

۳-۱-انجام مطالعات ژئوفیزیک با استفاده از روش جریان القایی IP و مقاومت سنجی RS

۳-۱-۱-مقدمه

جهت مشخص شدن روند عمومی زون‌های کانی‌سازی احتمالی و با توجه به مذاکرات و تبادل نظر کارشناسی در منطقه، محدوده‌ای به وسعت تقریبی $600 * 1700$ متر تحت پوشش برداشت-های ژئوفیزیکی قرار گرفت. جهت تعیین گسترش زون‌های ناهنجاری، ابتدا از آرایش مستطیلی استفاده گردید و سپس بر اساس نتایج حاصله تعداد ۴ شبه مقطع دوقطبی - دوقطبی نیز جهت تعیین گسترش زونهای ناهنجاری و تعیین روند آنها در عمق برداشت گردید. جمع ایستگاه‌های برداشت شده IP/RS با استفاده از دو آرایش در محدوده فوق ۱۲۷۴ ایستگاه بوده است.

مطالعات پلاریزاسیون القایی با استفاده از متد جریان پیوسته (Time Domain) و توسط دستگاه‌های پیشرفته و دیجیتالی با قدرت ۱۲۰۰ ولت و جریان ۱۰ آمپر صورت گرفته است.

با توجه به اینکه روند عمومی ساختاری ویا در حقیقت روند عمومی لایه های رسوبی و لایه بندی اولیه گدازه ها تقریبا امتداد N80W دارد، پیشنهاد می شود عملیات ژئوفیزیکی به شیوه زیر انجام شود:

نقطه 0-0 پروفیل خط مبنا یا Base Line در محل سولفور متراکم اکسید شده قرار گرفته است و برای سهولت، خط مبنا با امتداد E-W انتخاب و روی آن نقاطی به فاصله ۵۰ متر افقی انتخاب و پیکه گذاری شود.

عمود بر خط مبنا، پروفیل هایی با امتداد شمالی - جنوبی و روی آن نقاط قرائت به فاصله ۲۰ متر انتخاب و پیکه گذاری شود.

در این شبکه برداشت های IR (بارپذیری و مقاومت مخصوص (Chargeability, Resistivity) انجام و ناهنجاری های IP تعیین گردد.

روی ناهنجاری ها با روش Dipole-Dipole وضعیت گسترش عمقی آنها معلوم گردد.

به دلیل آنکه برداشت های IP در بیشتر موارد واکنش سولفورهای موجود در زون استرینگر و سولفورهای موجود در ماسیو سولفاید در قبال پلیریزاسیون القایی را با هم جمع می نماید. بنابراین ناهنجاری ها را نمی توان به یکی از اینها- زون استرینگر یا سولفور های متراکم- با یقین نسبت داد. لذا بهتر است قبل از حفاری چند ناهنجاری را با روش های گراویتی (ثقلی Gravity) چک کرد. اگر آنومالی های گراویتی با آنومالی های IP منطبق گردد، بدون تردید آن آنومالی ها مربوط به سولفورهای متراکم می باشند. در آن صورت حفاری های اکتشافی از ابتدا روی سولفورهای متراکم انجام خواهد شد. در صورتی که اگر کارهای تکمیلی گراویتی انجام نشود، ممکن است به طور بخشی حفاری های اولیه فقط به درون زون استرینگر نفوذ نماید که این زون در بیشتر سولفورهای متراکم جهان اساسا از فلزاتی مانند مس و روی بسیار فقیر می باشد.

۳-۱-۲- هدف از انجام مطالعه

با توجه به وجود شواهد زمین شناسی و همچنین ملاحظه کاری های قدیمی انجام شده در محدوده و بنا به پیشنهاد کارشناسان محترم شرکت پارس کانی و به منظور شناسایی و تعیین روند زونهای کانی سازی سولفوره و یا ماسیوسولفید، مطالعات ژئوفیزیک با به کارگیری روش القایی IP/RS و استفاده از آرایش مستطیلی و دوقطبی- دوقطبی در این محدوده انجام گرفته است. لذا اهداف این مطالعات در محدوده سیاه معدن به منظورهای ذیل می باشد:

- پوشش محدوده پیشنهادی با آرایش مستطیلی جهت تعیین و مشخص نمودن گسترش ناهنجاری های احتمالی مرتبط با کانی سازی سولفوره.
- تعیین گسترش این ناهنجاری ها در عمق با استفاده از آرایش دوقطبی- دوقطبی.
- تعیین عوامل و فاکتورهای زمین شناسی و کنترل کننده در حد اطلاعات حاصل از به کار گیری روشهای فوق.

- پیشنهاد حفر تعدادی گمانه اکتشافی و شناسایی براساس نتایج حاصله به مسئولین اکتشافی پروژه، جهت تلفیق نتایج ژئوفیزیک با سایر اطلاعات زمین شناسی و اکتشافی موجود، به منظور اتخاذ تصمیم مناسب جهت تعیین محل بهینه حفر گمانه های اکتشافی.

۳-۱-۳- شرح متدهای مورد استفاده

۳-۱-۳-۱- مقدمه

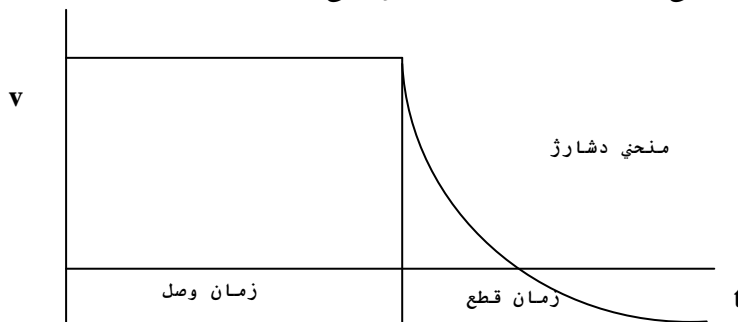
پلاریزاسیون القایی (IP) تکنیکی بسیار مناسب در ژئوفیزیک کاربردی محسوب می شود و عمدتاً در اکتشاف فلزات پایه سولفور کاربرد دارد و با استفاده از این روش می توان به بخش عمده ای از مسائل اکتشافی پی برد. با استفاده جامع از این روش و انتخاب آرایش های مختلف و همچنین انتخاب فواصل الکترونی مناسب، نتایج حاصل از اندازه گیری ها مثبت و ارزنده می باشد.

به طور کلی با استفاده از این روش زون های سطحی مینرالیزه با در نظر گرفتن نوع آرایش انتخاب شده، حالت و وضعیت قرار گرفتن ناهنجاری ها را به خوبی نشان می دهد. همچنین با استفاده از این روش ناهنجاری های کوچک و نسبتاً عمیق و ناهنجاری هایی که به وسیله لایه های پوشش هادی over Borden مدفون شده اند و ناهنجاری های مرکب به خوبی قابل تشخیص می باشند. واضح است که متد IP یکی از با ارزش ترین روش های بررسی معادن مینرالیزه و سولفیدی پراکنده (Disseminate) می باشد. همچنین با انتخاب این روش برای پیدا کردن و اکتشاف زون های مینرالیزه غیر پراکنده (توده ای، نفوذی رگه ای) استفاده می شود.

۳-۱-۳-۲- روش پلاریزاسیون القایی - قطبش القایی (IP) induced-polarization

این روش مانند خیلی از روش های اکتشافی ژئوفیزیک توسط برادران شلومبرژه مورد تحقیق و بررسی قرار گرفت و اولین بار در سال ۱۹۲۰ روی توده های سولفوری اعمال گردید. ولی شهرت این

تکنیک به عنوان یک ابزار ژئوفیزیکی به اواسط دهه پنجاه ارتباط پیدا می کند. این روش را به اختصار روش IP می نامند و پدیده آن را می توان با فرستادن جریان توسط دو الکترود B و A به زمین و اندازه گیری پتانسیل باقی مانده پس از قطع جریان توسط دو الکترود M و N بررسی کرد. به طوری که در شکل زیر ملاحظه می شود چنانچه در یک زمان معین جریان الکتریکی را به زمین بفرستیم پتانسیلی در آن ایجاد می شود که آن را v می نامیم. حال اگر جریان را قطع کنیم پتانسیل ایجاد شده در زمین بعد از مدت زمانی به صفر خواهد رسید. این پدیده که تا چند ثانیه طول می کشد همان پدیده IP نامیده می شود. چنانچه جریان دوباره برقرار شود، دامنه پتانسیل، پس از یک افزایش ناگهانی در ابتدای امر، در طول زمانی مشابه افزایش تدریجی یافته و به مقدار اولیه خود می رسد.



۳-۱-۳-۱-۲-۱- منشأ و علت پدیده IP

به نظر می رسد در طول شارژ جریان، مقداری ذخیره انرژی صورت می گیرد. مطالعات آزمایشگاهی نشان می دهد که پلاریزاسیون در انواع مختلف سنگ ها به صورت انرژی شیمیایی صورت می گیرد این ذخیره انرژی شیمیایی به دلایل زیر حاصل می شود.

الف: تغییر تحرک یون ها در مایعات موجود در ساختار سنگ ها.

ب: تغییر در هدایت یونی و الکترونی در محل هایی که کانی های فلزی وجود دارند.

حالت اول پلاریزاسیون غشایی یا الکترولیتی نام دارد و اثر IP زمینه را به وجود می آورد که این اثر ممکن است در سنگ هایی که شامل کانی های فلزی نیستند روی دهد. اما حالت دوم به نام

پلاریزاسیون الکترودی می باشد که مقدار آن عموماً بیش از حد زمینه است و با مقدار کانی های فلزی در سنگ ها ارتباط دارد. ولی به هر حال اثر این دو حالت توسط IP قابل تمیز از یکدیگر نمی باشند و به عبارتی پدیده IP را می توان به صورت یک اثر حجمی یا هاله ای تصور کرد.

۳-۱-۳-۲-۲-۲- پلاریزاسیون غشایی

در اکثر سنگ های کانه دار مقداری بار منفی در سطح مشترک بین رویه سنگ و مایع داخل خلل و فرج وجود دارد. در نتیجه یون های مثبت به این سطح مشترک جذب شده و منفی ها از آن دور می شوند. این تراکم یون مثبت ممکن است تا عمق حدود ۱۰ سانتی متر در داخل مایع گسترش یابد. چنانچه این رقم حدود پهنای خلل و فرج باشد، وقتی یک پتانسیل جریان مستقیم به دو سر آن وصل شود یون های منفی در یک طرف آن انبار شده و از طرف دیگر دور می شود. در نتیجه چنین توزیع پلاریزه ای عبور جریان قطع می شود و زمانی که بعداً کلید جریان قطع شود، یون ها به وضعیت اولیه برمی گردند در حالی که این عمل در زمانی معینی صورت می گیرد.

اثر IP غشایی بیش از همه در کانی های رسی مشخص است، زیرا در این کانی ها خلل و فرج کوچک هستند، با این وجود درجه پلاریزاسیون با تراکم کانی رسی به طور یکنواخت زیاد نمی شود بلکه پس از رسیدن به یک حداکثر، دوباره کاهش می یابد. این بدان جهت است که در داخل جسم متناوباً سطح مقطع بزرگ تری وجود دارد که در آنجا تراکم یونی صورت نمی گیرد. در غیر این صورت، هم عبور جریان کل و هم پلاریزاسیون کاهش خواهد یافت. بهترین تراکم در انواع مختلف رس، متفاوت بوده به طوری که در مونت موریونیت پایین و در کائولینیت بالاتر است. شیل، همراه با درصد بالایی از کانی های رسی، پلاریزاسیون نسبتاً پایینی را داراست. اثر غشایی با شوری مایع داخل خلل و فرج نیز کاهش می یابد.

۳-۱-۳-۲-۳- پلاریزاسیون الکترودی

این نوع پلاریزاسیون که در اصل شبیه پلاریزاسیون غشایی است، موقعی اتفاق می افتد که در داخل سنگ مواد فلزی وجود داشته باشد و بخشی از عبور جریان الکتریکی و بخش دیگر الکترولیتی باشد. در اینجا در سطح مشترک بین کانی و مایع یک فعل و انفعال شیمیایی صورت می گیرد. حضور یک کانی فلزی با بارهای سطحی مختلف علامه (+ ، -) در یک سنگ موجب می شود که یونها در داخل الکترولیت همجوار با دو طرف کانی انبار شود. وقتی جریان عبور کرده و تبادل الکترون بین فلز و محلول یونها در سطح مشترک صورت پذیرد، عمل الکترولیز انجام می شود. چون سرعت شارژ جریان در الکترولیت خیلی کندتر از داخل فلز است، تجمع یونها توسط ولتاژ خارجی صورت می گیرد. وقتی جریان قطع شود، ولتاژ باقی مانده با بخش یونها به عقب و به طرف حالت تعادل اولیه آنها افت می یابد.

کانی هایی که هادی الکتریکی هستند پلاریزاسیون الکترودی از خود نشان می دهند. این گونه کانی ها شامل اغلب سولفیدها و برخی از اکسیدها مثل مانیتیت، ایلمنیت، کاسیتريت و گرافیت می باشند و به طور کلی مشخص می شود که هر چه مواد معدنی هادی که در مقابل جریان الکتریکی قرار می گیرند زیاد باشد، پلاریزاسیون بیشتری انجام شده و پدیده IP قوی تری خواهد شد و نتیجه این که اگر مواد کانی هادی به صورت پراکنده در سنگها باشد نسبت به موقعی که به صورت رگه ای یا توده ای است جواب بهتری خواهد داد چون پدیده IP سطحی می باشد.

۳-۱-۳-۲-۴- بررسی اثر عوامل طبیعی بر روری پدیده IP

۱- اثر نوع ماده معدنی: مطالعات نشان می دهد که کانی های با قابلیت هدایت فلزی بیشتر IP قوی تری نشان می دهد و این مسئله بستگی به حجم و ابعاد ماده معدنی دارد. به طوری که ممکن است ماده معدنی با ابعاد کم و عمیق را نتوان مشخص کرد. همچنین با بررسی پدیده IP در زمینه اکتشافات

معدنی جنس کانی مشخص نمی‌شود. چون اغلب ممکن است چند کانی هادی در یک زون کانی‌سازی به صورت همراه وجود داشته باشد و تفکیک آنها مقدور نیست.

۲- اثر عیار ماده معدنی: در مطالعات انجام شده مشخص شده است که با افزایش درصد ماده معدنی هادی، IP قوی‌تری نشان داده می‌شود. از آنجایی که عواملی نظیر نحوه استفاده از آرایش‌های مختلف با عمق ماده معدنی و ابعاد ماده معدنی روی آن اثر می‌گذارد، به هر حال نمی‌توان از این فاکتور برای تعیین درصد ماده معدنی استفاده نمود.

۳- اثر اندازه دانه‌های ماده معدنی: به دلیل سطحی بودن پدیده با افزایش سطح دانه‌ها، IP قوی‌تر می‌شود. این مسئله بستگی به عواملی چون مقاومت مخصوص، تخلخل سنگ درون‌گیر و غیره دارد.

۴- اثر مقاومت مخصوص سنگ: مطالعات نشان می‌دهد که شدت IP ناشی از یک ماده معدنی هادی در سنگی که مقاومت مخصوص کم داشته باشد کمتر از حالتی است که در سنگی با مقاومت مخصوص زیاد وجود داشته باشد. به همین دلیل در حین اکتشاف، ملاحظه شده است چنانچه کانی‌سازی در سنگ‌هایی با مقاومت مخصوص زیاد باشد بهتر خود را نشان داده است. همچنین با توجه به افزایش IP با درصد ماده معدنی، در مورد ناهنجاری IP در دو سنگ متفاوت با دانه‌های مساوی، آنهایی که در سنگ‌های هادی قرار گرفته‌اند ماده معدنی آنها غنی‌تر از حالتی است که در سنگ‌های با مقاومت زیاد می‌باشد.

۵- در یک تراکم به خصوص، ملاحظه شده است که پلاریزاسیون با تخلخل سنگ کاهش می‌یابد. زیرا در این صورت تعداد زیادی راه برای هدایت الکترونیکی وجود خواهد داشت. لذا اثر IP در سولفیدهای پراکنده (Disseminated) در سنگ آذرین متراکم بیشتر از یک سنگ میزبان متخلخل است.

۶- اثر الکترولیت- آزمایشات نشان داده است که با افزایش غلظت الکترولیت (نمک) در سنگ

IP کاهش پیدا می کند. به طور مثال IP در یک ماسه سنگ حاوی آب معمولی (شیرین) بیشتر از ماسه سنگی است که حاوی املاح می باشد. لذا وجود املاح در سنگها باعث کاهش IP شده و از این طریق می توان با مطالعات IP حد و مرز آب های شور و شیرین را تفکیک نمود.

۳-۱-۳-۲-۵- روش اندازه گیری IP

به طوری که قبلاً ذکر گردید تغییرات منحنی از Δv به صفر به صورت یک منحنی است که آن را منحنی دشارژ می نامیم.

آنچه مسلم است تغییرات این منحنی رابطه مستقیم با وجود یا عدم وجود مواد هادی زمین دارد. چنانچه در منطقه ای مواد هادی وجود داشته باشد منحنی دشارژ دارای شیب ملایم و اگر از نظر مواد هادی فقیر باشد منحنی دشارژ دارای شیب تند خواهد بود و در حقیقت مساحت زیر منحنی دشارژ در یک محدوده زمانی معین رابطه مستقیم با وجود یا عدم وجود مواد هادی در زمین دارد. بر مبنای اندازه گیری مساحت زیر منحنی دشارژ در یک فاصله معین زمانی دستگاه های مختلف اندازه گیری IP ساخته شده است.

این دستگاه ها بر مبنای دو سیستم جریان متناوب و جریان مستقیم ساخته شده است. در مورد جریان متناوب آن را Frequency Domain و در مورد جریان مستقیم Time Domain می نامند.

۳-۱-۳-۲-۶- بررسی اثر عوامل اندازه گیری روی IP

۱- شدت جریان I : شدت جریان معمولاً تأثیری روی اندازه گیری ندارد. چون تغییرات پتانسیل (Δv) نسبت به شدت جریان (I) خطی است و مقادیر مختلف با هم قابل مقایسه می باشد. اما بهتر آن است که در طول عملیات اندازه گیری، جریان ثابتی انتخاب شود. به تجربه ثابت شده است هنگام برداشت و استفاده از آرایش مستطیلی پس از جابه جا شدن، نتایج حاصله کمی با محل قبلی

اختلاف دارد که علت آن محل نفوذ جریان است که در تشکیلات متفاوتی ممکن قرار گرفته باشد. در نتیجه مقدار جریان نیز تغییر می یابد که این تغییر ناشی از تغییر پلاریزاسیون می باشد.

۲- اثر زمان T: مطالعات نشان داده است که انتخاب زمان های متفاوت قطع و وصل باعث عدم یکنواختی نتایج گشته و قابل مقایسه نباشند. لذا لازم است در منطقه مورد مطالعه زمان قطع و وصل جریان ثابت انتخاب شود و هر چه زمان طولانی تر انتخاب شود نتایج بهتر خواهد بود ولی پیشرفت و راندمان کار در آن صورت کاهش خواهد یافت. (در این منطقه زمان قطع و وصل جریان ۴ ثانیه انتخاب و مناسب تشخیص داده شده است. دستگاه گیرنده Receiver نیز بر همان اساس روی ۴ ثانیه تنظیم گشته است).

۳-۱-۳-۳- روش مقاومت سنجی (Resistivity)

مقاومت ظاهری لایه های زمین تابعی از عواملی چون وجود مواد هادی (آب، مواد رسی و کانی های فلزی) با درجه تراکم لایه ها و جنس لایه و غیره می باشد. با اندازه گیری و تعیین مقدار مقاومت ظاهری می توان در برخی موارد عوامل زمین شناسی از جمله گسل، ساختمان لایه های زیرین، ضخامت آبرفت و کنتاکت لایه ها و غیره را مشخص نمود. البته اندازه گیری مقاومت ظاهری به عنوان یک عدد مطلق نبوده و نشان دهنده مقاومت واقعی لایه ها نمی باشد. چه ممکن است عوامل مختلف روی آن اثر گذاشته لذا مشاهده شده است که مقاومت یک نوع سنگ مشخص در دو منطقه متفاوت مقادیر مختلفی را نشان می دهد. برای اندازه گیری مقاومت مخصوص ظاهری معمولاً از یک چهار قطبی AMNB استفاده می شود بدین ترتیب که جریانی توسط دو الکتروود B, A به زمین فرستاده می شود و سپس اختلاف پتانسیل ایجاد شد در اثر عبور جریان بین نقاط N, M اندازه گیری می شود و نقطه اندازه گیری به وسط N, M نسبت داده می شود و با توجه به فاصله الکتروودها از یکدیگر ضریب K از طریق فرمول زیر محاسبه می شود:

$$K = 2\pi / \left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN} \right)$$

آنگاه با استفاده از فرمول زیر مقدار مقاومت مخصوص ظاهری محاسبه می شود.

$$\rho = k \frac{\Delta v}{I}$$

واحدهای اندازه گیری در فرمول فوق فواصل الکترودها بر حسب متر، اختلاف پتانسیل بر حسب میلی ولت و شدت جریان بر حسب میلی آمپر و مقاومت مخصوص ظاهری بر حسب اهم متر می باشد با توجه به جنبه های نظری ممکن است وضعیت MN نسبت به وضعیت AB غیر مشخص باشد ولی از نظر سهولت انجام کارهای صحرائی و همچنین محاسبات مربوطه همیشه MN را در امتداد AB اختیار می کنند.

روش اندازه گیری مقاومت مخصوص ظاهری در منطقه مورد مطالعه همزمان با اندازه گیری IP صورت گرفته است. بدین ترتیب که با استفاده از همان دستگاه ها و اندازه گیری جریانی که به زمین فرستاده می شود میزان اختلاف پتانسیل حاصله اندازه گیری می شود و با در دست داشتن فواصل الکترودها با توجه به آرایش الکترودها، مقاومت مخصوص ظاهری از طریق فرمول فوق محاسبه می شود.

۳-۱-۳-۴- آرایش های انتخاب شده

برای شروع اندازه گیری شارژابلیته و اختلاف پتانسیل جهت محاسبه مقاومت مخصوص ظاهری طبقات، لازم است با توجه به مسئله مورد اکتشاف و همچنین وضعیت منطقه مورد مطالعه از نظر زمین شناسی، باید روند و امتداد لایه ها، کانی سازی و توپوگرافی عمومی و نیز آرایش های خاصی را

مورد نظر قرار داد. ممکن است در یک منطقه هدف تعیین ضخامت آبرفت و یا سنگ کف و یا تفکیک لایه‌ها مد نظر باشد که در آن صورت باید آرایش مناسبی انتخاب شود که نتایج مثبت در برداشته باشد. گاهی هدف تعیین و مشخص کردن گسترش یک کانسار به صورت افقی یا در عمق می‌باشد که در آن صورت نیز باید آرایش مناسب مسئله مورد طرح به کار گرفته شود.

به هر حال به کارگیری یک نوع آرایش، اطلاعاتی به ما می‌دهد که چنانچه از آرایش دیگری در آن منطقه استفاده نماییم ممکن است آن اطلاعات را تأیید نماید که در تلفیق نتایج حاصله مفید خواهد بود.

مطلب دیگر این که با به کارگیری یک نوع آرایش، فواصل الکترودها نسبت به هم باید مشخص گردد و معلوم شود که الکترودهای پتانسیل N و M در حد فاصل بین الکترودهای جریان B و A باشد و یا اینکه در امتداد A و B و خارج از آن. انتخاب فواصل الکترودی و نحوه آرایش بستگی به طرح مورد نظر داشته که باید عمق مورد مطالعه قبلاً مشخص شود. انتخاب فواصل الکترودی مشخص در عمق نفوذ جریان تاثیر خواهد داشت. زیرا که عمق نفوذ جریان به عواملی چون جنس لایه‌ها، املاح و آب موجود در سنگ، ضخامت آبرفت، پستی و بلندی منطقه مورد مطالعه و . . . بستگی دارد.

به همین دلیل پس از مشخص شدن هدف انجام مطالعات ژئوفیزیکی و تعیین فاکتورهایی که جهت تکمیل اطلاعات زمین‌شناسی مورد نیاز است. آرایش یا آرایش‌های مناسب با فواصل الکترودی مشخص انتخاب و اندازه‌گیری‌ها شروع می‌شود.

در طی سال‌های متمادی بسته به نوع پروژه مورد مطالعه آرایش‌های مختلفی مورد استفاده واقع شده، که از جمله می‌توان آرایش شلومبرژه، آرایش ونر، آرایش دو قطبی (دایپل - دایپل)، آرایش سه الکترودی، آرایش مستطیلی و یا روش Missa Lamas را نام برد. آرایش‌های مورد استفاده در این منطقه به شرح زیر می‌باشد.

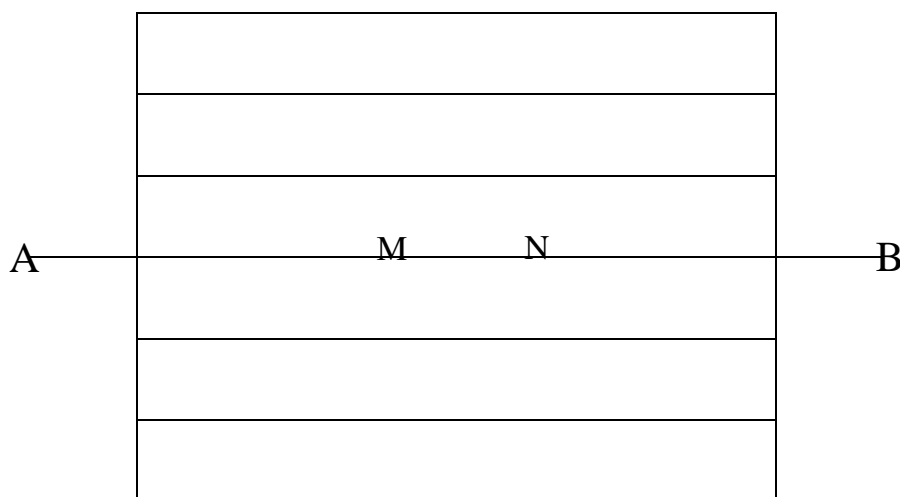
۳-۱-۳-۴-۱ آرایش مستطیلی Rectangle و یا Gradient array

در این نوع آرایش، جریان توسط دو الکتروود A و B به زمین فرستاده شده و اندازه‌گیری‌ها بین دو الکتروود N و M روی پروفیل‌هایی موازی AB اندازه‌گیری می‌شود.

فاصله دو الکتروود فرستنده جریان A و B تا چندین صد متر ممکن است انتخاب شود با توجه به این که عمق اکتشاف مورد نظر در شرایط عادی در صورت یکنواخت بودن تشکیلات زمین‌شناسی حدود $AB/4$ می‌باشد، لذا انتخاب طول خط جریان AB بر حسب مسائل مورد نظر تغییر خواهد کرد.

فاصله دو الکتروود N و M نیز بستگی به ابعاد توده و یا شکل کانی‌سازی مورد اکتشاف داشته و در اکثر موارد آنرا ۲۰ متر انتخاب می‌کنند.

اندازه‌گیری‌های انجام شده برای نقطه وسط MN منظور می‌شود. کلیه اندازه‌گیری‌ها در داخل مستطیلی با ابعاد $AB/2$ و $AB/3$ در داخل AB انجام می‌گیرد. شکل زیر وضعیت الکتروودهای فرستنده و گیرنده M, N و پروفیل‌ها را نسبت به هم نشان می‌دهد. و مرکز AB بر مرکز مستطیل (یا مرکز عرض مستطیل) منطبق است.



یادآوری می‌شود برای اندازه‌گیری هر نقطه ضریب K که بستگی به فواصل الکتروودها نسبت به هم دارد محاسبه شده و تعیین می‌گردد که با جابجایی محل الکتروودهای MN این ضریب نیز تغییر

می‌کند لذا ضرائب K از پیش با توجه به مشخصات آرایش بکار رفته محاسبه و به صورت جدا ولی پیاده می‌شود که پس از اندازه‌گیری‌های صحرائی و با در دست داشتن اختلاف پتانسیل v و معلوم بودن مقدار جریان I مقاومت مخصوص ظاهری از طریق فرمول زیر با توجه به ضریب k محاسبه می‌گردد.

$$\rho = k \frac{\Delta v}{I}$$

به کارگیری این نوع آرایش در مواقعی است که هدف اکتشاف مقدماتی ژئوفیزیکی بوده و از نظر زمین‌شناسی وجود ناهنجاری و گسترش آن مشخص نبوده و احتمال کانی‌سازی در اعماق مختلف وجود داشته باشد. و یا این که طبقات به وسیله آبرفت پوشیده باشد. چون در این صورت عمق کانی‌سازی زیر آبرفت مشخص می‌شود.

لذا به طور عموم اولین مرحله از کارهای اکتشافی ژئوفیزیکی بکارگیری این نوع آرایش می‌باشد. به طوریکه منطقه مورد مطالعه و پیشنهادی با در نظر گرفتن شبکه اکتشاف انتخابی تحت پوشش قرار گرفته و گسترش افقی (طولی و عرضی) ناهنجاری‌های احتمالی مشخص می‌شود.

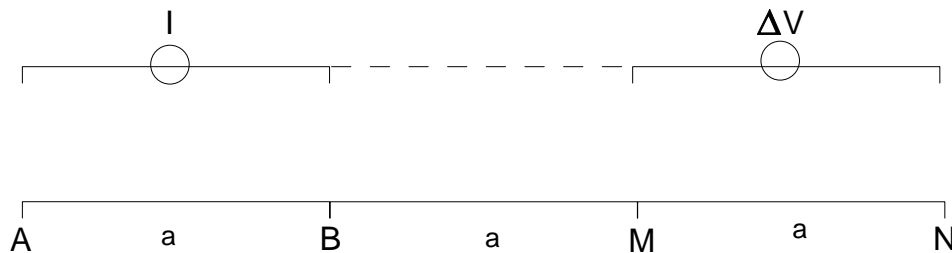
۳-۱-۳-۴-۲- آرایش دایپل - دایپل

در این آرایش الکترودهای A, B, M, N در امتداد یک پروفیل قرار داشته و الکترودهای MN همیشه خارج از AB واقع می‌شوند و فاصله الکترودهای جریان از هم مساوی فاصله الکترودهای پتانسیل انتخاب می‌شود.

($AB = MN = a$) در هر اندازه‌گیری الکترودهای AB ثابت بوده ولی الکترودهای MN با

فواصل ثابت مشخص شده در امتداد پروفیل حرکت داده می‌شود و در نتیجه اندازه‌گیری برای عمق‌های مختلف انجام می‌گیرد. فاصله بین نزدیک‌ترین الکترود جریان و پتانسیل برابر na بوده (۰،۰۰)، (۱، ۲، ۳، ۴) و عمق هر اندازه‌گیری برابر $na/2$ خواهد بود و در هر اندازه‌گیری عدد به دست آمده

برای نقطه‌ای در محل تلاقی خطوطی که با زاویه ۴۵ درجه نسبت به امتداد پروفیل از وسط MN و AB رسم می‌شود منظور می‌گردد و بدین ترتیب با رسم نتایج حاصله مقطعی از زمین نشان داده می‌شود.



ویژگی به کارگیری این نوع آرایش این است که ایده‌ای از اعماق ناهنجاری‌های هادی را در اختیار می‌گذارد و توجیهی که برای رسم منحنی‌های این آرایش وجود دارد این است که با زیاد شدن فاصله دو قطبی‌ها مقادیر اندازه‌گیری شده به گونه‌ای فزاینده تحت تأثیر زون‌های عمیق‌تر قرار خواهد گرفت. ممکن است منحنی‌های مشخص کننده ناهنجاری‌ها همراه کننده باشند. چون مقاومت مخصوص ظاهری در حقیقت مقاومت حقیقی حجمی از زمین در زیر آرایش الکترودی نبوده بلکه به وضع هندسی الکترودها و مقاومت مخصوص سطحی نیز ارتباط دارد. نتیجه این که نباید انتظار داشت که این نوع منحنی‌ها نماینده واقعی مواد زیر زمین باشد.

در این نوع آرایش علاوه بر اندازه‌گیری شارژابیلیته اختلاف پتانسیل نیز اندازه‌گیری می‌شود که جهت محاسبه مقاومت ظاهری از ضریب k که بستگی به فواصل الکترودها نسبت به هم داشته و برای نقاط متفاوت مختلف می‌باشد استفاده می‌شود. مقدار این ضرایب با توجه به مشخصات آرایش در جدول‌هایی تنظیم و مورد استفاده قرار می‌گیرد.

وضعیت ناهنجاری‌های حاصله از به کارگیری این نوع آرایش بستگی به عوامل مختلفی دارد. از قبیل لایه‌های در برگیرنده، وضعیت خود ماده معدنی که در صورتی که توده‌ای باشد، ابعاد توده

معدنی، وضعیت لایه پوشش فوقانی و یا ضخامت آبرفت روی آن و مهم تر آن که ناهنجاری‌های حاصله خود در یک زون هادی قرار گرفته باشد یا خیر.

لذا نتیجه این که به طور قطع نمی‌توان در مورد عمق ماده معدنی اظهار نظر کرد چه در این صورت عمق نفوذ جریان با توجه به هر یک از عوامل فوق یا بخشی از آنها متفاوت خواهد بود و در نتیجه مقاطع حقیقی نبوده و به همین خاطر به آنها شبه مقطع (Pseudo section) اطلاق می‌شود و ناهنجاری‌های حاصله در حقیقت مبین حالت ماده معدنی است.

همچنین در مواردی که ماده معدنی به صورت پراکنده (Disseminate) همراه با سنگ مادر وجود داشته دارد، باز هم به میزان درصد ماده معدنی در سنگ مادر و وجود لایه‌های پوشش بستگی خواهد داشت.

۳-۱-۴- دستگاه‌های مورد استفاده

تجهیزات مورد استفاده برای روش پلاریزاسیون القایی شامل یک موتور ژنراتور با قدرت ۵ کیلووات که دارای قابلیت ارسال جریان ۲۴۰ ولت به فرستنده جریان می‌باشد.

همچنین یک دستگاه فرستنده جریان Transmitter با قدرت و پیشرفته مدل DjF-10 تا 1200V و 10A با قابلیت تقویت ولتاژ آمپر جریان شامل چهار مرحله (0.3, 1, 3, 10A) با سیستم جریان مستقیم Time Domain که در فاصله‌های زمانی ۴، ۸، ۱۶ و ۳۲ ثانیه جریان را توسط الکترودهای AB به زمین ارسال و به طور اتوماتیک قطع و وصل می‌نماید.

دستگاه گیرنده جریان یا Receiver پیشرفته مدل Dwj-3A تمام دیجیتال که داده‌های اندازه‌گیری شده بارپذیری Chargeability، مقاومت ظاهری Resistivity، مقدار جریان، میزان ولتاژ، (اختلاف پتانسیل) vp، پتانسیل خودزا SP... را از طریق صفحه مونیتر LCD ۳ اینچ نمایان، و به صورت دیجیتال در حافظه ثبت و از طریق کابل RS-232c کلیه داده‌ها جهت پردازش به کامپیوتر

منتقل می‌نماید. مقدار پتانسیل تولید شده در زمین (Δv) هنگام فرستادن جریان با توجه به نسبت انتگرال منحنی دشارژ به زمان و پتانسیل اولیه در فاصله زمانی مختلف بعد از قطع جریان در چندین باند مختلف اندازه‌گیری شده و واحد اندازه‌گیری میلی‌ولت بر ولت (mv/v) و پلاریزاییته نام دارد.

الکترودهای جریان معمولاً میله‌های فلزی بوده ولی گاهی با توجه به شرایط زمین، لازم می‌شود از فویل آلومینیوم یا حلب برای ایجاد سطح تماس بیشتر استفاده شود و در صورت لزوم محل الکترودهای جریان، با آب و نمک آغشته می‌شود تا تماس کافی برای جریان بیشتر فراهم آید.

برای الکترودهای پتانسیل از ظروف متخلخل استفاده می‌شود. سیم‌های مورد استفاده دارای قدرت کافی برای تحمل ولتاژهای بالا می‌باشد.

تصویر - دستگاه‌ها شامل: فرستنده، گیرنده، الکترودها MN



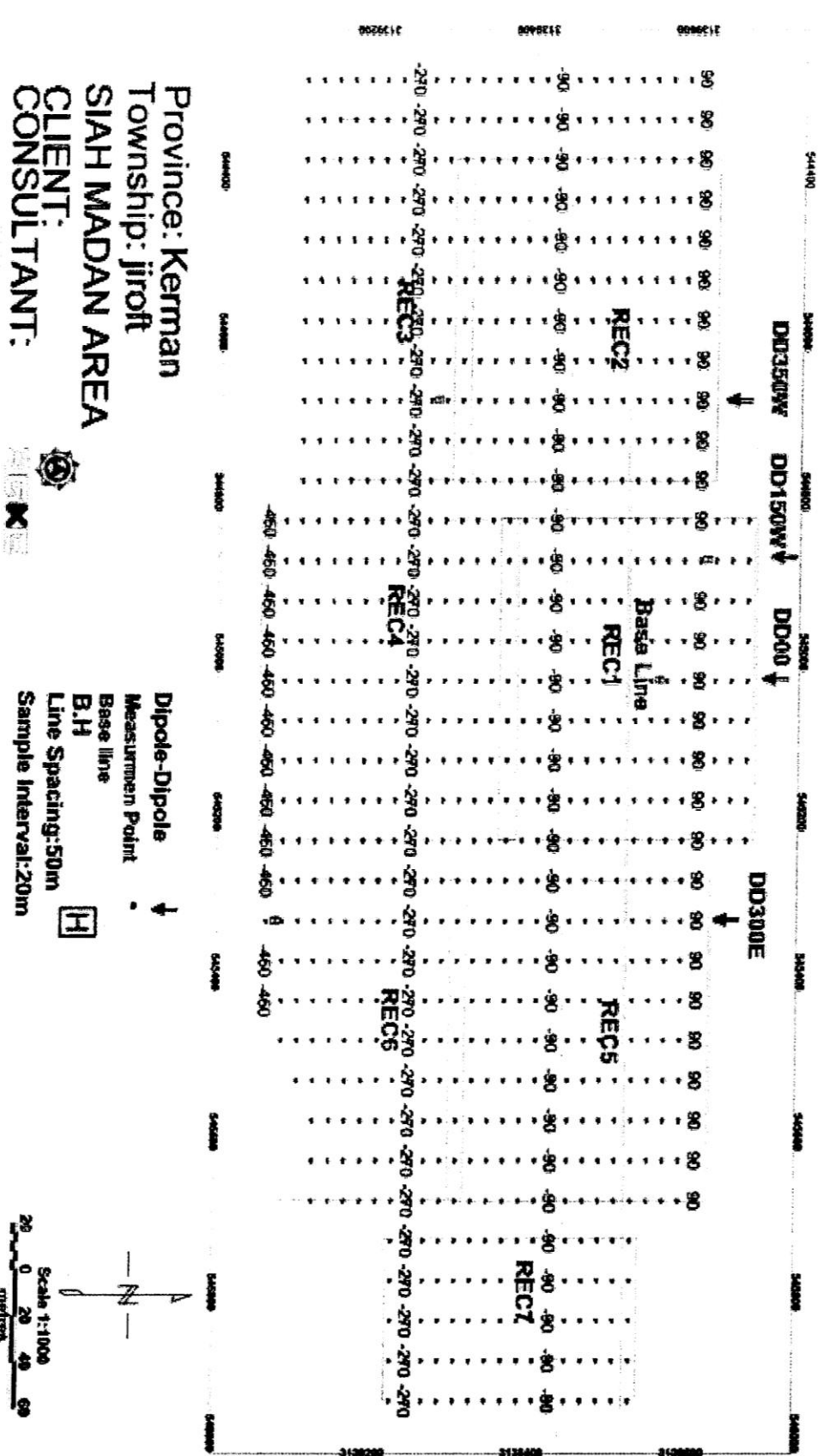
۳-۱-۵- نحوه انجام عملیات صحرایی و نقشه موقعیت (Location Map) (شکل ۱)

با توجه ارائه به مختصات جغرافیایی 00 و جهت Base Line توسط کارشناس ناظر شرکت پارس کانی مستقر در منطقه، برای پوشش مطالعات ژئوفیزیکی در محدوده سیاه معدن جهت پیاده سازی شبکه اکتشاف، ابتدا یک خط مبنا Base Line با امتداد شرقی - غربی از نقطه 00 با مختصات جغرافیایی $X=545045.8$ و $Y=3139522.4$ به طول ۱۶۵۰ متر با فواصل نقاط ۵۰ متری با کپه سنگ و رنگ تیز مشخص گردید. سپس تعداد ۳۳ پروفیل عمود بر امتداد خط مبنا با امتداد شمال- جنوب با فواصل ۲۰ متر با سنگ و رنگ علامت گذاری گردید. به منظور حفظ و همچنین مشخص بودن امتداد خط مبنا، ایستگاه‌های 00 تمام پروفیل‌ها با بلوک سیمانی علامت گذاری گردید. شکل شماره ۱ نشان‌دهنده موقعیت خط مبنا و شبکه اکتشاف و محل شبه مقاطع دوقطبی دو قطبی و محل حفاریهای پیش بینی شده در محدوده سیاه معدن می‌باشد.

با توجه به انجام بررسی‌های زمین‌شناسی و معدنی در این منطقه و وجود کارهای قدیمی و به منظور مشخص شدن و تعیین روند کانی‌سازی و گسترش زون کانی‌سازی احتمالی در عمق، پیشنهاد انجام برداشت‌های ژئوفیزیکی با استفاده از آرایشهای مستطیلی و دوقطبی - دوقطبی از طرف کارشناسان محترم شرکت پارس کانی مطرح گردید. لذا محدوده به وسعت $1700 * 600$ به وسیله آرایش مستطیلی (Rectangle) با $AB=800m$ مشخصات طول خط جریان و فواصل الکترودی $MN=20m$ کل محدوده تحت پوشش قرار گرفت. (لازم به ذکر است که برخی از رکتانگل‌ها به علت خارج شدن از محدوده با نظر کارشناس ناظر شرکت پارس کانی بطور کامل برداشت نشد) تعداد ایستگاههای IP/RS برداشت شده در این مرحله ۹۱۵ ایستگاه بوده است. بر اساس نتایج حاصله و به منظور تعیین گسترش زون ناهنجاری‌های شارژاییلیته در عمق تعداد چهار شبه مقطع دوقطبی روی پروفیل‌های 350W, 150W, 00, 300E برداشت گردید.

مشخصات آرایش الکترودی دوقطبی - دوقطبی $AB= MN= 40$ متر و با جابه‌جایی‌ها گام‌های ۲۰ متر بوده است. تعداد ایستگاه‌های IP/RS با این روش نیز ۳۶۰ ایستگاه می‌باشد. بدین ترتیب جمع ایستگاه‌های برداشت شده در این محدوده با دوآرایش فوق ۱۲۷۵ ایستگاه بوده است . جهت پردازش داده‌ها از نرم افزار Surfer و برای مدلسازی شبه مقاطع نیز از نرم افزار Res2Dinv استفاده شده است که نتایج به صورت نقشه‌های رنگی ارائه و در این گزارش مورد ارزیابی قرار گرفته است.

Location Map



Province: Kerman
 Township: Jiroft
 SIAH MADAN AREA
 CLIENT:
 CONSULTANT:

شکل ۱- نقشه موقعیت برداشت‌های ژئوفیزیکی

۳-۱-۶- بررسی نتایج مطالعات

۳-۱-۶-۱- بررسی نقشه تغییرات شارژابیلیته (Chargeability Map) (شکل ۲)

تغییرات شارژابیلیته به صورت منحنی‌های هم شارژابیلیته ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ... میلی‌ولت بر ولت ترسیم شده و به صورت اشل رنگی نشان داده شده است. شدت تغییرات شارژابیلیته در این نقشه کمتر از ۵ میلی‌ولت بر ولت تا بیش از ۵۰ میلی‌ولت بر ولت در مرکز زون ناهنجاری‌ها می‌باشد زون ناهنجاری شارژابیلیته که در این نقشه با رنگ قرمز نشان داده شده دارای شدت شارژابیلیته بیش از ۲۰ میلی‌ولت بر ولت بوده است. با توجه به شدت تغییرات شارژ ابیلیته، محدوده‌های ناهنجاری‌ها مرتبط با وجود مواد هادی و یا سولفور و همراهی پیریت می‌باشد. حد زمینه تغییرات شارژابیلیته (Back ground) نیز کمتر از ۱۵ میلی‌ولت بر ولت بوده که مرتبط با سنگهای اولترابازیک گابرو بازالت و سنگ‌های آتشفشانی در بر گیرنده در محدوده مورد مطالعه می‌باشد. در این نقشه تعدادی زون ناهنجاری شارژابیلیته ملاحظه می‌شود که عمده ترین آنها به شرح ذیل است.

۱- زون ناهنجاری شارژ ابیلیته واقع در حد فاصل پروفیل‌های 150W تا 350W واقع در جنوب خط مبنا با گسترش تقریبی بیش از ۲۰۰ متر، که حداکثر تغییرات شارژابیلیته ۴۴ میلی‌ولت بر ولت در مرکز زون ناهنجاری می‌باشد.

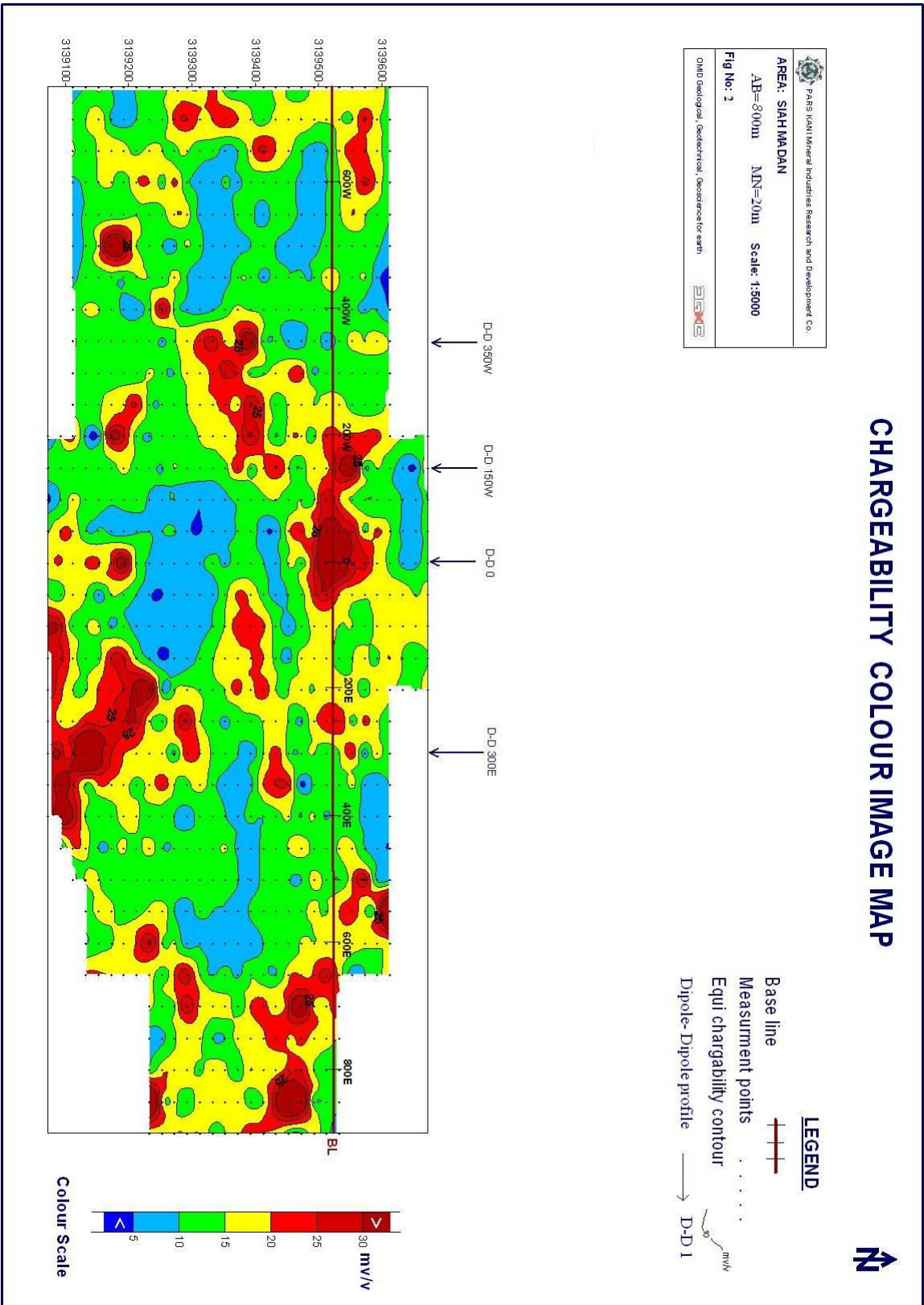
۲- زون ناهنجاری شارژابیلیته واقع در حد فاصل پروفیل‌های 200W تا 50E در امتداد خط مبنا با گسترش تقریبی بیش از ۲۵۰ متر حداکثر تغییرات شارژابیلیته در مرکز زون ناهنجاری به ۴۵ میلی‌ولت بر ولت می‌رسد.

۳- زون ناهنجاری شارژابیلیته جنوبی واقع در حد فاصل پروفیل‌های 100E تا 450E که در بخش غربی از پروفیل 100E به صورت دو شاخه دارای روند جداگانه می‌شود. این زون ناهنجاری همچنان به جنوب خارج از محدوده برداشت گسترش نشان می‌دهد. حاشیه جنوبی این ناهنجاری به بیرون از محدوده، که کنتاکت بین رسوبات و سنگهای آذرین می‌باشد، کشیده می‌شود که حداکثر تغییرات

شارژابلیته ۴۲ میلی ولت بر ولت در مرکز زون ناهنجاری می باشد.

۴- زون ناهنجاری شارژابلیته شرقی در حد فاصل پروفیل 650E تا 900E با گسترش تقریبی ۲۵۰ متر با حداکثر تغییرات شارژ ابلیته ۵۵ میلی ولت بر ولت در مرکز زون ناهنجاری.

تعداد زونهای ناهنجاری شارژ ابلیته کوچک دیگری در محدوده دیده می شود که به صورت پراکنده و عدسی شکل در کل محدوده مورد مطالعه ملاحظه می گردد که اهمیت چندانی نمی تواند داشته باشد. گسترش این زونها حداکثر ۵۰-۱۰۰ متر می باشد و از روند خاصی تبعیت نمی کند. به نظر می رسد که کانی سازی احتمالی مرتبط با وجود کانی سازی سولفورده بوده و به وسیله گسلها تکتونیکی موجود در محدوده کنترل می شود. جهت تعیین گسترش زون ناهنجاری ها در عمق، اقدام به برداشت ۴ شبه مقطع دایپل- دایپل روی پروفیل های 300E , 0 , 150W , 350W نموده که متعاقبا نتایج آنها مورد ارزیابی قرار می گیرد.



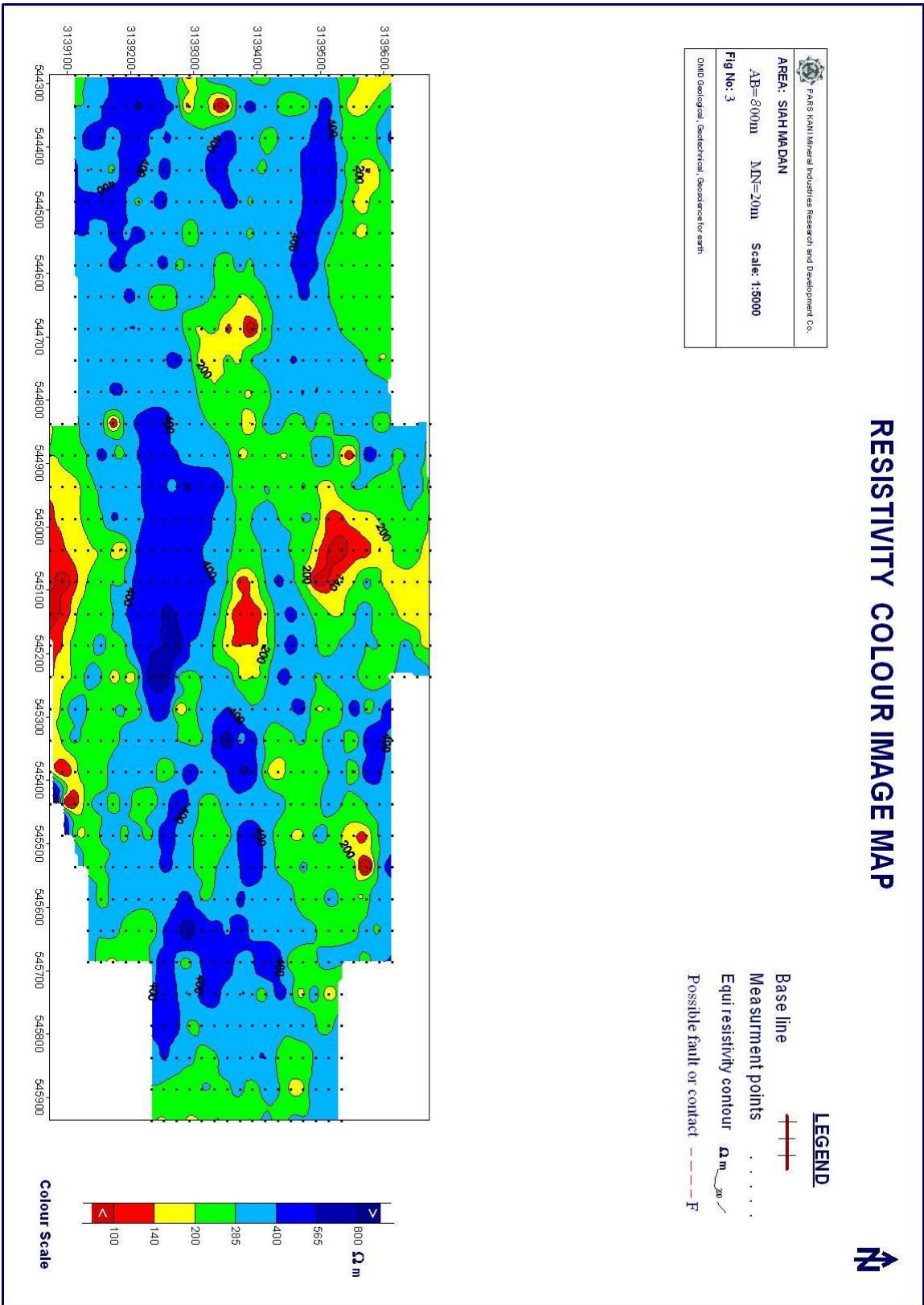
۳-۱-۶-۲- بررسی نقشه تغییرات مقاومت مخصوص ظاهری (Resistivity Map) (شکل ۳)

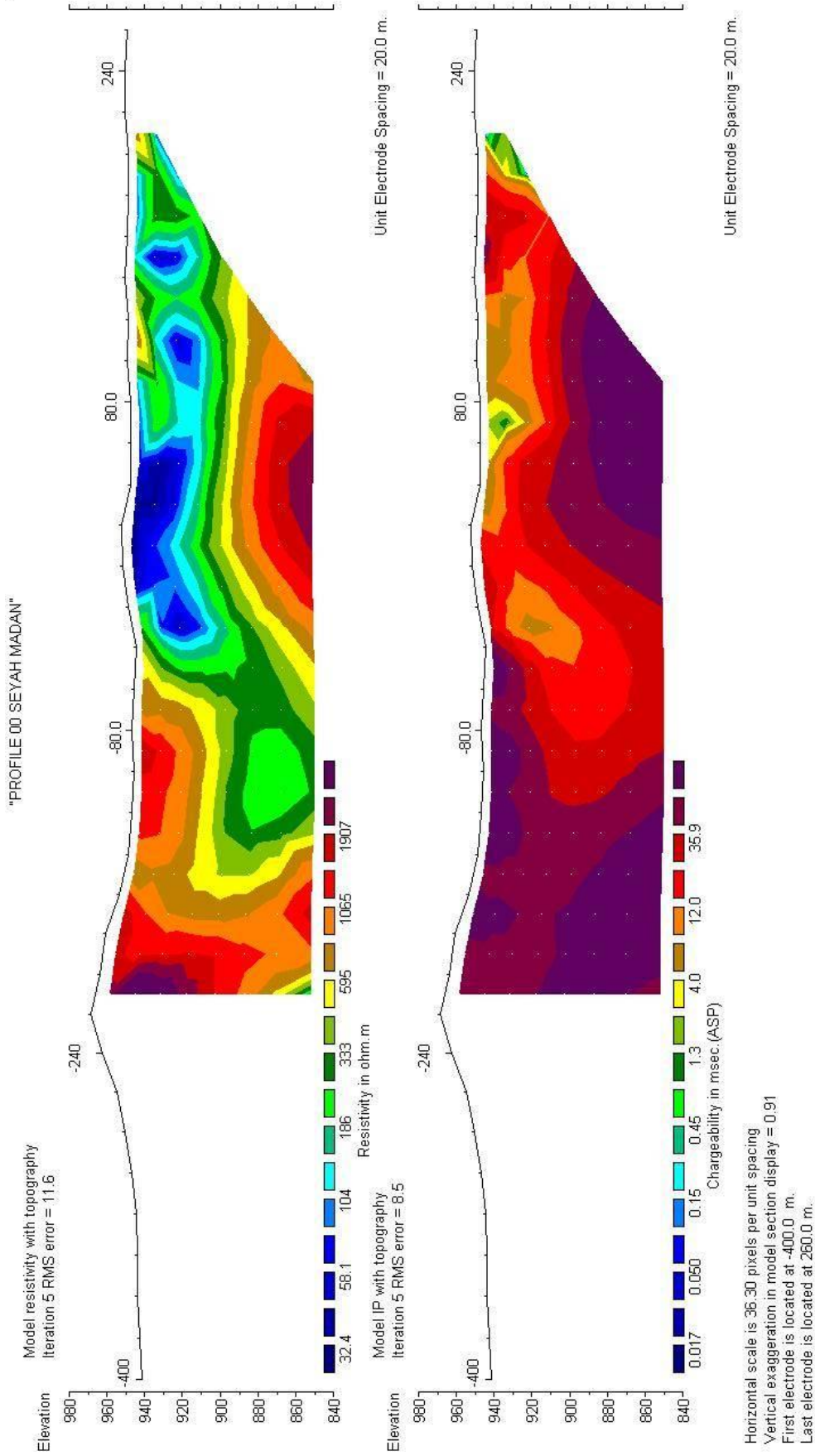
تغییرات مقاومت ویژه به صورت منحنی‌های هم مقاومت ۱۰۰، ۱۴۰، ۲۰۰ ... اهم متر ترسیم شده و به صورت اشل رنگی نشان داده شده است. شدت تغییرات مقاومت ویژه در این نقشه کمتر از ۵۰ اهم متر تا بیش از ۸۰۰ اهم متر می‌رسد. محدوده‌های هادی الکتریکی که دارای مقاومت ویژه کمتر از ۲۰۰ اهم متر می‌باشند، در این نقشه با رنگ قرمز مشخص شده و با زون ناهنجاری‌های شارژ ابیلیته مطابقت نسبتاً خوبی را نشان می‌دهد. کاهش مقاومت در این محدوده‌ها متاثر از وجود مواد هادی و یا سولفور می‌باشد. محدوده‌هایی که دارای مقاومت ویژه زیاد می‌باشد و به رنگ آبی مشخص شده مرتبط با مقاومت سنگهای دربرگیرنده در این محدوده بوده و احتمالاً ناشی از نفوذ تعدادی دایکهای دیابازی و سنگ‌های آذرین اولترابازیک، مانند بازالت (ماسیولاوا و پیلولاوا) گابرو می‌باشد. بر اساس روند منحنی‌های هم مقاومت روند تعدادی گسل یا کتاکت احتمالی در این نقشه نیز ملاحظه می‌گردد.

۳-۱-۶-۳- بررسی شبه مقطع شارژ ابیلیته و مقاومت ویژه پروفیل 00 (شکل ۴ و ۵)

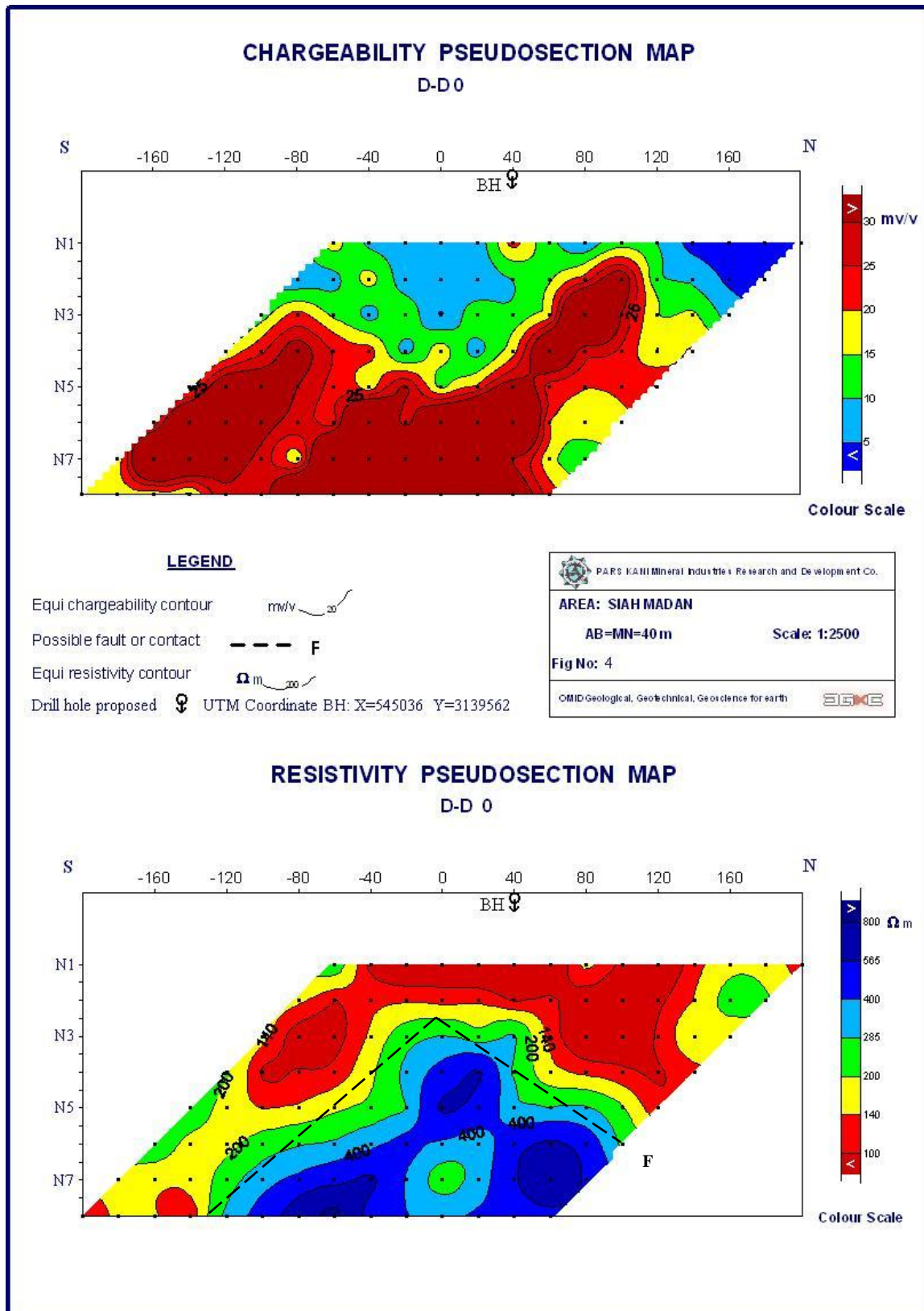
این شبه مقطع به منظور کنترل گسترش زون ناهنجاری شارژ ابیلیته در عمق در امتداد این پروفیل برداشت شده و نقطه 00 این شبه مقطع دارای مختصات جغرافیائی $X=545035.8$ و $Y=3139522.4$ می‌باشد. طول این شبه مقطع حدود ۳۰۰ متر می‌باشد.

همانطوریکه در این شبه مقطع ملاحظه می‌گردد، دو زون ناهنجاری شارژ ابیلیته مشخص شده و روند آنها به سمت جنوب می‌باشد که زون ناهنجاری شارژ ابیلیته جنوبی از عمق ۸۰ متری تا عمق ۱۸۰ متری ادامه دارد. حداکثر شدت شارژ ابیلیته آن در مرکز این زون بیش از ۵۰ میلی ولت بر ولت می‌باشد. زون ناهنجاری شارژ ابیلیته شمالی در حوالی ایستگاه 120N به سمت سطح نزدیک شده و عمق آن حدود ۴۰ متر بوده و این زون ناهنجاری نیز تا عمق بیش از ۱۸۰ متر گسترش نشان می‌دهد.





شکل ه



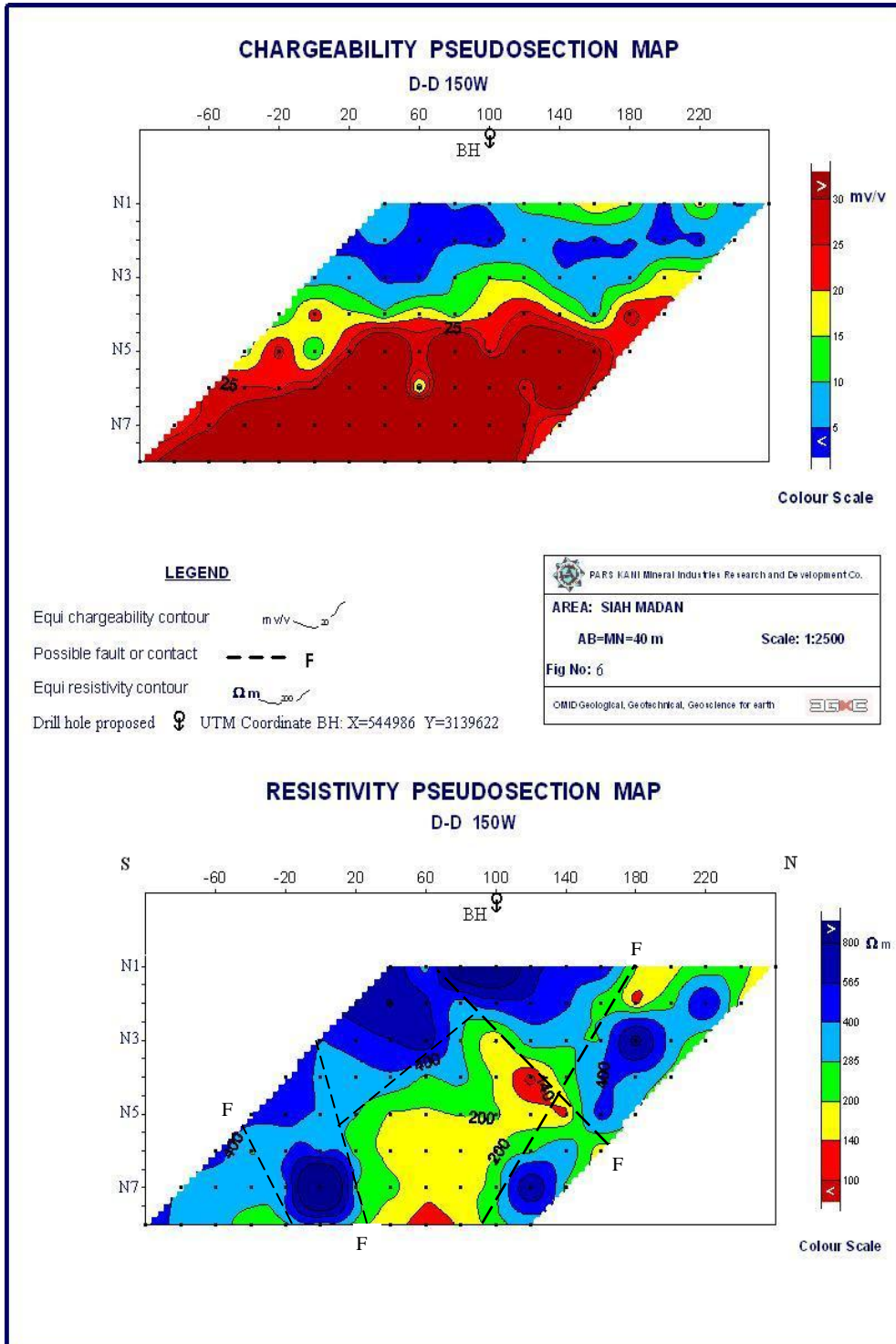
حداکثر شدت شارژ ابیلیته در مرکز این زون بیش از ۵۰ میلی ولت بر ولت می باشد که احتمالاً کانی سازی با پیریت همراه می باشد.

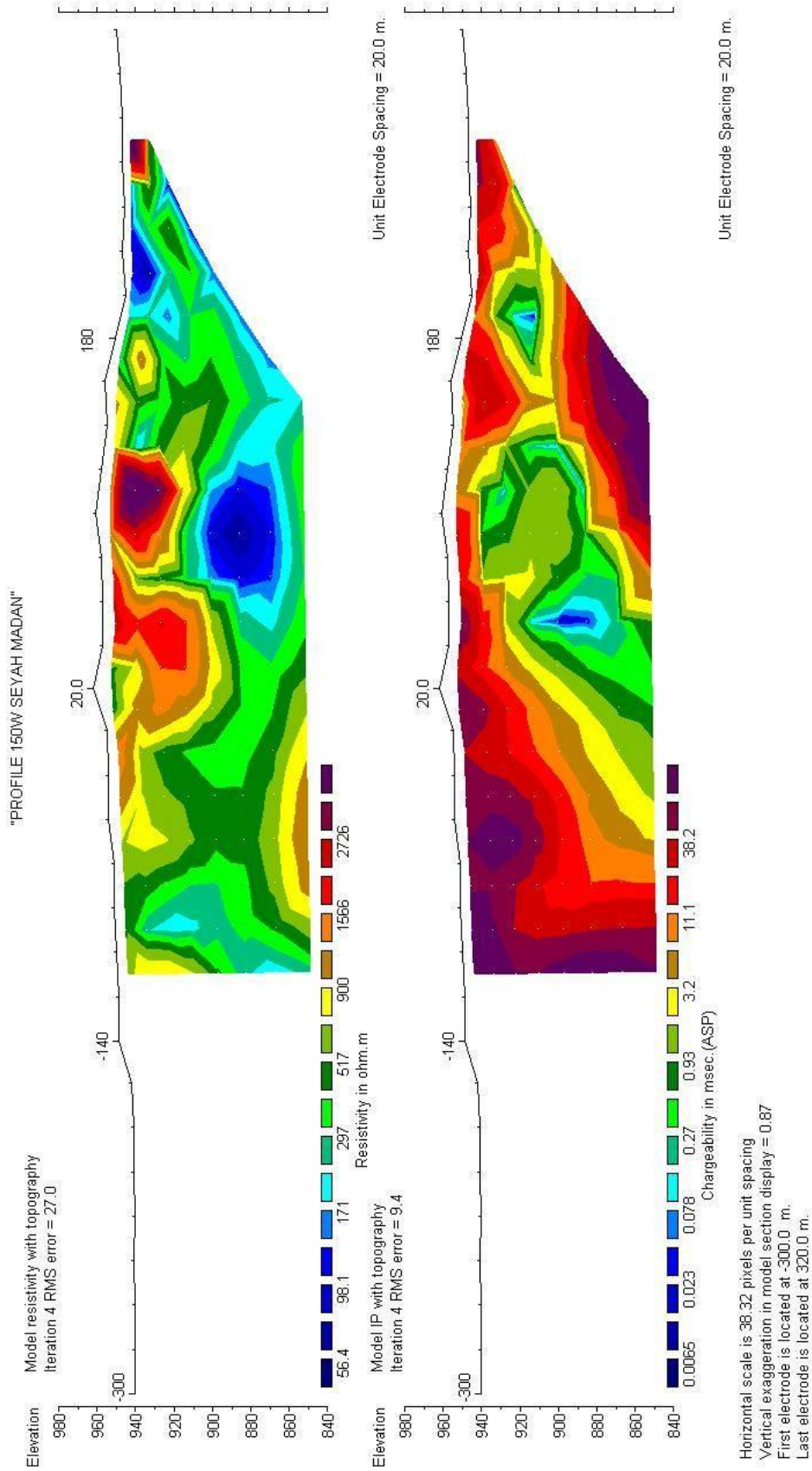
تغییرات مقاومت ویژه این شبه مقطع کمتر از ۱۰۰ اهم متر و حداکثر به بیش از ۸۰۰ اهم متر در امتداد این پروفیل می رسد. زون هادی الکتریکی که دارای مقاومت ویژه کمتر از ۱۴۰ اهم متر می باشد، با زون ناهنجاری شارژ ابیلیته این شبه مقطع انطباق نسبی نشان می دهد و کاهش مقاومت در این محدوده متأثر از وجود مواد هادی و یا سولفور در زیر سطح و آلتراسیونهای سطحی می باشد. به نظر می رسد که کانی سازی احتمالی در بخش مقاوم صورت گرفته و با همراهی سیلیس با فراوانی پیریت وجود داشته باشد. بخش هایی که با رنگ آبی مشخص شده است، احتمالاً در نتیجه نفوذ دایکهای دیابازی و یا سنگهای نفوذی می باشد. روند تعدادی گسل یا کتاکت احتمالی بر اساس روند منحنی های هم مقاومت در این شبه مقطع نیز مشخص شده است بر اساس مدلسازی روی داده های خام و با توجه توپوگرافی در امتداد این شبه مقطع موقعیت بهینه زون ناهنجاری شارژ ابیلیته و مقاومت ویژه ملاحظه می گردد.

۳-۱-۶-۴- بررسی شبه مقطع شارژ ابیلیته و مقاومت ویژه پروفیل 150W (نقشه ۶ و ۷)

این شبه مقطع به منظور کنترل گسترش زون ناهنجاری شارژ ابیلیته در عمق در امتداد این پروفیل برداشت شده و نقطه 00 این شبه مقطع دارای مختصات جغرافیائی $X=544885.8$ و $Y=3139522.4$ می باشد. طول این شبه مقطع حدود ۲۰۰ متر می باشد.

همانطوریکه در این شبه مقطع ملاحظه می گردد، حداکثر شدت شارژ ابیلیته آن در مرکز این زون بیش از ۵۰ میلی ولت بر ولت می باشد و احتمالاً کانی سازی با پیریت همراه می باشد. روند این ناهنجاری به سمت جنوب است و گسترش این زون ناهنجاری شارژ ابیلیته به سمت عمق همچنان ادامه دارد. عمق این زون ناهنجاری حدود ۸۰ متر می باشد.





نقشه شماره ۷

تغییرات مقاومت ویژه این شبه مقطع کمتر از ۱۰۰ اهم متر و حداکثر به بیش از ۸۰۰ اهم متر در امتداد این پروفیل می رسد. زون هادی الکتریکی که دارای مقاومت ویژه کمتر از ۲۰۰ اهم متر می باشد با بخشی از زون ناهنجاری شارژ ابیلیته این شبه مقطع انطباق نسبی نشان می دهد و کاهش مقاومت در این محدوده متأثر از وجود مواد هادی و یا سولفور در زیر سطح می باشد. بخش هایی که با رنگ آبی ایجاد شده مرتبط با مقاومت سنگهای در بر گیرنده در امتداد این شبه مقطع می باشد. روند تعدادی گسل یا کتاکت احتمالی بر اساس روند منحنی های هم مقاومت در این شبه مقطع نیز مشخص شده است. بر اساس مدل سازی روی داده های خام و با توجه توپوگرافی در امتداد این شبه مقطع موقعیت بهینه زون ناهنجاری شارژ ابیلیته و مقاومت ویژه ملاحظه می گردد .

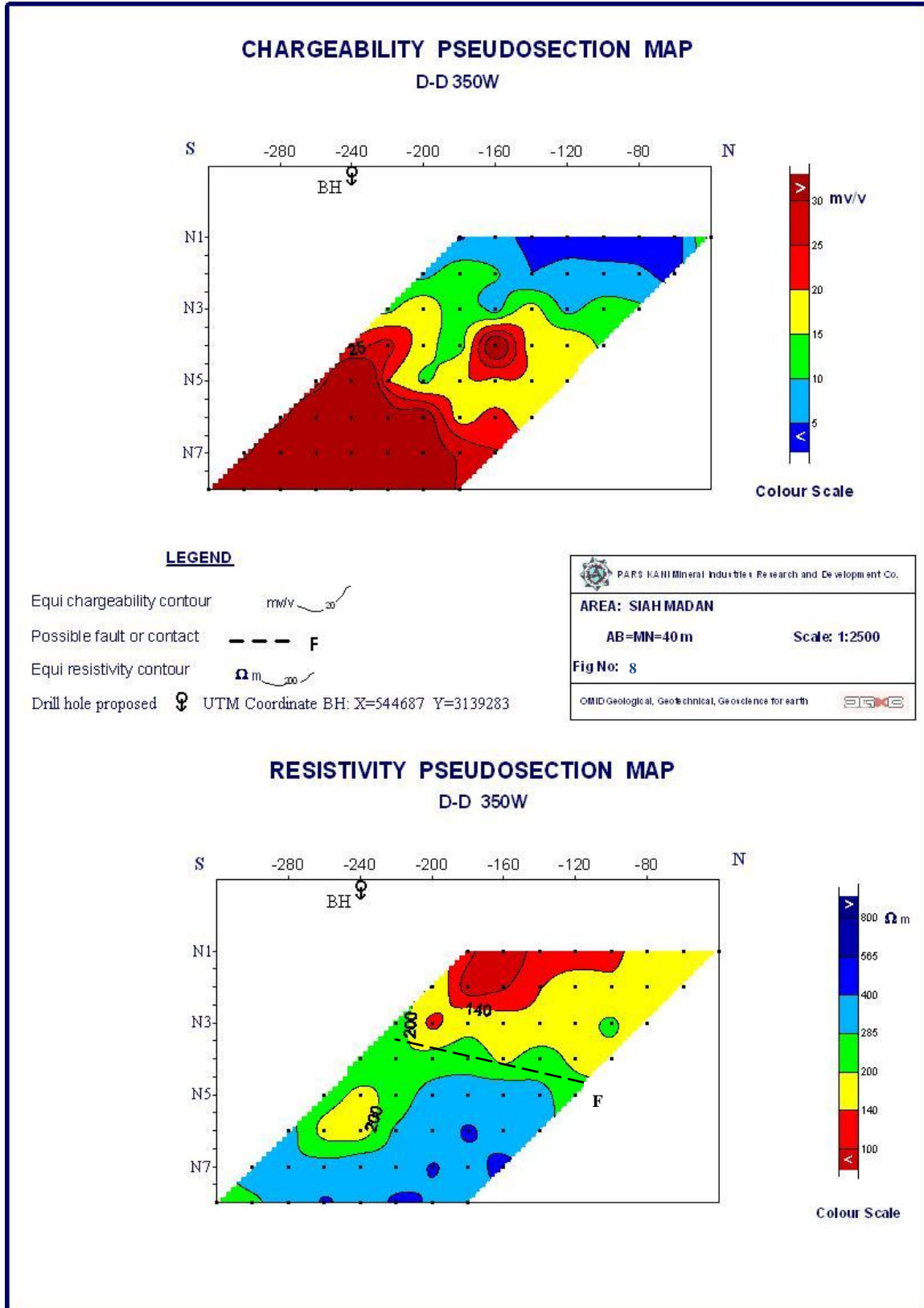
۳-۱-۶-۵- بررسی شبه مقطع شارژ ابیلیته و مقاومت ویژه پروفیل 350W (نقشه ۸ و ۹)

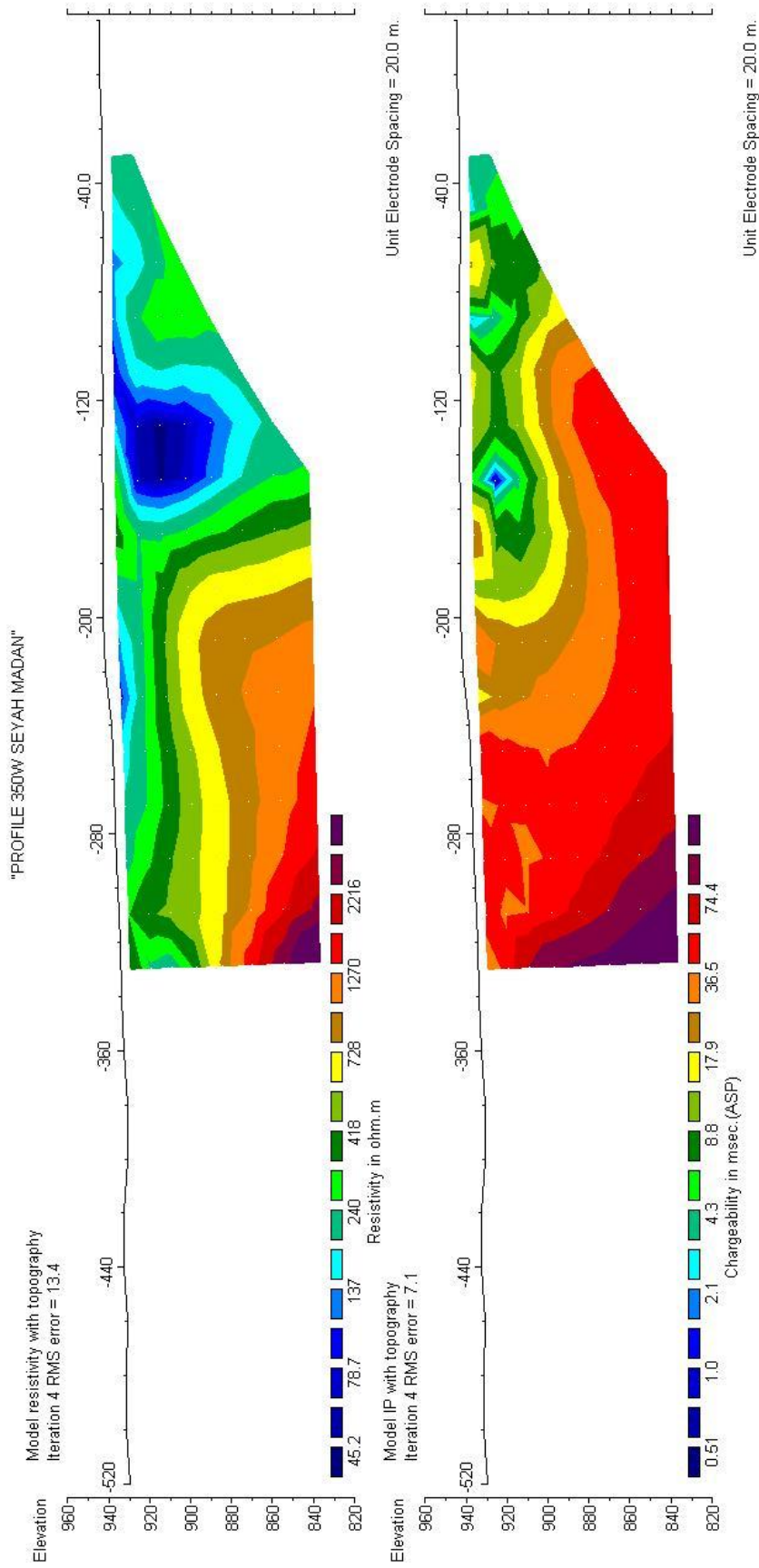
این شبه مقطع به منظور کنترل گسترش زون ناهنجاری شارژ ابیلیته در عمق در امتداد این پروفیل برداشت شده و نقطه 00 این شبه مقطع دارای مختصات جغرافیائی $X=544685.8$ و $Y=3139522.4$ می باشد . طول این شبه مقطع حدود ۱۳۰ متر می باشد .

همانطوریکه در این شبه مقطع ملاحظه می گردد، حداکثر شدت شارژ ابیلیته در مرکز این زون بیش از ۶۰ میلی ولت بر ولت می باشد که احتمالاً با توجه به شدت زیاد تغییرات شارژ ابیلیته کانی سازی با پیریت همراه می باشد. زون ناهنجاری شارژ ابیلیته به سمت جنوب ادامه دارد و گسترش این زون ناهنجاری شارژ ابیلیته به سمت عمق نیز همچنان ادامه دارد. عمق این زون ناهنجاری در بخش جنوبی شبه مقطع به کمتر از ۸۰ متر و در بخش شمالی آن به بیش از ۱۲۰ متر می باشد. یک زون ناهنجاری شارژ ابیلیته عدسی مانند و کوچک نیز در این شبه مقطع ملاحظه می گردد که اهمیت چندانی ندارد .

تغییرات مقاومت ویژه این شبه مقطع کمتر از ۱۰۰ اهم متر و حداکثر به بیش از ۸۰۰ اهم متر در امتداد

این پروفیل می رسد. زون هادی الکتریکی که دارای مقاومت ویژه کمتر از ۲۰۰ اهم متر می باشد و در





نقشه شماره ۹

سطح شبه مقطع با رنگ قرمز نشان داده شده، احتمالاً مرتبط با آلتراسیون های سطحی بوده و تطابق خوبی با نقشه تغییرات مقاومت ویژه در این محدوده نشان می دهد. بخش زیرین شبه مقطع که دارای مقاومت ویژه زیاد می باشد، متاثر از مقاومت و جنس سنگهای در بر گیرنده در امتداد این شبه مقطع می باشد. به نظر می رسد که کانی سازی احتمالی با همراهی پیریت و سیلیس در کتاکت واحد های هادی با بخش مقاوم و در داخل بخش مقاوم داخل رگه و رگچه ها شکل گرفته باشد. روند تعدادی گسل یا کتاکت احتمالی بر اساس روند منحنی های هم مقاومت در این شبه مقطع نیز مشخص شده است. بر اساس مدل سازی روی داده های خام و با توجه توپوگرافی در امتداد این شبه مقطع موقعیت بهینه زون ناهنجاری شارژ ایلپتیه و مقاومت ویژه ملاحظه می گردد.

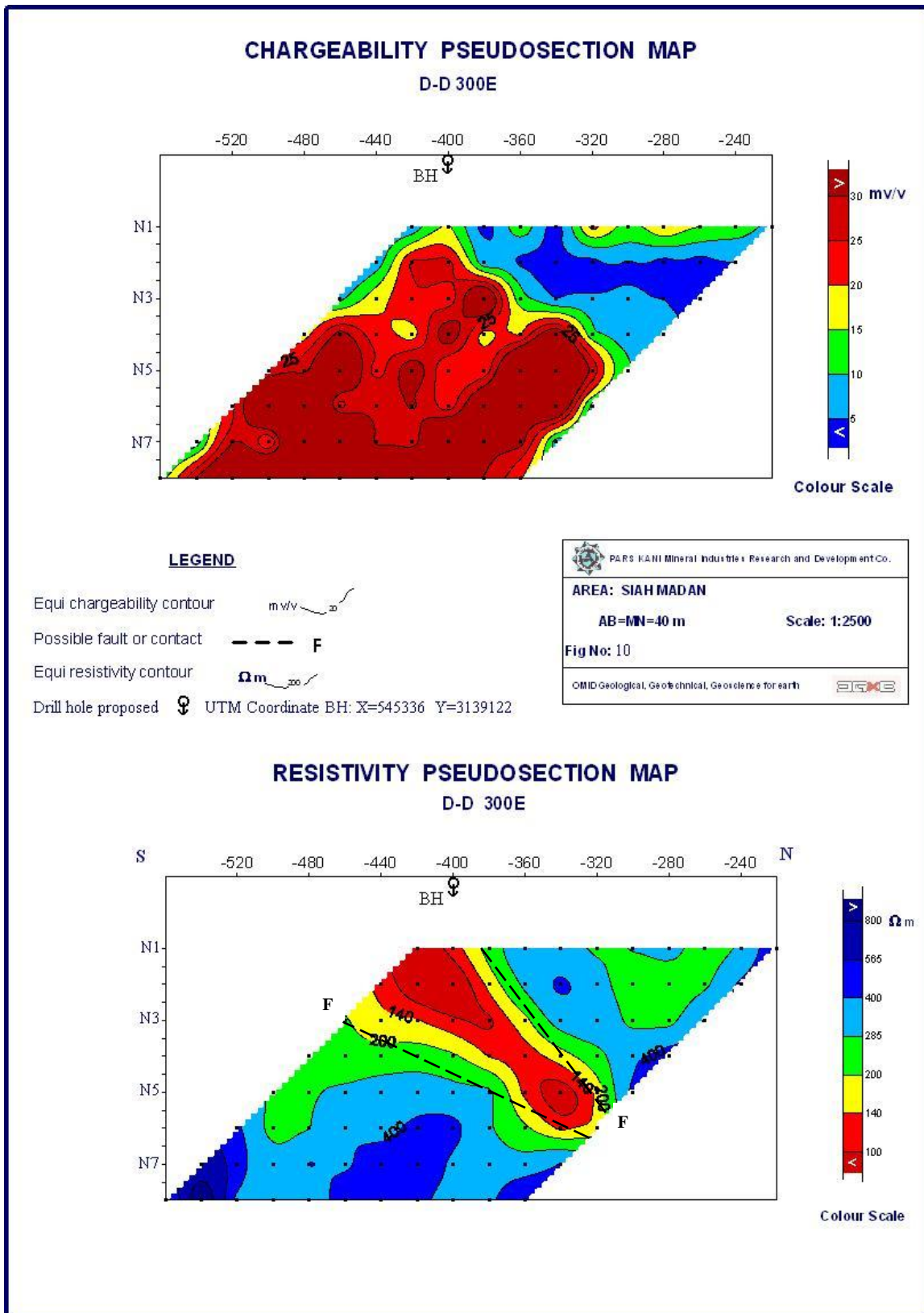
۳-۱-۶- بررسی شبه مقطع شارژ ایلپتیه و مقاومت ویژه پروفیل 300E (نقشه ۱۰ و ۱۱)

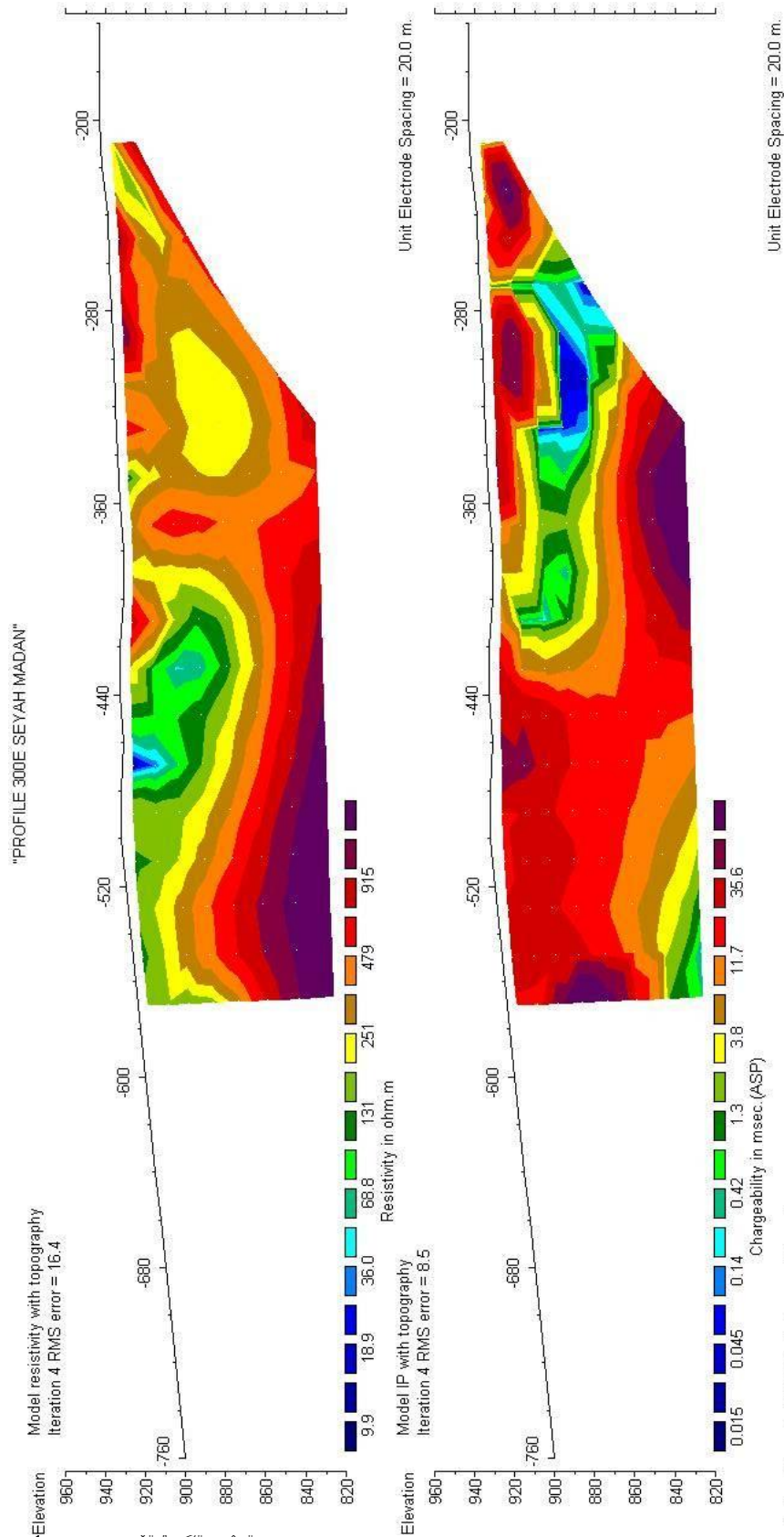
این شبه مقطع به منظور کنترل گسترش زون ناهنجاری شارژ ایلپتیه در عمق در امتداد این پروفیل برداشت شده است. طول این شبه مقطع حدود ۲۰۰ متر می باشد.

همانطوریکه در این شبه مقطع ملاحظه می گردد، حداکثر شدت شارژ ایلپتیه در مرکز این زون بیش از ۶۰ میلی ولت بر ولت می باشد که احتمالاً کانی سازی با توجه به شدت زیاد تغییرات شارژ ایلپتیه با پیریت همراه می باشد. گسترش این زون ناهنجاری شارژ ایلپتیه به سمت عمق همچنان ادامه دارد و عمق ناهنجاری در محدوده ایستگاه 400S نزدیک ۴۰ متر و در محدوده ایستگاه 280S نزدیک ۱۰۰ متر می رسد.

تغییرات مقاومت ویژه این شبه مقطع کمتر از ۱۰۰ اهم متر و حداکثر به بیش از ۸۰۰ اهم متر در امتداد این پروفیل می رسد. زون هادی الکتربیکی که دارای مقاومت ویژه کمتر از ۲۰۰ اهم متر می باشد و با رنگ قرمز در این نقشه مشخص شده است با بخشی از زون ناهنجاری شارژ ایلپتیه این شبه مقطع انطباق نسبی نشان می دهد. روند این زون هادی به سمت شمال بوده و در بخش جنوبی شبه

مقطع به سطح نزدیک می شود و زون ها در نقشه مقاومت ویژه این محدوده مطابقت خوبی را نشان می دهد. به نظر می رسد که کانی سازی احتمالی بیشتر در امتداد شکستگی و یا گسله در داخل زونهای هادی شکل گرفته باشد. هرچند وجود احتمالی سولفور در داخل بخش مقاوم زیرین به صورت پیریت یا دیگر کانی ها با توجه گسترش زون ناهنجاری شارژ ابیلیته در عمق متصور می باشد. بخشهای با مقاومت ویژه زیاد در بخش سطحی و یا بخش زیرین این شبه مقطع متاثر از مقاومت و جنس سنگهای در برگیرنده در امتداد این پروفیل می باشد. روند تعدادی گسل یا کتاکت احتمالی بر اساس روند منحنی های هم مقاومت در این شبه مقطع نیز مشخص شده است همچنین بر اساس مدلسازی روی داده های خام و با توجه توپوگرافی در امتداد این شبه مقطع موقعیت بهینه زون ناهنجاری شارژ ابیلیته و مقاومت ویژه ملاحظه می گردد.





۳-۱-۷- نتیجه گیری و پیشنهاد

کاربرد روش های ژئوفیزیکی و شناسایی منابع سولفور، از تکنیک های مناسب در پروژه های اکتشافی می باشد. به کارگیری روش IP/RS برای شناسایی منابع سولفور و به خصوص فلزات پایه (Base Metal) بسیار رایج و متعارف می باشد. به همین لحاظ با انجام مطالعات ژئوفیزیک در محدوده پیشنهادی، با توجه به شواهد و آثار کانی سازی سطحی موجود در محدوده مورد مطالعه، نتایج ذیل حاصل شده است.

در محدوده برداشت چهار زون ناهنجاری شارژ ایلپت عمده و تعدادی زون ناهنجاری کوچک عدسی شکل و مجزا در نقشه شارژ ایلپت ملاحظه می گردد گسترش طولی هر کدام از این زونهای اصلی بیشتر از ۲۰۰ متر بوده و زون رگه مانند در حد فاصل پروفیل های 50E تا 200E حدود ۱۵۰ متر می باشد. سایر زونهای شارژ ایلپت دارای طول ۵۰-۱۰۰ متر بوده که سطح محدوده برداشت به صورت پراکنده ملاحظه می گردد. آثار و شواهد کانی سازی در حوالی محور زون های ناهنجاری شارژ ایلپت و وجود فعالیت های معدنی قدیمی موید وجود کانی سازی سولفور زیر سطحی و تداوم را در عمق نشان می دهد. نقشه تغییرات مقاومت ویژه نیز نشان دهنده تغییرات مقاومت ویژه سنگ های دربرگیرنده (بازالت و گابرو و آتشفشانی) در محدوده برداشت بوده و کاهش مقاومت ویژه که در نقشه با رنگ قرمز مشخص می باشد، نشان دهنده احتمالی آلتراسیون سطحی در محدوده برداشت می باشد. این محدوده ها با محدوده زون ناهنجاری های شارژ ایلپت انطباق نسبی دارد. به نظر می رسد که کانی سازی احتمالی ارتباط نزدیکی با روند گسله ها و شکستگی ها دارد و به وسیله آنها کنترل می شود.

برای بررسی زون ناهنجاری های شارژ ایلپت در عمق نیز تعداد چهار شبه مقطع دایپل - دایپل روی زون ناهنجاری ها برداشت گردیده است که نتایج حاصل نشان دهنده گسترش زون ناهنجاری ها از عمق تقریبی ۴۰ متر می باشد. ولی نتایج شبه مقاطع برداشت شده روی زونهای ناهنجاری نشان از گسترش زون ناهنجاری ها تا عمق بیش از ۱۷۰ متر می باشد. بر اساس روند منحنی های هم مقاومت ویژه شبه

مقاطع روند تعدادی گسل یا کتتاکت احتمالی مشخص شده است. به طور کلی به نظر می رسد که کانی سازی احتمالی همراه با فراوانی پیریت بوده و بیشتر در داخل گسله ها و شکستگی ها و یا کتتاکت زونهای هادی و مقاوم شکل گرفته باشد .

بر اساس مدلسازی های انجام شده روی داده های خام و با توجه به توپوگرافی محدوده های برداشت، موقعیت واقعی زون های ناهنجاری نیز مشخص شده و برآن اساس محل حفاری ها تعیین گردیده است.

قابل ذکر است قبل از حفر گمانه های پیشنهادی، لازم است که نتایج ژئوفیزیک با سایر اطلاعات زمین شناسی و معدنی تلفیق و تصمیم بهینه در انتخاب تعیین محل مناسب تر حفر گمانه با نظر کارشناسان مسئول اکتشافی اتخاذ می گردد.

بنابراین پیشنهاد حفر گمانه های شناسایی زیر بر اساس نتایج حاصله از کاربرد روش ژئوفیزیک ارائه می گردد.

۱- حفر یک گمانه شناسایی روی پروفیل 350W در محل ایستگاه 240S با مختصات جغرافیایی
X=544687 , Y= 3139283

۲- حفر یک گمانه شناسایی روی پروفیل 150W در محل ایستگاه 100N با مختصات جغرافیایی
X=544986 , Y=3139622

۳- حفر یک گمانه شناسایی روی پروفیل 00 در محل ایستگاه 40N با مختصات جغرافیایی
X=545036 , Y=3139562

۴- حفر یک گمانه شناسایی روی پروفیل 300E در محل ایستگاه 400S با مختصات جغرافیایی
X=545336 , Y= 3139122

۳-۲-انجام مطالعات ژئوفیزیک با استفاده از روش مغناطیس سنجی

۳-۲-۱- کلیات

انجام مطالعات ژئوفیزیکی به روشهای مختلف بسته به نوع کانی سازی و هدف مطالعات از جمله مواردی است که جهت کاهش هزینه ها و کاهش ریسک مورد توجه قرار گرفته است در هر مطالعه اکتشافی با توجه به هدف مطالعه می توان از یک روش یا ترکیبی از چند روش ژئوفیزیکی جهت یافتن شواهد بیشتر استفاده نمود طبق مطالعات صورت گرفته کاربرد روشهای مختلف انجام مطالعات ژئوفیزیک مطابق جدول ۳-۱ می باشد.

با توجه به نوع کانی سازی در منطقه مورد مطالعه که از نوع مسیو سولفاید^۱ می باشد بکارگیری داده های مغناطیس سنجی در محدوده مورد مطالعه جهت انجام بررسی های ساختاری و پیدا نمودن شواهد بیشتری که تکمیل کننده مطالعات زمین شناسی و ژئوفیزیکی به روش جریان القایی مقاومت سنجی پیشنهاد شد.

جدول شماره ۳-۱- کاربرد روشهای مختلف ژئوفیزیک برای انواع مختلف کانی سازی

Table 1: Utility of Geophysical Methods in Exploration for Specific Mineral Deposit Types											
Geophysical Method	Air or Ground	Application	Diamonds	Lode Gold	VMS Deposits	MVT Lead-Zinc Deposits	SEDEX Deposits	Porphyry Copper Deposits	Uranium Deposits	Olympic Dam-Type Deposits	Magmatic Ni-Cu-PGEs Deposits
MAGNETIC	Air	Geological Framework	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Direct Targeting	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Ground	Geological Framework	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Direct Targeting	●	●	●	●	●	●	●	●	●
ELECTRO-MAGNETIC	Air	Geological Framework	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Direct Targeting	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Ground	Geological Framework	●	●	●	●	●	●	●	●	●

^۱ گزارش زمین شناسی شرکت پارس کانی

		Direct Targeting	●	●	●	●	●	●	●	●	●
ELECTRIC	Ground	Geological Framework	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Direct Targeting	●	●	●	●	●	●	●	●	●
GRAVITY	Air	Geological Framework	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Direct Targeting	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Ground	Geological Framework	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Direct Targeting	●	●	●	●	●	●	●	●	●
RADIOMETRIC	Air	Geological Framework	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Direct Targeting	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Ground	Geological Framework	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Direct Targeting	●	●	●	●	●	●	●	●	●
SEISMIC	Ground	Geological Framework	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Direct Targeting	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Qualitative Applicability Rating of Geophysical Method:

- Highly Effective
- Moderately Effective
- Generally Effective

با توجه به اینکه در این مطالعه بیشترین هدف مشخص نمودن ساختارهای عمده منطقه می باشد، میزان خودپذیری مغناطیسی رخنمونهای عمده منطقه اندازه گیری شد. مطابق جدول شماره ۳-۲ بیشترین میزان خودپذیری مغناطیسی در محدوده مربوط به پیلولاوا شرق محدوده می باشد که حتی توسط آهن ربا جذب می شود. با توجه به اینکه عمده توده های نفوذی موجود در منطقه دارای خودپذیری مغناطیسی تقریباً بالایی هستند شکل کلی ناهنجاری مغناطیسی می تواند در تعیین شکل توده های مغناطیسی زیر سطحی کمک نماید.

ردیف	شماره نمونه	توضیح	میزان خودپذیری مغناطیسی (SI)
۱	۱۰۰۰۴	ماسیو لاوا- جنوب استرینگر زون	$1.9 - 2 * 10^{-3}$
۲	۱۰۰۰۶	پیلولاوا- غرب محدوده	$2.4 * 10^{-3}$
۳	۱۰۰۱۱	مسیولاوا- مرکز محدوده و شمال	$0.9 - 1 * 10^{-3}$

	استرینگر زون		
$2.4-2.5 \times 10^{-3}$	توده نفوذی	۱۰۰۱۵	۴
$2.9-3 \times 10^{-3}$	پیلولاوای شرق محدوده	۱۰۰۱۸	۵
0.7×10^{-3}	دایک	۱۰۰۱۹	۶

جدول ۳-۳- میزان خاصیت فیزیکی سنگها و کانیها مختلف (توماس)

Table 2: Physical properties (density, magnetic susceptibility, electrical conductivity) of some common rock types, ore minerals and ore-related minerals (from Thomas et al., 2000b)									
Rock Type	Density (g/cm ³)			Magnetic susceptibility (SI x 10 ⁻³)			Conductivity (mS/m)		
	Min.	Max.	Ave.	Min.	Max.	Ave.	Min.	Max.	Ave.
Sediments and Sedimentary Rocks									
Overburden			1.92						
Soil	1.2	2.4	1.92	0.01	1.26				
Clay	1.63	2.6	2.21				10	300	
Glaciolacustrine Clay						0.25	10	200	
Gravel	1.7	2.4	2				0.1	2	
Sand	1.7	2.3	2				0.1	2	
Glacial Till							0.5	20	
Saprolite (mafic volcanic rocks, schist)							50	500	
Saprolite (felsic volcanic rocks, granite, gneiss)							5	50	
Sandstone	1.61	2.76	2.35	0	20	0.4	1	20	
Shale	1.77	3.2	2.4	0.01	18	0.6	30	200	
Argillite							0.07	83.3	
Iron Formation							0.05	3300	
Limestone	1.93	2.9	2.55	0	3	0.3	0.01	1	
Dolomite	2.28	2.9	2.7	0	0.9	0.1	0.01	1	
Conglomerate							0.1	1	
Greywacke	2.6	2.7	2.65				0.09	0.24	
Coal			1.35			0.03	2	100	
Red Sediments			2.24	0.01	0.1				
Igneous Rocks									
Rhyolite	2.35	2.7	2.52	0.2	35				0.04
Andesite	2.4	2.8	2.61			160			
Granite	2.5	2.81	2.64	0	50	2.5			

Granodiorite	2.67	2.79	2.73						
Porphyry	2.6	2.89	2.74	0.3	200	60			
Quartz Porphyry				0	33	20	0.04	1.7	
Quartz Diorite	2.62	2.96	2.79						
Quartz Diorite, Dacite				38	191	83			
Diorite	2.72	2.99	2.85	0.6	120	85			
Diabase	2.5	3.2	2.91	1	160	55			0.03
Olivine Diabase						25			
Basalt	2.7	3.3	2.99	0.2	175	70			0.2
Gabbro	2.7	3.5	3.03	1	90	70			0.02
Hornblende Gabbro	2.98	3.18	3.08						
Peridotite	2.78	3.37	3.15	90	200	250			
Obsidian	2.2	2.4	2.3						
Pyroxenite	2.93	3.34	3.17			125			
Monzonite, Latite				33	135	85			
Acid Igneous Rocks	2.3	3.11	2.61	0	80	8			
Basic Igneous Rocks	2.09	3.17	2.79	0.5	97	25			
Mafic Volcanic Rocks							0.09	0.27	
Dacite	2.35	2.8	2.58						
Phonolite	2.45	2.71	2.59						
Trachyte	2.42	2.8	2.6	0	111	49			
Nepheline Syenite	2.53	2.7	2.61						
Syenite	2.6	2.95	2.77	0	111	49			
Anorthosite	2.64	2.94	2.78						
Norite	2.7	3.24	2.92						
Metamorphic Rocks									
Quartzite	2.5	2.7	2.6			4			
Schist	2.39	2.9	2.64	0.3	3	1.4			
Marble	2.6	2.9	2.75						
Serpentine	2.4	3.1	2.78	3	17				
Slate	2.7	2.9	2.79	0	35	6			
Gneiss	2.59	3	2.8	0.1	25				
Amphibolite	2.9	3.04	2.96			0.7			
Eclogite	3.2	3.54	3.37						
Granulite	2.52	2.73	2.65	3	30				
Phyllite	2.68	2.8	2.74			1.5			
Quartz Slate	2.63	2.91	2.77						
Chlorite Schist	2.75	2.98	2.87						
Skarn	2.95	3.15				2.5			1.25
Hornfels	2.9	3				0.31			0.05
Sulphide Minerals									

Chalcopyrite	4.1	4.3	4.2	0.02	0.4		1.11	6.67	
Galena	7.4	7.6	7.5			-0.03	1.11	1.47	
Pyrite	4.9	5.2	5	0.03	5.3		1.67	8.33	
Pyrrhotite	4.9	5.2	5		3200		6.25	5.00	
Sphalerite	3.5	4	3.75	-0.03	0.75		0.08	3.70	
Other									
Magnetite			5.04	1000	5700				1.92
Graphite	1.9	2.3	2.5	-0.08	0.2		1.01	3.57	

Compiled from Grant and West (1965), Keller and Frischknecht (1966), Carmichael (1982), Hunt et al. (1995), Palacky (1986), and Telford et al. (1990).

در واقع هدف ما از بررسی نقشه مغناطیس منطقه، یک ارزیابی کلی از ویژگیهای ساختمانهای زمین شناسی در سطح منطقه و بررسی امکان وجود گسلها و یا احیاناً توده‌های آذرینی است که در زیر سطح پنهان مانده‌اند. چرا که این امر نهایتاً می‌تواند در کارهای اکتشافی ما را یاری دهد.

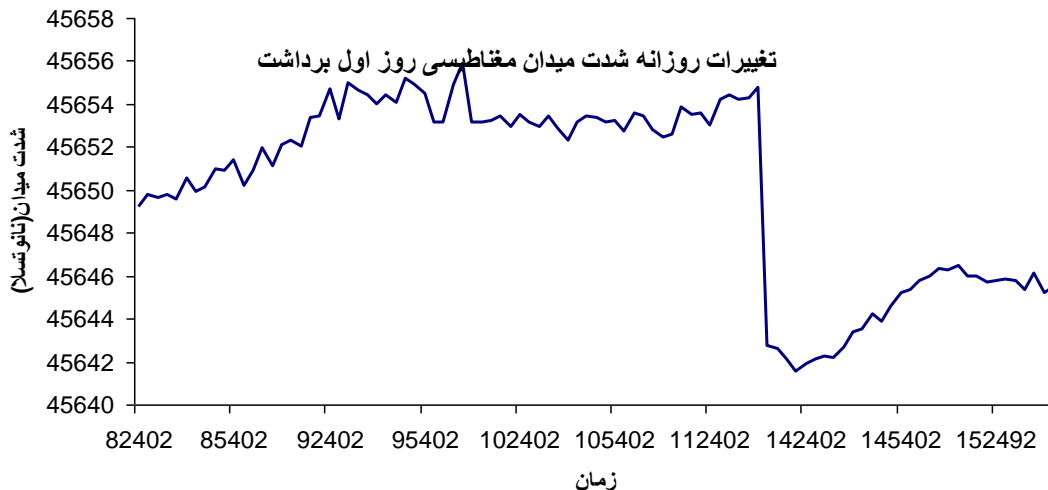
۳-۲-۲- نحوه انجام مطالعات

جهت انجام بررسیهای ژئوفیزیکی، تلاش گردید کلیه اطلاعات موجود زمین شناسی جمع آوری و پردازش گردد. در همین راستا نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰ و اطلاعات صحرائی مشاهده شده توسط کارشناسان ناظر تهیه و مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به اینکه روند عمومی ساختاری ویا در حقیقت روند عمومی لایه های رسوبی و لایه بندی اولیه گدازه ها تقریباً امتداد N80W دارد، با هماهنگی کارشناسان ناظر مقرر شد عملیات ژئوفیزیکی در محدوده مورد مطالعه با خط مبنایی با امتداد شرقی - غربی و برداشتهایی در جهت عمود بر آن یعنی شمالی - جنوبی با فواصل نقاط ۲۰ متر و فواصل پروفیل‌های ۵۰ متر صورت پذیرد.

عملیات برداشتهای صحرائی مغناطیسی در کلیه محدوده ها توسط دو دستگاه منیتومتر پیشرفته GSM19T که یکی بعنوان ایستگاه ثابت برای ثبت تغییرات روزانه (Diurnal Variations) و دیگری جهت اندازه گیری شدت کل میدان مغناطیسی در ایستگاهها توسط یک گروه از کارشناسان ژئوفیزیک طی مدت ۷ روز صورت گرفت.

در ادامه یک نمونه گراف تغییرات روزانه و نقشه‌های موقعیت ایستگاه‌های اندازه‌گیری (Location Map) در مناطقی که مطالعات صورت گرفته شده ارائه گردیده است.



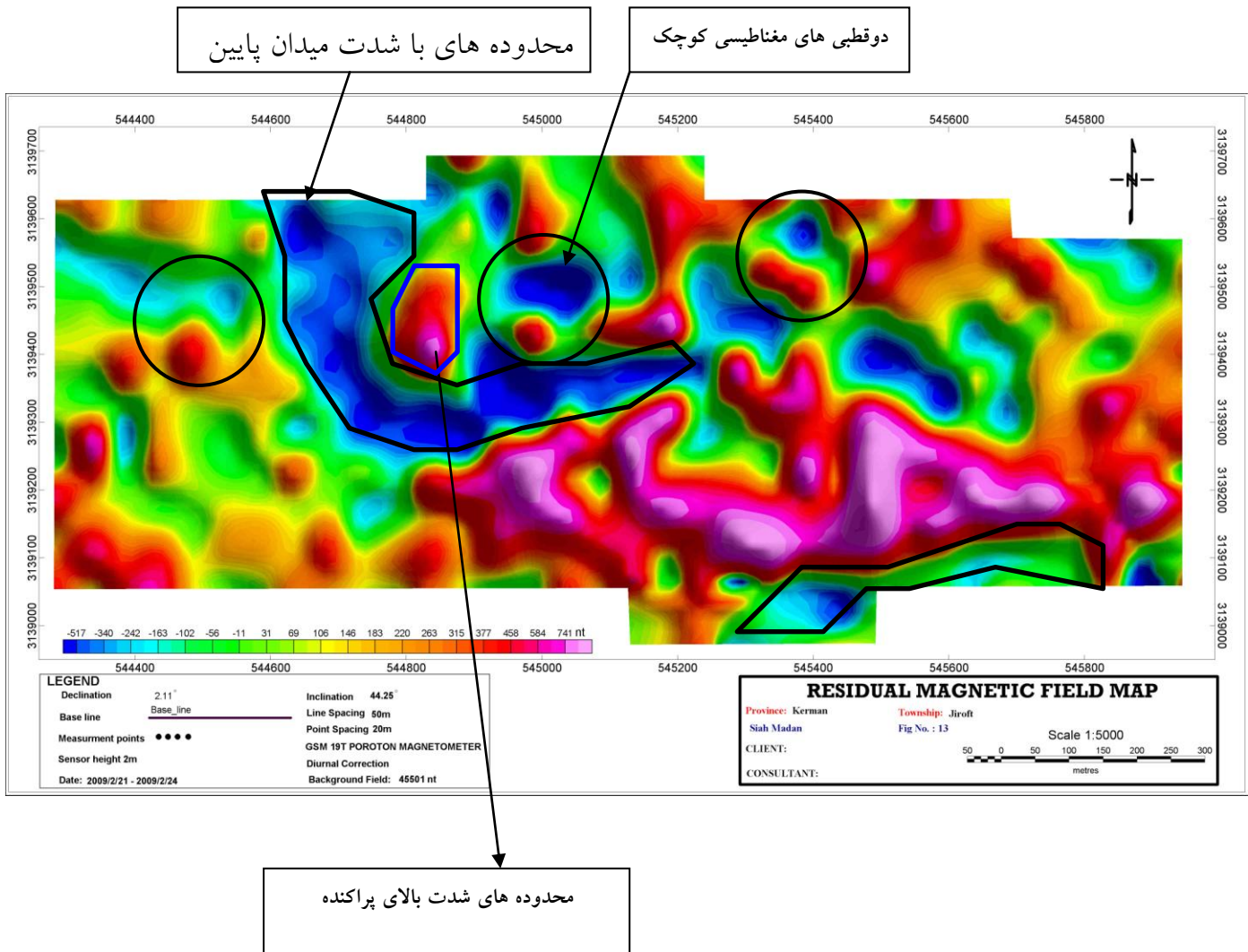
پس از انجام برداشتهای صحرائی و انجام تصحیحات لازم داده ها با استفاده از نرم افزار مخصوص پردازش داده های ژئوفیزیکی (Geosoft) مورد پردازش قرار گرفته و نتایج بصورت نقشه های مختلف تهیه و مورد تعبیر و تفسیر قرار گرفته است.

۳-۲-۳- معرفی نقشه‌های تهیه شده

۳ ۴ ۴ نقشه شدت باقیمانده میدان مغناطیسی (Residual Magnetic Intensity Map)

این نقشه که حاصل از اعمال مقدار تغییرات روزانه مغناطیسی و میدان زمین مرجع (IGRF) و کسر میزان شدت زمینه از داده های ثبت شده می باشد، نشاندهنده تغییرات شدت کل میدان مغناطیسی در مناطق مورد مطالعه می باشد این نقشه در تشخیص وجود دو قطبیهای مغناطیسی که بدلیل وجود توده های مغناطیسی شیب دار بوجود می آید مفید است. عمده ترین نکات قابل توجه در این نقشه وجود مناطقی با شدت میدان بالا به صورت پراکنده در مرکز و شمال شرق محدوده و دو قطبیهای مغناطیسی محدود و پراکنده ای که در مرکز و

شمال غرب و شرق محدوده دیده می شود و نکته قابل توجه اینکه جهت مغناطیدگی این دو قطبها با جهت کلی مغناطیدگی در محدوده تفاوت دارد که می تواند ناشی از تشکیل آنها در زمان متفاوتی باشد. نکته قابل توجه دیگر در این نقشه وجود دو محدوده با شدت کم و به شکل نواری در مرکز و جنوب محدوده برداشت می باشد.



۳ ۴ ۴ ۴ - نقشه برگردان به قطب (Reduced to Pole Magnetic Field Map)

در این نقشه اثر زوایای میل وانحراف مغناطیسی از روی داده ها حذف گردیده و آنومالی ها بر

روی منبع خود قرار می گیرند. در این حالت محل و شدت آنومالی ها قابل استناد می باشد.

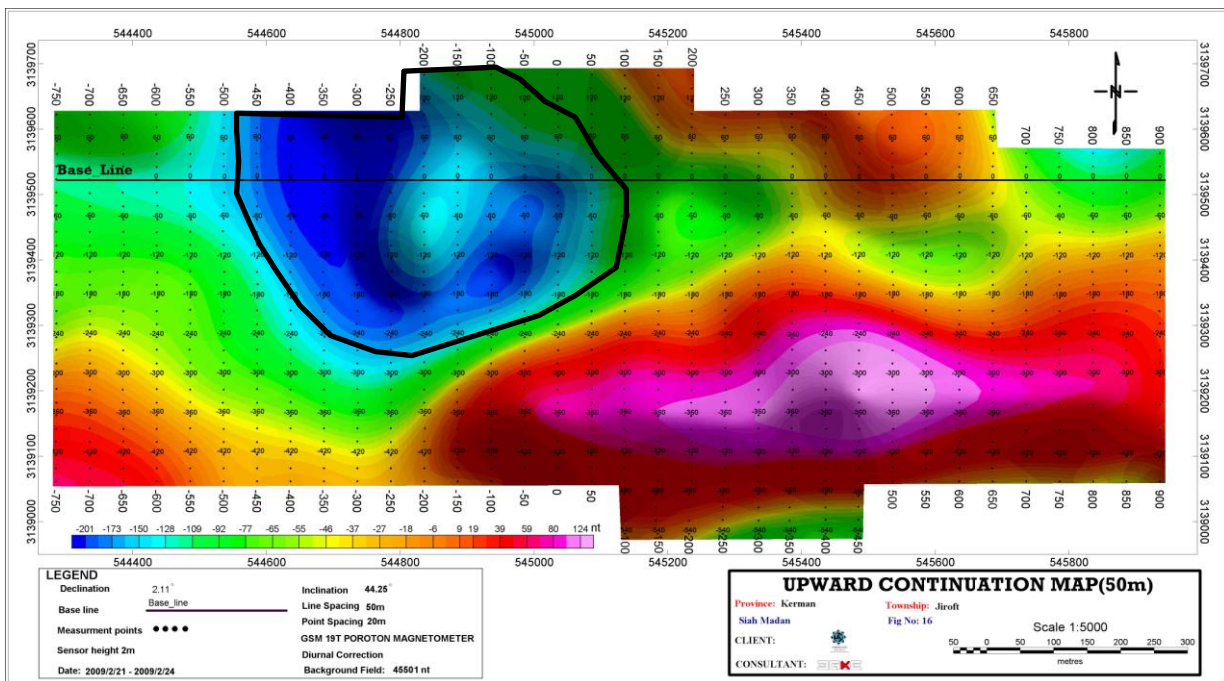
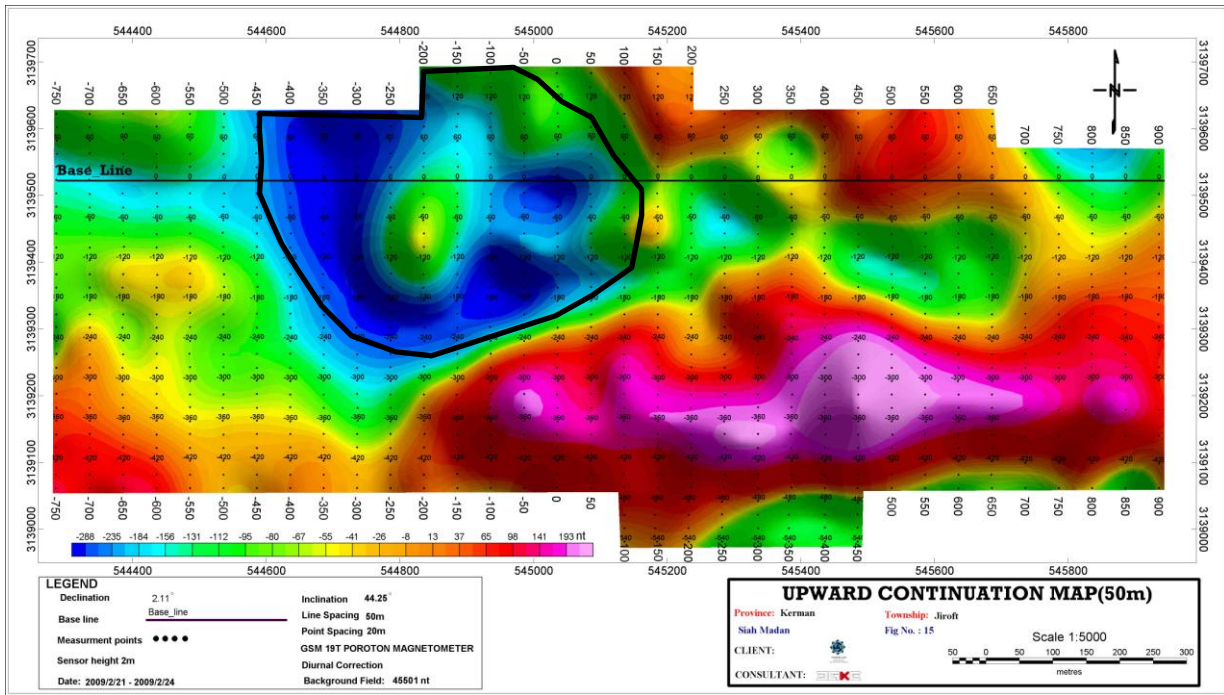
در این نقشه زون شدت پایین در جنوب محدوده به صورت کامل تری قابل مشاهده است.

۳ ۴ ۳ ۴ - نقشه های مشتق اول و دوم قائم (Second & First Vertical Derivative Map)

این نقشه ها تغییرات میدان مغناطیسی به اندازه واحد طول در جهت قائم را نشان میدهند. با اعمال این فیلترها می توان آنومالیهای کوچک و سطحی را که ممکن است در نقشه پسماند یا برگردان به قطب قابل مشاهده نباشند آشکار می شود. همچنین با استفاده از این نقشه می توان مرز واحدهای مغناطیسی و نیز خطواره ها را مشخص نمود. تعداد زیادی آنومالی کوچک در این محدوده دیده می شود و روند خطواره های قابل مشاهده شمال شرق - جنوب غرب و شمال غرب - جنوب شرق است.

۳ ۴ ۳ ۴ - نقشه های ادامه فراسو (Upward Continuation Map)

با اعمال فیلترهای ادامه فراسو در واقع فرض بر این قرار می گیرد که میدان را در ارتفاع بالاتری از سطح فعلی اندازه گیری نموده ایم. در این حالت آنومالیهای با طول موج بلند (فرکانس پایین) که مربوط به منابع عمیق تر هستند نسبت به آنومالیهای با طول موج کوتاه (فرکانس بالا) که مربوط به منابع سطحی و کوچک هستند تقویت و آشکارتر می گردند. بنابراین می توان امتداد آنومالیها در عمق یا سطح را بررسی نمود. با توجه به اینکه در این نقشه وضعیت توده های عمیق برای ما قابل توجه است بنابراین این فیلتر را برای عمق های ۵۰ و ۱۰۰ متر استفاده نموده ایم که نتایج آن در این نقشه ها نمایان است. با توجه به این نقشه ها مشاهده می شود که یک محدوده با شدت میدان کم به رنگ آبی در مرکز و شمال محدوده برداشت دیده می شود که احتمالاً ناشی از یک توده نفوذی عمیق می باشد.



۳-۲-۴- نتیجه گیری و پیشنهاد

با توجه به مشاهده تعدادی دوقطبی مغناطیسی در منطقه مورد مطالعه و انطباق آنها با رخنمون زمین شناسی و نقشه های IP/RS، به نظر می رسد که دوقطبی مغناطیسی که در مرکز محدوده برداشت قرار دارد بر روی رخنمون کانی سازی منطبق است و با توجه به اینکه دوقطبی های دیگری نیز دیده می شود که با آنومالیهای IP/RS منطبق هستند بررسی های بیشتر برای روشن شدن ارتباط بین این دوقطبی ها با کانی سازی های احتمالی دیگر پیشنهاد می شود.

