

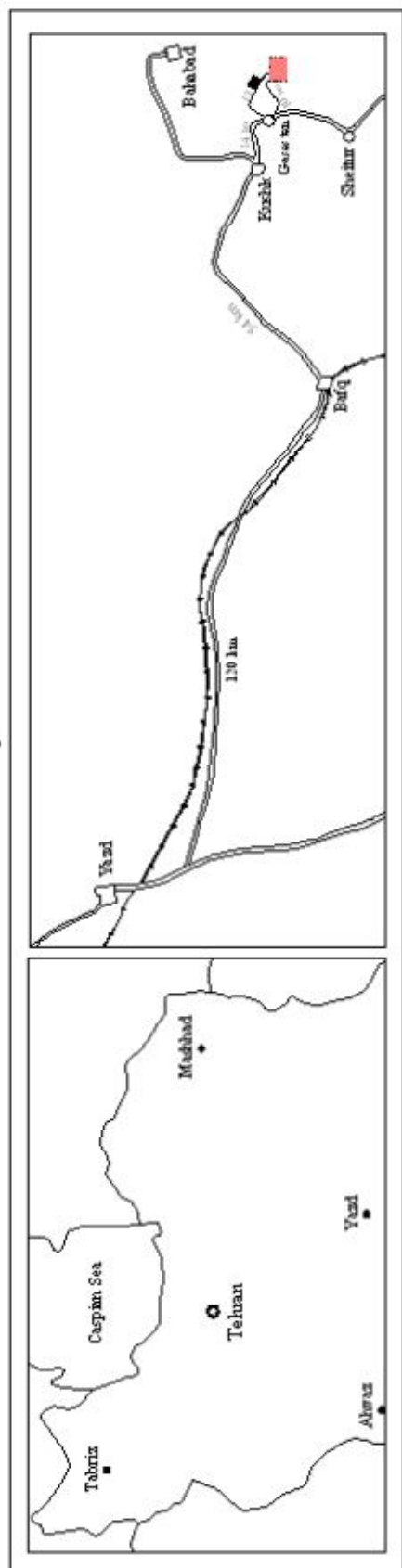
فصل اول

کلمات

۱-۱- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به منطقه مورد مطالعه

کانسار گزستان در استان یزد و در حدود ۷۸ کیلومتری شهرستان بافق و ۱۰ کیلومتری جنوب شرقی روستای گزستان واقع شده است. راه دسترسی به کانسار گزستان از طریق جاده آسفالت بافق - کوشک - شیطان می باشد. بدین طریق که بعد از طی حدود ۷۰ کیلومتر در مسیر بافق به شیطان و بعد از طی ۳ کیلومتر به سمت جنوب روستای گزستان توسط یک جاده خاکی به طول ۸ کیلومتر به محدوده اکتشافی گزستان می رسیم.

کانسار گزستان دارای طول جغرافیایی  $20^{\circ}$  ،  $55^{\circ}$  ،  $55^{\circ}$  الی  $59^{\circ}$  ،  $55^{\circ}$  شرقی و  $25^{\circ}$  ،  $39^{\circ}$  ،  $31^{\circ}$  الی  $25^{\circ}$  ،  $41^{\circ}$  ،  $31^{\circ}$  عرض شمالی می باشد شکل ۱ موقعیت و راههای دسترسی به آن را نشان می دهد.



شکل ۱ - موقعیت جغرافیایی کانسار گزستان و راههای دسترسی به آن

## ۲-۱- مطالعات انجام شده قبلی بر روی کانسار گزستان

### ۱-۲-۱- عملیات اکتشاف توسط شرکت ملی فولاد ایران

مطالعات زمین‌شناسی و اکتشافی در منطقه معدنی بافق توسط محققین زیادی در طی سالیان متمادی و با اهداف مختلفی انجام شده است. اما بطور خاص بر روی کانسار گزستان<sup>۱</sup> شرکت ملی فولاد ایران مطالعات زمین‌شناسی و اکتشافی بمنظور اکتشاف آهن انجام داده است که طی این مطالعات نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰ کانسار در سال ۱۹۶۹ تهیه گردیده و در اوایل سال ۱۹۷۰ عملیات معدنی و حفاری در شمال شرق محدوده کانسار آغاز گردیده است که با عملیات ژئوفیزیکی (مغناطیس‌سنجی و ثقل‌سنجی) در کل محدوده و حفاری دو حلقه چاه اکتشافی همراه بوده است.

نتایج آنالیزهای شیمیایی مقدار آهن را ۶۰-۴۰ درصد، فسفر ۱/۸-۰/۲ درصد و مقدار گوگرد را ناچیز (۹٪- ۵٪ درصد) معرفی کرده است. هم‌چنین بر اساس مطالعات مغناطیس‌سنجی عمق لبه بالایی توده‌های معدنی ۳۰-۵ متر است و تا عمق ۲۰۰-۵۰ متری گسترش داشته و ضخامت افقی آنها ۱۵۰-۲۰ متر می‌باشد. ذخیره‌ای که براساس تحقیقات زمین‌شناسی و ژئوفیزیکی بطور مقدماتی برای کانسار گزستان ارزیابی گردیده، بین ۵۰-۳۰ میلیون تن آهن کم عیار بوده است (درژی و جمالی ۱۳۸۲).

کریودیک و میخایلوو (۲۰۰۱) درباره پتانسیل کانی‌سازی عناصر خاکی کمیاب در ایران و پتانسیل عناصر مذکور در ایران مرکزی مطالعاتی انجام داده اند. طبق نظر ایشان منطقه گزستان با توجه به اکتشاف کانه‌های آپاتیت - مگنتیت به عنوان منشا عناصر خاکی کمیاب در آن و امکان استخراج همزمان آن با کانسار آپاتیت اسفوردی و رخدادهای آپاتیت چغارت و چادرملو، یک مورد خیلی مناسب می‌باشد.

در کانسار گزستان عیار REE در کانه‌ها و آپاتیت‌های آن ۱/۶۸ تا ۲/۱۳ درصد هم می‌رسد و با توجه به ابعاد توده‌های معدنی (۵۰ الی ۷۰ متر)، میزان آپاتیت (تا ۳۰ درصد)، عیار REE (تا ۲ درصد) و گسترش زون کانی‌سازی (تا یک کیلومتر)، ذخیره استنباطی کانسار گزستان تا عمق ۱۰۰ متر، ۱ الی ۱/۵ میلیون تن و ۱۵۰۰۰ تا ۲۵۰۰۰ تن عناصر خاکی کمیاب تخمین زده شده است (کریودیک و میخایلوو ۲۰۰۱).

### ۱-۲-۲- پی جویی در منطقه بافق - پشت بادام

با توجه به گسترش کمپلکس‌های مافیک - اولترامافیک آلکالی و سنگ‌های فلدسپاتوئید دار که سنگ میزبان فسفات آذرین شناخته شده‌اند و در چارچوب طرح پی‌جویی فسفات آذرین در آذربایجان و ایران مرکزی، منطقه بافق - پشت بادام (بعنوان یکی از ۷ منطقه امید بخش در سطح کشور) در گستره‌ای به طول ۱۵۰ کیلومتر در عرض ۱۲۵ کیلومتر مورد پی‌جویی‌های اکتشافی قرار گرفته است و نهایتاً کانسار گزستان بعنوان یکی از مناطق پتانسیل‌دار جهت ادامه مطالعات زمین‌شناسی و اکتشافی معرفی و عملیات اکتشاف عمومی با هدف تعیین

<sup>۱</sup> در گزارشات شرکت ملی فولاد ایران از کانسار گزستان با عنوان آنومالی آهن شیپور نام برده شده است.

حدود و میزان گسترش مناطق کانه‌دار، بدست آوردن عیار متوسط فسفات و تعیین ذخیره احتمالی در سال ۱۳۷۹ معرفی و پیشنهادات ذیل جهت ادامه کار ارائه گردیده است (درژی و عشق‌آبادی ۱۳۷۸):

۱. تهیه نقشه زمین شناسی ۱:۲۰۰۰۰ در وسعت ۳۵ کیلومتر مربع
۲. حفر ترانشه به مقدار کافی
۳. حفر چاهکهای اکتشافی در بخش های پوشیده شده
۴. نمونه گیری سیستماتیک از زونهای کانی سازی در امتداد ترانشه ها و چاهک ها برای تعیین عیار  $P_2O_5$  و خاکهای نادر
۵. تعیین گسترش سطحی زونهای کانی سازی و تعیین محدوده مناسب برای اکتشافات عمومی
۶. برآورد ذخیره تقریبی کانسار و نمونه گیری برای آزمایش های فرآوری اولیه
۷. بررسی های فنی اقتصادی اولیه به منظور انجام مراحل اکتشافی بعدی.

#### ۱-۲-۲-۱- تهیه نقشه ۱:۲۰۰۰۰

تهیه این نقشه در مرحله پی جویی و بر پایه عکس های هوایی ۱:۲۰۰۰۰ انجام شده است. در این مرحله پی جویی، منطقه‌ای به وسعت  $۳.۷ * ۶.۷$  و وسعت تقریبی ۲۵ کیلومتر مربع به منظور تفکیک کلیه واحدهای سنگی و زون های کانی سازی با ضخامت قابل نقشه برداری و برداشت گسلها و مشخص نموده سازوکار آنها و اثرات آنها بر روی واحدهای سنگی و مناطق کانی سازی و تعیین انواع حاوی کانی سازی و تفکیک زونهای آلتراسیون ، انتخاب و نقشه زمین شناسی این محدوده تهیه گردیده است. نقشه مذکور در گزارش اکتشافات مرحله عمومی (نیمه تفصیلی) در کانسار فسفات- خاکهای نادر گزستان توسط آقایان دری و جمالی (۱۳۸۳) ارائه شده است.

#### ۱-۲-۳- مرحله اکتشافات عمومی

طی اکتشافات عمومی در کانسار گزستان عملیات زیر انجام گردیده است:

#### ۱-۳-۲-۱- تهیه نقشه زمین شناسی (در مقیاس ۱:۵۰۰۰)

جهت انجام مطالعات سیستماتیک و شناسایی دقیق زون های کانی سازی و تعیین محل های مناسب برای حفر ترانشه، نقشه زمین شناسی محدوده کانسار (در وسعتی کوچکتر از نقشه ۱:۲۰۰۰۰ زمین شناسی) و در مقیاس ۱: ۵۰۰۰ ( توسط جمالی و دری ) در محدوده‌ای به ابعاد  $۳ \times ۵$  کیلومتر مربع تهیه شده و همراه با گزارش اکتشافات عمومی منتشر شده است.

## ۱-۲-۳-۲- حفر ترانشه ها و چاهک های اکتشافی

پس از تهیه نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰ از محدوده کانسار و شناسایی دقیق تر کانسار و بخشهای کانی سازی شده، محل مناسب برای حفاری تعداد ۲۷ ترانشه اکتشافی (۲۴۰۰ متر) در جهت عمود بر روند کلی زونهای کانی سازی شده برای شناخت مشخصات سطحی بخشهایی که روی آن پوشیده شده است، ابتدا بر روی نقشه، طراحی و پس از تعیین طول و امتداد مناسب، موقعیت آنها بر روی زمین مشخص و علامت گذاری شدند. سپس با استفاده از پیکور و بیل و کلنگ ترانشه های مورد نظر حفر شده است. ترانشه ها در مقیاس ۱:۲۰۰ برداشت زمین شناسی شده اند (و در ضمیمه گزارش اکتشافات عمومی پیوست شده است). نمونه گیری از ترانشه ها از هر ۵ متر به صورت کانالی و به وزن تقریبی ۵ کیلوگرم انجام شده و پس از شماره گذاری جهت انجام آزمایشهای مورد نظر به آزمایشگاه ارسال شده است.

اطلاعات مربوط به ترانشه ها توسط بخش تلفیق و مدلسازی در گروه GIS با نرم افزار Gemcom مورد پردازش و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. نتایج این مطالعات در گزارش مطالعات آماری و پردازش اطلاعات حاصل از حفاریات کانسار فسفات گزستان توسط فتح ا. پور و فضلی خانی (۱۳۸۲) ارائه شده است.

همچنین علاوه بر ترانشه ها تعداد ۲ حلقه چاهک اکتشافی در زونهای مرکزی و شرقی جهت کنار زدن روباره ها و نمونه برداری از سنگهای میزبان و کانی سازی شده حفر شده است.

در مجموع تعداد ۱۱۰۰ نمونه جهت مطالعات کانی شناسی، سنگ شناسی، ژئوشیمی و... برداشت و به آزمایشگاه سازمان زمین شناسی کشور ارسال و آنالیز شده است که نتایج این آزمایشها پیوست گزارش اکتشافات عمومی می باشد.

طی عملیات اکتشافات عمومی در منطقه و به منظور تعیین ذخیره زمین شناسی فسفات، پس از نمونه برداری از ترانشه ها و مشخص شدن عیار  $P_2O_5$  در قسمت های مختلف و پیاده کردن مقادیر مذکور در فواصل نمونه برداری بر روی ترانشه ها و بر روی نقشه پایه، منطقه بندی عیار  $P_2O_5$  در سه دسته کم عیار (۲/۵ تا ۴ درصد)، متوسط عیار (۴ تا ۸ درصد) و پرعیار (بیش از ۸ درصد) انجام گردید. سپس با رسم پروفیل های تعیین ذخیره زمین شناسی (تعداد ۲۵ پروفیل) در جهت عمود بر روند گسترش زونهای کانی سازی میزان ذخیره زمین شناسی در سه گروه کم عیار، متوسط عیار و پرعیار تعیین گردیده است. پروفیل ها طوری طراحی شده اند که از محل گمانه های اکتشافی عبور کنند تا از اطلاعات اولیه بدست آمده از آنها برای تخمین عمق کانی سازی استفاده شود. میزان ذخیره بخش کم عیار ۱۴/۳۵۷/۲۶۶ میلیون تن، بخش متوسط عیار ۱/۰۳۳/۹۷۵ میلیون تن و بخش پرعیار ۵/۳۵۵/۵۸۰ میلیون تن تخمین زده شده است.

نتایج بررسی ها و مطالعات فوق در گزارشی با عنوان گزارش اکتشافات مرحله عمومی در کانسار فسفات - خاکهای نادر گزستان توسط دری و جمالی (۱۳۸۳) منتشر شده است.

### ۱-۲-۳-۳- عملیات اکتشافات ژئوفیزیکی

عملیات اکتشافات ژئوفیزیکی بلافاصله پس از پایان حفریات ترانشه در منطقه آغاز گردیده است. از آنجائیکه در اکتشاف آپاتیت هیچ روش ژئوفیزیکی که مستقیماً بتواند این ماده را مشخص نماید وجود ندارد و در عین حال با توجه به همراه بودن آپاتیت با کانیهای فرومغناطیس و همچنین مشخص کردن تغییرات واحدهای لیتولوژی از نظر گسترش آنها در عمق با استفاده از دو روش مغناطیس سنجی و مقاومت سنجی کار پیمایش انجام گردید.

### ۱-۲-۳-۳-۱- روش مغناطیس سنجی

در این روش با توجه به شرایط توپوگرافی و زمین شناسی منطقه و روند گسترش عمومی کانسار که عمدتاً شرقی - غربی اند، خطا مبنا با امتداد شرقی - غربی به طول تقریبی ۱۲۰۰ متر تعیین و بر روی خط مبنا، مرکز هر پروفیل به فاصله ۲۵ متر از یکدیگر مشخص گردیده است و تعداد ۲۴ پروفیل در قسمت شرقی ایستگاه مرکزی با علامت مثبت و تعداد ۲۴ پروفیل دیگر در قسمت غربی پروفیل ایستگاه مرکزی با علامت منفی مشخص شده است.

امتداد پروفیلها عمود بر امتداد خط مبنا به طول تقریبی ۵۲۰ متر مشخص گردیده و بر روی هر پروفیل، ایستگاهها به فاصله ۱۰ متر از یکدیگر مشخص شده‌اند و در کل شبکه‌ای به وسعت ۱۲۰۰×۵۲۰ متر پوشش داده شده است و جمعاً تعداد ۲۵۲۵ ایستگاه مغناطیس سنجی برداشت شده است. بعد از آن عملیات پیمایش ژئوفیزیکی به روش مغناطیس سنجی به منظور مشخص کردن تغییرات بی‌هنجاری حاصل از شدت میدان مغناطیسی با دو دستگاه مگنومتر پروتون صورت گرفته است.

طبق نتایج بدست آمده حداقل و حداکثر شدت مغناطیس اندازه‌گیری شده به ترتیب در حد ۳۸۰۰۰ تا ۶۰۰۰۰ گاما بوده است. با توجه به نقشه شدت مغناطیسی، در قسمت جنوبی خط مبنا چهار محدوده آنومالی مغناطیسی قابل مشاهده هستند. علاوه بر اینها آنومالیهای کوچکی بصورت پراکنده در قسمت شمال غربی و جنوب مشاهده می‌شوند. با توجه به لیتولوژی منطقه، محدوده‌های دارای مغناطیس بالا مؤید کانیهای فرومغناطیس مثل مگنتیت است که در سنگهای میزبان و یا در سنگهای دگرسان شده بصورت رگه و رگچه‌های همراه با آپاتیت هستند. در عین حال مناطق با مغناطیس پایین می‌تواند مربوط به بخش‌های شدیداً دگرسان شده باشد (شکل ۲).

### ۱-۲-۳-۳-۱- روش الکتریکی

برای اندازه‌گیری مقاومت ویژه الکتریکی از دستگاه TERRA METER SAS 300B ساخت شرکت ABEM سوند و دستگاه ایرانی AXON,RS-1 استفاده گردیده است. با استفاده از آرایش دایبل - دایبل بر روی ۶ پروفیل پیمایش مقاومت سنجی صورت گرفته است. بعنوان مثال، شکل ۳ شبه مقطع تغییرات مقاومت ویژه را بر روی پروفیل شماره E ۲۲۵ به طول ۲۲۰ متر و تا عمق تقریبی ۹۰ متر نشان می‌دهد. در تمام شبه مقاطع تغییرات مقاومت ویژه شبیه به هم بوده است که دلیل آن می‌تواند یکنواختی واحدهای لیتولوژی باشد. در اکثر آنها RS در حد ۱۰۰ تا ۲۵۰ اهم متر بوده که می‌تواند به دو علت باشد: یکی به خاطر کانیهای فرومغناطیس (که این

مورد به خاطر وجود زونهای آپاتیتی در حاشیه کانیهای مگنتیت حائز اهمیت است) و دیگری بخاطر بخش‌های دگرسان و زون‌های خردشده‌ای باشد که در سنگ میزبان رخ داده است که در بعضی قسمت‌ها حاوی رگه - رگچه‌های آپاتیتی و مگنتیتی است.

پس از برداشت و تحلیل داده‌های دو روش فوق، پیشنهادات ذیل ارائه شده است:

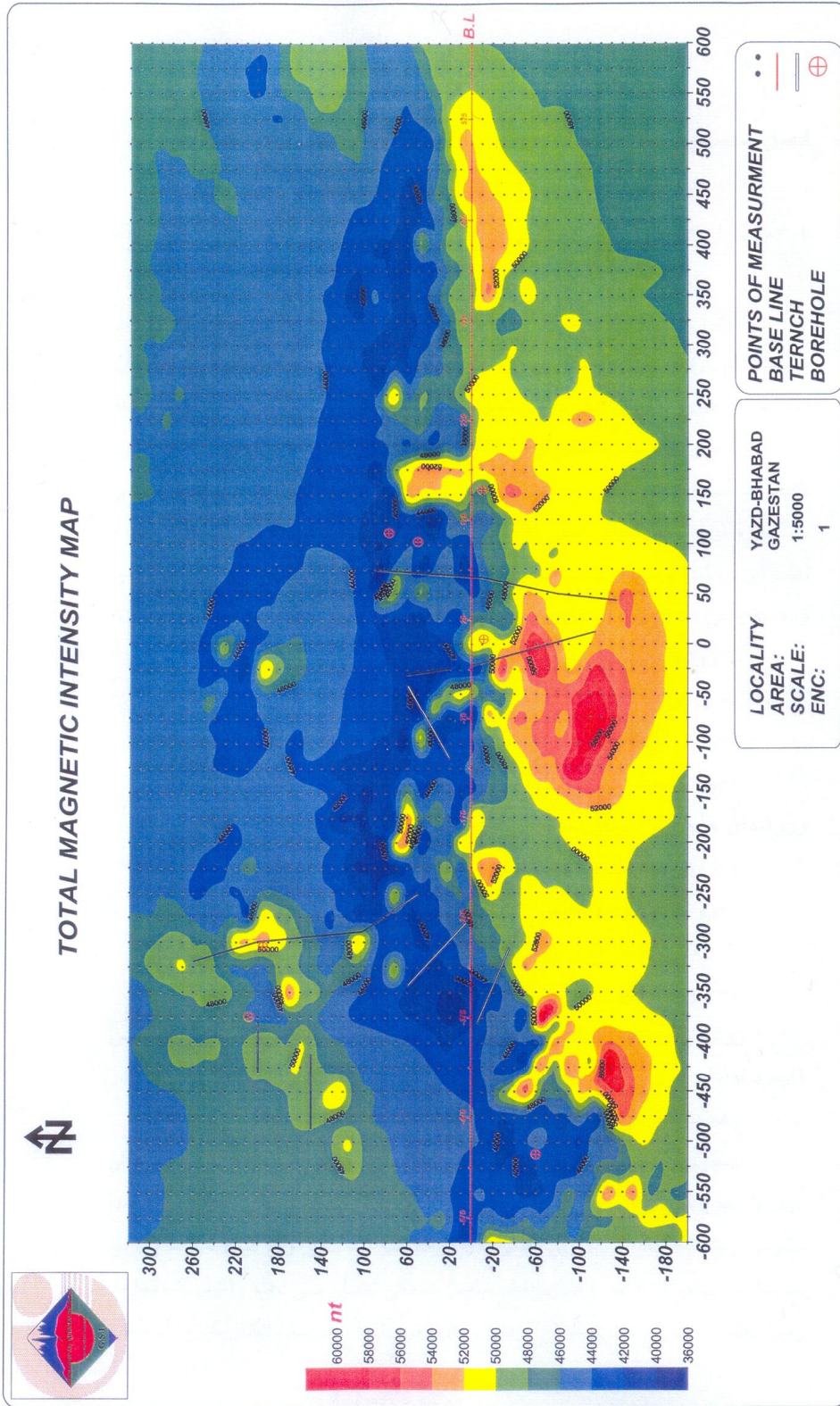
۱. حفر گمانه اکتشافی به عمق ۱۰۰ متر در ایستگاههای 150N و 30S پروفیل 475W

۲. حفر گمانه اکتشافی به عمق ۱۰۰ متر در ایستگاه 30N پروفیل 325W

که در صورت مثبت بودن نتایج حفاری، انجام عملیات ژئوفیزیک تکمیلی در محدوده غربی (بین پروفیل‌های 275W تا 600W) و بخشی از شرق (بین پروفیل 100E تا 200E) خط مبنا ضروری بنظر می‌رسد. در این راستا با استفاده از آرایش دایپل - دایپل  $AB=MN=40$  می‌توان گسترش تغییرات ناهنجاری را در عمق بیشتر نیز مورد بررسی قرار داد.

نتایج بررسی‌ها و مطالعات فوق در گزارشی با عنوان گزارش انجام عملیات ژئوفیزیک به روش مغناطیس‌سنجی و مقاومت‌سنجی در منطقه گزستان توسط عامری (۱۳۸۳) منتشر شده است.

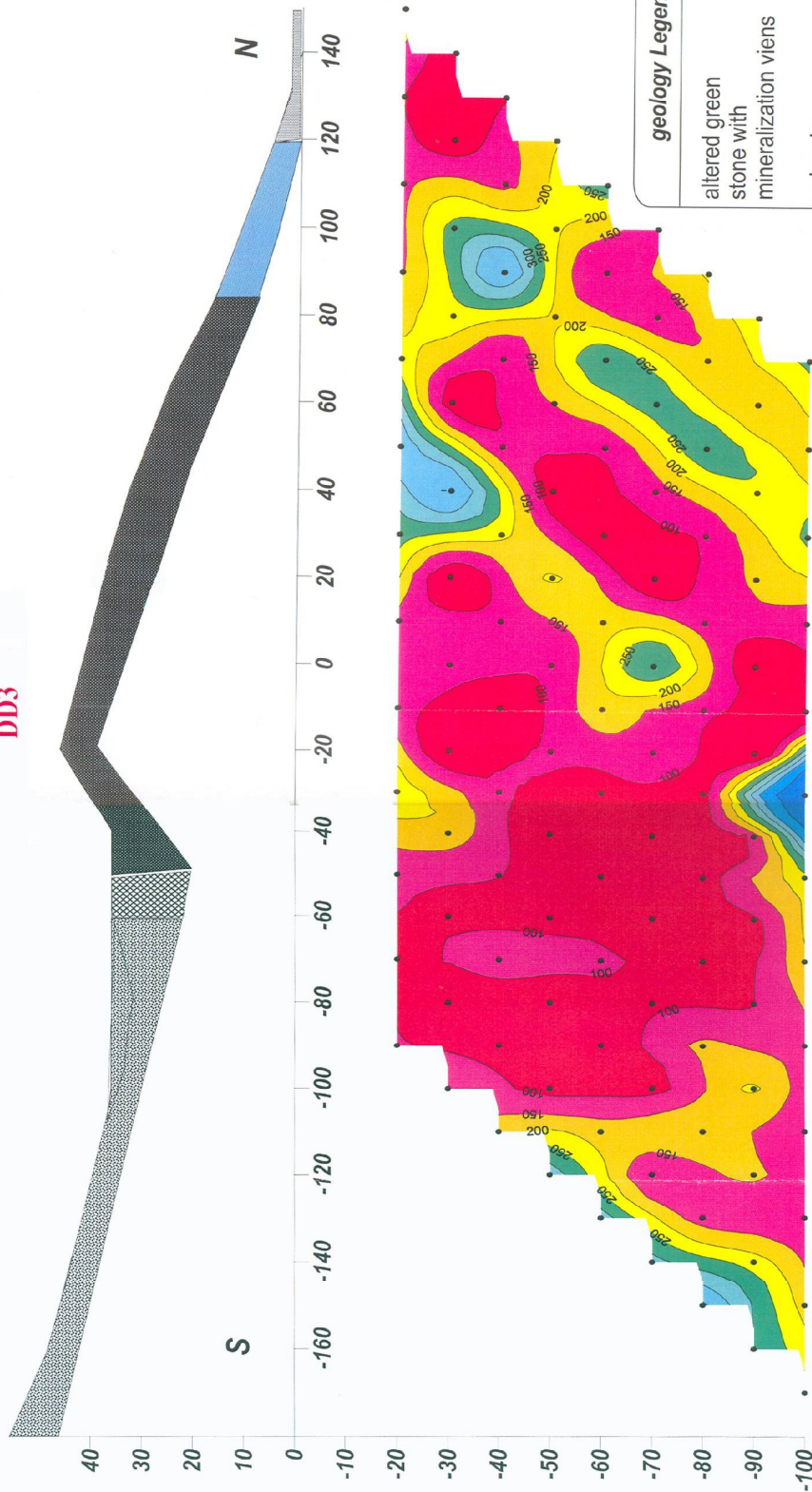









شکل ۲ - روند پراکندگی آنومالی های بدست آمده با روش مغناطیس سنجی

# RESISTIVITY PSEUDOSEC.

P-225E  
DD3



## geology Legend

-  altered green stone with mineralization veins
-  volcanic andesitic rocks
-  magnetite and apatite zone
-  shear zone with alteration
-  volcanic acid rocks

## DIPOLE-DIPOLE ARRAY

AB=20

MN=20

LEAP=20

PR.AZIMUTH N/S

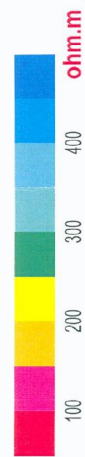
## LOCALITY

YAZD-BHABAD

GAZESTAN

SCALE: 1:1000

ENC: 3



### ۱-۳- مطالعات فرآوری

برای پریارسازی و فرآوری کانسنگ فسفات، گروه کانه‌آرایی و فرآوری سازمان زمین‌شناسی مطالعات فرآوری در مقیاس نیمه صنعتی بر روی نمونه معرف کانسنگ فسفات را به روش مغناطیسی و فلوتاسیون انجام داده است.

در این مطالعه از هر ترانسه به طور یکنواخت در مجموع ۸۰۰ کیلوگرم نمونه برداشت گردیده است. سپس بر روی هر نمونه عملیات خردایش جهت تهیه نمونه معرف با استفاده از سنگ‌شکن فکی و مخروطی کارخانه نیمه‌صنعتی تا ریزتر از ۷ مش خرد و با استفاده از روش‌های معمول نمونه‌گیری به بسته‌های ۲ کیلوگرمی جهت ادامه کار تقسیم گردید. جهت شناسایی اولیه بر روی نمونه‌های بدست آمده آزمایشات کانی‌شناسی، مطالعات میکروسکوپی و تجزیه کامل شیمیایی انجام شده است. طبق این نتایج مقدار  $P_2O_5$  نمونه اولیه ۶/۳۵ درصد و ناخالصی‌های اصلی اکسیدهای آهن و سیلیس بوده که به ترتیب ۳۷/۴ و ۲۶/۶۵ درصد گزارش شده است.

با توجه به حجم بالای کانیهای آهن‌دار در نمونه‌ها، در تمامی آزمایشها از جداکننده‌های مغناطیسی تر شدت کم و زیاد و در بعضی مواقع فقط از جداکننده مغناطیسی تر شدت کم برای پریارس کردن اولیه آپاتیت و در عین حال تهیه محصول جانبی مگنتیت استفاده شده است. از محصول غیرمغناطیسی بدست آمده در مرحله آزمایشهای مغناطیسی به عنوان بار ورودی به آزمایش‌های فلوتاسیون مستقیم استفاده شده است.

بر روی نمونه‌های برداشت شده در کل تعداد ۱۲ آزمایش مغناطیسی تر شدت کم و زیاد جهت تهیه خوراک فلوتاسیون و ۱۵ آزمایش فلوتاسیون انجام گردیده است.

به عنوان نمونه جهت انجام آزمایش فلوتاسیون ۱۵ ابتدا حدود ۳ کیلوگرم نمونه اولیه پس از آسیاب تا ریزتر از ۵۰ مش و حذف نرمة با استفاده از جداکننده مغناطیسی تر شدت کم مورد جدایش مغناطیسی قرار گرفته است. هدف از این مرحله حذف جدایش مغناطیسی تر شدت زیاد جهت افزایش بازیابی بوده است. مقادیر محصولات و توزیع  $P_2O_5$  در آنها به شرح ذیل می‌باشد (جدول ۱).

جدول ۱- توزیع محصولات آماده‌سازی خوراک فلوتاسیون ۱۵

محصول	درصد وزنی	%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		
		عیار	بازیابی نسبی	بازیابی کلی
مغناطیسی	۳۲/۵	۰/۴	۲	۲
نرمة	۱۸/۴	۶/۷۴	۱۸/۹	۱۸/۹
زبره	۴۹/۱	۱۰/۵۶	۷۹/۱	۷۹/۱
بار ورودی	۱۰۰	۶/۵۵	۱۰۰	۱۰۰

## آزمایش فلوتاسیون ۱۵

بار ورودی: محصول غیرمغناطیس بدون نرمه (زبره)  
 هدف: شناورسازی آپاتیت در (PH = ۹/۵) (کنترل شده در تمامی مراحل) و پاک کردن محصول شناور شده پس از آسیاب مجدد تا ۱۰۰ مش فقط در یک مرحله.

در این آزمایش مقادیر مواد شیمیایی به شرح ذیل بوده است:

آهک = ۱۰۰ gr/t

سیلیکات سدیم = ۷۵۰ gr/t

۲۰۰ gr/t = Lina - Z- 80

۱۲۰۰ gr/t = Flo-Yz-20

نتایج حاصل از آزمایش فوق در جدول ۲ ارائه شده است:

جدول ۲- نتایج حاصل از فلوتاسیون شماره ۱۵

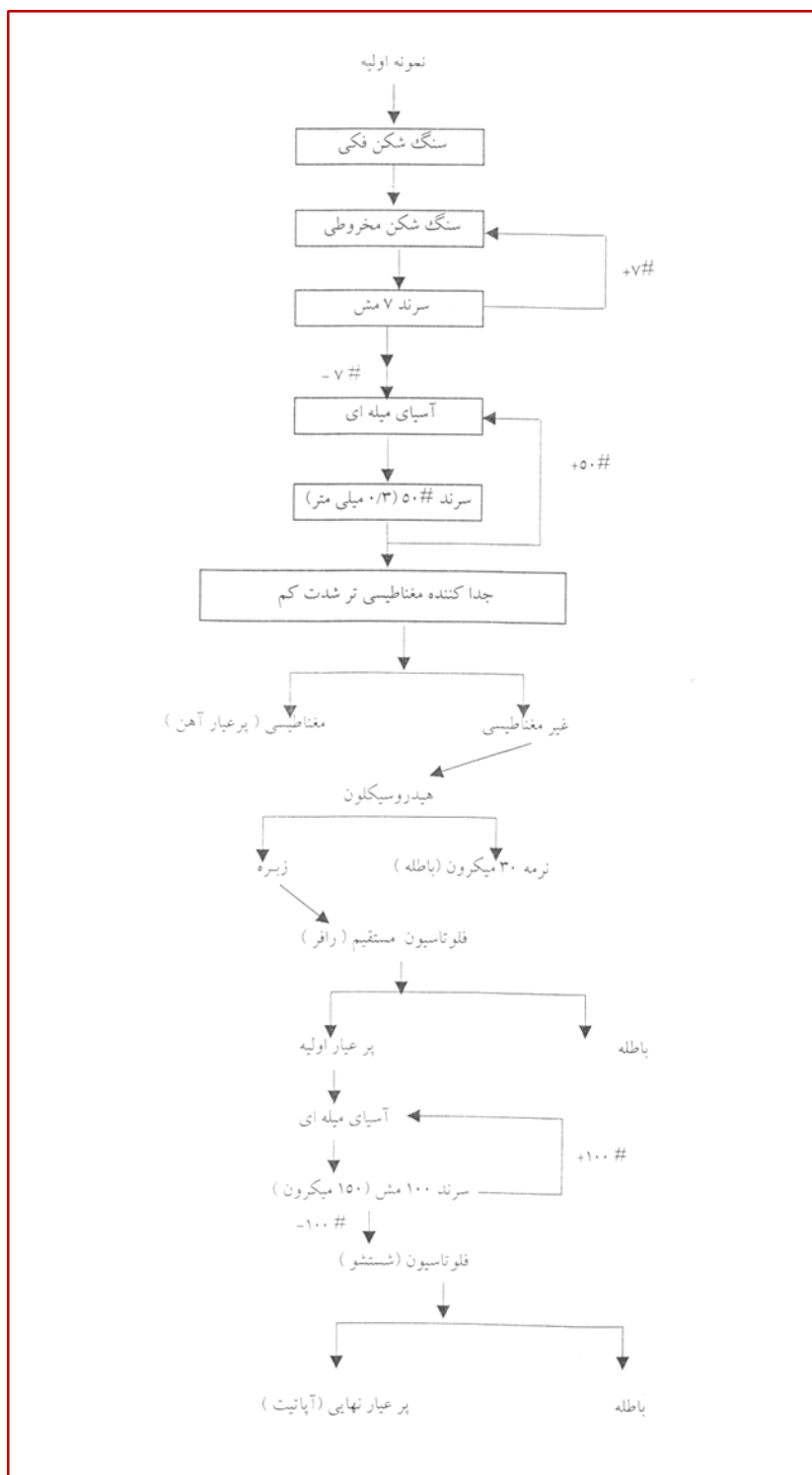
%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			درصد نسبی	وزن	محصول
بازیابی کلی	بازیابی نسبی	عیار			
۶۴/۱	۸۱/۰	۳۳/۹۸	۲۵/۲	۳۸۰	پرعیار نهایی
۹/۹	۱۲/۵	۵/۷۱	۲۳/۱	۳۴۸	میانی
۵/۱	۶/۵	۱/۳۲	۵۱/۷	۷۸۰	باطله
۷۹/۱	۱۰۰	۱۰/۵۶	۱۰۰	۱۵۰۸	بار ورودی

پس از انجام مطالعات فرآوری بر روی نمونه‌های کانسار گزستان نتایج ذیل حاصل شده است:

- کانیهای موجود در نمونه اولیه عبارتند از: کوارتز، مگنتیت، هماتیت، فلدسپار، آپاتیت، کلسیت، گوتیت، کلریت و ایلیت.
- نمونه دوم که آزمایشات اساسی روی آنها انجام گرفته دارای ۶ درصد P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>، ۲۷ درصد SiO<sub>2</sub> و ۳۷ درصد Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> بوده است.
- تست کانه آرایبی بمنظور پرعیارسازی فسفات به روشهای مغناطیسی و فلوتاسیون (توسط گروه کانه آرایبی و فرآوری)
- عملیات کانه آرایبی بر روی نمونه‌ای به وزن ۲۰۰ کیلوگرم حاوی ۶ درصد P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>، حدود ۲۷ درصد SiO<sub>2</sub> و ۳۷ درصد Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> انجام شده و نتایج بدست آمده از پرعیارسازی بر روی نمونه مذکور نشان داده است که:

- درجه آزادی مناسب برای کانیهای آهن دار حدود ۵۰ مش (۰/۳ میلی متر) برای جدایش مغناطیسی و فلوتاسیون اولیه و حدود ۱۰۰ مش ( ۱۵۰ میکرون) برای شستشوی محصول رافر جهت افزایش عیار آپاتیت می باشد.
  - با استفاده از یک بار جدایش مغناطیسی تر شدت کم، امکان تهیه محصول جانبی (پرعیار مغناطیسی) حاوی ۹۰ درصد  $Fe_2O_3$  وجود دارد.
  - پس از شناورسازی آپاتیت در مرحله رافر و آسیاب نمودن این بخش تا کوچکتر از ۱۵۰ میکرون و شستشوی آن عیار  $P_2O_5$  به حدود ۳۴ درصد می رسد.
  - بازیابی کلی محصول پرعیار آپاتیت حدود ۶۴ درصد می باشد.
  - عیار اکسید آهن و اکسید سیلیسیوم در محصولات پرعیار که حاوی بیش از ۲۹ درصد  $P_2O_5$  باشند به کمتر از یک درصد کاهش پیدا کرده است.
  - مقدار CI و F در این محصولات به ترتیب ۰/۱ و ۰/۰۴ درصد بوده است.
- برای پرعیارسازی کانسنگ های کانسار گزستان فلوشیت (شکل ۴) پیشنهاد شده است. نتایج حاصل از مطالعات فرآوری در گزارشی با عنوان پرعیارسازی فسفات گزستان به روش مغناطیسی و فلوتاسیون توسط آقایان امینی و ملاطهری (۱۳۸۲) منتشر شده است.

شکل ۴- فلوشیت پیشنهادی جهت فرآوری فسفات گزستان



## ۱-۴- روش کار

همزمان با عملیات نقشه برداری ۱:۱۰۰۰ در کانسار، عملیات برداشت نقاط زمین شناسی شامل مرزهای سنگی، کنتاکت‌های گسلی، مختصات جغرافیایی ترانشه‌ها و محدوده‌های مربوط به کانی سازی و تمامی مواردی که در تهیه یک نقشه زمین شناسی لازم بنظر می‌رسید، در محدوده‌ای به وسعت  $1/9 \times 0/8$  کیلومتر مربع انجام گردید.

پس از تکمیل نقشه طی عملیات صحرایی و اسکن کردن آن، در محیط نرم افزار Auto Cad نقشه مذکور دیجیت شده و نقشه نهایی ۱:۱۰۰۰ تکمیل گردید.

همچنین مختصات دهانه گمانه های اکتشافی پس از برداشت صحرایی به نقشه کامپیوتری انتقال داده شده است. این نقشه اساس کار گروه تلفیق و مدلسازی برای برآورد ذخیره و مدلسازی کانسار بوده است. نقشه زمین شناسی فوق پیوست گزارش اکتشافات مرحله عمومی در کانسار گزستان (دری و جمالی ۱۳۸۳) می‌باشد.

به منظور یافتن حدود و گسترش زون کانی سازی در عمق با استفاده از تلفیق نتایج بدست آمده با نقشه‌های تهیه شده و نتایج حاصل از مطالعات سطحی اقدام به حفاری های اکتشافی گردید. این عملیات بوسیله پیمانکار انجام شده است.

بعد از تعیین نقاط حفاری که با توجه به ویژگیهای زمین شناسی زون‌های کانی سازی شده و شیب و امتداد آنها صورت می‌گرفت، جهت رسیدن به آن نقاط و ایجا سکوی مناسب برای دستگاههای حفاری از یک دستگاه لودر و یک دستگاه بولدوزر استفاده گردید.

از ابتدای شروع مطالعات نیمه تفصیلی و تفصیلی آماده سازی جاده دسترسی به محل کانسار به طول ۸ کیلومتر و احداث جاده‌های دسترسی به نقاط حفاری بطول تقریبی ۳ کیلومتر انجام گردیده است.

در کانسار گزستان طی دو مرحله و در کل تعداد ۱۹ حلقه گمانه اکتشافی و در مجموع به متر اژ  $1862/4$  متر حفاری اکتشافی انجام گردید. دستگاههایی که برای حفاری بکار رفته است از دو نوع روسی و بلژیکی بوده است.

به منظور ثبت کلیه ویژگیهای مغزه‌های بدست آمده از عملیات حفاری، لاگ زمین شناسی تمامی چاههای اکتشافی طی مأموریت‌های صحرایی بطور همزمان و یا کمی بعد از حفاری تهیه گردید. لاگ‌های مذکور در فرمهای مخصوصی که به همین منظور طراحی شده‌اند، در مقیاس ۱:۲۰۰ ثبت گردیده است.

بمنظور تعیین عیار  $P_2O_5$  در فواصل مختلف گمانه ها، پس از برش مغزه‌های حفاری اقدام به نمونه برداری شده است. طی عملیات حفاری اکتشافی در کانسار گزستان، مغزه‌های مربوط به حفاری به مرور و مرتباً از منطقه به محل انبار سازمان زمین شناسی توسط وانت‌بار و یا کامیون منتقل گردید.

بعد از اتمام حفاری، دهانه تمامی گمانه‌ها سیمانی گردیده است تا محل گمانه مشخص بوده و از بسته شدن جلوگیری گردد.

در محل انبار با استفاده از یک دستگاه برش اره‌ای مغزه‌ها برش داده شده و از یک چهارم آنها به طور پیوسته نمونه برداری گردید. در مجموع تعداد کل نمونه‌های برداشت شده از گمانه‌های مختلف و با اهداف مختلف، ۷۳۶ نمونه می‌باشد. نمونه‌ها برای تعیین عیار فسفات و انجام مطالعات لازم به آزمایشگاه ارسال شد. پس از کسب نتایج عیارها، برای اطمینان از نتایج بدست آمده حدود ۱۰ درصد از آنها مجدداً آنالیز شدند. نتایج نمونه‌ها پس از بررسی‌های لازم و وارد کردن آنها به کامپیوتر در اختیار گروه ارزیابی و مدلسازی سازمان قرار گرفت. گروه مذکور با استفاده از نرم افزار Gemcom مدلسازی و تعیین ذخیره کانسار را انجام داده است.



# فصل دوم

## زمین شناسی عمومی

## ۲-۱- زمین‌شناسی کانسار گزستان

### ۲-۱-۱- کلیات

محدوده مورد مطالعه از لحاظ تقسیمات زمین‌شناسی در زون ایران مرکزی و ساب زون بافق - پشت بادام قرار گرفته است. سنگهای موجود در منطقه به سری ریزو تعلق دارند. سری ریزو نخستین واحد سنگ چینه‌ای پس از کوهزایی کاتانگایی است که به طور دگرشیب بر روی سری مراد نشسته است. ستبرای آن بین ۴۰۰ تا ۶۰۰ متر برآورد شده است. شیل، ماسه‌سنگ، کربنات و لایه‌های ایگنمبریت از سازنده‌های سری ریزو هستند که به طور معمول، سنگ‌های کربناتی در زیر، شیل و ماسه‌سنگ در وسط و سنگ‌های ریولیتی بنفش رنگ و توف در بالا قرار دارند. فسیلهای بدست آمده از این سری و سن پرتوسنجی، نشان داده‌اند که سری ریزو به سن پرکامبرین پسین می‌باشد اما اشتوکلین بر این باور است که سری مزبور هم‌ارز زمانی سه سازند بایندور، سلطانیه و باروت است و بدین سان از نظر سنی سری ریزو منحصر به پرکامبرین پسین بوده و تغییرات سنی آن از پرکامبرین پسین تا کامبرین پیشین است (آقناباتی ۱۳۸۳) در ایران رخدادهای کاتانگایی با چین خوردگی، دگرگونی و گسلش سنگهای پیش از پرکامبرین پسین و همچنین ماگمازایی همراه بوده و ماهیت کوهزایی داشته است و از جمله پیامدهای آن عبارت است از:

- تبلور، سخت شدگی و پایداری نسبی پی‌سنگ پرکامبرین ایران.
- دوفاز دگرگونی همراه با دگرشکلی در رخساره آمفیبولیت و شیست سبز.
- دوفاز میگماتیسی شدن وابسته به دوفاز دگرگونی.
- بازشدگی و ایجاد کافت‌های بین قاره‌ای نارس به سن پروتروزوئیک پایانی - کامبرین.
- ماگمازایی به صورت توده‌های گرانیتوئیدی لوکوکرات نیمه ژرف (دوران، چادرملو و...) و روانه‌های ریولیتی قلیایی (ریولیت‌های قلیایی ریزو، قره‌داش، اسفوردی و...)
- مشخصه رخداد کاتانگایی، ماگماتیسیم قلیایی - متاسماتیت خطی است که حاصل آن تشکیل کانسارهای آهن، منگنز، آپاتیت، مگنتیت - آپاتیت، عناصر نادر خاکی، اورانیوم، توریوم، سرب و روی و سنگ‌های تبخیری در ایران مرکزی و مجموعه هرمز است (آقناباتی ۱۳۸۳).

### ۲-۱-۲- زمین‌شناسی محدوده کانسار

براساس گزارش اکتشافات مرحله عمومی (نیمه تفصیلی) (درژی و جمالی ۱۳۸۲) و بر پایه نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰ محدوده کانسار واحدهای سنگ‌شناسی آن به طور خلاصه ارائه می‌گردد:

Ed.sh: قدیمی‌ترین واحد سنگی منطقه است که شامل تناوبی از دولومیت تیره، شیل، ماسه‌سنگ و توف می‌باشد که در شمال شرق و غرب محدوده رخنمون دارد. ارتباط این واحد سنگی با سنگهای مجاور تکنونیک می‌باشد.

$\epsilon^s$ : این واحد سنگی شامل ماسه سنگ، میکرو کنگلومرا و شیل به رنگ قرمز تا بنفش است و در زیر واحدهای آهکی  $\epsilon^d$  قرار میگیرند. جنس ماسه سنگها ساب لیتارنایت فلدسپات دار می باشد.

$\epsilon^d$ : این واحد سنگی شامل دولومیت تا آهک دولومیتی و آهک ماسه‌ای است و دارای ضخامت متغیر از حد نازک لایه تا ضخیم لایه و توده‌ای می باشد. این واحد اغلب بصورت صخره ساز بوده و در بیشتر جاها بر روی سنگهای آذرین رانده شده است.

$\epsilon^{sh.t}$ : شامل توف، ماسه سنگ شیلی و کمی شیل به رنگ سبز است و در برخی قسمت‌ها حالت آگلومرایبی و گاهی توده‌ای دارد. جنس توف از نوع توف سنگی بلورین سریسیتی - کلریتی می باشد.

$\epsilon^a$ : یک لایه آندزیتی به ضخامت تقریبی ۱۵ متر و بصورت هم شیب با واحد  $\epsilon^{sh.t}$  می باشد. رنگ آن خاکستری تیره و دارای بلورهای درشت پلاژیو کلاز در یک زمینه میکرو تا کریتپو کرلین قابل مشاهده است. گاهی حالت آگلومرایبی و توفی نشان می دهد.

$\epsilon^{d.t}$ : در بالای واحد  $\epsilon^a$  تناوبی از توف و سنگ آهکهای تیره رنگ بصورت هم شیب دیده می شود که به سمت بالا کربناته و دولومیتی می شود. در داخل واحدهای کربناته باندهای چرتی مشاهده می شود. هم چنین یک نوار ریولیتی سفیدرنگ تا متمایل به سبز در داخل واحدهای کربناته وجود دارد که خارج محدوده نقشه می باشد. دو باند ضخیم دولومیت‌های سیاه رنگ با حالت استروماتولیتی نیز درون واحد  $\epsilon^{d.t}$  مشاهده می شود.

$\epsilon^{d.l}$ : این واحد شامل دولومیت و سنگ آهکهای دولومیتی شده تیره رنگ و صخره سازی می باشد که دارای لایه بندی ظریفی هستند و در قسمت شمال غرب منطقه دیده می شوند.

$\epsilon^{v.f}$ : این واحد سنگی بخشهای تپه ماهوری و کم ارتفاع منطقه را تشکیل می دهد و از شرق تا غرب منطقه گسترش دارد. در قسمت‌های شرقی ترکیب آن بیشتر ریولیتی و در بخش‌های مرکزی و غربی رخساره ولکانیک تا ساب ولکانیک داشته و ترکیب آن گرانودیوریت، کوارتز دیوریت و داسیت می باشد. بخش‌های کانی سازی شده در داخل و یا در کنار واحد  $\epsilon^{v.f}$  مشاهده می شوند.

$\epsilon^{a.d}$ : این واحد ارتفاعات جنوب منطقه را تشکیل می دهد و به موازات واحد  $\epsilon^{v.f}$  و واحد معدنی در جهت شرقی - غربی کشیده شده است. ترکیب عمده این سنگها داسیتی و تراکیتی بوده ولی بطور کلی از ریوداسیت تا آندزیت تغییر می کند. حضور رگه‌های کانه دار در این واحد و نیز دگرسان شدن آن در کنار واحد معدنی بیانگر این است که این واحد نسبت به کانی سازی قدیمی تر است رخساره آن از توف تا گدازه تغییر می کند. توده‌های نفوذی در منطقه گزستان شامل دو گروه عمده توده‌های نفوذی حدواسط تا بازیگ و دایک‌های بازیگ می شوند.

توده‌های نفوذی حد واسط تا بازیگ بصورت آپوفیزهای کوچک در شمال، غرب و جنوب غرب منطقه در داخل واحدهای قدیمی دیده می شود و در بعضی قسمت‌ها تبدیل آنها به سنگهای سبز تدریجی است. این توده‌ها دارای ترکیب مونزونیت، دیوریت گابرو، گابرو و سینیت هستند.

دایک‌های دیابازی به تعداد محدود و ابعاد کوچک درون سنگهای سبز و سنگهای ولکانیکی واحد  $\epsilon^{a.d}$  در قسمت‌های جنوبی دیده می شوند و همه سنگها حتی رگه‌های کانی سازی را قطع کرده‌اند. ترکیب آنها دلریت دگرسان شده و ساب ولکانیک بازیگ (لامپروفیر؟) می باشد.

$\epsilon^{g,t}$ : این واحد مجموعه‌ای از سنگهای آذرین تا متاسماتیک است که تغییرات سنگ شناختی و بافتی آنها بسیار زیاد است. بهمین جهت نام کلی سنگ سبز یا متاسماتیت به آنها گذارده شده است. رنگ سبز این سنگها ناشی از فراوانی کانیه‌های ثانویه سبز در آنها می‌باشد. ترکیب آنها نیز از ریولیت تا تراکیت در تغییر است و حتی در بعضی قسمت‌ها به علت دگرسانی و تشکیل کانیه‌های مافیک، ترکیب آنها به حد سنگهای بازیک می‌رسد.

$Q^t$ : این واحد شامل مجموعه‌ای از رسوبات آبرفتی نامتجانس که در پای ارتفاعات و مناطق دشتی بر روی واحدهای مختلف تشکیل شده است.

$Q^d$ : این واحد شامل واریزه‌هایی است که در پای پرتگاهها و نواحی پرشیب از ریزش قطعات واحدهای بالایی بویژه سنگهای کربناته تشکیل شده است.

$Q^{al}$ : این واحد شامل رسوبات آبراهه‌ای جوان است که در بستر آبراهه در حال حاضر نیز در حال تشکیل است.

## ۲-۲- زمین ساخت در محدوده کانسار

گسلش و شکستگی در کانسار گزستان حداقل بر ۵ گروه قابل تقسیم می‌باشد (درئی و جمالی ۱۳۸۲):

۱- گسل‌های با روند تقریبی شرقی - غربی: این گسلها قدیمی‌ترین گسلهای منطقه هستند. از جمله این دسته گسلها، گسل جنوب منطقه است که ولکانیک‌های جنوب منطقه را در کنار سنگهای کربناته قرار داده است. علاوه بر گسلهای مذکور، رخنمون واحدهای موجود در منطقه شامل ولکانیک‌های جنوب منطقه، سازندهای ولکانوسدیمتر سری ریزو و حتی گسترش زون‌های کانه‌دار روند تقریبی شرقی - غربی دارند.

### ۲- گسل‌های با روند شمالی - جنوبی:

این دسته جوانتر از گسلهای اول است و در بعضی جاها جابجائیهای اندکی در دایک‌های دیابازی و رگه‌های کانه‌دار ایجاد کرده است و حرکت آنها بیشتر از نوع راست‌گرد می‌باشد.

### ۳- گسل‌های با روند شمال شرقی - جنوب غربی:

این گسلها در قسمت شمال شرقی نقشه مشاهده می‌شوند. این گسلها نیز حرکت راست‌گرد دارند.

### ۴- راندگیها:

دولومیت و آهکهای دولومیتی ( $\epsilon^d$ ) در قسمت‌های غربی محدوده بر روی سنگهای سبز و ولکانیک‌ها رانده شده‌اند این راندگیها بعد از کانه‌زایی و فعالیت‌های ماگماتیسیم صورت گرفته است. جهت رانش از شمال به جنوب است.

### ۵- گسل‌های با روند شمال غربی - جنوب شرقی:

این شکستگیها در شمال و غرب منطقه بیشتر دیده می‌شود و جابجائیهایی را در امتداد گسل‌های رانده غرب منطقه ایجاد کرده است. در حالت کلی محدوده کانسار ساختمان تاقدیس مانند با روند خاوری - باختری دارد که مجموعه سنگهای سبز حاوی کانی سازی در مرکز آن قرار دارد.

## ۲-۳- زمین‌شناسی عمقی

بررسی نحوه تغییرات واحدهای سنگی و چگونگی ارتباط آنها با یکدیگر در عمق با استفاده از عملیات حفاری اکتشافی در کانسار گزستان امکان‌پذیر می‌باشد. این امکان از طریق مطالعه زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی لاگ حفاری‌ها میسر شده است. با توجه به هدف حفاری‌های اکتشافی که بررسی گسترش زون‌های کانی‌سازی شده در عمق بوده و اینکه کانی‌سازی صورت گرفته در کانسار درون واحدهای  $E^{9.f}$  و  $E^{7.f}$  می‌باشد، لذا مطالعات زمین‌شناسی عمقی به دو واحد مذکور محدود گردیده است.

قبل از پرداختن به ویژگی‌های هر یک از واحدهای مذکور ذکر این نکته ضروری است که تقریباً در تمامی گمانه‌های اکتشافی تبدیل واحد  $E^{9.f}$  به  $E^{7.f}$  نظم خاصی را نشان نمی‌دهد (شکل ۵).

واحد  $E^{7.f}$ : این واحد سنگی که در سطح، بخش‌های میانی و کم ارتفاع منطقه را تشکیل می‌دهد و دارای گسترش تقریباً شرقی - غربی می‌باشد، دارای رخساره‌های خروجی تا ساب‌ولکانیک می‌باشد.

عملکرد فرایندهای متاسماتیسیم و دگرسانی بر روی سنگ‌های اولیه، با توجه به شرایط فیزیکوشیمیایی حاکم بر سیالات ایجادکننده متاسماتیسیم و نحوه تعامل این سیالات با سنگ میزبان، هم‌چنین ترکیب شیمیایی سنگ میزبان، عمق، درزه و شکاف‌های اولیه (قبل از مورد هجوم قرار گرفتن بوسیله سیالات) و... باعث ایجاد تغییرات اساسی در ترکیب شیمیایی و کانی‌شناسی سنگ‌های مذکور شده است و رخساره‌های سنگی مختلفی را پدید آورده است. فرایندهای مذکور با توجه به شواهد صحرائی، کانی‌شناسی (در نمونه‌های دستی) و میکروسکوپی هم‌زمان و یا کمی جلوتر از کانی‌سازی اتفاق افتاده است. شدت فرایندهای متاسماتیسیم‌کننده و دگرسانی با نزدیک شدن به زون‌های کانی‌سازی افزایش پیدا می‌کند و تا تشکیل واحدهای متاسماتیت پیش می‌رود.

رخساره‌های ساب‌ولکانیک تا بیرونی با توجه به مطالعه مقاطع نازک با نام‌های سنگ‌ولکانیک اسیدی، ریولیت، داسیت، ریوداسیت، کوارتزلاتیت، آندزیت و تراکی آندزیت توصیف شده‌اند.

ویژگی‌های سنگ‌های ولکانیک اسیدی، ریولیت، داسیت و ریوداسیت به شرح ذیل می‌باشد:

بافت: پورفیریک با زمین هولوکریستالین تا کریستالین

پورفیرها: ۱- فلدسپات آلکالیک با تجزیه و جانشینی توسط کانیهای رسی، کربنات و گاه سیلیسی موجود می‌باشد.

۲- کوارتز با خاموشی موجی که گاهی تبلور مجدد نشان می‌دهد.

کانیهای زمینه: رشد توام کوارتز با فلدسپات که در برخی قسمت‌ها فلدسپات‌ها به شکل میکرولیتی هستند.

کانیهای فیلسیلیکاته (میکا - کلریت) بصورت تیغک‌های ظریف و بطور پراکنده اغلب مشاهده می‌شوند.

کانیهای ثانویه: کانیهای فیلسیلیکاته (میکا - کلریت)

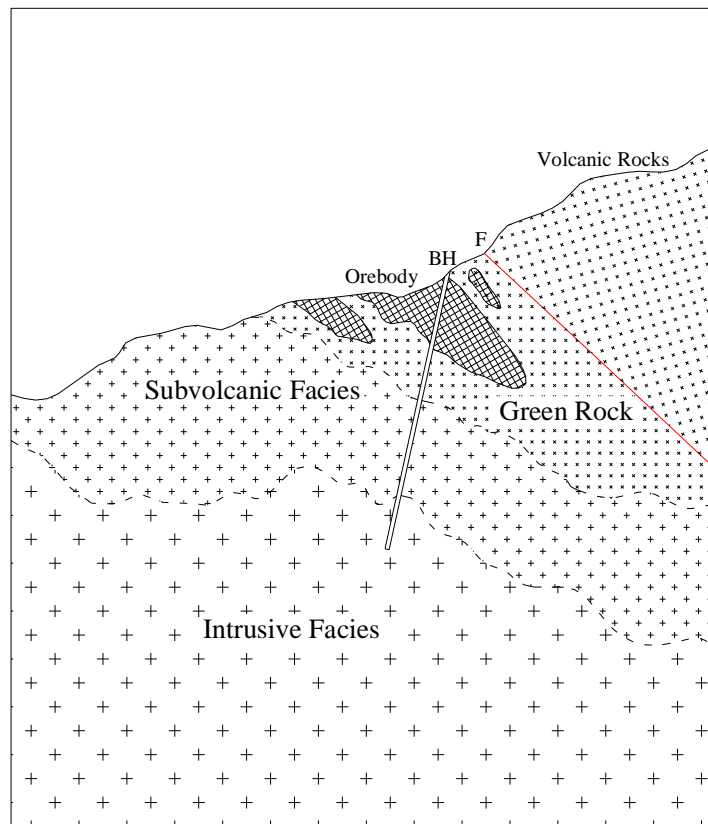
کانیهای فرعی: کانیهای اپاک

نام سنگ: سنگ ولکانیک اسیدی با ترکیب ریولیت - داسیت تا حدی سریسیتیزه شده و کربناتیزه شده. برخی

نمونه‌ها فنوکریستال‌های فلدسپاری (بیشتر پلاژیو کلازسدیک و کمتر فلدسپار پتاسیک) شکل دار و

نیمه‌شکل دار و با آثار تجزیه به سریسیت، کلریت و کربنات درشت بلورهای اولیه‌ای هستند که به همراه محدود

میکروفنو کریست بی شکل کوارتز در زمینه ریز به شدت کربناتیزه است که فلدسپارهای تیغه، تیغگی و ریزبلورهای بی شکل کوارتز را هم در بر می گیرد.



شکل ۵- ارتباط کلی واحدهای سنگی در منطقه

در تمرکزهای رگه‌ای در برخی از نمونه‌ها، کانی‌های اپاک و آپاتیت ستونی پورفیری، کوارتزهای موزائیکی درشت و کلریت دیده می‌شود. در بلورهای پورفیری آپاتیت علاوه بر ادخالهای بی شکل کانی کربناته و کانیهای کدر - اکسید آهن، ترک‌های موئین حاوی این دو کانی نیز وجود دارد. ادخالهای کربناته در پورفیرهای اپاک هم متداول می‌باشند.

تبلور مجدد در اکثر نمونه‌های سنگی مشاهده شده است.

ویژگیهای مربوط به نمونه‌های آندزیت و تراکی آندزیت نیز به شرح ذیل می‌باشد:

بافت: پورفیری - میکرو پورفیریتیک، زمینه: گاه میکرو تا کریپتوکریستالین

نام سنگ: سنگ آذرین (کوارتز تراکی آندزیت) شدیداً سرسیستیزه شده

این نمونه‌ها به شدت سرسیستی شده‌اند. فلدسپارها (عمدتاً قلیایی به همراه پلاژیوکلاز تماماً سرسیستی) فراوانترین کانی‌های موجود با آرایش گلومری بوده، بلورها کمی شکل دار و نیمه شکل دار و تجزیه شده به کانیهای رسی، سرسیست و گاه کمی کلریتی هستند.

ریز بلور کوارتز بی‌شکل، فلدسپارها و کانی سیلیسی کریپتوکریستالین، کمی مسکوویت و کلریت، معدودی اسفن - لوکوکسن و کوارتز ثانوی، تمرکزهایی از کربنات که گاه به همراه کوارتز است و کانی‌های کدر - اکسید آهن نیز در نمونه‌ها دیده می‌شوند.

فلدسپارها فراوانترین کانی هستند که در برخی نمونه‌ها تنها قالبی از بلور برجای مانده است و عموماً در حد گسترده با کربنات جایگزین شده‌اند. هم‌چنین آثار بلوری از کانیهای فرومنیزین (احتمالاً آمفیبول) در مقاطع نازک دیده شده که بطور کلی به اکسیدهای اپاک، کلریت و کلسیت تبدیل شده‌اند. ترک‌های موئین و رگه - رگچه‌های پر شده با کانی‌های کربناته، اکسیدهای اپاک و گاه کوارتز نیز در برخی نمونه‌ها مشاهده شده است.

رخساره‌هایی که طی مطالعات مقاطع نازک به عنوان سنگهای درونی نامگذاری شده‌اند شامل واحدهای سنگی گرانیت، (میکرو گرانیت)، گرانودیوریت، سینیت، مونزوسینیت، دیوریت، مونزودیوریت و مونزونیت می‌باشد. ویژگیهای مربوط به سنگهای گرانیتوئیدی به شرح ذیل می‌باشد:

بافت: پورفیری، زمینه: میکرو گرنولار، هترو گرانولار

کانی فلدسپار فراوانترین کانی موجود در دو فرم درشت یا پورفیرهای شکل دار، نیمه‌شکل دار، متوسط تا ریز بلورهای تخته‌ای شکل است، ماکل‌های تکراری و آلیت - کارلسباد و نیز تجزیه به کانی‌های رسی، سریسیت، کلریت و ادخال‌های ریز از کانی کدر در آنها متداول است. فلدسپارهای قلیایی در برخی نمونه‌ها وفور بیشتری از پلاژیو کلازها دارد.

کانی‌های رسی، سریسیت، مسکوویت، کلریت، فلوگوپیت کم، اسفن - لوکوکسن و کانی‌های کدر - اکسید آهن بیشتر از دیگر همراهان کانیهای فلدسپاری هستند.

ترک‌های موئین حاوی اکسیدهای اپاک در سطح برش‌های نازک دیده می‌شوند. هم‌چنین در برخی نمونه‌ها تعداد کمی آثار کریستالی از کانی‌های مافیکی که بطور کلی به سریسیت، مسکوویت و کلریت تبدیل شده‌اند نیز دیده شده است.

مقادیر ناچیزی از آپاتیت، فلوگوپیت و اپیدوت آهن دار در برخی نمونه‌ها مشاهده شده است. ویژگیهای مربوط به سنگ‌های در طیف سینیت تا دیوریت به شرح ذیل می‌باشد:

بافت: گرانولار

نام سنگ: کوارتز سینیت - مونزوسینیت تجزیه شده حاوی تورمالین و کانی‌های کدر فراوان کانیهای اصلی:

۱ - فلدسپار بیشتر قلیایی و بی‌شکل که در برخی ریز بلورهای فلدسپاری یا پلاژیو کلازهای سدیک، کوارتز و کانی کدر و نیز تجزیه به کانی رسی و سریسیت پدیدار است. پلاژیو کلازها تیغه‌ای و ماکل دار بوده و ترکیبی سدیک (حدود اولیگو کلاز - آلیت) دارد. کانیهای فلدسپاری از بلورهای درشت تا مجموعه بلورهای ریز تغییر می‌کنند.

۲ - کوارتز بصورت بی‌شکل و گاه مجتمع و در کل فراوانی کم است.

۳ - بیوتیت ورقه‌ای یا تیغکی و با فراوانی کم است.

تورمالین (بیشتر اسکورلیت) شکل دار و بی شکل و نیز کانی‌های کدر - اکسید آهن ریز تا متوسط بلور بیشتر بی شکل و به حالت متمرکز، اسفن - لوکوکسن و تمرکزهای بی شکل کلریت از دیگر کانیهاست. در نمونه‌های مطالعه شده از چاه شماره ۱۴ در مقاطع نازک چند نمونه آپلیت تشخیص داده شده‌اند که دارای بافت آپلیتی، میکرو کریستالین می‌باشند. در این نوع سنگها کانیهای فلسیک (کوارتز - فلدسپار) بیشتر در مجموعه بلورهای ریز بی شکل بوده و کانی‌های رسی، کمی سرسیت، مقادیر زیادی کلریت (گاه شکل دار و گاهی بی شکل و ریز) کلسیت همراه کوارتزهای درشت موزائیکی و گاه کلریت بصورت پرکننده شکستگی یا رگه دیده می‌شوند. بلورهای تورمالین (اسکورولیت) های اغلب ستونی و گاهی مستطیلی شکل و سرانجام کانی‌های کدر - اکسید آهن از دیگر اجزاء سنگ می‌باشند.

مجموعه دایک‌هایی که سنگ میزبان و زون‌های کانی سازی را قطع کرده‌اند دارای ترکیب دیاباز می‌باشند. مشخصات این گروه از سنگها به شرح ذیل می‌باشد:

بافت: بر اثر شدت دگرسانی بافت اولیه بسیار مخدوش شده است ولی به نظر می‌رسد بافت اولیه آن پورفیریتیک با زمینه اینترسرتال - اینترگرانولار می‌باشند.

پورفیرها:

۱- فلدسپات (پلاژیوکلاز؟) که به نحو قابل ملاحظه و بطور مشخص توسط کلریت جانشین شده است.

۲- کانی فرومنیزین که بطور کامل توسط سیلیس و کربنات جانشین شده است.

کانیهای زمینه: لت و میکروولیت‌های فلدسپات، مجموعه کانیهای ثانویه شامل بیشتر کلریت و نیز کربنات، لکه‌های لوکوکسن، اسفن کانیهای اپاک، گاهی تراشه‌های بیوتیت قهوه‌ای در زمینه مشاهده می‌شوند.

کانیهای ثانویه: کانیهای فیلسیلیکاته (کلریت)، کربنات، لوکوکسن - اسفن

کانیهای فرعی: کانیهای اپاک، آپاتیت بصورت منشورهای بلند و نسبتاً ضخیم موجود است.

در امتداد شکستگی‌های موجود ابتدا کانیهای اکسید آهن و سپس تبلور کربنات مشاهده می‌شوند. شکستگی‌ها اغلب بطور کامل پر نشده‌اند. هم چنین گاهی باریت و سلسیت؟ در امتداد شکستگی‌های موجود و به همراه بلورهای کربنات مشاهده می‌شوند.

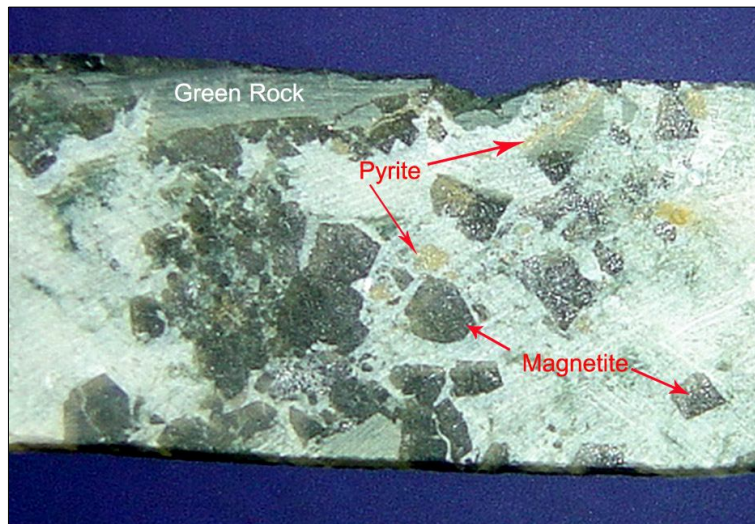
نام سنگ: (آلکالی) دیاباز، کلریتی و کربناتی شده.

واحد  $E^{g.f}$ : همانطور که قبلاً اشاره شد واحدهای سنگی  $E^{g.f}$  سنگ میزبان کانی سازی می‌باشند. ضخامت این واحد سنگی متناسب با شدت کانی سازی تغییر می‌کند. در برخی قسمت‌های منطقه که دارای رخنمون سنگ سبز می‌باشد، کانی سازی خاص درون آنها مشاهده نگردیده است. در حفاری‌های انجام شده در کانسار گزستان و در حالت کلی با افزایش عمق و با گذر از زون‌های کانی سازی سنگ سبز (متاسماتیت:  $E^{g.f}$ ) به سنگهای بدون دگرسانی (ناشی از کانی سازی) (واحد  $E^{v.f}$ ) تبدیل می‌شوند (شکل ۵).

شواهد صحرائی، نمونه دستی و بافتی نشان می‌دهند که سنگ‌های سبز همزمان و یا کمی قبل از کانی سازی و بعد از واحد  $E^{v.f}$  و بر روی واحد مذکور، تشکیل شده‌اند. هم چنین در برخی قسمت‌ها سنگ‌های سبز بعد از شکستن و برشی شدن بوسیله اکسیدهای آهن و آپاتیت (بصورت سیمان) پر شده‌اند (شکل ۶). در برخی



قسمت‌ها که تبدیل سنگهای روشن اسیدی به سنگ سبز بطور کامل انجام نشده است، قطعاتی از سنگ اولیه درون سنگ سبز باقی مانده‌اند (شکل ۷).



شکل ۶- پر شدن سنگ‌های سبز برشی شده بوسیله سیمانی از ماده معدنی (چاه شماره ۸، عمق ۵۹ متری)



شکل ۷- باقی ماندن قطعاتی از سنگ اولیه درون سنگ سبز (چاه شماره ۴، عمق ۵۰ متری)

### ۲-۳-۱- دگرسانی سنگهای درونگیر

واکنش بین سیالات و سنگهای درونگیر تا زمان به تعادل رسیدن آنها با یکدیگر ادامه می‌یابد و نتیجه آن بوجود آمدن هاله‌ای دگرسان در سنگهای دربرگیرنده توده معدنی است. ضخامت هاله دگرسانی به شدت و نوع دگرسانی بستگی دارد (شهاب پور ۱۳۸۰). تغییراتی که در نتیجه دگرسانی در سنگها ایجاد می‌شوند شامل تغییرات کانی‌شناسی، تغییرات شیمیایی و تغییرات در رنگ و بافت می‌باشد. هم چنین عواملی که بر شدت و نوع دگرسانی مؤثرند عبارتند از: خصوصیات سنگهای دیواره و خصوصیات فیزیکوشیمیایی سیالات (گیلبرت و پارک ۱۹۹۷).

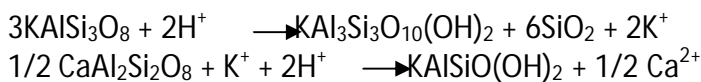
در کانسار گزستان با توجه به نوع سنگهای میزبان کانی سازی (با ترکیب اسیدی تا حد واسط در رخساره های ولکانیک تا ساب ولکانیک) و نوع کانی سازی انجام شده، انواع دگرسانی مشاهده شده طی مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی به ترتیب اهمیت و فراوانی به شرح ذیل می باشد:

#### ۲-۱-۳-۱-۱- سرسیتی شدن

این نوع دگرسانی با توجه به مطالعه مقاطع نازک از کانسار گزستان، تقریباً در تمامی نمونه ها مشاهده شده است و با توجه به ماهیت و جنس سنگهای میزبان کانی سازی که در آنها فلدسپار تقریباً فراوانترین کانی متشکله آنهاست، منطقی می باشد. به عنوان مثال در نمونه مقطع نازک ۲۴-۱۰ فلدسپار بصورت پورفیر بیشتر متشکل از میکروفنو کریست های شکل دار - نیمه شکل دار، ماکل دار و زونه می باشد و از نظر ترکیب عمدتاً فلدسپار قلیایی هستند و به کانی های رسی، سرسیتی و گاه کلریت تجزیه شده اند.

سرسیتی شدن در اثر دگرسانی کانیهای سرشار از آلومینیم حاصل می شود و در آن فلدسپاتها توسط میکای سفید ریزدانه یا کانیهای مشابه به نام سرسیت پوشیده می شوند. رشد سرسیت نیازمند افزایش آب و  $K^+$  است و سرسیتی شدن فقط در صورتی پیشرفت می کند که محلولهای سرشار از آب وجود داشته باشند و ترجیحاً در مناطق غنی از آنورتیت پلاژیو کلاز، اثر می گذارند (شلی ۱۹۹۳).

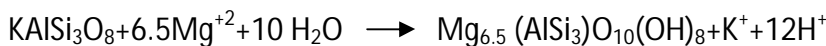
سرسیتی شدن که نوعی واکنش هیدرولیز است، باعث آبدار شدن کانی های سیلیکاته بدون آب و هم باعث بالا رفتن PH محلول می شود (طبق واکنش زیر):



#### ۲-۱-۳-۲- کلریتی شدن

دگرسانی کلریتی از مهمترین دگرسانیها در منطقه، بخصوص درون متاسماتیت هاست و علت رنگ سبز سنگهای مذکور نیز فراوانی کلریت در آنهاست. کلریتی شدن تقریباً در تمامی نمونه های مطالعه شده از زون های کانی سازی و مجاور آنها اتفاق افتاده است و با دور شدن از کانی سازی از شدت آن کاسته می شود. روابط بافتی گواه آنند که کلریتی شدن سنگ های میزبان و تشکیل مجموعه سنگهای سبز (با سنگ های اولیه متفاوت) همزمان و یا کمی قبل از کانی سازی اتفاق افتاده است.

با توجه به فراوانی کانیهای فلدسپار درون سنگهای میزبان، کلریت بصورت ثانویه طبق واکنش زیر بر روی آنها تشکیل شده است:



کلریت در نمونه های مطالعه شده به اشکال فلسی تا تیغه ای شکل، فیبری یا الیافی، بی شکل تا شکل دار و پرکننده شکستگی یا رگه ها مشاهده شده است. در نمونه های کانی سازی شده، کانی های کلریتی بیشتر در محدوده تمرکز آپاتیت و کانی های کدر دیده می شوند.

#### ۲-۳-۱-۳- کربناتی شدن

وجود کربنات بصورت کلسیت در نمونه‌ها نسبت به دو نوع دگرسانی بالا، فراوانی کمتری دارد. با توجه به اینکه تشکیل کلسیت همراه با کانی‌سازی (همراه با مگنتیت و آپاتیت) هم در بخش‌های سطحی و هم در نمونه‌های عمقی به فراوانی انجام شده است و هم واحدهای آهکی منطقه نیز می‌توانند منشاء تشکیل کلسیت درون سنگهای میزبان باشند، لذا کلسیتی شدن فراوان در مقاطع نازک مطالعه شده هم در ارتباط با کانی‌سازی و هم واحدهای آهکی منطقه می‌تواند باشد.

از طرف دیگر با توجه به فراوانی کانی فلدسپار در سنگهای میزبان کانی‌سازی شده، کلسیت از دگرسانی پلاژیوکلاز و طی تبدیل شدن آن به اپیدوت، به همراه سریسیت نیز می‌تواند تشکیل شود (شلی ۱۹۹۳).

کلسیت در نمونه‌ها به صورت بی‌شکل و رگچه‌ای همراه دیگر کانیها مشاهده شده است. در نمونه‌هایی که به شدت کربناتیزه شده‌اند، کانی‌های کربناته و کلسیت به صورت انبوه بلورهای متوسط - درشت بی‌شکل و گاه به صورت زمین یا سیمان در برگیرنده بلورهای کوارتز، اکسیدهای اپاک و آپاتیت است. در برخی نمونه‌ها نیز فلدسپارها به کانی‌های رسی و سریسیتی تجزیه شده و با کلریت و کلسیت جانشینی شده‌اند.

#### ۲-۳-۱-۴- سیلیسی شدن

سیلیسی شدن بصورت رگه‌هایی سنگ‌ها را قطع کرده‌اند و بصورت بافت کریپتوکریستالین و گاه موزائیکی شکل می‌باشند. در نمونه‌هایی که از نزدیکی زون‌های کانی‌سازی برداشت گردیده، سیلیس به همراه کلریت، کربنات، کانیهای اپاک و آپاتیت درون رگچه‌ها تشکیل شده است.

منبع سیلیس ممکن است از مواد تشکیل دهنده ماده معدنی باشد (زیرا در زون‌های کانی‌سازی شده همراه آپاتیت و مگنتیت، کلسیت و سیلیس بصورت فازهای انتهایی تشکیل شده‌اند) و هم می‌تواند در اثر دگرسانی سریسیتی سنگهای میزبان که منجر به آزاد شدن سیلیس می‌شود، ایجاد شده باشد.

#### ۲-۳-۱-۵- تورمالینی شدن

تشکیل تورمالین اغلب بصورت نیمه‌شکل دار، ستونی (متوسط تا ریزبلور)، مستطیلی شکل و شعاعی به همراه دیگر کانیهای ناشی از دگرسانی (رس و سریسیت) و کانی‌های کدر - اکسید آهن اغلب درون سنگ‌های اسیدی در چاههای ۱۰، ۱۴، ۱۵ و ۹ صورت گرفته است. در یک نمونه تورمالین از نوع اسکورولیت تشخیص داده شده است. تورمالینی شدن گسترش محدودی دارد.

طبق نظر شلی (۱۹۹۳)، تورمالین‌های تیغه‌ای و شعاعی در مراحل تأخیری ماگمایی و بواسطه تأثیر محلولهای غنی از بور پدید می‌آیند. سنتر تورمالین از اکسیدهای سازنده آن در حضور آب، در حرارت‌های ۴۰۰ تا ۵۰۰ درجه سانتیگراد صورت می‌گیرد. میدان پایداری تورمالین در محلولهای غلیظ تماماً در محدوده آلکانل ضعیف قرار می‌گیرد و در محلولهای خیلی رقیق، این کانی در شرایط اسیدی ضعیف‌تر پایدار است (دیر و همکاران ۱۹۹۱).

در چند نمونه مطالعه شده به همراه دیگر کانیهای ثانویه مشاهده شده است. در نمونه‌های حاوی فلدسپار فراوان و در اثر دگرسانی (آبدارشدن) آن اپیدوت به همراه کلریت و کلسیت تشکیل شده است.

#### ۲-۴- پترولوژی

جهت تعیین نوع سنگ‌های میزبان کانی‌سازی که طی عملیات حفاری امکان نمونه‌برداری از آنها وجود داشت، تعداد ۱۶ نمونه از گمانه‌های مختلف برداشت گردید. هر چند سعی گردید تا نمونه‌برداری بطوری انجام شود که در نمونه دستی حداقل دگرسانی را داشته باشد، اما نتایج آنالیزها نشان می‌دهد که نمونه‌ها بدلیل قرارگیری در مجاورت رگه‌ها و زون‌های کانی‌سازی دچار تغییرات شیمیایی از نوع کاهش بعضی از عناصر و افزایش برخی دیگر از عناصر شده است. نتایج آنالیزها در پیوست ارائه شده است.

طبق نمودار آلکالی در برابر سیلیس سنگهای منطقه گزستان بیشتر در محدوده داسیت، ریولیت، آندزیت و تراکیت قرار دارند. سنگهای نفوذی غرب منطقه که بافت درونی نشان می‌دهند، براساس مطالعات صحرایی و میکروسکوپی ترکیبشان در حد مونزونیت و گابروست. هم‌چنین از آنجایی که اکثر سنگهای منطقه در معرض کانی‌سازی و دگرسانی متعاقب آن قرار گرفته‌اند، از نمودارهای تعیین سری ماگمایی نمی‌توان کمک گرفت. در حالت کلی ترکیب غالب سنگهای منطقه ولکانیک‌های اسیدی و میکروگرانیت می‌باشد. بجز سنگ دیوریت گابروی غرب منطقه که یک توده بازیک است و نیز تعدادی دایک و استوک‌های کوچک با ترکیب دیوریت گابرو و دیاباز، بقیه سنگهای منطقه دارای ترکیب اسیدی هستند. بنابراین منشاء تشکیل سنگهای اسیدی منطقه، ماگمای گرانیتی در نظر گرفته شده است و از لحاظ خاستگاه ماگمایی، منشاء سنگهای آذرین منطقه با گرانیتوئیدهای نوع ۱ مقایسه شده است (دری و جمالی ۱۳۸۲).

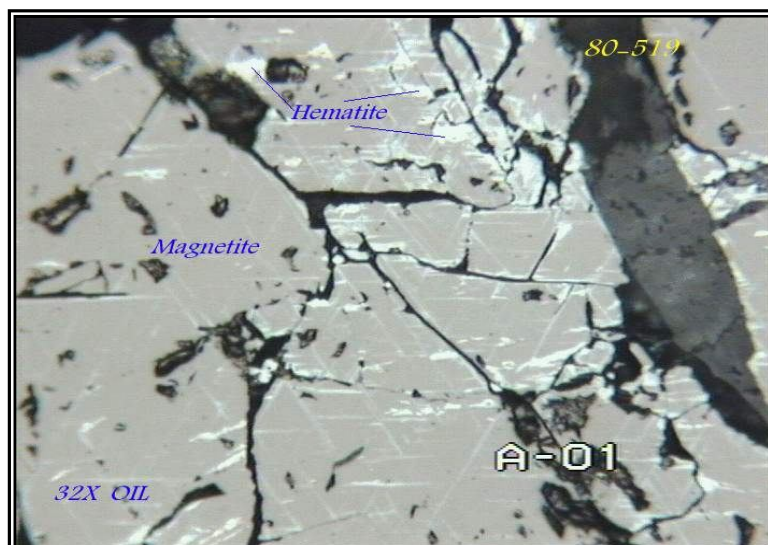
## ۲-۵- مینرالوگرافی

مطالعه مقاطع صیقلی از اعماق مختلف گمانه های اکتشافی نشان می دهد که مگنتیت در کلیه نمونه ها حالت غالب دارد. بلورهای این کانه در برخی نمونه ها در کنار یکدیگر حالت فشرده نشان می دهند و حالت توده ای دارند. مگنتیت ها از طریق نقاط ضعف معمولا در حال دگرسانی بوده و پدیده مارتیتی شدن در آنها در حال انجام می باشد و در اغلب نمونه هاییکه دچار دگرسانی شده اند مگنتیت از حاشیه ها به هماتیت و اکسیدهای آهن تبدیل شده است (شکل ۸). هماتیتی شدن و تشکیل اکسیدهای آهن آبدار از دگرسانی های اصلی می باشند. هماتیتی شدن در مرز بلورهای مگنتیت و محل شکستگی آنها در اثر اکسیداسیون مگنتیت تشکیل شده اند. مگنتیت در تمامی مراحل ابتدا به ماگهمیت دگرسان می شود و تبدیل ماگهمیت اغلب خودبخود صورت می گیرد. ماگهمیت فرم نیمه پایدار  $Fe_2O_3$  است که ساختار مگنتیت دارد. حین اکسیداسیون مگنتیت به ماگهمیت اندازه سلول واحد شبکه حدود  $A^0 0.06$  کاهش پیدا می کند. وجود ناخالصیهایی نظیر Ti و V باعث پایداری بیشتر ماگهمیت می شود (رامدور ۱۹۸۰).

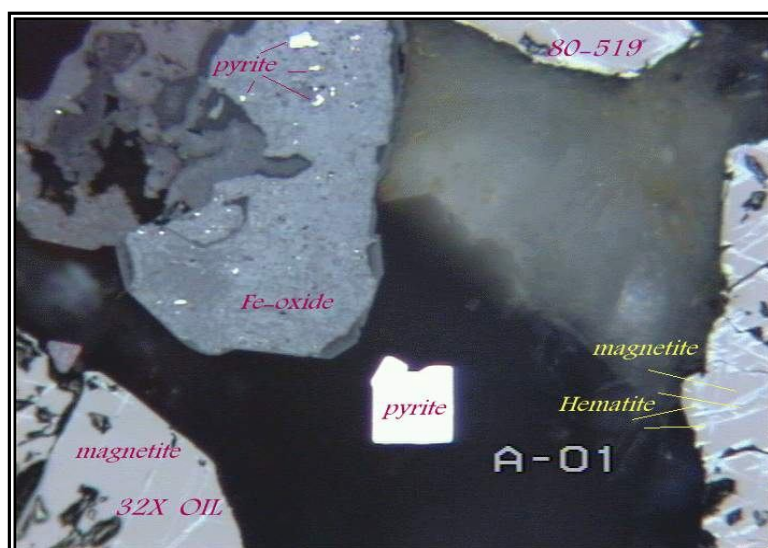
گاهی هماتیتی شدن به شکل مارتیت می باشد. طبق نظر کرایچ و وگن (۱۹۸۱) در میان انواع بافتهای حاصل از جانشینی بافت مخصوصی وجود دارد که در اثر جانشینی مگنتیت توسط هماتیت در امتداد سطوح کلیواژ (III) آن تشکیل می شود که به این بافت مخصوص مارتیتی شدن گفته می شود. طبق نظر رامدور (۱۹۸۰) مارتیتی شدن به عنوان یک فرایند بعد از تشکیل کانه در نظر گرفته می شود که در اثر افت درجه حرارت ایجاد می شود. گاهی مگنتیت بصورت دانه های اتومورف (شکل ۶) در داخل گانگ ها حالت پراکنده دارد. در بعضی از مقاطع این کانه دچار شکستگی شده و بافت کاتاکلاستیک در آنها مشهود است. اکسیدهای آبدار و ثانویه آهن نیز تقریبا در اکثر نمونه هایی که مورد مطالعه قرار گرفته اند، قابل مشاهده است که بصورت بلورهای ساب میکروسکوپییک همراه با آغشتگی به اخرای آهن می باشند. در برخی موارد بین بلورهای دیگر همچون پیریت و حفرات و شکافهای سنگ میزبان مستقر شده اند.

پیریت فراوان ترین کانی سولفیدی در نمونه های مطالعه شده می باشد که گاهی همراه با کالکوپیریت و در موارد نادر پیروتیت (بصورت ناچیز و بحالت انکلوزیون) بصورت شکافه پرکن در لابلای بلورهای مگنتیت تشکیل شده است (شکل ۹) و در برخی نمونه ها در اثر دگرسانی به اکسیدهای آهن آبدار تبدیل شده است (شکل ۱۰).

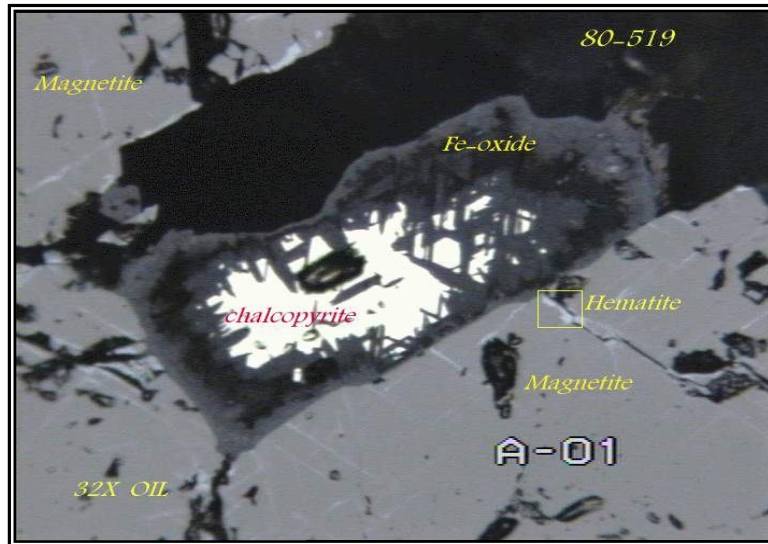
علاوه بر کانی های فوق الذکر بصورت خیلی نادر اکسید های منگنز و تیتان و اسفالریت نیز در برخی از مقاطع صیقلی مشاهده شده است (نتایج مطالعات مقاطع صیقلی در پیوست شماره ارائه شده است).



شکل ۸: مگنتیت های توده‌ای که از محل شکستگیها به هماتیت تبدیل شده است



شکل ۹: پیریت همراه با مگنتیت و تشکیل شده در متن باطله و شکاف ها



شکل ۱۰: دگرسانی کالکوپیریت (و فازهای سولفیدی) به اکسیدهای آهن آبدار

فصل سوم

زمین شناسی اقتصادی



### ۱-۳- گسترش سطحی ماده معدنی و مورفولوژی کانسار

گسترش زون کانه‌دار در محدوده اکتشافی گزستان زیاد بوده و طول آن به ۲/۲ کیلومتر و عرض آن به بیش از ۰/۷ کیلومتر می‌رسد. این گستره به سه زون قابل تقسیم است:

۱- زون شرقی - شمال شرقی

۲- زون غربی

۳- زون مرکزی

### ۲-۳- انواع کانسنگها

پنج شکل یا فرم کانی‌سازی در این کانسار قابل تفکیک است. البته لازم به ذکر است که این شکلهای مختلف از کانی‌سازی مثل اغلب پدیده‌های طبیعی، دارای تغییرات تدریجی نسبت بهم بوده و حتی در نقاطی با هم و در کنار هم دیده می‌شوند و جدا کردن آنها از همدیگر بسیار مشکل و شاید غیرممکن است.

### ۱-۲-۳- کانسنگ آهن

توده‌های سنگ آهن از کانیهای مگنتیت، هماتیت، آپاتیت، کوارتز و کلسیت تشکیل شده است. از دیگر کانیهای موجود در توده‌های آهن‌دار می‌توان به آمفیبولهای ثانویه اشاره کرد که اغلب به صورت رشته‌ای دیده می‌شوند. آنکلاوها یا تکه‌هایی از سنگ دربرگیرنده نیز در داخل توده‌های آهن‌دار دیده می‌شود که بیانگر تشکیل آهن بعد از تشکیل سنگ میزبان می‌باشد. آلتراسیونهایی که در اطراف این توده‌های آهن در داخل سنگ میزبان مشاهده می‌شود نیز مؤید این مطلب است. این آلتراسیونها بیشتر از نوع کلریتی شدن و سریستی شدن و تشکیل کانیهای سبز رنگ دیگر از جمله آمفیبولها و اپیدوت می‌باشد. شکل عمومی آنها بیشتر بصورت عدسی، دایک، رگه و رگچه مانند می‌باشد که بصورت پراکنده در قسمت مختلف منطقه دیده می‌شوند.

در توده‌های آهن، هر چه بر مقدار  $Fe_2O_3$  افزوده می‌شود از مقدار  $P_2O_5$  کاسته می‌شود و بالعکس (جدول ۳).

جدول ۳- تغییرات مقدار  $P_2O_5$  در برابر  $P_2O_5$  در توده‌های آهن

شماره نمونه	80-G-54	80-G-55	80-G-T6-1	80-G-T6-29	80-G-T8-2	80-G-T8-11a	80-G-T8-16
$Fe_2O_3$	27.07	41.53	72.76	68.56	70.05	49.33	66.76
$P_2O_5$	12.69	6.18	4.32	1.83	0.3	9.17	0.11

در کل درصد  $Fe_2O_3$  این توده‌های آهن کم بوده و ضمناً عناصر نادر خاکی در آپاتیت‌های همراه آنها اندک است (کریودیک و همکاران، 2001).

### ۳-۲-۲- کانسنگ آپاتیت - مگنتیت

این نوع کانسنگ را از نظر شکل ظاهری به چند گروه می‌توان تقسیم کرد که از نظر پاراژنز و توالی تبلور کانیها هم اندکی با هم متفاوتند.

الف) کانسنگ آپاتیت - مگنتیت همراه با توده آهن اصلی  
ب) رگه‌ها یا دایک گونه‌های آپاتیت - مگنتیت در سنگهای سبز

### ۳-۲-۳- کانسنگ نوع رگه - رگچه‌ای نامنظم (Stockwork)

#### ۳-۲-۴- کانی‌سازی پراکنده (disseminated)

#### ۳-۲-۵- رگه‌های آپاتیت توده‌ای

مطالب فوق به تفصیل در گزارش اکتشافات عمومی (دری و جمالی ۱۳۸۲) مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

### ۳-۳- گسترش ماده معدنی در عمق

ماده معدنی شامل ترکیبی از آهن - آپاتیت به نسبت‌های مختلف است که معمولاً با کمی کوارتز و کلسیت همراهی می‌شود و به فرم‌های مختلف در داخل سنگهای سبز و به مقدار کم در داخل سنگهای ولکانیکی واحد  $E^{۷,۲}$  رخ داده است (دری و جمالی ۱۳۸۲).  
پراکندگی گمانه‌های اکتشافی با توجه به گسترش زون‌های کانی‌سازی شده و توانایی دسترسی به نقاط حفاری می‌باشد.

#### ۳-۳-۱- بخش شمالی

در بخش شمالی سه گمانه بنامهای ۱، ۹ و ۱۹ حفاری شده است. در این بخش و در سطح یک عدسی آهن آپاتیت‌دار و یک عدسی آپاتیت مگنتیت‌دار رخنمون دارند. حفاری انجام شده نشان دادند که عدسی‌های مذکور در عمق گسترش چندانی نداشته و به اصطلاح بدون ریشه هستند و حفاری‌ها در کل به سنگهای سبز و سنگ میزبان شامل ولکانیک‌ها و ساب‌ولکانیک‌های اسیدی برخورد کرده است که ظاهراً بخش کم‌پایین کانی‌سازی می‌باشند. عدسی آپاتیت مگنتیت‌دار در سطح گسترش خوبی در جهت شرقی - غربی دارد. مشخصات گمانه‌های اکتشافی در پیوست ارائه شده است.

#### ۳-۳-۲- بخش غربی

این بخش پرعیارترین بخش کانی‌سازی فسفات در منطقه می‌باشد و تعداد ۶ گمانه اکتشافی (گمانه‌های ۲، ۳، ۴، ۱۳، ۱۷ و ۱۸) در آن حفاری شده است و بهترین نتایج نیز از این قسمت بدست آمده است. گسترش سطحی کانی‌سازی در این بخش بصورت عدسی طولی می‌باشد که در کل حالت حلقوی دارد و گسل‌هایی که

بصورت عرضی آنرا قطع کرده‌اند باعث تغییر جهت و شیب عدسی مذکور شده‌اند. گمانه‌های ۳، ۴، ۱۳، ۱۸ و تا حدودی گمانه ۲ به بخش‌های کانی سازی شده غنی از فسفات برخورد کرده‌اند. طبق پروفیل‌های رسم شده و بررسی لاگ گمانه‌ها، شیب عدسی در حدود ۷۰ درجه به سمت جنوب، جنوب شرق با ضخامت حداکثر ۸۰ متر می‌باشد. جهت شیب آن در انتهای غربی عوض شده و با کاهش ضخامت جهت شیب آن به سمت غرب - جنوب غرب تغییر می‌کند.

حد بالایی افق کانی سازی به طور متوسط حدود ۲۴۱۲ متر و حد پایین کانی سازی به طور متوسط افق ۲۳۵۰ متر می‌باشد. دگرسانی مشاهده شده در این زون اغلب از نوع کلریتی شدن و آمفیولی شدن است و همراه با بخشهای کانی سازی آبدار شدن قسمت‌های آهن دار اتفاق افتاده است. در گمانه شماره ۳ از عمق ۶/۶ متر تا ۲۸ متری سه دایک آپاتیتی در مجموع به ضخامت ۲/۸ متر تشکیل شده‌اند که بیشترین عیار فسفات در آنها ۲۶/۵ درصد بوده است. فرم کانی سازی در بخشهای بالایی اغلب رگچه‌ای، رگه‌ای و گاهی حالت توده‌ای می‌باشد و در اعماق پایین تر اغلب به فرم توده‌ای است.

### ۳-۳-۳- بخش مرکزی

بیشترین گسترش کانی سازی طبق مطالعات ژئوفیزیکی و نیز حفاری‌های انجام شده در این بخش واقع شده است زیرا روش ژئوفیزیکی مغناطیس سنجی زمینی انجام شده نشان از یک آنومالی مغناطیسی بزرگ در این بخش داشت که حفاری صورت گرفته در آن این امر را تأیید کرده است. در این بخش سه گمانه اکتشافی به شماره ۵، ۱۱ و ۱۴ حفاری گردیده است. در چاه شماره ۱۱ که عمیق‌ترین چاه اکتشافی در منطقه است (با عمق ۱۷۵ متر) کانی سازی به صورت استوک و رک و رگچه‌ای تا متر ۱۰۰ تا ۱۱۰ متر ادامه داشت. به سمت اعماق کمتر فرم کانی سازی از حالت استوک و رک - رگچه‌ای به فرم رگه‌ای تا توده‌ای تغییر می‌کند. کانی سازی پراکنده نیز در سرتاسر لاگ قابل مشاهده می‌باشد.

در قسمت‌های سطحی (تقریباً تا عمق ۵۰ متری) فراوانی آپاتیت تا حدودی بیشتر از مگنتیت می‌باشد اما به سمت اعماق پایین تر همواره مگنتیت حالت غالب داشته و آپاتیت دارای اهمیت بعدی می‌باشد. در حالت کلی در این بخش دلیل پراکندگی کانی سازی و عدم تمرکز آن، پتانسیل بالایی از کانی سازی مشاهده نمی‌شود. البته از لحاظ گسترش سطحی در سه رخنمون در اطراف گمانه‌های ۵ و ۱۱ کانی سازی آپاتیت همراه با مگنتیت بصورت لکه‌ای قابل مشاهده است و بنظر می‌رسد همانند بخش شمالی این نوع کانی سازی هم فاقد گسترش عمقی مناسب باشد.

### ۳-۳-۴- بخش شرقی

بخش شرقی از لحاظ گسترش سطحی کانی سازی آپاتیت بعد از بخش غربی اهمیت دوم را داراست. در برخی قسمت‌ها زون‌های آپاتیتی جدا از زون‌های مگنتیتی دیده می‌شود و گاهی هم با یکدیگر و چسبیده به هم یک عدسی واحد را تشکیل می‌دهند. در این بخش تعداد ۷ گمانه اکتشافی حفاری شده است (گمانه‌های ۶، ۷، ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۶ و ۱۷). گسترش عمقی یک عدسی آپاتیت - مگنتیت که گمانه شماره ۷ بر روی حفاری شده

است نازک شدگی این عدسی را در اعماق خیلی کم نشان می‌دهد. هم‌چنین از کنار غربی این عدسی گسلی با روند شمال شرقی - جنوب شرقی عبور کرده است که دلیل آن آبخور شدید گمانه شماره ۷ حین حفاری آن می‌باشد.

چگونگی گسترش سطحی زون کانی‌سازی شده ظاهراً نشان از جدا بودن و تفکیک مذاب‌های اکسیدی و فسفاتی می‌باشد. اگرچه این حالت در بررسی‌های عمقی انجام شده به آن وضوحی که در سطح نشان می‌دهد را به نمایش نمی‌گذارد. ولی به طور موضعی اینحالت قابل مشاهده است مثلاً در گمانه شماره ۶، گسترش عمقی زون مگنتیتی تا افق تقریباً ۲۳۶۰ متری بطور تقریباً کامل از آپاتیت تهی می‌باشد.

شیب عدسی اصلی مگنتیت - آپاتیت در این بخش نزدیک به قائم و کمی به سمت شمال است و احتمالاً گسل‌های عرضی باعث جابجایی عدسی اولیه شده است زیرا در حفاری گمانه شماره ۸، عمقی که انتظار برخورد عدسی آپاتیتی می‌رفت (طبق گمانه شماره ۱۰ که قبلاً حفاری شده بود)، مشاهده نگردید و این در حالی است که دو گمانه مذکور در امتداد یکدیگر بوده و فاصله افقی قابل ملاحظه‌ای نیز ندارند.

### ۳-۴- تعیین وزن مخصوص کانه‌ها

به منظور تعیین وزن مخصوص کانه‌ها دو نمونه از چاه شماره ۴ انتخاب و آزمایش شده است. یک نمونه از کانی‌سازی نوع توده‌ای و نمونه دیگر از بخش پایین تر که در آن کانی‌سازی همراه با قطعات سنگ سبز که حالت برشی دارند، انتخاب و مورد آزمایش وزن مخصوص قرار گرفت. ویژگی‌های نمونه‌ها مورد نظر در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴: مشخصات نمونه‌های آزمایش شده برای وزن مخصوص

شماره نمونه	عمق نمونه برداری	نوع کانه‌ها در نمونه دستی	شکل کانی‌سازی	مقدار $P_2O_5$ (%)	وزن مخصوص واقعی ( $gr/cm^3$ )
BH 4- 10	۵۶ - ۵۲/۲	مگنتیت - کلسیت - آپاتیت - پیریت	توده‌ای	۲/۸۷	۳/۹۶
BH 4- 12	۵۹/۵ - ۵۸/۳	مگنتیت - کلسیت - آپاتیت	رگه‌ای همراه با قطعات سنگ سبز	۰/۶۶	۳/۴۹

طبق جدول فوق وجود قطعات برشی سنگ سبز (در حدود ۵۰ درصد) در بخش کانی‌سازی شده، به عنوان باطله باعث کاهش وزن مخصوص و همچنین کاهش درصد  $P_2O_5$  شده است

### ۳-۵- ژئوشیمی آپاتیت‌ها

بررسی میزان فسفات و عناصر مفید و مضر که در نهایت همراه محصول کانه‌آرایی شده خواهد بود، کیفیت کانسنگ را نشان می‌دهد. تعداد ۹ نمونه از آپاتیت‌هایی که در نمونه دستی خالص بنظر می‌رسیدند، نمونه‌برداری و به روش XRF مورد تجزیه قرار گرفته است. کانیهای همراه آپاتیت در نمونه‌ها، شامل کلسیت و سیلیس بوده که کمی هم دچار هوازدگی بوده‌اند. نتایج آنالیز این نمونه‌ها همراه با توصیف صحرائی آنها که مربوط به میزان فسفات و عناصر اصلی می‌باشد، در جدول ۵ ارائه شده است.

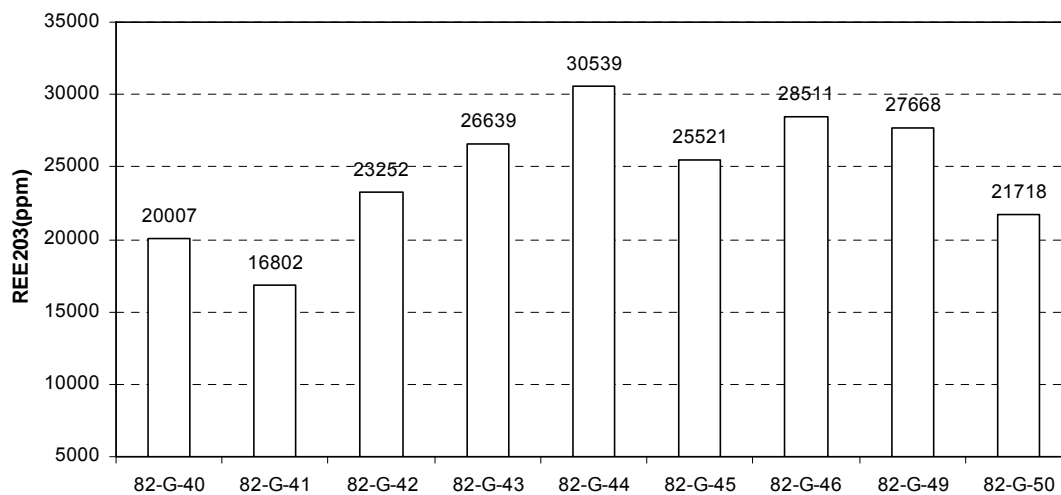
طبق جدول مذکور میزان متوسط  $P_2O_5$  در نمونه‌ها ۲۸ درصد، میزان فلوئور برابر ۵/۸ درصد و مقدار کلر در حدود ۰/۰۱ درصد می‌باشد. در آزمایش کانه‌آرایی که بر روی نمونه‌ای با ۶ درصد فسفات انجام گردیده است، عیار فسفات در محصول بدست آمده به حدود ۳۴ درصد (با بازیابی کلی حدود ۶۴ درصد) و مقدار CL و F در این محصول به ترتیب ۰/۱ و ۰/۰۴ درصد بوده است.

جدول ۵: عیار عناصر اصلی و کلر و فلوئور موجود در نمونه های آپاتیت منطقه

توصیف صحرایی	Sample No.	SiO2	Al2O3	Fe2O3	CaO	Na2O	MgO	K2O	TiO2	MnO	P2O5	F	Cl
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	ppm
آپاتیت دارای مگنتیت و کلسیت	82-G-40	15.82	0.02	5.36	32.22	0.11	0.45	0.02	0.143	0.102	17.55	2.86	1011
آپاتیت دارای سیلیس و کلسیت	82-G-41	9.26	0.04	1.35	34.18	0.06	0.30	0.01	0.125	0.067	26.11	4.56	514
آپاتیت دارای کلسیت	82-G-42	6.40	0.47	2.19	33.63	0.12	0.39	0.04	0.195	0.040	28.04	5.73	1109
آپاتیت دارای کلسیت	82-G-43	4.69	0.01	2.43	34.88	0.11	0.32	0.02	0.161	0.056	27.09	5.52	1268
آپاتیت	82-G-44	0.10	0.01	1.45	35.88	0.09	0.28	0.01	0.124	0.061	30.62	6.85	956
آپاتیت	82-G-45	0.74	0.02	1.63	34.48	0.07	0.26	0.02	0.129	0.052	30.92	6.91	673
آپاتیت	82-G-46	0.12	0.01	0.84	34.56	0.13	0.22	0.02	0.120	0.029	33.82	7.25	1038
آپاتیت توده ای و هوازدهی کم	82-G-49	0.11	0.09	1.14	36.73	0.11	0.44	0.01	0.120	0.063	30.11	6.55	1212
آپاتیت تقریباً خالص و هوازدهی کم	82-G-50	9.16	0.01	2.58	32.48	0.14	0.29	0.02	0.156	0.041	27.74	6.28	1715
جمع		46.40	0.68	18.97	309.04	0.94	2.95	0.17	1.27	0.51	252.00	52.51	9496
میانگین		5.16	0.08	2.11	34.34	0.10	0.33	0.02	0.14	0.06	28.00	5.83	1055.11

آپاتیت‌های کانسار گزستان از لحاظ میزان اکسید عناصر خاکی کمیاب نیز غنی می‌باشند (جدول ۱۸). به طوریکه حداقل و حداکثر میزان اکسید REE در نمونه‌های آزمایش شده به ترتیب ۱/۶۸ درصد و ۳/۰۵ درصد می‌باشد. درصد متوسط عناصر مذکور در نمونه‌ها حدود ۲/۴۵ درصد می‌باشد (نمودار ۱).

نمودار ۱: میزان مجموع (اکسید) عناصر خاکی کمیاب در کانسار گزستان.





جدول ۶: میزان عناصر نادر خاکی در نمونه‌های آپاتیت منطقه گزستان (ppm)

توصیف صحرایی	Sample No.	Y2O3	La2O3	Ce2O3	Pr2O3	Nd2O3	Sm2O3	Eu2O3	Gd2O3	Dy2O3	Ho2O3	Er2O3	Tm2O3	Yb2O3	Lu2O3	Sum REE2O3
آپاتیت دارای مگنتیت و کلسیت	82- G- 40	745	3800	8246	665	4091	542	143	880	674	27	45	25	102	22	20007
آپاتیت دارای سیلیس و کلسیت	82- G- 41	951	2913	6477	688	3142	522	78	1097	654	30	41	34	141	34	16802
آپاتیت دارای کلسیت	82- G- 42	720	4679	9799	938	4593	475	134	1178	523	23	34	13	114	29	23252
آپاتیت دارای کلسیت	82- G- 43	800	5186	10986	1502	5111	573	104	1489	636	23	45	34	109	41	26639
آپاتیت	82- G- 44	911	5836	12329	1681	5612	1215	118	1657	881	32	52	29	143	43	30539
آپاتیت	82- G- 45	739	5362	10537	1121	5027	515	85	1164	736	27	41	36	102	29	25521
آپاتیت	82- G- 46	760	5838	11764	1453	5157	1113	139	1344	762	25	34	27	73	22	28511
آپاتیت توده‌ای و هوازدگی کم	82- G- 49	762	5540	11054	1563	5120	1143	81	1556	649	27	27	23	91	32	27668
آپاتیت تقریباً خالص و هوازدگی کم	82- G- 50	823	4367	9028	690	4301	403	97	1141	714	23	18	25	70	18	21718

### ۳-۶- ژئوشیمی کانسنگ

کانسنگ‌های آهن آپاتیت کانسار گزستان با توجه به شباهتی که ژنز آن با دیگر کانسارهای آهن ماگمایی جهان دارد، برای چند عنصر خاص که احتمال وجود آنها در کانسار در حد آنومالی، وجود داشت مورد آنالیز قرار گرفته است. یکی از این عناصر، طلا می باشد که تعداد ۱۳ نمونه از گمانه‌های اکتشافی در اعماق مختلف برداشت گردیده و برای عنصر طلا آنالیز گردید که در حالت کلی فاقد هر گونه آنومالی و یا مقادیر مشابه با سایر کانسارها هم‌تپ می‌باشد.

طبق نظر هیتزمن و همکاران (۱۹۹۲) عمده کانسارهای آهن پروتروزوئیک دارای مقادیری از طلا در حد آنومال می‌باشند. هر چند کانی‌شناسی، نحوه پراکندگی و پاراژنز آن کاملاً مشخص نگردیده است. در بیشتر موارد طلا به صورت طبیعی و در مراحل تأخیری تشکیل می‌شود. در کانسار المپیک دم استرالیا طلا در حد ۰/۵ گرم در تن در تمامی برش‌های هماتی و در مقادیر بالاتر درون زون‌های گسلی سیلیسی شده تشکیل شده است. هم چنین در نمونه‌های برداشت شده از کانسار آهن کایرونا مقدار طلا در توده‌های مگنتیتی و هماتی تا حد ۲ گرم در تن رسیده است. در برخی دیگر از کانسارها مقدار طلا در حد PPb بوده است.

در کانسار گزستان میزان طلا درون بخش‌های کانی‌سازی شده اکسیدی حدود یک PPb و در دو نمونه برداشت شده از سنگ‌های اسیدی روشن رنگ در چاه شماره ۱۹ میزان طلا ۲ و ۵ PPb بوده است. در چاه شماره ۹ و در عمق ۴۷ متری رگچه ۱۷ سانتیمتری بصورت پیریت توده‌ای تشکیل شده است که میزان طلا در این رگچه حدود ۲۲ ppb بوده است. میزان عناصر Cd, Ni, Co این نمونه در جدول ذیل ارائه شده است (جدول ۷).

جدول ۷: نتایج تجزیه نمونه BH- 9- 7- 1 غنی از پیریت

مقدار	عنصر
848ppm	Co
0.29%	Ni
2ppm	Cd
22ppm	Au
0.03%	TiO <sub>2</sub>

میزان عناصر اصلی موجود در دو نمونه برداشت شده از زون کانی‌سازی شده (یکی از زون مگنتیتی توده‌ای و دیگری از زون آهن - آپاتیت توده‌ای به همراه سنگ سبز) در جدول ۸ ارائه شده است. مشخصات مربوط به نمونه‌ها در بخش ضمیمه مربوط به لاگ‌های حفاری قابل دسترسی می‌باشد.

جدول ۸: میزان عناصر اصلی در دو نمونه از کانسنگ منطقه

شماره نمونه	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cl	L.O.I
16- 8	0.22	1.07	1.51	11.40	0.47	0.06	0.06	2.88	0.65	0.21	0.01	0.05	81.24	n.d	-
18- 26	n- d	2.69	1.65	9.75	7.59	0.25	0.05	38.69	0.13	0.05	0.18	0.20	20.29	0.06	17.81

هم چنین یک نمونه از سنگ میزبان اسیدی به رنگ روشن برای عناصر Sn, W (نمونه شماره 2- BH19) آنالیز گردیده است که نتایج آن به ترتیب ۱۰ و ۲۰ پی پی ام بوده است.

ژنز کانسارهای آهن آپاتیت‌دار توسط محققین مختلف هم در مقیاس جهانی و در کشورمان به تفصیل مورد بحث قرار گرفته است. مدل‌های اولیه تنها براساس روابط صحرایی استوار بوده‌اند. وجود ویژگی‌های ماگمایی و رسوبی در قسمت‌های مختلفی از واحدهای کانه‌دار و کانسارها باعث تفسیرهای متفاوت از اطلاعات صحرایی شده است.

نظرات مختلفی که برای این نوع کانسارها ارائه شده است عبارتند از: منشاء اگزالاتیو- رسوبی، گرمابی و لکانوژن، متاسماتیک، ماگمایی و گرمابی. همچنین سه مدل برای این نوع کانسارها ارائه شده است که شامل مدل توصیفی مگنتیت با میزان ولکانیکی، مدل عیار- تناژ و مدل منشاء تبخیری می‌باشد. لازم بذکر است لفتور<sup>۱</sup> از بریتیش کلمبیا مدلی بنام برشها و رگه‌های اکسید آهن (P- Cu- Au- Ag- U) ارائه کرده است و کانسارهای تپ المپیک دم، تپ کایرونا، کانه‌های آپاتیت آهن، آهن پورفیریت، کانسارهای اکسید آهن پروتروزوئیک و مدل مگنتیت با میزان ولکانیکی را مترادف مدل مذکور دانسته است. مطالعه منابع مختلف نشان می‌دهد که بحث اصلی درباره ژنز این کانسارها در نهایت به ماگمایی بودن و یا گرمابی بودن منشاء آنها مربوط می‌شود.

فریتش (۱۹۷۰) دلایل زیر را در رابطه با منشاء ماگمایی کانسارهای آهن آپاتیت‌آذرین ارائه نموده است:

- ۱- طبیعت سنگ میزبان: سنگهای آتشفشانی اسیدی تا حد واسط غنی از مواد آلکالن
- ۲- ارتباط کانسنگ و سنگ میزبان: توده‌های معدنی نسبت به سنگهای میزبان جوانتر بوده و اغلب بصورت شبکه‌ای از رگه‌ها و دایک‌ها (کانه‌های برشی) در سنگ‌های میزبان تشکیل می‌شوند.
- ۳- دگرسانی سنگهای دیواره: تشکیل کانیهای اسکارنی (آمفیبول، گاهی پیروکسن و گارنت) در ارتباط با کانه و سیلیسی شدن و سرسیتی شدن محلی در مرحله نهایی تشکیل کانسار.
- ۴- ارتباط درونی بین فازهای کانه‌ای مختلف: انواع کانه‌های غنی از آپاتیت همیشه جوانتر بوده و درون انواع فقیر از آپاتیت نفوذ می‌کنند.
- ۵- ترکیب شیمیایی آپاتیت: که با آپاتیت‌های رسوبی هم در مقدار و هم در نحوه انتشار REE, OH, Cl, F متفاوت هستند اما مشابه آپاتیت‌های کانسارهای آهن گرمابی و کانه‌های آپاتیت‌دار می‌باشند.

فرآیندهایی که برای تشکیل کانسارهای آهن آپاتیت‌آذرین پیشنهاد شده است شامل فرایند تفکیک ماگمایی و عمدتاً فرایند اختلاط ناپذیری سیال می‌باشد. مطالعات آزمایشگاهی نشان می‌دهند که آهن در دماهای بالا به آسانی در مذاب‌های غنی از سیلیس حل می‌شود اما با افت دمای مذاب دو سیال غنی از سیلیس و غنی از آهن از یکدیگر جدا می‌شوند (نسلاند ۲۰۰۰).

<sup>۱</sup>.Lefebure

فیشر (۱۹۵۰) از لحاظ آزمایشگاهی ثابت کرده است که مذاب اکسیدهای آهن و آپاتیت در مذاب‌های سیلیکاتی در درجه حرارت  $1400^{\circ}\text{C}$  اختلاط‌ناپذیر است. هم‌چنین مذاب‌های آپاتیته در مذاب‌های اکسید آهن نیز اختلاط‌ناپذیرند. بدین ترتیب سه مایع اختلاط‌ناپذیر می‌توانند همزیست یکدیگر باشند: مایع سیلیکاتی، مایع اکسید آهن و مایع آپاتیته.

اگر اختلاط‌ناپذیری مگنتیت و آپاتیت وجود داشته باشد، توضیح علت همراهی عمومی این سنگها که دارای مگنتیت و آپاتیت هستند، مشکل خواهد بود. علت اینکه چرا مذاب‌های مگنتیت - آپاتیت اختلاط‌ناپذیر تشکیل نمی‌شوند، هنوز مورد بحث است. یک احتمال به مقدار سدیم ماگما مربوط می‌شود بزرگ شدن سرباره‌ها در کوره بسمر (در تهیه فولاد) به مقدار زیاد، به اختلاط‌ناپذیری سیالات  $\text{FeO}$ ،  $\text{P}_2\text{O}_5$  و  $\text{CaO}$  بستگی دارد و اضافه شدن سدیم به چنین سیستمی به مقدار زیاد نبود اختلاط‌ناپذیری بین این ترکیبات را بیشتر می‌کند (موان و اسبورن ۱۹۶۵).

ترکیبات غنی از آهن مذکور دارای نقاط ذوب چند درجه بالاتر از گدازه‌های آهنی شناخته شده هستند. اما با اضافه شدن مواد فراری همانند  $\text{F}$ ،  $\text{H}_2\text{O}$ ،  $\text{CO}_2$ ،  $\text{Cl}$  یا  $\text{SO}_4$  دمای اینگونه مذاب‌های غنی از آهن تا حد معمول در زمین‌شناسی (۸۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد) کاهش می‌یابد. در محیط‌های اشباع از آب مذاب‌های غنی از اکسید آهن از لحاظ آزمایشگاهی در دمای ۱۰۶۰ درجه سانتیگراد و در محیط‌های اشباع از  $\text{CO}_2$  چنین مذاب‌هایی در دمای ۸۸۰ درجه سانتیگراد تشکیل می‌شوند (نسلاند و همکاران ۲۰۰۰).

تشکیل کانسارهای آهن آپاتیته بوسیله سیالات گرمایی نیازمند سیستمی است که بتواند به مقدار زیاد آهن را با توجه به محدودیت زیاد حضور دیگر کاتیونها در محلول، حمل نماید. مطالعات آزمایشگاهی نشان می‌دهند که آهن در محلول‌های گرمایی غنی از  $\text{Cl}$  یا فقیر از  $\text{Cl}$  بصورت کمپلکس‌هایی نظیر  $\text{Fe-OH}$  یا  $\text{Fe-Cl}$  می‌تواند حمل شود و در شرایط آزمایشگاهی در محلول‌های کلریدی یک نرمال در دمای ۴۰۰ تا ۷۰۰ درجه و فشار یک کیلو بار برای سیالات در حال تعادل با مگنتیت و یا گرانت بیوتیت دار مصنوعی، حداکثر حلالیت آهن در ۶۰۰ درجه سانتیگراد بوده است (هلز ۱۹۷۶).

کانسارهایی که بوسیله جانشینی گرمایی تشکیل شده‌اند باید دارای ترکیباتی از عناصر کمیاب باشند که منعکس کننده شرایط حمل و ته‌نشینی محلول‌های گرمایی باشند. چنین عناصر کمیابی شامل مقادیر پایین کاتیونهای غیرمتحرک و با انرژی میدان بلوری بالا ( $\text{Th, REE, Ta, Nb, Zr}$ ) و دیگر کاتیونهای نسبتاً غیر متحرک ( $\text{Ni, V, Ti}$ ) و مقادیر نسبتاً بالا از عناصر آلکان و دیگر عناصری که به آسانی قابل حمل هستند، می‌باشند. آپاتیت در چنین کانسارهایی ممکن است از  $\text{OH, Cl}$  غنی شده باشد، برخلاف آپاتیت سیستمهای آذرین که معمولاً غنی از  $\text{F}$  هستند (نسلاند و همکاران ۲۰۰۰).

بنظر بارتون و همکاران (۱۹۹۳) کانسارهای آهن فسفردار مرتبط با فرایندهای آذرین دارای طیفی از اعضای نهایی مافیک تا فلسیک می‌باشند که درون این طیف شواهدی از منشاء ماگمایی اولیه تا منشاء کاملاً گرمایی وجود دارد و مکانیسم‌هایی همانند اختلاط‌ناپذیری سیال اکسیدی، جدا شدن سیال ماگمایی آبگین، واکنش با سنگ دیواره و مخلوط شدن با سیالات بیرونی همگی دارای شواهد قابل حمایت در کانسارهای مختلف هستند و در بعضی از کانسارها چند شاهد با هم حضور دارند. مقایسه درجه حرارت شکل‌گیری کانسارهای آهن

ماگمایی و گرمایی می‌تواند به عنوان معیاری برای تشخیص این نوع کانسارها مورد استفاده قرار گیرد. مطالعات انجام شده نشان دهنده منشاء کاملاً ماگمایی برای کانه‌های آهن - تیتانیوم که در دمای بالای ۱۴۰۰°C تشکیل شده‌اند، منشاء هیدروماگماتیک برای کانسارهایی که در دمای بین ۱۴۲۰ تا ۱۰۶۰ درجه سانتیگراد تشکیل شده‌اند و منشاء گرمایی برای کانسارهایی که در دمای پایین‌تر از ۶۰۰°C تشکیل شده‌اند، می‌باشد (بوکستروم ۱۹۹۵).

### ۳-۷-۲ - ژنز کانسارهای آهن - آپاتیت منطقه بافق

سامانی (۱۳۷۱) دو رخداد کافت زایی را در شکل‌گیری و نهشته شدن سنگهای کمپلکس ساغند (۷۵۰-۵۵۰ میلیون سال پیش) و دزو (۵۵۰-۵۸۳ میلیون سال پیش) مطرح می‌کند و معتقد است که کانی‌زایی آهن، آپاتیت و عناصر نادر خاکی و مواد پرتوزا همراه با سازند ساغند بوده و نهشته‌های واقعی ریزو، فاقد کانی‌سازی از این نوع بوده و اساساً جایگاه چینه‌شناسی آن بطور دگرشیب و برروی سکانس ریفتی واحد مینرالیزه ساغند است. ایشان هم چنین معتقدند که پس از تشکیل کافت اصلی (نهشته‌های ساغند)، توده‌های گرانیتوئیدی عمدتاً قلیایی (سدیک و پتاسیک) با قدمت بیش از ۵۸۳ میلیون سال آخرین مرحله گرانیتی شدن پوسته ایران زمین می‌باشد که در پی آن شرایط سکوی قاره‌ای بر آن حاکم می‌گردد. وی هم چنین کانی‌زایی آهن را با سنگ‌های اولترابازیک به سن ۸۲۷ میلیون سال (و بنابراین قدیمی‌تر از سن تزریق توده‌های گرانیتوئیدی) مرتبط می‌داند. این در حالی است که حریری و فرجندی (۱۳۷۶) معتقدند سن کانی‌سازی کانسارهایی مانند سرب و روی کوشک و آهن - منگنز ناریگان و آهن گلمنده (فاز یک مینرالیزاسیون آهن) قدیمی‌تر از سن مینرالیزاسیون کانسارهایی نظیر کانسارهای آهن - فسفر چادرملو (فاز دوم مینرالیزاسیون آهن) می‌باشد و نیز با توجه به سن گرانیتوئیدها (۵۴۰-۵۳۰ میلیون سال، رضانی نمین ۱۹۹۵ به نقل از حریری و فرجندی، ۱۳۷۶) فاز اول و فاز دوم مینرالیزاسیون آهن به ترتیب قبل و بعد از تشکیل گرانیتوئیدها بوجود آمده‌اند. هم چنین تعیین سن‌های انجام شده بر روی کانسارهای اسفوردی، چغارت و چادرملو در حدود ۴۶۰ میلیون سال (رسا و همکاران، ۱۳۷۸)، نیز تقدم حداقل یکی از فازهای مینرالیزاسیون آهن منطقه بافق را نسبت به گرانیت‌ها (مانند گرانیت زیریگان و سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب اسیدی متقدم بر آن) تأیید می‌کند. تعیین سن انجام شده بر روی منیتیت‌های چادرملو (هوشمندزاده ۱۳۶۷)، سن حدود ۴۹۰ میلیون سال را ارائه می‌دهد که نشانگر جوان‌تر بودن جایگیری آهن نسبت به توده‌های گرانیتی است. بعلاوه مساله جایگیری و تقدم مینرالیزاسیون آهن نسبت به توده‌های گرانیتی در کانسار چادرملو با شواهد بافتی میکروسکوپی نیز تأیید می‌شود (حریری و فرجندی، ۱۳۷۶).

تشکیل سنگهای سبز و کانه‌زایی همراه داخل سنگهای ریولیتی و گرانودیوریتی منطقه گزستان و نیز دگرسانی‌هایی که در آنها پدید آمده، بیانگر این است که تشکیل مواد معدنی در این منطقه بعد از تشکیل سنگهای اسیدی رخ داده است. ولی نباید از نظر دور داشت که یک رابطه مکانی بین کانی‌سازی آهن - آپاتیت و سنگهای اسیدی در منطقه گزستان و اسفوردی مشاهده می‌گردد. به عقیده دلیران (۱۹۹۹)، کانسارهای آهن به احتمال زیاد با سنگهای ریولیتی محیط‌های ریفتی اینفراکامبرین همراه است و قابل مقایسه با

نهشته‌های تپ کایروناس. ایشان کانسارهای آهن آپاتیتی منطقه بافق را براساس مدل ظهور (رخداد) به دو نوع تقسیم می‌کند.

۱- نهشته‌های اگزالاتیو- رسوبی مثل میشدوان و نارینگان.

۲- نهشته‌های متاسوماتیک که بوسیله فرآیندهای متاسوماتیک که سنگهای ریولیتی میزبان را شدیداً آلتزه و تغییر داده است تشکیل شده است. مثل چغارت، چاه‌گز و آنومالی شمالی.

حریری و فرجندی (۱۳۷۶)، این نوع از کانسارهای آهن را که فسفردار نیز هستند از نوع ماگماتوژن دانسته و همراهی یک ماگمای بازیک - اولترابازیک غنی از فسفر را با فاز آهن‌زایی محتمل شمرده‌اند چرا که آهن توسط دایکهای پیروکسنیتی قطع شده است.

فورستر و جعفرزاده (۱۹۹۴) کانسارهای آهن - آپاتیت منطقه بافق را از نوع ماگمایی (تپ کایرونا) و آنها را با سنگهای اسیدی در ارتباط دانسته‌اند. ایشان به دیپایر گوشته‌ای پیروکسنیتی اشاره می‌کنند که می‌تواند در عمق ۱۵ تا ۲۰ کیلومتری به دو مذاب ناآمیخته ریولیتی پرآلکالن و اکسید آهن سرشار از  $O_2$  تفکیک شود.

طبق نظر دلیران، استوسچ و ویلیامز (۲۰۰۷) کانی سازی آهن، آپاتیت و عناصر نادر خاکی منطقه معدنی بافق مشابه سایر کانسارهای آهن (P-REE-Th-U) دنیا با منشا گرمایی است. دگرسانی متاسوماتیک همراه با کانی سازی انجام شده در امتداد زونهای ساختاری و همراهی اولیه آنها با ریولیت های کامبرین آغازی نشان دهنده کنترل تکنونوماگمایی در زمان (کوتاه) کانی سازی در منطقه می‌باشد. علی‌رغم اینکه برای برخی از ریولیت های ایران در زمان کامبرین آغازی محیط کمان ماگمایی قائل شده‌اند (رمضانی و تاکر ۲۰۰۳) اما تعدادی از مشخصات نظیر متاسماتیسیم آلکالن نشان از برخی ارتباطات بین ماگماتیسیم ریفتی و کانی سازی در بافق می‌باشد. مشخصاتی نظیر دگرسانی اولیه توفهای جریان جوش خورده (welded ash flow tuffs) توسط فرایند متاسماتیسیم حرارت بالا نشان دهنده همبود (Coexist) مذاب ریولیتی و سیال کانه دار در عمق است و می‌تواند تا حدودی همراهی عمومی کانه های آهن و آپاتیت با ریولیت‌ها را توجیه نماید. شباهت نوع دگرسانی و کانی سازی بین کانسار گزستان با دیگر کانسارهای آهن آپاتیت منطقه نشان از منشا عمیق یک سیال همگن و بزرگ می‌باشد. کانیهای پیروکسن، آپاتیت، مگنتیت و گارنت بصورت اولیه و احتمالاً در سطوح عمیق پوسته تشکیل شده‌اند و در حالت جامد؟ بوسیله سیالاتی که از LREE و مقدار کمی Y و HREE، کربنات، سیلیس و مقداری سولفیدها غنی بوده‌اند، به سطح منتقل شده‌اند. تغییرات محلی درون کانیهای متاسوماتیک بوسیله P-T و چگونگی جایگزینی (سین سدیمتری در مقابل اپی ژنتیک) در برخی از کانسارها کنترل شده اند (دلیران، استوسچ و ویلیامز ۲۰۰۷).

### ۳-۷-۳- کانسار گزستان

در منطقه گزستان و نواحی اطراف، سنگهای آذرین با وسعت زیادی دیده می‌شوند. این سنگها بطور عمده شامل ریولیت و گرانودیوریت و ریوداسیت‌های تا حدودی دگرسان شده به رنگ‌های سفید، سبز روشن تا مایل به صورتی (با سطح ورنی تیره رنگ) می‌باشد که در قسمت‌های جنوب، مرکز و جنوب غربی محدوده کانسار،

با مورفولوژی‌های متفاوت گسترش داشته و اغلب زونهای کانه‌دار در مجاورت و یا داخل آنها مشاهده می‌گردد. ارتباط این سنگها با دولومیت‌ها، شیل‌ها و ماسه‌سنگهای منتسب به سری ریز در محدوده مورد مطالعه واضح نیست. ولی بر اساس نقشه ۱:۱۰۰,۰۰۰ اسفوردی این ولکانیکها ( $E^{V2}$ ) جزیی از سری ریزو می‌باشد. مجموعه سنگهای فوق بوسیله توده‌های کوچک و دایکهای بازیک قطع شده‌اند که ترکیب آنها شامل گابرو، مونزوگابرو، دیوریت، سینیت و دیاباز می‌باشد و به رنگ سبز تیره در قسمت‌های مختلفی از محدوده اکتشافی مشاهده می‌گردند و دگرسانی‌هایی را موجب شده‌اند. بر اساس مطالعات صحرایی، کانه‌زایی آهن - آپاتیت در ارتباط نزدیک با این سنگهای بازیک بوده و بخش اعظم کانه‌زایی در داخل یا در هاله‌های دگرسانی اطراف آنها قرار گرفته است. تعدادی دایک دیابازی نیز دیده می‌شود که تمام واحدهای سنگی منطقه و کانه‌زایی را قطع کرده است.

بر اساس مطالعاتی که در نواحی مجاور، از جمله کانسار اسفوردی بر روی سنگهای آذرین انجام گرفته (درویش‌زاده ۱۳۶۹، و باباخانی ۱۳۶۵)، تمامی سنگهای آذرین از نوع آلکالن می‌باشد. ریولیت‌ها در قطب پتاسیک و بقیه انواع سنگهای آذرین در قطب سدیک قرار گرفته‌اند و بنظر می‌رسد بین آنها هیچگونه همبستگی ژنتیکی وجود ندارد.<sup>۱</sup>

کانسار آپاتیت - مگنتیت گزستان به شکل‌های مختلف دیده می‌شود.

- ۱- کانسنگ آهن توده‌ای با کمی آپاتیت.
- ۲- کانسنگ اصلی یا کانسنگ آپاتیت - مگنتیت.
- ۳- رگه - رگچه‌های نامنظم (استوک‌ورک) در سنگ سبز برشی شده.
- ۴- کانه‌زایی نوع پراکنده.
- ۵- رگه‌های توده‌ای خالص آپاتیته.

کوارتز و کلسیت از جمله کانیهای است که کانه‌زایی آپاتیت - مگنتیت را در انواع مختلف کانه‌زایی‌های فوق همراهی می‌کند و اغلب بصورت پرکننده فضاهای خالی سنگ دیده می‌شود. ولی گاهاً دانه‌های شکل‌دار آپاتیت در داخل رگه‌های کوارتز دیده می‌شود. این نشانگر چند مرحله‌ای بودن تشکیل آپاتیت، یا تداوم کانی‌سازی آپاتیت برای مدت زمان طولانی است و مطالعات بافتی و ساختی نیز هم‌زمان بودن کلسیت و کوارتز با کانی‌سازی را نیز تأیید می‌کند. بر اساس ترکیبات ایزوتوپی مطالعه شده (اکسیژن در کربنات‌ها، مگنتیت و دیوپسید، و کربن در کربنات‌ها در جدول شماره ۲) مقادیر  $^{13}C$  و  $^{18}O$  کربنات‌ها، مشابه کربنات‌های سنگهای آپاتیت - مگنتیت نهشته‌های عناصر کمیاب موشوگای - خودوک و اولیگی - هیدمونقولیاست. منبع کربن در سنگهای آپاتیت - مگنتیت ایران مرکزی، احتمالاً منشاء عمیق مثل کربنات‌های تپیک دارد، اگر چه کربنات‌ها در این سنگها حالت رگه‌ای نشان می‌دهند. دمای تشکیل زوج در حال تعادل مگنتیت -

<sup>۱</sup> - جهت آگاهی بیشتر در این زمینه به مقالات: «پتروگرافی و ژئوشیمی کانسار آهن - آپاتیت اسفوردی توسط علیرضا باباخانی و بررسی فسفات اسفوردی» توسط دکتر علی درویش‌زاده، مندرج در نشریه دانشکده علوم دانشگاه تهران مراجعه شود.



دیوپسید، بیشتر از ۶۵۰ درجه تخمین زده می‌شود. آبی که در این تعادل شرکت می‌کند احتمالاً طبیعت ماگمایی دارد.

نتیجه مطالعه نسبت ایزوتوپی  $Sr^{87} / Sr^{86}$  آپاتیت کانسنگ‌های آپاتیت - مگنتیت گزستان و اسفوردی خیلی روشن و گویا نیست، از یک طرف، نسبت‌های مشابه مشخصه سنگهای پوسته است و از طرف دیگر این نسبت در سنگهای پتاسیک با منشاء جبه‌ای مشاهده می‌گردد. بعنوان مثال در لامپروئیت‌های الماس‌دار استرالیا، نسبت  $Sr^{87} / Sr^{86}$  بین ۰/۷۲۰-۰/۷۱۱ تغییر می‌کند. این نسبت در سنگهای آپاتیت - مگنتیت مونقولیا از ۰/۷۰۵۵-۰/۷۰۵۲ در تغییر است. جالب توجه است که هر دوی سنگهای آپاتیت - مگنتیت مونقولیا و ایران مرکزی با سنگهای پتاسیک (غنی از Rb) همراه هستند که ممکن است منبع اصلی افزایش  $Sr^{87}$  رادیوژنیک باشد (کریودیک و همکاران، ۲۰۰۱).

مگنتیت‌های منطقه ایران مرکزی، بوسیله مقادیر بالای وانادیم ( $V_2O_5 = 0.4-1.4\%$ ) مشخص می‌گردد. انکلوژیونهای اندک ایلمنیت در مگنتیت، اغلب به لوکوسن تبدیل شده است. شکل بلورهای آپاتیت اکثراً هگزگونال یک سر (منوپیرامیدال) است و بلورهای دوسر (بی‌پیرامیدال) اندک می‌باشد. بنظر می‌رسد فقدان بلورهای کاملی از آپاتیت (Doubly terminated)، در ارتباط با مینرالیزاسیون آپاتیت به روش غیر از جانشینی باشد (جان. م. گیلبرت ۱۳۷۸) که روسها در رابطه با ژنز بعضی از کانسارهای آهن منطقه بویژه چادرملو مطرح می‌کنند.

علی‌رغم مقادیر بالای فلئوئور، اثری از کانی فلوریت و کربنات ثانویه عناصر نادر خاکی، در منطقه گزستان مشاهده نشده است. که به عقیده کریودیک و همکاران (۲۰۰۱) در ارتباط با فرسایش عمیق سیستم کانساری می‌باشد. در این شرایط (همانطوریکه در مورد سنگهای نفوذی آلکالن آپاتیت‌دار اکراین به اثبات رسیده است) فلئوئور کلاً در آپاتیت، میکا و آمفیبول متمرکز می‌شود. در مقابل، در شرایط نیمه عمیق، فلئوئور در فلوریت و کربناتهای فلئوئوردار، تثبیت می‌شود. بنابراین آپاتیت، میکا و آمفیبول که با این کانیها همراه هستند معمولاً از فلئوئور تخلیه می‌شوند.

پدیده اثر قلیایی که بصورت سنگهای آلپیتی گوشتی رنگ نسبتاً خالص (سنگهای شبه کراتوفیر) در کانسارهای گزستان، چادرملو و چغارت مشاهده می‌شود حاکی از افزایش چشمگیر سدیم در مذابهای پایانی بوده که یکی از عوامل اختلاط ناپذیری پسین مایعات اکسیدی  $Fe-PO_4$  می‌باشد (گیلبرت، ۱۳۷۸). مطالعات اخیر رسا و همکاران (۱۳۷۸) نیز به پدیده متاسوماتیسم سدیک حاصل از ماگماتیسیم گوشته‌ای با گرایش آلکالن و تأثیر آن بر گرانت‌های زیریگان (با منشاء هیبریدی و ماگمای پوسته‌ای) و آلپیت‌زایی این گرانت‌ها اشاره دارد. متشکله‌های فنیتیزاسیون از نظر کانی‌شناسی ترکیب سینیتی دارند که احتمال اشتباه آنها با سینیت‌های آذرین وجود دارد. فنیت سینیت‌ها اغلب ناهمگن و درجه حرارت تشکیل آنها پایین و یا پراکنده است. تأثیر این پدیده بیش از تمامورفیسیم همبری می‌باشد زیرا تحت تأثیر متاسوماتیسم واکنش‌های شدید شیمیایی به وقوع می‌پیوندد که ترکیب اولیه سنگ را از بین می‌برد.

غنی بودن آهن از آپاتیت که محتوای عناصر نادر خاکی قابل ملاحظه‌ای دارد. هم‌چنین نسبت بالای LREE به HREE و نمودارهای عنکبوتی (Spider diagrams) نشانه‌های همبستگی این تیپ از کانسارها با ماگمای

گوشته‌ای آلکالن می‌باشد (رسا و همکاران ۱۳۷۸، دلیران ۱۹۹۹). بعلاوه آپاتیت‌های غنی از فلونور، منشاء تبلور ماگمایی را نشان می‌دهد، درحالی‌که آپاتیت‌های با منشاء هیدروترمالی، غنی از کلر و OH می‌باشند. حضور حالت برشی در کانسارهای آهن منطقه بافق (رسا و همکاران ۱۳۷۸) و گزستان می‌تواند نشانه‌ای از وجود مواد فرار باشد. برشهای موجود در کانسار کایرونی سوند نیز به گاززدایی (Degassing) نسبت داده شده است. با توجه به توضیحات و شواهد ارائه شده در بالا و مقایسه آن با کانسارهای مشابه از جمله اسفوردی، موشاگی - خودوک، و کمپلکس اولیگی - هیدمونقولیا، می‌توان گفت که کانسار گزستان از نوع کانسارهای مرتبط با ماگماتیسیم بوده که در ارتباط با سنگ‌های آذرین با گرایش کربناتیته شدن بوجود آمده است. فرآیند اصلی در تشکیل این کانسار، جدایش فازهای سیلیکاتی از فازهای اکسیدی - کربناتی در حین بالا آمدن یک مذاب نفلینیته بوده است.

### ۳-۷-۴- مکانیزم تشکیل

روند شکل‌گیری سنگهای این منطقه را می‌توان به شرح زیر توصیف نمود: یک ماگمای نفلینی - کربناته از ذوب بخشی استنوسفر بوجود آمده است. در طی صعود و عبور ماگما از بخش پایینی پوسته، در یک حجره ماگمایی، اولیون تشکیل شده است که موجبات افزایش فشار CO<sub>2</sub> و تثبیت میدان پایداری پیروکسن گردیده است. در این مرحله، هم‌چنین حد ناآمیختگی به مرحله‌ای رسیده که ماگمای کانه‌دار (Ore magma) از مذاب سیلیکاتی تفکیک گردیده است و بشدت از Fe، مواد فرار و گاهاً از Ti, Cu, V اشباع شده است. تفریق بعدی آن، که معمولاً تحت شرایط کنوکسیون مذاب در حجره ماگمایی اتفاق می‌افتد توده‌های لایه‌ای و کانسارهای کمپلکس آپاتیت‌دار پراکنده (disseminated) ایجاد می‌کند. در بسیاری از جاها، آنها به فرادیواره (hanging wall) یا زونهای بالایی افق کانه‌دار و کانسار محدود می‌شوند. تزریق مذاب کانه‌دار جدا شده به داخل سنگهای از قبل متبلور شده بوسیله مکانیسم پالایش فشاری سبب ایجاد توده‌های معدنی استراتی فرم و رگه‌های متقاطع (استوک یا دایک مانند) همراه با کانه‌زایی پراکنده و توده‌ای از آپاتیت می‌گردد. به احتمال زیاد آنها کانسارهای جدایشی دیرماگمایی (latemagmatic) یا (Hydrodmagmatic) هستند و بوسیله ترکیب‌شان (حضور بیوتیت و آمفیبول) و دمای تبلور کانیهای اصلی (800-900<sup>oC</sup>) شناخته می‌شوند که مشابه کانیهای کانساری پگماتیت‌هاست و توسط زاواراتیسکی بعنوان محصول حد واسط بین سنگهای آذرین و رگه‌های معدنی معرفی شده است.

کانسار ماگمایی مراحل اولیه و پایانی (early and late magmatic) اغلب شواهدی از دگرگونی و متاسوماتیسیم نشان می‌دهند. غیرواضح بودن لایه‌بندی (layering)، تبلور مجدد و توزیع نامنظم آپاتیت و سایر کانیهای کانساری شواهدی از این پدیده‌ها هستند. احتمالاً این امر در ارتباط با هجوم سیالات ناشی از ماگمای گرانیتوئیدی و آلکالن با منشاء گوشته - پوسته‌ای باشد.

مسئله منبع اولیه تغذیه فلزات و فسفر در مذاب کانه‌ساز خیلی مهم است. برطبق مطالعات کریونکوف و قلوئوف، منشاء جبه‌ای برای اجزاء کانسارساز بوسیله نسبت ایزوتوپی  $^{87}\text{Sr} = 0.704 - 0.705$  اثبات

می‌شود. در پوسته‌ قاره‌ای نسبت ایزوتوپی  $Sr$  به  $0.719$  می‌رسد. مقادیر بالای  $0.706-0.708$  در سنگهای مافیک - اولترامافیک، بوسیله آرایش ماگمای جبه‌ای با مواد پوسته‌ای توجیه می‌گردد. حجم فازهای کربناتی و کانه‌دار در مقایسه با فاز سیلیکاته ناچیز است و اصولاً تشکیل و تفکیک انواع کربنات‌ها، آنطوریکه در مناطقی مثل پالابورا آفریقای جنوبی و... دیده می‌شود امکان پذیر نبوده است. احتمالاً رگه‌های کربناته و کربنات‌های دیگری که در زمینه توده‌های مگنتیتی و سنگهای آذرین دیده می‌شود به فازهای آلویکیت و فروکربناتیت، که غالباً در قالب دسته دایکها و رگه‌ها شکل می‌گیرد (Fiton & et al) (1987) وابسته باشد، و احتمالاً به همین دلیل است که فلئور به صورت یکی کانی آزاد وجود ندارد، زیرا اصولاً در شرایط درونی، کانی‌هایی نظیر فلئوریت (و باریت، باسناسیت و...) در تأخیری‌ترین فازهای کربناتی، بعد از فروکربناتیت‌ها، در درجه حرارت‌های خیلی پایین، شکل می‌گیرند. (دری و جمالی ۱۳۸۳)

# فصل چہارم اکتشاف تفصیلی

پس از پایان عملیات اکتشافات عمومی در کانسار گزستان مراحل مربوط به اکتشافات تفصیلی به صورت سیستماتیک با تهیه نقشه های پایه توپوگرافی و زمین شناسی در مقیاس لازم اقدام به انجام حفاری گمانه های اکتشافی گردیده است.

#### ۱-۴- تهیه نقشه توپوگرافی ۱:۱۰۰۰

نقشه توپوگرافی در مقیاس ۱:۱۰۰۰ بمنظور تهیه یک نقشه پایه برای استفاده در تهیه نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰، برداشت مشخصات ابتدا و انتها و روند ترانسه های حفر شده، برداشت مرز واحدهای سنگ شناسی با یکدیگر و با زونهای کانی سازی، محل گسل ها و شکل رخنمون مناطق کانی سازی شده در محدوده کانسار توسط گروه نقشه برداری سازمان تهیه شده است.

#### ۲-۴- تهیه نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰

همزمان با عملیات نقشه برداری ۱:۱۰۰۰ در کانسار، عملیات برداشت نقاط زمین شناسی شامل مرزهای سنگی، کنتاکت های گسلی، مختصات جغرافیایی ترانسه ها و محدوده های مربوط به کانی سازی و تمامی مواردی که در تهیه یک نقشه زمین شناسی لازم بنظر می رسد، در محدوده ای به وسعت  $1/9 \times 0/8$  کیلومتر مربع انجام گردید. همزمان با برداشت نقاط، محل آنها نیز با استفاده از اسپری های رنگی در روی زمین علامت گذاری شد. بعد از تهیه پلات نقشه های توپوگرافی و طی چند عملیات صحرائی تک تک نقاط برداشت شده و علامت گذاری شده، کنترل و مرزهای واحدهای سنگی مختلف، گسلها و مرز زون های کانی سازی تفکیک و بر روی نقشه منتقل گردید.

پس از تکمیل نقشه طی عملیات صحرائی و اسکن کردن آن، در محیط نرم افزار Auto Cad نقشه مذکور دیجیت شده و نقشه نهایی ۱:۱۰۰۰ تکمیل گردید. همچنین مختصات دهانه گمانه های اکتشافی پس از برداشت صحرائی به نقشه کامپیوتری انتقال داده شده است. این نقشه اساس کار گروه تلفیق و مدلسازی برای برآورد ذخیره و مدلسازی کانسار بوده است.

نقشه زمین شناسی فوق پیوست گزارش اکتشافات مرحله عمومی در کانسار فسفات - خاکهای نادر گزستان توسط دری و جمالی (۱۳۸۳) می باشد.

#### ۳-۴- حفاری های اکتشافی

پس از پایان عملیات حفر ترانسه در کانسار گزستان (۲۷ ترانسه و به متر از ۲۴۰۰ متر) به منظور بررسی تغییرات زون کانی سازی و اطلاع از کمیت و کیفیت ماده معدنی در عمق، عملیات احداث جاده های دسترسی به نقاط حفاری و عملیات حفاری در منطقه از آبان ماه ۱۳۸۱ آغاز گردید. هدف از حفاری یافتن حدود و گسترش زون کانی سازی در عمق با استفاده از تلفیق نتایج بدست آمده با نقشه های تهیه شده و نتایج حاصل از مطالعات سطحی بوده است. عملیات حفاری در کانسار گزستان بوسیله پیمانکار انجام شده است.

در کانسار گزستان طی دو مرحله و در کل تعداد ۱۹ حلقه چاه اکتشافی و در مجموع به متر اژ ۱۸۶۲/۴ متر حفاری اکتشافی انجام گردید. در مرحله نخست ۸ حلقه چاه اکتشافی به میزان ۸۹۳ متر و در مرحله دوم ۱۱ حلقه چاه اکتشافی به میزان ۱۰۰۱/۴ متر حفاری گردید. لازم بذکر است در چاه شماره ۱۶ بعد از ۲۲ متر حفاری بدلیل آبخورشدید (ناشی از خرد بودن سنگها در زون گسلی) مجبور به تعویض محل حفاری گردید. بنابراین مجموع متر اژ حفاری اکتشافی در کانسار گزستان ۱۸۶۲/۴ متر می باشد.

دستگاههایی که برای حفاری بکار رفته است از دونوع روسی و بلژیکی است. دستگاه حفاری روسی که فقط قابلیت حفاری بصورت قائم را داشت که این امر باعث بروز برخی محدودیتها و اتلاف وقت گردید. بطوریکه هر گاه عمق حفاری به اندازه طول لوله نمونه گیر پیشرفت کرد بایستی حفاری را متوقف و کلیه تجهیزات داخلی چاه (تمامی لوله های حفاری، لوله مغزه گیر و سرمه) را از گمانه خارج و در محیط آزاد مغزه های بدست آمده را از پوشش داخلی لوله مغزه گیر خارج و به ترتیب در جعبه نمونه گیری جمع آوری نمود. (حفاری تنها به حالت قائم و خارج کردن کلیه تجهیزات داخلی چاه بمنظور بدست آوردن مغزه سنگ از معایب عمده حفاری با دستگاههای روسی می باشد).

تعداد ۸ حلقه چاه اکتشافی در کانسار گزستان با این دستگاه حفر گردید.

از دستگاههای حفاری بلژیکی که توانایی حفاری بصورت مایل را نیز دارا هستند جهت حفاری تعداد ۱۱ حلقه چاه استفاده گردید. این گونه دستگاهها از نوع DB450, DB1200 بودند که در حالت کلی توانایی بالا و داشتن انعطاف پذیری زیاد از مزیت های استفاده از این نوع دستگاهها می باشد.

جدول ۹ مشخصات کلی حفاری های اکتشافی انجام شده در کانسار گزستان را نشان می دهد. در این جدول محل حفاری (بخش غربی، مرکزی و شرقی)، مختصات نقاط حفاری، عمق نهایی، شیب و جهت آنها ارائه شده است.

هم چنین در جدول ۹ ویژگیهای چاههای حفاری از لحاظ مشخصات فیزیکی مغزه های بدست آمده ارائه شده است. در این جدول طول مغزه بدست آمده از هر چاه، درصد بازیافت کلی هر چاه، شاخص RQD کل در هر چاه و تعداد کل ران ها در چاهها نشان داده شده است. درصد بازیافت کلی هر چاه که برابر نسبت طول مغزه بدست آمده به عمق حفاری می باشد، در واقع نشان دهنده کیفیت حفاری و میزان خردشدگی سنگها (ناشی از گسلهای منطقه) می باشد.

اختلاف طول مغزه بدست آمده و عمق حفاری، طولی از حفاری را نشان می دهد که آن طول در واقع سنگهای خرد ریزی (گسلی) بوده اند که حین چرخش گل حفاری شسته شده و همراه آن از چاه خارج شده اند. (لازم به

جدول ۹: مشخصات حفاری‌های اکتشافی در منطقه گزستان

جهت حفاری	شیب	عمق نهایی	مختصات جغرافیایی			محل حفاری در منطقه	فاز اکتشافی	شماره چاه اکتشافی	ردیف
			Z	Y	X				
—	۹۰	۱۰۰.۵	۲۳۸۰.۵	۳۵۰۳۱۱۹	۴۰۰۸۰۲	بخش غربی	فاز اول	۱	۱
—	۹۰	۸۵.۰	۲۴۱۶.۰	۳۵۰۲۹۲۰	۴۰۰۶۴۶	بخش غربی	فاز اول	۲	۲
E N 45?	۵۵	۹۰.۰	۲۴۱۱.۸	۳۵۰۲۸۵۲	۴۰۰۶۷۱	بخش غربی	فاز دوم	۳	۳
—	۹۰	۱۳۷.۰	۲۴۱۳.۳	۳۵۰۲۹۱۱	۴۰۰۸۱۹	بخش غربی	فاز اول	۴	۴
—	۹۰	۱۰۵.۶	۲۴۳۱.۵	۳۵۰۲۷۷۰	۴۰۱۱۵۶	بخش مرکزی	فاز دوم	۵	۵
—	۹۰	۹۵.۰	۲۴۱۴.۵	۳۵۰۲۸۵۱	۴۰۱۳۷۴	بخش شرقی	فاز دوم	۶	۶
شمال شرقی	۵۵	۹۷.۰	۲۴۱۲.۷	۳۵۰۲۷۲۴	۴۰۱۳۶۰	بخش شرقی	فاز دوم	۷	۷
شمالی	۵۵	۹۳.۷	۲۴۱۸.۳	۳۵۰۲۸۰۳	۴۰۱۳۱۳	بخش شرقی	فاز دوم	۸	۸
—	۹۰	۷۱.۵	۲۳۸۱.۸	۳۵۰۳۱۱۰	۴۰۰۹۰۱	بخش غربی	فاز اول	۹	۹
N 3? W	۶۵	۱۴۰.۵	۲۴۲۰	۳۵۰۲۸۰۶	۴۰۱۲۸۷	بخش شرقی	فاز اول	۱۰	۱۰
—	۹۰	۱۷۵.۰	۲۴۳۰.۵	۳۵۰۲۷۹۳	۴۰۱۱۲۹	بخش مرکزی	فاز دوم	۱۱	۱۱
N 35? E	۵۵	۷۱.۵	۲۳۹۴.۳	۳۵۰۲۸۷۸	۴۰۱۲۵۴	بخش شرقی	فاز اول	۱۲	۱۲
شمال غربی	۸۰	۷۲.۶	۲۴۱۵.۶	۳۵۰۲۹۶۱	۴۰۰۸۸۷	بخش غربی	فاز دوم	۱۳	۱۳
—	۹۰	۱۰۰.۰	۲۴۱۸.۵	۳۵۰۲۸۵۱	۴۰۱۱۴۸	بخش مرکزی	فاز اول	۱۴	۱۴
N 45? E	۶۵	۱۳۳.۰	۲۳۸۷.۷	۳۵۰۲۹۰۲	۴۰۱۲۶۹	بخش شرقی	فاز اول	۱۵	۱۵
S 15? W	۷۵	۶۵.۰	۲۳۹۱.۵	۳۵۰۲۹۱۶	۴۰۱۲۳۵	بخش مرکزی	فاز دوم	۱۶	۱۶
N 6? E	۷۰	۵۲.۰	۲۴۲۶	۳۵۰۲۸۴۵	۴۰۰۶۰۶	بخش غربی	فاز دوم	۱۷	۱۷
N 4? W	۸۰	۸۵.۵	۲۴۰۹.۳	۳۵۰۲۸۴۵	۴۰۰۷۶۱	بخش غربی	فاز دوم	۱۸	۱۸
N 54? W	۵۵	۷۰.۰	۲۳۸۷	۳۵۰۳۰۷۵	۴۰۰۷۶۲	بخش غربی	فاز دوم	۱۹	۱۹

ذکر است شرح هر یک از شاخص‌های مذکور و مقدار واقعی آنها در هر عمق در بخش ضمیمه ارائه شده است). طبق جدول ۱۰ بیشترین درصد بازیافت مغزه در چاه شماره ۱۹ به میزان ۹۳/۶ درصد و کمترین آن در چاه شماره ۶ به میزان ۵۲/۷ درصد بوده است. که این امر با توجه به نوع لیتولوژی لاگ بدست آمده از چاههای مذکور، طبیعی است زیرا در چاه شماره ۱۹ لیتولوژی عمدتاً از نوع سنگ‌های اسیدی فاقد دگرسانی و خردشدگی و در چاه شماره ۶ لیتولوژی از نوع سنگ‌های سبز کانی‌سازی شده و واقع شده در زون گسلی می‌باشد. علاوه بر این کیفیت دستگاه حفاری و میزان مهارت حفارها نیز بر کمیت فوق تأثیرگذار می‌باشد. موقعیت گمانه‌های اکتشافی حفاری شده در کانسار گزستان در نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰ (پیوست) ارائه شده است. موقعیت گمانه‌ها براساس بخش‌های کانی‌سازی شده و توانایی دستیابی به آنها از طریق احداث جاده دسترسی، تعیین شده است.

#### ۴-۴- احداث جاده‌های دسترسی

بعد از تعیین نقاط حفاری که با توجه به ویژگیهای زمین‌شناسی زون‌های کانی‌سازی شده و شیب و امتداد آنها صورت می‌گرفت، جهت رسیدن به آن نقاط و ایجاد سکوی مناسب برای دستگاههای حفاری از یک دستگاه لودر و یک دستگاه بولدوزر استفاده گردید. در دو مورد (چاه شماره ۱۷ و چاه ۴) که دسترسی به نقطه حفاری با دستگاههای مذکور، امکان‌پذیر نبود، از عملیات چالزنی و آتشیاری برای احداث جاده استفاده گردید. این عملیات توسط گروه آتشیاری معدن فسفات اسفوردی انجام گردید. در فصول بارندگی بدلیل شیب زیاد ارتفاعات و عدم پوشش گیاهی مناسب در منطقه، بعد از بارندگی اغلب، سیلابهایی در منطقه ایجاد می‌شد که این حالت باعث شسته شدن کف جاده‌ها و عدم امکان رفت و آمد وسایط نقلیه و دستگاههای حفاری می‌گردید و باعث ایجاد وقفه زمانی در راه ادامه کار حفاری می‌شد. از ابتدای شروع مطالعات نیمه تفصیلی و تفصیلی آماده‌سازی جاده دسترسی به محل کانسار به طول ۸ کیلومتر و احداث جاده‌های دسترسی به نقاط حفاری بطول تقریبی ۳ کیلومتر انجام گردیده است.



جدول ۱۰: ویژگیهای فیزیکی حفاری‌های اکتشافی در منطقه

Run No. Total	RQD کل (%)	باز یافت کلی مغزه (%)	طول مغزه بدست آمده (متر)	شماره چاه	ردیف
۷۶	۳۹.۴	۸۷.۰	۸۷.۴	۱	۱
۵۳	۳۷.۷	۸۰.۵	۶۸.۴	۲	۲
۵۸	۲۵.۰	۸۱.۹	۷۳.۷	۳	۳
۵۸	۳۰.۰	۷۷.۹	۱۰۶.۷	۴	۴
۵۹	۱۵.۰	۷۵.۴	۷۹.۶	۵	۵
۶۴	۱۱.۰	۵۲.۷	۵۰.۱	۶	۶
۴۴	۲۴.۳	۶۹.۷	۶۷.۶	۷	۷
۶۸	۵.۵	۷۱.۲	۶۶.۷	۸	۸
۶۵	۱۴.۰	۶۴.۹	۴۶.۴	۹	۹
۸۲	۵۶.۳	۸۵.۳	۱۱۹.۹	۱۰	۱۰
۱۰۵	۳۱.۱	۷۵.۷	۱۳۲.۵	۱۱	۱۱
۶۹	۲۴.۰	۶۸.۰	۴۸.۶	۱۲	۱۲
۳۵	۱۶.۷	۷۸.۹	۵۷.۳	۱۳	۱۳
۷۴	۲۸.۷	۷۳.۸	۷۳.۸	۱۴	۱۴
۱۱۱	۳۱.۰	۷۷.۷	۱۰۳.۴	۱۵	۱۵
۳۸	۳۶.۳	۶۰.۳	۵۲.۵	۱۶	۱۶
۱۸	۵۱.۰	۹۱.۵	۴۷.۶	۱۷	۱۷
۴۴	۳۵.۸	۸۵.۸	۷۳.۴	۱۸	۱۸
۳۳	۴۳.۰	۹۳.۶	۶۵.۵	۱۹	۱۹
			۷۶.۳	مجموع	

#### ۴-۵- شرح گمانه‌های اکتشافی

گمانه‌های اکتشافی در کانسار گزستان از لحاظ موقعیت مکانی و با توجه به نوع پراکندگی زون‌های کانی‌سازی شده، شیب و امتداد آنها، موقعیت آنومالی‌های مغناطیسی بدست آمده از مطالعات ژئوفیزیکی و امکان دسترسی به نقاط تعیین شده و احداث جاده‌های دسترسی به آن نقاط، در چهار بخش شمالی، غربی، مرکزی و شرقی پراکنده شده‌اند. بطوریکه در بخش شمالی سه گمانه، در بخش غربی شش گمانه، در بخش مرکزی سه گمانه و در بخش شرقی هفت گمانه اکتشافی حفاری شده است.

یکی از ویژگی‌های کانسار گزستان ارتباط بین ارتفاع توپوگرافی و حدفاصل تبدیل سنگ‌های سبز به سنگ‌های اسیدی با رنگ روشن می‌باشد. بطوریکه هرچه به نقاط پایین ارتفاعی و آبراهه‌ها نزدیک‌تر شویم، ضخامت سنگ‌های سبز (و متناسب با آن ضخامت زون کانی‌سازی شده) کاهش می‌یابد. هم‌چنین مطالعات گمانه‌های اکتشافی نشان می‌دهد که بخش‌های با کانی‌سازی آپاتیت غالباً در افق‌های بالاتر و کانی‌سازی مگنتیت در بخش‌های پایین‌تر دیده می‌شوند.

چاه شماره ۱ در بخش شمالی زون کانی سازی شده و تقریباً در کف رودخانه حفاری شده است و از لحاظ ارتفاع دهانه چاه، پایین ترین ارتفاع را در بین سایر چاههای اکتشافی داراست. عمق نهایی این چاه ۱۰۰/۵ متر می باشد و بصورت قائم حفاری شده است. لاگ بدست آمده از آن تا عمق حدود ۲۸ متری سنگ های سبز را نشان می دهد که به درجات مختلف حالت آلتراسیون نشان می دهند و مطالعه آنها در مقاطع نازک نشان می دهد که سنگ های سبز در واقع سنگ آذرین (ساب ولکانیک) حد واسط و شدیداً تجزیه شده و دگرسان شده ای هستند که سرشار از کانیهای کدر می باشد. دگرسانی آنها از نوع کلریتی شدن، کربناتی شدن، سریستی شدن و هماتیستی شدن می باشد. کلسیت و به میزان کمتر هماتیت پرکننده های اصلی درزه ها می باشند.

از عمق ۲۸ متری تا انتهای چاه سنگ ها دارای رنگ روشن بوده و در نمونه دستی همانند ریولیت ساب ولکانیک تا حد میکروگرانودیوریت می باشند. دگرسانی در این سنگ ها نسبت به سنگ های سبز دارای شدت کمتری بوده و عمدتاً از نوع سریستی شدن می باشد. هم چنین در چندین مورد دایک های دیابازی دگرسان شده سنگ های سبز و اسیدی را قطع کرده اند.

کانی سازی مشاهده شده در این چاه از نوع رگچه ای، استوک ورک و پراکنده می باشد که هم در سنگ های سبز و هم درون سنگ های اسیدی دیده می شود. با این تفاوت که درون سنگ های سبز از نوع (به ترتیب) مگنتیت - آپاتیت - کلسیت  $\pm$  پیریت و در سنگ های روشن عمدتاً از نوع مگنتیت - پیریت می باشد که در برخی قسمت ها پیریت دارای فراوانی بیشتر می باشد.

تعداد ۱۰ نمونه از این چاه برای تعیین عیار  $P_2O_5$  (عمدتاً از بخش های سنگ سبز) برداشت گردیده است که بالاترین عیار آن ۰/۷ درصد  $P_2O_5$  در عمق ۸ الی ۱۲/۲ متری بدست آمده است. متوسط (وزنی)  $P_2O_5$  در این چاه ۰/۳۲ درصد می باشد. (میانگین وزنی نسبت مجموع حاصلضرب عیار  $P_2O_5$  در فاصله نمونه برداری به مجموع فواصل نمونه برداری می باشد). جزئیات لاگ مربوط به چاه شماره ۱ و سایر چاهها در ضمیمه ارائه شده است.

چاه شماره ۲ در بخش غربی کانسار گزستان و بصورت قائم بر روی سنگهای سبز که درون آنها دایک‌های دیابازی تزریق شده و شیب آنها به سمت غرب می‌باشد، حفر شده است. عمق این چاه ۸۵ متر می‌باشد. از لحاظ سنگ‌شناسی از ابتدای چاه تا عمق ۴۵ متری سنگ‌های سبز میزبان کانی‌سازی می‌باشد و از ۴۵ متری تا انتهای چاه سنگهای اسیدی به رنگ روشن هستند که دگرسان شده و در برخی قسمت‌ها در حال تبدیل شدن به سنگ سبز هستند.

دایک دیابازی به ضخامت ظاهری ۰/۵ متر در فاصله ۷ متری از دهانه چاه مشاهده شده است و در عمق ۲۸ متری به ضخامت یک متر سنگهای سبز بصورت قطعات برشی و خرد شده هستند که گسل می‌باشد. بخشهای کانی‌سازی شده در دو فاصله قابل مشاهده می‌باشد. از عمق ۸/۵ متری تا ۲۴/۵ متری کانی‌سازی از نوع (به ترتیب فراوانی) آپاتیت - مگنتیت است. در بعضی قسمت‌ها کلسیت و پیریت نیز همراه کانی‌سازی دیده می‌شوند. کانی‌سازی اغلب بصورت رگه‌ای تا رگچه‌ای است و شیب آنها حدود ۵۰ درجه می‌باشد. مگنتیت بصورت خودشکل نیز در بعضی قسمت‌ها قابل مشاهده است. دگرسانی که همراه با کانی‌سازی درون سنگ میزبان دیده می‌شود از نوع کلریتی شدن، لیمونیتی شدن و آمفیبولی شدن می‌باشد.

از عمق ۳۳ تا ۴۵ متری کانی‌سازی توده‌ای است که در برخی قسمت‌ها حالت رگه‌ای دارد. نوع کانی‌سازی مگنتیت - آپاتیت - کلسیت است که پیریت نیز گاهی کانی‌سازی را همراهی می‌کند. مگنتیت بصورت توده‌ای و آپاتیت و کلسیت بصورت رگه‌ای - رگچه‌ای و استوک‌ورک دیده می‌شوند. هم‌چنین در بخشهای ابتدایی فاصله مذکور، مگنتیت‌ها حالت نواری دارند که با آپاتیت همراه هستند.

تعداد ۷ نمونه از این چاه جهت تعیین عیار  $P_2O_5$  برداشت گردیده است. بالاترین عیار بدست آمده ۵/۸۶ درصد  $P_2O_5$  در عمق ۱۱/۷ تا ۱۷/۴ متری می‌باشد. میانگین وزنی  $P_2O_5$  در این چاه ۲/۶۵ درصد می‌باشد.

چاه شماره ۳ در بخش غربی کانسار و بر روی یکی از زونهای پرعیار حفاری شده است. عمق این چاه ۹۰ متر، شیب آن ۵۵ درجه و جهت آن شمال شرقی می‌باشد. نوع لیتولوژی این چاه همانند چاه شماره ۲ در حالت کلی شامل سنگهای سبز میزبان کانی‌سازی و سنگ‌های اسیدی به رنگ روشن هستند که نوع اخیر در درزه‌های خود دچار دگرسانی شده و در حال تبدیل به سنگهای سبز می‌باشد. در مقاطع نازک مطالعه شده، نوع سنگ‌های سبز، سنگ آذرین (داسیتیک آندزیت)، سنگ آذرین اسیدی بشدت تجزیه شده و ساب‌ولکانیک (میکروموزونیت) تجزیه شده و دگرسان تعیین گردیده است و سنگ‌های اسیدی در مقاطع نازک به نام‌های سنگ آذرین (میکروکوآرتز موزونیت)، سنگ گرانیتی؟ دگرسان شده و ساب‌ولکانیک اسیدی تجزیه شده و دگرسان شده تعیین گردیده است.

مطالعه مغزه‌های بدست آمده از این چاه نشان می‌دهد که در دو قسمت و به فاصله حدود ۱۵ متر، دایک آپاتیتی وجود دارد و ضخامت آنها به ترتیب عمق، ۰/۷ و ۰/۹ متر است و در برخی قسمت‌ها قطعات سنگ سبز بصورت برشی شده درون آنها قابل مشاهده است.

ضخامت زون کانی‌سازی در این چاه حدود ۴۸ متر است و در نیمه بالایی کانی‌سازی آپاتیت نسبت به مگنتیت و در نیمه پایینی مگنتیت حالت غالب دارد. فرم کانی‌سازی رگچه‌ای تا استوک و رک است. در نیمه بالایی آپاتیت‌ها به رنگ صورتی روشن و اغلب درشت دانه می‌باشد. علاوه بر دو کانی مذکور کلسیت نیز دارای اهمیت بعدی است و فضاهای خالی را در وسط رگه‌ها پر کرده است. فرم کانی‌سازی در بخشهایی که مگنتیت فراوانی بالایی دارد اغلب بصورت رگچه‌ای است. در این قسمت‌ها آپاتیت اهمیت دوم را داراست. قطعات برشی شده سنگ میزبان (سنگ سبز) نیز همراه کانی‌سازی مشاهده می‌شود.

از این چاه ۲۴ نمونه جهت تعیین عیار  $P_2O_5$  برداشت گردیده است. بیشترین عیار به میزان ۲۶/۵ درصد می‌باشد که مربوط به عمق ۶/۶ تا ۷/۳ متر می‌باشد. میانگین وزنی عیار  $P_2O_5$  در این چاه ۱/۸۴ درصد می‌باشد.

چاه شماره ۴ در بخش غربی کانسار و برروی زون کانی سازی شده پرعیار حفاری شده است. عمق این چاه ۱۳۷ متر و شیب آن قائم بوده و بعد از چاه شماره ۱۱ عمیق ترین چاه حفاری شده بوده می باشد.

مطالعه لاگ ها نشان می دهند که سنگ اولیه میزبان کانی سازی سنگ ولکانیک اسیدی بوده است و شدت تجزیه و دگرسانی آن در قسمت های مختلف متفاوت است. بطوریکه در بخشهای کانی سازی شده اغلب به صورت سنگ سبز دیده می شود و در قسمت هایی که شدت کانی سازی کاهش می یابد ظاهر اولیه سنگ قابل تشخیص بوده و دارای رنگ روشن و شبیه سنگهای خروجی و ساب ولکانیک لوکوکرات می باشند.

مجموع ضخامت بخشهای کانی سازی شده در این چاه حدود ۸۵ متر می باشد. که عمدتاً از عمق ۲۵ تا ۱۰۵ متری مشاهده می شود. فرم کانی سازی به صورت ماسیو، رگه ای، رگچه ای و پراکنده درون سنگ میزبان می باشد اما نوع رگه ای آن حالت غالب دارد به ترتیب اهمیت، کانی سازی از نوع مگنتیت - کلسیت - آپاتیت می باشد. در بخشهای بالایی فراوانی آپاتیت بیشتر است.

بطور کلی کانی سازی از عمق ۱۰۵ متری به پایین قطع شده است و نوع سنگ ها از نوع سبز تیره به شدت دگرسان شده می شود. کلسیت و لیمونیت پرکننده های اصلی درزه های سنگ میزبان می باشند. فراوانی پیریت بصورت پراکنده درون سنگهای اسیدی کمتر دگرسان شده بیشتر است و این ویژگی در تمامی لاگ های بدست آمده از حفاری ها در کانسار گزستان صادق است.

از چاه شماره ۴ تعداد ۲۹ نمونه جهت تعیین عیار  $P_2O_5$  به آزمایشگاه ارسال گردیده و نتایج نشان می دهند که بیشترین عیار  $P_2O_5$  به میزان ۴/۵ درصد در فاصله ۶ الی ۹/۹ متری می باشد. میانگین وزنی عیار  $P_2O_5$  در این چاه ۰/۷ درصد می باشد.

#### ۴-۵-۵- گمانه شماره ۵

چاه شماره ۵ در بخش مرکزی کانسار و بر روی یکی از آنومالی قوی مغناطیسی حفاری شده است. عمق این چاه ۱۰۵/۶ متر و بصورت قائم حفر شده است.

از لحاظ سنگ‌شناسی سنگ میزبان همانند دیگر بخش‌های کانی‌سازی شده، سنگ‌های سبز می‌باشد که شدت دگرسانی آن در بخش‌های مختلف متفاوت بوده ولی کلریتی شدن غالب دارد. در برخی قسمت‌ها سنگ‌های سبز دارای ساخت نواری هستند.

فرم کانی‌سازی از نوع رگچه‌ای، پراکنده، رگه‌ای، استوک‌ورک و توده‌ای در قسمت‌های مختلف دیده می‌شود. اما نوع رگچه‌ای حالت غالب دارد. کانی‌سازی از ابتدای چاه تا عمق ۸۹ متری گسترش دارد و در اعماق پایین‌تر شدت کانی‌سازی کاهش یافته و به فرم استوک‌ورک نازک قابل مشاهده است.

کانی‌سازی از نوع (به ترتیب اهمیت) مگنتیت - کلسیت - آپاتیت می‌باشد و در بعضی قسمت‌ها آپاتیت اهمیت ناچیزی پیدا می‌کند.

تعداد ۴۱ نمونه برای تعیین عیار  $P_2O_5$  از این چاه برداشت شده است. بالاترین عیار بدست آمده برای فسفات ۵/۰۶ درصد در عمق ۴۵/۱ الی ۴۷ متری بوده است. میانگین وزنی  $P_2O_5$  در این چاه ۰/۸ درصد می‌باشد.

گمانه شماره ۶ در بخش شرقی کانسار و بصورت قائم بر روی بزرگترین عدسی آهن رخنمون دار در کانسار حفاری شده است. عمق این گمانه ۹۵ متر می باشد.

از لحاظ سنگ شناسی، سنگ میزبان کانی سازی، ولکانیک های روشن رنگ می باشند که دچار دگرسانی کلریتی و سرسیتی شده و لکه های باقیمانده به رنگ صورتی از سنگ اولیه در آن دیده می شود. در برخی قسمت ها که از زون کانی سازی فاصله دارند، سنگ اولیه هنوز ماهیت خود را حفظ کرده و درون درزه ها و شکستگیها در حال تبدیل به سنگ سبز می باشد. کلسیت و لیمونیت دو کانی عمده پرکننده درزه های سنگ میزبان می باشند.

ضخامت بخش کانی سازی شده در این گمانه حدود ۴۰ متر می باشد. فرم کانی سازی عمدتاً توده ای و در برخی قسمت ها بصورت رگه ای، رگچه ای تا پراکنده می باشد. در قسمت های با کانی سازی توده ای قطعاتی از سنگ سبز بصورت برشی مشاهده می شود و گاهی مگنتیت بصورت لایه بندی ظریف دیده می شود.

کانی سازی از نوع مگنتیت - کلسیت - آپاتیت ± پیریت است. در قسمت های با کانی سازی توده ای آپاتیت بصورت دانه های پراکنده و ریزبلور در متن مگنتیت پراکنده شده و عمدتاً با کلسیت همراه است. در بخش هایی که عیار کانی سازی کاهش می یابد (کانی سازی رگچه ای درون سنگ میزبان) فراوانی پیریت افزایش می یابد.

از گمانه ۶ تعداد ۲۵ نمونه برای تعیین عیار  $P_2O_5$  برداشت گردیده است. بیشترین عیار بدست آمده به میزان ۱/۵۳ درصد و در عمق ۲۳/۸ تا ۲۸ متری و کمترین آن به میزان ۰/۱ درصد در عمق ۴۵/۵ تا ۵۱/۴ متری می باشد. میانگین وزنی عیار  $P_2O_5$  در این چاه ۰/۶ درصد می باشد.



این گمانه شرقی‌ترین گمانه حفاری شده در کانسار گزستان می‌باشد. عمق نهایی این چاه ۹۷ متر بوده و بصورت مایل حفاری شده است و شیب آن ۵۵ درجه در جهت شمال شرق می‌باشد.

سنگ میزبان کانی‌سازی سنگ سبز می‌باشد که در اثر دگرسانی سنگ اولیه به کلریت و آمفیبول و سریسیتی شدن بوجود آمده است. با تغییرات شدت کانی‌سازی که کاملاً نامنظم بنظر می‌رسد، فراوانی سنگ سبز و سنگ اولیه اسیدی نیز تغییر می‌کند. با توجه به محل حفاری این چاه که از درون آبراهه بوده و احتمالاً آبراهه مذکور، آبراهه گسلی است، مغزه‌های بدست آمده از آن در اغلب موارد خردشده و برشی شده می‌باشند و ۸ متری ابتدای حفاری حاوی قطعات سنگ سبز قلوهای شکل واریزه‌ای بوده است.

شدت کانی‌سازی مشاهده شده در این گمانه پایین است و عمدتاً بصورت رگچه‌ای تا استوک و رک و ندرتاً به فرم توده‌ای می‌باشد. هم‌چنین کانی‌سازی تمرکز مکانی خاصی را نشان نمی‌دهد و در سرتاسر مغزه‌های بدست آمده مشاهده می‌شود. در عمق ۲۱ متری رگه‌ای به ضخامت ۳۰ سانتیمتر از جنس کلسیت دانه‌شکری مشاهده شده است و کانی همراه خاصی در نمونه دستی دیده نشده است.

کانی‌سازی غالب از نوع مگنتیت - کلسیت - آپاتیت می‌باشد. این حالت تا عمق تقریباً ۵۰ متری دیده می‌شود اما از عمق مذکور به پایین (تا انتهای چاه) فراوانی آپاتیت نسبت به کلسیت افزایش پیدا می‌کند.

برای تعیین  $P_2O_5$  در این چاه تعداد ۳۷ نمونه از مغزه‌ها برداشت گردیده است. طبق نتایج بدست آمده، بیشترین عیار فسفات به میزان ۶/۹۵ درصد در عمق ۵۲ تا ۵۴/۹ متری و کمترین مقدار به میزان ۰/۰۷ درصد در عمق صفر تا ۱۰ متری می‌باشد. هم‌چنین میانگین وزنی عیار  $P_2O_5$  در این چاه برابر ۱/۳ درصد می‌باشد.

گمانه شماره ۸ در بخش شرقی کانسار و بر روی بزرگترین عدسی آهن - آپاتیت رخنمون دار حفاری شده است. عمق این گمانه ۹۳/۷ متر، شیب آن ۵۵ درجه در جهت شمال بوده است. با توجه به ضعیف کانی سازی مشاهده شده در این گمانه، شدت دگرسانی سنگ میزبان اولیه نیز ضعیف می باشد و سنگ سبز در اغلب موارد ساخت اولیه و بقایایی از سنگ اولیه اسیدی را دارا می باشد. بطوریکه در برخی قسمت ها سنگ سبز ساخت لامیناسیون ظریف را نشان می دهد که احتمالاً از ساخت اولیه توف اسیدی بجا مانده است. میزان خردشدگی مغزه های بدست آمده در این چاه بالاست. فرم کانی سازی، در دو قسمت (ابتدای چاه تا ۸/۵ متری و ۵۵ تا ۵۹ متری) به صورت رگه ای ضخیم و ماسیو مشاهده شده است. در سایر قسمت ها، فرم غالب کانی سازی رگچه ای نازک تا استوک ورک می باشد. کانی سازی غالب از نوع مگنتیت - کلسیت  $\pm$  آپاتیت  $\pm$  پیریت می باشد و دو کانی اخیر اهمیت جزئی دارند. فراوانی پیریت در قسمت هایی که سنگ اولیه اسیدی تقریباً سالم دیده می شود، بیشتر است. دگرسانی عمده مشاهده شده شامل کلریتی شدن، سریسیتی شدن و مسکوویتی شدن می باشد. کلریتی شدن اغلب با سنگ های سبز و سریسیتی شدن و مسکوویتی شدن در سنگ های روشن اسیدی دیده می شود. تعداد ۲۸ نمونه برای تعیین عیار  $P_2O_5$  از این چاه برداشت شده است که بیشترین عیار بدست آمده به میزان ۲/۱۸ درصد از عمق ۸۳ تا ۸۵/۴ متری می باشد. متوسط وزنی عیار فسفات در این چاه ۰/۵۸ درصد می باشد.

چاه شماره ۹ در بخش شمالی کانسار و در فاصله ۸۵ متری چاه شماره ۱ بصورت قائم حفاری شده است. عمق این چاه ۷۱/۵ متر می باشد و یکی از ویژگیهای آن وجود بخشهای متعدد خردشده و برشی شده در اعماق مختلف می باشد. از لحاظ سنگ شناسی در این چاه سنگ های سبز و سنگ اسیدی روشن نظم خاصی از لحاظ موقعیت قرارگیری نشان نمی دهند. تا عمق ۲۷ متری سنگ های سبز در قسمت های مختلف حالت برشی شده دارند و کانی سازی صورت گرفته در این فاصله بسیار ناچیز است. از عمق ۲۷ متری تا ۴۶ متری در بخشهای گسله سنگ های روشن خردشده و به سنگ سبز دگرسان شده اند و از عمق ۴۶ متری تا آخر حالت غالب با سنگ های اسیدی روشن رنگ است که به دفعات در اعماق مختلف حالت خردشده و برشی دارند.

از لحاظ نوع دگرسانی، کلریتی شدن، لیمونیتی شدن، سیلیسی شدن و کائولینی شدن به ترتیب دارای اهمیت هستند. کانی سازی مشاهده شده در این چاه شامل مگنتیت و به میزان کمتر آپاتیت، کلسیت و پیریت می باشد. آپاتیت در صورت وجود اغلب همراه با مگنتیت و کلسیت دیده می شود و پیریت بیشتر بصورت پراکنده درون سنگ های روشن اسیدی مشاهده می شود. تنها در عمق ۴۶/۵ متری یک رگچه پیریتی به ضخامت ۱۷ سانتی متر درون سنگ های ریولیتی تشکیل شده است و آنالیز انجام شده بر روی این نمونه نشان می دهد که مقدار Ni آن حدود ۰/۳ درصد و Au آن ۲۲ ppb می باشد.

فرم کانی سازی اغلب بصورت رگچه های نازک و پراکنده می باشد. فرم رگچه ای همراه سنگ های سبز و فرم پراکنده با سنگ اسیدی روشن کمی دگرسان شده مشاهده می شوند.

با توجه به شدت ضعیف کانی سازی در این چاه تعداد ۸ نمونه برای تعیین عیار  $P_2O_5$  برداشت گردیده است. بیشترین عیار مشاهده شده به میزان ۲/۵۴ درصد در عمق ۲۶ الی ۳۲ متری بوده است. میانگین وزنی عیار  $P_2O_5$  در این چاه ۱/۱۸ درصد می باشد.

چاه شماره ۱۰ در بخش شرقی کانسار حفاری شده است. عمق این چاه ۱۴۰/۵ متر، شیب آن ۶۵ درجه و جهت حفاری به سمت شمال می باشد.

از لحاظ سنگ شناسی، سنگ میزبان کانی سازی سنگ های سبز می باشند. نمونه هایی از سنگ سبز که مورد مطالعه مقاطع نازک قرار گرفته اند، عمدتاً سنگ های آذرین عمقی به نامهای سینیت، مونزونیت، مونزودیوریت، مونزوسینیت و در یک نمونه نیز کوارتز تراکی آندزیت تا داسیتیک آندزیت تعیین شده اند که دگرسان شده و کانی سازی شده حاوی کانیهای اپاک و آپاتیت می باشند. دگرسانی غالب بر روی سنگ های اولیه کلریتی شدن می باشد.

کانی سازی مشاهده شده در این چاه نظم خاصی نداشته و در تمامی عمق آن گسترده شده است. اکسیدهای آهن آبدار و کلسیت پرکننده های اصلی درزه ها و شکافها هستند.

در حالت کلی کانی سازی صورت گرفته (به ترتیب اهمیت) شامل مگنتیت - کلسیت - آپاتیت  $\pm$  پیریت می باشد. کلسیت تقریباً همیشه با مگنتیت همراه است و دو کانی آپاتیت و پیریت در برخی قسمت ها مشاهده نشده و اهمیت ناچیزی پیدا می کنند. گاهی مگنتیت هوازده شده و به الیژیست تبدیل شده اند و گاهی هم رگچه های ریز پیریت، رگچه های آهن را قطع کرده اند.

فرم کانی سازی تا عمق تقریباً ۱۰۰ متر از نوع رگچه ای و پراکنده و از عمق ۱۰۰ تا ۱۲۳ متری ضخامت رگچه ها افزایش یافته و بصورت رگه ها (و دایک هایی) مشاهده می شوند. در این فاصله رگچه های پیریتی (حتی به ضخامت ۱۰ سانتیمتر) فراوان تر دیده می شوند. فراوانی آپاتیت نیز همراه مگنتیت درون دایک های کانی سازی بیشتر می باشد. رگه های آهن حالت پودر شده دارند. از ۱۲۳ متری تا انتهای چاه دوباره فرم کانی سازی بصورت رگچه ای نازک و پراکنده دیده می شود. از چاه شماره ۱۰ تعداد ۳۰ نمونه برای تعیین عیار  $P_2O_5$  برداشت گردیده است. بیشترین عیار  $P_2O_5$  به میزان ۵/۱ درصد مربوط به عمق ۱۰۶ تا ۱۰۹/۳ متری می باشد. میانگین عیار  $P_2O_5$  در این چاه حدود ۱ درصد می باشد.

این چاه در بخش مرکزی کانسار حفاری گردیده است و عمیق‌ترین چاه اکتشافی در کانسار گزستان می‌باشد. عمیق این چاه ۱۷۵ متر بوده و بصورت قائم حفاری شده است. حفاری این چاه در مرحله دوم حفاری‌های اکتشافی و بعد از انجام مطالعات ژئوفیزیک اکتشافی بر روی یکی از مهمترین آنومالی‌های مغناطیسی انجام شده است. بزرگی و شدت آنومالی مغناطیسی که نشان دهنده گستردگی کانی‌سازی در عمق است با حفاری انجام شده بر روی آن تأیید گردید، زیرا کانی‌سازی آهن تا آخرین متر از حفاری قابل مشاهده می‌باشد.

همانند دیگر مناطق حفاری شده در کانسار، سنگ میزبان کانی‌سازی، سنگ‌های سبز هستند و مطالعه مقاطع نازک تهیه شده از آنها از اعماق مختلف جنس سنگ اولیه را سنگ آذرین ساب‌ولکانیک اسیدی تا حد واسط به نام‌های داسیت، متاولکانیت، تراکی آندزیت، مونزوسینیت و برش ولکانیکی تعیین کرده است که به شدت تجزیه و دگرسان شده و کانی‌سازی در آن انجام شده است. در برخی نمونه‌ها شدت دگرسانی و متاسماتیسیم بحدی بوده است که باعث بروز تغییرات بافتی و کانی‌شناسی گسترده در سنگ اولیه شده و آنرا به محدوده متاولکانیت‌ها پیش برده است.

فرم کانی‌سازی مشاهده شده نظم خاصی را نشان نمی‌دهد اما بطور کلی می‌توان گفت از ابتدای چاه تا عمق تقریباً ۱۲۰ متری کانی‌سازی بصورت رگچه‌ای و توده‌ای است و از عمق ۱۲۰ متری تا انتهای چاه فرم غالب کانی‌سازی از نوع استوک‌ورک و به مقدار کمتر رگه‌ای می‌باشد.

کانی‌سازی از نوع (به ترتیب اهمیت) مگنتیت - آپاتیت - کلسیت  $\pm$  پیریت می‌باشد که مقدار کلسیت تقریباً بصورت متوالی نسبت به آپاتیت افزایش پیدا می‌کند اما دو کانی مذکور تقریباً همیشه مگنتیت را همراهی می‌کنند.

تعداد ۴۸ نمونه از این گمانه برای تعیین مقدار  $P_2O_5$  برداشت گردیده است. بیشترین عیار  $P_2O_5$  برابر ۵/۸۸ درصد مربوط به عمق ۲۴ تا ۲۸ متری می‌باشد. میانگین وزنی عیار  $P_2O_5$  در این چاه ۱ درصد می‌باشد.

این گمانه در بخش شرقی کانسار حفاری شده است. شیب این چاه ۵۵° در جهت جنوب و عمق آن ۷۱/۵ متر می‌باشد.

جنس سنگ میزبان کانی‌سازی سنگهای ولکانیک اسیدی (کوارتز لایت - تراکیت) تا ساب‌ولکانیک حدواسط در حد مونزودیوریت بوده است که دچار دگرسانی و تجزیه شدید و تغییرات بافتی و کانی‌شناختی شده و در نمونه‌های دستی بصورت سنگ سبز مشاهده می‌شوند. دگرسانی عمده از نوع کلریتی شدن به همراه سریستی شدن می‌باشد.

کلسیت مهمترین پرکننده درزه‌ها می‌باشد. هم‌چنین گوتیت و لیمونیت نیز درون درزه‌های بخشهای کانی‌سازی شده تشکیل شده‌اند. ضخامت زون کانی‌سازی از ۵ متری تا ۵۳ متری ادامه دارد که در این فاصله میانلایه‌های سنگ سبز با کانی‌سازی رگچه‌ای و رگه‌ای قرار گرفته‌اند.

فرم کانی‌سازی عمدتاً بصورت رگه‌ای تا توده‌ای و گاهی بصورت پراکنده درون سنگ میزبان دیده می‌شود. کانی‌سازی از نوع مگنتیت - آمفیبول - آپاتیت در بخشهای پرعیار و مگنتیت - پیریت - آپاتیت در بخشهای کم عیار است که بصورت پراکنده و گاهی استوک‌ورک هستند.

آمفیبول‌ها در بخشهای پرعیار بصورت شعاعی و دندریتی و همزمان با کانی‌سازی تشکیل شده‌اند و به رنگ سفید مایل به خاکستری دیده می‌شوند.

تعداد ۱۲ نمونه از این چاه برای تعیین عیار  $P_2O_5$  برداشت گردیده است. میانگین عیار فسفات در این چاه ۰/۵۸ درصد می‌باشد. حداکثر مقدار  $P_2O_5$  برابر ۲/۲ درصد مربوط به عمق ۲۱/۵ تا ۲۴/۵ متر می‌باشد.

این گمانه در بخش غربی کانسار و بر روی یکی از زون کانی سازی شده پرعیار و در امتداد چاه شماره ۴ حفاری شده است. این چاه به صورت مایل حفاری شده، عمق آن ۷۲/۶ متر و شیب آن ۸۰ درجه در جهت غرب می باشد.

سنگ سبز حاصل از آلتراسیون سنگ های اولیه اسیدی، به عنوان سنگ میزبان کانی سازی می باشد و در اکثر موارد دچار خردشدگی و شکستگی شده اند.

زون کانی سازی مشاهده شده در این چاه از ابتدای گمانه تا عمق تقریباً ۶۰ متری گسترش دارد. سنگ های سبز بصورت میانلایه های در اعماق مختلف درون زون کانی سازی شده وجود دارند.

سه دایک آپاتیتی که دارای قطعات سنگ سبز هستند از عمق ۱۲ الی ۲۴/۵ متری مشاهده شده که مجموع ضخامت دایک های مذکور ۶/۶ متر می باشد. در بقیه قسمت ها مگنتیت فراوان تر از آپاتیت می باشد. فرم غالب کانی سازی رگه ای است. فرم های رگچه ای و پراکنده نیز در برخی قسمت ها حالت غالب دارد.

کانی سازی از نوع مگنتیت - آپاتیت - کلسیت می باشد. اما در قسمت های با فسفات بالا بصورت آپاتیت - مگنتیت - کلسیت می باشد. در برخی قسمت ها و بصورت نامنظم کلسیت همراه با کانی سازی، فراوانی بالایی دارد.

از این گمانه تعداد ۳۳ نمونه برای تعیین عیار  $P_2O_5$  برداشت گردیده است. بیشترین عیار به میزان ۱۰/۲ درصد در عمق ۱۵/۲ تا ۱۷/۶ متری و کمترین مقدار برابر ۰/۰۶ درصد از عمق ۵۲ تا ۵۴ متری می باشد. هم چنین میانگین وزنی عیار  $P_2O_5$  برابر ۰/۹۸ درصد می باشد.

گمانه شماره ۱۴ در بخش مرکزی کانسار و در فاصله حدود ۴۰ متری شمال گمانه ۱۱ حفاری است. عمق این چاه ۱۰۰ متر است و بصورت قائم حفاری شده است.

مقاطع نازک مطالعه شده از سنگهای میزبان کانی سازی، سنگ اولیه را ولکانیت اسیدی (آپلیتی) مشخص کرده است که به شدت دگرسان شده است. دگرسانی اغلب از نوع کلریتی شدن و سیلیسی شدن می باشد. تورمالین نیز در چند نمونه مشاهده شده است. بلورهای تورمالین بیشتر نیمه شکل دار و گاه ستونی شکل (متوسط تا ریزبلور) حضور دارند.

دگرسانی اعمال شده بر سنگ میزبان آن را بصورت سنگ سبز تبدیل کرده است و در برخی قسمت ها سنگ اولیه کاملاً دگرسان نشده و آثار و بقایایی از سنگ اولیه بصورت قطعات صورتی رنگ دیده می شود.

فرم کانی سازی در غالب موارد رگچه ای است و گاهی بصورت استوک ورک و پراکنده نیز قابل مشاهده است. فرم رگچه ای در سرتاسر مغزه مشاهده شده و نظم خاصی را نشان نمی دهد.

کانی سازی از نوع مگنتیت - کلسیت می باشد و آپاتیت دارای اهمیت کمتری است و فراوانی آن متغیر می باشد. کوارتز و پیریت در برخی موارد کانی سازی را همراهی می کنند. روابط بافتی نشان می دهند که رگچه های پیریت که در برخی قسمت ها مشاهده می شوند، بعد از کانی سازی تشکیل شده اند.

تعداد ۱۸ نمونه برای تعیین عیار  $P_2O_5$  از این چاه برداشت گردیده است. بالاترین عیار بدست آمده به میزان ۲/۷ درصد از عمق ۰ تا ۱/۱ متری بدست آمده است. میانگین وزنی عیار  $P_2O_5$  در این چاه ۰/۳ درصد می باشد.



چاه شماره ۱۵ در بخش شرقی کانسار و به فاصله کمی در امتداد چاه شماره ۱۲ حفاری شده است. شیب این چاه ۶۵ درجه به سمت جنوب، جنوب غرب و عمق آن ۱۳۳ متر می‌باشد.

سنگ میزبان کانی‌سازی همانند سایر چاهها، سنگ سبز می‌باشد و مطالعه مقاطع نازک آنها نشان می‌دهد که سنگ اولیه از نوع سنگ ولکانیکی دگرسان شده کلریتی و سیلیسی شده حاوی آپاتیت و گاهی تورمالین می‌باشد. دایک‌های دیابازی که دچار دگرسانی عمدتاً کلریتی گشته‌اند، نیز در دو قسمت زون کانی‌سازی و سنگ میزبان آنرا قطع کرده‌اند.

در بعضی قسمت‌ها دگرسانی سنگ اولیه بطور کامل انجام نشده و قطعات باقیمانده‌ای از سنگ اسیدی اولیه باقیمانده است. سنگ سبز برشی شده با سیمان مگنتیت نیز در بعضی قسمت‌ها بوضوح قابل مشاهده است.

دو بخش کانی‌سازی شده طی حفاری چاه ۱۵ قطع شده است. یک بخش که در عمق ۱۰ الی ۲۹ متری تشکیل شده و دیگری به فاصله حدود ۷۰ متری از بخش اول، از عمق ۹۰ تا ۱۳۲ متری مشاهده می‌شود. در فاصله دو بخش مذکور، کانی‌سازی انجام شده ضعیف و عمدتاً بصورت پراکنده و رگچه‌های نازک تشکیل شده است. در مناطق کانی‌سازی شده، فرم کانی‌سازی بصورت رگه‌های ضخیم تا توده‌ای و گاهی بصورت رگچه‌ای دیده می‌شود. در قسمت‌های توده‌ای، قطعات سنگ سبز بصورت برشی و عدسی شکل دیده می‌شود و گاهی نیز میزان آنها بالاتر رفته و مساوی با حجم کانی‌سازی شده می‌باشد.

کانی‌سازی از نوع مگنتیت - آمفیبول - آپاتیت - کلسیت می‌باشد. آمفیبول‌ها به اشکال تخته‌ای و سوزنی هم‌رشد با مگنتیت‌ها تشکیل شده است و در برخی قسمت‌ها مقدار آپاتیت افزایش می‌یابد.

بخشهای گسلی شده که بعد از کانی‌سازی ایجاد شده‌اند در چندین بخش و با ضخامت‌های مختلف دیده می‌شود که باعث برشی شدن و حالت پودر شدن سنگ‌ها شده است.

از این چاه تعداد ۲۲ نمونه برای تعیین عیار  $P_2O_5$  برداشت و آنالیز شده است و میانگین وزنی عیار آن ۱/۴۶ درصد است. بیشترین عیار بدست آمده برابر ۴/۸ درصد، از عمق ۱۱۹ الی ۱۲۳ متری می‌باشد.

این گمانه در بخش شرقی کانسار و بصورت مایل حفاری شده است. عمق این گمانه ۶۵ متر، شیب آن ۷۵ درجه به سمت جنوب می باشد. از لحاظ سنگ شناسی سنگ میزبان کانی سازی سنگ های اسیدی به رنگ روشن می باشد که در شکستگی های آن در حال تبدیل به سنگ سبز می باشد. هم چنین سنگ میزبان در اکثر اعماق دچار خردشدگی شده است.

آمفیولی شدن و کلریتی شدن از آلتراسیون های عمده در نمونه دستی می باشند. ضخامت زون کانی سازی در این گمانه در حدود ۴۰ متر می باشد و بجز در بخشهای نخست، در ادامه دارای پیوستگی می باشد.

فرم کانی سازی از نوع رگه ای تا توده ای است و در قسمت هایی دارای قطعات سنگ سبز می باشد. کانی سازی انجام شده از نوع مگنتیت - آمفیبول - آپاتیت - پیریت می باشد. آمفیبول ها به اشکال دندریتی و تخته ای شکل و هم رشد با مگنتیت می باشد. پیریت به صورت پراکنده و گاهی رگچه ای تشکیل شده است. هم چنین مگنتیت ها اغلب به صورت توده ای و دانه ریز و گاهی بصورت بلورهای نیمه خرد شکل مشاهده می شوند. از این چاه تعداد ۲۷ نمونه برای تعیین عیار  $P_2O_5$  برداشت گردیده است. که بیشترین عیار بدست آمده مربوط به عمق ۴۶ تا ۴۸/۵ متری به میزان ۰/۸۵ درصد می باشد. هم چنین میانگین وزنی عیار  $P_2O_5$  در این گمانه به میزان ۰/۰۷ درصد می باشد.

گمانه شماره ۱۷ در بخش غربی کانسار و در کنار گمانه شماره ۲ حفاری شده است. عمق این گمانه ۵۲ متر، شیب آن ۷۰ درجه به شمال شمال شرق بوده است.

از لحاظ لیتولوژی، سنگ میزبان سنگ‌های سبز حاصل از دگرسانی سنگ‌های اسیدی به رنگ روشن که احتمالاً ولکانیک اسیدی است، می‌باشد و در بعضی قسمت‌ها خردشدگی دارد.

زون کانی‌سازی مشاهده شده در این گمانه ضخامت بالایی ندارد. در ابتدای گمانه حدود ۳ متر کانی‌سازی مگنتیت - کلسیت - آپاتیت مشاهده شده است. هم‌چنین در عمق ۳۲ تا ۳۷ متری کانی‌سازی توده‌ای تا رگه‌ای از نوع مگنتیت - آپاتیت - کلسیت با آپاتیت‌های درشت و دندریتی انجام شده است. در بقیه قسمت‌ها کانی‌سازی بصورت رگچه‌ای و استوک‌ورک نازک انجام شده است که عمدتاً از نوع مگنتیت و مگنتیت - پیریت می‌باشد.

دگرسانی مشاهده شده با توجه به نوع سنگ میزبان از نوع سریسیتی و کلریتی می‌باشد. در عمق ۳۷ متری رگچه‌ای از پیریت به ضخامت ۹ سانتیمتر تشکیل شده است.

تعداد ۱۷ نمونه از این چاه برای تعیین عیار  $P_2O_5$  برداشت گردیده است که بیشترین عیار مربوط به عمق ۳۴/۵ تا ۳۷ متری و به میزان ۴/۵۸ درصد بدست آمده است. هم‌چنین میانگین وزنی  $P_2O_5$  در این چاه برابر ۰/۴ درصد می‌باشد.

این گمانه در بخش غربی کانسار، در امتداد چاه شماره ۳ و بر روی غنی‌ترین زون آپاتیت‌دار به صورت مایل حفاری شده است. شیب این گمانه ۸۰ درجه در جهت شمال غرب و عمق نهایی آن ۸۵/۵ متر بوده است. لاگ مشاهده شده در این چاه نشان می‌دهد که نوع لیتولوژی شامل سنگهای سبز (میزبان کانی‌سازی) و سنگ‌های اسیدی به رنگ روشن هستند. در مقاطع نازک، جنس سنگهای سبز، سنگ آذرین (داسیتیک آندزیت) و حتی میکروکوارتز مونزونیت دگرسان شده تعیین گردیده است.

این گمانه اگرچه در امتداد چاه شماره ۳ حفاری شده است اما دو دایک آپاتیتی مشاهده شده در چاه مذکور در این چاه مشاهده نگردید اما در حالت کلی فراوانی آپاتیت بعد از مگنتیت در عمق کمتر از ۳۰ متر بیشتر و از عمق ۳۰ متری به پایین، فراوانی کلسیت بیش از آپاتیت می‌باشد.

فرم غالب کانی‌سازی، رگه‌ای تا توده‌ای است و درون سنگ میزبان کانی‌سازی رگچه‌ای بیشتر مشاهده می‌شود. قطعات سنگ سبز بصورت برشی همراه کانی‌سازی رگه‌ای و توده‌ای وجود دارد.

کانی‌سازی از نوع مگنتیت - کلسیت - آپاتیت ± پیریت می‌باشد. آپاتیت در بخشهای بالایی فراوانی بیشتری دارد.

از گمانه ۱۸ تعداد ۳۴ نمونه پس از برش مغزه‌ها برای تعیین عیار  $P_2O_5$  برداشت گردیده است. بر اساس نتایج بدست آمده بیشترین عیار مربوط به عمق ۴۸ تا ۵۰ متری و به میزان ۶/۰۲ درصد بوده است. هم‌چنین میانگین وزنی عیار  $P_2O_5$  در این چاه ۰/۵۷ درصد می‌باشد.

این گمانه در بخش شمالی کانسار بر روی یکی از زونهای با عیار بالا آپاتیت، بصورت مایل (با فاصله مناسب از زون کانی‌سازی شده) حفاری شده است. عمق این گمانه ۷۰ متر، شیب آن ۵۵ درجه و در جهت شمال غرب بوده است. این گمانه اگرچه برای بررسی گسترش زون کانی‌سازی در عمق حفاری گردید اما به بخش کانی‌سازی شده‌ای برخورد نکرد. که این حالت نشان‌دهنده آن است که زون کانی‌سازی کاملاً سطحی می‌باشد.

بر اساس مطالعه مقاطع نازک و بررسی نمونه‌های دستی، نوع لیتولوژی مشخص شده در گمانه از سنگ‌های اسیدی کولوکرات فاقد کانیهای فرومنینین احتمالاً ولکانیک تا ساب ولکانیک می‌باشد و سیلیسی شدن و سریستی شدن دگرسانی غالب مشاهده شده در آنها می‌باشد.

پیریت به صورت منفرد بصورت پراکنده در متن سنگ و گاهی به صورت رگچه‌ای قابل مشاهده می‌باشد.

#### ۴-۶- تهیه لاگ زمین شناسی

به منظور ثبت کلیه ویژگیهای مغزه‌های بدست آمده از عملیات حفاری، لاگ زمین شناسی تمامی چاههای اکتشافی طی مأموریت‌های صحرایی بطور همزمان و یا کمی بعد از حفاری تهیه گردید. لاگ‌های مذکور در فرمهای مخصوصی که به همین منظور طراحی شده‌اند، ثبت گردیده است. نمونه‌ای از فرم تهیه لاگ زمین شناسی در ذیل ارائه شده است (جدول ۱۱).

در فرم مذکور، مشخصات عمومی مربوط به حفاری از جمله، مختصات دهانه چاهها، مقیاس برداشت زمین شناسی، شیب، جهت حفاری و نوع حفاری، تاریخ شروع و تاریخ پایان عملیات حفاری، قطر چاهها در اعماق مختلف، تهیه کننده لاگ و شرکت حفاری کننده، ارائه شده است. لازم بذکر است که مقیاس لاگینگ ۱:۲۰۰ و نوع حفاری چرخشی (Rotary) بوده است. هم چنین قطر مغزه‌های حفاری با توجه به نوع دستگاه حفاری، میزان آبخوری چاه (در اثر برخورد به زونهای گسله) و امکانات حفاری در زونهای مختلف کانی سازی و نیز در اعماق مختلف متفاوت بوده است. مثلاً دستگاه حفاری روسی که فقط توانایی حفاری قائم را دارند در اعماق ابتدایی چاه با سرمه نوع H (۹۳ mm) کار می کنند و با افزایش عمق و در صورت لزوم قطر سرمه را تغییر داده و با نوع N (۷۶ mm) و در نهایت با نوع B حفاری انجام شده است.

ستون سمت چپ فرم مذکور شامل عناوین ذیل می باشد:

- عمق (متر): در این ستون عمق حفاری از هر ران (Run) به ران بعدی با توجه به مقیاس لاگینگ ثبت شده است.

- فاصله (متر): این آیتم فاصله هر ران را مشخص می کند که در واقع عمق پیشروی در یک یا چند ران را نشان می دهد.

- طول مغزه (متر): در این ستون طول واقعی مغزه بدست آمده، آورده شده است. توضیح اینکه لزوماً طول مغزه مساوی interval نمی باشد بلکه در اکثر مواقع طول کوچکتر از آن می باشد که آن بدلیل خرد بودن مغزه و شسته شدن بخشهای خرده ریز بوسیله گل (سیال) حفاری می باشد.

- بازیافت مغزه: این شاخص در واقع نسبت طول واقعی مغزه به فاصله (interval) می باشد و شاخص مهمی از میزان خردشدگی بخش مورد حفاری و توانایی دستگاه حفاری و عوامل فنی در بازیافت هر چه بهتر مغزه می باشد. هر چه میزان این شاخص به عدد یک نزدیکتر باشد. نشاندهنده کیفیت بالای مغزه‌های بدست آمده است و میزان اطمینان به نتایج عیاری بدست آمده در فاصله مذکور نیز به همان میزان، بالا خواهد بود.

جدول ۱۱: نمونه فرم مورد استفاده در برداشت لاگ های حفاری

Coordinate		X=		Y=		Z=		<b>GEOLOGICALLOG</b>						Depth:		Diameter:		Borehole No.		From to		From to		Date of Start:		Date of Finish:		Water Table:		Logged By:							
Scale:																																					
Inclination:																																					
Orientation:																																					
Type of Drilling:																																					
Drilling Company:																																					
Depth (m)	Interval (m)	Core Length (m)	Core Recovery	R.Q.D	Run No.	Geological Discription							Sample No	Sampling Interval			Box No.																				
						Rock Type	Litho. Column	Joints			Alteration	Ore Mineralization		Mode of Mineralization	From	To		interval																			
								Type	Dip	Filling																											

RQD -

این شاخص نسبت مجموع طول مغزه‌های بیش از ۱۰ سانتیمتر به interval (در فاصله مورد نظر) می‌باشد. از این شاخص در عملیات آماده‌سازی و استخراج استفاده می‌شود. هر چه میزان این شاخص بالا باشد، بیانگر سالم بودن مغزه‌های بدست آمده است. هر گاه مقدار آن صفر باشد، نشان‌دهنده زون خردشده و گسله در فاصله مورد نظر می‌باشد.

- ران (Run)

به تعداد دفعات خارج کردن مغزه‌های بدست آمده از عمق مورد نظر ران گفته می‌شود. در نمونه‌گیری به روش معمولی در شرایطی که عمق حفاری به اندازه طول لوله نمونه‌گیر پیشرفت کرد، بایستی حفاری را متوقف و کلیه تجهیزات داخلی چاه (تمامی لوله‌های حفاری، لوله مغزه، و سرمته) را از گمانه خارج و در محیط آزاد مغزه‌های بدست آمده را از پوشش داخلی لوله مغزه‌گیر خارج و به ترتیب در جعبه‌های نمونه‌گیری جمع‌آوری نمود.

- مشخصات زمین‌شناسی

زیر عنوان مشخصات زمین‌شناسی شش مشخصه شامل نوع سنگ، ستون سنگ‌شناسی، درزه‌ها و شکستگی‌های موجود در لاگ (شامل نوع درزه و شکاف، شیب درزه و نوع پرشدگی آن)، آلتراسیون، نوع کانی‌سازی و فرم کانی‌سازی در حین لاگینگ بررسی و ثبت می‌شود.

- شماره نمونه

در این ستون نمونه‌هایی که برای تعیین میزان فسفات از مغزه‌ها برداشت گردیده، تعیین و شماره‌گذاری شده است. هم‌چنین نمونه‌های دیگری که برای سایر مطالعات سنگ‌شناسی، کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی از اعماق مختلف باید برداشت شود، شماره‌گذاری و محل آن مشخص شده است.

- فاصله نمونه‌برداری

در این بخش فاصله نمونه‌برداری شامل عمق بالا، عمق پایینی و فاصله نمونه‌برداری مشخص شده است.

- شماره جعبه

در این ستون شماره جعبه‌ای که سایر ویژگی‌های فوق در آن بررسی شده است، نشان داده شده است.



# فصل پنجم

## مدلسازی و محاسبه ذخیره

### ۵-۱- مقدمه

طی عملیات اکتشافی در گزستان در مجموع تعداد ۲۸ ترانسه اکتشافی در مجموع بطول ۲۳۲۰ متر حفر گردیده است. از این گمانه‌ها تعداد ۵۹۶ نمونه جهت آنالیز  $P_2O_5$  برداشت گردیده است. فواصل نمونه‌برداری‌ها در ترانسه‌ها بسیار متغیر بوده و از ۰/۳۵ متر در ترانسه شماره ۶ تا ۱۰ متر در ترانسه شماره ۳ نمونه‌برداری صورت گرفته است. مطالب این فصل خلاصه‌ای از گزارش آقایان درستی و فضلی خانی با عنوان "گزارش مدلسازی و برآورد ذخیره کانسار فسفات گزستان" می باشد.

### ۵-۲- پارامترهای آماری نمونه‌های برداشت شده از ترانسه‌ها

عیار  $P_2O_5$  در برخی نمونه‌ها بسیار اندک بوده که گاهی حتی صفر در نظر گرفته شده‌اند. حداکثر عیار نمونه‌ها نیز مربوط به یک نمونه در ترانسه ۱۳ می باشد که ۳۳/۴ درصد می باشد. جدول ۱۲ اطلاعات آماری نمونه‌های آنالیز شده از ترانسه‌ها می باشد.

جدول ۱۲: پارامترهای آماری داده‌های مربوط به تمام نمونه‌های برداشت شده از ترانسه‌ها

تعداد نمونه‌ها	کمینه نمونه‌ها (%)	بیشینه نمونه‌ها (%)	میانگین نمونه‌ها (%)	واریانس داده‌ها <sup>۲</sup> (%)	انحراف معیار داده‌ها (%)	چولگی	کشیدگی	ضریب تغییرات
۵۹۶	۰	۳۳/۴	۲/۹۳	۱۶/۹۵۴	۴/۱۱۸	۲/۸۱۸	۱۳/۶۰۹	۱/۴۰۷

با توجه به اینکه تعداد ۲۰ نمونه دارای عیار بسیار ناچیز و یا گاهی فاقد عیار بوده‌اند، لذا فقط تعداد ۵۷۶ نمونه برای محاسبات و مراحل بعدی کار منظور گردیدند. جدول ۱۳ اطلاعات و پارامترهای آماری مربوط به این ۵۷۶ نمونه را نشان می دهد.

جدول ۱۳: پارامترهای آماری داده‌های مربوط به داده‌های انتخاب شده از ترانسه‌ها

تعداد نمونه‌ها	کمینه نمونه‌ها (%)	بیشینه نمونه‌ها (%)	میانگین نمونه‌ها (%)	واریانس داده‌ها <sup>۲</sup> (%)	انحراف معیار داده‌ها (%)	چولگی	کشیدگی	ضریب تغییرات
۵۷۶	۰/۰۱	۳۳/۴	۳/۰۲	۱۷/۲۰۶	۴/۱۴۸	۲/۷۸۹	۱۳/۳۷۷	۱/۳۷۲

### ۵-۳- پارامترهای آماری نمونه‌های برداشت شده از گمانه‌های اکتشافی

در پروژه مذکور تعداد ۱۹ حلقه گمانه اکتشافی مجموعاً به مترائز ۱۸۴۰/۴۸ متر حفر گردیده است. از این تعداد گمانه در مجموع تعداد ۴۴۶ نمونه جهت آنالیز عیار  $P_2O_5$  گرفته شده است. قابل ذکر است که گمانه شماره ۱۹ فاقد ماده معدنی بوده است. لذا در مجموع نمونه‌های مذکور از گمانه‌های ۱ تا ۱۸ برداشت شده‌اند. فاصله

نمونه برداری ها بسیار متغیر می باشد. کمترین فاصله نمونه برداری در گمانه ها ۳۰ سانتی متر و بیشترین فاصله نمونه برداری در گمانه ها نیز ۱۱/۹ متر می باشد، ولی متوسط طول نمونه برداری ها در گمانه ها تقریباً ۳/۵۶ متر می باشد.

جدول ۱۴ پارامترهای آماری مربوط به داده های برداشت شده از گمانه ها را نشان می دهد.

جدول ۱۴: پارامترهای آماری داده های مربوط به تمام نمونه های برداشت شده از گمانه ها

تعداد نمونه ها	کمینه نمونه ها (%)	بیشینه نمونه ها (%)	میانگین نمونه ها (%)	واریانس داده ها <sup>۲</sup> (%)	انحراف معیار داده ها (%)	چولگی	کشیدگی	ضریب تغییرات
۴۴۶	۰	۲۶/۵	۱/۱۶۰	۳/۶۵۰	۱/۹۱۰	۶/۷۰۱	۷۵/۵۸۰	۱/۶۴۸

از تعداد ۴۴۶ نمونه مذکور تعداد ۱۸ نمونه دارای عیار بسیار ناچیز (قابل چشم پوشی) و یا اصلاً فاقد عیار هستند. در محاسبات و بررسی های صورت گرفته نیز این نمونه ها کنار گذاشته شده و محاسبات بر اساس ۴۲۸ نمونه دیگر انجام گرفته است. جدول ۱۵ پارامترهای آماری مربوط به این داده ها را نشان می دهد.

جدول ۱۵: پارامترهای آماری داده های مربوط به نمونه های عیاردار برداشت شده از گمانه ها

تعداد نمونه ها	کمینه نمونه ها (%)	بیشینه نمونه ها (%)	میانگین نمونه ها (%)	واریانس داده ها <sup>۲</sup> (%)	انحراف معیار داده ها (%)	چولگی	کشیدگی	ضریب تغییرات
۴۲۸	۰/۰۱	۲۶/۵	۱/۲۰۸	۳/۷۳۶	۱/۹۳۳	۶/۶۴۷	۷۴/۱۵۶	۱/۶۰۰

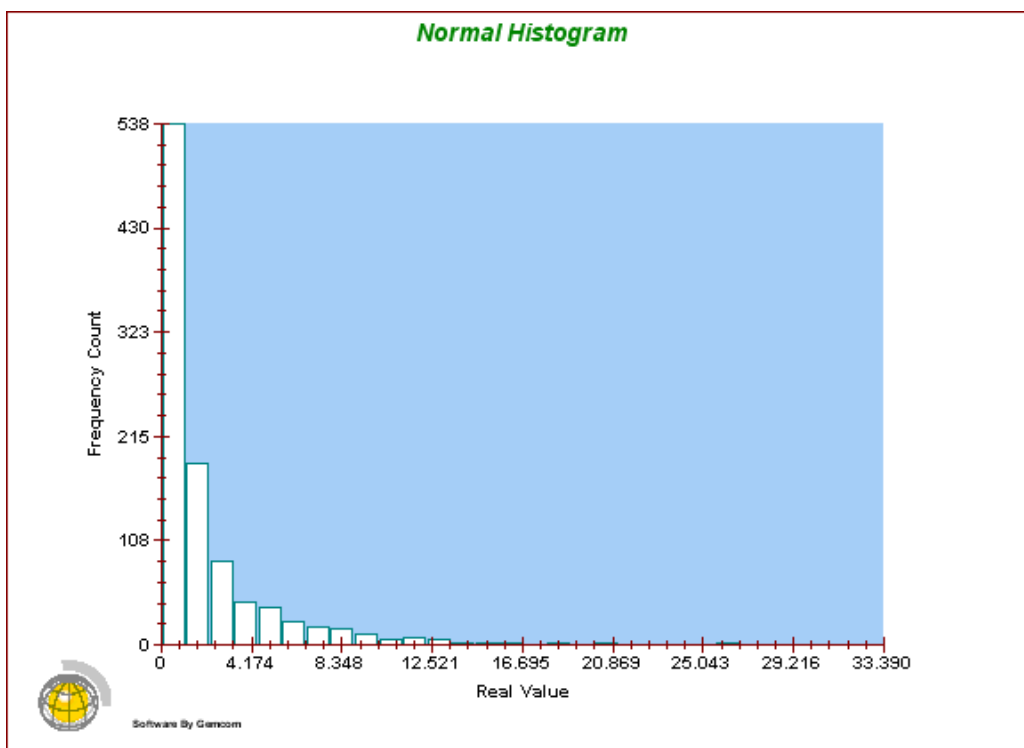
#### ۴-۵- پارامترهای آماری مربوط به اطلاعات کل ترانسه‌ها و گمانه‌ها

با تلفیقی از اطلاعات مربوط به داده‌های برداشت شده از ترانسه‌ها و گمانه‌های اکتشافی در مجموع ۱۰۰۴ داده خواهیم داشت. با مقایسه داده‌های مربوط به ترانسه‌ها و گمانه‌های اکتشافی می‌توان ملاحظه نمود که داده‌های نمونه‌برداری شده از ترانسه‌های دارای عیار بالاتری نسبت به داده‌های نمونه‌برداری شده از گمانه‌های اکتشافی هستند. با چنین مشاهده‌ای می‌توان احساس نمود که کانسار احتمالاً در عمق کم عیارتر بوده و در سطح از عیار بالاتری برخوردار می‌باشد. البته در ادامه پس از تخمین کانسار می‌توان قضاوت بهتر و شفافتری نمود. جدول ۱۶ پارامترهای آماری مربوط به ۱۰۰۴ نمونه را نشان می‌دهد.

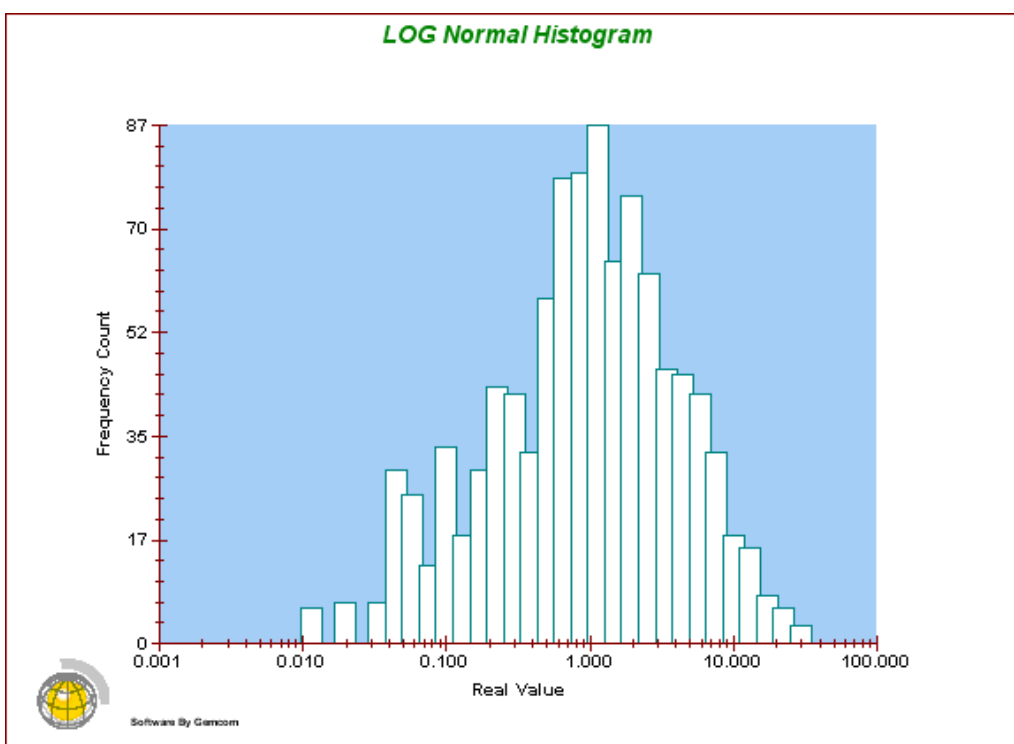
جدول ۱۶: پارامترهای آماری مربوط به نمونه‌های عیاردار برداشت شده از گمانه‌های اکتشافی و ترانسه‌ها

تعداد نمونه‌ها	کمینه نمونه‌ها (%)	بیشینه نمونه‌ها (%)	میانگین نمونه‌ها (%)	واریانس داده‌ها <sup>۲</sup> (%)	انحراف معیار داده‌ها (%)	چولگی	کشیدگی	ضریب تغییرات
۱۰۰۴	۰/۰۱	۳۳/۴	۲/۲۵۱	۱۲/۲۸۰	۳/۵۰۴	۳/۵۴۳	۲۰/۰۹۴	۱/۵۵۷

شکل‌های ۱۱ و ۱۲ بترتیب هیستوگرام نرمال داده‌ها و هیستوگرام لگاریتمی داده‌ها را نمایش می‌دهند. چنانچه ملاحظه می‌گردد جامعه دارای توزیع L شکل می‌باشد که یکی از خواص جوامع دارای عیارهای پایین می‌باشد



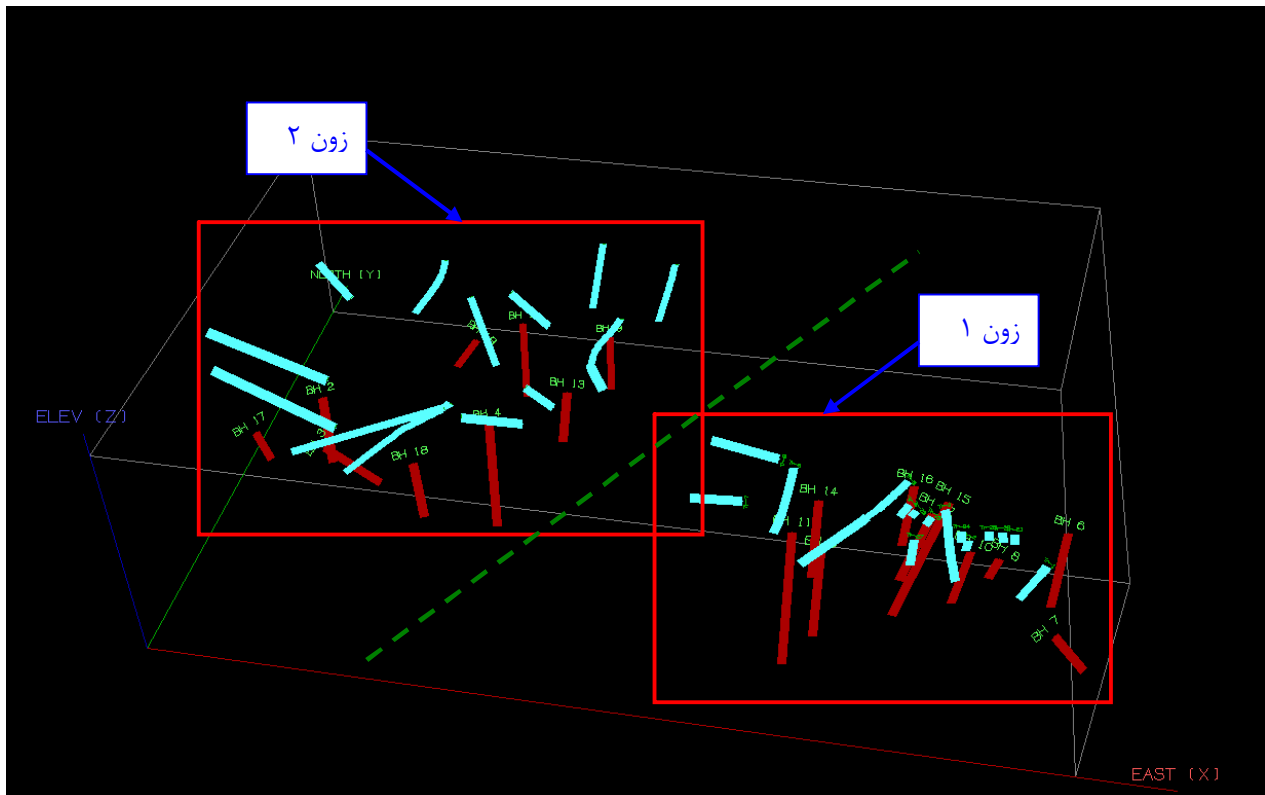
شکل ۱۱: هیستوگرام کل داده ها



شکل ۱۲: هیستوگرام لگاریتمی کل داده ها

## ۵-۵- زون‌بندی کانسار بر اساس شاخص‌های آماری

چنانچه در شکل ۱۳ نیز ملاحظه می‌گردد حفاری‌های اکتشافی صورت گرفته در محدوده کانسار گزستان را با نظر زمین‌شناس منطقه می‌توان به دو زون یک و دو تقسیم‌بندی نمود. با توجه به مقایسه عیار میانگین و همچنین ضریب تغییرات نمونه‌های چند محدوده می‌توان در مورد نحوه مدلسازی و زون‌بندی محدوده‌ها قضاوت نمود.



شکل ۱۳: حفاریهای اکتشافی در دو زون ۱ و ۲

از نظر توپوگرافی حدفاصل دو زون مذکور یک تپه می‌باشد. با توجه به مقایسه عیار میانگین و ضریب تغییرات در دو زون فوق نیز می‌توان در مورد این زون بندی قضاوت نمود. به همین علت داده‌های مربوط به زون یک و زون دو را تفکیک نموده و بصورت مجزا عیار میانگین و ضریب تغییرات هر کدام مورد بررسی قرار گرفت.

### ۵-۵-۱- داده‌های مربوط به زون یک

زون یک در حقیقت زون شرقی می‌باشد که دارای ۱۰ گمانه اکتشافی و همچنین ۱۵ ترانسه می‌باشد که در مجموع دارای ۵۱۴ نمونه می‌باشد. جدول ۱۶ پارامترهای آماری مربوط به زون یک را نشان می‌دهد.

جدول ۱۶: پارامترهای آماری داده‌های مربوط به نمونه‌های زون یک

تعداد نمونه‌ها	کمینه نمونه‌ها (%)	بیشینه نمونه‌ها (%)	میانگین نمونه‌ها (%)	واریانس داده‌ها <sup>۲</sup> (%)	انحراف معیار داده‌ها (%)	چولگی	کشیدگی	ضریب تغییرات
۵۱۴	۰/۰۱	۱۹/۷۹	۱/۴۵۸	۶/۱۶۰	۲/۴۸۲	۳/۵۷۵	۲۱/۱۴۴	۱/۶۰۳

### ۵-۵-۲- داده‌های مربوط به زون دو

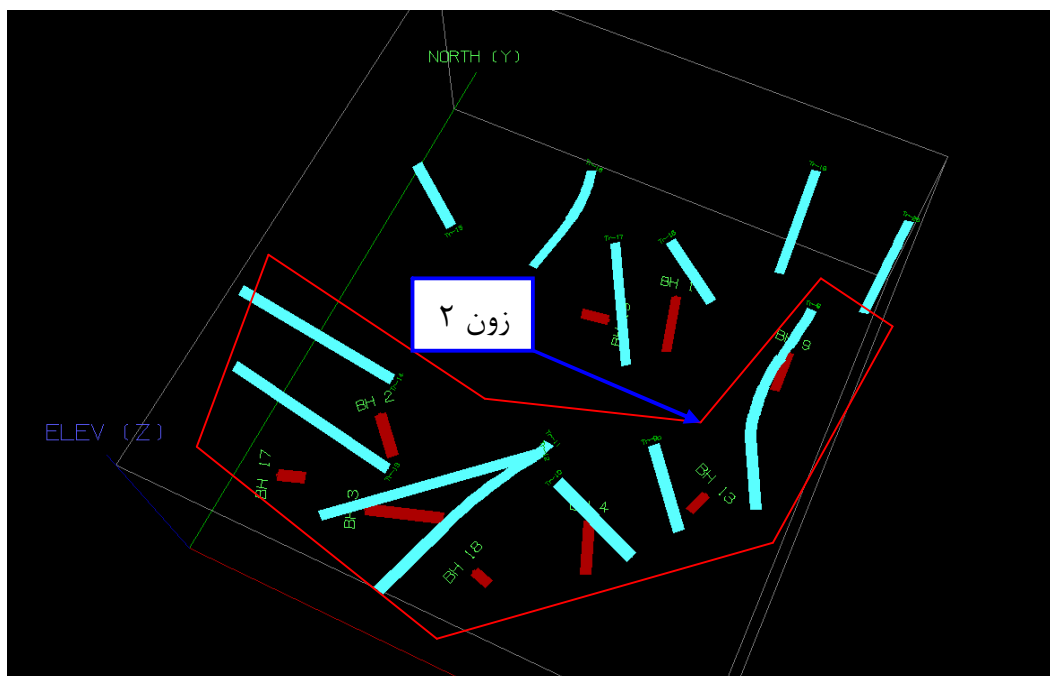
زون دو در حقیقت زون غربی می‌باشد که توسط توپوگرافی و یک تپه نسبتاً مرتفع از زون یک (زون شرقی) جدا شده است. با توجه به اینکه گمانه شماره ۱۹ فاقد ماده معدنی بوده و همچنین گمانه شماره یک نیز علیرغم اینکه ماده معدنی را گرفته است دارای عیارهای بسیار پایین است و همچنین ترانسه‌های ۱۵ الی ۲۰ نیز در نزدیکی این گمانه‌ها بوده و این ترانسه‌ها نیز دارای عیارهای بسیار پایین می‌باشند، لذا دو گمانه و همچنین ۶ ترانسه مذکور از زون شماره ۲ کنار گذاشته شدند و در نتیجه زون دو دارای ۷ گمانه اکتشافی و همچنین ۷ ترانسه می‌باشد که در مجموع دارای ۵۱۳ نمونه می‌باشد. جدول ۱۷ پارامترهای آماری مربوط به زون یک را نشان می‌دهد. شکل ۱۴ وضعیت گمانه‌های ۱ و ۱۹ و همچنین ۶ ترانسه ۱۵ الی ۲۰ را نسبت به حفاریهای صورت گرفته در زون دو نشان می‌دهد.

جدول ۱۷: پارامترهای آماری داده‌های مربوط به نمونه‌های زون دو

تعداد نمونه‌ها	کمینه نمونه‌ها (%)	بیشینه نمونه‌ها (%)	میانگین نمونه‌ها (%)	واریانس داده‌ها <sup>۲</sup> (%)	انحراف معیار داده‌ها (%)	چولگی	کشیدگی	ضریب تغییرات
۳۸۰	۰/۰۱	۳۳/۴	۳/۱۷۱	۱۸/۵۵۴	۴/۳۰۷	۳/۰۳۰	۱۵/۳۴۴	۴/۳۰۷

چنانچه میانگین داده‌های مربوط به زون‌های یک و دو را با هم مقایسه کنیم، متوجه می‌شویم که بیش از ۵۰ درصد باهم اختلاف دارند.

$$(3.171 - 1.458) / 3.171 = 54\%$$



شکل ۱۴: وضعیت حفاری‌های صورت گرفته در زون دو

با توجه به اختلاف میانگین عیار دو زون و وجود ناپوستگی طبیعی موجود در بین دو زون می‌توان این دو زون را به دو جامعه عیاری متفاوت که نیاز به تفکیک برای مدلسازی دارند تقسیم‌بندی نمود. بدین ترتیب از این پس کلیه مدلسازی‌ها، محاسبات، تخمین‌ها و ... بر روی هر یک از زون‌ها بطور مجزا صورت می‌گیرد.

#### ۵-۶- مدل سازی هندسی

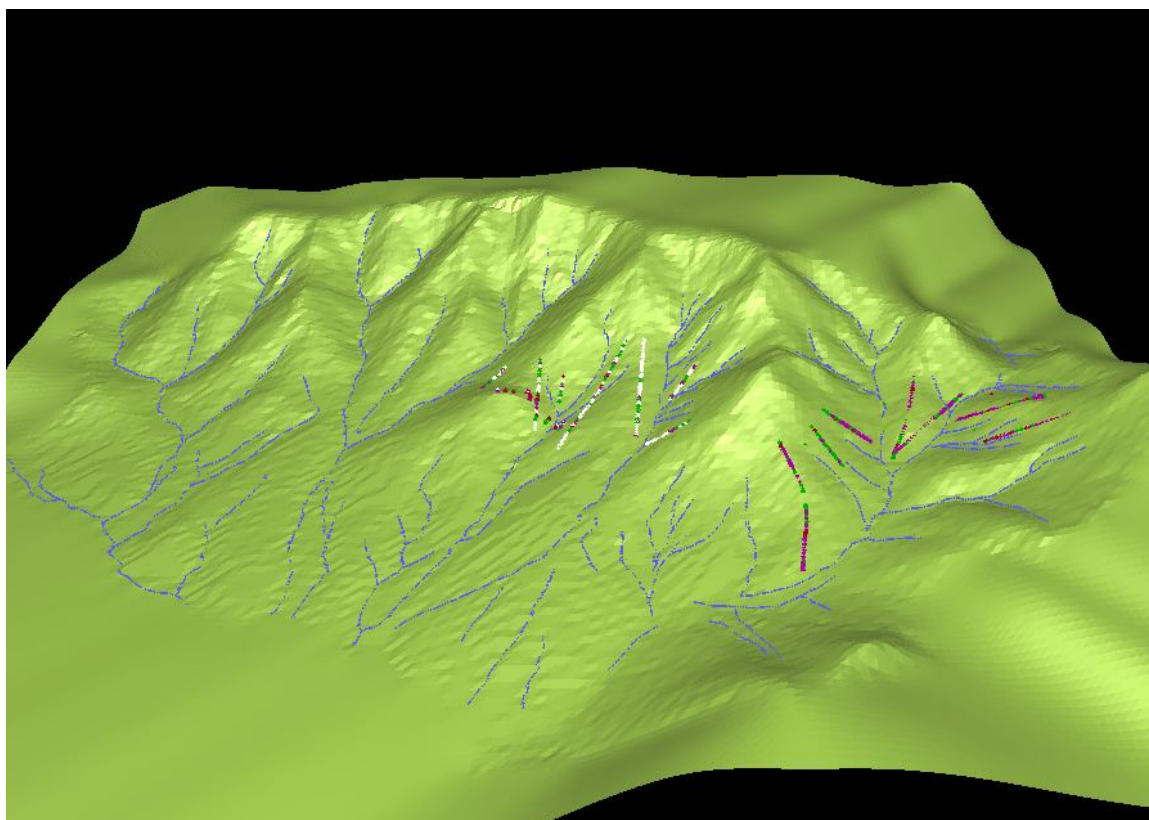
برای ساختن مدل هندسی سه بعدی کانسار داده‌های زیرسطحی اعم از داده‌های مربوط به ترانشه‌ها، گمانه‌ها، چاهک‌ها، تونل‌های اکتشافی و یا هر نوع حفاری اکتشافی به همراه دیدگاه زمین‌شناس منطقه از زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. درحقیقت مدل هندسی سه‌بعدی ساخته شده از کانسار تجسمی از شکل کانسار در زیر سطح می‌باشد که می‌تواند بخوبی برای مشخص نمودن مرز ماده معدنی و باطله، طراحی محدوده استخراج و همچنین فضای تخمین بسیار موثر باشد. برای ساخت مدل هندسی سه‌بعدی کانسارهای معدنی از نرم‌افزارهای معدنی استفاده می‌گردد. مهمترین این نرم‌افزارها عبارتند از Gemcom، Datamine، Surpac، Minex و GDM که در این پروژه از نرم‌افزار Gemcom استفاده شده است که یکی از بهترین و قویترین ابزارهای ممکن برای این کار می‌باشد.

یکی دیگر از اطلاعات مهم نرم‌افزار جهت مدلسازی هندسی ترسیم مقاطع عمودی و افقی از کانسار می‌باشد

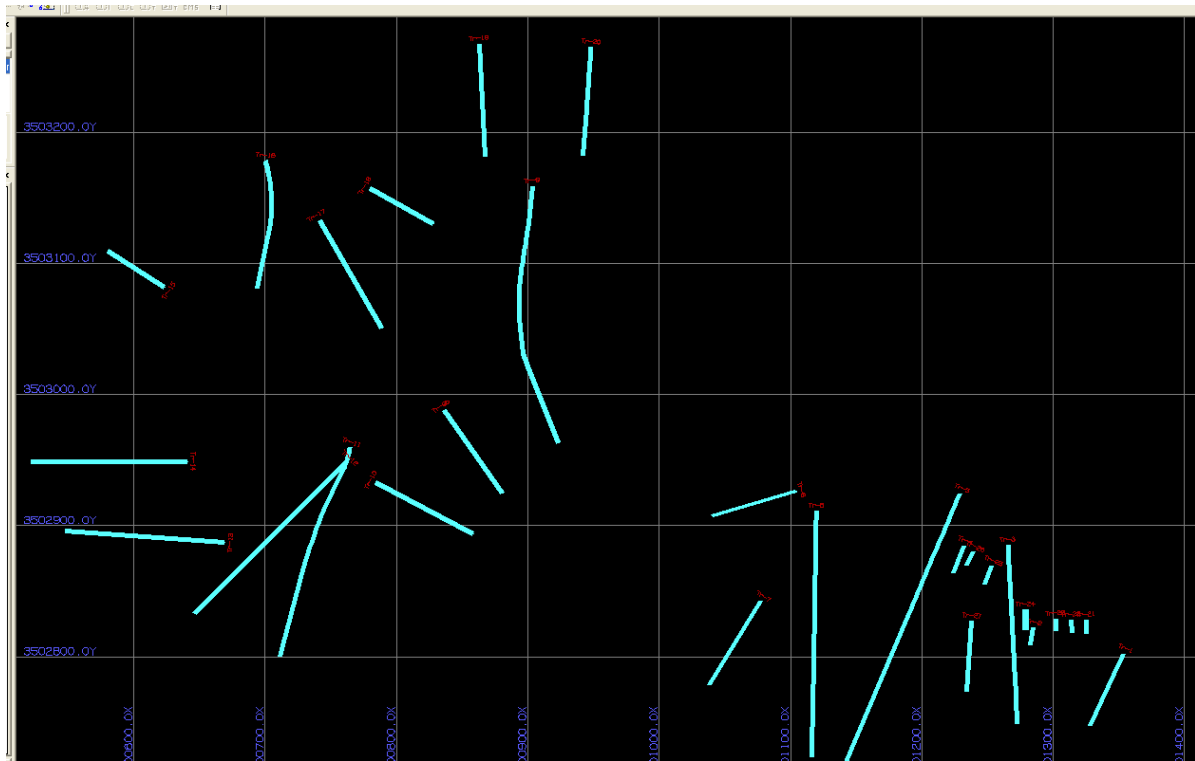


با در نظر گرفتن مقاطع عمودی، شکل هندسی کانسار تعیین گردیده و نهایتاً بر اساس آن بلوک‌بندی عیاری و تخمین ذخیره کانسار انجام شده است.

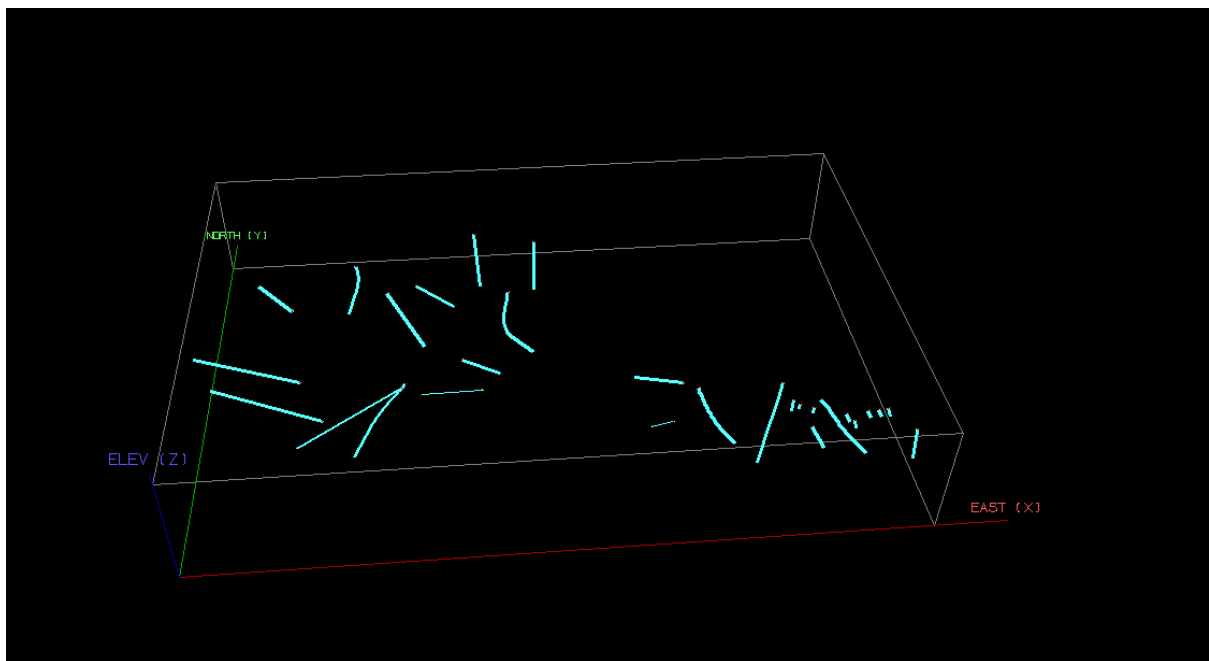
در محدوده معدنی گزستان تعداد ۲۸ گمانه اکتشافی در مجموع به طول ۲۳۲۰/۴ متر و همچنین تعداد ۱۹ حلقه گمانه در مجموع به متر اژ ۱۸۴۰/۴۸ متر حفاری گردیده است. شکل ۱۵ نمایی سه بعدی از توپوگرافی محدوده معدنی گزستان را در نرم‌افزار Gemcom نشان می‌دهد. شکل ۱۶ ترانسه‌های حفاری شده را بصورت دو بعدی نشان می‌دهد. شکل ۱۷ نیز ترانسه‌های اکتشافی را بصورت سه بعدی نمایش می‌دهد. شکل ۱۸ گمانه‌های حفاری شده را بصورت دو بعدی و شکل ۱۹ نیز گمانه‌های اکتشافی بصورت سه بعدی نشان می‌دهند.



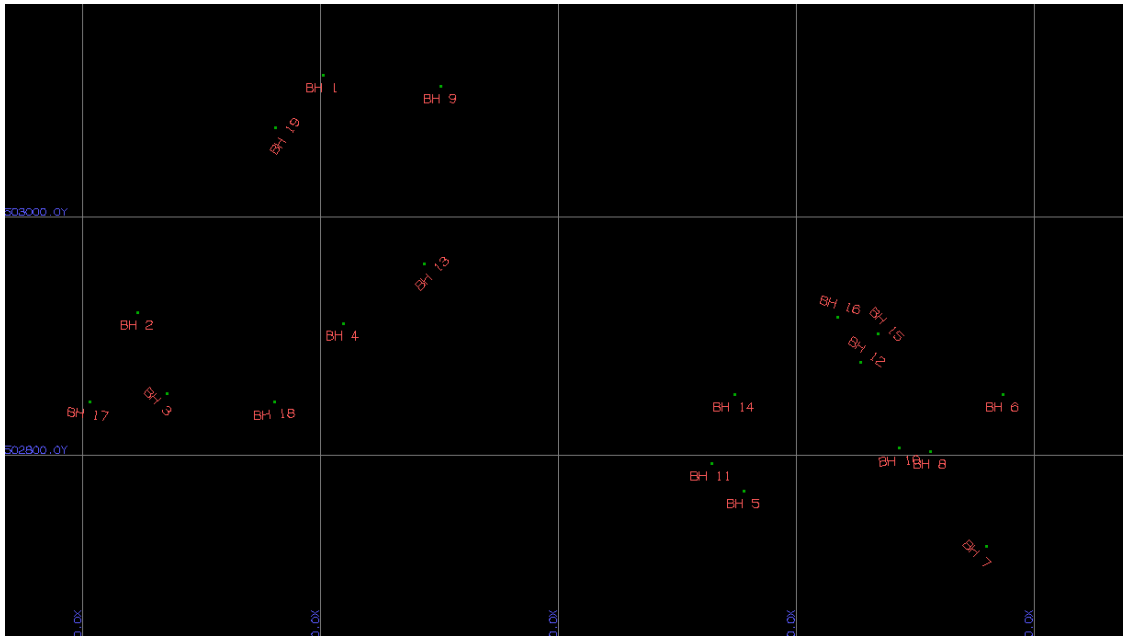
شکل ۱۵: نمایی از توپوگرافی محدوده گزستان به همراه آبراهه‌های منطقه



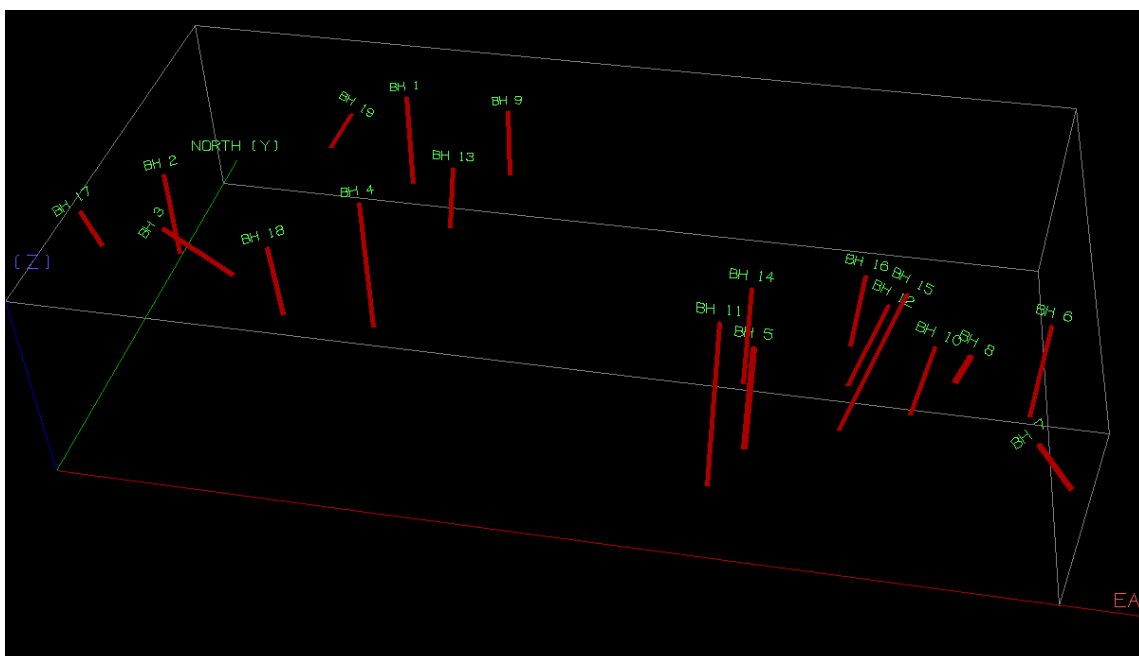
شکل ۱۶: نمایی دو بعدی از ترانسه های اکتشافی حفر شده در محدوده گزستان



شکل ۱۷ : نمایی سه بعدی از ترانسه های اکتشافی حفر شده در محدوده گزستان



شکل ۱۸: نمایی دو بعدی از گمانه‌های اکتشافی حفر شده در محدوده گزستان



شکل ۱۹: نمایی سه بعدی از گمانه‌های اکتشافی حفر شده در محدوده گزستان

#### ۵-۶-۱- مدل سه بعدی حفريات اکتشافی

پس از ورود و ساماندهی اطلاعات، سه بعدی سازی حفريات اکتشافی صورت می گیرد. این امر مستلزم پردازش های متعددی است که ویژگی های مختلف لیتولوژی، عیار و وزن مخصوص را در بر می گیرد. این پردازش ها اصطلاحاً ساخت پروفیل نامیده می شود و از طریق تخصیص کدهای متعددی به هر کدام از ویژگی های فوق تعیین می شود. مراحل فوق امکان نمایش و ساخت مدل سه بعدی حفريات اکتشافی را فراهم می کند.

#### ۵-۶-۲- رسم مقاطع

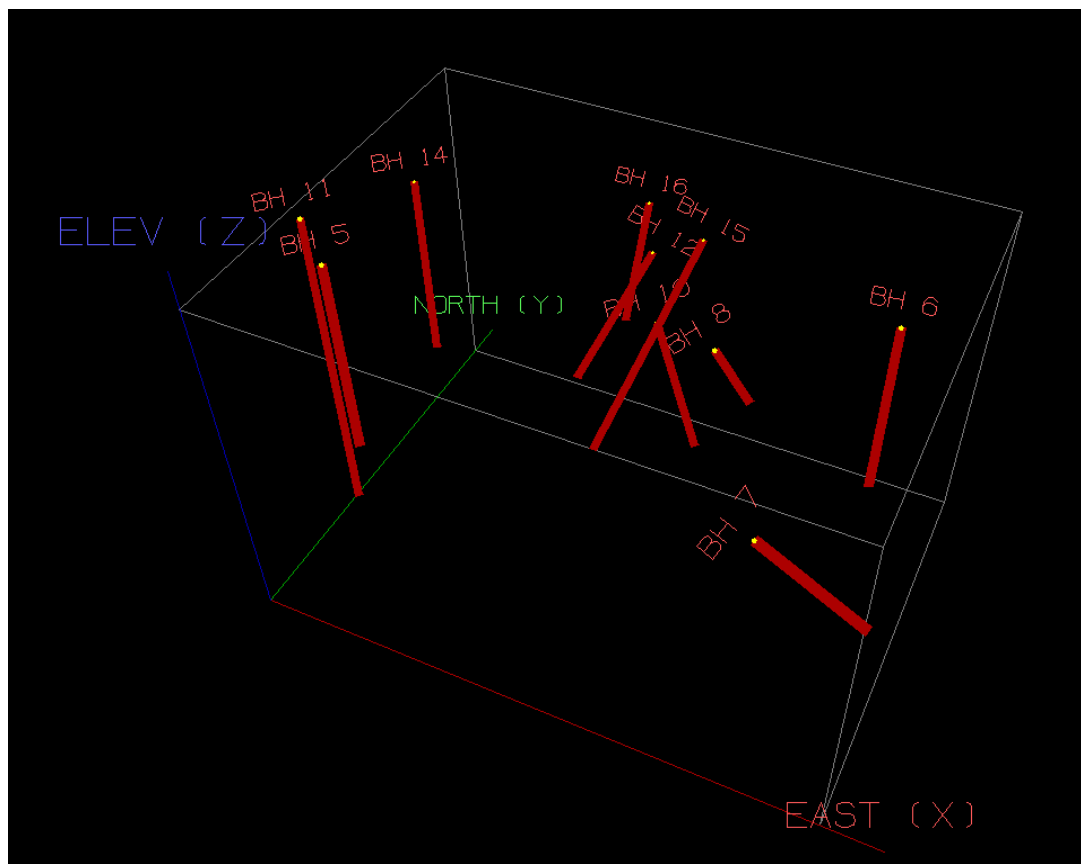
برای تهیه مدل سه بعدی کانسار، مهمترین گام تهیه مقاطع عمودی می باشد. این مقاطع با نظر مستقیم زمین شناسان منطقه و با در نظر گرفتن لیتولوژی - زمین شناسی ماده معدنی ترسیم گردیده اند. مقاطع و پلان ها، ابزارهای بسیار مناسبی جهت بررسی دقیق محیط مورد مطالعه در جهات و عمق های متفاوت می باشند که تصمیم گیری را برای کارشناس جهت ارتباط لایه های همسان در گمانه ها و بین سطح زمین (رخمون ماده معدنی) و گمانه ها و مشخص کردن محدوده مورد تخمین بسیار آسان می نمایند.

#### ۵-۶-۳- تهیه شکل سه بعدی کانسار

پس از ترسیم مقاطع در راستای شبکه حفاری، می توان با ایجاد ارتباط بین این مقاطع شکل سه بعدی کانسار را تهیه نمود. با استفاده از این روش از اضافه حجم محاسبه شده توسط روش های دیگر بر اساس تعمیم و درون یابی و برون یابی مساحت های منحصر در مقاطع پرهیز می شود و حجم بدست آمده شباهت بیشتری با واقعیت با توجه به داده های موجود خواهد داشت. اگرچه ارتباط مقاطع با یکدیگر بسیار مشکل و زمان بر است ولی اولین قدم در مدلسازی هندسی سه بعدی کانسار است.

#### ۵-۶-۳-۱- مدل هندسی زون یک (زون شرقی)

برای تهیه مدل هندسی زون یک ابتدا می بایست مقاطع عمودی را در این زون بنحوی که حدالمقدور حفريات اکتشافی صورت گرفته را در بر گیرد ترسیم نمود. شکل ۲۰ نمایی سه بعدی از گمانه های حفر شده در این زون را نشان می دهد.



شکل ۲۰: نمای سه بعدی از گمانه‌های حفر شده در زون یک (زون شرقی)

با توجه به اینکه شبکه منظم حفاری وجود ندارد لذا تصمیم‌گیری در مورد نحوه ترسیم مقاطع بسیار مشکل می‌باشد. در نهایت با در نظر گرفتن تمام جوانب و همچنین نظر زمین‌شناس منطقه تصمیم گرفته شده که در یکی از مقاطع گمانه‌های ۱۱ و ۱۴ قرار گیرند، در مقطع بعدی گمانه‌های ۵ و ۱۶ قرار گرفتند. مقطع بعدی گمانه‌های ۱۵ و ۱۲ را دربر گرفته است. در مقاطع بعدی گمانه‌های ۱۰، ۶، ۷ و ۸ هر کدام به تنهایی در یک مقطع قرار گرفتند. باید توجه داشت که حدالمقدور باید این مقاطع موازی باشند و تداخلی باهم نداشته باشند، چون در اینصورت هنگام ساخت مدل مشکلات بسیاری از لحاظ نرم‌افزاری خواهیم داشت. از لحاظ توپوگرافی نیز مابین گمانه‌های ۶ و ۸ ارتفاعی واقع است که با نظر زمین‌شناس می‌بایستی هر کدام را در یک مقطع بررسی نمود.

با توجه به اینکه تفکیک لیتولوژیکی در گمانه‌ها بسیار دشوار بوده و تفکیک قسمت‌هایی که باید ماده معدنی فرض نمود با قسمت‌هایی که باید باطله فرض نمود از نظر لیتولوژیکی مقدور نشد، مقاطع مذکور بصورت عیاری ترسیم شدند. درحقیقت با در نظر گرفتن عیار در گمانه‌ها و همچنین رخنمون ماده معدنی در هر مقطعی گمانه‌ها باهم مرتبط گردیدند. پس از اینکه در هر مقطعی ارتباط بین گمانه‌ها مشخص گردید باید ارتباط بین مقاطع موازی را باهم مشخص نمود. بدین ترتیب می‌توان مدل هندسی را تهیه نمود. در زون یک (زون شرقی) با بررسی عیارهای  $P_2O_5$  در ترانشه‌ها و گمانه‌ها می‌توان متوجه شد که پراکندگی عیارها بسیار بالا بوده و نمی‌توان براحتی این مقاطع را بهم ارتباط داد. لذا ارتباط دادن این مقاطع مقدور نشد. از طرفی تفاوت

محسوسی بین میانگین عیارهای ترانشه‌ها و گمانه‌های اکتشافی در این زون ملاحظه می‌گردد که می‌تواند نشانگر یک خطای سیستماتیک در نمونه‌برداری باشد و یا نشانگر و مویده عدم کانی‌سازی در عمق باشد. با توجه به بحث‌ها و صحبت‌های صورت گرفته با زمین‌شناسان منطقه، نظریه عدم کانی‌سازی در عمق بیشتر مورد تایید قرار گرفت. با توجه به این موضوع تصمیم گرفته شد که در مورد زون یک داده‌های مربوط به ترانشه‌ها مورد استفاده قرار گیرد و بدون ساختن مدل هندسی و با در نظر گرفتن عیارها و همچنین رخنمون و پروژند ماده معدنی تخمین‌ها و مطالعات مربوط به ذخیره صورت گیرد.

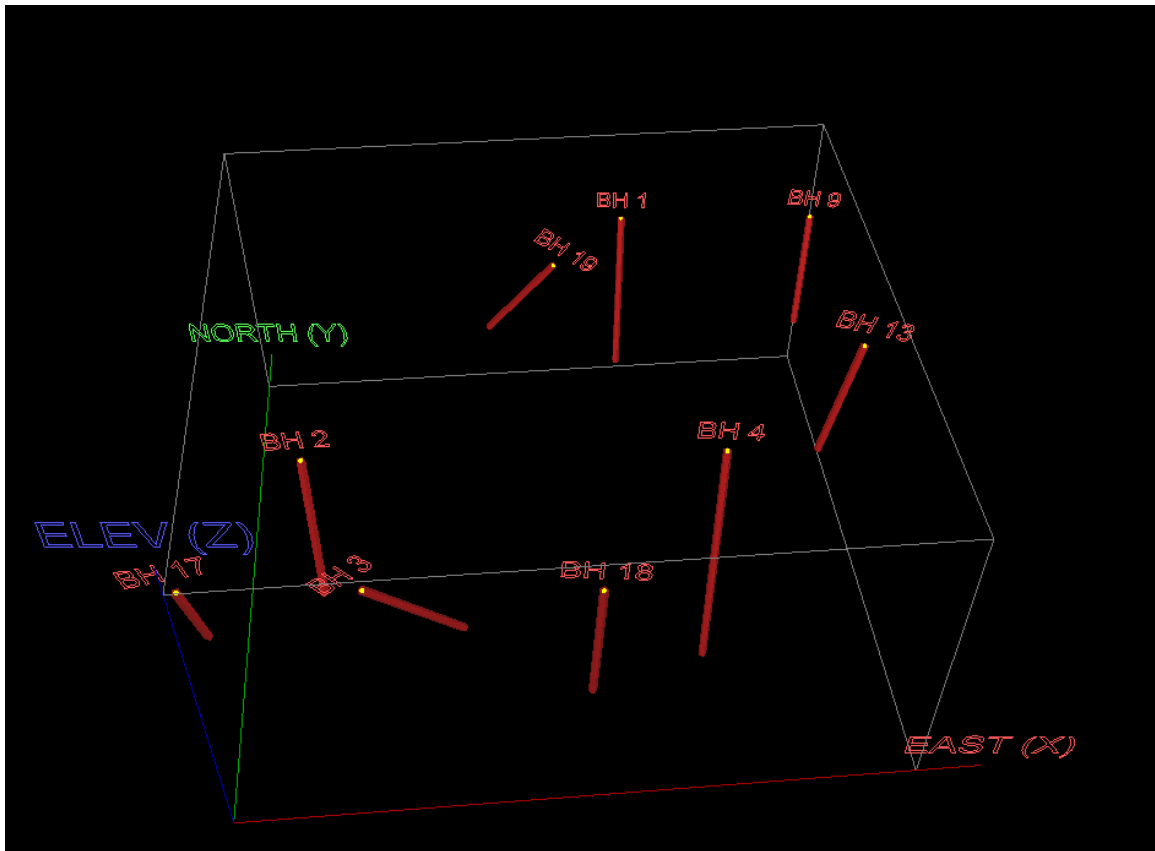
شکل ۲۱ رخنمون ماده معدنی و همچنین ترانشه‌ها حفر شده در زون یک (زون شرقی) را نشان می‌دهد.



شکل ۲۱: رخنمون ماده معدنی به همراه ترانشه‌های اکتشافی زون یک محدوده معدنی گزستان

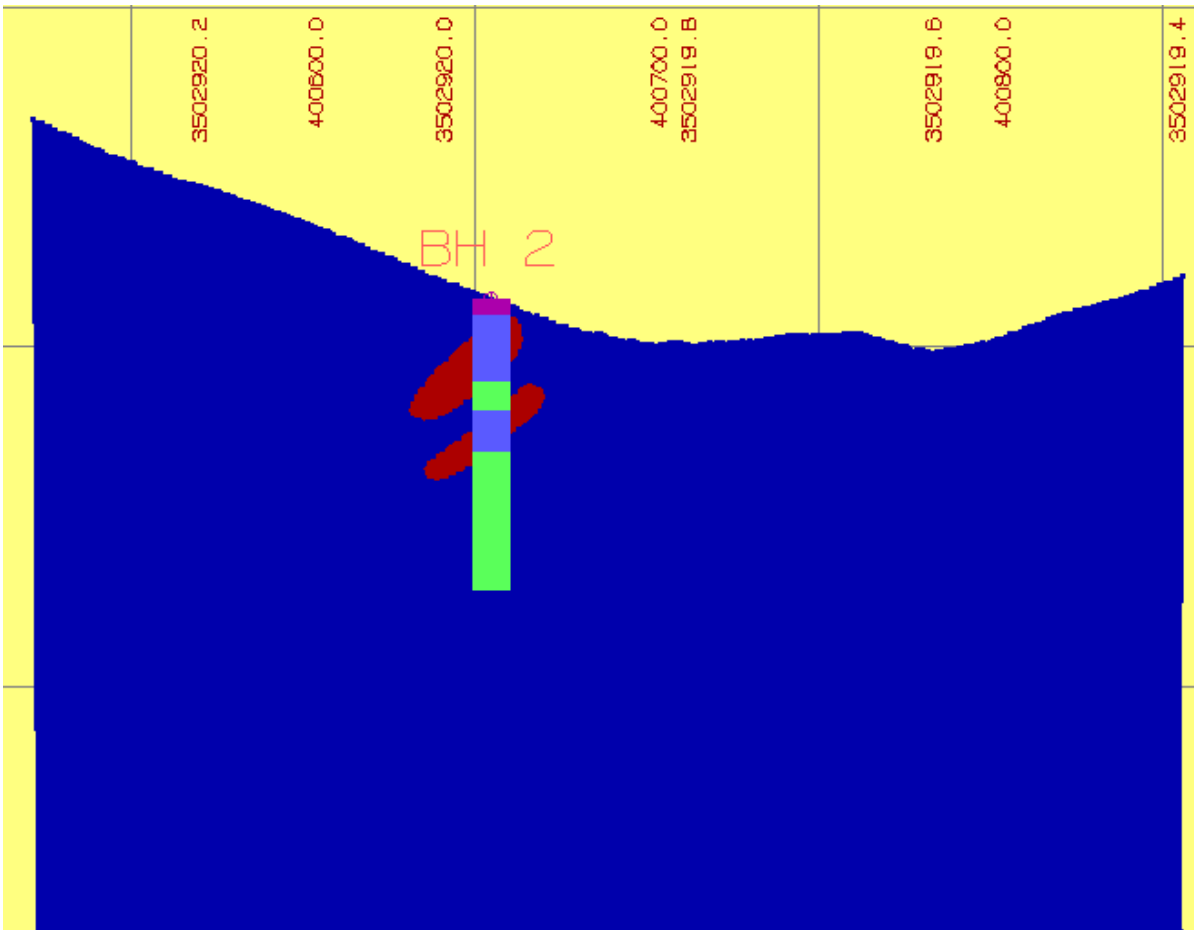
#### ۵-۶-۳-۲- مدل هندسی زون دو (زون غربی)

برای تهیه مدل هندسی زون دو (زون غربی) ابتدا می‌بایست مقاطع عمودی را در این زون بنحوی که حدالمقدور حفريات اکتشافی صورت گرفته را دربر گیرد ترسیم نمود. شکل ۲۲ نمایی سه‌بعدی از گمانه‌های حفر شده در این زون را نشان می‌دهد.

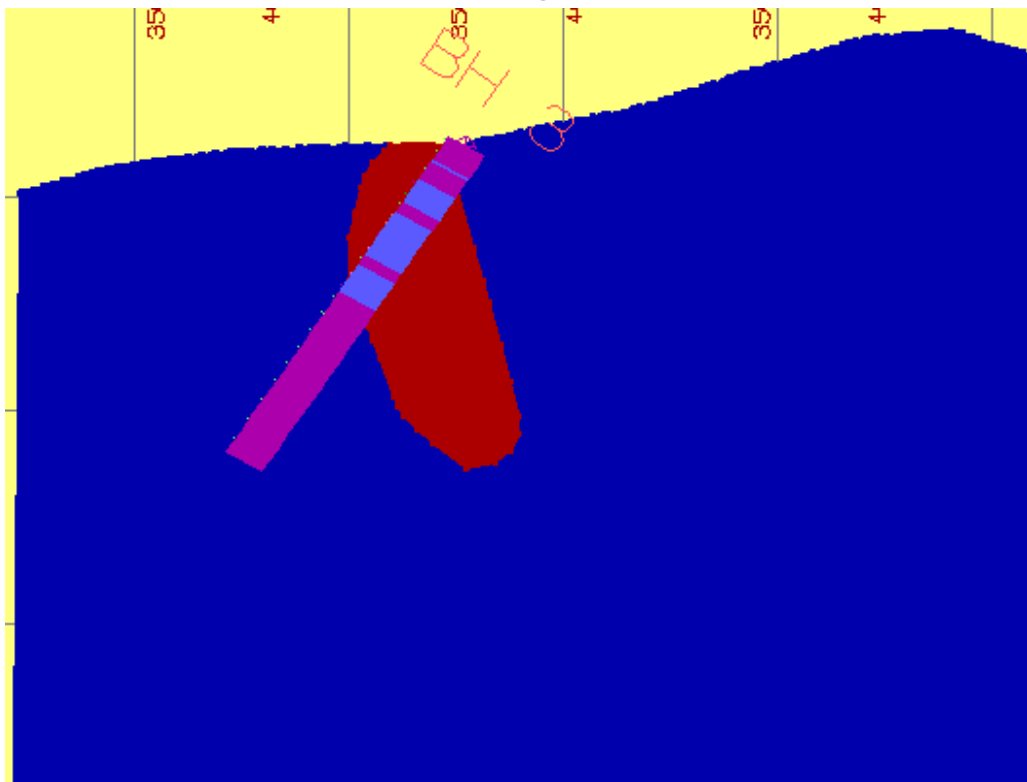


شکل ۲۲: نمای سه بعدی از گمانه‌های حفر شده در زون دو (زون غربی)

در این زون نیز با توجه به شبکه نامنظم حفاری می‌بایست در مورد محل ترسیم مقاطع با توجه به نظر زمین‌شناس، ۵ مقطع در نظر گرفته شود که در هر کدام از آنها بترتیب گمانه‌های ۱۳، ۴، ۱۸، ۳ و ۲ واقع شده‌اند. در هر کدام از این گمانه‌ها نیز مانند زون یک با در نظر گرفتن عیار  $P_2O_5$  در گمانه‌ها و همچنین رخنمون ماده معدنی در سطح زمین مقاطع ترسیم گردید. گمانه‌های ۹، ۱، ۱۹ و ۱۷ در این زون واقع شده‌اند ولی در هیچ کدام از مقاطع وجود ندارند. گمانه ۱۹ کلاً فاقد ماده معدنی بوده و گمانه‌های ۹ و ۱ نیز دارای عیارهای بسیار ناچیز و در حد صفر هستند که بدین ترتیب از مدلسازی خارج گردیدند. به نظر زمین‌شناس منطقه این سه گمانه در کف کانسار واقع شده‌اند و اصلاً کانسار پایین‌تر از آن وجود ندارد. در گمانه ۱۷ نیز عیارها بسیار ناچیز هستند و فقط در قسمت بالایی گمانه و همچنین در وسط گمانه بمقدار بسیار ناچیز ماده معدنی گرفته شده است. نظر به اینکه در این قسمت ماده معدنی رخنمون ندارد و طول قسمتی میانی که دارای عیار است نیز خیلی کم می‌باشد و همچنین در حد فاصل گمانه‌های ۲ و ۳ با این گمانه از نظر توپوگرافی فاصله وجود دارد، این گمانه نیز از مدلسازی خارج گردید. بدین ترتیب کلاً با ۵ گمانه مدل هندسی و سه‌بعدی این زون ساخته شد. شکل‌های ۲۳ و ۲۴ بترتیب مقطع مربوط به گمانه‌های ۲ و ۳ را نشان می‌دهند. پس از ترسیم مقاطع مذکور با ارتباط بین این مقاطع مدل هندسی کانسار در زون دو (زون غربی) تهیه گردید. در شکل‌های ۲۵ تا ۲۸ مدل هندسی و سه‌بعدی زون دو ملاحظه می‌گردد.

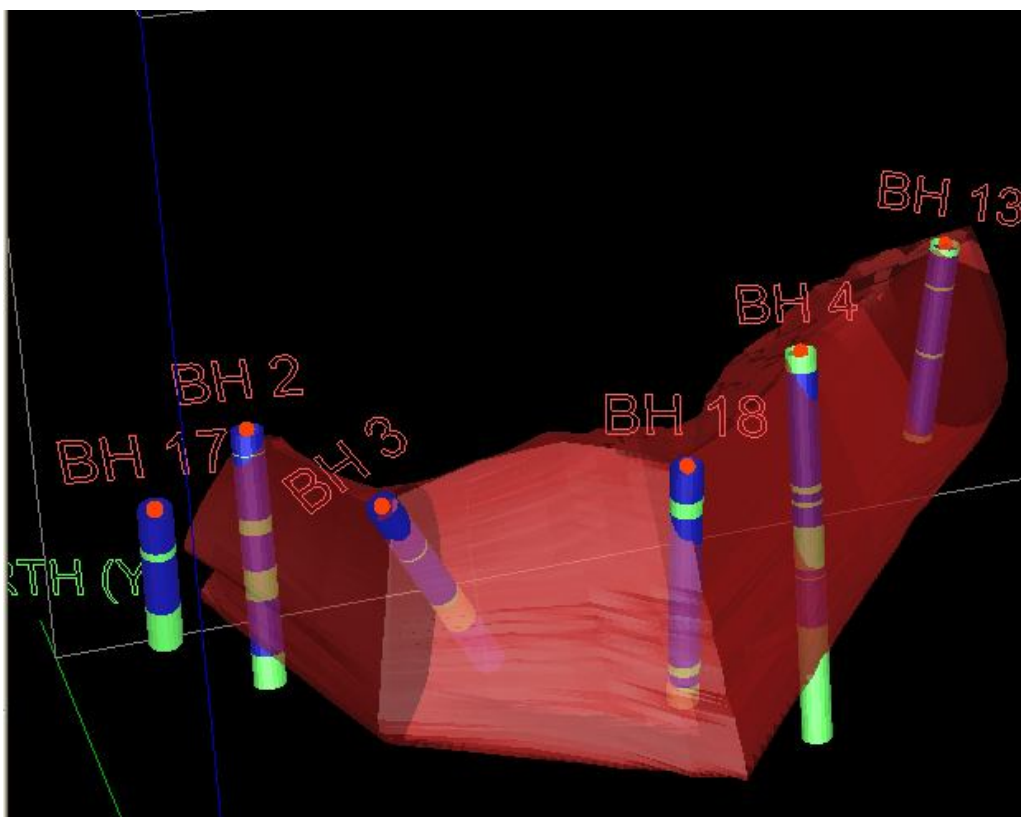


شکل ۲۳: مقطع مربوط به گمانه ۲

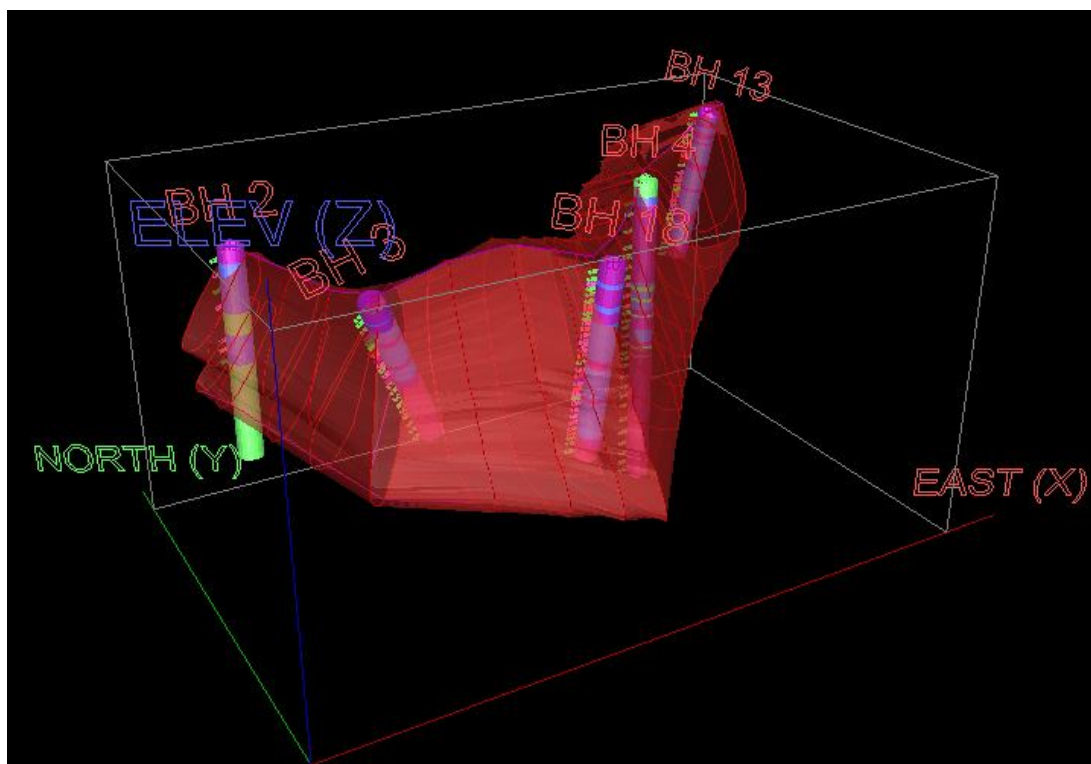


شکل ۲۴: مقطع مربوط به گمانه ۳

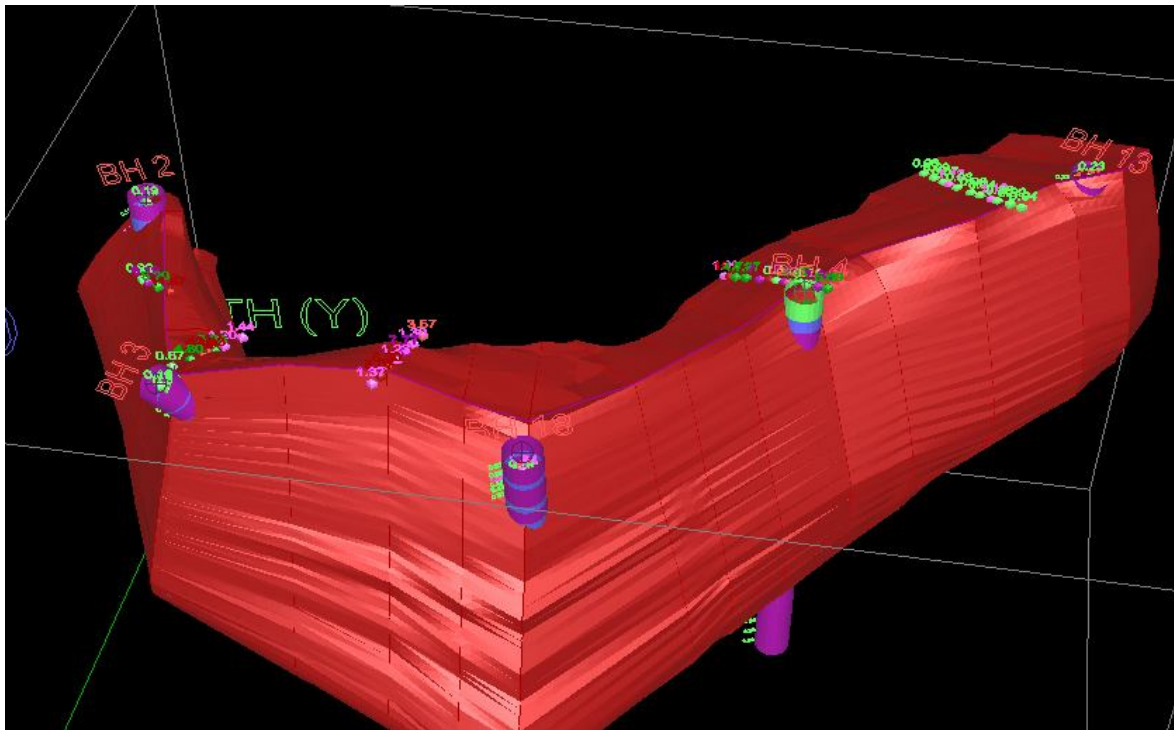




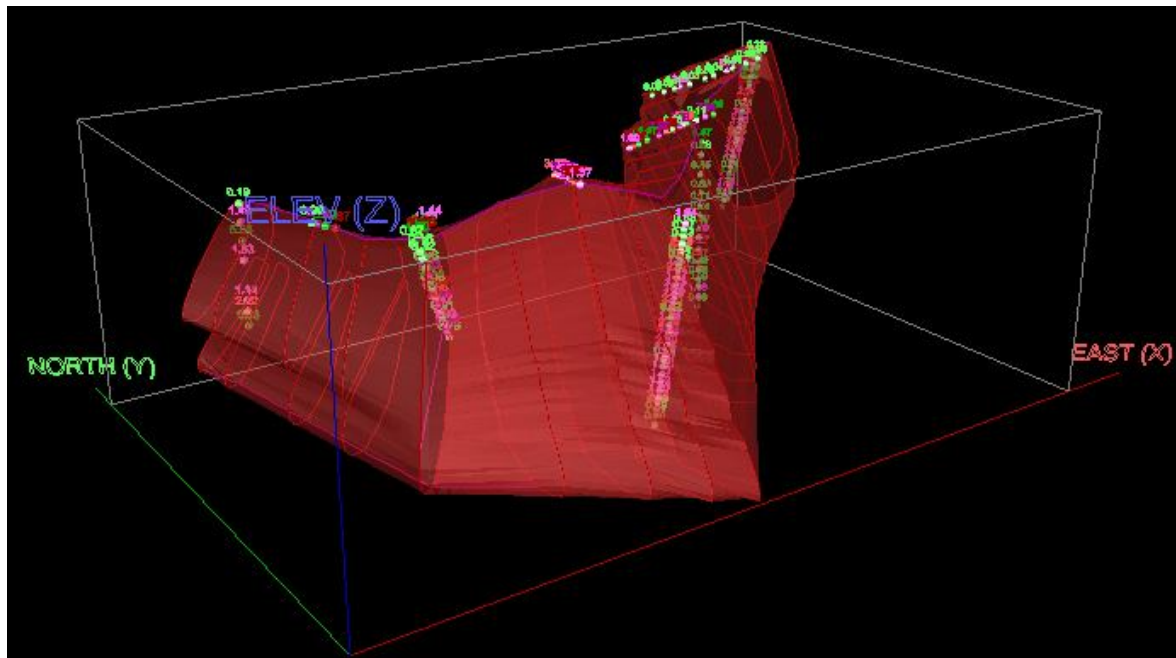
شکل ۲۵: مدل هندسی تهیه شده برای زون دو (زون غربی)



شکل ۲۶: مدل هندسی تهیه شده برای زون دو (زون غربی)



شکل ۲۷: مدل هندسی تهیه شده برای زون دو (زون غربی)



شکل ۲۸: مدل هندسی تهیه شده برای زون دو (زون غربی)

#### ۵-۷- ترسیم واریوگرام

برای برآورد و ارزیابی ذخیره روش‌های متفاوتی وجود دارد. یکی از بهترین روش‌ها روش زمین‌آمار می‌باشد. روش‌های زمین‌آمار، همبستگی فضایی داده‌ها را در نظر می‌گیرند. از این روش‌ها بر اساس این‌گونه روش‌ها بر وجود ساختار فضایی داده‌ها است. تغییرنا مهم‌ترین ابزار بروز همبستگی فضایی بین داده‌ها است. در واقع تغییرنا، میانگین مربعات تفاضل دو مقدار را به عنوان تابعی از نمو فاصله بین آنها نشان می‌دهد.

#### ۵-۷-۱- واریوگرافی زون یک (زون شرقی)

برای ترسیم تغییرنما در زون یک (زون شرقی) در جهات مختلف و با پارامترهای مختلف سعی و خطا گردید. در نهایت در سطح افق با آزمون ۲۵۰ درجه با شیب صفر و همچنین با آزمون ۱۶۰ درجه با شیب صفر درجه، با پارامترهای ذیل نتیجه ترسیم تغییرنما منجر به نتیجه گردید.

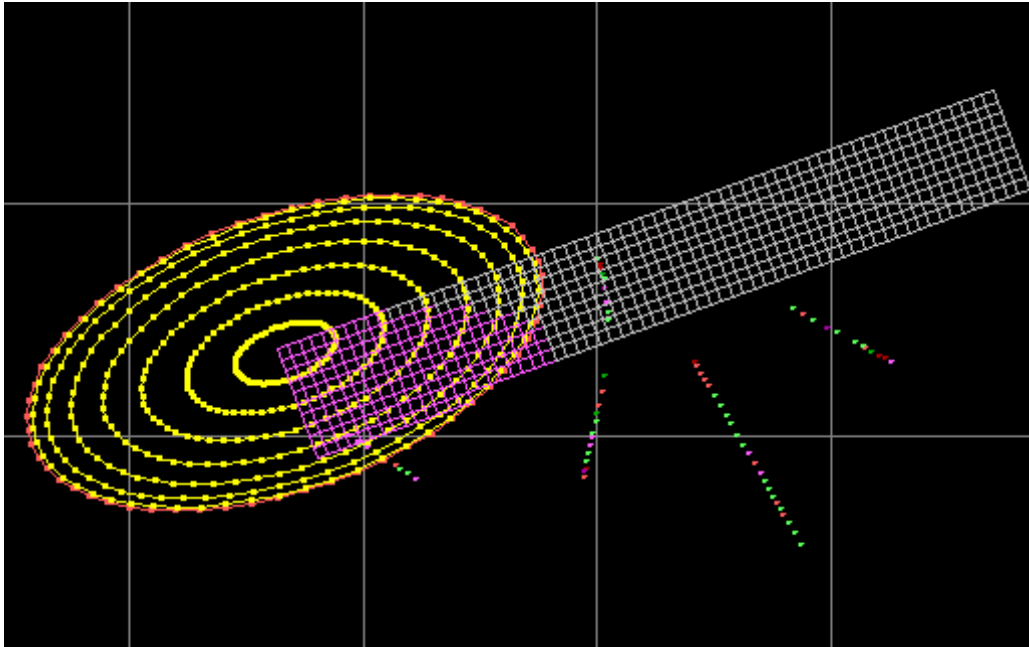
Log Distance: 10 m  
Number of class: 30  
Azimuth: 250  
Dip: 0  
Spread angle: 22/5

#### ۵-۷-۲- واریوگرافی زون دو (زون غربی)

برای ترسیم تغییرنما در زون دو (زون غربی) در جهات مختلف و با پارامترهای مختلف سعی و خطا گردید. در نهایت در سطح افق با آزمون صفر درجه با شیب صفر و همچنین با آزمون درجه با شیب صفر درجه، با پارامترهای ذیل نتیجه ترسیم تغییرنما منجر به نتیجه گردید.

Log Distance: 10 m  
Number of class: 30  
Azimuth: 0  
Dip: 0  
Spread angle: 22.5

نرم افزار با توجه به ابعاد بلوک هایی که تعریف شده است، کل کانسار را بلوک بندی نموده و سپس بیضی گون جستجو را در مرکز هر کدام از این بلوک ها قرار داده و عیار آن بلوک را تخمین می زند. بدین ترتیب تمام بلوک ها را می توان تخمین زد. شکل ۲۹ نحوه تخمین بلوک ها را به کمک بیضی گون جستجو نشان می دهد. در حقیقت بیضی گون جستجو با حرکت در فضای تخمین تعریف شده (مدل بلوکی) عیار هر بلوک را تخمین می زند.



شکل ۲۹: نحوه تخمین بلوک‌ها به کمک بیضی گون جستجو

#### ۵-۸-۱- کریجینگ

کریجینگ یک روش زمین آماری است. به طور خلاصه می‌توان آن را بهترین تخمین گر خطی نارایب<sup>۱</sup> دانست. این تخمین گر خطی ضمن آن که کمترین پراش تخمین را تنظیم می‌کند، نارایب بودن تخمین‌ها را نیز تضمین می‌کند. مشروط به اینکه داده‌ها توزیع نرمال داشته باشند.

از نظر حجم پایه دو نوع کریجینگ وجود دارد. الف) کریجینگ نقطه‌ای که در آن مانند دو روش قبل، یک نقطه براساس نقاط واقع در محدوده جستجو تخمین زده می‌شود. اگر این مقدار را به کل بلوک مورد نظر اختصاص دهیم دارای خطا خواهد بود. ب) کریجینگ بلوکی: در این روش ابعاد بلوک مورد تخمین مورد توجه قرار می‌گیرد و در کیفیت تخمین تاثیر می‌گذارد. بسته به معلوم یا نامعلوم بودن میانگین کمیت مورد بررسی در فضای مورد تخمین دو نوع کریجینگ را می‌توان به کار برد.

الف) کریجینگ معمولی<sup>۲</sup> و ب) کریجینگ ساده<sup>۳</sup>. در این گزارش نیز با توجه به اینکه داده‌ها دارای روند نمی‌باشند و دارای زون‌های کم عیار و پرعیار می‌باشد، از روش کریجینگ معمولی جهت برآورد ذخیره استفاده شده است.

#### ۵-۸-۱- تخمین زون یک (زون شرقی)

برای انجام محاسبات در این زون (زون یک) با توجه به شکل هندسی کانسار و سایر پارامترها، ابعاد بلوک‌ها  $۵*۵$  متر در نظر گرفته شده‌اند.

<sup>۱</sup>-best linear unbiased estimator

<sup>۲</sup>-ordinary kriging

<sup>۳</sup>- Simple Kriging

در نرم افزار Gemcom نیاز است تا مختصات یک نقطه را به عنوان مبدا شروع کریجینگ انتخاب کنیم که این نقطه در حقیقت نقطه ایست که دارای کمترین طول، کمترین عرض و بیشترین ارتفاع باشد که نقطه مورد نظر دارای مختصات (۲۴۸۰ و ۲۶۴۹ و ۳۵۰۲ و ۴۰۱۰۷۰) می باشد. با مشخص نمودن این نقطه و تعداد بلوک هایی که باید بیضی گون ناهمسانگردی در سه جهت حرکت نماید فضای تخمین (در حقیقت محدوده کار نرم افزار) را مشخص می کنیم. با مشخص شدن فضای تخمین میتوان کلیه بلوک های واقع شده در این محدوده را تخمین زد. با توجه به اینکه در زون یک (زون شرقی) مدل هندسی سه بعدی ساخته نشد، لذا بدون داشتن مدل هندسی کل محدوده تخمین زده می شود و پس از تخمین بلوک های واقع شده در این فضا، می توان با اعمال عیارهای حد مختلف تعداد بلوک ها و همچنین عیار میانگین آنها را بدست آورد.

با توجه به ابعاد بلوک ها، تعداد بلوک هایی که بیضی گون ناهمسانگردی باید در سه جهت مورد ارزیابی قرار دهد عبارتند از: در جهت X، ۷۰ بلوک، در جهت Y، ۵۶ بلوک و در جهت Z نیز بلوک ۳۰ می باشد. در این زون بلوک بندی با آزمون ۷۰ درجه صورت گرفته است.

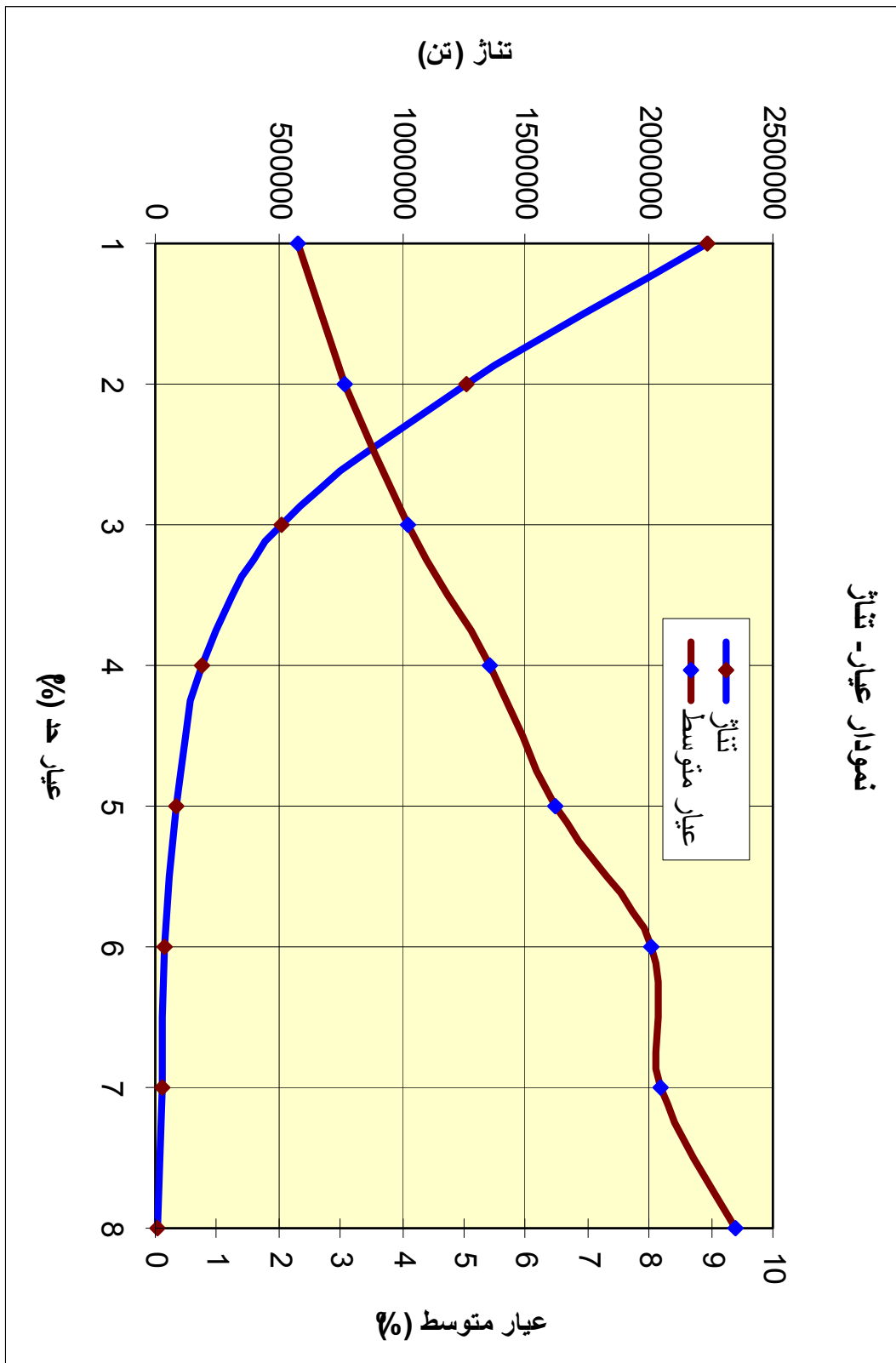
تعداد کل بلوک هایی که در این فضا قرار میگیرد با توجه به حاصل ضرب تعداد بلوک ها در سه بعد ۱۱۷۶۰۰ بلوک می باشد. با توجه به اینکه در این زون اختلاف عیار واضحی بین داده های گمانه ها و ترانسه ها وجود داشت، با نظر زمین شناسان منطقه قرار بر تخمین محدوده ترانسه ها تا عمق ۲۰ متر از سطح توپوگرافی شد. با این شرایط ابتدا سطح توپوگرافی را به اندازه ۲۰ متر به پایین منتقل نموده و بلوک های حدفاصل دو سطح را مورد ارزیابی قرار دادیم. تعداد این بلوک ها ۱۵۶۲۴ بود. ولی از این تعداد فقط ۱۳۶۸۶ بلوک با توجه به پارامترها و ابعاد بیضوی جستجو تخمین می خورد و بقیه بلوک ها تخمین نمی خورند. این تعداد بلوک بدون هیچ نوع محدودیتی تخمین خورده اند و در نهایت می توان با اعمال عیار حد مورد نظر و مناسب عیار میانگین، حجم، تناژ و سایر پارامترهای مرتبط با تخمین را بدست آورد که در جداول ۱۸ و ۱۹ ملاحظه میگردند.

جدول ۱۸: پارامترهای آماری مربوط به بلوک های تخمین خورده در زون یک (زون شرقی)

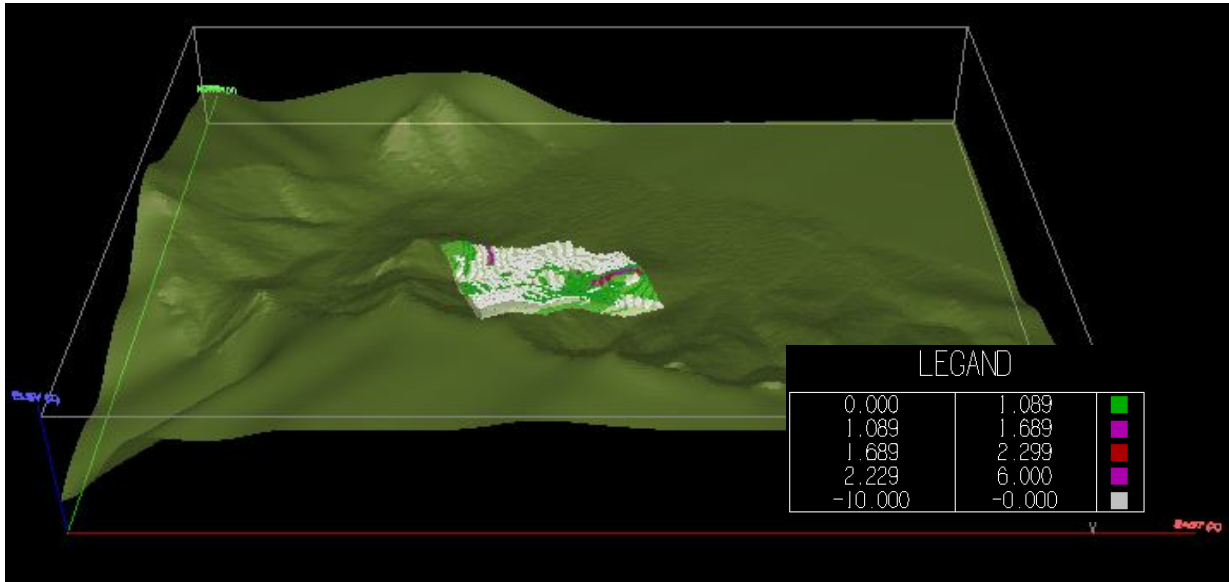
تعداد بلوک ها	کمینه نمونه ها (%)	بیشینه نمونه ها (%)	میانگین نمونه ها (%)	واریانس داده ها (%)	انحراف معیار داده ها (%)	چولگی	کشیدگی	ضریب تغییرات
۱۳۶۸۶	۰/۰۲۵۹	۱۱/۷۹۸۲	۱/۱۱	۱/۶۰۷	۱/۲۶۸	۲/۰۷۵	۹/۴۵۴	۱/۱۴۰

جدول ۱۹: تعداد بلوک‌ها، حجم، تناژ و عیار متوسط براساس عیار حدهای متفاوت در زون یک (زون شرقی)

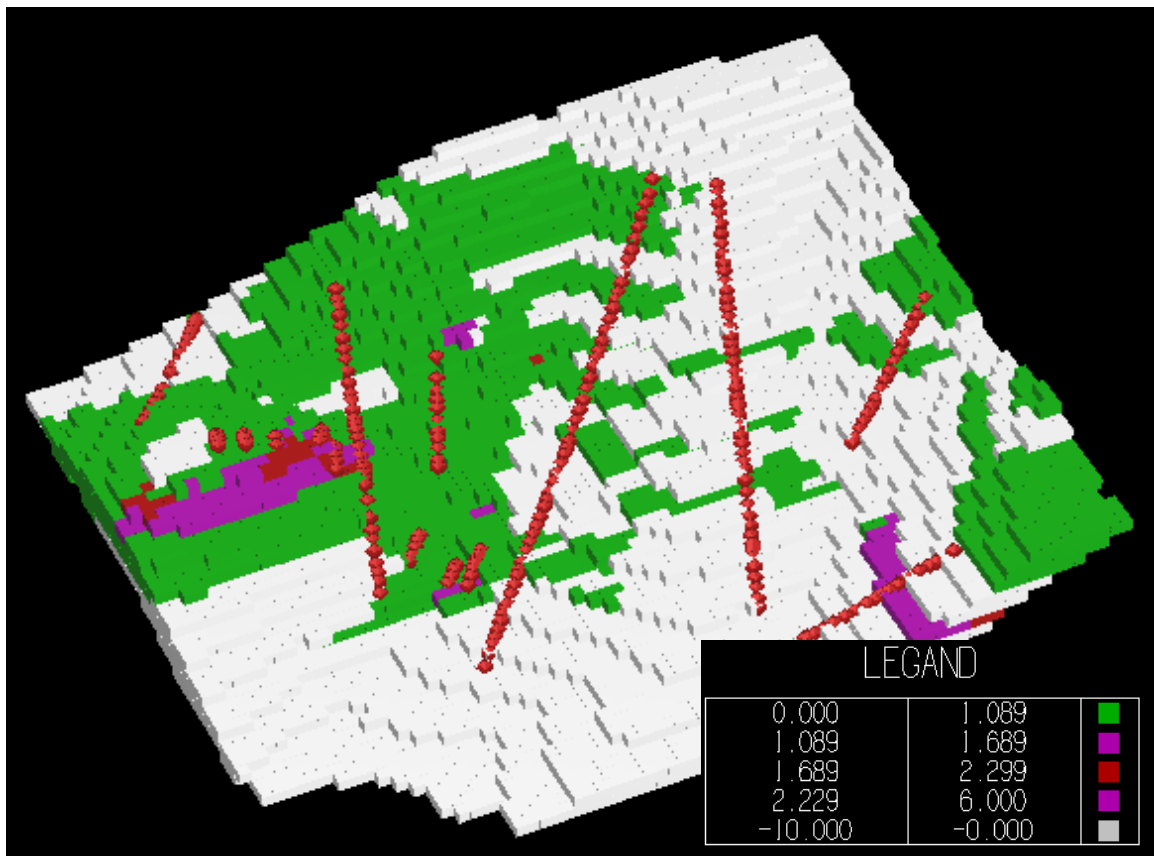
عیار حد (%)	تعداد بلوک‌ها	حجم (m <sup>3</sup> )	میانگین نمونه‌ها (%)	وزن مخصوص (t/m <sup>3</sup> )	تناژ کانسار (تن)	تناژ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (تن)
۱	۵۴۲۴	۶۷۸۰۰۰	۲/۳۱۴	۳/۳	۲۲۳۷۴۰۰	۵۱۷۳۳
۲	۳۰۵۶	۳۸۲۰۰۰	۳/۰۵۱	۳/۳	۱۲۶۰۶۰۰	۳۸۴۶۱
۳	۱۲۲۹	۱۵۳۶۲۵	۴/۰۹۶	۳/۳	۵۰۶۹۶۳	۲۰۷۶۵
۴	۴۵۵	۵۶۸۷۵	۵/۴۲۲	۳/۳	۱۸۷۶۸۸	۱۰۱۷۶
۵	۲۰۲	۲۵۲۵۰	۶/۴۶۹	۳/۳	۸۳۳۲۵	۵۳۹۰
۶	۸۵	۱۰۶۲۵	۸/۰۴۰	۳/۳	۳۵۰۶۳	۲۸۱۹
۷	۷۹	۹۸۷۵	۸/۱۶۵	۳/۳	۳۲۵۸۸	۲۶۶۱
۸	۲۶	۳۲۵۰	۹/۳۹۹	۳/۳	۱۰۷۲۵	۱۰۰۸



شکل ۳۰: نمودار عیار تناژ زون یک (زون شرقی)  
 در شکل ۳۰ نمودار عیار - تناژ زون یک (زون شرقی) ملاحظه می‌گردد. در شکل‌های ۳۱ و ۳۲ زون یک (زون شرقی) بصورت بلوک بندی شده پس از تخمین ملاحظه می‌گردد.



شکل ۳۱: زون یک (زون شرقی) بلوک بندی شده پس از تخمین



شکل ۳۲: زون یک (زون شرقی) بلوک بندی شده پس از تخمین



## ۵-۸-۲- تخمین زون دو (زون غربی)

برای انجام محاسبات در این زون (زون دو) با توجه به شکل هندسی کانسار و سایر پارامترها، ابعاد بلوک‌ها  $۵*۵*۵$  متر در نظر گرفته شده‌اند.

در نرم‌افزار Gemcom نیاز است تا مختصات یک نقطه را به عنوان مبدا شروع کریجینگ انتخاب کنیم که این نقطه در حقیقت نقطه‌ایست که دارای کمترین طول، کمترین عرض و بیشترین ارتفاع باشد که نقطه مورد نظر در این زون (زون دو) دارای مختصات  $(۴۰۰۷۳۶ و ۳۵۰۲۷۶۶ و ۲۴۳۰)$  می‌باشد. با مشخص نمودن این نقطه و تعداد بلوک‌هایی که باید بیضی‌گون ناهمسانگردی در سه جهت حرکت نماید فضای تخمین (در حقیقت محدوده کار نرم‌افزار) را مشخص می‌کنیم. با مشخص شدن فضای تخمین میتوان کلیه بلوک‌های واقع شده در این محدوده را تخمین زد.

با توجه به ابعاد بلوک‌ها، تعداد بلوک‌هایی که بیضی‌گون ناهمسانگردی باید در سه جهت مورد ارزیابی قرار دهد عبارتند از: در جهت X، ۵۴ بلوک، در جهت Y، ۳۶ بلوک و در جهت Z نیز بلوک ۲۴ می‌باشد. در این زون بلوک‌بندی با آزمون ۴۵ درجه صورت گرفته است.

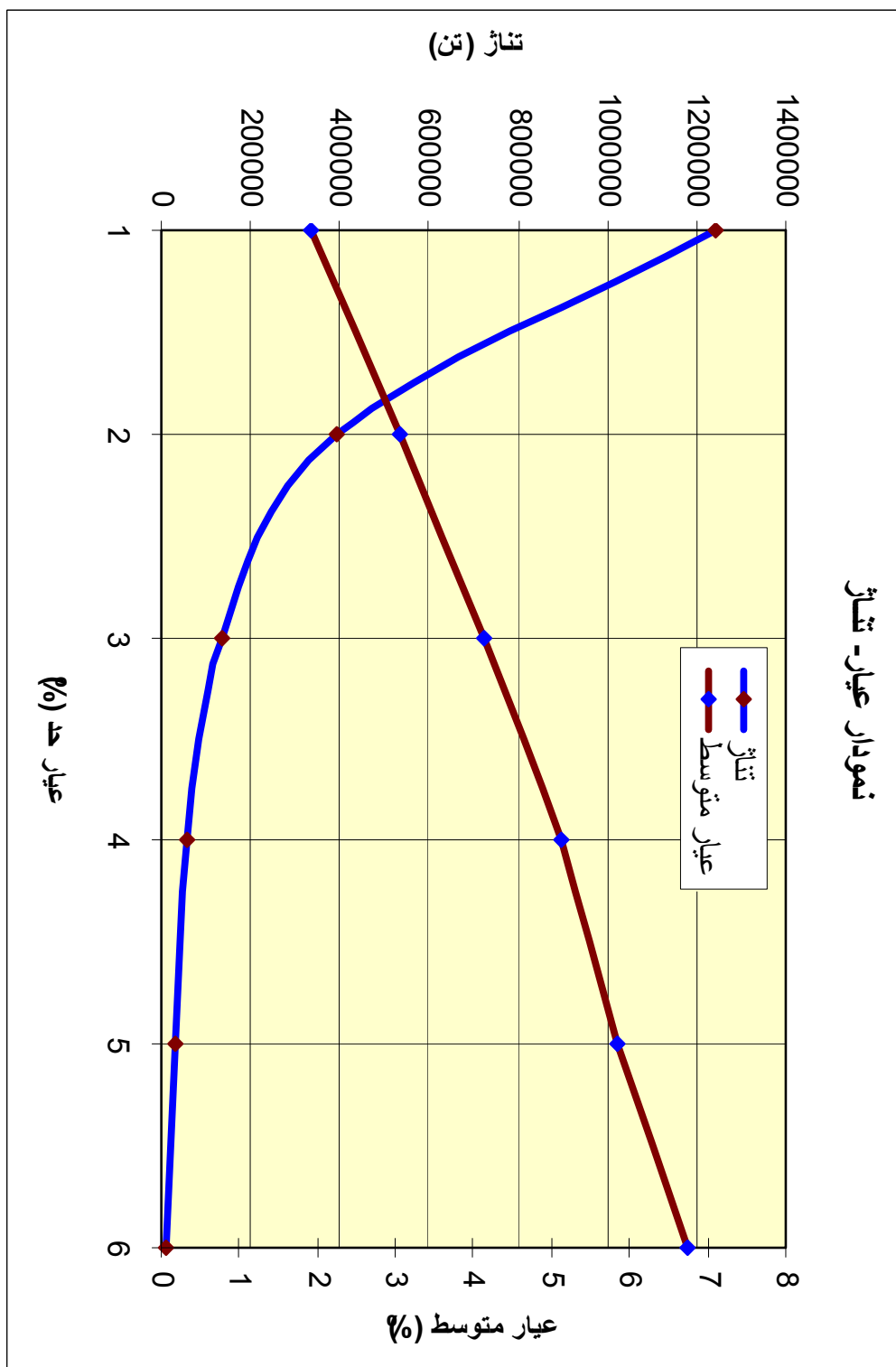
تعداد کل بلوک‌هایی که در این فضا قرار می‌گیرد با توجه به حاصل ضرب تعداد بلوک‌ها در سه بعد ۴۶۶۵۶ بلوک می‌باشد با توجه به اینکه مدل هندسی مربوط به زون دو (زون غربی) تهیه گردیده است، لذا بلوک‌هایی که در این فضا (مدل هندسی ساخته شده برای زون دو) قرار می‌گیرند مورد نظر خواهند بود تعداد این بلوک‌ها نیز ۵۶۱۲ می‌باشد. البته با توجه به اینکه در حاشیه‌های مدل هندسی بلوک‌ها بطور کامل درون مدل قرار نمی‌گیرند، لذا با در نظر گرفتن حداقل ۵۰ درصد میتوان این بلوک‌ها را نیز انتخاب نمود. درحقیقت بلوک‌هایی را که حداقل ۵۰ درصد آنها داخل مدل هندسی واقع می‌شوند را باید جزوی از ماده معدنی محسوب نمود. این تعداد بلوک بدون هیچ نوع محدودیتی تخمین خورده‌اند و در نهایت می‌توان با اعمال عیار حد مورد نظر و مناسب عیار میانگین، حجم، تناژ و سایر پارامترهای مرتبط با تخمین را بدست آورد که در جدول ۲۰ و ۲۱ ملاحظه می‌گردند.

جدول ۲۰: پارامترهای آماری مربوط به بلوک‌های تخمین خورده در زون دو (زون غربی)

تعداد بلوک‌ها	کمینه نمونه‌ها (%)	بیشینه نمونه‌ها (%)	میانگین نمونه‌ها (%)	واریانس داده‌ها <sup>۲</sup> (%)	انحراف معیار داده‌ها (%)	چولگی	کشیدگی	ضریب تغییرات
۵۶۱۲	۰/۱۴۳	۸/۲۷۱	۱/۲۹۳	۱/۰۰۸	۱/۰۰۴	۱/۹۷۳	۸/۶۲۹	۰/۷۷۶

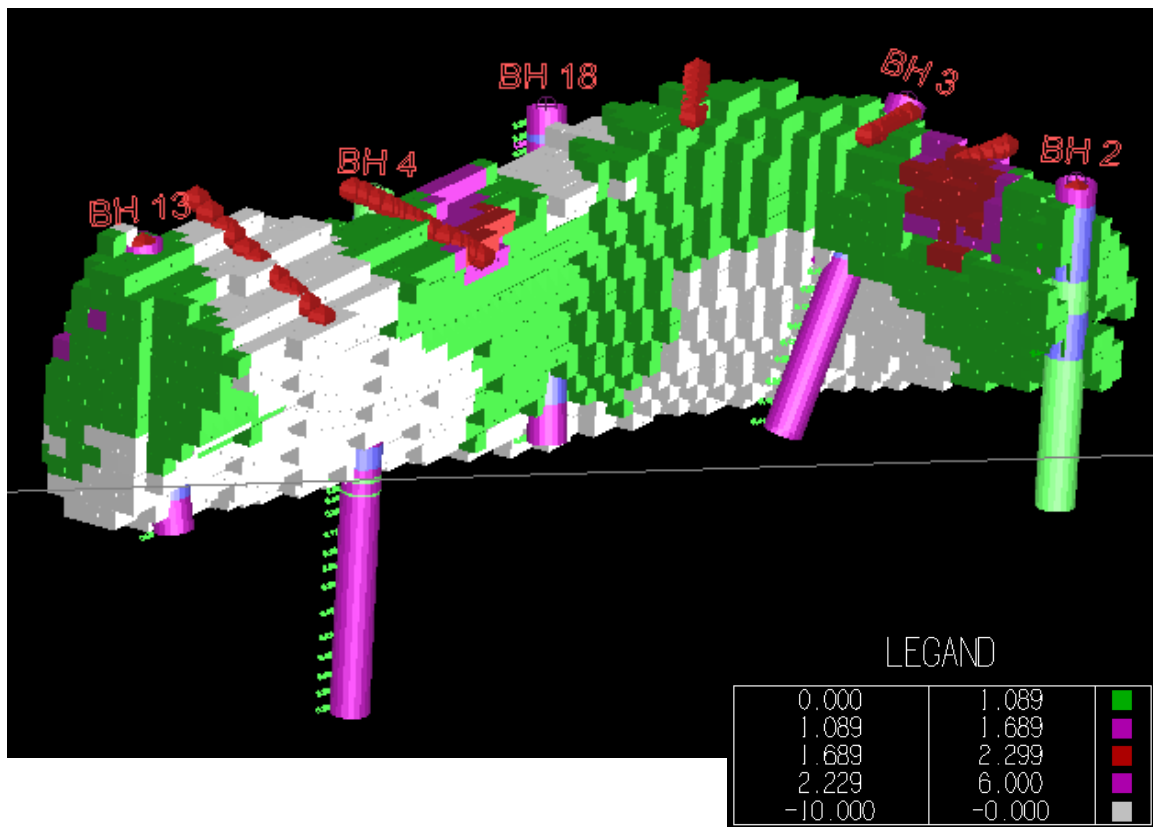
جدول ۲۱: تعداد بلوک‌ها، حجم، تناژ و عیار متوسط براساس عیار حدهای متفاوت در زون دو (زون غربی)

عیار حد (%)	تعداد بلوک‌ها	میانگین بلوک‌ها (%)	حجم (m <sup>3</sup> )	وزن مخصوص (t/m <sup>3</sup> )	تناژ کانسار (تن)	تناژ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (تن)
۱	۳۰۰۸	۱/۹۲۵	۳۷۶۰۰۰	۳/۳	۱۲۴۰۸۰۰	۲۳۸۵۵
۲	۹۵۱	۳/۰۴۸	۱۱۸۸۷۵	۳/۳	۳۹۲۲۸۸	۱۱۹۵۷
۳	۳۳۶	۴/۱۲	۴۲۰۰۰	۳/۳	۱۳۸۶۰۰	۵۷۱۰
۴	۱۴۱	۵/۱۳۳	۱۷۶۲۵	۳/۳	۵۸۱۶۳	۲۹۸۵
۵	۷۱	۵/۸۳۶	۸۸۷۵	۳/۳	۲۹۲۸۸	۱۷۰۹
۶	۲۰	۶/۷۳	۲۵۰۰	۳/۳	۸۲۵۰	۵۵۵

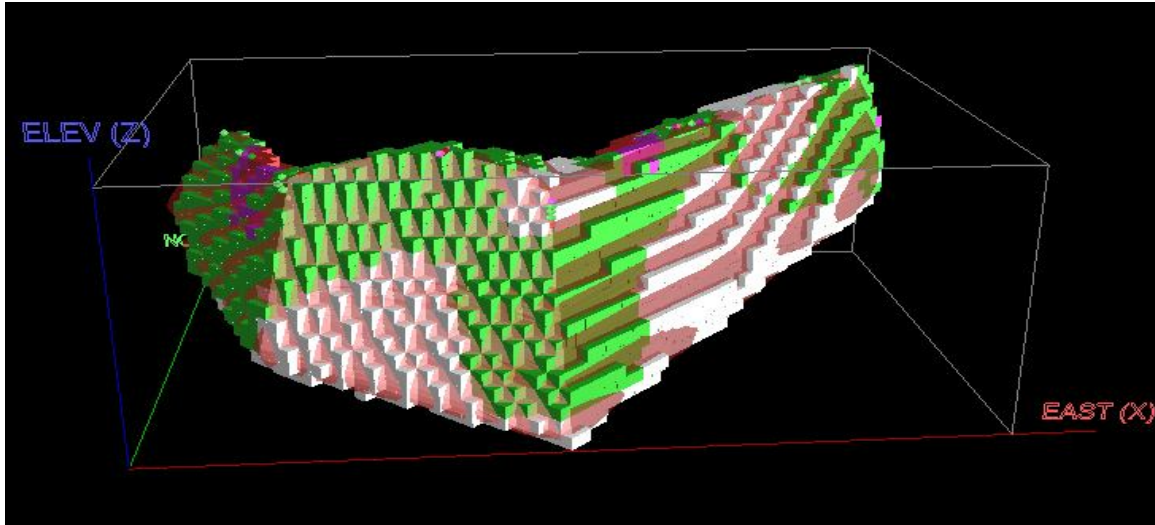


شکل ۳۳: نمودار عیار تنائز زون دو (زون غربی)

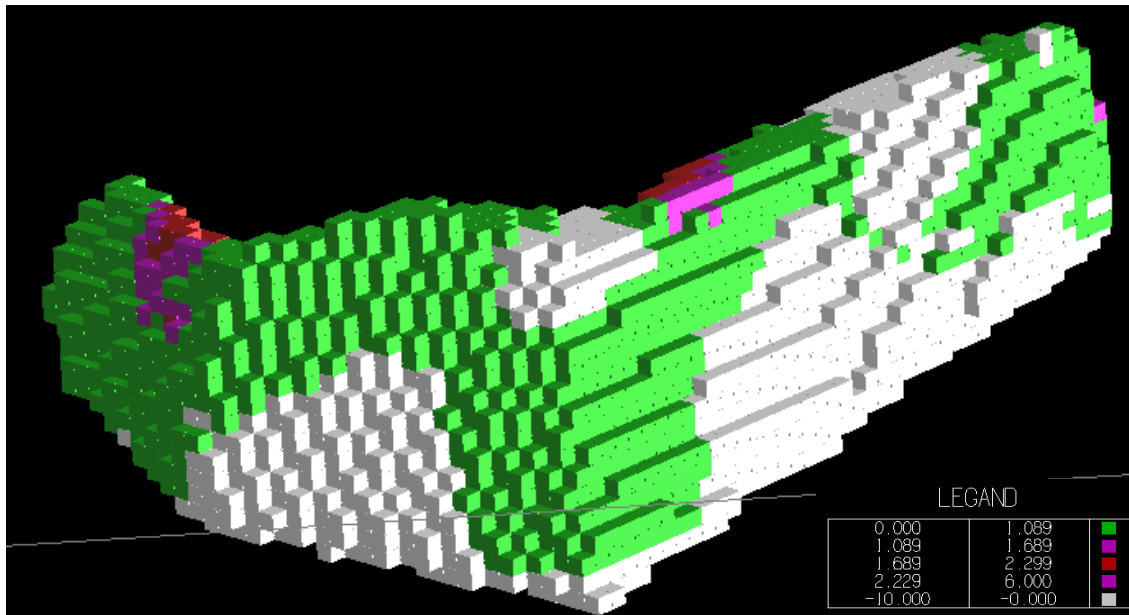
در شکل ۳۳ نمودار عیار - تنائز زون دو (زون غربی) ملاحظه می گردد. در شکل های ۳۴، ۳۵ و ۳۶ نیز زون دو (زون غربی) بصورت بلوک بندی شده پس از تخمین ملاحظه می گردد.



شکل ۳۴: زون دو (زون غربی) بلوک بندی شده پس از تخمین



شکل ۳۵: زون دو (زون غربی) بلوک بندی شده پس از تخمین



شکل ۳۶: زون دو (زون غربی) بلوک بندی شده پس از تخمین

۵-۸-۳- تخمین کل ذخیره

با توجه به تخمین های انجام شده در زون های یک و دو اعداد بدست آمده از تخمین آنها بصورت مجموع در جدول ۳۶ ارائه شده است.

جدول ۳۶: کل ذخیره بدست آمده از زون های یک و دو

تناژ P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (تن)	تناژ کانسار(تن)	میانگین عیار نمونه ها در زون دو	میانگین عیار نمونه ها در زون یک	تعداد بلوک ها	عیار حد (%)
۷۵۵۸۸	۳۴۷۸۲۰۰	۱.۹۲۵	۲.۳۱۴	۸۴۳۲	۱
۵۰۴۱۸	۱۶۵۲۸۸۸	۳.۰۴۸	۳.۰۵۱	۴۰۰۷	۲
۲۶۴۷۵	۶۴۵۵۶۳	۴.۱۲	۴.۰۹۶	۱۵۶۵	۳
۱۳۱۶۱	۲۴۵۸۵۱	۵.۱۳۳	۵.۴۲۲	۵۹۶	۴
۷۰۹۹	۱۱۲۶۱۳	۵.۸۳۶	۶.۴۶۹	۲۷۳	۵
۳۳۷۴	۴۳۳۱۳	۶.۷۳	۸.۰۴	۱۰۵	۶
۲۶۶۱	۳۲۵۸۸	--	۸.۱۶۵	۷۹	۷
۱۰۰۸	۱۰۷۲۵	--	۹.۳۹۹	۲۶	۸

## ۹-۵- نتیجه گیری و پیشنهادات

بطور کلی با بررسی های انجام شده از مرحله پی جویی تا تفصیلی می توان نتیجه گرفت که کانسار فسفات گزستان بصورت رگه، رگچه و عدسی های کوچک آپاتیت همراه با مگنتیت در یک واحد سنگ سبز کلریت اپیدوتی در مجموعه آواری-کربناته-آتشفشانی سازند ریزو با زمان پرکامبرین فوقانی-کامبرین زیرین تمرکز دارد. واحد سنگ سبز شامل سنگهای آتشفشانی نفوذی با ترکیب آندزیت، میکرودیوریت، توف و سنگ های مافیک-اولترامافیک به شدت دگرسان شده است که به نظر می رسد رگه ها و عدسی های مگنتیت و آپاتیت به صورت یک فاز ناآمیخته در آن تمرکز یافته است. کانه آپاتیت آن از نوع فلوئور دار با میزان کلر کمتر از ۱٪. درصد بوده و میزان خاکهای نادر آن حدود ۲ درصد در آپاتیت به صورت انکلوژیونهای ریز موناژیت و کانیهای دیگر می باشد. بیشترین عناصر خاکهای نادر آن سریوم، ایتریوم، لانتانیم و نئودیمیم و به میزان کمتری ساماریوم، گادولیم و دیسپروزیوم می باشد.

محاسبات ذخیره انجام شده بر اساس مطالعات ژئوفیزیکی به روش مغناطیسی و حفر ۲ حلقه گمانه اکتشافی بر روی آنومالی های ژئوفیزیکی ( توسط شرکت ملی فولاد ایران در سال ۱۳۵۱ ) میزان ۳۰ میلیون تن کانسنگ آهن کم عیار را در این کانسار نشان می دهد. در مطالعات اکتشافی مرحله عمومی میزان ۱۴.۳ میلیون تن کانسنگ با عیار میانگین ۲.۵ تا ۴ درصد  $P_2O_5$ ، میزان یک میلیون تن کانسنگ با عیار ۴ تا ۸ درصد  $P_2O_5$  و میزان ۵.۳ میلیون تن کانسنگ با عیار میانگین بالاتر از ۸ درصد  $P_2O_5$  در این کانسار پیش بینی شده است. در مطالعات اکتشافی تفصیلی میزان ۳.۵ میلیون تن کانسنگ با عیار ۲ درصد  $P_2O_5$ ، ۱.۶۵ میلیون تن کانسنگ با عیار میانگین ۳ درصد  $P_2O_5$  و ۶۴۵ هزار تن کانسنگ با عیار میانگین ۴ درصد  $P_2O_5$  در این کانسار به عنوان ذخیره اندازه گیری شده قابل پیش بینی است. با احتساب عیار میانگین ۴ درصد  $P_2O_5$  بعنوان پائین ترین حد اقتصادی کانسار، ذخیره فسفات گزستان در حد یک کانسار کوچک آپاتیت با عیار پائین است که با توجه به میزان کلر پائین و امکان تولید کنسانتره با عیار مناسب ۳۴ درصد  $P_2O_5$  در مطالعات فرآوری، بهره برداری از آن دارای توجیه اقتصادی است ولی از آنجا که ذخیره و عیار آن نسبتاً پائین است، احداث کارخانه فرآوری برای آن مقرون به صرفه نیست. لذا پیشنهاد می شود به عنوان یک ذخیره کمکی با بخش های پرعیار کانسار آپاتیت اسفوردی مخلوط و مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به بالا بودن میزان کلر در کانسنگ فسفات اسفوردی استفاده از کانسنگ فسفات گزستان می تواند در کاهش میزان کلر خوراک تولیدی کارخانه نقش بسزایی داشته باشد.

در ضمن با توجه به عیار بالای عناصر خاکهای نادر کانسار گزستان شاید بتوان گفت ارزش این عناصر در این کانسار کمتر از فسفات آن نبوده و در هر برنامه ریزی استخراجی و تهیه محصول نهایی می بایست به این گروه از عناصر توجه خاصی گردد.

- آقاباتی، علی (۱۳۸۳): زمین شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- امینی، احمد و ملاطاهری، غلامرضا (۱۳۸۲): پرعیارسازی فسفات گزستان به روش مغناطیسی و فلوتاسیون، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- عشق آبادی، مرتضی و دری، محمداقرا (۱۳۷۹): گزارش پی جویی فسفات آذرین در استانهای آذربایجان-شمال کردستان و ایران مرکزی، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- دری، محمداقرا و جمالی، حمایت (۱۳۸۳): گزارش اکتشافات مرحله عمومی (نیمه تفصیلی) در کانسار فسفات - خاکهای نادر گزستان. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- رسا، ایرج و همکاران (۱۳۷۸): پراکندگی عناصر نادر خاکی و نیویوم در کانسارهای آهن آپاتیتی منطقه بافق، فصلنامه علمی، فنی و خبری معادن و فلزات، شماره ۶ و ۷، صفحه ۷۲-۷۶
- شلی، دیوید (۱۹۹۳)، ترجمه: آسیابانها، عباس: بررسی میکروسکوپی سنگهای آذرین و دگرگونی، انتشارات شرکت انتشارات علمی فرهنگی
- شهاب پور، جمشید (۱۳۸۳): زمین شناسی اقتصادی، انتشارات دانشگاه کرمان
- عامری، علیرضا (۱۳۸۳): گزارش انجام عملیات ژئوفیزیک به روش مغناطیس سنجی و مقاومت سنجی در منطقه گزستان، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- درستی، مسعود و فضلای خانی، تقی (۱۳۸۶): گزارش مدلسازی و برآورد ذخیره کانسار فسفات گزستان، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

- Barton, M. D., Marikos, M. A., and Johnson, D. A., 1993, A Compositional offelsic and mafic Fe-P-(REE-Cu) deposits [abs], Geological Society of America, Abstracts with Programs, V. 25, p. 5
- Booksrom, A. A., 1995, Magmatic features of iron ores of the Kiruna-type in Chile and Sweden; ore textures and magnetite geochemistry-A Discussion, Eco. Geo., V. 90, p. 469-472
- Craig, J. R., and Vaughan, D. J., 1981, Ore Microscopy and Ore Petrography, John Wiley & Sons, Inc., 406 p
- Daliran F., Stosch H.G & Williams P. (2007): Mul stage metasoma sm and mineralization at hydrothermal Fe oxide-REE-apatite deposits and "apatitite" of the Bafg District, Central-East Iran.
- Deer, Howie and Zussman (1991): An intoduc on to the rock forming minerals, john wiley & sons publ.
- Fischer, R., 1950, Entmischungen in Schmeizen aus Schwermetalloxyden, Silikaten und Phosphaten: Neues Jahr. fur Min., V. 81, p. 315-364



- Forster, H. and Jafarzadeh, A., 1994, The Bafq mining district in Central Iran- a highly mineralized infracambrian Volcanic field, *Eco. Geol.*, V. 89, p.1697- 1721
- Frietsch, R., 1970, Trace elements in magnetite and hematite mainly from northern Sweden, *Sveriges Geologiska undersökning*, no. c.646, 136 p
- Guillbert, M., Park, Ch.F., 1986, *The geology of ore deposits*, Freeman and company, 985 P
- Helz, R. T., 1979, Alkali exchange between hornblende and melt: temperature sensitive reaction, *Am. Mineralogist*, V. 64 ,p. 953-965
- Hitzman, M. W., Oreskes, N., and Einaudi, M. T., 1992, geological characteristics and tectonic Setting of Proterozoic iron oxide (Cu-U-Au-REE) deposits, *Precambrian Research*, V. 58, p. 241-287
- Kryvdik st., Mykhaylov v. (2001): The potential of the Rare Earth Mineralization of Islamic republic of Iran, National Academy of Science of Ukraine.
- Lefebure, D. V., 2000, Iron oxide breccias and veins P-Cu-Au-Ag-U, *Iron oxide Breccias & Veins-Mineral Deposit Profiles*, B. C. Geological Survey, Internet
- Muan, A., and Osborn, E. F., 1965, *Phase Equilibria Among Oxides in Steelmaking*, Addison-Wesley Publishing Co, Inc
- Naslund, H. R., Aguirre, R., Dobbs, F. M., Henriquez, F., and Nystrom, J. O., 2000, *The Origin, Emplacement and Eruption of Ore Magmas*, Internet
- Ramdohr, P., 1980, *The ore minerals and their intergrowth*, Second edition, English translation of the 4th. Edition, two volumes, Pergamon press, 1205p
- Ramezani J & Tucker RD (2003): The Saghanda region, Central Iran: U-Pb geochronology, petrogenesis and implications for Gondwana tectonics. *Am J Sci* 303: 622-665.

## فهرست مطالب

### فصل اول: کلیات

- ۱-۱- موقیعت جغرافیایی و راههای دسترسی به منطقه مورد مطالعه ..... ۲
- ۲-۱- مطالعات انجام شده قبلی بر روی کانسار گزستان ..... ۴
- ۱-۲-۱- عملیات اکتشاف توسط شرکت ملی فولاد ایران ..... ۴
- ۲-۲-۱- پی جویی در منطقه بافق - پشت بادام ..... ۴
- ۱-۲-۲-۱- تهیه نقشه ۱:۲۰۰۰۰ ..... ۵
- ۳-۲-۱- مرحله اکتشافات عمومی ..... ۵
- ۱-۳-۲-۱- تهیه نقشه زمین شناسی (در مقیاس ۱:۵۰۰۰) ..... ۵
- ۲-۳-۲-۱- حفر ترانشه ها و چاهک های اکتشافی ..... ۶
- ۳-۳-۲-۱- عملیات اکتشافات ژئوفیزیکی ..... ۷
- ۱-۳-۳-۲-۱- روش مغناطیس سنجی ..... ۷
- ۲-۳-۳-۲-۱- روش الکتریکی ..... ۷
- ۳-۱- مطالعات فرآوری ..... ۱۱
- ۴-۱- روش کار ..... ۱۵

### فصل دوم: زمین شناسی عمومی

- ۱-۲- زمین شناسی کانسار گزستان ..... ۱۸
- ۱-۱-۲- کلیات ..... ۱۸
- ۲-۱-۲- زمین شناسی محدوده کانسار ..... ۱۸
- ۲-۲- زمین ساخت در محدوده کانسار ..... ۲۰
- ۳-۲- زمین شناسی عمقی ..... ۲۱
- ۱-۳-۲- دگرسانی سنگهای درونگیر ..... ۲۵
- ۴-۲- پترولوژی ..... ۲۸
- ۵-۲- مینرالوگرافی ..... ۲۹

### فصل سوم: زمین شناسی اقتصادی

- ۱-۳- گسترش سطحی ماده معدنی و مورفولوژی کانسار ..... ۳۳
- ۲-۳- انواع کانسنگها ..... ۳۳
- ۳-۳- گسترش ماده معدنی در عمق ..... ۳۴
- ۴-۳- تعیین وزن مخصوص کانه ها ..... ۳۷
- ۵-۳- ژئوشیمی آپاتیت ها ..... ۳۸
- ۶-۳- ژئوشیمی کانسنگ ..... ۴۲

۴۴	۷-۳- ژنز کانسار .....
۴۴	۱-۷-۳- مقدمه .....
۴۶	۲-۷-۳- ژنز کانسارهای آهن - آپاتیت منطقه بافق .....
۴۷	۳-۷-۳- کانسار گزستان .....
۵۰	۴-۷-۳- مکانیزم تشکیل .....
	فصل چهارم: اکتشاف تفصیلی
۵۳	۱-۴- تهیه نقشه توپوگرافی ۱:۱۰۰۰ .....
۵۳	۲-۴- تهیه نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰ .....
۵۳	۳-۴- حفاری های اکتشافی .....
۵۶	۴-۴- احداث جاده های دسترسی .....
۵۸	۵-۴- شرح گمانه های اکتشافی .....
۵۹	۱-۵-۴- گمانه شماره ۱ .....
۶۰	۲-۵-۴- گمانه شماره ۲ .....
۶۱	۳-۵-۴- گمانه شماره ۳ .....
۶۲	۴-۵-۴- گمانه شماره ۴ .....
۶۳	۵-۵-۴- گمانه شماره ۵ .....
۶۴	۶-۵-۴- گمانه شماره ۶ .....
۶۵	۷-۵-۴- گمانه شماره ۷ .....
۶۶	۸-۵-۴- گمانه شماره ۸ .....
۶۷	۹-۵-۴- گمانه شماره ۹ .....
۶۸	۱۰-۵-۴- گمانه شماره ۱۰ .....
۶۹	۱۱-۵-۴- گمانه شماره ۱۱ .....
۷۰	۱۲-۵-۴- گمانه شماره ۱۲ .....
۷۱	۱۳-۵-۴- گمانه شماره ۱۳ .....
۷۲	۱۴-۵-۴- گمانه شماره ۱۴ .....
۷۳	۱۵-۵-۴- گمانه شماره ۱۵ .....
۷۴	۱۶-۵-۴- گمانه شماره ۱۶ .....
۷۵	۱۷-۵-۴- گمانه شماره ۱۷ .....
۷۶	۱۸-۵-۴- گمانه شماره ۱۸ .....
۷۷	۱۹-۵-۴- گمانه شماره ۱۹ .....
۷۸	۶-۴- تهیه لاگ زمین شناسی .....

فصل پنجم: مدلسازی و محاسبه ذخیره

۸۲	۱-۵- مقدمه
۸۲	۲-۵- پارامترهای آماری نمونه‌های برداشت شده از ترانسه‌ها
۸۲	۳-۵- پارامترهای آماری نمونه‌های برداشت شده از گمانه‌های اکتشافی
۸۴	۴-۵- پارامترهای آماری مربوط به اطلاعات کل ترانسه‌ها و گمانه‌ها
۸۶	۵-۵- زون‌بندی کانسار بر اساس شاخص‌های آماری
۸۷	۱-۵-۵- داده‌های مربوط به زون یک
۸۷	۲-۵-۵- داده‌های مربوط به زون دو
۸۸	۶-۵- مدل سازی هندسی
۹۲	۱-۶-۵- مدل سه‌بعدی حفاریات اکتشافی
۹۲	۲-۶-۵- رسم مقاطع
۹۲	۳-۶-۵- تهیه شکل سه‌بعدی کانسار
۹۲	۱-۳-۶-۵- مدل هندسی زون یک (زون شرقی)
۹۴	۲-۳-۶-۵- مدل هندسی زون دو (زون غربی)
۹۸	۷-۵- ترسیم واریوگرام
۹۹	۱-۷-۵- واریوگرافی زون یک (زون شرقی)
۹۹	۲-۷-۵- واریوگرافی زون دو (زون غربی)
۱۰۰	۸-۵- کریجینگ
۱۰۰	۱-۸-۵- تخمین زون یک (زون شرقی)
۱۰۵	۲-۸-۵- تخمین زون دو (زون غربی)
۱۱۰	۳-۸-۵- تخمین کل ذخیره
۱۱۱	۹-۵- نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۱۲	۱۰-۵- فهرست منابع