TN
۴۴۶
۹ الف
۱۹۷۶ گ
۱۲۷۶

جمهوری اسلامی ایران

وزارت معادن و فلزات

اداره کل معادن و فلزات استان کهگیلویه و بویراحمد

طرح اکتشافات کانسار مس خونگاه

گزارش نقشهٔ زمین شناسی - معدنی مس خونگاه

مقیاس ۱:۱۰۰۰

کتابخانه سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور
تاریخ:
شماره ثبت: ۱۲۳۹۷

از

مهندسین مشاور کان ایران

مجری طرح : آقای مهندس علی سلحشوری

بهار ۱۳۷۶

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
تشکر و قدردانی	۱
پیشگفتار	۳
۱- فصل اول - کلیات	**٤**
۱-۱- موقعیت جغرافیایی	٤
۱-۲- آب و هوا	٤
۱-۳- منابع آب	۷
۱-٤- پوشش گیاهی	۷
۱-۵- وضعیتِ معیشتی	۸
۱-٦- زمین ریخت شناسی	۸
۱-۷- سوابق معدنکاری و مطالعات گذشته	۹
۱-۸- شیوه مطالعه	۱۰
۲- فصل دوم - زمین شناسی	**۱۳**
۲-۱- زمین شناسی ناحیه ای	۱۳
۲-۲- زمین شناسی محدوده کانسار	۱٤
۲-۲-۱- سازند لالون	۱٤
۲-۲-۲- سازند میلا	۱۵

عنوان	صفحه
۳-۲-۲- واحد تکتونیزه	۱۹
۳-۲- زمین شناسی ساختمانی	۲۲
۱-۳-۲- گسل ها	۲۲
۲-۳-۲- درزه ها	۲۷
۳- فصل سوم - زمین شناسی اقتصادی	**۳۳**
۱-۳- مس و تاریخچه آن	۳۳
۲-۳- صنعت مس و اهمیت آن	۳٤
۳-۳- ریخت کانسار	۳٦
٤-۳- شرح کارگاهها	۳۹
۵-۳- زون بندی کانسار	۸٦
۱-۵-۳- زون سوپرژن	۸٦
۲-۵-۳- زون هیپوژن	۸۷
٦-۳- ذخیره تقریبی کانسار	۸۸
۷-۳- خلاصه و نتیجه	۹٤
۸-۳- بحث و پیشنهاد	۹۷
کتابنگاری	۹۹
پیوست شماره (۱) نتایج آزمایشگاهی و مطالعات صیقلی	۱۰۰
فرمول کانیهای مطالعه شده در مقاطع صیقلی	۱۲۰
پیوست شماره (۲) نمودارهای گل سرخی و استریونت	۱۲۱

قدردانی و تشکر

اجرای طرح اکتشافات کانسار مس خونگاه با سرپرستی و نظارت جناب آقای مهندس علی سلحشوری مدیریت محترم اداره کل معادن و فلزات استان کهگیلویه و بویراحمد صورت گرفته که بدون همکاری و مساعدت های بیدریغ ایشان این امر امکان پذیر نبود، لذا شایسته است بخاطر کوشش ها و تلاش هایی که در جهت شناخت منابع، توسعه و عمران این استان انجام می دهند، از ایشان قدردانی و تشکر گردد.

از آقای مهندس ابطحیان مسئول محترم امور معادن اداره که در تمامی مراحل مطالعات صحرایی بطور همه جانبه با گروه همکاری و مساعدت نموده و راهنماییهای سودمندی ارائه نموده اند که بدون شک راهگشای انجام طرح بوده است سپاسگزاری می گردد.

از آقای مهندس حیدرپور معاونت محترم اداره، مهندس وفایی مسئول محترم اکتشاف و سایر کارشناسان محترم جناب آقایان مهندسین خنجری، یوسفی، موسوی فراز و رحمانی که با گروه مطالعاتی همکاری و مساعدت نموده‌اند کمال امتنان را داریم.

آقای دکتر رشیدنژاد کار بررسی کارگاهها و تجزیه و تحلیل نتایج آزمایشگاهی و تلفیق آنها با داده های صحرایی را عهده دار بوده اند، ایشان در انجام این مهم تمام سعی و کوشش خود را در هر چه بهتر ارائه شدن بیان کانیسازی در منطقه بکار برده اند، بدینوسیله از ایشان صمیمانه تشکر و قدردانی می گردد.

آقای دکتر لطفی مطالعه مقاطع صیقلی و تعبیر و تفسیر آنها را به انجام رسانده اند که بدینوسیله از ایشان تشکر می گردد.

آقای مهندس بهروز امینی با دریافت نتایج بررسی درزه نگاری، مطالعات مربوط به پردازش آماری نتایج و ارائه دیاگرام گل سرخی و استریونت را انجام داده اند که بدینوسیله از ایشان تشکر می گردد.

آقای مهندس حاج ملا علی مسئولیت اجرای پروژه را عهده دار بوده اند که بدینوسیله از ایشان قدردانی می گردد.

از آقایان قدمی و علیپور و سایر همکاران که به هر نحوی در به سامان رسیدن طرح ما را یاری نموده اند سپاسگزاری می گردد.

از کلیه محققین و پژوهشگرانی که به هر نحوی از نتیجه تحقیقات آنها سود برده ایم تشکر می گردد.

از سرکار خانم هاشمیان که کار تایپ و صفحه آرایی گزارش را عهده دار بوده اند تشکر می گردد.

به نام خدا

پیشگفتار

طرح مطالعات اکتشافات مقدماتی کانسار مس خونگاه موضوع محوری قرارداد شماره ۲۳/۲۸۵۶ می باشد که بین اداره کل معادن و فلزات استان کهگیلویه و بویراحمد از یک سو و شرکت مهندسین مشاور کان ایران از سوی دیگر در مورخ ۷۵/۱۰/۱۸ منعقد گردید.

هدف از اجرای طرح بررسی و شناخت ریخت کانسار، جایگاه کانیسازی، زونهای کانه دار و ذخیره ممکن و در نهایت معرفی مناطق امید بخش جهت مطالعات اکتشافی دقیق تر است.

در همین راستا گروه کارشناسی شرکت طی یک برنامه ریزی مدون و هماهنگ کار مطالعاتی معدن مس خونگاه را آغاز نمود که مراحل مختلف آن در بخش شیوه مطالعات خواهد آمد.

در اجرای طرح سعی بر آن شد که از کلیه اطلاعات موجود و کار مطالعاتی محققینی که در این ناحیه و نواحی مجاور مطالعاتی انجام داده اند بهره گرفته و از نتایج تحقیقات آنها در راستای ارائه کار با کیفیت مطلوب و قابل قبول در این مطالعات استفاده گردد.

امید است گزارش حاضر که حاصل یک کار هماهنگ و با استفاده از کارشناسان ورزیده و باتجربه به انجام رسیده، بتواند بازتاب دهنده کلیه مسائل کانیسازی و پتانسیل های منطقه مورد مطالعه بوده باشد.

۱ - فصل اول

کلیات

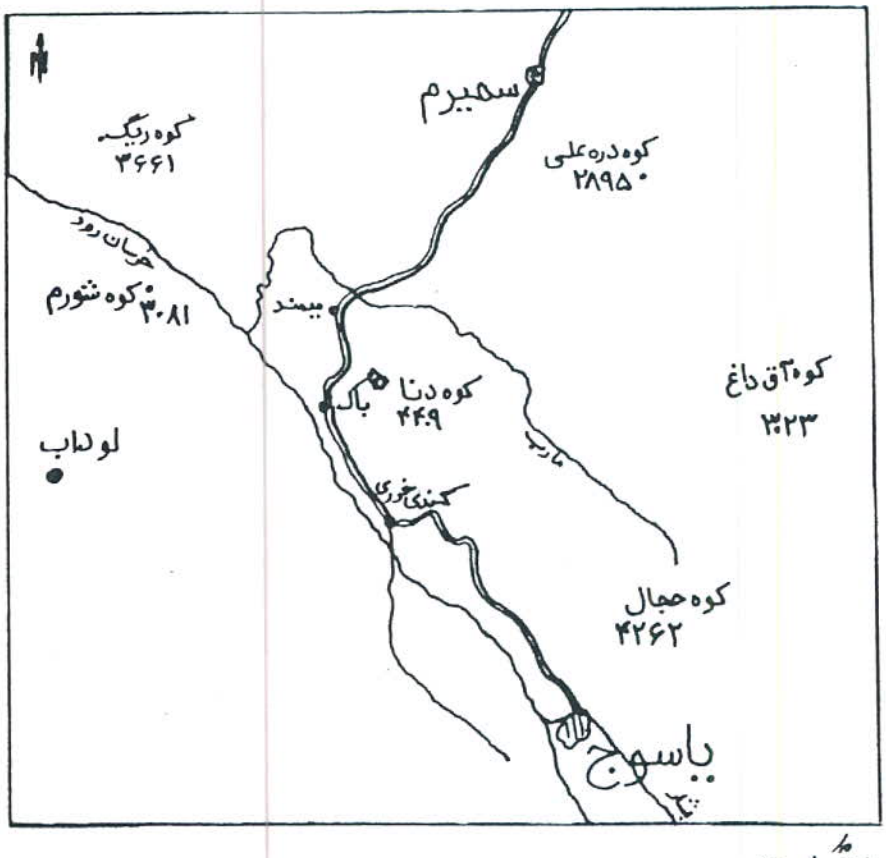
۱- فصل اول - کلیات

۱-۱- موقعیت جغرافیایی

کانسار مس خونگاه در فاصله ۸۰ کیلومتری شمال - شمال باختری شهرستان یاسوج (شکل ۱) و در دامنه جنوب باختری کوه دنا جای گرفته است. راه دسترسی به آن از طریق راه اسفالتی یاسوج به سمیرم تا سه راهی باک حدود ٦٥ کیلومتر و سپس طی مسافتی حدود ۱۲ کیلومتر راه شوسه به روستای خونگاه منتهی می گردد. از روستای خونگاه (شکل ۲) راه خاکی بسوی امام زاده شاهزاده قاسم و راه دیگری که پر از پیچ و خم بوده و از رسوبات باروت و زایگون عبور می نماید بسوی ارتفاعات دنا و ناحیه معدن کشیده شده است.

۱-۲- آب و هوا

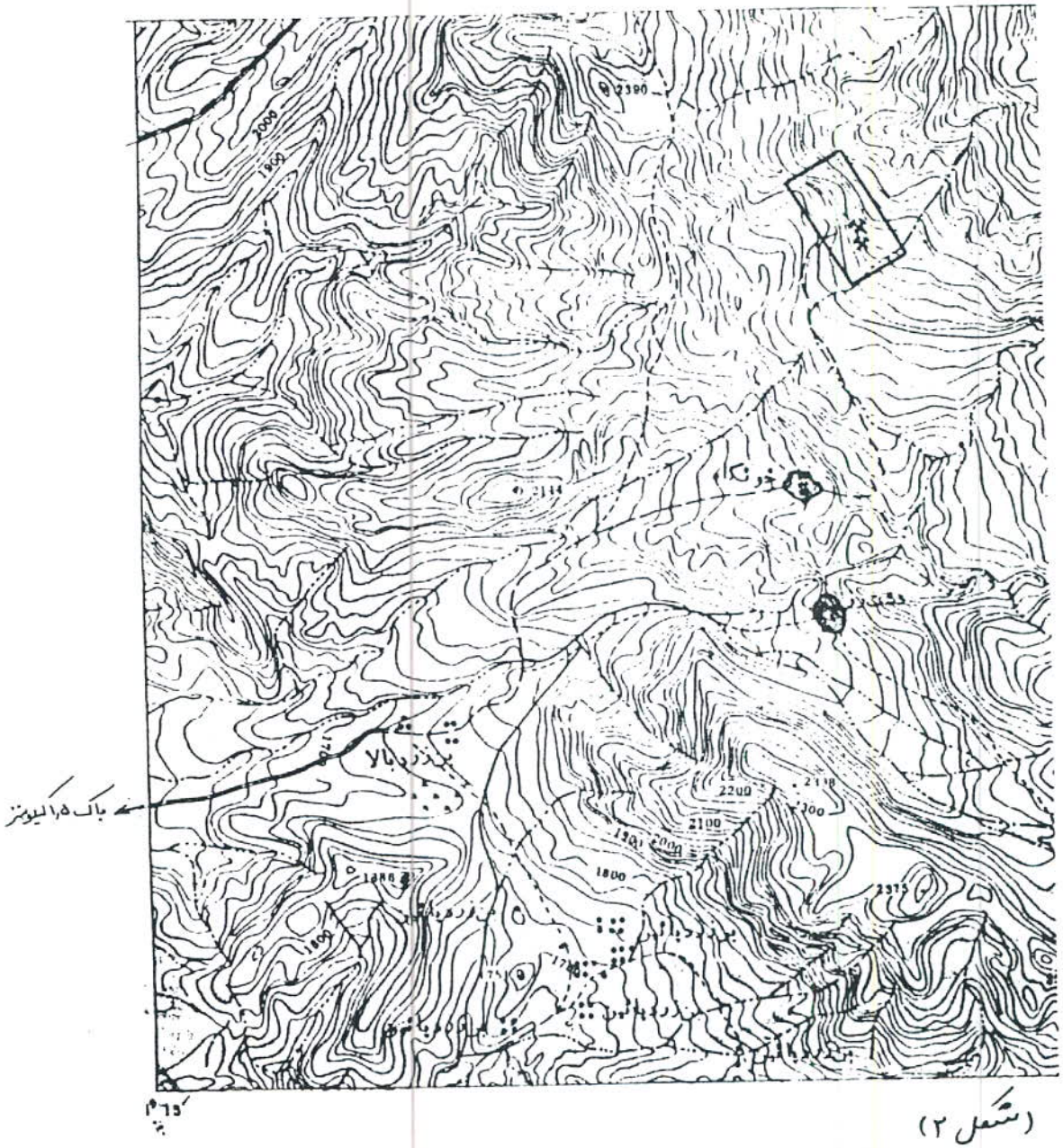
این ناحیه که در حقیقت بخش حاشیه ای ارتفاعات دنا را تشکیل می دهد از مناطق سردسیری کهگیلویه و بویراحمد به حساب می آید. بالاترین درجه حرارت ۳٦ درجه سانتیگراد در فصل تابستان و کمترین آن ۱۵ درجه زیر صفر در زمستان بوده و میانگین بارندگی حدود ٦۰۰ تا ۸۰۰ میلیمتر در سال است. بارندگی در این منطقه معمولاً از آبان آغاز تا اردیبهشت ادامه می یابد، بارش بیشتر بصورت برف است. دو آبراهه اصلی به نام های تنگ شاهزاده قاسم و تنگ قدویس که از ارتفاعات شمال خاوری ناحیه سرچشمه می گیرد پس از پیوند به یکدیگر در جنوب خونگاه و دشت رز به سوی جنوب باختر ادامه مسیر داده و نهایتاً در رودخانه خرسان تخلیه می گردد. فصل کار مناسب در این ناحیه اواخر بهار، تابستان و اوایل پاییز است.



(شکل ۱)

▨ : موقعیت ناحیه‌ای منطقه مورد مطالعه

برداشت شده از اطلس راههای ایران مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰



(شکل ۲)

: موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه

برداشت شده از نقشه توپوگرافی به شماره 6252 II سازمان جغرافیایی. مقیاس ۱:۵۰۰۰۰

۳-۱- منابع آب

در بخش خاوری ناحیه دو آبراهه اصلی به نام های تنگ شاهزاده قاسم و تنگ قدویس وجود دارد که بطور فصلی آبدار است. آبهای موجود آن حاصل باریدن یا ذوب برفها و یخ ها است.

سیستم شبکه آبراهه ها معمولاً دارای جهت شمال خاوری - شمال بوده که در بخش ها پست تر پس از پیوستن به یکدیگر و تشکیل شاخه های اصلی بسوی جنوب باختری ادامه می یابد. این آبراهه ها معمولاً در زمانهای بارندگی یا ذوب برفها و یخها آبدار هستند.

٤-۱- پوشش گیاهی

این ناحیه با جنگلهای وسیع و زیبای بلوط پوشیده شده است. پوشش گیاهی نسبتاً انبوه، متراکم، و جنگلی است. اکثر درختان آن از نوع بلوط بوده و در کنار آن درختانی همچون بن، کیکم، سرو وحشی، زالزالک، زبان گنجشک و بادام وحشی دیده می شود. در این جنگلها پاییز و زمستان هوا سرد بوده و حدود ۷۰ تا ۸۰ روز در این فصول زمین پوشیده از برف است. این منطقه در تابستان دارای هوایی معتدل و خنگ است. مراتع علاوه بر آنکه یکی از مهمترین منابع تولید علوفه روستانشینان وعشایر است، نقش مهمی در جهت تامین فرآورده های دارویی، صنعتی، خوراکی ایفا می نماید. در مناطق مرتفع و کوهستانی حیواناتی نظیر کل، بزکوهی و در مناطق پست تر و تپه‌ماهورها گراز، کفتار، شغال، گرگ، روباه زیست می نمایند. بخش های پست و نواحی مسطح با شیب کم در بخش جنوب و جنوب باختری ناحیه زیر کشت زراعت بصورت دیم است.

این ناحیه در حال حاضر جزء مناطق حفاظت شده محیط زیست می باشد.

۱-۵- وضعیت معیشتی

اهالی منطقه بیشتر از طریق کشاورزی و دامداری امرار معاش می نمایند، گندم و جو از عمده محصولات کشاورزی منطقه بوده و ضمن اینکه در اطراف روستای خونگاه باغ های میوه همچون سیب، گردو و انار دیده می شود. از صنایع دستی انواع گلیم، جاجیم، خورجین، سیاه چادر و فرشبافی می توان نام برد که در اغلب خانه های این روستا تولید می شود.

در گذشته نه چندان دور در زمان فعال بودن معدن مس خونگاه تعدادی از اهالی به کار در معدن مشغول بوده اند.

مردم این ناحیه مسلمان و دارای گویش لری می باشند.

۱-۶- زمین ریخت شناسی

با توجه به ویژگیهایی همچون پوشش گیاهی، پستی و بلندی، شدت فرسایش پذیری سنگها بر حسب نوع آنها با توجه به ترکیب سنگ شناختی، بافت و ساخت سه واحد عمده در ناحیه مورد بررسی در معرض دید قرار می گیرد که به شرح زیر است : :

۱-۶-۱- واحد A : این واحد بخش های مرتفع را شامل است و عموماً بصورت سنگهای کربناته بوده و از آهک و دولومیت لایه لایه با سطوح توپوگرافی خشن همراه با آبراههٔ عمیق و پرشیب است. شیب سطح توپوگرافی از ۳۰ تا ۵۰ درصد متغیر است. چهرهٔ عمومی آن خاکستری گاهاً خاکستری تیره است. بخش های مرتفع آن (درزمان مطالعه) برفی بوده است. سنگهای تشکیل دهنده این واحد که معمولاً نسبت به فرسایش مقاوم می باشند، در نواحی پرشیب تا حدودی فرسایش پذیر می باشند. در نواحی کم ارتفاع تر، این واحد معدن مس را در خود جای داده است. در آنجا بعلت تکتونیزه بودن و بهم ریختگی لایه های کربناته، کمتر حالت لایه بندی منظم در آن دیده می شود. وجود شیل های ماسه‌ای دانه ریز در میان کربناتها و نرم و سست بودن آنها و عدم پایداری در مقابل فرسایش سطوح توپوگرافی صاف و نرم

باعث تفکیک آنها از کربنات می گردد.

۲-۶-۱- واحد *B* : شامل تپه های پست و بلندی می باشند که عمدتاً سامان دهنده سازندهای باروت، زایگون و لالون هستند، دارای سطح توپوگرافی صاف و ملایم بوده و نسبت به فرسایش نامقاوم و در نقاط پرشیب فرسایش پذیر می باشند. چهره عمومی آن ارغوانی تا قرمز روشن است.

۳-۶-۱- واحد *C* : جبهه جنوبی منطقه و همچنین سطح توپوگرافی با شیب ملایم حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد را شامل است، انبوهی از پوشش گیاهی را در برگرفته که تراکم آن نسبتاً خوب است. حد جنوبی این واحد به گونه ای که به روستای خونگاه مشرف می باشد خاتمه می پذیرد.

واحدهای ریختاری مورد گفتگو از مناطق حفاظت شده سازما جنگلها و منابع طبیعی است.

۷-۱- سوابق معدنکاری و مطالعات گذشته

بهره برداری از معدن مس خونگاه پیشنه ای بس دیرینه دارد، وجود سرباره های ذوب در حوالی معدن نشان از رونق معدنکاری در گذشته های دور (زمان شداد) را می نماید. کارگاه شماره *M3* که بصورت نواری باریک در امتداد شمال باختری - جنوب خاوری بسوی اعماق حفر گردیده و همچنین کارگاههای *M13, M10, M12, M9* از جمله کندوکاوهای دیرینه است که توسط شدادیان حفر و مورد بهره برداری قرار گرفته است.

در حدود ۲۵ سال پیش آقای زاهدی بهره بردار این معدن کاوش های پیشنیان را احیا و تونلی (کارگاه *M1*) در امتداد شمال، شمال خاور *(N8E)* به طول ۵٤ متر حفر نموده و در طول آن در دو طرف دو دستک بصورت دنبال رگ و در امتداد *N80E* حفر و مقداری کانسنگ استخراج نموده که در حال حاضر مقداری از سنگهای پرعیار آن بصورت سنگهای مس اکسید با کانیهای غالب مالاکیت و آزوریت در مقابل تونل انباشته شده است.

هوبنر و بازین (۱۹۶۹) در گزارش شماره ۱۳ سازمان زمین شناسی تحت عنوان کانسارهای مس در ایران، از این معدن بازدید نموده اند، بزعم آنان کانیسازی در دو افق نابرابر و در راستای شکستگی ها که عمدتاً از آزوریت و مالاکیت که بطور فرعی کوپریت به همراه دیده می شود (کانه های اکسیدمس و کربنات) تجمع یافته است. این دو افق را در فاصله پنجاه متری از یکدیگر شناسایی نموده اند.

آقای پورکاسب در سال ۱۳۶۶ به هنگام تحقیق بر روی معدن مس ده معدن در ناحیه شهر کرد که موضوع رساله دکترای ایشان است، نگاهی به اجمال به معدن مس خونگاه داشته و آن را با ده معدن مقایسه نموده است. بزعم ایشان کانیسازی مس عمدتاً بصورت اکسید و از نوع مالاکیت و آزوریت در سطوح درز و شکستگیها و در سه افق نابرابر تشکیل گردیده و از سایر کانیها همچون بورنیت، کالکوپیریت، کالکوسیت نیز نام برده است.

در سال ۱۳۷۰ با اجرای پروژه شماره ۱۶ تحت عنوان بررسی ذخایر معدنی در وسعت ۱۰۰ کیلومتر مربع که از ناحیه آب سپاه تا گردنه میمند در بر می گرفت، نمونه هایی از معدن مس خونگاه برداشت شده که نتایج مطالعات شیمیایی، عیار مس را حدود ۹/۶۱ گزارش نموده است.

بزعم تهیه کنندگان گزارش، کانیسازی در سازند باروت رخ داده است.

۸-۱- شیوه مطالعه

ناحیه مورد مطالعه که در نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ به شماره *6252II* از سری *K551* سازمان جغرافیایی واقع شده، ابتدا به اتفاق کارشناسان محترم اداره، مورد شناسایی مقدماتی قرار گرفت. در مرحله فاز شناخت بعد از بحث و بررسی وتبادل نظر، ناحیه پیشنهادی تحت پوشش خاکبرداری واقع و محل حفریات به منظور آشکارسازی، روبرداری و پاکسازی دهانه

تونل و گمانه های دیرینه مشخص گردید. در انجام حفریات که جمعاً به مدت یکماه بطول انجامید میزان حدود ۵۰۰ متر مکعب خاکبرداری صورت پذیرفت. (محل حفریات با همکاری و نظر مسئول محترم اداره معادن انتخاب شده است).

بعد از اتمام عملیات خاکبرداری، گروههای کار مرکب از نقشه بردار و زمین شناس به ناحیه عزیمت و کار برداشت تهیه نقشه زمین شناسی - معدنی و توپوگرافی را آغاز نمودند.

در تهیه نقشه توپوگرافی که نزدیک به یکصد هکتار می باشد حدود ۱۹ ایستگاه اصلی و ۵ ایستگاه فرعی انتخاب (جدول مختصات ضمیمه گزارش است) شده که بر روی نقشه توپوگرافی بازتاب داده شده است. افزون بر ایستگاهها حدود ۱۲۰۰ نقطه مطالعاتی نیز برداشت و قرائت گردید.

همزمان با تهیه نقشه توپوگرافی و برداشت نقاط اطلاعاتی، کلیه گذر واحدهای سنگی، گسل ها و سایر پدیده های زمین شناسی با دوربین برداشت شده که روی نقشه آمده است.

در کاوش های معدنی تعداد دوازده کارگاه استخراجی نام گذاری و ویژگیهای هر یک تا سر حد امکان مورد بررسی، مطالعه و نمونه برداری قرار گرفت. این کارگاهها در روی نقشه بازتاب داده شده و مطالعات درزه‌نگاری آنها به انجام رسیده است.

نمونه‌های برداشت شده جهت انجام آزمایش های شیمیایی به روش جذب اتمی، مقاطع صیقلی، کانی شناسی به روش XRD به آزمایشگاههای مربوطه ارسال گردید.

لیست مختصات ایستگاههای موجود بر روی نقشه توپوگرافی ۱:۱۰۰۰ ناحیه

شماره	ایستگاه	X	Y	Z
1	S1	10000.000	10000.000	2560.000
2	S2	9939.977	10114.580	2573.670
3	S3	9918.891	10191.751	2556.530
4	S4	9775.554	10168.675	2495.080
5	S5	9857.564	10362.179	2563.900
6	S6	9924014	10369.970	2602.420
7	S7	9918.841	10343.725	2586.680
8	S8	10003.244	10158.601	2618.30
9	S9	10033.239	10195.432	2633.930
10	S10	10043.769	10226.704	2635.100
11	S11	10067.109	10204.253	2639.840
12	S12	10050.272	10133.398	2620.690
14	S14	10115.323	10043.149	2590.130
15	S15	10072.149	9929.464	2567.875
16	S16	10205.622	10033.501	2606.748
17	S17	10191.940	10054.759	2609.095
18	S18	9560.193	10245.637	2472.647
19	S19	9581.097	10289.844	2483.285
20	S20	9667.495	10386.001	2514.265

* : ارتفاع از سطح دریا بر اساس نقشه اداره جغرافیایی نیروهای مسلح اقتباس شده است.

** : شمال شبکه مغناطیسی و با انحراف نقشه های کشوری تهیه شده است.

۲ - فصل دوم

زمین شناسی

۲- فصل دوم - زمین شناسی

۲-۱- زمین شناسی ناحیه ای

ارتفاعات کوه دنا با روند شمال باختری - جنوب خاوری عمدتاً در برگیرنده رسوبات مزوزوئیک در نواحی مرتفع و نهشته های پالئوزوئیک در نواحی پست تر می باشد.

کهنترین سنگهای موجود در ناحیه مربوط به پی سنگ کهر می باشد که روی آن را رسوبات سکوی قاره ای *(Continental Platform Type)* شامل دولومیت های سلطانیه، سازند باروت، زایگون، لالون، میلا، و سازند دالان می پوشاند. سازند دالان به سوی بالا با رسوبات مزوزوئیک دنبال گردیده و در پایان با کنگلومرای بختیاری خاتمه می پذیرد.

گسل فشاری دنا با روند شمال باختری - جنوب خاوری از پای ارتفاعات دنا عبور نموده و عملکرد آن موجب راندگی سنگهای پالئوزوئیک روی انباشته های کنگلومرایی از سازند بختیاری با شیب کم حدود ۱۰ درجه گردیده است.

رسوبات پی سنگی کهر و ردیف های سنگی از پرکامبرین پسین تا پایان تریاس میانی در این ناحیه با رسوبات هم ارز زمانی خود در سایر ایالت های ایران زمین همسان و مشابه بوده وبه دیگر سخن تشابه رخساره ای این سازندها با یکدیگر در واحدهای زمین ساختی زاگرس، ایران مرکزی و البرز همگی حکایت از نهشته شدن این رسوبات در حوضهٔ واحد را می نماید که پیوسته رسوبات مشابه در آنها بر جای گذاشته شده اند. بعد از تریاس میانی همزمان با حرکت های کششی که در نتیجه پی آمد رخداد سیمرین پیشین در ایران زمین می باشد، واحد زمین ساختی زاگرس از ایران مرکزی تفکیک گردیده که نتیجه آن بر جای گذاری رسوبات هم زمان اما با رخساره‌های متفاوت در دو حوضه بوده است.

۲-۲- زمین شناسی محدوده کانسار

محدوده کانسار مس خونگاه دو سازند لالون در پایین و سازند میلا در بالا را به خود اختصاص داده است. سازند میلا از دو بخش کربناته (بخش A) در پایین و بخش تخریبی (بخش B) در بالا تشکیل گردیده است، کانیسازی عمدتاً در بخش A صورت پذیرفته و کلیه کندوکاوش ها در لایه های دولومیتی آن انجام پذیرفته است.

در محدوده کانسار واحدهای سنگ چینه ای مربوط به دو سازند به شرح زیر دیده می شود:

۱-۲-۲- سازند لالون :

این سازند توسط آسرتو شناسایی و معرفی شده است. مقطع تیپ آن بین دهکده زایگون و لالون در بالای دره جاجرود انتخاب و مطالعه شده است. شامل تناوب شیل و سنگ ماسه دانه متوسط تا دانه درشت بوده که بطور پراکنده حاوی پولکهای ارغوانی در ابعاد متفاوت است. از ساختمانهای رسوبی همچون چینه بندی مورب و ریپل مارک از ویژگیهای بارز آن می باشد که در طول لایه های بوضوح دیه می شود. این بخش از سازند لالون با نشانه ($l \in$) بر روی نقشه نموده شده است. این ردیف تخریبی به سوی بالا عمدتاً به صورت شیل ماسه ای دانه ریز ظاهر شده و در بخش پایینی و درگذر به سازند میلا دو واحد سنگ ماسه کوارتزیتی روشن رنگ که در میان چهره ارغوانی رنگ شیل ها به خوبی مشخص می باشد دیده می شود. واحد مورد سخن که ضخامت آن چیزی حدود ۱۰ تا ۱۵ متر بوده و پایان بخش سازند لالون می باشد با نشانهٔ ($l^{sh.q} \in$) روی نقشه نموده شده است. در مطالعات گذشته این واحد به کوارتزیت فوقانی نسبت داده شده است.

۲-۲-۲- سازند میلا :

نام آن از میلا کوه واقع در باختر دامغان (خاورالبرزمرکزی) گرفته شده است. برش تیپ آن در دامنه جنوبی کوه میلا قرار دارد. ضخامت سازند در مقطع تیپ حدود ۵۸۵ متر و از پنج عضو تشکیل شده است. بر اساس سنگواره های یافت شده در این سازند زمان آن را به کامبرین اردویسین نسبت می دهند.

در ناحیه زاگرس و در محدوده کوه دنا، این سازند که یکی از برش های نمونه آن در تنگ پوتک اندازه گیری شده از سه بخش عمده A,B,C تشکیل شده است.

در شمال خونگاه اگر چه هر سه بخش آن در معرض دید قرار می گیرد، اما در محدوده مورد مطالعه دو بخش A,B آن مورد بررسی قرار گرفته و بخش C آن در خارج از محدوده استز

واحدهای سنگ چینه‌ای دو بخش A,B از سازند میلا در این ناحیه به شرح زیر است :

۱-۲-۲-۲- بخش A(واحد کربناته)

در مقیاس نقشه این بخش خود به واحدهای کوچکتری به شرح زیر تفکیک می گردد :

- واحد $m^{d1} \in$: شامل دولومیت های دانه ریز تا دانه متوسط، لایه لایه و برنگ خاکستری مایل به سبز است، پایین ترین بخش از سازند میلا را تشکیل داده و عموماً در ناحیه مورد بررسی پوشیده می باشد. در گذر این واحد به سازند لالون دهانه تونل اصلی با روند $N8E$ دیده می شود.

- واحد $m^{d2} \in$: بصورت دولومیت قهوه ای به ضخامت حدود ۳ متر می باشد، بطور پراکنده در طول لایه بنظر می رسد که حاوی سولفورهای اولیه بوده و در بخش های تکتونیزه و خرد شده، خصوصاً در راستای گسل های عرضی کانیسازی ثانویه مس بصورت هیدروکربنات مس (مالاکیت و آزوریت) درسطوح درزه و شکاف آن دیده می شود. کارگاههای *M12, M11, M10, M2* در راستای گسل های عرضی در این واحد واقع شده است.
- واحد $m^{sh.d} \in$: شامل شیل دولومیتی و دولومیت نازک لایه بوده و عموماً برنگ خاکستری مایل به زرد تا کرم رنگ است، این واحد در شمال باختری ناحیه و در حوالی ایستگاه پنجم در معرض دید قرار گرفته و در سایر نواحی غالباً توسط واریزه ها پوشیده می گردد.
- واحد $m^{d.l} \in$: شامل تناوبی از دولومیت و آهک است، چهره عمومی آن خاکستری تا خاکستری مایل به قهوه ای است در میان این واحد به صورت فرعی لایه های آهک به رنگ خاکستری تیره تا سیاه در معرض دید قرار می گیرد. بخش هایی از این واحد در حوالی معدن مس توسط واریزه ها پوشیده می گردد. این واحد دارای استرتومالیت بصورت نواری و گرهک می باشد (تصویریکم)
- واحد $m^{br} \in$: این واحد با چهره یی هدسی گونه و با ترکیبی برشی در میان واحد $m^{d.l} \in$ دیده می شود، عناصر آن که عمدتاً گوشه دار و بندرت کمی گوشه دار است در ابعاد متفاوت که از ۵ تا ۲۰ سانتیمتر متغیر می باشد در زمینه و سیمانی کربناته در کنار یکدیگر آرایش یافته اند. در بعضی قسمتها ابعاد عناصر به بیش از ۳۰ سانتیمتر نیز می رسد (تصویردوم) در جنوب کارگاه *M7* از این واحد برداشت شده است.

تصویر یکم : نمایش حضور استروماتولیت بصورت نواری و گرهک در دولومیت های سازند میلا

تصویر دوم : نمایش عدسی گونه هایی ازبرش رسوبی میان سازندی در سازند میلا

- واحد $m^{L} \in$: از آهک نازک لایه خاکستری تیره تا تیره رنگ که دارای فسیل های تریلوبیت، هیولیتس، براکیوپودا می باشد تشکیل شده و ضخامت آن چیزی حدود ۷ تا ۱۰ متر است. این واحد در حقیقت بخش های بالای واحد $m^{d.l} \in$ بوده و در بعضی نواحی مانند شمال باختری در آن ادغام می گردد.
- واحد $m^{d3} \in$: شامل لایه های ستبردولومیت قهوه ای مایل به زرد تا نخودی است. ضخامت آن حدود ۱۵ متر بوده و بطور پراکنده در راستای لایه ها کانی سازی بصورت آزوریت و مالاکیت علی الخصوص تجمع آنها در امتداد گسل های عرضی دیده می شود. کارگاههای *M7, M6, M4, M3* در این واحد و در راستای گسله های عرضی واقع شده است.
- واحد $m^{d4} \in$: ضخامت آن حدود ۳ تا ۵ متر بوده و بصورت دولومیت میان لایه با رنگ خاکستری روشن تا خاکستری مایل به سبز روی واحد $m^{d3} \in$ دیده می شود.
- واحد $m^{sh1} \in$: شامل مارن و سیلتی شیل دانه ریز ارغوانی تا قرمز رنگ با ضخامتی حدود ۵تا۸ متراست که‌معمولاً در گستره‌منطقه در میان‌دوواحد ($m^{d4} \in$),($m^{d5} \in$) دیده می شود.
- واحد $m^{d5} \in$: تشکیل شده از حدود ۱۰ متر دولومیت قهوه ای مایل به زرد تا نخودی رنگ ستبر لایه با دانه بندی متوسط تا درشت که در بخش بالا یک واحد دولومیت خاکستری مایل به سبز تا خاکستری روشن خاتمه می پذیرد. کارگاه *M5* در این واحد و در بخش قهوه ای و نخودی رنگ در راستای گسل عرضی که آن را قطع کرده واقع شده است.

۲-۲-۲-۲- بخش B (واحد تخریبی)

سیمای همگانی این بخش ارغوانی تا تقریباً تیره رنگ است عمدتاً از شیل ماسه ای و ماسه سنگ دانه ریز نازک لایه تشکیل گردیده که گاهاً سنگهای کربناته آن را همراهی می‌نماید. این بخش با یک واحد شیلی بنفش رنگ با ضخامت حدود ۱۰ متر که روی آخرین لایه های کربناته از بخش A می نشیند ($m^{sh2} \in$) آغاز و سپس با ردیفی از شیل و ماسه سنگ نازک لایه ارغوانی رنگ $m^{sh1} \in$ دنبال می گردد.

در تصویر سوم دو بخش A, B از سازند میلا نشان داده شده است

۲-۲-۳- واحد تکتونیزه (TZ)

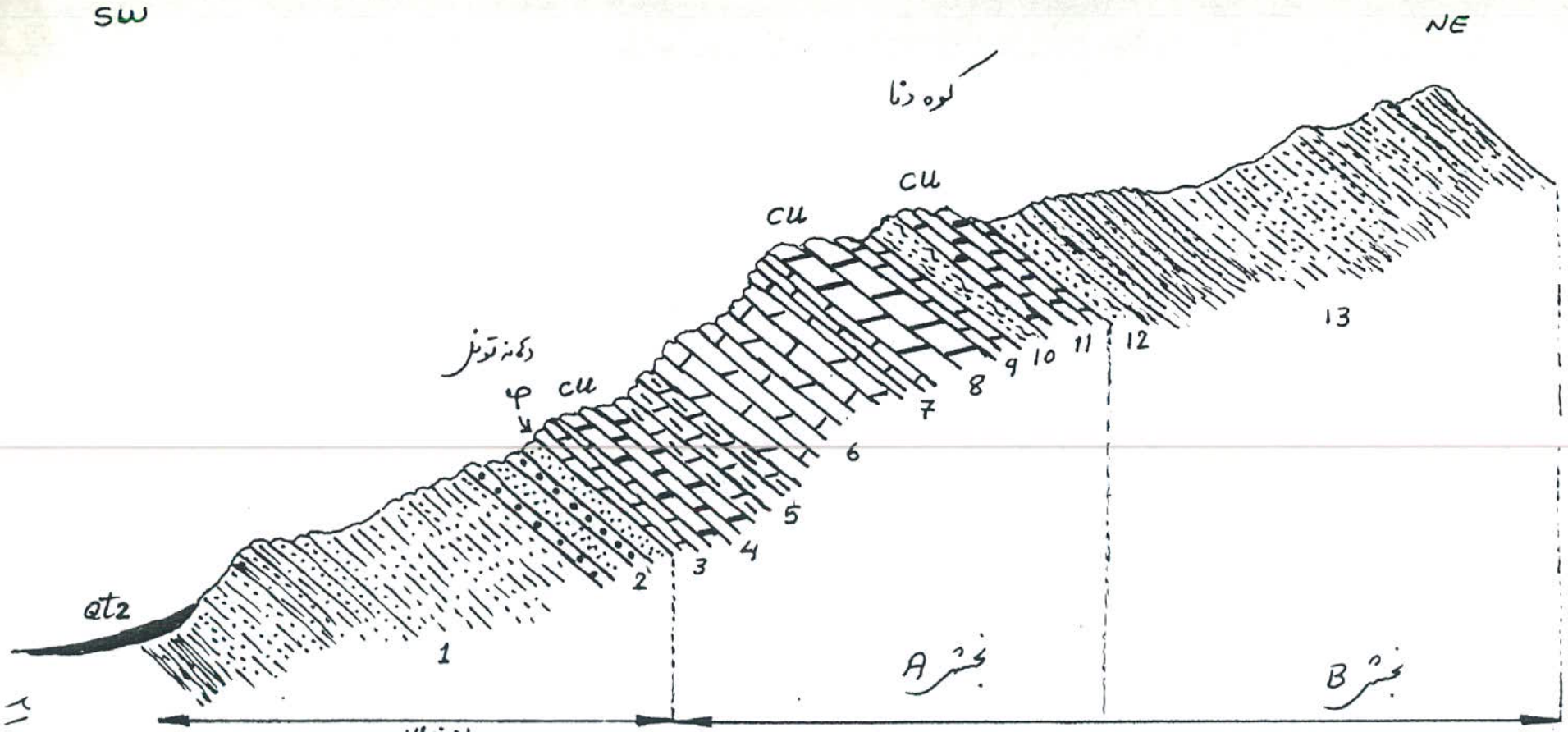
در پایانه خاوری ناحیه و در محدوده کارگاههای شدادی و تونل ترابری یک واحد بشدت تکتونیزه و درهم دیده می شود که کلاً دارای ترکیب دولومیتی است. بنظر می رسد که این واحد درحقیقت ادامه واحدهای ($\dot{m}^{d.l} \in$) , ($m^{l} \in$) به سوی کارگاههای شدادی بوده که تحت تاثیر تنش های تکتونیکی شدید واقع شده و فرآیندهای دولومیتزاسیون موجود (تصویرچهارم) ناشی از همین تحرکات تکتونیکی است. اگر چه نباید تاثیرات راندگی این واحدها روی یکدیگر در راستای گسل فشاری دنا را در پدیده دولومیتزاسیون از نظر پنهان داشت. بعلت بهم ریختگی هیچگونه لایه‌بندی در سنگهای تشکیل دهنده این واحد به چشم نمی خورد. کارگاههای $M2, M3$ در محدوده این زون تکتونیزه واقع شده است.

تصویر سوم : نمایش بخش A, B از سازند میلا

$\in m^{d.l}$: تناوب آهک و دولومیت - $\in m^{sh.2}$: شیل های بنفش رنگ آغاز بخش B

تصویر چهارم : نمایش فرآیند دولومیتزاسیون در آهک های سازند میلا

مهندسین مشاور کان ایران
KAN IRAN
Consulting Engineers



برش شماتیک واحدهای سنگ چینه‌ای در ناحیه مورد مطالعه
شمال خونگاه (مدل مس خونگاه)

بدون مقیاس

۳-۲- زمین شناسی ساختمانی

محدوده مورد مطالعه جای گرفته در زاگرس مرتفع (شکل ۳) که به صورت یک زون گسلیده و خرد شده می باشد در حقیقت بخش هایی از سازند لالون و میلا را به خود اختصاص داده است. این محدوده که به سوی شمال باختر ادامه دارد در بخش خاوری توسط یک گسل عرضی با راستای شمال خاوری - جنوب باختری بریده شده و قطع می گردد.

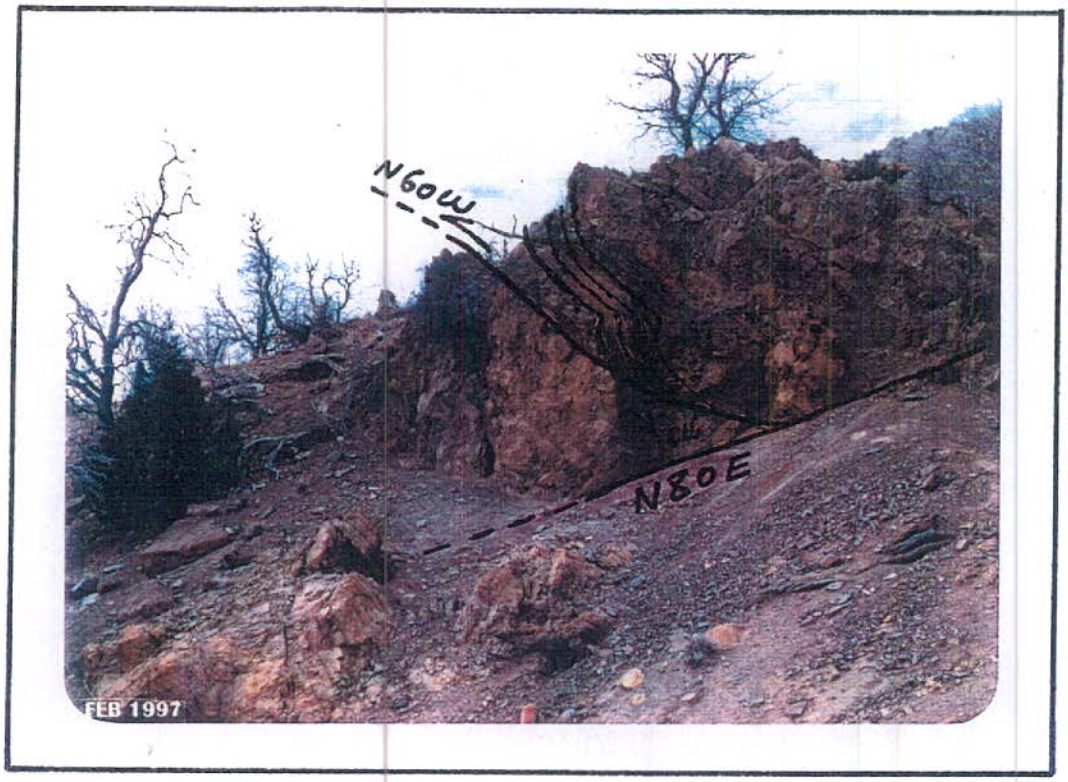
روند ساختاری این ناحیه شمال باختری - جنوب خاوری بوده و بعلت قرارگیری در همسایگی گسله فشاری دنا، کلیه واحدهای سنگی سامان دهنده آن تکتونیزه و بهم ریخته هستند.

لایه های سنگی در راستای خود بر روی یکدیگر لغزیده و رانده شده (تصویرپنجم) هستند.

افزون بر گسل های طولی فوق الذکر با رو ند شمال باختری - جنوب خاوری ، یک سیستم گسل عرضی چپ لغز با راستای شمال خاوری - جنوب باختری (تصویرششم) در منطقه دیده می شود که معمولاً جوانتر از گسل های سیستم اول بوده و کارگاههای استخراجی در امتداد همین گسل های درلایه های کانه دار حفر گردیده است. دو سیستم درزه در معرض دید قرار می گیرد که درزه های شمال باختری - جنوب خاوری (تصویر هفتم) توسط درزه های شمال خاوری - جنوب باختری قطع گردیده اند. درزه های غالب با شیب نزدیک به قائم بیشتر از راستای شمال خاوری - جنوب باختری تبعیت می نمایند. تمامی کارگاههای مطالعه شده مورد بررسی های درزه نگار قرار گرفته که نتایج آن به ضمیمه می باشد.

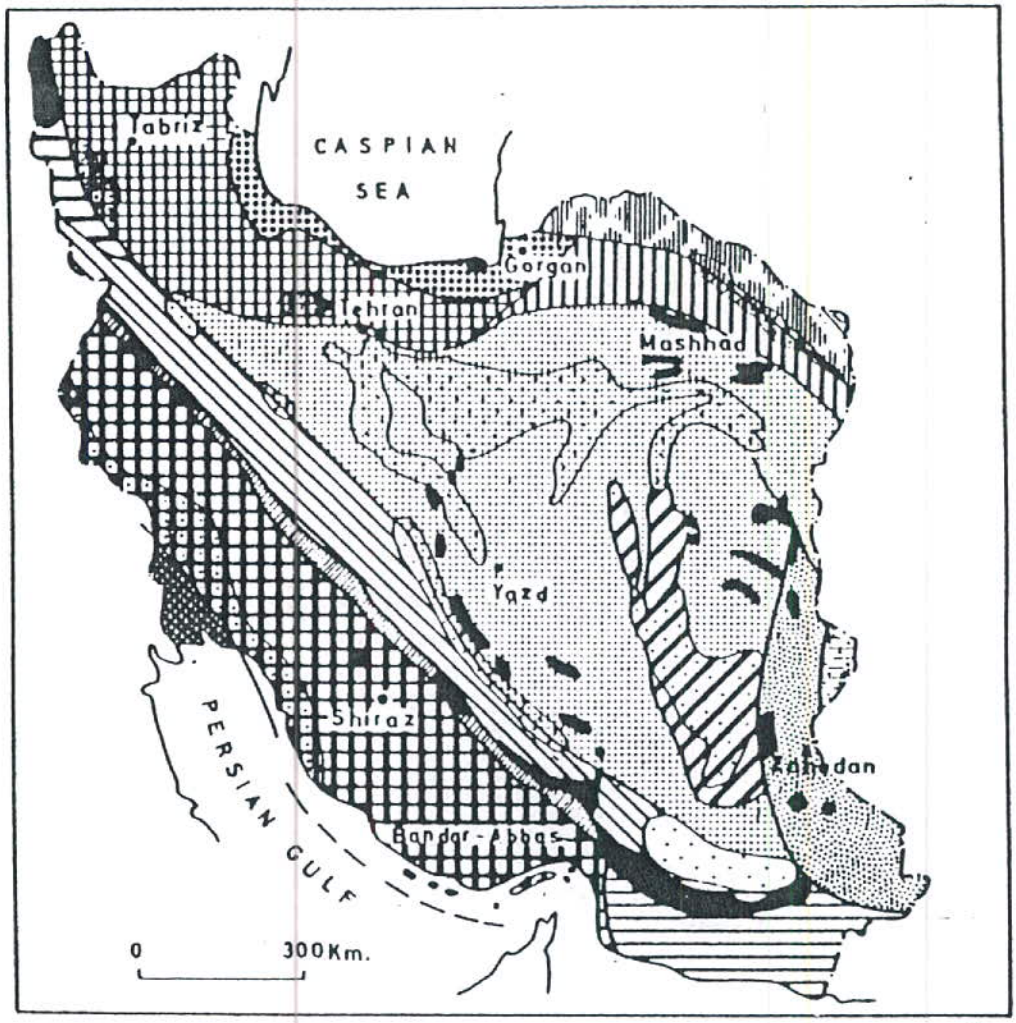
۱-۳-۲- گسل ها

مهمترین عنصر ساختاری در گستره خونگاه که در تاقدیس اثر کرده، گسله دنا کم بیش موازی محور تاقدیس است که دارای روند شمال باختری - جنوب خاوری است. دارای شیب



تصویر پنجم : حضور چین خوردگیهای مجدد *(Refolding)* در راستای گسلهٔ فشاری

تصویر ششم : نمایش گسل عرضی چپ لغز که منجر به بریدگی لایه های سازند میلا گردیده است.



(شکل ۳)

"Coloured Melange" zone

Helmand block

Arabian platform

Hezar Masjed - Koppeh Dagh

Folded Zagros

High Zagros

Khoy - Mahabad

Estandagheh - Marivan

Gorgan - Rashi

Alborz - Azarbayejan

Binalud Zone

Central Iran

Lut block

Nehbandan - Khash

Makran

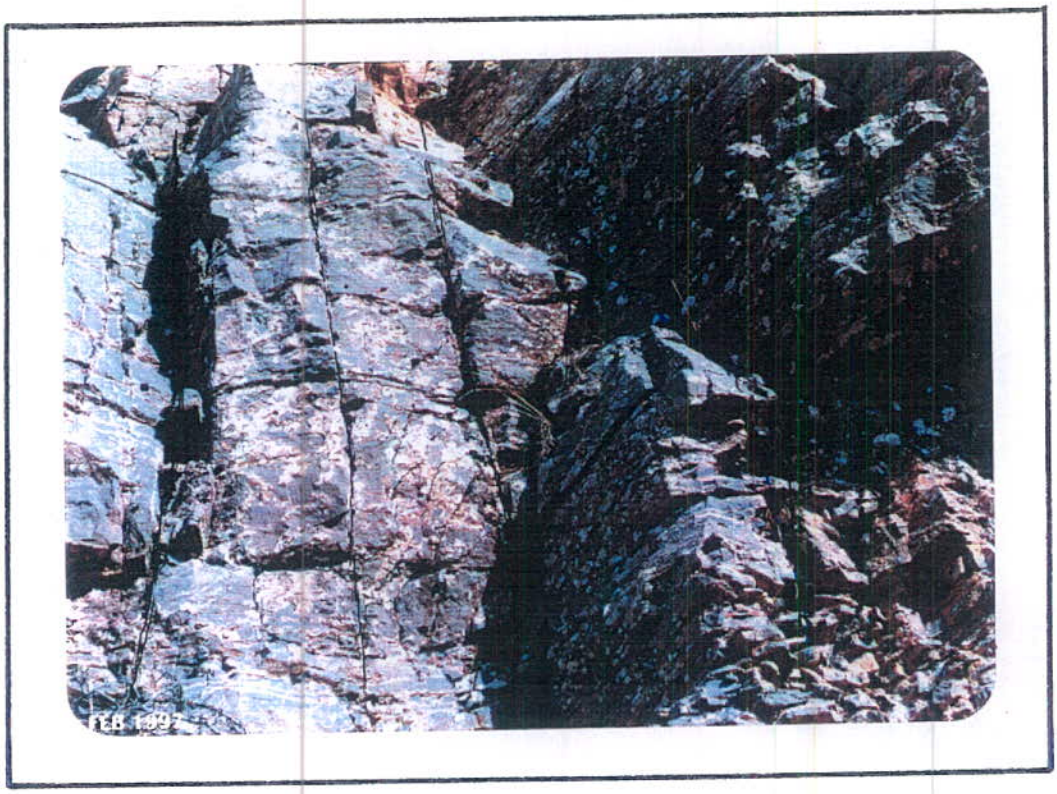
Depressions

Turan plate

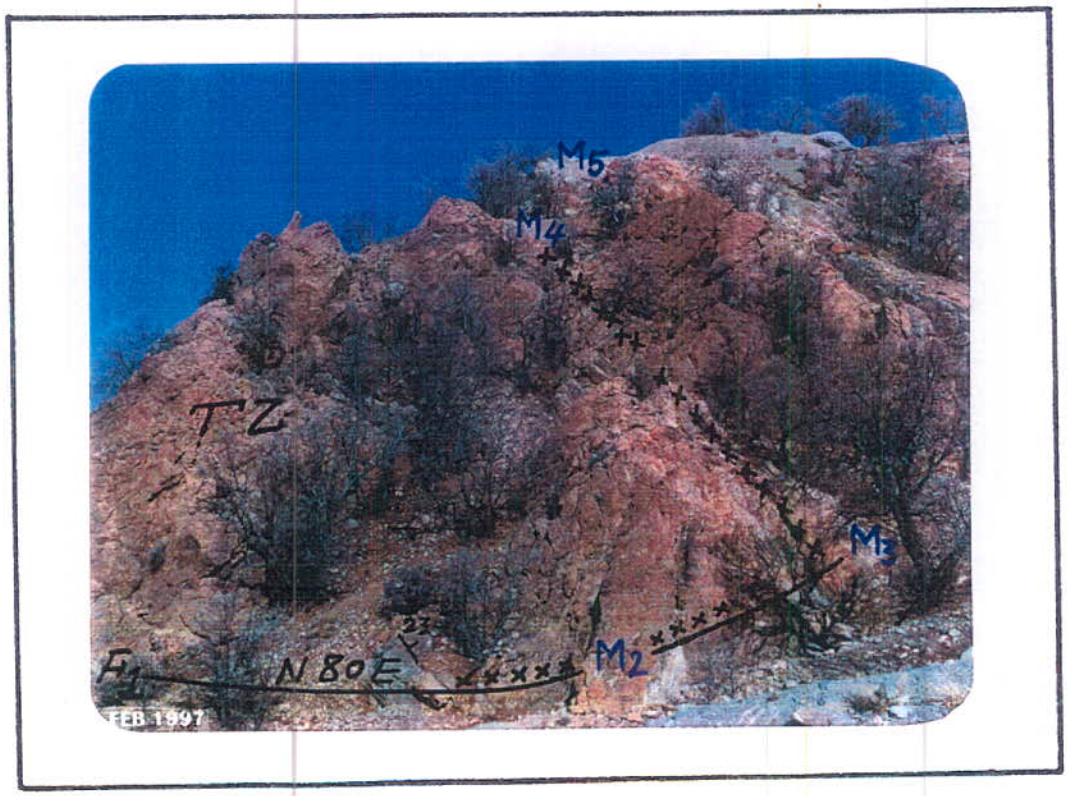
■ : موقعیت منطقه مورد مطالعه

برداشت شده از دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران

Fig. 4 Tectono - Sedimentary provinces of Iran



تصویر هفتم : حضور درزه های چیره در واحدهای سنگچینه ای از سازند میلا



تصویر هشتم : نمایش گسلهٔ پهلوبُر *F1* که کارگاههای *M2, M3* در راستای آن واقع شده است.

TZ : زون گسلیده ، xxxx : زون کانه دار

حدود ۱۰ درجه به سوی شمال خاوری بوده و بر لایه های کانه دار، اثری چند گذاشته است.

یکی دیگر از گسله ها که اهمیت ویژه ای دارد و در اصل باید به عنوان سیستم گسله های عرضی از آن یاد گرد در حقیقت واحدهای سنگی دربرگیرنده کانسار را بریده است. شیب آنها نزدیک به قایم و به سوی جنوب خاوری است. این گسل ها به موازات یکدیگر بوده و کارگاههای استخراجی در امتداد آنها کنده شده است.

تعدادی از گسل های عرضی سبب ساز کانیسازی به شرح زیر است :

- **گسل** *F1* : این گسل در محدوده دو کارگاه *M2, M3* دارای روند شمال خاوری - جنوب باختری بوده و از کارگاه *M2* با کمی انحراف به سوی خاور به کارگاه *M11* متصل می گردد، دارای شیب نزدیک به قائم و با میل به سوی جنوب خاوری است. در راستای گسل و در محدوده دو کارگاه *M2, M3* تاکمی پایین تر و به سوی جنوب، آشکارا کانیسازی دیده می شود که بصورت مالاکیت آزوریت در وضعیتی لعاب گونه در سطح درزه ها و شکستگیها جای گرفته است. واحد گسلیده *(TZ)* که کارگاههای *M2, M3, M4, M5* را در خود جای داده است (تصویرهشتم) در جنوب خاوری توسط این گسل قطع می گردد.

- **گسل** *F2* : دارای روند *N75- 80E* با شیب نزدیک به قائم به سوی جنوب خاوری بوده و کارگاههای *M3, M11* (تصویرهشتم، نهم) در راستای آن واقع شده است.

- **گسل** *F3* : دارای روند *N65- 70E* با شیب حدود ۸۰ درجه به سوی جنوب خاوری بوده و کارگاههای *M10 , M4* در راستای آن واقع شده است.

- **گسل** *F4* : دارای روند *N70- 75E* با شیب نزدیک به قائم و به سوی جنوب خاوری

کارگاههای *M5, M6* را در راستای خود جای داده است.

- **گسل** *F5* : دارای روند *N75- 80E* با شیب حدود ۸۰ درجه به سوی جنوب خاوری است و کارگاههای *M7, M12* در راستای آن واقع شده است.

در سطوح گسل های فوق و درزه های مجاور آن تجمع کانیسازی مس پیوسته آشکارا دیده می شود.

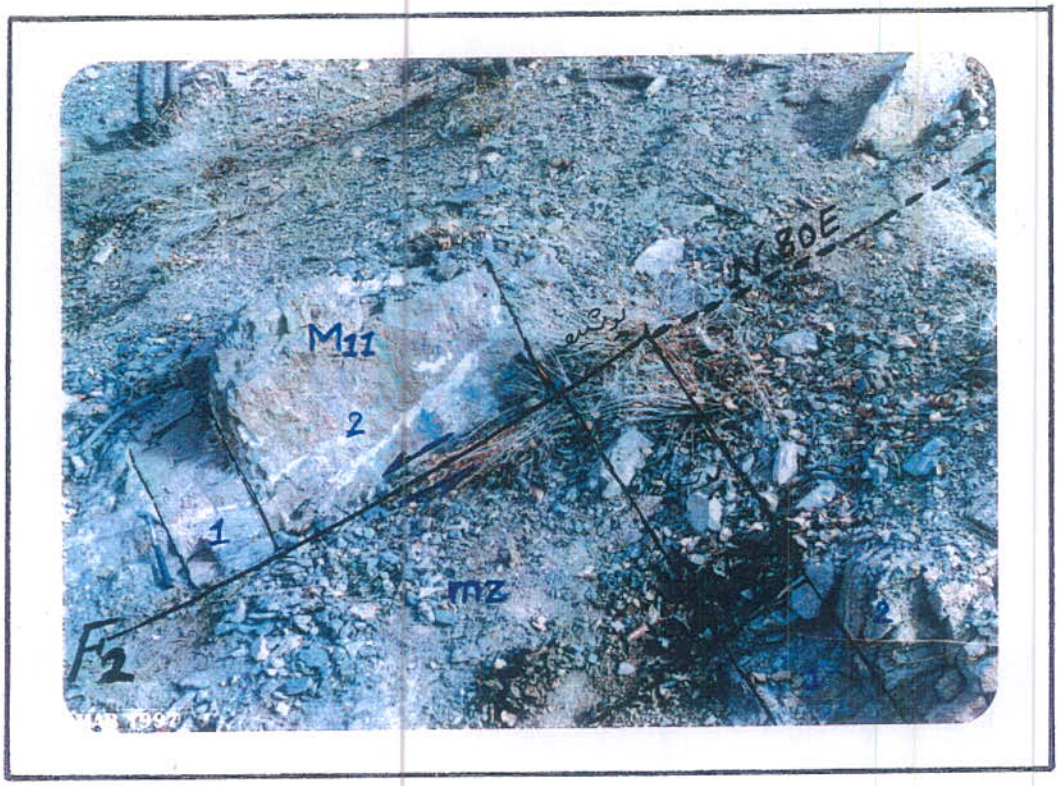
- **گسل** *F6* : با راستای *N70- 75E* و شیب نزدیک به قائم کارگاه *M13* را درخود جای داده است. گسل های عرضی دیگری به موازات گسل های فوق با همان عملکرد در ناحیه دیده می شود که کانیسازی در راستای آن رخ نداده است و این خود نشان دهنده این واقعیت است که از تجمع کانه های سولفوره اولیه در سنگ میزبان به هنگام بر جای گذاری رسوبات درهمه جا دارای عملکرد یکسان نبوده و احتمال دارد بطور پراکنده و عدسی گونه بوده باشد.

۲-۳-۲- درزه ها

این درزه ها که گاهی در درازای بیش از چند متر بوده و از چندین لایه می گذرند، در لایه های کانه دار تغییر چندانی نداده اند ولی موجب نفوذ آب به لایه های کانه دار شده و یا ماده آهنی را در خود جای داده اند. بعضی از درزه ها در مجاورت گسل های عرضی که به شکاف تبدیل شده اند(تصویردهم) دارای ماده پرشونده از اکسید مس می باشند.

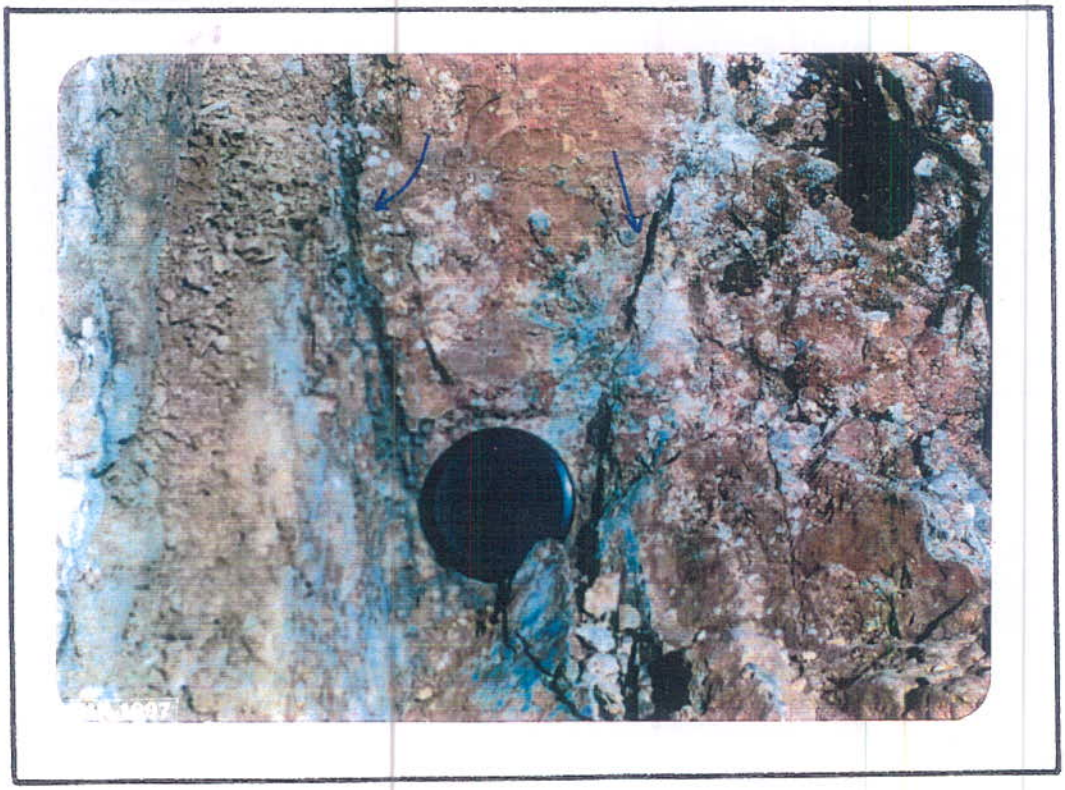
سیستم چیره درزه ها در این گستره معدنی کم و بیش دارای روند شمال خاوری - جنوب باختری می باشند که نقطه های آماده ای برای سرعت بخشیدن به فرسایش بوده اند.

از دیگر درزه‌ها، درزه های شمال باختری - جنوب خاوری است که دارای قدمت بیشتری نسبت به درزه های نوع اول بوده و توسط آنها قطع می گردند.



تصویر نهم : گسلهٔ عرضی چپ لغز $F2$ و کانیسازی کارگاه $M11$ در راستای آن

mz : زون کانه دار



تصویر دهم : وجود زون کانه دار در درزه های چیره و شکستگیها

جدول پراکندگی درزه های غالب برحسب اولویت ها
در کارگاههای مطالعاتی

کارگاه	جهت‌شیب → مقدارشیب	درصد
M1	۸۲/۵ → ۱۷۲ *(SE)*	۲۴-۲۸
	۸۴ → ۱۹۱ *(SW)*	۱۶-۲۰
M2	۸۸ → ۱۵۰ *(SE)*	۱۴-۱۷
	۸۵ → ۲۵۷ *(SW)*	۱۴-۱۷/۵
	۷۴ → ۱۷۳ *(SE)*	۱۴-۱۷/۵
M3	۷۵ → ۲۵۹ *(SW)*	۱۲/۵-۱۵
	۶۶ → ۲۵۰ *(SW)*	۱۲/۵-۱۵
	۷۷ → ۹۴ *(SE)*	۱۲/۵-۱۵
	۸۵ → ۸۵ *(NE)*	۱۲/۵-۱۵
M4	۸۶ → ۱۷۴ *(SE)*	۲۴-۲۸
	۵۰ → ۲۴۳ *(SW)*	۱۲-۱۶
	۸۳ → ۱۳۹ *(SE)*	۱۲-۱۶
	۷۸ → ۲۸۹ *(NW)*	۱۲-۱۶
M5	۴۶ → ۳۴۳	۲۱-۲۴/۵
	۷۷ → ۱۷۰	۱۷/۵-۲۱
	۸۶ → ۳۳۵	۱۴-۱۷/۵
	۸۲ → ۲۸۲	۱۰/۵-۱۴
M6	۸۰ → ۱۳۴ *(SE)*	۲۱-۲۴/۵
	۷۰ → ۱۱۴ *(SE)*	۲۱-۲۴/۵
	۷۱ → ۸۷ *(NE)*	۱۴-۱۷/۵
	۷۵ → ۳۱۸ *(NW)*	۱۴-۱۷/۵
M7	۸۵ → ۱۵۹ *(SE)*	۱۸-۲۱
	۸۹ → ۳۴۰ *(NW)*	۱۲-۱۵
	۸۵ → ۲۹۲ *(NW)*	۱۲-۱۵
	۴۸ → ۲۸۷ *(NW)*	۱۲-۱۵

جدول پراکندگی درزه های غالب برحسب اولویت ها
در کارگاههای مطالعاتی

کارگاه	جهت‌شیب ← مقدارشیب	درصد
M8	۸۱ ← ۱۶۸ (SE)	۳۹-۴۵/۵
	۸۴ ← ۱۳۹ (SE)	۲۶- ۳۲/۵
M9	۷۷ ← ۱۰۸ (SE)	۲۱ -۲۴/۵
	۸۷ ← ۱۶۰ (SE)	۱۴ -۱۷/۵
	۸۵ ← ۳۱۰ (NW)	۱۴ -۱۷/۵
	۸۴ ← ۱۳۳ (SE)	۱۴ -۱۷/۵
M10	۸۷ ← ۱۶۰ (SE)	۲۱ -۲۴/۵
	۸۶ ← ۳۴۸ (NW)	۲۱ -۲۴/۵
	۵۳ ← ۳۲۲ (NW)	۱۴ -۱۷/۵
	۶۳ ← ۱۷۹ (S)	۱۴ -۱۷/۵
M11	۷۷ ← ۳۴۷ (NW)	۲۱ -۲۴/۵
	۷۲ ← ۱۷۰ (SE)	۱۴ -۱۷/۵
	۷۲ ← ۳۱۷ (NW)	۱۴ -۱۷/۵
M12	۷۳ ← ۱۷۰ (SE)	۲۴ -۲۸
	۸۸ ← ۱۴۹ (SE)	۱۶ -۲۰
	۸۷ ← ۳۵۹ (N)	۱۶ -۲۰
M13	۸۸ ← ۱۴۸ (SE)	۲۴ -۲۸
	۸۰ ← ۲۴۷ (SW)	۱۶ -۲۰
	۸۹ ← ۹۷ (SE)	۱۲-۱۶

جدول پراکندگی درزه های غالب برحسب اولویت ها
در مناطق کارگاهی

کارگاه	جهت‌شیب ← مقدارشیب	درصد
	۸۵ ← ۱۰۱ *(SE)*	۴۵-۵۲/۵
منطقه‌دو کارگاه	۶۱ ← ۲۶۴ *(SW)*	۲۲/۵- ۳۰
M4,M6	۵۶ ← ۳۳۹ *(SW)*	۲۲/۵ -۳۰
منطقه‌دو کارگاه	۸۵ ← ۱۶۵ *(SE)*	۳۹ -۴۵/۵
M2,M4		
منطقه‌دو کارگاه	۸۹ ← ۲۹۳ *(NW)*	۴۵ -۵۲/۵
M2,M11		
منطقه‌دو کارگاه	۸۹ ← ۱۴۹ *(SE)*	۳۰ -۳۵
M7,M13	۸۹ ← ۳۳۳ *(NW)*	۳۰ -۳۵
	۸۹ ← ۳۱۸ *(NW)*	۳۰ -۳۵

۳ - فصل سوم

زمین شناسی اقتصادی

۳- فصل سوم - زمین شناسی اقتصادی

۱-۳- مس و تاریخچه آن:

بنا به روایت تاریخ، کشف مس به هزاره هشتم قبل از میلاد مسیح برمی‌گردد. انسان عصر نو سنگی از این فلز که خاصیت چکشکاری و شکل پذیری مطلوب دارد جهت ساخت ابزارهای ابتدایی استفاده کرده است. حدود دو هزار سال طول کشید تا بشر ابتدایی توانست به ذخایر عظیم مس خالص دست یابد و در پی آن کوره های اولیه ذوب این فلز گرانبها را ابداع کرد. در واقع، پایه های صنعت و دانش متالورژی از آن زمان بنا نهاده شده است.

قدیمیترین آثار بهره برداری از معادن مس مربوط به ۳۸۰۰ سال قبل از میلاد مسیح می شود که در شبه جزیره سینا کشف شده است. بوته‌های آهنگری یافت شده در آنجا نشان دهنده هنر استخراج و تصفیه مس در آن زمان است.

چیزی نگذشت که برای نخستین بار بشر توانست از ترکیب مس و قلع آلیاژ محکمی به نام مفرغ (برنز) به دست آورد. از این آلیاژ برای تولید سلاح و اشیای مختلف استفاده می کرد.

در حدود هزاره سوم قبل از میلاد مسیح قبرس بزرگترین مرکز تولید مس در دنیا بود که از این لحاظ کلیه قدرتمندان آن زمان چون مصریان، آشوریها، یونانیان و ایرانیان چشم به آن سرزمین دوخته بودند. رومیان از حدود نیم قرن قبل از میلاد مسیح تا قرن اول میلادی بزرگترین معدنچیان جهان بودند. آنها مس را از معادن جنوب اسپانیا استخراج می کردند.

تاریخ کشف این فلز صنعتی در ایران به اواخر هزاره هفتم و ششم می رسد، گفته شده که در این زمان ایرانیان مس را از احیاء مالاکیت نیز بدست آورده اند.

ساکنان تل ابلیس نخستین قوم ایرانی بوده اند که کانسارهای سنگ مس کوههای پیرامون خویش را شناخته و به آن دسترسی یافته اند. مطالعه و بررسی اشیاء یافت شده مربوط به وسائل زندگی آنان نشان داد که ساکنان تل ابلیس در حدود ۶۰۰۰ سال پیش توانسته اند به ارزش و

اهمیت سنگ مس در اطراف دهکده خویش پی برده و بعد از استخراج و ذوب آن در ظروف سفالین اقدام به ساخت ادوات مسین نمایند.

کهن ترین منطقه ای که تاکنون آثار ذوب مس در آنجا بدست آمده در سیلک کاشان است که قدیم تر از تل ابلیس می باشد. در کنار اکثر معدن مس ایران آثار سرباره دیده می شود که نشان از ذوب مس و رونق معدنکاری در گذشته بوده است.

هزار سال طول کشید تا ایرانیان از عصر حجر به فلزات رو آوردند و کوره های مس را برای ذوب این فلز بر پا کردند. در اواسط هزاره چهارم قبل از میلاد ایرانیان با روش احیا و ذوب سنگ مس و ریخته گری قدم بزرگی در پیشرفت این صنعت برداشتند. برخی از آثار کشف شده در سیلک و معادن مس انارک و (طالمسی) به خصوص در مسگرآباد قزوین موید این مسئله است.

آلمان در طول قرون وسطی بزرگترین مرکز استخراج، متالورژی و تولید فرآورده های مس در دنیا بوده است. از اواسط قرن نوزدهم بود که تولید مس در دیگر کشورهای صنعتی رشد پیدا کرد.

صنعت مس در ایران همزمان با ورود آلمانیها به ایران در سال ۱۹۳۵ میلادی و ساختن کوره ذوب در انارک شکل گرفت. در سالهای ۱۲۷۶ تا ۱۳۲۰ هجری کارشناسان خارجی از معادن مس در نقاط مختلف ایران بازدید و مشخص کردند که در مناطق سرچشمه و کرمان معدن مس عظیمی از این فلز با ارزش وجود دارد.

۲-۳- صنعت مس و اهمیت آن : فلز مس به سبب کاربردهای گوناگون آن پس از فولاد یکی از مواد بنیادی و زیر بنایی است، فرآورده های آن به صورت مس کار شدهٔ خالص و آلیاژ در صنایع برق و الکترونیک و ترکیبات شیمیایی آن در صنایع آبکاری، شیشه سازی و سرامیک کاربرد دارد، این فلز چکش خوار و شکل پذیر بوده و قابلیت ترکیب با فلزات

گوناگون مانند قلع (تولیدبرنز) و روی (تولید برنج و نیکل و ،،،،) موارد مصرف بسیاری در صنعت دارد، بطور کلی ۵۳ درصد مس تولید شده در دنیا در صنایع الکتریکی، ۱۲ درصد در ساخت ماشین ها، ۱۶ درصد در مصالح ساختمانی و ۱۹ درصد باقیمانده در صنایع غذایی و شیمیایی مصرف می گردد. افزایش تولید معادن از یکصد هزار تن در سال ۱۸۶۰ به ۸ ملیون تن در سال ۱۹۷۰ نشان دهنده مصرف روز افزون این فلز است. کارخانه های فرآوری مس معمولاً مس خام ۹۱ درصد، مس بازیابی شده ۹۹/۵ درصد و مس کاتدی ۹۹/۹۵ درصد تولید می نمایند، قیمت یک تن مس بازیابی شده در سال ۱۹۷۵ معادل ۱۲٤۰ دلار بوده در حالیکه قیمت یک تن مس کاتدی در سال ۱۹۹۳ برابر ۲۵۰۰ دلار می باشد. میزان مس تولیدی در دنیا در سال ۱۹۷٤ بالغ بر ۸۷۱۹۰۰۰ تن بوده که از این مقدار آمریکا ۱۸ درصد، شیلی ۱٤ درصد، روسیه ۱۱ درصد، کانادا ۱۰ درصد، زامبیا ٦ درصد را تولید نموده اند. بیش از ۹۰ درصد مس تولیدی دنیا در سه منطقه به مصرف می رسد، اروپای غربی ٤۰ درصد، آمریکای شمالی ۳۸ درصد و ژاپن ۱۵ درصد. معادن بزرگ مس در آمریکا و شیلی مجموعاً طی سال ۱۹۹۰ بیش از ٤۵ درصد مصرف دنیای غرب را تامین کرده اند، تولیدکنندگان اصلی مس پالایش شده در جهان آمریکا، شیلی، و ژاپن هستند که مجموعاً نیمی از تولیدات جهان متعلق به آنهاست.

۳-۳- ریخت کانسار

در بخش زمین شناسی منطقه‌ای نوشته شد مجموعهٔ واحدهای کربناته که کانسار مس را در خود جای داده مربوط به واحد *A* از سازند میلا در زاگرس می باشد.

در این مجموعه کربناته حداقل سه افق در جایگاه نابرابر با ترکیب دولومیتی به رنگ قهوه ای با گرایش به نخودی دیده می شود که کانه دار است. دو لایه پایینی و میانی لایه کانه دار اصلی و لایه سوم که بالاترین بخش از واحد *A* می باشد، فرعی تر است. در لایه میانی در بخشی که کارگاه *M13* واقع شده دانه های پراکنده سولفور سرب به چشم می خورد که دارای نظم ویژه ای است و گاهی اکسیده شده است.

افق پایینی در تراز ۲۵۷۰ متر و میانی در ۲۶۱۰ متر و با احتساب ٤٠ متر اختلاف از یکدیگر افراز دارند، این در حالی است که افق سوم در تراز ۲۶۲۰ و با ۱۰ متر اختلاف نسبت به افق دوم قرار گرفته است، به دیگر سخن افق های دوم و سوم نزدیک هم و در فاصله ۱۰ متری از یکدیگرند.

مهمترین نتیجه مثبت همانا بیان رسوبی بودن کانسار و کنترل کردن تکتونیک در تمرکز بعدی و غنی شدگی کانی سازی است. به دیگر سخن همزمان با تشکیل رسوب های کربناتی در دوره کامبرین، در محیط رسوبی سولفورهای سرب در کارگاه *(M13)* و مس و اکسیدهای آهن رو به افزایش بوده و امکان دارد به علت یک فعالیت ماگمایی زیردریایی باشد، دانه های سولفور بصورت پراکنده در رسوب و یا به صورت لایه های کم ضخامت با نظم ویژه می توانند جایگیر شوند.

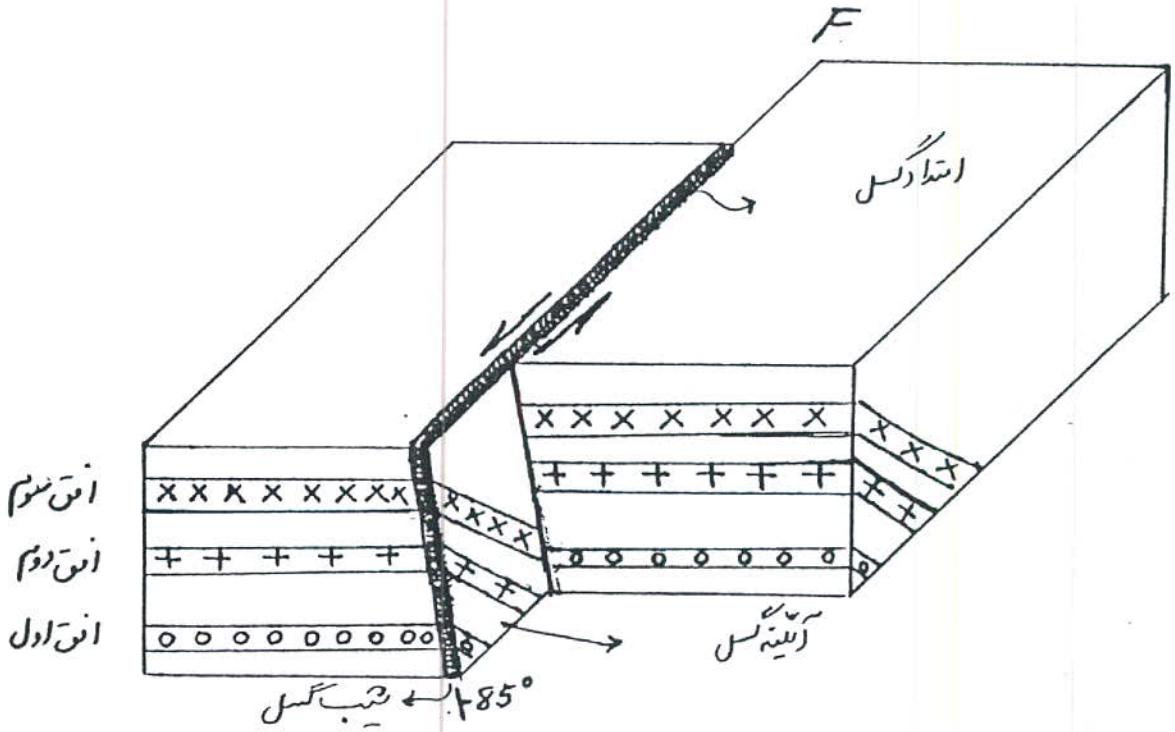
در راستای درزه ها پدیده توجه برانگیزی وجود دارد که نشان می دهد، محلول آهن دار و یا باردار از جسم کالبد لایه گذر کرده و مقداری از کانه را به درون درزه ها و شکافهای سیستم چیره در ناحیه جای داده است (تصویردهم).

بنابراین رگه های کانه دار با توجه به سیستم شکستگیها، از لایه های کانه دار خوراک گرفته و این به هنگامی صورت گرفته که لایه های کانه دار اصلی سخت شده‌و چین خورده بوده است و درزه هایی هم در آن و دیگر سنگها شکل گرفته بوده است و نتیجه اینکه محلول باردار آهنی و یا بی بار پس از چین خوردگی و تاقدیس سازی به واحد دربرگیرنده کانسار یورش برده و تغییراتی را در آن بوجود آورده است.

مهمترین عنصر ساختاری در گسترهٔ خونگاه که بر تاقدیس اثر کرده، گسلهٔ فشاری دنا با شیب حدود ۱۰ درجه به سوی شمال خاوری است که کم وبیش موازی محور تاقدیس است. این گسل بر لایه های کانه دار اثری چند گذارده است.

از دیگر سیستم گسل ها که از اهمیت ویژه ای برخوردار است، دارای راستای شمال خاوری - جنوب باختری است که واحدهای سنگی دربرگیرنده کانسار را بریده و بر آنها اثر گذارده است. کارگاههای استخراجی اعم از شدادی و عهد حاضر در راستای همین گسل ها است. بنابراین غنی شدگی کانسار در راستای گسل های عرضی در محل بریدگی افق های کانه‌دار است.

در این مطالعات مشخص شد، زون کانه دار، محدوده ایست پرتحرک و گسلیده که از یک سو به گسل *F1* در پایانه جنوب خاوری و از سوی دیگر به گسل *F5* در باختر خاتمه می‌پذیرد، اگر چه کارگاه شدادی کوچکی که بصورت یک حفره ۱/۵ × ۱/۵ می باشد در امتداد گسل *F6* دیده می شود، اما استخراج ژرفی در آن صورت نپذیرفته است. کلیه کارگاههای استخراجی اعم از شدادی و عهد حاضر که از قسمتهای سطحی و در برخی از بخش های عمقی سنگهای کانه دار مس را استخراج و حمل نموده اند در همین محدوده مورد گفتگو جای دارد. در حال حاضر انبوهه‌ایی از سنگهای اکسیده و کربنات مس (آزوریت، مالاکیت، کوپریت) در مقابل دهانه تونل انباشته شده است،(حدود ۱۰ تن).



مدل کانیسازی هیدروترمال مس در افق‌های کانه‌دار در راستای گسل‌های عرضی چپ‌لغز

٤-٣- شرح کارگاهها

معدن مس خونگاه در سنگهای کربناتی (آهک و دولومیت) سازند میلا واقع شده و از دیرباز مورد توجه اکتشافگران و معدنکاوان بوده است. در محدوده معدنی خونگاه آثار معدنکاری باستانی (شدادی) و کندوکاوهای معدنی مربوط به دهه های اخیر در اشکال و ابعاد متفاوت، در سطح و قعر زمین، دیده می شود. در این مطالعه، تعداد ۱۳ کارگاه معدنی مورد بازدید، نمونه برداری و بررسی قرار گرفته است. در یک نگاه اجمالی می توان گفت که کارگاههای معدنی *M1* تا *M12* در محدوده ای به شکل متوازی الاضلاع و به وسعت تقریبی ۱۲۰۰۰ مترمربع و کارگاه *M13* با فاصله ای از سایر کارگاهها در شمال باختر آنها واقع شده است.

در معدن مس خونگاه دو یا سه افق معدنی اولیه (سن ژنتیک) شناسایی شده (پورکاسب، ۱۹۸۸) است و کارگاههای معدنی، با پذیرش جابجایی هایی که در اثر عملکرد تکتونیک صورت گرفته، دست کم در دو افق زیرین و بالایی ردیف شده اند.

از سوی دیگر یک سری گسله های عرضی این مجموعه را قطع و جابجا کرده‌اند که در سطح گسله ها و شکافهایی که ایجاد شده آثار کانی سازی مس بصورت مالاکیت و آزوریت دیده می شود. گسله های عرضی *F1* و*F5* به ترتیب دو حد خاوری و باختری محدوده را تشکیل می دهند.

در این بخش از نوشتار مشخصات کارگاهها، نمونه برداری و نتایج مطالعات انجام شده (پیوست های ۱و۲ گزارش) شرح داده می شود و برای اطلاع بیشتر از وضعیت زمین شناسی افق های کانه دار و سیستم های گسله ها، به بخش زمین شناسی و تکتونیک در این نوشتار مراجعه گردد.

جدول (۱) مشخصات نمونه های مأخوذه و ارسالی به آزمایشگاهها را نشان می دهد.

۱-٤-۳- کارگاه *M1* : این کارگاه شامل مجموعه کندوکاوهای معدنی باستانی و معدنکاری جدید است. یک حلقه تونل درجهت *N10E* و به طول ٥٤ متر توسط آقای زاهدی بهره بردار سابق معدن حفر شده است(تصویریازدهم).

در دهانهٔ تونل، شیل های ارغوانی همراه یا دو افق کوارتزیتی سفید رنگ مربوط به بخش پایانی سازند لالون برونزد دارند. سازند میلا در آغاز با یک واحد دولومیتی خاکستری روشن رنگ بر روی نهشته های قدیمی تر نشسته است. این تونل در مجموعه سنگهای کربناته میلا حفر شده و در داخل آن دو رخسارهٔ فاقد کانه و کانه دار قابل تفکیک است. ابتدا یک سنگ کربناته روشن و تقریباً فاقد کانه و پس از آن سنگ کربناته ای که رنگ خاکستری تا قهوه ای دارد و بشدت درزه‌دار است و در درزه های آن کانی سازی مس (مالاکیت و آزوریت کانه های غالب هستند) دیده می شود. این رخساره در حقیقت افق کانه دار زیرین را در میلا تشکیل می دهد.

در فاصله ۲۸ متری از دهانه، یک حفره در سمت *N70E* و به شکل سنگر و به ابعاد ۲ متر حفر شده است. در فاصله ۵ متری از این سنگر، دستکی با جهت *N70E* و بطول ١٦ متر و سراسر در یک رخسارهٔ کانه دار به شرح فوق، وجود دارد. سنگ کربناته دراین دستک بسیار خرد شده و درزه دار است و آثار مالاکیت و آزوریت به وفور در درزه‌ها دیده می شود. بنظر می رسد که این دستک در راستایی حفر شده که در صورت ادامه به کارگاه *M2* وصل گردد. از این دستک تا انتهای تونل، بطول ۲۱ متر، نیز در همین رخسارهٔ کانه دار کار شده است. نظر به اینکه شیب و امتداد افق کربناته کانه دار تقریباً *N20W/40NE* است، و تونل در راستای *N10E* حفر شده، آنچه را که در طول تونل از این افق ظاهر شده، ضخامت غیرواقعی آن خواهد بود و بلکه ستبرای حقیقی آن بسی کمتر از چیزی است که در راستای تونل مظهر یافته است.

در فاصله ۵ متری از دستک نامبرده، یک گزنگ شیب دار و قدیمی با حدود ۳۵ درجه شیب

در جهت *N70E* وجود دارد که ابعاد دهانهٔ آن حدود یک متر است و عمق آن برای ما مشخص نیست. در بدنه این کار معدنی قدیمی نیز کانی سازی مس بصورت مالاکیت و آزوریت دیده می شود. در ادامه گزنگ مزبور یک دویل به سمت جنوب غرب باز شده که در سطح زمین به کارگاههای *M10* و *M11* راه می یابد. در سمت شمالی این دویل یک سنگر به ابعاد چند متر وجود دارد و یک هواکش که به بیرون راه دارد. عبور از مسیر این هواکش مقدور نشد و برای ما مشخص نیست که از کجا به بیرون زمین راه یافته است. به هر حال همهٔ این کارها(بجز تونل و دستک) قدیمی هستند و سنگ میزبانی که در آن کندوکاوها صورت گرفته همچنان همان افق کانه دار فوق الذکر است. در محل این دویل و سنگر یاد شده نیز آثار کانی سازی غنی تر و بوفوراست. در کارگاه *M1* تعداد ۸ نمونه (جدول مشخصات) به شرح زیر برداشت شد:

یک نمونه از دهانهٔ ورودی دستک یاد شده، از دو سوی بدنه آن *(M1-3A)* که مقدار مس در این بخش ۰/۸۵ درصد بدست آمدنمونه *M1-2A* از ٦ متر طول پایانه این دستک و از دو سوی بدنه آن اخذ شده است. این نمونه مس و نقره بالایی را نشان داده است. مقدار مس در آن ۵/۷۰ درصد و نقره ۱۲۱ گرم در تن بدست آمد(پیوست شماره ۱). بطوریکه ذکر شد، دستک مورد نظر در واحد کانه دار حفر شده بود و با توجه به مشاهدات صحرایی، چنین در صدی از مس در آن انتظار می رفت. مالاکیت و آزوریت از کانه های هیدروکربناتهٔ مس، و مشهود در این نمونه ها هستند.

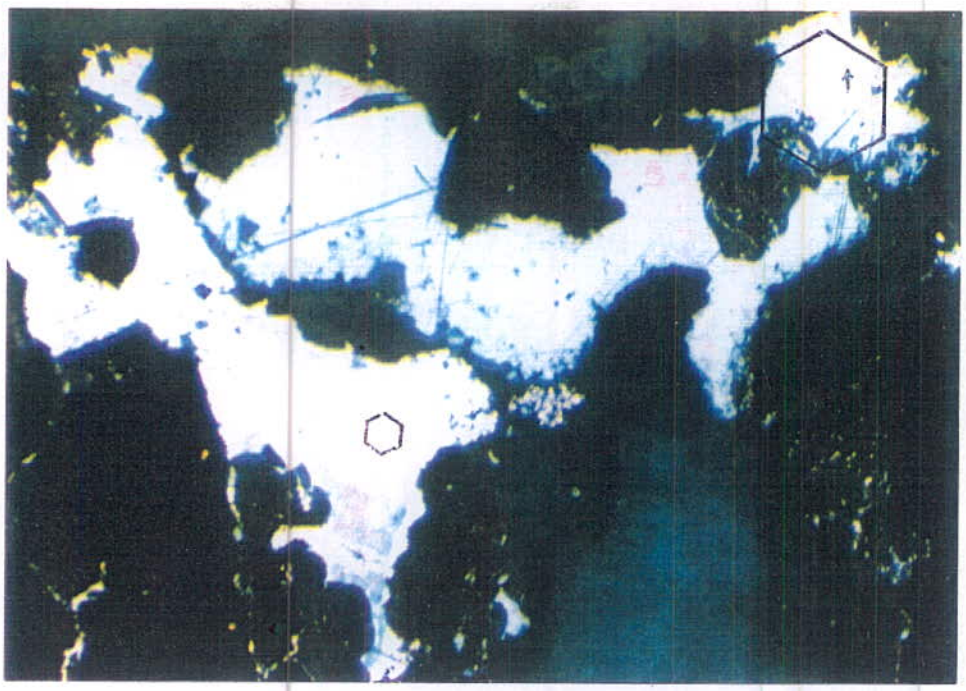
از دستک یاد شده تا انتهای تونل، فوق نمونه های *M1-5A, M1-4A* و *M1-6A* را از دو سوی بدنه تونل و با فواصل ۵ متری برداشته ایم. بدینصورت که هر نمونه پس از دستک و به سمت انتهای تونل، معرف ۵ متر طول تونل از دو سوی بدنه تونل می باشد. قبلاً یادآوری شده بود که تمام تونل بعد از سنگر یاد شده در رخساره کانه دار حفر شده ولی همه این طول معرف

ضخامت حقیقی واحد کانه دار کربناته نیست. اما به هرحال وجود درز و ترک های فراوان و حضور هیدروکربناتهای مس در این درزه‌ها، از خاصه های مشهود در این کارگاه است. مقدار مس در این نمونه ها به ترتیب ۱/۰۹، ۲/۱٤ و ۰/٤ درصد می باشد(جدول مشخصات وپیوست ۱). نمونه های *M1-7A* و*M1-8A* از دویل که در ادامه جنوب غربی دستک حفر شده و شرح آن گذشت، بترتیب از یک رگه با مشخصات *N85E/7ONW* و از سنگ بدنه و دربرگیرندهٔ رگه اخذ شده اند. مقدار مس در این دو نمونه به ترتیب ۰/۳۱ و ۰/۳۲ درصد بدست آمد.

در فاصله ۲٤ متری از دهانه تونل، یک سیستم شکستگی با مختصات *N40W/40NE* دیده می شود که در سطح شکست آن فیلم نازکی از نمونه *M1-1X* تشکیل شده بود که با چرت و مواد ارگانیک همراه بود. این نمونه در مطالعهٔ *XRD* چیزی جز دولومیت بازتاب نیافته بود. در مورد همه نمونه های ارسالی به آزمایشگاه *XRD* توضیح این نکته ضروری است که در آنالیز منیرالوژیکی به روش *XRD* (پراش اشعه ایکس) بعلت ضریب جذب بالای اشعه، عناصر فلزی که دارای درصدهای پایینی از تمرکز باشند، قابل بازتاب و تشخیص نیستند وجهت تشخیص مینرالهای فلزی نیاز به تغلیظ و یا نمونه با عیار بالا می باشد. یک نمونه از محل دپوی جلوی کارگاه *M1* (تونل) به شماره *D-47PO* بصورت انتخابی برداشت شد و برای شناخت پاراژنز کانه ای مورد مطالعه قرار گرفت (پیوست شماره ۲).

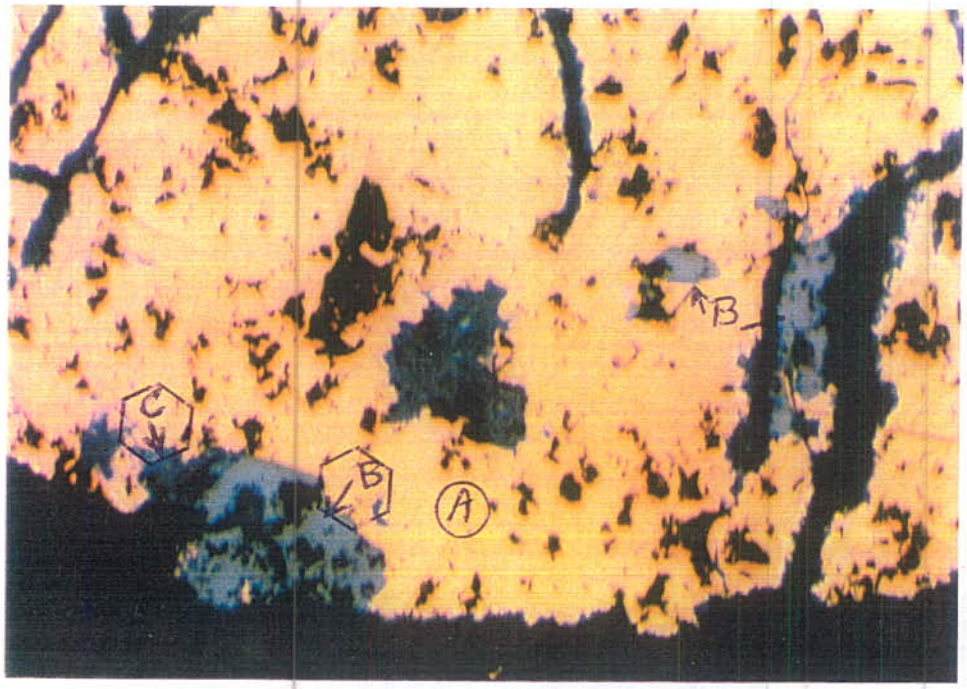
کانه زایی در این نمونه بصورت رگه ای به ضخامت ۱/۳ میلیمتر است. بافت جزیره ای (تصویر*P6*) حاصل از دگرسانی بورنیت و فرآورده های ثانویه فراگیر، از نمودهای بافتی در این نمونه است. در بخشهایی از نمونه آثار ریزدانه پیریت و کالکوپیریت هم دیده می شود. مجموعه کانه های مشهود در آن عبارتند از : کالکوسیت، کوولیت، دلافوزیت، پسودوتنوریت، کوپریت، مس آزاد و مالاکیت و آزوریت.

در شکل (دوازدهم) محل نمونه های مأخوذه، از کارگاه *M1* بازتاب یافته است. بطور کلی با



تصویر P6 : در گوشه بالایی عکس نمایی از بافت جزیره ای بورنیت که بوسیله فرآورده های ثانوی کالکوسیت و ریزبلورهای مس آزاد (native copper) در بر گرفته شده است.
علامت گوشه پایینی عکس مبین وجود کوپریت است که نسبت به کالکوسیت از قدرت انعکاس بالاتر برخوردار می باشد.

بزرگنمایی (12.5×20X)



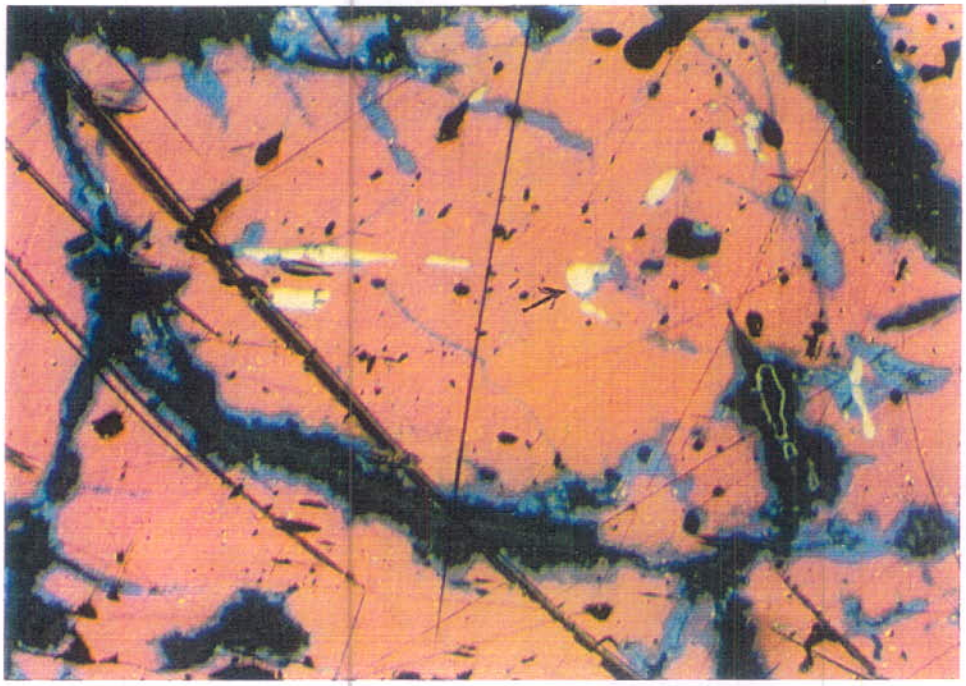
تصویر P7 : منظره ای از بورنیت نارنجی که بوسیله رگچه هایی ایدائیت و کوولیت قطع شده است.

A = chalcopyrite

B = Idaite

C = Covellite

بزرگنمایی (12.5×20X)



تصویر شماره P14 : نمایی از انکلوزیونهای تیغه ای و بیضی شکل تتراندریت ـفازآبی روشن که بافلش مشخص شده است) در داخل بورنیت (فازقهوه ای رنگ) را نشان می دهد. زمینه بورنیت خود بوسیله ریزشکافهایی فرا گرفته شده که در حاشیه آنها فرآورده‌هایی از کالکوسیت - کوولیت مشاهده می شود.

بزرگنمایی (12.5×20X)

شرحی که گذشت، تعداد ٦ نمونه از کارگاه *M1* مورد آنالیز قرار گرفته و برآن اساس میانگین عیار مس در آن ١/٦٦ درصد بدست می آید. اما آنچه که مایهٔ ارزش و اعتبار یاد شده می شود آن است که افق کانه دار مربوطه اولاً ضخامت خوبی دارد و ثانیاً تراکم درزه های کانه دار در آن فوق العاده است. در متن سنگ دولومیتی خرد شده و درزه‌دار نیز گهگاه کانه های مس مشاهده می شود.

تصویر (یازدهم)- دهانه تونل در کارگاه *M1* که در جهت *N10E* حفر شده است. واحد شیلی قرمز رنگ قاعدهٔ میلا و کوارتزیت فوقانی سفید رنگ در دهانه تونل رخنمون یافته اند. (نگاه به سوی شمال خاوری)

تصویر(سیزدهم)- طبقه ای از سنگ کربناته کانه دار به ضخامت حدود یک متر با آثاری از هیدروکربناتهای مس در کارگاه *M2*. (نگاه بسوی شمال باختری)

۲-٤-۳- کارگاه *M2* : کارگاه *M2* شامل دو جبهه کار معدنی و کندوکاو سطحی در سینه برونزد دولومیتی قهوه ای تا کرم رنگ و نخودی، و یک مورد کار معدنی ژرف و قدیمی است. این کارگاه در حد خاوری محدوده واقع شده است.

الف : بخشی از این کارگاه بصورت یک گالری در جهت *N-S* و به طول حدود ۵ متر و پهنای ۱/۵ متر است، که بستر آن از خاک سطحی پر شده است. کندوکاو در بدنه برونزد دولومیتی فاقد لایه بندی و شکسته شده و خرد شده صورت گرفته است. در حاشیه غربی آن یک برونزد از آهک دولومیتی خاکستری رنگ واجد لایه بندی *(N30W/30NE)* وجود دارد. کانه سازی در این گالری در جهت شکستگی ها و درزه های با روند *N45E* و*N80E* دیده می شود. مالاکیت و آزوریت کانه غالب را تشکیل می دهند و بندرت رگچه هایی از احیاناً سولفید مس به رنگ ظاهری قهوه ای تیره تا سیاه، به چشم می خورند.

ب - بخش دیگری از این کارگاه، گالری دیگری به موازات کارقبلی است. عرض آن ٤ متر و طول آن ۷ متر و عمق آن حدود ۲ متر و بیشتر است. کف کارگاه با قطعات آواری و خاک پر شده است. در شکستگی های دیوارهٔ، باختری آن در جهت *N60-80E* و به پهنای چند سانتی متر کانی سازی مس دیده می شود، که عمدتاًاز هیدروکربناتهای مس هستند.

ج - بخش اصلی کارگاه *M2* هم از جهت ابعاد کار معدنی و هم به لحاظ تمرکز کانی سازی، شامل یک فضای کنده کاری و یک کار ژرف قدیمی است. در این فضا بخشی از برونزدهای کانه دار کربناتی (دولومیتی) بسیار خرد شده و درزه دار مورد بحث (از رخساره کانه‌دار) ظاهر شده است. همچنین در بدنهٔ جبهه شمالی این فضا، طبقه ای از دولومیت به ضخامت حدود ۱ متر، کانه دار و همخواب با لایه بندی مجموعه رخنمونها، برونزد یافته است. این طبقه در همین کارگاه فقط حدود ٦ متر قابل تعقیب است.(تصویرسیزدهم).

کار معدنی قدیمی در جهت شکستگی *N80E* و در رخسارهٔ دولومیتی درزه دار انجام شده و

در کانسنگهای آن آثار مالاکیت و آزوریت، کوولیت و کالکوپیریت دیده شده است. پهنای این شکستگی حدود ۰/۵ متر و ژرفای کار نامشخص است (تصویرچهاردهم). در حاشیه خاوری کارگاه *M2*، محلی از دپوی سرباره های ذوب *(Slag)* دیده می شود که حاکی از قدمت معدنکاری در این معدن و استحصال مس از طریق ذوب کانسنگهاست (تصویرپانزدهم).

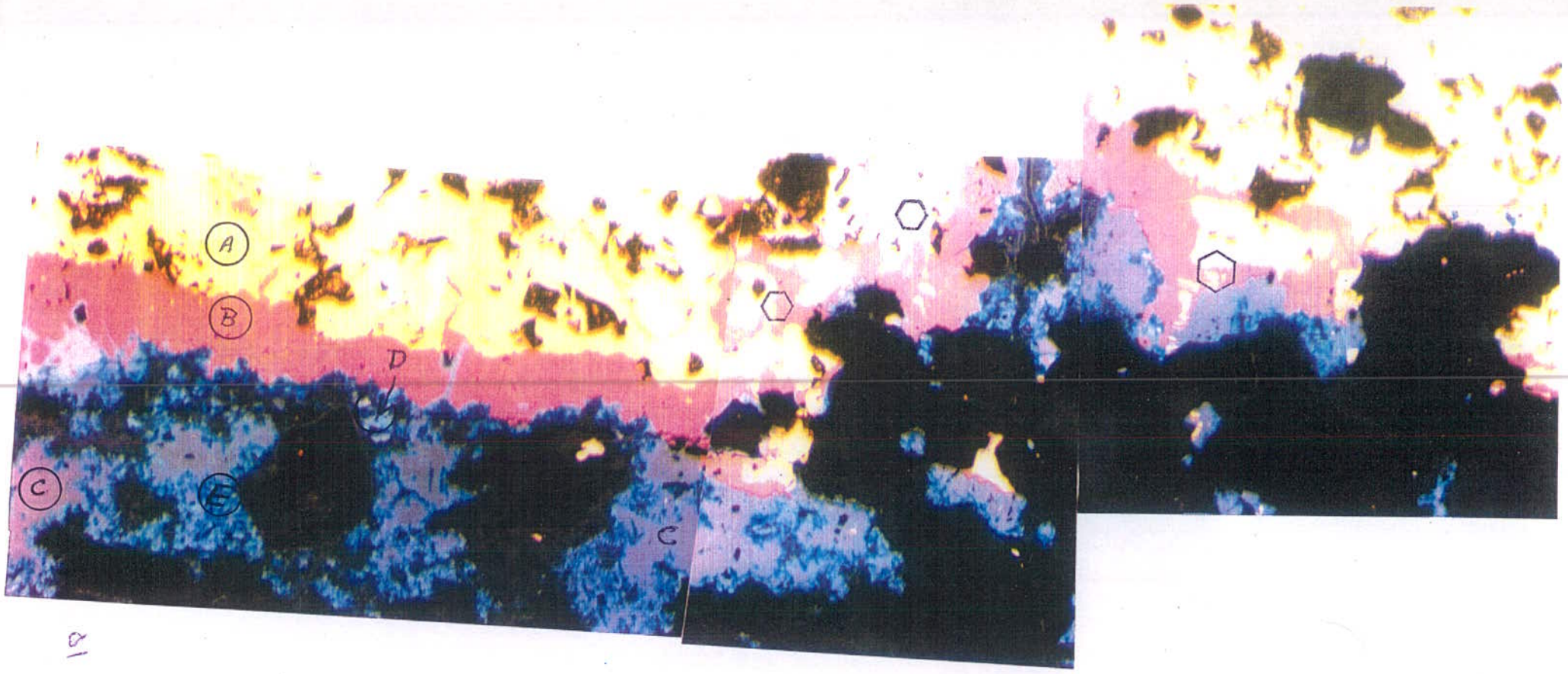
تعداد ۸ نمونه از بخشهای مختلف کارگاه *M2* (بشرح جدول مشخصات) جهت مطالعات مختلف آنالیز شیمی ، کانی شناسی و مینرالوگرافی، اخذ شده است. نمونه *M2-9A* از قسمتهای کانه دار بخش (الف) این کارگاه و بطور پراکنده برداشت شده و لذا مقدار مس در آن بالاست (٤/٦ درصد). سنگ کربناته در این بخش، صرفاً در محل های درزه ها و شکستگی ها حاوی مس است و این جزء ناچیزی از حجم سنگ میزبان درزه ها را تشکیل می دهد. نمونه *M2-10A* نیز وضعیت مشابهی را دربخش (ب) کارگاه *M2* دارد. این نمونه از درون شکافهایی با جهت *N80E* (به ضخامت تا ۷ سانتی متر) و *N60E*(به پهنای تا ۱۰ سانتی متر) که گسترش طولی محدوده چند متری دارند، اخذ شده است. مقدار مس در این نمونه ۵/۳۹ درصد بوده است.

نمونه های *M2-12X, M2-11A* از طبقه کانه دار (تصویرسیزدهم)، نمونه های *M2-13A, M2-15Po, M2-14X,* از محل کار شدادی (تصویرچهاردهم) و نمونه *M2-16A* از سنگ کربناته دولومیتی درزه دار و کانه دار کارگاه *M2* اخذ شده اند. نتایج حاصل از مطالعات در جدول مشخصات پیوست آمده است. عیار مس در نمونه ها از ۰/۷٤ درصد تا ۱/۹۳ و ۲/۵۹ درصد بوده، اما از نکات قابل ذکر یکی همراهی باریت با کوارتز و کربنات در گانگ، و دیگری مینرالوژی متنوع کانه های اولیه و ثانویه مس و سرب (نمونهٔ*M2-15PO*) در کارگاه شدادی است (پیوست شماره ۲ گزارش). پاراژنز کانه ای نمونه شامل مانیتیت، کالکوپیریت،

تصویر (چهاردهم)- کار شدادی در کارگاه *M2* که در راستای *N80E* انجام شده است.
(نگاه بسوی باختر)

تصویر (پانزدهم)- دپوی سرباره‌های ذوب در شرق کارگاه *M2*.

بورنیت، گالن، تترائیدریت، دیجنیت، کالکوسیت، کوولیت، سروزیت، آزوریت و مالاکیت است. بافت های واخوردگی بورنیت از کالکوپیریت *(exsolution tex* درتصویر *P1*)،تزریق گالن تأخیری در کانه های کالکوپیریت و بورنیت (تصویر*P2*)، هم رشدی گالن و تترائدریت در درون کالکوپیریت (تصویر*P3*) و بافت جزیره ای کالکوپیریت که بوسیله فرآورده های ثانویه محاط شده (تصویر*P4*) از نمودهای بافتی جالب در نمونه *M2-15PO* به شمار می آیند. در تصویر *P5* بلورهای کوولیت و دیجنیت ثانویه درحاشیه بورنیت و کالکوپیریت دیده می شوند. بر اساس آنالیزهای انجام شده از کارگاه *M2*، عیار متوسط مس ۳/۰۵ درصد بدست آمده است، ولی علیرغم آن می توان عیار ۲ درصد مس را برای بخش (ج) این کارگاه، و نه همهٔ آن، معتبر دانست.

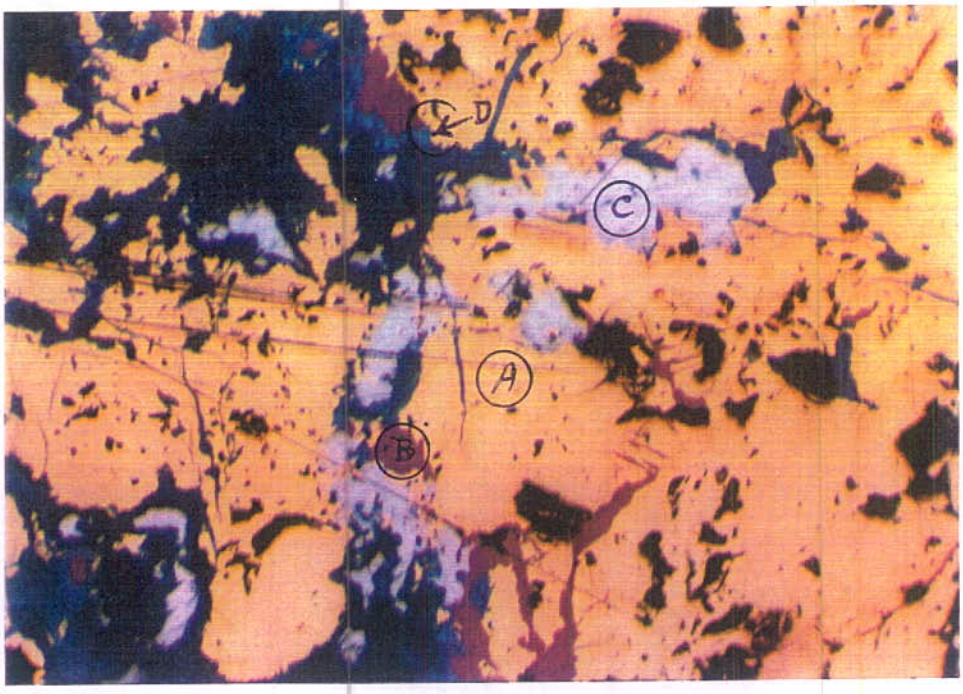


تصویر P1 : نمایی از بافت اکسولوشن بین کالکوپیریت (فازمیزبان) و بورنیت (فازواخورده exsolved) که در اثر فرآیندهای ثانویه به فرآورده های دیجنیت -کالکوسیت و کوولیت تبدیل شده اند.

A = chalcopyrite C= digenite E= covellite

B= bornite D= chalcocite ⬡ = exsolution texture

بزرگنمایی (12.5×20X)

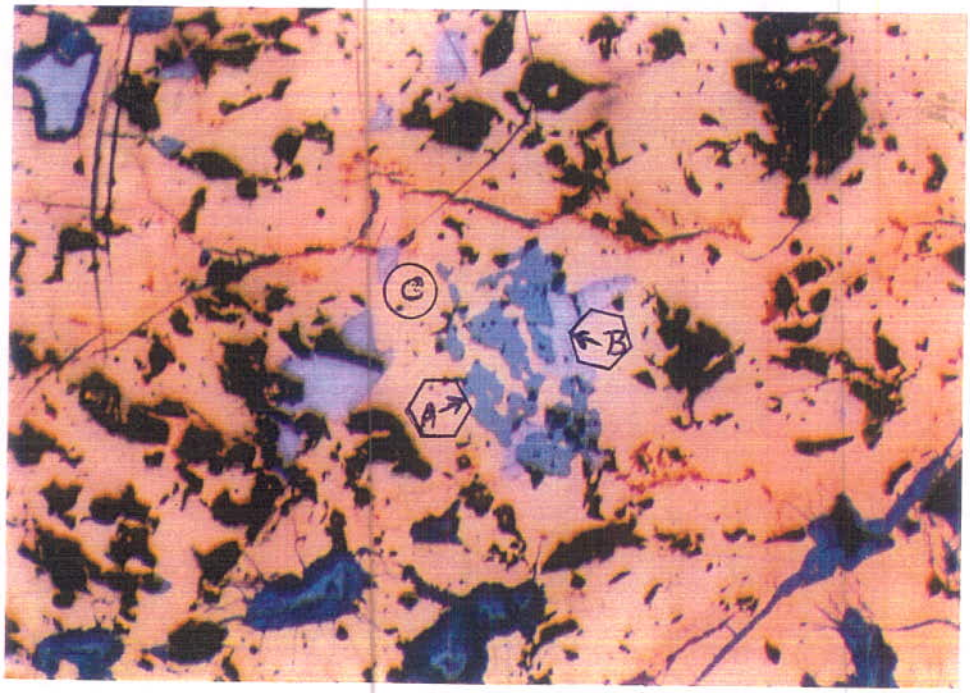


تصویرP2 : نمایی از بافت تزریقی که طی یک فاز تاخیری گالن توانسته کانیهای کالکوپیریت و بورنیت را قطع نماید.

A = chalcopyrite C = galena

B = bornite D = secondary covellite

بزرگنمایی (12.5×20X)

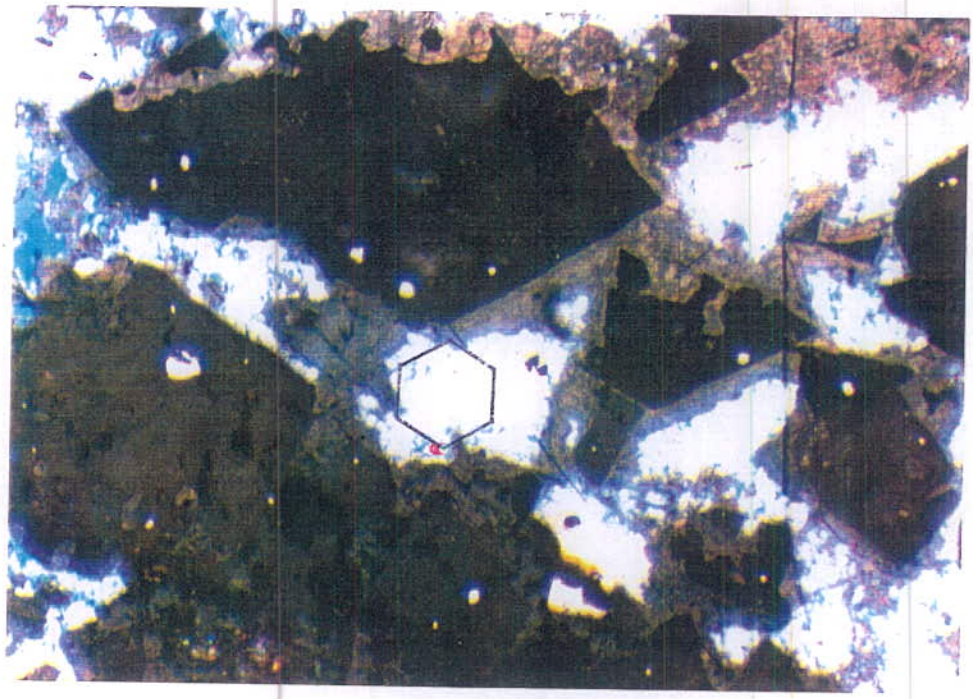


تصویرP3 : نمایی از همرشدی گالن و تترائدریت در داخل کالکوپیریت

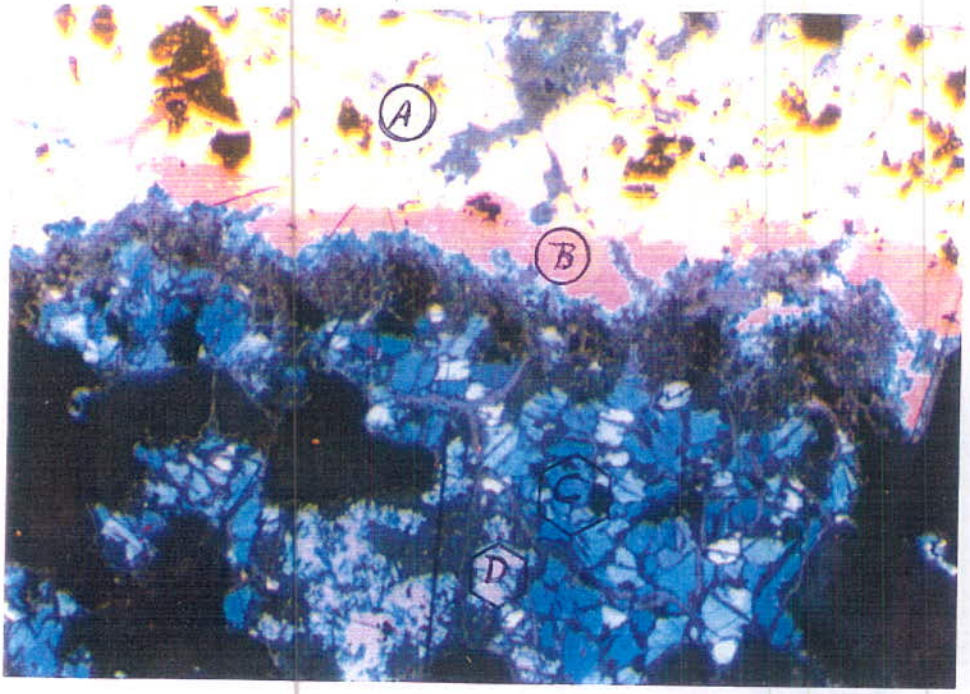
A = tetrahedrite

B = galena

C = chalcopyrite بزرگنمایی (12.5×20X)



تصویرP4 : نمایی از بافت جزیره‌ای (island like tex) که در آن بقایایی از بلور اولیه کالکوپیریت بوسیله فرآورده های ثانویه دیجنیت و کوولیت در بر گرفته شده است.
تصویر بزرگنمایی (12.5×20X)



تصویر شماره P5 : نمایی از بلورهای یکنواخت آبی رنگ کوولیت که در حاشیه بورنیت و کالکوپیریت و به حالت ثانویه تشکیل شده اند. در کنار آنها آثاری از بلورهای دیجنیت مشاهده می شود.

A = chalcopyrite D = digenite

B = bornite

C = covellite (even grained) بزرگنمایی (12.5×20X)

۳-٤-۳- کارگاه *M3* : این کارگاه در فاصله ۱۰ متری از کارگاه *M2* و در بالادست شمالی آن واقع شده است. کارگاه *M3* در روند یک شکستگی بزرگ با امتداد *N70W*، یک کار معدنی شدادی به ژرفای نامعین و شیب تقریباً قایم است. سنگ دیوارهٔ آن دولومیتی و آهک دولومیتی شکسته شده، خردشده و بلوک بلوک است. پهنای شکاف معدنی به بیش از یک متر هم می رسد. بخشی از سنگها در اثر عملکرد تکتونیک حالت برشی دارند.

آثار کانه سازی مس بصورت ضعیف و به شکل فرآورده های ثانویه مالاکیت و آزوریت به چشم می خورد. از دهانه این کارگاه، یک شکستگی با روند *N60E* و شیب بسوی شمال باخترعبور می کند که ادامه باختری کارگاه *M2* را قطع می نماید. سنگهای کربناته میزبان کانه سازی در این کارگاه رنگ خاکستری تا قهوه‌ای و نخودی دارند.

مالاکیت در درزه ها و شکستگی های با روند *N60E* و به پهنای تا ۱۰ سانتی متر و بصورت لکه هایی در سطح سنگ کربناته دیده می شود. هیدروکسیدهای آهن از همراهان کانه های مس هستند.

نمونهٔ *M3-17A* از بخشهای کانه دار در درزه‌ها و نمونهٔ *M3-18A* از سنگ کمر بالا و پایین کارگاه اخذ شدند. برابر انتظار نمونه اول ۱/۲۳ درصد و نمونه دیگر ۰/۰٦ درصد مس داشته است. بطوریکه ذکر شد نمونه ها مربوط به بخشهای دسترس در کارگاه هستند وگمان داریم که کانه های ثانویه مس، از افق های کانه‌دار شسته شده و در سطوح درزه ها و شکستگی ها تجمع یافته اند. بدین ترتیب میانگین مس در این کارگاه ۰/٦۵ درصد بدست می آید.

٤-٤-٣- کارگاه *M4* : کارگاه *M4* در باختر و شمال باختر کارگاه *M3* قرار دارد. بخشی از معدنکاری قدیمی در این کارگاه در راستای یک شکستگی سراسری با روند *N60E* و قسمتی هم بصورت ترانشه (احتمالاً درچند دهه‌اخیر) انجام شده است. عمق و پهنای ترانشه جابجا از یک متر و یا بیشتر متفاوت می باشد. طول ترانشه به چند ده متر می رسد. کانی سازی مالاکیت و آزوریت گهگاه در بدنه سنگ دولومیتی خرد شده و برشی و در سطح درز و شکاف دیده می‌شود.

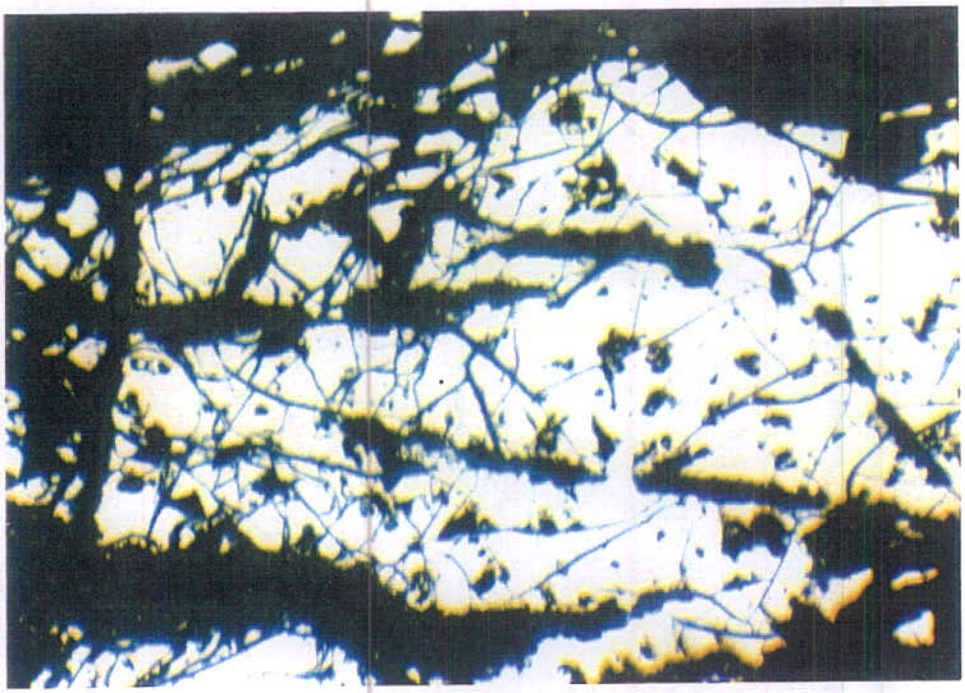
کار اصلی درجهت شکستگی *N75E/83NW* به شکل دخمه شدادی و شیب تقریباً قایم صورت گرفته است، که قعر آن مشخص نیست.پهنای زون کار شده در این شکستگی نیم تا یک مترو گاه بیشتر است (تصویرشانزدهم). در بالادست این شکستگی یک محل سنگر مانند به ابعاد یک متر دیده می شود. کانی سازی بصورت آزوریت و مالاکیت و گهگاه کالکوسیت و کوولیت، تقریباً در سطوح درزه ها و شکافهای بسیاری دیده می شود. سنگ کانه دار یک دولومیت نخودی رنگ و تکتونیزه و خرد شده است. طبقات روی زون کانه دار دارای لایه بندی هستند*(N30W/45NE)*.

در دیواره شمالی ترانشه سراسری فوق الذکر *(N60E)* در روند شکستگی های *N40E* تا *N70E* گاه رگچه هایی از کانه های مس بچشم می خورد. بنظر می رسد که بخشی از کانه سازی در این کارگاه لایه ای و اولیه باشد. این امر در ادامه شمال خاوری کار شدادی *M4* و درزیر لایه بندی دولومیت ها بهتر آشکار است. ضخامت آن حدود ۳۰ سانتی متر است. ولی ادامه آن به دلیل تکتونیک شدید قابل تعقیب نیست. کانه سازی لایه ای شکل مس در این بخش با اکسید آهن بیشتری همراه است.

نمونه های *M4-19A* و*M4-20PO* از طول ترانشه و بدنه سنگها در جبهه شمالی آن و نمونه *M4-21A* از کارگاه شدادی *M4* برداشت شد.

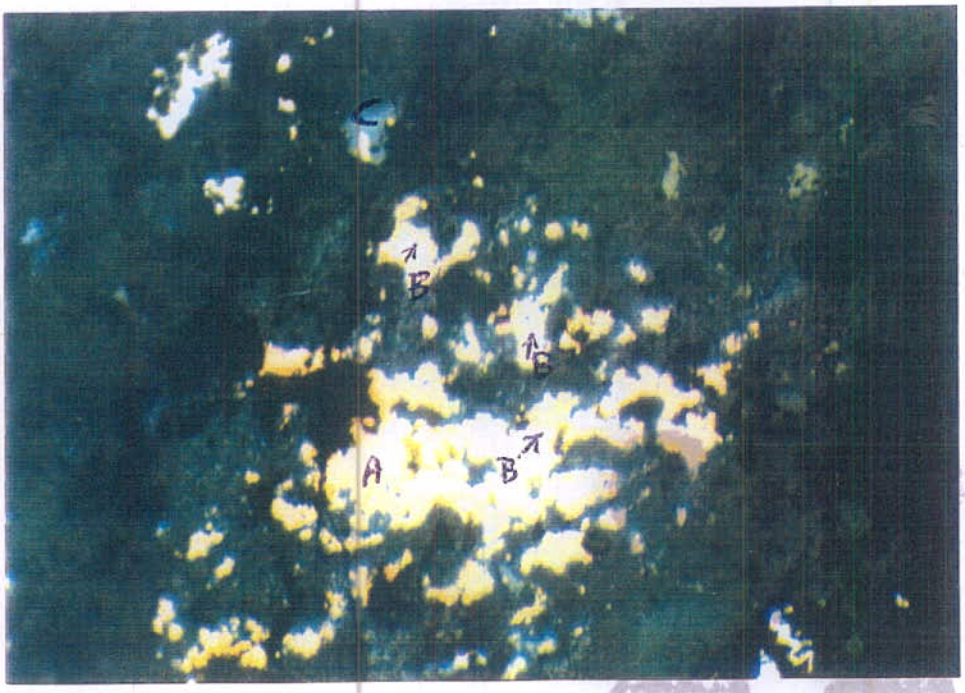
دو نمونه برای مس آنالیز شد و یک نمونه مورد مطالعه مینرالوگرافی قرار گرفت(جدول مشخصات و پیوست ها).

مقدار مس در دو نمونه ۰/۹۱ و ۱/۱۰ درصد بدست آمد. نمونه *M4-20PO* در مطالعه صیقلی اجتماعی از کانه های اولیه و ثانویه مس را آشکار ساخت. کالکوپیریت و بورنیت (کانه های اولیه) و دیجنیت، کالکوسیت، کوولیت، آزوریت و مالاکیت (فرآورده های ثانویه) مجموعه پاراژنز کانه‌ای این نمونه را تشکیل داده اند. در تصویر *P9* همرشدی کانه های اولیه و محصولات ثانویه آنها نشان داده شد. عیار متوسط مس دراین کارگاه ۱ درصد است.



تصویر P8 : نشاندهنده بافت کاتاکلاستیک در کالکوسیت - دیجنیت و جانشینی هیدروکربناتهای مس در رگچه های موجود است.

بزرگنمایی (12.5 ×20X)



تصویر P9 : نمایی از همرشدی کالکوپیریت و بورنیت بعنوان کانه های اولیه کانی سازی که متاثر از کانی سازی ثانویه کالکوسیت - دیجنیت و کوولیت می‌باشد.

A = chalcopyrite

B = bornite (اگردقت شود نسبت به کالکوپیریت کمی تیره‌تر می باشد)

C = chalcocite- covellite بزرگنمایی (12.5 × ۲۰X)

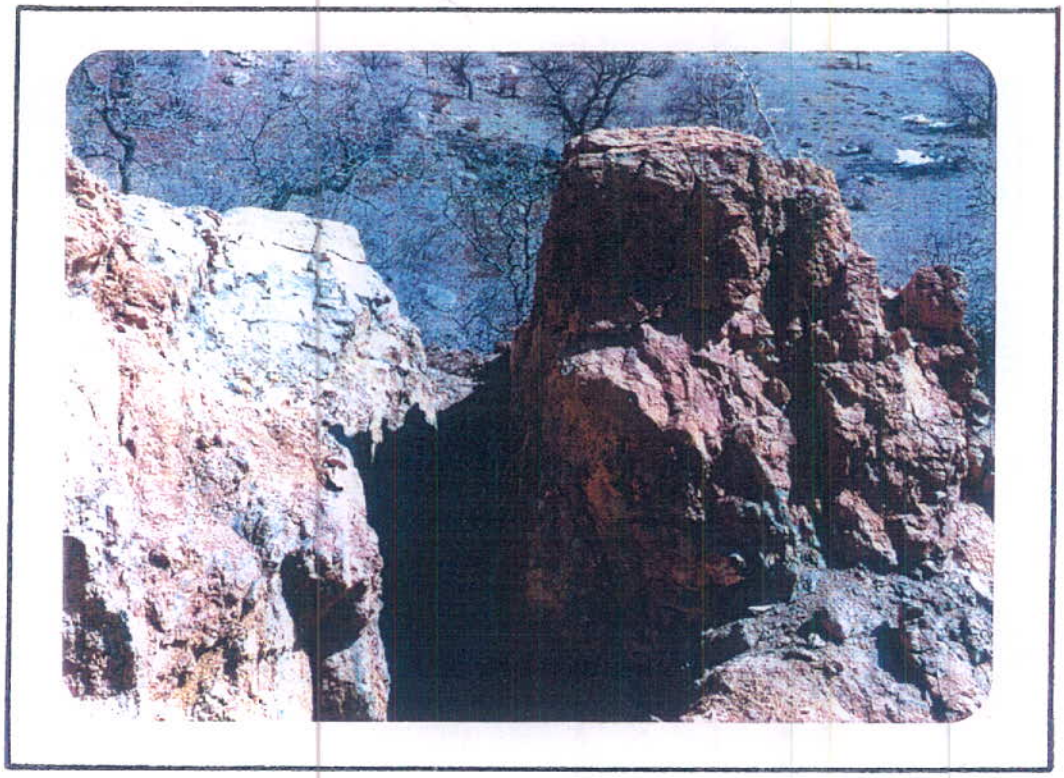
۵-٤-۳- کارگاه *M5* : این کارگاه در شمال *M4* واقع شده و شامل دو بخش معدنکاری قدیمی است. یک بخش در حاشیه خاوری شامل یک دخمه شدادی است که در روند شکستگی *N60E* و با شیب تندی کار شده و ژرفای آن نامعین است (تصویرهفدهم). طول آن ۷ متر و پهنای آن ۱ تا ۳ متر در نوسان است و در جهت شیب شکستگی *(NW)* و ضخامت لایه حفر شده است. در کنار آن مقداری از کانسنگهای مس دپو شده و در دیواره کار شدادی بندرت آثار مس دیده می شود.

بخش دیگر کار معدنی در امتداد *N55W*، در زیر دولومیت های تکتونیزه انجام شده است. طول آن ٦ متر و پهنای آن تا ۳ متر و عمق آن، یعنی کف گالری که پر شده، تا ۲ متر می شود. در این کار معدنی آثار کانی سازی مس دیده نمی شود، علیرغم آنکه از دپوی سنگهای معدنی کنار آن مالاکیت به چشم می خورد. این بخش از کارگاه *M2* در حاشیه باختری کار شدادی فوق الذکر واقع شده است.

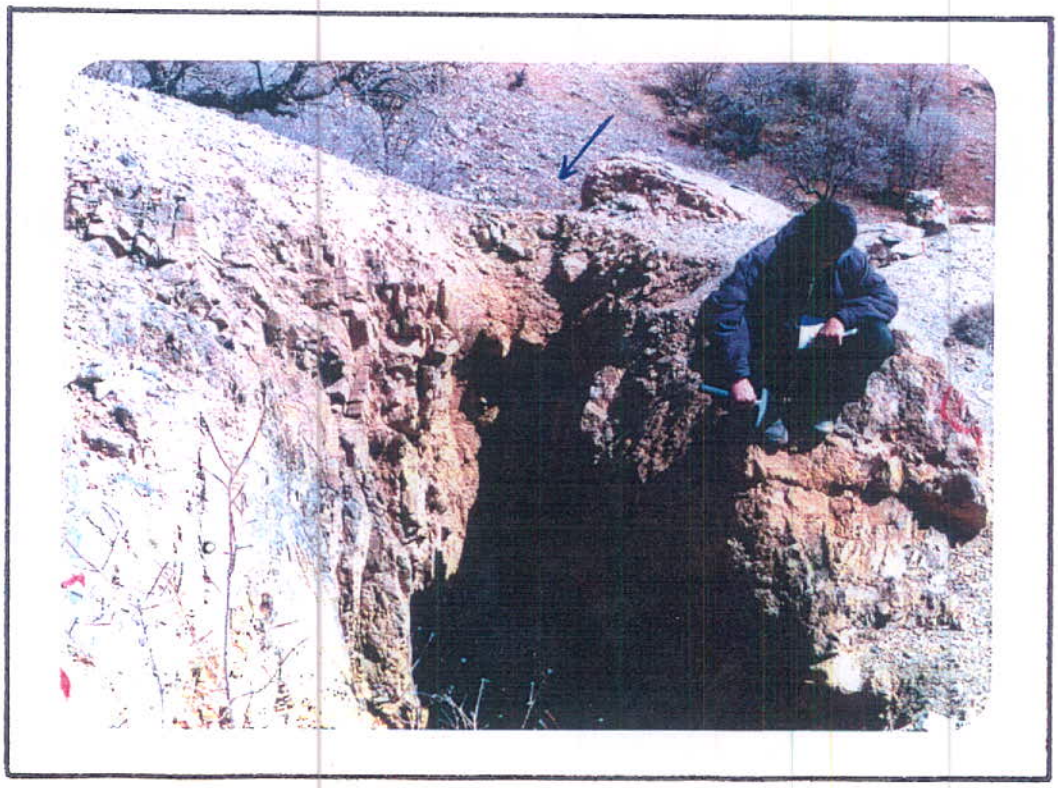
نمونه های مربوط به این کارگاه همگی از محل دپوی کانسنگها که عمدتاً از کار شدادی استخراج شدند، برداشت شدند. دو نمونه برای مطالعه مینرالوگرافی *(M5-24PO* و*M5-25PO)* ، یک نمونه برای آنالیز *(M5-22A)* و یک نمونه برای *XRD (M5-23X)* انتخاب گردید. در حقیقت دسترسی به درون کارگاه شدادی و نمونه برداری از آن میسر نشد و در بخشهای دیگر کارگاه *M5* آثار کانه سازی بندرت دیده می شد.

کانسنگهای دپو شده نسبتاً پرعیار بودند و مقدار مس در یک نمونه با مقدار ٤/٤۲ در صد ظاهر گردید. کانی شناسی با روش *XRD*، بر مبنای توضیحی که پیش از این ارائه شد، کانیهای گانگ دولومیت، کلسیت و کوارتز را نشان داد(جدول مشخصات و پیوست شماره ۱).

آنچه که از مطالعه مینرالوگرافی نمونه *M5-24PO* قابل ذکر است، وجود ذرات افشان



تصویر (شانزدهم)- نمایی از کارگاه شدادی *M4* در راستای گسل *N80E*.
(نگاه بسوی شمال شرق)



تصویر (هفدهم)- آثار کندوکاوهای قدیمی مس در کارگاه *M5* که در راستای گسل *N80E* صورت گرفته است.
(نگاه بسوی شمال شرق)

کالکوپیریت در نمونه است که بوسیله رگچه هایی از کانه های ثانویه مس و هیدروکسیدهای آهن مورد هجوم واقع شده است. در نمونه *M5-25PO* علاوه بر کانه های مس، بلورهایی از اسفالریت در درون بورنیت دیده شده است. ردیف کانه زایی در این نمونه بصورت پیریت ← کالکوپیریت ← اسفالریت ← بورنیت ← ایدائیت ← کالکوسیت ← کوولیت بوده است. در تصویر *P7* نشان داده شد که چگونه رگچه هایی از ایدائیت و کوولیت به کانه بورنیت هجوم آورده اند(پیوست شماره ۲).

نظر به اینکه دسترسی به بخشهای مینرالیزه در این کارگاه مقدور نشد و عیا رذکر شده از نمونه های پر عیار در بخش دپو شده است، ارائه عیار متوسط در این کارگاه دشوار می باشد و عیار مذکور نیز معرف همه بخشهای کارگاه *M5* نخواهد بود.

٦-٤-٣- کارگاه *M6* : این کارگاه شامل دو سیستم کار ترانشه ای است که اخیراً پاکسازی شده اند. یکی در جهت *N30W* و به شکل زیگزاگ در پای برونزدهای کربناته، بطول حدود ۱۲ متر و ژرفاهای مختلف یکی دو متر و کمتر و بیشتر، و پهنای حدود ۲ متر و دیگری در راستای *N60E* با طول حدود ۵ متر، پهنای یک متر و عمق حدود ۸۰ سانتی متر حفر شده اند. در فاصله ۱۰ متری از این کارگاه و در باختر آن ترانشه ای در جهت *N60E* و به موازات قبلی حفر شده و اخیراً پاک سازی گردیده است. طول این ترانشه ۸ متر، عمق آن ۱ متر و پهنای آن ۰/۵ تا ۱/۵ متر است. در ترانشه اخیر آثار ضعیف مالاکیت دیده شده است.

همچنین در فاصله ۱۰ متری باختر شمال باختر کارگاه *M6*، ترانشه ای در جهت *N30W* بطول ۱۰ متر و عمق ۰/۵ متر و پهنای ۱ متر حفر شده که در آن گهگاه آثار مس دیده می شود. مالاکیت و آزوریت با اکسیدهای آهن همراهی شده اند. برونزدهای کربناتی در اینجا لایه‌بندی ظریف تا متوسط دارند *(N75W/30NE)*. در بالادست این ترانشه در دولومیت های نخودی رنگ آثار مس در درزه ها به چشم می خورد. رخنمونهای دولومیتی به نوعی پراکنده و به هم ریخته به نظر می رسند.

نمونه *M6-26A* از ترانشه اخیرالذکر و نمونهٔ *M6-27A* از رخنمونهای دولومیتی کانه دار بالادست آن برداشت شدند. نمونه اخیر درحدود ۲۰ متری جنوب خاور کارگاه *M7* واقع می شود. مقدار مس در دو نمونه به ترتیب ۰/۱۷ و ۱/۳۹ درصد بدست آمد. نتایج حاصله با مشاهدات صحرایی هماهنگی کامل دارد. کانی سازی در ترانشه ضعیف ارزیابی شد، ولی برونزد دولومیتی نخودی رنگ در درزه ها و شکافها که بوفور در سنگ دیده می شوند، حاوی کانی سازی مس است. مقدار متوسط مس در محدوده کارگاه *M6* و بر اساس آنالیزهای انجام شده، حدود ۰/۷۸ درصد ارزیابی می شود. اما شاید بتوان برای رخنمون دولومیتی کانه دار به شرح فوق، عیار تا یک درصد را پذیرفت.

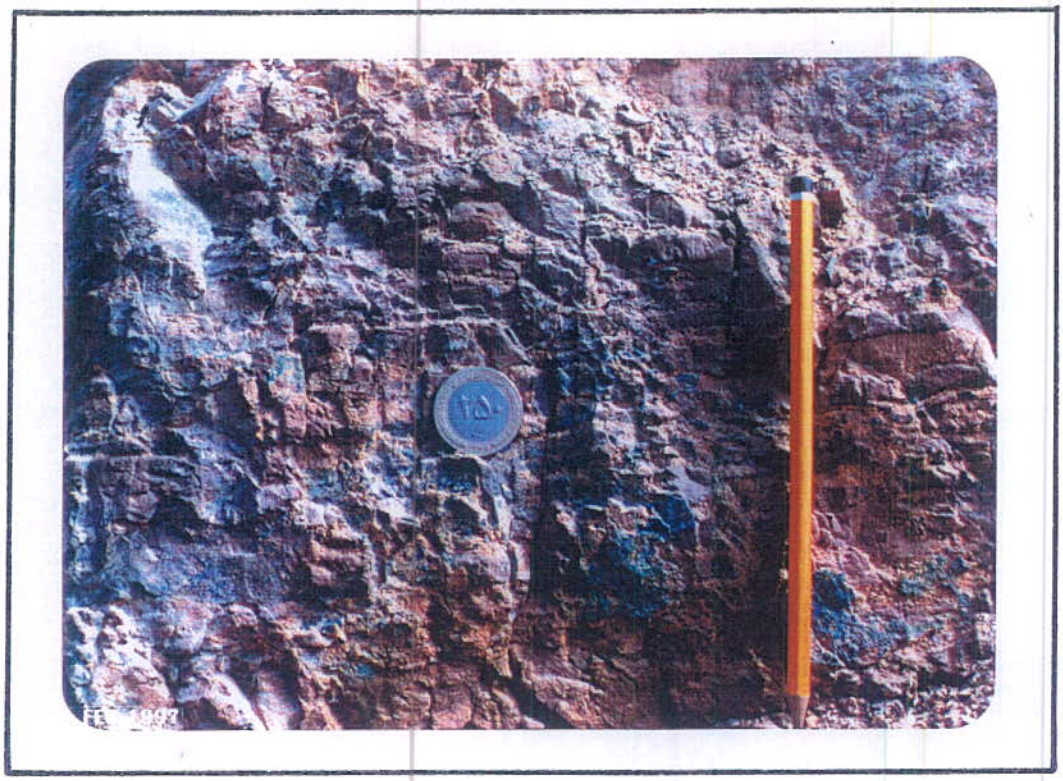
۷-٤-۳- **کارگاه** *M7* : این کارگاه شامل کندوکاوهای معدنی و کانی سازی به شرح زیر است:

(۱) ترانشه ای در راستای *N80E* بطول حدود ٦ متر و عرض ۸۰ سانتی متر و عمق ۰/۵ متر، در آهک و دولومیت قهوه ای تا خاکستری رنگ خرد شده، این ترانشه آثار مس ندارد.

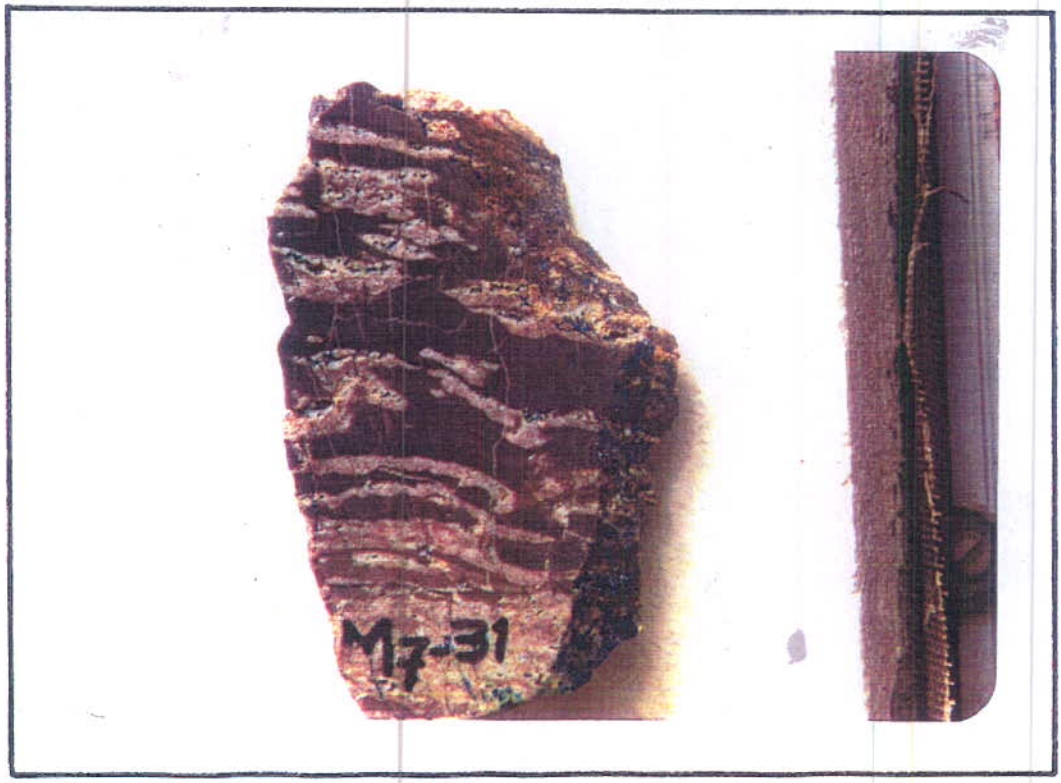
(۲) کندوکاوی در جهت شکستگی *N-S* و شیب *70W*، بطول و عرض ۵ متر و عمق یک متر، حامل کانی سازی ثانوی مس (تصویرهیجدهم).

(۳) حفره ای به ابعاد حدود یک متر که در جهت *N80E* تا یک متر پیشرفته است. در بالادست این کنده کاری در رخنمونهای سنگی، یک افق کانه‌دار از مس بصورت نازک لایه همراه با چرت به ضخامت حدود ۳۰ سانتی متر وجود دارد. کانه ها ظاهراً مالاکیت و آزوریت هستند. در این محدوده لایه های چرتی کانه دار و غیر آن با دولومیت های نخودی و آهک خاکستری چرت دار نازک لایه در تناوب هستند. تصویر نوزدهم سطح یک نمونه دستی ساب و صیقل یافته را از محدوده مورد بحث نشان می دهد. لایه بندی در جهت *N15W* و شیب طبقات *30NE* است. روی افق چرتی کانه دار یک باند دولومیتی نخودی رنگ به ضخامت ۰/۵ متر قرار می گیرد. در زیر افق کانه دار نیز یک لایه دولومیتی خرد شده و نخودی رنگ قرار می گیرد.

نمونه های *M7-30X, M7-29Po, M7-28A* و *M7-31* از زون کانه‌دار در این کارگاه اخذ شدند. نمونه *M7-31* در واقع موضوع تصویر هیجدهم است، جهت نمایاندن ظریف لایه ها در یک نمونه دستی که با کانه های ثانویه مس همراه است. نمونه *M7-32A* از سنگ کمتر بالا و پایین زون کانه دار برداشت گردید. عیا رمس در دو نمونه *M7-28A* و *M7-32A* به ترتیب ۱/٦۷ درصد ۰/۰٤ درصد بدست آمد. بررسی *XRD* روی نمونه *M7-30X* کانیهای گانگ دولومیت و کوارتز را آشکار ساخت. با توجه به آنچه که قبلاً ذکر شد، تمرکز کانه ها در



تصویر (هیجدهم)- گونه ای از کانی سازی مس در سنگهای کربناته برشی میلا در کارگاه*M7*، لعابهایی از آزوریت در سطوح درزه ها و شکافها و بر بدنهٔ رخنمون بوضوح دیده می شود. (نگاه به سوی شمال باختری)



تصویر(نوزدهم)- سطح یک نمونه دستی ساب و صیقل یافته از کارگاه *M7*، نشاندهنده ظریف لایه هایی از کربنات وچرت و کانه‌های مس.

حدی نبوده که از روی پراش اشعه ایکس منعکس گردند. اما جهت حصول اطمینان و یافتن پاراژنز کانه ای در این کارگاه، نمونه *M7-29Po* مورد مطالعه مینرالوگرافی قرار گرفت. نمونه حاوی رگه - رگچه های مالاکیت به رنگ سبز است. در بخش داخلی رگه ها کانه کالکوسیت دیده می شود، که گاه بوسیله دیجنیت و کوولیت جایگزین شده است. رگه - رگچه ها یک بافت فضای باز را تشکیل داده اند. بافت کلوفرم نیز در اثر واکنش های حاشیه ای هیدروکربناتهای مس شکل گرفته است. بر اساس شواهد میکروسکپی و آثا ربازمانده، کانه اولیه بورنیت بوده است. تصویر *P8* یک بافت کاتا کلاستیک از مقطع مورد مطالعه را می نمایاند. میانگین مس در این کارگاه، با احتساب سنگ کمر کم عیار، ۰/۸۵ درصد است ولی عیار متوسط مس در افق کانه دار در حدود یک درصد ارزیابی می شود.

۸-٤-۳- کارگاه *M8* : در این کارگاه، کار شدادی در جهت یک شکستگی با روند *N80E* و شیب *75SE* انجام شده و بصورت دخمه ای در راستای شیب و به پهنای ۱ متر و کمتر و عمق قابل مشاهده ۱۰ متر و طول حدود ۱۰ متر ظاهر شده است. این کار معدنی قدیمی از طریق ترانشه ای به کارگاه *M9* وصل گردیده است. سنگ دربرگیرنده آهک خاکستری رنگ برشی شده (بیشتر در محل گسل) و تکتونیزه است و بر سطح گسل آثار مالاکیت دیده می شود. کارگاه شدادی مزبور اخیراً پاک سازی شده است.

نمونه *M8-33A* از بخشهای کانه‌دار در کارگاه شدادی، و نمونه *M8-34A* از سنگ کمر بالا و پایین کارگاه اخذ شده است. آنالیز این نمونه ها مقدار مس را به ترتیب ۰/۸۲ درصد و ۰/۰۳ درصد ظاهر ساخت. مشاهدات صحرایی در بخشهای قابل دید این کارگاه، حکایت از فقر کانی سازی دارد، اما ابعاد کار قدیمی نشان می دهد که کانه های ثانویه مس در محل شکستگی تجمع داشته و شاید بطرف عمق با نزدیک شدن به افق های اولیه وضع بهتری می یافته است. عیار متوسط مس در کارگاه *M8* حدود ۰/٤۳ درصد است.

۹-٤-۳- کارگاه *M9* : این کارگاه شامل یک کنده کاری در سینه کاری بطول و عرض ۳ متر و ۱ متر و عمق ۲ متر است، که درسنگهای کربناتی خاکستری رنگ انجام شده است. نیز ترانشه ای که اخیراً قسمت هایی از آن پاک سازی شده است. این ترانشه در جهت *N55W* و بطول ۱۳ متر و عرض ۰/۵ تا ۱ متر و عمق ۰/۵ تا ۱/۵ متر حفر گردیده است.

ترانشه دیگری در راستای *N25E* و بطول ۱۰ متر و ژرفای یک متر وپهنای حدود یک متر، که اخیراً حفر و یا پاک سازی شده است. در محل الحاق دو ترانشه یک حلق چاه وجود دارد که ابعاد دهانه آن یک متر می باشد و به مرور زمان پر شده است. این کارگاه فاقد کانی سازی مس است.

در این کارگاه قسمتی از بخش قاعده ای برونزدها حالت برشی دارد. در فاصله ۵ متری حاشیه باختری این کارگاه ترانشه‌ای در راستای *N45E* بطول چند ۱۰ متر، عمق ۰/۵ تا ۱ متر وپهنای ۰/۵ متر و بیشتر حفر شده است. در کنار این ترانشه و در حاشیه باختری آن یک گودال قدیمی باجهت طولی *N-S* وجود دارد که پرشده است. ابعاد این گودال ۳×۱۰ متر و عمق فعلی آن یک متر می باشد. از این کارگاه به دلیل فقر کانی سازی مشهود نمونه گیری صورت نگرفته است.

۱۰-٤-۳- کارگاه *M10* : این کارگاه درجهت شکستگی *N65E* کار شده است. ابعاد سطحی آن ۱×۵ متر می شود. این کارگاه به تونل *M1* راه دارد، از طریق دویلی که در محل ۲۸ متری از دهانه تونل *M1* و در جهت *SW* به سطح زمین راه یافته است و شرح آن پیش از این گذشت.

کانی سازی مس بصورت ضعیف در سطح شکستگی تقریباً با روند *N15W* دیده می شود. سنگ بدنه کارگاه آهک چرتی تکتونیزه است. در کنار *M10* یک حلقه چاه هواکش برای تونل *M1* پیش بینی شده است. در ۵ متری این هواکش در سمت خاوری، گودالی به ابعاد ۵×۲ متر هست. در این گودال برونزد کربناتی خرد شده و مس دار (رخساره مورد بحث) دیده می شود. نیز در امتداد یک شکستگی با روند *N65E* و با شیب قایم، آثار مس بصورت مالاکیت دیده می شود.

نمونه *M10-35A* از زون گسله با آثار مس و نمونه *M10-36A* از دولومیت نخودی رنگ در فاصله ۵ متری از بالادست کار معدنی *M10* برداشت شد. هر دو نمونه برای آنالیز منظور شده بود و مقادیر مس در آن دو به ترتیب ٤/۳٦ و ۰/۰۳ درصد بدست آمد. از این رو می توان عیار متوسط حدود ۲ درصد را برای این کارگاه پذیرفت.

۱۱-٤-۳- کارگاه *M11* : این کارگاه در سطح زمین ترانشه ای است در راستای *N40E* و بطول حدود ۸ متر، پهنای ۱ تا ۳ متر و عمقی که از خاکریز پر شده و حدود ۰/۵ متر می شود. سنگهای همبر کربناته بسیار خردشده و مس دار هستند. یک بلوک خرد شده، درزه دار و مس دار به ابعاد ۲×۱/۵ متر در کف ترانشه برونزد یافته و در حاشیه آن یک خط گسله ای با روند *N30E* و شیب *40NW* که حامل مس است.

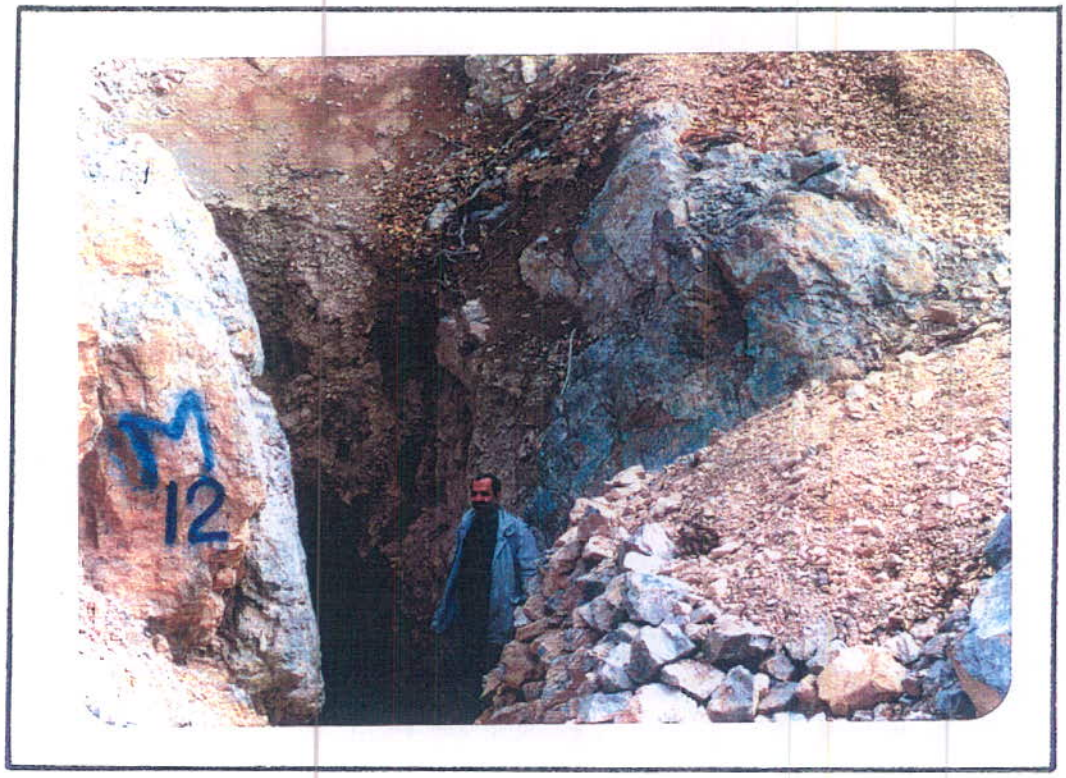
نمونه *M11-37A* از ترانشه و رخساره مس دار، نمونه *M11-38A* از سنگ کمر بالا و پایین کارگاه و نمونه *B1-50A* از یک آهک خاکستری تیره رنگ در فاصله ۳۰ متری از شمال شرق کارگاه برداشت شدند. مقدار مس در این سه نمونه به ترتیب ۲/۱۱ درصد، ۰/۱۷ درصد، و ۰/۰۳ درصد بوده است. بطوریکه از جدول مشخصات نمونه هاو پیوست شماره (۱) گزارش پیداست، زونهای کانه دار در کارگاهها تا چند درصد مس دارند، ولی نکته قابل ذکر آن است که مقدار زمینه مس در سنگهای کربناته در این معدن، خصوصاً در دولومیت ها و آهکهای چرتی و تیره رنگ تا نخودی، به چند صد *ppm* می رسد. مقدار متوسط مس در *M11* در حدود ۱/۱۵ درصد است.

۱۲-٤-۳- کارگاه *M12* : این کارگاه به نقل اهالی و شواهد ظاهری، یک حلقه تونل در راستای *N80E* بوده که دهانه آن بسته شده است (تصویربیستم). شکستگی راستای تونل بسوی شمال خاور و در بالا دست به کارگاه *M7* وصل می شود. ادامه تونل در پیشانی دهانه، بصورت ترانشه ای بطول حدود ۸ متر ظاهر شده است. در بدنه این ترانشه بنظر می رسد که افق کانه دار اولیه ای در آهک و دولومیت به ضخامت حدود ٤۰ سانتی متر ظاهر شده باشد(تصویربیست و یکم).

در کنار تونل یک مقدار سنگ معدنی مس دپو شده است. مالاکیت، آزوریت، کوولیت، کالکوسیت و هیدروکسیدهای آهن از کانه های تشکیل دهنده کانسنگها هستند. از کانسنگهای دپو شده در این کارگاه بر می آید که کانی سازی مس در آن خوب و نسبتاً غنی بوده است. از ابعاد و گسترش تونل در زیر برونزدها اطلاعی در دست نیست. تصویر بیست و دوم بخشی از کانه های ثانویه مس را در سطح شکستگی نشان میدهد.

- در محل *S2* ایستگاه نقشه برداری، یک حلق ترانشه سراسری با روند *N60E* هست که بیشتر در واریزه حفر شده و در زیر واریزه ها، شیل های قرمزرنگ ظاهر شده اند. طول این ترانشه تقریباً ۲۲ متر، پهنای آن ۱ متر و ژرفای آن ۱ تا ۲ می باشد. این ترانشه نسبت به موقعیت تونل *M13* در موقعیت *S15E* قرار دارد و در آن آثار مس دیده نمی شود.
- در موقعیت شمارهٔ ۲۵ رنگ قرمز نقشه برداری، یک گودال دایره ای شکل به ابعاد ۲×۲ متر و عمق ۱ متر وجود دارد که در واریزه حفر شده و در حاشیه خاوری آن بلوکهایی از سنگ کربناته برونزد دارند. در این گودال نیز آثار مس وجود ندارد. در فاصله ۱۰ متری خاور این گودال، ترانشه ای با روند *N30W* و بطول حدود ۱۰ متر حفر شده که بیش از یک متر ژرفا دارد و بیشتر در واریزه حفر شده و در آن آثار مس دیده نمی شود. پهنای این ترانشه یک متر است.

در کارگاه *M12* تعداد سه نمونه شامل نمونه های *M12-41A, M12-40X, M12-39PO* از



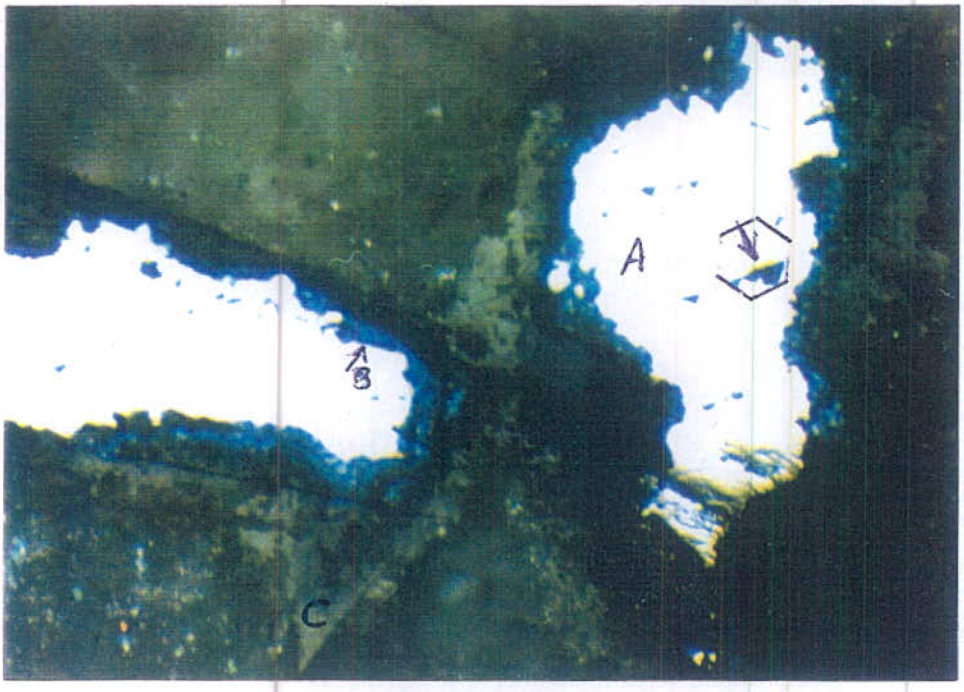
تصویر(بیستم)- نمایی از کارگاه *M12* و کانی سازی مس در راستای گسل *N80E*.
(نگاه به سوی شمال باختری)

تصویر(بیست ویکم)- کانی سازی اولیه مس در یک افق به ضخامت حدود ٤٠ سانتی متر در کارگاه *M12* (نگاه بسوی باختر)

محل دپوی کانسنگها در کنار تونل برداشت شد و نمونه *M12-42A* از سنگ کمر بالا و پایین کارگاه اخذ گردید(جدول مشخصات نمونه ها و پیوست های ۱ و ۲ گزارش).

مطالعه مینرالوگرافی نمونه *M12-39PO* کانه های مختلف مس و پیریت کبالت داری را معرفی نمود. پاراژنز کانه ای شامل بورنیت، کالکوسیت، دیجنیت، کوولیت، دلافوزیت، تترائیدریت، تنانتیت و پیریت کبالت دار است. بورنیت کانه اولیه بازمانده است که توسط کانه های ثانویه جایگزین شده است. تصویرهای *P12, P11* مربوط به این مقطع صیقلی است که به ترتیب نمایانگر ریخت رمبیک احتمالاً آرسنوپیریت و ساختار منطقه ای در کانسنگها هستند. نظر به اینکه کانسار *Cu-Co* ده معدن (شهرکرد) در جایگاه زمین شناسی مشابهی در سنگهای کربناته میلا مورد بررسی قرار گرفته (پورکاسب ،۱۹۸۸)، از این رو حضور کبالت در کانسنگهای مورد بحث امر مورد انتظاری خواهد بود.

عیار مس در کانسنگ پر عیار *M12-41A* برابر ۷/۶۲ درصد و مقدار نقره در این نمونه ۱۳۷ گرم در تن است. مقادیز سرب و روی هم در این نمونه بالاست. مقدار مس در سنگ کمر کارگاه *M12*، برابر با ۰/۰۹ درصد می باشد، که حاکی از زمینه بالای مس در این سنگهاست. متاسفانه مطالعه *XRD* نمونه، چیزی جز دولومیت را گزارش نکرد و این امر خلاف انتظار از مطالعه یک کانسنگ پرعیار است. عیار متوسط مس با در نظر گرفتن سنگ کمر کم عیار، در حدود ۳/۸ درصد است. اما از ابعاد زون پر عیار اطلاعی در دست نیست.



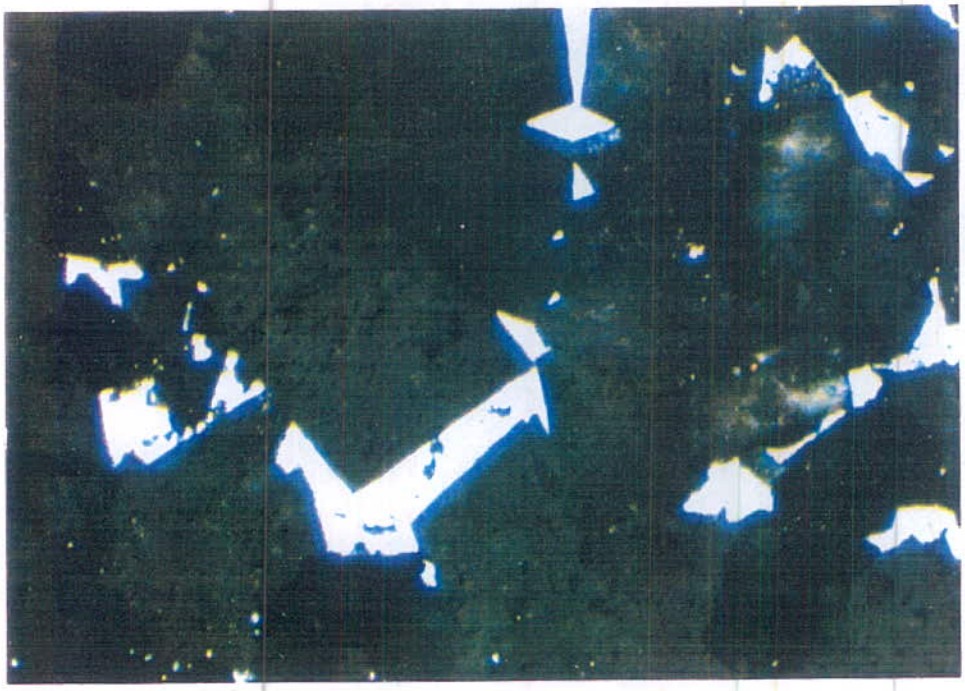
تصویر P10 : کانیهای گالن توسط قشرهایی میکروکریستالین از کوولیت و سروزیت (به ترتیب فازهای آبی رنگ خاکستری تیره) در بر گرفته شده اند. فلش قطعات مثلثی (triangular pits) شاخص در بلورهای گالن را نشان می دهد.

A = galena

B = chalcocite-covellite

C = cerussite

بزرگنمایی (12.5×20X)



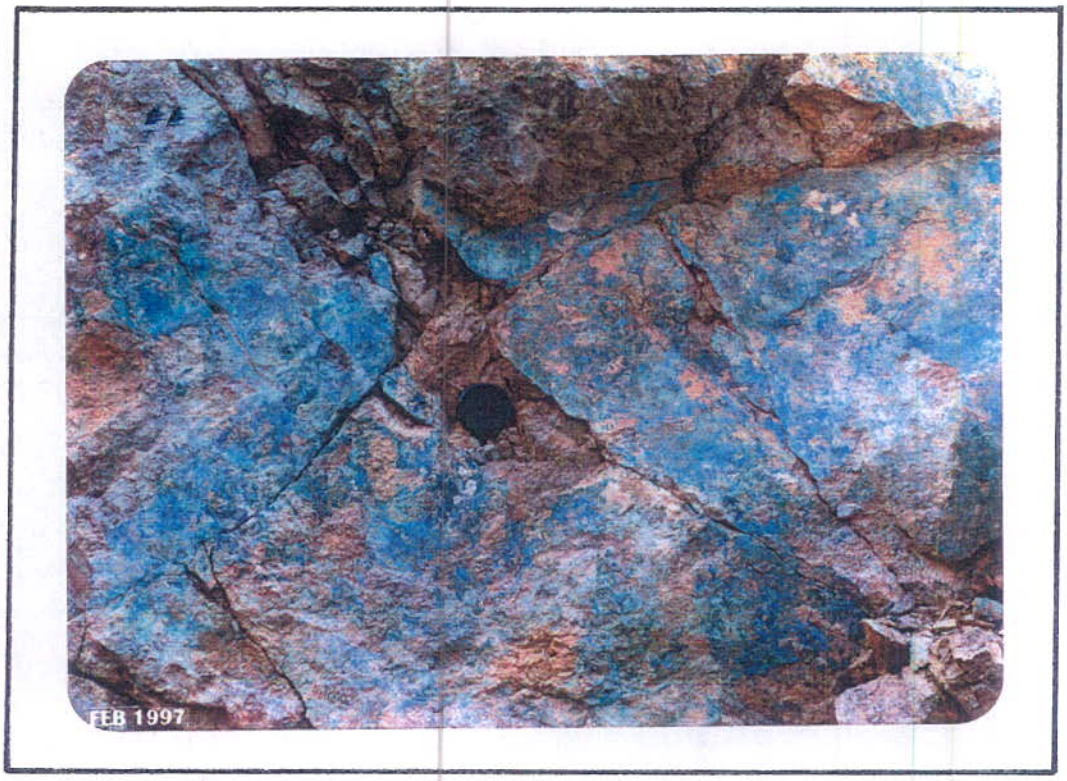
تصویر P11 : نمایی رومبیک (Rombic-shape) از بلورهای آرسنوپیریت رانشان می دهد که توسط کالکوسیت ثانویه (فازآبی رنگ) در برگرفته شده است.

بزرگنمایی (12.5×20)

۱۳-٤-۳- کارگاه *M13* : در کوهستانی بنام «کل نقره ای» در شمال باختر محدودهٔ معدنی، یک کار معدنی شدادی در آهک های دولومیتی خرد شده و بعضاً برشی وجود دارد. این کار قدیمی در جهت *N27E* و تا ۳ متر بصورت یک تونل کوچک و سنگرگونه حفر شده و ابعاد دهانه آن حدود یک متر است. در دهانه این کار معدنی که ممکن است با غار طبیعی اشتباه شود، یک برونزد کانه دار از مس و سرب ظاهر شده است. در آهکهای دولومیتی و آهک نازک لایه، لامیناسیونهای ظریفی از کانی سازی سرب و مس (گالن، مالاکیت و آزوریت) همراه با باندهای چرتی دیده می شود(تصویربیست و سوم). امتداد لایه ها *N60W* و شیب آنها *30NE* اندازه گیری شده است. نام قدیمی و بامسمی کوهستان حاکی از قدمت کار معدنی و وجود نقره بالا در کانسنگهاست.

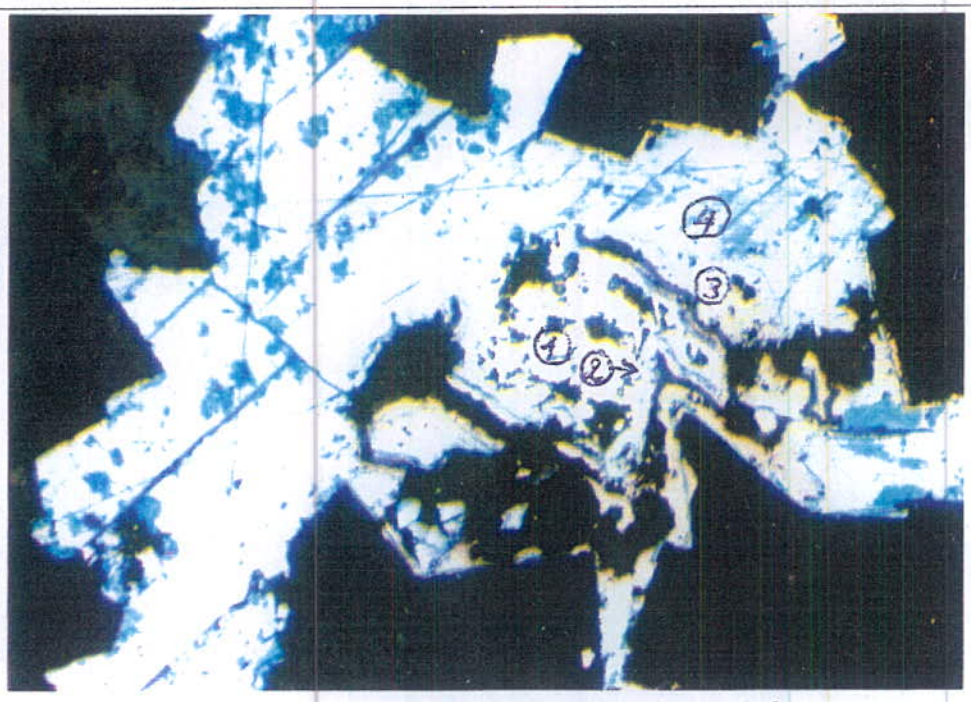
ضخامت افق کانه دار ۲۰ تا ۳۰ سانتی متر و گسترش آن قابل تعقیب نیست. تصویر(بیست و چهارم)سطح صیقل یافته یک نمونه دستی از این افق را نشان میدهد. در این نمونه باندهای ظریفی از چرت و کربنات همراه با لامیناسیونهایی از کانه های سرب و مس دیده می شود(*M13-46* در جدول مشخصات نمونه‌ها).

در بالادست این کار معدنی یک شکستگی با روند *N65E* و شیب قایم، بخشی از کانی سازی را قطع کرده است. در چند متری این کارگاه نیز یک غار کوچک به ابعاد ۲×۲ متر و ارتفاع یک متر بسوی شمال پیشرفته است، ولی از آنجا آثار کانی سازی در آن دیده نشده، معلوم نیست که واقعاً یک کار معدنی شدادی یا اینکه غار طبیعی است. نمونه های *M13-43PO* ,*M13-44X* و *M13-45A* از کارگاه *M13* برداشت شدند. مطالعه *XRD* نمونه ای از این کارگاه (*M13-44X*) کانیهای دولومیت، کوارتز و کلسیت را بعنوان باطله همراه با کانسنگها معرفی نمود. اما خوشبختانه پاراژنز کانه ای این کارگاه با مطالعه مینرالوگرافی نمونه *M13-43PO* بدست آمد. کانی سازی شامل بورنیت، گالن، سروزیت، مالاکیت،



تصویر(بیست ودوم)- بخشی از کانه های ثانویه مس در سطح شکستگی در کارگاه *M12*

تصویر(بیست وسوم)- حالت لامیناسیونهای ظریف کانی سازی سرب و مس در کارگاه *M13*
(نگاه بسوی شمال باختری)



تصویر P12 : نشانگر ساخت منطقه ای (Zonal structure) به ترتیب از داخل به خارج شامل کانیهای زیر است که در اثر جانشینی ثانویه تشکیل شده است :

1 = co-pyrite فازاولیه = پیریت کبالت دار

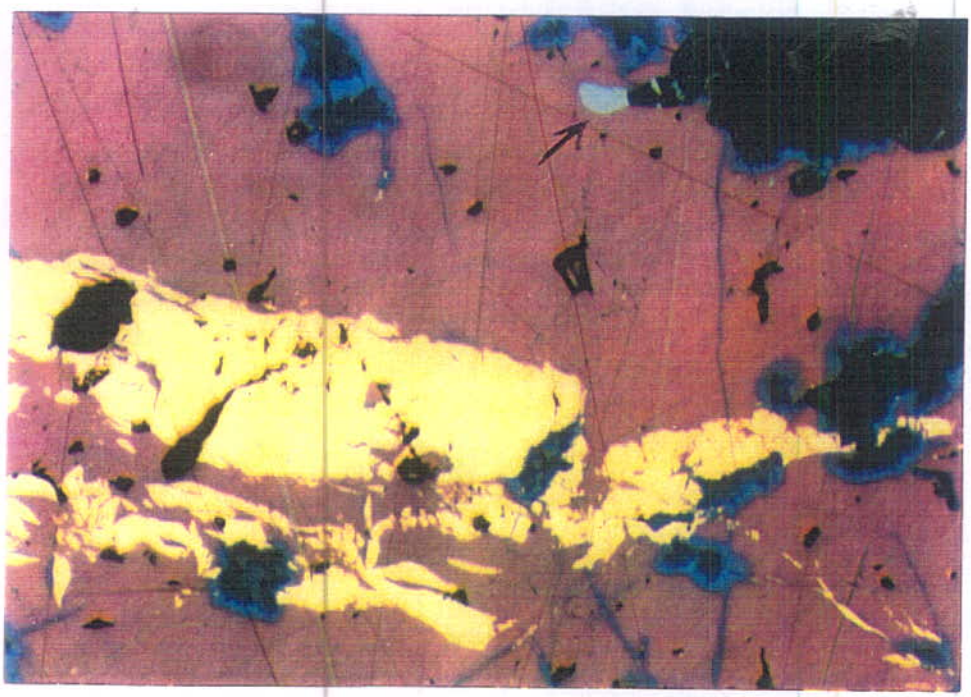
2 = tetrahedrite

3 = delafossite

4 = chalcocite-covellite

بورنیت بصورت دانه های ریز و باقیمانده (relicts) در داخل بخش دگرسان شده کالکوسیت – کوولیت موجود است که در عکس دیده نمی شود.

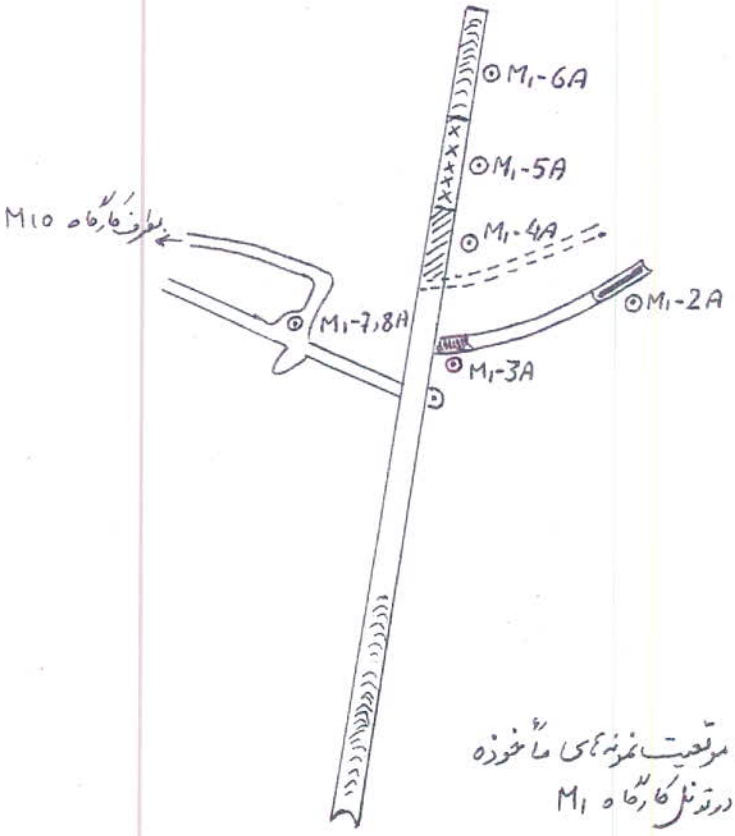
بزرگنمایی (12.5×20X)



تصویر P13 : نمایی از بافت اکسولوشن بین بورنیت (فازقهوه ای رنگ) و کالکوپیریت (فازززدرنگ) را نشان میدهد. وجود فرآورده های کالکوسیت – دیجنیت در حاشیه کانیهای اصلی و در ریز شکافها حاکی از فرآیند ثانویه سوپرژن است. کانی تترائدریت به رنگ آبی متمایل به زیتونی (بافلش مشخص شده است). بصورت انکلوزیون در داخل بورنیت قرار دارد.

بزرگنمایی (12.5×20X)

تصویر(بیست وچهارم)- سطح ساب و صیقل یافته ازیک نمونه دستی در $M13$ و مربوطبه تصویر(۲۱)



شکل ۱۲ : موقعیت نمونه های مأخوذه در تدنل کارگاه M1

شکل (دوازدهم)- نگاهی به وضعیت کارگاه $M1$ و موقعیت نمونه های مأخوذه از آن.

کوولیت و سیدریت است. گالن در حاشیه به سروزیت تبدیل شده که بوسیله هیدروکربنات مس (مالاکیت) دربرگرفته شده اند. این مجموعه بافته ای کلوئیدال وحفره ای را معرفی می کند(تصویر *P10*). گاه همراه با سروزیت، فرم کلوئیدی سیدریت هم دیده می شود. گالن و بورنیت از کانه های اولیه هستند.

نتیجه حاصل از آنالیز نمونه *M13-45A* عبارت از ۱/۰۱ درصد مس و ۱/۹۳ درصد سرب و ۰/۱۹ درصد روی است. مقدار نقره علیرغم انتظار بسیار پایین است. اما این نمونه، برابر آنالیزهای انجام شده، تنها نمونه ایست که ۰/۱۲ گرم در تن طلا داشته است. گرچه افق کانه دار ابعاد قابل توجهی ندارد و عملکرد تکتونیک هم به دشواری امر افزوده است، با این حال برای *M13* عیار متوسط یک درصد مس قابل قبول است. حضور عناصر دیگر از جمله طلا هم باعث اعتبار این زون است.

- در موقعیت *S50E* از ایستگاه *S5* نقشه برداری و بفاصله حدود ۵۰ متری از این ایستگاه، که بخش باختری کانسار را تشکیل می دهد، در یک زون شکافته و گسله با روند *N75E* و شیب قایم کانی سازی مس شامل کربناتهای مس همراه با اکسیدهای منگنز و آهن دیده می شودپهنای زون گسله یک متر و یا بیشتر است ولی بخشهای کانه دار در این زون فقط چند سانتی متر ضخامت دارند. کانی سازی در راستای این زون گسله بطور ناپیوسته و گهگاه به چشم می خورد. سنگ دربرگیرنده کانه سازی، کربناته توده ای تا ضخیم لایه است که حاوی نوارهایی از چرت می باشد.

نمونه های *B3-49X, B3-48A* مربوط به این زون هستند. عیار مس در این بخش ۰/۶۷ درصد و کانیهای گانگ عبارت از دولومیت و کوارتز می باشند. این زون کانه دار گسترش چندانی ندارد ولی به هر حال تا ۰/۵ مس خواهد داشت.

حفر ترانشه ها به تحدید دقیق شیلها و کربناتهای خاکستری تا نخودی رنگ باروت (که کانه دارند) منجر می شد و ابعاد افق کانه دار در باروت به دقت مشخص و تعیین می شد، شاید قادر بودیم عیار متوسط حدود یک درصد مس را برای حجم مشخصی از ذخیره نسبت دهیم.

(۱) جدول مشخصات نمونه ها و مطالعات آزمایشگاهی

شماره نمونه	آنالیز شیمیایی %			آنالیز شیمیایی g/t		کانی شناسی به روش XRD	مطالعهٔ مقاطع صیقلی (مینرالوگرافی)
	Cu	Pb	Zn	Ag	Au		
M1-1X						دولومیت	
M1-2A	5.70	0.04	0.21	121	n-d		
M1-3A	0.85	0.009	0.14	21	n-d		
M1-4A	1.09	–	–	–	–		
M1-5A	2.14	–	–	–	–		
M1-6A	0.40	0.01	0.19	19	n-d		
M1-7A	0.31	–	–	–	–		
M1-8A	0.32	–	–	–	–		
M2-9A	4.60	–	–	–	–		
M2-10A	5.39	–	–	–	–		
M2-11A	2.59	0.52	0.30	39	n-d		

(۱) جدول مشخصات نمونه ها و مطالعات آزمایشگاهی

شماره نمونه	آنالیز شیمیایی g/t %					کانی شناسی به روش XRD	مطالعهٔ مقاطع صیقلی (مینرالوگرافی)
	Au	Ag	Zn	Pb	Cu		
M2-12X						دولومیت + کوارتز + کلسیت + باریت	
M2-13A	n-d	37	0.17	0.11	1.93		
M2-14X						دولومیت + کلسیت + باریت	
M2-15PO							مانیتیت - کالکوپیریت -بورنیت - گالن -تترائیدریت -دیجنیت - کالکوسیت -کوولیت -سروزیت - آزوریت -مالاکیت
M2-16A	–	–	–	–	0.74		
M3-17A	–	–	–	–	1.23		
M3-18A	–	–	–	–	0.06		
M4-19A	–	–	–	–	1.10		
M4-20PO							کالکوپیریت -بورنیت -دیجنیت -کالکوسیت - کوولیت - آزوریت -مالاکیت
M4-21A	–	–	–	–	0.91		
M5-22A	n-d	72	0.84	0.04	4.42		

(۱) جدول مشخصات نمونه ها و مطالعات آزمایشگاهی

شماره نمونه	آنالیز شیمیایی g/t %					کانی شناسی به روش XRD	مطالعهٔ مقاطع صیقلی (مینرالوگرافی)
	Au	Ag	Zn	Pb	Cu		
M5-23X						دولومیت + کلسیت + کوارتز	
M5-24PO							کالکوپیریت پراکنده - کالکوسیت - دیجنیت - آزوریت - مالاکیت - هیدروکسیدهای آهن
M5-25PO							پیریت ← کالکوپیریت - اسفالریت - بورنیت - ایدائیت - کالکوسیت ← کوولیت
M6-26A	-	-	-	-	0.17		
M6-27A	-	-	-	-	1.39		
M7-28A	n-d	23	0.28	0.02	1.67		
M7-29PO							بورنیت - کالکوسیت - دیجنیت - آزوریت - مالاکیت
M7-30X						دولومیت + کوارتز	
M7-31	نمونه‌از کارگاه M7 برداشت شد به‌منظوربرش وصیقل دادن و عکس‌برداری از ساخت و بافت‌هایی که درنمونه دستی دیده می‌شود.						
M7-32A	-	-	-	-	0.04		
M8-33A	n-d	21	0.03	0.01	0.82		

(۱) جدول مشخصات نمونه ها و مطالعات آزمایشگاهی

شماره نمونه	آنالیز شیمیایی g/t ٪					کانی شناسی به روش XRD	مطالعهٔ مقاطع صیقلی (مینرالوگرافی)
	Cu	Pb	Zn	Ag	Au		
M8-34A	0.03	–	–	–	–		
M10-35A	4.36	0.11	0.36	96	n-d		
M10-36A	0.03	–	–	–	–		
M11-37A	2.11	0.01	0.37	28	n-d		
M11-38A	0.17	–	–	–	–		
M12-39PO							بورنیت - کالکوسیت - دیجنیت - کوولیت - دلافوزیت - تترائیدریت - تنانتیت - پیریت کبالت دار
M12-40X						دولومیت	
M12-41A	7.62	0.26	0.43	137	n-d		
M12-42A	0.09	–	–	–	–		
M13-43PO							بورنیت - گالن - سروزیت - مالاکیت - کوولیت - سیدریت
M13-44X		–	–	–	–	دولومیت + کوارتز + کلسیت	

(۱) جدول مشخصات نمونه ها و مطالعات آزمایشگاهی

شماره نمونه	آنالیز شیمیایی g/t ٪					کانی شناسی به روش XRD	مطالعهٔ مقاطع صیقلی (مینرالوگرافی)
	Cu	Pb	Zn	Ag	Au		
M13-45A	1.01	1.93	0.19	16	0.12		
M13-46	نمونه‌ازکارگاه M13 برداشت شد به‌منظوربرش و صیقل دادن و عکس‌برداری از ساخت و بافت هایی که درنمونه دستی دیده می‌شود.						
D-47PO							بورنیت -کالکوسیت- کوولیت- کوپریت - دلافوزیت -پسودوتنوریت-مس آزاد - مالاکیت - آزوریت
B3-48A	0.67	-	-	-	-		
B3-49X						دولومیت + کوارتز	
B1-50A	0.03	-	-	-	-		
TM-51A	3.94	-	-	-	-		
TM-52A	0.40	-	-	-	-		
TM-53A	0.31	-	-	-	-		
TM-54A	0.27	-	-	-	-		

(۱) جدول مشخصات نمونه ها و مطالعات آزمایشگاهی

شماره نمونه	آنالیز شیمیایی %			g/t		کانی شناسی به روش XRD	مطالعهٔ مقاطع صیقلی (مینرالوگرافی)
	Cu ppm	Pb	Zn	Ag	Au		
Kh-56	18	–	–	–	–		
57	10	–	–	–	–		
58	14	–	–	–	–		
59	14	–	–	–	–		
60	62	–	–	–	–		
61	16	–	–	–	–		
62	9	–	–	–	–		
63	12	–	–	–	–		
64	9	–	–	–	–		
65	12	–	–	–	–		

۵-۳- زون بندی کانسار

در مباحث گذشته گفته شد که کانسار رسوبی و همزمان با کربناتهای به سن کامبرین و به صورت لایه های سولفوری ، پیریت، کالکوپیریت و گالن (در کارگاه *M13*) تشکیل شده است. در سطح زمین هر افق کانه دار، که در واحدهای سنگچینه ای شناسایی شد بجز چند مورد با چشم غیرمسلح، سولفورهای یاد شده دیده نمی شود. بنابراین یک تغییرات کانی شناختی افق های کانه دار در ژرفا بوجود آمده است که جز با کاوشهای زیرزمینی موقعیت مرزی آنها روشن نخواهد شد.

۱-۵-۳- زون سوپرژن

فرآیندهای هوازدگی و اثر آبهای فرورو، گازکربنیک و همچنین باکتریها و جلبک ها بر کانیهای اولیه موجب شده که در بخش های بالاتر و نزدیک سطح زمین کانسار، کانیهای دیگری بوجود آید که مجموعه ای از اکسیدها، کربنات، (آزوریت، مالاکیت، کوپریت) می باشد. تونل شماره (۱) در تراز ۲۵۶۵ متر کنده شده و لایه کانه دار پایینی در تراز ۲۵۷۰ متر را پی گرفته نشان می دهد که زون سوپرژن و اکسیدی در این ژرفا وجود دارد.

کارهای دنبال لایه در فاصله ۳۳ متری از تونل شماره ۱ بصورت دو دستک در دو طرف تونل در سمت چپ به کارگاه *M10* و در سمت راست در ادامه گسل *F1* در بالای تونل به کارگاه *M11* و به سمت راست به کارگاه *M2* در تراز ۲۵۸۰ نشانه ای از زون اکسید وجود دارد.

کارگاههای *M7, M6, M4* در تراز ۲۶۱۰ متر و کارگاه *M3* در تراز ۲۵۹۰ متر در افق میانی واقع شده که به ترتیب نسبت به کارگاه *M11* میزان ٤٠ و ٢٠ متر بالاتر است.

کارگاه *M3* در ادامه افق کانه دار میانی نسبت به کارگاههای *M7, M6, M4* حدود ۲۰ متر پایین‌تر(تراز ۲۵۹۰ متر) واقع شده که نشان می دهد زون اکسید در کارگاههای فوق

الذکر دست کم تا کارگاه *M3* یعنی ۲۰ متر پایین تر نسبت به سطح زمین قابل پی گیری است. زون اکسید در کارگاه *M5* در تراز ۲۶۲۰ یعنی ۱۰ متر بالاتر از افق دوم (نسبت به کارگاه*M4*) و ۵۰ متر نسبت به کف کارگاه *M11* بالاتر است.

آنچه مسلم است اینکه در کف کارگاه شدادی *M3* تا ژرفای ۲۰ متر پایین از تراز ۲۵۹۰ یعنی همسطح کف کارگاه *M11* وجود زون اکسید قطعی است.

از سوی دیگر در کارگاه شدادی *M12* در لایه پایینی در راستای گسل و شیب لایه تا ژرفای ۱۵ متر پایین تراز سطح یعنی تراز ۲۵۵۵ زون اکسید دیده شده است. بنابراین وجود زون سوپرژن در زیر تراز ۲۵۵۵ متر قطعی است با احتمال مرز زون سوپرژن از زون سولفور تراز ۲۵۲۰ متر یعنی ۵۰ متر پایین تراز کف کارگاه *M12* در نظر گرفته شده است. که البته جدایش قطعی زون اکسید از زون سولفور به کاوش های ژئوفیزیکی نیازمند است.

با توجه به گفتار فوق ژرفای زون سوپرژن برای کارگاه *M5*، ۱۰۰ متر، کارگاه *M3*، ۷۰ متر، کارگاه *M2*، ۶۰ متر، کارگاههای *M7, M6, M4* ۹۰ متر و کارگاههای *M10 ,M12, M11*، ۵۰ متر می توان در نظر گرفت.

۲-۵-۳- زون هیپوژن

از مرز پایین سوپرژن تا جاییکه لایه ها ادامه دارد، کانیهای اولیه سولفوری همچون پیریت، کالکوپیریت و گالن (در کارگاه *M13*) و اسفالریت وجود خواهد داشت که زون هیپوژن کانسار است.

در بررسی های ژئوفیزیکی و کاوشهای مربوطه می توان عمق زون سولفوردار را مشخص نمود.

٦-٣- ذخیره تقریبی کانسار

در مبحث ریخت کانسار گفته شد، کانیسازی در سه افق نابرابر شناسایی شده و افق های پایینی و میانی لایه های اصلی تر می باشند، افزون بر آن سخن از غنی شدگی کانسار در محل گذر گسل های عرضی با لایه های کانه دار به میان آمد و نیز چنین بیان شد که یکی از عنصرهای تکتونیکی مهم که نقشی ویژه در تمرکز کانسار را ایفا می نمایند، همانا گسل های عرضی است ضمن اینکه گسلیده بودن و خرد شدن لایه های کانه دار در امتداد گسلهٔ راندگی دنا و همچنین کانه دار بودن آنها را نباید نادیده گرفت، منتها با این تفاوت که میزان عیار آن نسبت به کارگاههای استخراجی شدادی و عهد حاضر در راستای گسل های عرضی کمتر اما در وسعتی بیشتر است.

نمونه هایی که در محل کارگاههای استخراجی شدادی و عهد حاضر برداشت شده نسبت به نمونه هایی که در طول لایه های کانه دار اخذ گردیده، دارای میزان عیار بالاتری هستند و لذا در تعیین ذخیره سعی بر آن شده تا:با میانگین گیری نسبی، عیار میانگین را برای هر محدوده به تفکیک محاسبه و به حساب آوریم.

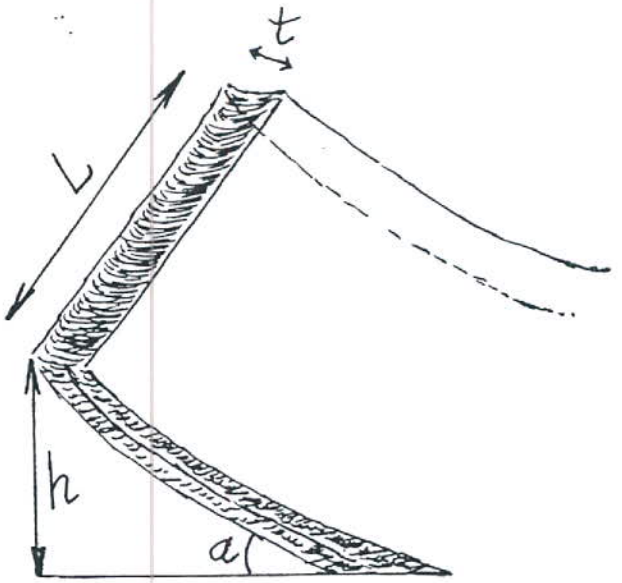
کارگاههای *M13* و محدوده تپه محمد صادق بعلت محدود بودن و گسترش کم کانسار، در تعیین ذخیره به حساب نیامده اند.

در این ذخیره یابی، مرز زون سوپرژن از هیپوژن (زون اکسید از سولفور) را باحتمال در تراز ۲۵۲۰ متر یعنی ۵۰ متر پایین تر از افق اول (تراز ۲۵۷۰) در نظر گرفته ایم، که البته برای شناخت مرز قطعی به کاوش های ژئوفیزیکی نیازمندیم.

در محاسبات تعیین ذخیره، وزن مخصوص کانسنگ حدود ۳/٤ و میانگین شیب لایه های کانه دار را° ۳۰ درجه در نظر گرفته ایم.

از فرمول $V = LTH(sina)^{-1}$ برای محاسبات ذخیره سود برده ایم که در آن $V =$ حجم

، L = درازا، t = ضخامت، h = افراز یا اختلاف بلندی و a = شیب لایه، طبق شکل زیر :



۱-۶-۳- ذخیره تقریبی افق اول (پایینی)

- **واحد I** : بخشی از افق اصلی و پایینی است، کارگاه *M10* در پایانه خاوری و کارگاه *M11* در بخش میانی آن واقع شده، ادامه این افق در سطح پوشیده است اما از داخل کارگاه *M1* از طریق دستک دست راستی به سوی باختر و کارگاه *M2* ادامه دارد، بنابراین درازای آن از کارگاه *M10* تا کارگاه *M11* و بخش باختری آن به سوی کارگاه *M2* در نظر گرفته شده است. این افق که در تراز ۲۵۷۰ واقع شده و نسبت به تراز ۲۵۲۰ (مرزاحتمالی زون سوپرژن و هیپوژن) حدود ۵۰ متر افراز دارد دارای خصوصیات زیر است:

وزن مخصوص = ۳/٤ L = ۷۰متر ضخامت = ۱/۹ متر

میانگین شیب لایه = ۳۰ درجه افراز = ۵۰ متر

حجم به متر مکعب $V = ۷۰ \times ۱/۹ \times ۵۰ \div \sin ۳۰^\circ = ۱۳۳۰۰$

تن ذخیره تقریبی واحد I $M = ۱۳۳۰۰ \times ۳/٤ = ٤۵/۲۲۰$

بنابراین ذخیره تقریبی واحد I معادل ٤۵۰۰۰ تن کانسنگ با عیار میانگین ۱/۷ می باشد.

- **واحد II** : این واحد در حقیقت ادامه واحد I به سوی خاور است که توسط واریزه پوشیده شده است، احتمال دارد از کارگاه *M12* از زیر در امتداد این واحد به سوی راست کارگاه *M10* کندوکاو شده باشد که مشاهده آن در حال حاضر میسر نمی باشد، لذا برای آن یک ذخیره احتمالی اما پوشیده در نظر می گیریم. خصوصیات آن به شرح زیر است :

L = ۹۰متر ضخامت = ۱/۹ متر

میانگین شیب لایه = ۳۰ درجه افراز = ۵۰ متر

حجم به متر مکعب $V = ۹۰ \times ۱/۹ \times ۵۰ \div \sin ۳۰^\circ = ۱۷۱۰۰$

تن ذخیره تقریبی واحد II $M = ۱۷۱۰۰ \times ۳/٤ = ۵۸۱٤۰$

بنابراین ذخیره تقریبی واحد Π معادل ۵۸۰۰۰ تن کانسنگ با عیار میانگین ۱/۷ می باشد.

ذخیره کارگاه *M12* : این کارگاه در امتداد گسل عرضی *F5* واقع شده، عیار متوسط آن با احتساب سنگ کمر حدود ۳/۸ می باشد، دارای خصوصیات به شرح زیر است :

L = ۲متر ضخامت = ۵ متر

شیب = ۳۰ درجه افراز = ۵۰ متر

حجم به متر مکعب $V = ۲ \times ۵ \times ۵۰ \div sin\ ۳۰^\circ = ۱۰۰۰$

تن ذخیره کارگاه *M12* $M = ۱۰۰۰ \times ۳/٤ = ۳٤۰۰$

کارگاه *M12* دارای ۳٤۰۰ تن ذخیره با عیار متوسط ۳/۸ می باشد.

کل ذخیره افق پایینی حدود ۱۰٦۰۰۰ تن با عیار میانگین ۱/۷ تا ۲ درصد می باشد.

ذخیره تقریبی افق دوم

افق دوم شامل دو محدوده I و Π و کارگاههای *M7, M6, M4, M3* در ترازهای نابرابر می باشد که در راستای هم واقع شده اند. کارگاههای *M7, M6, M4* تقریباً در یک تراز و کارگاه *M3* در ترازی دیگر، لذا این بخش کانه دار از افق دوم را به دو واحد به شرح زیر تفکیک نموده‌ایم.

- **واحد I** : این واحد کارگاههای *M4, M3* به ترتیب در پایانه خاوری و باختری در ترازهای ۲۵۹۰ و ۲٦۱۰ متر را در خود جای داده است. میانگین افراز آن ۲٦۰۰ متر و ژرفای زون اکسید ۸۰ متر است، ضخامت آن حدود ۱/٤ متر و عیار میانیگین ۰/۹ می باشد، با احتساب وزن مخصوص ۳/٤ و طول ۳۰ متر خواهیم داشت :

حجم به متر مکعب $V = ۳۰ \times ۱/٤ \times ۸۰ \div sin\ ۳۰^\circ = ٦۷۲۰$

تن ذخیره تقریبی واحد I $M = ٦۷۲۰ \times ۳/٤ = ۲۲/۸٤۸$

بنابراین این واحد حدود ۲۲۰۰۰ تن کانسنگ با عیار متوسط ۰/۹ می‌باشد.

- واحد Π : این واحد دارای ۸۵ متر طول است، ضخامت آن ۱/٤ متر و ژرفای زون اکسید ۹۰ متر که با احتساب وزن مخصوص ۳/٤ خواهیم داشت :

حجم به متر مکعب $V = ۸۵ \times ۱/٤ \times ۹۰ \div sin\ ۳۰^\circ = ۲۱٤۲۰$

تن ذخیره تقریبی واحد Π $M = ۲۱٤۲۰ \times ۳/٤ = ۷۲۸۲۸$

بنابراین این واحد دارای حدود ۷۳۰۰۰ تن ذخیره با عیار متوسط ۰/۹ درصد می‌باشد.

بنابراین کل ذخیره افق دوم با احتساب مجموع دو واحد I و Π حدود ۹۵۰۰۰ تن کانسنگ با عیار میانگین ۰/۹ درصد کانسنگ می باشد.

۳-٦-۳- ذخیره تقریبی افق سوم

در این افق تنها کارگاه *M5* در راستای گسل *F4* دارای ذخیره بوده که کندوکاوهای سطحی در آن صورت پذیرفته و مقداری کانسنگ از آن برداشت شده است. دارای ضخامت حدود ۷ متر، درازای ۲ متر در جبهه گسل، ژرفای زون اکسید ۱۰۰ متر، عیار میانگین آن ۲ درصد است که با احتساب وزن مخصوص ۳/٤ خواهیم داشت :

حجم به متر مکعب $V = ۲ \times ۷ \times ۱۰۰ \div sin\ ۳۰^\circ = ۲/۸۰۰$

تن ذخیره تقریبی واحد I $M = ۲/۸۰۰ \times ۳/٤ = ۹۵۲۰$

ذخیره افق سوم (کارگاه *M5*) حدود ۹۵۰۰ تن کانسنگ با عیار متوسط ۲ درصد می باشد.

٤-٦-۳- ذخیره تقریبی واحد *III* در منطقه تکتونیزه *(TZ)*

این واحد که در روی نقشه با علامت هاشور مشخص شده محصور بین دو کارگاه *M3, M2* و ادامه کارگاه *M11* بوده و دارای عیار میانگین ۲ درصد است.

مساحت این زون که فاقد لایه بندی مشخص می باشد حدود ۱۵۰ متر مربع محاسبه شده و با احتساب ژرفای ۷۵ و وزن مخصوص ۳/٤ خواهیم داشت :

حجم به متر مکعب $V = ۱۵۰ \times ۷۵ = ۱۱۲۵۰$

تن ذخیره تقریبی واحد III $M = ۱۱۲۵۰ \times ۳/٤ = ۳۸/۲۵۰$

بنابراین ذخیره این بخش از زون تکتونیزه حدود ۳۸۰۰۰ تن کانسنگ با عیار متوسط ۲ درصد می باشد.

۵-٦-۳- جمع بندی کل ذخایر کانسار مس خونگاه

با توجه به ذخیره های بدست آمده از افق های مختلف به شرح زیر :

- افق اول ۱۰٦۰۰۰ تن با عیار میانگین ۱/۷ تا ۲ درصد
- افق دوم ۹۵۰۰۰ تن با عیار میانگین ۰/۹ درصد
- افق سوم ۹۵۰۰ تن با عیار میانگین ۲ درصد
- زون مثلث گونه ۳۸۰۰۰ تن با عیار میانگین ۲ درصد

از مجموعه ذخایر فوق ، میزان حدود ۲٤۸۵۰۰ تن ذخیره برای کانسار مس خونگاه بدست آمده که از این مقدار، حدود ۱۵۳۵۰۰ تن دارای عیار میانگین ۱/۷ تا ۲ درصد و ٦۵۰۰۰ تن، عیارمیانگین ۰/۹ درصد را دارا هستند.ضمناًمقدار ۵۸۰۰۰ هزارتن ازذخیره‌افق‌اول (واحد Π) بعنوان ذخیره پوشیده و احتمالی معرفی شده است. نتایج بدست آمده نشان می دهد که افق اول (پایینی) و زون مثلث گونه از نظر ذخیره و عیار نسبت به افق دوم از مزیت برتری برخوردار می باشد.

با توجه به ذخیره بدست آمده معدن مس خونگاه جزء معادن متوسط با عیار کم حدود ۱/۷ تا ۲ درصد می باشد.

در خاتمه متذکر می گردد که کلیه کارگاههایی که در روی نقشه بازتاب داده شده است بخش های سطحی آن مورد بهره برداری کارهای شدادی باستانی و عهد حاضر قرار گرفته است.

۷-۳- خلاصه و نتیجه

با توجه به بررسی ها و بر پایه کارهای آمده در این نوشتار می توان یک جمع بندی و نتیجه گیری را به شرح زیر ارائه نمود :

۱-۷-۳- کانسارمس خونگاه دارای خاستگاه رسوبی و همزمانی با سنگهای تشکیل دهنده دوره کامبرین است.

۲-۷-۳- واحد اصلی در برگیرنده کانسار که ضخامت آن نیز تغییر می نماید دارای ترکیبی کربناته بوده و شامل بخش A از سازند میلا در زاگرس می باشد.

۳-۷-۳- این واحد اصلی مورد اکتشاف و کاوش همراه با دیگر واحدهای سنگ چینه ای پالئوزوئیک ومزوزوئیک چین خورده و به صورت یک تاقدیس با محور شمال باختری - جنوب خاوری درآمده و سپس در اثر پی آمد رخداد آلپ پایانی که با برپایی کوههای زاگرس همراه بوده در اثر راندگی بر روی رسوبات کنگلومرایی بختیاری، یال جنوبی تاقدیس حذف و از معرض دید پنهان گردیده است. :

٤-۷-۳- واحد اصلی کانه دار که بصورت یک زون پرتحرک می باشد از جنوب خاوری به گسل $F1$ و از شمال باختری به گسل $F5$ محدود می گردد. کارهای کهن یا شدادی در واحد دولومیتی قهوه ای با گرایش نخودی انجام پذیرفته است.

۵-۷-۳- زون گسله دنا بر لایه های کانه دار تاثیری چند گذاشته اما سیستم گسل‌های عرضی چپ‌بر که به موازات یکدیگر می باشند از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده و در محل بریدگی لایه های کانه دار غنی شدگی زون اکسید دیده می شود که کلیه کارگاهها پرعیار همانا در تقاطع بریدگی با لایه کانه دار می باشد.

٦-۷-۳- در هیچ یک از کارهای اکتشافی گذشته به گسل های عرضی و پهلوبر که در اقتصادی شدن کانسار ایفای نقش نموده است، اشاره ای نشده است.

۷-۷-۳- لایه های خوراک دهنده به کانسار در محل گسله شامل افق هایی در سه جایگاه نابرابر به شرح زیر است :

- لایهٔ پایینی به ضخامت حدود ۲ تا ۳ متر با ترکیب دولومیتی قهوه ای رنگ که کارگاههای *M2, M11, M10, M12* در راستای آن قرار دارند و تقریباً لایه مهمتری می باشد.

- لایه میانی حدود ٤٠ متر بالاتر از لایه پایینی قرار دارد دارای ترکیبی دولومیتی به رنگ قهوه ای با گرایش نخودی بوده و کارگاههای *M7, M6, M4, M3* در راستای آن و در محل گسله های عرضی واقع شده است.

- لایه بالایی که فرعی تر می باشد حدود ۱۰ متر بالاتر از لایه میانی و ۵۰ متر بالاتر از لایه پایینی واقع شده و کارگاه *M5* در راستای گسل عرضی روی آن جای دارد.

۸-۷-۳- حالت دیگری از کانیسازی اکسید بصورت پر شدگی در سطوح درزه ها و شکافها خصوصاً در واحد *TZ* می باشد که موقعیت ویژه ای ندارد.

۹-۷-۳- کارهای استخراجی عهد حاضر و شدادی درافراز پایین تر و عمدتاً در لایه اصلی کانه دار یک و دو صورت پذیرفته و زیرزمین همچنان دست نخورده باقی مانده است. به دیگر سخن کارگاههای استخراجی شدادی و عهد حاضر تا ژرفای حداکثر ۱۰ متر پیش رفته است و گمان داریم از این ژرفا تا اعماق نامشخص کانسار همچنان دست نخورده باقی مانده و دارای ذخیره باشد.

۱۰-۷-۳- در داخل تونل در فاصله ۳۳ متری از دهانه آن دو دستک حفر شده که از دو سوی جانبی، از سوی چپ به کارگاه *M10* و سوی راست در امتداد گسل *F1* به کارگاه *M2* ادامه می یابد و عمده ترین کارهای زیرزمینی در امتداد این دو دستک

و یک گزنک شیب دار در فاصله ۵ متری از آنها است و بنظر می رسد ادامه تونل تا عمق ٥٤ متری در راستای *N8E* جهت دستیابی به ادامه کارگاههای موجود در افق میانی پیش رفته است.

۱۱-۷-۳- در واحد اصلی دربرگیرنده کانسار، در افق های نابرابر چینه شناسی، لایه‌های کانه دار تشکیل شده که تا این زمان سه لایه مورد شناسایی واقع شده و امکان دارد لایه های دیگری باشد که در سطح زمین برونزد نداشته باشد و در زیر بعلت راندگی مکرر روی یکدیگر تکرار شده باشد بنابراین تمام زون تکتونیزه محدود بین دو گسل *F5, F1* را می توان بعنوان منطقه کانیسازی در راستای گسل های عرضی در نظر گرفت.

۱۲-۷-۳- در جنوب باختری محدوده اکتشافی، در محلی بنام تپه محمد صادق در سنگهای کربناته و شیلهای سبز و قرمز و خاکستری رنگ سازند باروت، از تعداد ۵ ترانشه اکتشافی بازدید و نمونه گیری شد در این محل شیلهای خاکستری تیره رنگ و دولومیت ها حامل کانی سازی مس هستند اما ذخیره چندانی ندارند.

۱۳-۷-۳- دریک نگاه افق های کانه دار در راستای گسله دنا در اثر تنش های تکتونیکی عموماً گسلیده، خردشده هستند، این راندگی های مکرر در بعضی جاها از جمله افق دوم احتمالاً بطور همزمان با یک شکستگی همسو با گسله دنا که شیب نزدیک به قائم آن در کارگاه *(M3)* مشاهده می شود همراه بوده است.

از سوی دیگر نقش گسله های عرضی که جوانتر از گسله های مورد سخن است در غنی شدگی کانسار در محل بریدگی ها بطور اخص بر اهمیت موضوع افزوده است.

۱٤-۷-۳- بر پایه محاسبات ذخیرهٔ انجام شده، معدن مس خونگاه با حدود ۲۵۰۰۰۰ تن ذخیره جزء معادن متوسط کم عیار (حدود ۱/۷ تا ۲ درصد) می باشد.

بحث و پیشنهاد

در بخش خلاصه گویی و نتیجه گیری نوشته شد که دو لایه کانه دار پایینی و بعد از آن لایه میانی نقشی اساسی در اقتصادی شدن کانسار در امتداد گسل های عرضی ایفا نموده اند. ضمن اینکه زون های اکسیده که بصورت پر شونده در سطوح درزه ها، شکافها و شکستگیهای نامنظم در واحد TZ وجود دارد را نباید نادیده گرفت.

کارهای شدادی که در سطح زمین دیده می شود یا بطور قایم و یا با شیب بسیار بیشتر از شیب لایه های در برگیرنده حفر شده و در نتیجه کاوشهای زیرزمینی کمکی به شناخت ادامه لایه کانه دار و زون اکسید نکرده است و تنها در کارگاه $M3$ بعلت قرارگیری در زون گسلیده، در راستای لایه کانه دار میانی کاوشهایی به سوی کارگاه $M4$ در زیر زمین انجام شده که به سمت کارگاه $M6$ و $M7$ ادامه نیافته است. اما بر اساس مشاهدات صحرایی، کانی سازی از $M3$ تا $M7$ در افق کانه دار میانی ادامه یافته است.

: بر پایه بحث یاد شده، پیشنهادهای زیر برای روشن تر شدن موضوع و بهره گیری بیشتر از کاوشهای انجام شده را طرح ریزی می نماییم.

۱-۸-۳- انجام مطالعات ژئوفیزیکی به روش IP جهت شناخت عمق زون سولفوره و تفکیک از زون سوپرژن و ارائه تصویر فضایی جهت شناخت هر چه بیشتر ریخت کانسار در زیر زمین.

۲-۸-۳- در راستای لایه کانه دار پایینی در امتداد واحد Π (منظور زون کانه دار پوشیده و احتمالی) حفر چند چاهک در راستای ضخامت لایه کانه دار جهت پی گیری و شناخت هر چه بیشتر زون اکسید پیشنهاد می گردد.

۳-۸-۳- در راستای گسترش طولی افق کانه دار میانی از کارگاه $M4$ تا کارگاه $M7$ و درجهت ضخامت افق کانه دار گمانه هایی چند حفر گردد تا اطلاعات بیشتری

در مورد روند کانیسازی و عیار کانسنگ بدست آید.

۴-۸-۳- از کارگاه *M11* به سوی کارگاه *M2* نیز چند گمانه در جهت گسترش طولی و در راستای ضخامت افق کانه دار به منظور شناخت هر چه بیشتر از وضعیت کانسار و عیار آن حفر گردد.

۵-۸-۳- در امتداد گسلهٔ پهلوبری که کارگاه *M3* را به *M2* متصل می نماید، کانی سازی دیده می شود، بنظر می رسد زون اکسید تا ژرفا در جهت شیب گسل ادامه یابد، لذا حفاری در جهت شیب گسل دست کم تا عمق ۳۵ متری پیشنهاد می شود.

۶-۸-۳- زون مثلث گونه ای که در شمال به کارگاه *M3* و در جنوب به کارگاه *M2* و از جنوب باختر به محل تلاقی دو گسل *F1* وگسلی که از کارگاه *M3* عبور می نماید محصور گردیده، در جهت شیب گسل حفاری به عمق حدود ۱۵ متر پیشنهاد می گردد.

۷-۸-۳- نمونه گیری از مغزه ها و حفاریهای انجام شده جهت آزمایش های شیمیایی لازم علی الخصوص مس به روش جذب اتمی

کتابنگاری

۱ - بازین، د. هوبنر،هـ کانسارهای مس در ایران، گزارش شماره ۱۳
سازمان زمین شناسی کشور، ۱۹٦۹

۲- پورکاسب، علی. مطالعه و بررسی کانسار ده معدن، رساله دکترا، ۱۳٦۷

۳- طرح اکتشافات افق پرموتریاس کوه دنا، مهندسین مشاور کان ایران ۱۳۷٤،۱۳۷۵

٤- کیوانفر، محمود. طرح بررسی ذخایر معدنی پروژه شماره ۱٦، ۱۳۷۰

۵- نبوی، م ح : دیباچه ای بر زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی کشور ۱۳۵۵

پیوست (۱)

نتایج آزمایشگاهی و مطالعات مقاطع صیقلی

تاریخ ۷۵/۱۲/۱۹

شماره ۷۵-۵۲۵

پیوست .....

حقیقات صنعتی پژوهشگران شیمی

سهامی خاص

رسی و بازیابی ضایعات ـ تجزیه شیمیالی ـ کنترل کیفیت و راندمان ـ بررسی مسائل تحقیقی و مشکلات

Sampl No.	Lab.No.	%CU	%Pb	%Zn	Ag g/ton	AU
M1-2A	1738	5,70	0,040	0,21	121	n-d
M1-3A	1739	0,85	0,009	0,14	21	n-d
M1-4A	1740	1,09	--	--	--	--
M1-5A	1741	2,14	--	--	--	--
M1-6A	1742	0,40	0,010	0,19	19	n-d
M1-7A	1743	0,31	--	--	--	--
M1-8A	1744	0,32	--	--	--	--
M2-9A	1745	4,60	--	--	--	--
M2-10A	1746	5,39	--	--	--	--
M2-11A	1747	2,59	0,52	0,30	39	n-d
M2-13A	1748	1,93	0,11	0,17	37	n-d
M2-16A	1749	0,74	--	--	--	--
M3-17A	1750	1,23	--	--	--	--
M3-18A	1751	0,06	--	--	--	--
M4-19A	1752	1,10	--	--	--	--
M4-21A	1753	0,91	--	--	--	--
M5-22A	1754	4,42	0,044	0,84	72	n-d
M6-26A	1755	0,17	--	--	--	--

آدرس : تهران ـ خیابان میرزای شیرازی ـ پلاک ۶۳ ـ طبقهٔ چهارم تلفن : ۸۳۸۴۲۳

تاریخ ۷۵/۱۲/۱۸

شماره ۷۵-۵۰۸۰

پیوست .....

حقیقات صنعتی پژوهشگران شیمی

سهامی خاص

رسی و بازیابی ضایعات ـ تجزیه شیمیائی ـ کنترل کیفیت و راندمان ـ بررسی مسائل تحقیقی و مشکلات

Sampl No.	Lab.No.	%Cu	%pb	%Zn	Ag g/ton	Au
M6-27A	1756	1,39	--	--	--	--
M7-28A	1757	1,67	0,025	0,28	23	n-d
M7-32A	1758	0,04	--	--	--	--
M8-33A	1759	0,82	0,010	0,03	21	n-d
M8-34A	1760	0,03	--	--	--	--
M10-35A	1761	4,36	0,110	0,36	96	n-d
M10-36A	1762	0,03	--	--	--	--
M11-37A	1763	2,11	0,010	0,37	28	n-d
M11-38A	1764	0,17	--	--	--	--
M12-41A	1765	7,62	0,26	0,43	137	n-d
M12-42A	1766	0,09	--	--	--	--
M13-45A	1767	1,01	1,93	0,19	16	120ppb
B3-48A	1768	0,67	--	--	--	--
B1-50A	1769	0,03	--	--	--	--
IM-51A	1770	3,94	--	--	--	--
IM-52A	1771	0,40	--	--	--	--
IM-53A	1772	0,31	--	--	--	--
IM-54A	1773	0,27	--	--	--	--

آدرس : تهران ـ خیابان میرزای شیرازی ـ پلاک ۶۳ ـ طبقهٔ چهارم تلفن : ۸۳۸۴۲۳

واحد تحقیقات صنعتی
پژوهشگران شیمی
سهامی خاص

تاریخ ۷۶/۲/۱۰
شماره ۷۶/۲۲۴
پیوست

آقای مهندس حاج ملاعلی

با سلام جواب آنالیز تعداد ۲۰ نمونه سنگ مس ارسالی در ۷۶/۱/۲۶ را باستحضار میرساند.

Lab.No.	Sampl No.	ppm Cu
82	Kh-56	18
83	57	10
84	58	14
85	59	14
86	60	52
87	61	16
88	62	9
89	63	12
90	64	9
91	65	12

با تقدیم احترام

پژوهشگران شیمی

آدرس: تهران ـ خیابان میرزای شیرازی ـ پلاک ۶۳ ـ طبقهٔ چهارم تلفن: ۸۳۸۴۲۳

مطالعات مقاطع صیقلی

نمونه شماره *M1 50*

کانی غالب در پاراژنز کانه‌ای این نمونه بورنیت بعنوان فاز میزبان *(host mineral)* است که در داخل آن تیغه هایی با رشته هایی *(Spindles)* از کالکوپیریت بعنوان فاز واخورده *(exsolved phase)* وجود دارد. این کانیها در اثر تنش های تکتونیکی خرد شده و بافت کاتاکلاستیک *(Cataclastic tex.)* در آنها بوجود آمده است. در این زمان تحت فرایندهای سوپرژن در مسیر ریز شکافها و در حاشیه کانیها، فرآورده های ثانویه مس دار از جمله دیجنیت *(dignite)* ، کالکوسیت *(Calcocite)* و کوولیت *(Covellite)* پدید آمده است. طی فرایند فوق مقداری یون آهن نیز آزاد شده که در داخل زیرشکافها و با بافت متحدالمرکز کولوفرم هیدروکسیدهای آهن از جمله گوتیت *(goethite)* و لپیدوکروسیت *(Lepidocrosite)* را بوجود آورده است.

کانی دیگری که بصورت انکلوزیون در داخل بورنیت وجود دارد نوعی سولفوسالت از نوع تترائدریت و تنانتیت می باشد که طرز قرارگیری آن طوری است که با بافت اکسولوشن اشتباه می شود.

توضیح : وجود بافت اکسولوشن بین بورنیت و کالکوپیریت و یا بین بورنیت و کانی سولفوسالت حاکی از فرآیند کانی سازی در شرایط حرارتی خیلی بالا می باشد.

سیر تسلسل کانی شناسی این نمونه به ترتیب زیر است :

سولفوسالت (تترائدریت ـ تنانتیت) ← بورنیت ← کالکوپیریت ← دیجنیت ← کالکوسیت ← کوولیت ← هیدروکسیدهای آهن (گوتیت ـ لپیدوکروسیت).

تصاویر *P13 , P14* مربوط به همین نمونه است.

نمونه شماره *M1 51*

فراوان ترین کانی در این نمونه کالکوسیت است که در کنار آن مقداری دیجنیت و کوولیت تحت شرایط سوپرژن نیز تشکیل شده ضمن آنکه بقایایی از بلور اولیه بورنیت در داخل آنها بر جای مانده است. علاوه بر آن آثاری از کوپریت *(Cuprite)* و دلافوزیت *(delafussite)* دیده می شود که تحت شرایط اکسیدان نیز بوجود آمده است. هیدروکربناتهای مس (مالاکیت و مقداری آزوریت) به همراه هیدروکسیدهای آهن در این نمونه با بافت متحدالمرکز کولوفرم هم قابل ملاحظه است. کانی فلزی دیگری مشاهده نشد.

نمونه شماره *D-47Po* .

در این نمونه نشانه کانه زایی بصورت رگه ای منیرالیزه به ضخامت ۱/۳ میلیمتر است که از فرآورده های ثانویه و آثاری باقیمانده از کانه اولیه بورنیت *(bornite residuals)* تشکیل شده و درجمع بافتی جزیره گون *(island-lake tex.)* بوجود آمده است. فراورده های ثانویه شامل کانیهای زیر است :

۱- کالکوسیت بصورت بلورهای توده ای با ته رنگ آبی در متن سفید، به مقدار کم انیزوتروپ، کانه غالب.

۲- کوولیت به رنگ آبی با قدرت انعکاس کم ، بشدت انیزوتروب و با بازتابش دوگانه قوی

۳- کوپریت *(Cuprite)* با قدرت انعکاس حدود ٪۳۰ و با رنگ انعکاس داخلی قرمز رنگ

٤- دلافوزیت - پسودوتنوریت *(delafussite- CuFe2 , pseudotenorite-Cuo)* ، به رنگ خاکستری روشن با انیزوتروپی خیلی خفیف، همرشد با کوپریت

۵- ریز بلورهایی از مس آزاد *(native copper)* ، در کنار بورنیت و در جوار دیگر فرآورده های ثانویه

٦- فرآورده هیدروکربناته مس بویژه مالاکیت و آزوریت.

نتیجه اینکه در این نمونه بورنیت بعنوان کانه اولیه فاز اصلی کانه زایی تشکیل شده که تحت فرآیندهای ثانویه و هوازدگی، فراورده های ثانویه از آن بوجود آمده و از طریق جانشینی فراگیر شده اند.

علاوه بر کانی های فوق آثار بسیار ریزدانه از پیریت -کالکوپیریت در بخشهای دیگر متن نمونه دیده می شود.

تصویر *P6* مربوط به این نمونه است.

نمونه شماره *M2-15Po*

از نظر ماکروسکوپی این نمونه از دو بخش منیرالیزه و سنگ در برگیرنده تشکیل شده است. سنگ دربرگیرنده به رنگ کرمی با شکستگی های برشی است که در مسیر بعضی از شکستگی ها آثاری سبز رنگ از هیدروکربنات مس قابل مشاهده است و این بدان معنی است که بخش منیرالیزه نسبت به سنگ دربرگیرنده جوانتر است و لذا می توان تلقی نمود که بخش منیرالیزه توسط شکستگی ها کنترل می شود.

- از نظر میکروسکوپی، پاراژنز کانه ای این نمونه شامل : کالکوپیریت، بورنیت، گالن، تترائدریت، کالکوسیت، کوولیت.

در سنگ در برگیرنده دانه های ریز و درشت از مگنتیت دیده می شود که به شکل نامنظم زاویه دار، هلالی و کمی کشیده هستند و تحت تنش های تکتونیکی بعدی خرد و گاه تحت فرآیندهای سطحی و عمل آبهای فرورو با هیدروکسیدهای آهن آغشتگی پیدا نموده اند. اندازه آنها *20× 20* تا *200×220* میکرون می باشد و درصد حجمی آنها به ۱٪ می رسد.

کالکوپیریت *(Chalcopyrite)* بصورت بلورهای یکدست و با بافت توده‌ای *(massive tex.)* می باشد که در تحت پدیده های سطحی در آن خوردگی و حفره هایی ظاهر شده است. در حاشیه بلورها نوعی بافت اکسولوشن *(exsolution tex.)* بین کالکوپیریت و بورنیت مشاهده می شود که بیانگر واخوردگی بورنیت *(exsolved phase)* از محلول جامد کالکوپیریت

بعنوان فاز میزبان *(host phase)* است. از این بافت چنین می شود دریافت که نهشت کمپلکس های سولفیدی در ابتدا برای تبلور کالکوپیریت متناسب بوده و با کاهش درجه حرارت محصول جامد، در حاشیه بلورهای کالکوپیریت، بورنیت ظاهر می شود. طبق تصویر *P1* ، بافت اکسولوشن بین فاز واخورده بورنیت در فاز میزبان کالکوپیریت و در حاشیه بطور توده ای شکل کالکوپیریت دیده می شود. این بافت بیانگر تشکیل کالکوپیریت و بورنیت طی درجات حرارت معادل مزونرمال (۳۵۰- ۳۰۰ درجه حرارت) می باشد.

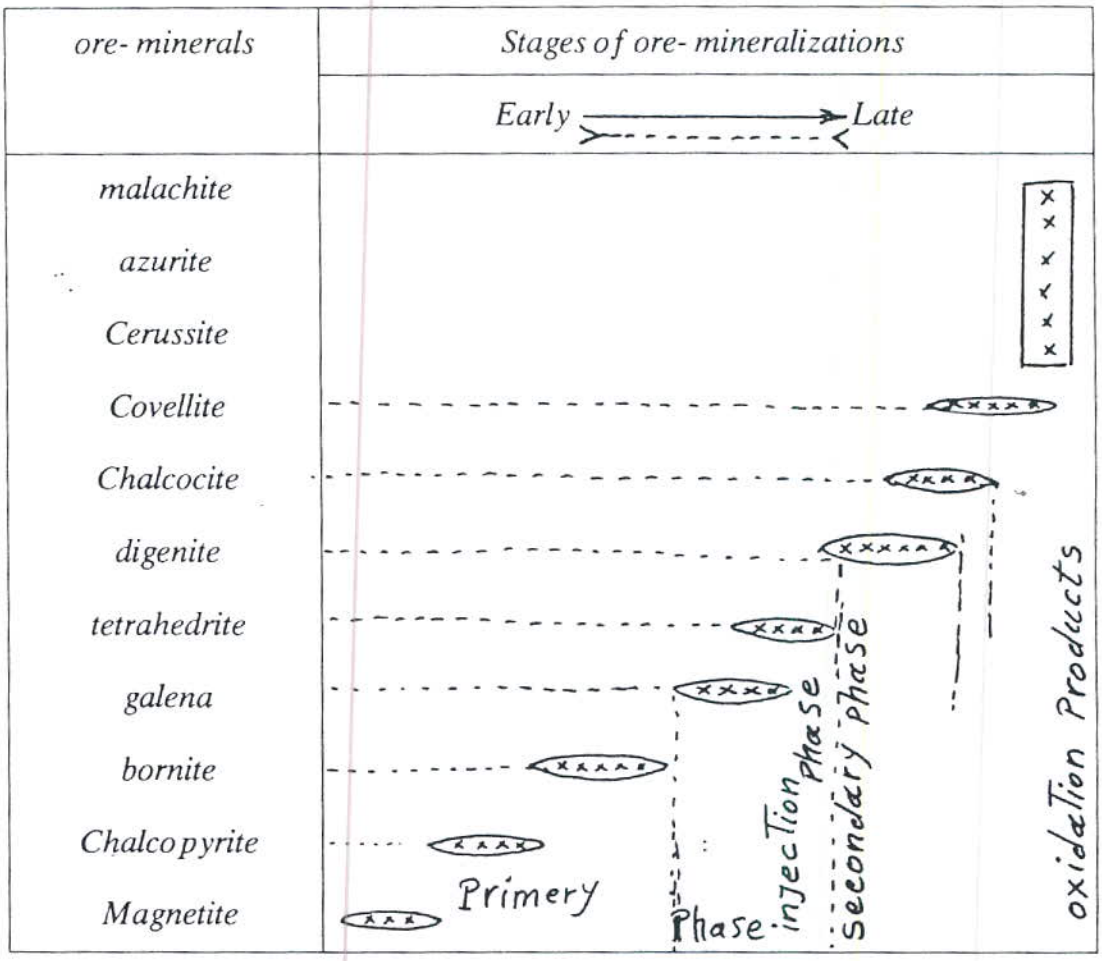
با توجه به اینکه گالن و تترائدریت بصورت تزریقی *(Injection tex.)* در کالکوپیریت مشاهده می شود(تصاویر*P3, P2*) چنین قابل تعبیر است که محلولهای کانه دار در حین بالا آمدن از حرارت آنها کاسته می شود و شرایط مناسب جهت از دست رفتن پایداری کمپلکس های سولفیدی سرب و سولفوسالت ها از جمله تترائدریت فراهم می گردد. در این شکل قدرت انعکاس گالن از تترائدریت بیشتر است و در عوض سختی تترائدریت از گالن بیشتراست. اندازه بلورها ریز بوده و نوعی اکسو لوشن بین گالن و تترائدریت قابل مشاهده است. (تصویر*P3*) نشانگر فاز تزریقی است که در آن رگه های گالن به داخل بلورهای کالکوپیریت و بورنیت نفوذ کرده است.)

کانیهای همانید، کالکوپیریت، بورنیت، گالن و تترائدریت است که ذکر آنها رفت و پاراژنز کانه‌ای اصلی را در این نمونه نشان میدهد تحت شرایط اکسیدان غنی شدگی ثانویه سوپرژن *(Secondary supergene enrichment)* قرار گرفته و از طریق ریزشکافها و حواشی بلورها به فراورده هایی از جمله دیجنیت *(digenite)*، کالکوسیت *(chalcocite)*، کوولیت *(covellite)*، سروزیت *(cerussite)* و همچنین مالاکیت - آزوریت تبدیل شده اند. در این فرآیند نقش آبهای جوی و فرآیند هوازدگی ، شرایط *Eh , PH* محلولهای کانه دار و محیط ، و بالا و پایین رفتن سطح ایستایی منطقه قابل ملاحظه می باشد.

(تذکر: دیجنیتی که در اینجا ذکر شده تا حدودی غیرعادی است و برنگ خاکستری متمایل به صورتی است، احتمالاً آغشتگی ژرمانیوم *(Ge)* در آن وجود دارد ، بنابراین نیاز به تجزیه با دستگاه میکروپروب *(EPMA)* دارد.)

تصاویر *(P4, P5)* مربوط به این نمونه است.

دیاگرام پارژنتیک این نمونه در چارت صفحه پشت آمده است :



آنچه مشخص است اینکه اگر فاز تزریقی به وفور دیده شود، با توجه به همرشدی تترائدریت و گالن باید انتظار میزان نقره بیشتری را داشت.

نمونه شماره *M4- 2oPo*

ظاهر ماکروسکپی این نمونه کم و بیش شبیه نمونه *M7-29Po* است با این تفاوت که ضخامت رگچه ها و فراوانی آنها در سطح نمونه کمتر می‌باشد.

از نظر میکروسکپی. علاوه بر تشکیل کانیهای ثانویه کالکوسیت - دیجنیت و کوولیت، مالاکیت و آزوریت نوع کانیهای هیپوژن و اولیه کانی سازی که کالکوپیریت و بورنیت می باشد، مشخص تر می‌باشند.

تصویر *P9* مربوط به همین نمونه است.

نمونه شماره *M5-25Po*

پاراژنز کانه ای این نمونه علاوه بر بلورهای ریز و اتومورف پیریت تا اندازه ۳۰×۳۰ میکرون کالکوپیریت تا اندازه ۳۰×۵۰ میکرون با بافت پراکنده *(disseminated)* در متن گانگ، شامل دانه ای نیمه اتومورف و با اندازه ۱/۵×۲/۸ میلیمتر از بورنیت نارنجی *(orange bornite)* است. این دانه از بورنیت نارنجی توسط ریز شکافهایی عرضی تحت عنوان *(fracture diseaes)* تا حدودی گسیخته شده و از طریق آنها حاشیه بورنیت نارنجی به رشته هایی تارگونه از ایدائیت *(Idaite- Cu3FeS4)* و کوولیت *(covellite)* تبدیل شده است. قدرت انعکاس ایدائیت نسبت به بورنیت نارنجی بالاتر می باشد. اسفالریت بصورت بلورهای غیراتومورف و نیمه مدور در داخل بورنیت نارنجی دیده می شود که قدرت انعکاس آن تا ۱۸٪ بوده و به نظر می رسد که ترتیب تبلور آن از بورنیت قدیم تر باشد. (تصویر *P7*)

سیر تسلسل کانی شناسی نمونه به ترتیب زیر است :

پیریت ← کالکوپیریت ← اسفالریت ← بورنیت نارنجی ← ایدائیت ← کالکوسیت ← کوولیت

نمونه شماره *(M5-24 Po)*

در این نمونه به جز ریز بلورهای کالکوپیریت (بصورت دانه های غیراتو مورف و با اندازه تا ۲۰ ×۲۰ میکرون) پراکنده *(disseminated grains)* و رگچه هایی از فرآورده های ثانویه کالکوسیت - دیجنیت و هیدرو کربناتهای مس (مالاکیت - آزوریت) آبی و سبزرنگ، کانی فلزی دیگری مشاهده نگردید. ضخامت رگچه‌ها ۲۰۰-۱۵۰ میکرون بوده و تقریباً در تمامی سطح نمونه پراکنده می باشند. بافت کولوفرم ناشی از جانشینی کانیهای اولیه محل (احتمالا کالکوپیریت) توسط کالکوسیت کریزوکولا *(Crysocolla)*، هیدروکربناتهای مس و در حاشیه هیدروکسیدهای آهن در داخل رگچه های موجود در این نمونه کم و بیش معمول است.

نمونه شماره *M7 29 Po*

ظاهر ماکروسکوپی این نمونه حاوی رگه و رگچه هایی از مالاکیت که موجب رنگ سبز کلی نمونه گشته است. در بخش داخلی رگه ها، آثاری از کانه فلزی کالکوسیت دیده می شود که بتدریج طی جانشینی جای خود را به هیدروکربناتهای مس داده است و آنچه باقیمانده، همان آثار بر جای مانده اولیه است. از نظر میکروسکپی رگچه های موجود در نمونه، بافت فضای باز *(open space filling)* را نمایان می سازد که در آن توانسته کانی کالکوسیت - دیجنیت *(Calcocite- digenite)* و بعضی جاها کوولیت جایگزین شود. این جایگزینی توانسته در عمقی که شرایط غنی شدگی ثانویه محل حاکم بوده به انجام برسد. از جایگزینی کالکوسیت چنین به نظر می رسد که تاثیر همزمان تکتونیک و فرایند هوازدگی *(Weathering process)* موجب خردشدن و واکنش های حاشیه ای *(reaction rims)* توسط هیدروکربناتهای مس (مالاکیت، آزوریت و غیره) در کالکوسیت - دیجنیت شده است. طی این واکنشها، تشکیل بافت های کولوفرم *(Colloform tex.)* و متحدالمرکز معمول است.

با توجه به آثار موجود و بقایای برجای مانده، کانی هیپوژن فرایندهای فوق بورنیت *(bornite)* می باشد.

تصویر *P8* مربوط به همین نمونه است.

نمونه شماره *M12- 39Po*

پاراژنز کانه ای این نمونه به مانند نمونه *D-47P* می باشد و شامل کانیهای :

(۱)- بورنیت *(bornite)* بصورت برجای مانده *(residuals)* که مبین فاز اولیه کانه زایی است ود رجا *(in site)* بوسیله فراورده های ثانویه جانشین شده است.

(۲)- کالکوسیت - دیجنیت *(Chalcocite- digenite)* که بیشترین محصول جانشینی هستند.

(۳)- کوولیت *(Covellite)*، بصورت بلورهای منشوری و ریز، با قدرت انعکاس دوگانه و چند رنگی از آبی تا صورتی، کم و بیش به همراه کالکوسیت - دیجنیت می باشد.

(٤)- دلافوزیت *(delafussite)* ، با قدرت انعکاس پایین و با رنگ خاکستری بعنوان یکی از فرآورده های ثانویه گاه در حاشیه جاهایی که کالکوسیت - دیجنیت گسترده است دیده می شود.

(۵)- تترائدریت - تنانتیت *(tetrahedrite- tennantite)* بعنوان *fahlore* بفرم غیر اتومورف تقریباً بیضوی بوسیله حاشیه‌ای از بورنیت نارنجی در برگرفته شده است و نوعی ساخت منطقه‌ای *(zoning structure)* را نشان می دهد. در خارجی ترین بخش این ساخت منطقه‌ای یک کانی برنگ سفید استخوانی متمایل به زیتونی با رنگ انعکاس داخلی قرمز وجود دارد که بخش میانی را بورنیت و بخش داخلی را تترائدریت - تنانتیت *(Fahlore)* تشکیل داده است.

(٦)- طبق تصویر *P11* گاه ریخت کانی اولیه ای که توسط کالکوسیت جانشین شده بصورت رومبیک *(Rhomb- shaped)* می باشد و ریخت آرسنوپیریت *(arsenopyrite)* را به نظر می آورد و لذا وجود آرسنوپیریت را نباید از نظر دور داشت.

(۷)- پیریت کبالت دار بصورت پورفیربلاست در کنار بورنیت ایجاد نوعی ساخت منطقه ای کرده که حد جدایی آن دو، طی فرایند دگرسانی توسط کانیهایی چون تترائدریت (فاز خاکستری روشن با ته رنگ سبز)، دلافوزیت (فاز کرمی با ته رنگ صورتی) و

کالکوسیت- کوولیت صورت گرفته است.

تصویر *P12* نشانگر ساخت منطقه ای فوق الذکر است و به ترتیب از درون به برون شامل :

- پیریت کبالت دار
- تترائدریت
- دلافوزیت
- کالکوسیت - کوولیت
- بورنیت بصورت باقیمانده *(Residues)*

نمونه شماره *M13- 43Po*

ظاهر ماکروسکپی این نمونه به رنگ کرمی تیره و حاوی دانه های فلزی جدا از هم و منفرد است که حاوی حفره های ریز می باشد. از نظر میکروسکپی دانه های فلزی فوق گالن می باشد که به فرم بلورهای غیراتومورف و با اندازه متوسط ۱/۲×۰/۵ میلیمتر می باشند. این دانه ها با توجه به اینکه در حاشیه به سروزیت تبدیل شده و بافت متحدالمرکز و کولوئیدال دارند و از طرفی توسط قشرهای کولوفرم هیدروکربنات مس (ازجمله مالاکیت) در بر گرفته شده اند چنین بنظر می آید که جایگاه اولیه آنها همین حفره های موجود بوده است بدین ترتیب بافت آنها را می توان بافت حفره ای *(drusy tex.)* عنوان نمود. چنین بافتی می تواند در زونهای اکسیداسیون که کانیهای هیپوژن تحت فرایندهای هوازدگی قرار می گیرند بوجود آید.

ماده اولیه هیدروکربناتهای مس و کوولیت حاشیه ای حفره های گالن دار، کانی بورنیت *(bornite)* می باشد.

گاه تبدیل گالن به سروزیت تا آن حد پیشرفته شده که تنها سروزیت در داخل حفره ها جای گرفته است.

گاه به همراه سروزیت و به فرم کولوئیدال سیدریت *(Siderite)* نیز مشاهده می شود. از مشاهدات موجود چنین برمی آید که جایگزینی اولیه گالن حالت رگه‌ای *(Vein-type)* و پراکنده *(disseminated type)* داشته است.

تصویر *P10* مربوط به همین نمونه است.

نتیجه و بحث :

با توجه به مشاهدات صحرایی که در آن دو لایه کانه زایی مشاهده شده‌و کانه های اولیه تشخیص شده کالکوپیریت، بورنیت، گالن، و سولفوسالت (تترائدریت - تنانتیت) است که می توانند تحت شرایط همزمان رسوبگذاری و فعالیت های برون دمی بوجود آمده باشند، به سخنی دیگر تیپ اولیه کانی زایی از نوع رسوبی - اگزالاتیو *(exalative-sedimentary type)* بوده که بعدها تحت تاثیر تنشهای تکتونیکی و فرآیندهای هوازدگی قرار گرفته و فرآورده‌های ثانویه کالکوسیت، کوولیت، دلافوزیت، کوپیریت، تنوریت، هیدروکربناتهای مس و هیدروکسیدهای آهن را بوجود آورده است.

مطالعه کننده : محمد لطفی

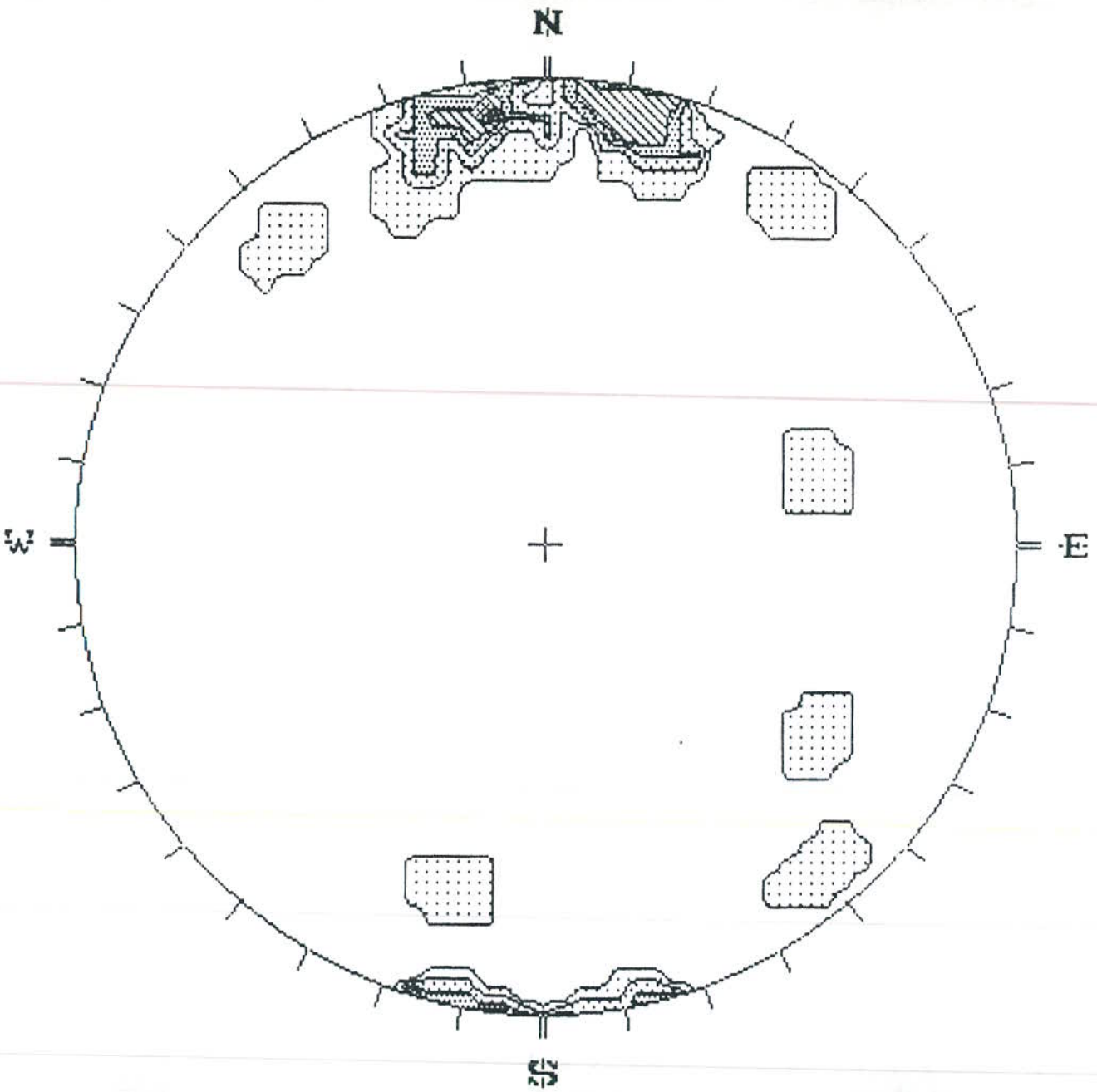
فرمول کانیهای مطالعه شده در مقاطع صیقلی به شرح زیر است :

۱- مالاکیت	$Cu_2(Co_3)(OH)_2$
۲- آزوریت	$Cu_3(Co_3)_2(OH)_2$
۳- کالکوپیریت	$(Cu\,Fe\,S_2)$
٤- بورنیت	(Cu_5Fe_4)
۵- گالن	(PbS)
٦- تترائدریت	$(Cu_3Sb\,S_3)$
۷- کالکوسیت	(Cu_2S)
۸- کوولیت	(CuS)
۹- دیجنیت	$(Cu_{1.76}S)$
۱۰- سروزیت	$(Pb\,Co_3)$
۱۱- ماگنتیت	(Fe_2O_3, FeO)
۱۲- کوپریت	(Cu_2O)
۱۳- دلافوزیت	$(Cu\,Fe\,O_2)$
۱٤- پسودوتنوریت	(CuO)
۱۵- ایدائیت	$(Cu_3Fe\,s_4)$
۱٦- سیدریت	$(Fe\,Co_3)$
۱۷- تنانتیت	$(Cu_3AS\,S_3)$
۱۸- آرسنوپیریت	$(Fe\,As\,S)$
۱۹- گوتیت	$(\propto -FeO\,OH)$
۲۰- لپیدوکروسیت	$(Fe\,O\,OH)$
۲۱- پیریت	$(Fe\,S_2)$

پیوست (۲)

نمودارهای گل سرخی و استریونت

DIP/DIP DIR.: GRID:CIRC LINES:OFF FILE: ML



CONTOUR PLOT

SCHMIDT POLE CONCENTRATIONS
% of total per 1.0 % area

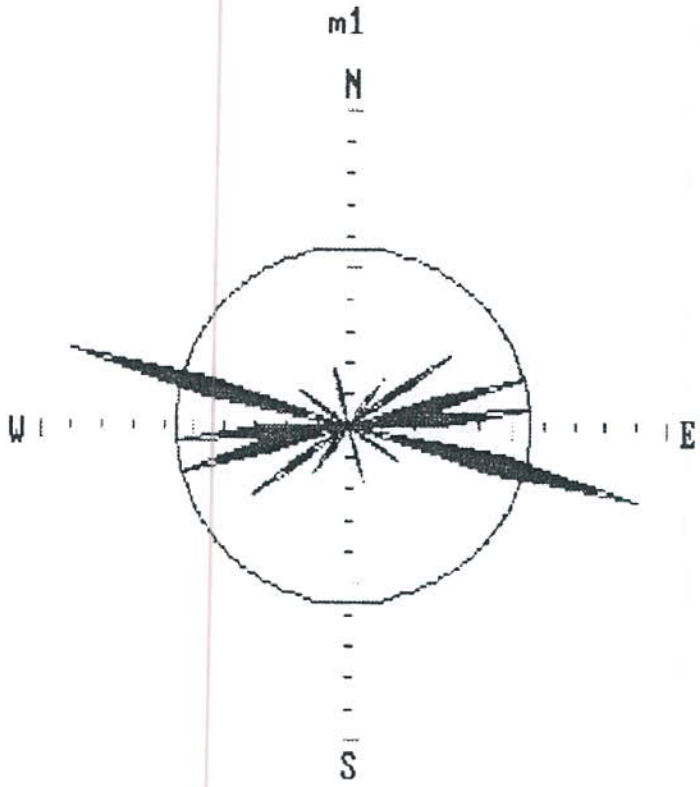
<	0	%
<	4	%
<	8	%
<	12	%
<	16	%
<	20	%
<	24	%
<	28	%

EQUAL AREA

LWR. HEMISPHERE

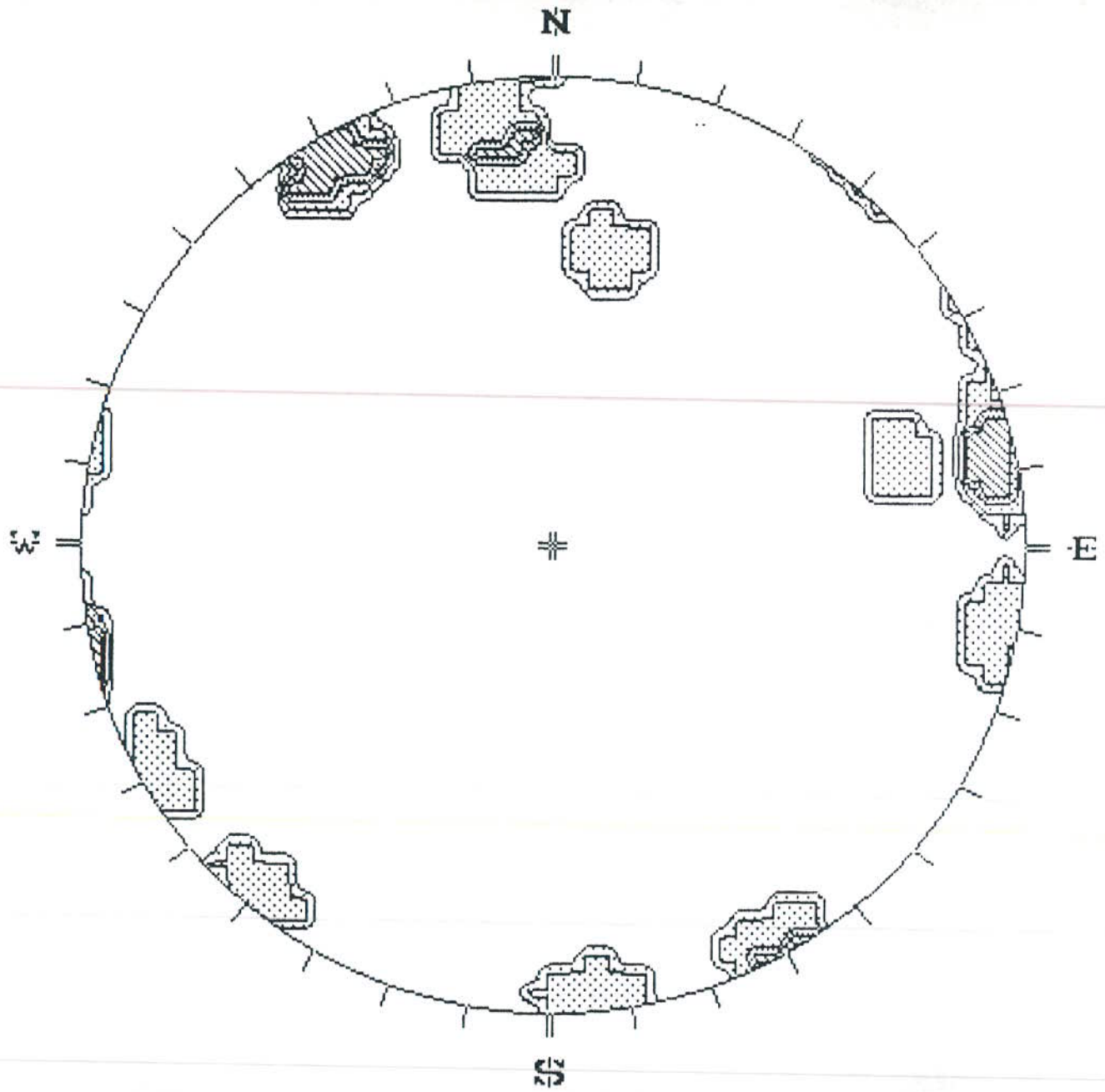
16 POLES
16 ENTRIES

NO BIAS CORRECTION



(× 3)

DIP/DIP DIR.: GRID:CIRC LINE:* OFF FILE: M2



CONTOUR PLOT

SCHMIDT POLE CONCENTRATIONS
% of total per 1.0 % area

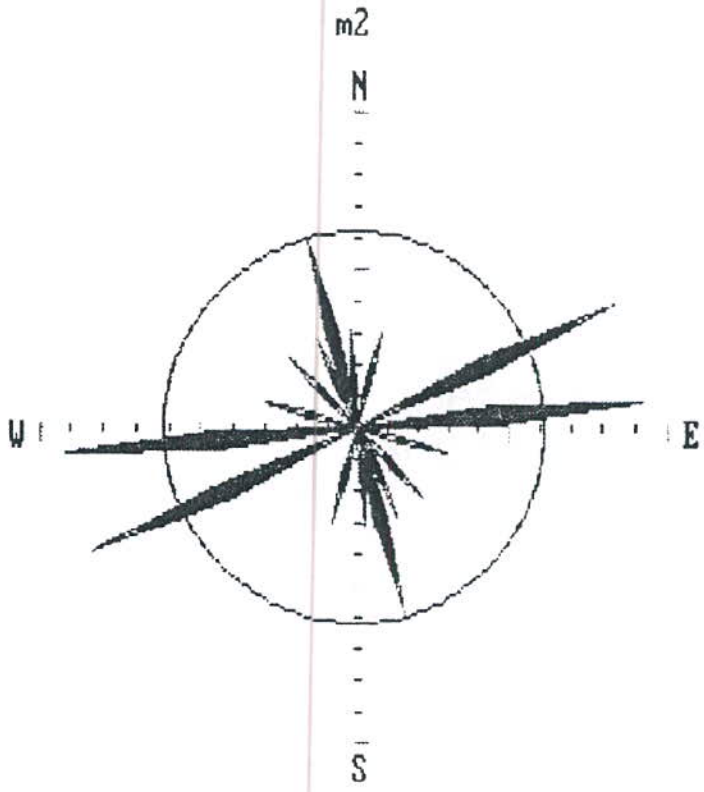
< 0 %
< 3.5 %
< 7 %
< 10.5 %
< 14 %
< 17.5 %
< 21 %
< 24.5 %

EQUAL AREA

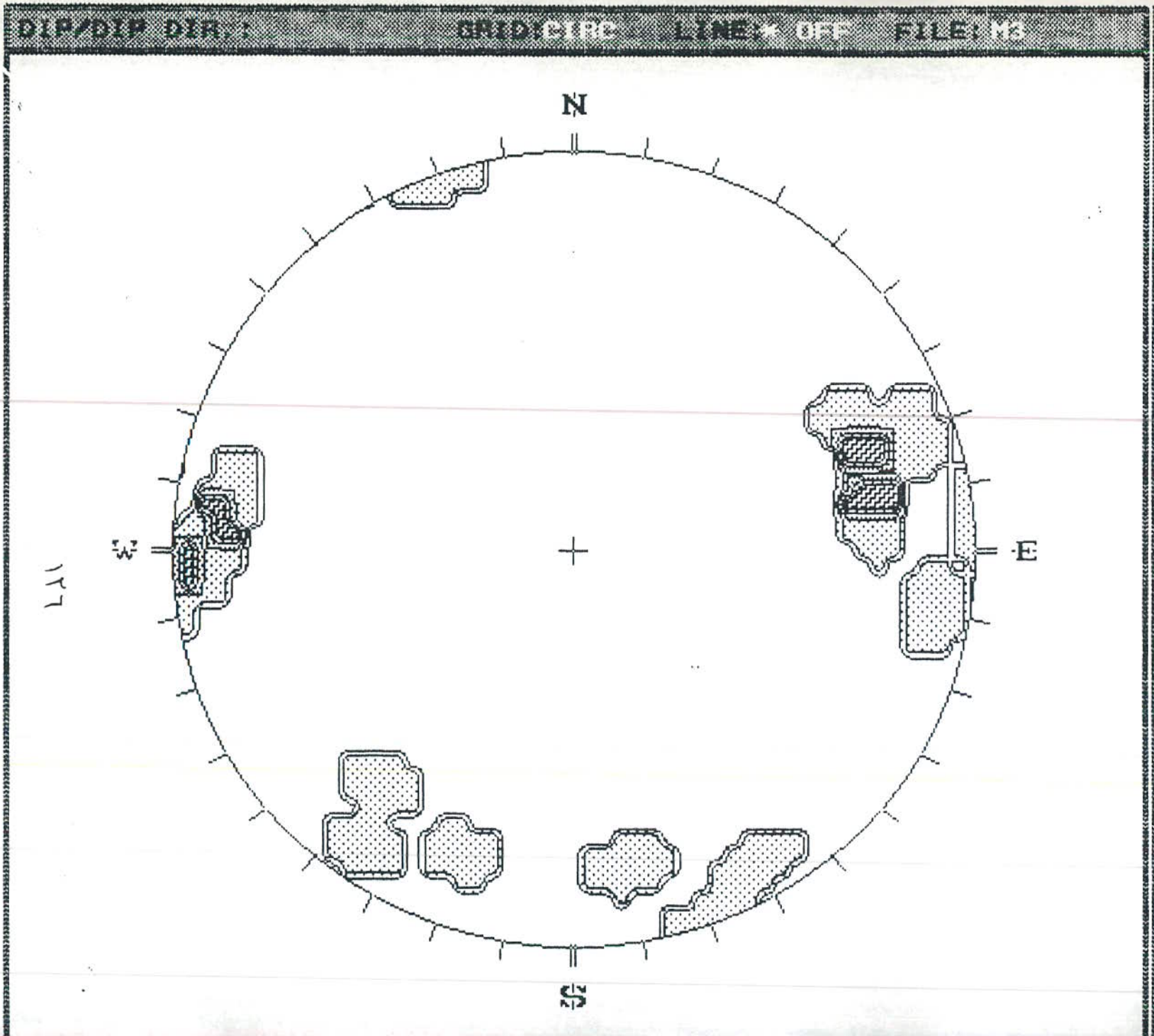
LWR. HEMISPHERE

13 POLES
13 ENTRIES

NO BIAS CORRECTION



(* 4)



CONTOUR PLOT

SCHMIDT POLE CONCENTRATIONS
% of total per 1.0 % area

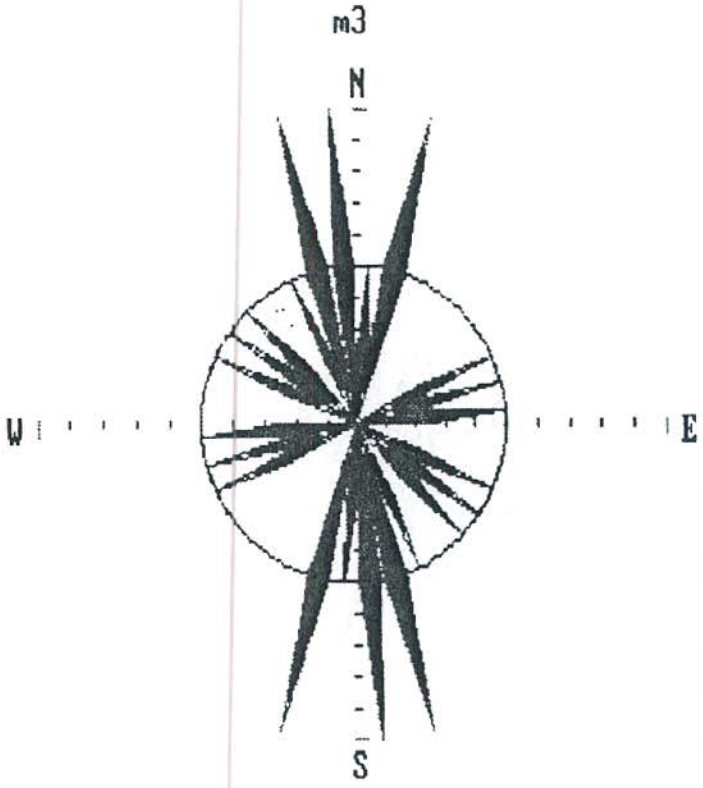
< 0 %
< 2.5 %
< 5 %
< 7.5 %
< 10 %
< 12.5 %
< 15 %
< 17.5 %

EQUAL AREA

LWR. HEMISPHERE

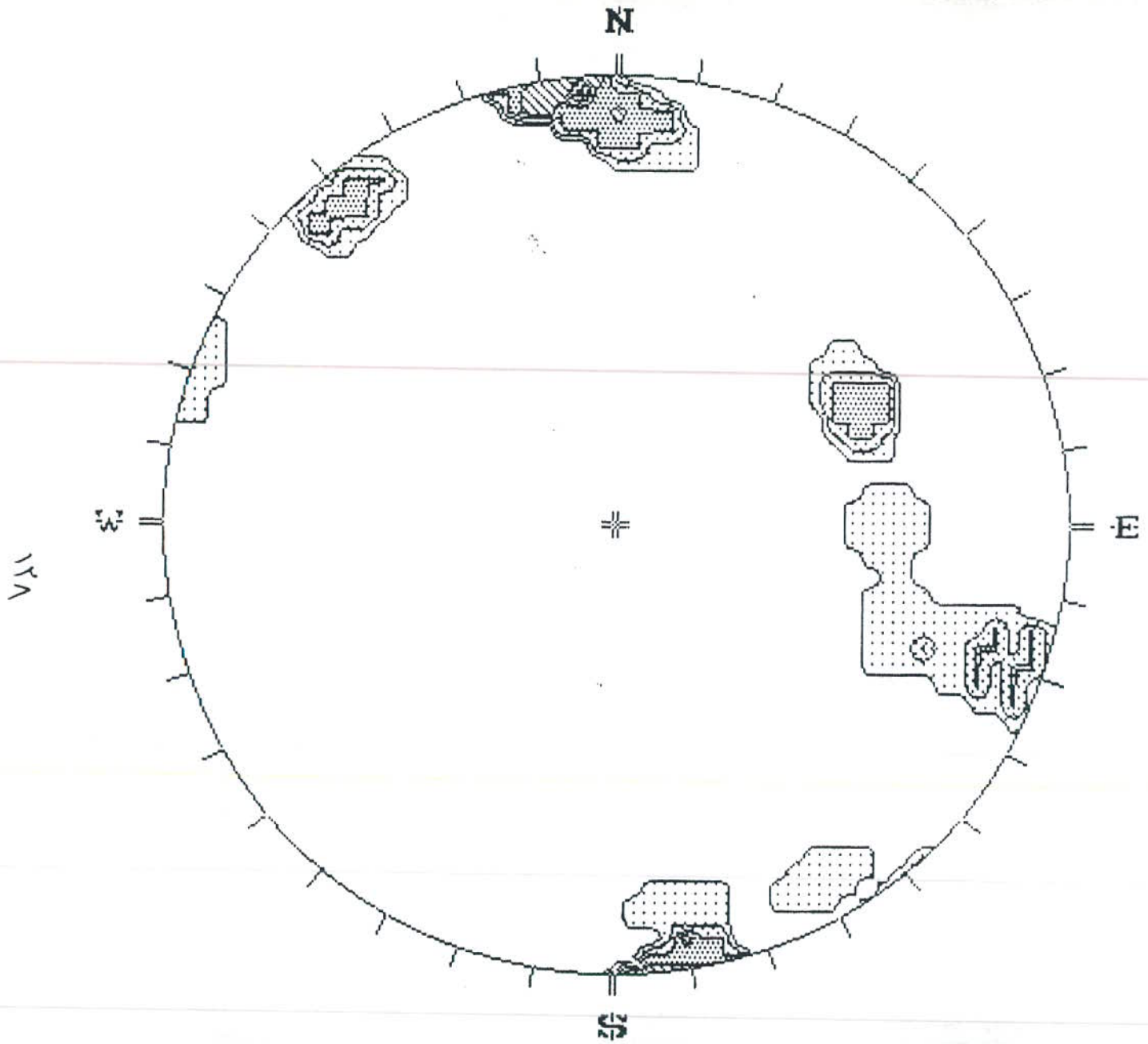
14 POLES
14 ENTRIES

NO BIAS CORRECTION



(* 7)

DIP/DIP DIR.: GRID:CIRC LINE:* OFF FILE: M4



CONTOUR PLOT

SCHMIDT POLE CONCENTRATIONS
% of total per 1.0 % area

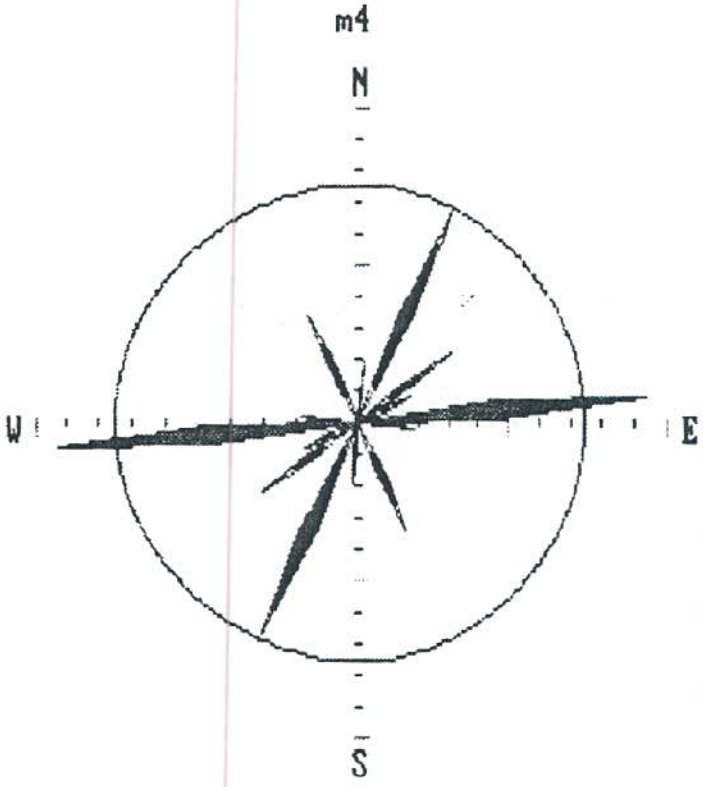
<	0	%
<	4	%
<	8	%
<	12	%
<	16	%
<	20	%
<	24	%
<	28	%

EQUAL AREA

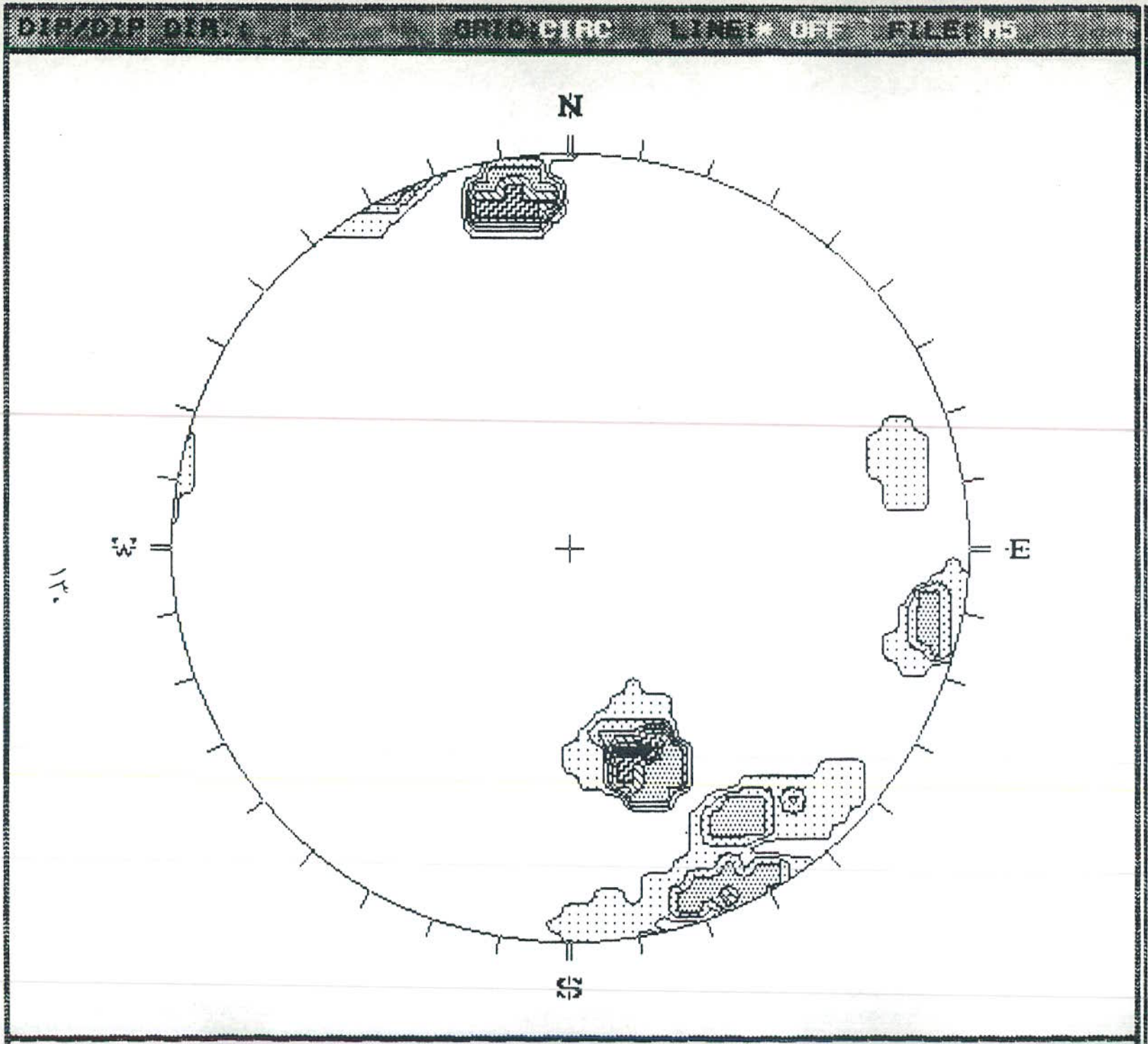
LWR. HEMISPHERE

16 POLES
16 ENTRIES

NO BIAS CORRECTION



(* 3)



CONTOUR PLOT

SCHMIDT POLE CONCENTRATIONS
% of total per 1.0 % area

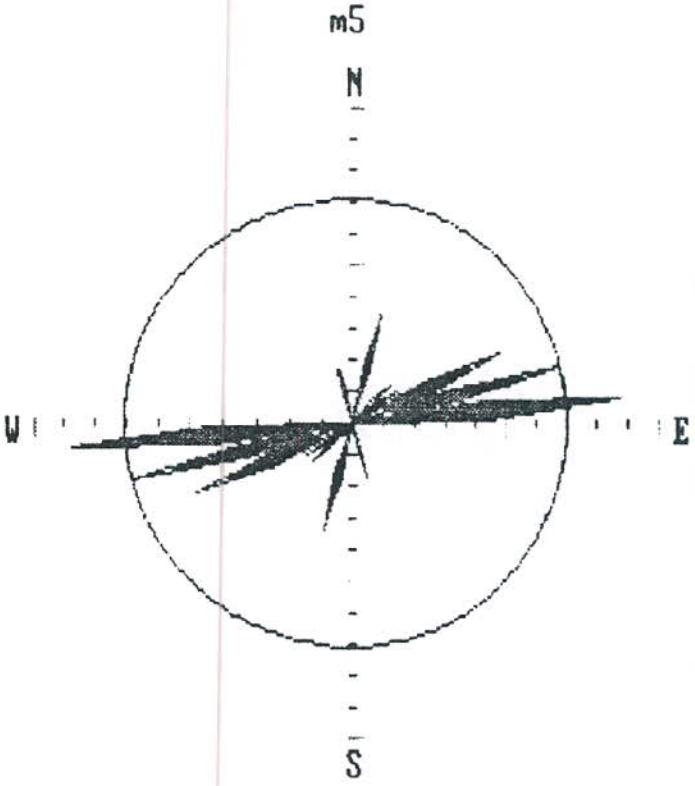
< 0 %
< 3.5 %
< 7 %
< 10.5 %
< 14 %
< 17.5 %
< 21 %
< 24.5 %

EQUAL AREA

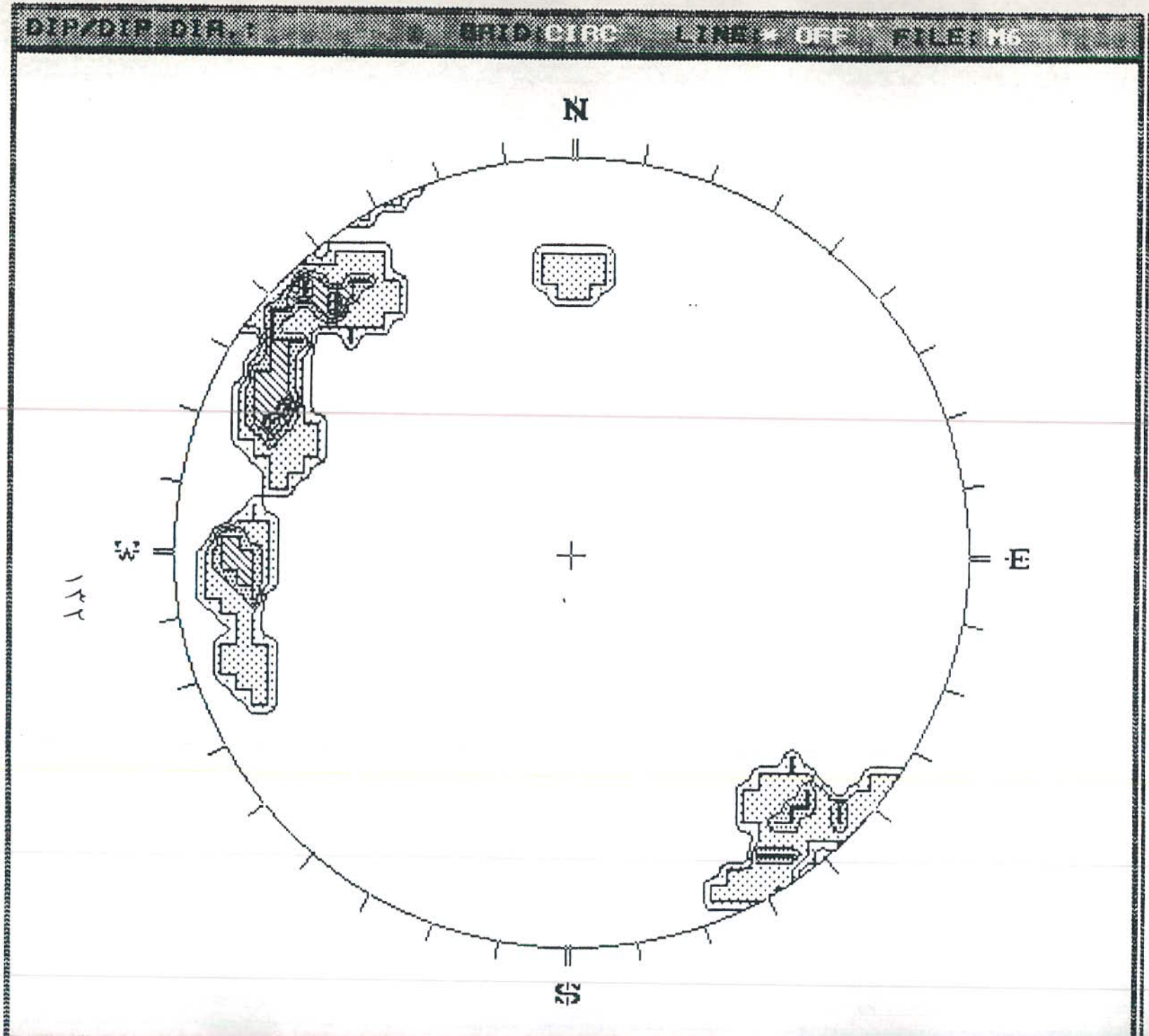
LWR. HEMISPHERE

17 POLES
17 ENTRIES

NO BIAS CORRECTION



(* 3)



CONTOUR PLOT

SCHMIDT POLE CONCENTRATIONS
% of total per 1.0 % area

< 0 %
< 3.5 %
< 7 %
< 10.5 %
< 14 %
< 17.5 %
< 21 %
< 24.5 %

EQUAL AREA

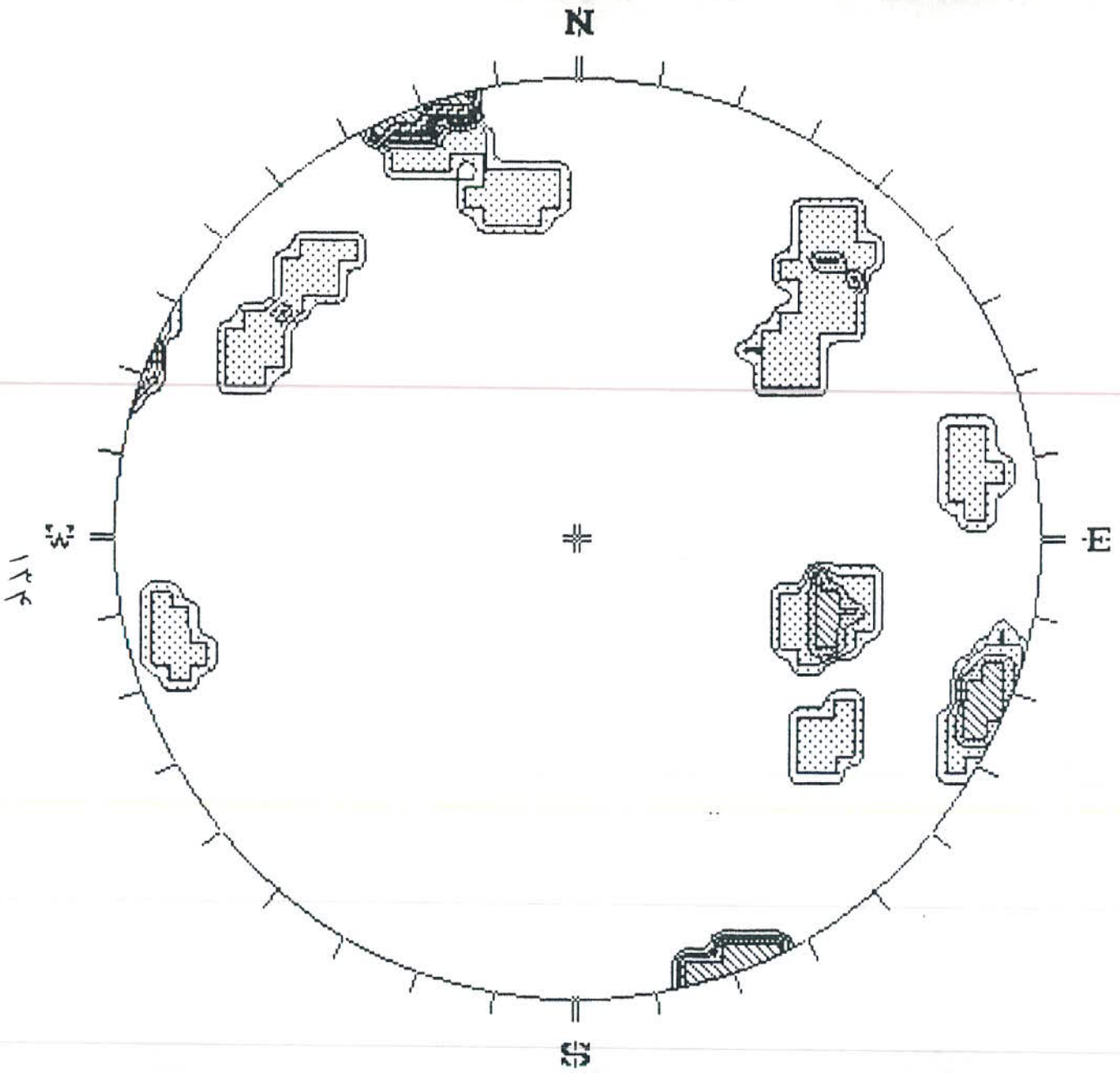
LWR. HEMISPHERE

14 POLES
14 ENTRIES

NO BIAS CORRECTION

(* 3)

DIP/DIP DIR.: I GRID: CIRC LINE: OFF FILE: M7



CONTOUR PLOT

SCHMIDT POLE CONCENTRATIONS
% of total per 1.0 % area

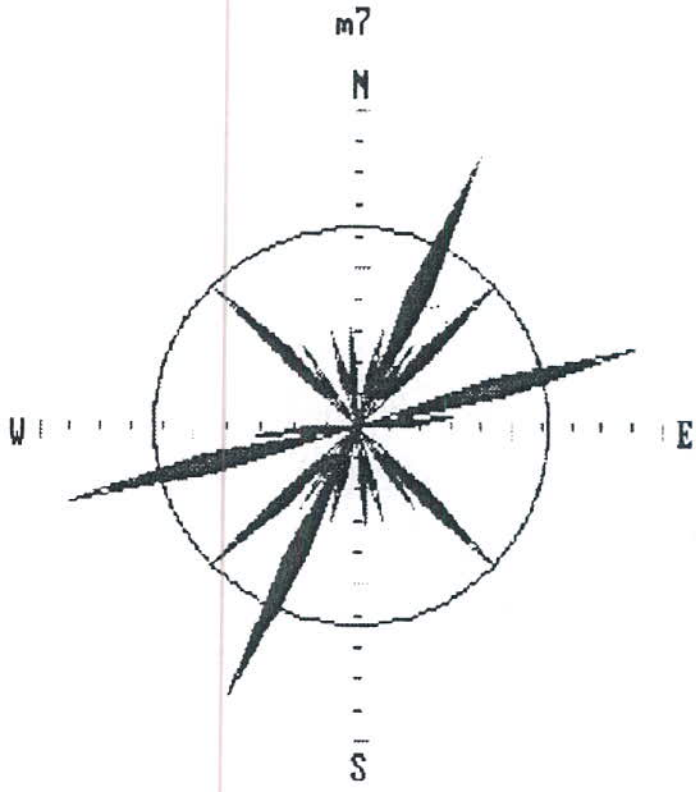
<	0	%
<	3	%
<	6	%
<	9	%
<	12	%
<	15	%
<	18	%
<	21	%

EQUAL AREA

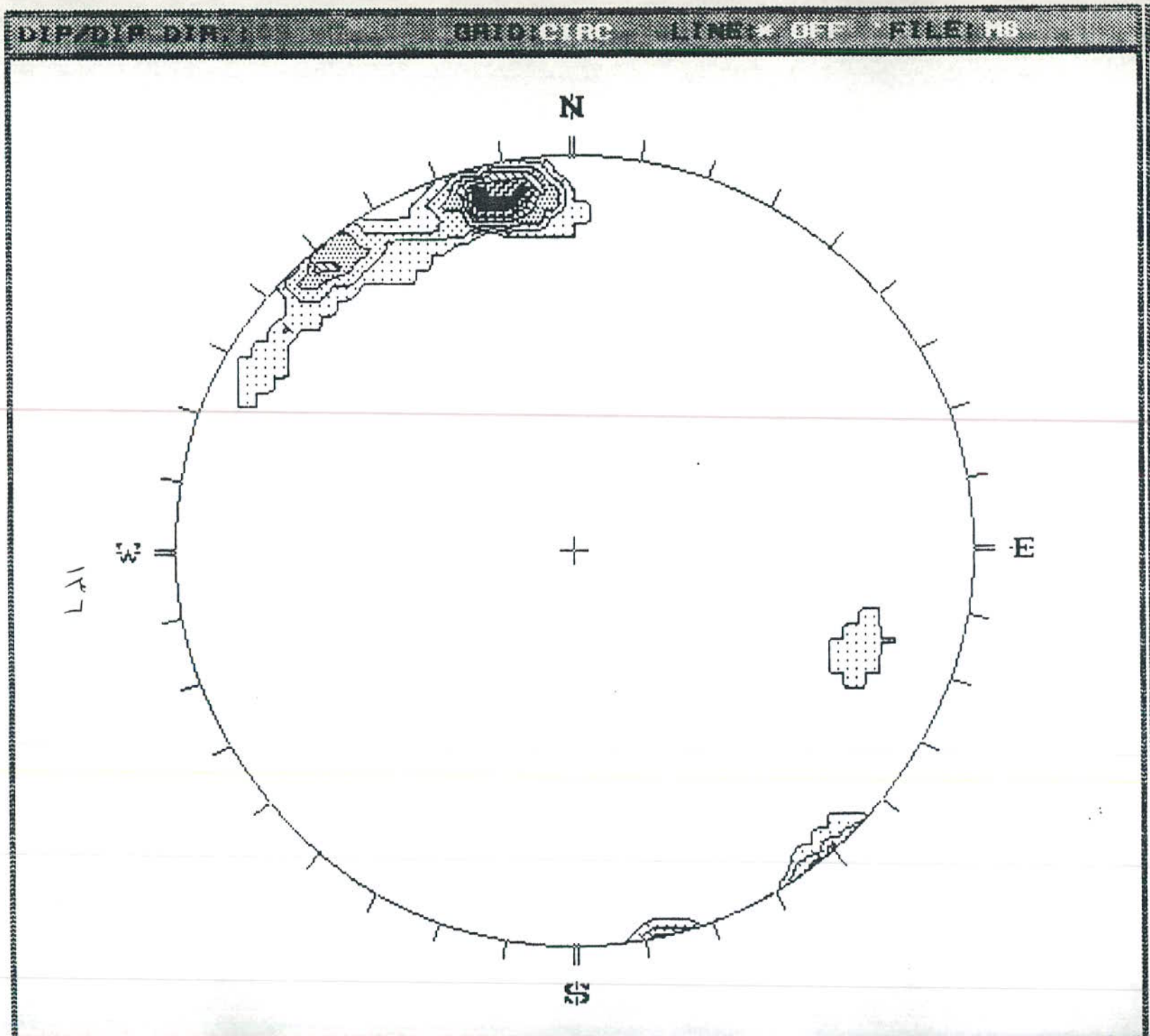
LWR. HEMISPHERE

16 POLES
16 ENTRIES

NO BIAS CORRECTION



(* 5)



CONTOUR PLOT

SCHMIDT POLE CONCENTRATIONS
% of total per 1.0 % area

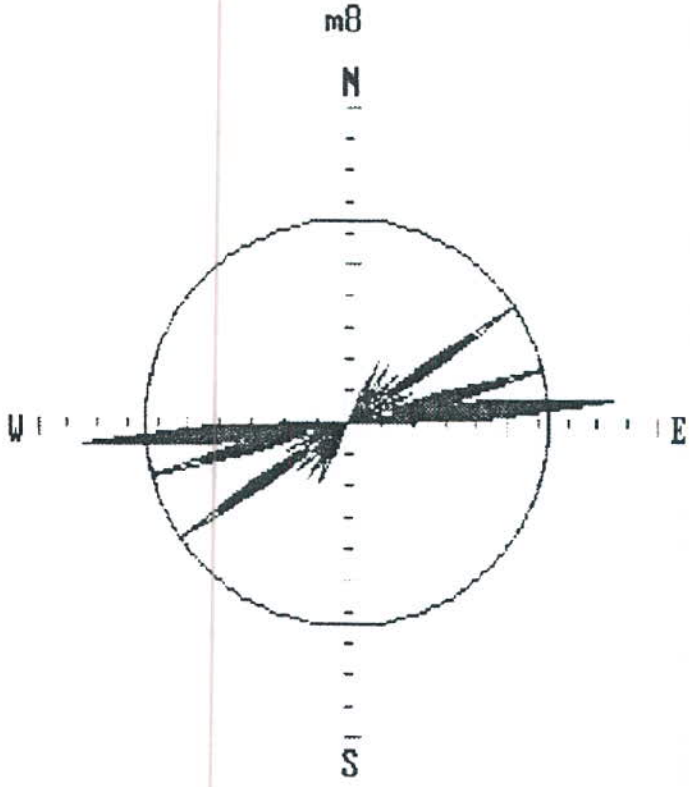
< 0	%
< 6.5	%
< 13	%
< 19.5	%
< 26	%
< 32.5	%
< 39	%
< 45.5	%

EQUAL AREA

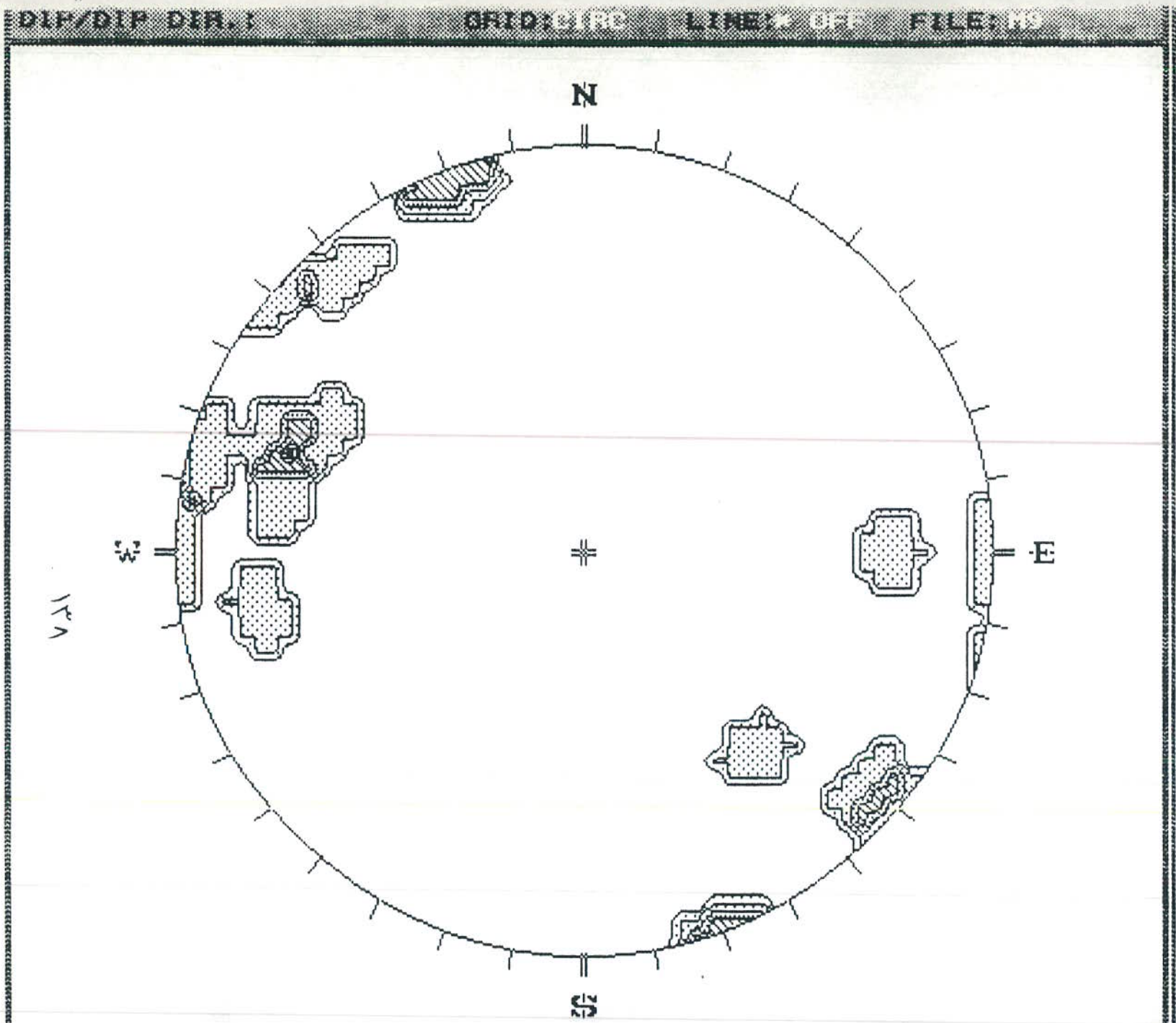
LWR. HEMISPHERE

14 POLES
14 ENTRIES

NO BIAS CORRECTION



(* 3)



CONTOUR PLOT

SCHMIDT POLE CONCENTRATIONS
% of total per 1.0 % area

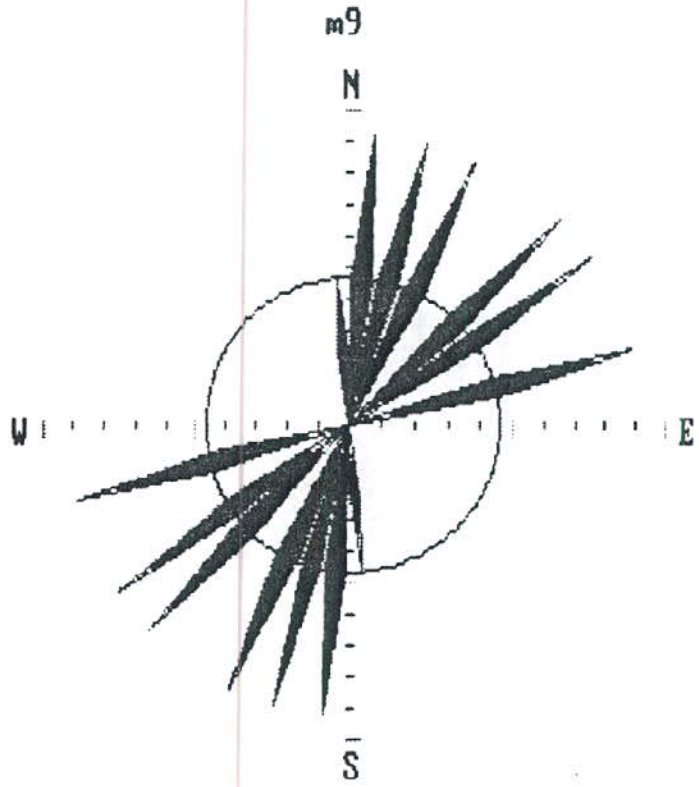
< 0 %
< 3.5 %
< 7 %
< 10.5 %
< 14 %
< 17.5 %
< 21 %
< 24.5 %

EQUAL AREA

LWR. HEMISPHERE

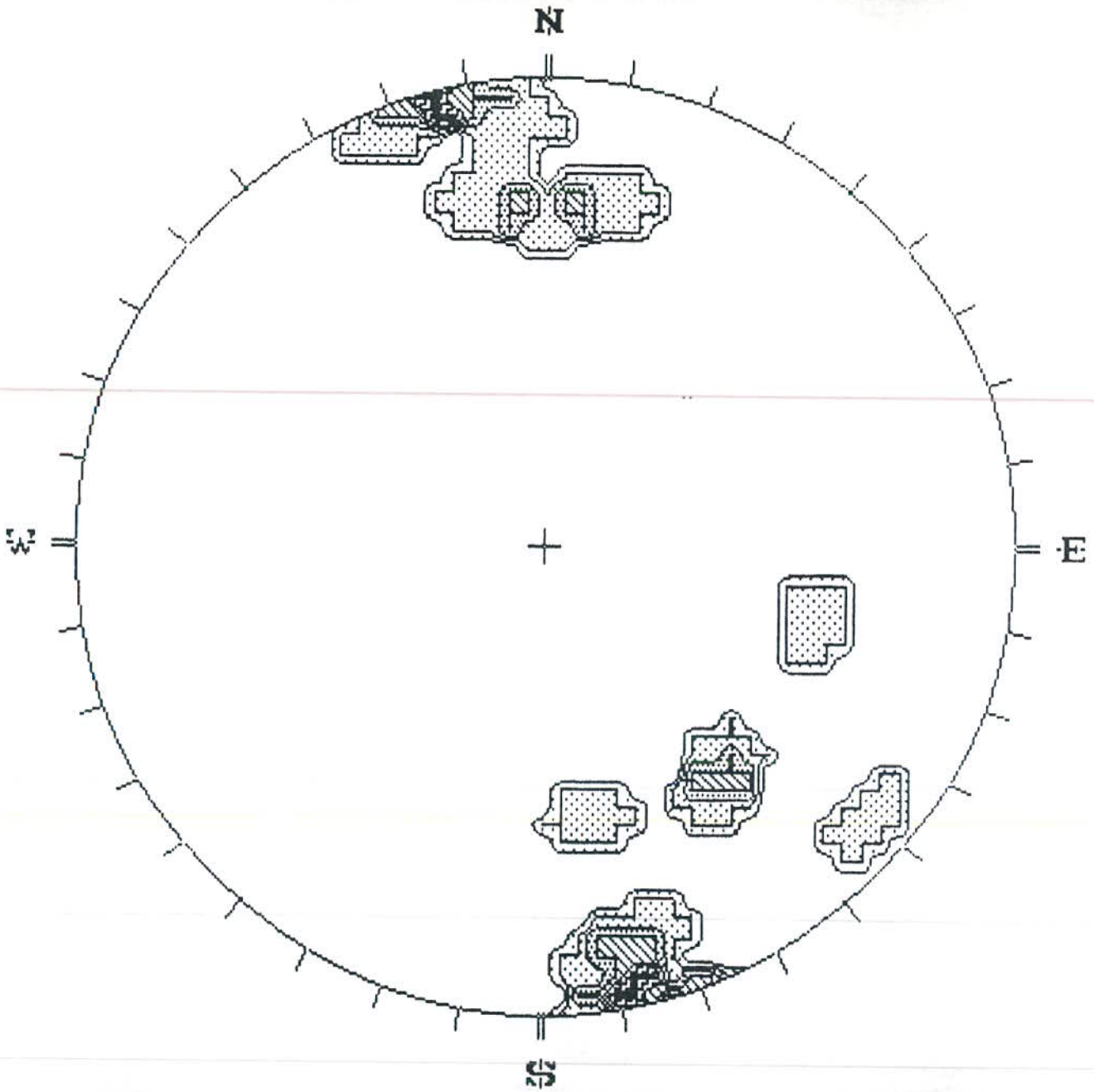
13 POLES
13 ENTRIES

NO BIAS CORRECTION



(* 6)

DIP/DIP DIR.: GRID: LINE: OFF FILE:



CONTOUR PLOT

SCHMIDT POLE CONCENTRATIONS
% of total per 1.0 % area

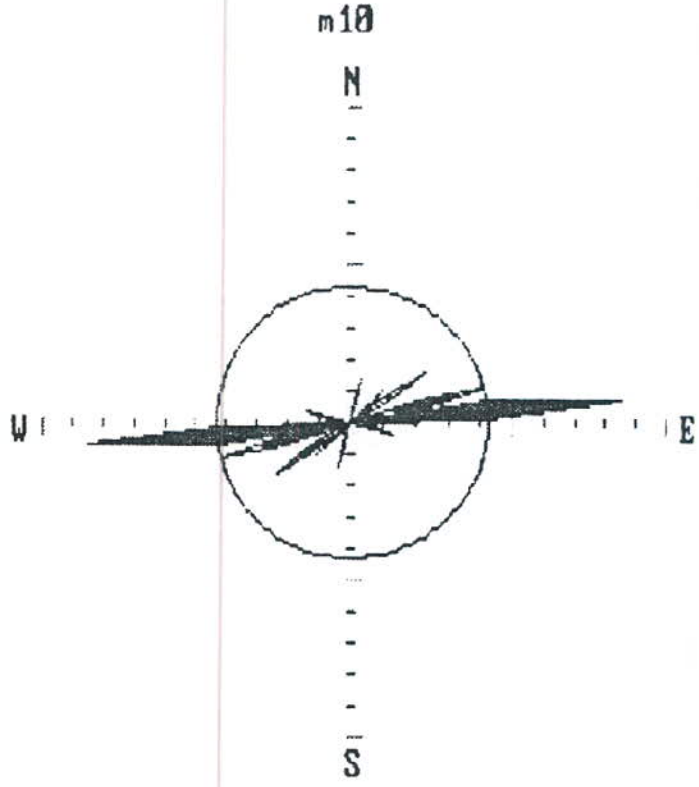
<	0	%
<	3.5	%
<	7	%
<	10.5	%
<	14	%
<	17.5	%
<	21	%
<	24.5	%

EQUAL AREA

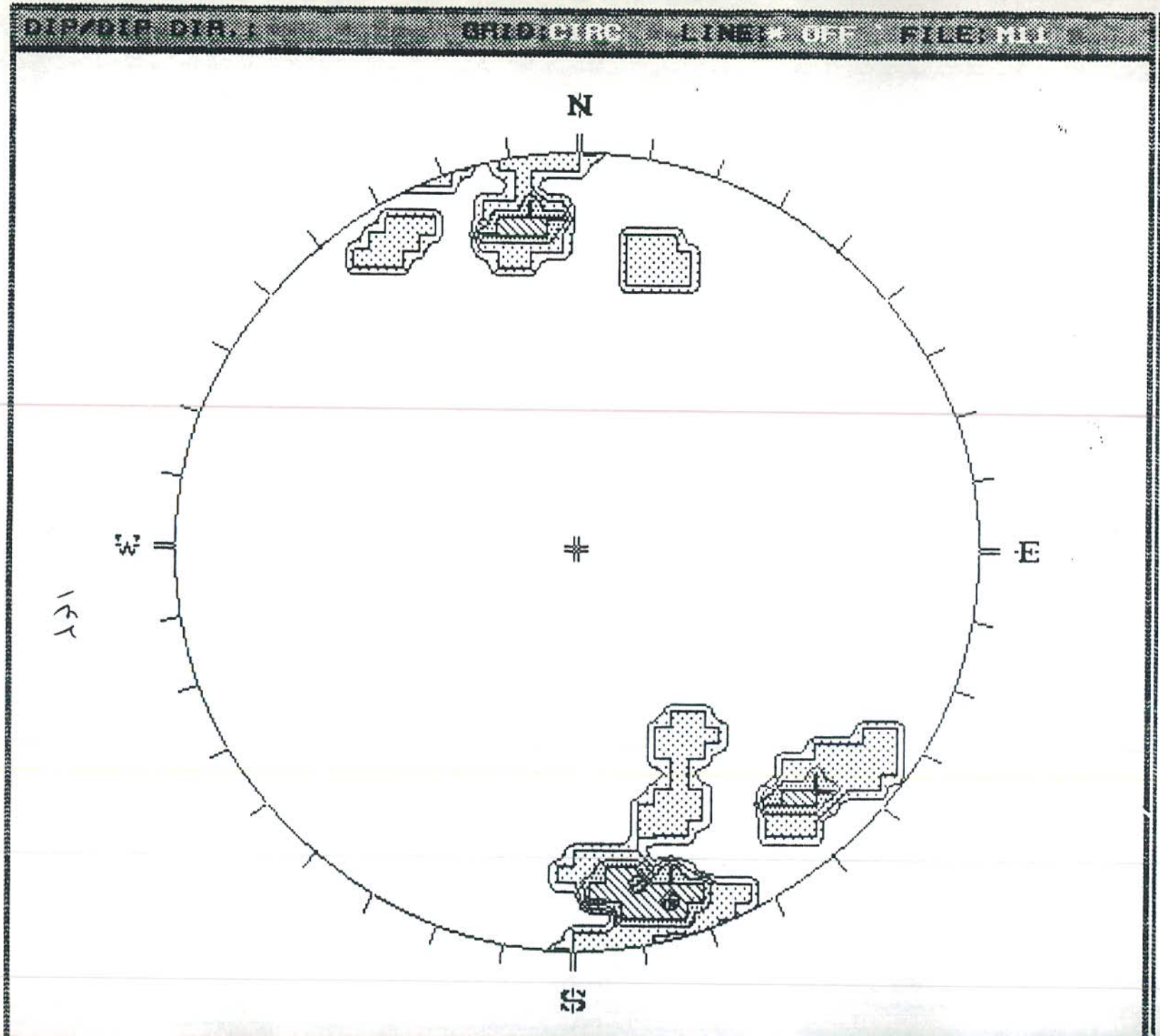
LWR. HEMISPHERE

14 POLES
14 ENTRIES

NO BIAS CORRECTION



(* 2)



CONTOUR PLOT

SCHMIDT POLE CONCENTRATIONS
% of total per 1.0 % area

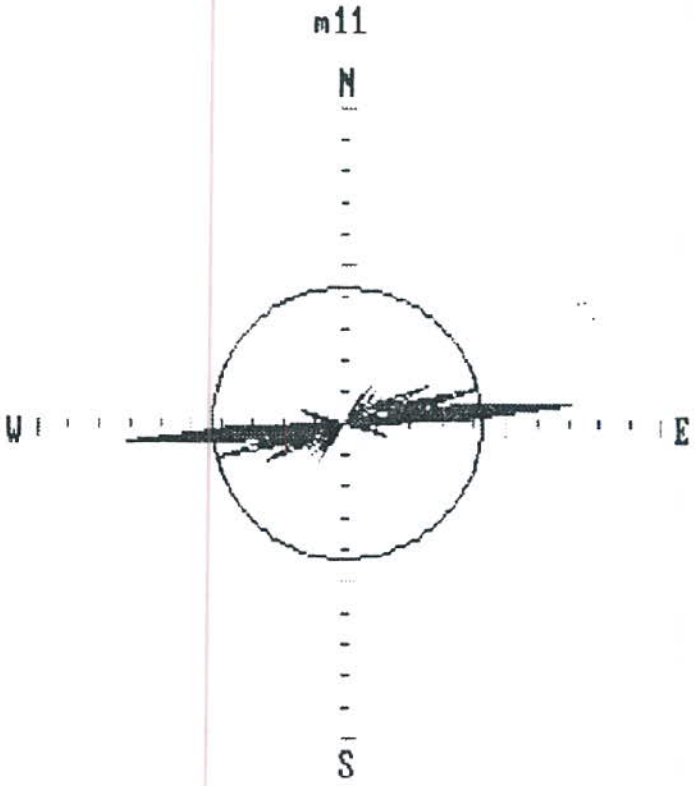
< 0 %
< 3.5 %
< 7 %
< 10.5 %
< 14 %
< 17.5 %
< 21 %
< 24.5 %

EQUAL AREA

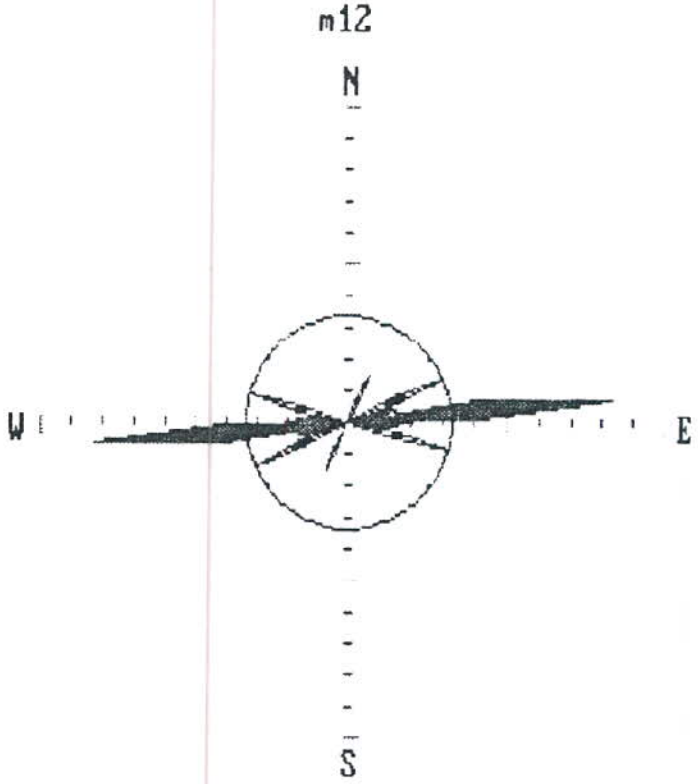
LWR. HEMISPHERE

14 POLES
14 ENTRIES

NO BIAS CORRECTION

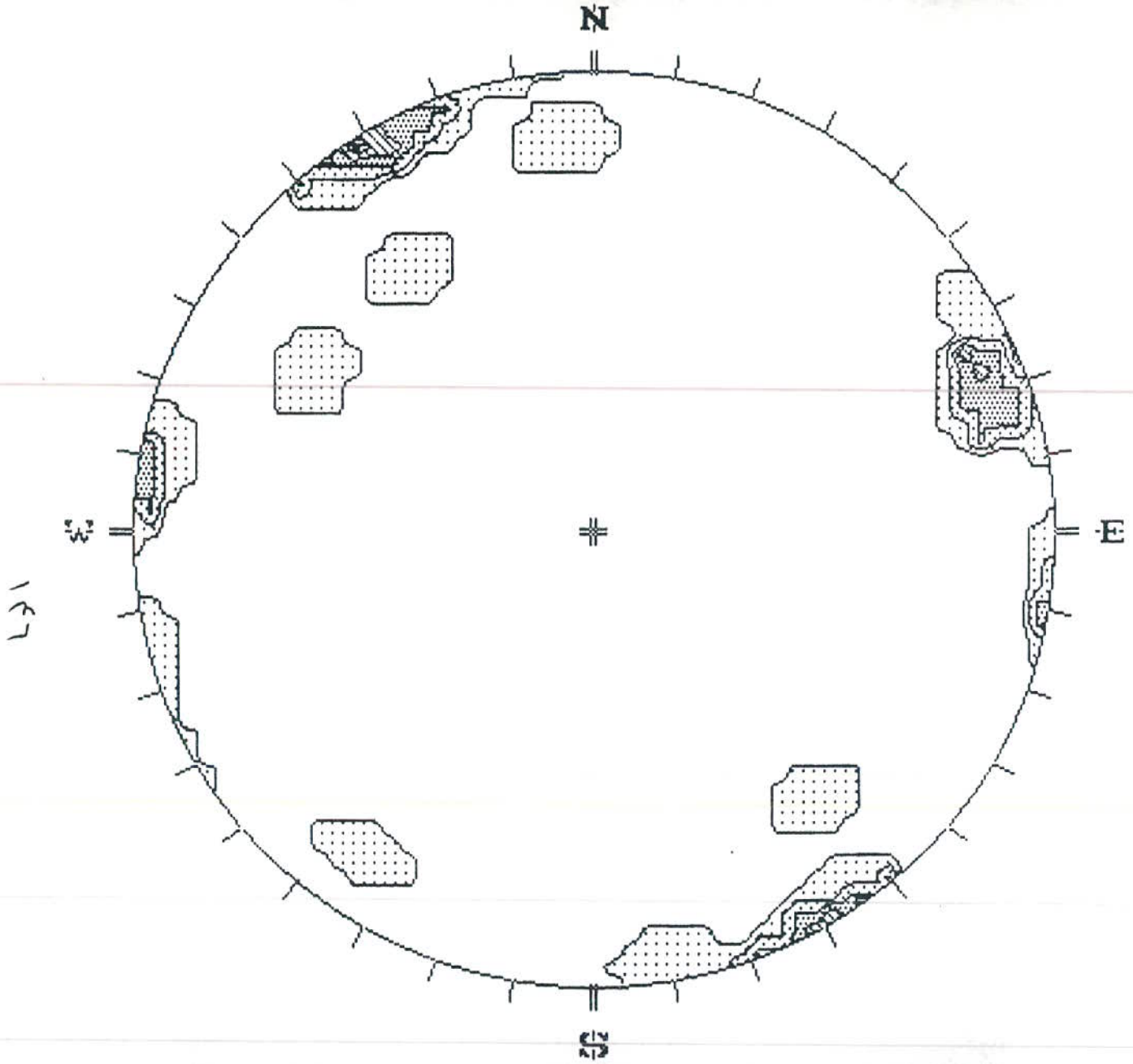


(* 2)



(* 2)

DIP/DIP DIR.: GRID:CIRC LINE:* OFF FILE: M13



L31

CONTOUR PLOT

SCHMIDT POLE CONCENTRATIONS
% of total per 1.0 % area

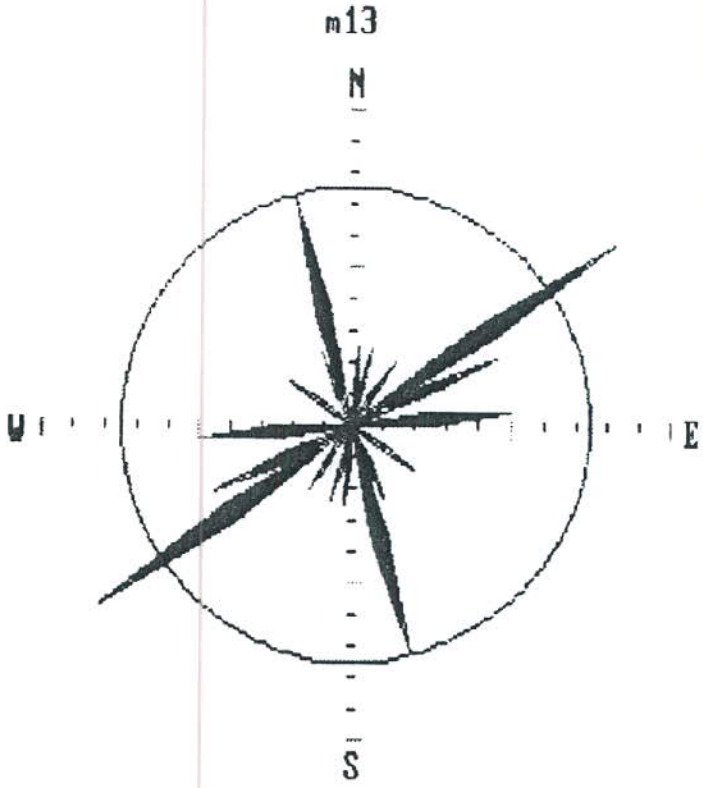
< 0 %
< 4 %
< 8 %
< 12 %
< 16 %
< 20 %
< 24 %
< 28 %

EQUAL AREA

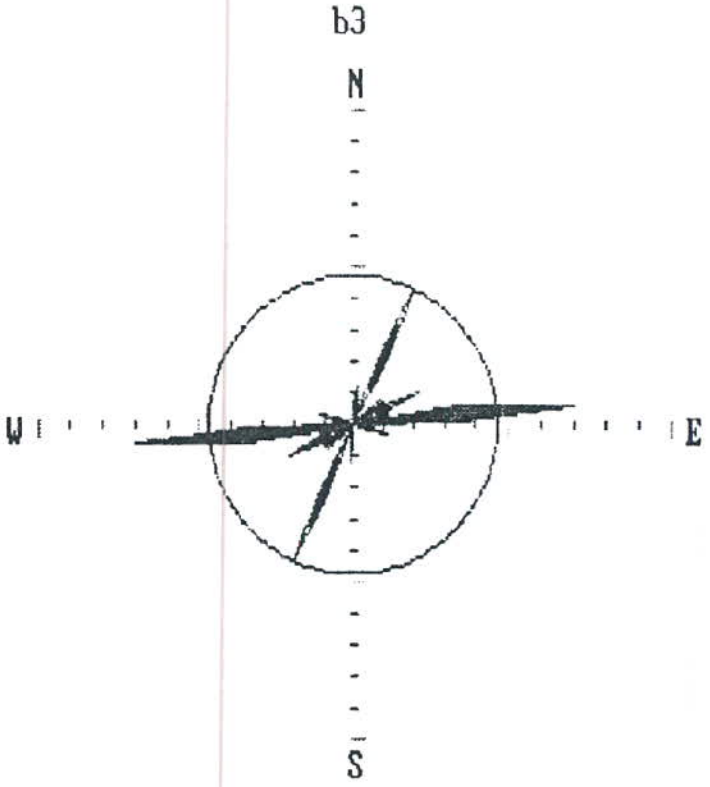
LWR. HEMISPHERE

16 POLES
16 ENTRIES

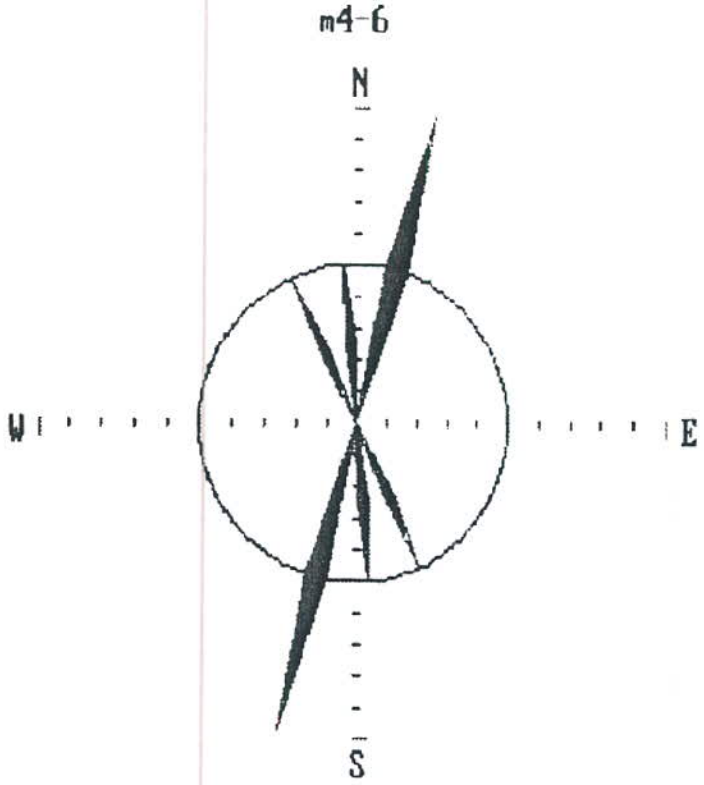
NO BIAS CORRECTION



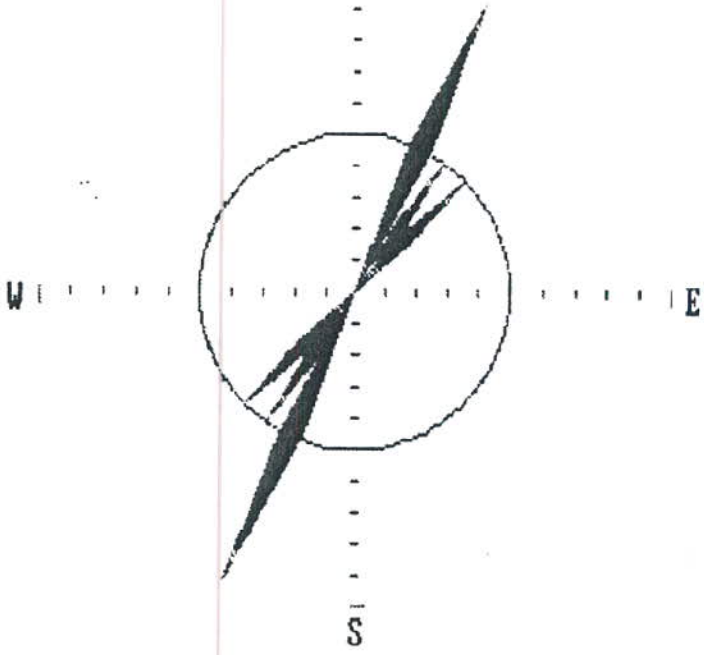
(* 4)



(* 2)

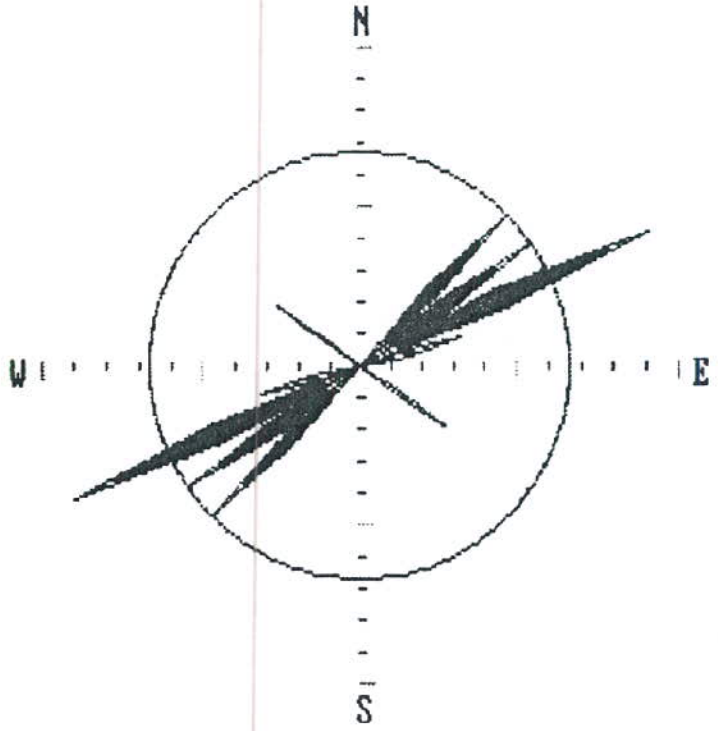

m4-6
N
W
E
S
(* 2)

m2-11



(* 2)

m7-13



(* 3)