



وزارت  
صنایع و معادن  
سازمان زمین شناسی و  
اکتشافات معدنی کشور

معاونت اکتشاف  
مدیریت پشتیبانی اکتشاف

گروه ژئوفیزیک

انجام عملیات ژئوالکتریک جهت بررسی ضخامت آبرفت و تعیین  
سنگ کف در منطقه جاجرم - گرمه استان خراسان شمالی

توسط :  
فیروز جعفری

بهار ۱۳۹۰

## فهرست مطالب

فصل اول	۳
کلیات	۳
۱-۱- مقدمه	۳
۱-۲- موقعیت جغرافیایی و راههای ارتباطی	۳
۱-۳- مختصری از زمین شناسی منطقه	۵
فصل دوم	۷
روش های ژئوفیزیک	۷
۱-۲- روش ژئوالکترونیک	۷
۲-۲- آرایه سونداژ الکترونیک قائم یا گمانه الکترونیک:	۱۰
۳-۲- تجهیزات مورد استفاده	۱۱
۴-۲- عملیات صحرائی	۱۲
فصل سوم	۱۵
بررسی نتایج	۱۵
۱-۳- سونداژها بر روی پروفیل شماره ۱	۱۵
۲-۳- سونداژها بر روی پروفیل شماره ۲	۱۹
۳-۳- سونداژها بر روی پروفیل شماره ۳	۲۱
۴- نتیجه گیری و پیشنهادات	۲۳

## فصل اول

### کلیات

#### ۱-۱- مقدمه

پیرو در خواست مرکز مطالعات کاربردی سازمان زمین شناسی کشور برای تعیین عمق سنگ کف و ضخامت آبرفت بر روی نقشه های ۱/۲۵۰۰۰ جاجرم و گرمه در خراسان شمالی یک گروه از ژئوفیزیک زمینی سازمان در دو ماموریت ۱۳ و ۲۰ روزه با احکام به شماره ۳۴۲۱ و ۳۹۵۰ به منطقه گسیل شد. سرپرستی گروه به عهده فیروز جعفری و آقایان عباس باقری اسفندآبادی کارشناس همراه و ابراهیم ترک تکنسنین اکیپ را همراهی کردند.

در این ۲ ماموریت در کل ۳۲ سونداژ الکتریک با روش شلومبرژه در امتداد ۳ پروفیل با فاصله ایستگاهی ۱ تا ۲ کیلومتر برداشت گردید. هدف از این مطالعات تعیین سنگ کف و ضخامت آبرفت در امتداد پروفیل های انتخاب شده در دشت جاجرم می باشد.

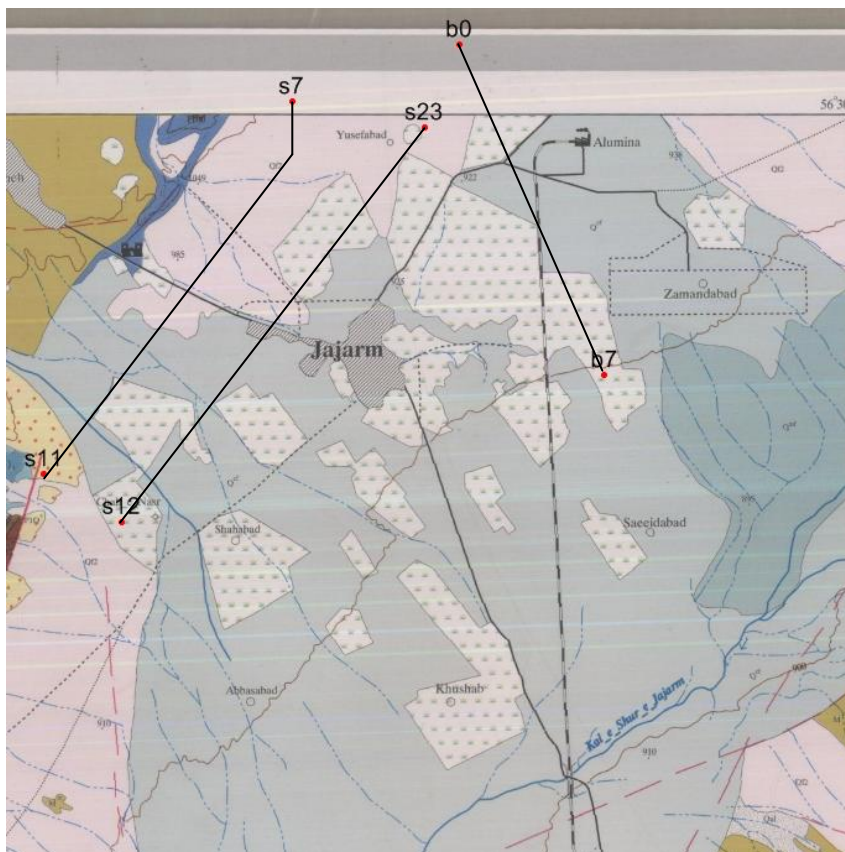
#### ۲-۱- موقعیت جغرافیایی و راههای ارتباطی

شکل ۱ موقعیت جغرافیایی جاجرم را نشان می دهد. بهترین راه دسترسی به منطقه از طریق خط راه آهن تهران مشهد که از ۴۰ کیلومتری جنوب جاجرم عبور می کند میباشد. از طریق جاده نیز پس از عبور از شهر میامی در مسیر تهران - مشهد به سمت شمال به گرمه و سپس جاجرم می رسیم.

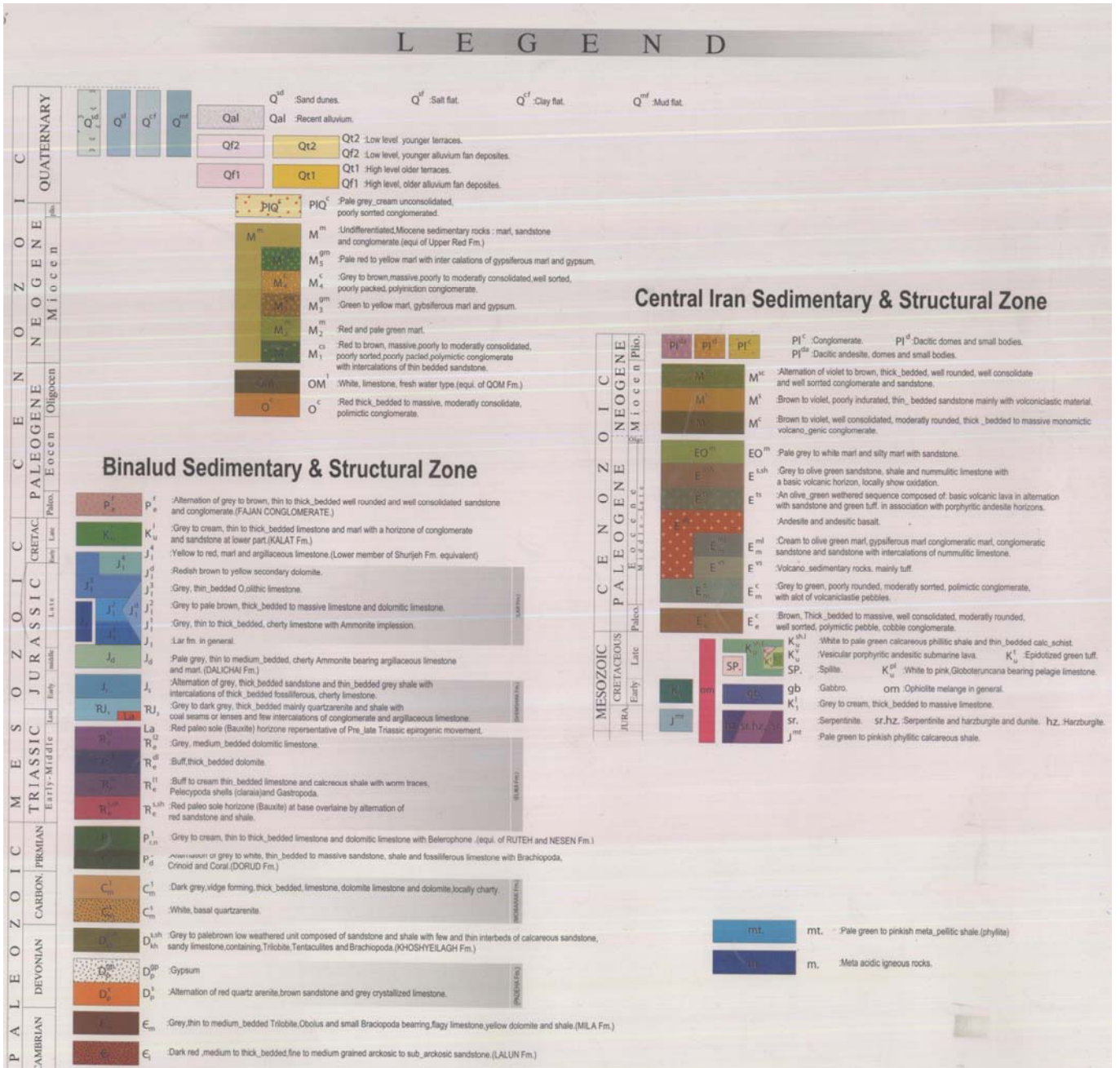


۱-۳- مختصری از زمین شناسی منطقه (برگرفته از نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ جاجرم)

محدوده مورد مطالعه در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ جاجرم واقع شده است در گستره این ورقه دو پهنه بینالود و ایران مرکزی هر دو وجود دارند. بخش شمالی این ورقه پهنه زمین شناسی ساختمانی بینالود و در بخش جنوبی آن پهنه زمین شناسی ساختمانی ایران مرکزی جای گرفته است. در این پهنه ها واحدهای سنگی از پرکامبرین تا عهد حاضر، بیشتر از سنگهای رسوبی رخنمون دارد. در محدوده مورد مطالعه نهشته های آبرفتی و رودخانه ای عهد حاضر شامل قله سنگ ، شن، رسهای سبتر لایه تا توده ای سخت شده همراه با پوسته نمکی ، تناوب مارن ، سنگ آهک و مارن نازک لایه با رنگ خاکستری وجود دارد.



شکل ۲- نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ منطقه مورد مطالعه



## فصل دوم

### روش های ژئوفیزیک

#### ۱-۲- روش ژئوالکتریک

در روش مقاومت سنجی جریان های الکتریکی مصنوعی توسط دو الکترود به زمین تزریق می شود و اختلاف پتانسیل متوجه بین دو نقطه در سطح زمین اندازه گیری می شود. انحراف از شکل اختلاف پتانسیل های قابل انتظار در مورد زون های هموزن اطلاعاتی در مورد شکل و خواص الکتریکی ناهمگونی های زیر سطحی ارائه می دهد.

مقاومت مخصوص یک ماده به عنوان مقاومت بین سطوح مخالف یک مکعب واحد از جسم بر حسب اهم متر تعریف می شود. مقاومت یکی از خواص فیزیکی سنگها می باشد که دارای تغییرات زیادی است. کانی های خاصی مانند فلزات طبیعی و گرافیت از طریق عبور الکترون ها جریان الکتریکی را هدایت می کنند لیکن بیشتر کانی های تشکیل دهنده سنگها غیر قابل نفوذ بوده و جریان الکتریکی عمدتاً از طریق یون های آب موجود در خلل و فرج سنگ شارژ می یابد.

بنابراین بیشتر سنگها الکتریسیته را بطریق الکترولیتی هدایت می کنند تا از طریق الکترونیکی، و این بدان معناست که تخلخل عمده ترین کنترل کننده مقاومت سنگ بوده و علاوه بر آن میزان آب درون خلل و فرج و مقاومت آب نیز در این جهت نقش اصلی را بازی می کنند و در حد وسیعی مقاومت سنگ را تغییر می دهند و بر این اساس هم پوشی قابل ملاحظه ای بین مقاومت الکتریکی انواع مختلف سنگها وجود دارد و در نتیجه مشخص کردن نوع سنگها تنها بر اساس داده های مقاومت سنجی امکان پذیر نمی باشد و باید حتماً عوامل فوق را مدنظر قرار داد.

در عمل اندازه گیری مقاومت الکتریکی بدین ترتیب انجام می شود که از طریق دو الکتروود جریان  $(A, B)$  جریان مستقیم به درون زمین فرستاده می شود و اختلاف پتانسیل حاصل بین دو الکتروود پتانسیل  $(M, N)$  در زمین اندازه گیری می شود و مقاومت از فرمول  $P = K.V / I$  محاسبه می گردد که در این فرمول  $V$  اختلاف پتانسیل اندازه گیری شده و  $I$  شدت جریان تزریق شده به زمین و  $K$  ضریب ژئومتری آرایش مورد استفاده بوده و اگرچه برای هر آرایش می توان فرمول آن را بیان کرد ولی فرمول کلی محاسبه این ضریب بصورت زیر می باشد.

$$K = 2\pi \cdot \frac{1}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN}}$$

وقتی جنس زمین یکنواخت باشد مقاومت محاسبه شده بر اساس این معادله ثابت بوده و مستقل از فاصله الکتروودها خواهد بود ولی اگر غیریکنواختی زیرسطحی، موجود باشد مقاومت با موقعیت نسبی الکتروودها تغییر می کند و هر مقدار محاسبه شده به عنوان مقاومت ظاهری  $(a)$  نامیده خواهد شد و تابعی از شکل غیریکنواختی مربوطه خواهد بود.

بطور کلی قابلیت هدایت سنگها تابعی از حجم خلل و فرج سنگ، وضع قرار گرفتن خلل و فرج و نحوه ارتباط آنها با یکدیگر، قابلیت هدایت آبی که خلل و فرج را پر کرده و حجمی از خلل و فرج که از آب پر شده مرتبط است. لذا مقدار مقاومت ویژه برای سنگها یک عدد مطلق نیست و در منطقه بایستی تعیین شود. جدول زیر حدود تغییرات برخی از سنگها را نشان میدهد.



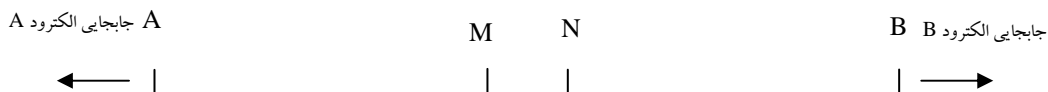
سنگ یا آب	مقاومت
آب دریا	۰/۰۲
آب سفره های آبرفتی	۱۰ - ۳۰
آب چشمه	۵۰ - ۱۰۰
ماسه و شن خشک	۱۰۰۰ - ۱۰۰۰۰
ماسه و شن آغشته به آب شیرین	۵۰ - ۵۰۰
ماسه و شن آغشته به آب شور	۰/۵ - ۵
رس	۲ - ۲۰
مارن	۱۰ - ۲۰
آهک	۳۰۰ - ۱۰۰۰۰
ماسه رس	۵۰ - ۳۰۰
ماسه کوارتزیتی	۳۰۰ - ۱۰۰۰۰
دلریت و توفهای ولکانیکی	۲۰ - ۱۰۰
لاوا	۳۰۰ - ۱۰۰۰۰
شیستهای گرانیتی	۰/۵ - ۵
شیست های رسی و آلتره	۱۰۰ - ۳۰۰
شیست های دست نخورده	۳۰۰ - ۳۰۰۰
گنیس و گرانیت آلتره	۱۰۰ - ۱۰۰۰
گنیس و گرانیت تازه	۱۰۰۰ - بینهایت

جدول شماره ۱- حدود تغییرات مقاومت ویژه

## ۲-۲- آرایه سونداژ الکتریکی قائم یا گمانه الکتریکی:

این آرایش عمدتاً در مطالعه سطوح افقی مورد استفاده قرار می‌گیرد، در این روش پس از هر اندازه‌گیری الکترودهای جریان و پتانسیل در همان موقعیت نسبی باقیمانده و کل آنها بطور فزاینده حول یک نقطه مرکزی از هم دور می‌شوند در نتیجه همانطور که جریان به تدریج به اعماق بیشتر می‌رسد قرائت‌ها انجام می‌گیرد. در آرایش شلومبرگر فاصله الکترودهای جریان همیشه مساوی یا بزرگتر از ۵ برابر الکترودهای پتانسیل است ( $AB > 5MN$ ) و الکترودهای پتانسیل در میان الکترودهای جریان قرار می‌گیرند (شکل ۲).

پس از انجام اندازه‌گیری‌های صحرائی و محاسبه  $a$  از رابطه  $K.V/I$  ابتدا نمودار تغییرات مقاومت در مقابل زیاد شدن فاصله الکترودهای جریان یعنی افزایش عمق نشان داده می‌شود. برای اینکار از کاغذهای مخصوص لگاریتمی استفاده می‌شود، بدین ترتیب که مقاومت ظاهری اندازه‌گیری شده روی محور قائم و فاصله  $OA = AB/2$  را روی محور افقی در نظر گرفته و منحنی سونداژ الکتریکی ترسیم می‌گردد که تغییرات این منحنی نشان‌دهنده تغییرات مقاومت در عمق‌های مختلف می‌باشد.



شکل ۲: آرایش شلومبرگر

### ۲-۳- تجهیزات مورد استفاده

جهت انجام برداشت های ژئوالکتریک در منطقه مورد مطالعه از دستگاه ساخت شرکت *ABEM* با نام *TRRAMETER SAS 300 B* استفاده شده است. این دستگاه قابلیت ارسال جریان تا ۲۰ میلی آمپر و با ولتاژ ۱۶۰ ولت را داراست که با اضافه کردن بوستر جهت تقویت ولتاژ این مقدار تا ۴۰۰ ولت قابل افزایش است. خروجی این دستگاه مقادیر  $V/I$  میباشد که با دقت ۰/۰۵ میلی اهم قابل قرائت است. این دستگاه با باتری ۱۲ ولت کار میکند و وزن کلی آن با باتری ۵/۶ کیلوگرم بوده و بسیار راحت و دارای قابلیت حمل آسان است. عکس این دستگاه به همراه بوستر را نشان میدهد.



تصویر شماره ۱ - دستگاه ترامتر به همراه بوستر

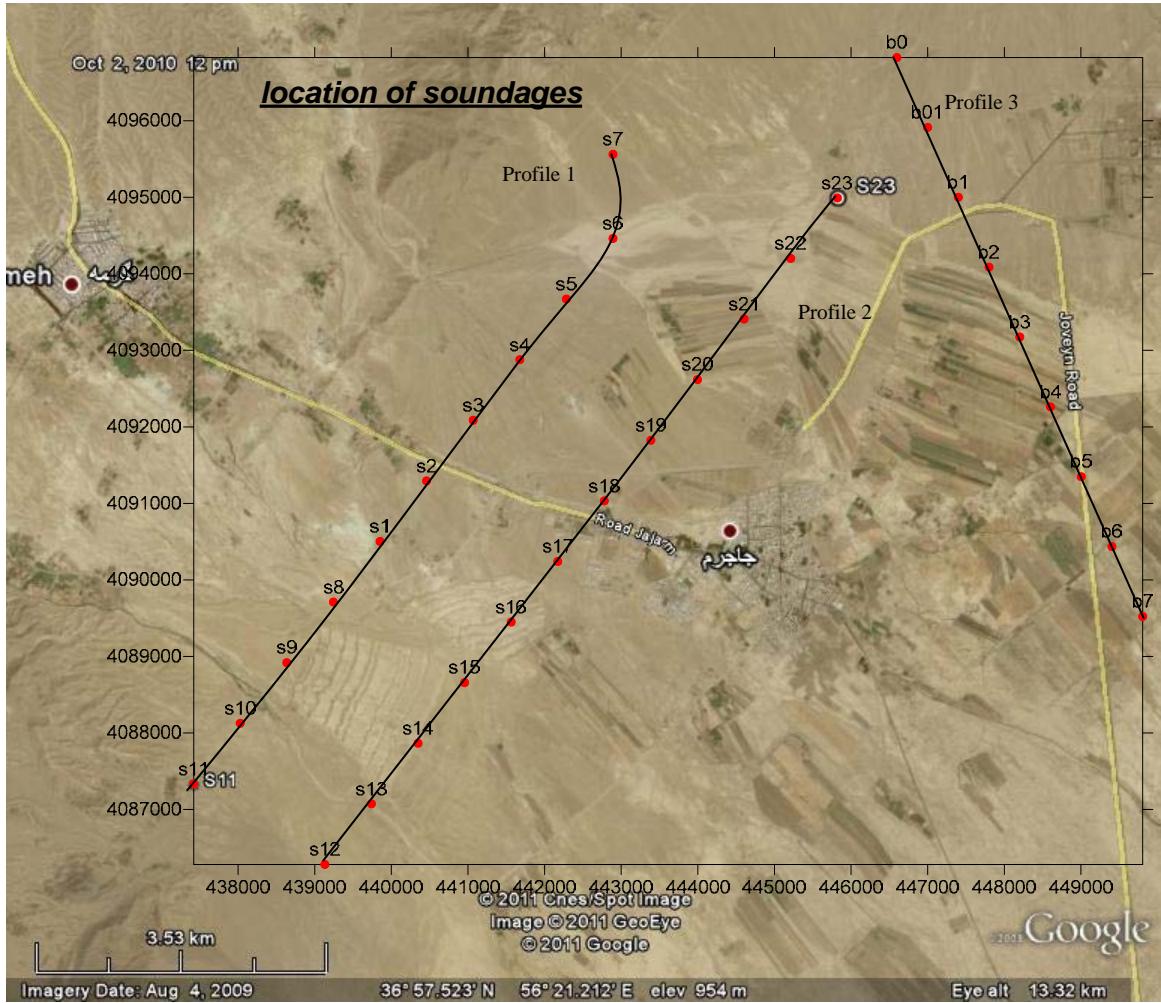
## ۴-۲ - عملیات صحرائی

برداشتها در منطقه از نقطه s1 آغاز و به سمت شمال با فاصله ۱ کیلومتر از هم با آزمون ۳۷ درجه تا s6 ادامه یافت. سپس ایستگاه s7 درست در شمال s6 و به فاصله ۱ کیلومتر از آن قرار گرفته است. این ایستگاه به علت نزدیکی به کوه انتخاب شده است. در ادامه به سمت جنوب ایستگاه s8 تا s11 با همین امتداد برداشت شده است. این پروفیل با شماره ۱ معرفی می شود.

پروفیل بعدی یا پروفیل شماره ۲ از ایستگاه s12 در جنوب آغاز و تا ایستگاه s23 با همان آزمون ۳۷ درجه و موازی پروفیل شماره ۱ به فاصله ۲ کیلومتر از آن برداشت شده است.

پروفیل شماره ۳ از ایستگاه b1 در شمال آغاز و با آزمون ۱۵۷ درجه تا ایستگاه b7 ادامه یافته است. از این ایستگاه به جنوب ادامه مطالعات عملاً به دلایل ذیل غیر ممکن گردید. اول اینکه شرایط آب و هوایی بطور کلی برفی و بارانی شده و دوم اینکه ضخامت آبرفت با توجه به مقاومت ویژه بسیار کم به سختی و ابهام قابل تعیین می باشد. موقعیت ایستگاه های بعدی نیز روی زمین کنترل شد و مشخص گردید که ایستگاه ها همچنان در دشت ادامه داشته و در جنوب، حداقل در محدوده این نقشه ها به هیچ ارتفاعی نزدیک نمی شود. اما به سمت شمال با آزمون ۳۳۷ درجه ایستگاه b01 در ۱ کیلومتری و ایستگاه b0 در ۲ کیلومتری نیز برای رسیدن به ارتفاعات شمالی انتخاب و برداشت شد. تصویر شماره ۲ موقعیت پروفیل ها و سونداژها را نشان می دهد.

در فصل بعد نتایج سونداژهای برداشت شده به همراه مدل برازش شده با استفاده از نرم افزار IPI2WIN ارایه شده است. در ادامه نیز پروفیل ها به ترتیب از شماره یک الی سه آورده شده است.



تصویر شماره ۲- تصویر گوگل از موقعیت پروفیل ها و سونداژها در دشت ججرم



تصویر شماره ۳- نمایی از انجام برداشت ها در منطقه

## فصل سوم

### بررسی نتایج

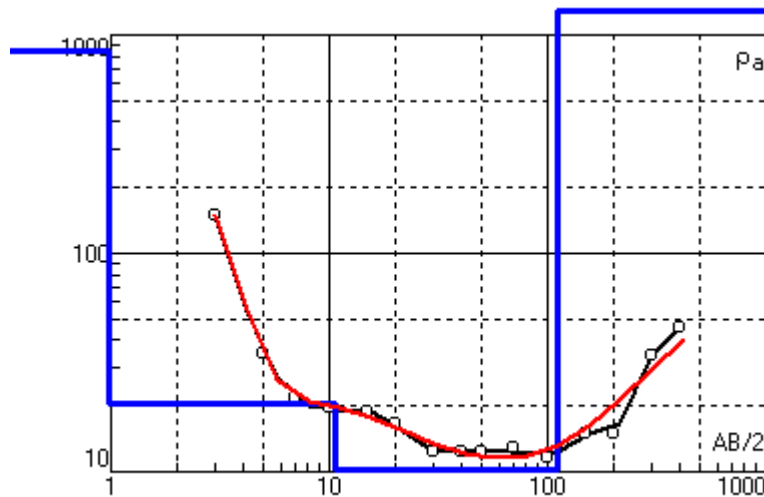
#### ۳-۱ - سونداژها بر روی پروفیل شماره ۱

شکل شماره سونداژ S10 بر روی پروفیل شماره ۱ را نشان می دهد. چنانچه در نمونه سونداژ نمایش داده شده در زیر دیده می شود یک مدل سه لایه با رنگ آبی به داده ها برازش شده است. این مدل بر اساس منحنی قرمز رنگ که به داده های اصلی برازش شده بدست آمده است. دایره های کوچک تو خالی مقدار برداشتها و خط مشکی منحنی عبور داده شده از آن را نشان می دهد.

بدین ترتیب مطابق با جدول ارایه شده در زیر می توان دید لایه اول مقاومت ویژه ۸۴۲ اهم متر و ضخامتی حدود ۱ متر داشته و سپس لایه دوم با ضخامت ۹/۷ متر تا عمق ۱۰/۷ متری نسبت به سطح توپوگرافی ادامه یافته است. از این عمق به بعد مقدار مقاومت کمتر شده و تا ۱۱۱ متری یک لایه با ضخامت ۱۰۰ متر و مقاومت ۱۰ اهم متر که تقریباً با لایه دوم مشابه است دیده می شود. از این به بعد مقدار مقاومت افزایش یافته است و تا ۱۱۸۰۰ اهم متر که می تواند به سنگ کف آهکی مرتبط باشد رسیده است. بنابر این عمق سنگ کف در زیر این ایستگاه ۱۱۱ متر پیش بینی می شود. به همین ترتیب در مواردی که منحنی برگشته یا اصطلاحاً بالا آمده است می توان عمق سنگ کف را در این منطقه تعیین نمود و در مواردی که منحنی به بالا صعود نمی کند می توان حدس زد که عمق سنگ کف که احتمالاً آهکی هم هست از عمق تجسس در این برداشتها که حداکثر تا ۱۴۰۰ متر برای خط جریان باز شده است بیشتر بوده است. اگر حداکثر عمق

تجسس را از یک چهارم تا یک ششم طول خط جریان در نظر بگیریم که این می تواند در هر منطقه با توجه به جنس سنگ منطقه متفاوت باشد، حداکثر عمق تجسس در بهترین حالت در این منطقه ۲۵۰ تا ۳۵۰ متر خواهد بود.

در ادامه با توجه به نتایج بدست آمده از مدل هر سونداژ منحنی سنگ کف در جاهاییکه ممکن بوده ترسیم شده است.



□

N	$\rho$	h	d	Alt
1	842	0.977	0.977	-0.977
2	20.5	9.72	10.7	-10.7
3	10.3	100	111	-110.7
4	4034			

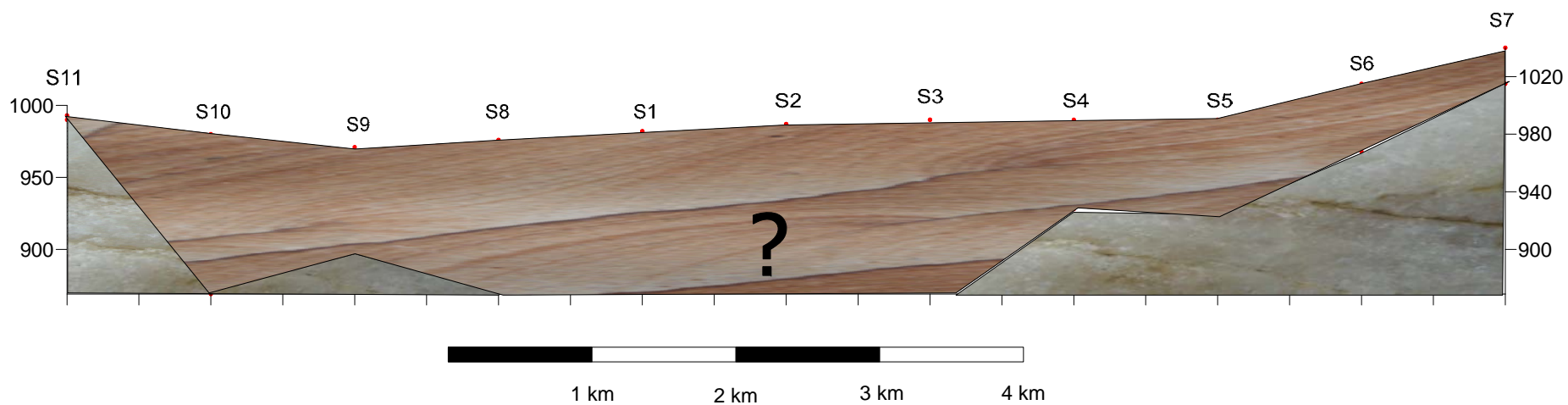
شکل شماره ۳- نمونه سونداژ برداشت شده ( سونداژ شماره ۱۰ از پروفیل شماره ۱ )



شماره سونداژ	xutm	yutm	عمق سنگ کف بر حسب متر
S11	437420	4087334	-3
S10	438028	4088126	-111
S9	438636	4088918	-72
S8	439244	4089710	-106
S1	439852	4090502	به سنگ کف نرسیده
S2	440460	4091294	به سنگ کف نرسیده
S3	441068	4092086	به سنگ کف نرسیده
S4	441676	4092878	-62
S5	442284	4093670	-66
S6	442892	4094462	-47
S7	442892	4095562	-25

جدول شماره ۲- موقعیت جغرافیایی و عمق سنگ کف در پروفیل شماره ۱

بر روی پروفیل شماره ۱ لایه رسوبی در سطح شامل یک لایه نازک سطحی خشک و با مقاومت نسبی بیشتر است که بلافاصله با لایه با مقاومت کم و رطوبت بیشتر و در اکثر جاها یک یا دو لایه نازک آبدار که اغلب شور بوده و هدایت را بسیار بالا برده است دنبال می شود. در نهایت در صورتیکه سنگ کف در عمق جستجو قرار گرفته باشد با مقاومت زیاد خود را جدا می نماید. در شکل شماره ۴ محل سونداژها و موقعیت سنگ کف در زیر هر کدام نشان داده شده است. جاهاییکه با علامت سوال و چهار گوش خط چین و سفید نشان داده شده است عمق سنگ کف بدست نیامده است. خط چین ها بطور فرضی کشیده شده است. شکل شماره ۴ مقطع ژئوالکتریک در رابطه با عمق سنگ کف یا به عبارت دیگر عمق سنگ کف را نشان می دهد.



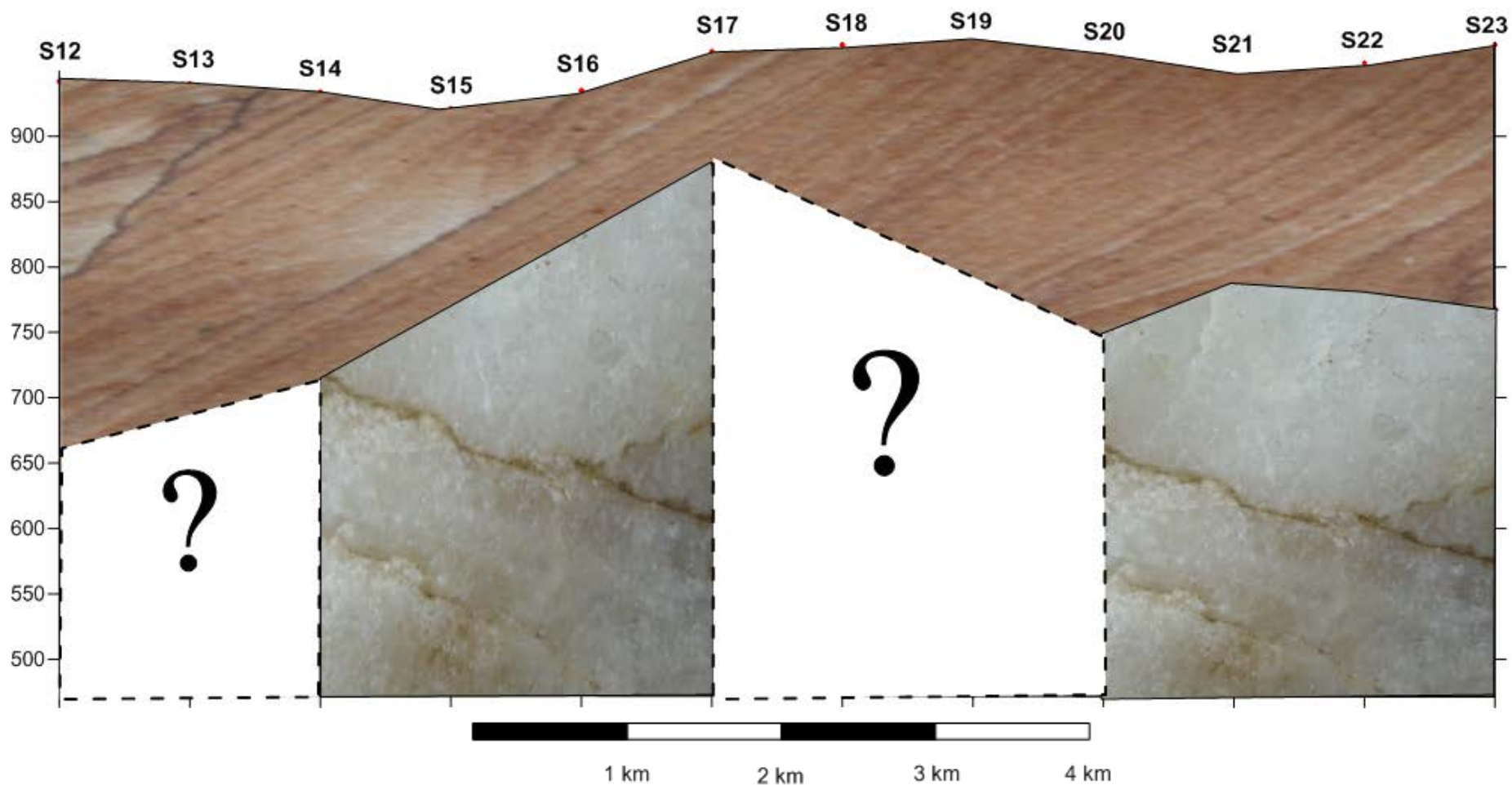
شکل شماره ۴- نمایش موقعیت سنگ کف بر روی پروفیل شماره ۱

### ۳-۲- سونداژها بر روی پروفیل شماره ۲

بر روی این پروفیل سونداژها از S12 در جنوب غرب و در نزدیکی کوه آغاز شده و با همان آزیموت ۳۷ درجه به سمت شمال شرق تا ایستگاه S23 ادامه یافته است. جدول زیر عمق تقریبی سنگ کف حدفصل سونداژ S12 تا S23 را نشان می دهد. شکل شماره ۵ مقطع ژئوالکتریک در رابطه با عمق سنگ کف یا به عبارت دیگر عمق سنگ کف را نشان می دهد.

شماره سونداژ	xutm	yutm	عمق سنگ کف برحسب متر
S12	439132	4086281	به کف نرسیده
S13	439740	4087073	به کف نرسیده
S14	440348	4087865	-217
S15	440956	4088657	به کف نرسیده
S16	441564	4089449	برداشت نشد
S17	442172	4090241	-84
S18	442780	4091033	به کف نرسیده
S19	443388	4091825	به کف نرسیده
S20	443996	4092617	-213
S21	444604	4093409	-158
S22	445212	4094201	-175
S23	445820	4094993	-202

جدول شماره ۳- موقعیت جغرافیایی و عمق سنگ کف در پروفیل شماره ۲



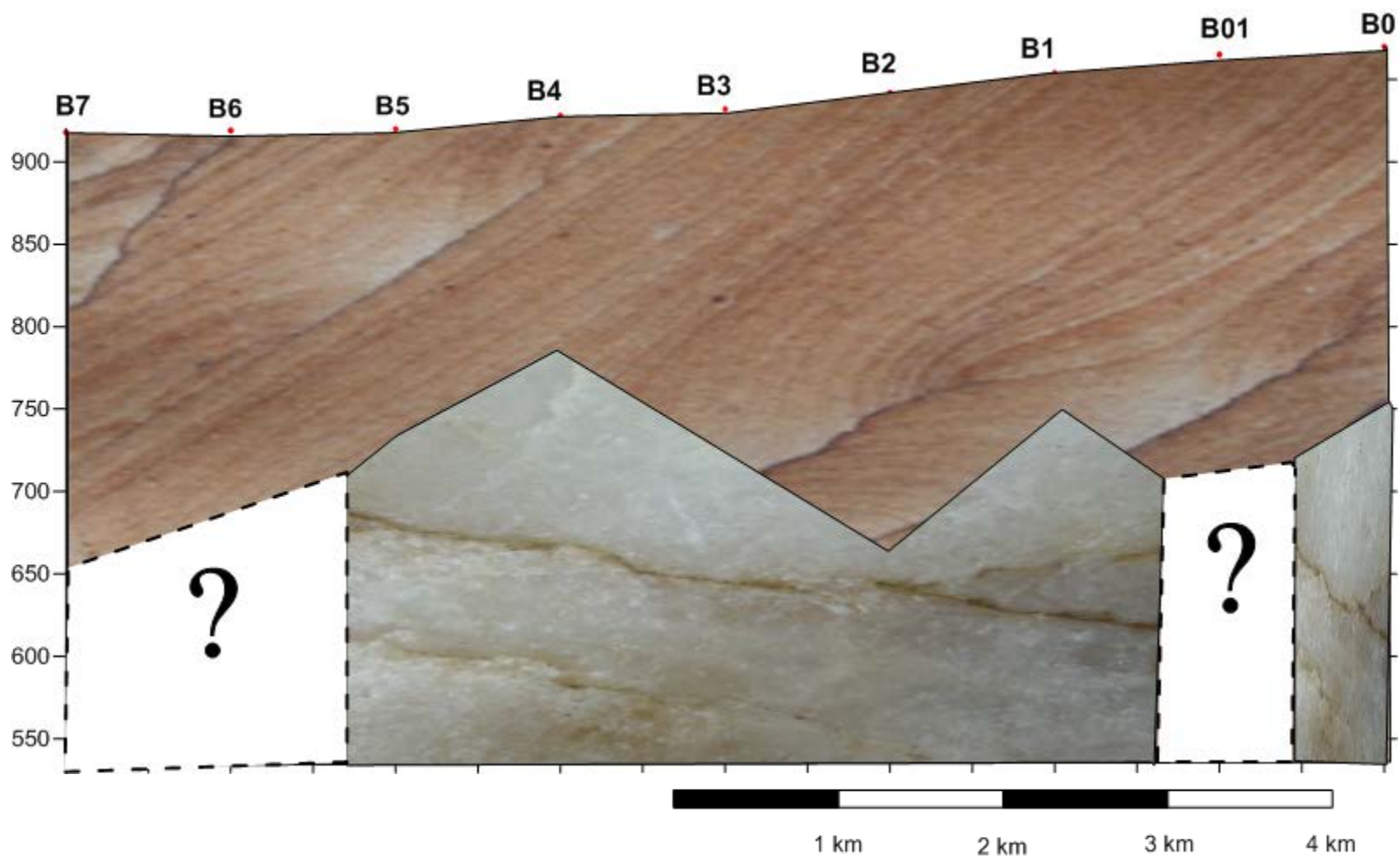
شکل شماره ۵- نمایش موقعیت سنگ کف بر روی پروفیل شماره ۲

### ۳-۳- سونداژها بر روی پروفیل شماره ۳

بر روی این پروفیل سونداژها از b0 در شمال و در نزدیکی کوه آغاز شده و با همان آزیموت ۱۵۷ درجه به سمت جنوب تا ایستگاه b7 ادامه یافته است. جدول زیر عمق تقریبی سنگ کف در منطقه را نشان می دهد. شکل شماره ۶ مقطع ژئوالکتریک در رابطه با عمق سنگ کف یا به عبارت دیگر عمق سنگ کف را نشان می دهد.

شماره سونداژ	xutm	yutm	عمق سنگ کف بر حسب متر
b0	446598	4096826	-214
b01	446999	4095913	به سنگ کف نرسید
b1	447400	4095000	-205
b2	447801	4094087	-274
b3	448202	4093174	-395
b4	448603	4092261	-141
b5	449004	4091348	-180
b6	449405	4090435	برداشت نشد
b7	449806	4089522	به سنگ کف نرسید

جدول شماره ۴- موقعیت جغرافیایی و عمق سنگ کف در پروفیل شماره ۳



شکل شماره ۶- نمایش موقعیت سنگ کف بر روی پروفیل شماره ۳

## ۴- نتیجه گیری و پیشنهادات

بطور کلی میتوان چند مطلب را با استفاده از نتایج مطالعات ژئوفیزیک مطرح کرد:

- ۱- در این منطقه برداشت ژئوالکتریک با توجه به شوری آبهای نزدیک به سطح با دشواری انجام و برای رفتن به عمق زیاد محدودیت به وجود می آورد.
- ۲- بر روی دشت مورد مطالعه سه پروفیل و در کل ۳۲ سونداژ ژئوالکتریک برداشت شد. بعضی از برداشتها تا طول خط جریان ۱۴۰۰ متر نیز ادامه یافت.
- ۳- چنانچه می توان حدس زد در دو طرف دشت هر جا که به کوه نزدیک شده ایم عمق سنگ کف کم شده است.
- ۴- به سمت مرکز دشت عمق سنگ کف زیاد شده و در بعضی جاها به مقداری افزایش داشته که عمق کف دشت غیر قابل تعیین بوده است.
- ۵- زیر ایستگاه های S4 , S21 , B1 , B4 و S17 کف دشت بالا آمده است.

## تشکر و قدردانی

در اینجا لازم می دانیم از جناب آقای مهندس ابراهیم شاهین مدیریت محترم پشتیبانی اکتشاف ،  
آقای مهندس علیرضا عامری رئیس گروه ژئوفیزیک که در مراحل مختلف عملیات و تهیه این گزارش و  
بازخوانی آن اینجانب را یاری دادند و همچنین از مدیریت محترم معدن بوکسیت جاجرم برای ایجاد امکان  
اسکان تشکر و قدردانی می نمایم.

با تشکر

فیروز جعفری