کتابخانه مرکزی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
تاریخ: ۸۳/۵/۸
شماره ثبت: ۸۱۶۱۸

بسمه تعالی

وزارت صنایع و معادن

سازمان صنایع و معادن استان ایلام

پروژه

برداشت‌های ژئوفیزیکی کانسار بیتومین در شهرستان ایوان استان ایلام

مهندسین مشاور تهران پادیر

سال ۱۳۸۱

فهرست نوشتارها

موضوع	صفحه
پیشگفتار	۱
بخش نخست : کلیات	
۱-۱- آب و هوای منطقه	۲
۱-۲- اهداف مطالعات	۲
بخش دوم : زمین‌شناسی سازندهای موجود در منطقه	
۲-۱- سازند آسماری	۴
۲-۲- سازند گچساران	۶
بخش سوم : زمین‌شناسی ذغال‌سنگ	
۳-۱- خاستگاه و پیدایش ذغال‌سنگ	۹
۳-۱-۱- وجود بازمانده‌های گیاهان فراوان	۹
۳-۱-۲- آب و هوا	۱۰
۳-۱-۳- تجزیه بازمانده‌های گیاهی	۱۰
۳-۲- دگرگونی و تشکیل ذغال‌سنگ	۱۱
۳-۲-۱- فاز بیوشیمی دگرگونی	۱۲
۳-۲-۲- تورب‌زائی	۱۳
۳-۲-۳- بیتومین‌زائی	۱۳
۳-۲-٤- تشکیل ذغال‌سنگ‌های قهوه‌ای نرم	۱۴
۳-۳- فاز ژئوشیمیائی دگرگونی	۱۵
۳-۳-۱- تشکیل ذغال‌سنگ قهوه‌ای سخت	۱۵
۳-٤- رخساره رسوب ذغال‌سنگ‌دار و لایه‌های راهنما	۱۵
۳-٤-۱- رسوبات دریائی	۱۵
۳-٤-۲- کنگلومرا	۱۶
۳-٤-۳- لایه‌های راهنما با فسیل‌های گیاهی	۱۶
۳-٤-٤- سیکلوتم‌ها	۱۶
۳-٤-٥- میکروفسیل‌ها	۱۷
۳-٥- نکاتی درباره ذغال‌سنگ	۱۷

فهرست نوشتارها

موضوع	صفحه
۳-۵-۱- شناسائی و وابستگی لایه‌های ذغال‌سنگ	۱۷
۳-۵-۲- گازهای همراه ذغال‌سنگ‌ها	۱۸
۳-۵-۳- طبقه‌بندی ذغال‌سنگ‌ها	۱۸
بخش چهارم : روش‌شناسی	
٤-۱- مقدمه‌ای بر روش سونداژ الکتریکی قائم (VES)	۲۱
٤-۲- اساس تفسیرمنحنی‌های سونداژ الکتریکی با استفاده از رایانه	۲۲
٤-۳- تفسیرمنحنی‌های صحرایی	۲۴
٤-٤- مروری بر مطالعات انجام گرفته بر روی ناپیوستگی جانبی	۲۷
بخش پنجم : مطالعات ژئوالکتریک در محدوده سیاهگل	
٥-۱- سونداژ آزمایشی	۳۱
٥-۲- شبه مقاطع و مقاطع ژئوالکتریکی محدوده سیاهگل	۳۵
٥-۲-۱- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۱	۳۵
٥-۲-۲- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۲	۳۵
٥-۲-۳- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۳	۴۰
٥-۲-٤- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-٤	۴۰
٥-۲-٥- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-٥	۴۵
٥-۲-٦- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-٦	۴۵
٥-۲-۷- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۷	۵۰
٥-۲-۸- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۸	۵۱
٥-۲-۹- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۹	۵۶
٥-۲-۱۰- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۱۰	۵۹
٥-۲-۱۱- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۱۱	۵۹
٥-۲-۱۲- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۱۲	۶۴
٥-۳- شرح نقشه‌های هم‌مقاومت ظاهری در محدوده سیاهگل	۶۷
٥-۳-۱- شرح نقشه هم‌مقاومت الکتریکی ظاهری برای AB/2= ۳/۱٦ (عمق تقریبی ۱/٥ متر)	۶۷
٥-۳-۲- شرح نقشه هم‌مقاومت الکتریکی ظاهری برای AB/2 =٦/۸ (عمق تقریبی ۳/٤ متر)	۷۰
٥-۳-۳- شرح نقشه هم‌مقاومت الکتریکی ظاهری برای AB/2= ۱٤/۷ (عمق تقریبی ۷/٤ متر)	۷۲
٥-۳-٤- شرح نقشه هم‌مقاومت الکتریکی ظاهری برای AB/2= ۳۱/٦ (عمق تقریبی ۱٥/۸ متر)	۷۴
٥-۳-٥- شرح نقشه هم‌مقاومت الکتریکی ظاهری برای AB/2= ٦۸/۱ (عمق تقریبی ۳٤ متر)	۷۶

مهندسین مشاور تهران پادیر
Tehran Padir

فهرست نوشتارها

موضوع | صفحه

۵-۳-۶- شرح نقشه هم‌مقاومت الکتریکی ظاهری برای ۱۰۰= AB/2 (عمق تقریبی ۵۰ متر) ۷۸
۵-۳-۷- شرح نمائی سه بعدی تغییرات مقاومت الکتریکی ظاهری در محدوده سیاهگل ۸۰
۵-٤- برداشت‌های C.R.P در محدوده سیاهگل ۸۲

بخش ششم : مطالعات ژئوالکتریک محدوده گیلانه

٦-۱- شرح مقاطع و شبه مقاطع پروفیل های محدوده گیلانه ۸۹
٦-۱-۱- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل 1G ۸۹
٦-۱-۲- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل 2G ۸۹
٦-۱-۳- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل 3G ۹۴
٦-۱-٤- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل 4G ۹۴
٦-۱-۵- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل 5G ۱۰۰
٦-۱-٦- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل 6G ۱۰۰
٦-۲- شرح نقشه‌های هم‌مقاومت الکتریکی ظاهری در محدوده گیلانه ۱۰۵
٦-۲-۱- شرح نقشه هم‌مقاومت الکتریکی ظاهری برای ۳/۱٦= AB/2 (عمق تقریبی ۱۰٦ متر) ۱۰۵
٦-۲-۲- شرح نقشه هم‌مقاومت الکتریکی ظاهری برای ٦/۸۱= AB/2 (عمق تقریبی ۳/٤ متر) ۱۰۷
٦-۲-۳- شرح نقشه هم‌مقاومت الکتریکی ظاهری برای ۱٤/۷= AB/2 (عمق تقریبی ۷/٤ متر) ۱۰۹
٦-۲-٤- شرح نقشه هم‌مقاومت الکتریکی ظاهری برای ۳۱/٦= AB/2 (عمق تقریبی ۱۵/۸ متر) ۱۱۱
٦-۲-۵- شرح نقشه هم‌مقاومت الکتریکی ظاهری برای ٦۸/۱= AB/2 (عمق تقریبی ۳٤ متر) ۱۱۳
٦-۲-٦- شرح نقشه هم‌مقاومت الکتریکی ظاهری برای ۱۰۰= AB/2 (عمق تقریبی ۵۰ متر) ۱۱۵
٦-۲-۷- نمائی سه بعدی گسترش مقاومت الکتریکی ظاهری در محدوده گیلانه ۱۱۵

بخش هفتم : مطالعات ژئوالکتریکی محدوده ساندری – شورابه

۷-۱- شرح شبه مقاطع و مقاطع ژئوالکتریکی محدوده ساندری ۱۲۰
۷-۱-۱- شرح شبه مقطع و مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۱ ۱۲۰
۷-۱-۲- شرح شبه مقطع و مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۲ ۱۲۰
۷-۱-۳- شرح شبه مقطع و مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۳ ۱۲۳
۷-۱-٤- شرح شبه مقطع و مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-٤ ۱۲۳
۷-۱-۵- شرح شبه مقطع و مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۵ ۱۲۴
۷-۱-٦- شرح شبه مقطع و مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-٦ ۱۲۸
۷-۱-۷- شرح شبه مقطع و مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۷ ۱۲۸
۷-۲- پروفیل‌های دوقطبی – دوقطبی ۱۳۱
نتایج ۱۳۳
منابع ۱۳۶
REFERENCES ۱۳۷
پیوست : مگرهای دنالسنگ محدوده سیاهگل و عملیات برداشت‌های ژئوفیزیکی ۱۳۸

پیشگفتار

مطالعات اکتشافی کانسار ذغال‌سنگ (بیتومین) در شهرستان ایوان استان ایلام طی قرارداد شماره ۵۶۸۹ مورخ ۸۱/۶/۱۷ به**شرکت مهندسین مشاور تهران پادیر** واگذار گردید.

برمبنای بررسی‌های اولیه کارشناسی و با توجه به‌ویژگی‌های کانسار، امکانات مالی طرح و ... مطالعات ژئوفیزیکی به‌طریقه ژئوالکتریک برای اجرای طرح پیشنهاد و مورد تأیید کارفرما قرار گرفت.

برداشت‌های صحرائی که در نیمه‌دوم سال ۸۱ انجام گرفته شامل تعداد ۳۲۲ برداشت ژئوفیزیکی با استفاده از آرایش‌های مختلف شولومبرژه، C.R.P و دوقطبی – دوقطبی می‌باشد.

محدوده مطالعاتی در ناحیه رزند شهرستان ایوان با وسعت بیش از ۳۲ هکتار است که شامل سه ناحیه به‌اسامی *محدوده سیاهگل، محدوده معدن گیلانه و محدوده معدن ساندری-شورابه* می‌باشد.

- در محدوده سیاهگل تعداد ۱۵ پروفیل اندازه‌گیری شده که از این تعداد ۵ پروفیل امتداد شرقی – غربی داشته و بقیه در امتداد شمال – جنوب و یا شمال شرق – جنوب غرب واقع شده‌اند.

- در محدوده معدن گیلانه نیز تعداد ۶ پروفیل اندازه‌گیری شده که ۳ پروفیل در جهت شرقی – غربی و ۳ پروفیل تقریبا" در جهت شمالی –جنوبی قرار گرفته‌اند.

- در محدوده معدن ساندری –شورابه تعداد ۷ پروفیل شولومبرژه و سه پروفیل با آرایه دوقطبی- دوقطبی اندازه‌گیری شده است.

بخش اول گزارش "کلیات"، بخش دوم گزارش زمین‌شناسی سازندهای موجود در منطقه، بخش سوم کلیات زمین‌شناسی ذغال‌سنگ و در بخش چهارم به‌بعد مطالعات و تعبیر و تفسیر سونداژهای ژئوالکتریکی انجام شده ارائه گردیده است.

تعبیر و تفسیر داده‌های ژئوفیزیکی با استفاده از برنامه رایانه‌ای **SURFER, IPI, ZOHDI** انجام گرفته و نتایج آنها به‌صورت نمودارهای رنگی ارائه گردیده است.

اجرای مطالعات بدون مساعدت و همکاری ***سازمان صنایع و معادن استان ایلام*** مقدور نبود از اینرو لازم است از **جناب آقای مهندس سلیمانی ریاست محترم سازمان، آقای مهندس نصیری معاون محترم امور معادن** و سایر کارشناسان و مسئولین محترم سازمان مذکور قدردانی و تشکر به‌عمل آوریم.

بخش نخست : کلیات

محدوده مورد مطالعه در این گزارش واقع در حدود ۳۰ کیلومتری شمال شهر ایوان در بخش شمالی استان ایلام می‌باشد. این محدوده به‌فاصله حدود ۲۵ کیلومتر درشمال شهر ایوان در محل دور راهی زرند قبل از بخش زرند به‌سمت چپ (غرب) در حدود ۲۰ کیلومتر تا محل روستای سیاهگل که اولین محدوده مورد مطالعه است فاصله می‌باشد دو محدوده ساندری – شورابه و گیلانه نیز به‌فاصله ۵ و ۱۰ کیلومتر از روستای سیاهگل قرار دارند. پس از دو راهی زرند به‌سمت چپ حدود ۵ کیلومتر جاده آسفالته است و بقیه جاده خاکی می‌باشد. محل جغرافیائی محدوده مورد مطالعه در نقشه راههای صفحه بعد مشخص شده است.

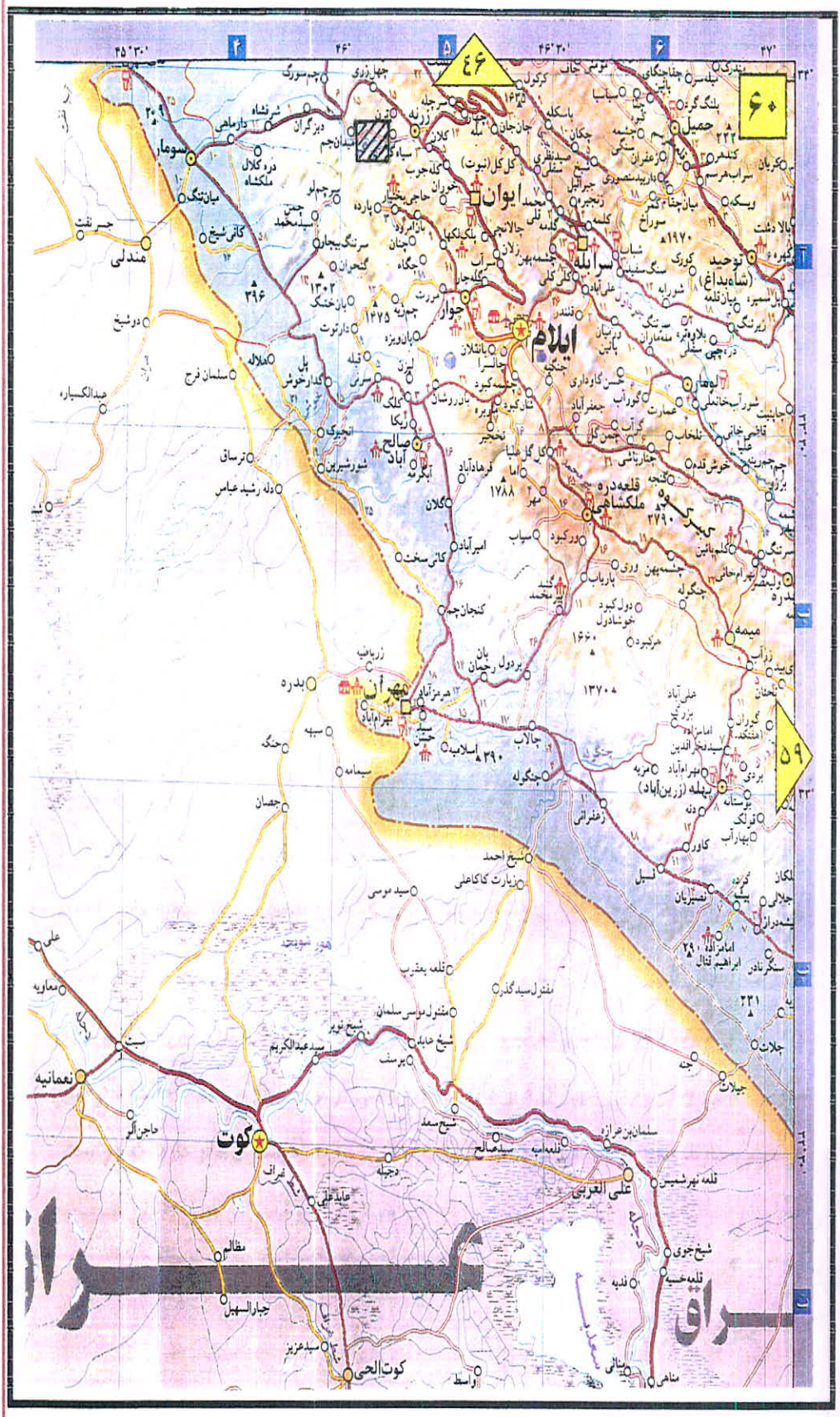
۱-۱- آب و هوای منطقه

به‌طور کلی منطقه مورد مطالعه دارای آب و هوای گرم و خشک در فصل تابستان و نواحی برف‌گیر در فصل زمستان می‌باشد، محدوده‌های مورد مطالعه در شمال شهرستان ایوان جزء ناحیه گرمسیری منطقه محسوب می‌شوند. پوشش گیاهی منطقه اغلب در نواحی مرتفع‌تر، کم پشت و از نوع درختان بلوط به‌طور پراکنده می‌باشد و به‌دلیل نوع سازندهای موجود در منطقه که اغلب از جنس گچ و مارن می‌باشند از لحاظ پوشش گیاهی وضعیت مناسبی ندارد.

۱-۲- اهداف مطالعات

مطالعات انجام شده به‌روش ژئوالکتریک به‌منظور تعیین وضعیت آنومالی‌های کانسار بیتومین در محدوده شمال شهرستان ایوان (استان ایلام) انجام شده. این مطالعات با استفاده از آرایه‌های شولومبرژه، C.R.P و دوقطبی – دوقطبی صورت گرفته که بیش از ۸۰ درصد مطالعات شامل برداشت‌های شولومبرژه می‌باشد، هدف از این مطالعات تعیین وضعیت زیر سطحی لایه‌های زمین از نظر مقاومت الکتریکی و تغییرات آن می‌باشد که با استفاده از این روش و تهیه شبه مقاطع، مقاطع و نقشه‌های هم‌مقاومت مربوط و همچنین استفاده از شواهد زمین‌شناسی سعی شده تا محل آنومالی‌های احتمالی تعیین شود. همانگونه که ذکر شد قسمت عمده مطالعات به‌روش شولومبرژه انجام شده و از روش های C.R.P و دوقطبی – دوقطبی به‌منظور تعیین امکان سنجی انجام این روش‌ها استفاده شده است.

مهندسین مشاور تهران پادیر
Tehran Padir



نقشه موقعیت کانسار و راههای دسترسی (مقیاس ۱:۱،۰۰۰،۰۰۰).

بخش دوم : زمین‌شناسی سازندهای موجود در منطقه

منطقه مورد مطالعه از نظر زمین‌شناسی در زون ساختاری زاگرس چین‌خورده قرار دارد و عمده سازندهائی که در منطقه برونزد دارند شامل لایه‌های مارنی و گچی سازند گچساران و سازند آهکی آسماری می‌باشند. ساختارهای موجود در منطقه اغلب شامل چین‌های ملایم می‌باشد که بوسیله یکسری زون‌های گسلی و ناپیوستگی قطع شده‌اند. رگه‌های ذغالی (بیتومین) موجود در منطقه اغلب در سازند گچساران و در میان لایه‌های گچی و مارنی قرار دارند. در این قسمت به‌طور کلی ویژگی‌های زمین‌شناسی سازندهای آسماری و گچساران تشریح می‌شود.

۲-۱- سازند آسماری

نام این سازند از کوه آسماری در خوزستان اخذ شده است. این کوه تاقدیس فشرده و فرسایش یافته‌ای تشکیل می‌دهد که در هسته آن سازند آسماری بیرون زدگی دارد، ولی مقطع نمونه آن در تنگ گل‌ترش در جنوب غربی کوه آسماری انتخاب شده و از ابتدا به‌آن آهک آسماری اطلاق می‌شد. ضخامت آن در مقطع نمونه ۳۱٤ متر، ولی عموما" از چند متر تا ۵۱۸ متر متفاوت است. این سازند از نظر لیتولوژی شامل آهک کرم تا قهوه‌ای رنگ است که در بیرون زدگی‌ها به‌صورت برجسته با درز و شکاف‌های زیاد به‌خوبی مشخص است. در محل مقطع نمونه فقط قسمت میانی و فوقانی سازند قابل رؤیت است. بخش قاعده‌ای آن ممکن است به‌طور جانبی به‌شیل‌های پابده و انیدریت (بخش کلهر در لرستان) تبدیل شود. سازند آسماری در کنتاکت زیرین خود، عموما" شیل‌ها و مارن‌های سازند پابده را به‌طور هم‌شیب می‌پوشاند. ولی در مرکز لرستان با دگرشیبی فرسایشی روی سازند آهکی و دولومیتی شهبازان قرار دارد که در بخشی از نواحی فارس هم به‌حالت دگرشیبی فرسایشی سازند جهرم را فرا می‌گیرد. در کنتاکت فوقانی، سازند گچساران قرار دارد که در بخش محلی از جنوب غرب ایران سازند آسماری را به‌حالت هم‌شیب می‌پوشاند. در فارس داخلی هم سازند رازک، که جانشین گچساران می‌شود، به‌طور هم شیب روی آسماری قرار می‌گیرد.

سازند آسماری شامل دو بخش است :

۱- بخش ماسه سنگی اهواز : این بخش از ماسه سنگ آهکی، گاهی آهک ماسه‌ای همراه با کمی شیل ساخته شده است و بخش قاعده‌ای سازند آسماری را در چاه‌های نفتی اهواز و منصوری تشکیل می‌دهد. در مقطع نمونه ضخامت آن ۲۳۱/۵ متر است. در چاه منصوری، واقع در شمال اهواز، این مقدار به ۳۰ متر کاهش می‌یابد. تصور می‌شود که بخش ماسه سنگی اهواز دنباله سازند *قار* در کویت و جنوب شرق عراق باشد که به‌سمت شمال تا منطقه اهواز به‌صورت زبانه‌ای ظاهر و به‌صورت بین‌انگشتی در قاعده سازند آسماری وارد می‌شود. این احتمال وجود دارد که در هنگام رسوبگذاری بخش زیرین سازند آهکی آسماری در خوزستان، ماسه‌های جنوب غربی این ناحیه به‌وسیله جریان آب شسته و به‌داخل محیط رسوبگذاری آهکی وارد شده و بخش ماسه سنگی اهواز را به‌وجود آوده است، (*اشتوکلین*، ۱۹۷۲).

۲- بخش انیدریتی کلهر : مقطع نمونه در لرستان، در منطقه‌ای به‌نام کوه اناران، واقع است. در واقع بخش میانی سازند آسماری رخساره ویژه‌ای دارد که به‌آن بخش *کلهر* گفته‌اند. ضخامت آن ۱۱۹ متر و از نظر لیتولوژی شامل :

۱- لایه ژیپس به‌ضخامت ۵ متر.

۲- مارن و آهک مارنی به‌ضخامت ۲۰ متر.

۳- ژیپس ضخیم لایه به‌ضخامت ۹۵ متر.

٤- و دو لایه نازک آهکی است.

بخش کلهر فقط در جنوب غربی لرستان گسترش وسیعی دارد. ولی به‌سمت شمال شرق با آهک‌های بخش میانی سازند آسماری حالت بین لایه‌ای دارد. به‌نوشته (*اشتوکلین*، ۱۹۷۲) انیدریت‌های قاعده که در لالی، مسجد سلیمان، هفتگل، نفت سفید و کوه آسماری و بخشی از کوه بنگستان دیده می‌شود، ممکن است ادامه جنوب شرقی بخش کلهر باشد. در یال غربی تاقدیس بنگستان در منطقه بهمئی، در قاعده سازند آسماری، افقی از سلیستین به‌ضخامت ۱۰ تا ۳۰ سانتیمتر وجود دارد که با یک لایه آهک سفید رنگ متراکم (لایه حدواسط) روی سازند پابده قرار می‌گیرد. این لایه را می‌توان معادل رسوبات ژیپس و انیدریت مناطق مجاور دانست که در برخی مناطق به‌عللی

یون *استرانسیوم* جانشین یون کلسیم شده و لایه سلستین فوق به‌جود آمده که از نظر اقتصادی قابل توجه است.

از نظر گسترش جغرافیائی، در تمام منطقه زاگرس، در هر جا که سازند آسماری زیر سازند گچساران یا سازند مشابه آن قرار داشته باشد به‌علت درز و شکاف فراوان و تخلخل زیاد جدیدترین سنگ مخزن نفت محسوب می‌شود. به‌همین دلیل بوسیله زمین شناسان شرکت نفت دقیقاً" مورد مطالعه قرار گرفته است.

به‌علت مقاومت و سختی خاص آهک‌های آسماری، این تشکیلات ارتفاعات و بخش‌های مقاوم منطقه زاگرس چنین خورده را تشکیل می‌دهد و غالباً" پوشش خارجی تاقدیس‌های طویل پشت نهنگی را به‌وجود می‌آورد.

در جنوب لرستان رسوبات تبخیری بخش کلهر جانشین بخش زیرین سازند آسماری شده است. در منطقه خوزستان نیز احتمالاً" همین وضع وجود دارد.

در ناحیه فارس از شمال غرب به‌طرف جنوب شرق، گچساران به‌تدریج جانشین قسمت فوقانی سازند آسماری می‌شود، ولی بخش قاعده‌ای سازند مزبور معمولاً" افق زمانی نسبتاً" ثابتی را نشان می‌دهد.

در نزدیکی قشم و بندرعباس و سراسر جنوب شرقی فارس، سازند آسماری رفته‌رفته به‌طور جانبی با مارن‌های سازند پابده تداخل بین انگشتی دارد. بنابراین در مناطق مزبور، بخش‌های بالائی پابده با بخش‌های زیرین آسماری هم سن می‌شود، به‌نحوی که در شمال جزیره قشم حفاری‌های نفتی مستقیماً" از سازند بالائی آسماری به‌داخل سازند پابده وارد می‌شود. سن کلی سازند آسماری از اولیگوسن تا میوسن آغازی تعیین شده است.

۲-۲- سازند گچساران

نام این سازند از میدان نفتی گچساران انتخاب شده که سازند مزبور در آن به‌خوبی گسترش دارد. سازند مزبور از نظر *واتسون*، جیمز و *واینـد* در خوزستان به۷ بخش تقسیم شده است، ولی در مناطق ساحلی فارس جیمز و *واینـد* سازند گچساران را به‌سه بخش تقسیم کردند. بخش‌های هفت گانه عبارتند از :

بخش ۱ : ضخامت آن ۳۹/٦ متر و به‌آن پوش سنگ یا Cap Rock گفته می‌شود.

بخش ۲ : ضخامت آن ۱۱۳/۵ متر و اساسا" شامل قشر ضخیم نمک است که در آن لایه هائی از انیدریت و آهک نازک لایه نیز دیده می‌شود.

بخش ۳ : ضخامت آن ۲۲۵ متر و شامل دو قسمت است، نیمه زیرین از ایندریت و به‌طور فرعی از نمک است ولی در نیمه فوقانی آن تناوبی از انیدریت، لایه‌های نازک آهک و مارن دیده می‌شود.

بخش ۴ : ضخامت آن ۸۳٤/۵ متر و شامل لایه‌های ضخیم نمک است که همراه با مارن و آهک خاکستری یا انیدریت تشکیل دهنده عمده این بخش محسوب می‌شود.

بخش ۵ : ضخامت آن ۳۰۸ متر است و در آن تناوبی از انیدریت با مارن‌های قرمز تا خاکستری دیده می‌شود.

بخش ۶ : ضخامت ۲۷۸ متر دارد، ولی حدود ۱۰۳ متر ابتدای آن تناوبی از انیدریت با مارن قرمز و آهک وجود دارد.

بخش ۷ : به‌ضخامت ۱۳۷ متر که به‌طور هم‌شیب به‌وسیله سازند میشان پوشیده می‌شود و عبارت است از تناوبی از انیدریت، مارن خاکستری و آهک ماسه‌ای.

بخش‌های سه گانه سازند گچساران در فارس ساحلی عبارتند از : بخش چهل، چمپه و مل.

بخش چهل : در واقع بخش زیرین سازند گچساران است که تنها در ناحیه فارس دیده می‌شود. مقطع نمونه در تنگ چهل در کوه گچستان، ٦٤ کیلومتری بندر لنگه است. ضخامت آن ۲۹٦ مترشامل انیدریت و گچ حاوی آهک و مارن نازک لایه می‌باشد.

بخش چمپه : به‌ضخامت ۱۱۰ متر در ٦٤ کیلومتری شمال شرق بندر لنگه دیده می‌شود و از نظر لیتولوژی شامل مارن گچ‌دار خاکستری تا قرمز و گچ نودولی می‌باشد.

بخش مل: به‌ضخامت ۵۲/۳ متر در کوه سفید ناحیه فارس دیده می‌شود و از نظر لیتولوژی شامل مارن‌های گچ‌دار قرمز تا خاکستری متمایل به‌سبز است.

به‌طور کلی براساس فسیل‌های موجود سن سازند گچساران میوسن آغازی تعیین شده است. از نظر گسترش جغرافیائی، همانطور که قبلاً ذکر شد، سازند گچساران سنگ‌های پوششی سنگ مخزن نفت آسماری محسوب می‌شود.

سازند گچساران در حوضه‌هائی که روند شمال غرب – جنوب شرق داشته‌اند ته‌نشین شده است که میدان‌های نفتی لالی مسجد سلیمان و گچساران فعلی در مرکز این حوزه‌ها قرار دارند. هر قدر از سمت مرکز این حوضه به‌سمت شمال شرق حرکت کنیم ، رسوبات تبخیری سازند گچساران به‌لایه‌های قرمز سازند رازک تبدیل می‌شود.

همانطور که قبلاً ذکر شد، در خوزستان سن سازند آسماری و گچساران متفاوت است ولی به‌طرف فارس سن گچساران مرتباً قدیمی‌تر شده و از ضخامت آن کاسته می‌شود تا آنکه در مشرق شیراز سازند تبخیری گچساران در جهت جانبی به‌لایه‌های قرمز و آهک‌های لایه نازک سازند رازک مبدل می‌شود.

بخش سوم : زمین شناسی ذغال‌سنگ

۳-۱- خاستگاه و پیدایش ذغال‌سنگ

زغال سنگ‌ها، مواد رسوبی و سوختنی هستند که از فراهم آمدن بازمانده‌های گیاهی در مرداب‌های خشکی‌ها و یا در کرانه‌های دریا و در اثر فرآیندهای دگرگونی که با انجام واکنش‌های شیمیائی توسط باکتری‌ها، همراه با فشارهای کوهزائی و سنگینی رسوبات مرتبط است، پس از تغییرات شیمیائی، فیزیکی و بیولوژیکی پدید می‌آیند. این تغییرات را ذغال‌سنگ شدن[1] می‌نامند.

طبق شواهدی که در دست است می‌توان روی تمامی ذغال‌سنگ‌های جهان، صرف نظر از زمان‌های تشکیل آنها، تنه و ساقه گیاهان را به‌صورت فسیل مشاهده کرد.[2]

از آنجا که عنصر اکسیژن عامل ادامه حیان جانداران است، بنابراین برای تبدیل مواد آلی به‌جامد فسیلی عنصر اکسیژن مانع بزرگی است. بدین ترتیب مدفون شدن بقایای گیاهان و دورماندن آنها از اکسیژن شرط اولیه و اساسی در تشکیل ذغال‌سنگ می‌باشد. محل‌های تشکیل ذغال‌سنگ‌ها را تورب‌زار می‌گویند. برای تشکیل مرداب‌های تورب شرایط زیر لازم است :

۳-۱-۱- وجود بازمانده‌های گیاهان فراوان

گوناگونی و فراوانی گیاهان در دوره‌های مختلف زمین شناسی متفاوت بوده است. در دوره‌هائی که از این نقطه نظر شرایط مناسبی وجود داشته، لایه‌های ذغال‌سنگ بیشتر تشکیل شده است. از دوران پرکامبرین بازمانده‌های گیاهان نخستین و جلبک‌ها، لایه‌های بسیار نازک ذغال‌سنگ *انتراسیت در الهورون*[3] میشیگان را به‌وجود آورده‌اند. کهن‌ترین ذغال‌سنگ واقعی در دونین میانی و پسن تشکیل شده است که در قزاقستان در حوضه کوزنتسک و جزایر خرس‌ها در اسکاندیناوی مشاهده گردیده است. در دوره کربونیفر پوشش گیاهی کامل در بخش بزرگی از زمین وجود داشته است و مهمترین ذخایر زغال سنگ‌های دنیا در این دوره تشکیل شده است. در دوران مزوزوئیک و

---

[1] -Coalification.

۲- به‌عنوان مثال در تونل شماره-۱۹ معدن شاهرود بدنه کامل درختی که بر روی لایه ضخیم ذغال‌نقش بسته بود مشاهده گردید.

[3] -Al, Horon.

بویژه در ژوراسیک مجددا" با رویش نسبتا" زیاد گیاهان مواجه هستیم. درکرتاسه وضعیت چندان مناسبی وجود نداشته است. شرایط رشد گیاهان در ترسیر بار دیگر فراهم شده است.

۳-۱-۲- آب و هوا

شرایط آب و هوا به‌نوبه خود دارای پیچیدگی‌هائی است. مسلما" شرط اساسی وجود رطوبت، ریزش‌های جوی و گرمای مناسب است. در هوای گرم تجزیه بازمانده‌های گیاهی سریع‌تر صورت می‌گیرد. افزون بر این از آنجا که تبخیر زیاد امکان بیرون ماندن بخش‌هایی از مرداب از آب را بوجود می‌آورد و این امر به‌ذغال سنگ‌زائی آسیب می‌رساند، بنابراین ریزشهای جوی بسنده و گرمای مناسب باید هم زمان وجود داشته باشد. باران، غلظت مرداب را در میزان لازم نگاه داشته و از مسمومیت محیط که مانع فعالیت باکتری‌های غیرهوازی می‌باشد، می‌کاهد. باران‌های کم نیز سبب پائین آمدن سطح آب و در نتیجه دخالت اکسیژن در جریان تجزیه می‌شود. بنابراین ورود آب به‌مرداب باید در مناسب‌ترین وضع ممکن باشد. در مناطق نسبتا" سرد و یا کمی معتدل تجزیه گیاهی به‌کندی پیش می‌رود، ته‌نشست بازمانده‌های گیاهی در مرداب به‌علت نبود گرمای کافی آهسته صورت می‌گیرد و آرامش در روند تجزیه بازمانده‌های گیاهی، مناسب‌تر از تجزیه سریع در اثر گرمای زیاد برای تشکیل ذغال‌سنگ است. رشد تورب‌زارها در مناطق معتدل در حدود ۰/۵ تا ۱ میلمتر و تورب‌زارهای مرتفع ۱ الی ۲ میلی‌متر درسال می‌باشد. در مناطق نیمه‌استوائی مثل باتلاق‌های *فلوریدا* در حدود ۱/۳ میلیمتر و در مناطق استوائی نسبتا" سریع و به‌حدود ۳ الی ٤ میلیمتر در سال می‌رسد.

۳-۱-۳- تجزیه بازمانده‌های گیاهی

تجزیه بازمانده‌های گیاهی، به‌صورت تجزیه کامل، تجزیه نیمه‌کامل، تجزیه منجر به‌تشکیل تورب و یا تجزیه بدون دخالت اکسیژن (بیتومین‌زائی) است. در تجزیه کامل، ماده گیاهی سرانجام به‌گازکربنیک و آب تبدیل می‌شود، به‌طوری که از ماده نخستین چیز دیگری بر جای نمی‌ماند. در تجزیه کامل تحت اثر دخالت ناقص اکسیژن در محیط مقداری از ماده گیاهی باقی مانده و بقیه به‌گاز تبدیل می‌شود. در تورب‌زائی مقدار اکسیژن کم ا ست و پس از تمام شدن آن، تجزیه بدون این

عنصر ادامه می‌یابد و تورب درست می‌شود. در مرحله آخر یعنی بیتومین‌زائی هیچگونه دخالتی از اکسیژن دیده نمی‌شود. تجزیه نیمه‌کامل و تورب‌زائی در حقیقت آغاز دگرگونی ذغال‌است. چنانچه مواد گیاهی مرده، توسط آب و یا رسوب‌ها از اثر هوا محفوظ نمانند در این صورت به‌طور کامل تجزیه می‌شوند. قارچ‌ها و باکتری‌ها مجددا" آنها را به‌موادی تبدیل می‌کنند که از آنها به‌وجود آمده اند، یعنی آب و گاز کربنیک. خاک‌ها و یا سنگ هائی با ضخامت زیاد با ماده گیاهی دیده شده‌اند که روی آنها اثری از ذغال‌نیست زیرا تجزیه کامل بوده است. تنها در صورتی تورب می‌تواند به‌شکل توده‌ای ستبر در آید و حفظ شود که کف مرداب پایین برود و یا سطح آب بالا بیاید و ماده گیاهی انباشته شده از تأثیر اکسیژن هوا محفوظ بماند. بنابراین پایین رفتن تکتونیکی کف مرداب‌ها به‌طور هماهنگ شرط سوم و حایز اهمیت برای دگرگونی و به‌وجود آمدن ذغال‌سنگ است. اگر کف به‌آهستگی پائین برود در این صورت پوشش آب گاه‌بیگاه می‌تواند تکامل نیابد و همه و یا قسمتی از ماده گیاهی مرده در معرض هوا قرار گرفته و تجزیه کامل شود. اگر کف مرداب به‌تندی پائین برود فراهم آمدن مواد توربی با آن هماهنگ نبوده، ارتفاع آب خیلی زیاد می‌شود و مواد توربی به‌ماسه و رس آغشته و به‌اصطلاح (خفه) می‌شوند. بنابراین حالت خاصی باید پدید آید که در آن پائین رفتن کف با فراهم آمدن مواد گیاهی و خارج نشدن آنها از سطح آب مرداب هماهنگ باشد. مواد گیاهی تورب توسط گیاهان تازه‌ای که روی آنها رسوب می‌کنند حفظ می‌شود و از تجزیه هوازی جلوگیری می‌شود. زیرا هوا و آب اکسیژن‌دار به‌سختی از مجتمع گیاهی می‌گذرد. تورب به‌مرور رسیده‌تر می‌شود و هرچه در عمق بیشتری قرار گرفته باشد، سیاه‌تر و فشرده‌تر می‌گردد، با وجود این، تخلخل خوبی دارد. در اغلب سازندهای زمین شناسی تورب‌های کم و بیش تجزیه شده وجود دارد.

۳-۲- دگرگونی و تشکیل ذغال‌سنگ

جریان دگرگونی در ذغال‌سنگ شدگی شامل دو فاز بیوشیمیائی و ژئوشیمیائی می‌شود. فاز بیوشیمیائی، تجزیه نیمه‌کامل، تورب‌زائی و بیتومین‌زائی است که در زیر به‌شرح بیشتر آن می‌پردازیم.

۳-۲-۱- فاز بیوشیمی دگرگونی

مواد گیاهی که به‌طور کلی از ۷۰٪ سلولز (بیشتر از ٤٥٪ کربن ندارد)، ۲۵٪ لین‌یین[4] (بیشتر از ٦۰٪ کربن دارد) و ۵ تا ۱۵ درصد مواد سپیده‌ای به‌وجود می‌آیند. ترکیب اصلی مواد سازنده گیاهان پالئوزوئیک تا امروز ثابت مانده است. از این نظر خانواده‌های مختلف گیاهی در دگرگونی و تغییرات بزرگ آن یکسان بوده‌اند. ذغال‌سنگ‌هائی که در کربنیفر بالا، کرتاسه بالا و یا ائوسن دیده شده‌اند، با این که از رده‌های مختلف گیاهی بوده‌اند، ترکیب شیمیائی کاملا" یکسانی دارند. فرآورده تغییرات شیمیائی جزئی در ذغال‌سنگ‌های نارس به‌علت نوع و تجزیه آنها در تورب است. ولی دیگر ذغال‌سنگ‌ها را جریان دگرگونی به‌وجود می‌آورد. بنابراین وجه تمایز زغال سنگ‌ها نخست به‌درجه دگرگونی آنها و دوم به‌ترکیب پتروگرافی آنها وابسته است. همانندی ترکیب شیمیائی گیاهان در زمان‌های مختلف زمین شناسی پایه و اساس این اندیشه را تشکیل می‌دهد که در تمام پژوهش‌های مربوط به‌ذغال سنگ تعیین درجه دگرگونی را در مرتبه نخست اهمیت قرار دهیم. در فاز بیوشیمیائی، مهمترین تغییرات تشکیل هوموس و تورب می‌باشد. زیرا ذغال‌سنگ قهوه‌ای لین‌بیت و ذغال‌سنگ بیشتر از ۸۰٪ از مواد هوموس‌دار تشکیل شده است. ساخته شدن هوموس تحت تأثیر اکسیژن هوا صورت می‌گیرد. مواد گیاهی توسط قارچ‌ها و باکتری‌ها تجزیه شده و تغییر شکل می‌دهند. ابتدا پروتئین‌ها از بین می‌رود، پس از آن سلولزها که به‌آسانی مورد حمله قرار می‌گیرند. قارچ‌های ساپروفیت و پارازیت (تغذیه کننده مواد آلی گندیده) نه تنها با سوراخ کردن بافت‌ها به‌طور مکانیکی آنها را تغییر شکل می‌دهند، بلکه هر قارچی که در بافت گیاهی نفوذ می‌کند با ترشح ماده حلال آنزیم دیواره آن را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد.

در فاز بیوشیمی ذغال‌سنگ‌زائی، تورب، بیتومین و ذغال‌سنگ قهوه‌ای تشکیل می‌شود که فرآیندهای وابسته به‌آن در زیر شرح داده شده است.

[4] -Lignine.

۳-۲-۲- تورب‌زائی

نخستین فاز دگرگونی بیوشیمیائی، فوزینیتی شدن[5] است. در مقاطع میکروسکوپی خیلی ضخیم اثر دگرگونی تورب‌زائی به‌صورت تشکیل میکروینیت، نیمه فوزینیت، فوزینیت و فوزینیت تجزیه شده[6] به‌خوبی دیده می‌شود. در تورب‌زائی دیواره بافت‌ها به‌طور قابل ملاحظه‌ای نازک می‌شوند. در تورب محلول‌های کلوئیدی ساخته می‌شوند که اسیدهای هوموس و فرآورده‌های اکسیداسیون ترکیب کلی آن را تشکیل می‌دهند. از این محلول‌ها که (آب‌های سیاه رنگ) نیز نامیده می‌شوند دلمه (ژله‌ای) هوموس به‌وجود می‌آید که شکاف و حفره‌ها را پر می‌کند. سلولز موجود در گیاه کاملا" توسط باکتری‌های ناهوازی تجزیه می‌گردد. فعالیت باکتری‌ها با pH مرداب نسبت مستقیم دارد. از آنجا که زندگی باکتری‌ها به‌درجه اسیدی بودن تورب بستگی دارد، بالا و پائین رفتن آن مستقیما" در تجزیه اثر می‌گذارد. تا عمق سی سانتیمتر در تورب، باکتری‌های هوازی زندگی می‌کنند. ناهوازی‌ها تا ۱۲۰ سانتیمتری و موجودات رده‌های میان قارچی و باکتری‌ها تا ۱۵۰ سانتیمتری هستند. پایین‌تر از این عمق ناهوازی‌ها از بین می‌روند.

لین‌یین در مجاورت هوا از راه اکسیداسیون به‌اسیدهای اکسی کربن طبیعی تغییر شکل می‌دهد. قارچ‌های تجزیه کننده لین‌یین در ذغال‌سنگ‌های پرمین-کربنیفر، مزوزوئیک و ترسیر وجود داشته‌اند و آثار فسیلی آنها را اسکروتینیت[7] می‌نامند.

۳-۲-۳- بیتومین‌زائی

به‌جز تجزیه کامل و تورب‌زائی که به‌تشکیل ذغال‌سنگ‌های هومیک[8] می‌انجامد، نوعی دیگر از تغییر شکل مواد گیاهی (بیتومین‌زائی) و یا به‌وجود آمدن ذغال‌سنگ بیتومین است.

مشخص کننده تغییر شکل بیتومینی، لایه‌بندی ظریف ذغال‌سنگ است که تنها در آب‌های کاملا" راکد می‌تواند به‌وجود آید. مواد بیتومینی، که تغییرات وابسته به‌آن را پشت سر گذاشته‌اند، در کف دریاچه‌ها در محیط اکسیژن‌دار به‌آرامی رسوب می‌کنند. برعکس شرایط تشکیل هوموس که

---

5 -Fusinization.

6 -Semifusinite Micrinte.

7 -Scrutinite.

8 -Sapropel Coal.

ماده نخستین آن هیدروکربورها هستند، برای تغییرات بیتومینی ماده نخستین آن هیدروکربورها هستند، برای تغییرات بیتومینی ماده نخستین، چربی‌ها و پروتین‌ها می‌باشند، چربی‌ها بدون اکسیژن تبدیل به‌موم می‌شوند. مجموعه این گونه تغییرات را بیتومین‌زائی می‌نامند. به‌طور اساسی می‌توان گفت که در تورب‌زائی اسیدهای هومیک ساخته می‌شوند[9] که به‌تدریج زیاد می‌شوند و در بیتومین‌زائی ترکیبات جامد هیدروژن‌دار به‌وجود می‌آیند.

۳-۲-۴- تشکیل ذغال‌سنگ‌های قهوه‌ای نرم

تورب‌ها به‌تدریج به‌ذغال سنگ‌های قهوه‌ای[10] تبدیل می‌شوند که برخلاف دیگر ذغال‌سنگ‌ها منافذ زیادی دارند که بیشتر به‌وضع کلوئیدی اسیدهای هومیک بستگی دارد. منافذ ذغال‌سنگ‌های قهوه‌ای را به‌صورت لکه‌ای سیاه در زیر مکروسکوپ می‌توان دید. کاوک‌های اسپورها و قارچ‌ها از گاز پر شده و در تیغه نازک تیره‌اند. همین طور فضاهای داخل بافت‌های فوزینیت و نیمه‌فوزینیت تیره دیده می‌شوند. فوزیت[11] حاصل از تغییر شکل تورب به‌ذغال سنگ قهوه‌ای، تقریبا" بدون تغییر باقی می‌ماند. از این نظر در تورب یا ذغال‌سنگ قهوه‌ای نارس این نوع فوزیت مانند فوزیت ذغال‌سنگ معمولی دیده می‌شود. قسمت دیگری از فوزیت از راه تجزیه بیوشیمیائی به‌وجود می‌آید. هر دو نوع فوزیت ترکیب میانجی را نیمه‌فوزیت می‌گویند که در مراحل ابتدای دگرگونی به‌وجود می‌آید. فاز بیوشیمیائی دگرگونی به‌تشکیل ذغال‌سنگ قهوه‌ای منجر می‌شود و در وهله نخست، اسیدهای کربنیک شکافته شده‌اند، سپس در ذغال‌سنگ قهوه‌ای سخت متان زیادی به‌وجود می‌آید. پرمایه شدن ذغال‌قهوه‌ای نرم از کربن تا حد ۶۰-۷۰ درصد پیش می‌رود.

---

[9] -Humification.

[10] -Brown Coal.

[11] - فوزیت از ۹۵٪ فوزینیت (اجزای چوبی زغال سنگ که ساختمان سلول‌های چوب را به‌خوبی نشان می‌دهد)، سمی فوزینیت و اسکروتیت (بازمانده‌های فسیل شده قارچ ها) تشکیل شده است.

۳-۳- فاز ژئوشیمیائی دگرگونی

۳-۳-۱- تشکیل ذغال‌سنگ قهوه‌ای سخت

لزومی ندارد که فاز بیوشیمی دگرگونی گیاهان به‌پایان خود برسد. این فاز ممکن است در نیمه‌راه تغییرات، به‌فاز ژئوشیمی تبدیل شود.

ذغال سنگ قهوه‌ای نرم از ثبوت نسبی بیشتری برخوردار است. نظریه کلی این است که عامل اصلی برای ادامه دگرگونی و تشدید آن حرارت داخلی زمین است. به‌مرور با پائین آمدن دما در کلیه فضاهای بین سلولی و منافذ، یک نوع ماده دلمه (ژله) مانند از از هوموس رسوب می‌کند که به‌نام کلینیت[12] معروف است. این رسوب گذاری ذغال‌سنگ قهوه‌ای نرم را ژلیفیکاسیون[13] می‌نامیم. ژلیفیکاسیون سرآغاز دگرگونی ذغال‌سنگ در فاز بیوشیمی یعنی جریان اساسی تشکیل ذغال‌سنگ قهوه‌ای سخت است. در تصاویر میکروسکوپی، ذغال‌سنگ قهوه‌ای سخت فاقد منافذ خالی است. این ژله‌ای شده و تراکم پس از آن، ساخت و بافت گیاهی ناواضح‌تر و تمامی زمینه هم‌شکل می‌شود. با ایجاد ذغال‌سنگ قهوه‌ای سخت انعکاس نور از سطح صیقلی شده آن قوی‌تر شده، درخشندگی آن نیز افزایش می‌یابد که در این حالت آن را ذغال‌سنگ قهوه‌ای درخشان می‌نامند.

ذغال‌سنگ‌های قهوه‌ای سخت در نقاطی از سطح زمین از راه دگرگونی گرمائی تغییر شکل یافته‌اند. گرمای ناشی از توده‌های نفوذی نزدیک سطح زمین و مدت آن در این نوع دگرگونی بسیار کارساز است. متامرفیسم گرمائی ذغال‌سنگ قهوه‌ای نرم تا آنجا می‌تواند ادامه یابد که حتی به‌ذغال سنگ و آنتراسیت تبدیل شود.

۳-۴- رخساره رسوب ذغال‌سنگ‌دار و لایه‌های راهنما

۳-۴-۱- رسوبات دریائی

بی‌گمان از بهترین چینه‌ها یا لایه‌های کلیدی رخساره‌های دریائی می‌باشند که با انواع فسیل‌ها مشخص می‌شوند. همیشه مجموعه فسیل‌های یک بخش از لایه‌ها و چینه‌های رسوبی نماینده آن است که هر پیشرفتگی دریا همراه با کمی تغییرات فسیل‌ها نیز هست. نه تنها فسیل‌های دریائی، بلکه

---

[12] -Colinite.

[13] -Gelification.

مشخصات پتروگرافی این افق‌ها که معمولاً زود قابل شناسائی است، همچنین آزمایش‌های شیمیائی نیز اختلاف لایه‌های دریائی و غیردریائی را مشخص می‌کند. ثابت شده است که وجود اسیدهای آمینه (سفید=پروتوئیدها) رسوبات با رخساره آنها مرتبط است. لایه‌های دریائی دارای اسیدهای آمینه بیشتری در مقابل با رسوبات دریاچه‌ای شیرین هستند. رسوبات دریائی همچنین دارای رادیو اکتیویته بیشتری نسبت به‌ته‌نشست‌های دریاچه‌ای شیرین است.

۳-۴-۲- کنگلومرا

چینه‌های کنگلومرا شامل کنگلومرا با دانه‌های کوارتز، شیل یا شیست آهن‌دار و شیل‌های آمیخته تقریباً گسترش زیادتری نسبت به‌بقیه طبقات رسوبی دارند و بیشتر به‌عنوان طبقات کلیدی ارزشمند به‌شمار می‌روند. عیب طبقات کنگلومرائی فقدان فسیل است.

۳-۴-۳- لایه‌های راهنما با فسیل‌های گیاهی

فسیل شناسان گیاهی معتقدند برای رده‌بندی طبقات نمی‌توان یک نوع فسیل گیاهی را ملاک قرار داد، بلکه باید مجموعه‌ای از آنها را برای یک لایه زغال سنگ در نظر گرفت. گاهی می‌توان استثناء یک فسیل گیاهی مشخص را برای این منظور به‌کار برد. لایه‌های فسیل‌دار گیاهی معمولاً در کمر بالای لایه ذغال‌سنگ‌اند. افق‌های فسیل گیاهی کربونیفر، این احتمال را می‌دهند که قبول کنیم مرداب‌ها از انواع گیاهان مختلف پر نشده‌اند، بلکه بیش از یک خانواده گیاهی به‌خصوصی در مرداب نروییده است.

۳-۴-۴- سیکلوتم‌ها

از آنجا که ماکروفسیل‌ها غالباً فراوان نیستند، برای رده‌بندی لایه‌ها، به‌ناچار سنگ‌های مجاور را بررسی می‌کنند. به‌جز کنگلومرا که در بالا اشاره شد، می‌توان انواع ماسه سنگ را در رسوبات ذغال‌سنگ‌دار به‌طریق زیر تقسیم‌بندی کرد. دانه‌بندی ریز، دانه‌بندی میانه و دانه‌بندی درشت، ماسه سنگ ریز دانه، شیل‌های ماسه‌ای، شیل‌های بیتومین‌دار یا آهن‌دار و شیل‌هائی با گره‌های آهنی. ماسه

سنگ‌ها برای پیوند دادن لایه‌ها به‌یکدیگر همیشه سودمند می‌باشند. گاهی شیل‌های ورمیکولر[14] لایه‌های کلیدی خوبی بوده، نشان دهنده چرخه‌های رسوبگذاری دریائی و نیمه‌دریائی می‌باشند. باید به‌یاد داشت که معمولاً یک طرقه نمی‌تواند از نظر چینه شناسی رسوب شناسی به‌عنوان راهنما به‌کار رود، بلکه از یک مجموعه متناوب می‌توان برای پیوند چینه‌های نظیر هم استفاده کرد. از این رو لایه‌ها را به‌سیکلوتم‌ها رده‌بندی کرده‌اند، که به‌نوبه خود آنها نیز به‌واحدهای بزرگ‌تر مگاسیکلوتم دسته‌بندی می‌شوند. به‌وجود آمدن این سیکلوتم‌ها با نوسانات سطح دریا توجیه می‌گردد.

سیکلوتم‌ها را به‌علت تغییر رخساره آنها نمی‌توان در فضای بزرگ به‌کار برد. روش دیگر که معمولاً بسیار نتیجه خوبی می‌دهد، منحنی‌های ژئوفیزیکی حاصل از چاه‌هایی است که در مناطق زغال سنگ خیز حفر می‌شوند.

۳-۴-۵- میکروفسیل‌ها

میکروفسیل‌ها برای بررسی چینه‌شناسی می‌توانند سودمند واقع شوند. میکروفسیل‌ها در رخساره‌های به‌خصوصی پیدا می‌شوند و همچنین برای پیدا کردن طبقات، راهنمای خوبی است. میکروفسیل‌های اصلی استراکدها، فرامینی‌فرها و کنودونت‌ها می‌باشند. میکروفسیل‌ها را حتی با چشم غیرمسلح به‌صورت برآمدگی‌های کوچک روی سنگ‌های شیلی می‌توان دید.

۳-۵- نکاتی درباره ذغال‌سنگ

۳-۵-۱- شناسائی و وابستگی لایه‌های ذغال‌سنگ

اساساً دو راه برای شناسائی لایه ذغال‌سنگی وجود دارد. یا باید ضخامت و رخساره لایه در برگیرنده ذغال‌سنگ را مورد استفاده قرار داد و یا اینکه رخساره خود لایه ذغال‌سنگ را بررسی کرد. بهترین سنگ‌های رسوبی که برای مقایسه و تعیین ارتباط به‌کار می‌روند رسوبات دریائی می‌باشد.

[14] -Vermicular.

۳-۵-۲- گازهای همراه ذغال‌سنگ‌ها

رگه‌های دست نخورده ذغال‌سنگ حاوی مقادیر قابل توجهی متان است. تحقیقات گسترده‌ای در این زمینه، بویژه در رابطه با مسایل ایمنی کار در معدن، صورت گرفته است. به‌هنگام معدن کاری مقداری از متان ذغال‌سنگ آزاد می‌شود. ذغال‌سنگ استخراج شده محتوی کسری از متان اولیه است. این مقدار در حین خرد کردن ذغال‌سنگ و یا در طی نگهداری در محیط حذف می‌شود.

بررسی‌های دقیقی که بر روی نمونه‌های ذغال‌سنگ بعد از آسیاب شدن صورت گرفته است، نشان می‌دهد که مقدار گاز خارج شده مستقل از دما می‌باشد. گازهای خارج شده از نمونه‌ای ذغال‌سنگ در جدول (۳-۱) درج شده است.

جدول (۳-۱) : درصد گازهای خارج شده از یک نمونه ذغال‌سنگ.

زمان آسیاب کردن (ساعت)	۱/۵	۳	۴	۴/۵	۷	۱۰	۲۰/۵
دما (درجه سانتیگراد)	محیط	محیط	۳۸	محیط	۵ ساعت در ۱۷ و ۲ساعت در ۳۸	محیط	محیط
گاز خارج شده (سانتیمتر مکعب) از هر ۱۰۰ گرم ذغال‌سنگ							
ترکیب درصد گاز							
CO_2	۱/۷	۵/۳	۷/۴	۸/۸	۴/۲	۲	۵/۲
CO	۱/۳	۱	۰/۳	۰/۷	۰/۵	۰/۵	۰/۵
H_2	۱/۵	۳/۶	۲/۵	۳/۷	۴	۳	۲/۷
CH_4	۹۳/۸	۸۹/۳	۸۸/۶	۸۵/۲	۹۱/۱	۹۳/۵	۹۰/۸
C_2H_6	۰/۷	۰/۴	۰/۶	۰/۸	۰/۲	۰/۹	۰/۸
C_3H_8	۰	۰/۴	۰/۶	۰/۸	—	۰/۱	۰

۳-۵-۳- طبقه‌بندی ذغال‌سنگ‌ها

ذغال‌سنگ‌ها براساس اینکه در محل اولیه خود باقی مانده باشند و یا پس از انتقال به‌محل دیگر به‌وجود آمده باشند به‌ترتیب به‌ذغال سنگ‌های برجا و نابرجا تقسیم می‌شوند. تمامی رگه‌های با ارزش ذغال‌سنگ از نوع اول می‌باشند.

ذغال‌سنگ‌ها بر حسب درجه دگرگونی آنها به‌انواع زیر تقسیم‌بندی می‌شوند، که به‌تقسیم‌بندی آمریکائی معروف است.

۱- **ذغال‌نارس** : این ذغال‌سرآغاز تحول سلولز به‌ذغال سنگ است. مقدار رطوبت آن زیاد و گاهی تا ٦٠٪ است. از نظر تولید گرما از چوب پست‌تر است و خاکستر آن ٥/٥٪ است. ارزش حرارتی آن ۱۳۰۰ تا ۱۷۰۰ کیلو کالری بر کیلوگرم (Kcal/Kg) است. مقدار کربن در نمونه بدون آب و خاکستر آن حدود ٥ تا ٦٪ و اکسیژن آن حدود ۳۰ تا ٤٠ درصد است.

۲- **ذغال‌سنگ** : به‌سه دسته اصلی تقسیم‌بندی می‌شود.

۳- **ذغال‌سنگ قهوه‌ای** : ساختار آن الیافی و شبیه به‌چوب است و دارای ترکیب زیر می‌باشد :

C =٦٦	H_2 =٥/٥	O_2 =۳٦/٥	خاکستر =۲/۲

جاذب‌الرطوبه است و با شعله بلند و دودزائی می‌سوزد. ارزش حرارتی آن ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ کیلو کالری بر کیلوگرم است. از تقطیر آن مقداری گاز، کک، بنزن، روغن‌های سنگین و آمونیاک به‌دست می‌آید.

٤- **ذغال‌سنگ قیردار** : این ذغال‌سنگ به‌رنگ تیره و یا سیاه بوده و سنگین‌تر از ذغال‌سنگ قهوه‌ای می‌باشد، به‌صورت لایه لایه با جلای متفاوت دیده می‌شود. با شعله زرد رنگ و بوی قیر می‌سوزد. ارزش حرارتی این ذغال ۷۰۰۰ تا ۸۵۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم است. خاکستر آن ٥ تا ۱۰٪ و رطوبت آن ٥ تا ۸٪ است. مصرف این ذغال‌سنگ بیشتر از تمام انواع آن است.

٥- **ذغال‌سنگ درخشان یا آنتراسیت** : این ذغال‌سنگ سخت‌تر و محکم‌تر از انواع ذغال‌سنگ است. رنگ آن سیاه دارای جلای ویژه است که در اثر مالش دست را کمی سیاه می‌کند.

این ذغال خاصیت کک دهی[۱۵] نداشته و پس از احتراق به‌صورت پودر در می‌آید. ارزش حرارتی ۵۰۰۰ تا ۶۵۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم دارد. بدون دودزایی می‌سوزد. کربن آن تا ۹۳٪ و مواد فرار به‌ندرت از ۸٪ تجاوز می‌کند.

طبقه‌بندی‌های دیگری نیز وجود دارد مانند طبقه‌بندی آلمانی که برمبنای قابلیت کک دهی، درصد مواد فرار و مشخصات پخت است. اساس طبقه‌بندی روسی برمبنای مواد فرار و کربن ثابت می‌باشد.

۱۵- ذغال‌سنگ‌ها در اثر سوختن دو رفتار متفاوت دارند. اگر هنگام سوختن حالت خمیری به‌خود بگیرند، در حدود ۹۰۰ درجه سانتیگراد مواد فرار خود را از دست می‌دهند و به‌جسم سیاه و سختی به‌نام کک تبدیل می‌شوند. این خاصیت کک دهی نام دارد. دسته دیگر در اثر سوختن بدون این که حالت خمیری به‌خود بگیرند باقیمانده پودر مانندی بر جای می‌گذارند.

بخش چهارم : روش شناسی

۴-۱- مقدمه‌ای بر روش سونداژ الکتریکی قائم (VES[16])

یکی از روشهای مرسوم مطالعات ژئوالکتریکی روش سونداژ الکتریکی قائم می‌باشد که در آن با افزایش طول الکترودهای جریان اعماق بیشتری مورد مطالعه قرار می‌گیرد. آرایش‌های الکترودی گوناگونی در این روش مورد استفاده قرار می‌گیرد که از رایج‌ترین آنها می‌توان به‌آرایهٔ شلومبرژه اشاره نمود که ویژگی بارز آن طول خیلی کمتر الکترودهای اندازه‌گیر MN نسبت به‌طول الکترودهای جریان AB می‌باشد. با توجه به‌همین خصوصیت، مقادیر اندازه‌گیری شده توسط این روش، کمتر تحت تاثیر تغییرات جانبی مقاومت الکتریکی[17] قرار گرفته و بیشتر نسبت به‌عمق تغییرات رفتار منحنی مقاومت الکتریکی ظاهری[18] سنجیده و بررسی می‌گردد. در چنین حالتی زمین شبیه مدلی با لایه‌های افقی فرض می‌شود که مقاومت ویژهٔ الکتریکی[19] آن در طول یک لایه ثابت است و از لایه‌ای به‌لایهٔ دیگر به‌صورت منفصل تغییر می‌کند. چنین مدلی اصطلاحا به‌نام «بصورت بخشی[20] پیوسته» نامیده می‌شود و پارامترهای آن H_i (ضخامت لایه)، ρ_i (مقاومت الکتریکی لایه) می‌باشد. بعبارت دیگر می‌توان با معلوم بودن پارامترهای ضخامت و مقاومت الکتریکی، منحنی مقاومت الکتریکی ظاهری را نسبت به‌فاصلهٔ الکترودی ترسیم نمود. تابع مقاومت الکتریکی ظاهری تحت

$$\rho_a = E\pi r^2 / I \quad (1)$$

رابطهٔ زیر با شدت میدان الکتریکی می‌باشد:

که در آن r= AB/2 (برابر نصف طول الکترودهای جریان) و I جریان خروجی بر حسب آمپر (یا میلی‌آمپر) می‌باشد. از آنجا که بردار:

$$\bar{E}_x = -\partial u / \partial x \quad (2)$$

16- Vertical Electrical Sounding
17- Resistivity (Ohm.m)
18- Apparent Resistivity (Ohm.m)
19- در این گزارش، مقاومت ویژهٔ الکتریکی و مقاومت الکتریکی دارای یک مفهوم می‌باشند.
20- Segment

می‌باشد، لذا در عمل تغییرات پتانسیل الکتریکی **Δu** (بر حسب ولت یا میلی‌ولت) در طول X (فاصلهٔ بین الکترودهای اندازه گیر MN) اندازه گیری شده و معادل بردار شدت میدان الکتریکی در نظر گرفته می‌شوند. بدیهی است که هرچه این فاصله(X) کمتر شود، بیشتر به‌تعریف ریاضی دیفرانسیل پتانسل الکتریکی نزدیک شده و دقت بالاتر خواهد بود. محدودیت حاکم در این مورد توان دستگاهی و وجود جریان‌های خطا در زمین می‌باشد. برای یک مدل دو لایه با مقاومت الکتریکی ρ_1 و ρ_2 و ضخامت لایهٔ اول h_1 منحنی مقاومت الکتریکی ظاهری از طریق حل روش تصویر آینه‌ای به‌صورت زیر خواهد بود:

$$\rho_a = \rho_1\{1+2\sum_{n=1}^{\infty}K_{12}^n r^3/\left[r^2+(2nh_1)^2\right]^{3/2}\} \quad (3)$$

که در آن $K_{12} = \rho_2 - \rho_1 / \rho_2 + \rho_1$ می‌باشد. منحنی‌های مقاومت الکتریکی بدست آمده از این رابطه وقتی نسبت به ρ_1 رسم شوند به‌نام *آباک‌های* دو لایه مرسومند که در تفسیر منحنی‌های صحرایی می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. ولی از آنجا که منحنی‌های صحرایی با منحنی‌های آباک برازش می‌شوند، اغلب دو لایه نبوده و تحت تاثیر مقاومت الکتریکی لایه‌های پایینتر (لایهٔ سوم و چهارم و ...) نیز قرار می‌گیرند، لذا باید تصحیح گردند که این عمل نیز توسط منحنی‌های استاندارد دیگر که به‌نام‌های A و K و H و Q معروند صورت می‌گیرد. این روش تفسیر هر چند سالیان متمادی مورد استفادهٔ ژئوفیزیست‌ها بوده ولی با توجه به‌ویژگی آن (طولانی بودن مدت تفسیر)، دقت پایین (به‌دلیل طول کم قسمتهایی از منحنی‌های سونداژ صحرایی که با منحنی آباک مورد برازش[21] قرار می‌گیرد و همچنین امکان برازش آن قسمت از شاخهٔ منحنی صحرایی با چند شاخه از منحنی‌های آباک) و در نظر نگرفتن اصل برابری، دارای کاستی‌های عمده است. لذا، برگردان 1-D کامپیوتری روشی است که امروزه بیشتر به‌آن روی آورده شده است.

۴-۲- اساس تفسیرمنحنی‌های سونداژ الکتریکی با استفاده از رایانه

رابطهٔ ریاضی حاکم بر یک مدل چند لایه به‌این صورت تعریف می‌شود:

[21] Fit-match

$$\rho_a(r) = \rho_1[1 + r^2 \int_0^{\infty} R_n(\lambda) J_1(\lambda_\gamma) d\lambda] \qquad (4)$$

که در آن :

λ : فرکانس فضایی

$J_1(\lambda_\gamma)$: تابع *بسل* از نوع اول و از مرتبهٔ اول از (λ_γ)

$R_n(\lambda)$: تابع *کرنل* که وابسته به‌پارامترهای ρ_i و h_i و n تعداد لایه‌هااست

انتگرال (٤) به‌انتگرال *هنکل* نیز معروف می‌باشد که برای حل رقمی آن با توجه به‌خاصیت بسیار نوسانی تابع $J_1(\lambda_\gamma)$ و میرایی بسیار کم آن از ضریب‌های خاص بنام فیلترهای مقاومت الکتریکی[22] استفاده می‌شود و دقت محاسبات دقیقا به‌تعیین دقیق ضرایب این فیلتر وابسته است. در عمل برای یک منحنی سونداژ مدلی حدس زده می‌شود و منحنی تئوری برای آن رسم می‌شود. این منحنی تئوری با منحنی صحرایی برازش می‌شود، خطای انطباق محاسبه و عملیات کمینه‌سازی[23] تابع خطا که بصورت زیر تعریف می‌گردد:

$$\varphi = \sum_i^n (\rho_a^n - \rho_a^p / \delta)^2 \qquad (5)$$

که در آن:

ρ_a^t دادهای مقاومت الکتریکی تئوری

ρ_a^p داده‌های تجربی

δ خطای استاندارد مورد قبول

آغاز می‌گردد تا خطای مورد قبول (δ) به‌دست آید. در آن صورت می‌توان گفت پردازش داده‌های صحرایی انجام گرفته است. ولی از آنجا که ماهیت داده‌های ژئوفیزیکی یک تابع چند جوابی است به‌چنین پردازشی نمی‌توان عنوان «تفسیر»[24] داد. در واقع تفسیر داده‌ها موقعی صورت می‌گیرد که با استفاده از توابع کمکی که در واقع اطلاعات کمکی حاصل از مطالعات زمین‌شناسی، گمانه‌ها، اطلاعات روی زمین و مواردی نظیر اینها بوده، تابع چند جوابی مقاومت الکتریکی به‌تابع

22- Principle Equvallency
23- Resistivity filters.
24- Interpretation

که از نقطه نظر ریاضی تبدیل گردد و در آن صورت است که عملیات برگردان[25] داده‌های صحرایی دارای یک منطق ریاضی خواهد بود.

۴-۳- تفسیر منحنی‌های صحرایی

انتخاب روش ژئوفیزیکی به‌خصوصیت ساختار هیدروژئولوژیکی و هدف از مطالعه آن وابسته است. تمامی روشهای ژئوفیزیکی د رمطالعات هیدروژئولوژی به‌میزان متفاوت بکارگرفته می‌شوند. آمار نشان می‌دهد روشهای ژئوالکتریکی درتحقیقات آب زیرزمینی کاربرد بسیار وسیع‌تری دارند و ازمیان روشهای ژئوالکتریکی نیز، روشهای مقاومت‌ویژه[۲۶] و بخصوص روش سونداژ الکتریکی قائم (V.E.S) در مطالعه هیدروژئولوژی حوزه‌های رسوبی مناسبتر تشخیص داده شده‌اند. آرایش شلومبرژه نیز، در میان آرایش‌های مختلفی که برای روش سونداژ الکتریکی قائم استفاده می‌شوند، در اکتشافات و ارزیابی آبهای زیرزمینی مناسبتر است.

آرایش شلومبرژه بعنوان عمومی‌ترین آرایش در مطالعات ژئوالکتریکی محسوب می‌شود. در این آرایش با زیاد کردن طول الکترودهای جریان، عمق نفوذ جریان بیشتر شده و عمقهای بیشتری مورد مطالعه قرار می‌گیرند. در برداشت صحرائی، مقاومت ظاهری در مقابل $\frac{AB}{2}$ (نصف طول الکترود جریان) برروی کاغذ log-log ترسیم می‌شود. منحنی بدست‌آمده بعنوان یک منحنی خام شلومبرژه محسوب می‌شود که اثر ناهمگنی‌های سطحی بر روی آن تأثیر زیادی داشته و ممکن است با بزرگ کردن طول الکترودهای جریان (AB) و یا الکترودها پتانسیل(MN) بعلت ناهمگنی جانبی محیط اطراف الکترودها و یا خطا در اندازه‌گیری، نشت جریان(بعنوان مثال از طریق دکل‌های فشار قوی برق و یا لخت بودن سیم جریان و اتصال آن به‌زمین) شیب منحنی بدون اینکه ارتباطی به‌تغییر شرایط زیرسطحی و لایه‌های عمقی داشته باشد، تغییرکند. بویژه اگر این ناهمگنی بزرگ باشد (مثلا وجود یک دایک درکنار یکی از الکترودهای پتانسیل) اثر سطحی نیز بیشتر شده و می‌تواند ناهمگنی جانبی را بوضوح نشان دهد. این خطاهای سطحی[۲۷] که در روش ژئوالکتریک (بویژه سونداژهای

25- Inversion
26 - Resistivity
27 - Noise

افقی) اثر زیادی بر شکل منحنی دارند، در منحنی‌های سونداژ شلومبرژه براحتی قابل تشخیص هستند. وجود ناهمگنی در کنار الکترودهای پتانسیل و جریان سبب ظاهر شدن اثرات سطحی و وجود یک ناهمگنی سطحی کوچک در کنار یکی از الکترودهای پتانسیل(M یا N) و قرارگیری آن در محیطی با مقاومت پایین‌تر نسبت به‌مرکز آرایش الکترودی (هنگام بزرگ‌کردن MN) باعث می‌شود نقاط اندازه‌گیری شده در MN های خاصی تغییر مکان[28] داده شوند. همچنین وجود یک نا همگنی کوچک در کنار الکترودهای جریان A یا B نیز سبب آشفتگی کوچک و یا بزرگی در منحنی می‌شود. علاوه بر این در آرایش شلومبرژه فرض بر افقی بودن لایه‌ها و همگن بودن زمین از جوانب بوده بنابراین منحنی‌های V.E.S صحرایی باید آرام[29] شوند، یعنی اثرات سطحی ناشی از ناهمگنی جانبی، خطا در اندازه‌گیری، نشت جریان و سایر موارد را بر روی آن از بین برده و بعنوان محیطی که از جوانب همگن و لایه‌ها افقی هستند، تفسیر شوند.

پس‌از آرام‌سازی و وارد ساختن اعداد آرام‌شده به‌رایانه، منحنی‌ها تفسیر می‌شوند. تفسیر منحنی‌ها با هر نرم‌افزاری که انجام شود از ظرافت خاصی برخوردار بوده و برای انجام آن نکات بسیاری را باید رعایت نمود.

یکی از مسائل مشکل‌ساز در تفسیر منحنی‌های سونداژ اثر توپوگرافی سطحی زمین بر روی منحنی‌ها است. در محاسبات مقاومت ویژه فرض بر صاف بودن زمین است و این فرض می‌تواند سبب اختلافات زیادی بین پتانسیل‌های واقعی و پتانسیل محاسبه شده بشود. توپوگرافی باعث پخش جریان در نزدیک سطح شده و آنومالی‌های هادی یا مقاوم در داده‌های صحرایی پدید می‌آورد. وجود دو اصل برابری[30] و اختفاء[31] نیز سبب پیچیدگی تفسیرمنحنی‌های سونداژ می‌شود. در اصل برابری تفکیک دو لایه با وجود متفاوت بودن ضخامت و مقاومت الکتریکی آنها لایه بدلیل تشابه مقاومت عرضی یا هدایت طولی مشکل است. در منحنی‌های نوع H ($\rho_1>\rho_2<\rho_3$) و یا نوع A ($\rho_1>\rho_2>\rho_3$) اگر ضخامت لایه دوم نسبتا کم و هدایت‌طولی (نسبت ضخامت به‌مقاومت الکتریکی) آن در منحنی‌ها برابر باشد، منحنی‌های سونداژ مشابه ایجاد شده و ضخامت و مقاومت لایه دوم

28- Shift
29 - Smooth
30- Equivalency
31 - Suppression

غیرقابل تشخیص خواهدشد (برابری توسط هدایت طولی) و نیز در منحنی‌های نوع K ($\rho_1<\rho_2>\rho_3$) و نوع Q ($\rho_1>\rho_2>\rho_3$) اگرضخامت لایه دوم نسبتا کم و مقاومت‌عرضی (حاصلضرب ضخامت در مقاومت الکتریکی) آن در منحنی‌ها برابر باشد در این‌صورت نیز منحنی‌ها تقریبا مشابه همدیگر بوده و تشخیص ضخامت و مقاومت لایه دوم مشکل می‌شود (برابری توسط مقاومت عرضی).

در اصل اختفاء که ممکن است در منحنی‌های نوع A یا Q اتفاق بیفتد، تشخیص لایه‌ای با ضخامت کم، که مقاومت ویژه آن حد واسط مقاومت ویژه لایه‌های دربرگیرنده آن باشد، مشکل می‌شود. این دو اصل باعث می‌شودکه یک سفره چندلایه‌ای بصورت یک لایه تفسیر شوند و یا در یک سونداژ لایه‌آبدار قابل تشخیص نباشد. در چنین مواردی نمی‌توان فقط از منحنی‌های سونداژ این لایه‌ها را تشخیص داد و باید مقاطع زمین‌شناسی نیز در دسترس باشد. عملکرد این دو اصل باعث شده یک منحنی بیان کننده چندین مدل ژئوالکتریکی باشد که بهترین مدل بیان کننده شرایط واقعی زمین، از تطابق منحنی‌های سونداژ با اطلاعات زمین‌شناسی محل و لاگ چاهها و اطلاعات حفاری بدست می‌آید. بهمین دلیل در مرحله تفسیر هر پروفیل، ضخامت معلوم لایه‌ها در سوندا‌ژهای مجاور چاه ثابت گرفته و مقاومت آن لایه محاسبه می‌شود.

هرچند با وجود ناهمگنی‌های جانبی، تغییرات توپوگرافی سطح زمین و دو اصل اختفاء و برابری تفسیر یک بعدی نتایج درستی نمی‌دهد. اما تفسیر دوبعدی و سه بعدی نیز پیچیده بوده و عملا کاربرد آن با مشکلات فراوانی روبروست. از آنجا که تفسیر یک بعدی سریع است می‌تواند درجاهایی که تغییرات جانبی کم باشد بکار برده شود و یا از آن بعنوان یک ابزار اولیه برای تفاسیر دوبعدی و سه‌بعدی استفاده شود که در اینصورت باید تغییرات جانبی‌آرام شوند.

برای تفسیر و برگردان[۳۲] داده‌های منحنی سونداژ الکتریکی نرم‌افزارهای کامپیوتری مختلفی وجود داردکه منحنی‌های دارای الگوریتم کم و بیش مشابهی‌اند. آنچه که بر دقت برآورد این نرم‌افزارها اساسی‌ترین تأثیر را می‌گذارد ضرایب فیلترهای مقاومت ویژه الکتریکی[۳۳] است که محاسبه این ضرایب یکی از ارکان اصلی تهیه نرم‌افزارهای V.E.S است. به‌سادگی می‌توان به‌تمایز نرم‌افزارها

32- Inversion
33- Resistivity Filter

در داشتن ضرایب دقیق فیلتر پی‌برد. منحنی مدل دولایه‌ای و یا سه‌لایه‌ای با پارامترهای ژئوالکتریکی مشخص، با استفاده از روش تحلیلی[۳۴] بدست آورده می‌شود، سپس این منحنی با منحنی‌های حاصل از نرم‌افزارهای مختلف مقایسه و مقدار تابع خطا[۳۵] برآورد می‌گردد.

۴-۴- مروری بر مطالعات انجام گرفته بر روی ناپیوستگی جانبی

بررسی ناپیوستگی‌های جانبی[۳۶] با مرز صفحه‌ای قائم نظیر گسل قائم و دایک با استفاده از روش مقاومت ویژه الکتریکی توسط محققین مختلفی صورت گرفته است. عده‌ای از پژوهشگران بطریقه تحلیلی و با استفاده از حل ریاضی معادله *لاپلاس* و اعمال شرایط مرزی مشخص، روابط معینی را برای مقاومت الکتریکی ظاهری در حضور ناپیوستگی جانبی قائم معرفی کردند. همچنین برخی دیگر از محققین با استفاده از تئوری تصویر چشمه جریان به‌حل مسئله پرداختند. استفاده از روش المانهای محدود[۳۷] یا تفاضل محدود[۳۸] در ارزیابی ناپیوستگی‌های جانبی بروش مقاومت الکتریکی توسط پژوهشگران متعددی صورت پذیرفت. در ادامه این مطالعات از تکنیک برگردان [۳۹] برای بررسی ناپیوستگی جانبی با استفاده از روشهای مقاومت ویژه الکتریکی نیز بهره شایانی برده شد. عملیات پروفیل‌زنی و سونداژ الکتریکی با استفاده از آرایه‌هائی نظیر شلومبرژه کاربرد بسزائی در این زمینه دارند. بررسی نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که وجود ناپیوستگی جانبی در محیطی که مورد مطالعه ژئوالکتریکی قرار می‌گیرد بر روی داده‌های صحرائی اثر گذارده و بدون در نظر گرفتن آن ممکن است خطاهای فاحشی در تعبیر و تفسیر داده‌های صحرائی روی دهد. ناپیوستگی جانبی قائم بر روی منحنی‌های سونداژ الکتریکی اثر گذارده و شکل آن را تغییر می‌دهد. برای شناسائی ناپیوستگی جانبی قائم بروش سونداژ الکتریکی بایستی در دو امتداد عمود بر هم اندازه‌گیری به‌عمل آید. در عملیات پروفیل‌زنی الکتریکی، با استفاده از چند طول مختلف الکترودهای جریان، تغییرات مقاومت الکتریکی در چندین عمق ثابت و در راستای پروفیلها مورد بررسی قرار گرفته است. بدیهی است که

34- Analytical Method
35- Error Function
۳۶- یکی از مشخصات اساسی گسلها نیز ایجاد تغییراتی گاه خیلی بزرگ در مقادیر مقاومت الکتریکی بصورت جانبی در لایه هاست.
37-finite element
38-finite differennce
39-inverse technique

موضوع بررسی توزیع پتانسیل الکتریکی در مجاورت مرز صفحه‌ای که محیط مورد مطالعه را به‌دو قسمت با مقاومت‌های الکتریکی متفاوت تقسیم می‌نماید در ادامه بررسیهائی می‌باشد که در باره توزیع پتانسیل الکتریکی در محیطهائی با لایه‌بندی افقی شروع شده است و بنابراین پژوهشهای انجام یافته درباره این موضوع نیز بی‌ارتباط با کارهای قبلی در زمینه شرح و بسط روابط پتانسیل و مقاومت الکتریکی در محیط‌های مختلف نمی‌باشد. ناپیوستگی جانبی پتانسیل الکتریکی تحت تأثیر عوامل گوناگونی ممکن است بوجود آید، تغییر خواص فیزیکی محیط مورد مطالعه بصورت جانبی نظیر جنس مواد متشکله و یا تغییر دانه‌بندی اثر خود را بصورت تغییرات ناگهانی هدایت یا مقاومت الکتریکی ظاهر می‌سازد و توزیع یکنواخت پتانسیل الکتریکی را در محیط‌های همگن و همسانگرد به‌توزیع ناهماهنگ آن در محیط‌های ناهمسانگرد تبدیل می‌کند. تگ< Tagg–1930> منحنی‌های مقاومت الکتریکی برای آرایه ونر در حالت گسل قائم را حساب نمود. *هوبرت و لئوناردن* Hubbert> <1934 – Leonardon & 1932– تشخیص و شناسائی گسل را با استفاده از آرایش ونر و فاصله ثابت الکترودی ارزیابی نمودند. *هداشتروم* < Hedstrom – 1932 > پتانسیل الکتریکی را پیرامون تک الکترود جریان که در مجاورت یک یا دو مرز قائم ناپیوستگی قرار داشت مورد ارزیابی قرار داد. *لون* < Logn–1954 > و *استفانسکو* و همکاران < Stefanesco & etal –1930> منحنی‌های مقاومت الکتریکی برای مدل دو بعدی محاسبه نمودند. برای یک چشمه نقطه‌ای شکل جریان *آلدرج* < Aldredge – 1933 , 1934 > آرایش الکترودی ونر را که بصورت عمود نسبت به‌امتداد ناپیوستگی قرار داشت مورد نظر قرار داد و سپس *سان‌جی‌واردی* < Sanjeevarddi – 1936 > و جیمسون < Jameson – 1941>، *کارنو* < Carreno – 1948> و *ترودو* < Trudu – 1952 > کار وی را ادامه دادند. *آنز* < Unz – 1953 > منحنی‌های مقاومت الکتریکی ظاهری را برای لایه‌های شیب‌دار محاسبه و رسم نموده است. *کاتسورو مائدا* < Katsuro maeda – 1955 >و همزمان با وی *وان‌نسترند و کوک* < Van Nostrand & Cook - -1955 >بحثی را در مورد کاربردهای تئوری تصویر و چشمه‌های نقطه‌ای جریان و برآورد پتانسیل الکتریکی در حالت‌های مختلف بعمل آوردند. *جری و کونتز* < Jery & Kunetz – 1956 > در رابطه با استفاده از آرایش شلومبرژه در بحث و بررسی پتانسیل الکتریکی در مورد لایه شیب‌دار منحنی‌های تئوری را رسم نمودند. *جری و کونتز* همچنین از کارهای *هوبر* (Huber–1955)، *رایس* (Rice–1940)، *سامی* (Sumi – 1953)، *اسکالسکایا*

(Skals Kaya – 1948) استفاده کرده‌اند. آنومالیهای مقاومت الکتریکی در طول یک صفحه ناپیوستگی قائم در مورد آرایش متقارن چهار الکترودی تحت تأثیر دو عامل مهم دستخوش تغییر می‌گردد، یکی نسبت جدایش الکترودهای پتانسیل به‌الکترودهای جریان ودیگری زاویه‌ای که امتداد آرایش با امتداد ناپیوستگی می‌سازد. *الغلبی* (Chalabi–1969) بحث تئوری جامعی را در این رابطه انجام داده است. آلفانو (Alfano – 1959) ناپیوستگی‌های جانبی و شکل‌های مختلف مدفون را شرح داده و *لی و گرین* (Lee, Green – 1973) در رابطه با تفسیر مستقیم سونداژالکتریکی بر روی گسل یا دایک کار کردند. *دی و موریسون* (Dey, Morrison – 1979) مدل سازی مقاومت الکتریکی را برای یک شکل دلخواه دوبعدی انجام داده است. *پاتلا* (Patella – 1980) منحنی سونداژ الکتریکی را در حالت توازی امتداد آرایش و امتداد ناپیوستگی قائم مورد ارزیابی قرار داد. محاسبه مدلهای دوبعدی توزیع پتانسیل الکتریکی را *ماندری* (Mundry – 1984) تکمیل‌تر نمود. وی درکار تئوری خود از کارهای *دی و موریسون* (Dey, Morrison– 1979)، *موفتی* (Mufti –1980) و *اسکریبا* (Scriba – 1981) استفاده نموده است.

اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی با روش ترکیبی سونداژ – پروفیل‌زنی الکتریکی با آرایه سه الکترودی نتیجه‌های جالب توجهی مخصوصا در بررسی ناپیوستگی‌های جانبی به‌همراه دارد. *کاروس و پرنو* (Karous, Pernu – 1985) کار تئوری و عملی جالبی را در این رابطه انجام دادند. تفسیر اندازه‌گیری سونداژالکتریکی بر روی ساختمانهای دوبعدی نظیر گسل و غیره غالبا نتایج نادرستی را ببار می‌آورد، در حالتیکه تغییرات جانبی منحنی سونداژ الکتریکی را تحت تأثیر قرار داده و تفسیر چنین منحنی‌های سونداژی احتمالا باعث تفکیک لایه‌هایی می‌شود که در زمین مورد مطالعه وجود ندارند. *شولز و تزکان* (Schulz & Tezkan – 1988) با استفاده از آرایه شلومبرژه و نیم‌شلومبرژه به‌مقایسه نتایج به‌دست آمده از این آرایه پرداختند. این دو محقق با استفاده از کارهای تئوری *مائدا* (Maeda–1955) و *وان نسترند و کوک* (VanNostrand & Cook–1966) و همچنین *لی* (Lee–1973) منحنی‌های تئوری مربوط به‌محیط با ناپیوستگی جانبی مقاومت الکتریکی را مورد بحث و ارزیابی قرار دادند. آنان در کار عملی خود جهت برآورد امتداد ناپیوستگی سونداژهای چرخشی نیم‌شلومبرژه را بکار بردند و بصورت تقریبی امتداد ناپیوستگی را برآورد نمودند. بهبود مدل‌سازیهای مقاومت الکتریکی و مقایسه خطاهای حاصله و سعی در به‌حداقل رساندن این خطاها توسط *لاوری و*

آلن و شیو (Lowry, Allen, Shive– 1989) به‌انجام رسید. *شیما* (Shima–1990) مدلهای مختلفی را مورد مطالعه قرار داده که گسل شیب‌دار و یک جسم منشوری شکل از آن جمله می‌باشد. *برد و مورگان* (Beard & Morgan– 1991) در همین رابطه و با روشی متفاوت و با استفاده از برگردان یک بعدی در برآورد ساختمانهای دوبعدی تحقیقی مفید انجام داده‌اند.

بخش پنجم : مطالعات ژئوالکتریک در محدوده سیاهگل

این محدوده در حوالی روستای سیاهگل و شامل سازندهای گچی و مارنی است که ارتفاعات مشرف به‌طرف مقابل روستا شامل سازندهای آهکی می‌باشند. بر روی نقشه توپوگرافی محدوده محل سونداژهای اجرا شده آورده شده است (نقشه صفحه بعد). همچنین نمای سه بعدی محدوده با استفاده از نقشه توپوگرافی ترسیم شده است، شکل (۵-۱ و۵-۲)

۵-۱- سونداژ آزمایشی

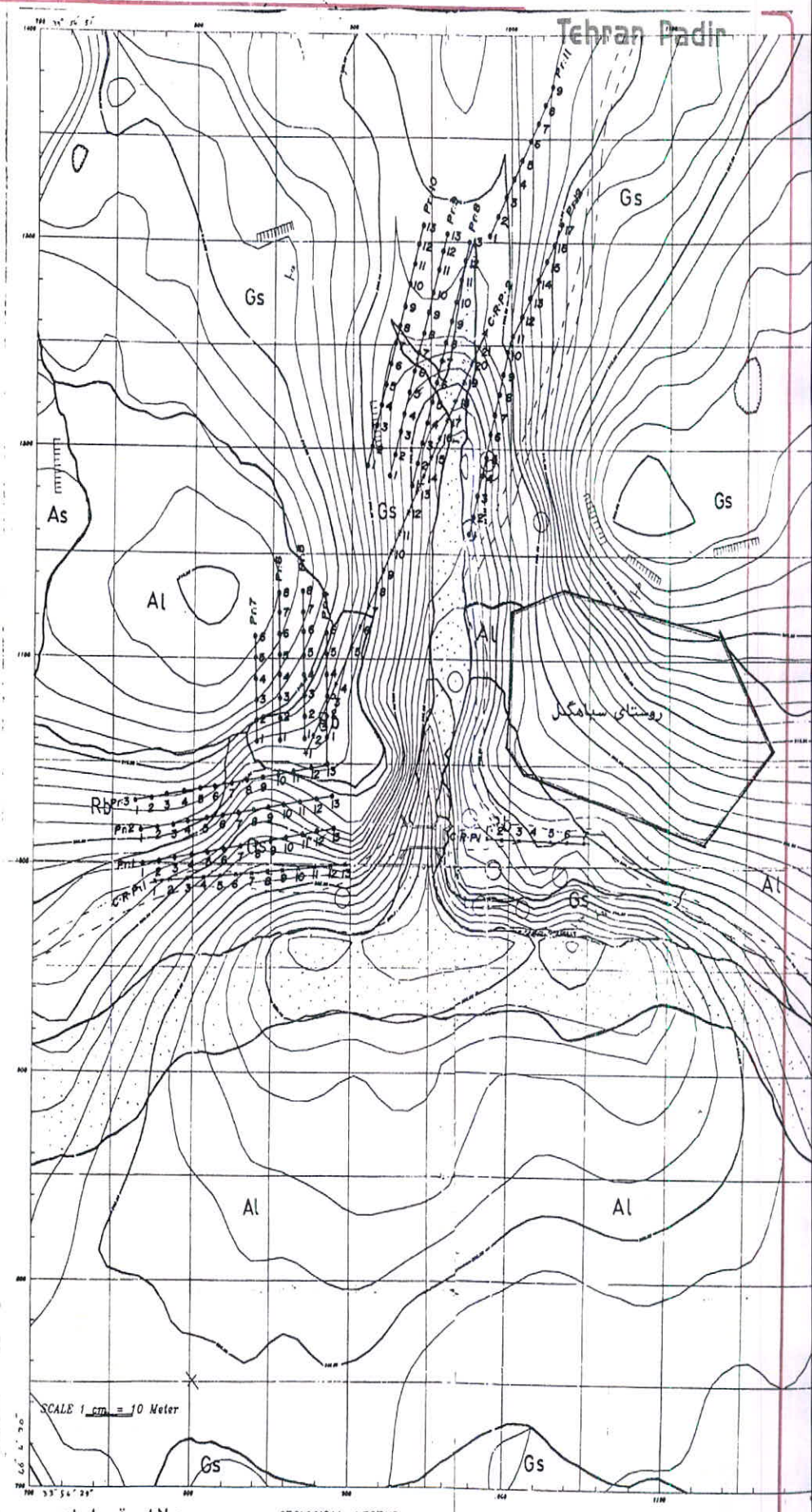
به‌منظور شناسائی ویژگی‌های الکتریکی لایه‌های ذغالی (بیتومین) در محل محدوده سیاهگل بر روی رگه ذغالی بیرونزده در کنار رودخانه سونداژ آزمایشی اجرا شده است که محل آن بر روی شکل صفحه بعد دیده می‌شود.

هدف از این کار انجام مدل‌سازی می‌باشد که در ادامه شرح آن می‌آید. با توجه به‌مشاهدات انجام شده لایه‌بندی بیرونزده د محل سونداژ شامل حدود ۱ متر لایه‌های مقاوم و خشک شامل قطعات سنگی و آبرفت می‌باشد که در کنتاکت پائین آن یک لایه ذغالی وجود دارد که کف این لایه مشخص نمی‌باشد و پس از اجرای سونداژ مشخص شده است.

پس از تفسیر منحنی سونداژ آزمایشی، ضخامت لایه ذغالی در حدود ۲ متر به‌دست آمده و در زیر آن مقاومت الکتریکی به‌شدت کاهش می‌یابد که بیانگر وجود لایه‌های مارنی و رسی و مخلوط آن با ماسه می‌باشد. نتایج حاصل از تفسیر این این سونداژ نشان می‌دهد که مقاومت الکتریکی این رگه ذغالی بسیار بالا بوده (بیش از ۱۰۰۰ اهم‌متر) و بیانگر کیفیت بسیار خوب و عدم وجود ناخالصی در این رگه می‌باشد، برروی شکل (۵-۳) محل سونداژ آزمایشی و مدل حاصل از تفسیر ژئوالکتریکی نشان داده شده است.

شکل (۵-۱) نقشه توپوگرافی و محل سوندژهای اجرا شده در محدوده سیامگل.

Tehran Padir



علائم قراردادی

GEOLOGICAL LEGEND

Quaternary	Al	Alluvium and Recent Deposits
	Rb	Sub-Recent River Conglomerate Beds
Miocene	Gs	Gachsaran formation
	As	Asmari formation

رویات بیرون‌زدگی بیتومین

جاده خاکی

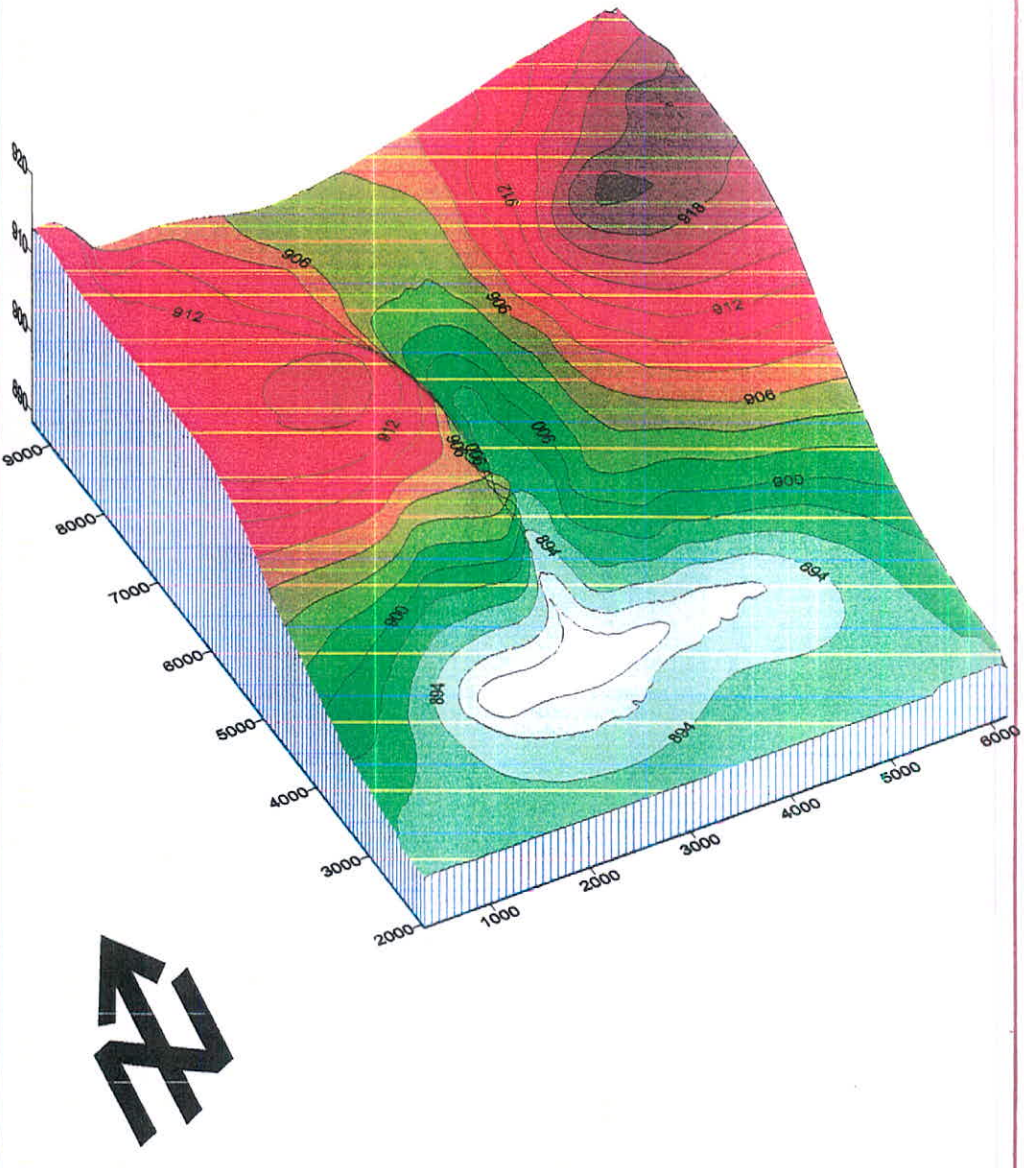
بیرون‌زدگی سنگ

پل

شیب لایه

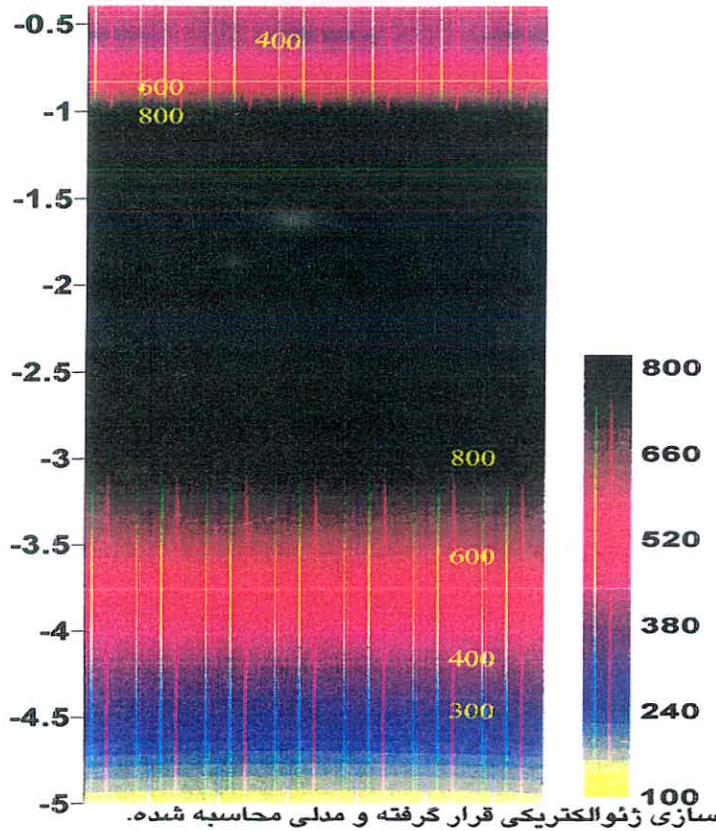
نقشه زمین‌شناسی معدن بیتومین سیامگل

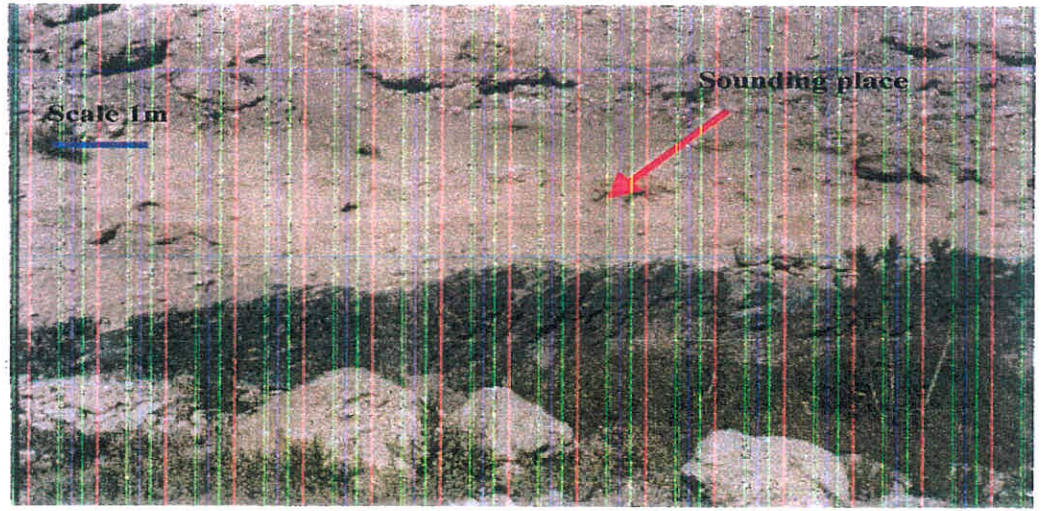
مرجع سیر مشاور تهران پادیر
Tehran Padir



شکل (۵-۲) : نمای سه بعدی محدوده سیاهگل.

Tehran Pedir





شکل (۵-۳) : نمای بیرونزدگی ذغال‌سنگ در محدوده سیاهگل که مورد استفاده در مدل‌سازی ژئوالکتریکی قرار گرفته و مدلی محاسبه شده.

۵-۲- شبه مقاطع و مقاطع ژئوالکتریکی محدوده سیاهگل

۵-۲-۱- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۱

این پروفیل دارای ۱۳ سونداژ می‌باشد و در نزدیکی جاده و موازات جاده اجرا شده است. مقاومت الکتریکی ظاهری بر روی این پروفیل از حدود کمتر از ۵۰ اهم‌متر تا بیش از ۲۵۰ اهم‌متر متغیر است. در ابتدای این پروفیل در محل سونداژ شماره-۱ مقاومت الکتریکی بالا قابل مشاهده است که با توجه به‌بیرون زدگی‌های سنگی در این نزدیکی مؤید حضور سنگ‌های آهکی می‌باشد که دارای مقاومت ظاهری بالائی می‌باشد.

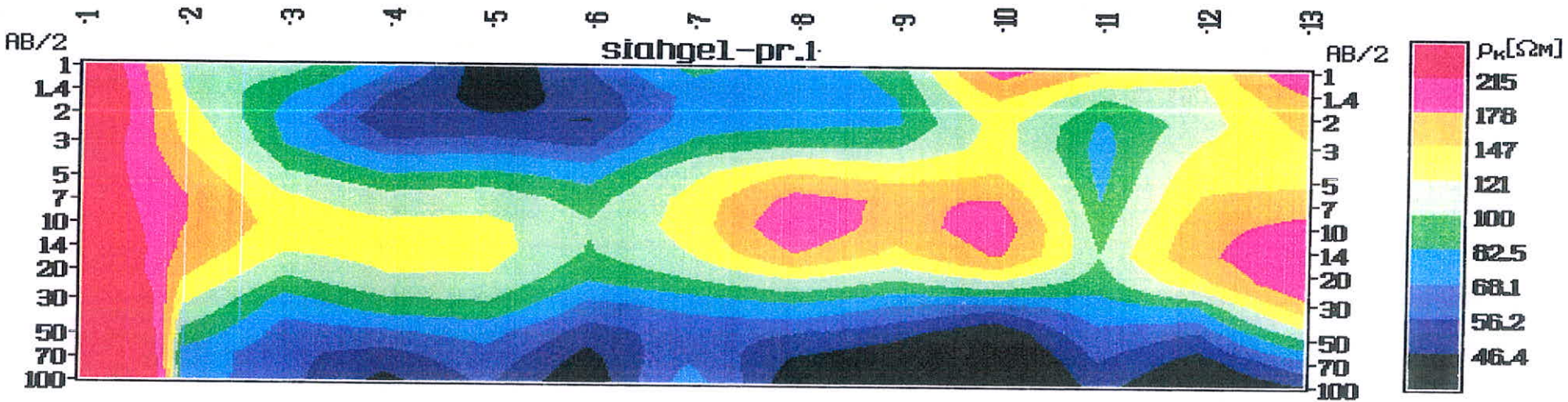
در ادامه پروفیل مقاومت ظاهری کاهش می‌یابد. در محل سوندا‌ژهای ٥،٤ و٦ یک آنومالی دیده می‌شود که می‌تواند نشان دهنده حضور ذرات و مواد ریز دانه بیشتر در رسوبات سطحی باشد. از حدود ٦/٨١= $\frac{AB}{2}$ تا ٢١/٥ یک زون با مقاومت الکتریکی ظاهری بالاتر دیده می‌شود که مقاومت ظاهری آن تا حدود ٢٠٠ اهم‌متر می‌رسد. در محل سونداژ ١١ یک آنومالی با مقاومت الکتریکی پائین در حدود ٧٠ اهم‌متر می‌رسد.

در انتهای پروفیل در محل سونداژ ١٣ مقاومت الکتریکی افزایش یافته و تا حدود ٢٣٠ اهم‌متر می‌رسد و نشان دهنده وجود قطعات سنگی و دارای مقاومت بالاتر می‌باشد.

در عمق از حدود ٣١/٦= $\frac{AB}{2}$ مقاومت الکتریکی کاهش یافته و نشان دهنده لایه‌های کم مقاومت و مارنی و رسی است که به‌جز محل سونداژ-١ در محل بقیه پروفیل قابل مشاهده ا ست، شکل‌های (٥-٤ و ٥-٦).

۵-۲-۲- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۲

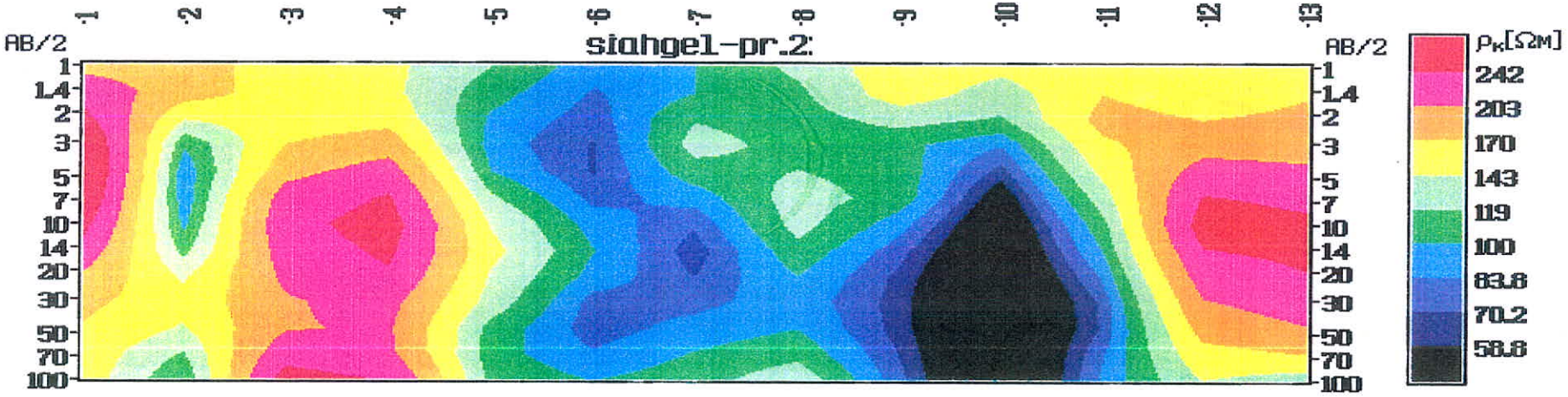
این پروفیل شامل ١٣ سونداژ بوده و موازی پروفیل شماره-١ می‌باشد، شکل‌های (٥-٥ و ٥-٧). مقاومت الکتریکی ظاهری بر روی این پروفیل از کمتر از ٧٥ اهم‌متر تا بیش از ٢٤٠ اهم‌متر متغیر است. بر روی این پروفیل آنومالی‌های چندی دیده می‌شود. در محل سوندا‌ژهای ١٢،٤،١و١٣ آنومالی با مقاومت بالا دیده می‌شود. در محل سونداژ شماره-١ آنومالی مقاومت بالا تا ٣١/٦= $\frac{AB}{2}$ ادامه می‌یابد. در محل سونداژ شماره-٤ از ٣/١٦= $\frac{AB}{2}$ آنومالی مقاومت بالا شروع می‌شود و تا عمق ادامه



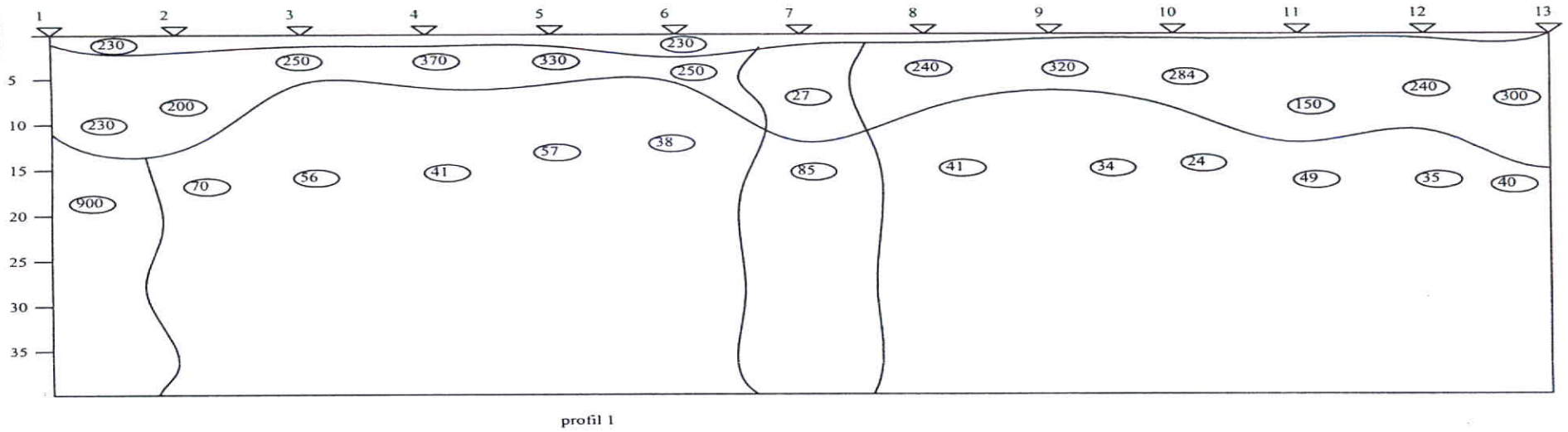
شکل (۵-۴) : شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۱ محدوده سیاهگل.

مشاور تهران پدیر
Tehran Padir

مهندسین مشاور تهران پادیر
Tehran Padir

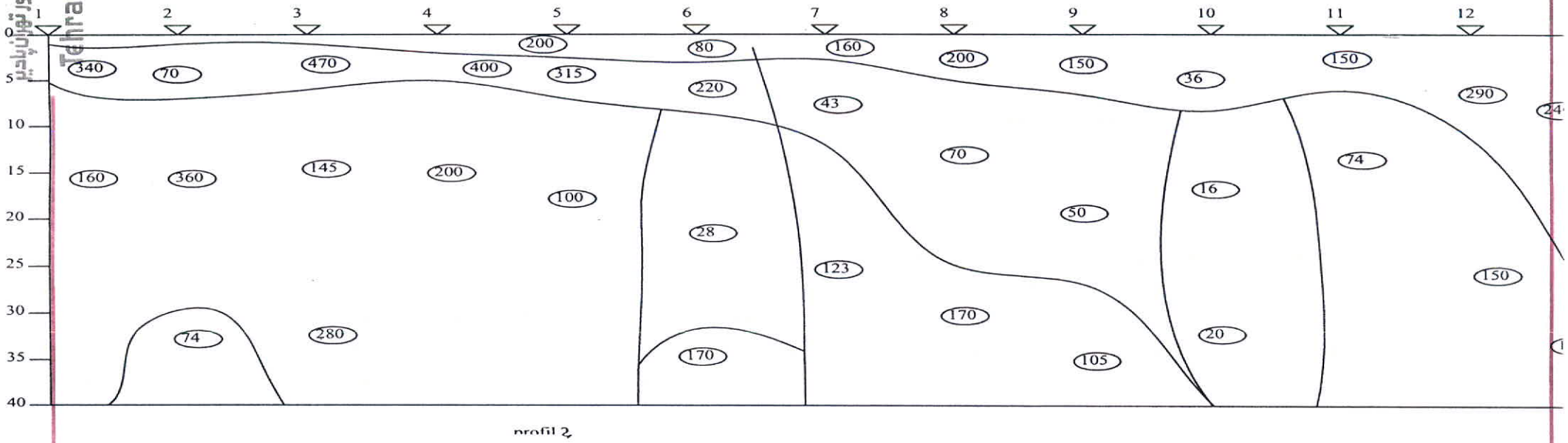


شکل (۵-۵) : شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۲ محدوده سیاهگل.



شکل (۵-۶) : مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۱ محدوده سیاهگل.

مهندسین مشاور تهران پادیر
Tehran Padir



شکل (۵-۷) : مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۲ محدوده سیاهگل.

می‌یابد. در میانه پروفیل از محل سونداژ ۵ تا ۱۲ زون دارای مقاومت الکتریکی پائین دیده می‌شود. این زون نشان دهنده گسترش لایه‌های مارنی و رسی کم مقاومت می‌باشد.

درمحل سوندا‌ژهای ۱۲ و ۱۳ به‌نظر می‌رسد که لایه‌های با مقاومت ظاهری بالا و سخت به‌صورت بین انگشتی وارد لایه‌های کم مقاومت شده‌اند.

۵-۲-۳- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۳

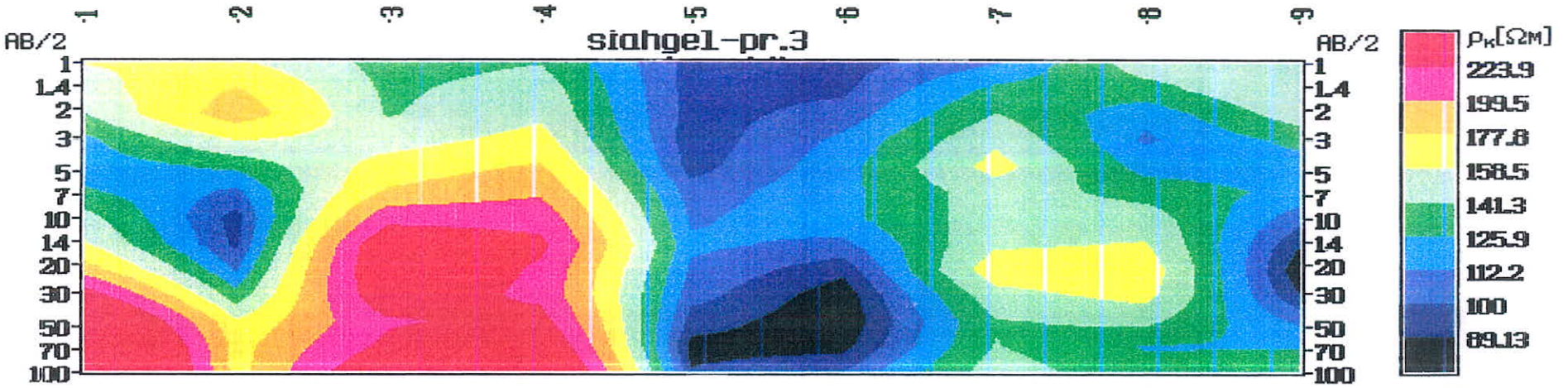
این پروفیل شامل ۹ سونداژ بوده که چهار سونداژ آن (سوندا‌ژهای شماره-۱۰ تا ۱۳) به‌دلیل شرایط محلی حذف شده‌اند که موقعیت آنها بر روی نقشه توپوگرافی محدوده سیاهگل نشان داده شده است. و به‌موازات پروفیل‌های ۱ و۲ اجرا شده است. محل این پروفیل به‌ارتفاعات آهکی و سنگی محدوده نزدیک‌تر است. بر روی این پروفیل مقامت الکتریکی ظاهری به‌طور کلی بیشتر از دو پروفیل قبلی می‌باشد. حداقل مقاومت الکتریکی ظاهری بر روی این پروفیل کمتر از ۱۰۰ اهم‌متر در محل سوندا‌ژهای ۵ و ٦ و حداکثر مقاومت الکتریکی ظاهری بیش از ۲۲۰ اهم‌متر و در محل سونداژ شماره-٤ می‌باشد.

بر روی این پروفیل دو زون عمده دیده می‌شود. یکی زون با مقاومت الکتریکی ظاهری بالاتر در ابتدای پروفیل تا سوندا‌ژها ٤ و زون با مقاومت پائین در نیمه دوم پروفیل. در ابتدای این پروفیل لایه‌های سنگی که در نزدیکی محل پروفیل بیرون زدگی دارند در عمق ادامه می‌یابند و نیمه دوم پروفیل لایه‌های کم مقاومت شامل لایه‌های آبرفتی سطحی و همچنین لایه‌های مارنی و رسی عمیق‌تر قابل ملاحظه هستند که بوسیله یک کنتراست مقاومتی در محل بین سوندا‌ژهای ٤ و۵ از یکدیگر جدا شده‌اند. در محل سوندا‌ژهای ۷ و۸ در حدود $\frac{AB}{2}$=۲۰ متر یک زون محلی با مقاومت بالاتر دیده می‌شود که معرف وجود یک لنز مقاومت ظاهری بالا و احتمالا" قطعات سنگی می‌باشد، شکل‌های (۵-۸ و ۵-۱۰). در محل سونداژ ۲ نیز یک عدسی کم مقاومت مارنی در حدود $\frac{AB}{2}$=۱۰ متر دیده می‌شود.

۵-۲-۴- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۴

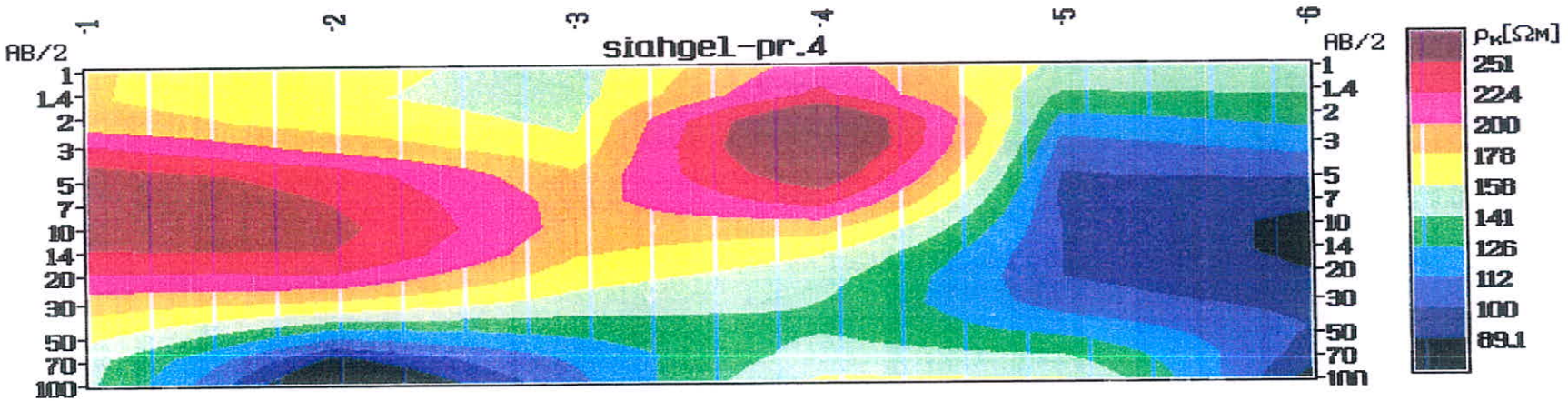
این پروفیل شامل ٦ سونداژ الکتریکی قائم می‌باشد و راستای آن عمود بر امتداد پروفیل‌های ۱ تا ۳ می‌باشد. بر روی این پروفیل مقاومت الکتریکی ظاهری از حداقل کمتر از ۸۰ اهم‌متر در محل سونداژ ٦ تا حداکثر بیش از ۲۵۰ اهم‌متر در محل سونداژ ۱ متغیر است، شکل‌های (۵-۹ و ۵-۱۱).

مهندسین مشاور تهران پادیر
Tehran Padir



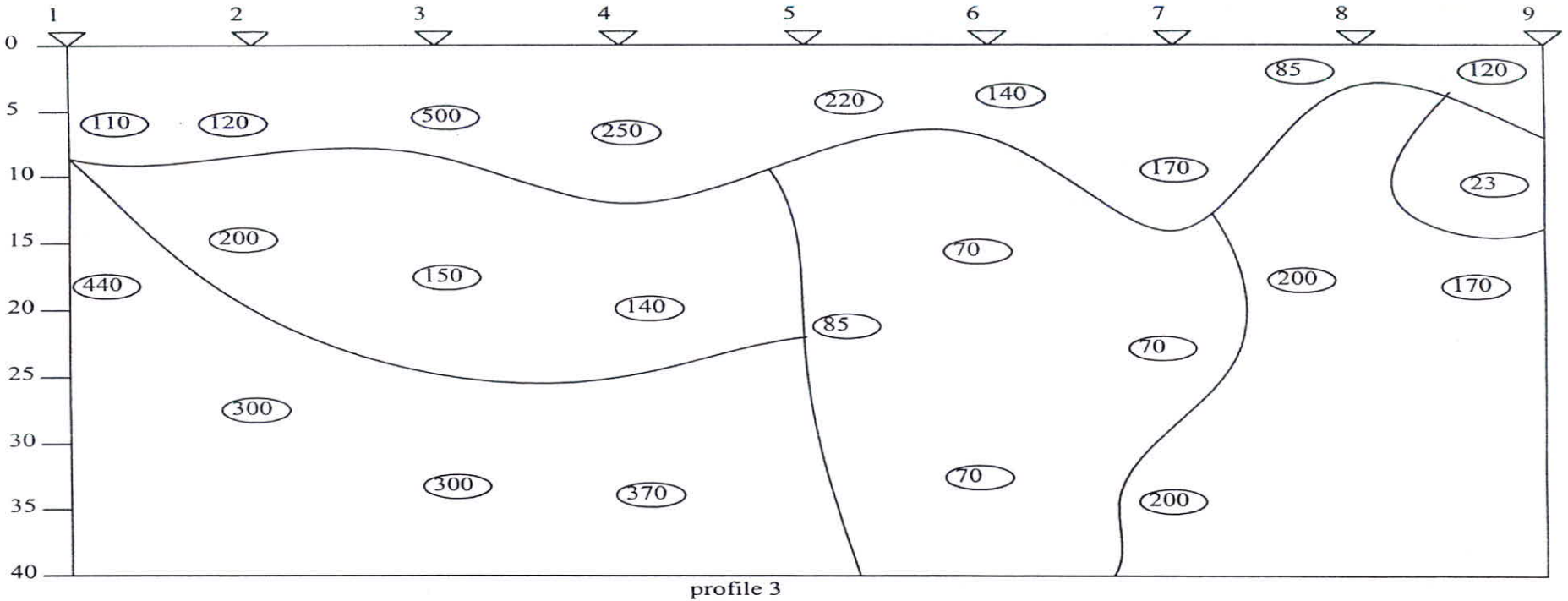
شکل (۵-۸) : شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۳ محدوده سیاهگل.

مهندسین مشاور تهران پادیر
Tehran Padir



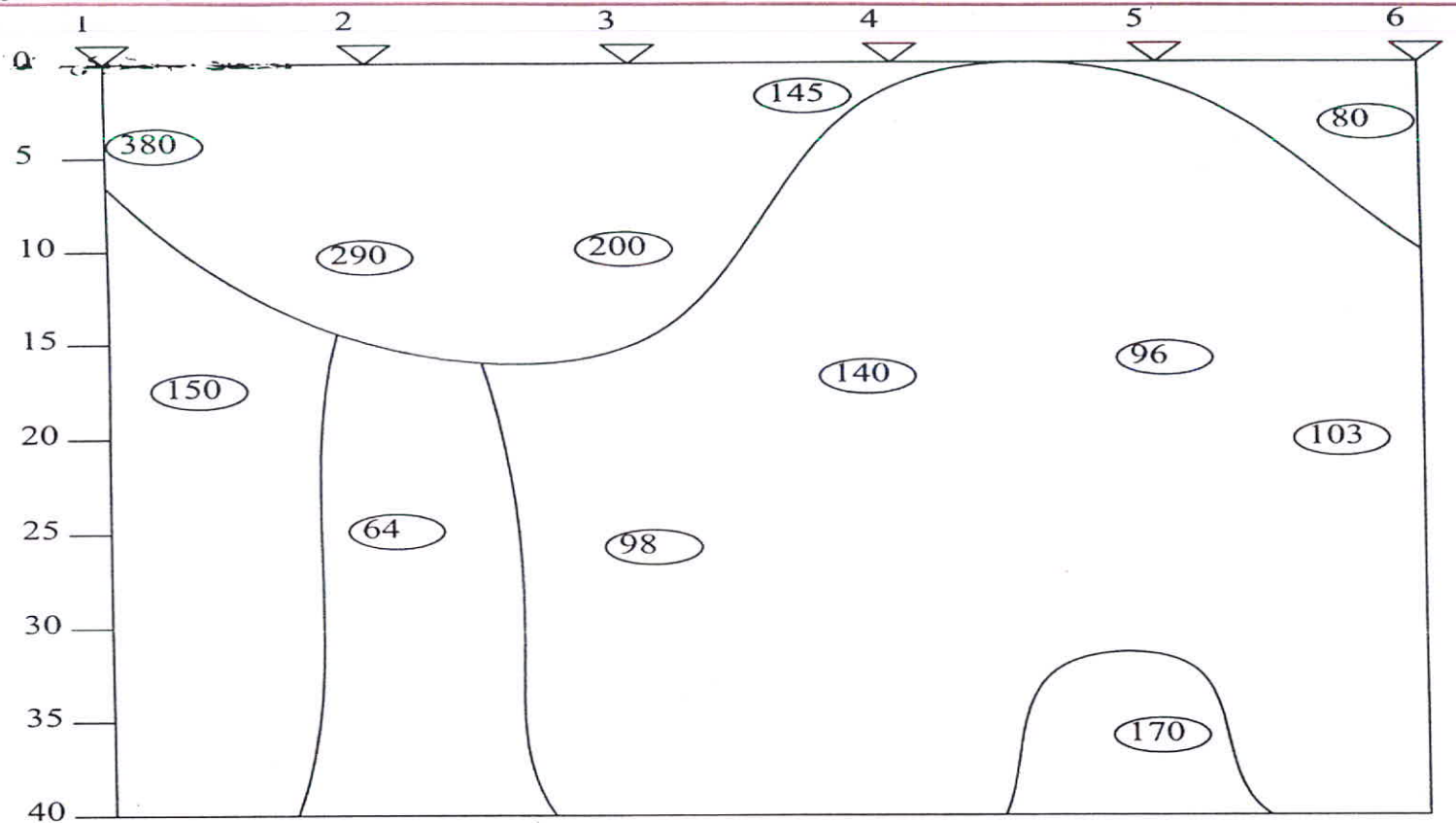
شکل (۵-۹) : شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۴ محدوده سیاهگل.

مهندسین مشاور تهران پادیر
Tehran Padir



شکل (۵-۱۰) : مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۳ محدوده سیاهگل.

مهندسین مشاور تهران پادیر
Tehran Padir



profil 4

شکل (۵-۱۱) : مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۴ محدوده سیاهگل.

مرجع مشاور تهران پادیر
Tehran Padir

در محل سونداژهای ۱ تا ٤ این پروفیل زون دارای مقاومت ظاهری بالا تا عمق معادل ٤٦/٤= $\frac{AB}{2}$ متر ادامه دارد که به‌تدریج به‌سمت انتهای پروفیل عمق آن کمتر می‌شود. این زون نشان دهنده لایه‌های سنگی و مقاومت بالا می‌باشد که در عمق مجدداً با برخورد به‌لایه‌های رسی و مارنی مقاومت کاهش می‌یابد.

در انتهای پروفیل در محل سونداژهای ٥ و٦ مقاومت الکتریکی ظاهری پائین بوده و لایه‌های سنگی همانند ابتدای پروفیل دیده نمی‌شوند.

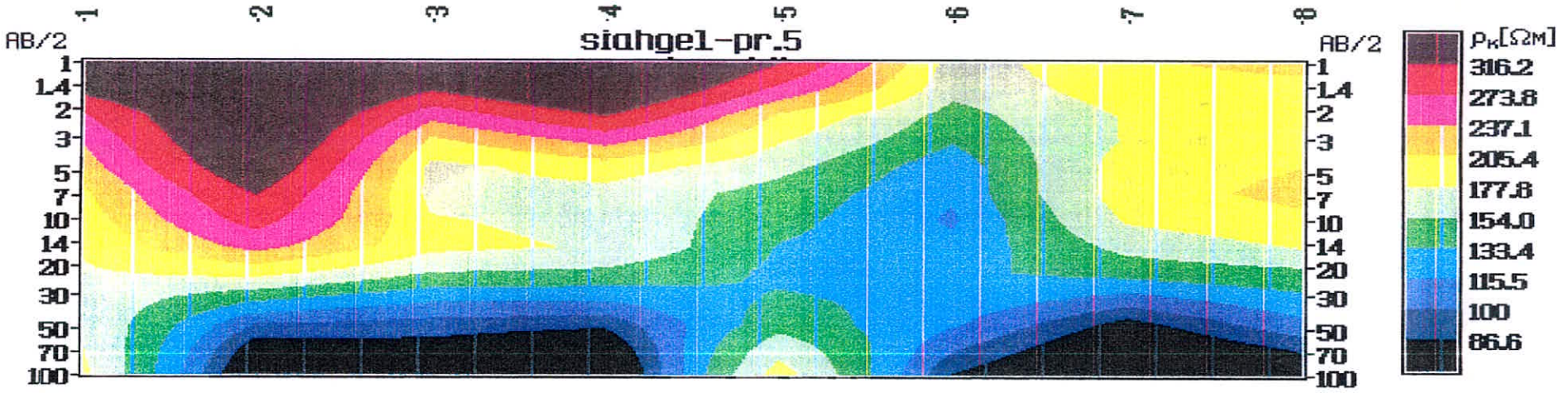
٥-٢-٥- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-٥

این پروفیل موازی پروفیل ٤ بوده و شامل ٨ سونداژ شولومبرژه می‌باشد. مقاومت الکتریکی ظاهری بر روی این پروفیل بین حداقل کمتر از ۱۰۰ اهم‌متر تا بیش از ۳۲۰ اهم‌متر متغیر است. در قسمت‌های ابتدای این پروفیل از سونداژ ۱ تا ۹ یک زون دارای مقاومت الکتریکی ظاهری بالا دیده می‌شود. ضخامت این زون در ابتدای پروفیل تا ۲۱/٥= $\frac{AB}{2}$ و عمق تقریبی ۱۰ متر ادامه دارد و به‌تدریج به‌سمت سونداژ ٥ ضخامت این زون کاسته می‌شود. این زون می‌تواند نشان دهنده لایه‌های مقاوم سطحی که شامل قطعات سنگی و آبرفت درشت دانه باشد.

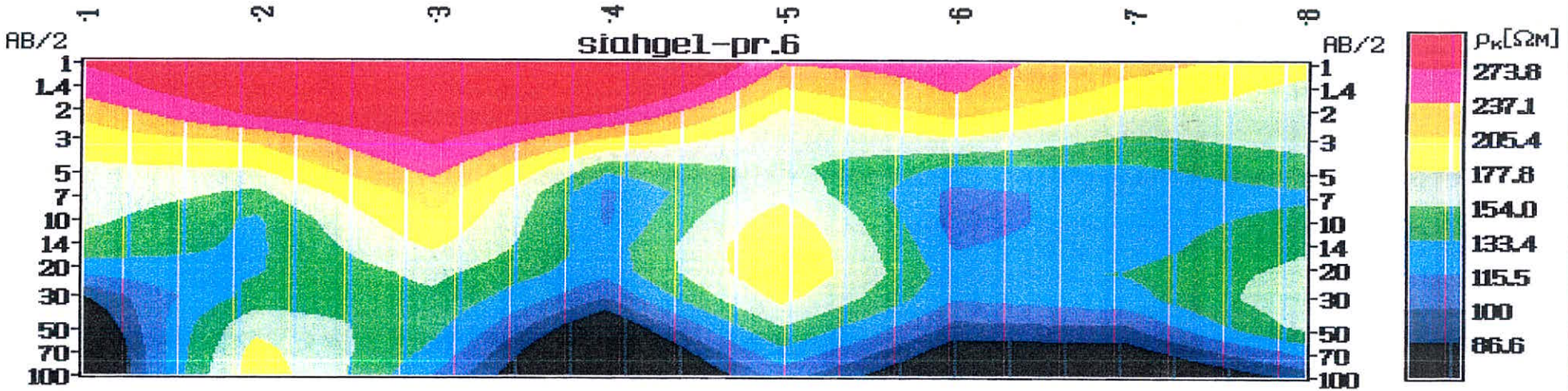
به‌طور کلی بر روی این پروفیل با افزایش عمق مقاومت الکتریکی کاهش یافته و لایه‌های ریزدانه‌تر و دارای مقاومت ظاهری کمتر مشخص می‌شوند. وجود لایه‌های مارنی در زون‌های بعد از ۳۱/٦= $\frac{AB}{2}$ در تمام طول پروفیل قابل توجه می‌باشند. در محل سونداژ ٦ در اطراف ۱۰= $\frac{AB}{2}$ و عمق تقریبی ٥ متر یک زون کنتراست کم مقاومت نسبت به‌اطراف خود دیده می‌شود که نشانگر وجود یک لنز کم مقاومت رسی و ریزدانه در لایه‌های آبرفتی سطحی می‌باشد. در محل سونداژ شماره-٨ نیز در عمق مشابه، یک لنز دارای مقاومت الکتریکی ظاهری بالا دیده می‌شود که می‌تواند بیانگر وجود قطعات سنگی در بین لایه‌های آبرفتی باشد، شکل‌های (٥-۱۲ و٥-١٤).

٥-٢-٦- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-٦

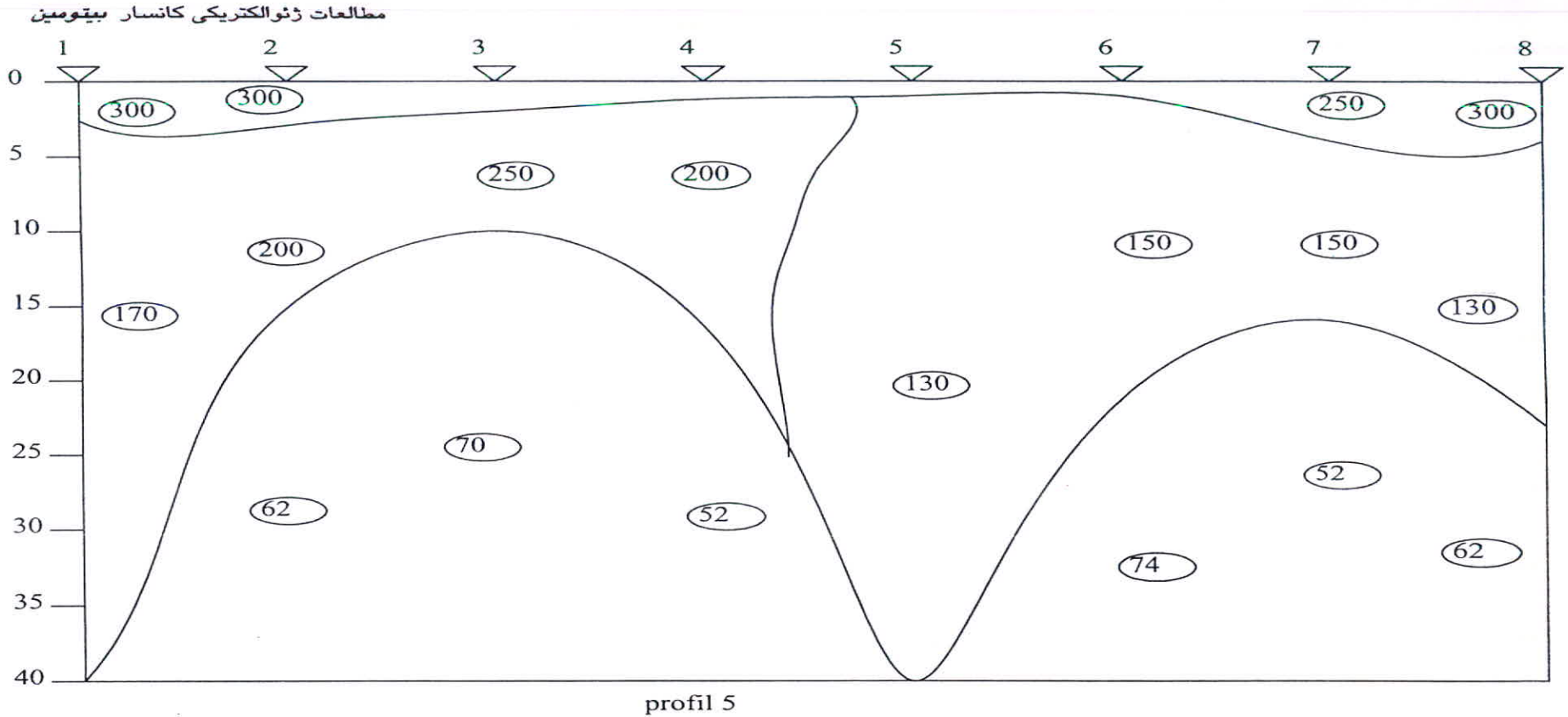
این پروفیل به‌موازات پروفیل ٥ و دارای ٨ سونداژ می‌باشد، شکل‌های (٥-۱۳ و٥-١٥). روندهای کلی مقاومت الکتریکی ظاهری بر روی این پروفیل از روندهای موجود در پروفیل ٥ پیروی



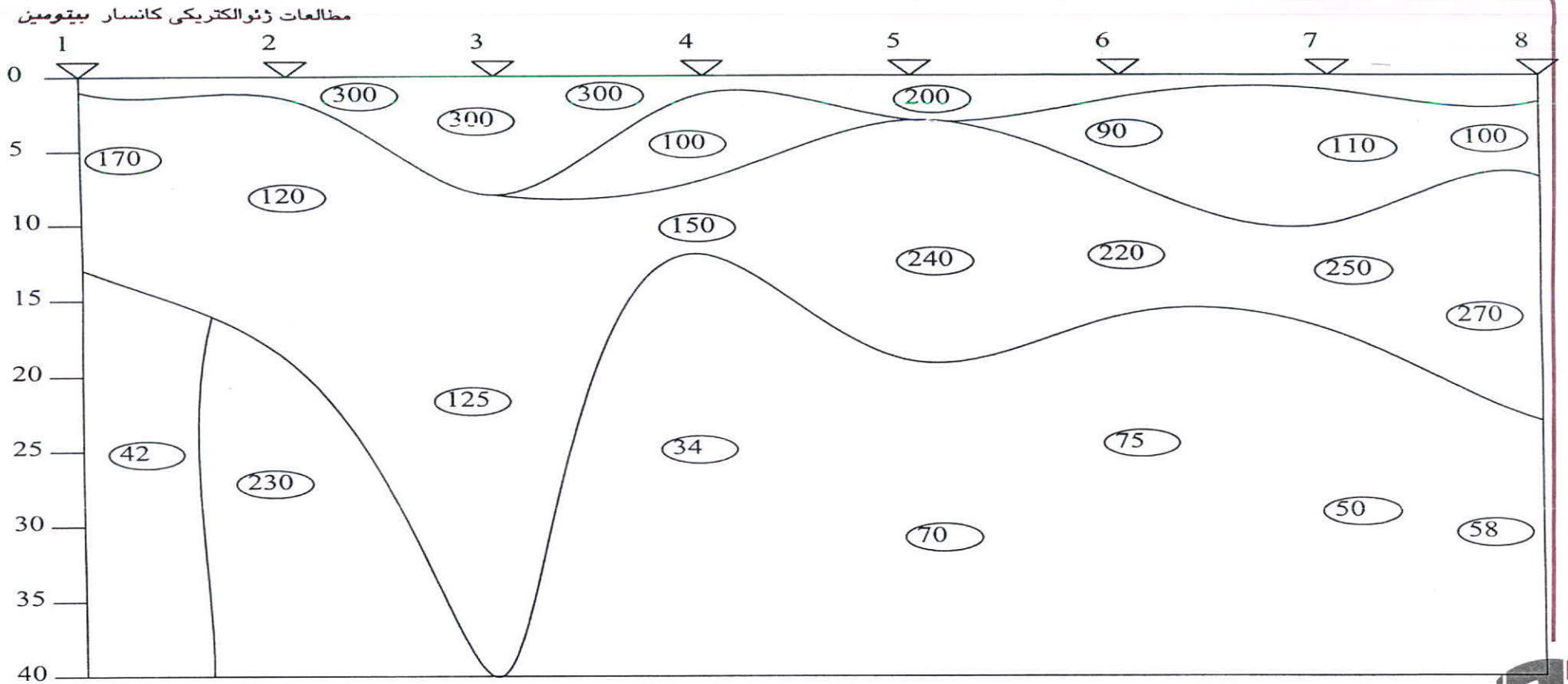
شکل (۵-۱۲) : شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۵ محدوده سیاهگل.



شکل (۵-۱۳) : شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۶ محدوده سیاهگل.



شکل (۵-۱۴) : مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۵ محدوده سیاهگل.



شکل (۵-۱۵) : مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۶ محدوده سیاهگل.

می‌کنند. برروی این پروفیل مقامت الکتریکی ظاهری بین ۱۰۰ تا بیش از ۲۶۰ اهم‌متر متغیر است. بر روی این پروفیل در محل سوندژهای ۱ تا۵ یک زون دارای مقاومت ظاهری بالا همانند پروفیل ۵ دیده می‌شود با این تفاوت که عمق این زون کاهش یافت و حداکثر به۳ متر در محل سونداژ ۳ می‌رسد.

با افزایش عمق لایه‌ها دارای مقاومت الکتریکی ظاهری پائین‌تر می‌شوند و از لحاظ لیتولوژی به‌لایه‌های ریزدانه مارنی و رسی تبدیل می‌شوند. یک زون دارای مقاومت الکتریکی بالاتر نسبت به‌اطراف در محل سونداژ ۵ و در عمق تقریبی ۱۰ متر ($\frac{AB}{2}$=۲۱/۵) دیده می‌شود که نشانگر وجود یک لنز درشت دانه از قطعات سنگی و آبرفت می‌باشد.

وجود یک لنز کم مقاومت در محل سوندژهای ٦ و ۷ در عمق تقریبی ۷ تا ۱۰ متر (۲۱/۵-۷/ ۲۱٤= $\frac{AB}{2}$) که بیانگر وجود یک لنز رسی و مخلوط با مارن است قابل توجه می‌باشد.

۵-۲-۷- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۷

این پروفیل با راستای شمالی- جنوبی و موازی پروفیل ٦، شامل ٦ سونداژ می‌باشد. مقاومت الکتریکی ظاهری بر روی این پروفیل کمتر از ۸۰ اهم‌متر تا بیش از ۱۹۰ اهم‌متر است. بر روی این پروفیل زون مقاوم سطحی دارای ضخامت کمی (در حدود یک متر) می‌باشد که در محل سونداژ ٤ این زون دیده نمی‌شود. به‌طور کلی برروی این پروفیل با افزایش عمق مقاومت الکتریکی ظاهری کاهش می‌یابد و از حدود $\frac{AB}{2}$=۳۱/٦ (عمق تقریبی ۱۵ متر) یک تغییر روند در مقاومت ظاهری دیده می‌شود که لایه‌ها به‌مارن و رس تبدیل می‌شوند. ضخامت زون کم مقاومت ذکر شده در محل سوندژهای ٤ و۵ بیشتر می‌باشد و تا نزدیکی سطح ادامه می‌یابد. این روند نشان دهنده افزایش ضخامت لایه‌های مارنی در محل این سوندژها می‌باشد. به‌طور محلی در سونداژ ٦ ضخامت زون مقاوم سطحی که نشانگر وجود آبرفت‌ها و واریزه‌های درشت دانه همراه با قطعات سنگی است، افزایش می‌یابد و تا حدود ۳ متر می‌رسد، شکل‌های (۵-۱٦ و ۵-۱۸).

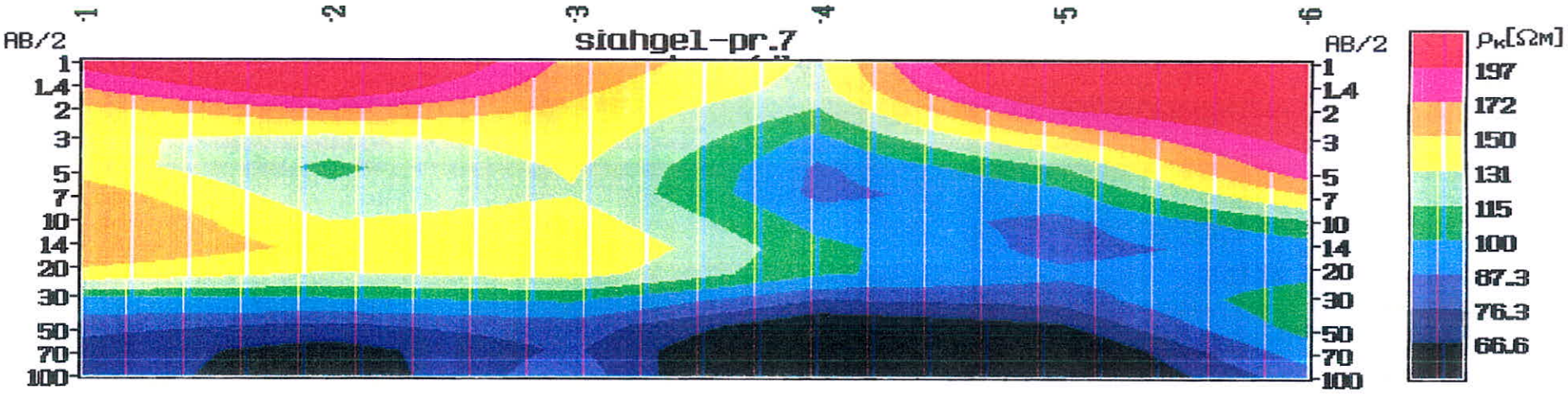
۵-۲-۸- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۸

این پروفیل دارای ۱۳ سونداژ بوده و به‌موازات آبراهه‌ای که از کنار روستای سیاهگل می گذرد اجرا شده است. مقاومت الکتریکی ظاهری بر روی این پروفیل تغییرات شدیدتری نسبت به‌پروفیل‌های قبل دارد. حداقل مقاومت الکتریکی ظاهری بر روی این پروفیل کمتر از ۵۰ اهم‌متر و حداکثر آن تا بیش از ٤۰۰ اهم‌متر می‌رسد. به‌طور کلی مقاومت الکتریکی ظاهری در ابتدای پروفیل تا سونداژ ۸ و بیشتر از نیمه دوم پروفیل می‌باشد تا عمق تقریبی ۱۵ متر ($\frac{AB}{2}$ =۳۱/٦) ادامه می‌یابد. ولی در محل سونداژ-٤ این زون کم ضخامت بوده و زون دارای مقاومت الکتریکی ظاهری پائین که نشانگر وجود لایه‌های مارنی و رسی است گسترش یافته است.

نکته قابل توجه برروی این پروفیل وجود یک آنومالی با مقاومت الکتریکی ظاهری بالا بر روی این پروفیل در محل سونداژهای ٦ و۷ می‌باشد. این آنومالی می‌تواند نشانگر وجود رگه‌های ذغالی (بیتومین) در محل این نقاط باشد. این زون از پائین با لایه‌های کم مقاومت مارنی و رسی همبری دارد و از بالا و اطراف با لایه‌های گچی و واریزه‌ای همجوار است.

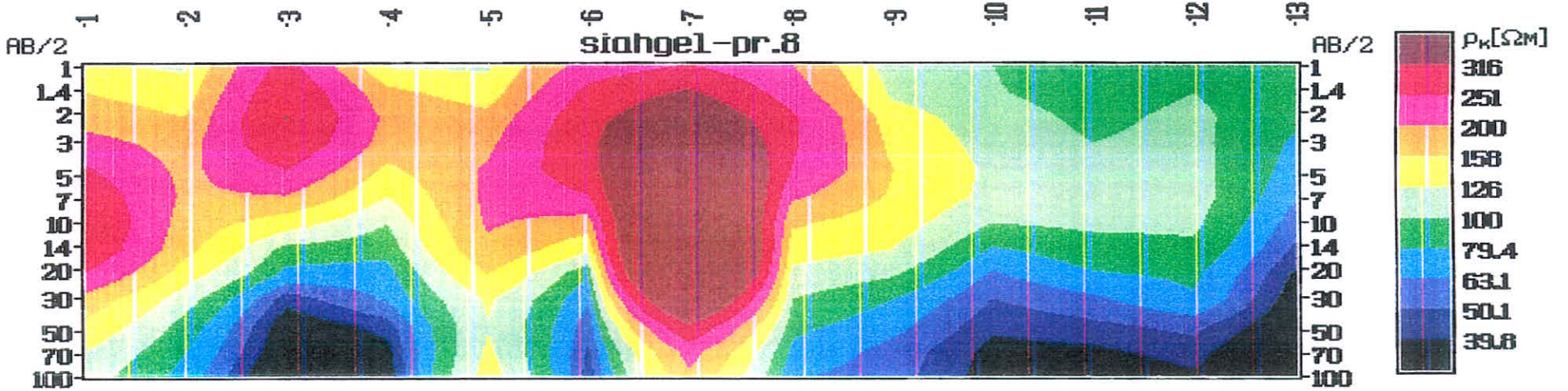
در قسمت انتهای پروفیل لایه‌ها اغلب دارای مقاومت الکتریکی پائین بوده و از جنس مارنی و میان لایه‌های گچی می‌باشد، شکل‌های (۵-۱۷ و ۵-۱۹).

مهندسین مشاور تهران پادیر
Tehran Padir

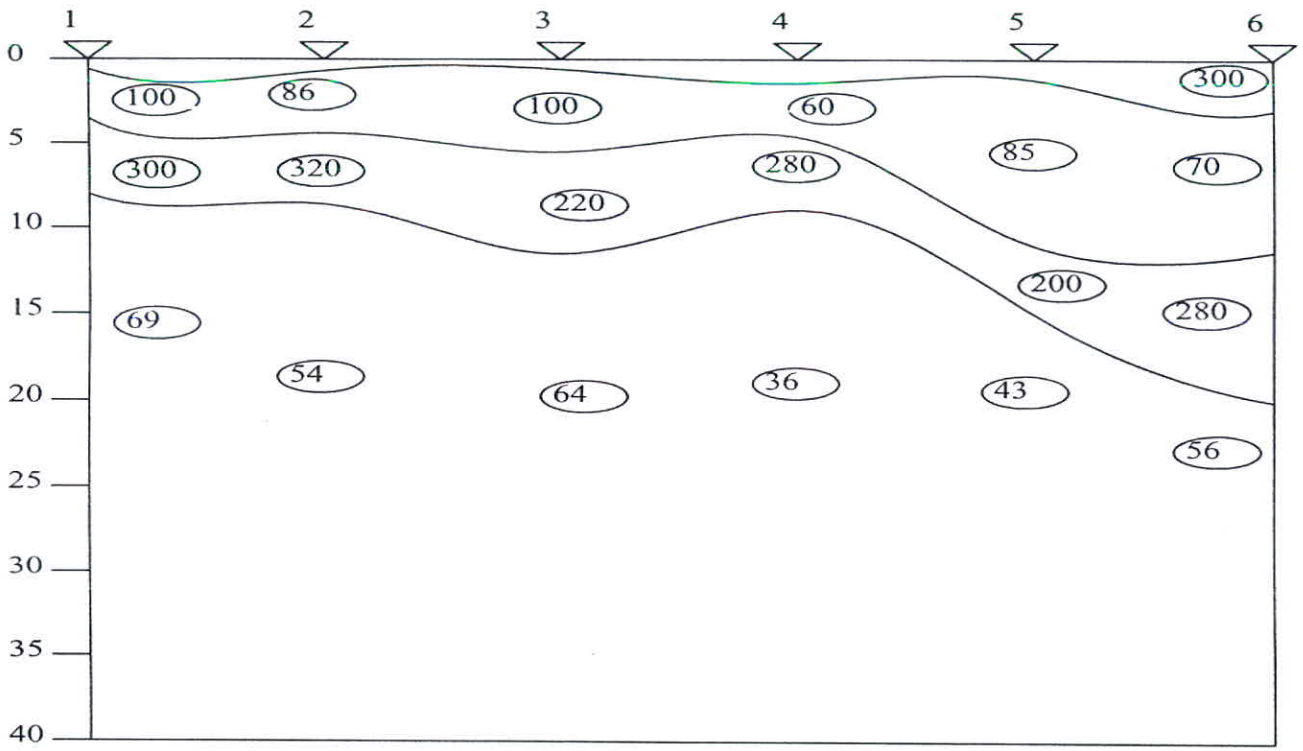


شکل (۵-۱۶) : شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۷ محدوده سیاهگل.

مؤسسه مشاور تهران پدیر
Tehran Padir



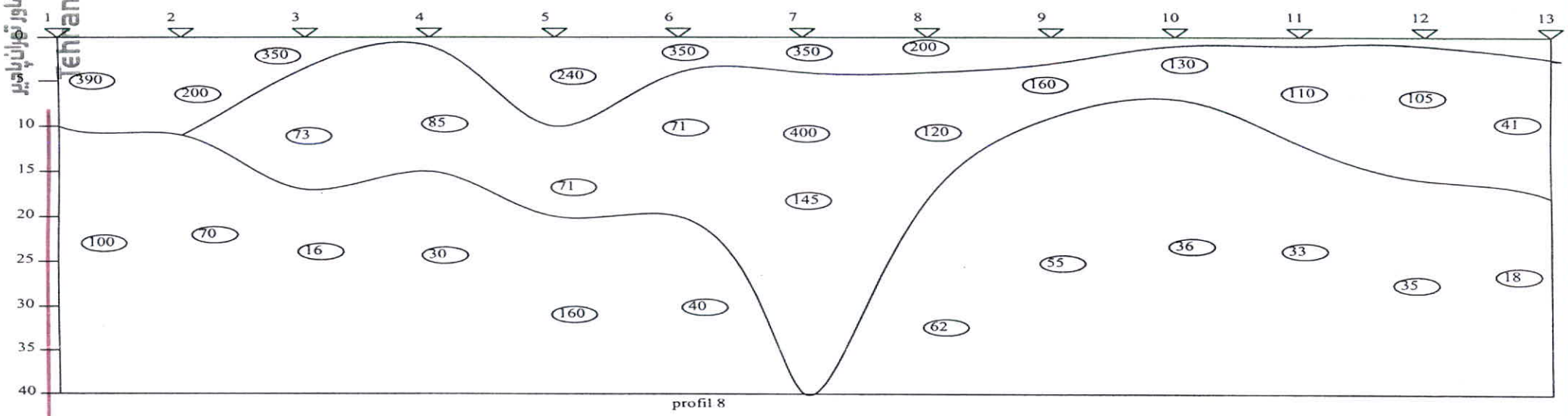
شکل (۵-۱۷) : شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۸ محدوده سیاهگل.



profil 7

شکل (۵-۱۸) : مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۷ محدوده سیاهگل.

مهندسین مشاور تهران پادیر
Tehran Padir



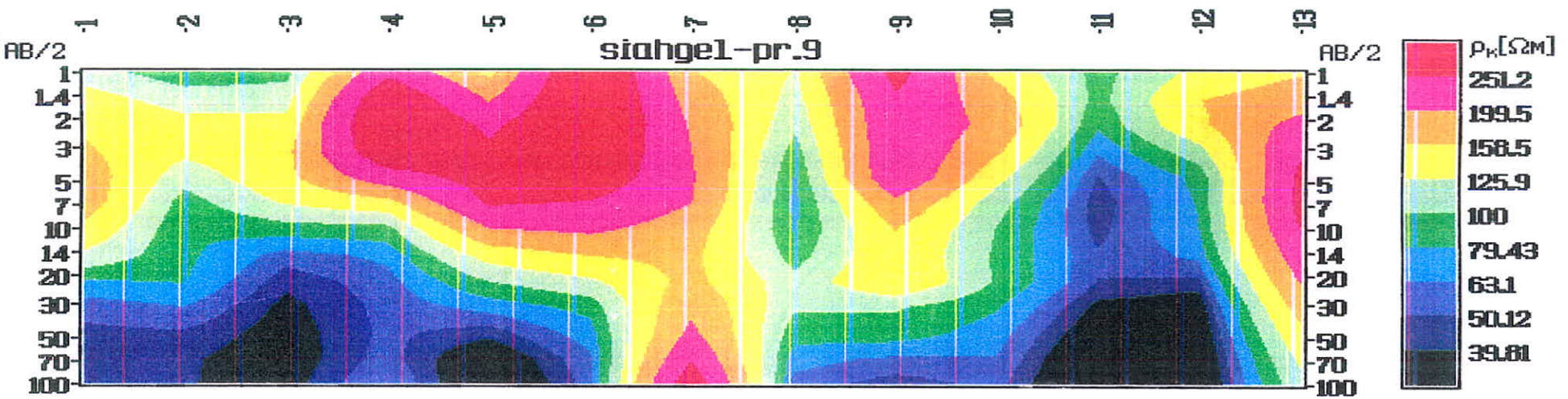
شکل (۵-۱۹) : مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۸ محدوده سیاهگل.

۵-۲-۹- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۹

این پروفیل به‌موازات پروفیل ۸ و شامل ۱۳ سونداژ می‌باشد. مقاومت الکتریکی ظاهری بر روی این پروفیل همانند پروفیل ۸ متغیر بوده و از کمتر از ۵۰ اهم‌متر تا بیش از ۳۵۰ اهم‌متر متغیر است. به‌طور کلی با افزایش عمق بر روی این پروفیل مقاومت الکتریکی کاهش می‌یابد. جنس اغلب لایه‌ها با توجه به‌مقاومت الکتریکی ظاهری از جنس مارن و گچ می‌باشد. در محل سونداژهای٤ تا ٦ و یک آنومالی مقاومت بالا در نزدیکی سطح دیده می‌شود که به‌نظر می‌رسد مربوط به‌وجود قطعات سنگی گچی در واریزه باشد.

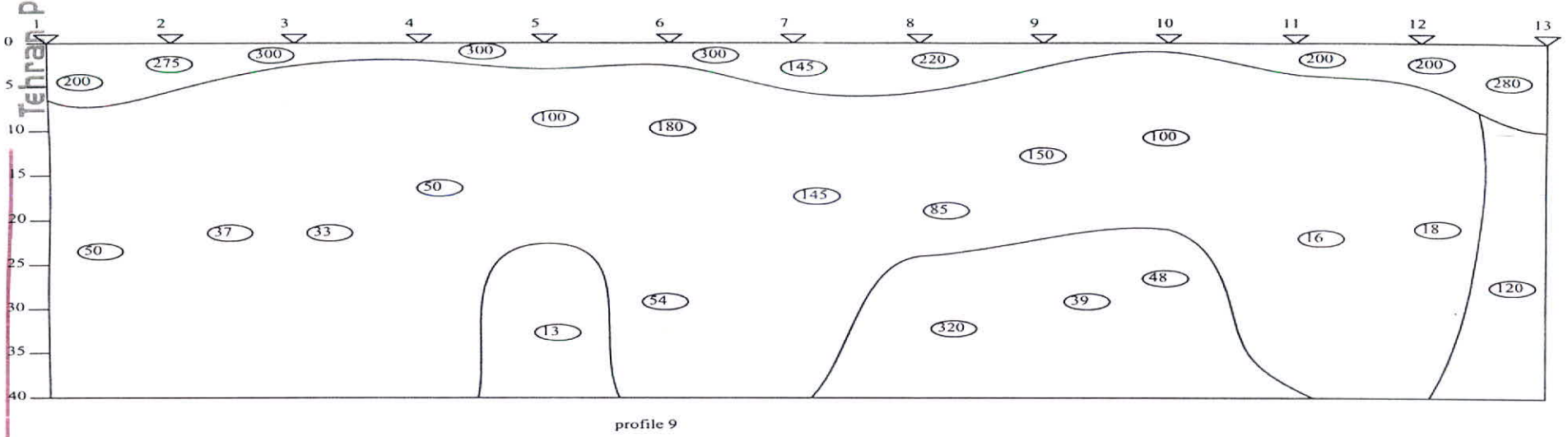
یک آنومالی قابل توجه در محل سونداژهای ٤ تا ۷ با مقاومت الکتریکی ظاهری بالا دیده می‌شود که در محل سونداژ ٦ و ۷ شدیدتر می‌باشد. این آنومالی در محل سونداژهای ٤ و٥ به‌صورت سطحی‌تر می‌باشد. این آنومالی به‌خصوص در محل سونداژهای ٦ و۷ در ادامه روند آنومالی قابل مشاهده بر روی پروفیل‌های اطراف و نحوه توزیع مقاومت ظاهری بر روی این پروفیل به‌نظر می‌رسد که روند آنومالی قابل مشاهده در محل سونداژ ٦ و۷ پروفیل ۸ بر روی این پروفیل نیز در محل سونداژهای ٦ و۷ قابل پی گیری باشد، شکل‌های (٥-۲۰ و ٥-۲۱).

مهندسین مشاور تهران پادیر
Tehran Padir

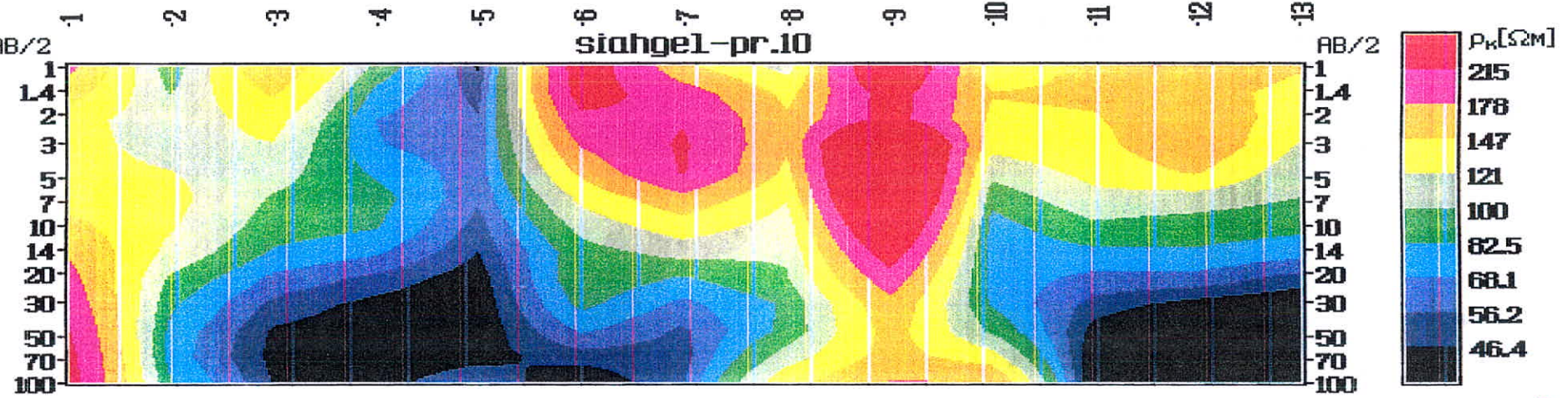


شکل (۵-۲۰) : شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۹ محدوده سیاهگل.

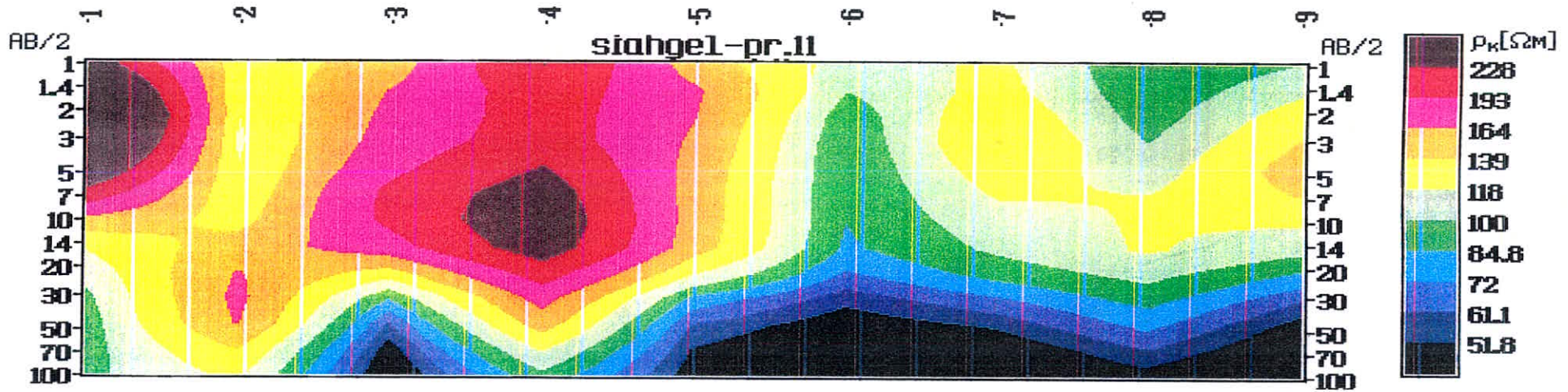
مهندسین مشاور تهران پادیر
Tehran Padir



شکل (۵-۲۱) : مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۹ محدوده سیاهگل.

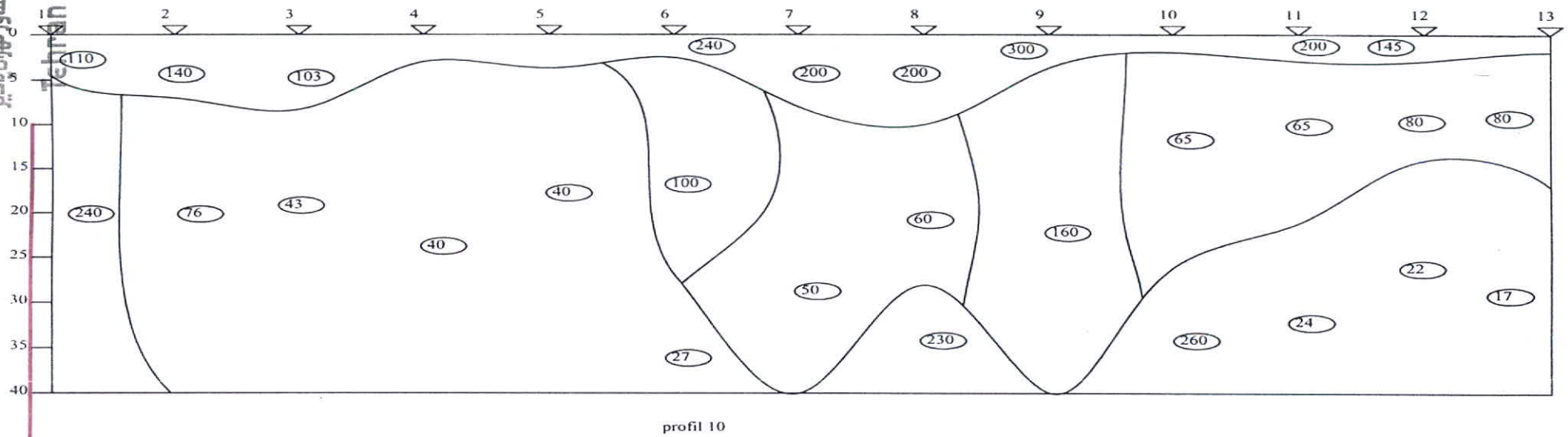


شکل (۵-۲۲) : شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۱۰ محدوده سیاهگل.



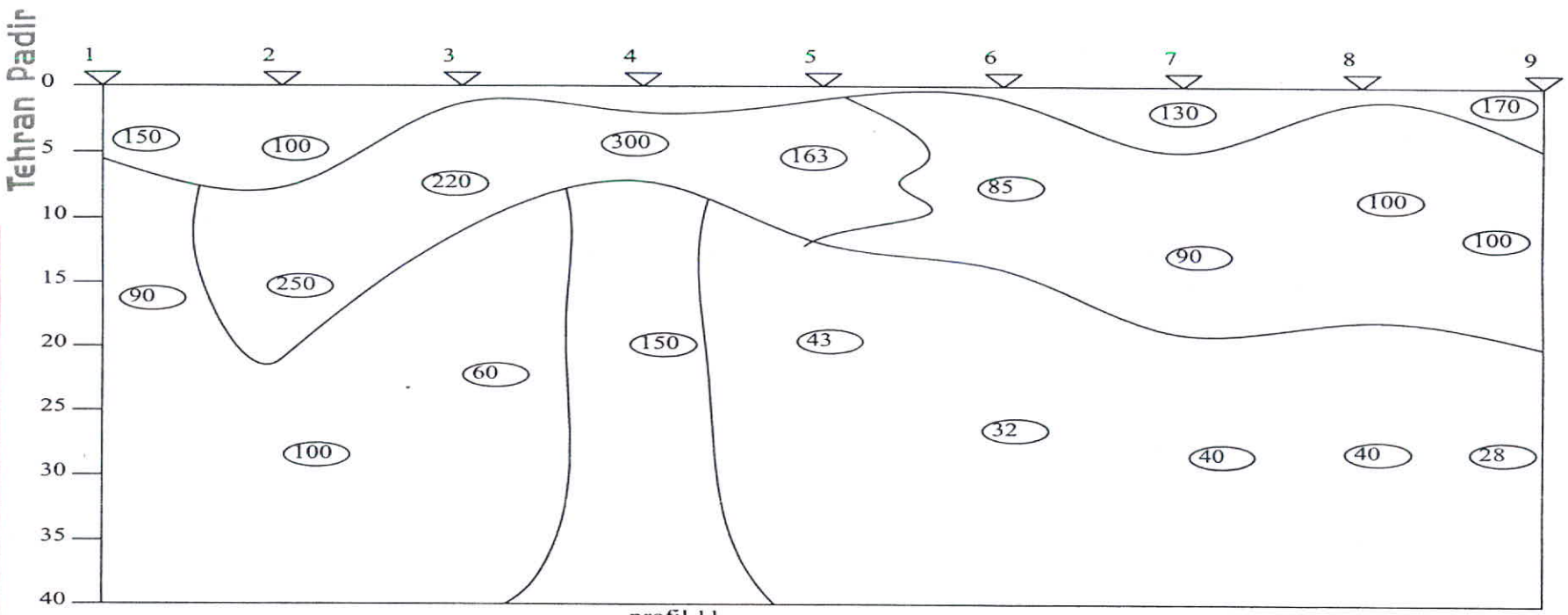
شکل (۵-۲۳) : شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۱۱ محدوده سیاهگل.

مهندسین مشاور تهران پادیر
Tehran Padir



شکل (۵-۲۴) : مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۱۰ محدوده سیاهگل.

مهندسین مشاور تهران پادیر



شکل (۵-۲۵) : مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۱۱ محدوده سیاهگل.

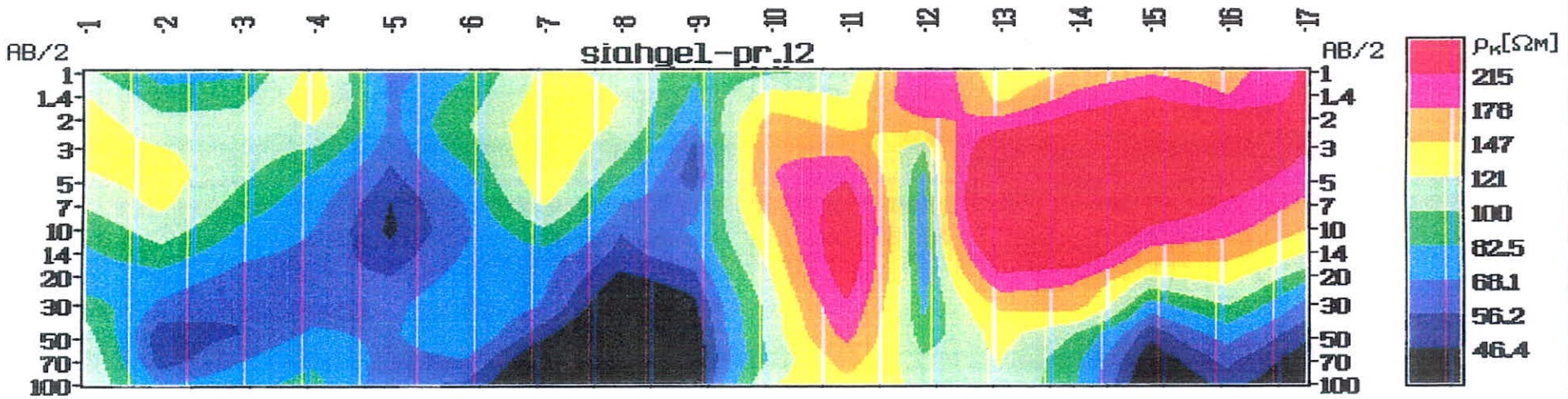
۵-۲-۱۲- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۱۲

این پروفیل شامل ۱۷ سونداژ و طولانی‌ترین پروفیل در محدوده سیاهگل می‌باشد. مقاومت الکتریکی ظاهری بر روی این پروفیل بین کمتر از ۵۰ اهم‌متر تا بیش از ۲۴۰ اهم‌متر متغیر است. به‌طور کلی دو زون کم مقاومت در ابتدای پروفیل و با مقاومت بالا در انتهای پروفیل قابل تفکیک هستند.

زون ابتدای پروفیل بیشتر شامل لایه‌های مارنی و رسی و میان لایه‌های گچی است. در محل سوندا‌ژهای ۷ و۸ یک آنومالی با مقاومت بالاتر دیده می‌شود که بین لایه‌های مارنی و گچی محصور شده است. این آنومالی ذغالی موجود در این محل قابل انطباق است. همچنین در محل سوندا‌ژهای ۱۰ و۱۱ نیز یک آنومالی دیده می‌شود که با توجه به‌نحوه گستردگی آن مشابه یک آنومالی ذغالی با گسترش رگه‌ای می‌باشد.

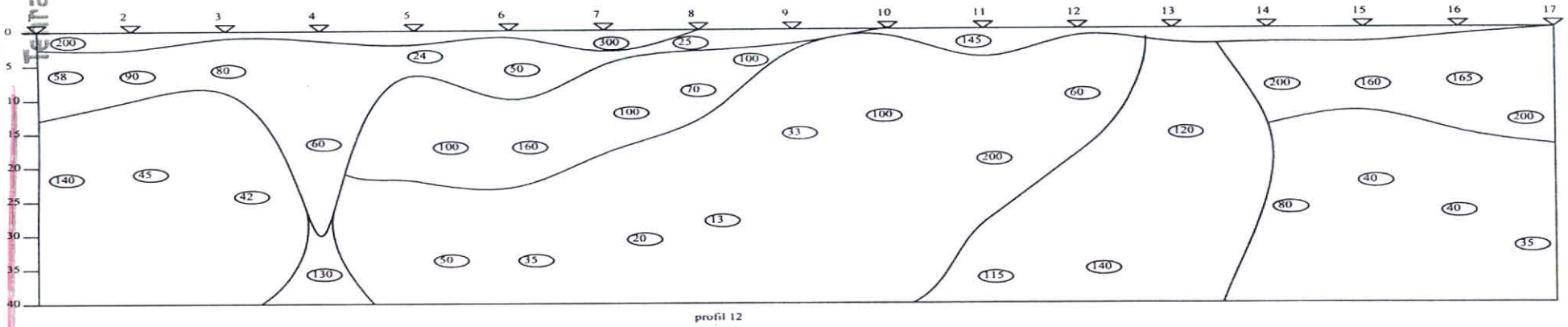
در انتهای پروفیل نیز در محل سوندا‌ژهای ۱۳ تا ۱۷ یک زون با مقاومت الکتریکی ظاهری بالا، که حداکثر تا ۱۹/۷ = $\frac{AB}{2}$ در عمق تقریبی ۷ متر گسترش می‌یابد، قابل ملاحظه است. این آنومالی ممکن است مربوط به‌وجود لایه‌های گچی باشد و احتمال وجود لایه‌های ذغالی کمتر می‌باشد، شکل‌های (۵-۲۶ و ۵-۲۷).

مهندسین مشاور تهران پادیر
Tehran Padir



شکل (۵-۲۶) : شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۱۲ محدوده سیاهگل.

مهندسین مشاور تهران پادیر
Tehran Padir



شکل (۵-۲۷) : مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۱۲ محدوده سیاهکل.

۵-۳- شرح نقشه‌های هم‌مقاومت ظاهری در محدوده سیاهگل

۵-۳-۱- شرح نقشه هم‌مقاومت الکتریکی ظاهری برای ۳/۱۶= $\frac{AB}{2}$ (عمق تقریبی ۱/۵ متر)

همانگونه که برروی نقشه مشخص است مقاومت الکتریکی ظاهری بر روی این پروفیل بسیار متغیر بوده و حداقل آن کمتر از ٤٠ اهم‌متر بوده که مربوط به‌وجود لایه‌های ریزدانه و مخلوط با مارن می‌باشد که در بعضی نقاط به‌واریزه‌های مارنی و رسی مربوط می‌شود و حداکثر آن تا بیش از ٤٥٠ اهم‌متر نیز می‌رسد که این مقاومت ظاهری در برخی نقاط به‌وجود لایه‌های سنگی و در برخی نقاط مربوط به‌وجود آنومالی‌های ذغالی می‌باشد.

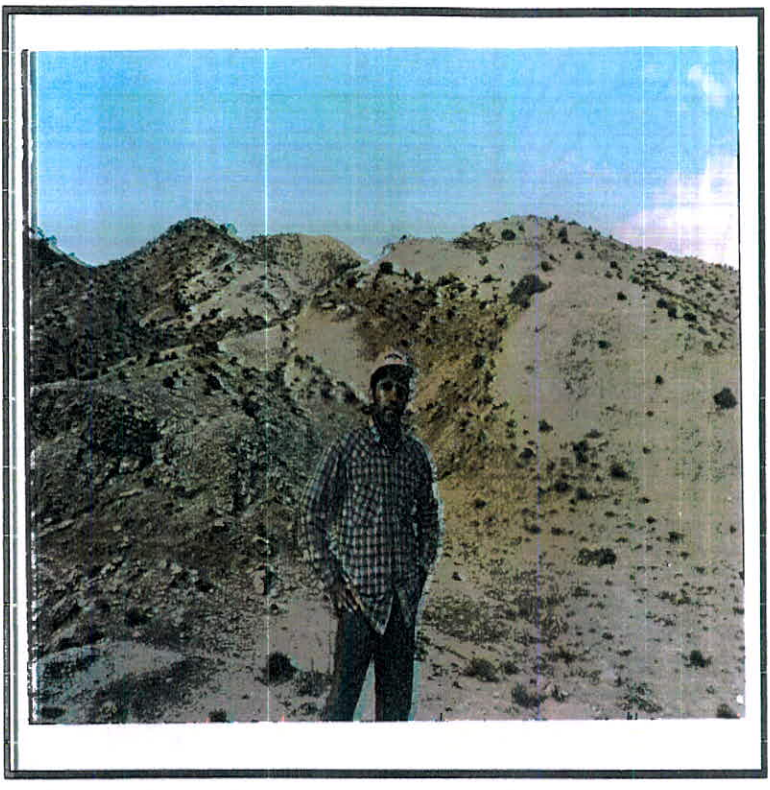
بر روی این نقشه در گوشه جنوب غربی و در محل سونداژهای اولیه پروفیل‌های ۲،۱ و۳ یک زون دارای مقاومت ظاهری بالا قابل مشاهده است که به‌وجود لایه‌های سنگی می‌باشد که در نزدیکی این محل بیرونزدگی دارند و اغلب از جنس سنگ‌های آهکی آسماری می‌باشند. در ادامه این پروفیل‌های به‌سمت شرق اغلب مقاومت الکتریکی ظاهری پائین بوده و از جنس مارن و رسی و خاک‌های کشاورزی می‌باشند.

در محدوده پروفیل‌های ٤ تا ٨ مقاومت الکتریکی ظاهری به‌طور کلی افزایش یافته است که نشان‌دهنده درشت‌دانه‌تر بودن واریزه‌ها و رسوبات سطحی و همچنین وجود لایه‌ها و قطعات سنگی می‌باشد. این وضعیت به‌خصوص در محل سونداژهای ۱ تا٤ از پروفیل ٥ مشهودتر است.

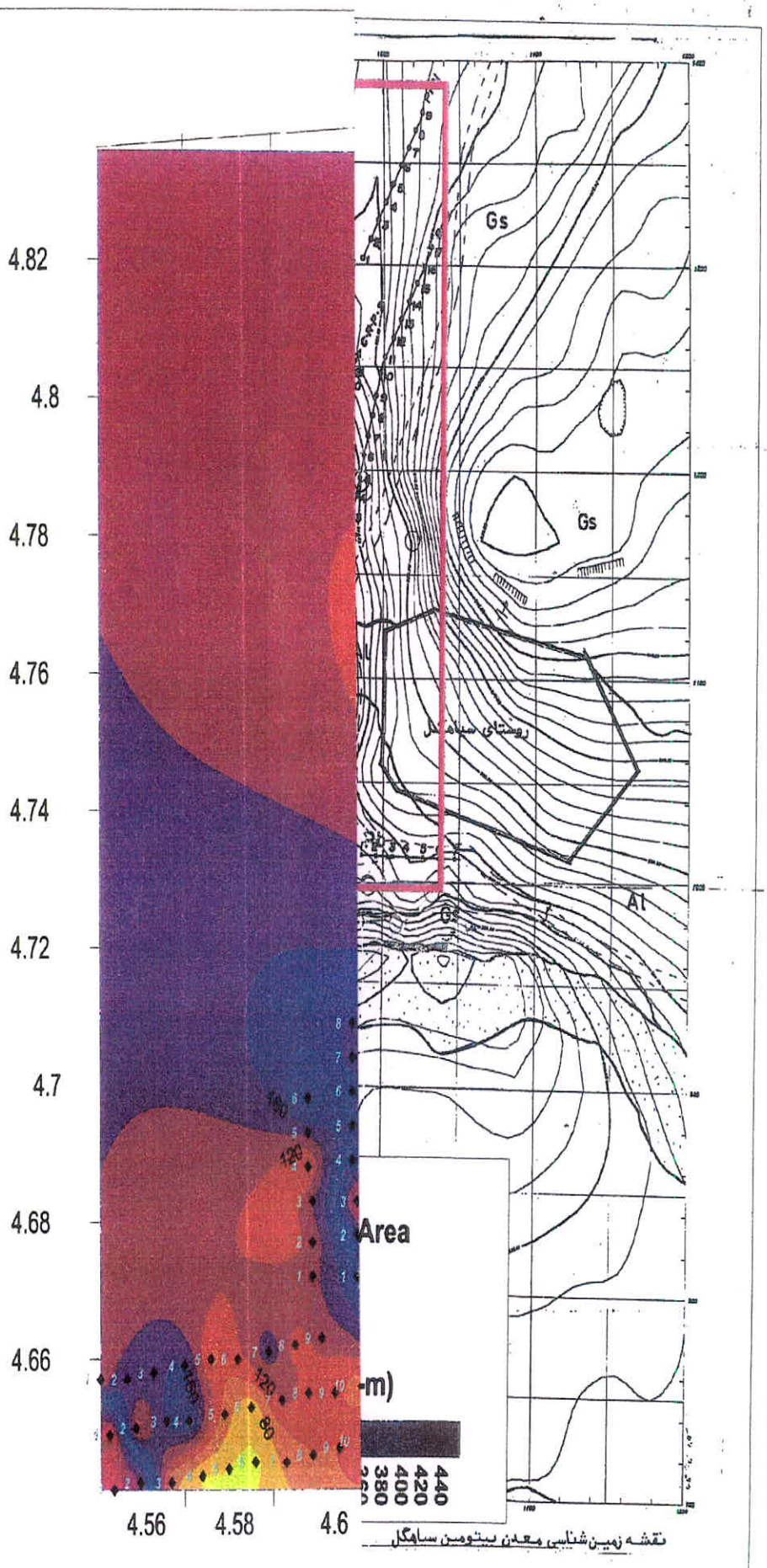
در نیمه بالائی نقشه وضعیت متغیرتر است ولی به‌طور کلی به‌دلیل وجود لایه‌های گچی مقاومت الکتریکی ظاهری افزایش یافته است. در محدوده پروفیل‌های ۱۰،۹،۸ و۱۱ محل‌های که شواهد وجود آنومالی ذغالی را نشان می‌دهند قابل مشاهده است. به‌خصوص بر روی پروفیل ۱۱ در محل سونداژهای ۹،۷ و۱۰ بر روی پروفیل ۸ در محل سونداژهای ۳ و ٦ تا ۸ برروی پروفیل ۹ در محل سونداژهای ٦،٥ و ۸ و سونداژ ۹ پروفیل ۱۰ این محدوده‌ها به‌صورت زون‌های که وجود آنومالی ذغالی قابل انتظار است بر روی نقشه تحت عنوان Expected Anomaly area مشخص شده‌اند. در ادامه در قسمت شمال شرقی نقشه وجود زون‌های مقاومت بالا که اغلب مربوط به‌وجود لایه‌های گچی می‌باشند و زون‌های با مقاومت الکتریکی ظاهری پائین‌تر که معرف وجود درصد بالاتر مارن و رس هستند دیده می‌شوند. به‌طور کلی به‌نظر می‌رسد که آبراهه اصلی با روند شمالی جنوبی که از میان محدوده عبور می‌کند یک زون شکستگی و گسل محل باشد که در امتداد آن آنومالی‌های

مهندسین مشاور تهران پادیر
Tehran Padir

ذغالی تمرکز دارند. در شکل (۵-۲۸) نمائی گرفته شده از بیرونزدهای مارنی و تناوب آنها با لایه‌های گچی در محدوده سیاهگل قابل مشاهده هستند.



شکل (۵-۲۸) : نمائی از تناوب لایه‌های مارنی و گچی در محدوده سیاهگل.



نقشه زمین‌شناسی معدن بیتومین سیامگل

۵-۳-۲- شرح نقشه هم‌مقاومت الکتریکی ظاهری برای ۶/۸= $\frac{AB}{2}$ (عمق تقریبی ۳/۴ متر)

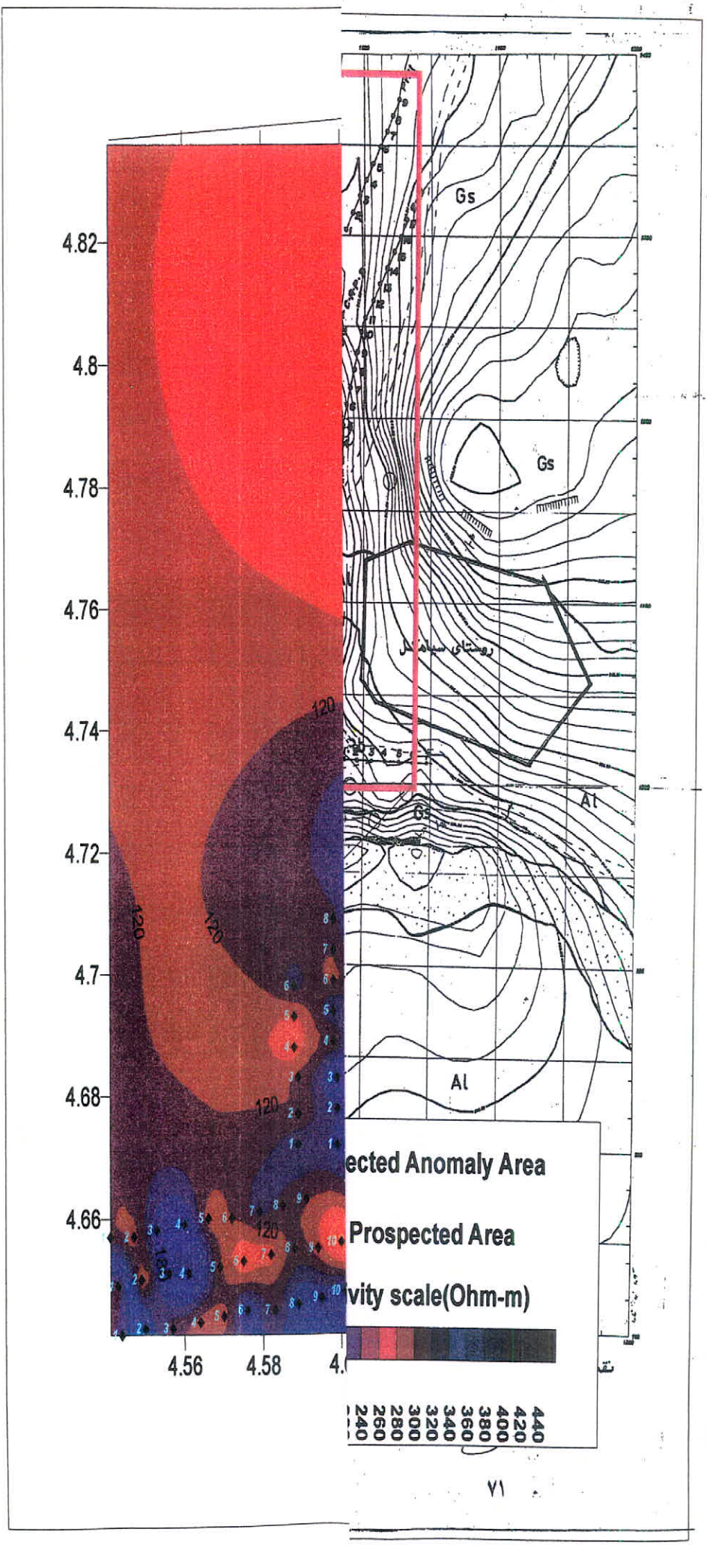
بر روی این نقشه با توجه به‌اینکه مربوط به‌عمق بیشتری نیز می‌باشد، مقاومت الکتریکی ظاهری به‌طور عمومی افزایش یافته و این نشان‌دهنده افزایش مقاومت الکتریکی ظاهری مثبت به‌عمق می‌باشد. بر روی این نقشه همانگونه که قابل مشاهده است در گوشه جنوب شرقی محدوده همانند نقشه زون دارای مقاومت الکتریکی بالاتر ظاهر شده‌اند که نشان‌دهنده عبور از لایه‌های خاک‌های سطحی به‌سمت آبرفت‌های واریزه‌های درشت‌دانه‌تر می‌باشد. اما در قسمت‌های انتهائی پروفیل‌های ۲ و۳ همچنان زون کم مقاومت قابل مشاهده است.

زون دارای مقاومت ظاهری بالا که بیانگر وجود واریزه‌ها و لایه‌ها سنگی مقاوم در ابتدای پروفیل‌های ٤ تا ٦ است به‌سمت ا بتدای پروفیل ۲ گسترش یافته است.

در نیمه شمالی نقشه در محدوده پروفیل ۱۱ مقاومت الکتریکی ظاهری پائین‌تر نشان وجود واریزه‌ها مارنی می‌باشد که در برخی محل‌ها بر روی این پروفیل به‌طور محل مقاومت الکتریکی ظاهری افزایش یافته و نشان‌دهنده وجود آنومالی‌های ذغالی می‌باشد. این آنومالی‌ها بر روی پروفیل‌های ۸ تا ۱۰ نیز قابل مشاهده است که به‌نظر می‌رسد بیشترین گسترش را در محدوده پروفیل ۸ و گسترش آن به‌سمت پروفیل ۱۱ داشته باشد. در محل پیچ آبراهه اصلی سیاهگل نیز وجود آنومالی‌های ذغالی بر روی پروفیل ۱۱ مشخص است. اغلب آنومالی‌های موجود دارای سنگ همبری از نوع گچ می‌باشند که بوسیله لایه‌های مارنی در بر گرفته شده‌اند.

در مجموع به‌نظر می‌رسد که با توجه به‌مقاومت الکتریکی بالای ذغال‌سنگ (بیتومین) در صورتی که این آنومالی‌ها با لایه‌های مارنی همبری داشته باشند بهتر بتوان آنها را با روش ژئوالکتریکی پی‌جوئی نمود.

در انتهای پروفیل‌های ۹،۸ و ۱۰ وجود یک زون که نشان‌دهنده لایه‌های مارنی کم مقاومت می‌باشد قابل مشاهده است بر روی پروفیل ۱۲ مقاومت الکتریکی ظاهری افزایش یافته و بیانگر حضور لایه‌های گچی در این محدوده است بر روی این پروفیل آنومالی ذغالی مشاهده نشده است و به‌طور کلی بر روی این پروفیل دو زون مقاومت بالا در ابتدای پروفیل تا اطراف سوندژ ۵ و یک زون با مقاومت الکتریکی ظاهری پائین در انتهای پروفیل قابل مشاهده است که زون ابتدائی به‌وجود لایه‌های گچی و مقاوم مربوط است و زون انتهای به‌وجود لایه‌های مارنی مرتبط است.


4.82
4.8
4.78
4.76
4.74
4.72
4.7
4.68
4.66
4.56
4.58
Gs
Gs
روستای سیاه گل
Al
Al
120
120
120
120
ected Anomaly Area
Prospected Area
vity scale(Ohm-m)
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440

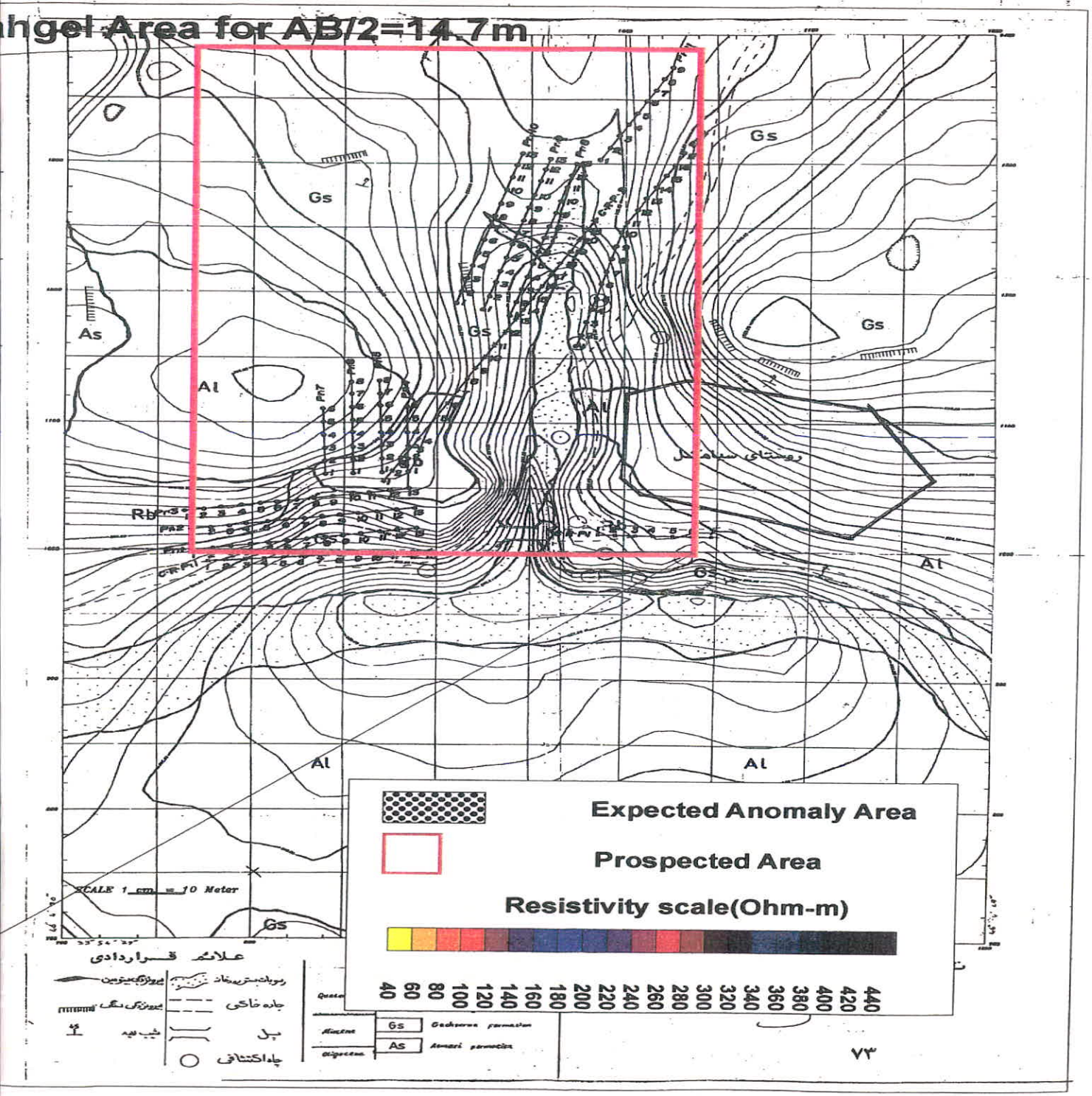
۵-۳-۳- شرح نقشه هم‌مقاومت الکتریکی ظاهری برای ۱۴/۷= $\frac{AB}{2}$ (عمق تقریبی ۷/۴ متر)

بر روی این نقشه همانگونه که مشاهده می‌شود مقاومت الکتریکی ظاهری به‌طور عمومی افت کرده است به‌طوریکه زون‌های دارای مقاومت الکتریکی ظاهری پائین‌تر گسترش بیشتری پیدا کرده‌اند. در محدوده جنوب شرقی نقشه زون دارای مقاومت الکتریکی ظاهری بالا هنوز قابل مشاهده است اما در ادامه بر روی پروفیل‌های ۲،۱ و۳ مقاومت الکتریکی ظاهری افت کرده و به‌لایه‌های مارنی و رسی همراه با مواد آبرفتی تبدیل شده است. زون دارای مقاومت الکتریکی ظاهری بالا در ابتدای پروفیل ٤،٥ و٦ نیز محدودتر شده و بیشتر به‌سمت انتهای پروفیل‌های ۱ و۲ ادامه یافته است.

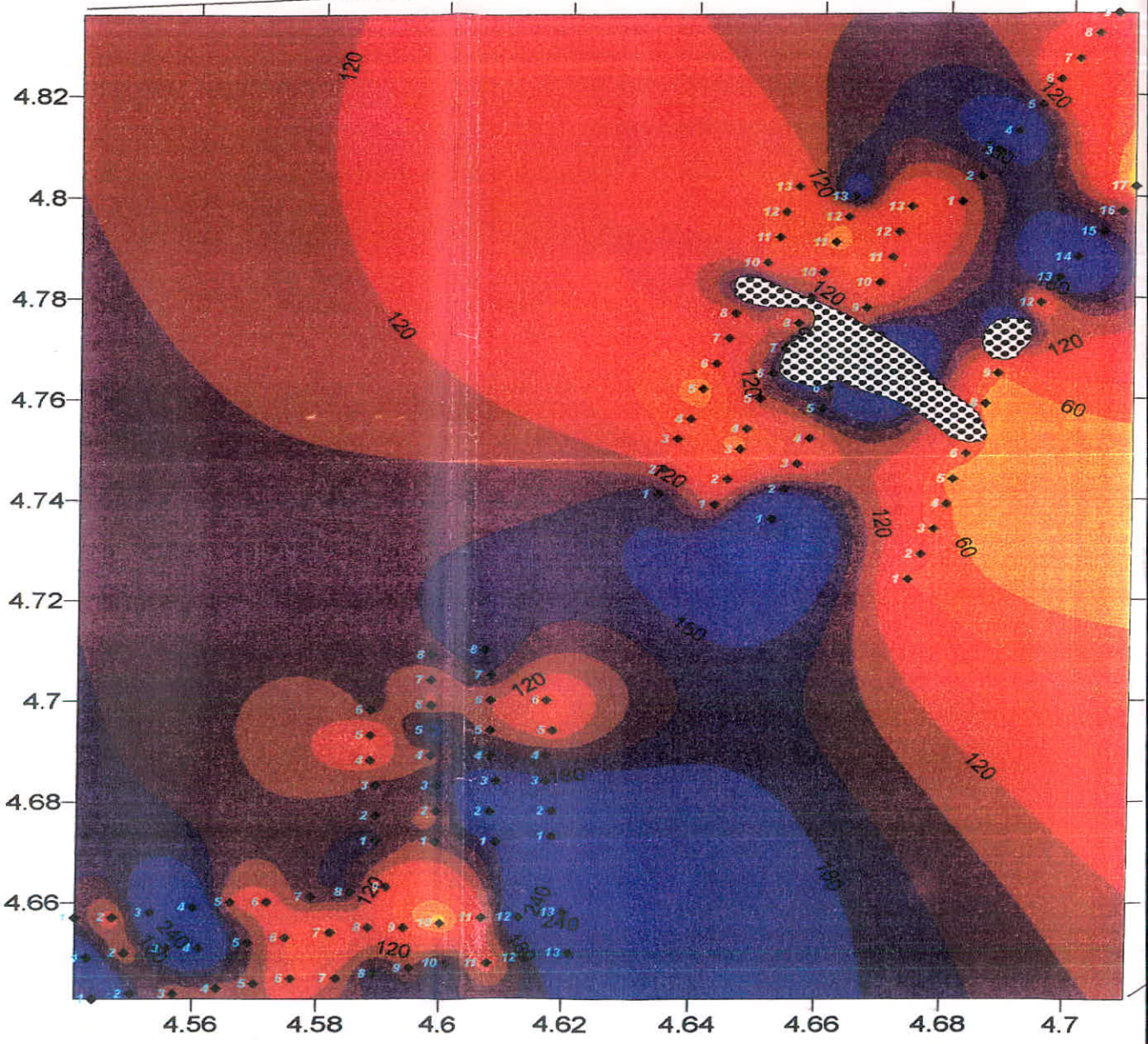
بر روی پروفیل‌های ۸ تا ۱۰ نیز به‌جزء محل آنومالی‌ها، مقاومت الکتریکی ظاهری کاهش یافته که نشان‌دهنده گسترش لایه‌های مارنی و رسی و به‌طور کلی ریزدانه در این عمق و در محدوده این پروفیل‌ها می‌باشد.

شکل کلی آنومالی ذغال‌مشاهده شده همچنان از نقشه‌های قبل پیروی می‌کند و بر روی پروفیل‌های ۸ تا ۱۰ و ۱۱ گسترش یافته است. در انتهای پروفیل ۱۱ یک زون دارای مقاومت الکتریکی ظاهری بالا در اطراف سوندژهای ۱۳ تا ۱۵ دیده می‌شود که با توجه به‌مشاهدات صحرائی به‌نظر می‌رسد مربوط به‌وجود لایه‌های گچی باشد.

hgel Area for AB/2=14.7m



Iso Resistivity map of Sia



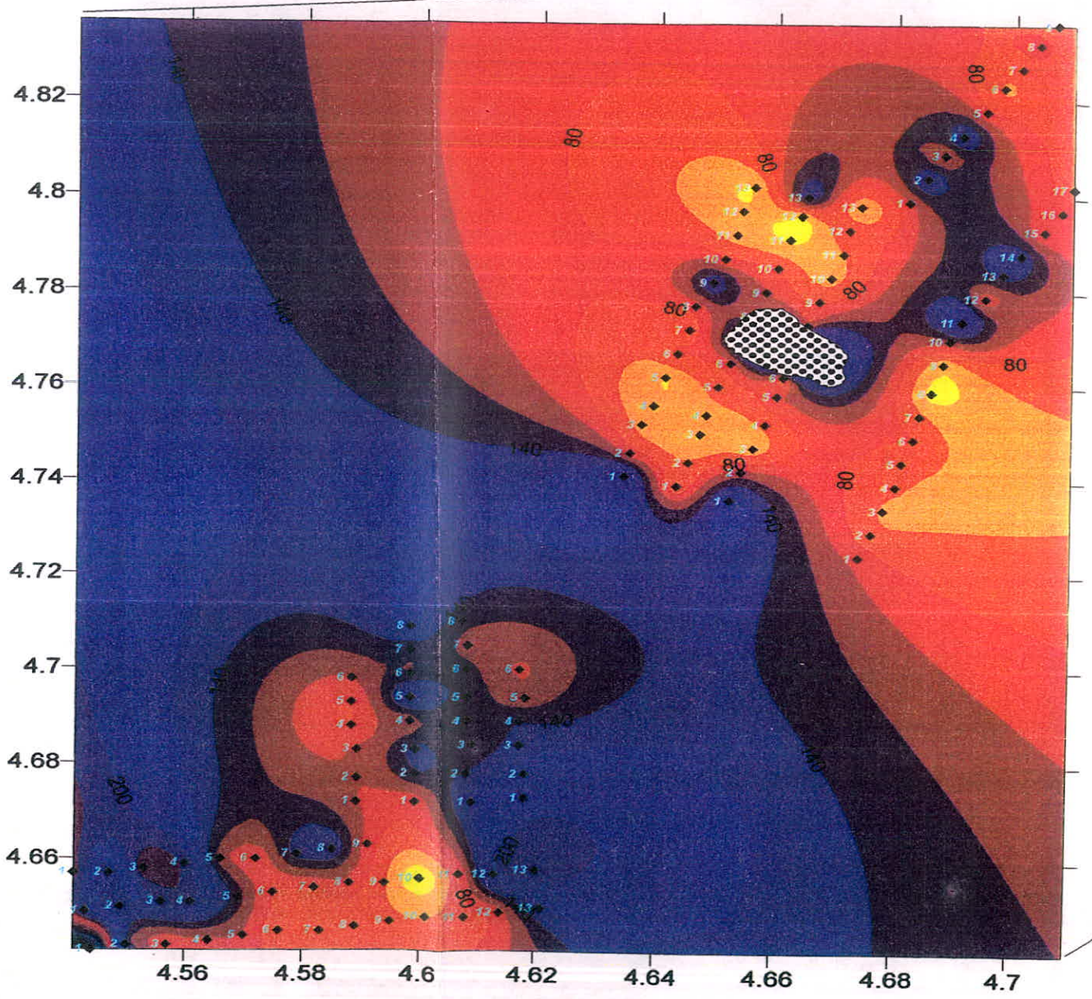
۵-۳-۴- شرح نقشه هم‌مقاومت الکتریکی ظاهری برای ۳۱/۶= $\frac{AB}{2}$ (عمق تقریبی ۱۵/۸ متر)

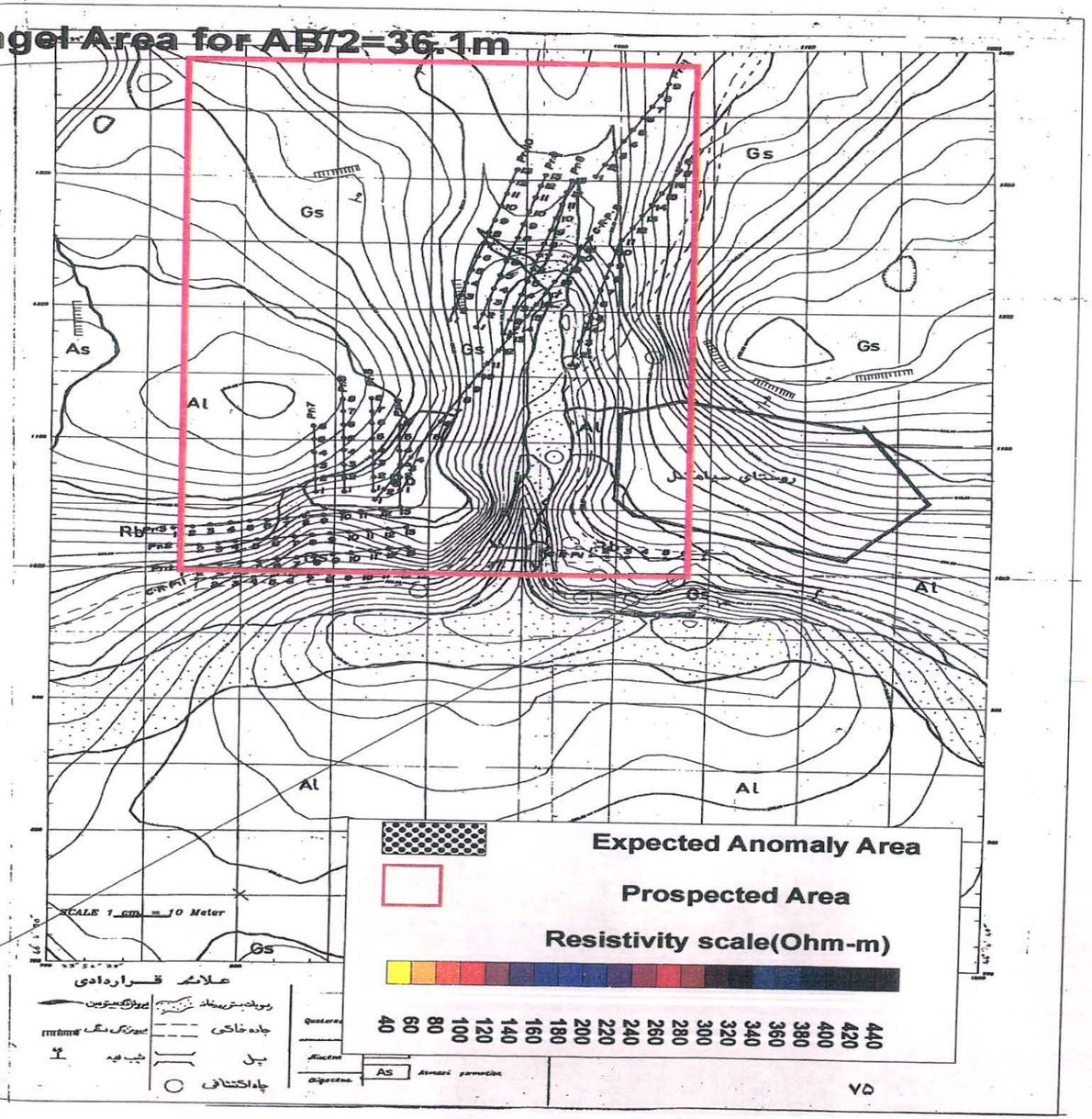
بر روی این نقشه به‌خوبی می‌توان مرز گسترش لایه‌های مقاوم سنگی در قسمت جنوب شرق نقشه با لایه‌های مارنی در عمق حدود ۱۶ متر را تفکیک نمود. این زون بر روی پروفیل یک تا سونداژ ۲ و بر روی پروفیل‌های ۲ و۳ تا سونداژهای ۵ ادامه دارد که به‌نظر می‌رسد مرز سازند آهکی آسماری باشد.

بر روی پروفیل‌های ۱ تا ۳ در جنوب نقشه زون دارای مقاومت الکتریکی ظاهری کم در حد مارن و رس گسترش زیادی دارند و به‌جزء سونداژها ۱۳ پروفیل ۲ که نشان‌دهنده وجود یک زون با مقاومت بالا است که احتمالا" با قطعات سنگی منطبق است و سونداژ ۸ پروفیل ۳ که با یک لنز محلی مقاومت با انطباق دارد در بقیه محدوده لایه‌های کم مقاومت گسترش دارند.

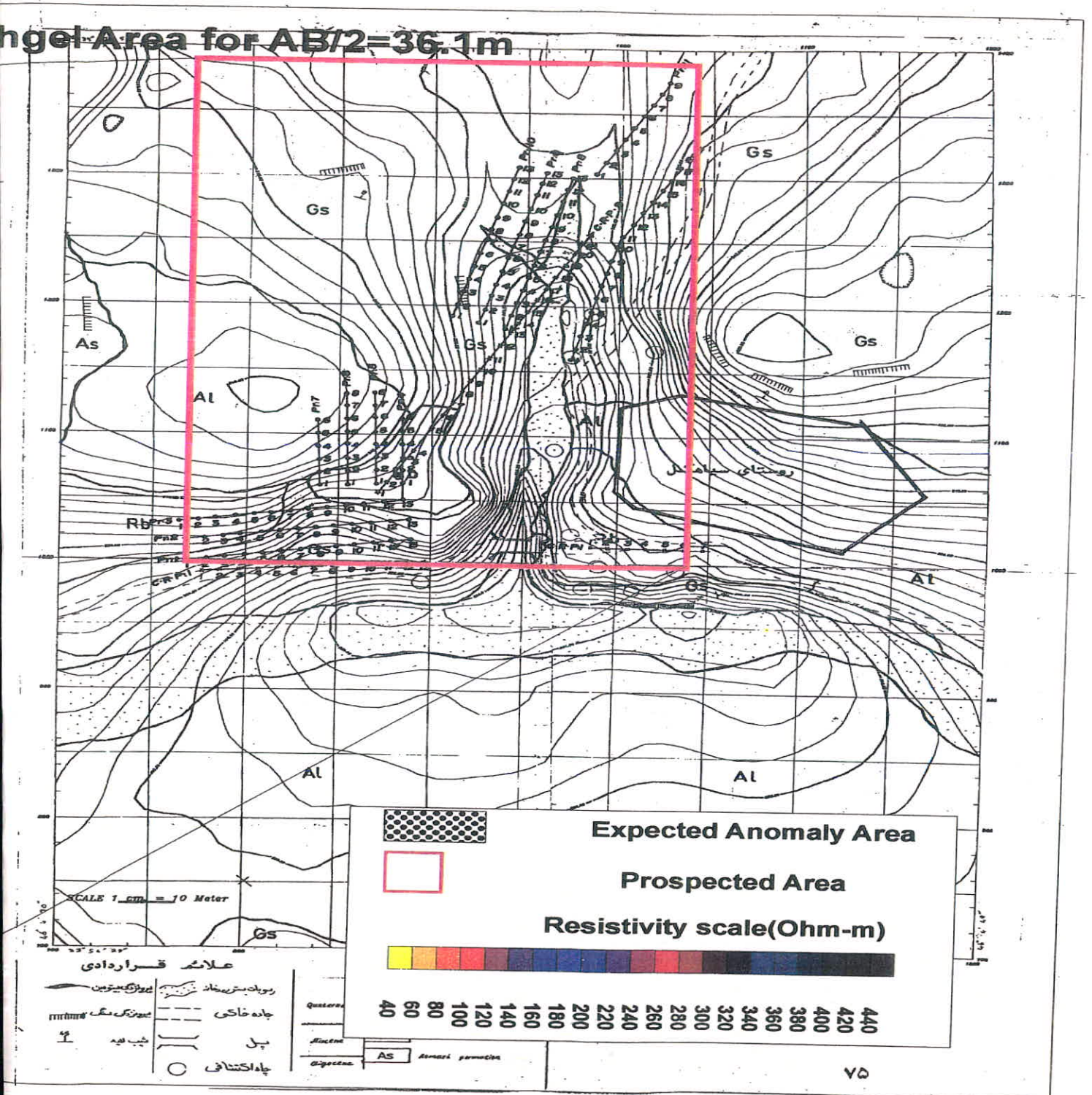
در قسمت شمالی نقشه به‌جزء محل آنومالی ذغالی بقیه محدوده از جنس لایه‌های کم مقاومت می‌باشند. در این عمق آنومالی ذغالی گسترش کمتری نسبت به‌عمق‌های کمتر دارد و در محدوده پروفیل‌های ۸ و۹ محدود شده است وجود چند آنومالی محلی مقاومت بالا بر روی پروفیل‌های ۱۱ و ۱۲ مشکوک به‌وجود آنومالی ذغالی هستند اما به‌دلیل این که کاملا" محلی هستند و شواهد کافی برای وجود آنومالی در آنها وجود ندارد و با توجه به‌فواصل سونداژها که بیش از ۱۰ متر می‌باشد امکان بررسی دقیق تر و اظهار نظر قطعی‌تر در مورد آنها وجود ندارد. به‌نظر می‌رسد با مطالعات بعدی از قبیل مشاهدات صحرائی و زمین‌شناسی دقیق و احتمالا" حفر گمانه و ترانشه بتوان در مورد این آنومالی‌های مقاومت بالا اظهار نظر قطعی نمود. این نکته از آن جهت است که اغلب آنومالی‌های موجود به‌صورت رگه‌ای بوده و گسترش جانبی محدودی دارند.

Iso Resistivity map of Siahgel Area for AB/2=36.1m





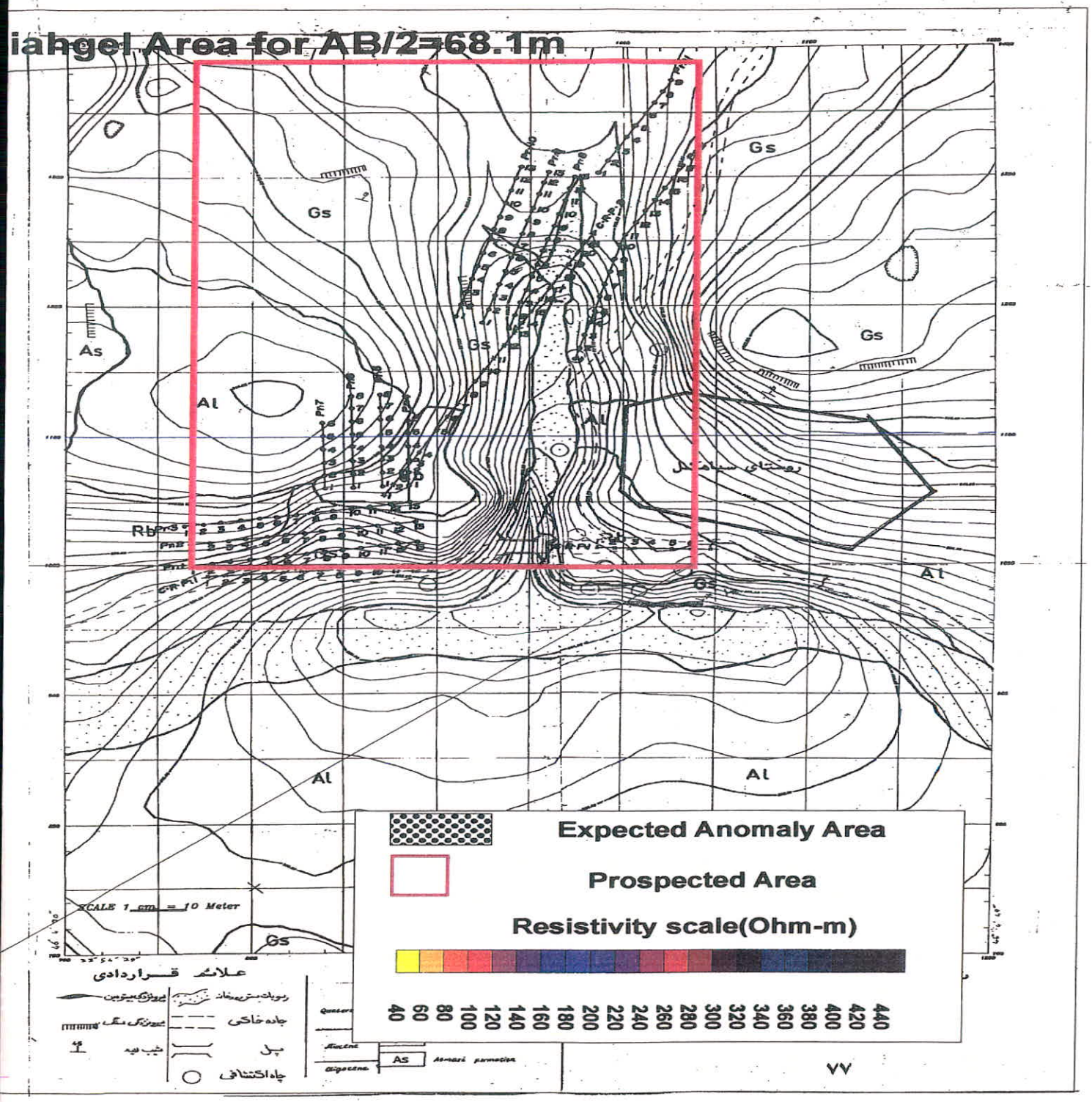
hgel Area for AB/2=36.1m

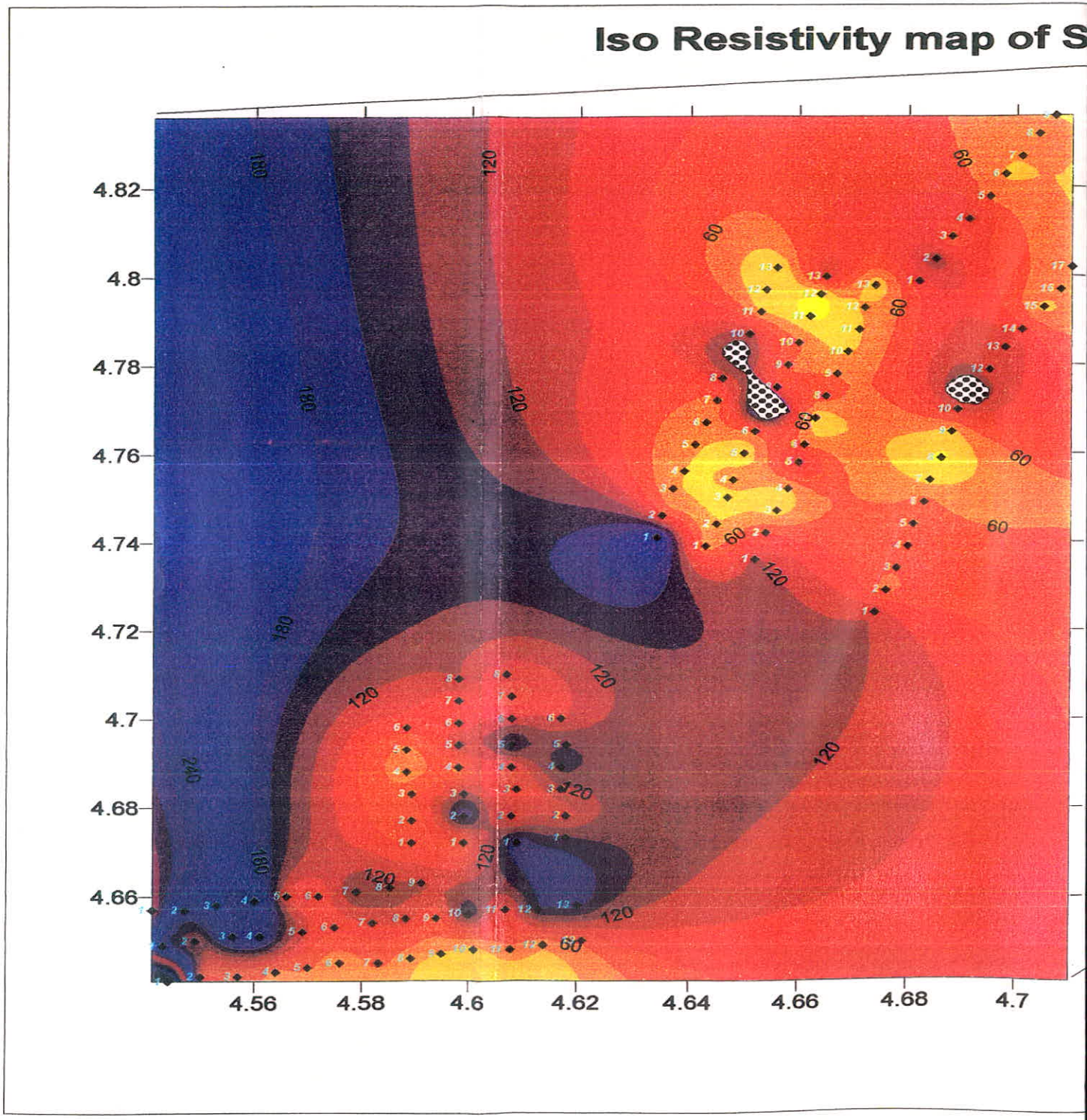


۵-۳-۵- شرح نقشه هم‌مقاومت الکتریکی ظاهری برای ۶۸/۱= $\frac{AB}{2}$ (عمق تقریبی ۳۴ متر)

همانگونه که بر روی این نقشه قابل مشاهده است وضعیت محدوده مورد مطالعه در این عمق حالت یکنواخت‌تری دارد. در این عمق اغلب وسعت محدوده بوسیله لایه‌های مارنی و رسی و میان لایه‌های گچی در برگرفته شده که مربوط به‌لایه‌های سازند گچساران می‌باشد. بر روی این نقشه مرز لایه سنگی با لایه‌های کم مقاوم در گوشه جنوب شرقی محدوده همچنان مشخص است به‌جزء در محل دو سونداژ انتهائی پروفیل‌های ۲ و۵ که یک زون محلی دارای مقاومت الکتریکی ظاهری بالا قابل مشاهده است در بقیه محدوده لایه‌های دارای مقاومت الکتریکی ظاهری پائین دیده می‌شوند. در قسمت شمالی نقشه همانگونه که مشاهده می‌شود وضعیت عمومی حالت آرام و یکنواختی دارد و آنومالی‌های ذغالی گسترش محدودتری نسبت به‌عمق‌های کمتر پیدا کرده‌اند و به‌صورت دو آنومالی جداگانه بر روی پروفیل ۱۱ و پروفیل‌های ۹ و۱۰ مشاهده می‌شود. جنس لایه‌ها عموما" مارن و رس همراه با میان لایه‌های گچی می‌باشد.

محل‌هائی که مقاومت الکتریکی ظاهری کاهش می‌یابد مربوط به‌افزایش در حد مواد مارنی و رسی است و در محل‌هائی که مقاومت ظاهری به‌طور نسبی افزایش می‌یابد مربوط به‌حضور لایه‌های گچی می‌باشد.

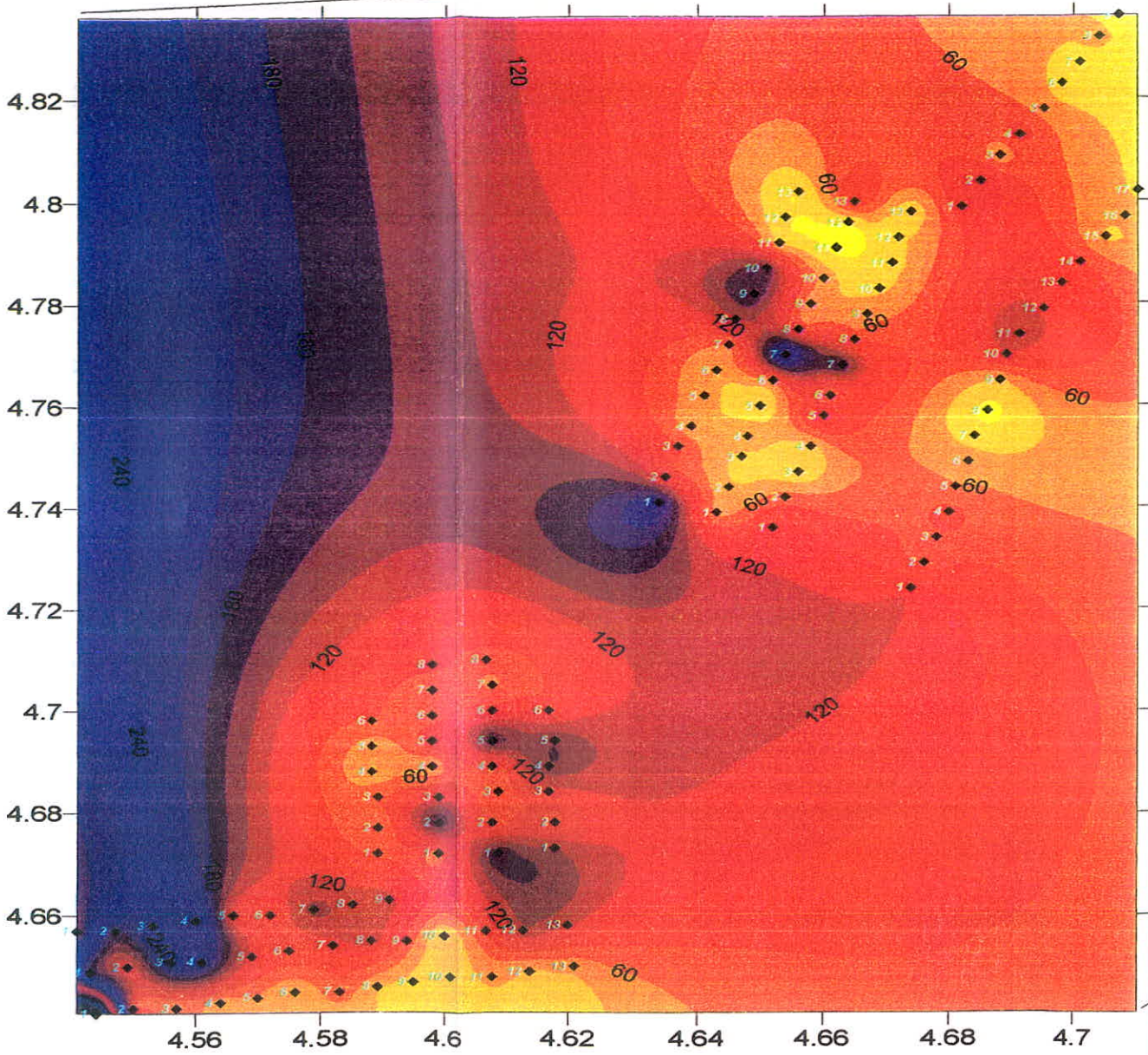

iahgel Area for AB/2=68.1m
Gs
As
Al
Rb
Expected Anomaly Area
Prospected Area
Resistivity scale(Ohm-m)
40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360 380 400 420 440
SCALE 1 cm = 10 Meter
علائم قراردادی
جاده خاکی
پل
چاه اکتشافی
AS
Asmari formation


Iso Resistivity map of S
4.82
4.8
4.78
4.76
4.74
4.72
4.7
4.68
4.66
4.56
4.58
4.6
4.62
4.64
4.66
4.68
4.7
180
120
60
240

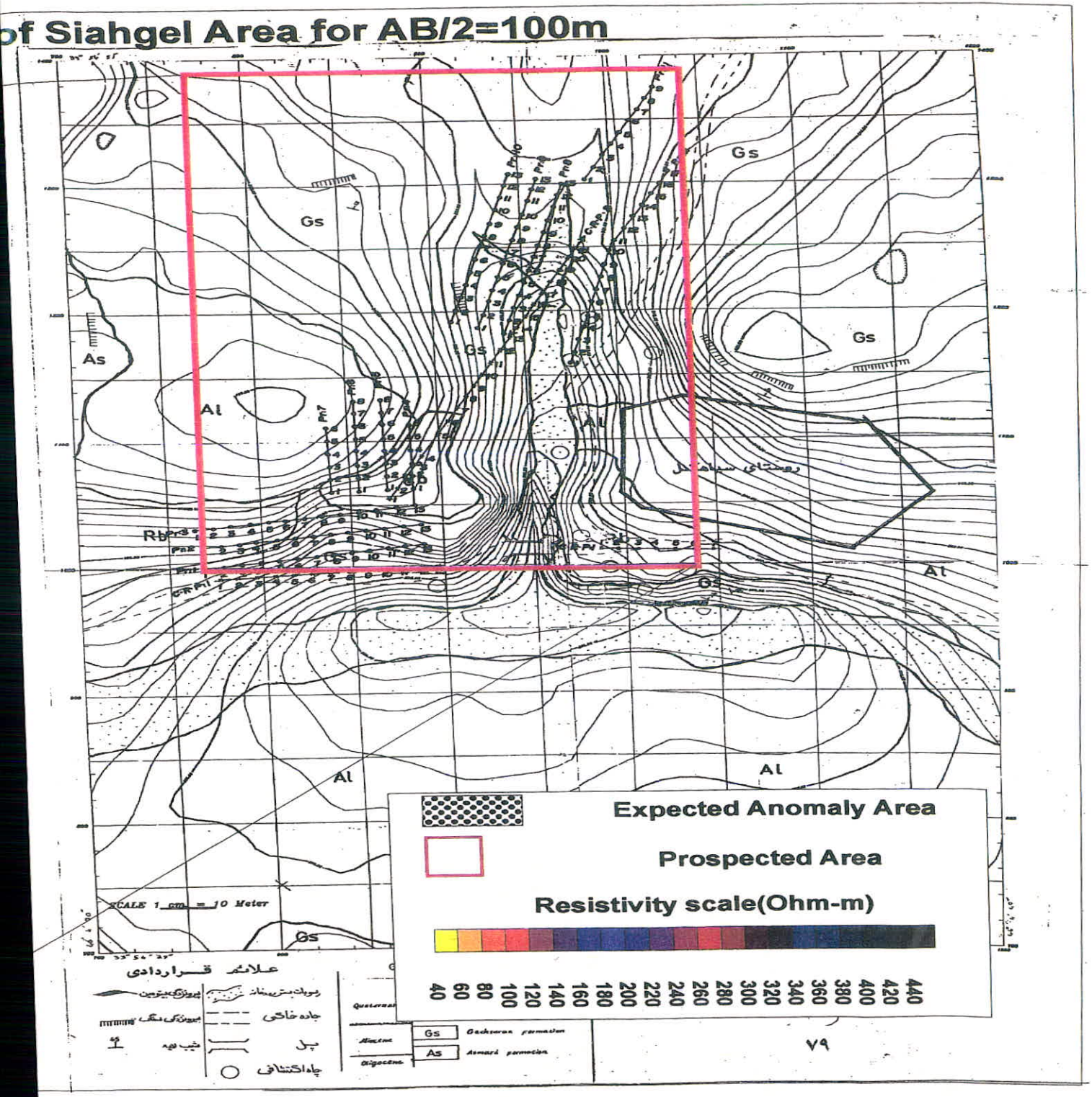
۵-۳-۶- شرح نقشه هم‌مقاومت الکتریکی ظاهری برای ۱۰۰ = $\frac{AB}{2}$ (عمق تقریبی ۵۰ متر)

بر روی این نقشه روند کلی همانند نقشه قبل می‌باشد و به‌جزء مرز لایه‌های مقاوم در قسمت جنوب شرق نقشه وجود زون‌های با مقاومت الکتریکی نسبی بالاتر در برخی نقاط به‌طور کلی آنومالی خاصی بر روی این نقشه دیده نمی‌شد و با توجه به‌ماهیت مطالعات انجام شده به‌نظر می‌رسد که در این عمق، آنومالی ذغالی خاصی از دیدگاه ژئوالکتریکی وجود داشته باشد. و عموما" لایه‌های مارنی و میان لایه‌های گچی که در برخی نقاط به‌طور محلی مقاومت الکتریکی ظاهری افزایش می‌یابد گستره محدوده را تشکیل می‌دهند.

Iso Resistivity map



# of Siahgel Area for AB/2=100m

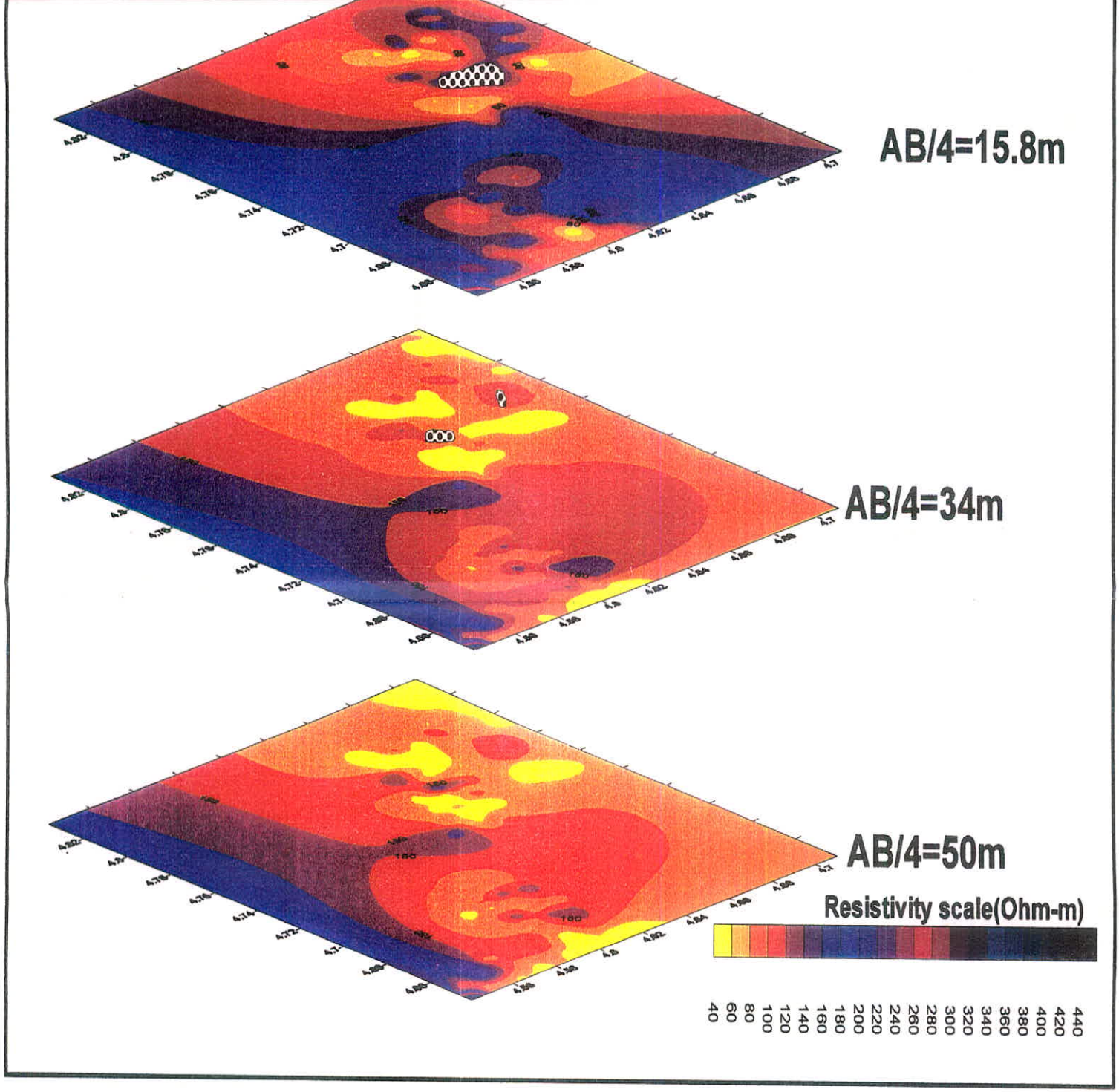


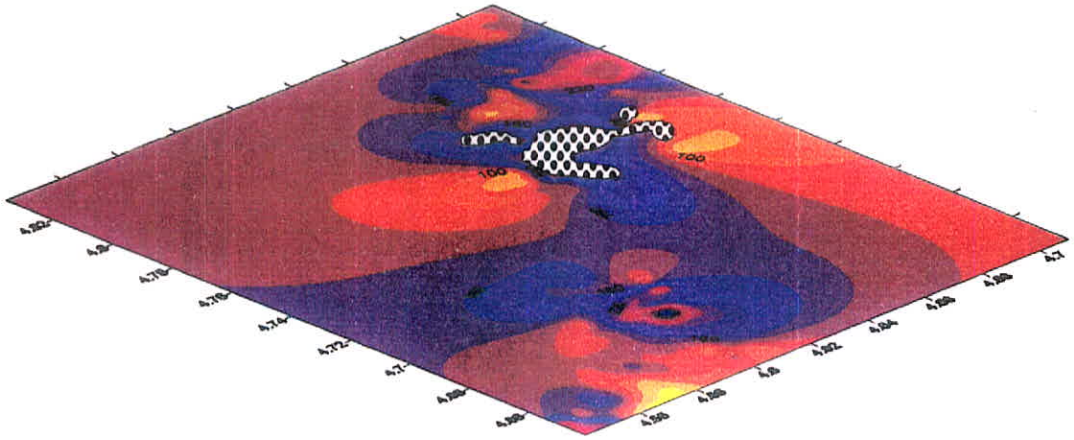
۵-۳-۷- شرح نمائی سه بعدی تغییرات مقاومت الکتریکی ظاهری در محدوده سیاهگل

نهایتا" پس از بررسی تغییرات مقاومت الکتریکی ظاهری و وضعیت آنومالی‌های موجود در محدوده سیاهگل بر روی نقشه‌های دو بعدی، به‌منظور تصویر بهتر از چگونگی تغییرات مقاومت الکتریکی ظاهری اقدام به‌کنار هم قرار دادن نقشه به‌صورت نمائی سه بعدی شده تا این که بتوان تحلیل بهتری از وضعیت تغییرات مقاومت الکتریکی ظاهر نمود.

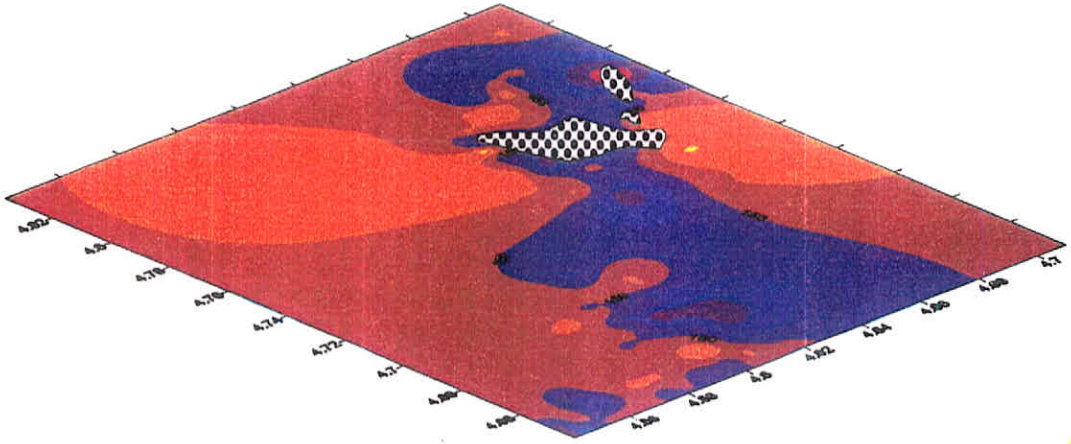
به‌طور کلی در عمق‌های کم نزدیک سطح وضعیت عمومی مقاومت الکتریکی ظاهری بالا بوده و نشان‌دهنده وجود لایه‌های مقاوم سطحی از قبیل واریزه‌ها و قطعات سنگی و آبرفت‌های درشت‌دانه می‌باشد در عین حال وجود آنومالی‌های ذغالی چندی در عمق حدود ۱۰۶ متری قابل انتظار است. با افزایش عمق این وضعیت ادامه دارد و محدوده احتمالی حضور آنومالی ذغالی به‌حداقل میزان خود می‌رسد.

در عمق ۵۰ متری شواهدی از گسترش محدوده احتمالی آنومالی دیده نمی‌شود و لایه‌های مارنی و میان لایه‌های گچی مربوط به‌سازند گچساران گسترش می‌یابند.

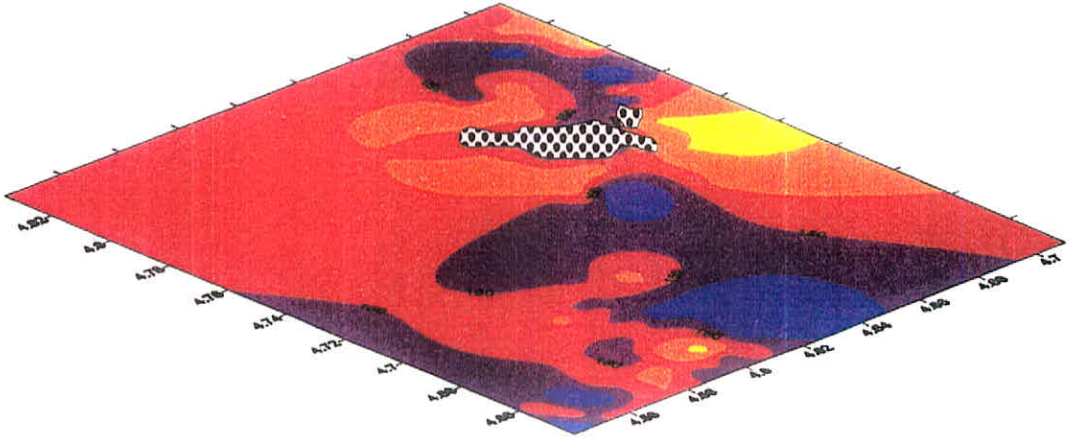

AB/4=15.8m
AB/4=34m
AB/4=50m
Resistivity scale(Ohm-m)
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440



AB/4=1.58m



AB/4=3.4m



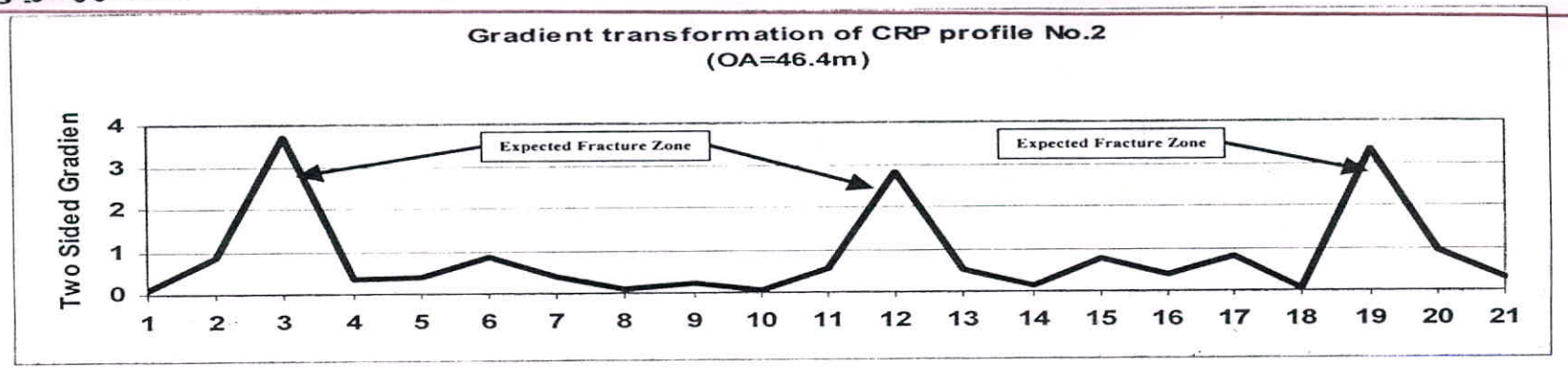
AB/4=7.3m

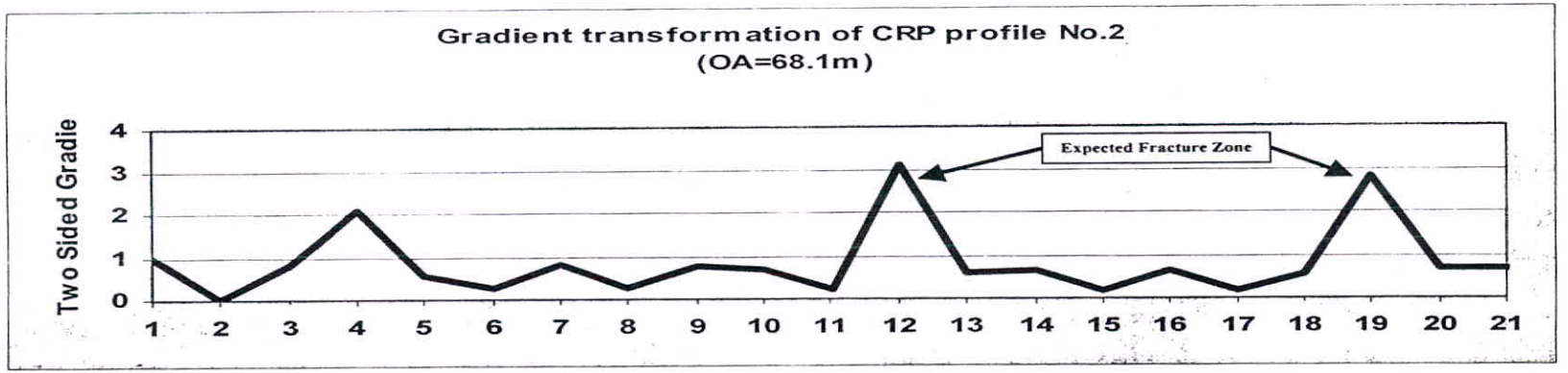
۵-۴- برداشت‌های C.R.P در محدوده سیاهگل

به‌منظور انجام مطالعات C.R.P و تعیین امکان این گونه برداشت‌ها در محدوده‌های مورد مطالعه، تعداد سه پروفیل C.R.P در محدوده سیاهگل برداشت شده است که به‌منظور شناسائی محل زون‌های ناپیوستگی و گسل‌های احتمالی انجام شده است.

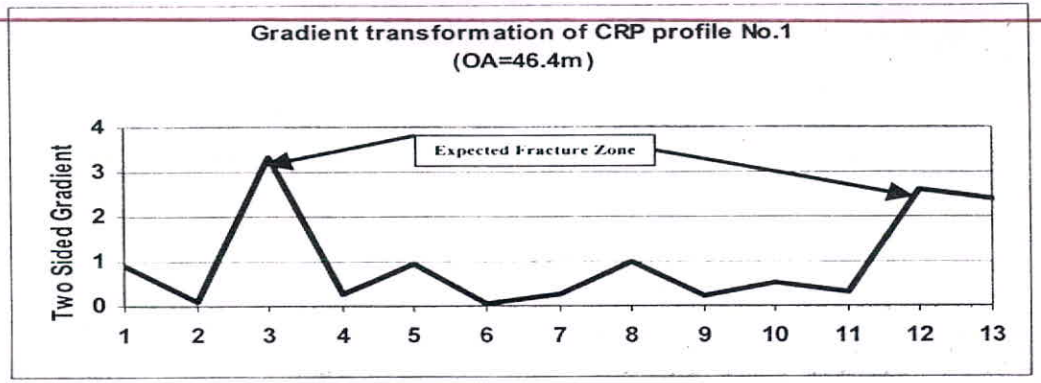
به‌طور کلی در این روش از دو آرایش نیم‌شولومبرژه برای فواصل خاصی استفاده می‌شود به‌طوری که در هر مرحله یک الکترود در بی‌نهایت فیزیکی قرار داده می‌شود و سه الکترود MNA یا MNB متحرک خواهند بود و سپس از روی داده‌ها، مقادیر گرادیان که به‌صورت تابعی از تغییرات شیب مقادیر مقاومت الکتریکی است می‌بایست محاسبه شود و در محل‌هائی که این تابع مقادیر بیشتری را نشان می‌دهد می‌تواند معرف حضور ناپیوستگی و کنتراست مقاومتی باشد.

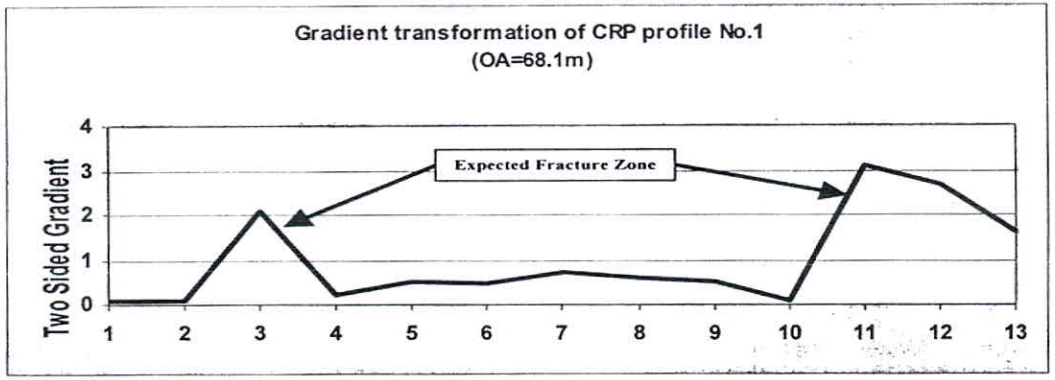
بر روی شکل‌هائی (۵-۲۹ تا ۵-۳۱) مقادیر مربوط به‌تابع دو سویه گرادیان بر روی پروفیل‌های C.R.P نشان داده شده است و محل زون‌های شکستگی و ناپیوستگی نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود بر روی پروفیل شماره-۲ در محل نقاط برداشت ۱۲،۳ و ۱۹ احتمال وجود ناپیوستگی بیشتر است و بر روی پروفیل شماره-۱ در محل نقاط ۳ و ۱۱ تا ۱۳ و بر روی پروفیل شماره-۱ در محل نقطه شماره-۱ احتمال وجود ناپیوستگی بیشتر می‌باشد.



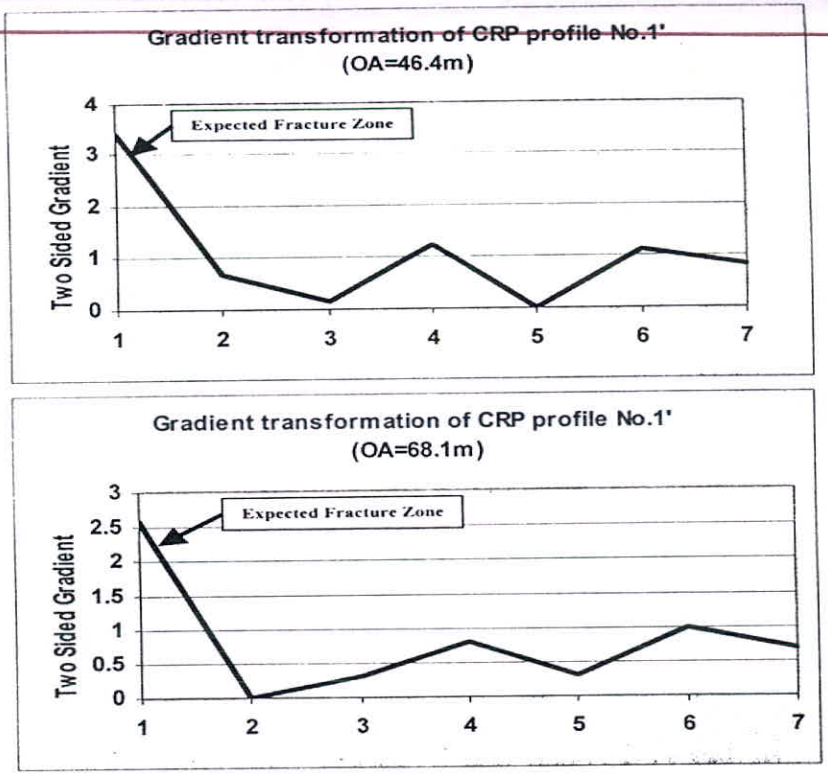


شکل (۵-۲۹) : مقادیر مربوط به‌تابع دو سویه گرادیان در امتداد پروفیل۲-C.R.P.





شکل (۵-۳۰) : مقادیر مربوط به‌تابع دو سویه گرادیان در امتداد پروفیل C.R.P-۱.



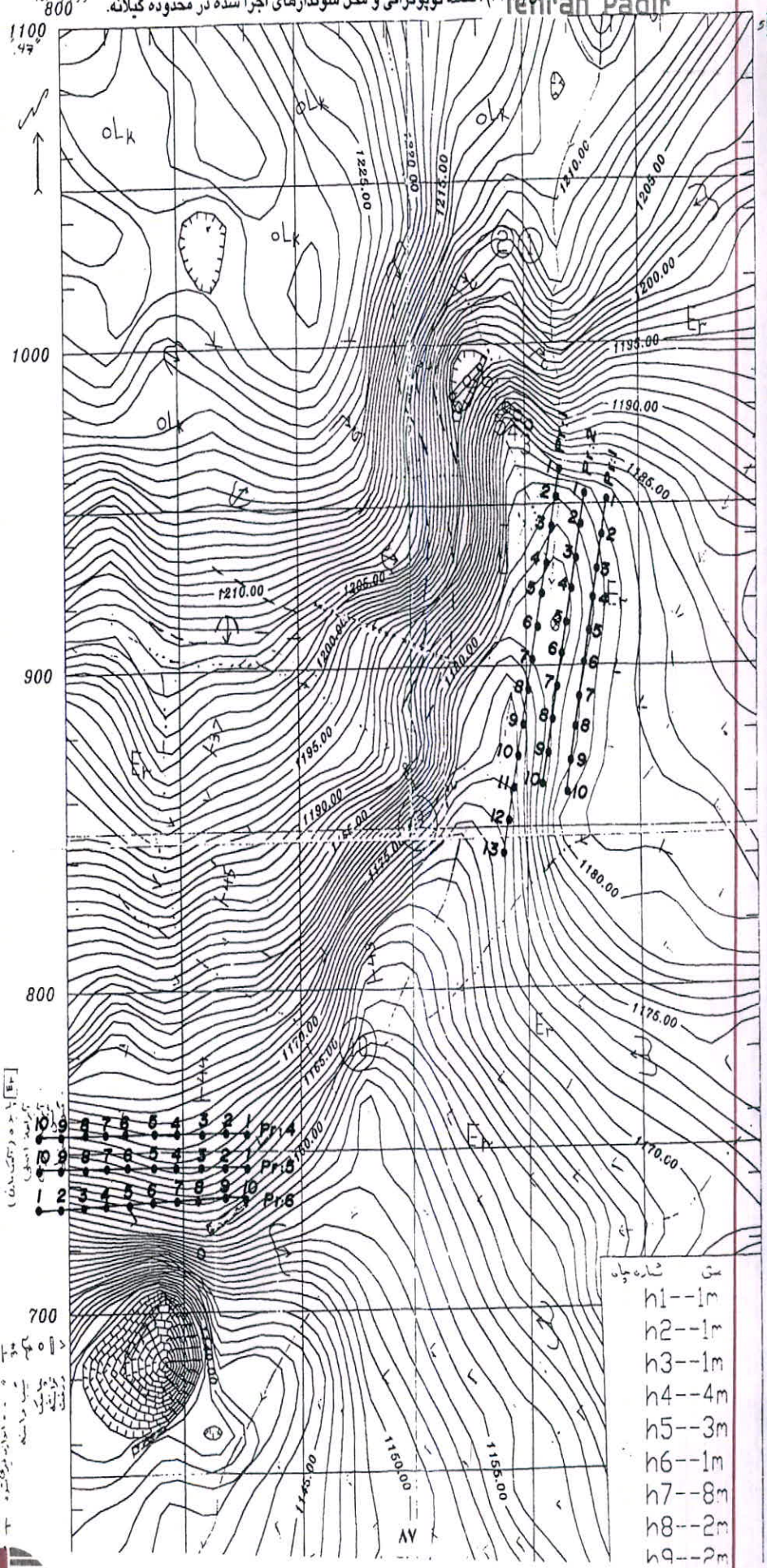
شکل (۵-۳۱) : مقادیر مربوط به‌تابع دو سویه گرادیان در امتداد پروفیل C.R.P-۱.

بخش ششم : مطالعات ژئوالکتریک محدوده گیلانه

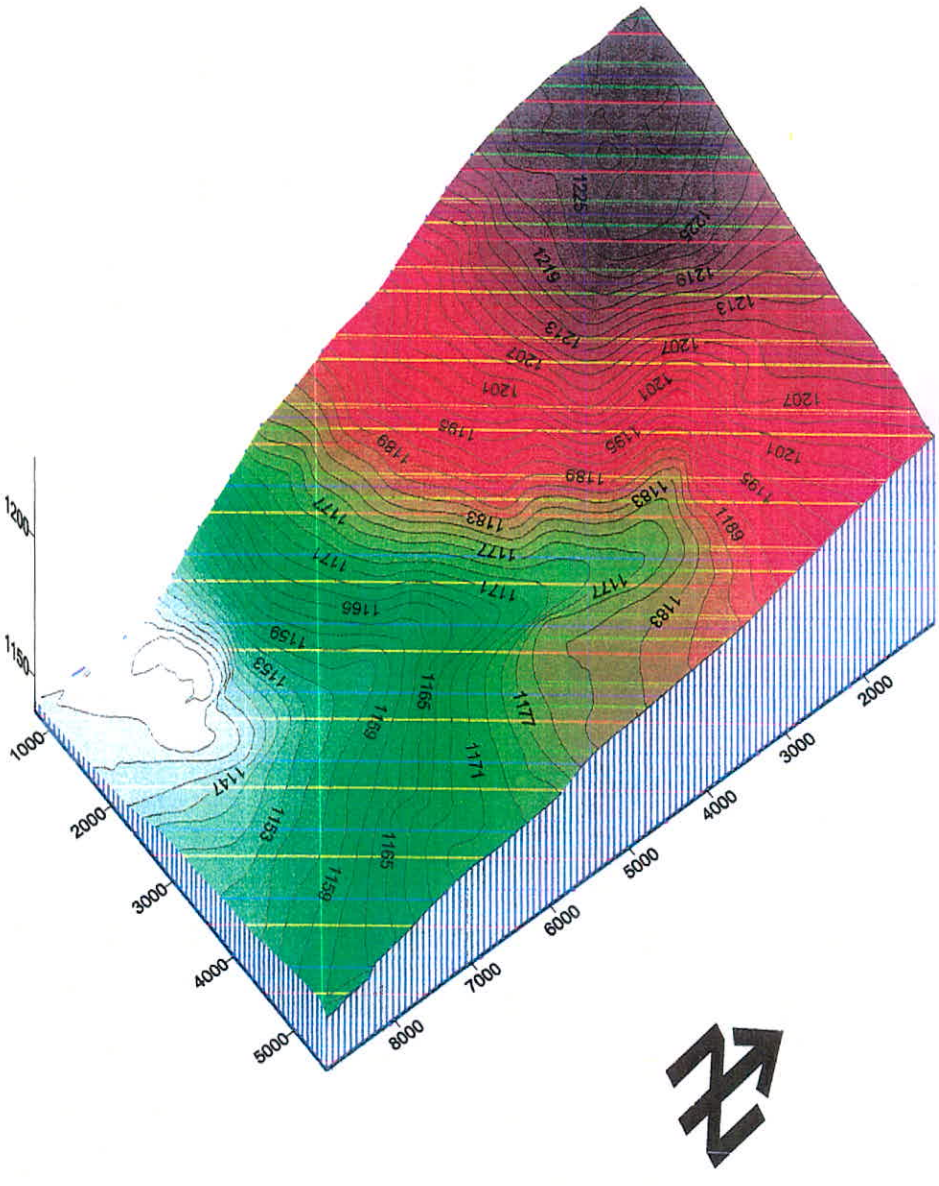
در محدوده گیلانه توپوگرافی سطح زمین شدیدتر بوده و جنس لایه‌های سنگی منطقه اغلب از نوع گچی مارنی در قسمت بالا دست و لایه‌های آهکی و آهکی خرد شده همراه با مارن در قسمت جنوبی محدوده می‌باشند. برروی نقشه توپوگرافی صفحه بعد محل سونداژهای اجرا شده نشان داده شده است همچنین نمای سه بعدی حاصل از نقشه توپوگرافی نیز ترسیم شده است، شکل‌های (۶-۳۲ و۶-۳۳).

شکل (۳۳۶) : نقشه توپوگرافی و محل سوندژهای اجرا شده در محدوده گیلانه.

Tehran Padir



Three Dimensional view of GILLANEH area



شکل (۶-۳۳) : نمای سه بعدی محدوده گیلانه.

۶-۱- شرح مقاطع و شبه مقاطع پروفیل های محدوده گیلانه

۶-۱-۱- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل 1G

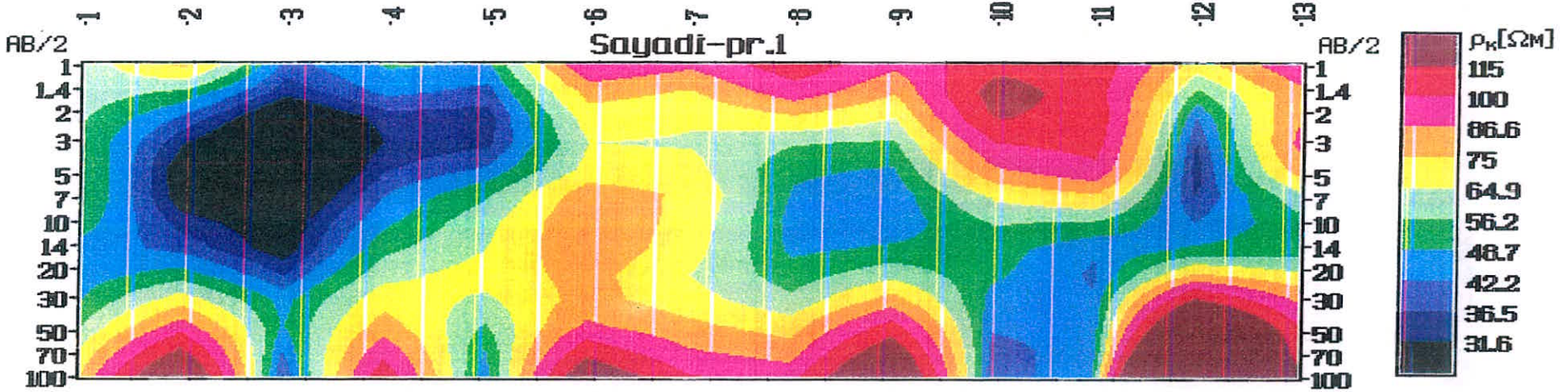
این پروفیل شامل ۱۳ سونداژ و در راستای شمالی – جنوبی در امتداد دره اصلی محدوده گیلانه اجرا شده است. محدوده مقاومت الکتریکی ظاهری بر روی این پروفیل بین حداقل کمتر از ٤٠ اهم‌متر تا حداکثر بیش از ۱۰۰ اهم‌متر متغیر است. در ابتدای این پروفیل یک زون کم مقاومت در محل سونداژهای ۱ تا۵ و تا عمق تقریبی ۱۰ متر ($\frac{AB}{2}$=۲۱/۵) ادامه دارد. این زون احتمالاً" مربوط به‌واریزه‌ها و خاک‌های مارنی و رسی می‌باشد. در زیر این زون لایه‌های مقاوم که از جنس گچ می‌باشد وجود دارند.

در ادامه پروفیل مقاومت الکتریکی ظاهری افزایش می‌یابد. در محل سونداژهای ۹۸ و ۱۲ زون‌های مقاومت پائین قابل مشاهده هستند. بین سونداژهای ۱۰ و۱۱ یک زون کم مقاومت خرده شده در عمق قابل مشاهده است که احتمالاً" با یک زون گسلی محلی قابل مشاهده است. به‌خاطر وجود یک زون مقاوم بالا در محل سونداژهای ۱۰ و ۱۱ در نزدیک سطح احتمال وجود یک آنومالی ذغالی وجود دارد که البته گسترش جانبی کم دارد و به‌صورت محلی می‌باشد، شکل‌های (٦-٣٤ و ٦-٣٦).

۶-۱-۲- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل 2G

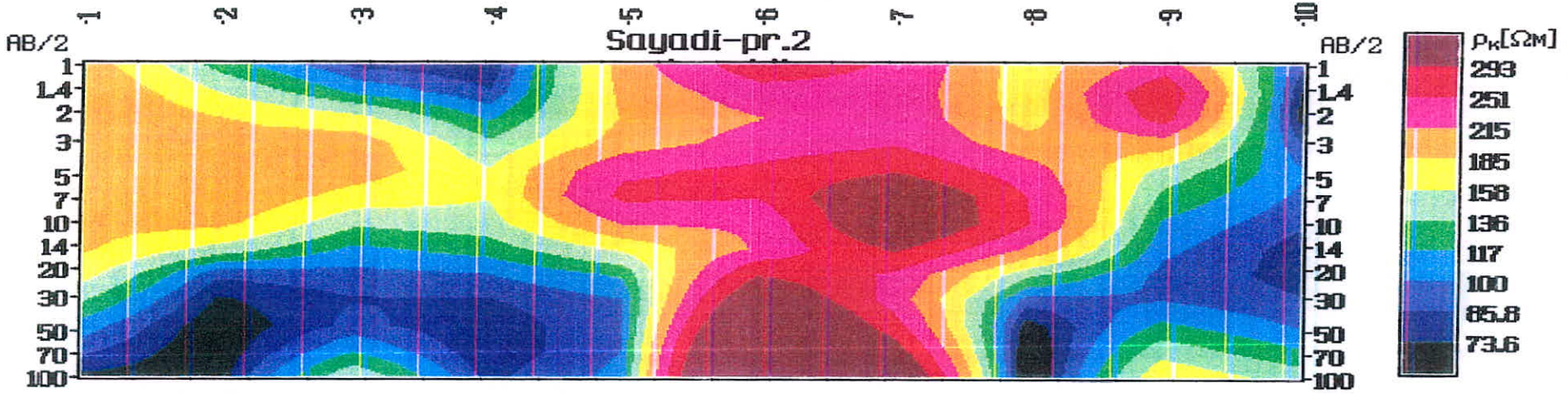
این پروفیل شامل ۱۰ سونداژ بوده و به‌موازات پروفیل ۱ اجرا شده است، شکل‌های (٦-٣٥ و ٦-٣٧). این پروفیل برروی دامنه مشرف به‌محل بهره‌برداری معدن گیلانه اجرا شده است. مقاومت الکتریکی ظاهری بر روی این پروفیل به‌طور کلی بالاتر از پروفیل ۱ بوده و این به‌علت وجود لایه‌های سنگی، که اغلب از جنس آهک بوده و تپه‌ها را تشکیل می‌دهند، می‌باشد. حداقل مقاومت الکتریکی ظاهری بر روی این پروفیل در حدود ۱۰۰ اهم‌متر و حداکثر آن به‌بیش از ۲۸۰ اهم‌متر می‌رسد. بر روی این پروفیل دو زون دارای مقاومت الکتریکی پائین در ابتدا و انتهای پروفیل دیده می‌شود. در ابتدای پروفیل در محل سونداژهای ۱ تا ۵ این زون از حدود $\frac{AB}{2}$=١٤/٧ (عمق تقریبی ۷ متر) شروع می‌شود. جنس این زون به‌لایه‌های سنگی خرد شده و همچنین وجود رس مرتبط می‌باشد. در انتهای پروفیل زون کم مقاومت تا سطح در محل سونداژ ۱۰ ادامه می‌یابد. در محل سونداژهای ۸ و ۹ این

مهندسین مشاور تهران پادیر
Tehran Padir

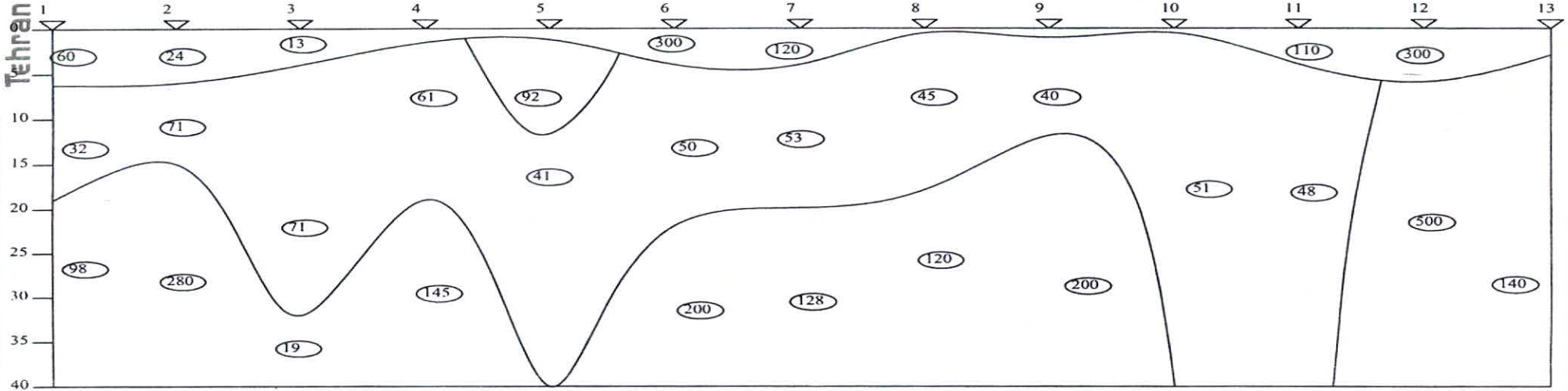


شکل (۶-۳۴) : شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۱ محدوده گیلانه.

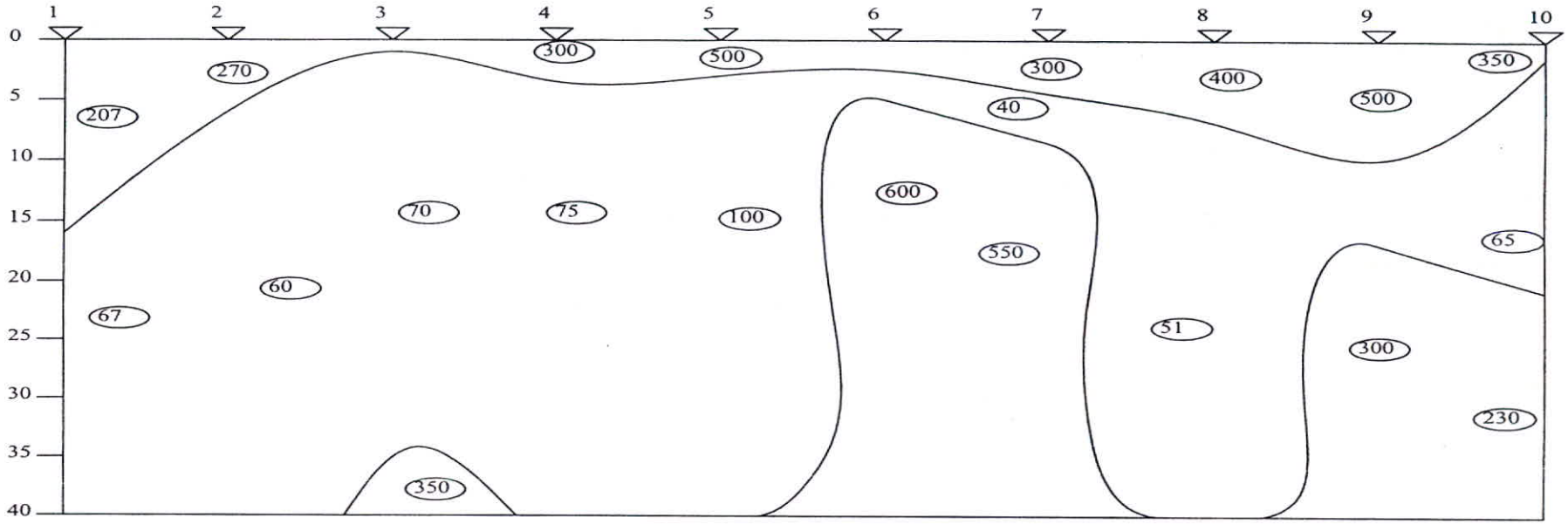
مهندسین مشاور تهران پادیر
Tehran Padir



شکل (۶-۳۵) : شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۲ محدوده گیلانه.



شکل (۶-۳۶) : مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۱ محدوده گیلانه.



profile 2

شکل (۶-۳۷) : مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۲ محدوده گیلانه.

زون عمیق‌تر می‌شود. یک زون دارای مقاومت الکتریکی بالا در محل سونداژهای ٦ و٧ دیده می‌شود که تا سطح ادامه پیدا می‌کند. وجود این زون به‌لایه‌های سنگی آهکی ارتباط دارد که مقاومت بالاتری را نسبت به‌اطراف از خود نشان می‌دهند. یک زون واریزه‌ای سطحی در سطح تمام پروفیل دیده می‌شود که این واریزه‌ها در محل سونداژهای ٣ و٤ نشان دهنده وجود ذرات ریز دانه و رسی بیشتر در آنها می‌باشد.

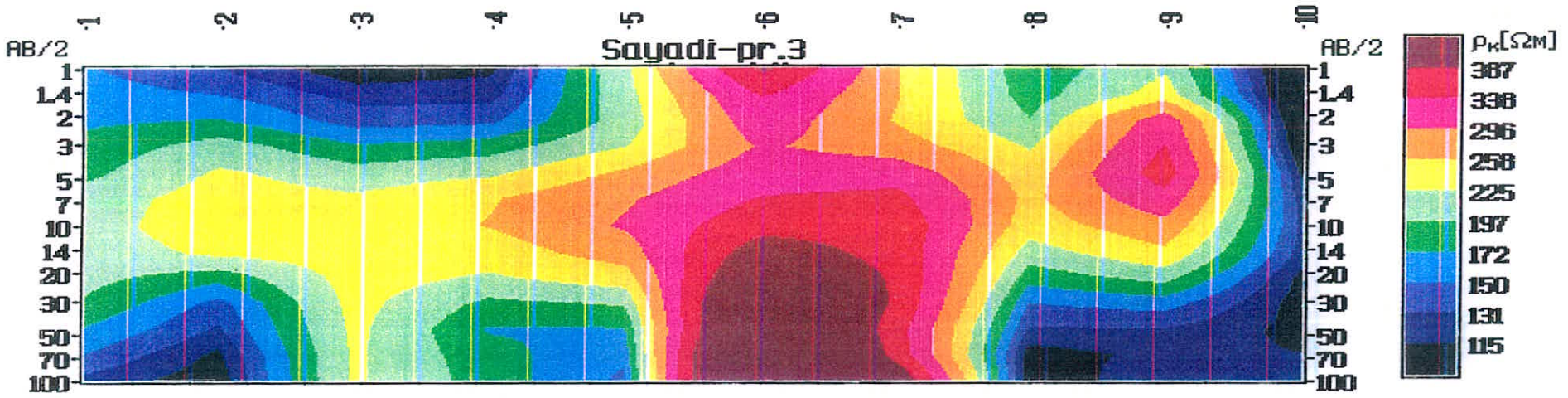
٦-١-٣- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل 3G

این پروفیل شامل ١٠ سونداژ شولومبرژه بوده و به‌موازات پروفیل ١ و٢ اجرا شده است. برروی این پروفیل مقاومت الکتریکی ظاهری حداقل کمتر از ١٢٠ اهم‌متر تا حداکثر بیش از ٣٥٠ اهم‌متر متغیر است. به‌طور کلی بر روی این پروفیل اغلب لایه‌ها از جنس سنگی بوده به‌جز در محل سونداژ ٢ در ابتدای پروفیل سونداژهای ٩،٨ و ١٠ در انتهای پروفیل که یک لایه کم مقاوم در عمق تقریبی ٢٢ متر) دیده می‌شود. وجود لایه واریزه‌های سطحی بر روی این پروفیل نیز قابل مشاهده است که مواد ریزدانه و خاک‌های سطحی مخلوط شده‌اند. در محل سونداژهای ٥ تا ٧ یک زون دارای مقاومت الکتریکی بالا دیده می‌شود که نشان دهنده سنگ‌های سخت و دارای خردشدگی کم می‌باشد، شکل‌های (٦-٣٨ و٦-٤٠).

٦-١-٤- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل 4G

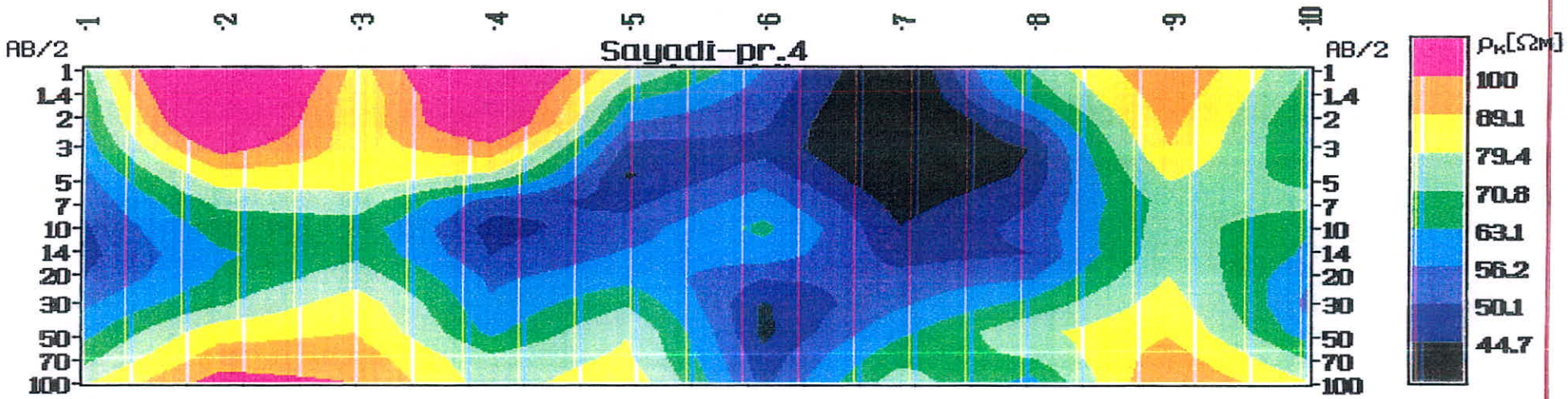
این پروفیل شامل ١٠ سونداژ بوده و در راستای شرقی – غربی در قسمت جنوبی محدوده گیلانه اجرا شده است. مقاومت الکتریکی ظاهری به‌طور کلی بر روی این پروفیل پائین‌تر از پروفیل‌های قبل می‌باشد و حداقل آن کمتر از ٥٠ اهم‌متر و حداکثر آن بیش از ١٠٠ اهم‌متر می‌باشد. برروی این پروفیل یک زون دارای مقاومت الکتریکی ظاهری پائین در میانه پروفیل و در محل سونداژهای ٤ تا ٧ دیده می‌شود که در محل سونداژ ٧ بیشترین ضخامت را دارا می‌باشد. وجود لایه‌های مقاوم سطحی در محل سونداژهای ١ تا ٤ و٩ قابل مشاهده است که تا عمق تقریبی ٣/٥ متر ادامه می‌یابد ($\frac{AB}{2}$=٦/٨٤ متر). ضخامت زون میانی کم مقاومت به‌سمت سونداژهای ٤ و٥ کاهش می‌یابد و بین $\frac{AB}{2}$=٦/٨١ و $\frac{AB}{2}$=٢١/٥ قرار می‌گیرد.

زون‌های مقاوم در محل سونداژهای ۱ تا ٤ در سطح به‌وجود لایه‌های سنگی در کنار رگه‌های پراکنده ذغالی که دارای ضخامت‌های کم می‌باشند و به‌صورت بین لایه‌ای با لایه‌های سنگی خرده شده و مارنی قرار دارند مربوط می‌شود. این شرایط در عمق و از حدود ۳۱/٦= $\frac{AB}{2}$ در محل سونداژ ۳ شروع می‌شود که می‌تواند به‌حضور لایه‌های ذغالی مرتبط باشد. در انتهای پروفیل در محل سونداژ ۹ در عمق نیز یک زون مقاوم دیده می‌شود که احتمال دارد با وجود آنومالی محلی و محدوده ذغالی مرتبط باشد، شکل‌های (٦-۳۹ و٦-٤۱).

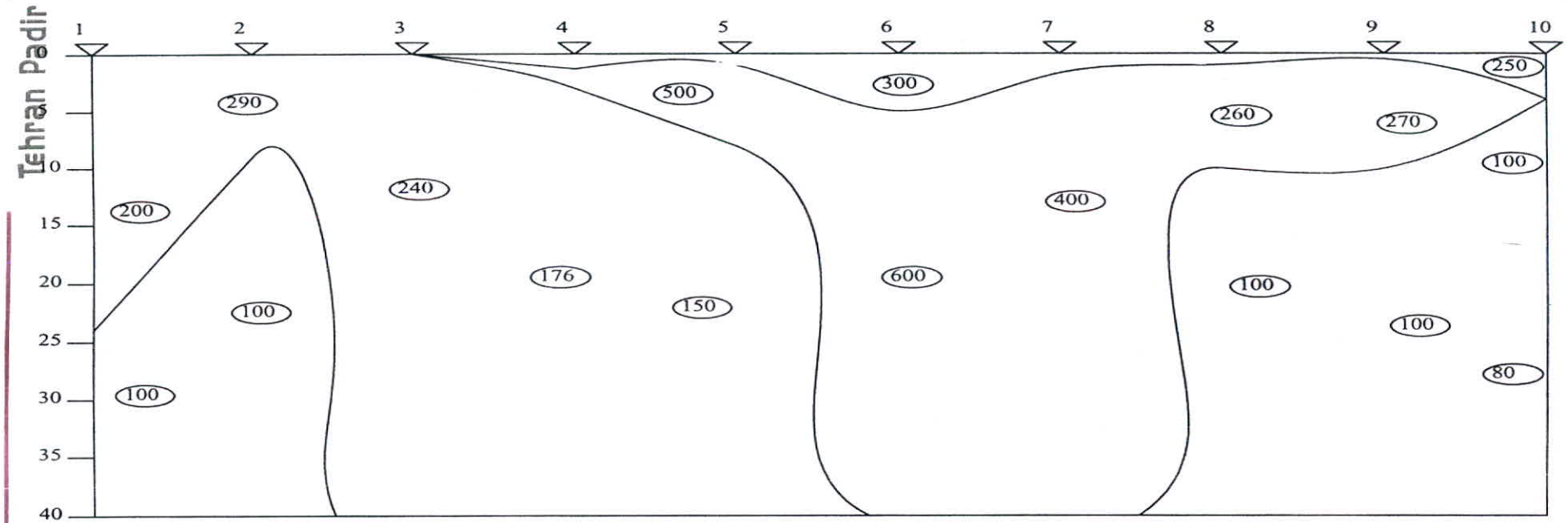


شکل (۶-۳۸) : شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۳ محدوده گیلانه.

Tehran Padir
مهندسین مشاور تهران پدیر

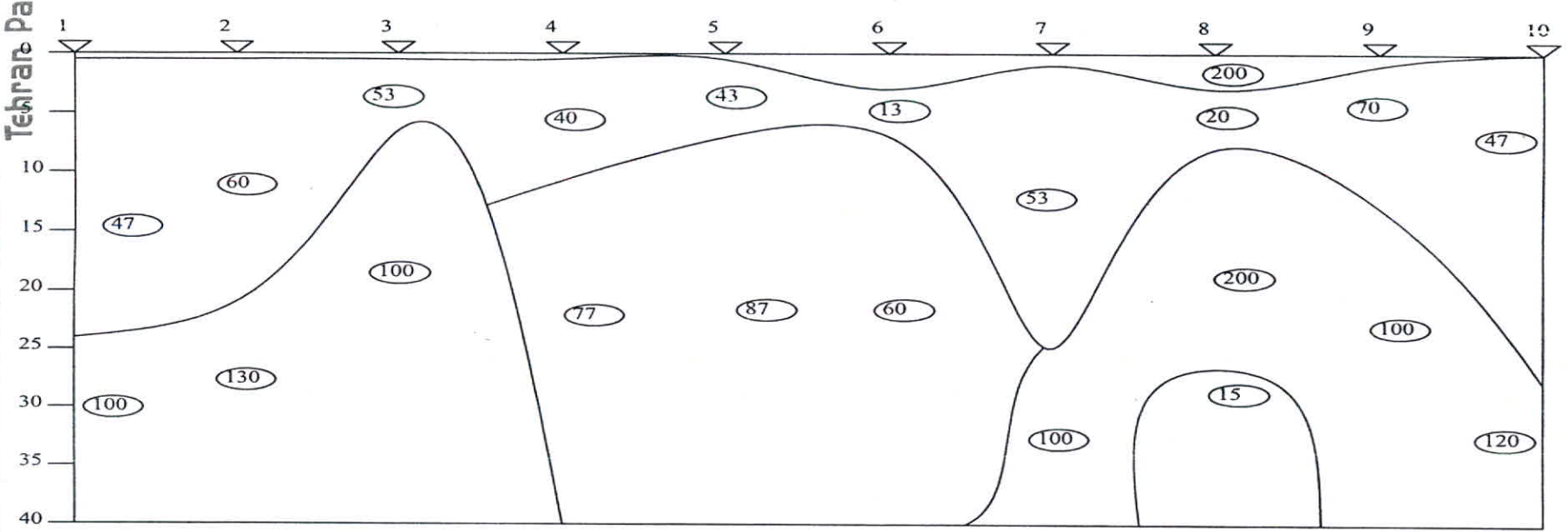


شکل (۶-۳۹) : شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۴ محدوده گیلانه.



profile 3

شکل (۶-۴۰) : مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۳ محدوده گیلانه.



profil 4

شکل (۶-۴۱) : مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۳ محدوده گیلانه.

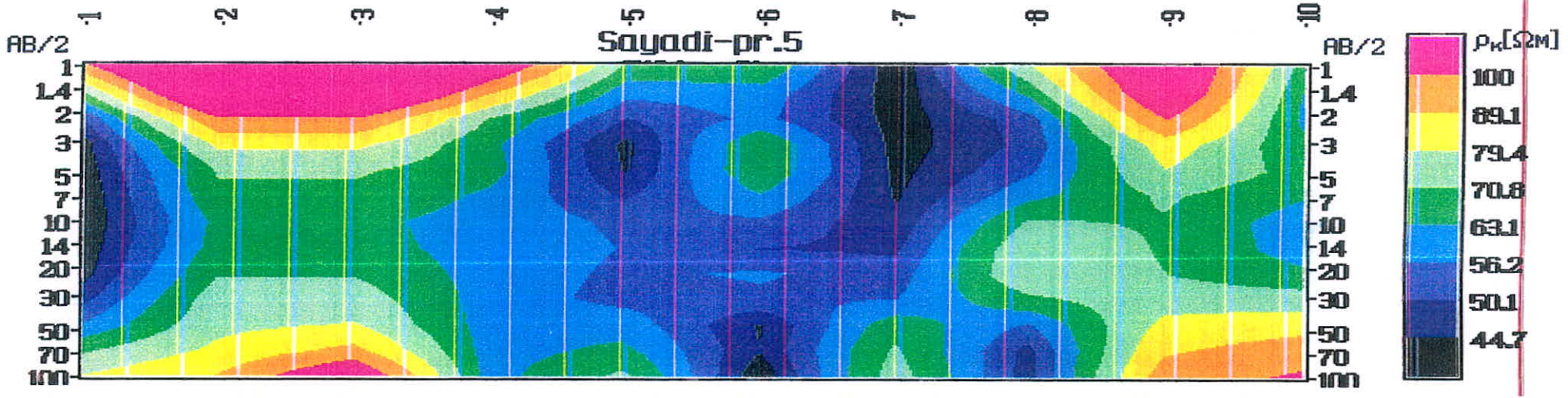
۶-۱-۵- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل 5G

این پروفیل نیز شامل ۱۰ سونداژ بوده و به‌موازات پروفیل ٤ قرار دارد. محدوده تغییرات مقاومت الکتریکی ظاهری بر روی این پروفیل نیز همانند پروفیل ٤ بین ۵۰ تا بیش از ۱۰۰ اهم‌متر متغیر است. برروی این پروفیل یک زون دارای مقاومت الکتریکی ظاهری پائین در محل سونداژ شماره-۱ دیده می‌شود که به‌وجود لایه‌های سنگی خرده شده و مخلوط آن با لایه‌های مارنی مرتبط است. این زون دارای مقاومت پائین در میانه پروفیل در محل سونداژهای ۵ تا ۷ نیز گسترش زیادی دارد و تا عمق ادامه می‌یابد. این زون به‌وجود لایه‌های مارنی و کم مقاومت همراه با میان لایه هائی از سنگ‌های خرد شده مرتبط است. وجود لایه‌های مقاوم نزدیک سطح در محل سونداژهای ۲ تا ٤ به‌رگه‌های پراکنده ذغالی در کنار قطعات سنگ‌های خرد شده و مارنی مرتبط است. این لایه‌های مقاوم در عمق نیز مجددا" تکرار شده به‌خصوص در محل سونداژهای ۲ و۳ عمق کمتری دارند. از حدود $\frac{AB}{2}$ =۲۱/۵ (عمق تقریبی ۱۱ متر) شروع می‌شوند. یک زون مقاوم در انتهای پروفیل در محل سونداژ ۹ دیده می‌شود که این زون نیز احتمال دارد در ادامه زون قابل مشاهده در انتهای پروفیل ٤ با یک آنومالی محلی ذغالی در ارتباط باشد، شکل‌های (٦-٤۲ و٦-٤٤).

۶-۱-۶- شرح شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل 6G

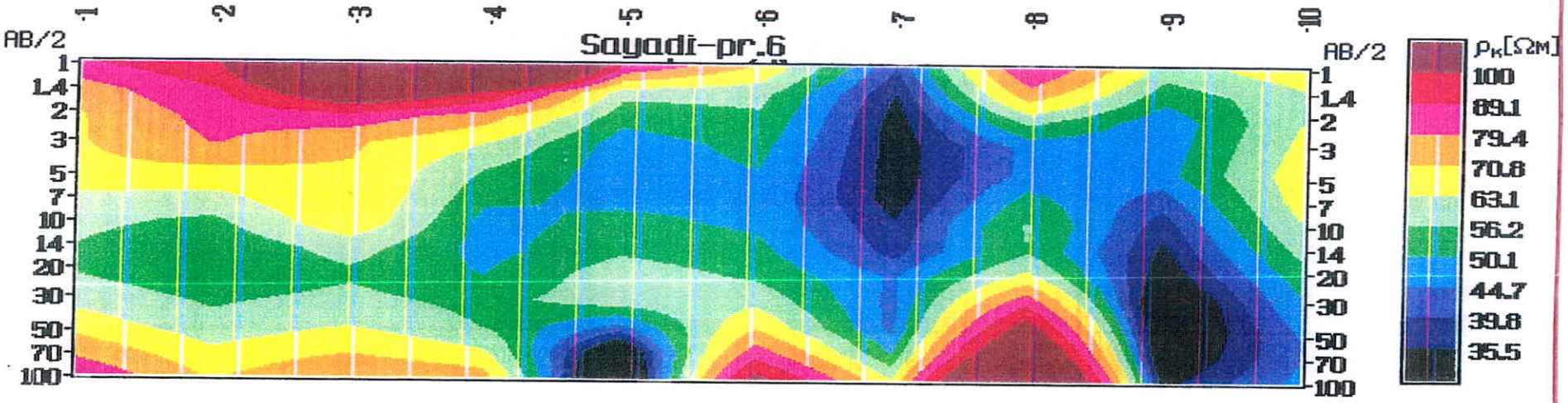
این پروفیل به‌موازات پروفیل‌های ٤ و۵ بوده و دارای ۱۰ سونداژ می‌باشد. شماره گذاری سوندا‌ژها بر روی این پروفیل برعکس پروفیل‌های ٤ و۵ است و سونداژشماره-۱ این پروفیل با سونداژ شماره-۱۰ دو پروفیل قبل مرتبط است. مقاومت الکتریکی ظاهری بر روی این پروفیل بین حداقل کمتر از ٤۰ اهم‌متر تا بیش از ۱۰۰ اهم‌متر متغیر است. در ابتدای پروفیل لایه‌های مقاوم دیده می‌شوند که با لایه‌های سنگی آهکی مرتبط می‌باشند. در محل سونداژهای ۲ تا ٤ در عمق میانی از حدود $\frac{AB}{2}$ =۱۰ تا $\frac{AB}{2}$ =۳۱/٦ یک لایه کم مقاومت به‌ضخامت تقریبی ۱۰ متر دیده می‌شود که نشان دهنده لایه‌های سنگی با شکستگی زیاد و همراه با مارن می‌باشد. در محل سونداژ ۷ یک زون دارای مقاومت الکتریکی پائین دیده می‌شود که با شکستگی‌ها و خردشدگی و وجود لایه‌های رسی و مارنی مربوط می‌شود. وجود زون‌های با مقاومت الکتریکی زیاد در محل سونداژهای ۸،٦ و۹ می‌تواند به‌وجود آنومالی‌های ذغالی مرتبط باشد که در محل سونداژهای ۸ و۹ از عمق تقریبی ۱۰ متر شروع می‌شود و در محل سونداژ ٦ عمیق‌تر باشد، شکل‌های (٦-٤۳ و٦-٤۵).

مهندسین مشاور تهران پدیر
Tehran Padir

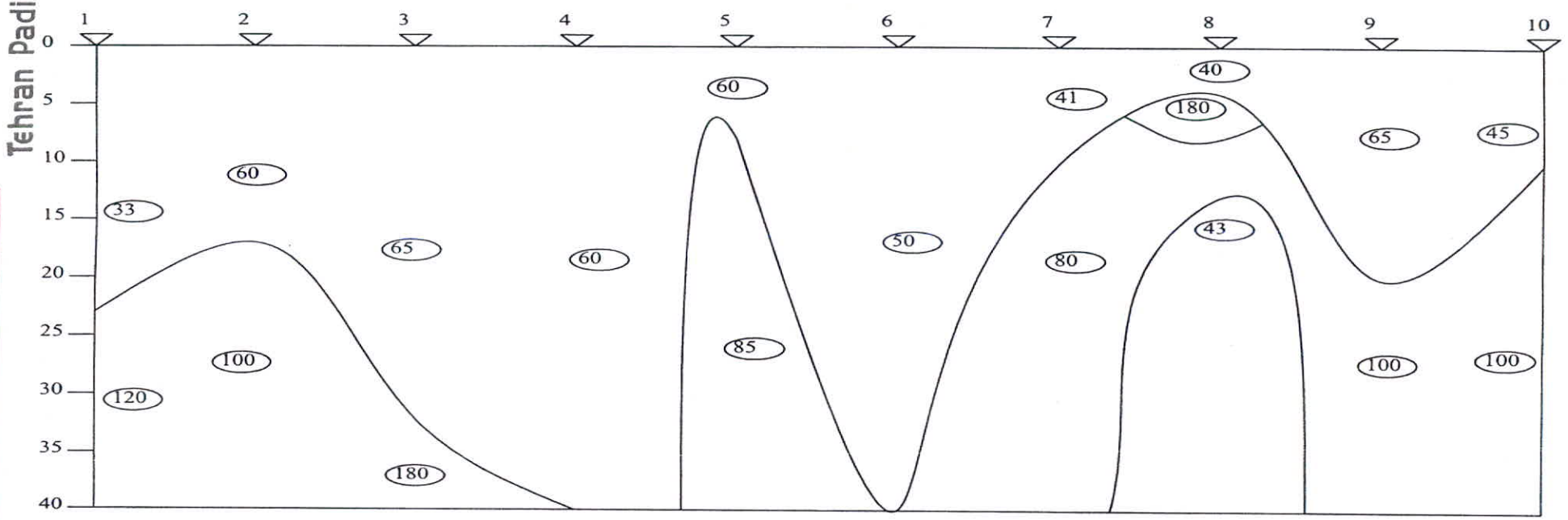


شکل (۶-۴۲) : شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۵ محدوده گیلانه.

مهندسین مشاور تهران پادیر
Tehran Padir

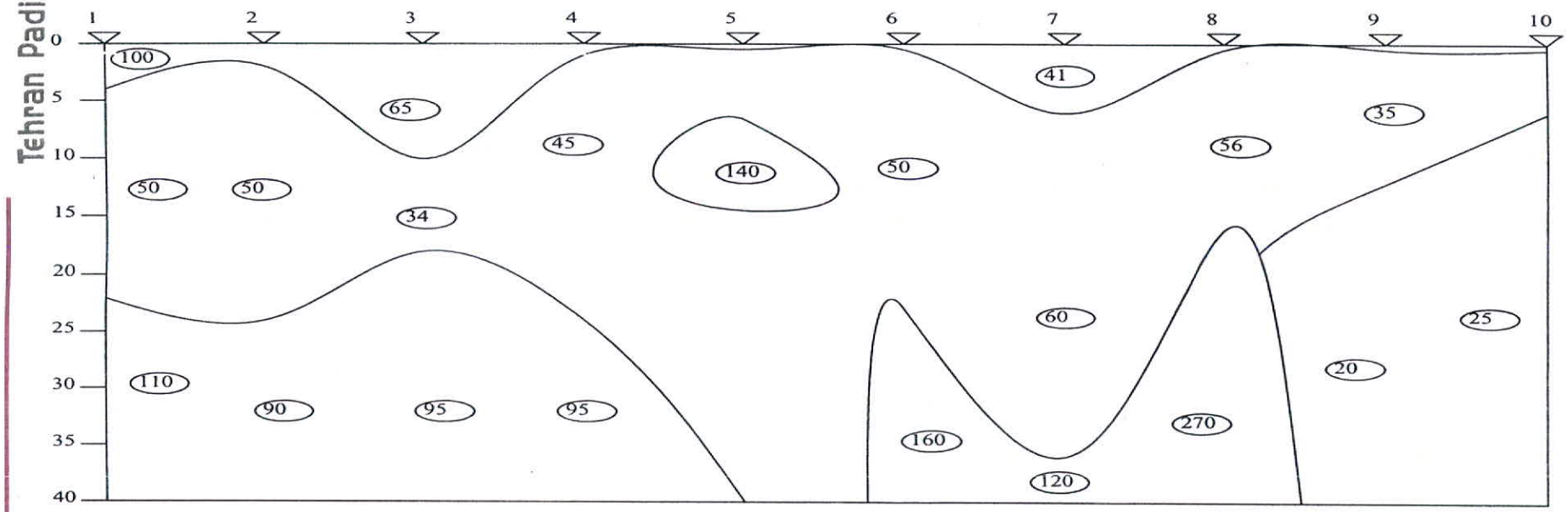


شکل (۶-۴۳) : شبه مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۶ محدوده گیلانه.



profil 5

شکل (۶-۴۴) : مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۵ محدوده گیلانه.



شکل (۶-۴۵) : مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۶ محدوده گیلانه.

۶-۲- شرح نقشه‌های هم‌مقاومت الکتریکی ظاهری در محدوده گیلانه

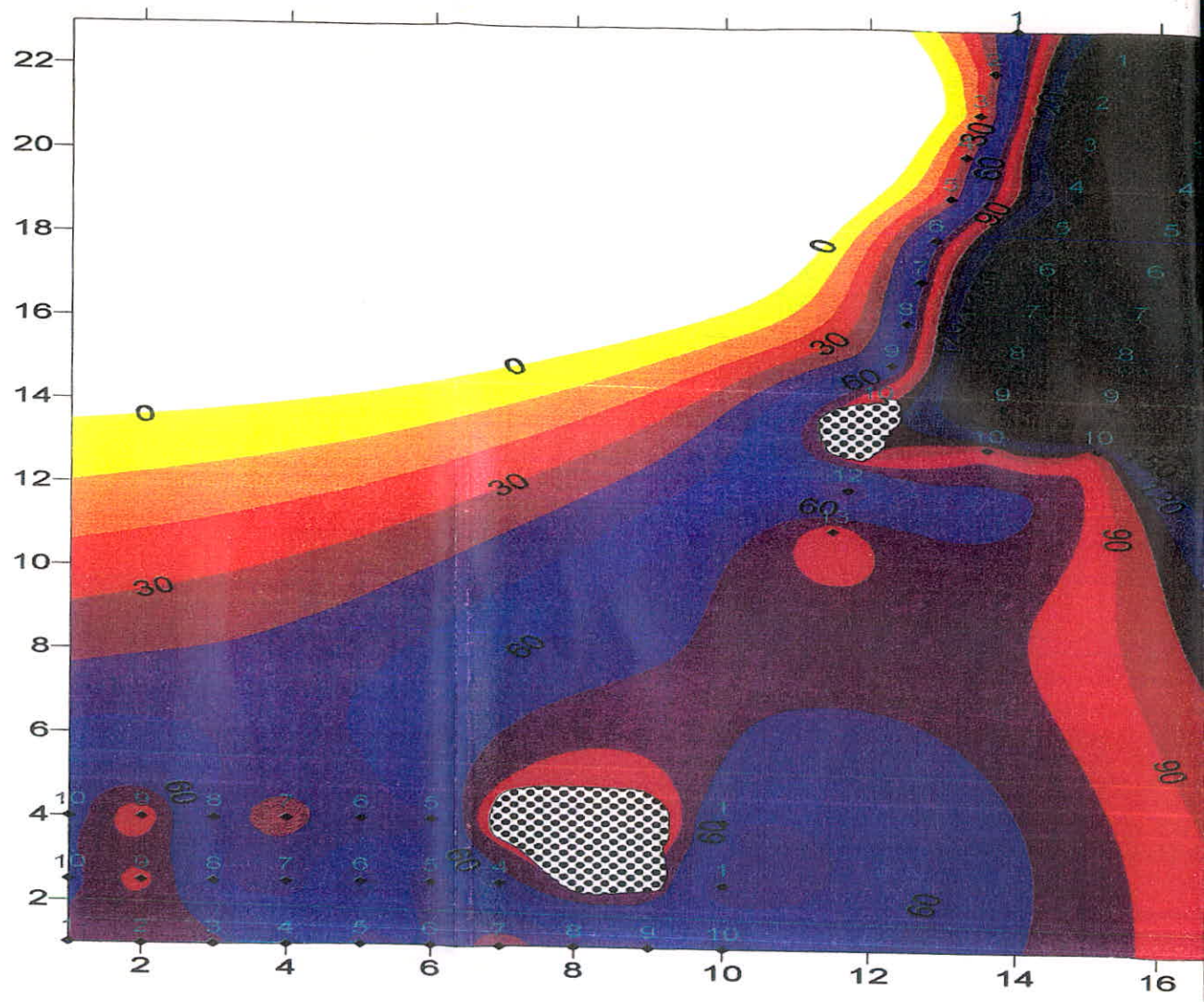
۶-۲-۱- شرح نقشه هم‌مقاومت الکتریکی ظاهری برای $\frac{AB}{2}$=۳/۱۶ (عمق تقریبی ۱۰۶ متر)

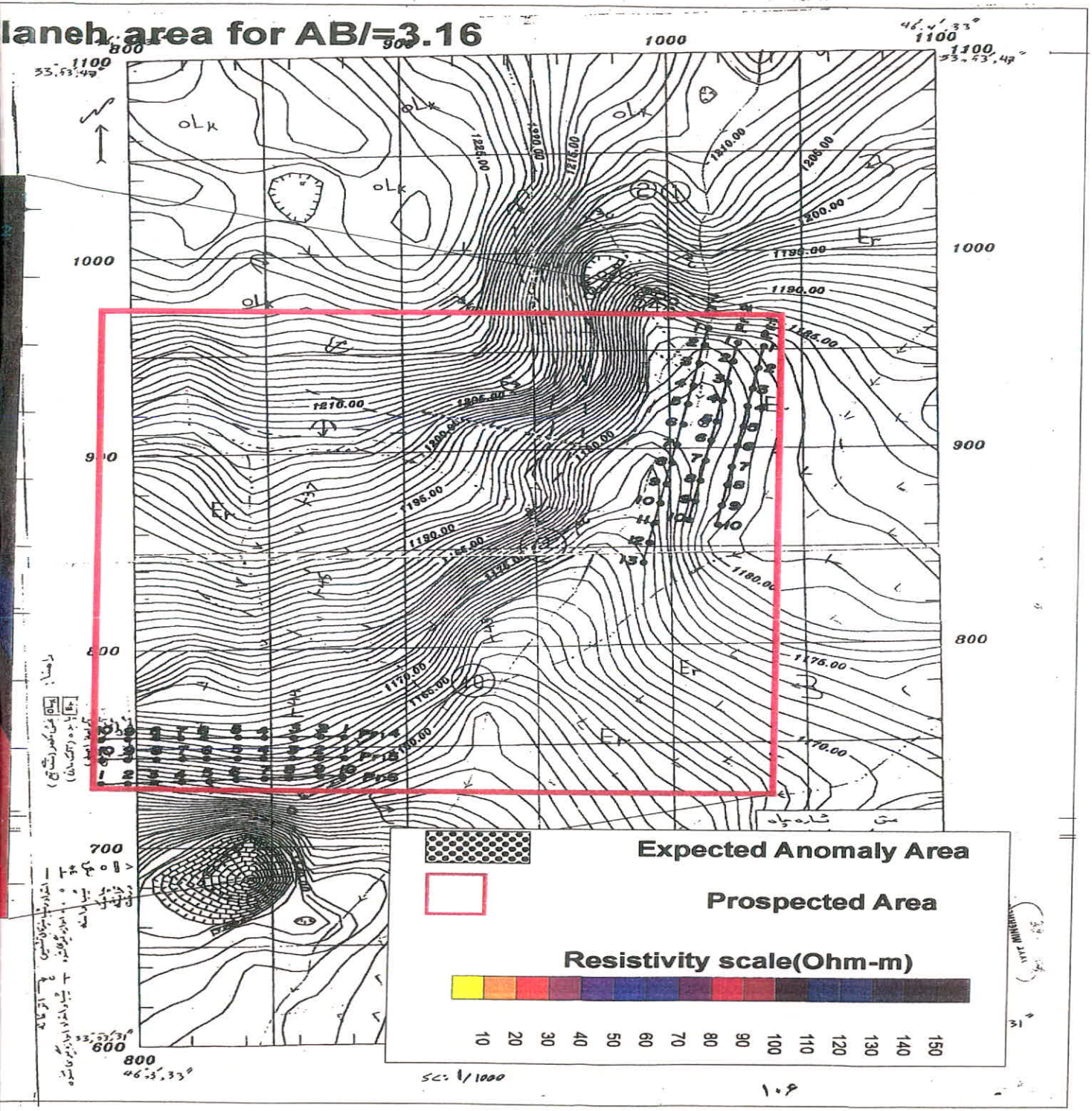
مقاومت الکتریکی ظاهری بین دو محدوده کمتر از ۳۰ اهم‌متر تا بیش از ۲۰۰ اهم‌متر متغیر است. به‌طور کلی در محدوده گیلانه مطالعات ژئوالکتریک در دو محدوده شمالی و جنوبی انجام شده. پروفیل‌های ۱ تا۳ در محددوده شمالی منطقه و به‌موازات دره اصلی که دارای راستای شمالی جنوبی است اجرا شده‌اند. به‌طور کلی در قسمت شمالی شرقی محدوده که لایه‌های شیب‌دار و زمین‌های مرتفع قرار دارند جنس زمین اغلب از نوع سنگ‌های آهکی سخت است که به‌طور محلی در برخی نقاط خردشدگی دارند و یا میان لایه‌های مارنی در آنها وجود دارد و با توجه به‌مطالعات انجام شده، امکان حضور آنومالی و رگه‌های ذغالی در آن بسیار کم است.

در قسمت روبرروی این ارتفاعات لایه‌های گچی مرتفع بیرونزدگی دارند که در آنومالی رگه‌ها و آنومالی‌های ذغالی وجود دارد و در حال حاضر نیز در حال بهره‌برداری می‌باشد. به‌دلیل توپوگرافی شدید و عدم امکان گسترش سیم‌های جریان AB و وجود دره‌های عمیق و شیب زیاد دامنه امکان اجرای مطالعات در اطراف و بالای رگه‌های وجود نداشت به‌همین دلیل در اطراف آنها در جاهائی که امکان عملیات وجود داشت، مطالعات انجام شده است. در پای ارتفاعات شمالی محدوده همانگونه که بر روی نقشه صفحه بعد دیده می‌شود مقاومت الکتریکی ظاهری افت می‌نماید که هم نشان‌دهنده وجود واریزه‌های سطحی و هم حضور کمتر لایه‌های سنگ آهکی می‌باشد، در این قسمت بر روی پروفیل ۱ و در انتهای آن وجود آنومالی‌های محلی ذغالی محتمل است که بر روی نقشه علامت‌گذاری شده است این آنومالی بیشتر حالت محلی دارد و به‌نظر نمی‌رسد که گسترش چندانی داشته باشد.

قسمت دوم در بخش جنوب غربی محدوده گیلانه به‌انجام رسیده است که شامل پروفیل‌های ٤ تا ٦ می‌باشد. این پروفیل‌ها به‌موازات دامنه جنوبی محدوده اجرا شده‌اند و لایه‌های آهکی خرد شده و مارنی در اطراف بیرونزدگی دارند. در این محدوده محل سونداژهای ابتدائی پروفیل‌های ٤ و٥ وجود آنومالی ذغالی به‌صورت رگه‌های پراکنده مشخص شده است گسترش این آنومالی به‌سمت جنوب کمتر می‌شود. این آنومالی در محل سونداژهای ۲ تا٤ پروفیل ٤ و همچنین سونداژهای ۲ و۳ پروفیل ٥ دیده می‌شود.

Iso resistivity map of Gi



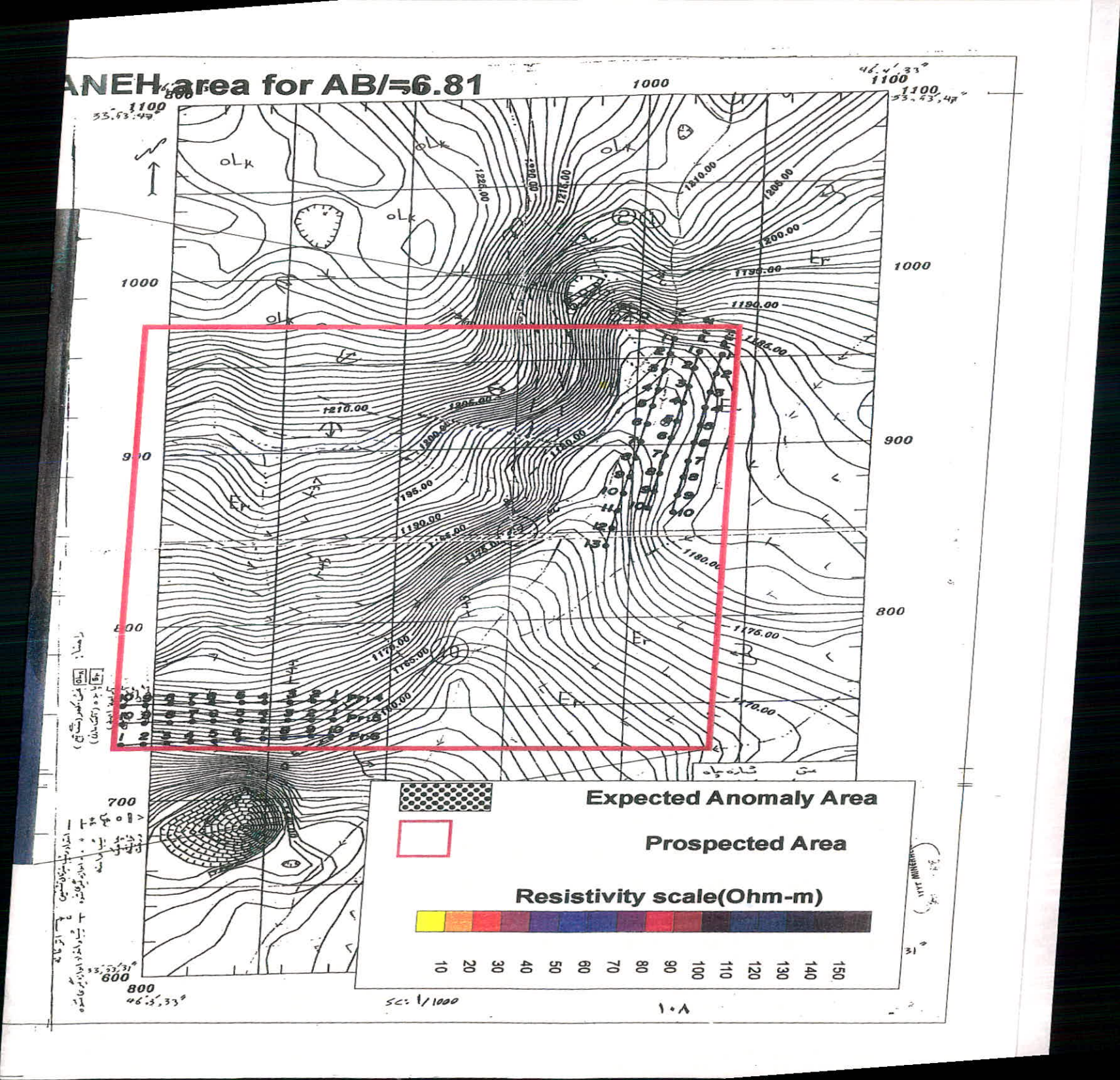

laneh area for AB/=3.16
Expected Anomaly Area
Prospected Area
Resistivity scale(Ohm-m)
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150

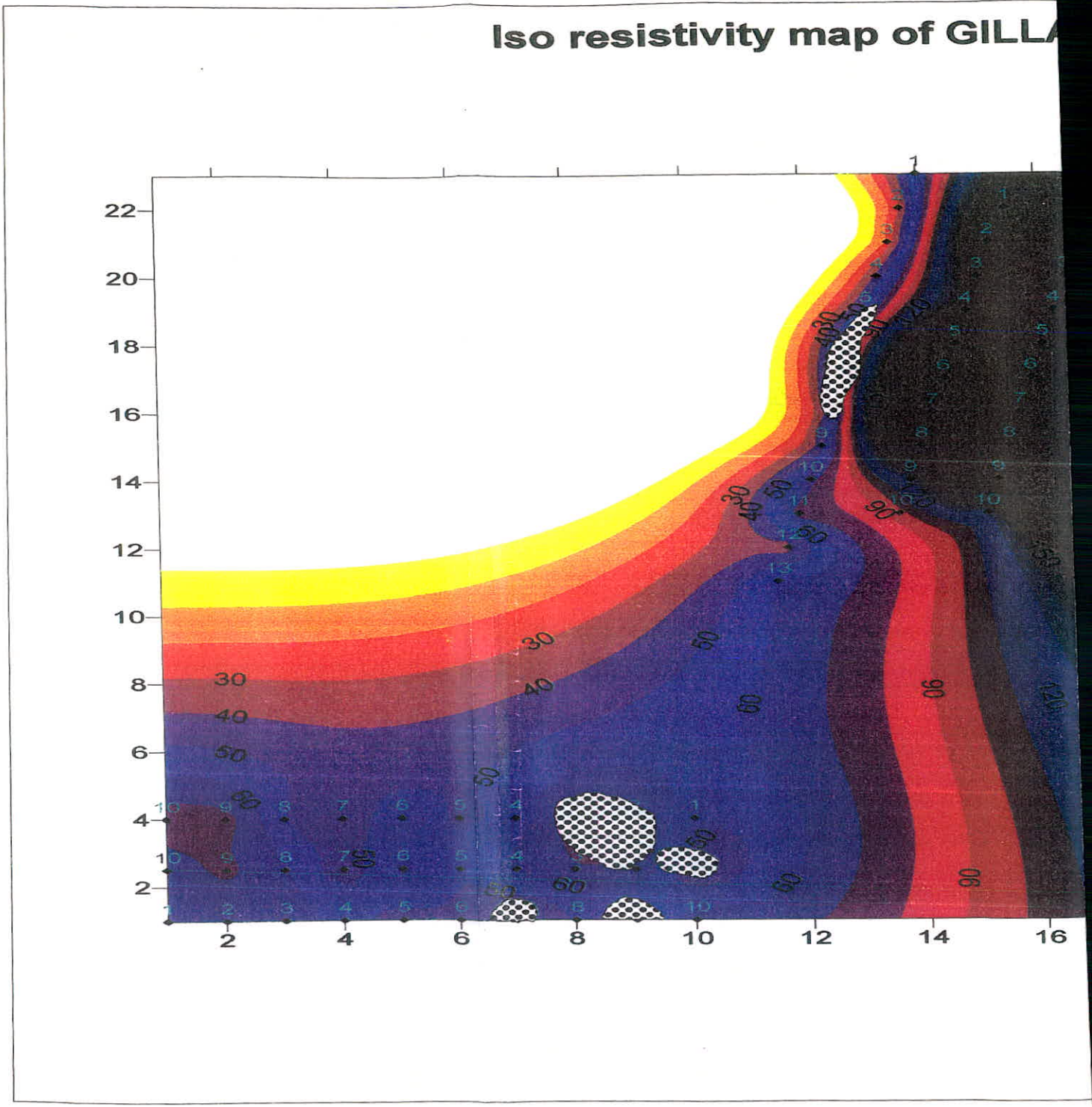
۶-۲-۲- شرح نقشه هم‌مقاومت الکتریکی ظاهری برای ۶/۸۱= $\frac{AB}{2}$ (عمق تقریبی ۳/۴ متر)

بر روی این نقشه روند کلی مقاومت الکتریکی ظاهری همانند نقشه قبل می‌باشد با این تفاوت که یک افت کلی در مقاومت الکتریکی ظاهری در قسمت جنوبی محدوده دیده قابل ملاحظه است. در قسمت شمال شرق محدوده وجود لایه‌های مقاوم در دامنه‌های شمالی همچنان محسوس است در عین حال وجود یک آنومالی در امتداد دره شمال شرقی محدوده به‌روی پروفیل شماره-۱ و مشرف به‌ارتفاعات گچی شمالی محدوده قابل ملاحظه است این آنومالی احتمالی در محدوده نقاط ۵ تا ۸ پروفیل یک دیده می‌شود. در این نقشه آنومالی ذکر شده در نقشه قبل مربوط به‌انتهای پروفیل یک دیده نمی شود. که نشان‌دهنده محلی بودن و سطحی بودن این آنومالی است.

در قسمت جنوب غربی محدوده آنومالی ذکر شده در نقشه قبل همچنان دیده می‌شود با این تفاوت که در این عمق این آنومالی‌ها حالت پراکنده‌تر به‌خود گرفته‌اند. این رگه‌های پراکنده بر روی پروفیل ٤،٥ و٦ دیده می‌شوند که همگی در ابتدای پروفیل‌های ٤ و٥ و انتهای پروفیل ٦ تمرکز دارند.

آنومالی‌های ذکر شده بر روی این نقشه به‌صورت ٤ لکه جداگانه در قسمت جنوب غربی نقشه مشخص شده‌اند که در واقع نشان دهنده حالت رگه‌های پراکنده در این قسمت می‌باشد.


ANEH area for AB/=6.81
Expected Anomaly Area
Prospected Area
Resistivity scale(Ohm-m)
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150
1000
1100
900
800
700
600
1210.00
1205.00
1200.00
1195.00
1190.00
1185.00
1180.00
1175.00
1170.00
1165.00
1160.00
1155.00
1150.00
1145.00
1140.00
1135.00
1130.00
1125.00
1120.00
1115.00
1110.00
1105.00
1100.00
1095.00
1090.00
1085.00
1080.00
1075.00
1070.00
1065.00
1060.00
1055.00
1050.00
1045.00
1040.00
1035.00
1030.00
1025.00
1020.00
1015.00
1010.00
1005.00
1000.00
995.00
990.00
985.00
980.00
975.00
970.00
965.00
960.00
955.00
950.00
945.00
940.00
935.00
930.00
925.00
920.00
915.00
910.00
905.00
900.00
895.00
890.00
885.00
880.00
875.00
870.00
865.00
860.00
855.00
850.00
845.00
840.00
835.00
830.00
825.00
820.00
815.00
810.00
805.00
800.00
795.00
790.00
785.00
780.00
775.00
770.00
765.00
760.00
755.00
750.00
745.00
740.00
735.00
730.00
725.00
720.00
715.00
710.00
705.00
700.00
695.00
690.00
685.00
680.00
675.00
670.00
665.00
660.00
655.00
650.00
645.00
640.00
635.00
630.00
625.00
620.00
615.00
610.00
605.00
600.00
595.00
590.00
585.00
580.00
575.00
570.00
565.00
560.00
555.00
550.00
545.00
540.00
535.00
530.00
525.00
520.00
515.00
510.00
505.00
500.00
495.00
490.00
485.00
480.00
475.00
470.00
465.00
460.00
455.00
450.00
445.00
440.00
435.00
430.00
425.00
420.00
415.00
410.00
405.00
400.00
395.00
390.00
385.00
380.00
375.00
370.00
365.00
360.00
355.00
350.00
345.00
340.00
335.00
330.00
325.00
320.00
315.00
310.00
305.00
300.00
295.00
290.00
285.00
280.00
275.00
270.00
265.00
260.00
255.00
250.00
245.00
240.00
235.00
230.00
225.00
220.00
215.00
210.00
205.00
200.00
195.00
190.00
185.00
180.00
175.00
170.00
165.00
160.00
155.00
150.00
145.00
140.00
135.00
130.00
125.00
120.00
115.00
110.00
105.00
100.00
95.00
90.00
85.00
80.00
75.00
70.00
65.00
60.00
55.00
50.00
45.00
40.00
35.00
30.00
25.00
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00

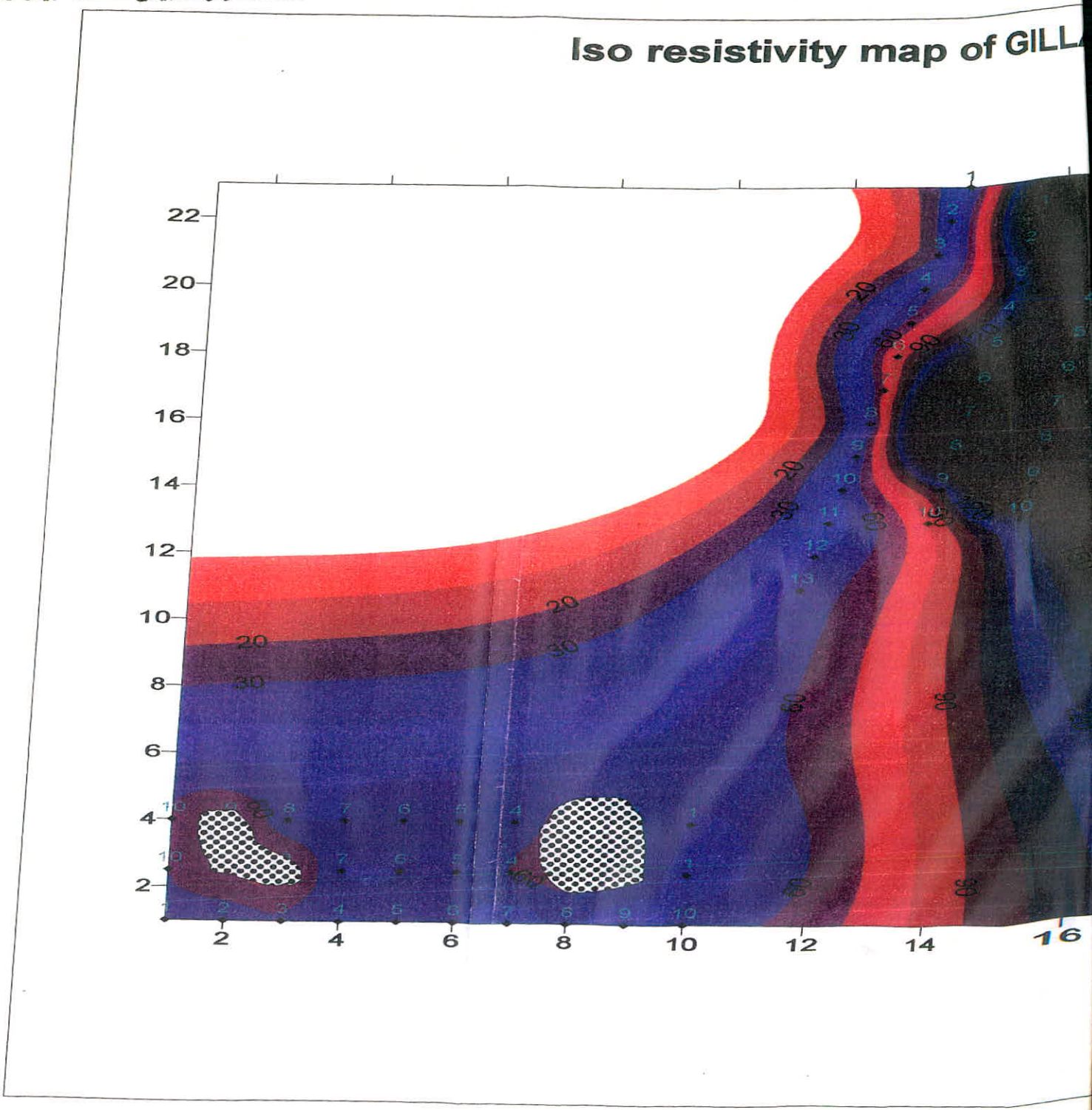

Iso resistivity map of GILLA
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
2
4
6
8
10
12
14
16
30
40
50
60
90
120

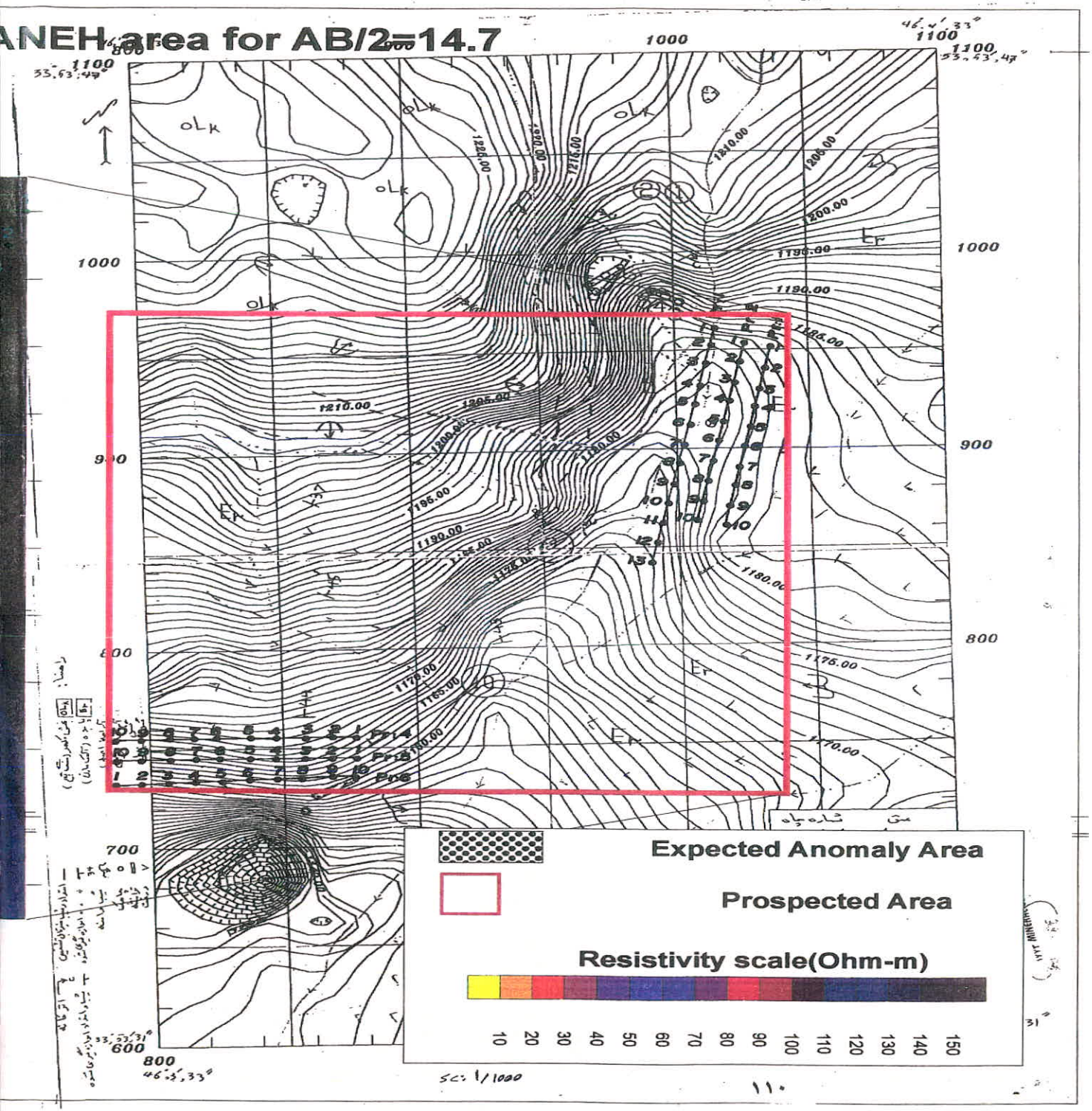
۶-۲-۳- شرح نقشه هم‌مقاومت الکتریکی ظاهری برای ۱۴/۷= $\frac{AB}{2}$ (عمق تقریبی ۷/۴ متر)

همانگونه که بر روی این نقشه دیده می‌شود به‌طور کلی مقاومت الکتریکی ظاهری در این عمق یک کاهش نسبی را نشان می‌دهد که این نکته در قسمت جنوبی محدوده مورد مطالعه محسوس است. در این عمق در قسمت شمالی محدوده گیلانه آنومالی خاصی از دیدگاه ژئوالکتریکی دیده نمی‌شود و به‌جزء تغییر یکنواخت مقاومت الکتریکی ظاهری و افزایش آن به‌سمت شرق نکته قابل توجهی در آن دیده نمی‌شود. در قسمت شمال شرقی محدوده گیلانه بر روی این نقشه زون مقاوم سنگی عقب‌نشینی کرده و در قسمت‌های میانی پروفیل ۲ یک زون کم مقاومت در آن نفوذ کرده است که نشانگر گسترش لایه‌های مارنی می‌باشد.

در قسمت جنوبی محدوده وجود آنومالی‌هائی مشخص است. در محل ابتدای پروفیل‌های ٤ و٥ یک آنومالی که در نقشه‌های قبلی نیز دیده می‌شد مشخص است. در این عمق از پراکندگی نسبی و حالت رگه‌های پراکنده آن کم شده است و آنومالی‌ها حالت منسجم‌تری به‌خود گرفته است.

در این عمق وجود یک آنومالی دیگر در قسمت انتهائی پروفیل‌های ٤ و ٥ محتمل است که با توجه به‌این که در عمق‌های کمتر و بیشتر این آنومالی قابل ردیابی نیست به‌نظر می‌رسد که حالت کاملا" محلی داشته باشد.


Iso resistivity map of GILL
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
2
4
6
8
10
12
14
16
20
30
60

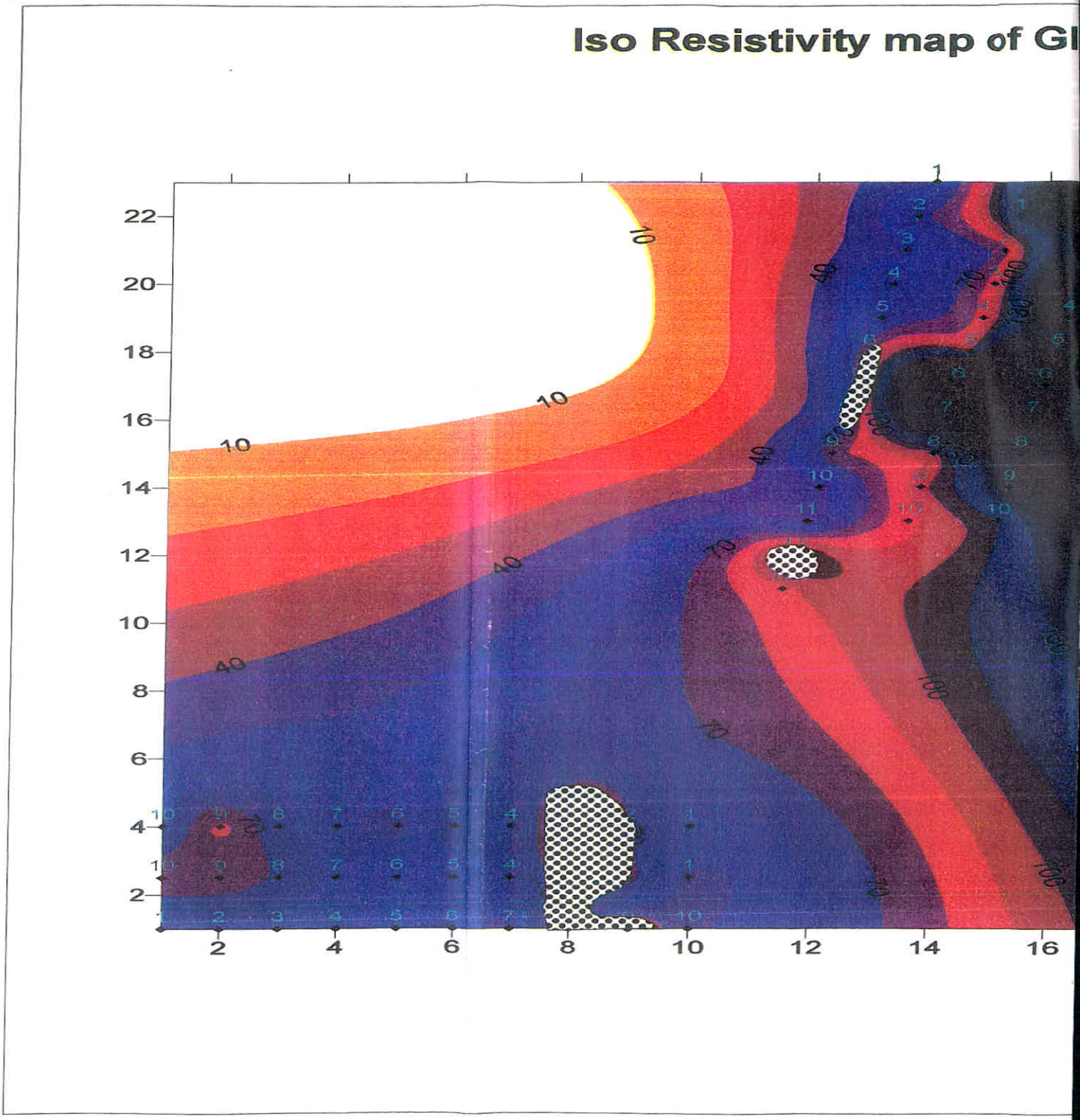

ANEH area for AB/2=14.7
Expected Anomaly Area
Prospected Area
Resistivity scale(Ohm-m)
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150
1000
1100
900
800
700
600
46°,4',33"
33°,43',47"
33°,63',47"
33°,22',31"

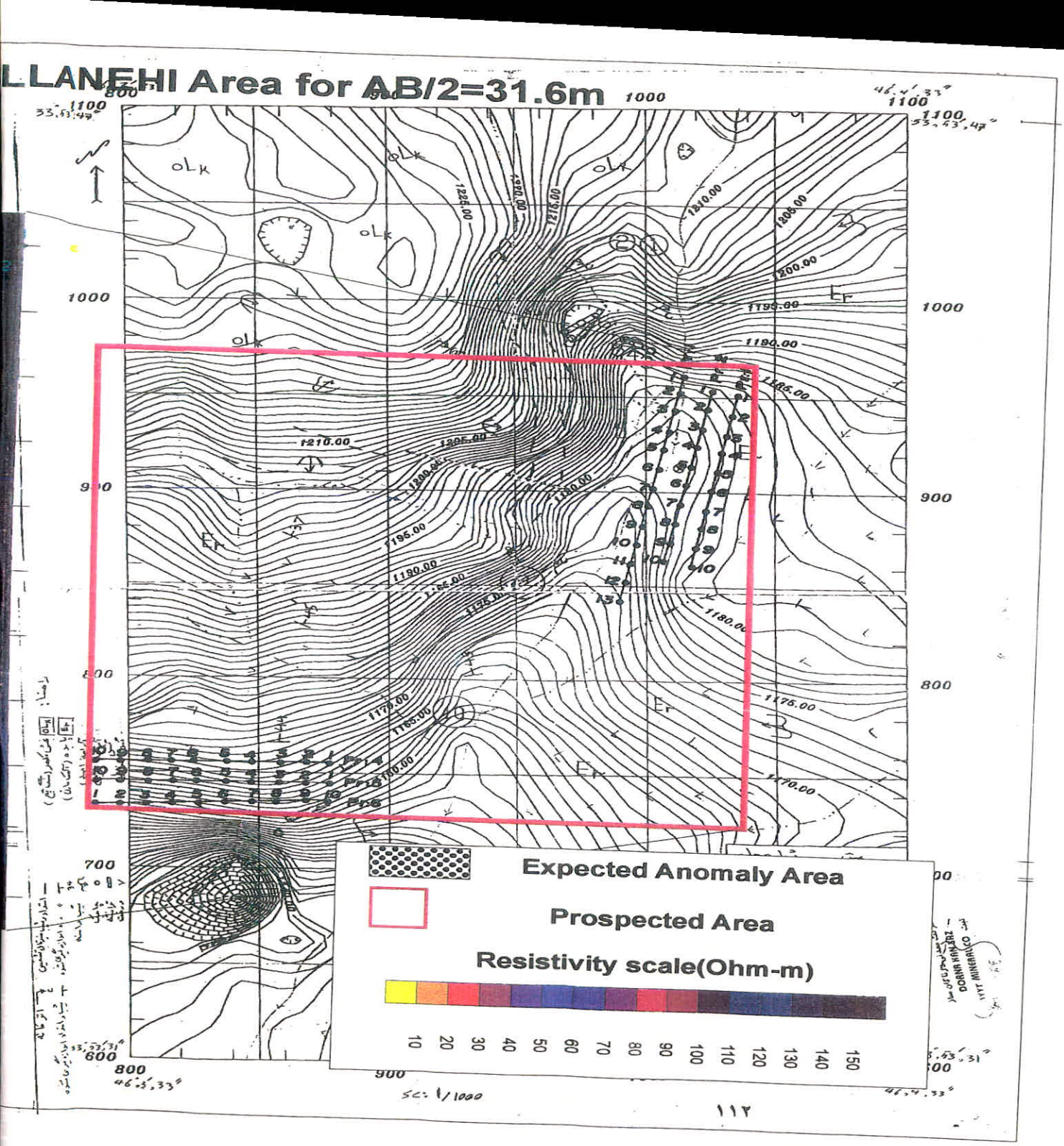
مهندسین مشاور تهران پادیر
Tehran Padir

۶-۲-۴- شرح نقشه هم‌مقاومت الکتریکی ظاهری برای ۳۱/۶= $\frac{AB}{2}$ (عمق تقریبی ۱۵/۸ متر)

برروی این نقشه زون سنگی شمال شرقی نقشه گسترش یافته و برخی زون‌های کم مقاومت در این محل دیده می‌شوند که نشان دهنده خردشدگی و وجود لایه‌های مارنی می‌باشد. در قسمت شمالی محدوده مورد مطالعه و در راستای آبراهه اصلی محدوده یک آنومالی رگه‌ای بر روی پروفیل یک در محل سونداژهای ٦ تا ٨ دیده می‌شود با توجه به‌شواهد وجود این آنومالی ممکن است به‌صورت رگه‌های پراکنده قابل ردیابی باشد همچنین در انتهای پروفیل نیز وجود یک آنومالی محلی در محل سونداژ ۱۲ احتمال حضور دارد.

در قسمت جنوبی محدوده مورد مطالعه نیز وجود یک زون آنومالی احتمالی با توجه به‌شواهد موجود قابل انتظار است که در محل سونداژهای ۲ و۳ پروفیل‌های ٤ و٥ و سونداژهای ۸ تا۱۰ پروفیل ٦ قابل مشاهده می‌باشد در اطراف این آنومالی‌ها وجود سنگ‌های دارای درز و شکاف و در برخی موارد لایه‌های کم مقاومت مارنی حضور دارند. در قسمت انتهای پروفیل‌های ٤ و٥ نیز یک زون دارای مقاومت الکتریکی ظاهری نسبتا" بالاتر از اطراف دیده می‌شود که البته با توجه به‌گسترش و محدوده مقاومت الکتریکی آن به‌نظر نمی‌رسد به‌آنومالی معدنی مرتبط باشد و به‌وجود یک زون سنگی و محلی مربوط است.

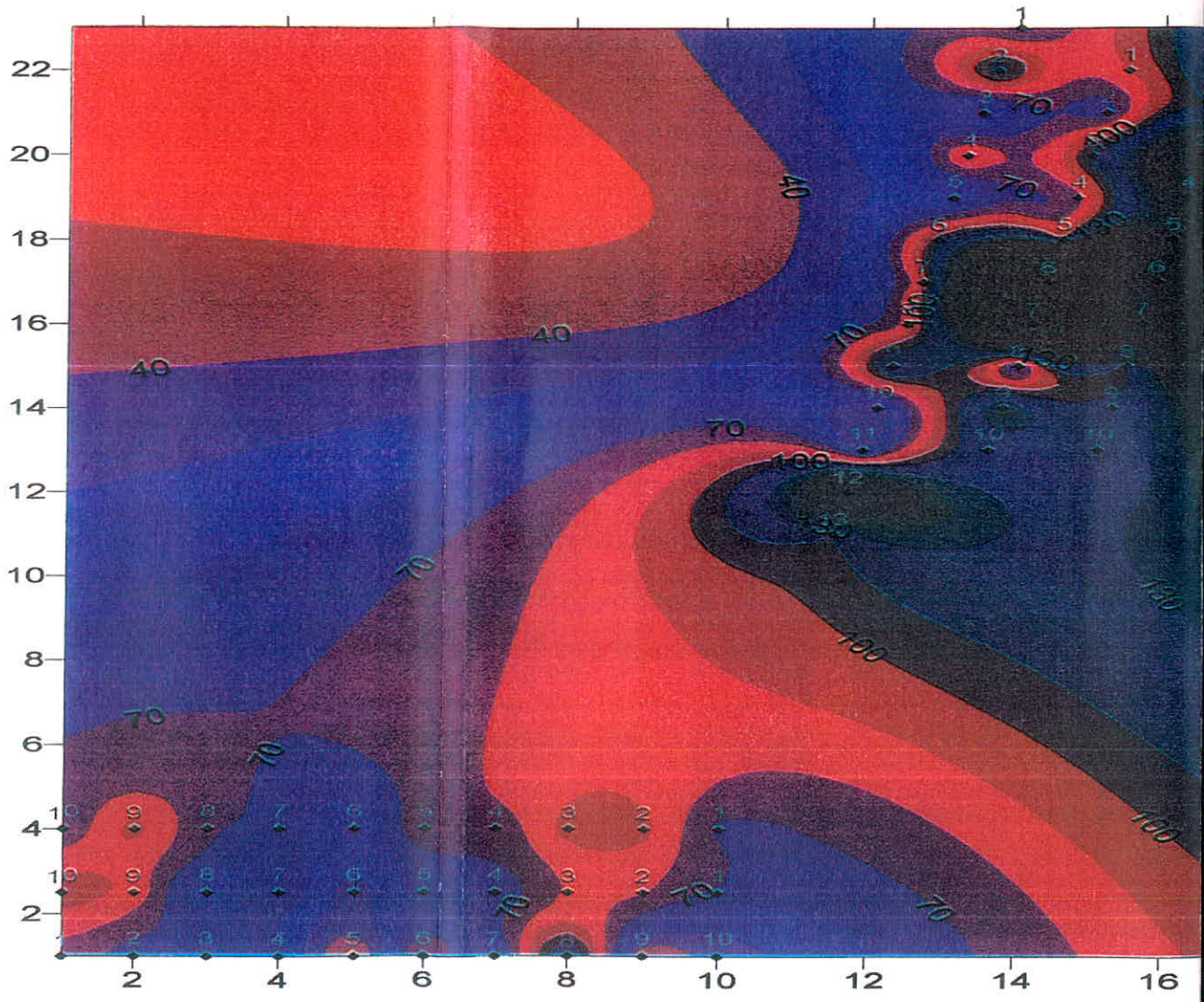

Iso Resistivity map of Gl
22
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
2
4
6
8
10
12
14
16
10
40
70
100

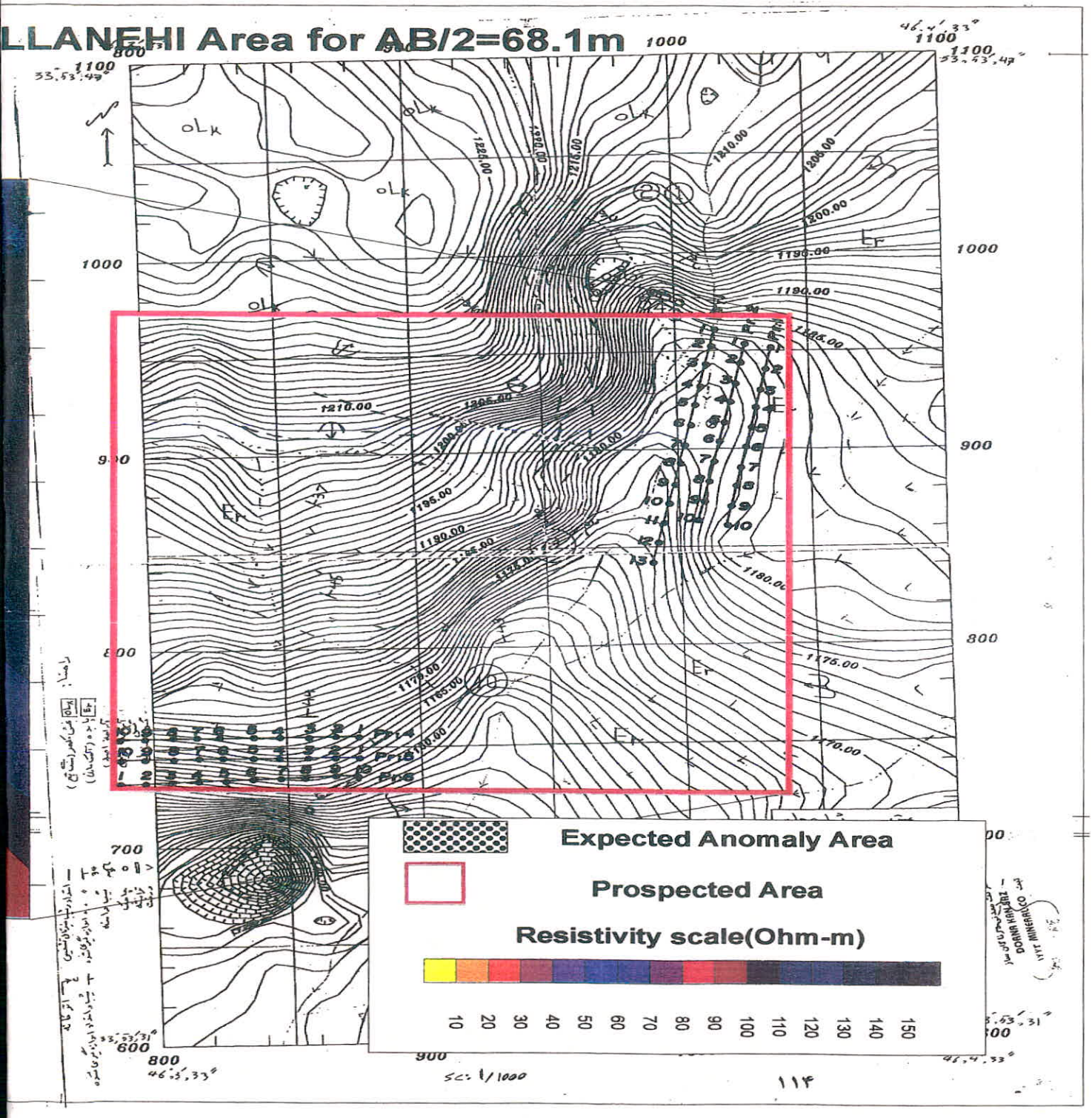

LLANEHI Area for AB/2=31.6m
Expected Anomaly Area
Prospected Area
Resistivity scale(Ohm-m)
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150

۶-۲-۵- شرح نقشه هم‌مقاومت الکتریکی ظاهری برای ۶۸/۱= $\frac{AB}{2}$ (عمق تقریبی ۳۴ متر)

بر روی این نقشه در قسمت شمالی محدوده ناهمگنی‌هایی در انتشار مقاومت الکتریکی ظاهری دیده می‌شود. با توجه به‌عمق نسبتا" بالای این برداشت‌ها بر روی این نقشه و قدرت تفکیک این روش (روش ژئوالکتریک) و به‌خصوص ضخامت رگه‌های ذغالی که محدود بوده و در حد یک تا حداکثر ۲ متر می‌باشد در عین حال بر روی این نقشه آنومالی خاصی مشاهده نشده است. در قسمت شمالی نقشه تناوب لایه‌های سنگی و همچنین مارنی و گچی قابل مشاهده می‌باشد. در قسمت جنوبی محدوده نیز آنومالی خاصی دیده نمی‌شود و فقط زون‌های کم مقاومت و پرمقاومت مربوط به‌تغییر لایه‌های سنگی و گسترش بیشتر شگستگی در برخی لایه‌ها و در نتیجه افت مقاومت الکتریکی در قسمت‌های میانی پروفیل‌های ٥،٤ و٦ قابل توجه می‌باشد.

Iso Resistivity map of Gl




LLANEHI Area for AB/2=68.1m
Expected Anomaly Area
Prospected Area
Resistivity scale(Ohm-m)
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150

۶-۲-۶- شرح نقشه هم‌مقاومت الکتریکی ظاهری برای ۱۰۰ = $\frac{AB}{2}$ (عمق تقریبی ۵۰ متر)

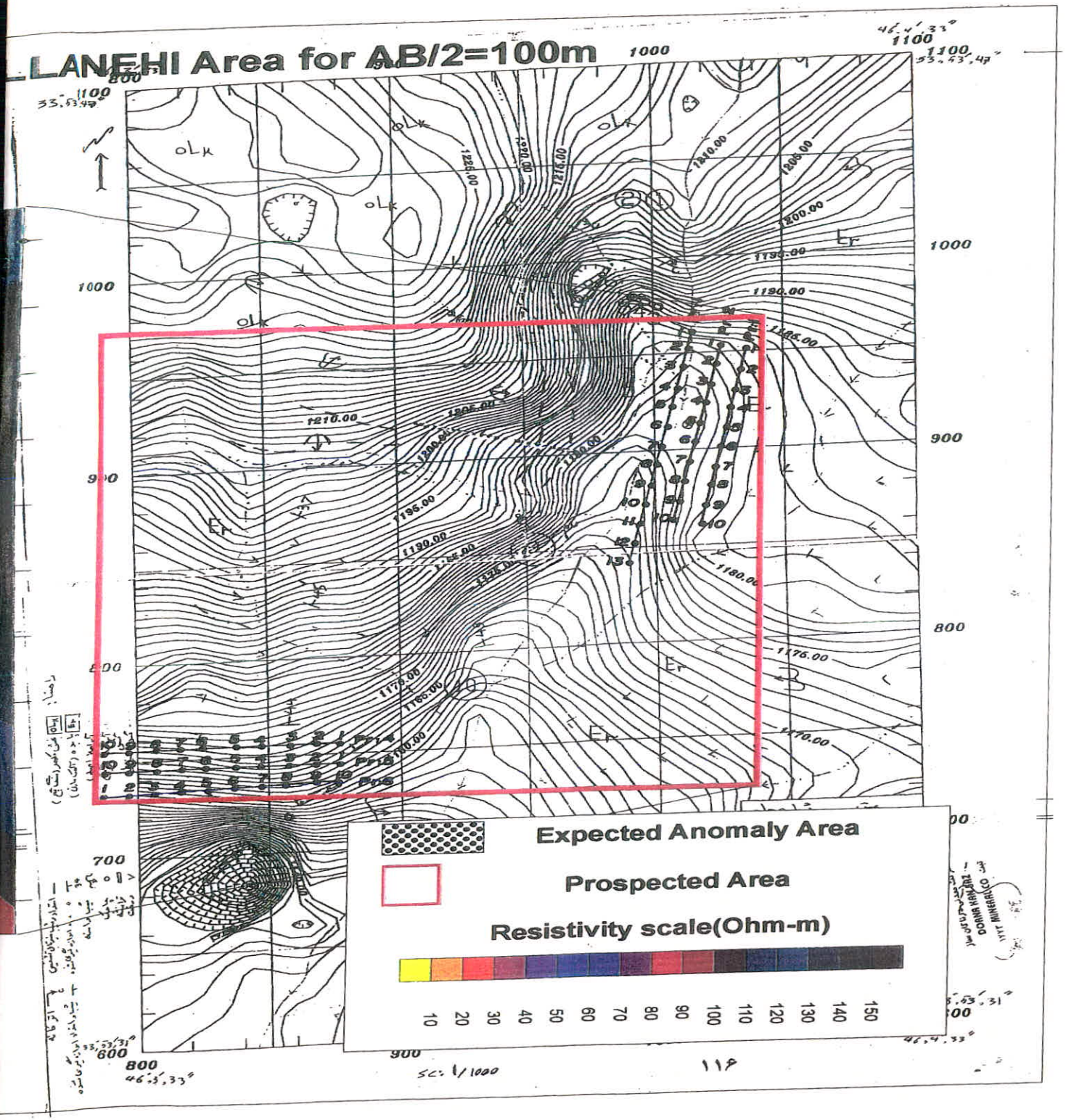
بر روی این نقشه که مربوط به‌عمق تقریبی ۵۰ متر است. در قسمت شمالی محدوده تناوب لایه‌های مختلف به‌صورت زون کم مقاومت و پر مقاومت مربوط به‌لایه‌های سنگ‌ها آهکی و مارنی مشاهده می‌شود و در قسمت جنوبی نیز گسترش زون‌های کم‌مقاومت کمتر شده و این نکته نشان‌دهنده افزایش کیفیت سنگ‌های آهکی از نظر گسترش شکستگی‌ها و همچنین وجود میان لا یه‌های گچی مقاوم می‌باشد. بر روی این نقشه آنومالی خاصی قابل ردیابی نمی‌باشد.

۶-۲-۷- نمائی سه بعدی گسترش مقاومت الکتریکی ظاهری در محدوده گیلانه

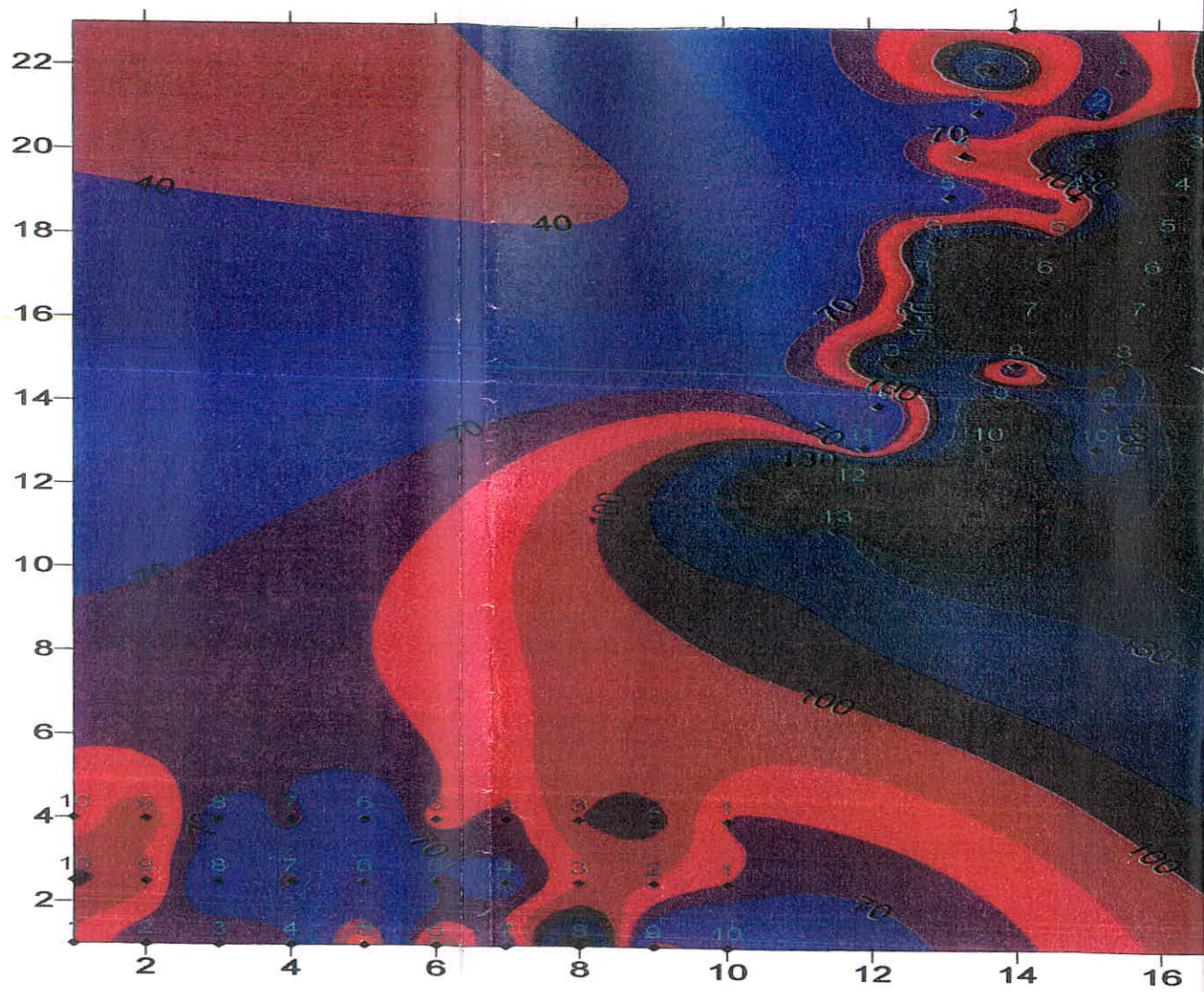
به‌منظور شناسائی الگوی کلی گسترش محلی آنومالی‌ها با روی هم قرار دادن نقشه‌های مربوط به‌عمق‌های نمای سه بعدی آنها به‌دست آمده است.

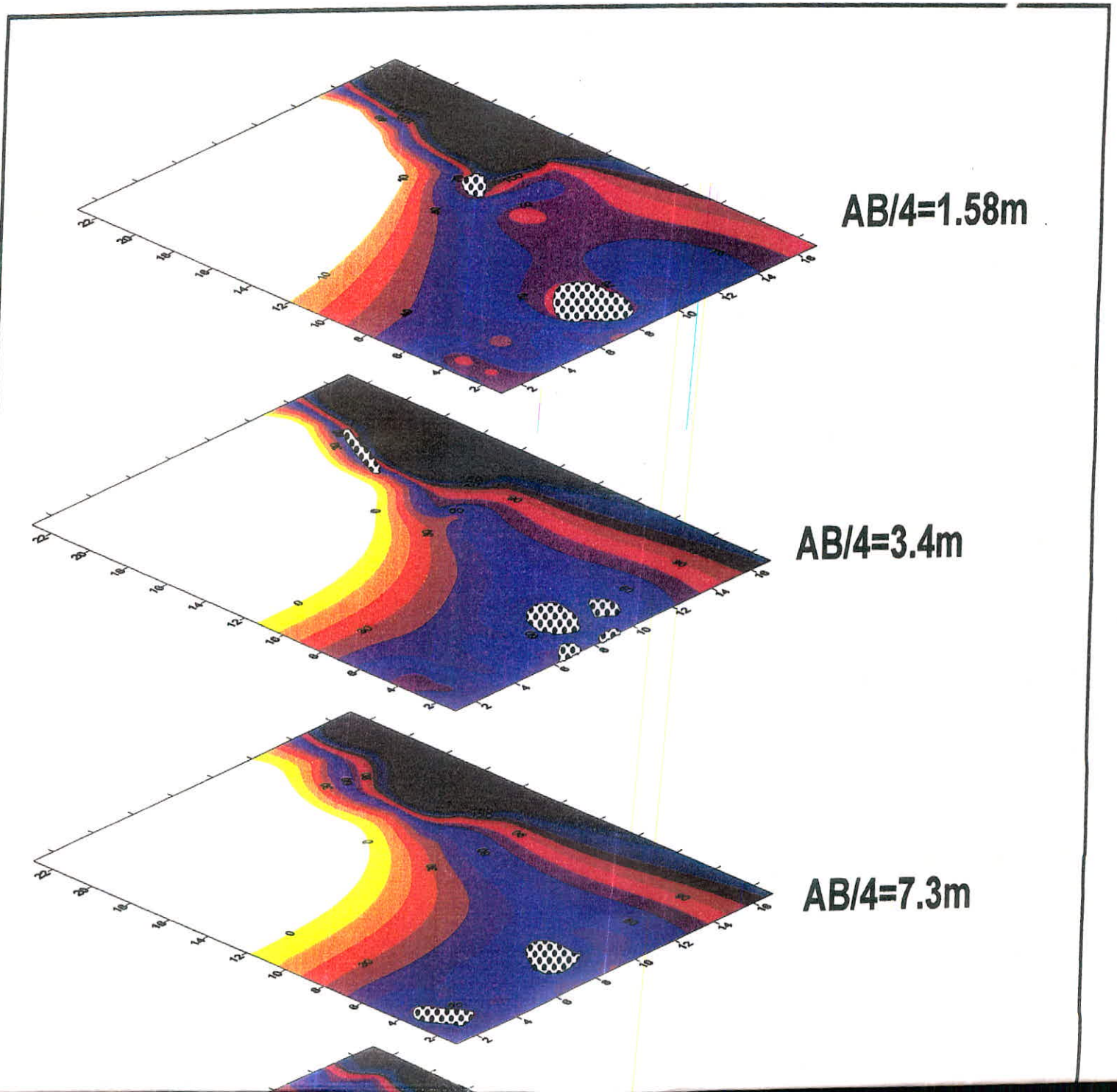
نکته قابل توجه برروی این شکل وجود آنومالی جنوبی محدوده است که در ابتدای پروفیل‌های ٤ و٥ و انتهای پروفیل ٦ قرار دارد و پیوستگی خاصی را نشان می‌دهد و تا عمق تقریبی ١٦ متر قابل ردیابی است.

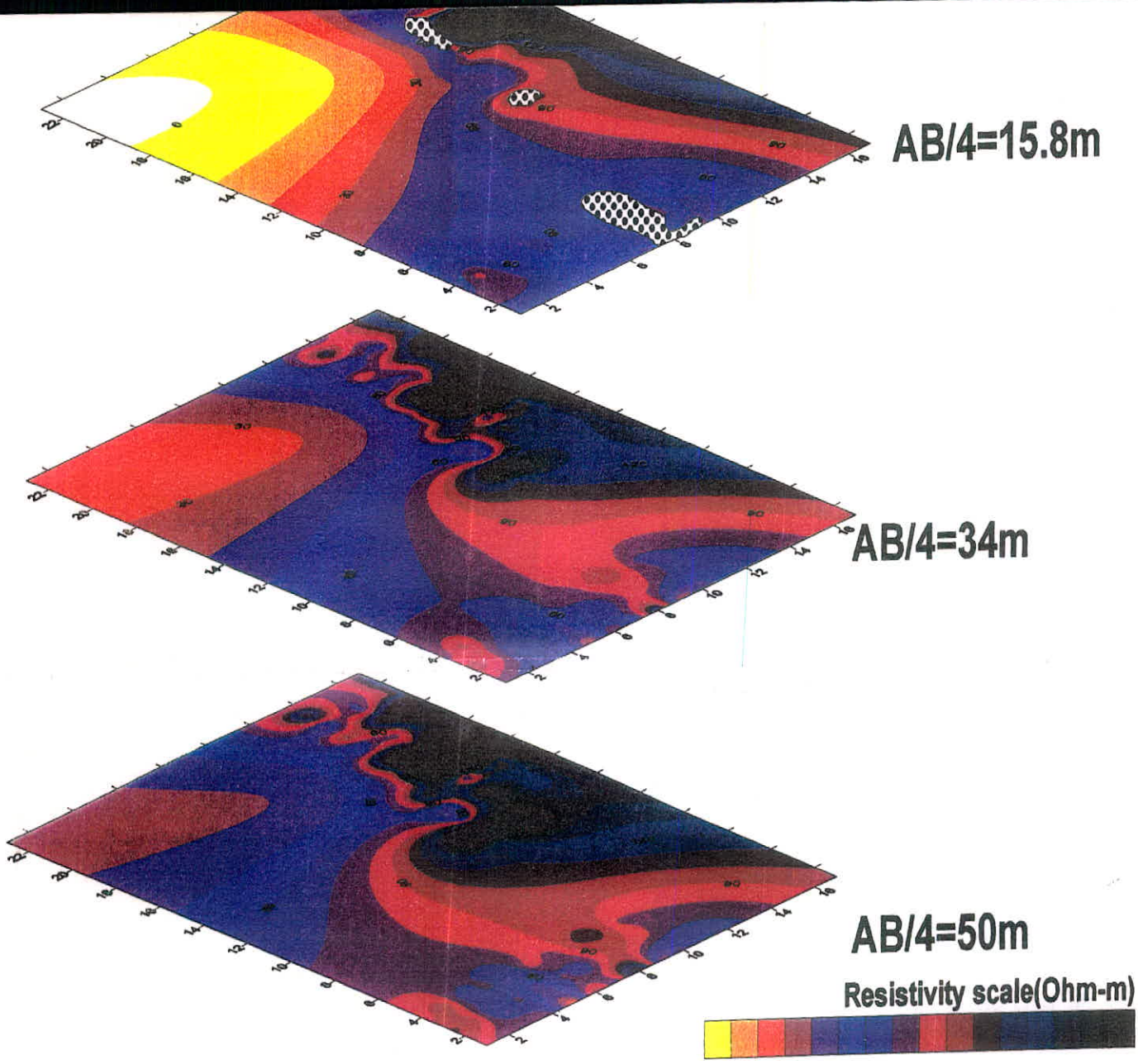
ولی آنومالی موجود در قسمت شمالی محدوده بر روی پروفیل یک از پیوستگی و گسترش کمتری برخوردار است و به‌نظر می‌رسد ضخامت کمتری نیز داشته باشد. لازم به‌ذکر است که آنومالی‌های ذکر شده در قسمت شمالی محدوده، جدا از آنومالی‌ها و توده‌های معدنی است که در حال حاضر در حال بهره‌برداری می‌باشد و در لایه‌های گچی قرار دارند.


LANEHI Area for AB/2=100m
Expected Anomaly Area
Prospected Area
Resistivity scale(Ohm-m)
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150
SC: 1/1000

Iso Resistivity map of GI




AB/4=1.58m
AB/4=3.4m
AB/4=7.3m

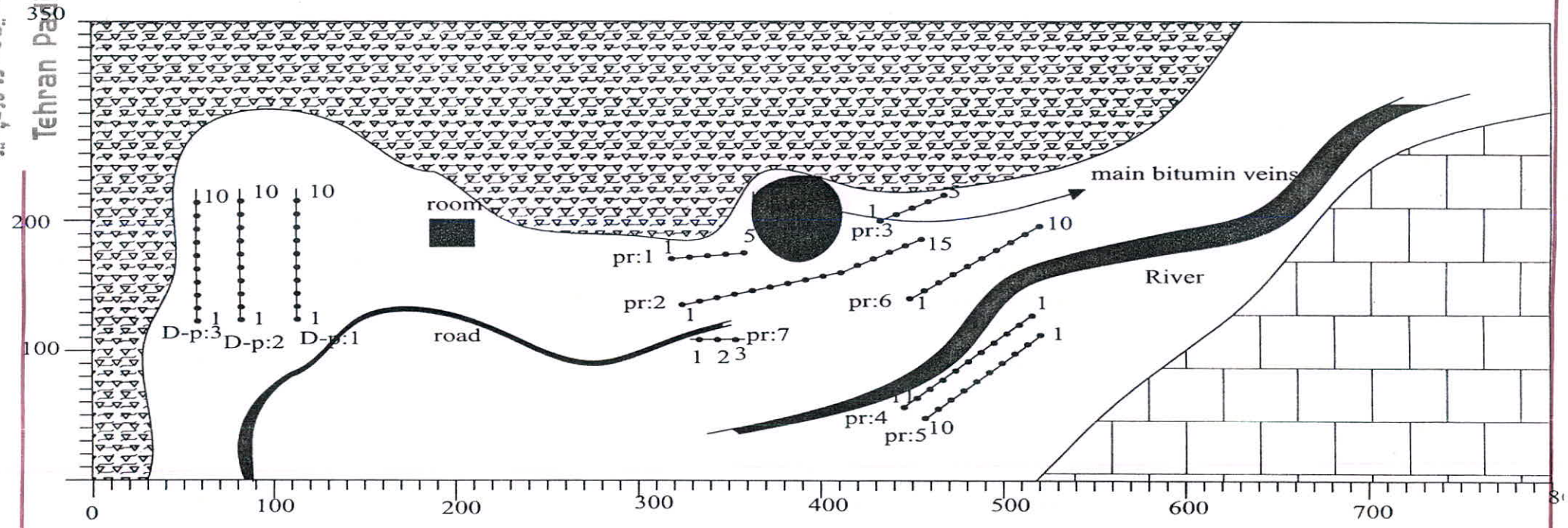


نمای سه بعدی تغییرات مقاومت الکتریکی ظاهری در محدوده گیلانه.

بخش هفتم : مطالعات ژئوالکتریکی محدوده ساندری – شورابه

این محدوده اغلب شامل لایه‌های گچی و مارنی می‌باشد که در برخی نقاط توسط زمین‌های کشاورزی پوشیده شده است. به‌علت در دسترس نبودن نقشه توپوگرافی محدوده، محل نقاط سونداژ بر روی نقشه شکل (۷- ٤٦) نشان داده شده است.

مهندسین مشاور تهران پادیر
Tehran Padir



شکل (۷-۴۶) : نقشه محل پروفیل‌های اجرا شده در محدوده ساندری – شورابه.

۷-۱- شرح شبه مقاطع و مقاطع ژئوالکتریکی محدوده ساندری

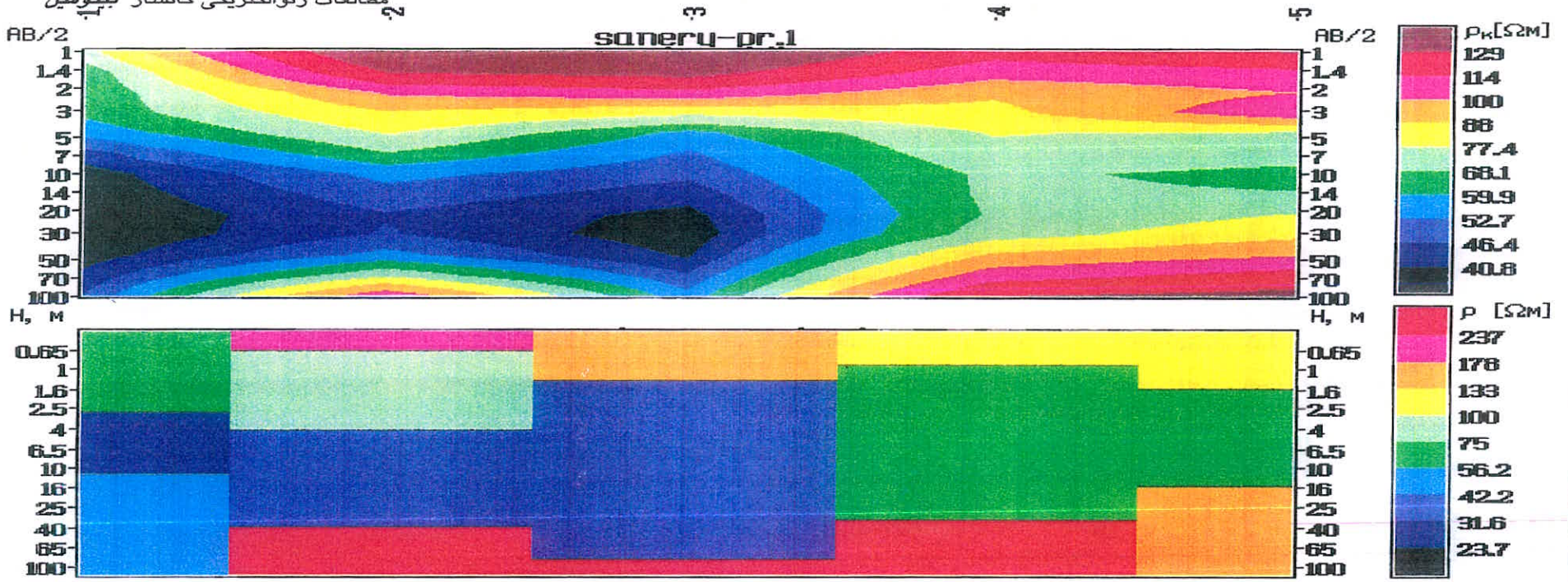
۷-۱-۱- شرح شبه مقطع و مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۱

این پروفیل شامل ۵ سونداژ الکتریکی بوده و در پای ارتفاعات تپه‌ای گچی اجرا شده است. بر روی این پروفیل مقاومت الکتریکی ظاهری بین کمتر از ٤٠ اهم متر تا بیش از ۱۳۰ اهم‌متر متغیر است. در نزدیکی سطح یک زون مقاوم دیده می‌شود و سپس یک زون دارای مقاومت کمتر در میانه قرار دارد به‌تدریج با افزایش عمق مقاومت الکتریکی ظاهری افزایش می‌یابد. گسترش زون کم مقاومت در محل سونداژهای ۱ تا۳ گستردگی بیشتری را دارا می‌باشد. بر روی مقطع ژئوالکتریکی این پروفیل به‌جزء محل سونداژ یک در بقیه نقاط وجود یک لایه گچی در عمق دیده می‌شود. همچنین لایه مقاوم سطحی نیز به‌وجود لایه‌های گچی و واریزه‌های آنها متعلق است. در میانه لایه مارنی کم مقاومت که مقاومت الکتریکی آن در حدود ۳۰ اهم‌متر است وجود دارد، شکل (۷-٤۷).

۷-۱-۲- شرح شبه مقطع و مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۲

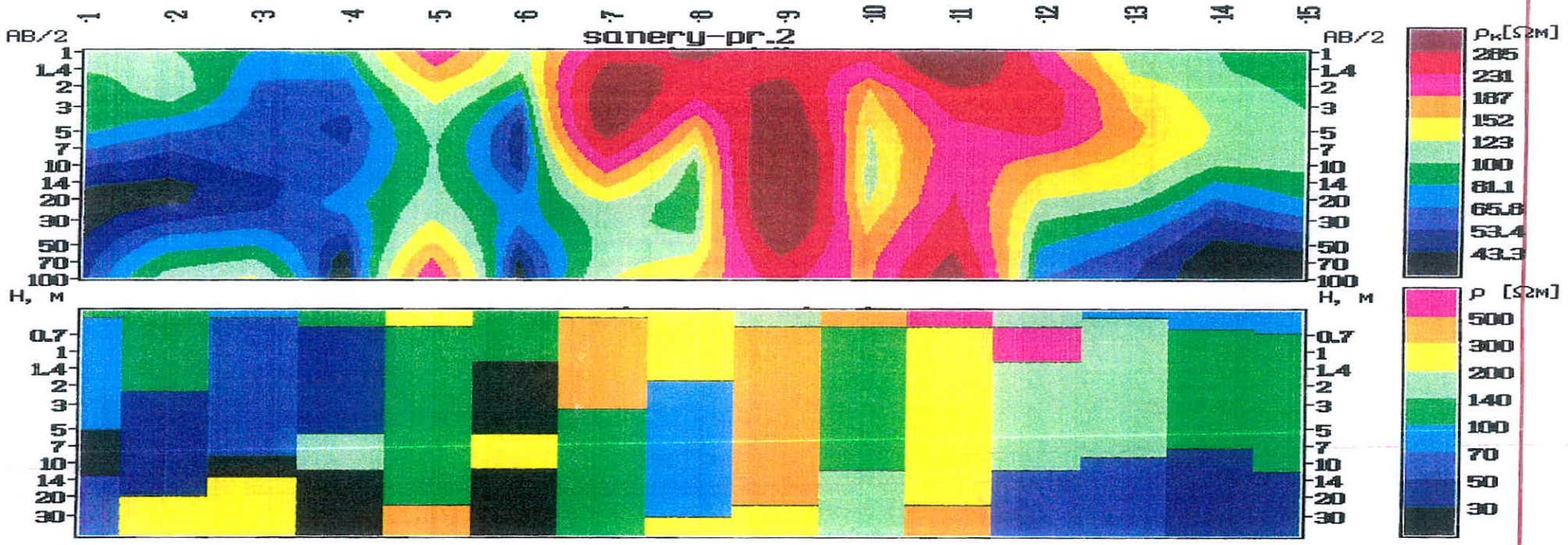
این پروفیل شامل ۱۵ سونداژ الکتریکی بوده و به‌موازات جاده خاکی داخلی محدوده ساندری اجرا شده است. بر روی این پروفیل زون‌های چندی که نشان‌دهنده تغییرات مقاومت الکتریکی ظاهری و مربوط به‌لیتولوژی‌های مختلف است دیده می‌شود در محل سونداژها ۱ تا٤ یک زون کم مقاومت که بیانگر وجود لایه‌های مارنی در همبری لایه‌های گچی است دیده می‌شود در میانه در محل سونداژهای ۷ تا ۱۱ یک زون دارای مقاومت الکتریکی ظاهری بالا دیده می‌شود که نشان دهنده لایه‌های گچی و میان لایه‌های مارنی است. همانگونه که در مقطع الکتریکی این پروفیل دیده می‌شود در محل سونداژهای ۱۰ تا ۱۲ وجود لایه‌های با مقاومت الکتریکی زیاد در حدود ۵۰۰ اهم‌متر دیده می‌شود که می‌تواند بیانگر وجود ذغال (بیتومین) باشد.

در انتهای پروفیل نیز وجود لایه‌های مارنی بیشتر دیده می‌شود و گسترش بیشتری دارند. مقاومت الکتریکی بر روی این پروفیل در زون‌های مختلف بین ۳۰ تا ۵۰۰ اهم‌متر متغیر است، شکل (۷-٤۸).



شکل (۷-۴۷) : شبه مقطع و مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۱ محدوده ساندری – شورابه.

مهندسین مشاور تهران پدیر
Tehran Padir



شکل (۷-۴۸) : شبه مقطع و مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۲ محدوده ساندری – شورابه.

۷-۱-۳- شرح شبه مقطع و مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۳

این پروفیل شامل ۵ سونداژ الکتریکی بوده و در قسمت انتهای محدوده اجرا شده است. همانگونه که دیده می‌شود مقاومت الکتریکی بر روی این پروفیل بین ۵۰ تا ۷۰۰ اهم‌متر متغیر است. وجود یک زون با مقاومت الکتریکی پائین‌تر در ابتدای پروفیل که نشان‌دهنده گسترش بیشتر لایه‌های دارای مارن است دیده می‌شود و در ادامه پروفیل در محل سوندا‌ژهای ۳ تا ۵ لایه‌های مقاوم گچی گسترش بیشتری دارند.

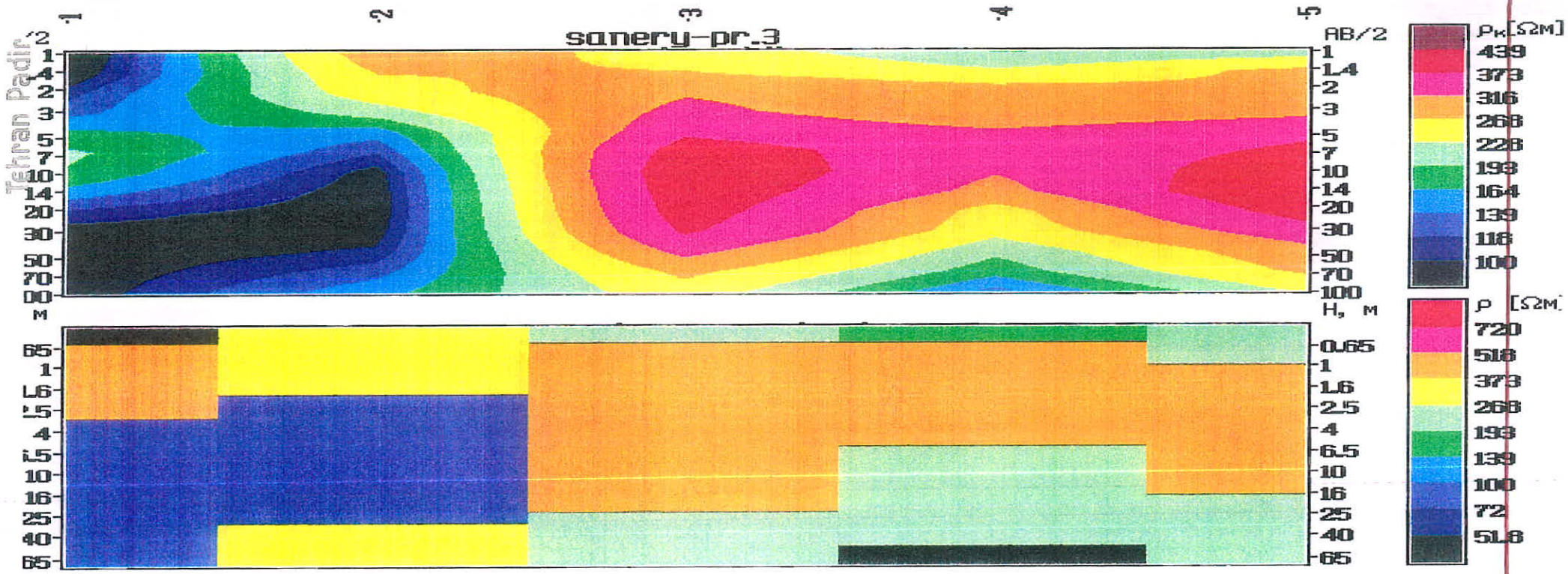
با توجه به‌مقاومت الکتریکی بالا و این نکته که در محدوده ساندری اکثر بیرونزدگی‌های ذغالی در کنار لایه‌های گچی قرار دارند. احتمال می‌رود که در محل سوندا‌ژهای ۳ تا ۵ حضور ذغال‌بیشتر باشد. همچنین در محل سونداژ ۱ در نزدیکی سطح یک زون با مقاومت الکتریکی بالا دیده می‌شود که نشان‌دهنده حضور یک لنز ذغالی است، شکل (۷-۴۹).

۷-۱-۴- شرح شبه مقطع و مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۴

این پروفیل شامل ۱۱ سونداژ بوده و در قسمت شرقی آبراهه اصلی محدوده اجرا شده است. در این پروفیل مقاومت الکتریکی ظاهری بین ۶۰ تا ۲۲۰ اهم‌متر متغیر است همانگونه که بر روی شبه مقاطع این پروفیل دیده می‌شود یک روند خاصی که نشان‌دهنده وجود یک زون مقاوم سطحی است و در زیر آن یک زون کم مقاومت وجود دارد بر روی کل پروفیل قابل ردیابی است. لایه مقاوم سطحی نشان‌دهنده وجود لایه خاک‌ها و آبرفت‌های مقاوم سطحی است و در زیر آن لایه‌هائی با محتوای ریزدانه بیشتر که نشان دهنده لایه‌های مارنی است دیده می‌شوند. وجود رگه‌هائی با مقاومت الکتریکی بالا بر روی مقطع الکتریکی در محل سوندا‌ژهای ۸،۷ و ۱۱ می‌تواند نشان‌دهنده وجود رگه‌ها و لنزهای ذغالی باشد. این رگه‌ها در محل سونداژ ۱۱ ضخامت بیشتری دارند که عمق تقریبی آنها در محل سوندا‌ژها ۷ و ۸ حدود ۱۰ متر است و در محل سونداژ ۱۱ دارای عمق کمتری می‌باشد، شکل (۷-۵۰).

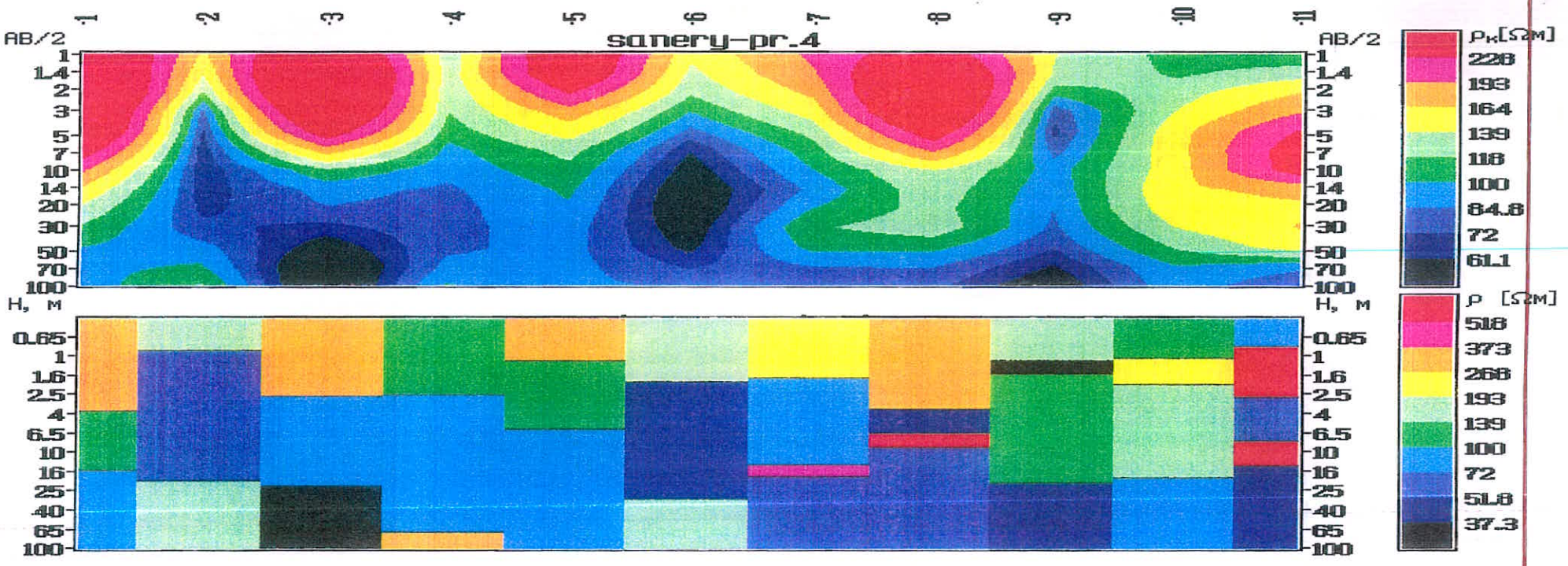
۷-۱-۵- شرح شبه مقطع و مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۵

این پروفیل شامل ۱۰ سونداژ بوده و به‌موازات پروفیل ٤ اجرا شده است. مقاومت الکتریکی ظاهری بر روی این پروفیل بین ٦۰ تا ۲۳۰ اهم‌متر متغیر است. روند کلی تغییرات مقاومت الکتریکی بر روی این پروفیل مشابه پروفیل چهار بوده به‌جزء این که یک زون کم مقاومت در محل سونداژ ۲ دیده می‌شود که بر روی این پروفیل گسترش بیشتری یافته است. وجود یک زون آنومالی با مقاومت الکتریکی بالا در محل سونداژ ۸ قابل ملاحظه است و همانگونه که بر روی مقطع الکتریکی این پروفیل دیده می‌شود نشان دهنده وجود یک لنز مقاوم است که احتمال حضور ذغال‌نیز در آن وجود دارد همچنین در محل سونداژ ۱۰ در عمق حدود ۲ تا ۳ متری نیز یک رگه مقاوم دیده می‌شود که می‌تواند با یک آنومالی ذغالی منطبق باشد، شکل (۷-۵۱).



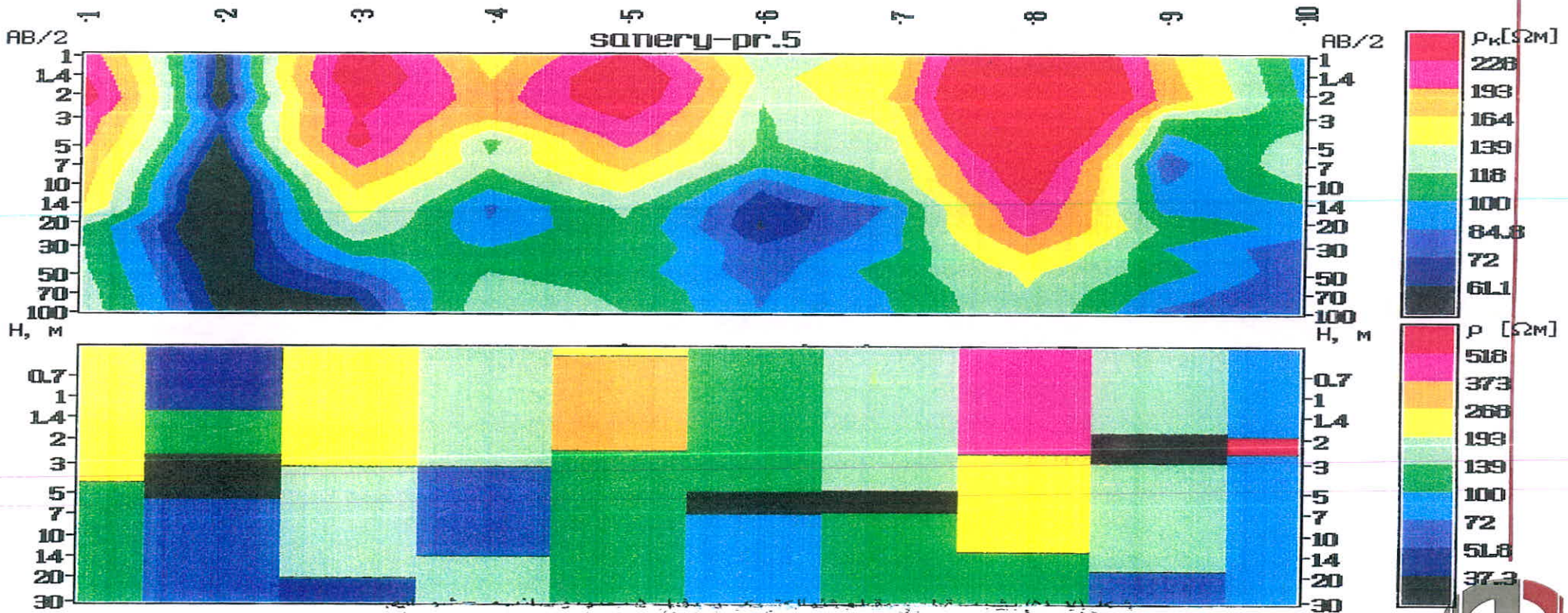
شکل (۷-۴۹) : شبه مقطع و مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۳ محدوده ساندری – شورابه.

مهندسین مشاور تهران پادیر
Tehran Padir



شکل (۷-۵۰) : شبه مقطع و مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۴ محدوده ساندری – شورابه.

مهندسین مشاور تهران پادیر
Tehran Padir



شکل (۷-۵۱) : شبه مقطع و مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۵ محدوده ساندری – شورابه.

۷-۱-۶- شرح شبه مقطع و مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۶

این پروفیل شامل ۱۰ سونداژ الکتریکی بوده و مقاومت الکتریکی ظاهری بر روی این پروفیل بین ٦٠ تا ٤٠٠ اهم‌متر متغیر است. همانگونه که دیده می‌شود روند تغییرات مقاومت الکتریکی از محل سونداژ ۷ تا ۱۰ تغییر یافته و از یک زون مقاوم گچی تبدیل به‌زون دارای مقاومت الکتریکی پائین و مارنی تبدیل شده است. همچنین در محل سونداژ یک نیز وجود زون دارای مقاومت الکتریکی پائین قابل مشاهده است.

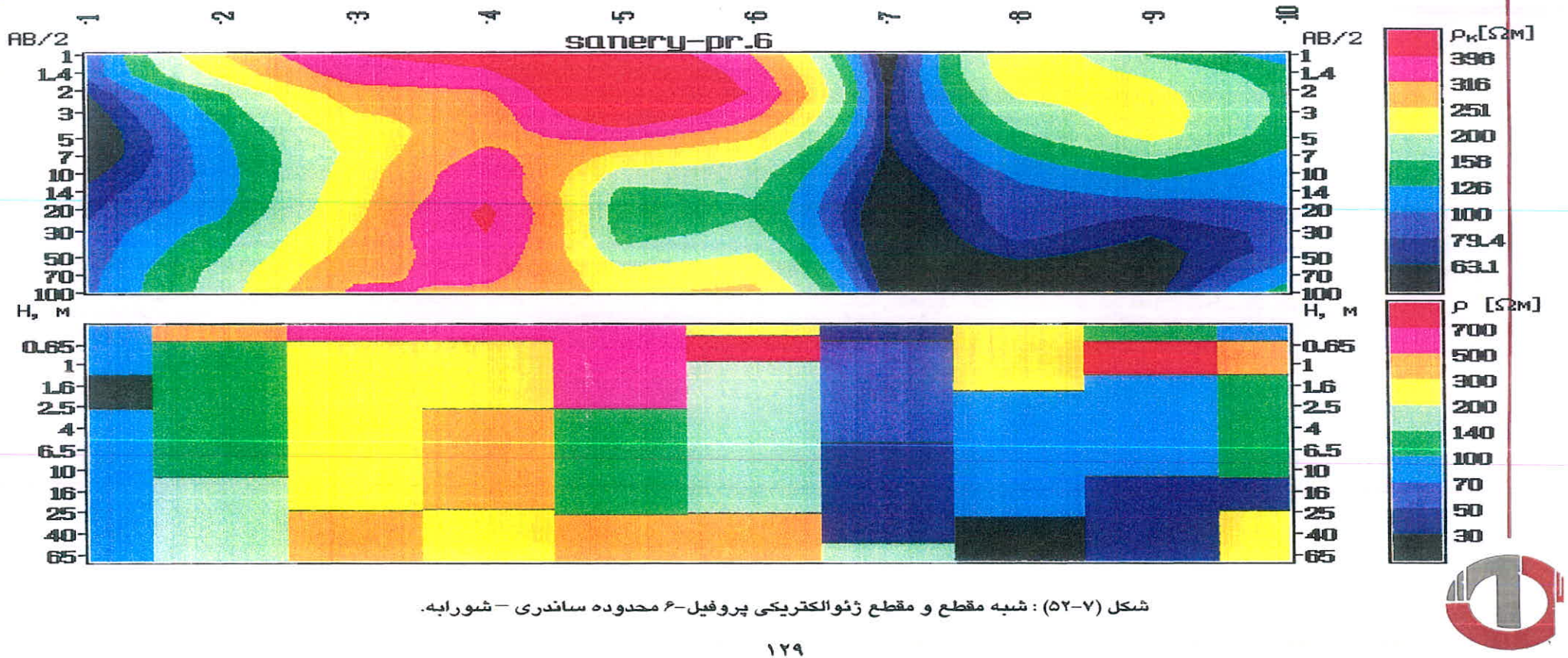
در محل سوندا‌ژهای ٤ تا ٦ زون دارای مقاومت الکتریکی بالا گسترش بیشتری دارد که نشان دهنده گسترش بیشتر لایه‌های گچی می‌باشد و احتمال حضور آنومالی‌های ذغالی در این لایه‌ها بیشتر می‌باشد. به‌خصوص در محل سونداژ ٦ وجود یک رگه با مقاومت الکتریکی بالا در نزدیکی سطح قابل ملاحظه است همچنین در محل سونداژ ۹ نیز یک روند مشابه دیده می‌شود که احتمالا" با حضور آنومالی ذغال‌مرتبط است، شکل (۷-۵۲).

۷-۱-۷- شرح شبه مقطع و مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۷

این پروفیل شامل ۳ سونداژ بوده و در نزدیکی جاده ورودی محدوده اجرا شده است. مقاومت الکتریکی بر روی این پروفیل در قالب سه زون تفکیک شده است که نشان‌دهنده وجود یک زون کم مقاوم سطحی و یک زون مقاوم میانی و سپس یک زون کم مقاومت در عمق می‌باشد، شکل (۷-۵۳).

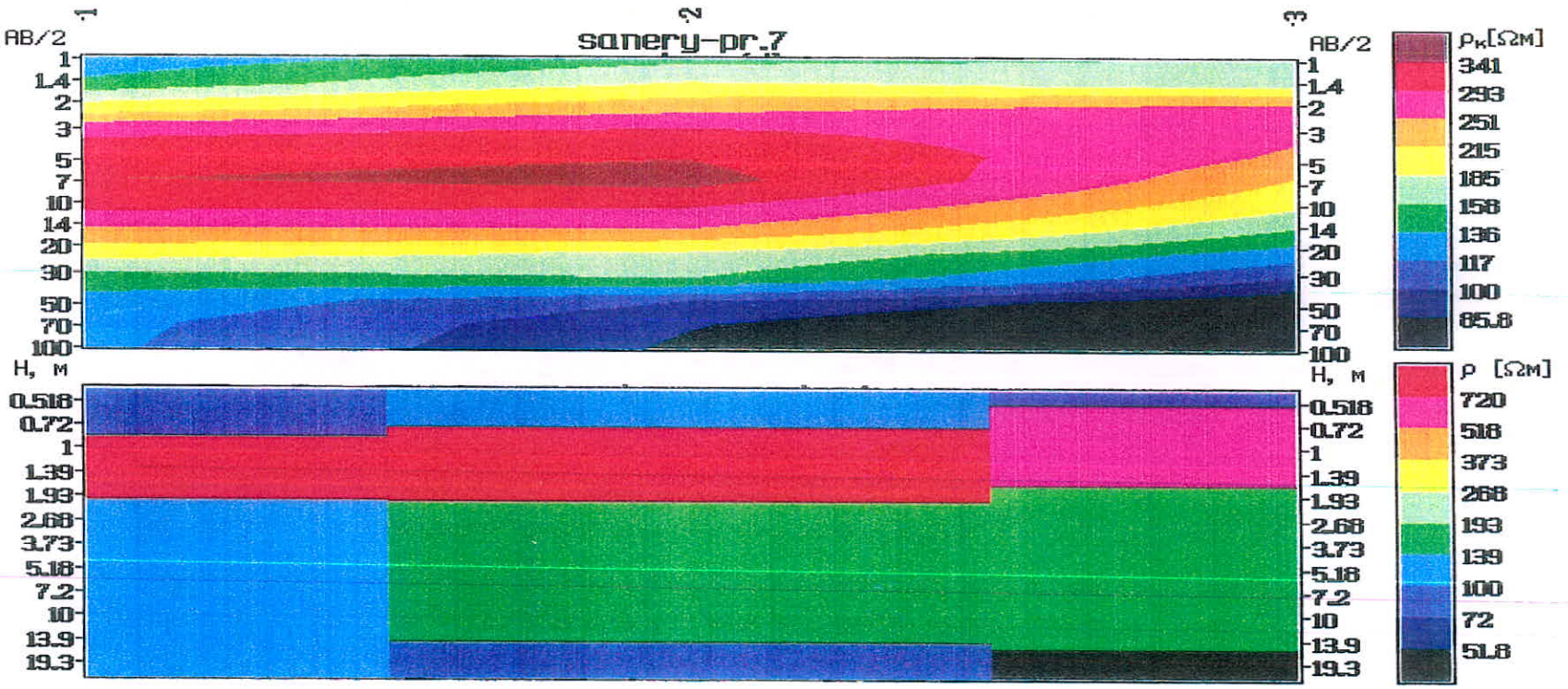
مقاومت الکتریکی ظاهری بر روی این پروفیل بین ۹۰ تا ۳٤۰ اهم‌متر است و. بر روی مقطع ژئوالکتریکی وجود یک لایه سطحی از جنس خاک‌های سطحی کشاورزی است که در زیر آن یک لایه از جنس گچ دیده می‌شود. این لایه دارای ضخامت کمی نیز می‌باشد و در عمیق مجددا" مقاومت الکتریکی کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده افزایش درصد ذرات ریزدانه در آبرفت‌ها و واریزه‌ها می‌باشد.

مهندسین مشاور تهران پادیر
Tehran Padir



شکل (۷-۵۲) : شبه مقطع و مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۶ محدوده ساندری – شورابه.

Tehran Padir



شکل (۷-۵۳) : شبه مقطع و مقطع ژئوالکتریکی پروفیل-۷ محدوده ساندری – شورابه.

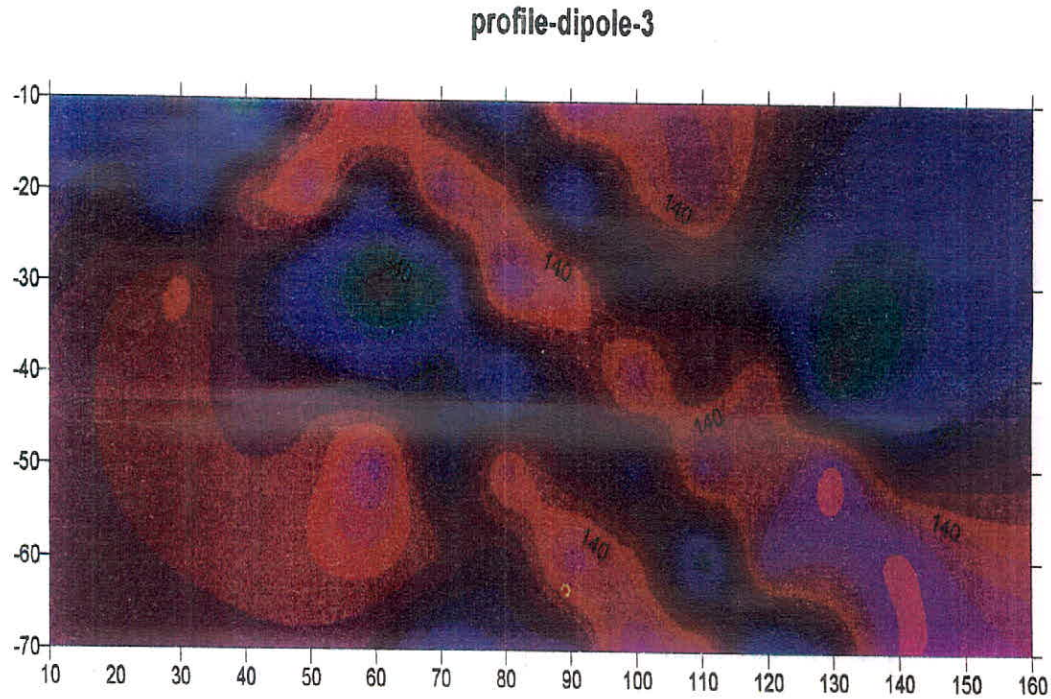
۷-۲- پروفیل‌های دوقطبی - دوقطبی

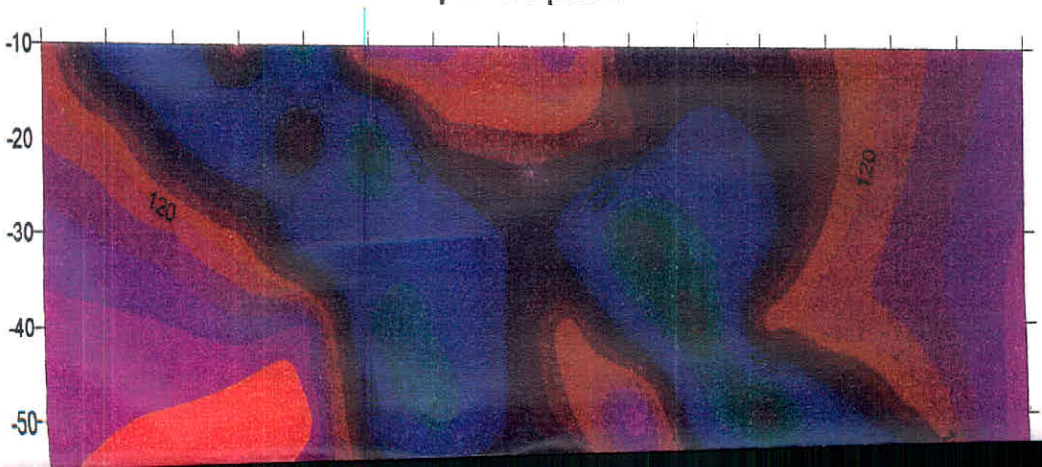
به‌منظور بررسی امکان اجرای روش دو قطبی- دوقطبی و ارائه شرایط زیر سطحی، سه پروفیل به‌این روش در محدوده ساندری و در ضلع غربی محدوده اجرا شده‌اند.

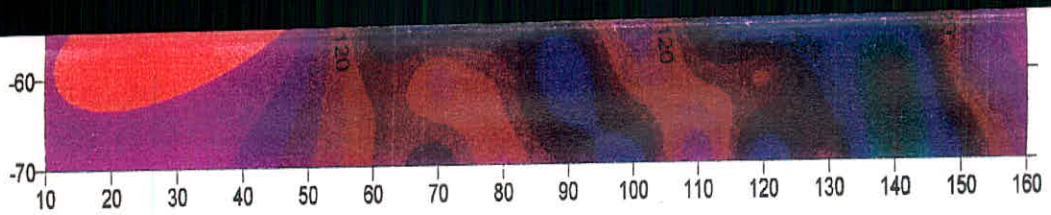
همانگونه که بر روی این پروفیل‌ها دیده می‌شود مقاومت الکتریکی بر روی این پروفیل‌ها متغیر بوده و حضور لایه‌های با مقاومت بالا و پائین در کنار یکدیگر مشاهده می‌شوند بر روی این پروفیل‌ها با توجه به‌شرایط زمین‌شناسی صحرائی محدوده که اغلب شامل لایه‌های گچی و مارنی سازند گچساران است، زون‌ها با مقاومت الکتریکی بالا اغلب نشان‌دهنده لایه‌های با محتوای گچی بیشتر است و لایه‌های کم مقاومت‌تر نشان‌دهنده لایه‌های مارنی می‌باشند.

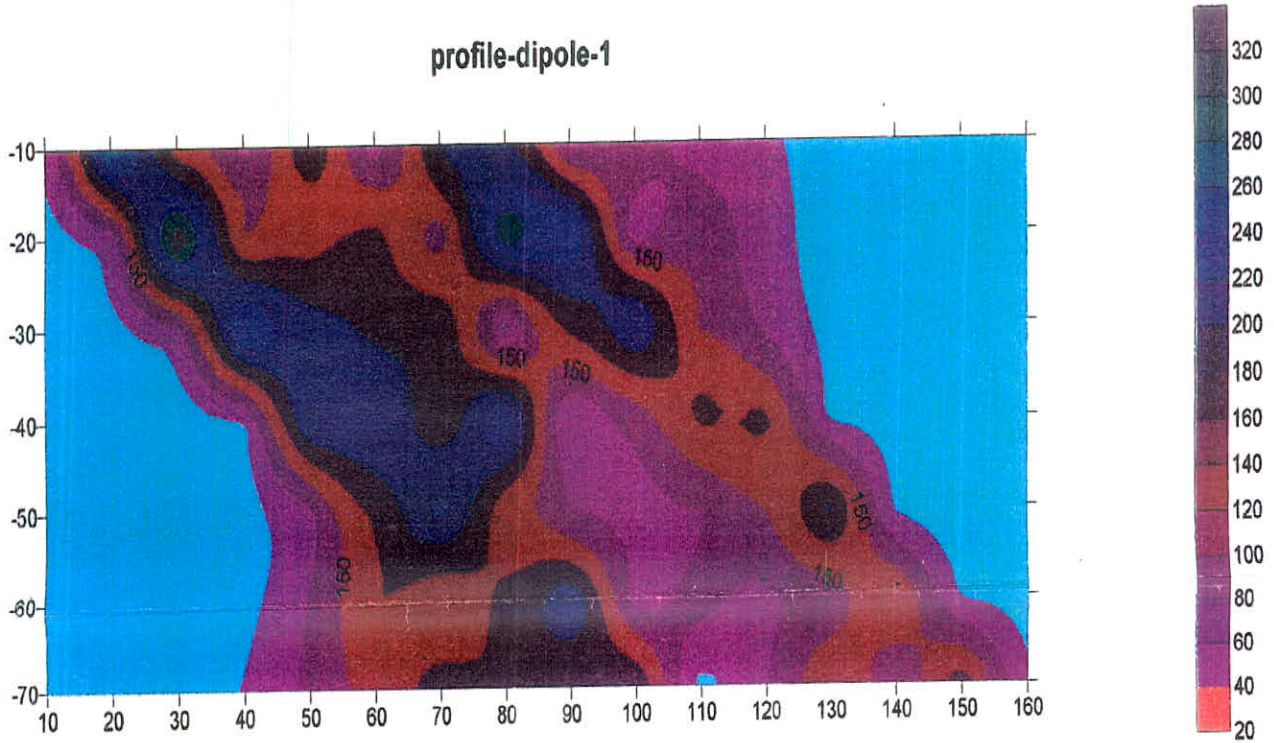
بر روی پروفیل‌های ۱ و۲ تفکیک لایه‌ها گچی و مارنی بهتر صورت می گیرد و بر روی پروفیل ۳ این تفکیک کمتر بوده و حالت یکنواخت‌تری دارد.

بر روی این پروفیل‌ها آنومالی خاصی که نشان‌دهنده حضور ذغال‌سنگ باشد دیده نمی‌شود و تعیین چنین آنومالی‌هائی با این روش نیازمند تمرکز بیشتر بر روی این روش می‌باشد که می‌بایست با مطالعه گسترده تر قبل از اجرای عملیات ژئوالکتریک در مورد محل اجرای این پروفیل‌ها و هماهنگی آنها با پروفیل‌های شولومبرژه اقدام نمود، شکل (صفحه بعد).


profile-dipole-3
-10
-20
-30
-40
-50
-60
-70
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
140
140
140
140
140


profile-dipole-2
-10
-20
-30
-40
-50
120
120





مقاطع مربوط به پروفیل های دوقطبی- دوقطبی.

نتایج

- بر روی نقشه‌های هم مقاومت ویژه الکتریکی تهیه شده در متن گزراش محدوده‌هائی که احتمال حضور آنومالی ذغال‌دارند مشخص شده و تحت عنوان محدوده آنومالی قابل انتظار Expected Anomaly area نامگذاری شده‌اند. لازم به‌ذکر است که این محدوده‌ها با توجه به‌مطالعات ژئوالکتریک تعیین شده‌اند و برای هر گونه تصمیم‌گیری بعدی در مورد این آنومالی‌ها می‌بایست محدودیت‌های روش‌های ژئوفیزیکی (ژئوالکتریک) مورد توجه قرار گیرند.
- به‌منظور ارائه راهکار مناسب انجام مطالعات ژئوالکتریکی برای اکتشاف بیتومین و به‌منظور استفاده بهینه از این روش مراحل زیر به‌عنوان روش انجام مطالعات پیشنهاد می‌شود.

الف- در اولین مرحله انجام مطالعات زمین‌شناسی کلی و استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی موجود و تعیین یک سری محل‌ها برای انجام مراحل بعدی.

ب- پس از مطالعات اولیه زمین‌شناسی و بررسی نقشه‌ها موجود، انجام بازدیدها و پیمایش‌های صحرائی و انطباق نقشه‌های توپوگرافی می‌بایست انجام شود.

ج- پس از طی مراحل فوق می‌بایست بر روی نقشه‌های توپوگرافی محل دقیق محدوده‌های مورد مطالعه مشخص شود سپس با توجه به‌کارائی هر یک از روش‌ها پروفیل‌های مربوطه تعیین محل شود. فاصله بهینه برای نقاط برداشت ۵ متر پیشنهاد می‌شود.

- به‌علت وجود محدودیت‌ها در اجرای عملیات ژئوالکتریک در محدوده ساندری و در نتیجه پراکندگی پروفیل‌ها و شرایط خاص توپوگرافی منطقه که ناشی از وجود آبراهه‌های عمیق تپه‌های گچی بلند می‌باشد امکان تهیه نقشه هم‌مقاومت ویژه وجود نداشته است.

با توجه به‌تعبیر و تفسیرهای انجام شده و شرح پروفیل‌های مربوطه در این نوشتار موارد زیر قابل تأمل می‌باشند.

مهندسین مشاور تهران پادیر
Tehran Padir

- با توجه به‌تغییرات زیاد مقاومت الکتریکی زغال‌سنگ و با توجه به‌تغییرات کیفیت و شدت زغال‌سنگ شدگی آن، تشخیص و تفکیک آنومالی‌های زغال‌سنگ در هر منطقه خاص متفاوت است. با توجه به‌مطالعات انجام شده در ۳ محدوده معدنی (سیاهگل، گیلانه و ساندری) می‌توان گفت که مقادیر مقاومت ویژه مربوط به‌آنومالی‌ها و پتانسیل‌های زغال‌سنگی در محدوده گیلانه پائین‌تر از دو محدوده سیاهگل و ساندری می‌باشد که این خود می‌تواند به‌علت مخلوط شدن و حضور ذرات و قطعات خارجی بیشتر در زغال‌های این معدن باشد.
- به‌نظر می‌رسد که کیفیت زغال‌سنگ در محدوده معدن سیاهگل، با توجه به‌مقاومت ویژه بالاتر آن، بهتر باشد.
- تشخیص و تفکیک لایه‌ها و رگه‌های زغال‌سنگی، با توجه به‌ضخامت کم آنها و همچنین گسترش جانبی کم، با روش ژئوالکتریک با فواصل برداشت زیاد دشوار است.
- حضور سنگ‌های گچی به‌دلیل شرایط خاص و مقاومت ویژه بالا، که بعضا" در حد مقاومت ویژه سنگ است، تشخیص و تفکیک لایه‌ها و رگه‌های زغالی را با دشواری همراه می‌سازد و به‌نظر می‌رسد که در مناطقی که احتمال می‌رود رگه‌ها در لایه‌های کم مقاومت‌تر و یا آبرفتی حضور دارند، امکان تشخیص بیشتری وجود دارد.
- با توجه به‌این که ضخامت اغلب رگه‌ها و لایه‌های زغالی در حد ۲ تا ۳ متر می‌باشد استفاده از نقاط برداشت با فواصل زیاد دقت مطالعات را پائین آورده و امکان تفکیک را کم می‌کند.
- به‌نظر می‌رسد که با طراحی شبکه برداشت فشرده‌تر (فاصله نقاط حدود ۵ متر) و مطالعات قبلی زمین‌شناسی و صحرائی قبل از انتخاب محل اجرای مطالعات بتوان نتایج بهتری را به‌دست آورد.

مهندسین مشاور تهران پادیر
Tehran Padir

- با توجه به‌مطالعات ژئوالکتریکی انجام شده و شواهد صحرائی محدوده تغییرات مقاومت الکتریکی لایه‌های مختلف در جدول زیرآورده شده است. لازم به‌ذکر است که تغییرات مقاومت الکتریکی ذغال‌سنگ به‌خاطر وجود عدم ناخالصی‌های مارنی و گچی می‌باشد. به‌طوری که هر چه ناخالصی کمتر باشد مقاومت الکتریکی بیشتر است.

جنس	مقاومت الکتریکی (اهم‌متر)
مارن و رس	۱۵-۶۰
واریزه های سنگی	۶۰-۱۵۰
سنگ آهک	۳۰۰-۵۰۰
سنگ گچ	۲۰۰-۷۰۰
ذغال‌سنگ (بیتومین)	۲۰۰-۱۰۰۰

مهندسین مشاور توان پادیر
Tehran Padir

منابع

۱- رضوی ارمغانی، میر بهزاد؛ ذغال‌سنگ ایران.

۲- درویش‌زاده، علی؛ زمین‌شناسی ایران.

۳- کلاگری، علی اصغر، اصول اکتشافات ژئوفیزیکی.

٤- تلفورد و دیگران، ژئوفیزیک کاربردی- ترجمه حاجب حسینیه؛ حسن و زمردیان، حسین.

مهندسین مشاور تهران پادیر
Tehran Padir

REFERENCES

Geophysical Exploration for Engineering and Environmental Investigations, U.S. Army Corps of Engineers, Engineer Manual, *EM IIID -1-1802*, 1995.

IEEE (1983), *Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance and Earth Surface Potentials of Ground System.*

KAROUS, M. & PERNU, T.K. (1985) : "Combined Sounding Profiling & Resistivity Measurements with the Three-Electrode Arrays", ***GEOPHYSICAL PROSPECTING***, **33**, pp. 447-459.

MILSON, J, (1989) : ***FIELD GEOPHYSICS***, *Geophysical Society of London*, Hand Book.

SCHULZ, R., & TEZKAN, B. (1988) : "Interpretation of Resistivity Measurements over 2D-Structures", ***GEOPHYSICAL PROSPECTING***, **36**. pp. 962-975.

VAN NOSTRAND & COOK (1967) : *Interpretation of Resistivity Data*, USGS.

ZOHDY, A.A.R. (1989) : "A New Method for the Automatic Interpretation of *Schlumberger* and *Wenner* Sounding Curves", ***GEOPHYSICS***, Vol. **54**, No. **2**.

مهندسین مشاور تهران پادیر
Tehran Padir

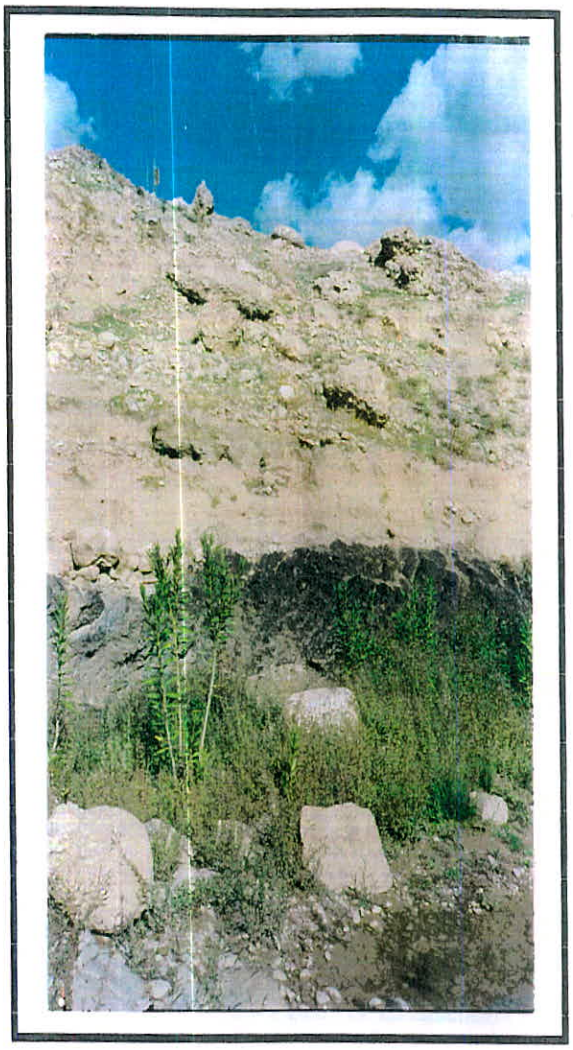
پیوست

عکس‌های ذغال‌سنگ محدوده سیاهگل و عملیات برداشت‌های ژئوفیزیکی

اکیپ ژئوفیزیک در حال برداشت صحرائی

برداشت ژئوالکتریک در محدوده سیاهگل

مهندسین مشاور توان پادیر
Tehran Padir



بیرونزدگی ذغال‌سنگ در محدوده سیاهگل