نقش عوامل ساختاری در هدایت گازهای متان و دی‌اکسیدکربن به تونل انتقال آب نوسود (ازگله – شمال باختر کرمانشاه)

امین جمشیدی*[۱]، مصطفی صداقت‌نیا[۲] و کبری میربیگ سبزواری[۳]

۱- استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم‌پایه، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد
۲- دانشجوی دکترا، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم‌پایه، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان
۳- گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خرم‌آباد، خرم‌آباد

نویسنده مسئول : * jamshidi.am@lu.ac.ir

دریافت: ۹۹/۲/۸ **پذیرش: ۹۹/۶/۲۵** **نوع مقاله: کاربردی**

چکیده

تونل انتقال آب نوسود با طولی بالغ بر ۴۵ کیلومتر به منظور هدایت و انتقال آب در شمال باختر کرمانشاه احداث شده است. این تونل از میان تاقدیس‌ها و ناودیس‌های متعددی عبور کرده و به محض وارد شدن محور آن به سازندهای گرو و گورپی گازهایی با حجم بیش از ۴۰۰ پی پی ام به داخل تونل زهکشی می‌شوند که عمدتا مربوط به تاقدیس‌های ازگله و کردی قاسمان می‌باشند. در حوضه‌ی زاگرس سازندهای گرو و گورپی به عنوان سنگ‌منشأ نفت با پتانسیل بالا شناخته می‌شوند و در منطقه مورد مطالعه با وجود کروژن غالب تیپ *III* که عمدتا دارای منشأ خشکی می‌باشد حجم زیادی از گازها که عمدتا گازهای متان و دی‌اکسیدکربن می‌باشند، تولید می‌کنند. با توجه به گسترش سازندهای گرو و گورپی در منطقه، زون‌های مستعد گازخیزی در محور تونل به چهار بخش A,B,C,D تقسیم می‌شوند که بیش‌ترین حجم گاز تولید شده در تاقدیس کردی قاسمان و مربوط به زون D می‌باشد. گازهای تولید شده از این مناطق همراه حجم زیادی از آب از طریق شکستگی‌های تکتونیکی که عمدتا درزه‌ها و گسل‌ها می‌باشند به داخل تونل هدایت می‌شوند که از بین آن‌ها گسل‌ها در تاقدیس کردی قاسمان و تاقدیس ازگله نقش بسیار مهمی دارند.

واژه‌های کلیدی: سازند گرو، ساختارهای تکتونیکی، تولید گاز، تونل آبرسانی نوسود، کرمانشاه

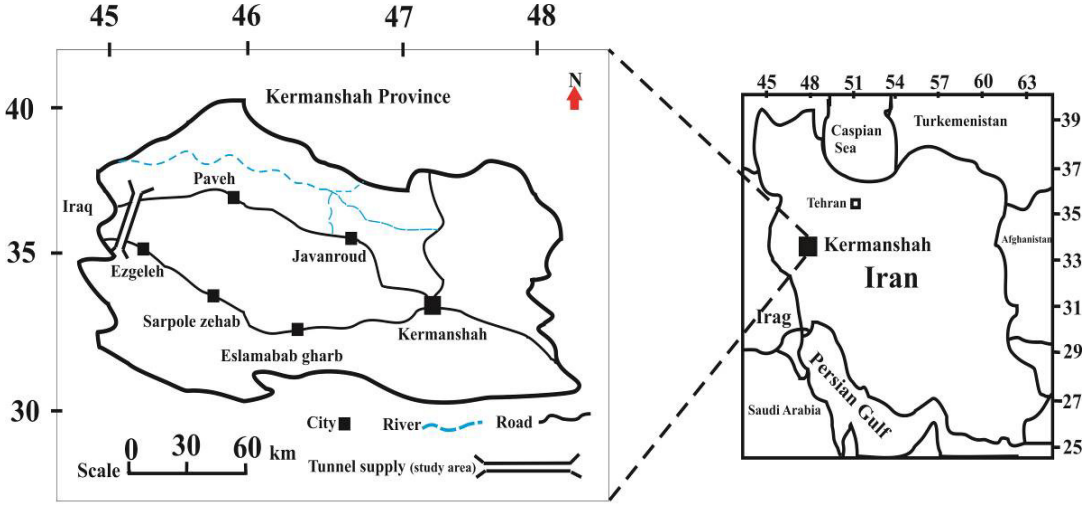
پیشگفتار

تونل نوسود در غرب ایران یکی از پروژه‌های در حال اجرا برای جلوگیری از خروج آب رودخانه سیروان به خارج از کشور و بازگرداندن آن به حوضه‌های آبریز داخلی است. مجموع طول این تونل بالغ بر ۵۷ کیلومتر بوده که از نظر زمین‌شناسی در میان سازندهای گرو و گورپی در زون ساختمانی زاگرس چین‌خورده حفاری می‌شود. حین حفاری بویژه از میان سازند گرو، حجم زیادی از گازهای متان، دی‌اکسید و مونواکسیدکربن و سولفید هیدروژن به داخل تونل نشت کرده که علاوه بر کاهش سرعت حفاری، خطرات جانی نیز در پی داشته است. غلظت این گازها در بعضی مقاطع از تونل خصوصاً زمانی که تونل وارد سازند گرو می‌شود به بیش از *ppm*۴۰۰ نیز گزارش شده است (مهندسین مشاور ایمن‌سازان، ۱۳۸۵). این حجم گاز معمولاً در محل تقاطع گسل با محور تونل مشاهده شده است. حوضه زاگرس یکی از مهم‌ترین حوضه‌های هیدروکربنی جهان و خاورمیانه است (موریس ۱۹۸۰). مطالعات ژئوشیمیایی متعددی بر روی سازند گرو و دیگر سازندهای دارای پتانسیل سنگ منشأ در حوضه رسوبی زاگرس انجام شده است (آلا و همکاران، ۱۹۸۰؛ بوردناوه و بورود، ۱۹۹۰؛ بوردناوه و هوک، ۱۹۹۵؛ اشکان، ۱۳۸۳). بنابراین بررسی سنگ‌های منشأ و شناسایی رخساره‌ها و بازسازی محیط‌رسوبی دیرینه برای توسعه میادین نفتی اهمیت زیادی دارد. از طرفی تاکنون بیش‌تر کارهای تحقیقاتی در رابطه با سنگ‌های مخزنی بوده و مطالعه بر روی سنگ‌های منشأ کم‌تر صورت گرفته است.

موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی منطقه

منطقه مورد مطالعه در محدوده شهرستان ازگله، (شمال-غرب کرمانشاه) واقع شده است. برش مورد مطالعه در واقع در راستای تونل انتقال آب نوسود می‌باشد که مختصات جغرافیایی ابتدای آن طول‌شرقی ″۱۱ ′۵۱ °۳۴ درجه و عرض شمالی ″۴۹ ′۵۲ °۴۵ است. راه‌های

اصلی دسترسی به تونل انتقال آب نوسود از طریق جاده اصلی کرمانشاه به سمت شهرستان سرپل‌ذهاب و نوسود می‌باشد و راه دسترسی دیگر از طریق جاده کرمانشاه به سمت شهرستان جوانرود و پاوه می‌باشد. محدوده نمونه‌برداری بخشی از حوضه زاگرس و در محدوده زاگرس چین‌خورده قرار دارد (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه

زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه یک منطقه کوهستانی می‌باشد که بیش‌ترین رخنمون سازندهای منطقه، سازندهای گرو و گورپی می‌باشند. در منطقه مورد مطالعه تاقدیس‌های فراوانی دیده می‌شوند که بیش‌ترین رخنمون سازند گرو در هسته‌ی این تاقدیس‌ها می‌باشد (شکل ۲). مرز بالایی سازند گرو در تمامی راستای تونل سازند کربناته سروک و مرز زیرین آن سازند تبخیری گوتنیا می‌باشد در صورتی که مرز پایینی سازند گورپی در منطقه مورد مطالعه سازند سروک و مرز بالایی آن سازند امیزان می‌باشد. واحدهای سنگ‌چینه‌ای سازند گرو در منطقه مورد مطالعه عمدتاً شامل تناوب شیل، آهک‌های رسی و آهک‌های دارای گره‌های چرت به همراه شیل قهوه‌ای تا سیاه رنگ بیتومین‌دار سیلیسی واجد رادیولاریت می‌باشد و در حالی که سازند گورپی در منطقه مورد مطالعه عمدتا تناوبی از سنگ‌آهک و شیل می‌باشد.

تعیین منشأ گازهای تونل

شیل‌ها و سنگ‌آهک‌های غنی از مواد آلی در طی بلوغ حرارتی هر دو می‌توانند به عنوان سنگ منشأ نفت و گاز عمل کنند (پاسلی و همکاران ۱۹۹۱). سازندهای گرو و گورپی (عمدتا گرو) در منطقه مورد مطالعه پتانسیل تولید گاز را دارند و حجم بالایی از گازهای متان و دی‌اکسیدکربن از طریق این سازندها به فضای تونل زهکشی می‌شود. از جمله پژوهش‌هایی که در منطقه مورد مطالعه بر روی منشأ گازها انجام گرفته می‌توان به (اربابی، ۱۳۹۰ و رفیعی و همکاران، ۱۳۹۲) اشاره کرد. لذا با توجه به گسترش وسیع این سازندها در منطقه مورد مطالعه و خطرناک بودن گازهای حاصل از این سازندها که اغلب برای پرسنل مشکلاتی را حین حفاری به وجود آورده است، سعی شده است که مناطق مستعد گازخیزی در تونل به طور کامل بررسی شود که در ادامه بحث خواهد شد.

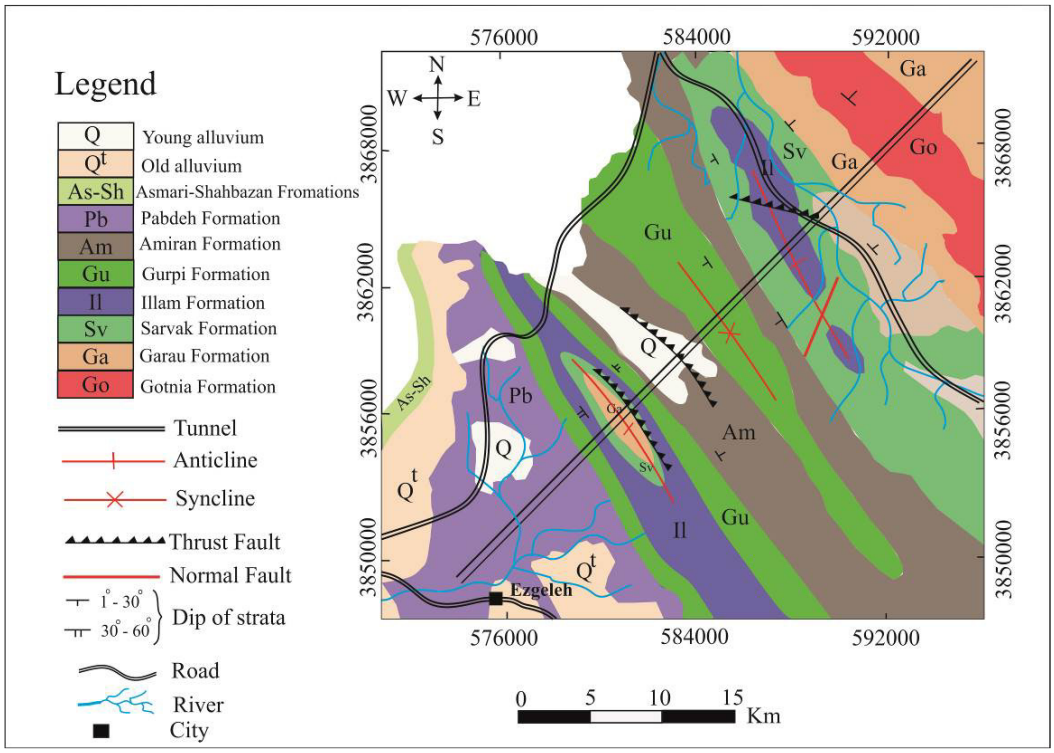
پهنه‌بندی محدوده‌های مستعد گازخیزی مسیر تونل

بررسی و تحلیل داده‌های موجود (مهندسین مشاور ایمن‌سازان، ۱۳۸۵) شامل مقدار دبی آب خروجی تونل، مقدار غلظت گاز H_2S و مقدار درصد حجمی گاز CH_4 در متراژهای مختلف در شناسایی و یافتن روابط میان شکستگی‌ها با مقدار حجم آب و گاز در قسمت‌های حفاری شده، کمک شایانی نموده‌اند. بر این اساس زون‌های گازخیزی منطقه به چهار زون شامل (زون *A*: ناودیس *S*-۷ از متراژ ۱۱۴۰۰ تا ۱۲۴۰۰) (زون *B*:

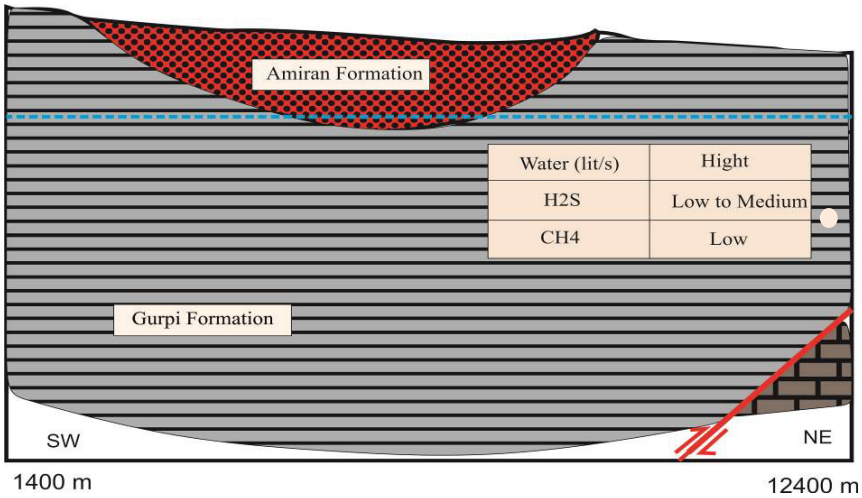
تاقدیس اسماعیل آقا (کردی قاسمان) از متراژ ۱۲۴۰۰ تا ۱۶۱۵۰) (زون *C*: ناودیس *S*-۹ از متراژ ۱۶۱۵۰ تا ۱۷۴۰۰) و (زون *D*: تاقدیس زیمکان از متراژ ۱۷۴۰۰ تا ۲۵۷۰۰) تقسیم می‌شوند.

زون *A*

این زون از متراژ ۱۱۴۰۰ تا ۱۲۴۰۰ محور تونل را شامل می‌شود. واحدهای تشکیل‌دهنده‌ی این قسمت شامل سازند گورپی هستند که در ناودیس *S*-۷ قرار گرفته‌اند. این زون از نظر دبی آب ورودی به تونل ۴۰۰ لیتر در ثانیه، تولید گاز H_2S به مقدار ۳۰۰ پی‌پی‌ام و از نظر تولید گاز CH_4 مقدار ۳۴۰ پی‌پی‌ام اندازه‌گیری شده است. افزایش گاز متان در این زون به دلیل ساختار ناودیسی و طبقات شیلی سازند گورپی می‌باشد (شکل ۳).



شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی و ساختاری منطقه مورد مطالعه برگرفته از ۱/۱۰۰۰۰۰ باینگان و قصر شیرین با اندکی تغییرات (شرکت ملی نفت ایران، ۱۳۸۸).



شکل ۳. نیمرخ زمین‌شناسی زون *A* به همراه وضعیت گاز

زون *B*

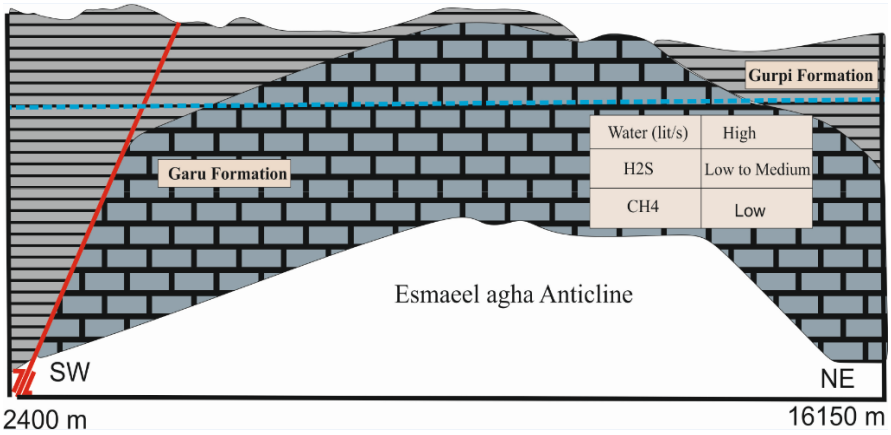
زون *B* (تاقدیس اسماعیل‌آقا یا کردی قاسمان) یکی از قسمت‌های بسیار مهم از دیدگاه گازخیزی در تونل نوسود می‌باشد. واحدهای تشکیل‌دهنده‌ی این محدوده شامل سازندهای گورپی و گرو (عمدتاً گرو) است که به طول ۳۷۵۰ متر را شامل می‌شود. محور تونل در این قسمت بیش‌ترین مسیر طی شده در سازند گرو را نسبت به تمامی طول قطعه دوم طی می‌کند (حدود ۲۴۷۰ متر). این زون از نظر دبی آب ورودی به تونل ۶۰۰ لیتر در ثانیه، تولید گاز H_2S به مقدار ۲۴۰ تا ۴۰۰ پی‌پی‌ام و از نظر تولید گاز CH_4 به مقدار ۲۸۰ پی‌پی‌ام اندازه‌گیری شده است (شکل ۴).

زون *C*

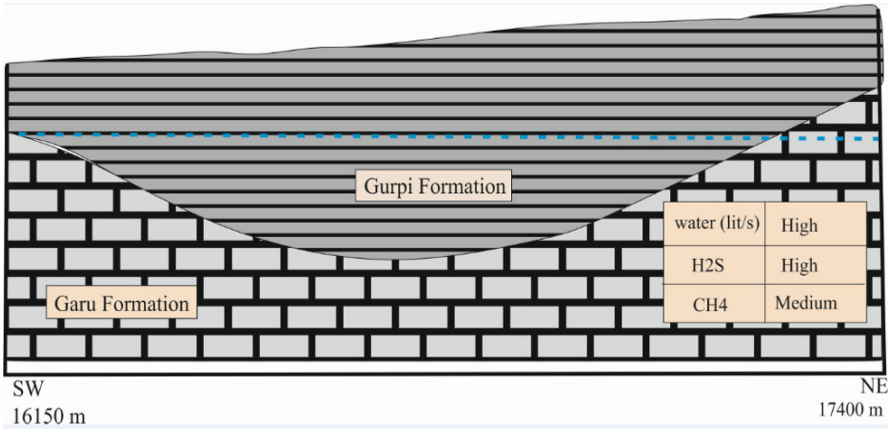
این زون ناودیس بین تاقدیس‌های اسماعیل‌آقا و زیمکان را شامل می‌شود و محور تونل به طول ۱۲۵۰ متر از داخل این زون خواهد گذشت. واحدهای تشکیل‌دهنده‌ی این محدوده متعلق به سازند گورپی می‌باشند. این زون از نظر دبی آب ورودی به تونل بیش از ۶۴۰ لیتر در ثانیه، تولید گاز H_2S به مقدار ۳۵۰ تا ۴۰۰ پی‌پی‌ام و از نظر تولید گاز CH_4 به مقدار ۳۲۰ پی‌پی‌ام اندازه‌گیری شده است (شکل ۵).

زون *D*

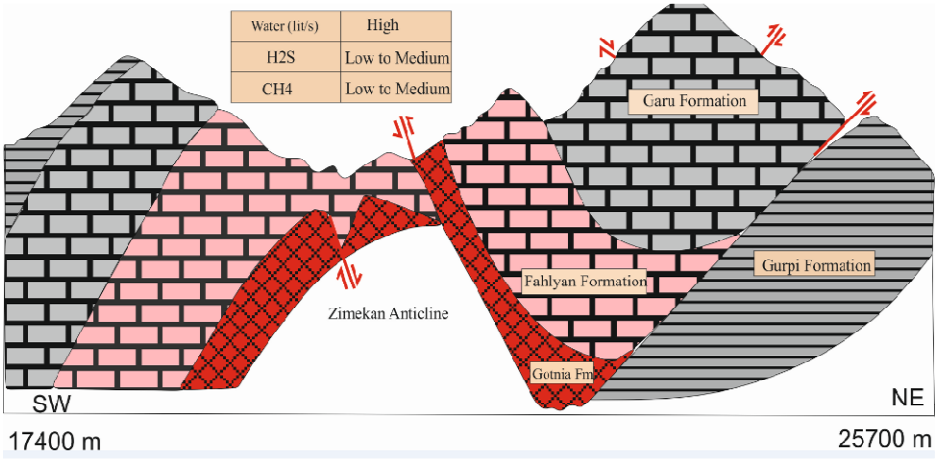
این زون شامل تاقدیس زیمکان (کردی قاسمان) است، دارای وسعت زیاد، وجود گسل‌های اصلی و مهم در مرکز آن و هم‌چنین تنوع لیتولوژی و چینه‌شناسی (وجود سازندهای گورپی، گرو، فهلیان و گوتنیا) می‌باشد. طول متراژ حفاری در این زون ۸۳۰۰ متر می‌باشد. این زون از نظر دبی آب ورودی به تونل بیش از ۶۸۰ لیتر در ثانیه، تولید گاز H_2S به مقدار ۳۰۰ تا ۴۲۰ پی‌پی‌ام و از نظر تولید گاز CH_4 به مقدار ۳۱۰ پی‌پی‌ام اندازه‌گیری شده است (شکل ۶).



شکل ۴. نیمرخ زمین‌شناسی زون *B* (تاقدیس اسماعیل آقا) به همراه وضعیت گاز



شکل ۵. نیمرخ زمین‌شناسی زون *C* (ناودیس *S9*) به همراه وضعیت گاز



شکل ۶ . نیمرخ زمین‌شناسی زون D (تاقدیس زیمکان یا کردی قاسمان) به همراه وضعیت گاز

ساختارهای کنترل‌کننده انتقال و نشت سیالات به داخل تونل

تخمین مقدار و نرخ جریان سیال زیرزمینی به داخل تونل قبل از حفاری بسیار مشکل می‌باشد، زیرا مقدار جزیان آب زیرزمینی وارد شده به تونل با ساختارهای زمین‌شناسی و هدایت هیدرولیکی لایه‌های سنگی تغییر چشم‌گیری می‌کند (لین و لی، ۲۰۰۹). بسیاری از مشکلات ژئوتکنیکی در تونل‌هایی که در پهنه‌های گسلی و خرد شده حفر می‌شوند به وجود می‌آید (ژوئل، ۲۰۱۴). مشکلات ژئوتکنیکی حفر تونل در هنگام برخورد با پهنه‌های گسلی عبارتند از: بی‌ثباتی سطح، تغییر شکل ناشی از تحکیم و یا تورم سنگ‌های گسلی شده و بی‌ثباتی در مرحله ساخت و ساز (رایدمولر، ۱۹۸۷). پهنه‌های گسلی اغلب به عنوان ساختارهای نفوذپذیر و مجراهایی برای هدایت سیالات به داخل تونل عمل می‌کنند (فراسون و همویست، ۲۰۱۰).

شکستگی‌های ریز و درشت در منطقه و نقش آن‌ها در هدایت سیالات (آب و گاز) به تونل

عامل نشت سیالات (آب و گازهای H_2S و CH_4) به داخل تونل نوسود شکستگی‌ها ریز و درشت و گسل‌ها می‌باشند. در منطقه مورد مطالعه شکستگی‌ها به لحاظ اندازه دهانه آن‌ها به دو دسته ریز و درشت تقسیم شده‌اند که هر کدام خود به سه نوع باز (جوان یا نوع اول)، بسته (قدیمی یا نوع دوم) و دو یا چند بار فعال شده (قدیمی دوباره فعال شده یا نوع سوم) قابل تقسیم هستند. شکستگی‌های نوع دوم و سوم در محدوده مورد مطالعه توسط سیمان کلسیتی پر شده‌اند. در زیر به عوامل تشکیل آن‌ها اشاره خواهد شد (جدول ۱).

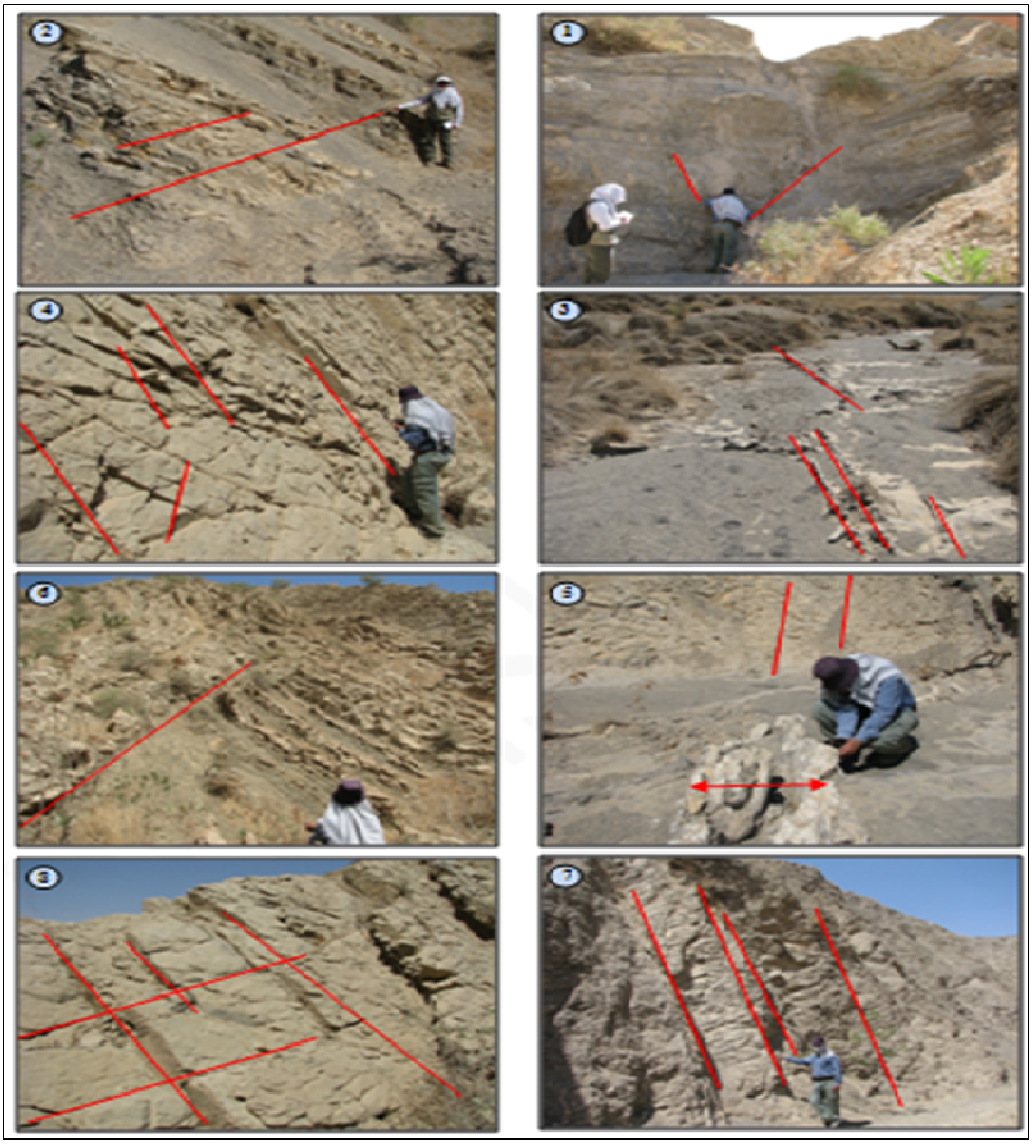
الف- شکستگی‌های باز (نوع اول): این دسته از شکستگی‌ها به وسیله‌ی سیالات دینامیک دچار انسداد نشده‌اند، به همین علت شاید بتوان آن‌ها را به نحوی شکستگی‌های جوان‌تر نیز نامید. امکان ارزیابی تحت الأرضی این درزها با شواهد سطح‌الأرضی یا غیرممکن بوده و یا محدود به کیفیت آن‌ها است. این شکستگی‌ها در سطح زمین در واحدهای کربناته گورپی و گرو در تاقدیس‌های ازگله، اسماعیل آقا و زیمکان قابل رؤیت هستند (شکل ۷ تصاویر ۱ و ۲).

ب- شکستگی‌های بسته (نوع دوم): این درزه‌ها در منطقه مورد مطالعه به وسیله‌ی کانی‌هایی مانند کلسیت، دولومیت، انیدریت و سلستیت پر شده‌اند. درشتی بلورها حاکی از وجود سیالاتی با تحرک ضعیف هستند. این درزه‌ها گویای نشت‌های بسیار قدیمی بوده که معمولاً جریان آب و یا دیگر سیالات امروزه در آن‌ها دیده نمی‌شوند. قابلیت انطباق آن‌ها در سطح و در عمق وجود دارد. در منطقه مورد مطالعه این شکستگی‌ها به وفور در تمامی سازندهای رخنمون یافته در سطح و زیرزمین دیده می‌شوند (شکل ۷ تصاویر ۳ و ۴).

ج- شکستگی‌های دو یا چند باره فعال شده (نوع سوم): این دسته از شکستگی‌ها در اثر جریان آرام سیالات در ابتدا در اثر تبلور کانی‌هایی چون کلسیت، دولومیت و انیدریت و . . . دچار انسداد شده و دیگر بار با حرکات تکتونیکی بعدی همان شکستگی‌ها مجدداً شکسته شده‌اند (شکل ۷ تصاویر ۵ تا ۸).

جدول ۱. انواع شکستگی‌های شناسایی شده در محدوده‌ی تونل نوسود با توجه به توانایی حمل آب، گازهای متان و هیدروژن سولفوره (مهندسین مشاور لار، ۱۳۸۵)

سیال / شکستگی		H_2O	H_2S	CH_4
جوان	ریز	*No*	*No*	*Yes*
قدیمی		*No*	*No*	*Probably*
قدیمی دوباره فعال شده		*No*	*Yes*	*Probably*
جوان	درشت	*Yes*	*Yes*	*Probably*
قدیمی		*No*	*Probably*	*Probably*
قدیمی دوباره فعال شده		*Yes*	*Yes*	*Yes*



شکل ۷. شکستگی‌های نوع اول، دوم و سوم در سازند گورپی. تصاویر ۱ و ۲ نوع اول، تصاویر ۳ و ۴ نوع دوم و تصاویر ۵ تا ۸ نوع سوم را نشان می‌دهند.

سازند گرو به دلیل داشتن لیتولوژی عمدتاً آهکی و شکستگی‌های بزرگ و فراوان، حجم آب و مقدار گاز H_2S افزایش نشان می‌دهد. اگر در محدوده‌ای حجم آب افزایش یابد و افزون بر شکستگی‌های درشت، شکستگی‌های ریز هم وجود داشته باشد؛ علاوه بر مقدار گاز H_2S، حجم گاز CH_4 نیز افزایش پیدا می‌کند این افزایش گاز متان در ارتباط با لیتولوژی عمدتاً شیلی سازند گورپی می‌باشد. در محدوده‌هایی که فقط گاز CH_4 افزایش می‌یابد تنها شکستگی‌های ریز و عمیق موجود در سازند گورپی عامل کنترل‌کننده‌ی مقدار گاز متان هستند. شایان ذکر است که با پیشرفت حفاری در تونل مقدار دبی خروجی و غلظت گاز H_2S نیز بیش‌تر می‌شود به طوری که در ابتدای حفاری غلظت گاز H_2S به ۳۵۰ پی‌پی‌ام در تاقدیس ازگله و در ۱۴۰۰۰ متری تونل (تاقدیس اسماعیل آقا) به ۶۰۰ پی‌پی‌ام می‌رسد. (جدول۲).

در متراژهایی که با افزایش حجم آب مقدار گاز H_2S افزایش یافته و یا در مقابل حجم آب نسبتاً ثابت، مقدار گاز H_2S افزایش می‌یابد، عبور آب از میان شکستگی‌ها سبب افزایش غلظت گاز H_2S در فضای زهکشی جدید (تونل) می‌شود. در مورد گاز متان مسئله کمی متفاوت بوده، زیرا دوگانه بودن منشاء گاز CH_4 و H_2S باعث عدم ارتباط آن‌ها با یکدیگر است. در متراژهایی که گاز CH_4 بالا می‌رود، معمولاً مقدار آب و گاز H_2S افزایشی از خود نشان نمی‌دهند. وجود شکستگی‌های ریز و نوع اول و لیتولوژی عمدتاً شیلی سازند گورپی از مهم‌ترین عوامل افزایش گاز متان در حجم‌های ثابت آب و گاز H_2S است. در نقاطی که علاوه بر افزایش حجم آب و گاز H_2S، گاز متان هم افزایش نشان می‌دهد (مانند متراژهای ۸۵۰۴ و ۸۷۴۳) شکستگی‌های ریز و درشت از نوع اول و سوم و لیتولوژی عمدتاً شیلی و ساختمان‌های ناودیسی از عامل کنترل‌کننده‌ی آن‌ها هستند.

گسل‌های موجود در منطقه و نقش آن‌ها در هدایت سیالات به تونل

تونل نوسود در یک منطقه کوهستانی و در زون زاگرس چین‌خورده حفر شده است. منطقه مورد مطالعه تحت تاثیر حرکات تکتونیکی جوان زاگرس چین‌خورده می‌باشد. در تونل نوسود ۶ تاقدیس و ۸ ناودیس وجود دارد که محور تونل از میان آن‌ها عبور می‌کند. سطح محوری تاقدیس‌ها و ناودیس‌ها اغلب قائم و امتداد آن‌ها شمال باختر به جنوب خاور می‌باشد. با توجه به موقعیت تکتونیکی منطقه، ۸ گسل با سازوکار راندگی و معکوس و دو پهنه گسله معکوس در منطقه شکل گرفته‌اند. از بین تاقدیس‌ها و ناودیس‌های متعدد در منطقه دو تاقدیس ازگله و کردی قاسمان و ناودیس $S5$ جزء ساختارهایی هستند که میزان سیالات وارد شده به تونل در آن‌ها خیلی چشمگیر می‌باشد.

تاقدیس ازگله

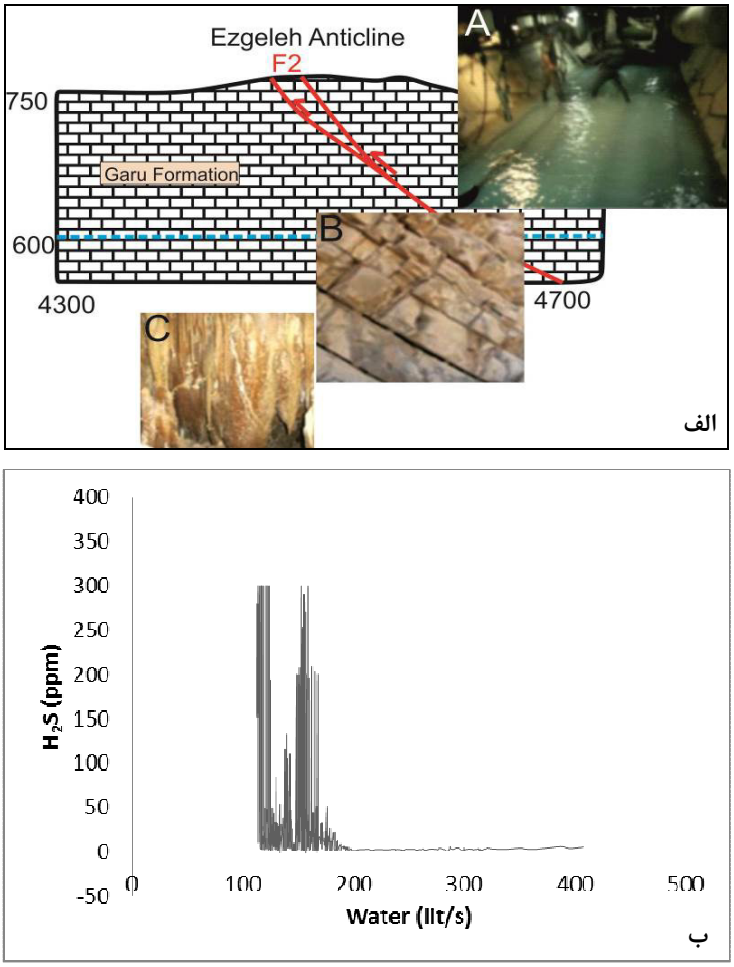
این تاقدیس در منطقه مورد مطالعه عمدتا از سازندهای گرو و گورپی تشکیل شده است. گسل $F2$ در این تاقدیس عمل کرده و حجم قابل‌ملاحظه‌ای از آب (۱۸۰ لیتر در ثانیه) و گاز H_2S با بیش از ۳۰۰ پی‌پی‌ام را به درون تونل زهکشی می‌کند (شکل ۸ الف و ب). عملکرد این گسل در تاقدیس مورد نظر سبب خشک شدن بسیاری از چشمه‌ها (مانند چشمه‌های ژاله کوسه، اسپر، آبدالان و . . .) و یا کم آب شدن آن‌ها شده است (مهندسین مشاور ایمن‌سازان، ۱۳۸۵). شکستگی‌ها را می‌توان عامل مهمی در نشت آب و گاز به داخل تونل دانست. در یال جنوب غربی و مرکز تاقدیس ازگله، توسعه و عمق شکستگی‌ها بیش‌تر از یال شمال شرقی است. این موضوع می‌تواند توجیه کننده اختلاف مقدار جریان نشتی به داخل تونل در دو یال تاقدیس ازگله باشد.

ناودیس $S5$

با توجه به خاصیت هیدرودینامیکی سازند گورپی که پتانسیل عبور سیالات را ندارد، واحد ۴ این سازند، آهک رسی ضخیم لایه با شکستگی فراوان می‌باشد. نفوذ جریان‌های جوی، از طریق این شکستگی‌ها نفوذ کرده و در لایه‌های سنگی انباشته می‌شود. این ناودیس به دلیل دارا بودن لیتولوژی غالب شیلی که عمدتا سازند گورپی می‌باشد به لحاظ توسعه درز و شکاف‌ها یک زون فعال از نظر ورود سیالات (آب و گاز) به درون تونل می‌باشد (شکل ۹ الف و ب). حجم گاز متان وارد شده به درون تونل در این ناودیس ۱۰۰ پی‌پی‌ام و دبی آب به بیش از ۹۰۰ لیتر در ثانیه می‌رسد.

جدول ۲. افزایش غلظت گاز H_2S در طی پیشرفت حفاری (مهندسین مشاور لار، ۱۳۸۵)

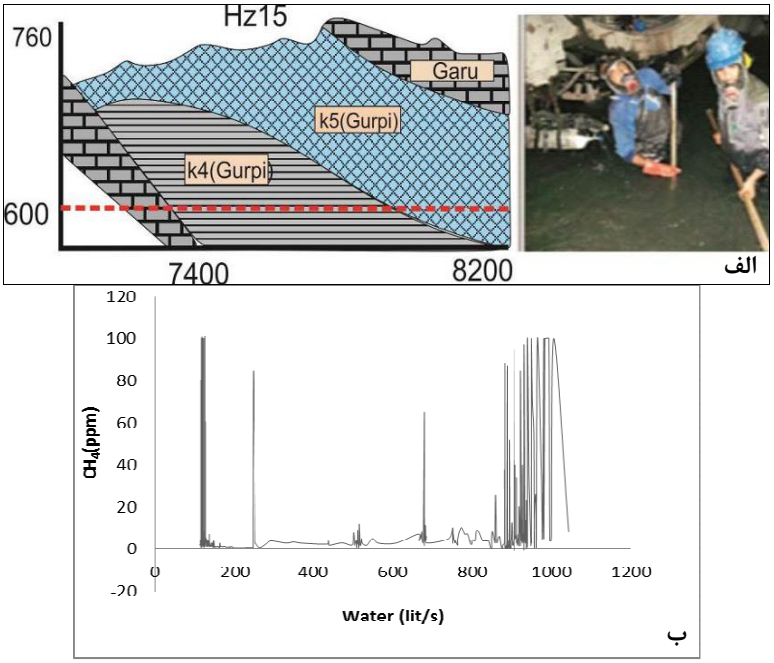
متر	دبی خروجی *Lit/s*	غلظت گاز H_2S بر حسب *ppm*
۳۷۰۰ تا ۵۰۰۰ (تاقدیس ازگله)	۱۰۰	۳۵۰
۷۶۰۰ تا ۹۰۰۰ (ناودیس S-۵)	۵۰۰	۳۰۰
۱۳۴۰۰ تا ۱۴۲۶۰(تاقدیس اسماعیل آقا)	۶۰۰	۶۰۰



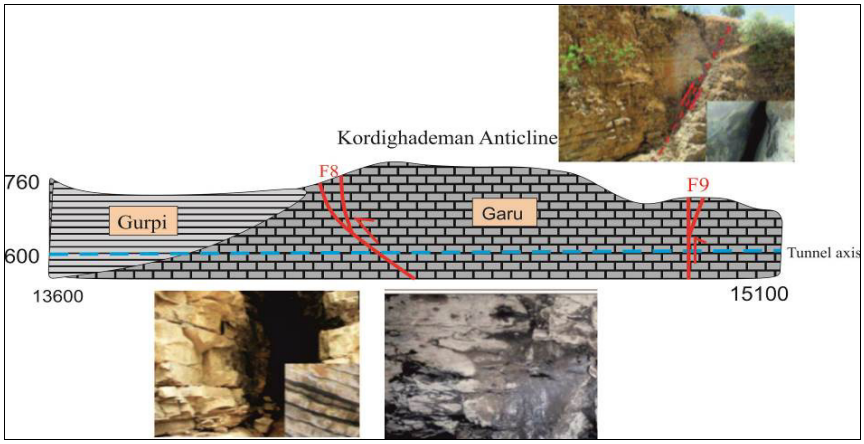
شکل ۸. الف) عملکرد گسل $F2$ در تاقدیس ازگله. *A*: هجوم آب فراوان به دلیل عملکرد گسل *B*: شکستگی در سطح سنگ‌آهک‌های سازند گرو *C*: غار کارستی در امتداد گسل، ب) نمودار مقدار غلظت گاز هیدروژن سولفوره نسبت به مقدار دبی خروجی تونل (تاقدیس ازگله).

تاقدیس کردی قاسمان

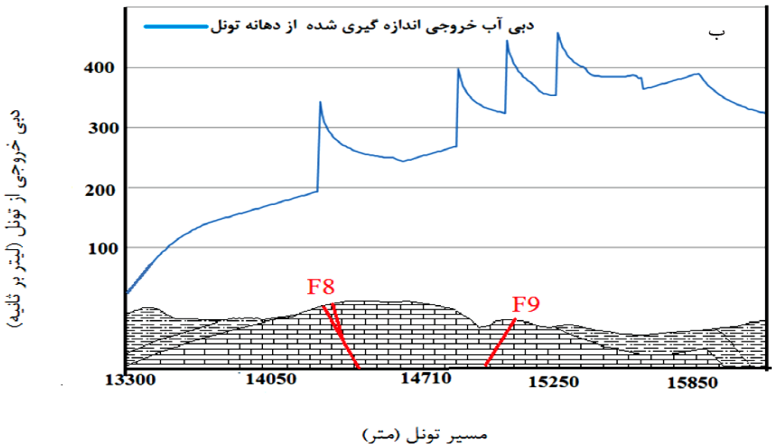
این تاقدیس در منطقه مورد مطالعه عمدتا از سازند گرو تشکیل شده است. گسل‌های $F8$ و $F9$ در این تاقدیس عمل کرده و حجم قابل‌ملاحظه‌ای از آب (بیش از ۴۰۰ لیتر در ثانیه) را به درون تونل زهکشی می‌کند (شکل ۱۰). سطح آب گمانه‌های حفاری شده در تاقدیس کردی قاسمان بیش‌تر از تاقدیس ازگله می‌باشد. از جمله این دلایل می‌توان به وجود رودخانه کردی قاسمان به عنوان تغذیه کننده آبخوان و هم‌چنین گسترش واحدهای کربناته سازند گرو با شکستگی فراوان در منطقه اشاره کرد. بیش‌ترین دبی آب در تاقدیس مورد نظر مربوط به گسل‌های $F8$ و $F9$ می‌باشد که در این پهنه‌ها دبی آب ورودی به تونل به بیش از ۴۰۰ لیتر در ثانیه می‌رسد (شکل ۱۱). غلظت گازهای سولفید هیدروژن و متان در این پهنه‌ها به بیش از ۴۰۰ پی‌پی‌ام می‌رسد.



شکل ۹ . الف) نمایی از ناودیس *S5* و لیتولوژی غالب شیلی در این ناودیس، ب) نمودار مقدار غلظت گاز متان نسبت به مقدار دبی خروجی تونل (ناودیس *S5*) (مهندسین مشاور لار، ۱۳۸۵).



شکل ۱۰ . عملکرد گسل‌های *F8* و *F9* در تاقدیس کردی قاسمان و توسعه شکستگی‌های فراوان در این تاقدیس.



شکل ۱۱. افزایش دبی آب در تاقدیس کردی قاسمان به دلیل عملکرد گسل‌های *F8* و *F9*.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصله و انواع گازهای آزاد شده به داخل تونل می‌توان چنین عنوان نمود که منشا و تولید گاز CH_4 عمدتا از سازند شیلی گرو و همچنین زایش گاز CO_2 از رسوبات گرو گورپی صورت گرفته است که در طی فرآیند دیاژنزی و کاتاژنزی خروج گازی‌های سبک CH_4، CO_2 رخ می‌دهد. کما اینکه خروجی گازهای متان با مقادیر بیش‌تر از سازند گرو و گورپی در بخش‌هایی از تونل دیده می‌شود.

در مکان‌هایی که شکستگی‌ها و گسل‌ها به سطح زمین می‌رسند، گاز متان از میان آن‌ها عبور کرده و ضمن خروج، شعله‌ور شده که در مواردی به خوبی در منطقه مشاهده شده است. عمده گازهای متان و دی‌اکسیدکربن موجود در داخل تونل از منشأ سازند گرو بوده که در مناطق با شکستگی زیاد و محل تلاقی گسل‌ها، به داخل تونل نشت کرده است. این گازها مشکلات جدی را در روند حفاری به وجود آورده‌اند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند که از داوران محترم این نشریه که در جهت ارتقای کیفی این مقاله، پیشنهادات ارزنده‌ای ارائه نمودند، تشکر و قدردانی نمایند.

منابع

اربابی، م (۱۳۹۰) نقش سازند گرو در اسیدی شدن آب‌های تونل آبرسانی نوسود، ازگله، شمال‌غرب کرمانشاه. پایان نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه بوعلی‌سینا همدان، ۱۱۱ ص.

اشکان، ع. م (۱۳۸۳) اصول مطالعات ژئوشیمیایی سنگ‌های منشأ هیدروکربوری و نفت‌ها با نگرش ویژه به حوضه رسوبی زاگرس. انتشارات شرکت ملی نفت ایران. ۳۵۵ ص.

رفیعی، ب. اربابی، م. محسنی، ح. بیاتی، م (۱۳۹۲) ژئوشیمی آلی، بلوغ حرارتی و پتانسیل هیدروکربن‌زایی سازند گورپی، ازگله، شمال‌غرب کرمانشاه. نشریه رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۱، شماره ۲، ص ۳۷-۲۹.

مطیعی، ه (۱۳۸۲) زمین‌شناسی نفت زاگرس، جلد ۱ و ۲، سازمان زمین‌شناسی کشور، طرح تدوین کتاب زمین شناسی ایران.

مهندسین مشاور ایمن‌سازان (۱۳۸۵) بررسی پتانسیل ورود گاز به تونل و نکات ایمنی.

مهندسین مشاور لار (۱۳۸۵) مطالعات مرحله یک تونل انتقال آب نوسود.

شرکت ملی نفت ایران (۱۳۸۸) نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ باینگان.

Ala, M. A., Kinghorn, R. R. F., Rahman, M (1980) Organic geochemistry and source rock characteristics of the Zagros petroleum province, Southwest of Iran. Petroleum Geology, 3: 61-86.

Bordenave, M. L., Burwood, R (1990) Source rock distribution and maturation in the Zagros Orogenic Belt: Provenance of Asmari and Bangestan reservoir oil accumulations. Organic Geochemistry, 16: 366-387.

Bordenave, M. L., Huc, A.Y (1995) The Cretaceous source rock in the Zagros Foothills of Iran. Reve De Institut Francais Du Petrol50, 727-754.

Frasson, A., Hemqvist, L (2010) Geology, water inflow and grout selection for tunnel sealing: case studies from two tunnels in hard rock, Sweden. In: Proceedings of the ITA- AITES World Tunnel Congress, Vancouver.

Goel, R. K (2014) Tunneling through weak and fragile rocks of Himalayas. International Journal of Mining Science and Technology, 24: 783-790.

Hunt, J. M (1996) Petrpleum geochemistry and geology.W.H. Freeman and Company, New York, 743p.

Lin, H. I., Lee, C. H (2009) An approach to assessing the hydraulic conductivity disturbance in fractured rocks around the Syueshan tunnel, Taiwan. Tunneling and Underground Space Technology, 24: 222 – 230.

Murris, R. J (1980) Middle East: stratigraphic evolution and oil habitat. AAPG Bulletin, 4: 597-618.

Pasley, M., Gregory, W., Hart, G. F (1991) Organic matter variations in transsgressive and regressive shale. Organic. Geochemistry, 17(4): 483-509.

Riedmuller, G (1987) Neo formation and transformation of clay mineral in tectonic shear zones. Tschermaks mineralogische und petrographische Mitteilungen, 25: 219-242.

The role of structural factors in directing methane and carbon dioxide to the Nosud water transmission tunnel (Azgeleh - northwest of Kermanshah)

A. Jamshidi*[1], M. Sedaghatnia[2] and K. Mirbeyk Sabzevari[3]

1- Assist. Prof., Dept., of Geology, Faculty of sciences, Lorestan University, Khoramabad
2- Ph. D. student, Dept. of Geology, Faculty of Sciences, Bu-Ali-Sina University, Hamedan
3- Dept., of Geotechnical Engineering, Khorramabad Branch, Islamic Azad University, Khorramabad

** jamshidi.am@lu.ac.ir*

Recieved: 2020/4/27 ***Accepted: 2020/9/15***

Abstract

Nosud water transfer tunnel with a length of 45 km has been constructed to guide and transfer water in the northwest of Kermanshah. The tunnel passes through several anticlines and synclines and as soon as its axis enters the Garo and Gurpi formations, gases with a volume of more than 400 ppm are drained into the tunnel, which is mainly related to the Azgleh and Kurdish Qasman anticlines. In the Zagros Basin, the Garou and Gurpi Formations are known as high potential oil source rocks. In the study area, despite the predominant type III kerogen, which is mainly of dry origin, a large volume of gases, mainly methane and carbon dioxide, are found. Due to the expansion of Garo and Gurpi formations in the region, gas-prone zones in the tunnel axis are divided into four parts A, B, C, D, which is the largest volume of gas produced in the Kurdish anticline of Qasman and is related to zone D. The gases produced from these areas along with a large volume of water are led into the tunnel through tectonic fractures, which are mainly joints and faults, among which faults play a very important role in the Kurdish anticline of Qasman and the anticline of the herd.

Keywords*: Garou formation, Tectonic structures, Gas production, Nosud water supply tunnel, Kermanshah*