabir-kuh #1	87	GR	CUTTING	1.42	good	1.32	Weak
41	Kabir-kuh #1	187	GR	CUTTING	4.97	excellent	6.32	Good
42	Mahi-Dasht #1	1338	GR	CUTTING	1.98	good	2.39	Average
43	Mahi-Dasht #1	1728	GR	CUTTING	1.28	good	1.21	Weak
44	Mahi-Dasht #1	1938	GR	CUTTING	1.29	good	1.07	Weak
45	N.shahabad #1	2966	GR	CUTTING	1.2	good	2.3	Average
46	N.shahabad #1	3021	GR	CUTTING	2.4	very good	3.84	Average
47	N.shahabad #1	3054	GR	CUTTING	1.28	good	3.07	Average

48	N.shahabad #1	3067	GR	CUTTING	2.22	very good	3.05	Average
49	N.shahabad #1	3084	GR	CUTTING	1.45	good	2.11	Average
50	N.shahabad #1	3107	GR	CUTTING	1.29	good	1.45	Weak
51	N.shahabad #1	3146	GR	CUTTING	1.17	good	0.41	Weak
52	N.shahabad #1	3280	GR	CUTTING	2.76	very good	0.35	Weak
53	N.shahabad #1	2945	GR	CUTTING	0.88	average	0.98	Weak
54	N.shahabad #1	3369	GR	CUTTING	1.03	good	1.18	Weak
55	N.shahabad #1	3410	GR	CUTTING	1.81	good	0.92	Weak
56	Samand #1	1822	GR	CUTTING	0.74	average	2.17	Average
57	Samand #1	1902	GR	CUTTING	0.73	average	2.13	Average
58	Samand #1	1942	GR	CUTTING	1.93	good	1.8	Weak
59	Samand #1	1962	GR	CUTTING	0.88	average	1.51	Weak
60	Samand #1	1982	GR	CUTTING	1.85	good	0.87	Weak
61	Samand #1	2002	GR	CUTTING	3.43	very good	0.95	Weak
62	Samand #1	1780	GR	CUTTING	1.76	good	0.61	Weak
63	Samand #1	1800	GR	CUTTING	0.36	weak	0.75	Weak
64	Samand #1	1820	GR	CUTTING	0.78	average	0.81	Weak
65	Samand #1	1840	GR	CUTTING	1.21	good	0.92	Weak
66	Samand #1	1860	GR	CUTTING	0.98	average	0.84	Weak
67	Samand #1	1880	GR	CUTTING	0.53	average	0.78	Weak
68	Sarkan #1	1934	GR	CUTTING	0.83	average	2.08	Average
69	Veyzenhar #1	3107	GR	CUTTING	0.96	average	4.31	Average
70	Veyzenhar #1	3158	GR	CUTTING	0.85	avrage	3.83	Average
71	Veyzenhar #1	3183	GR	CUTTING	0.78	average	2.5	Average
72	Veyzenhar #1	3192	GR	CUTTING	0.59	average	1.58	Weak
73	Veyzenhar #1	3244	GR	CUTTING	1.09	good	3.29	Average
74	Veyzenhar #1	3390	GR	CUTTING	0.31	weak	2.08	Average
75	Veyzenhar #1	3436	GR	CUTTING	0.87	average	1.6	Weak
76	Veyzenhar #1	3460	GR	CUTTING	0.29	weak	0.97	Weak
77	Veyzenhar #1	3466	GR	CUTTING	1.22	good	0.66	Weak
78	Veyzenhar #1	3473	GR	CUTTING	4.37	excellent	0.52	Weak
79	Vizhenan #1	661	GR	CUTTING	2.49	very good	4.01	Average
80	Vizhenan #1	1423	GR	CUTTING	1.32	good	1.92	Weak
81	Vizhenan #1	2100	GR	CUTTING	2.1	very good	1.66	Weak
82	Vizhenan #1	2439	GR	CUTTING	2.64	very good	0.84	Weak

TOC = weight percent organic carbon in rock

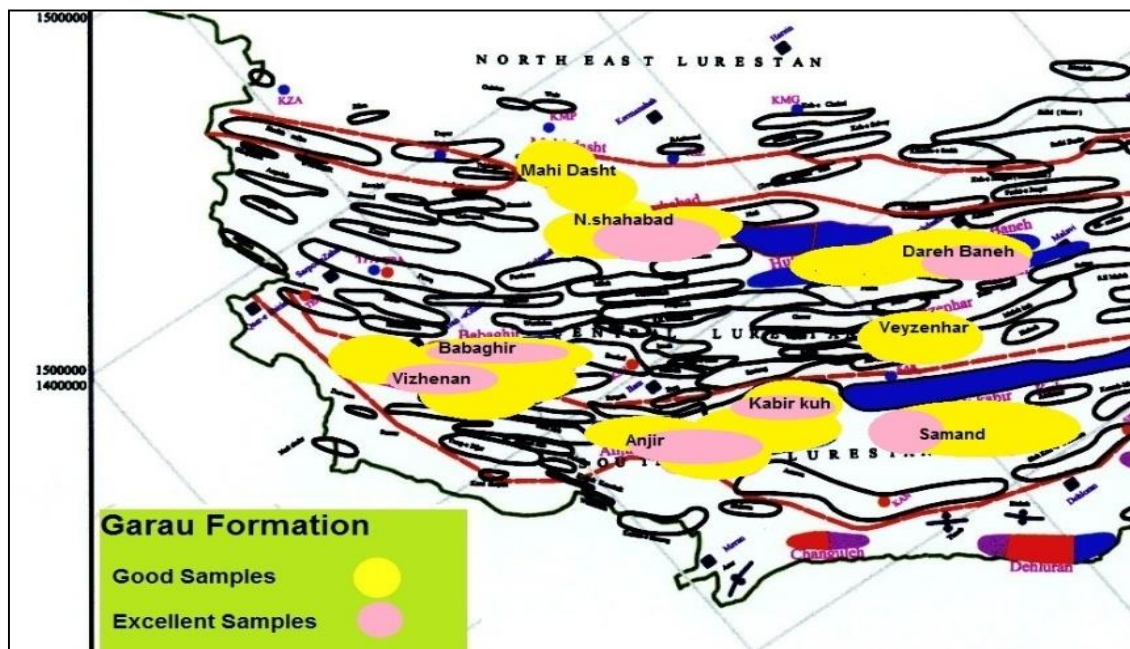
PP = production potential = S1+S2

با توجه به دیاگرام S_1+S_2 -TOC سازند گرو (شکل ۳-۱۲)، نمونه‌ها از نظر توان تولید تفکیک شده‌اند. در این خصوص می‌توان به بخشی از نمونه‌های واقع در محدوده خوب و عالی مربوط به چاه‌های شاه‌آباد شمالی-۱ (شامل سه نمونه در محدوده عالی و هفت نمونه در محدوده خوب)، انجیر-۱ (شامل پنج نمونه در محدوده عالی و دو نمونه در محدوده خوب)، سمند-۱ (شامل یک نمونه در محدوده عالی و چهار نمونه هم در محدوده خوب)، دره‌بان-۱ (شامل یک نمونه در محدوده عالی و سه نمونه در محدوده خوب)، کبیرکوه-۱ (شامل ۲ نمونه در محدوده عالی و یک نمونه در محدوده خوب)، ویزنه‌ار-۱ (شامل یک نمونه در محدوده عالی و دو نمونه در محدوده خوب)، باباقیر-۱ (شامل سه نمونه در محدوده عالی و چهار نمونه در محدوده خوب)، ویزنه‌ان-۱ (شامل سه نمونه در محدوده عالی و یک نمونه در محدوده خوب) و چاه ماهیدشت-۱ (شامل سه نمونه در محدوده خوب) اشاره کرد.



شکل ۳-۱۲- نمودار S_1+S_2 -TOC و تعیین کیفیت نمونه‌های سازند گرو در منطقه لرستان

پراکندگی نمونه‌ها در نواحی مختلف لرستان در شکل (۳-۱۳) براساس مقدار TOC مربوطه نمایش داده شده است.



شکل ۳-۱۳- پراکندگی نمونه ها به دو دسته خوب و عالی براساس نتایج TOC-PP سازند گرو در منطقه لرستان

مقدار TOC نمونه های سازند گرو چاهها در نواحی لرستان خیلی متفاوت بوده و از ضعیف (کمتر از ۰.۵٪) تا عالی (بیشتر از ۰.۴٪) تغییر می نماید. کمترین مقدار TOC% مربوط به بعضی از نمونه های چاههای انجیر، باباقیر و ماهیدشت است. نکته قابل توجه اینکه مقدار درصد TOC در نمونه های یک چاه (در عمق های متفاوت یک چاه) بسیار متغییر بوده که خود نشان دهنده این است که سازند گرو فاسیس هموزن و یکسانی از نظر محیط رسوبی نداشته و دارای تغییرات فاسیس و سنگ شناسی می باشد.

اکثریت نمونه های سازند گرو چاههای لرستان دارای توان هیدروکربوری ضعیفی ($PP < 6$) دارند ولی دارای مقدار TOC% ضعیف تا خیلی خوب می باشند. تعدادی از نمونه ها مربوط به چاههای دره بانه، ویزنهار و شاه آباد شمالی نیز دارای توان هیدروکربوری متوسطی هستند.

۳-۵-۲- ارزیابی پتانسیل و توان تولید نمونه های سازند سرگلو

تعداد ۲۹ نمونه از سازند سرگلو مربوط به ۶ چاه مورد آنالیز راک-اول قرار گرفته که نتایج وضعیت PP و TOC% آن ها در جدول ۳-۱۰ آمده است.

جدول ۳-۱۰- نتایج میزان PP و TOC نمونه های سازند سرگلو در منطقه لرستان

NO	WEII NAME	DEPTH(M)	Fm.name	TYPE SAMPLE	TOC	TOC situation	PP	pp situation
1	Anjir #1	1634	SR	CUTTING	0.6	average	0.9	Weak
2	Anjir #1	1747	SR	CUTTING	1.97	good	1.6	Weak
3	Anjir #1	1765	SR	CUTTING	0.76	average	1	Weak
4	Anjir #1	1792	SR	CUTTING	1.19	good	1.73	Weak
5	Anjir #1	1835	SR	CUTTING	2.12	very good	1.55	Weak
6	Anjir #1	1856	SR	CUTTING	2	very good	1.6	Weak
7	Huleiylan #1	1274	SR	CUTTING	4.53	excellent	6.69	Good
8	Huleiylan #1	1286	SR	CUTTING	0.81	average	1.2	Weak
9	Kabir-kuh #1	196	SR	CUTTING	0.93	average	1.26	Weak
10	Mahi-Dasht #1	2283	SR	CUTTING	0.17	weak	0.15	Weak
11	Mahi-Dasht #1	2454	SR	CUTTING	0.39	weak	0.17	Weak
12	Mahi-Dasht #1	2664	SR	CUTTING	5.91	excellent	0.07	Weak
13	N.shahabad #1	3669	SR	CUTTING	1.43	good	0.87	Weak
14	N.shahabad #1	3680	SR	CUTTING	1.2	good	0.53	Weak
15	N.shahabad #1	3691	SR	CUTTING	0.81	average	0.22	Weak
16	N.shahabad #1	3703	SR	CUTTING	0.92	average	0.23	Weak
17	N.shahabad #1	3718	SR	CUTTING	0.85	average	0.75	Weak
18	N.shahabad #1	3730	SR	CUTTING	2.12	very good	0.6	Weak
19	N.shahabad #1	3767	SR	CUTTING	3.42	very good	0.62	Weak
20	N.shahabad #1	3777	SR	CUTTING	2.21	very good	1.19	Weak
21	Samand #1	2320	SR	CUTTING	2.92	very good	3.34	Average
22	Samand #1	2340	SR	CUTTING	1.25	good	1.83	Weak
23	Samand #1	2380	SR	CUTTING	0.36	weak	0.71	Weak
24	Samand #1	2160	SR	CUTTING	0.47	weak	0.54	Weak
25	Samand #1	2180	SR	CUTTING	0.72	average	0.85	Weak
26	Samand #1	2220	SR	CUTTING	0.81	average	0.67	Weak
27	Samand #1	2240	SR	CUTTING	0.24	weak	0.4	Weak
28	Samand #1	2260	SR	CUTTING	0.72	average	0.64	Weak
29	Samand #1	2280	SR	CUTTING	0.65	average	0.45	Weak

TOC = weight percent organic carbon in rock

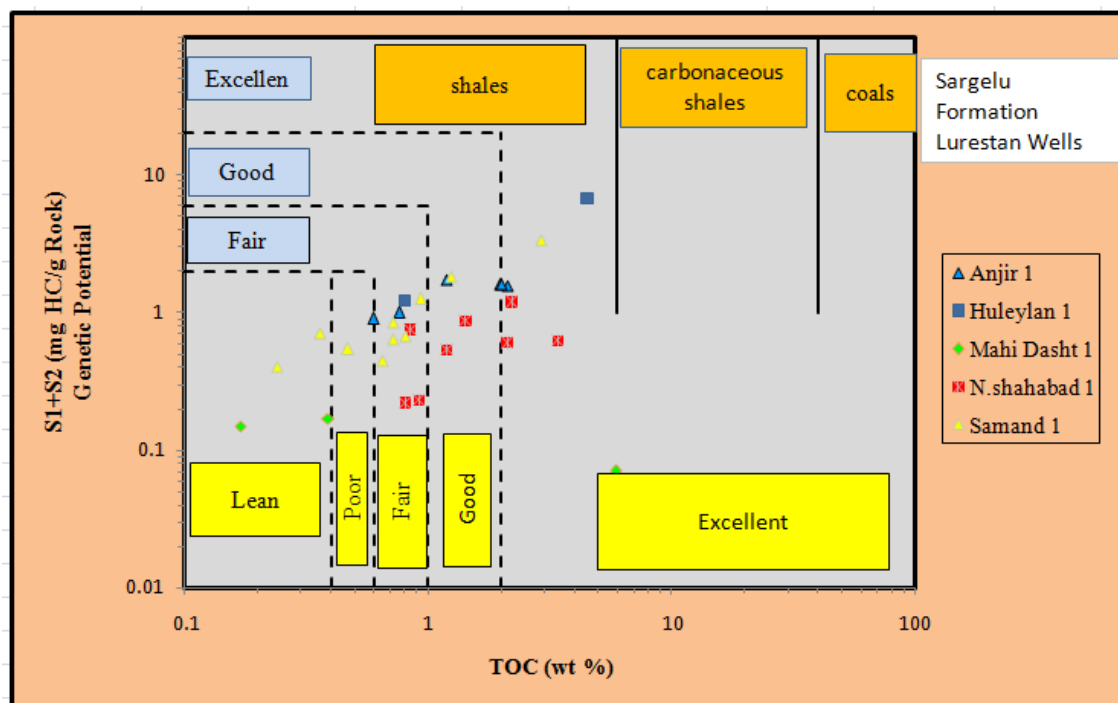
PP = production potential = S1+S2

با توجه به دیاگرام S1+S2-TOC سازند سرگلو (شکل ۳-۱۴)، نمونه‌ها از نظر توان تولید تفکیک

شده‌اند. بخشی از آنها که در محدوده خوب و عالی قرار گرفته‌اند، که می‌توان به نمونه‌های مربوط به

چاه‌های شاه‌آباد شمالی-۱ (شامل سه نمونه در محدوده عالی و دو نمونه در محدوده خوب)، انجیر- ۱

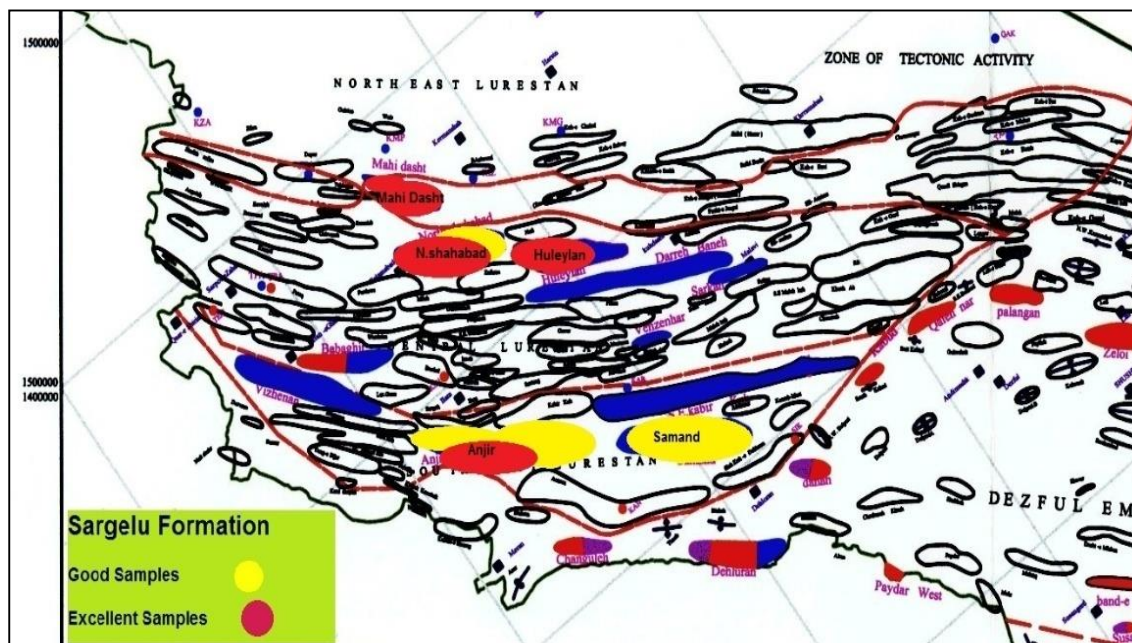
(شامل دو نمونه در محدوده عالی و دو نمونه در محدوده خوب) و سمند-۱ (یک نمونه در محدوده عالی و یک نمونه هم در محدوده خوب) و چاههای ماهیدشت-۱ و هولیلان-۱ هر کدام یک نمونه در محدوده عالی اشاره کرد.



شکل ۳-۱۴- نمودار $TOC-S_1+S_2$ جهت تعیین کیفیت نمونه های سازند سرگلو منطقه لرستان

این نمونه ها از نظر میزان TOC ، در نواحی لرستان جنوبی و لرستان شمالی توزیع گردیده اند (شکل ۳-۱۵).

(۱۵).



شکل ۳-۱۵- پراکندگی نمونه های خوب و عالی مربوط به سازند سرگلو

مقدار درصد TOC برای نمونه های سازند سرگلو مربوط به چاه های لرستان شامل سمند، انجیر، شاه آباد، ماهیدشت و هلیلان که اکثریت نمونه ها را شامل می شوند خیلی متفاوت بوده که از ضعیف (کمتر از ۰/۵٪) تا عالی (بیش از ۵ درصد) را نشان می دهند. نکته قابل توجه اینکه تغییرات مقدار درصد TOC در نمونه های سرگلو در یک چاه بسیار متغییر بوده که خود نشان دهنده این است که سازند سرگلو دارای فاسیس و لیتولوژی یکسانی نیست.

تقریباً تمام نمونه های سرگلو دارای توان هیدروکربوری ضعیف تا متوسط ($PP < 6$) هستند. نمونه های سازند سرگلو در چاهها و بخصوص در نمونه های هر چاه متفاوت بوده ولی به طور متوسط مقدار آنها بین ۰/۹۴ تا ۲ درصد است.

۳-۶- مطالعه با نور انعکاسی جهت اندازه گیری انعکاس و پترینایت

کروژن ماده آلی غیر قابل حل در حلال های آلی می باشد که از انواع ماسرال ها تشکیل شده است. با توجه به نوع ماسرال می توان در خصوص نوع کروژن و منشا تشکیل آن ارزیابی نمود.

ماسرال ها به سه گروه عمدۀ vitrinite، inertinite و liptinite طبقه بندی می شوند. از این میان مطالعه نور انعکاسی ماسرال ویتترینایت می تواند برای تعیین میزان پختگی و بلوغ ماده آلی در نمونه مورد مطالعه راهنمایی باشد [10].

بعد از تمیز نمودن نمونه های خرده حفاری از مواد زائد گل حفاری، جهت اندازه گیری انعکاس ویتترینایت نمونه ها آماده می شود. ابتدا بایستی کروژن با استفاده از اسیدهای HCL و HF تخلیص گردد. سپس از کروژن تخلیص شده، قرص و اسلاید تهیه می گردد. برای اندازه گیری انعکاس ویتترینایت از میکروسکوپ مخصوص مجهز به فوتومولتی پلیر (Photomultiplier) و کامپیوتر استفاده می شود [10].

۳-۶-۱- میزان %Ro نمونه های سازند گرو و سرگلو

این قسمت شامل آنالیز و اندازه گیری میزان انعکاس ویتترینایت (%Ro) تعداد ۱۴ نمونه خرده حفاری مربوط به ۱۱ چاه ناحیه لرستان می باشد. نتایج آنالیز به صورت تفکیک شده در سه بخش لرستان شمالی، لرستان جنوبی و لرستان مرکزی (جدول ۳-۱۱) مشخص شده است. فراوانی و پراکندگی ذرات ویتترینایت در کروژن نمونه های سازند گرو و سرگلو زیاد می باشد و در بیشتر چاه ها و برای هر دو سازند گرو و سرگلو غنی از ویتترینایت است و فقط برای چند چاه شامل سازند گرو (ویزهنان، کبیرکوه، ویزنهار و دره بانه) به صورت ضعیف تا متوسط بدست آمده است (جدول ۳-۱۱).

براساس اندازه گیری مقدار %Ro نمونه های گرو و سرگلو در چاه های ناحیه لرستان، می توان دو محدوده متمایز را شناسائی نمود. یکی بخش شمالی و مرکزی ناحیه لرستان شامل چاه های شاه آباد شمالی و ماهیدشت و هلیلان که مراحل پختگی بسیار زیاد (Over Mature) را نشان می دهد و مقدار %Ro محاسبه شده بین ۱ تا ۲ متغیر می باشد که در محدوده تولید گاز (Gas Zone) قرار می گیرد. نکته قابل توجه این است که در نمونه های سازند سرگلو در چاه هلیلان، علت بالا بودن %Ro آن (بین ۱/۸ تا ۲/۷) که یک حالت غیر طبیعی است، می تواند در اثر عوامل تکتونیکی در این تاقدیس

باشد. و دیگری بخش جنوبی لرستان شامل چاههای ویزنه‌هار و دره‌بانه که مراحل پختگی پایین‌تری را نشان می‌دهد.

جدول ۳-۱۱- نتایج ضریب انعکاس ویتروینایت نمونه‌های خرده حفاری چاه‌های ناحیه لرستان

ناحیه	Well	NO.Sample	MEAN RO%	NAME OF FM	MAX RO%	MIN RO%	Vitrinite	MEAN RO% from Tmax	MAX RO% from Tmax	MIN RO% from Tmax
لرستان شمالی	Mahi-Dasht.1	12	0.895	GARUA	1.121	0.682	is rich	1	1.57	0.652
		3	2.123	SARGELU	2.872	2.112	is rich	0.898	0.94	0.85
لرستان مرکزی	Veyzenhar #1	10	0.782	GARUA	1.025	0.627	is weak	0.788	0.94	0.598
	Babaghir #1 & 2	20	0.787	GARUA	1.118	0.481	is rich	0.925	1.984	0.706
	Dareh-Baneh #1	4	0.985	GARUA	1.287	0.664	is very weak	0.818	0.832	0.796
	N.shahabad #1	11	0.967	GARUA	1.287	0.664	is rich	0.085	1.066	-1.688
		8	1.025	SARGELU	1.425	0.578	is rich	-1.08	-0.77	-1.724
	Huleiylan #1	2	1.982	SARGELU	2.596	1.878	is rich	0.88	0.904	0.868
Sarkan #1	1	1.012	GARUA	1.325	0.678	is rich	0.76	0.76	0.76	
لرستان جنوبی	Anjir #1	12	0.895	GARUA	1.121	0.682	is rich	0.835	0.904	0.724
		6	0.975	SARGELU	1.251	0.821	is rich	0.976	1.174	0.796
	Samand #1	12	0.978	GARUA	1.125	0.852	is rich	1.02	1.57	0.85
		9	1.021	SARGELU	1.215	0.922	is rich	0.86	1.12	0.76
	Vizhenan #1	4	0.886	GARUA	1.255	0.569	is weak	0.98	1.156	0.778
	Kabir-kuh #1	6	0.985	GARUA	1.451	0.677	is average	1.29	1.876	0.76

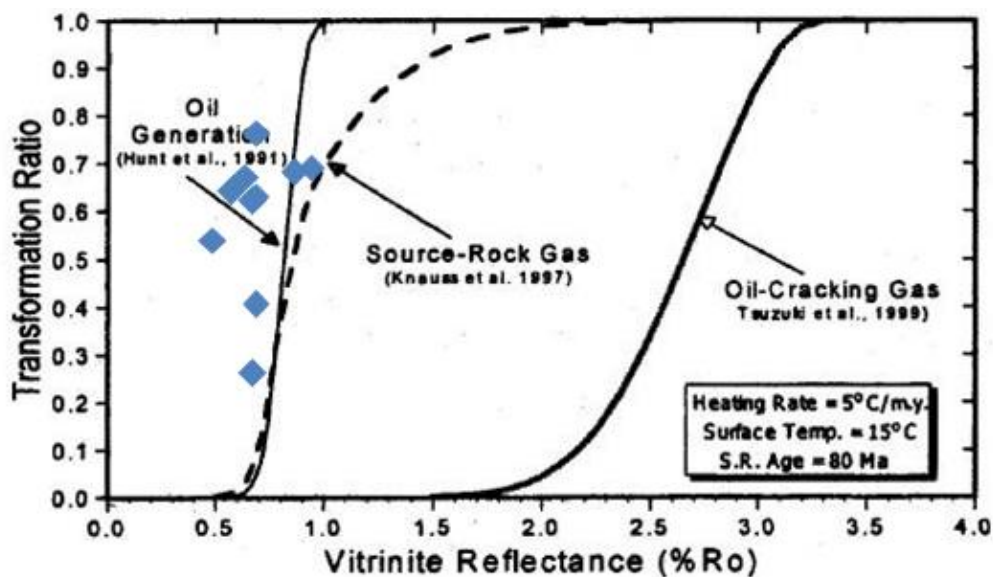
۳-۶-۲- تعیین وضعیت پختگی نمونه‌های سازند گرو و سرگلو به وسیله دیاگرام Ro-TR

دو نوع اساسی از گاز طبیعی وجود دارد که یکی حاصل فرایندهای زیستی (بیوژنیک) و دیگری حاصل فرایندهای گرمایی (ترموزنیک) است. گاز بیوژنیک فقط از فعالیت‌های باکتریایی در ابتدای دوره‌ی دیاژنز تشکیل می‌شود. یعنی در دمای پایین، فشار لایه‌های روئین کمتر از ۱۰۰۰ متر، شرایط بی‌هوازی و نرخ بالای تجمع رسوبات. تخمین زده می‌شود که حدود ۲۰ درصد از گازهای طبیعی شناخته شده در جهان بیوژنیک باشند. اما ۸۰ درصد دیگر، گازهای ترموزنیک‌اند که از دگرگونی گرمایی کروژن‌ها در اثر فشار زیاد لایه‌های بالایی و دمای بالای زیر زمین به وجود می‌آیند و عمده گازهای موجود در جهان از نوع ترموزنیک‌اند. البته بخشی از گاز درون سنگ منشأ نیز حاصل فرآیند

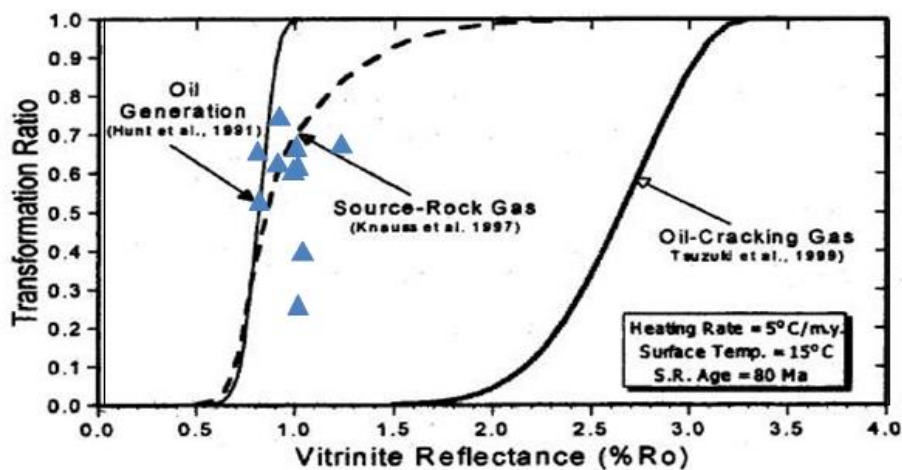
کراکینگ نفت می باشد که در اثر افزایش حرارت ایجاد می شود و نفتی که یکبار در اثر کراکینگ کروژن تولید شده دوباره با افزایش حرارت تغییر شکل داده و گاز تولید می کند.

در این دیاگرام که به منظور تعیین گاز تولید شده در سنگ منشا براساس دو پارامتر TR , Ro معرفی شده و براساس تقسیم بندی صورت گرفته (Sweeney and Burnham, 1990) تولید گاز خشک از سنگ منشا وقتی اتفاق می افتد که Ro % بین $0.5-2/2$ باشد و تولید گاز از کراکینگ نفت وقتی اتفاق می افتد که Ro % بین $1/6-3/3$ باشد و نشان دهنده درجه حرارت و بلوغ بالاتری است.

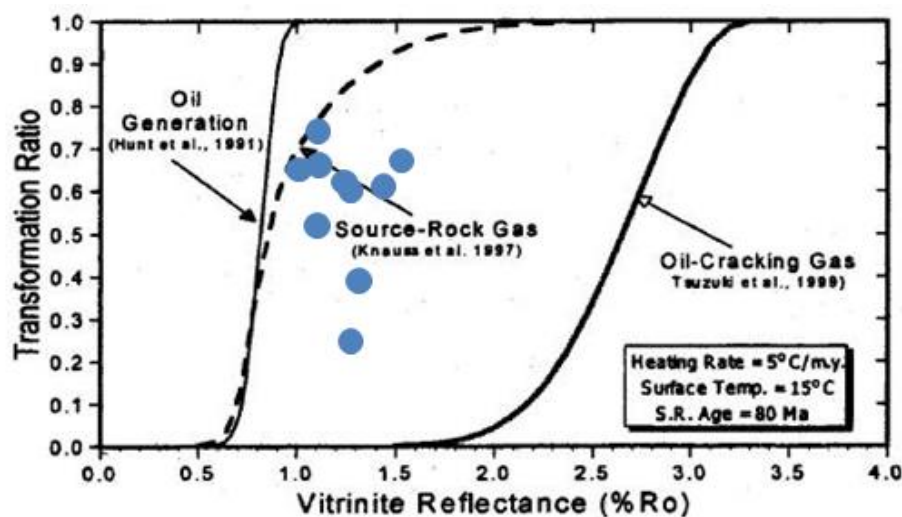
نتایج بدست آمده از نمودار $TR-Ro$ برای مقادیر (میانگین، مینیمم و ماکزیمم) Ro ، به تفکیک برای سازند گرو (شکل های ۳-۱۶ و ۳-۱۷ و ۳-۱۸) و سازند سرگلو (شکل های ۳-۱۹ و ۳-۲۰ و ۳-۲۱) مشخص شده که به جز در بعضی از مقادیر ماکزیمم نمونه های سازند سرگلو که احتمال تولید گاز از کراکینگ نفت را دارند، نشان می دهد که بیشتر نمونه ها در مرحله تولید گاز از کروژن موجود در سنگ منشا هستند.



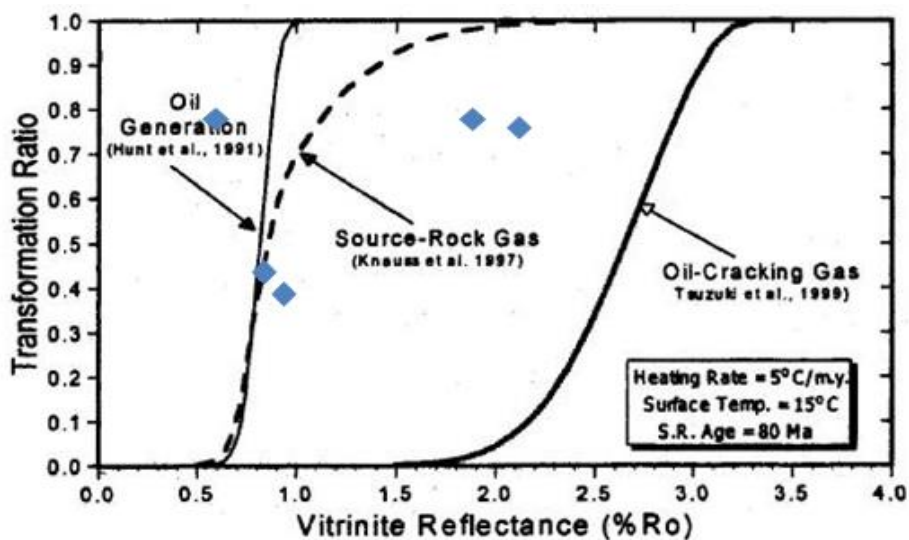
شکل ۳-۱۶- دیاگرام $TR-Ro$ براساس مقادیر Ro مینیمم نمونه های سازند گرو در ناحیه لرستان



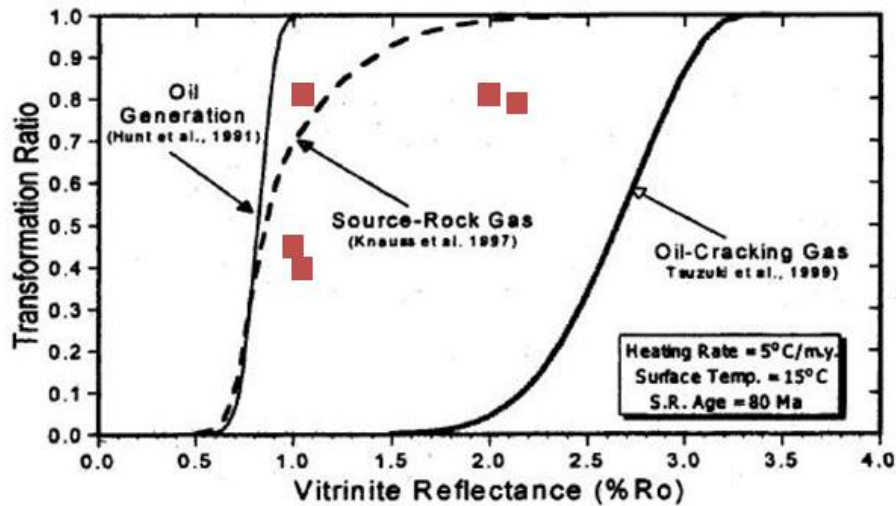
شکل ۳-۱۷- دیاگرام TR-Ro براساس مقادیر Ro میانگین نمونه های سازند گرو در ناحیه لرستان



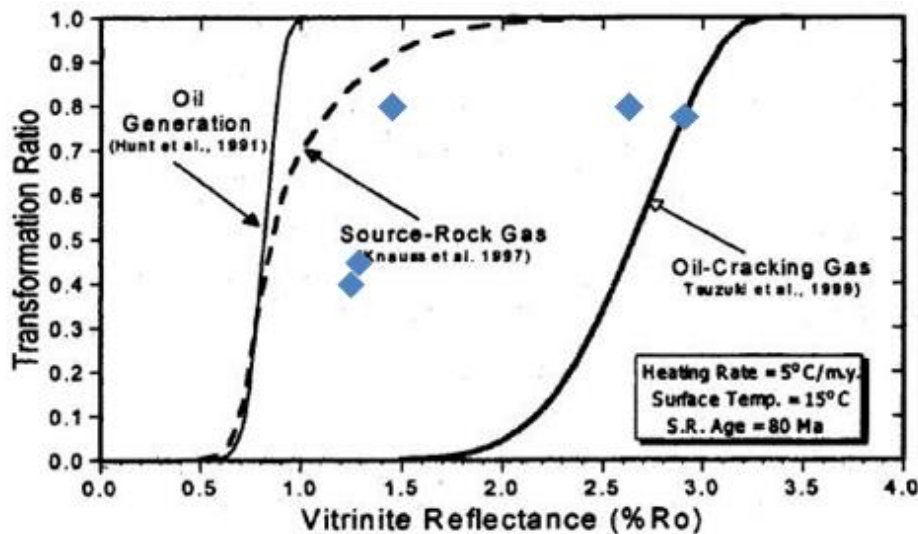
شکل ۳-۱۸- دیاگرام TR-Ro براساس مقادیر Ro ماکزیمم نمونه های سازند گرو در ناحیه لرستان



شکل ۳-۱۹- دیاگرام TR-Ro براساس مقادیر Ro مینیمم نمونه های سازند سرگلو در ناحیه لرستان



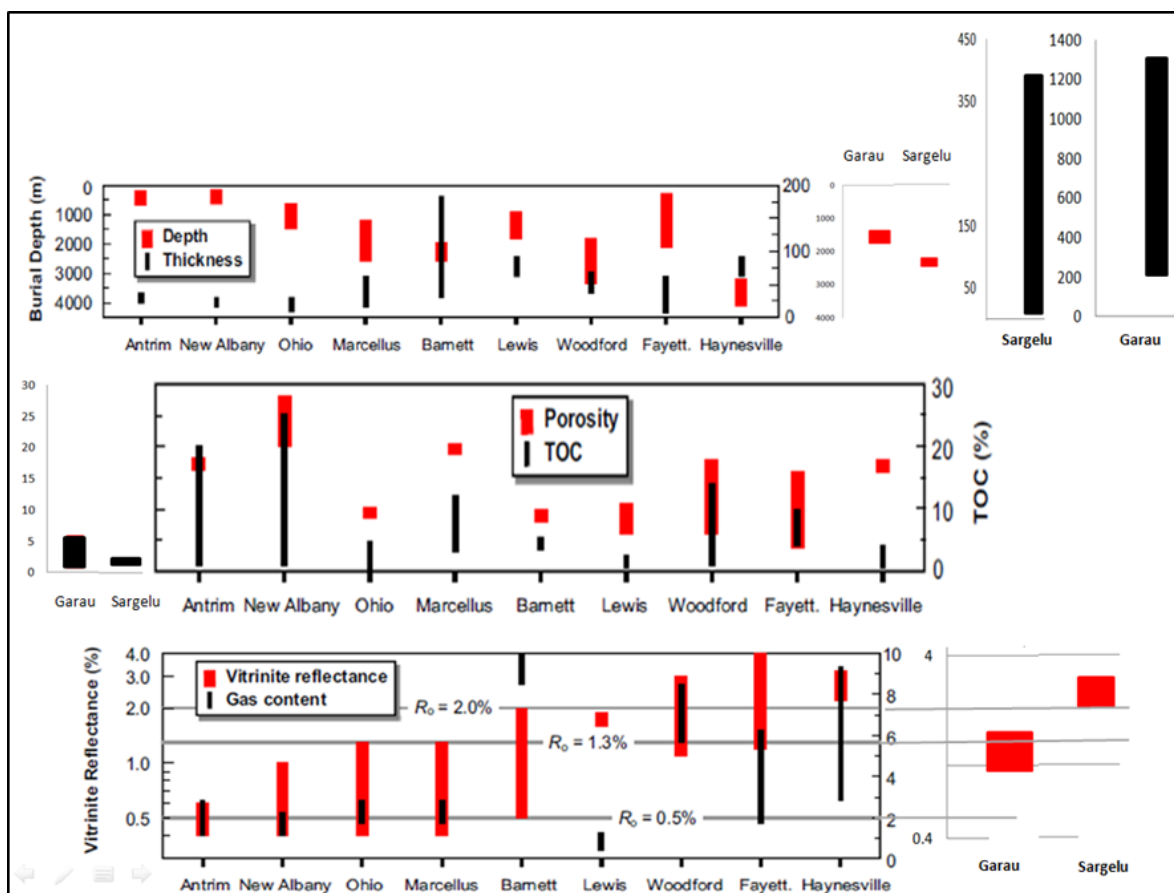
شکل ۳-۲۰- دیاگرام TR-Ro براساس مقادیر Ro میانگین نمونه های سازند سرگلو در ناحیه لرستان



شکل ۳-۲۱- دیاگرام TR-Ro براساس مقادیر Ro ماکزیمم نمونه های سازند سرگلو در ناحیه لرستان

در مقایسه ای که بین پارامترهای بدست آمده از سازند گرو و سرگلو در چاه ماهیدشت (بعنوان یکی از بهترین سیستم های شیلی منطقه ای مورد مطالعه) با گراف موجود برای ۹ سیستم شیل گاز آمریکا انجام شده است، مشاهده می شود که سازند سرگلو در این چاه (ماهیدشت)، از نظر میزان تغییرات %TOC در مقایسه با بقیه سیستم های شیلی در سطح پایینی است و از نظر عمق تدفین شبیه شیل Barnett و از نظر میزان پختگی (%Ro) شبیه شیل Haynesville می باشد. لازم به ذکر است که در همین مقایسه می توان گفت که سازند گرو در این چاه (ماهیدشت) از نظر میزان %TOC در سطح

بالتری نسبت به سرگلو قرار دارد و از نظر عمق تدفین شبیه شیل‌های Lewis و Fayetteville است و از نظر میزان پختگی تقریباً شبیه به شیل‌های Ohio و Marcellus و Barnett می‌باشد. لازم به ذکر است که در این مقایسه، میزان تغییرات ضخامت‌های دو سازند گرو و سرگلو از (کمترین ضخامت تا بیشترین ضخامت) مربوط به مقادیر ضخامت‌ها در همه‌ی چاه‌ها می‌باشد (فقط مختص چاه ماهیدشت نیست) و نتایج نشان می‌دهد (شکل ۳-۲۲) که تغییرات ضخامت در هر دو سازند در مقایسه با بقیه‌ی سیستم‌های شیلی خیلی بیشتر است که با در نظر گرفتن این نکته که ما اطلاعی از نوع ضخامت‌ها (ظاهری یا واقعی) اطلاعی نداریم و ممکن است که این مقادیر بزرگ بر مبنای مقادیر ضخامت ظاهری باشد.



شکل ۳-۲۲ - نتایج مقایسه پارامترهای سازند گرو و سرگلو در چاه ماهیدشت با ۹ سیستم شیلی آمریکا

فصل چهارم
کروماتوگرافی گازی (GC)
و Risk Plot شیل‌های گازی

۴-۱- مقدمه

آنالیز کروماتوگرافی گازی معمولاً بر روی هیدروکربن های اشباع بیتومن و نفت انجام می گیرد. به طور کلی کروماتوگرافی گازی هیدروکربورهای اشباع، اطلاعات بسیار مفیدی را در ارتباط با توزیع آلکانهای نرمال ایزوپروپونوئیدها، استرانها و تری ترپانها (بیومارکهای مهم در ارزیابی سنگ مادر و تطابق آن با نفت) فراهم می سازد. در مقام مقایسه اطلاعات روش کروماتوگرافی گازی- طیف سنجی جرمی بسیار با ارزش تر است [6,30].

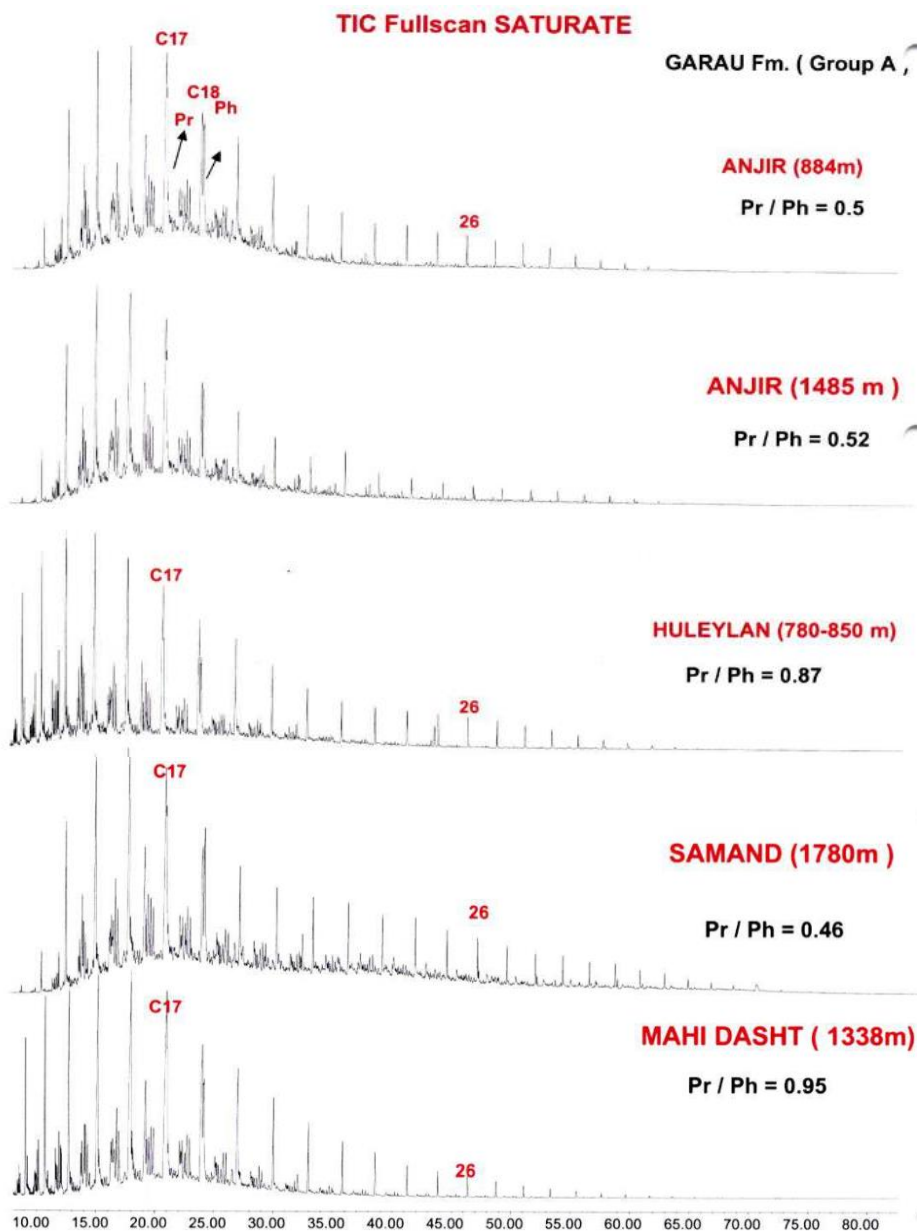
در این بخش ۱۳ نمونه (از ۱۰ چاه) مربوط به سازند گرو و ۶ نمونه (از ۴ چاه) مربوط به سازند سرگلو، جهت آنالیزهای مختلف ژئوشیمیایی که شامل استخراج مواد آلی (بیتومن)، جداسازی ترکیبات مختلف هیدروکربورها، تهیه طیف کروماتوگرافی گازی (GC) ترکیبات اشباع و آروماتیک می باشد به کار گرفته شد، که به طور خلاصه نتایج آنها شرح داده می شود.

۴-۲- ترکیبات اشباع و آروماتیک در طیف GC نمونه های سازند گرو

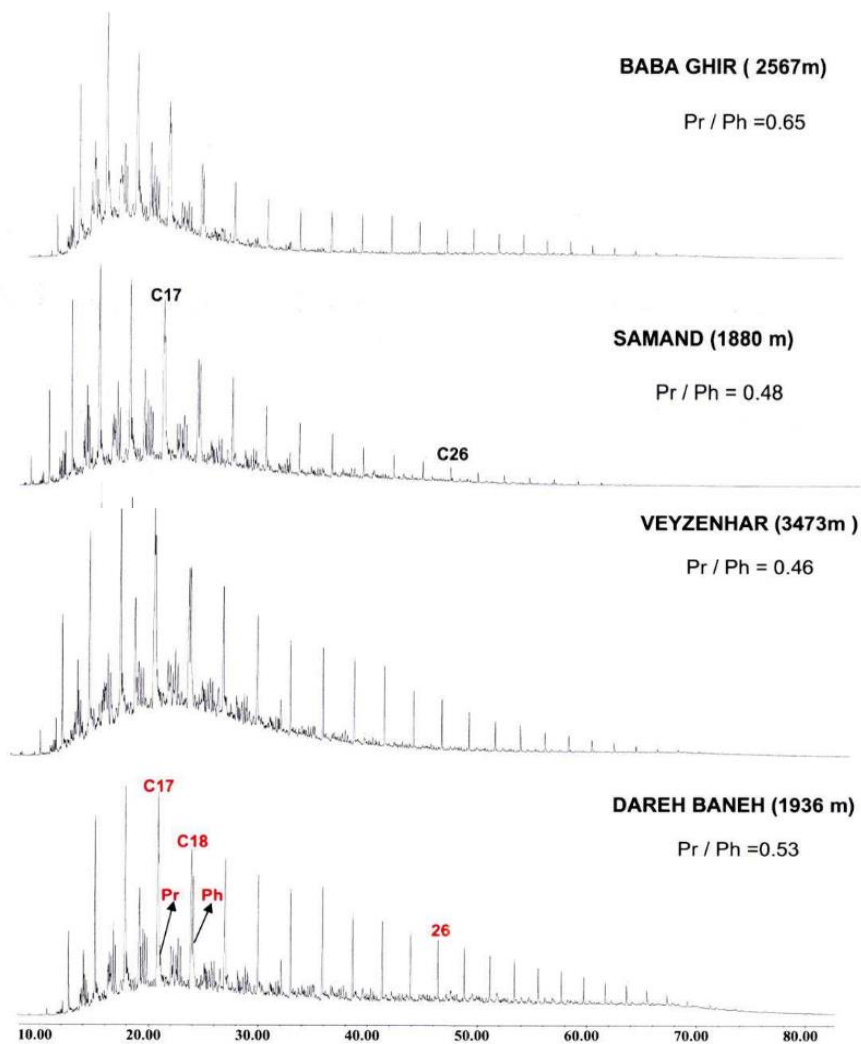
۴-۲-۱- ترکیبات اشباع

براساس نوع پراکندگی و فراوانی ترکیبات اشباع در طیف کروماتوگرامهای گازی نمونه های سازند گرو، می توان آنها را به چهار گروه تقسیم بندی نمود که به شرح زیر می باشد:

گروه A: اکثریت نمونه های سازند گرو مورد مطالعه در این گروه قرار گرفته اند که دارای طیف کروماتوگرامهای ترکیبات اشباع همراه با فراوانی زیاد ترکیبات نرمال آلکانهای سبک (nC15 تا nC19) بوده و ضمناً نرمال آلکانهای سنگین از (nC28 تا nC20) با فراوانی متوسط مشاهده می گردد. نسبت ایزوپروپونوئیدهای پرستان به فیتان کمتر از یک می باشند (شکل ۴-۱).



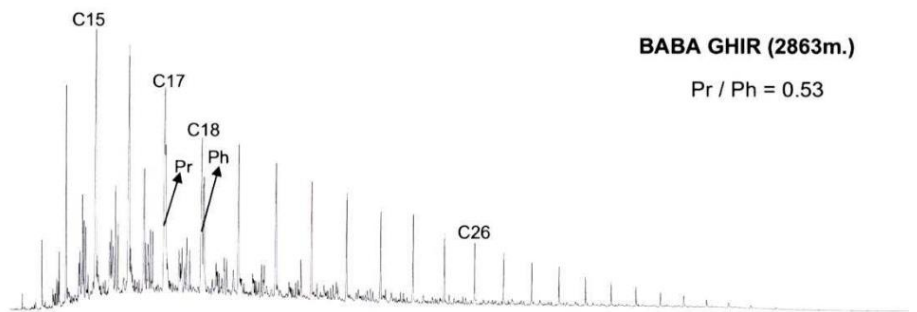
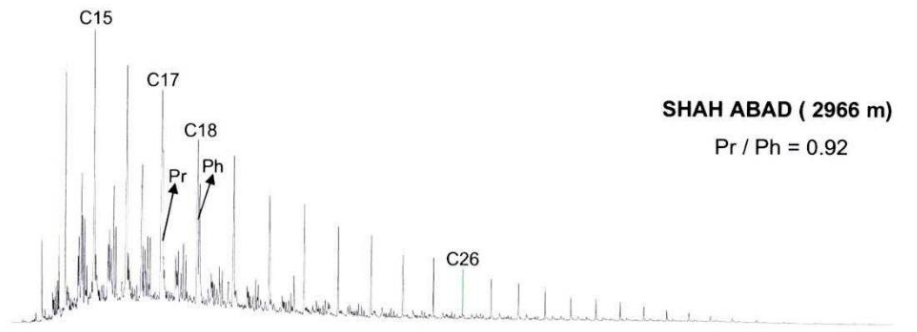
شکل ۴-۱- طیف کروماتوگرامهای گازی هیدروکربورهای اشباع نمونه های سازند گرو مربوط به گروه A (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)



ادامه شکل ۱-۴

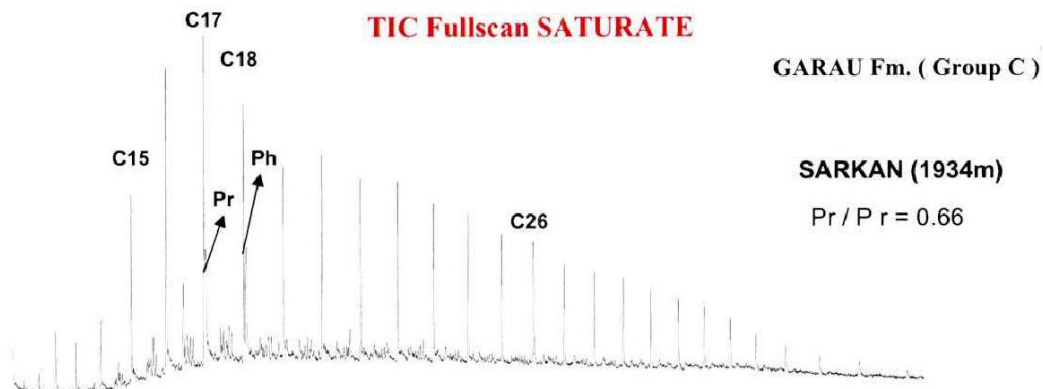
گروه B: فقط دو نمونه از سازند گرو در چاههای شاه آباد و باباقیر دارای طیف کروماتوگرامهای ترکیبات اشباع کاملاً مشابه هم بوده که همراه با فراوانی بسیار زیاد نرمال آلکانهای سبک (nC14 تا nC18) بوده و همچنین دارای فراوانی متوسط نرمال آلکانها از (nC20 تا nC30) می باشند (شکل ۲-۴)

GARAU Fm. (Group B)



شکل ۴-۲- طیف کروماتوگرامهای گازی هیدروکربورهای اشباع نمونه های سازند گرو مربوط به گروه B (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)

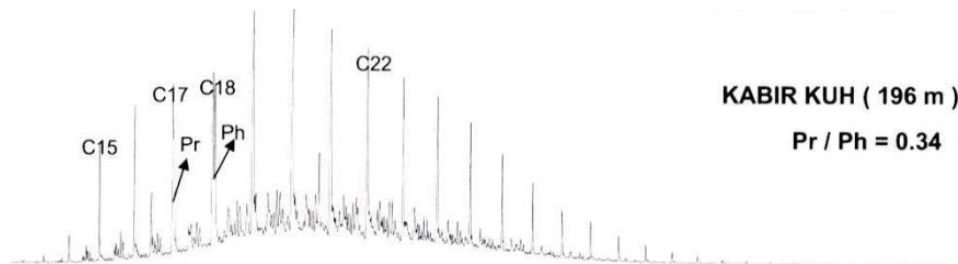
گروه C: یک نمونه از سازند گرو در چاه سرکان که طیف کروماتوگرامهای ترکیبات اشباع این گروه همراه با فراوانی بسیار زیاد نرمال آلکانهای سبک تا سنگین (nC15 تا nC38) مشاهده می شود (شکل ۴-۳).



شکل ۴-۳- طیف کروماتوگرامهای گازی هیدروکربورهای اشباع نمونه های سازند گرو مربوط به گروه C (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)

گروه D: نمونه های سازند گرو در چاه کبیرکوه می باشد که پراکندگی ترکیبات اشباع مشابه و یکسانی را دارا می باشند و همراه با فراوانی کم ترکیبات نرمال آلکانهای سبک (nC15 تا nC18) و

فراوانی نرمال آلکانها از (nC19 تا nC24) می باشند (شکل ۴-۴). ضمناً پراکندگی نرمال آلکانها با حداکثر کربن ۳۲ (nC32) قابل مشاهده می باشند. علت وجود فراوانی (برجستگی) در نرمال آلکانها می تواند ناشی از آلودگی مهاجرتی بوده باشد.



شکل ۴-۴- طیف کروماتوگرامهای گازی هیدروکربورهای اشباع نمونه های سازند گرو مربوط به گروه D (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)

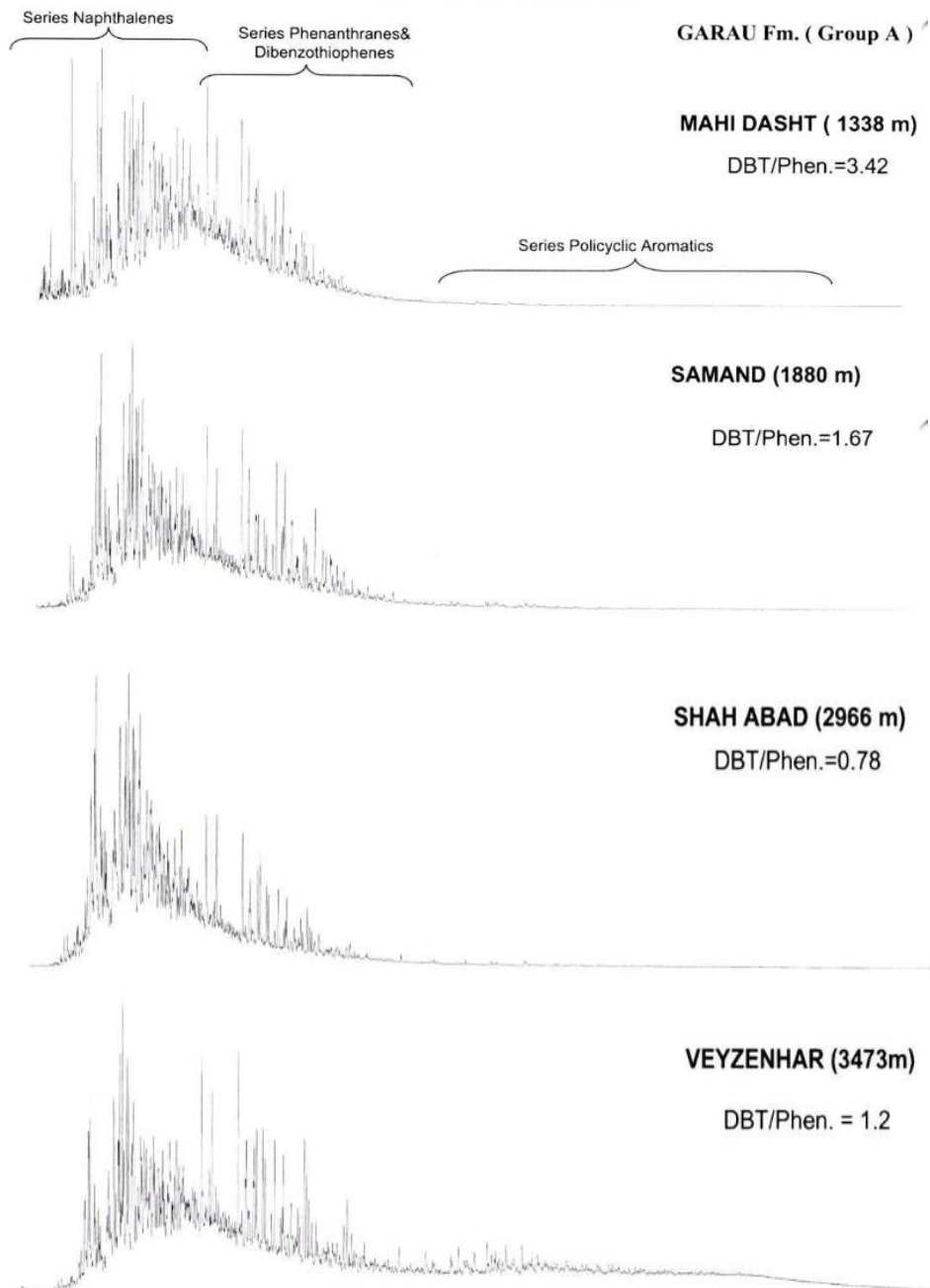
۴-۲-۲- ترکیبات آروماتیک

با توجه به طیف کروماتوگرامهای ترکیبات آروماتیک و مطالعه فراوانی ترکیبات مختلف آروماتیک، نمونه های سازند گرو را می توان به سه گروه تقسیم بندی کرد که عبارتند از:

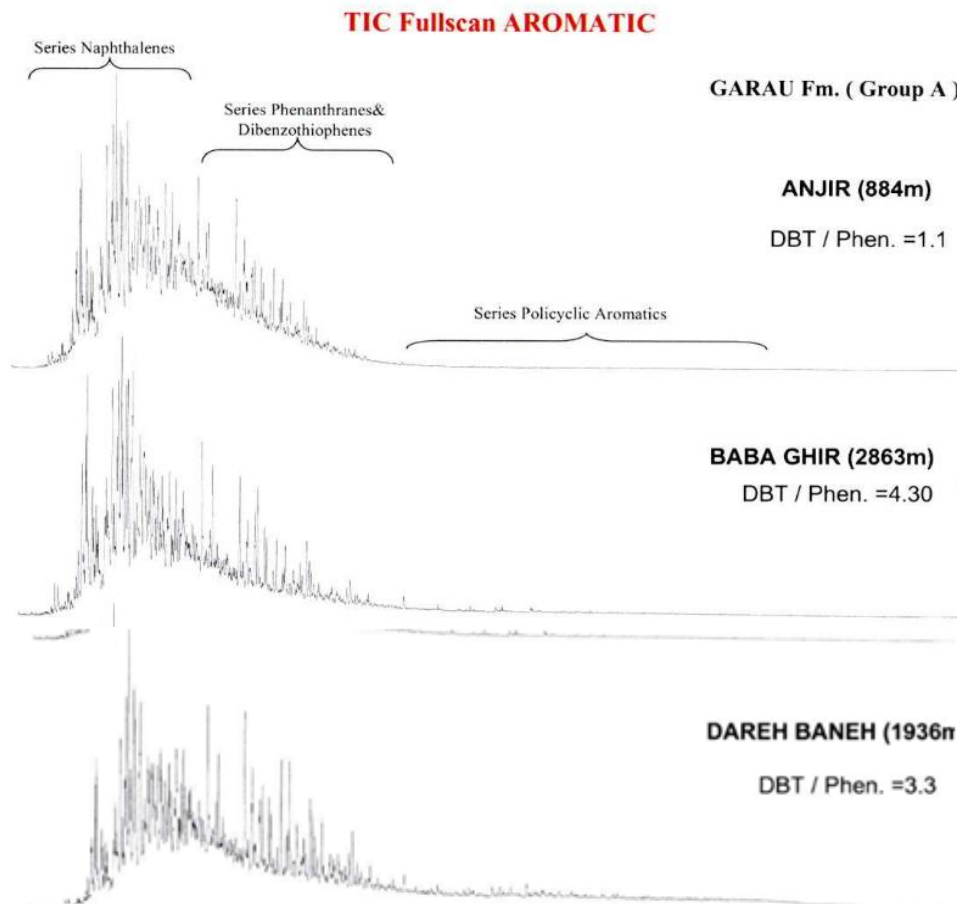
گروه A: طیف کروماتوگرامهای ترکیبات آروماتیک بیشتر نمونه های سازند گرو را در این گروه قرار می دهد که همراه با فراوانی زیاد ترکیبات نفتالین و فراوانی متوسط ترکیبات سولفور هفت ها DBT (دی بنزو تیوفن) و فنانتیرین می باشند (شکل های ۴-۵). همانطوری که در شکل ها نشان داده شده، وجود ترکیبات سنگین آروماتیک در تمام نمونه ها با فراوانی بسیار کم و با نبود آنها مشاهده می گردد.

از نسبت DBT/Phen می توان برای پی بردن به محیط رسوب گذاری و لیتولوژی سنگ منشا استفاده کرد. به طوریکه این نسبت برای سنگهای کربناته بزرگتر از یک ($DBT/Phen > 1$) و برای شیل ها کوچکتر از یک ($DBT/Phen < 1$) است و افزایش میزان DBT نشان دهنده میزان بالای اختلاط سولفور است.

TIC Fullscan AROMATIC

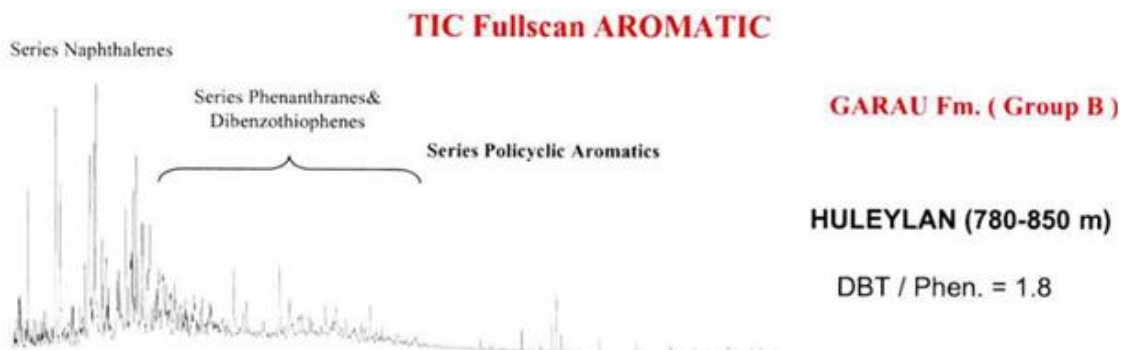


شکل ۴-۵- طیف کروماتوگرامهای گازی هیدروکربورهای آروماتیک نمونه های سازند گرو مربوط به گروه A (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)



ادامه شکل ۴-۵-

گروه B: یک نمونه از سازند گرو در چاه سرکان از نظر پراکندگی و فراوانی ترکیبات آروماتیک همراه با فراوانی متوسط ترکیبات سولفور هفت ها (DBT دی بنزوتیوفن) و فنانتترین می باشند (شکل ۴-۶).



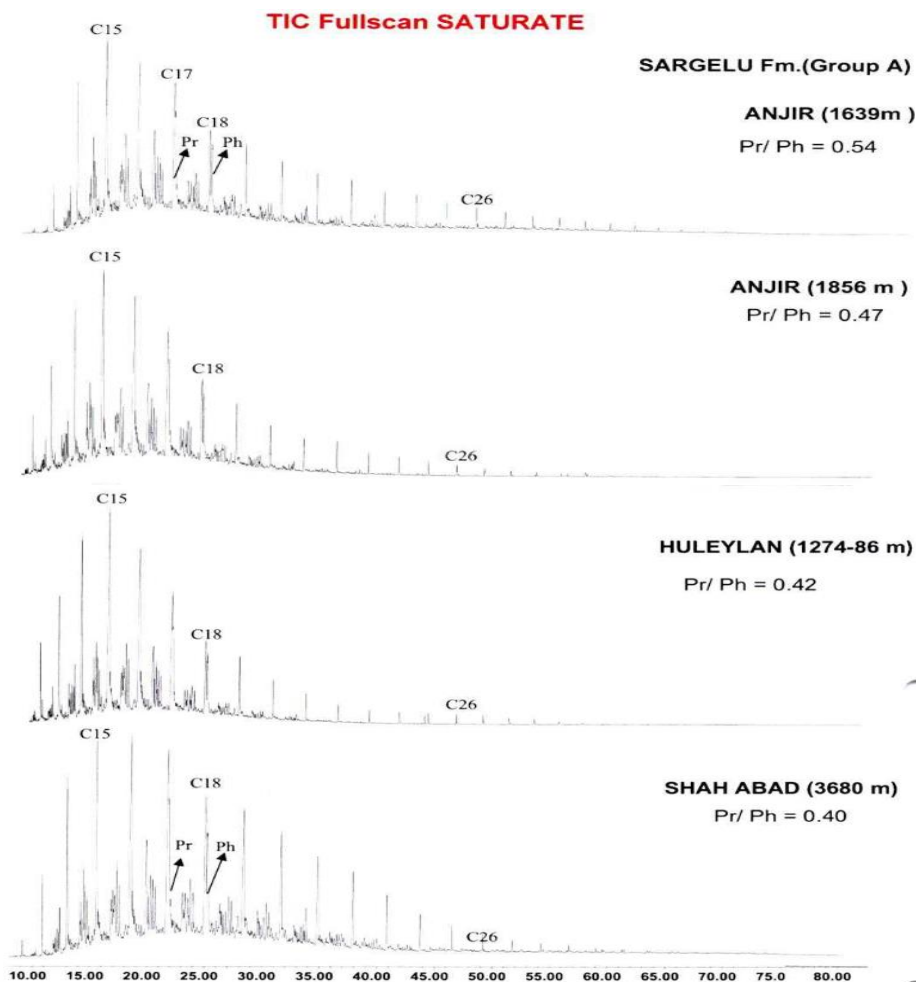
شکل ۴-۶- طیف کروماتوگرامهای گازی هیدروکربورهای آروماتیک نمونه های سازند گرو مربوط به گروه B (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)

۳-۴- ترکیبات اشباع و آروماتیک در طیف GC نمونه های سازند سرگلو

۱-۳-۴- ترکیبات اشباع

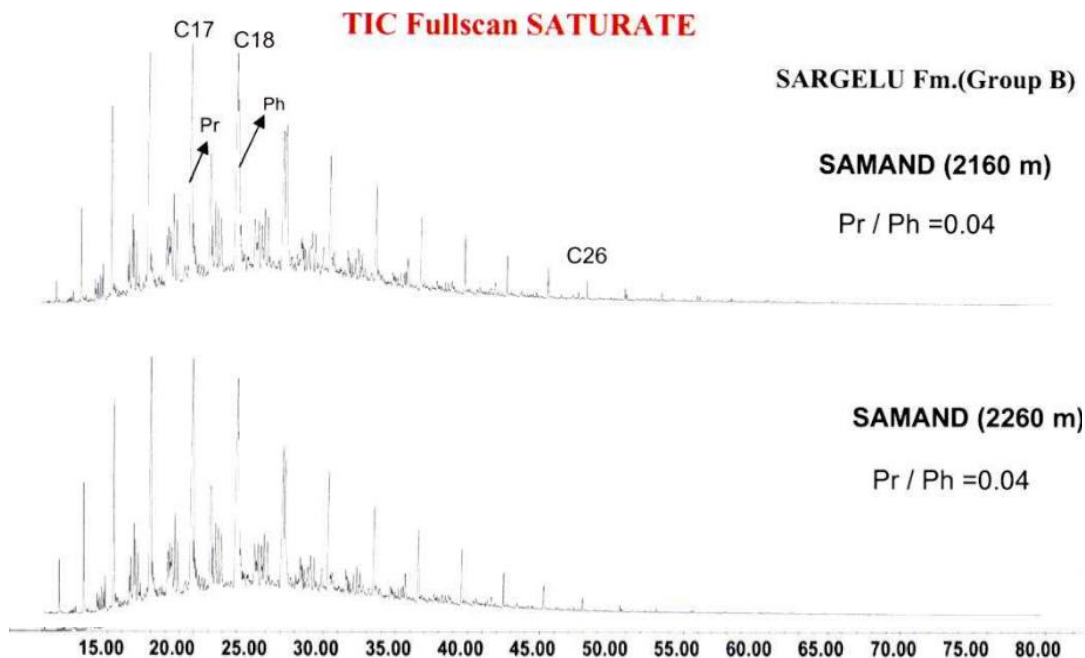
براساس نوع پراکندگی و فراوانی ترکیبات اشباع نمونه های سازند سرگلو می توان آنها را در دو گروه طبقه بندی نمود که عبارتند از:

گروه A: شامل نمونه های سازند سرگلو در چاه های انجیر، هلیلان، و شاه آباد بوده که به طیف کروماتوگرامهای ترکیبات اشباع آنها کاملاً مشابه هم می باشند و همراه با فراوانی زیاد نرمال آلکانهای سبک (nC17 تا nc14) و همچنین دارای فراوانی کم ترکیبات نرمال آلکانهای با کربن بیش از (nC30) هستند (شکل ۴-۷).



شکل ۴-۷- طیف کروماتوگرامهای گازی هیدروکربورهای اشباع نمونه های سازند سرگلو مربوط به گروه A (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)

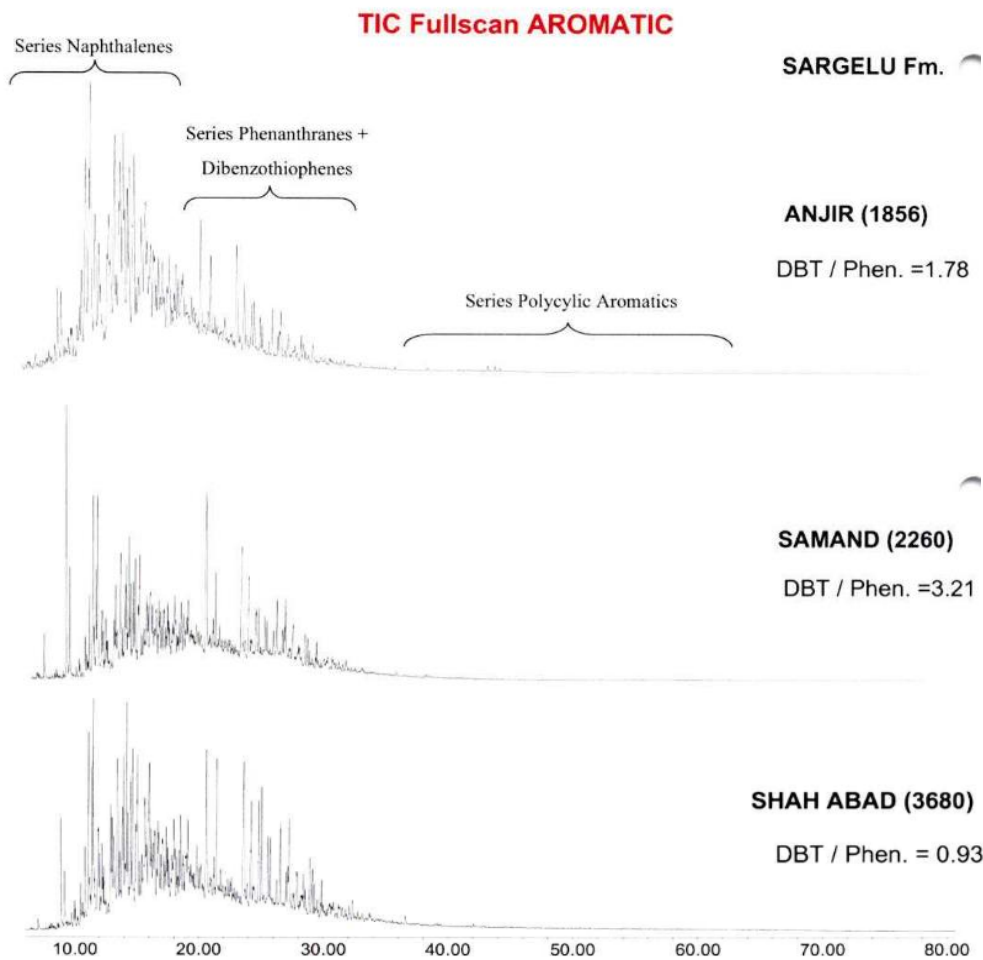
گروه B: شامل نمونه های سازند سرگلو از چاههای سمند بوده که پراکندگی و فراوانی ترکیبات اشباع آنها کاملا مشابه و یکسان می باشند که همراه با فراوانی بالای نرمال آلکانهای (nC15 تا nC18) بوده و در ضمن حداکثر نرمال آلکانهای قابل مشاهده تا کربن (nC28) می باشد (شکل ۴-۸).



شکل ۴-۸- طیف کروماتوگرامهای گازی هیدروکربورهای اشباع نمونه های سازند سرگلو مربوط به گروه B (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)

۴-۳-۲- ترکیبات آروماتیک

با توجه به پراکندگی طیف کروماتوگرامهای ترکیبات آروماتیک نمونه های سازند سرگلو می توان چنین تفسیر نمود که طیف کروماتوگرام های ترکیبات آروماتیک نمونه های سرگلو در چاههای انجیر، سمند و شاه آباد کاملا مشابه هم بوده و همراه با فراوانی زیاد ترکیبات سری نفتالین و فراوانی متوسط ترکیبات سریهای فنانتترین و (دی بنزو تیوفن) DBT می باشند (شکل ۴-۹).



شکل ۴-۹- طیف کروماتوگرامهای گازی هیدروکربورهای آروماتیک نمونه های سازند سرگلو (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)

۴-۴- نسبتهای $Pr/nC17$ ، $Ph/nC18$ و نسبت پریستان به فیتان (Pr/Ph) برای گرو و

سرگلو

۴-۴-۱- نسبت ایزوپرونوئیدها به پارافین های نرمال (Isoprenoid/n-paraffin Ratio)

منشاء، بلوغ، مهاجرت و تخریب میکروبی مهمترین عوامل به وجود آورنده ی اختلاف در ترکیب نفتهای خام هستند. نسبت ایزوپرونوئید پریستان به فیتان (Pri/Phy) به عنوان شاخصی برای تشخیص منشاء نفت در نظر گرفته می شود. در تطابق نفت های خام از نسبت ایزوپرونوئیدها به آلکان های نرمال استفاده می شود. با این حال این نسبت ها اطلاعات مهمی را از بلوغ و تخریب میکروبی نفتها به ما می

دهند (Talukdar et al., 1993) [10].

با بررسی نتایج حاصل از تعبیر و تفسیر طیف کروماتوگرامهای گازی ترکیبات اشباع و آروماتیک بیومارکرهای نمونه‌های سازندهای سرگلو و گرو به دست آمده، در تفسیر و مقایسه بیومارکرهای مختلف مورد استفاده قرار گرفته اند. یکی از پارامترهای ژئوشیمیایی ترکیبات اشباع نمونه‌های سازند گرو و سرگلو، وجود نسبتهای $Pr/nC17$ ، $Ph/nC18$ و نسبت پرستان به فیتان (Pr/Ph) می باشد که پارامترهای فوق در جدول شماره ۴-۱ و ۴-۲ مشخص شده‌اند. نسبت Pr/Ph در اکثریت نمونه های گرو و سرگلو کمتر از ۰/۵ بوده که مشخص کننده محیط رسوبی دریایی احيایی با ترکیبات سولفور ه بالا می باشند.

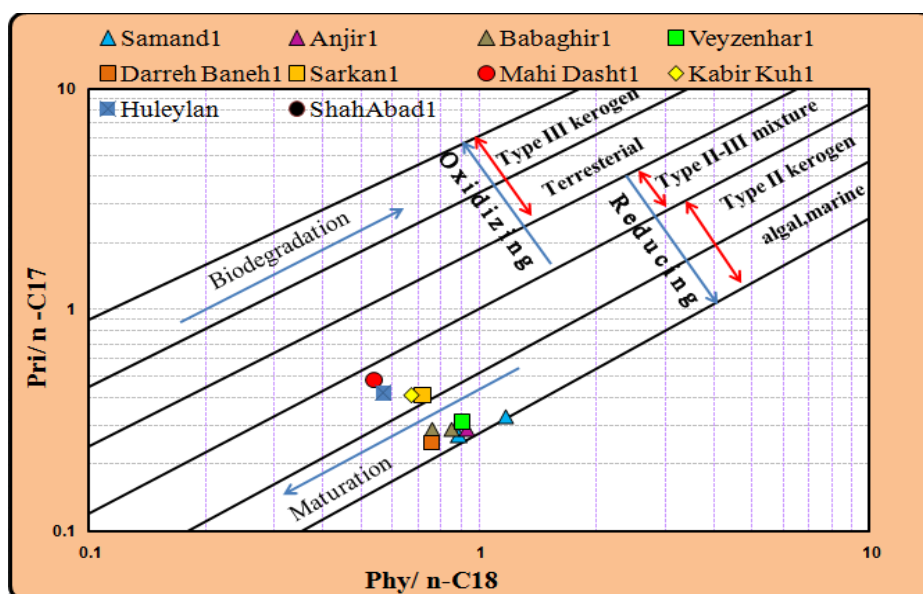
جدول ۴-۱- نسبت ایزوپروئوئیدهای پرستان و فیتان به نرمال آلکانهای C17 و C18 سازند

Well Name	Formation	Type of Sample	Depth(m)	Pr/Ph	Pr/C17	Ph/C18
Samand-1	Garau	Well	1780	0.48	0.33	1.17
Samand-1	Garau	Well	1880	0.46	0.27	0.89
Anjir-1	Garau	Well	884	0.5	0.02	0.76
Anjir-1	Garau	Well	1485	0.52	0.29	0.93
Baba Ghir-1	Garau	Well	2567	0.65	0.29	0.85
Baba Ghir-1	Garau	Well	2863	0.53	0.29	0.76
Veyzenhar-1	Garau	Well	3473	0.46	0.31	0.91
Darreh Baneh-1	Garau	Well	1936	0.43	0.25	0.76
Sarkan-1	Garau	Well	1923	0.66	0.41	0.72
Mahidasht-1	Garau	Well	1338	0.95	0.48	0.54
Kabir Kuh-1	Garau	Well	196	0.34	0.41	0.67
Huleylan-1	Garau	Well	780-850	0.87	0.42	0.57
Shah abad-1	Garau	Well	2966	0.92	0.04	0.72

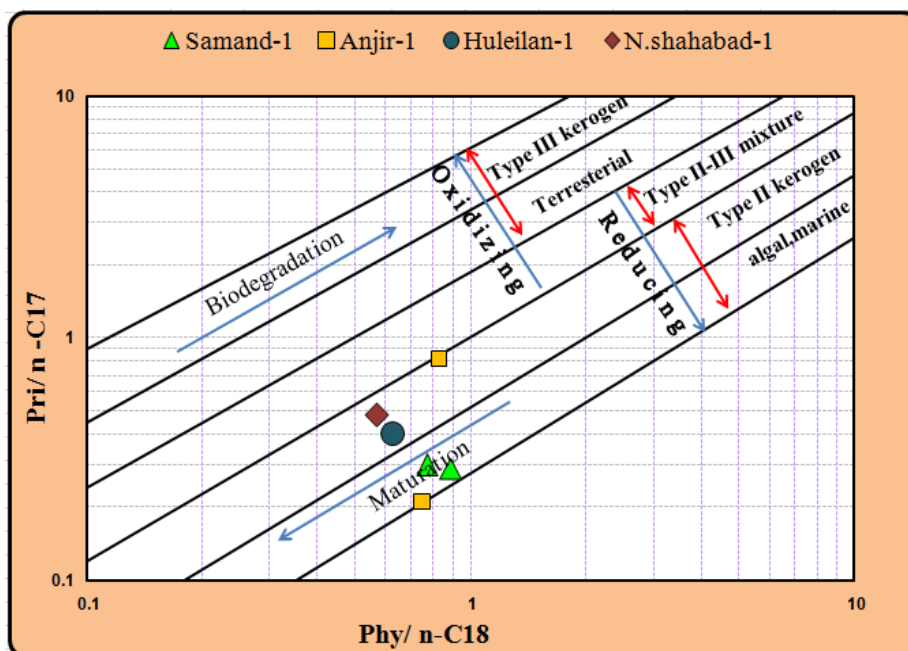
جدول ۴-۲- نسبت ایزوپروئوئیدهای پرستان و فیتان به نرمال آلکانهای C17 و C18 سازند سرگلو

Well Name	Formation	Type of Sample	Depth(m)	Pr/Ph	Pr/C17	Ph/C18
Samand-1	Sargelu	Well	2160	0.52	0.29	0.89
Samand-1	Sargelu	Well	2260	0.51	0.3	0.77
Anjir-1	Sargelu	Well	1639	0.54	0.82	0.83
Anjir-1	Sargelu	Well	1856	0.47	0.21	0.75
Huleilan-1	Sargelu	Well	1274-86	0.42	0.4	0.63
Shah abad-1	Sargelu	Well	3680	0.4	0.48	0.57

پارافینهای نرمال استفاده شده در این نسبتها آنهایی هستند که در کروماتوگرام گازی (GC) به ایزوپروپیدها نزدیکترینند. هر دو نسبت Pri/nC_{17} و Phy/nC_{18} با افزایش بلوغ به علت بالا رفتن مقدار پارافین های نرمال کاهش می یابند. هر دو نسبت در طی تخریب میکروبی به علت کاهش پارافین های نرمال افزایش می یابند. نمونه هایی که دارای پریستان بالا هستند نشانگر محیط اکسیدی و نمونه هایی با مقدار بالای فیتان نشان دهنده ی محیط احیایی هستند. در نتیجه با رسم نسبت Pri/nC_{17} در برابر نسبت Phy/nC_{18} می توان نفتها و بیتومینهای استخراجی از سنگ منشاء را طبقه بندی نمود. رسم این دیاگرام نشان می دهد که نفتها با واکس بالا با منشاء خشکی در بخش بالای دیاگرام و نفتهای تشکیل شده در محیط احیایی در قسمت پایین این دیاگرام قرار می گیرند. نفتهای منشاء گرفته، از مخلوطی از این دو منشاء در وسط دیاگرام واقع می شوند (شکل های ۴-۱۰ و ۴-۱۱) [10]. براساس ضرایب ژئوشیمیایی Pr/nC_{17} و Ph/nC_{18} حاصل از آنالیزهای نمونه های مورد مطالعه که بر روی منحنی ژئوشیمیایی استاندارد رسم گردیده اند (شکل های ۴-۱۰، ۴-۱۱) تمام نمونه های مورد مطالعه از سازندهای گرو و سرگلو مربوط به محیط رسوبی دریایی در شرایط کاملا احیایی بوده اند.



شکل ۴-۱۰- نمودار Ph/nC_{18} و Pr/nC_{17} حاصل از آنالیزهای نمونه های مربوط به سازند گرو

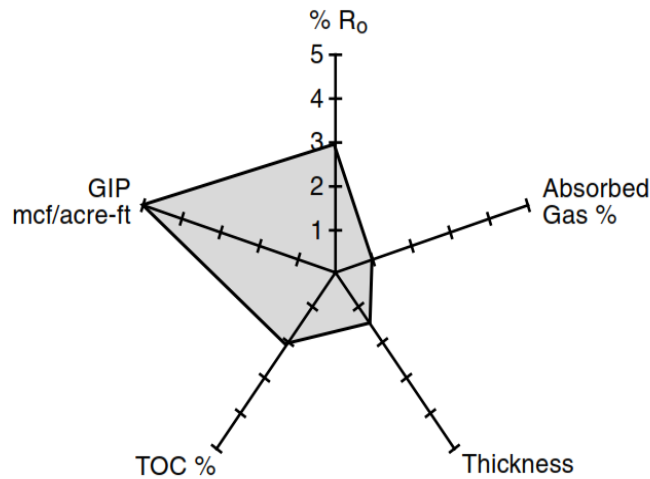


شکل ۴-۱۱- نمودار Pr/C17 و Ph/C18 حاصل از آنالیزهای نمونه های مربوط به سازند سرگلو

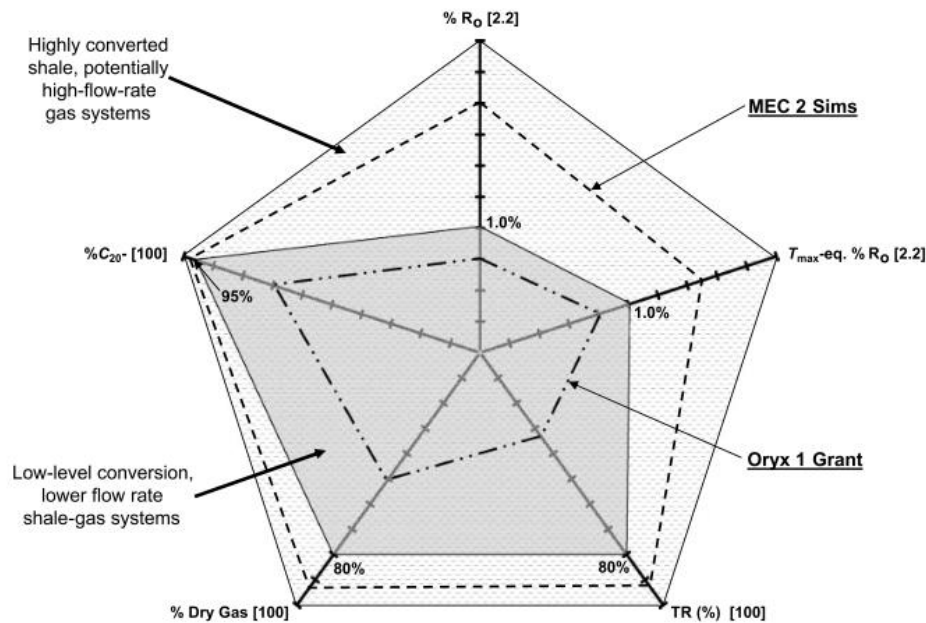
۴-۵- دیاگرام عنکبوتی شیل های گازی (Risk Plot)

از میان نمودارهای عنکبوتی که در ارزیابی سیستم های شیل گاز استفاده می شود می توان به دو مورد اشاره کرد که هر یک پارامترهای متفاوتی را نسبت به یکدیگر معرفی می کنند. این پارامترها بر اساس ویژگی های ژئوشیمیایی و زمین شناسی تعیین گردیده اند [12,13,14,15,16,17].

مورد اول دیاگرامی است (شکل ۴-۱۲) که به منظور مقایسه سیستم های شیل گازی معروف ایالات متحده آمریکا با یکدیگر به کار برده شده است. این دیاگرام شامل پارامترهایی است نظیر ضریب انعکاس %RO، %TOC، گاز جذب شده % Adsorbed Gas، گاز برجا GIP و ضخامت Thickness و شکلی که مربوط به هر کدام از سیستم های شیل گازی ایجاد می شود، در مقالاتی برای مقایسه با یکدیگر مورد استفاده قرار گرفته است [13,14]. لازم به ذکر است که پاره ای از پارامترهای این دیاگرام در بحث های مطرح شده در قسمت های قبلی مدنظر قرار گرفته است.



شکل ۴-۱۲ - نمودار عنکبوتی یا قطبی استفاده شده در مقایسه بهترین سیستم‌های شیل گاز ایالات متحده با یکدیگر مورد دوم دیاگرامی است (شکل ۴-۱۳) که به منظور تعیین احتمال وجود پتانسیل مناسب (Risk Plot) در سیستم‌های شیل گازی به کار برده شده است. این دیاگرام شامل پارامترهایی است نظیر $\% \text{C}_{20}$, $\% \text{TR}$, $\% \text{RO}$ Obtained from T_{max} , $\% \text{RO}$, $\% \text{Dry Gas}$, است [14].



شکل ۴-۱۳ - Risk Plot استفاده شده در ارزیابی احتمال وجود پتانسیل در سیستم‌های شیل گاز ایالات متحده در این دیاگرام (شکل ۴-۱۳) دو محدوده متمایز قابل تشخیص است. بخشی مربوط به شرایطی است که بیانگر پایین ترین نرخ جریان گاز در یک سیستم شیل گازی است (محدوده Oryx1) و بخش

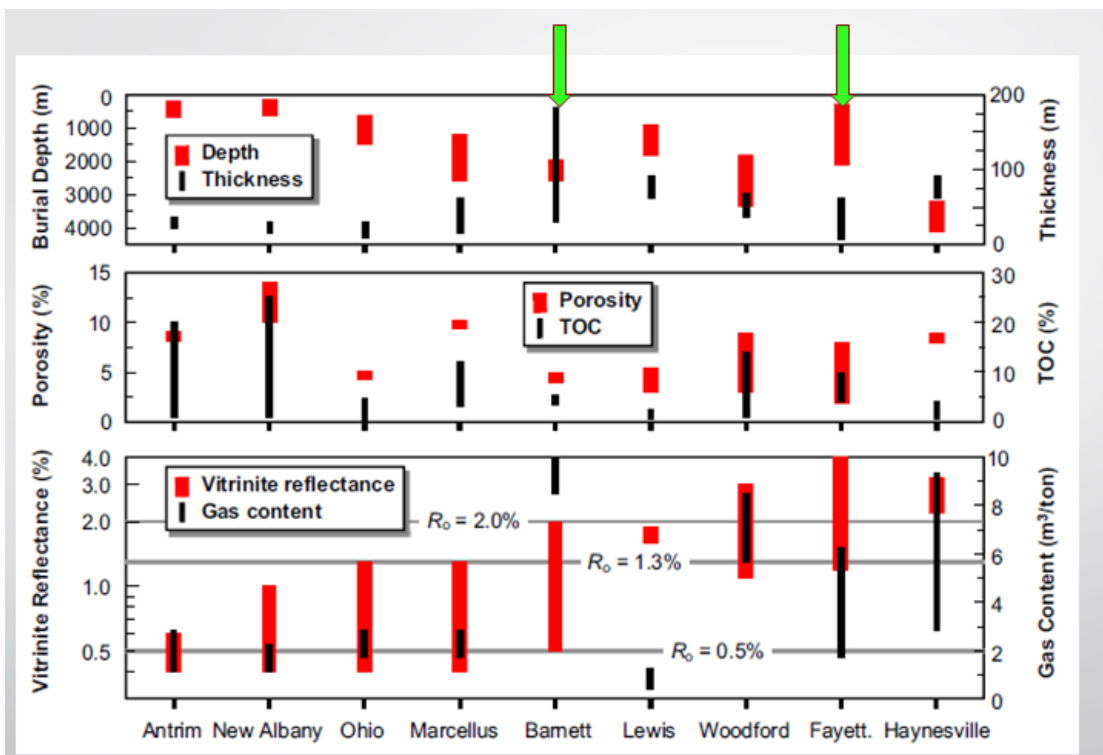
دیگری که بیشترین پتانسیل و نرخ جریان (محدوده 2 MEC) را شامل می‌شود و دارای پتانسیل اقتصادی است. با توجه به مطالب ذکر شده، یکی از دیاگرام‌هایی که امروزه در ارزیابی‌ها مدنظر قرار می‌گیرد Risk Plot است که مانیز در این پایان از آن استفاده خواهیم نمود.

۴-۵-۱- نتایج و تفسیر نمودارهای عنکبوتی

در ادامه روند بررسی و ارزیابی پتانسیل شیل‌گاز های منطقه لرستان به رسم Risk Plot (قطبی) براساس پارامترهای های بدست آمده در مراحل قبلی می‌پردازیم. به همین منظور از دیاگرام آماده ای که مربوط به ارزیابی وضعیت یکی از بهترین سیستم های شیل‌گاز دنیا (Barnett Shale) است و امروزه گاز موجود در آن مورد بهره برداری قرار می‌گیرد، استفاده کردیم و نمودارهایی را که برطبق داده های موجود مربوط به هردو سازند گرو و سرگلو در چاه‌های مورد مطالعه لرستان بدست می‌آید را مورد تحلیل و مقایسه قرار دادیم.

بارنت شیل در بین ۹ شیل عمده تولید کننده گاز ایالات متحده بعنوان یکی از بهتری سیستم‌های شیل‌گازی دنیا مطرح است و همانطور که در شکل ۴-۱۴ قابل مشاهده است از نظر ضخامت، میزان ماده آلی (TOC) و درجه پختگی (براساس %Ro) که جزو مهمترین عوامل وجود یک پتانسیل اقتصادی شیل‌گازی است در مقایسه با بقیه شیل‌های گازی وضعیت مناسب‌تری دارد.

البته شیل Fayette هم که یک شیل‌گاز با ضخامت و عمق تدفین کم می‌باشد با TOC و درجه بلوغ بالایی که دارد هم توانسته مقدار گازی تولید کند و از این جهت مورد اهمیت است.



شکل ۴-۱۴- ویژگی‌های عمومی ۹ شیل ایالات متحده

۴-۵-۲- محاسبات مربوط به تعیین پارامترهای مورد نیاز برای رسم دیاگرام عنکبوتی

به منظور ارزیابی پتانسیل شیل گاز مربوط به سازندهای گرو و سرگلو در ناحیه لرستان، با استفاده از

فرمول‌های شماره ۱ و ۲ و ۳ (پیوست شماره ۱) پارامترهای مورد نیاز محاسبه شده است (پیوست

شماره ۲). پارامترهای مورد نیاز برای ترسیم Risk Plot در جدول (۴-۳) ارائه شده است.

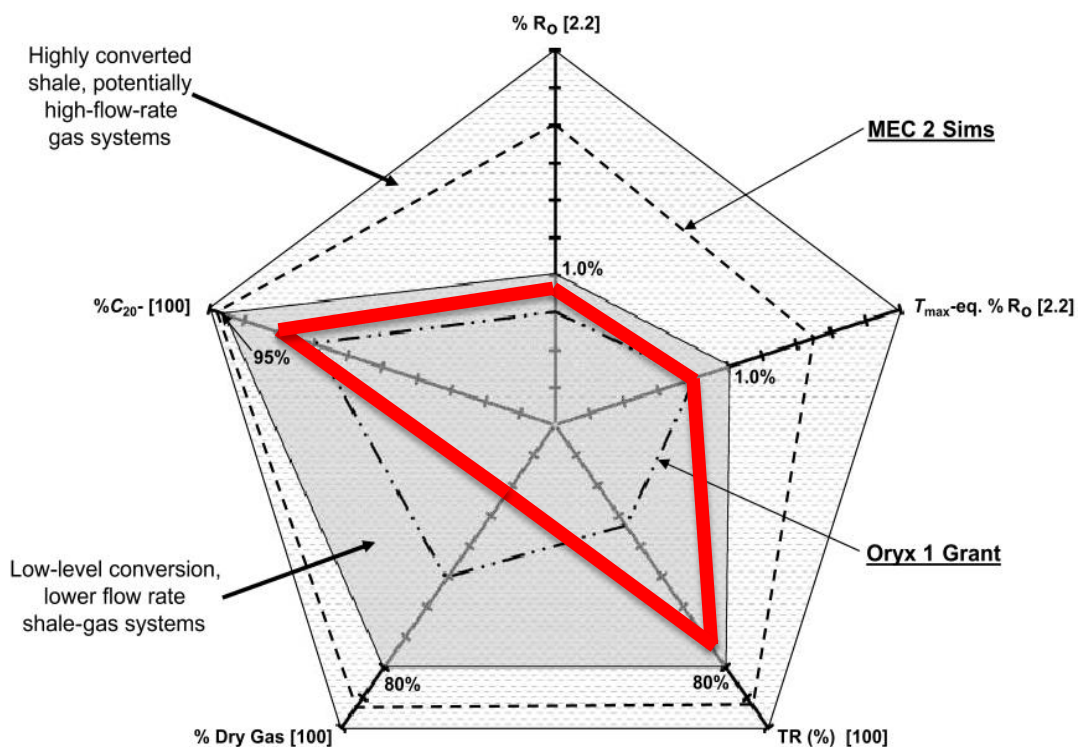
جدول ۴-۳- پارامترهای مورد نیاز در رسم دیاگرام عنکبوتی (مربوط به چاههای سازند گرو و سرگلو)

NO	WEII NAME	Fm.name	Thickness(m)	RO%	%RO from Tmax	TR(%)	Dry Gas(%)	Dry gas(%) C1+C2/C1+C2+C3+C4	C-20(%)
1	Anjir #1	GR	780	0.895	0.835	75	22	64	80
2	Anjir #1	SR	222	0.975	0.976	45	77	85	70
3	Babaghir #1	GR	1305	0.787	0.9256	53	27	66	85
4	Dareh-Baneh #1	GR	533	0.985	0.8185	26	6	35	60
5	Huleiylan #1	SR	12	1.982	0.886	8	77	82	70
6	Kabir-kuh #1	GR	159	0.985	1.291	62	61	80	60
7	Mahi-Dasht #1	GR	600	1.212	1.006	68	57	73	80
8	Mahi-Dasht #1	SR	381	2.123	0.898	78	83	90	70
9	N.shahabad #1	GR	444	0.967	0.0841818	61	67	83	70
10	N.shahabad #1	SR	108	1.025	-1.080444	80	87	91	70

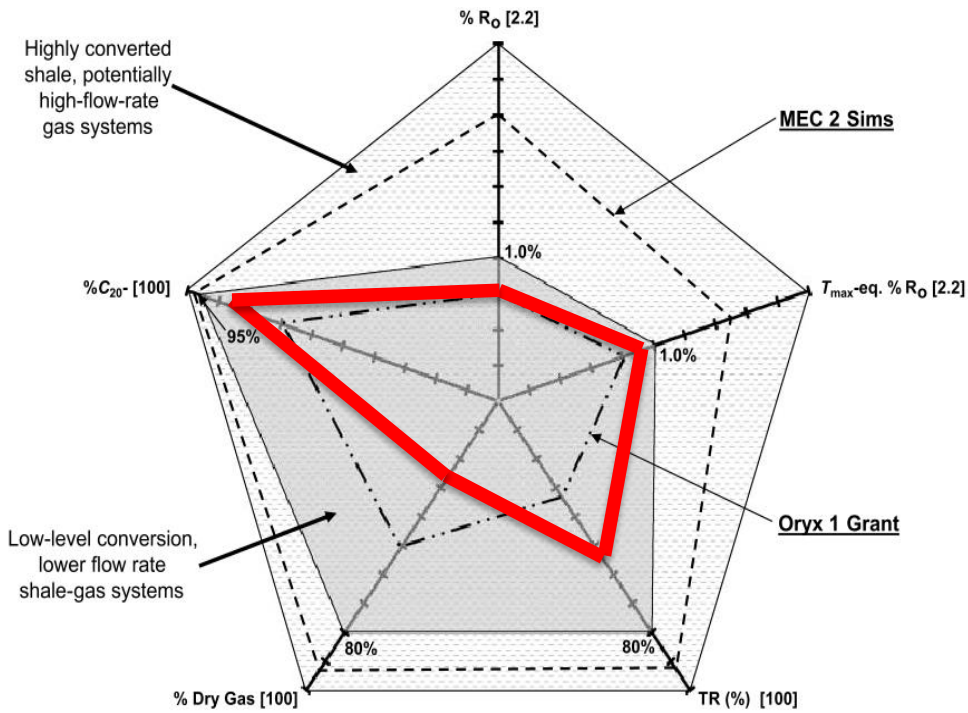
11	Samand #1	GR	222	0.978	1.0255	67	78	87	65
12	Samand #1	SR	220	1.021	0.8622	40	56	67	75
13	Sarkan #1	GR		1.012	0.76	4	38	72	60
14	Veyzenhar #1	GR	366	0.782	0.7888	66	19	45	60
15	Vizhenan #1	GR	1778	0.886	0.9805	63	70	93	80

۴-۵-۲-۱- وضعیت سازند گرو در چاه‌های مورد مطالعه

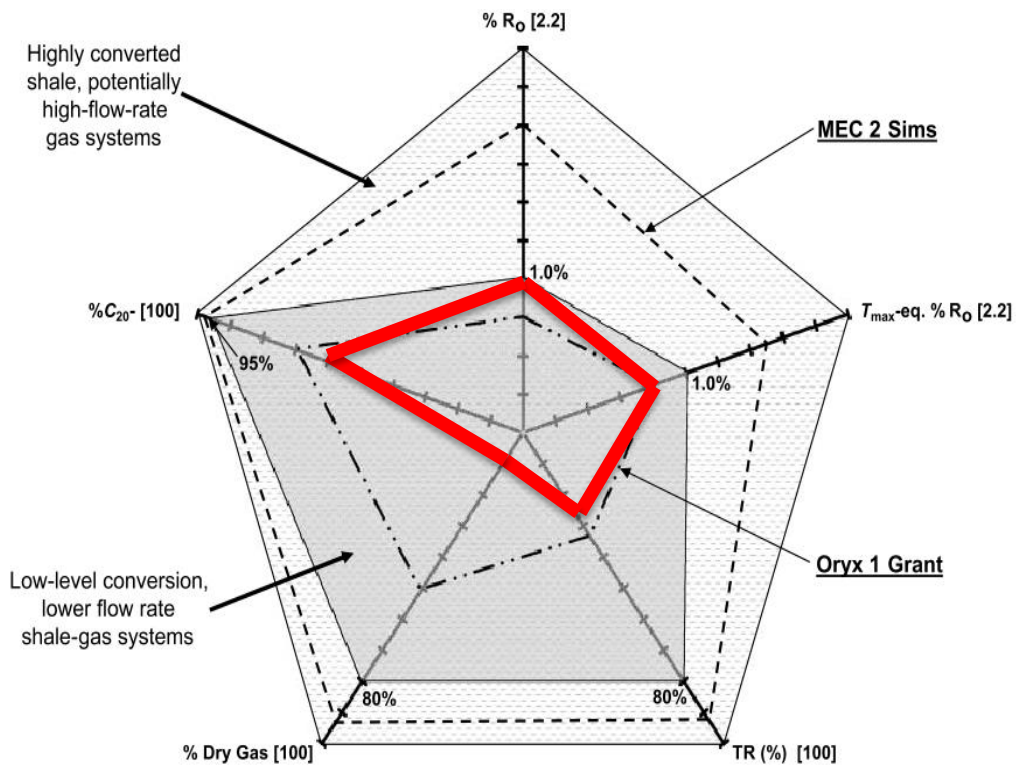
با توجه به وضعیت دیاگرام‌های عنکبوتی سازند گرو در چاه‌های ناحیه لرستان (اشکال ۴-۱۵ تا ۴-۲۴)، از نظر میزان پتانسیل و توانایی تولید اقتصادی در چاه‌های ماهی‌دشت (شکل ۴-۱۹)، سمند (شکل ۴-۲۱) و ویزهنان (شکل ۴-۲۴) وضعیت بهتری وجود دارد. در بعضی از چاه‌ها، مانند چاه‌های ویزنه‌ار (شکل ۴-۲۳)، سرکان (شکل ۴-۲۲) و دره‌بانه (شکل ۴-۱۷) و باباقیر (شکل ۴-۱۶) شرایط بیانگر سطح پتانسیل پایین و قابلیت تولید در حد آستانه می‌باشد.



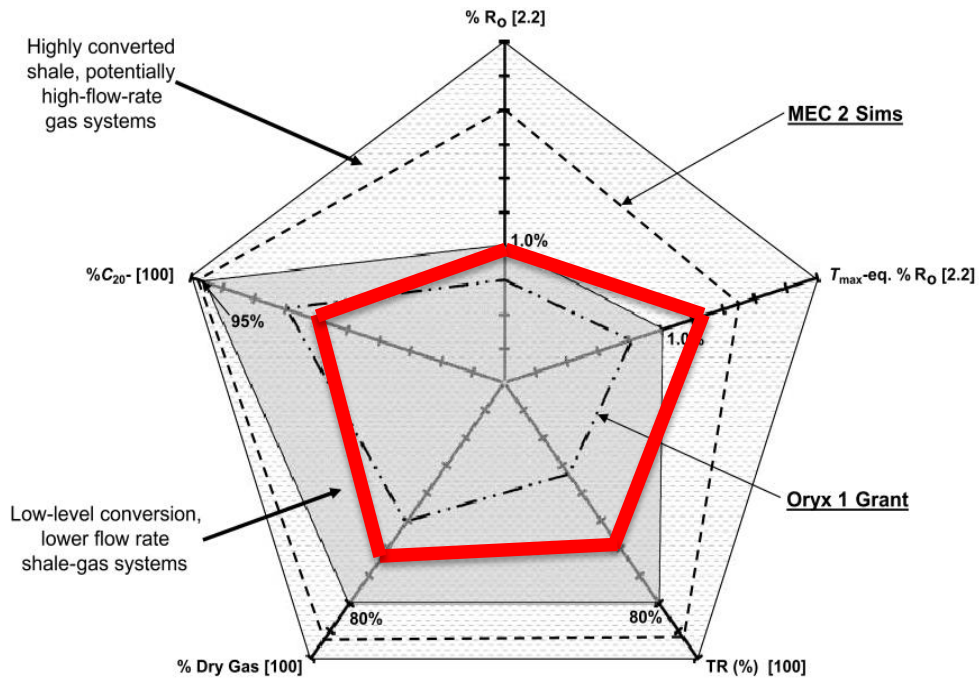
شکل ۴-۱۵ - Risk Plot نمونه‌های سازند گرو در چاه انجیر-۱



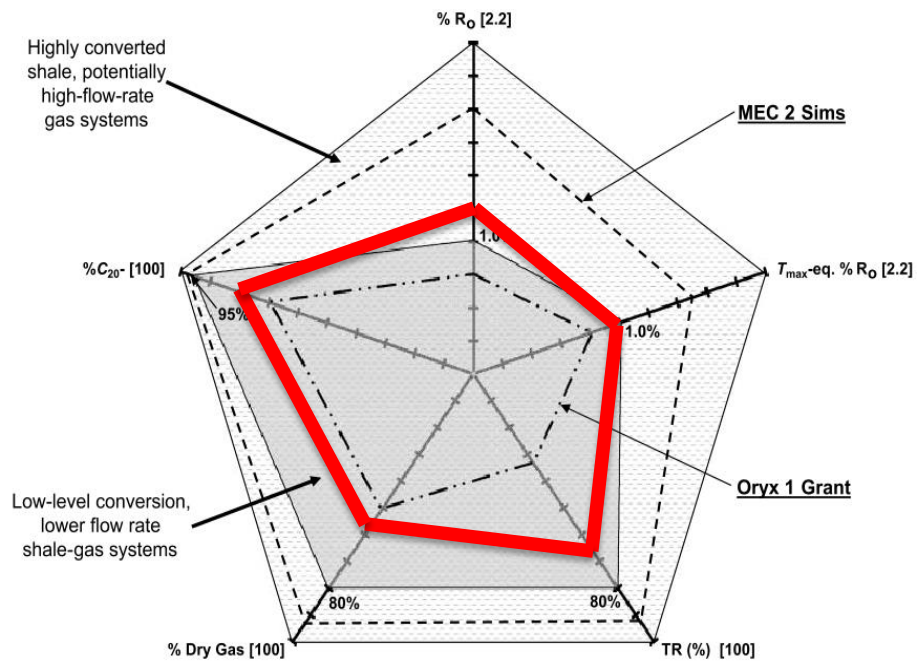
شکل ۴-۱۶ Risk Plot نمونه های سازند گرو در چاه باباقیر ۲



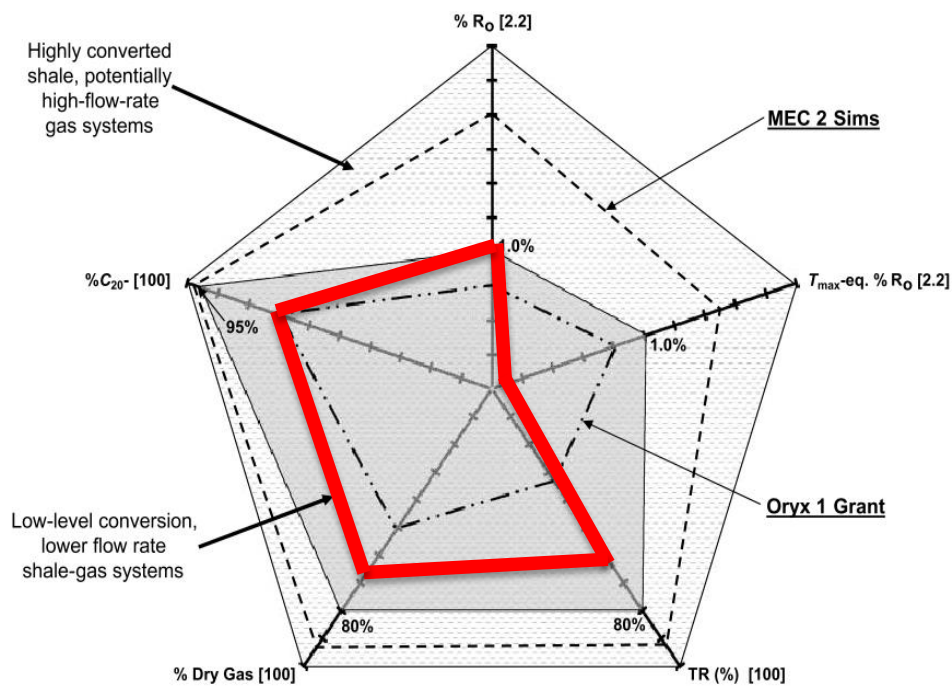
شکل ۴-۱۷ Risk Plot نمونه های سازند گرو در چاه دره بانه ۱



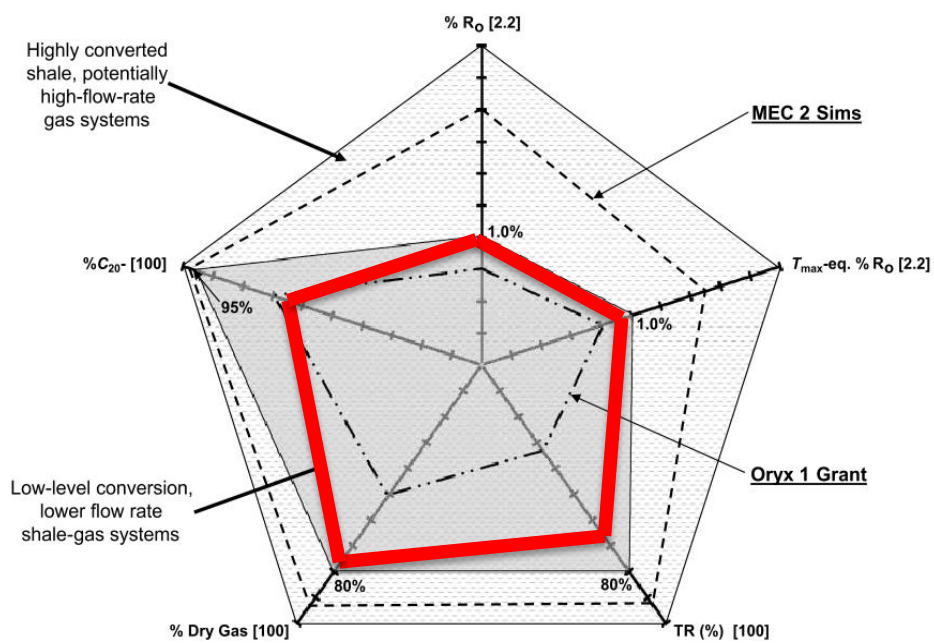
شکل ۴-۱۸- Risk Plot نمونه های سازند گرو در چاه کبیرکوه ۱



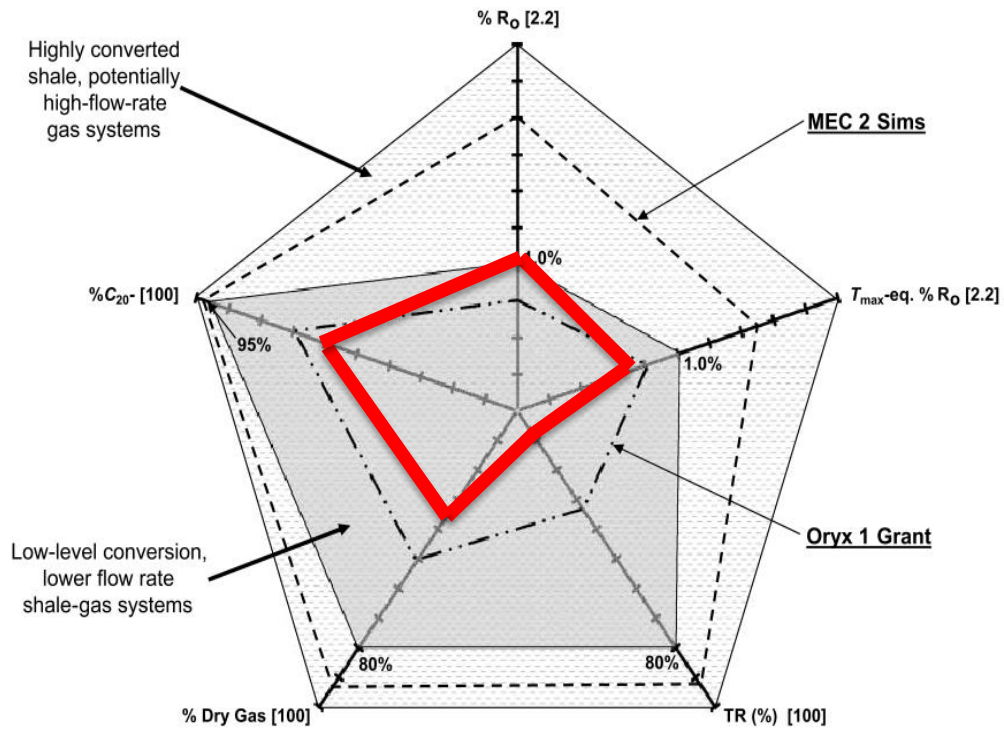
شکل ۴-۱۹- Risk Plot نمونه های سازند گرو در چاه ماهی دشت ۱



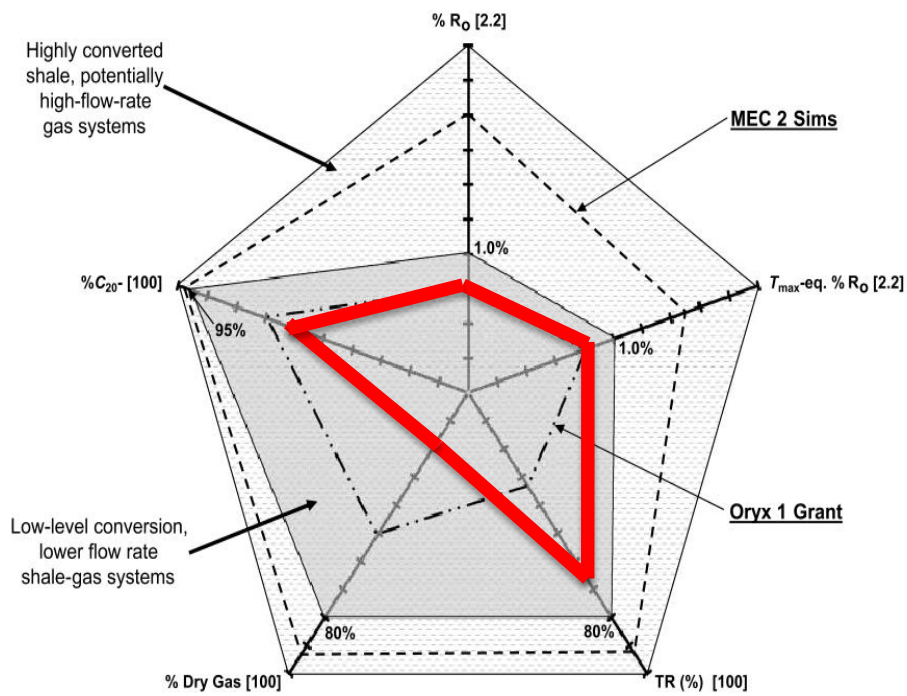
شکل ۴-۲۰- Risk Plot نمونه های سازند گرو در چاه شاه آباد شمالی ۱



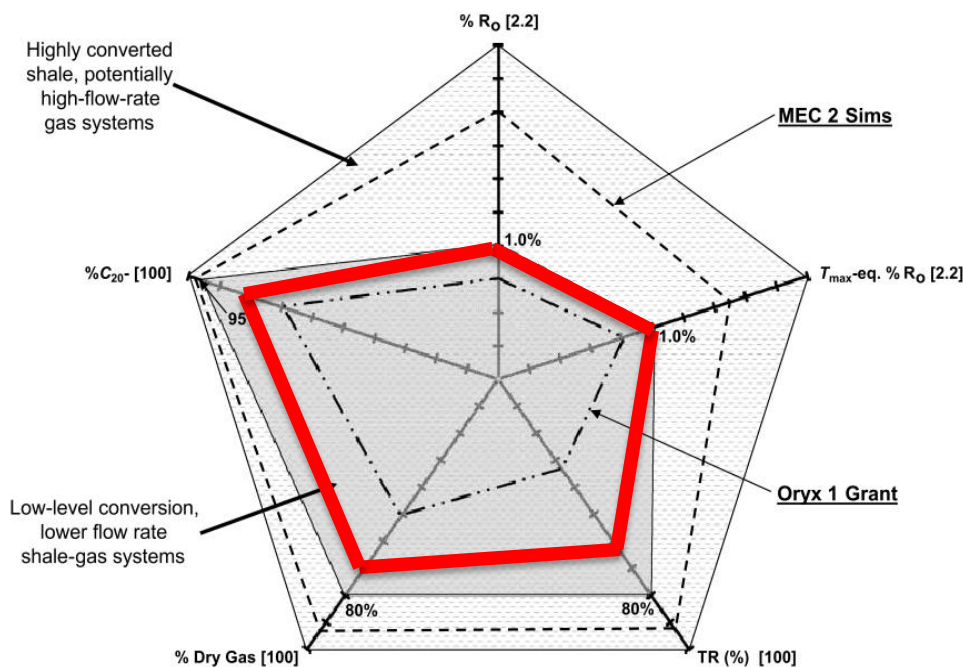
شکل ۴-۲۱- Risk Plot نمونه های سازند گرو در چاه سمند-۱



شکل ۴-۲۲- Risk Plot نمونه های سازند گرو در چاه سرکان ۱



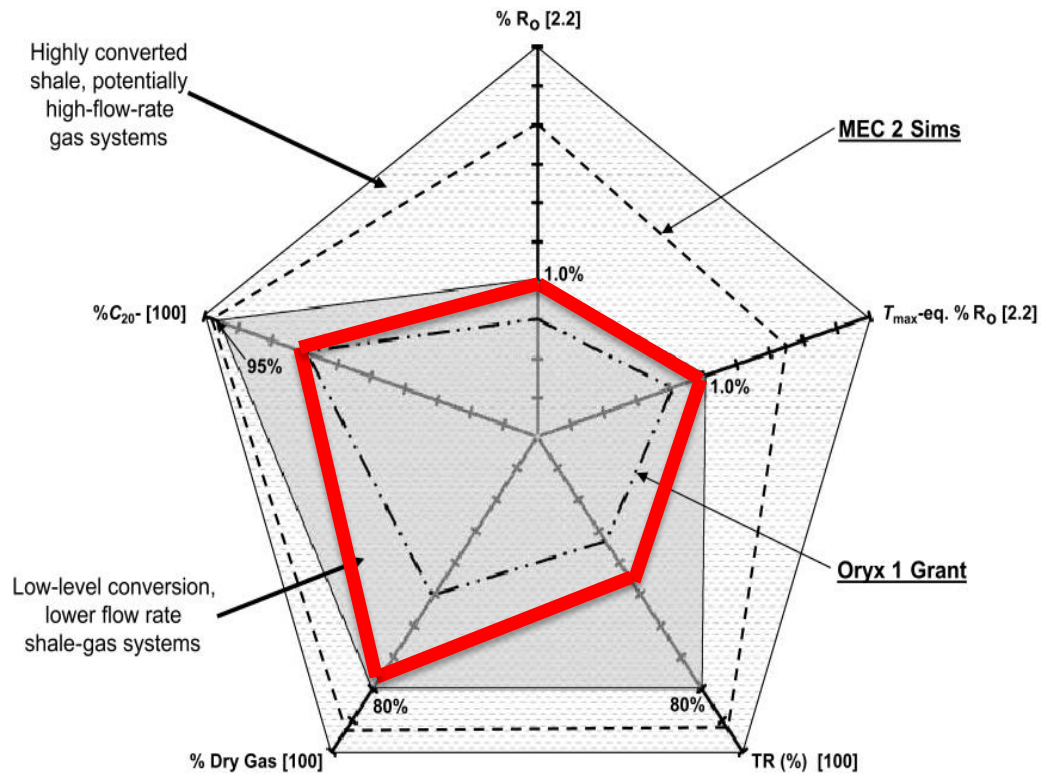
شکل ۴-۲۳- Risk Plot نمونه های سازند گرو در چاه ویزنهار ۱



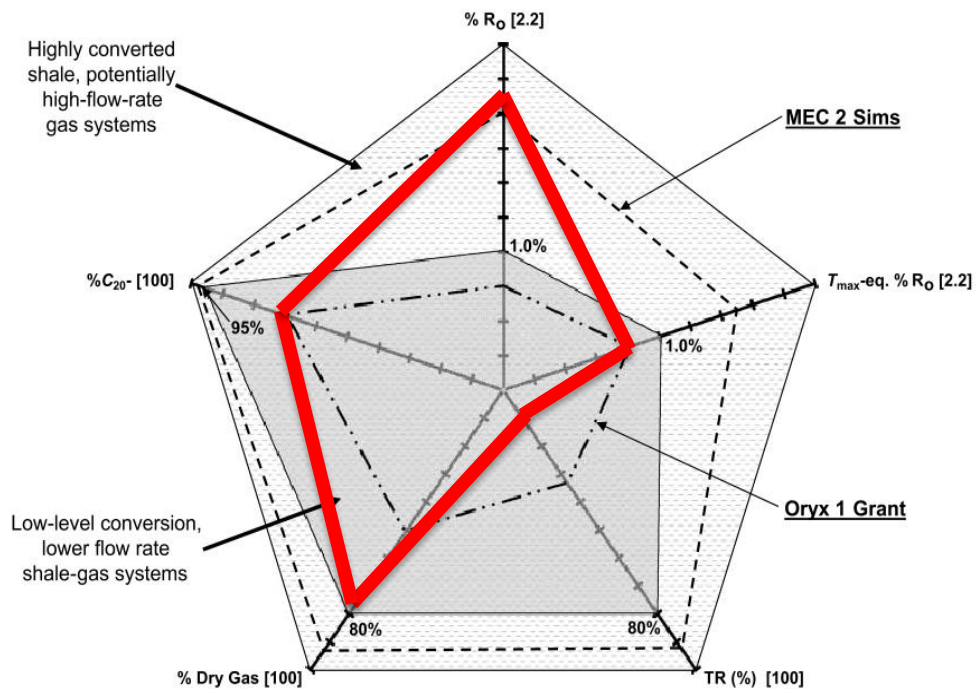
شکل ۴-۲۴- Risk Plot نمونه های سازند گرو در چاه ویزه‌نان ۱

۴-۵-۲-۲- وضعیت سازند سرگلو در چاه‌های مورد مطالعه

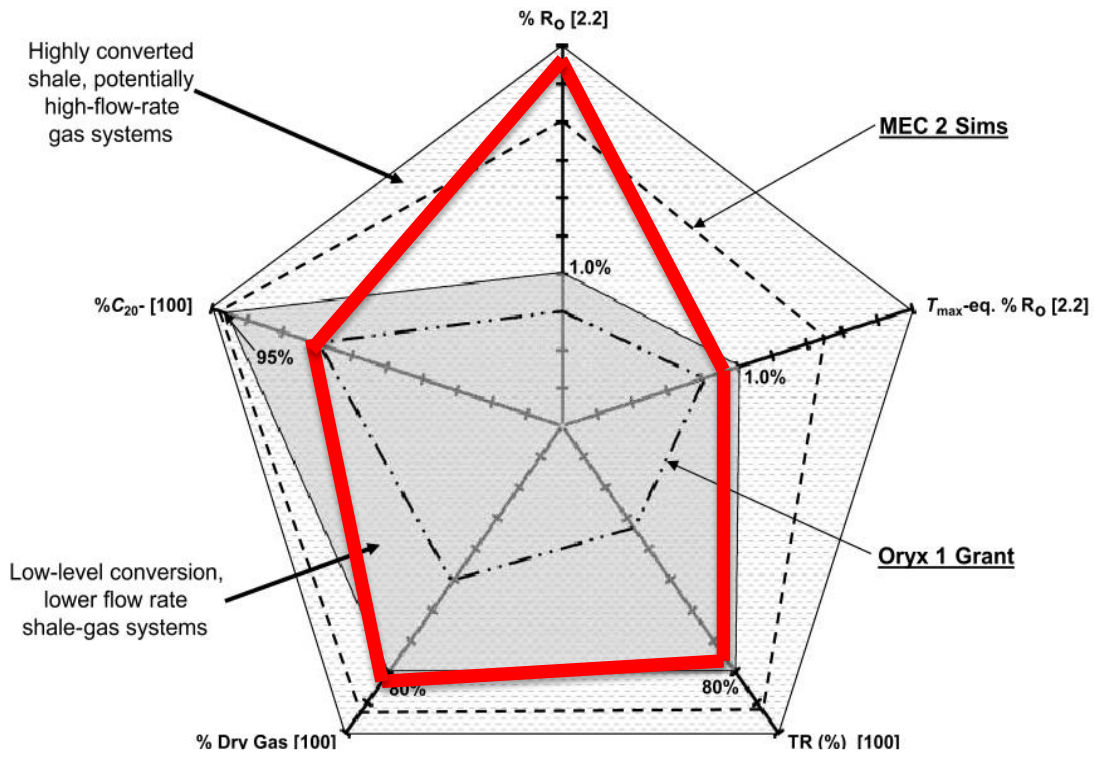
با توجه به داده‌های موجود می‌توان نتیجه گرفت که در اغلب چاه‌های ناحیه لرستان وضعیت سازند سرگلو از نظر میزان پتانسیل و توانایی تولید اقتصادی مناسب ارزیابی می‌شود. ولی در بعضی از چاه‌ها ممکن است در بعضی از پارامترها خطا وجود داشته باشد. مثلاً در چاه هولیلان نمودار براساس فقط داده‌های مربوط به دو نمونه رسم گردیده است که این محدودیت در تعداد نمونه‌های مورد مطالعه احتمال خطا را افزایش می‌دهد. و یا در نمودار مربوط به چاه شاه‌آباد شمالی به دلیل وجود T_{max} های پایین و نزدیک به $30^{\circ}C$ ، میزان Ro بدست آمده از T_{max} منفی شد که ما در رسم آن صفر در نظر گرفتیم. ولی با در نظر گرفتن همین خطاها وضعیت در چاه‌های هولیلان (شکل ۴-۲۶)، شاه‌آباد (شکل ۴-۲۸) و ماهیدشت (شکل ۴-۲۷) خیلی مناسب است.



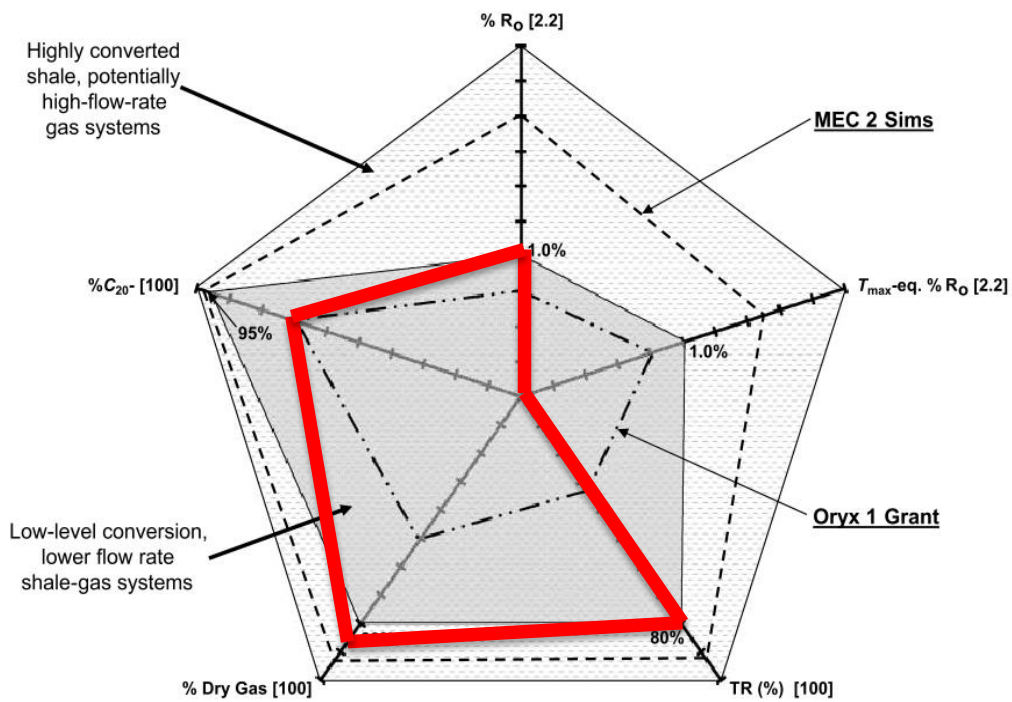
شکل ۴-۲۵ Risk Plot نمونه های سازند سرگلو در چاه انجیر-۱



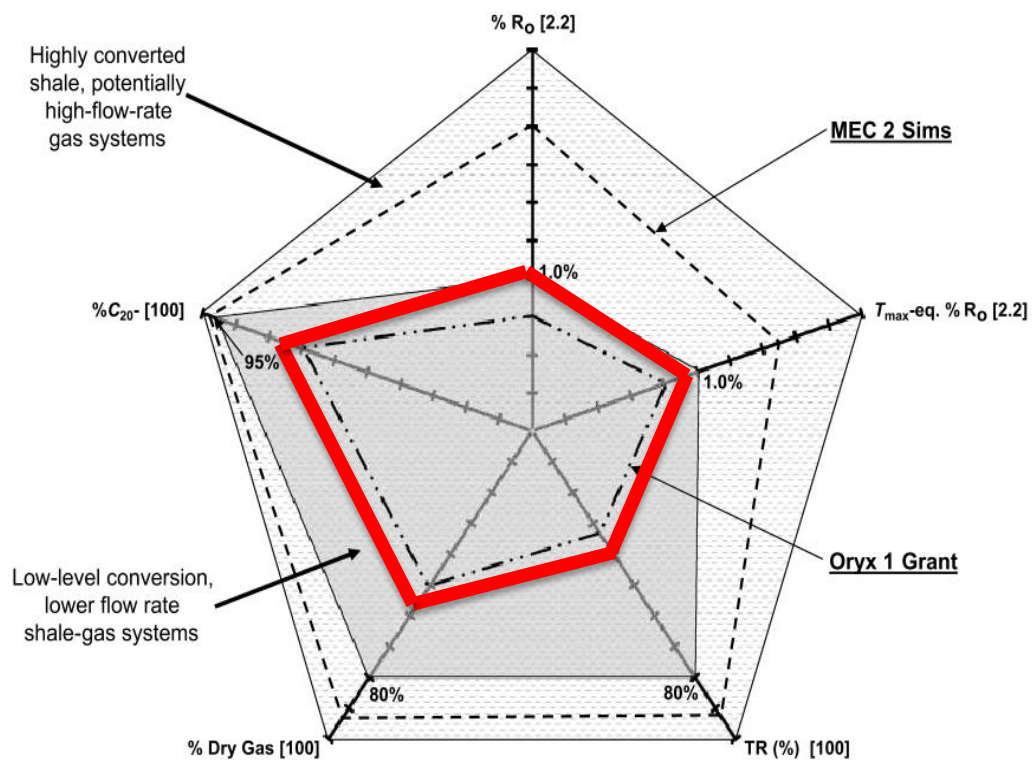
شکل ۴-۲۶ Risk Plot نمونه های سازند سرگلو در چاه هولیلان ۱



شکل ۴-۲۷- Risk Plot نمونه های سازند سرگلو در چاه ماهی دشت ۱



شکل ۴-۲۸- Risk Plot نمونه های سازند سرگلو در چاه شاه آباد شمالی ۱



شکل ۴-۲۹ Risk Plot نمونه های سازند سرگلو در چاه سمند ۱

فصل پنجم

تعبیر و تفسیر نتایج

۵-۱- نتایج مطالعات آنالیز راک-اول

در مجموع در این پروژه مطالعاتی ژئوشیمیایی در ناحیه لرستان ۱۱۱ نمونه سنگ منشا احتمالی مربوط به ۱۱ چاه موجود در محدوده مورد نظر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آنالیزهای مختلف ژئوشیمیایی بر روی نمونه های گرو و سرگلو در ناحیه لرستان نشان می‌دهد این سازندها دارای خصوصیات ژئوشیمیایی متفاوتی می‌باشد.

۵-۱-۱- سازند گرو

سازند گرو در چاه‌های ناحیه لرستان دارای توان هیدروکربورزایی (HI) متوسط تا نسبتا خوب، و در بعضی از چاههای ناحیه لرستان مانند میدان سرکان، ویزنهار، دره بانه و انجیر دارای توان هیدروکربورزایی نسبتا خوبی است (جداول ۳-۳و۲-۳و۴-۳-۶).

اکثر نمونه‌های سازندهای گرو در ناحیه لرستان دارای TOC متوسط تا خوب (۲ تا ۴) درصد می‌باشند و از این نظر مناسب اند، ولی بعلت ضعیف بودن مقدار HI نمونه های گرو در منطقه لرستان، پتانسیل گازی آنها محتمل تر است (جداول ۳-۳و۲-۳و۴-۳-۶).

سازند گرو عمدتا دارای کروژن های نوع III و II/III می‌باشد که در صورت قرار گرفتن در شرایط بلوغ بالا، می‌تواند گاز تولید کند (شکل‌های ۳-۳و۴-۳و۵-۳-۶). نتایج حاصل از Tmax نمونه‌های آنالیز شده سازند گرو در چاههای ناحیه لرستان مقادیر Tmax را بیشتر از 440°C (۴۴۰ تا ۴۶۰) نشان می‌دهد (جداول ۳-۳و۲-۳و۴-۳-۶). اکثر نمونه های سازند گرو در چاههای ناحیه لرستان در مرحله نهایی نفت زایی و یا در مرحله شروع گاز زایی قرار گرفته اند. بنابراین می‌توان گفت که مقادیر کم HI در اثر پختگی بالا و تبدیل هیدروژن موجود در نمونه ها به گاز، ایجاد شده است (شکل ۳-۴).

۵-۱-۲- سازند سرگلو

میزان TOC برای نمونه های سازند سرگلو در ناحیه لرستان از ضعیف تا عالی (کمتر از ۰/۵ تا بیشتر از ۵ درصد) تغییر می‌کند. این تغییرات نشان دهنده این موضوع است که سازند سرگلو دارای فاسیس و

لیتولوژی یکسانی نیست (جداول ۳-۳ و ۳-۴ و ۳-۶). تیپ کروژن های بیشتر نمونه های سازند سرگلو از نوع کروژن Type III است. و تمام نمونه های سازند سرگلو توان هیدروکربوری ضعیفی را نشان می دهند (شکل های ۳-۸ و ۳-۹ و ۳-۱۰). نتایج حاصل از مقادیر Tmax نمونه های سازند سرگلو در چاه های ناحیه لرستان نشان دهنده پختگی بالا بوده و مقدار آن در پایان مرحله نفت زایی و آغاز مرحله گاززایی است که مقدار آن بین 440°C تا 460°C است (جداول ۳-۳ و ۳-۴ و ۳-۶).

۲-۵- مطالعه ضریب انعکاس ویترینایت

اندازه گیری مطالعات میزان انعکاس ویترینایت (R_o) تعداد ۱۴ نمونه خرده حفاری مربوط به ۱۱ چاه ناحیه لرستان می باشد. نتایج بیانگر آن است که فراوانی و پراکندگی ذرات ویترینایت در کروژن نمونه های سازند گرو و سرگلو زیاد می باشد (جداول ۳-۳ و ۳-۵ و ۳-۷).

نتایج حاصل از اندازه گیری مقدار R_o نمونه های گرو و سرگلو در چاه های ناحیه لرستان تفاوت زیادی باهم دارند. که بخش شمالی ناحیه لرستان شامل چاه های شاه آباد شمالی و ماهیدشت و هلیلان که مراحل بلوغ بسیار زیاد (Over Mature) را نشان می دهد و مقدار R_o محاسبه شده بین ۱ تا ۲ متغیر می باشد که در محدوده تولید گاز (Gas Zone) قرار می گیرد. نکته قابل توجه این است که در نمونه های سازند سرگلو در چاه هلیلان، علت بالا بودن R_o آن (بین ۱/۸ تا ۲/۷) که یک حالت غیر طبیعی است، می تواند در اثر عوامل تکتونیکی در این نفاذی باشد.

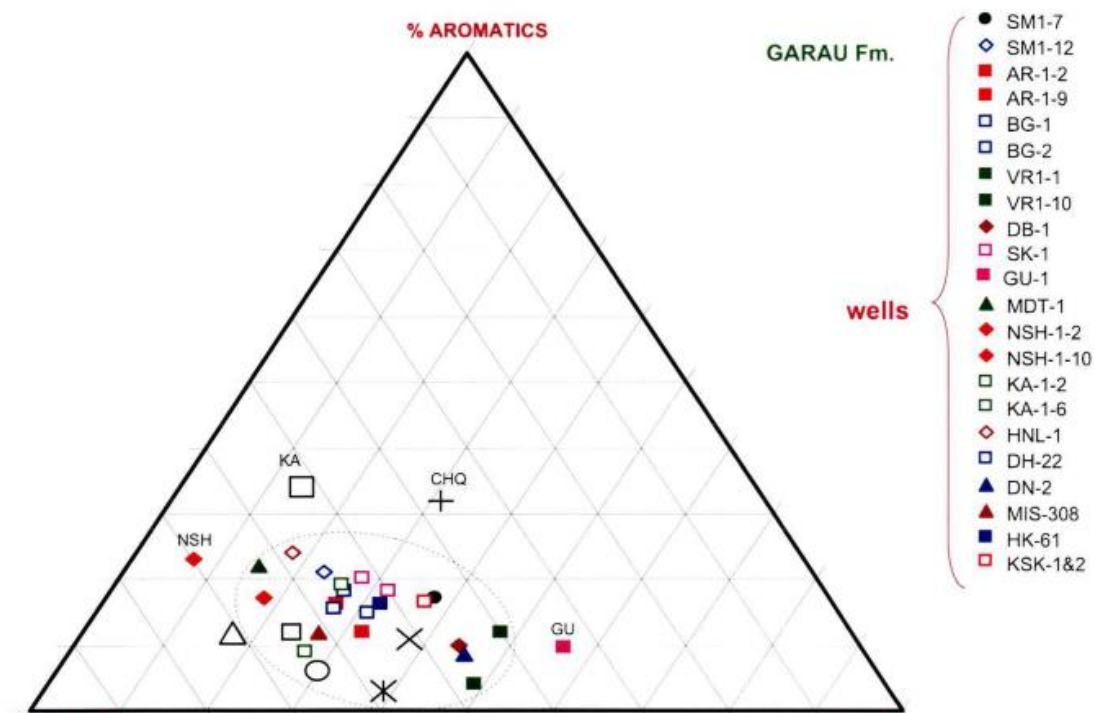
۳-۵- تفسیر نتایج GC, GC-MS

نتایج مطالعات ژئوشیمیایی بر روی سنگ های منشا گرو و سرگلو، طیف کروماتوگرام های ترکیبات اشباع و آروماتیک، بیومارکرهای مختلف و همچنین درصد ترکیبات مختلف استخراج شده از بیتومن بر روی نمونه های مورد مطالعه را می توان به شرح زیر تعبیر و تفسیر نمود:

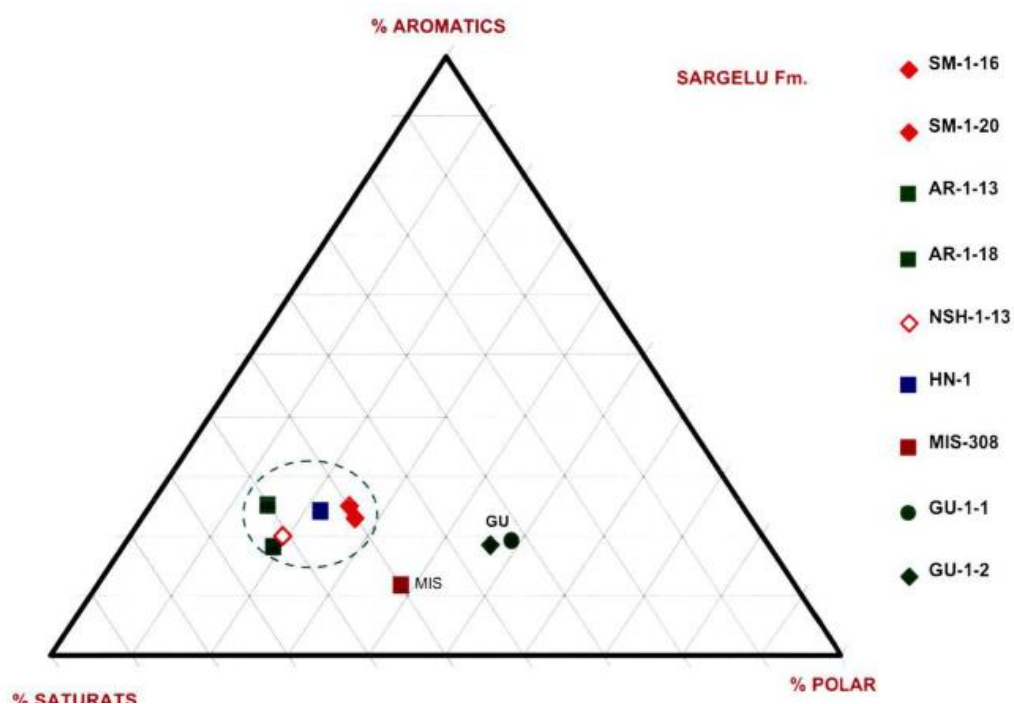
درصد استخراج مواد آلی (بیتومن) نمونه های سازندهای گرو و سرگلو در ناحیه لرستان بسیار ضعیف و کم می باشد و مقدار درصد استخراج مواد آلی برای نمونه های گرو و سرگلو چاهها در ناحیه لرستان معادل ۰/۱ تا حداکثر ۰/۳ درصد بوده است.

درصد ترکیبات مختلف هیدروکربورهای بیتومن (ترکیبات اشباع، آروماتیک و قطبی) نمونه های گرو و سرگلو تقریباً هموزن و مشابه یکدیگر بوده که همگی در محدوده ای قرار می گیرند که دارای درصد بالایی از ترکیبات اشباع (۴۵ تا ۶۵٪) بوده و دارای درصد ترکیبات آروماتیک بسیار کم (کمتر از ۲۵٪) می باشند. درصد ترکیبات بسیار سنگین (قطبی) در این نمونه ها بین ۱۰ تا ۵۰ درصد محاسبه شده اند. بعضی از نمونه های گرو و سرگلو در چاههای مختلف کاملاً متفاوت با دیگر نمونه ها می باشند. مانند نمونه های گرو در چاه شاه آباد (شکلهای ۵-۱ و ۵-۲ و پیوست ۷).

در نمونه های سازند سرگلو می توان به نمونه های بدست آمده از چاههای انجیر و شاه آباد اشاره کرد که بیشترین هیدروکربورهای اشباع (بیشتر از ۶۰ درصد) را دارند (پیوست ۷، شکل ۵-۱) و در مورد سازند گرو هم می توان به نمونه های بدست آمده از چاههای ماهی دشت، شاه آباد و کبیرکوه با بیش از ۶۰ درصد هیدروکربور اشباع اشاره کرد (پیوست ۷، شکل ۵-۲).



شکل ۵-۱- درصد ترکیبات مختلف هیدروکربورهای حاصل از نمونه های سازند گرو بر روی نمودار مثلثی استاندارد



شکل ۵-۲- درصد ترکیبات مختلف هیدروکربورهای حاصل از نمونه های سازند سرگلو بر روی نمودار مثلثی استاندارد

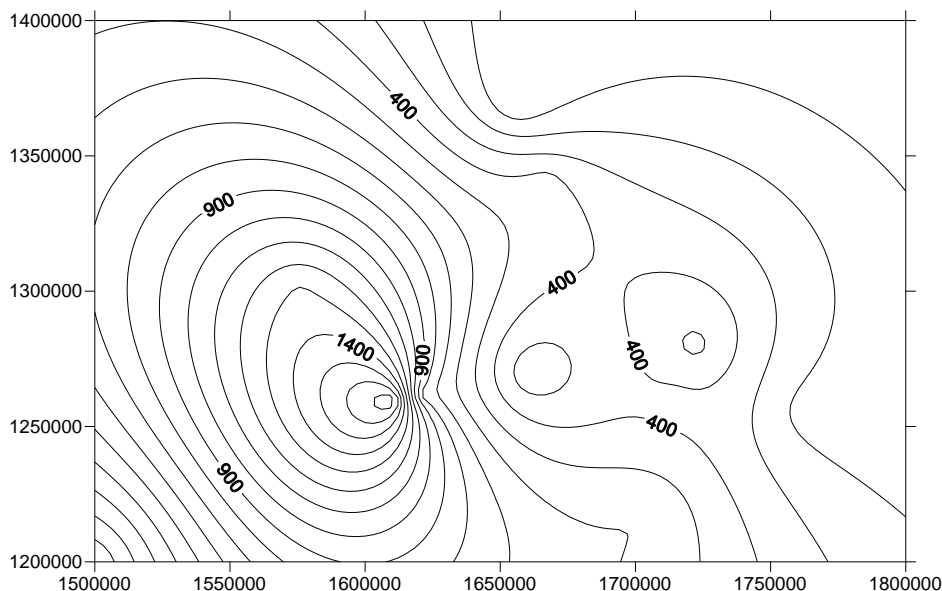
براساس پراکندگی و فراوانی طیف کروماتوگرافهای ترکیبات اشباع، می‌توان نمونه‌های گرو و سرگلو را به سه گروه اصلی تقسیم نمود که گروه اول شامل اکثریت این نمونه‌هاست که دارای فراوانی بالای نرمال آلکانهای سبک (<nC18) می‌باشند و بالعکس گروه دوم شامل ترکیبات با فراوانی بسیار ضعیف نرمال آلکانهای سنگین (>nC24) هستند و گروه سوم هم شامل ترکیبات با فراوانی متوسط نرمال آلکانهای متوسط (nC18 تا nC24).

بررسی نتایج بدست آمده از فراوانی‌ها و نسبت‌های بیومارکرها مربوط به نتایج GC-MS مشخص می‌کند که فاسیس و لیتولوژی نمونه‌ها غالباً آهکی و با منشا دریایی و با درجه پختگی بالای نمونه‌ها (بیش از ۵۰ درصد) است. براساس نتایج حاصل از مقدار کل کربن آلی (TOC) و درصد استخراج مواد آلی نمونه‌های سازندهای گرو و سرگلو (پیوست ۶)، نمونه‌های گرو و سرگلو در چاههای شاه آباد و باباقیر در محدوده توان پتانسیل گازی قرار دارند.

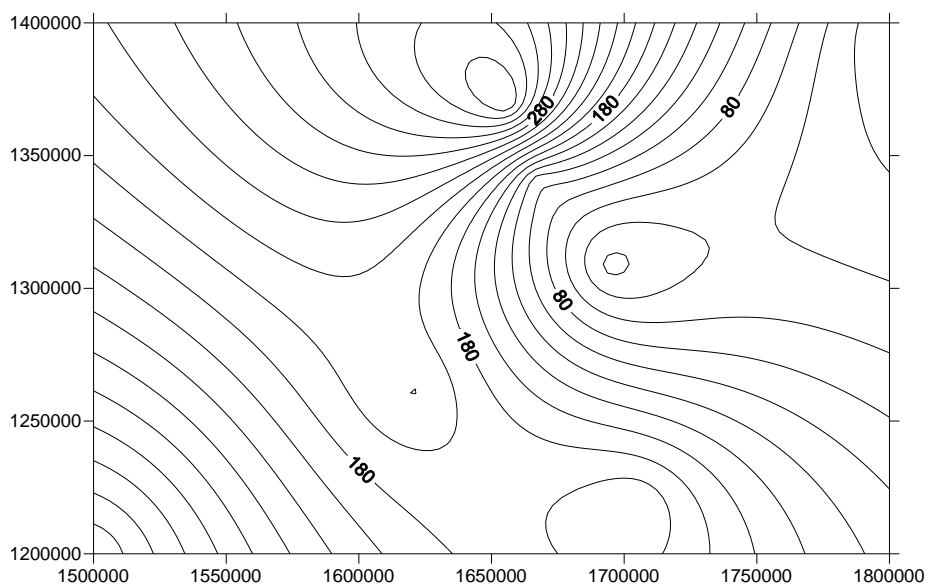
براساس ضرایب ژئوشیمیایی Pr/C17 و Ph/C18 نمونه‌های گرو و سرگلو (شکل‌های ۴-۱۰ و ۴-۱۱) تمام نمونه‌های مورد مطالعه از سازندهای گرو و سرگلو مربوط به محیط رسوبی دریایی در شرایط کاملاً احیایی بوده‌اند.

۴-۵- تغییرات ضخامت سازندهای گرو و سرگلو در منطقه لرستان

سازندهای گرو و سرگلو به عنوان یک منبع شیل‌گازی باید از وسعت و ضخامت کافی برخوردار باشند. به همین دلیل ارزیابی پارامتر ضخامت یکی از شروط اساسی ارزیابی پتانسیل منابع هیدروکربوری است. در این قسمت با رسم منحنی هم ضخامت سازندهای گرو و سرگلو متوجه تغییرات ضخامت ضخامت این دو سازند در منطقه می‌شویم. در شکل ۳-۵ مشاهده می‌شود که بیشترین ضخامت سازند گرو در مرکز و جنوب غربی ناحیه لرستان است و همچنین در شکل ۴-۵ مشاهده می‌شود که بیشترین ضخامت سازند سرگلو در شمال ناحیه لرستان وجود دارد.



شکل ۵-۳- نقشه هم ضخامت سازند گرو در منطقه لرستان

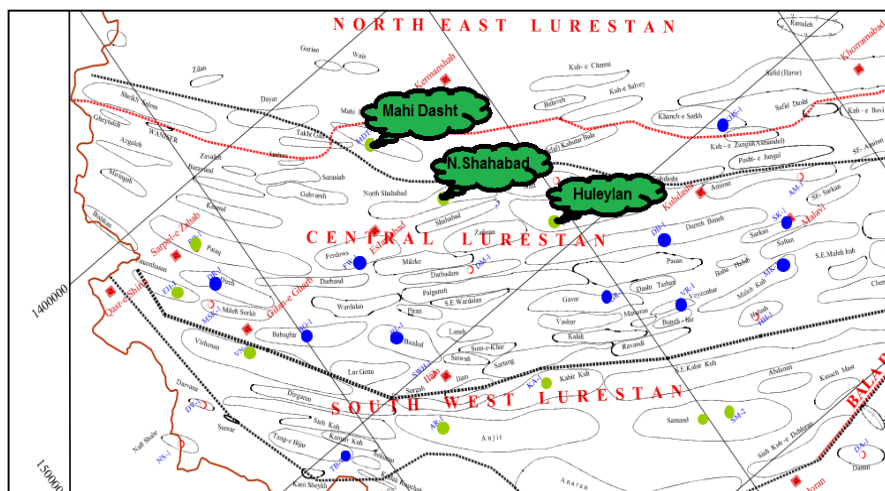


شکل ۵-۴- نقشه هم ضخامت سازند سرگلو در منطقه لرستان

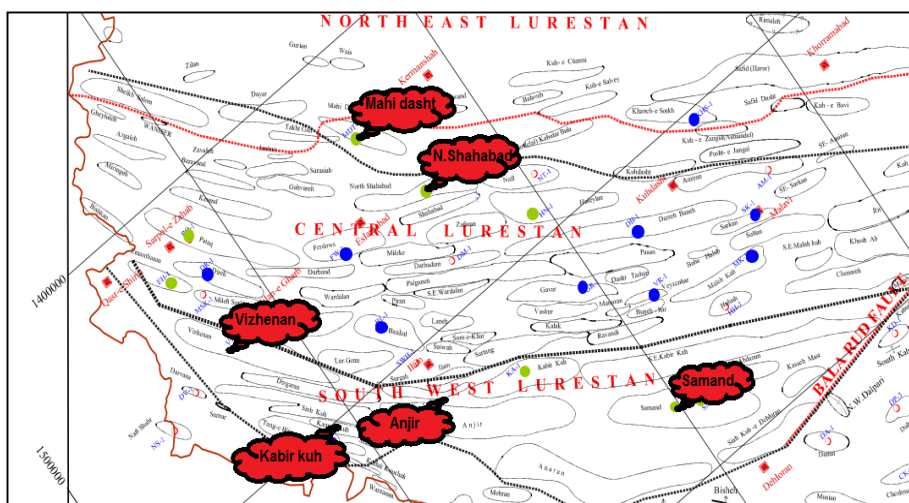
۵-۵- تفسیر Risk Plot

با در نظر گرفتن تمام مطالعات انجام شده و نتایج بدست آمده از روشهای مختلف ژئوشیمیایی مورد بحث در این پروژه می توان نتیجه گرفت که سازند سرگلو در منطقه لرستان مرکزی و شمالی وضعیت خیلی خوبی هم از نظر میزان پتانسیل و هم از نظر میزان توان و قابلیت تولید گاز داراست که می توان چاههای ماهی دشت، شاه آباد و هولیلان را بطور مشخص از این نظر تعیین کرد (شکل ۵-۵). در رابطه با

سازند سرگلو باید در نظر داشت، همانطور که گفته شده است میزان نمونه ها و چاههای مورد مطالعه محدود بوده است. ولی در رابطه با سازند گرو میزان و تعداد نمونه ها و چاههای مورد مطالعه بیشتر بوده است و نتایج بیانگر آن است که در مناطقی از لرستان جنوبی و شمالی وضعیت مطلوب تری هم از نظر میزان پتانسیل و هم شرایط توان و قابلیت تولید گاز وجود دارد. و می توان به طور مشخص به چاههایی نظیر شاهآباد و ماهی دشت از شمال لرستان و همچنین چاههای کبیرکوه، ویزهنان، انجیر و سمند از لرستان جنوبی اشاره کرد (شکل ۵-۶). در نتیجه می توان مناطق شامل چاههای معرفی شده را بعنوان نواحی محتمل از نظر پتانسیل و قابلیت تولید منابع گاز جهت مطالعات و تحقیقات تکمیلی معرفی نمود.



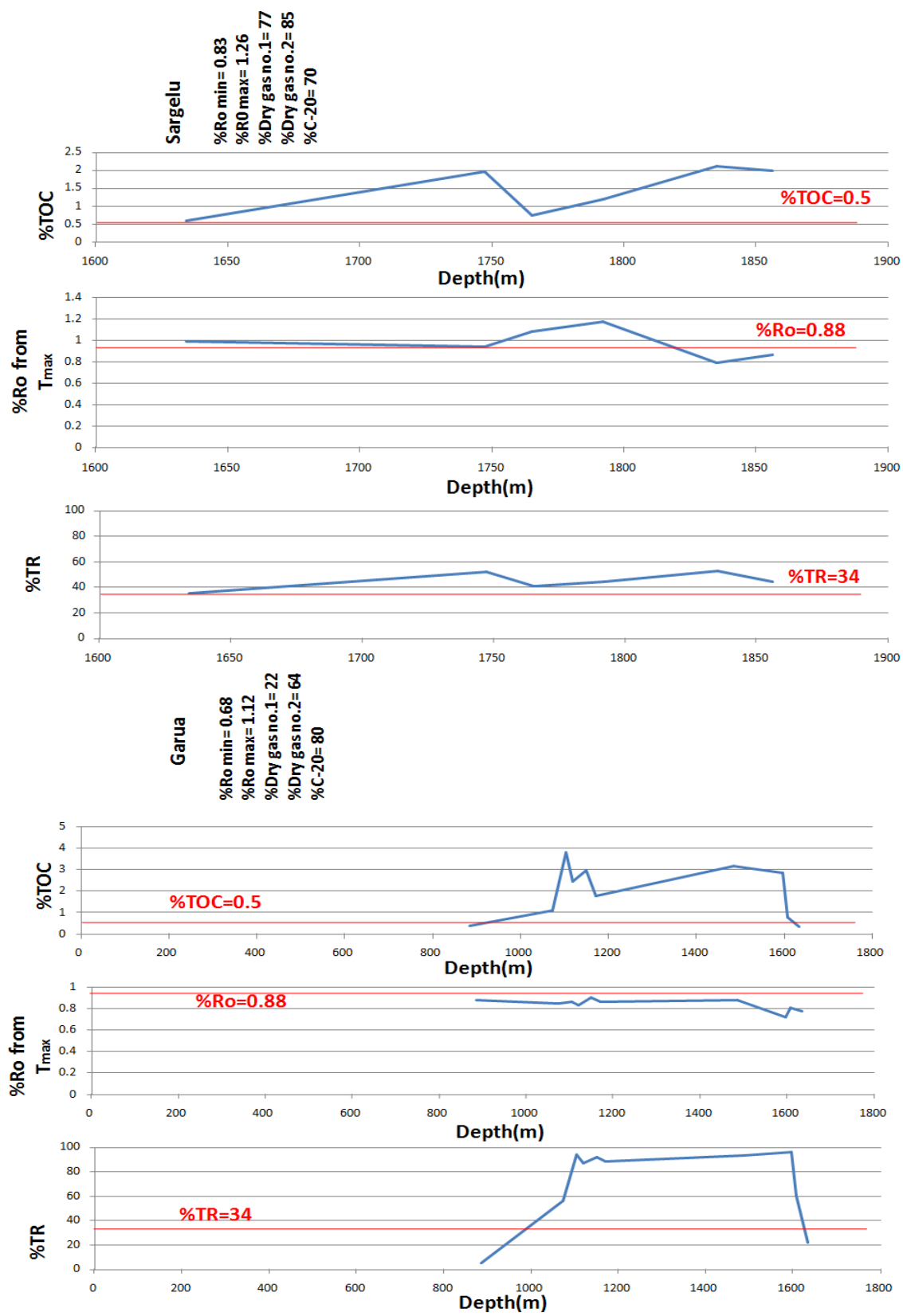
شکل ۵-۵- نقشه پراکندگی چاههای با پتانسیل و توان تولید بالا مربوط به سازند سرگلو در ناحیه لرستان



شکل ۵-۶- نقشه پراکندگی چاههای با پتانسیل و توان تولید بالا مربوط به سازند گرو در ناحیه لرستان

براساس نتایج پارامترهای Risk Plot نمونه های سازند گرو و سرگلو در چاه انجیر و تغییرات آنها در جهت عمق، گرافهایی رسم شده است و در این گرافها مقادیر حداقلی (محدوده 1 oryx) عنوان شده در Risk Plot بعنوان معیاری برای تعیین وضعیت وجود دارد (شکل ۵-۷). براساس این گرافها مشاهده می شود که وضعیت سازند گرو در عمق های ۱۱۰۰ متری تا عمق ۱۶۰۰ متری و سازند سرگلو در محدوده عمق ۱۷۵۰ متری، از نظر میزان پتانسیل و توان تولید در شرایط مناسبی است و همانطور که مشاهده می شود مقادیر Ro نمونه های سازند گرو در مقایسه با سازند سرگلو کمتر است (نزدیک به میزان حداقلی Ro) و این بدلیل آن است که این سازند در عمق کمتری نسبت به سرگلو قرار دارد (شکل ۵-۷).

لازم به ذکر است که بدلیل موجود بودن داده های مناسب از دو سازند گرو و سرگلو برای چاه انجیر، این ارزیابی (تعیین وضعیت زون های مختلف سازند) فقط برای سازند گرو و سرگلو در این چاه و بعنوان نمونه انجام شد.



شکل ۵-۷- تغییرات پارامترهای Risk Plot در جهت عمق سازند گرو و سرگلو در چاه انجیر

۵-۶- امتیاز بندی پارامترها و معرفی چاه‌های دارای بیشترین امتیاز

در این قسمت چاه‌ها را برحسب میزان امتیازی که در ارزیابی پارامترهای TOC, Risk Plot, Thickness, %Ro کسب کرده‌اند، درجه‌بندی کرده‌ایم که نتایج مربوط به چاه‌های سازند گرو و سازند سرگلو (جدول ۵-۱ و ۵-۲) می‌باشد. لازم به ذکر است که بالاترین امتیاز براساس بیشترین مقدار هر پارامتر در نظر گرفته شده است و لذا امتیازات بصورت نسبی در مقایسه با یکدیگر بدست آمده‌اند.

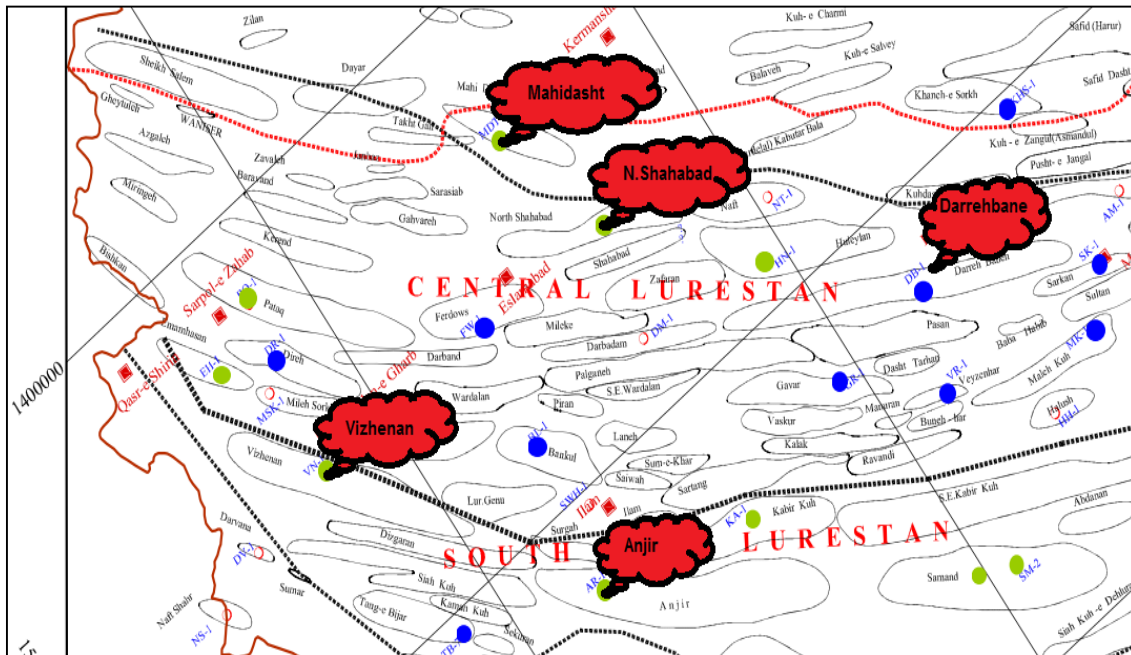
جدول ۵-۱- نتایج امتیاز بندی چاه‌های (در بردارنده سازند گرو) ناحیه لرستان

Well Score	TOC	Risk Plot	Thickness(m)	Ro-TR	Well Name	Total Score
10	Vizhenan	Mahi-Dasht	Vizhenan	Mahi-Dasht	Vizhenan	32
9	Kabir-kuh	Vizhenan	Babaghir	Sarkan	Mahi-Dasht	31
8	Dareh-Baneh	Samand	Anjir	Dareh-Baneh	Kabir-kuh	26
7	Anjir	Kabir-kuh	Mahi-Dasht	Kabir-kuh	Anjir	23
6	N.shahabad	N.shahabad	Dareh-Baneh	Samand	Dareh-Baneh	23
5	Babaghir	Babaghir	N.shahabad	N.shahabad	N.shahabad	22
4	Mahi-Dasht	Anjir	Veyzenhar	Anjir	Babaghir	21
3	Samand	Veyzenhar	Kabir-kuh	Vizhenan	Samand	19
2	Veyzenhar	Sarkan	Samand	Babaghir	Sarkan	13
1	Sarkan	Dareh-Baneh	Sarkan	Veyzenhar	Veyzenhar	10

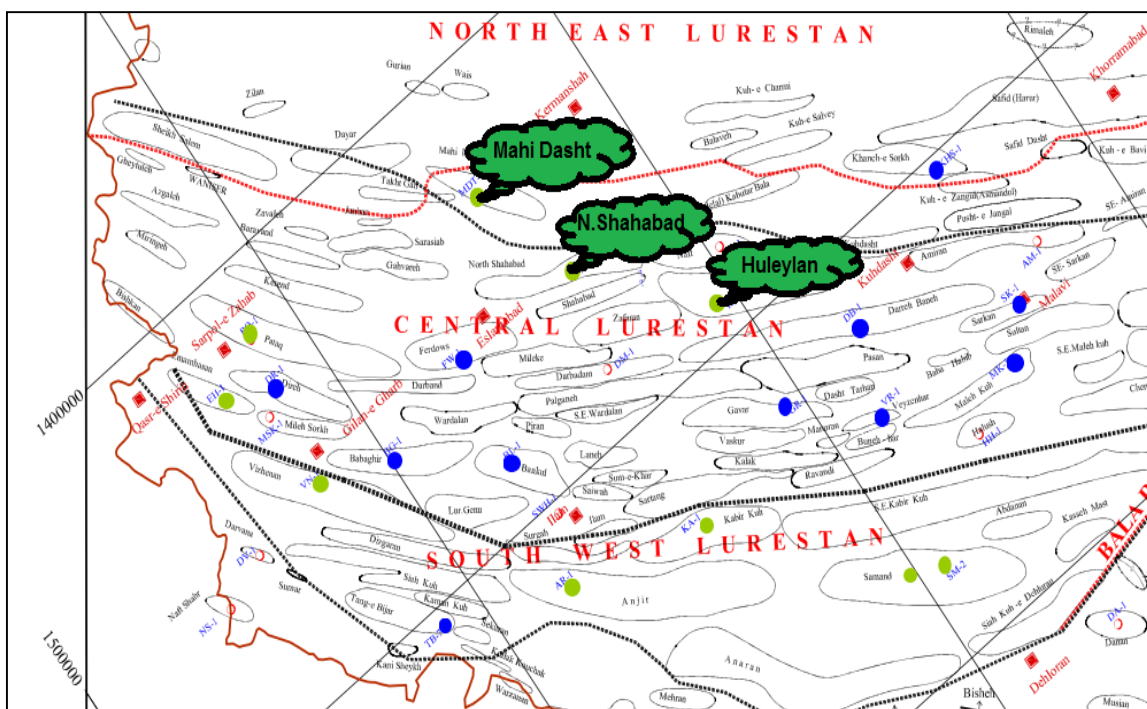
جدول ۵-۲- نتایج امتیاز بندی چاه‌های (در بردارنده سازند سرگلو) ناحیه لرستان

Well Score	TOC	Risk Plot	Thickness(m)	Ro-TR	Well Name	Total Score
5	Mahi-Dasht	Mahi-Dasht	Mahi-Dasht	Mahi-Dasht	Mahi-Dasht	20
4	Huleiylan	Huleiylan	Anjir	Huleiylan	Huleiylan	13
3	N.shahabad	N.shahabad	Samand	N.shahabad	N.shahabad	11
2	Anjir	Anjir	N.shahabad	Samand	Anjir	9
1	Samand	Samand	Huleiylan	Anjir	Samand	7

در پایان نیز بهترین چاهها (از نظر امتیاز کسب شده) بر روی نقشه (شکل ۵-۸ و ۹-۵) نشان داده شده‌اند.



شکل ۵-۸- نقشه پراکندگی چاههای دارای بیشترین امتیاز (سازند گرو) ناحیه لرستان



شکل ۵-۹- نقشه پراکندگی چاههای دارای بیشترین امتیاز (سازند سرگلو) ناحیه لرستان

فصل ششم

نتیجه گیری و پیشنهادات

نتیجه گیری

دو سازند گرو و سرگلو بعنوان سازندهای شیلی با منشا رسوبی دریایی و در شرایط کاملاً احیایی تشکیل شده و با ضخامت زیاد و مقدار مناسبی از ماده آلی (کروژن های نوع III و II/III) می باشند که با قرار گرفتن در شرایط بلوغ بالا، می تواند گاز تولید کنند و نتایج نشان می دهد که دو سازند گرو و سرگلو در چاههای ناحیه لرستان در مرحله نهایی نفت زایی و یا در مرحله شروع گاز زایی قرار گرفته اند. با توجه به عمق قرارگیری سازند سرگلو و بررسی نتایج پختگی می توان گفت که این سازند در شرایط بلوغ بالاتری (Over Mature) است و در محدوده تولید گاز قرار می گیرد.

براساس کلیه نتایج و در نظر گرفتن پارامترهای مختلف و مقایسه‌ی صورت گرفته بین نتایج، سازند سرگلو در چاههای ماهیدشت، هلیلان و شاه‌آباد و سازند گرو در چاههای انجیر، ویزه‌نان، شاه‌آباد، دره‌بانه و ماهیدشت در ناحیه لرستان از نظر پتانسیل و توان تولید اقتصادی مناسب ارزیابی شده و برای مطالعات تفصیلی پیشنهاد می گردند.

پیشنهادات

پیشنهاد می‌گردد در مطالعات بعدی از داده‌های مغزه‌ها استفاده گردد.

در بررسی و ارزیابی پتانسیل سیستم‌های شیل‌گاز، مطالعه بر روی داده‌های مربوط به انواع ماسرال‌های موجود در کروژن و ماده آلی موجود می‌تواند در ارزیابی وضعیت شیل‌گازی مورد استفاده قرار گیرد که به همین منظور پیشنهاد می‌گردد.

مطالعات پتروگرافی در ارزیابی‌های شیل‌گاز نقش عمده‌ای دارند که جای آنها در اطلاعات موجود خالی است. و نقش لیتولوژی در ارزیابی شکست هیدرولیکی نیز مهم است که پیشنهاد می‌شود در مطالعاتی از این دست همراه با بقیه ویژگی‌ها مورد نظر قرار گیرد.

در مورد نتایج مربوط به ضریب انعکاس و تیرینایت (Ro) اطلاعات کامل‌تری مورد نیاز است که پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی گردآوری شود.

آنچه مسلم است، مطالعات جمع‌آوری شده در این پروژه با هدف ارزیابی شیل‌گازی بوده ولی نتایج آن از مجموعه فعالیت‌هایی بوده که بر روی مخازن متداول انجام می‌گیرند. لذا بسیاری از داده‌های خاص مخازن غیر متعارف کم و ناقص هستند.

پیوست شماره ۱

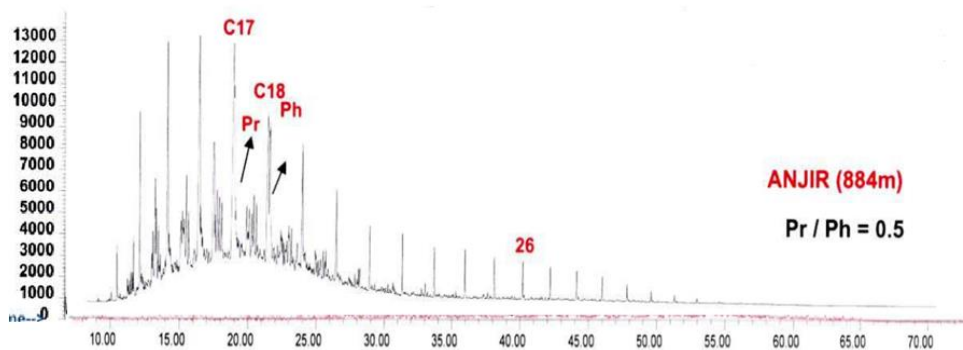
فرمول‌های بکار برده شده در محاسبات پارامترهای مورد نیاز در Risk Plot. لازم به ذکر است که مقادیر استفاده شده در فرمول شماره ۱ برای بدست آوردن HIO از طریق راهکار بیان شده در پیوست شماره ۴ بدست آمده‌اند [29,28,14].

$$HI_o = \left(\frac{\% \text{ type I}}{100} \times 750 \right) + \left(\frac{\% \text{ type II}}{100} \times 450 \right) + \left(\frac{\% \text{ type III}}{100} \times 125 \right) + \left(\frac{\% \text{ type IV}}{100} \times 50 \right) \quad (1)$$

$$TR_{HI} = 1 - \frac{HI_{pd} [1200 - HI_o (1 - PI_o)]}{HI_o [1200 - HI_{pd} (1 - PI_{pd})]} \quad (2)$$

$$TOC_o = \frac{HI_{pd} \left(\frac{TOC_{pd}}{1+k} \right) (83.33)}{\left[HI_o (1 - TR_{HI}) \left(83.33 - \left(\frac{TOC_{pd}}{1+k} \right) \right) \right] - \left[HI_{pd} \left(\frac{TOC_{pd}}{1+k} \right) \right]} \quad (3)$$

برای بدست آوردن %C-20 توانستیم با جمع کردن فراوانی های پیکهای مربوط به هیدروکربورهای کمتر از C20 بدست آمده در کروماتوگراف و ضرب حاصل تقسیم مقدارمجموع این فراوانی ها بر تعداد پیک ها در ۱۰۰، عمل کنیم (شکل پ-۱-۱).

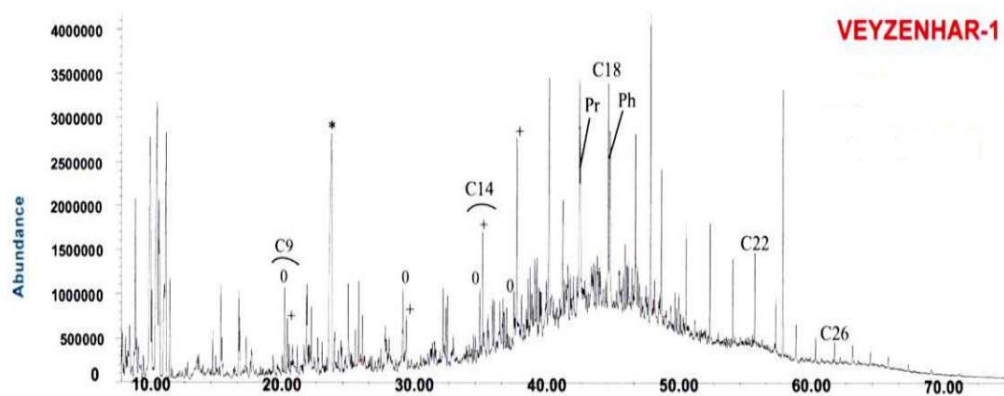


پ-۱-۱- کروماتوگراف بدست آمده در GC

برای بدست آوردن میزان Dry gas % می توان به دو شکلی که در مقالات به آن اشاره شده عمل کرد. به نحوی که هم می توان میزان آن را برابر با $C1+C2/C1+C2+C3+C4$ در نظر گرفت و هم می توان که برابر با $C1/C1+C2+C3+C4$ که در واقع میزان گاز متان در بین گازهای متان، اتان، پروپان

و بوتان است در نظر گرفت. که ما بر مبنای روش دوم عمل کردیم که مقادیر بدست آمده حداقلی باشند که در صورت استفاده از روش دوم مقادیر افزایش زیادی پیدا می کنند که این امر موجب بدست آمدن نتایج مطلوب تری خواهد شد.

لازم به ذکر است که برای بدست آوردن % Dry gas توانستیم بر اساس نتایج پیرولیز کروماتوگرافی گازی (شکل پ-۱-۲) موجود در گزارش شرکت ملی نفت ایران (گزارش TR1914 مدیریت اکتشاف) عمل کنیم، زیرا کروماتوگراف های حاصل از می تواند فراوانی پیک های C1-C4 را نشان دهد [2].



پ-۱-۲- کروماتوگراف حاصل از Py-GC

پیوست شماره ۲

جدول (پ-۲-۱): نتایج محاسبات مربوط به پارامترهای مورد نیاز برای رسم دیاگرام عنکبوتی

NO	Formation Name	Well Name	DEPTH (M)	HI or HI _{pd}	TOC _{pd}	Oil in rock from S1 (bbl oil/ac-ft)	Generation Potential From S2 (bbl oil/ac-ft)	PI _o	HI _o	PI _{pd}	TR _{HI}	C _R	K	TOC _o
1	Garau	Anjir #1	853	194	0.17	4.378	7.2237	0.3774	127.75	0.38	0.5759	1.2	-0.69	-0.509
2		Anjir #1	884	121	0.42	7.2237	11.1639	0.3929	127.75	0.39	0.056	1.2	0.067	0.493
3		Anjir #1	1055	128	0.18	4.8158	5.0347	0.4889	127.75	0.49	0.0019	1.2	-0	0.178
4		Anjir #1	1073	58	1.12	8.9749	14.2285	0.3868	127.75	0.39	0.5627	1.2	0.675	1.895
5		Anjir #1	1103	8	3.82	5.9103	6.3481	0.4821	127.75	0.48	0.9406	1.2	1.129	5.461
6		Anjir #1	1119	17	2.48	7.0048	9.6316	0.4211	127.75	0.42	0.8741	1.2	1.049	3.845
7		Anjir #1	1149	10	2.98	5.6914	6.3481	0.4727	127.75	0.47	0.9258	1.2	1.111	4.471

ادامه جدول پیوست شماره ۲

8		Anjir #1	1170	15	1.78	3.9402	5.9103	0.4	127.75	0.4	0.8893	1.2	1.067	3.084
9		Anjir #1	1485	9	3.17	5.6914	6.3481	0.4727	127.75	0.47	0.9332	1.2	1.12	4.7
10		Anjir #1	1595	5	2.88	3.9402	2.8457	0.5806	127.75	0.58	0.9625	1.2	1.155	4.359
11		Anjir #1	1607	52	0.82	5.4725	9.4127	0.3676	127.75	0.37	0.6097	1.2	0.732	1.637
12		Anjir #1	1633	100	0.37	12.258	8.0993	0.6022	127.75	0.6	0.2245	1.2	0.269	0.65
13	Sargelu	Anjir #1	1634	58	0.6	12.039	7.6615	0.6111	88.77	0.61	0.3532	0.6	0.212	0.83
14		Anjir #1	1747	43	1.97	16.198	18.8254	0.4625	88.77	0.46	0.5257	0.6	0.315	2.422
15		Anjir #1	1765	53	0.76	13.134	8.756	0.6	88.77	0.6	0.4102	0.6	0.246	1.034
16		Anjir #1	1792	50	1.19	24.735	13.134	0.6532	88.77	0.65	0.4431	0.6	0.266	1.507
17		Anjir #1	1835	43	2.12	13.571	20.3577	0.4	88.77	0.4	0.5269	0.6	0.316	2.596
18		Anjir #1	1856	50	2	13.134	21.89	0.375	88.77	0.38	0.4485	0.6	0.269	2.41
19	Garau	Babaghir #1	1862	4	2.84	2.4079	2.4079	0.5	127.75	0.5	0.9703	1.2	1.164	4.364
20		Babaghir #1	1817	45	0.42	3.0646	4.1591	0.4242	127.75	0.42	0.662	1.2	0.794	1.273
21		Babaghir #1	1957	96	0.23	6.3481	4.8158	0.5686	127.75	0.57	0.2575	1.2	0.309	0.548
22		Babaghir #1	1975	82	0.51	6.7859	9.1938	0.4247	127.75	0.42	0.3726	1.2	0.447	0.988
23		Babaghir #1	2006	83	0.42	6.3481	7.6615	0.4531	127.75	0.45	0.3639	1.2	0.437	0.881
24		Babaghir #1	2024	103	0.38	10.726	8.5371	0.5568	127.75	0.56	0.2016	1.2	0.242	0.633
25		Babaghir #1	2045	47	0.53	7.6615	5.4725	0.5833	127.75	0.58	0.6425	1.2	0.771	1.349
26		Babaghir #1	2093	78	0.49	11.163	8.3182	0.573	127.75	0.57	0.4004	1.2	0.481	0.996
27		Babaghir #1	2094	282	0.23	9.1938	14.2285	0.3925	127.75	0.39	1.4102	1.2	-1.69	-1.329
28		Babaghir #1	2112	102	0.45	4.8158	10.0694	0.3235	127.75	0.32	0.2136	1.2	0.256	0.723
29		Babaghir #1	2145	49	1	16.417	10.7261	0.6048	127.75	0.6	0.6265	1.2	0.752	1.824
30		Babaghir #1	2164	68	1.11	22.984	16.4175	0.5833	127.75	0.58	0.4789	1.2	0.575	1.751
31		Babaghir #1	2170	52	3.45	49.252	39.6209	0.5542	127.75	0.55	0.6046	1.2	0.725	4.518
32		Babaghir #1	2194	587	10.5	608.54	1349.2996	0.3108	127.75	0.31	5.4271	1.2	-6.51	2.743
33		Babaghir #2	2731	6	3	3.2835	3.9402	0.4545	127.75	0.45	0.9556	1.2	1.147	4.547
34		Babaghir #2	2865	116	1.25	5.4725	31.9594	0.1462	127.75	0.15	0.1006	1.2	0.121	1.422
35		Babaghir #2	2917	219	1.04	18.606	49.9092	0.2716	127.75	0.27	0.8244	1.2	-0.99	-0.038
36		Babaghir #2	2990	42	0.97	8.3182	8.9749	0.481	127.75	0.48	0.6836	1.2	0.82	1.885
37		Babaghir #2	3045	115	0.26	5.4725	6.567	0.4545	127.75	0.45	0.1049	1.2	0.126	0.39
38		Babaghir #2	3124	93	0.3	5.0347	6.1292	0.451	127.75	0.45	0.284	1.2	0.341	0.655
39	Garau	Dareh-Baneh #1	1653	69	2.53	40.934	38.0886	0.518	127.75	0.52	0.4731	1.2	0.568	3.305
40		Dareh-Baneh #1	1844	126	1.63	53.849	45.0934	0.5442	127.75	0.54	0.0139	1.2	0.017	1.713
41		Dareh-Baneh #1	1936	304	1.01	55.600	67.2023	0.4528	127.75	0.45	1.6038	1.2	-1.92	-0.815
42		Dareh-Baneh #1	2186	100	1.64	49.252	35.8996	0.5784	127.75	0.58	0.2252	1.2	0.27	1.992
43	Sargelu	Huleiylan #1	1274	80	4.53	74.426	72.0181	0.5082	88.77	0.5	0.1016	0.6	0.061	5.132
44		Huleiylan #1	1286	84	0.81	13.352	12.9151	0.5083	88.77	0.51	0.0558	0.6	0.033	0.861
45	Garau	Kabir-kuh #1	37	82	0.17	8.5371	3.0646	0.7358	127.75	0.74	0.3649	1.2	0.438	0.616
46		Kabir-kuh #1	58	2	3.3	4.1591	1.0945	0.7917	127.75	0.79	0.9847	1.2	1.182	4.756
47		Kabir-kuh #1	81	41	0.32	4.5969	2.8457	0.6176	127.75	0.62	0.6881	1.2	0.826	1.184
48		Kabir-kuh #1	87	69	1.42	7.4426	21.4522	0.2576	127.75	0.26	0.4805	1.2	0.577	2.122
49		Kabir-kuh #1	187	30	4.97	105.72	32.6161	0.7642	127.75	0.76	0.7697	1.2	0.924	6.41
50	Sargelu	Kabir-kuh #1	196	48	0.93	17.730	9.8505	0.6429	88.77	0.64	0.4659	0.6	0.28	1.246
51	Garau	Mahi-Dasht #1	1338	55	1.98	28.457	23.8601	0.5439	127.75	0.54	0.5816	1.2	0.698	2.836

52		Mahi-Dasht #1	1728	38	1.28	15.760	10.7261	0.595	127.75	0.6	0.7117	1.2	0.854	2.24
53		Mahi-Dasht #1	1938	33	1.29	14.228	9.1938	0.6075	127.75	0.61	0.7498	1.2	0.9	2.299
54	Sargelu	Mahi-Dasht #1	2283	35	0.17	1.9701	1.3134	0.6	88.77	0.6	0.6129	0.6	0.368	0.549
55		Mahi-Dasht #1	2454	23	0.39	1.7512	1.9701	0.4706	88.77	0.47	0.7485	0.6	0.449	0.87
56		Mahi-Dasht #1	2664	1	5.91	0.2189	1.3134	0.1429	88.77	0.14	0.9894	0.6	0.594	7.642
57	Garau	N.shahabad #1	2966	100	1.2	24.079	26.268	0.4783	127.75	0.48	0.2272	1.2	0.273	1.526
58		N.shahabad #1	3021	72	2.4	46.187	37.8697	0.5495	127.75	0.55	0.4485	1.2	0.538	3.121
59		N.shahabad #1	3054	144	1.28	26.705	40.4965	0.3974	127.75	0.4	0.1367	1.2	-0.16	1.149
60		N.shahabad #1	3067	54	2.22	40.496	26.268	0.6066	127.75	0.61	0.5878	1.2	0.705	3.098
61		N.shahabad #1	3084	70	1.45	23.860	22.3278	0.5166	127.75	0.52	0.4653	1.2	0.558	2.106
62		N.shahabad #1	3107	64	1.29	13.571	18.1687	0.4276	127.75	0.43	0.5148	1.2	0.618	2.009
63		N.shahabad #1	3146	13	1.17	5.4725	3.5024	0.6098	127.75	0.61	0.9021	1.2	1.082	2.373
64		N.shahabad #1	3280	6	2.76	4.1591	3.5024	0.5429	127.75	0.54	0.9552	1.2	1.146	4.23
65		N.shahabad #1	2945	64	0.88	9.1938	12.2584	0.4286	127.75	0.43	0.5147	1.2	0.618	1.567
66		N.shahabad #1	3369	34	1.03	18.168	7.6615	0.7034	127.75	0.7	0.74	1.2	0.888	1.99
67		N.shahabad #1	3410	30	1.81	8.3182	11.8206	0.413	127.75	0.41	0.7765	1.2	0.932	2.949
68	Sargelu	N.shahabad #1	3669	17	1.43	13.571	5.4725	0.7126	88.77	0.71	0.8118	0.6	0.487	1.997
69		N.shahabad #1	3680	24	1.2	5.2536	6.3481	0.4528	88.77	0.45	0.7377	0.6	0.443	1.728
70		N.shahabad #1	3691	4	0.81	4.1591	0.6567	0.8636	88.77	0.86	0.9554	0.6	0.573	1.414
71		N.shahabad #1	3703	9	0.92	3.0646	1.9701	0.6087	88.77	0.61	0.9013	0.6	0.541	1.522
72		N.shahabad #1	3718	36	0.85	9.6316	6.7859	0.5867	88.77	0.59	0.602	0.6	0.361	1.253
73		N.shahabad #1	3730	15	2.12	6.1292	7.0048	0.4667	88.77	0.47	0.8366	0.6	0.502	2.808
74		N.shahabad #1	3767	8	3.42	7.4426	6.1292	0.5484	88.77	0.55	0.9126	0.6	0.548	4.325
75		N.shahabad #1	3777	30	2.21	11.163	14.8852	0.4286	88.77	0.43	0.6717	0.6	0.403	2.797
76	Garau	Samand #1	1822	164	0.74	20.795	26.7058	0.4378	127.75	0.44	0.3069	1.2	-0.37	0.376
77		Samand #1	1902	88	0.73	32.616	14.0096	0.6995	127.75	0.7	0.3182	1.2	0.382	1.138
78		Samand #1	1942	30	1.93	26.705	12.6962	0.6778	127.75	0.68	0.7714	1.2	0.926	3.007
79		Samand #1	1962	52	0.88	22.984	10.0694	0.6954	127.75	0.7	0.601	1.2	0.721	1.654
80		Samand #1	1982	21	1.85	10.507	8.5371	0.5517	127.75	0.55	0.8422	1.2	1.011	3.049
81		Samand #1	2002	16	3.43	8.5371	12.2584	0.4105	127.75	0.41	0.8817	1.2	1.058	4.955
82		Samand #1	1780	18	1.76	6.3481	7.0048	0.4754	127.75	0.48	0.8659	1.2	1.039	3.005
83		Samand #1	1800	78	0.36	10.288	6.1292	0.6267	127.75	0.63	0.3993	1.2	0.479	0.858
84		Samand #1	1820	30	0.78	12.477	5.2536	0.7037	127.75	0.7	0.7709	1.2	0.925	1.765
85		Samand #1	1840	40	1.21	9.4127	10.7261	0.4674	127.75	0.47	0.6993	1.2	0.839	2.169
86		Samand #1	1860	53	0.98	7.008	11.3828	0.381	127.75	0.38	0.6016	1.2	0.722	1.797
87		Samand #1	1880	43	0.53	12.039	5.0347	0.7051	127.75	0.71	0.6705	1.2	0.805	1.373
88	Sargelu	Samand #1	2320	42	2.92	46.406	26.7058	0.6347	88.77	0.63	0.5336	0.6	0.32	3.473
89		Samand #1	2340	88	1.25	15.760	24.2979	0.3934	88.77	0.39	0.0088	0.6	0.005	1.294
90		Samand #1	2380	56	0.36	11.163	4.378	0.7183	88.77	0.72	0.3741	0.6	0.224	0.593
91		Samand #1	2160	42	0.47	7.442	4.378	0.6296	88.77	0.63	0.5338	0.6	0.32	0.809
92		Samand #1	2180	45	0.72	11.382	7.2237	0.6118	88.77	0.61	0.5003	0.6	0.3	1.049
93		Samand #1	2220	56	0.81	4.596	10.0694	0.3134	88.77	0.31	0.3813	0.6	0.229	1.076
94		Samand #1	2240	62	0.24	5.472	3.2835	0.625	88.77	0.63	0.3077	0.6	0.185	0.43
95		Samand #1	2260	40	0.72	7.661	6.3481	0.5469	88.77	0.55	0.5579	0.6	0.335	1.089

ادامه جدول پیوست شماره ۲

96		Samand #1	2280	46	0.65	3.283	6.567	0.3333	88.77	0.33	0.4944	0.6	0.297	0.982
97	Garau	Sarkan #1	1934	122	0.83	23.422	22.1089	0.5144	127.75	0.51	0.0469	1.2	0.056	0.905
98	Garau	Veyzenhar #1	3107	229	0.96	46.187	48.158	0.4896	127.75	0.49	0.8779	1.2	-1.05	-0.063
99		Veyzenhar #1	3158	248	0.85	37.650	46.1879	0.4491	127.75	0.45	1.0618	1.2	-1.27	-0.372
100		Veyzenhar #1	3183	154	0.78	28.457	26.268	0.52	127.75	0.52	-0.219	1.2	-0.26	0.525
101		Veyzenhar #1	3192	186	0.59	10.507	24.079	0.3038	127.75	0.3	0.5121	1.2	-0.61	-0.025
102		Veyzenhar #1	3244	145	1.09	37.431	34.5862	0.5198	127.75	0.52	0.1433	1.2	-0.17	0.941
103		Veyzenhar #1	3390	326	0.31	23.422	22.1089	0.5144	127.75	0.51	1.7915	1.2	-2.15	-1.672
104		Veyzenhar #1	3436	101	0.87	15.760	19.2632	0.45	127.75	0.45	0.2196	1.2	0.263	1.168
105		Veyzenhar #1	3460	152	0.29	11.601	9.6316	0.5464	127.75	0.55	0.2008	1.2	-0.24	0.049
106		Veyzenhar #1	3466	25	1.22	7.661	6.7859	0.5303	127.75	0.53	0.8123	1.2	0.975	2.323
107		Veyzenhar #1	3473	5	4.37	6.348	5.0347	0.5577	127.75	0.56	0.9626	1.2	1.155	6.091
108	Garau	Vizhenan #1	661	87	2.49	40.496	47.2824	0.4613	127.75	0.46	0.3319	1.2	0.398	3.077
109		Vizhenan #1	1423	64	1.32	23.422	18.6065	0.5573	127.75	0.56	0.5112	1.2	0.613	2.022
110		Vizhenan #1	2100	30	2.1	22.765	13.5718	0.6265	127.75	0.63	0.7724	1.2	0.927	3.208
111		Vizhenan #1	2439	10	2.64	12.696	5.6914	0.6905	127.75	0.69	0.9241	1.2	1.109	3.988

پیوست شماره ۳

PP=production potential= S1 +S2

PIo = Original Production Index =S1/S1+S2

HI= Hydrogen Index

Conversion factor for S1 or S2 to bbl oil/ac-ft = 21.89.

C_R : obtained from S2-TOC diagram.

K = TR_{HI} × C_R

پیوست شماره ۴

نحوه تعیین HI₀ با استفاده از درصد تیپ هر کروژن بر اساس میزان HI و نسبت HI/OI و

میزان TOC₀

تعیین تیپ کروژن بر مبنای دو روش محاسبه گردید، یکی با استفاده از میزان HI و دیگری با استفاده از مقادیر حاصل از نسبت HI/OI مربوط به نمونه‌های سازندهای گرو و سرگلو بر اساس تقسیم بندی مشخص در جدول پ-۴-۱ می‌باشد که نتایج در جدولهای پ-۴-۲ و پ-۴-۳ آمده است. لازم به ذکر است، برای استفاده از درصد هر نوع تیپ کروژن در فرمول شماره ۱ و محاسبه میزان HI₀، درصدی بعنوان کروژن نوع II/III وجود داشت که ناگزیر به حذف آن شدیم. برای استفاده از میزان آن در فرمول، با توجه به اینکه میزان کروژن نوع II در محاسبات بسیار کم بود و اکثر نمونه‌ها دارای کروژن تیپ III بودند میزان درصد مربوط به کروژن II/III در جدول ۶-۱ را برای انجام محاسبه میزان HI₀ به میزان درصد کروژن نوع III اضافه کردیم.

جدول (پ-۴-۱): تقسیم بندی انواع کروژنهای مختلف بر اساس میزان HI و HI/OI

نوع کروژن	I	II	II/III	III	IV
HI(mg HI/gr TOC)	>600	300- 600	200- 300	50- 200	<50
S ₂ /S ₃ (HI/OI)	>15	10- 15	5- 10	1- 5	<1

جدول (پ-۴-۲): نتایج مربوط به تعیین تیپ کروژن بر اساس مقادیر HI

Formation Name	%Type I	%Type II	%Type III	%Type IV	HI ₀
Garau	0	3.65	52.44	39.02	116.71
Sargelu	0	0	34.48	65.51	60.34

جدول (پ-۴-۳): نتایج مربوط به تعیین تیپ کروژن براساس مقادیر نسبت HI/OI

Formation	%Type	%Type	%Type	%Type	Hlo
Name	I	II	III	IV	
Garau	0	5	67	18	127.75
Sargelu	0	0	48.3	48.3	88.77

پس از تعیین درصد هر نوع کروژن و میزان HI/OI به دو روش مذکور، برای انجام محاسبات، از مقادیر بدست آمده از روش نسبت HI/OI (جدول پ-۴-۳) را که دارای اعتبار بالاتری نسبت به روش اول هستند، استفاده کرده و بر اساس فرمول شماره ۲ به تعیین میزان TR(transformation ratio) پرداخته شد که نتایج مربوط به آن در جدول پیوست شماره ۲ آمده است. و سپس با استفاده از فرمول شماره ۳ پیوست شماره ۱ میزان کل هیدروکربورهای آلی اورجینال (TOC_O) مربوط به نمونه های سازندهای گرو و سرگلو محاسبه شد که نتایج مربوط به آن در جدول پیوست شماره ۲ آمده است.

میزان کل کربن آلی اورجینال (TOC_O) برابر است با مجموع C_c و C_R است. میزان کل کربن آلی اورجینال برای سازندهای گرو و سرگلو در چاه های مختلف ناحیه لرستان بدست آمد که برای تعیین میزان کربن قابل تبدیل برای هر سازند در هر چاه، میانگین TOC_O برای نمونه های هر چاه محاسبه شد که نتایج مربوط به آن در جدول پ-۴-۴ آورده شده است. لازم به ذکر است که مقادیر محاسبه شده برای سازند گرو در چاه سرکان و سازند سرگلو در چاه کبیرکوه به دلیل محدود بودن تعداد نمونه ها دارای اعتبار نیست.

جدول (پ-۴-۴): مقادیر محاسبه شده مربوط به میزان کربن های آلی مربوط به سازندهای گرو و سرگلو در چاههای لرستان

NO	Formation Name	Well Name	Thickness(m)	CR	TOCo	Cc
1	Garau	Anjir #1	780	1.2	2.8	1.6
2	Sargelu	Anjir #1	222	0.6	1.8	1.2
3	Garau	Babaghir #1	1305	1.2	1.75	0.55
4	Garau	Dareh-Baneh #1	533	1.2	2.3	1.1
5	Sargelu	Huleiylan #1	12	0.6	2.98	2.38
6	Garau	Kabir-kuh #1	159	1.2	3.01	1.81
7	Sargelu	Kabir-kuh #1		1	1.24	0.24
8	Garau	Mahi-Dasht #1	600	1.2	2.48	1.28
9	Sargelu	Mahi-Dasht #1	381	0.6	3.02	2.42
10	Garau	N.shahabad #1	444	1.2	2.37	1.17
11	Sargelu	N.shahabad #1	108	0.6	2.23	1.63
12	Garau	Samand #1	222	1.2	2.1	0.9
13	Sargelu	Samand #1	220	0.6	1.2	0.6
14	Garau	Sarkan #1		1.2	0.9	-0.3
15	Garau	Veyzenhar #1	366	1.2	1.8	0.6
16	Garau	Vizhenan #1	1778	1.2	3.07	1.87

TOC = total organic carbon (in wt.%)

Cc = convertible organic carbon or carbon in free oil or kerogen in a rock (wt.%)

CR = residual organic carbon or carbon remaining after pyrolysis (wt.%)

Original TOC : TOCo = Cc+CR

پیوست شماره ۵

کروماتوگرافی گازی - طیف سنجی جرمی GC-MS

در این روش دستگاه گاز کروماتوگرافی به دستگاه طیف سنج جرمی وصل است. در اینجا از دستگاه کروماتوگرافی به منظور تفکیک نمودن ترکیب های هیدروکربورهای اشباع قبل از اینکه وارد طیف سنج جرمی شوند ، استفاده می شوند. در دستگاه طیف سنج ترکیبات مذکور از طریق بمباران الکترونی شکسته شده یه صورت یون های دارای بار مثبت و منفی در می آیند. یونهای مولکولی تشکیل شده ناپایدار می باشند. به همین دلیل یون های شکسته شده و اجزای یونی (Fragment) کوچک و گوناگونی را به وجود می آورند. جرم یون های مولکولی و شکسته شده مذکور متفاوت

خواهد بود که عمدتاً دارای بار +1 است. به همین علت، نسبت جرم به بار (M/Z) متفاوت آنها به وسیله‌ی چهار قطبی (Quadrupole) یا میدان مغناطیسی تفکیک می‌شود [6].

بدین وسیله یونهای تفکیک شده به بخش ردیاب حرکت کرده و غلظت آنها در دستگاه ثبات به صورت پیک ثبت می‌گردد. اهمیت بسیار ویژه روش GC-MS (کروماتوگرافی گازی- طیف سنجی جرمی) در مطالعه نشانه‌های زیستی است. نشانه‌های زیستی در واقع اسکلت‌های کربن یا آثار مولکولی ماده آلی اولیه است که بدون تغییر پس از گذشت میلیون‌ها سال در رسوبات و نفت باقی می‌مانند [6].

بیومارکر هوپان (Hopanes)

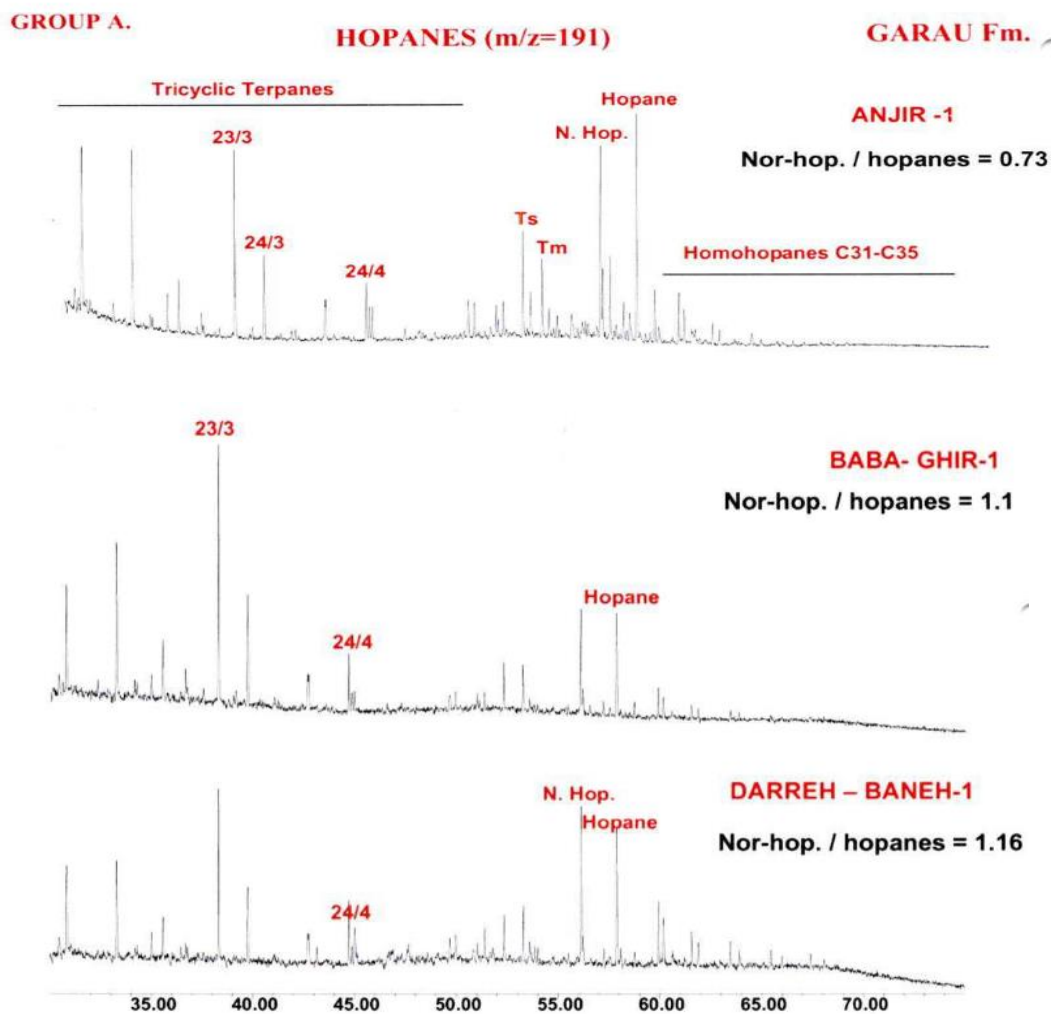
الف- سازند گرو

یکی از مهمترین بیومارکرهای ترکیبات اشباع که می‌تواند شرایط محیط رسوبی و پختگی و تغییرات لیتولوژی سنگ منشا را مشخص نماید، بیومارکرهای خانواده هوپان با نسبت $m/z=191$ می‌باشد. با توجه به نوع پراکندگی و فراوانی طیف کروماتوگرامهای بیومارکر هوپان در سازند گرو، نمونه‌های این سازند را می‌توان به چند گروه تقسیم نمود. خانواده بیومارکر هوپان شامل ترکیبات تری سیکل، تتراسیکل و پنتاسیکل ترپان بوده که هرکدام از ترکیبات فوق مشخص‌کننده فاکتورهای مختلف ژئوشیمیایی و زمین‌شناسی هستند. براساس نوع پراکندگی و فراوانی ترکیبات تری سیکل ترپانها که بیانگر وجود مواد آلی خشکی در کروژن می‌باشند، می‌توان سازند گرو را به دو گروه تقسیم نمود:

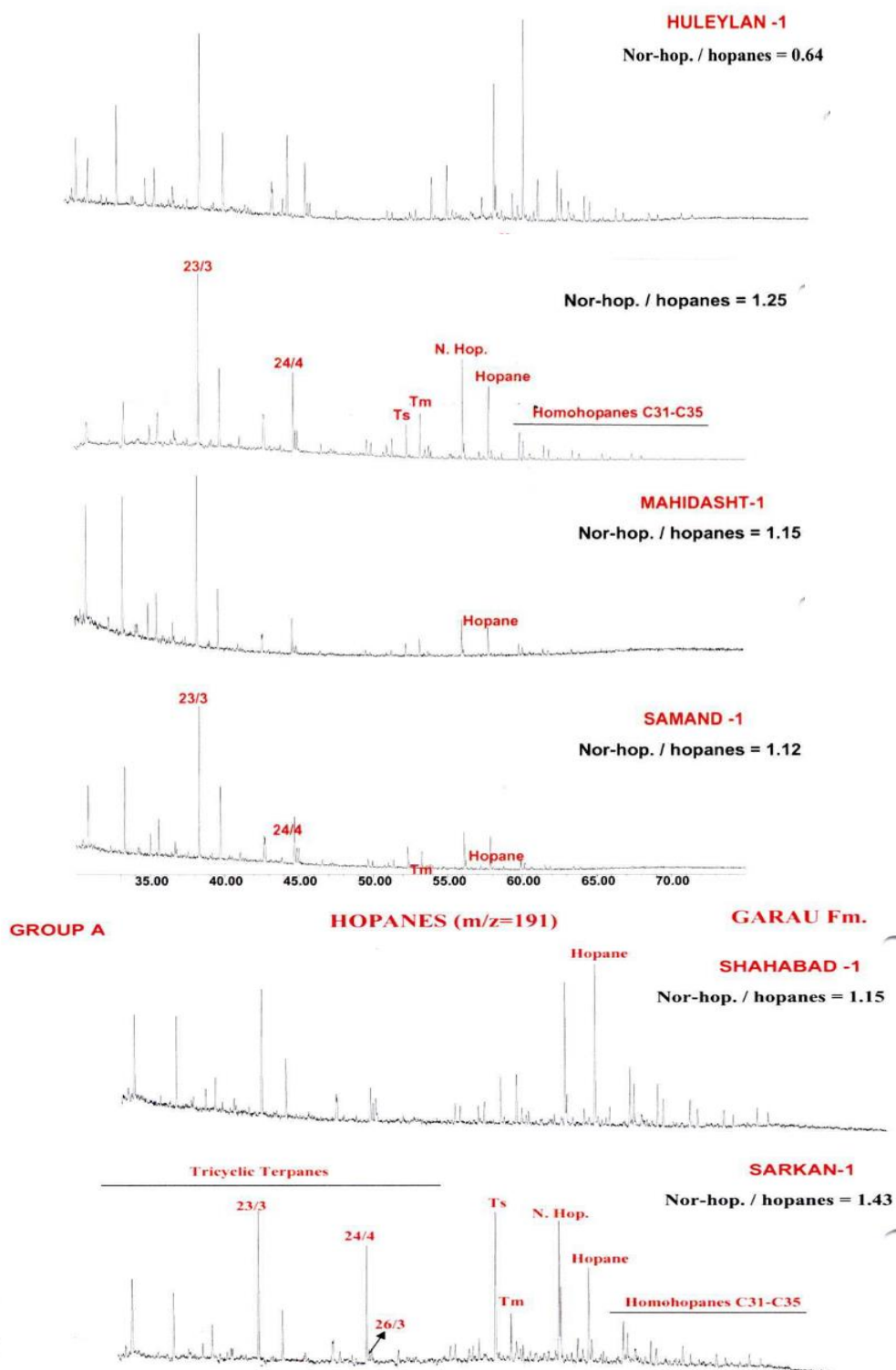
گروه A: اکثر نمونه‌های سازند گرو از نظر بیومارکر هوپان مشابه هم بوده و دارای فراوانی زیادتری از سیکل ترپانها می‌باشند که در گروه A قرار گرفته‌اند و ضمناً فراوانی پیکهای هوپان و نورهوپان در بعضی از نمونه‌ها نسبتاً زیاد است و در بعضی از نمونه‌ها فراوانی بسیار کمی از آن مشاهده می‌گردد (شکل‌های پ-۵-۱ و پ-۵-۲) [6].

نمونه‌های سازند گرو در این گروه همراه با فراوانی بسیار کم هوموهوپانهای C31 تا C35 بوده (بخصوص کربنهای C34 و C35 که قابل تشخیص نیستند) که می‌تواند در اثر پختگی و یا نوع لیتولوژی

از بین رفته باشند. در اکثر نمونه‌ها فراوانی نسبت پیک نورهوپان به هوپان (Nor- $\text{Hopane}/\text{Hopane}$) < ۱ که این امر مشخص کننده فاسیس آهکی نمونه‌ها می باشد.



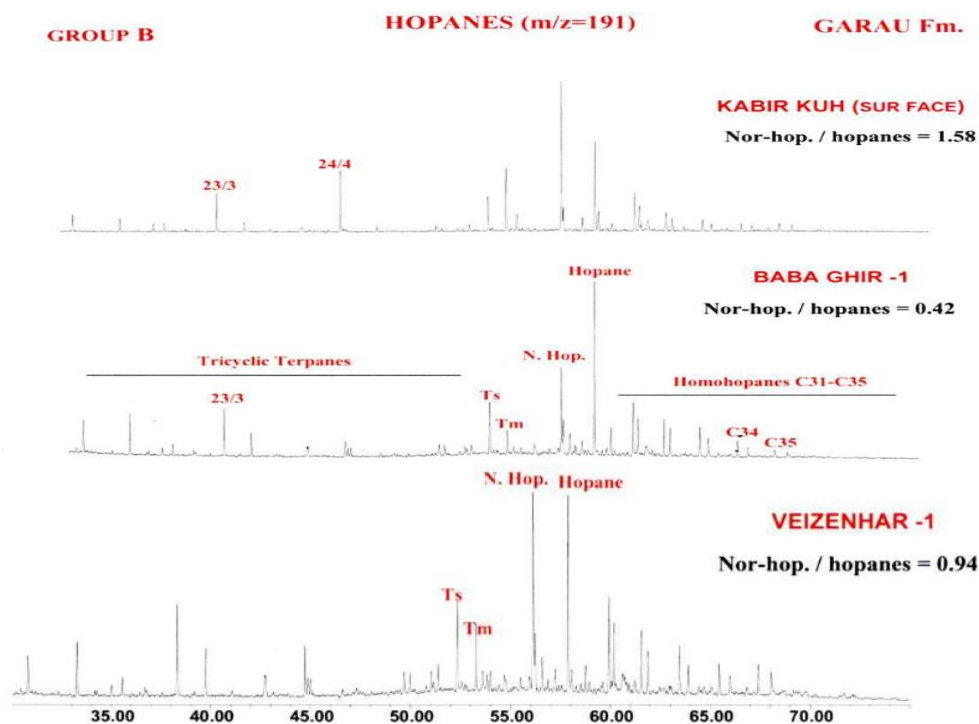
شکل (پ-۵-۱): طیف کروماتوگرامهای بیومارکرهوپان ($m/z=191$) سازند گرو مربوط به نمونه‌های گروه A (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)



شکل (ب-۵-۲): طیف کروماتوگرامهای بیومارکرهوپان ($m/z=191$) سازند گرو مربوط به نمونه های گروه A (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)

گروه B: پراکندگی طیف کروماتوگرامهای بیومارکرهوپان نمونه های این گروه (که شامل نمونه های چاههای باباقیر-۱ و ویزنهار می باشند) همراه با فراوانی متوسط تا کم تری سیکل ترپانها بوده و دارای

فراوانی زیاد هوپان اصلی، نورهوپان و ترکیبات هوموهوپانهای C31 تا C35 می‌باشند (شکل پ-۵-۳). ضمناً نسبت نورهوپان به هوپان در اکثر نمونه‌ها متفاوت است. همچنین فراوانی پیک ۲۴/۴ در نمونه‌های این گروه بیشتر از پیک ۲۳/۳ می‌باشد. یکی از ضریب‌های ژئوشیمیایی نسبت Ts/Tm (trisorneohopane) به Tm (trisnorhopane) است که بعنوان شاخصی برای تعیین پختگی به کار می‌رود، بطوریکه مقادیر بالای ۰/۵ نشان دهنده پختگی است. در اکثر نمونه‌های سازند گرو نسبت پیکهای (Ts/Tm) که یکی از ضریب‌های ژئوشیمیایی پختگی سنگ منشا محسوب می‌شود دارای مقادیر متفاوت و نسبتاً بالایی می‌باشد (۳ تا ۰/۵) که مشخص کننده پختگی بالا در نمونه‌ها است.

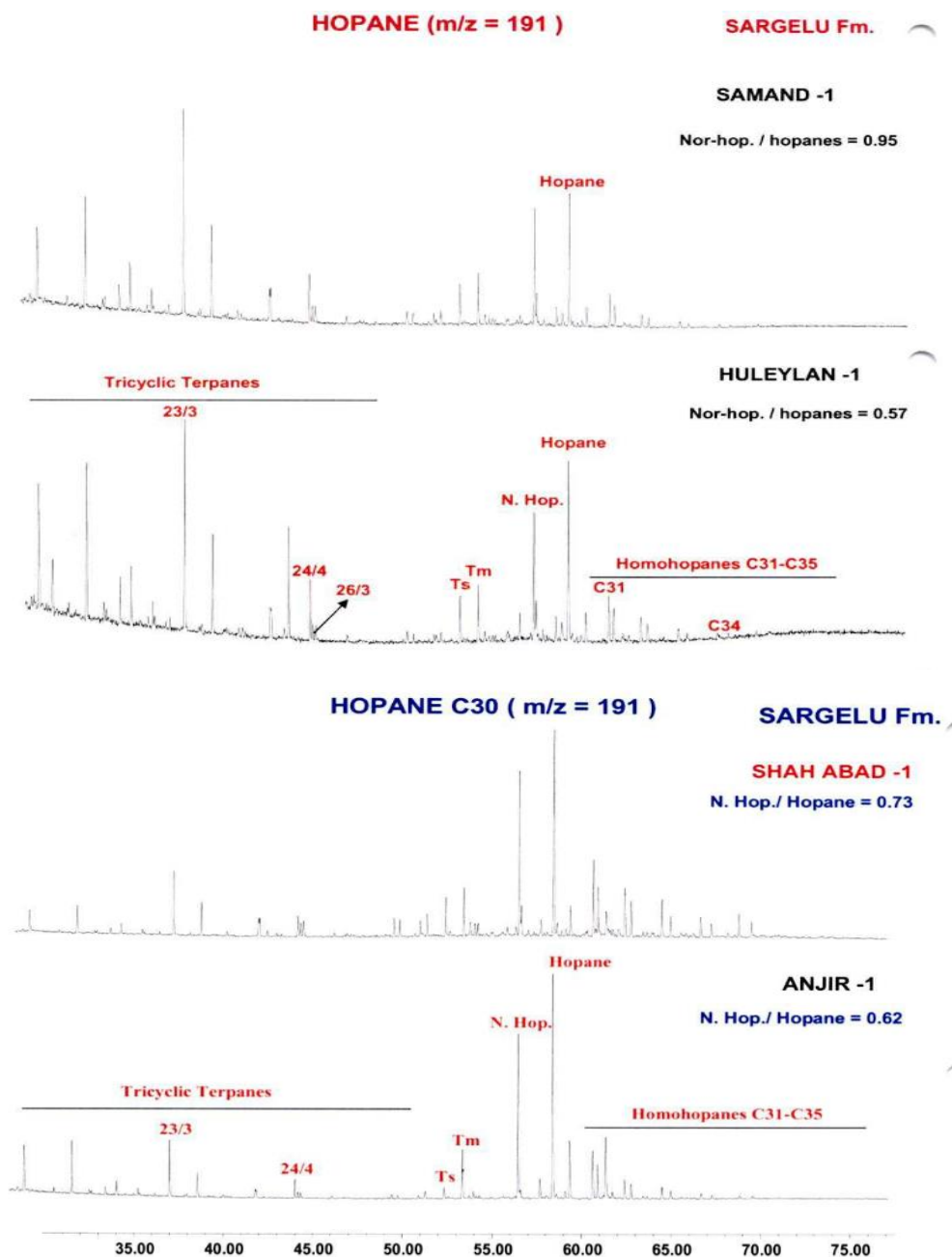


شکل (پ-۵-۳): طیف کروماتوگرامهای بیومارکرهاوپان ($m/z=191$) سازند گرو مربوط به نمونه‌های گروه B (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)

ب- سازند سرگلو

طیف کروماتوگرامهای بیومارکرهاوپان نمونه‌های سازند سرگلو مورد مطالعه نشان می‌دهد که فراوانی پیکهای هوپان و نورهوپان بالا بوده و همچنین دارای فراوانی متوسط تا ضعیف ترکیبات هوموهوپانهای C31-C35 در تمام نمونه‌های سرگلو می‌باشند و فراوانی ترکیبات تری سیکل ترپانها در بعضی از

نمونه های سازند سرگلو مانند چاههای سمند، هلیلان زیاد بوده (شکل پ-۵-۴) و در نمونه چاههای شاه آباد، انجیر دارای فراوانی متوسط می باشند (شکل پ-۵-۴). نسبت پیک نورهوپان به هوپان اصلی در تمام نمونه های سرگلو کمتر از یک بوده که مشخص کننده فاسیس یکسان آنها است.



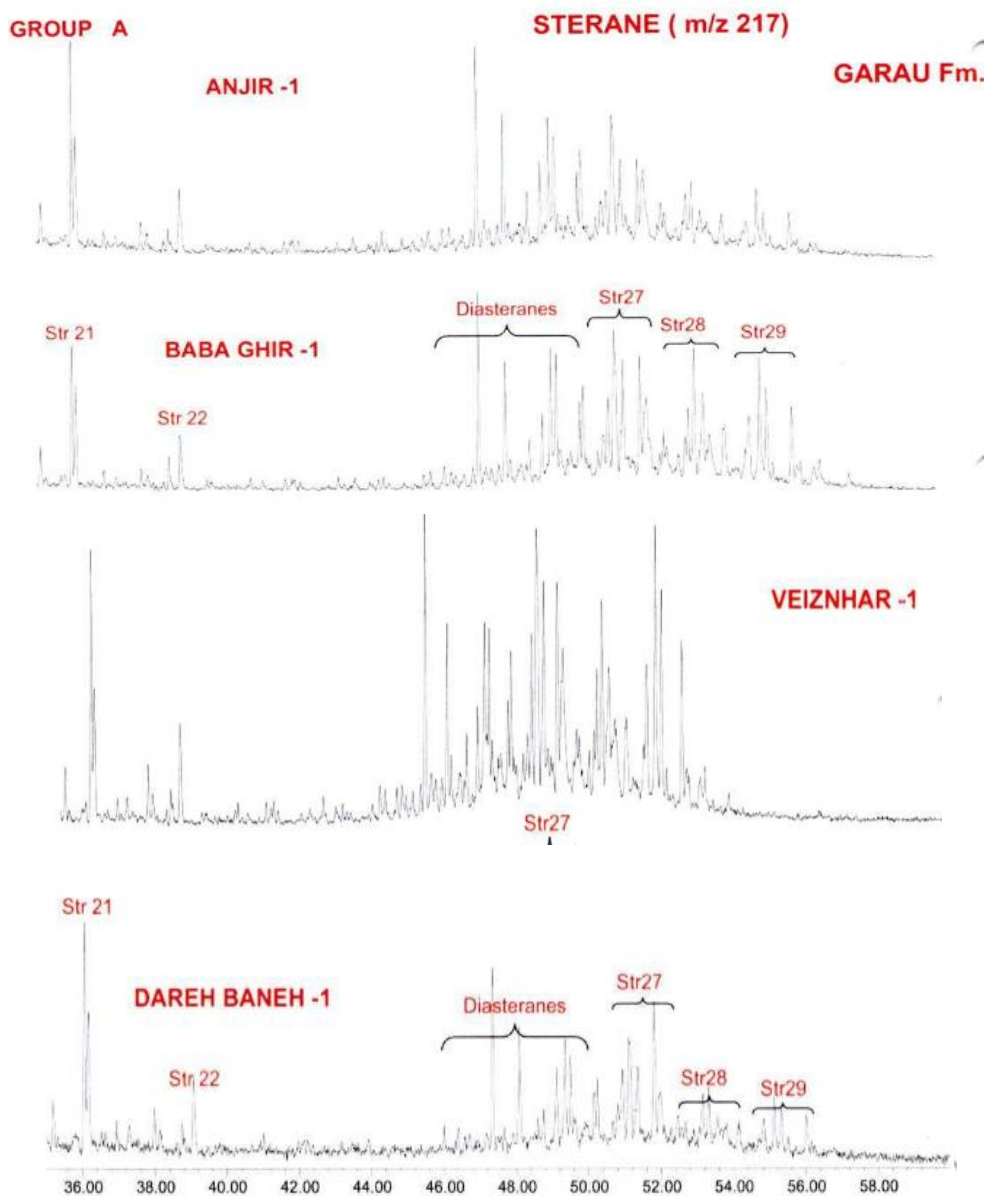
شکل (پ-۵-۴): طیف کروماتوگرامهای بیومارکروپان ($m/z=191$) سازند سرگلو (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)

بیومارکر استرن (Stranes)

الف - سازند گرو

یکی دیگر از بیومارکرهای ترکیبات اشباع بیومارکر استران بوده که بایون مولکولی $m/z=217$ مشخص می گردد. براساس پراکندگی و فراوانی کروماتوگرامهای استرانهای C29,C28,C27 و همچنین دیاسترانهای C27,C28 که مشخص کننده لیتولوژی سنگ منشا گرو می باشد، می توان نمونه های این سازند را به سه گروه تقسیم نمود [6].

گروه A: پراکندگی طیفهای کروماتوگرامهای بیومارکر استران این گروه (شکل پ-۵-۵) با فراوانی زیاد استرنهای C29,C28,C27 و همچنین دیاسترنهای C28,C27 همراه می باشد که نشان دهنده لیتولوژی شیلی می باشند. در اکثر نمونه های این گروه وجود پیکهای ایزومرهای $\beta\beta$ استرانها بیشتر از ایزومرهای $\alpha\alpha$ بوده که مشخص کننده پختگی بالای نمونه های مورد آنالیز می باشند.



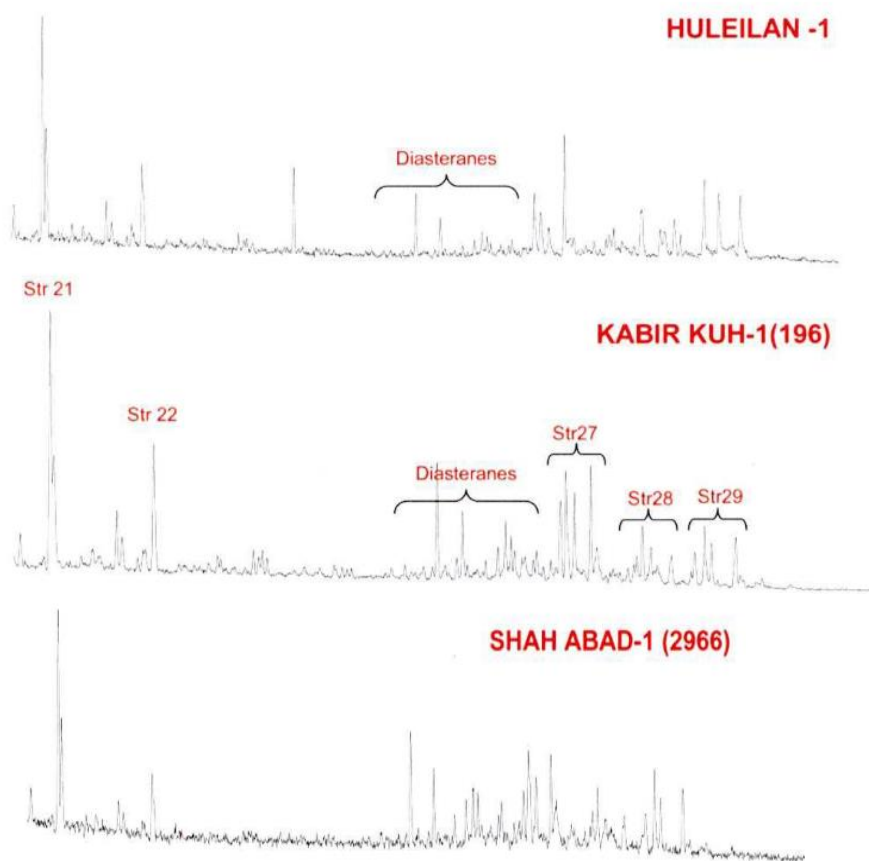
شکل (پ-۵-۵): طیف کروماتوگرامهای بیومارکر استران ($m/z=217$) سازند گرو مربوط به نمونه های گروه A (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)

گروه B: طیف بیومارکر استران این گروه شامل نمونه های چاههای هلیلان، کبیرکوه، شاه آباد است که همراه با فراوانی متوسط تا کم استرانهای C29, C28, C27 بوده و ضمناً با فراوانی متوسط دیا استرانها همراه می باشند. نسبت فراوانی Str C21 به Str C22 بسیار زیاد بوده که از این نظر با نمونه های گروه A متفاوت می باشند (شکل پ-۵-۶).

GROUP B

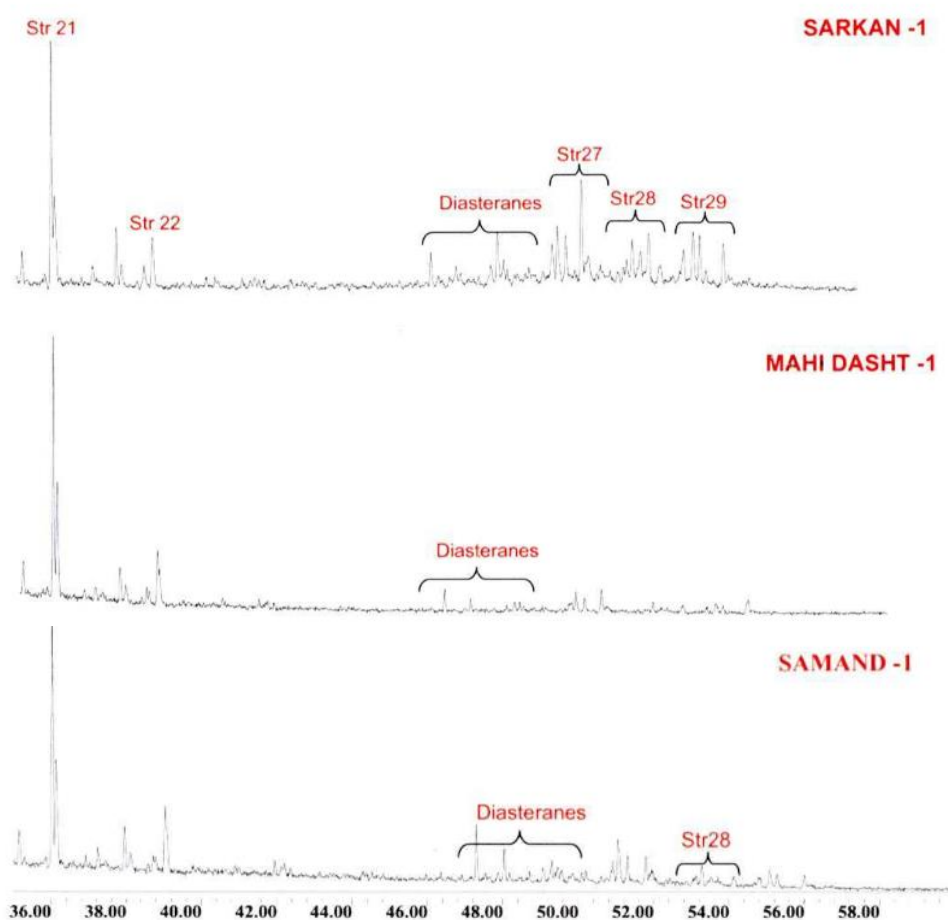
STERANE ($m/z = 217$)

GARAU Fm.



شکل (پ-۵-۶): طیف کروماتوگرامهای بیومارکر استران ($m/z=217$) سازند گرو مربوط به نمونه های گروه B (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)

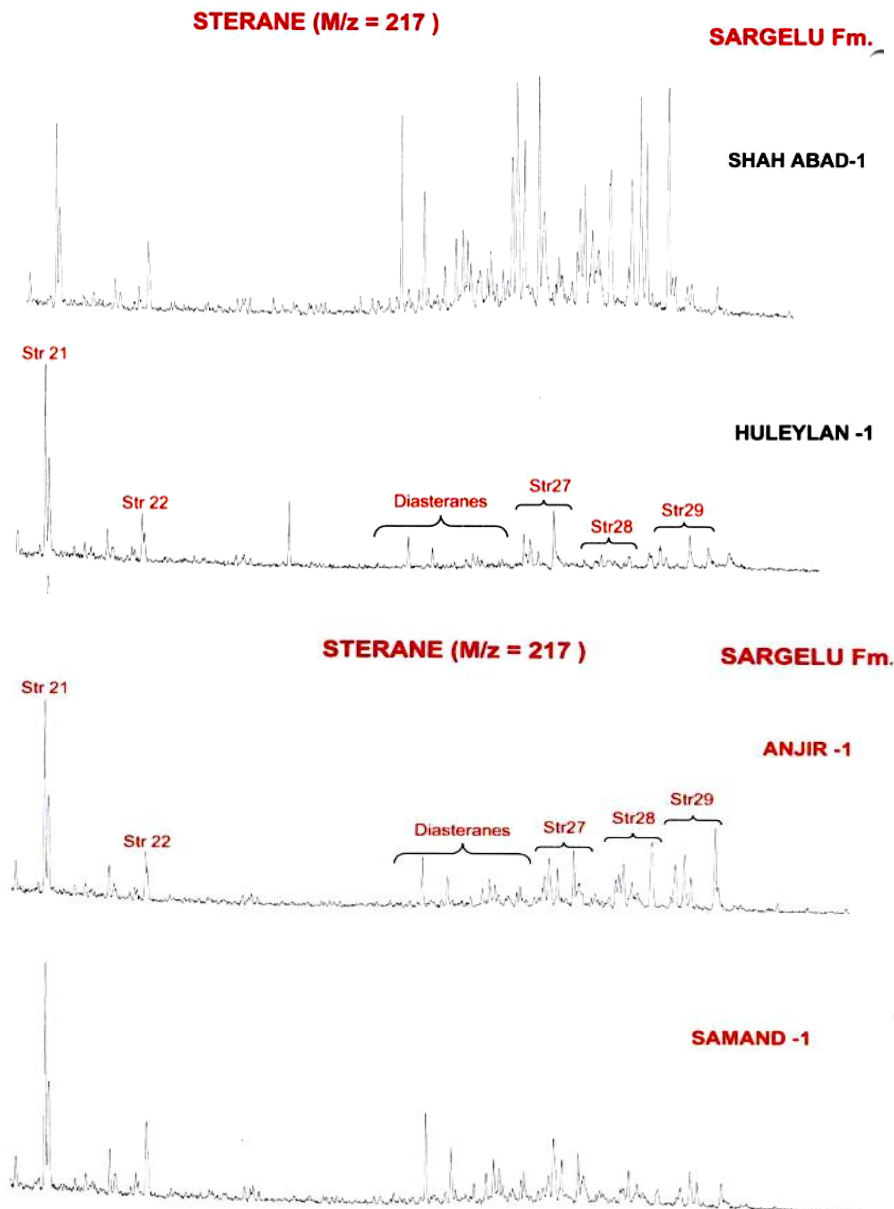
گروه C: پراکندگی طیف بیومارکرهای استرن های گروه C کاملاً با دیگر نمونه های سازند گرو متفاوت بوده، بطوریکه فراوانی استرنهای C29, C28, C27 در آنها یکسان نیست (شکلهای پ-۵-۷). فراوانی ترکیبات دیااسترنها در نمونه های این گروه بسیار کم یا ضعیف بوده که مشخص کننده لیتولوژی آهکی نمونه ها می باشند.



شکل (پ-۵-۷): طیف کروماتوگرامهای بیومارکر استران ($m/z=217$) سازند گرو مربوط به نمونه های گروه C (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)

ب- سازند سرگلو

پراکندگی طیف کروماتوگرامهای بیومارکر استرن نمونه های سرگلو مشابه هم بوده و عمدتاً همراه با فراوانی کم استرنهای C27 و C28 و همچنین با فراوانی کم دیاسترن های C27 و C28 می باشد (شکلهای پ-۵-۸). همانطوری که این شکلها نشان می دهند طیف استرن نمونه های چاههای هلیلان و انجیر و سمند کاملاً مشابه و یکسان می باشند.



شکل (پ-۵-۸): طیف کروماتوگرامهای بیومارکراستران ($m/z=217$) سازند سرگلو (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)

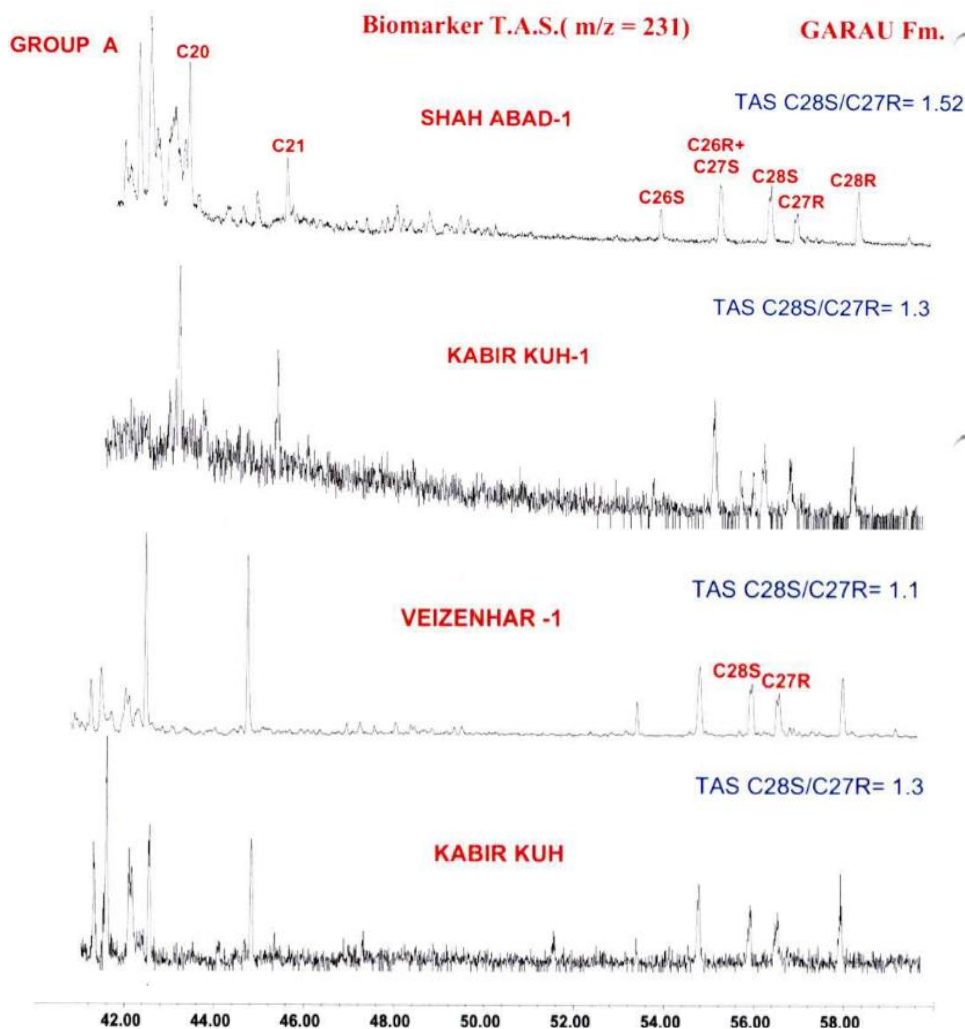
بیومارکر تری آروماتیک استروئید (T.A.S)

الف - سازند گرو

بیومارکر تری آروماتیک استروئید که با نسبت $m/z=231$ مشخص می‌گردد، یکی از بیومارکرهای مهم ترکیبات آروماتیک بوده که دارای کربنهای C26 تا C28 می‌باشند. نسبت پیکهای C28S به C27R بیومارکر T.A.S که مشخصه پختگی سنگهای منشا بوده، برای نمونه های سازند گرو محاسبه و بررسی

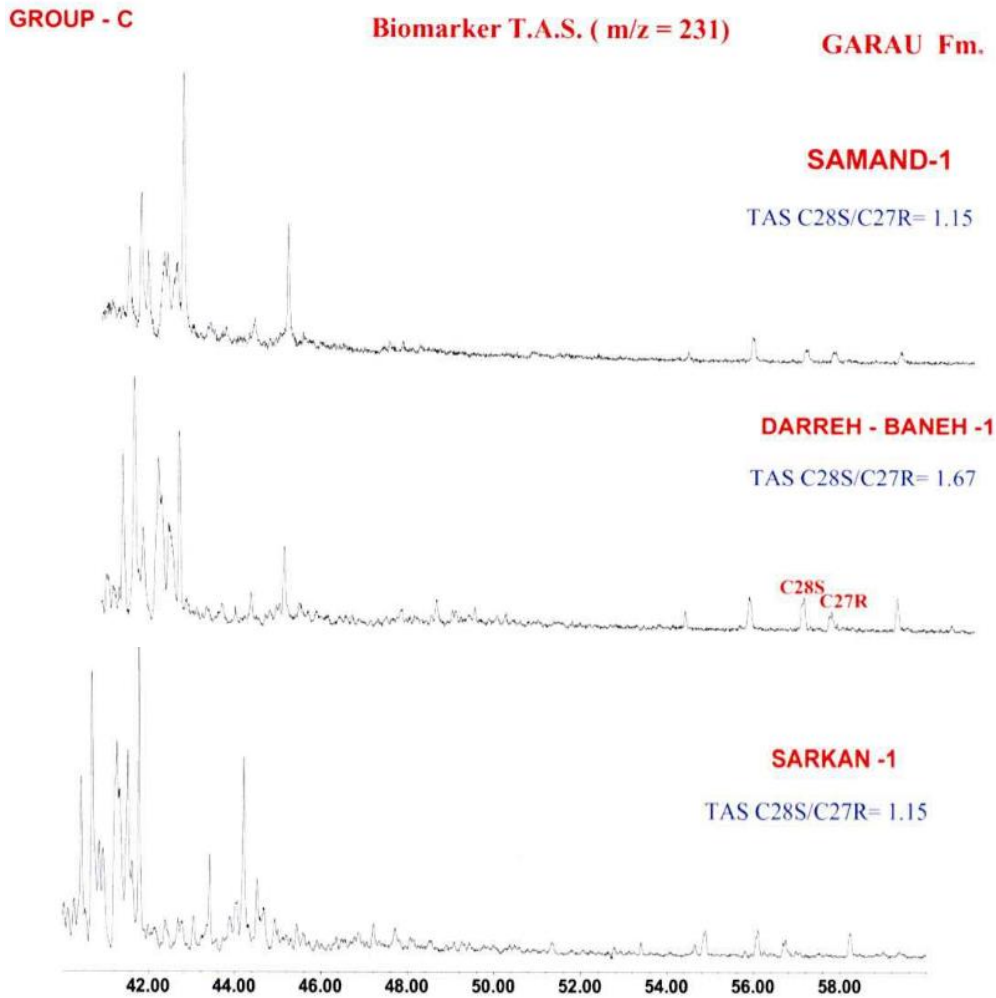
بیومارکرهاى مربوطه نوشته شده است. بر اساس نوع پراکندگى و فراوانى پیکهائى بیومارکر T.A.S نمونه هاى سازندگرو به دو گروه تقسیم گردیده اند:

گروه A: پراکندگى و فراوانى بیومارکر T.A.S در نمونه هاى این گروه همراه با فراوانى متوسط کربن کربنهائى C26 تا C28 بوده و با فراوانى بالای پیکهائى کربنهائى C20 و C21 همراه مى باشند (شکل پ-۹-۵).



شکل (پ-۹-۵): طیف کروماتوگرامهائى بیومارکر تری آروماتیک استروئید ($m/z=231$) سازندگرو در نمونه هاى گروه A (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)

گروه B: پراکندگی و فراوانی بیومارکر T.A.S در اکثریت نمونه های سازند گروه که در گروه B قرار می گیرند، همراه با فراوانی بسیار کم و ناچیز پیک کربن های C26 تا C28 بوده و با فراوانی پیکهای C20 و C21 همراه می باشند. (شکل پ-۵-۱۰).

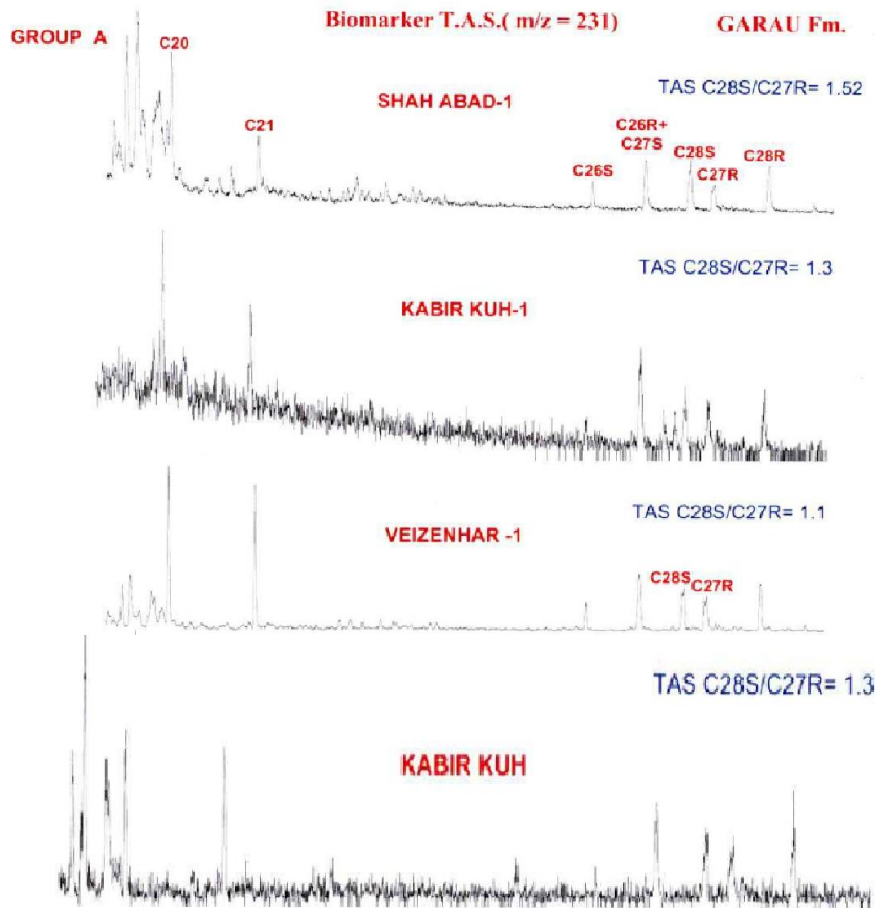


شکل (پ-۵-۱۰): طیف کروماتوگرامهای بیومارکر تری آروماتیک استروئید ($m/z=231$) سازند گرو مربوط به نمونه های گروه B (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)

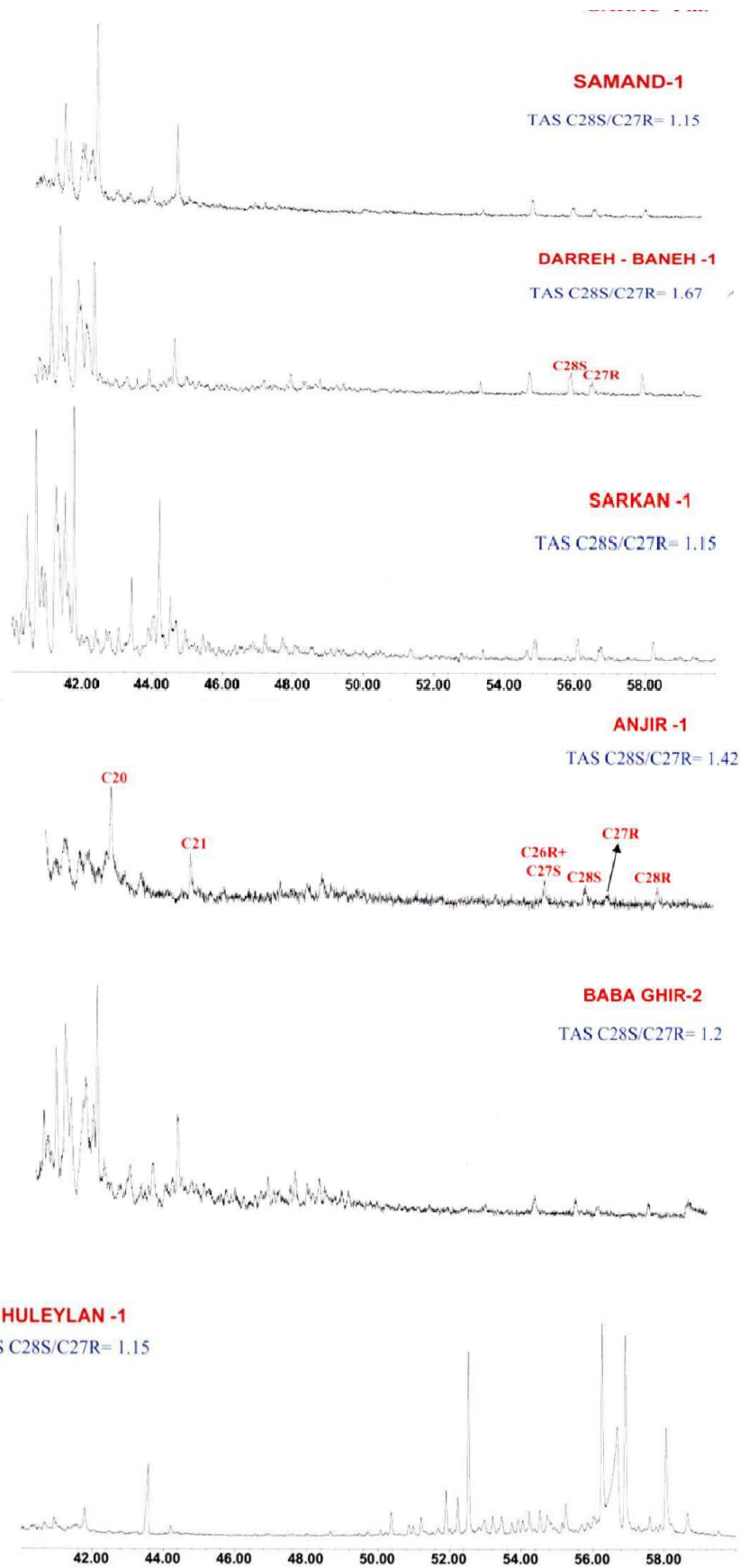
ب- سازند سرگلو

نوع پراکندگی و فراوانی بیومارکر T.S.A در نمونه های سرگلو عملا این سازند را به دو گروه متمایز تقسیم می نماید:

گروه اول (A) شامل نمونه چاههای سمند و انجیر بوده که دارای فراوانی بسیار کم کربنهای C26 تا C28 بوده و دارای فراوانی بالایی از کربن های C20 و C21 می باشند و در نمونه های گروه دوم (B) دارای فراوانی زیاد تا متوسط کربنهای C26 تا C28 می باشند. مانند نمونه های سازند سرگلو در چاههای هلیلان و شاه آباد (شکل های پ-۵-۱۱ و پ-۵-۱۲).

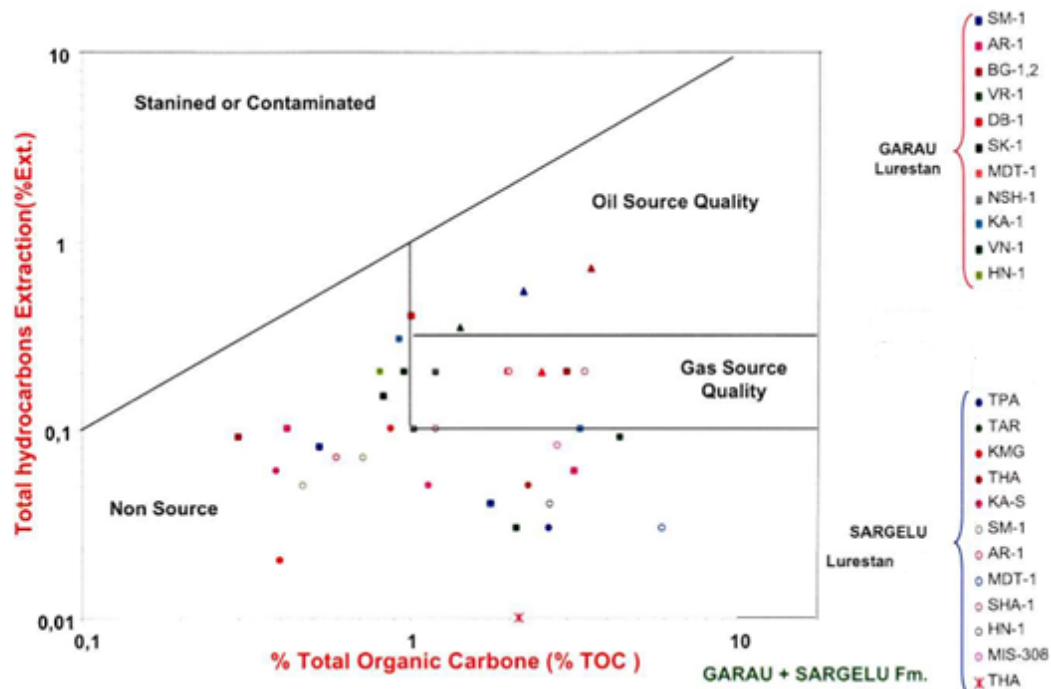


شکل (پ-۵-۱۱): طیف کروماتوگرامهای بیومارکتری آروماتیک استروئید ($m/z=231$) سازند سرگلو (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)



شکل (پ-۵-۱۲): طیف کروماتوگرامهای بیومارکر تری آروماتیک استروئید ($m/z=231$) سازند سرگلو (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)

پیوست شماره ۶



شکل (پ-۶-۱): نمودار درصد کل مواد آلی (TOC) به درصد استخراج مواد آلی از سازندهای گرو و سرگلو (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)

پیوست شماره ۷

جدول (پ-۷-۱): درصد استخراج ترکیبات مختلف هیدروکربورهای حاصل (اشباع، آروماتیک، پلار) از نمونه های سازند سرگلو

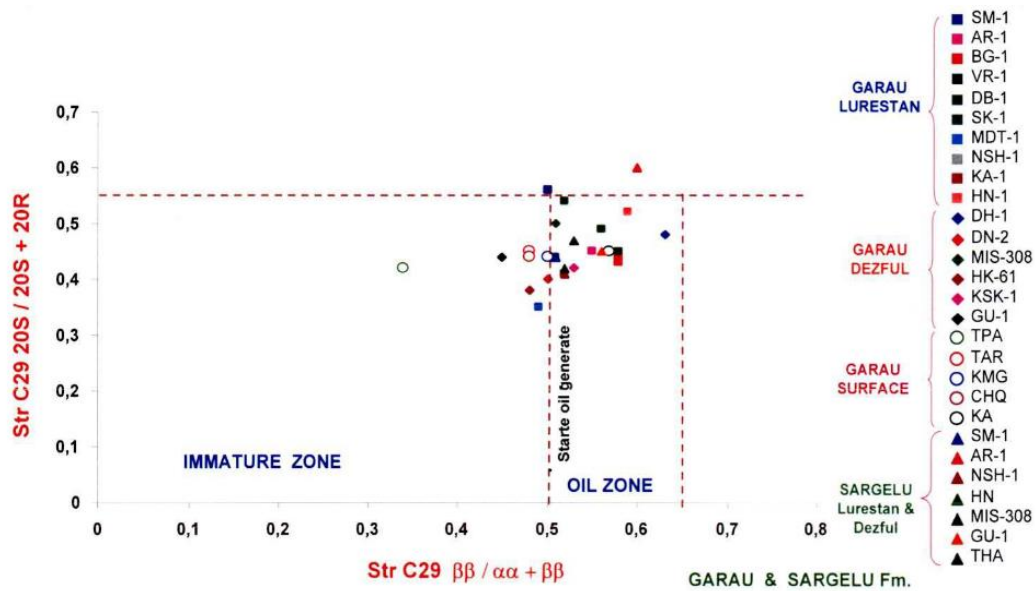
Well Name	Formation	Type of Sample	Depth(m)	%EXT.	%SAT.	%ARO.	%POL.	%TOC
Samand-1	Sargelu	Well	2160	0.05	50	25	25	0.47
Samand-1	Sargelu	Well	2260	0.07	50	23	27	0.72
Anjir-1	Sargelu	Well	1639	0.07	63	18	19	0.6
Anjir-1	Sargelu	Well	1856	0.2	60	25	15	2
Mahidasht-1	Sargelu	Well	2664	0.03	....	.....	....	5.91
North Shah Abad-1	Sargelu	Well	3680	0.1	61	20	19	1.2
North Shah Abad-1	Sargelu	Well	3767	0.2	...	...	...	3.42
Huleilan-1	Sargelu	Well	1274-86	0.04	54	24	22	2.67

جدول (پ-۷-۲): درصد استخراج ترکیبات هیدروکربورهای حاصل (اشباع، آروماتیک، پلار) از نمونه های سازند گرو

Well Name	Formation	Type of Sample	Depth(m)	%EXT.	%SAT.	%ARO.	%POL	%TOC
Samand-1	Garau	Well	1780	0.04	45	17	38	1.76
Samand-1	Garau	Well	1880	0.08	56	21	23	0.53
Anjir-1	Garau	Well	884	0.1	56	12	32	0.42
Anjir-1	Garau	Well	1485	0.06	57	16	27	3.17
Baba Ghir-2	Garau	Well	2567	0.2	55	18	27	3
Baba Ghir-2	Garau	Well	2863	0.09	54	15	31	0.3
Veyzenhar-1	Garau	Well	3107	0.2	40	12	48	0.96
Veyzenhar-1	Garau	Well	3473	0.09	47	4	49	4.37
Darreh Baneh-1	Garau	Well	1936	0.4	46	10	44	1.01
Sarkan-1	Garau	Well	1923	0.15	52	20	28	0.83
Sarkan-1	Garau	Well	1934	0.2	50	18	32	....
Mahidasht-1	Garau	Well	1338	0.2	63	22	15	1.98
North Shah Abad-1	Garau	Well	2966	0.2	65	17	18	1.2
North Shah Abad-1	Garau	Well	3369	0.1	70	23	7	1.03
Kabir Kuh-1	Garau	Well	58	0.1	55	19	26	3.3
Kabir Kuh-1	Garau	Well	196	0.3	64	9	27	0.93
Vizhenan-1	Garau	Well	2100	0.03	....	....	....	2.1
Huleylan-1	Garau	Well	780-850	0.2	58	24	18	0.81

پیوست شماره ۸

برای مشخص نمودن مرحله بلوغ، نمونه های سنگ منشا از ضرایب ژئوشیمیایی استرن C29 که شامل پارامترهای Str C29 20S/20S +20R و Str C29 $\beta\beta/\alpha\alpha+\beta\beta$ می باشند، استفاده گردیده است. استفاده از دو فاکتور فوق برای نمونه های گرو و سرگلو که بر روی دیاگرام استاندارد رسم گردیده اند (شکل پ-۸-۱) نشان می دهد که تقریباً اکثر نمونه های مورد مطالعه در محدوده زون نفتی (Oil Zone) قرار گرفته اند.



شکل پ-۸-۱- نمودار استاندارد پختگی برای سازندهای گرو و سرگلو براساس ضرایب پختگی استرن C29 (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۹۰)

منابع

- [1]. داوری م، (۲۰۱۱)، "منابع جدید گازهای غیرمتعارف و آینده بازار جهانی گاز" هفته نامه اکونومیست، شماره ۲۱۳۵، ص ۲.
- [2]. محمد علی کاوسی، منوچهر دریابنده، (۱۳۹۰)، "پی‌جویی مقدماتی منابع هیدروکربوری غیرمتعارف شیل گازی در ایران"، گزارش شرکت ملی نفت ایران، شماره ۱۹۱۴، ص ۷.
- [3]. EIA Report, (2012), "primary report of annual historical energy statistics", DOE, 0384.
- [4]. U.S EIA Report, (2013), "Annual Energy Outlook", AEO2013.
- [5]. Thomas S., Ronald R. Charpentier, T. R. Klett, James W. Schmoker, (2011), "The future of natural Gas", MIT.
- [6]. ام.ال. بوردانوف، جی.آ. آگه، ترجمه م. کسای نجفی، (۱۳۹۰)، "سیستم های نفتی ایران و توزیع امروزی میدان های نفت و گاز در کمربند چین خوردگی زاگرس و مناطق دریایی مجاور"، پژوهشگاه صنعت نفت، ص ۶۸.
- [7]. مطیعی، ه.، (۱۳۷۲)، "زمین شناسی ایران، چینه شناسی زاگرس" سازمان زمین شناسی کشور، شماره ۵۳۶، ص ۱.
- [8]. ALAVI M, (2007), "Structures of the Zagros fold-thrust belt in Iran" *Am. J. Sci.*, 307, pp 1067-1095.
- [9]. Falcon N.L, (1961), "Major Earth flexuring in the Zagros Mountains of southwest Iran", *Quarterly Journal of the Geophysical Society*, v. 117, no. 4, pp. 367-376.
- [10]. کمالی م، قربانی ب.، (۱۳۸۵)، "ژئوشیمی آلی از فیتوپلانکتون ها تا نفت" انتشارات آراین زمین.
- [11]. Talkdar, S. C. , (2009), Application of geochemistry for shale gas assessment, *ALSJ*.
- [12]. Martin, J., (2002), Fractured gas shale Potential in New York, *AAPG Bulletin*, p. 2.
- [13]. Curtis J., (2002), Fractured shale-gas systems, *AAPG Bulletin*, p.1-4.
- [14]. Daniel M. Jarvi, (2007), "Unconventional shale-gas systems: The Mississippian Barnett Shale of north-central Texas as one model for thermogenic shale-gas assessment", *HGS*, p. 480-487.
- [15]- Barnett Shale Home Page, <http://www.barnettshale.com>.

- [16]-N. P.C., (1980), “Devonian shale gas, in Unconventional gas sources” Washington, D.C., **National Petroleum Council**,v.3, p. **D1–D2**.
- [17]. Hassenmueller, N. R. , and Comer, J. B. , (1994), “Gas potential of the New Albany Shale (Devonian and Mississippian) in the Illinois basin”, **Gas Research Institute Topical Report GRI-92/0391**, p. **83**.
- [18]. Jarvie .et al, (2001), “Oil and shale gas from the Barnett Shale”, **AAPG Annual Meeting, Program with Abstracts**, p. **A100**.
- [19]. Williams .P, (2002), “The Barnett Shale: Oil and Gas Investor”, v. **22**, no. **3**, p. **34–45**.
- [20]. Charpentier .R.R., et al., (1982), “Estimates of Unconventional Natural Gas Resources of the Devonian Shales of the Appalachian Basin”, **USGS Open-File Report**.
- [21].K.M. Bohacs, (2010), “Oil-Prone Source Rock to Gas-Producing Shale Reservoir _ Geologic and Petrophysical Characterization of Unconventional Shale-Gas Reservoirs”, **SPE 131350**.
- [22].Jeff Hayden, Dave Pursell, (2005), “The Barnett Shale” **PICKERING ENERGY PARTNERS, INC**.
- [23].Unconventional Energy Resources, (2011), “American Association of Petroleum Geologists”, p. **2-4**.
- [24].Stephen A. Holditch, (2001), “The Increasing Role of Unconventional Reservoirs in the Future of the Oil and Gas Business”, **Schlumberger Presentation**.
- [25].Horsfield B., Mahlstedt N., (2011), “Metagenetic methane generation in gas shales”, **Marine and Petroleum Geology**, P.1-16.
- [26].Farzipour-Saein .A, Yassaghi .A, (2009), “Basin evolution of the Lurestan Region in the Zagros Fold and thrust Belt”, **Journal of Petroleum Geology**, PP5-20.
- [27].Ground Water Protection Council, (2009), “Modern Shale Gas Development in the United States”, p. **5-6**.
- [28].Hartwig .A, Schulz .H.M, (2010), “Applying classical shale gas evaluation concepts to Germany-Part I”, **Chemie der Erde**, S3, P. **77–91**.
- [29].Daniel J.K. Ross, R. Marc Bustin, (2007), “Impact of mass balance calculations on adsorption capacities in microporous shale gas reservoirs”, **Fuel 86**, P.2696–2706.
- [30]. Harbert. W, (2006), “Analysis of light hydrocarbons in soil gases, Lost River region, West Virginia:Relati.

Abstract

Shale gas is a group of dark-colored compact clay-organic rich rocks. These resources due to the high organic matter are as a source rock in a petroleum system. Shale gas reservoirs are a kind of unconventional gas reservoirs. Organic geochemical analysis of shale gas potential is considered in the evaluation unconventional resources. In the current study the organic geochemistry results in Lorestan area has used for two formations of Sargelu and Garau. Evaluation of the kerogen type and maturity of organic matter in the two formations help to assess production potential and residual potential. The results of Vitrinite reflectance measurements (R_o) accompany together with TR was used to evaluate the shale gas potential. Base on the gas chromatography results, environmental condition was studied. The final evaluation of Garau and Sargelu Formations were done based on the spider diagrams (Risk Plot). These two formation were compared with some of the world's known shale gas resources (such as Barnett Shale), as a benchmark at the end. Based on the results we can say that two formations have some of the features for economic shale gas. The best Sargelu wells to production are in the northern regions of Lorestan (Mahidasht, Shahabad, Huleyan) and the best Garau wells are in the North and Southwest of Lorestan (Mahidasht, Shahabad, Vizhenen, Kabirkuh, Anjir). Some other features for shale gas evaluation need more details and specific measurements.

Keywords: Sargelu, Garau, unconventional reservoirs, Lorestan , maturity, Rock Eval, Gas Chromatography, Polar Plot, Shale gas



Shahrood University of Technology

Faculty of Mining, Petroleum and Geophysics

**Shale gas evaluation in Garau and Sargelu formations based on
organic geochemistry data**

Mohammad Tavangar Ranjbar

Supervisors: Dr.Reza Ghavami Riabi, Dr.Masoud Nemati

February 2014