

رخساره‌های کانه‌دار کانسار روی - سرب (مولیدن) احمدآباد، شمال خاور بافق و مقایسه آن با کانسار بلایرگ (Bleiberg) در آلپ

نوشته: علی‌رضا جوانشیر*، ابراهیم راستاد*، احمدرضا ربانی**

* بخش زمین‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
 ** دانشکده مهندسی نفت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران
 تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۰۴/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۶/۱۲/۰۴

چکیده

کانسار روی - سرب (مولیدن) احمدآباد در بلوک پشت‌بادام از پهنه ایران مرکزی و در کمربند کانه‌زایی روی و سرب کوه‌بنان - بهاباد قرار دارد. این کانسار با ژئومتری عدسی شکل، هم‌روند با لایه‌بندی و گاه رگه‌ای و به گونه چینه‌کران محدود به واحد دولومیتی سازند شتری (تریاس میانی) است. نتایج تجزیه نمونه‌ها، میانگین روی را ۹ درصد، میزان میانگین سرب را ۵ درصد و میانگین مولیدن را ۰/۷ درصد نشان داده است. مطالعه مقاطع سنگ‌چینه‌شناسی نشان می‌دهد که کانه‌زایی در یک موقعیت چینه‌ای خاص و در ارتباط با رخساره‌های رسوبی ویژه، از جمله رخساره‌های ائوسپارایت دولومیتی، گریستون ائویدی و دولوسپارایت رخ داده است. بافت و ساخت کانه‌ها، شامل لامینه، دانه‌پراکنده، فضاپرکن، توده‌ای، پرشی، رگه - رگچه‌ای، استیلولیت و جانیشینی است. وجود بافت‌هایی از کانه از قبیل لامینه، دانه‌پراکنده و استیلولیت که در ارتباط با رخساره گریستون ائویدی می‌باشند، بیانگر تشکیل کانه‌ها در مراحل دیاژنز و در یک محیط سدی است. به دلیل تأثیر عملکرد گسل‌ها، و ایجاد ساختارهای فزاین - فروزمین و تأثیر شدید فرایندهای سوپرژن در منطقه، کانه‌ها به‌طور عمده به صورت غیرسولفیدی (همی‌مورفیت، سروسیت و ولفینیت) و به مقدار کمتر سولفیدی همچون گالن، اسفالریت، ورتزیت و پیریت دیده می‌شوند. کانی‌های فلوریت، سلسیت و ژپس نیز به‌طور فرعی حضور دارند. نبود مس و نقره از ویژگی‌های مهم و قابل ذکر این کانسار است. ویژگی‌هایی همچون سنگ درون‌گیر کربناتی با سن تریاس، ساخت و بافت دانه پراکنده و لامینه، ژئومتری عدسی شکل و هم‌روند با لایه‌بندی، برتری روی به سرب، نبود توده‌های آذرین، نبود کانه‌زایی مس و نقره در کانسار احمدآباد، همگی نشانگر آن است که این کانسار در شرایطی مشابه با کانسار روی و سرب تیپ بلایرگ (Bleiberg) در آلپ اتریش تشکیل شده است. وجود شواهد مشابه در دو کانسار احمدآباد (ایران) و بلایرگ از جمله حضور ولفینیت به همراه روی و سرب در کانسنگ‌های تریاس و شواهد ساختی و بافتی سبب شده تا کانسار احمدآباد با نگرشی نو با این رده جهانی از کانسارهای روی و سرب (کانسارهای تیپ آلپی) مورد مقایسه قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: رخساره‌های کانه‌دار، کانسار روی - سرب (مولیدن)، سازند شتری، احمدآباد، کانسار بلایرگ، کانسارهای تیپ آلپی.

۱- مقدمه

شمار می‌رود که در فاصله ۸۰ کیلومتری شمال خاور بافق و ۵ کیلومتری باختر روستای احمدآباد، در مختصات جغرافیایی ۳۰' ۵۳" تا ۵۵' ۳۰" ۵۴' ۵۵" طول‌خاوری و ۰۰' ۵۷" ۳۱' تا ۱۵' ۵۸" ۳۱' عرض شمالی، واقع شده است (شکل ۱). سابقه بهره‌برداری در این معدن به سال ۱۳۵۳ برمی‌گردد، استخراج با حفر ۸ تونل دنباله‌رو و با روش اتاق و پایه انجام گرفته است (کان‌ایران، ۱۳۷۱). شواهد حاکی از آن است که استخراج فقط برای برداشت روی و سرب (مجموع ۱۵٪) بوده و شناختی از مولیدن و کانی‌شناسی آن وجود نداشته است. اولین شناسایی ولفینیت در این محدوده به سال ۱۳۸۱ و در خلال اکتشاف و پی‌جویی مواد معدنی توسط کارشناسان سازمان زمین‌شناسی (تاج‌الدین، ۱۳۸۱) باز می‌گردد. این مقاله، ضمن معرفی رخساره‌های کانه‌دار کانسار چینه‌کران احمدآباد در دولومیت‌های سازند شتری و پتانسیل بالای این سازند، در یک بررسی ناحیه‌ای حضور مولیدن، علاوه بر کانسار احمدآباد، در دو کانسار آب‌حیدر و تاج‌کوه نیز در این محور، گزارش شده است. از این رو مطالعه این کانسار می‌تواند به عنوان یک الگو در اکتشاف رخدادهای معدنی مشابه در محور کوه‌بنان - بهاباد استفاده شود.

۲- زمین‌شناسی

منطقه مورد مطالعه در پهنه زمین‌ساختی - رسوبی ایران مرکزی و در بلوک پشت‌بادام قرار دارد (Alavi, 1991). نکته اساسی این بلوک رخنمون‌های دگرگونی منسوب به پرکامبرین است که بیشتر از نوع سنگ‌های دگرگونی آتشفشانی - آواری و آذرآواری به همراه مرمرهای آهکی و دولومیتی است. در این بلوک سنگ‌های

در سرزمین ایران، تاکنون بیش از ۶۰۰ کانسار و نشانه معدنی سرب و روی شناخته شده است، که برخی از این کانسارها (انگوران و مهدی‌آباد) در شمار کانسارهای بزرگ سرب و روی جهان هستند. اما تاکنون در این کانسارها مولیدن همراه با سرب و روی در سنگ کربناتی گزارش نشده است. همه ذخایر مولیدن ایران، همراه با کانسارهای مس پورفیری (سرچشمه، میدوک و سونگون) و چند کانسار رگه‌ای مس معرفی شده‌اند (قربانی و همکاران، ۱۳۷۹). در محور کوه‌بنان - بهاباد (جنوب خاور استان یزد) در ایران مرکزی، تعداد زیادی کانسار و نشانه معدنی روی و سرب وجود دارد (سبزه‌ئی و افروز، ۱۳۶۹)، که شمار آنها به بیش از ۴۰ می‌رسد. بیشتر این کانسارها دارای آثار معدنکاری شدادی هستند و در گذشته‌های دور و با تاریخ نامشخص، عملیات معدنکاری زیرزمینی با مهارت بسیار زیاد بر روی آنها انجام شده است (امیری، ۱۳۸۴). کانسارهای یاد شده به‌طور عمده در سنگ‌های رسوبی کربناتی (دولومیت و آهک) منتسب به پالئوزویک بالایی، تریاس و کرتاسه قرار دارند (Huckride et al., 1962). مطالعه این کانسارها نشان می‌دهد که بجز تعداد معدودی از آنها که سن دونین (کوه سنگ‌پنبه و وفاداری) و یا کرتاسه (دهنه باغ‌ها) دارند، اکثر قریب به اتفاق کانسارها متعلق به تریاس و سازند شتری است، که بیش از هر چیز اهمیت این سازند کانه‌دار را در ایران مرکزی و همچنین سازند هم‌راز آن در البرز (الیکا) آشکار می‌سازد (مؤمن‌زاده، ۱۳۵۹؛ شمس و فتحیان‌پور، ۱۳۶۸). وجود کانی‌سازی غیرسولفیدی شامل انواع کربنات و سیلیکات روی و کربنات سرب، در بیشتر این کانسارها، از ویژگی‌های بارز این کانسارها به‌شمار می‌آید. کانسار روی، سرب و مولیدن احمدآباد یکی از کانسارهای غیرسولفیدی این محور به

نمونه برداری دقیق قرار گرفت (شکل ۴). براساس مطالعات میکروسکوپی و نمونه دستی، ۸ رخصاره رسوبی شناسایی گردید. مقاطع نازک از نظر آلومینا، میزان سیمان و زمینه، ویژگی‌های بافتی و پیامدهای دیاژنتیکی مورد بررسی قرار گرفت و سرانجام با تلفیق داده‌ها، رخصاره‌های موجود در ۴ گروه محیطی رده‌بندی شدند که عبارتند از:

- رخصاره پهنه کشندی

- رخصاره‌های محیط پست سدی (لاگون)

- رخصاره‌های محیط سدی

- رخصاره‌های محیط دریای باز

در ادامه زیر رخصاره‌های هر محیط به اختصار توضیح داده خواهد شد.

۳-۱- رخصاره پهنه کشندی

- رخصاره زیست آواری گریستون

نمونه‌های مطالعه شده از این رخصاره، در مقاطع زمین شناسی مختلف شباهت بسیار زیادی به هم دارند و تنها تفاوت بارز، در نمونه‌های مطالعه شده، در میزان مواد تخریبی (کوارتز) آنها است. در نمونه‌های پایینی این رخصاره، درصد مواد تخریبی بیشتر است و به سمت بالا از میزان آنها کاسته می‌شود. ستبرای این رخصاره در مجموع ۴۰ متر برآورد می‌شود. ساختارهای ویژه جلبکی به صورت آشفتگی زیستی (Bioturbation) در آن دیده شده و رگچه‌های کلسیت اسپاریتی نیز به فراوانی حضور دارند. وجود بافت گریستون و ساختارهای ویژه جلبکی به شکل الیاف گیاهی (Filament)، که مختص جلبک‌های آبی-سبز است، بیانگر محیط پهنه کشندی با یک بستر گلی است (فیض‌نیا، ۱۳۷۷).

۳-۲- رخصاره‌های محیط پست سدی (لاگون)

- رخصاره پل میکرایت دولومیتی شده

بخش اعظم سنگ، در این رخصاره، میکرایتی و بیانگر محیط آرام است. قطعات پراکنده‌ای از پلت، که آنها هم میکرایتی شده‌اند، در رخصاره دیده می‌شود. از جمله فرایندهای دیاژنتیکی مؤثر در این رخصاره می‌توان به دولومیتی شدن و تبلور دوباره اشاره کرد، که همراهی بلورهای اکسید آهن با بخش‌های تبلور دوباره یافته، به‌طور کامل مشهود است. دولومیتی شدن در فضاها خالی سبب رشد سیمان دیاژنتیک از جنس دولومیت شده است که به صورت سیمان درشت بلور از جنس دولومیت‌های ابری مشاهده می‌شود. چنین سیمان دولومیتی با بلورهای درشت، به محیط لاگونی با محتوای منیزیم بالا نسبت داده می‌شود و بیانگر فابریک poikilotopic در محیط دیاژنتی دفتی است (Flugel, 2004 & Carrozi, 1989). این رخصاره ۴۸ متر ستبرای دارد.

- رخصاره زیست آواری پکستون دولومیتی

اجزای اصلی تشکیل دهنده این رخصاره، دانه‌های پلویید فراوان و قطعات جلبکی است. بلورهای دولومیت، که ۴۰ درصد این رخصاره را تشکیل می‌دهند، در زمینه‌ای از میکرایت مشاهده می‌شوند. جلبک‌ها به شکل لایه‌ای و یا منفرد هستند که گاه چهره‌ای لامینه به رخصاره می‌دهند. این جلبک‌ها از نوع Halimeda و از خانواده جلبک‌های سبز هستند که به محیط مردابی تعلق دارند.

۳-۳- رخصاره‌های محیط سدی

- رخصاره کانمدار ائوئید گریستون

آلو کم اصلی این رخصاره دانه‌های ائوئید است که در متنی از سیمان کلسیت اسپاری قرار گرفته است. ائوئیدها بسیار فراوان هستند و تقریباً اصلی‌ترین سازنده سنگ به شمار می‌روند. سایر آلو کم‌ها شامل قطعات آنکوئیدی و ذرات آواری کوارتز هستند. ائوئیدهای

پالئوزویک بالایی- ژوراسیک گسترش محدود دارند و به نظر می‌رسد پدیده کافتی شدن از ویژگی‌های این بلوک باشد (آقانی، ۱۳۸۳).

زمین‌شناسی و واحدهای سنگی منطقه به شدت از عناصر ساختاری متأثر شده است. این منطقه، در یک بلوک گسلی (محدود بین گسل‌های احمدآباد، بته‌انار و اسفنگ) قرار گرفته (شکل ۲) و مجموعه واحدهای این بلوک که شامل طبقات کرناتی تریاس میانی، گچ و آهک تریاس بالا و شیل و ماسه‌سنگ ژوراسیک است، از روند گسل کوه‌بنان با امتداد شمال‌باختری- جنوب‌خاوری تبعیت کرده‌اند. هم‌روندی تمامی واحدها در سامانه ترافشارشی گسل کوه‌بنان، نشان می‌دهد که این منطقه، در سامانه کافتی ایران مرکزی، قبل از قرار گرفتن در پهنه برشی ناشی از گسل کوه‌بنان، ابتدا در راستای شمال‌خاوری- جنوب‌باختری تحت اثر فشارش قرار گرفته و در اثر مقاومت بلوک لوت در خاور، به‌صورت فرازمین- فروزمین واکنش کرده است (کمالی، ۱۳۸۳). این بلوک سپس در اثر عملکرد گسل کوه‌بنان و گسل‌های موازی آن، مانند گسل راندگی احمدآباد، برگشته و چین‌خورده است. کانسار احمدآباد، در بلوک گسلی ذکر شده و در یال برگشته یک تاق‌دیس با محوری به سوی خاور (شکل ۳)، جای گرفته است (تاج‌الدین و ذری، ۱۳۸۳). در این بلوک گسلی، توالی لایه‌ها واژگون است. بر این اساس، واحدهای تریاس میانی تا بالایی (سازند شتری و نایبند) با روند شمال‌باختری- جنوب‌خاوری و با شیب به سمت جنوب، به‌طور هم‌شیب بر روی واحدهای ژوراسیک (سازند شمشک) قرار گرفته‌اند (شکل ۳)، شیب عمومی واحدها حدود ۳۰ درجه و به سمت SSW است. واحدهای سنگی منطقه احمدآباد، بر اساس نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰ (کان‌ایران، ۱۳۷۱) که توسط برداشت‌های دقیق‌تر تصحیح شده (جوانشیر و همکاران، ۱۳۸۵)، از قدیم به جدید عبارتند از (شکل ۳):

- ماسه‌سنگ و کنگلومرای کامبرین (E₂) که باختر گسل بته‌انار را پوشانده است.

- آهک خاکستری با لایه‌بندی متوسط و فسیل کرینوئید، متعلق به تریاس میانی، سازند شتری (TR_{sh1}) - ستبرای ۶۰ متر.

- دولومیت خاکستری تا زرد با لایه‌بندی ستبر تا توده‌ای (TR_{sh2}) - ستبرای ۸۰ متر.

- دولومیت توده‌ای قهوه‌ای (TR_{sh3}) - ستبرای ۵۰ متر (واحد میزبان کانه).

- آهک و آهک دولومیتی با لایه‌بندی مشخص و نوارهای خاکستری روشن و تیره (TR_{sh4}). این واحد با ستبرای ۲۰ متر معادل سازند اسپهک بوده، بالاترین عضو سازند شتری در تریاس میانی به‌شمار می‌آید.

- گچ، مارن و میان‌لایه‌های دولومیت خاکستری رنگ با ستبرای ۱۲ متر (TR_{sh5}).

- شیل، شیل آهکی و میان‌لایه‌های آهک به رنگ سبز تا خاکستری و رنگ سطحی زرد آجری با ستبرای ۲۰ متر (TR_{sh6}). این واحد نازک لایه و نسبتاً نرم است و به همراه واحد قبلی سازند نایبند (تریاس بالا) را تشکیل می‌دهند.

- شیل، ماسه‌سنگ و چند میان‌لایه آهک نازک لایه مربوط به ژوراسیک و سازند شمشک با ستبرای ۸۵ متر (J_s, J_{sh}).

- و بالاخره رسوبات عهدحاضر که به‌صورت آبرفت دشت‌های پیرامون ارتفاعات را پُر کرده‌اند (Q^{al}, Q^d).

۳- تحلیل رخصاره‌ای و رخصاره‌های کانمدار

مطالعات تحلیل رخصاره‌ای، در احمدآباد، با استفاده از سه مقطع سنگ‌چینه‌شناسی، صورت پذیرفت. دو مقطع در حوالی معدن (مقاطع A-A' و B-B' در شکل ۳) و مقطع C-C' به منظور پوشش تمام واحدهای رخنمون‌یافته در محدوده، در فاصله دورتری در نظر گرفته شد (شکل ۳). مقاطع به صورت عمود بر روند لایه‌بندی، با در نظر گرفتن تفاوت‌های سنگ‌شناسی، رنگ ظاهری، تغییرات ساخت و بافت و توجه به تغییرات جانبی واحدها، برای مطالعات رخصاره‌ای و زمین‌شیمیایی مورد

دولومیت به شکل جزیره‌ای توسط ماده معدنی احاطه می‌شوند (شکل B-7). این رخساره، با وجود تغییر جانبی، حدود ۲۵-۲۰ متر ستبراً دارد.

رخساره کانه‌دار دولواسپارایت (حاوی کانه‌های سرب و روی) در کانسار آلپی بلابرگ، در تریاس میانی اتریش، نیز به خوبی مطالعه و گزارش شده است (Schroll, 1996).

– رخساره وکستون میکرایتی

در این رخساره، که ۳۰ متر ستبراً دارد، تمام زمینه سنگ از میکرایت تشکیل شده و قطعات پراکنده‌ای از پلت و پیریت بسیار ریز و اکسیده در آن دیده می‌شود. شاید بتوان نام Sparse Pellicrite را نیز برای این رخساره به کار برد. میکرایتی شدن به شدت اجزای ساختاری رخساره را تحت تأثیر قرار داده و تشخیص آنها را دشوار کرده است. اصطلاح میکرایتی شدن نیز، به دلیل محو کردن آثار پلت‌ها، به کار برده می‌شود. این اصطلاح نخستین بار برای تغییرات (دگرسانی) همزاد و دیاژنتیکی که اجزای اسکلتی را تحت تأثیر قرار می‌داد، به کار گرفته شد. اما بعداً این فرایند، در تغییر پلویید- گریستون نرم به وکستون در رخساره‌های ریفی تریاس اروپا، از فرایندهای مهم شناخته شد (Flugel, 2004). تجزیه‌های شیمیایی، مقدار بالایی از منیزیم را در این رخساره نشان داده‌اند که با وجود عدم مشاهده دولومیت، می‌توان این واحد را نیز جزء اجزای دولومیتی واحد TR_{sh3} برشمرد. بجز پیریت، کانه‌زایی در این رخساره به‌طور محدود و به‌صورت رگچه‌های گالن دیده می‌شود و می‌توان چنین عنوان کرد که حد نهایی کانه‌زایی در این رخساره است و از رخساره بعدی که با تغییر محیط رسوبی نیز همراه است، کانه‌زایی مشاهده نمی‌شود.

۳-۴ – رخساره محیط دریای باز

– رخساره مادستون آهکی

این رخساره دارای زمینه میکرایتی است، اما قطعات معدودی اینتراکست هم در آن مشاهده می‌شود که دارای یک حاشیه اسپاری شفاف است. مطالعات نشان می‌دهد که رخساره پس از تشکیل دچار تنش و شکستگی شده و شکستگی‌ها توسط کلسیت پر شده‌اند. نوع دانه‌ها، بافت و رنگ رخساره (رنگ تیره) و ذرات پیریت بسیار ریز، نشان دهنده تشکیل آن در محیط‌های کم انرژی مانند دریای باز است (Flugel, 2004).

در مجموع محیط رسوبی تشکیل رخساره‌ها را می‌توان با توجه به الگوهای رسوبی، به صورت یک محیط رسوبی رمپ داخلی با شیبی ملایم در نظر گرفت که توسط یک سد از بخش‌های ساحلی قابل جدایش می‌باشد (شکل ۸). وجود همین محیط سدی می‌توانسته عاملی برای دولومیتی شدن و افزایش قابلیت کانه‌زایی رخساره‌ها باشد.

۴- تغییرات عناصر در مقاطع سنگ‌زمین شیمیایی

به منظور مطالعه و بررسی چگونگی توزیع زمین‌شیمیایی عناصر مختلف در توالی سنگ‌های رسوبی، در محدوده کانسار، نمونه‌های برداشت شده از سه مقطع سنگ‌زمین شیمیایی (شکل ۳)، به موازات مطالعات رخساره‌ای، برای مطالعات زمین‌شیمیایی نیز مورد استفاده قرار گرفت. بدین منظور اکسیدهای اصلی همچون SiO₂, MgO و عناصر کانسار ساز Zn, Pb, Mo در کنار عناصر کلیدی Cu, Ni, Co, Ag, Rb, Sr, Ba, F با روش‌های ICP (در سازمان زمین‌شناسی) و XRF (در دانشگاه تربیت مدرس) تجزیه و تفسیر شد. بر اساس این مطالعات، عناصر روی، سرب و مولیبدن، در ارتباط با واحد دولومیتی TR_{sh3} افزایش چشمگیری داشته (Zn:2%, Pb:742ppm, Mo:45ppm) و مقادیر این عناصر در سنگ‌های بالا و پایین این رخساره بسیار کم است (جدول ۱ و شکل ۹). ضرایب همبستگی نشان می‌دهد که عناصر روی، سرب، مولیبدن، فلئور و استرونیسم با هم روندی بسیار خوبی، با هم و با سیلیس (چرت) همبستگی دارند (شکل ۹). برای نمونه فقط داده‌های مربوط به مقطع سنگ‌زمین شیمیایی 'A-A' ذکر شده است.

سازنده سنگ، که از ۳۰ تا ۳۰۰ میکرون اندازه دارند، در پاره‌ای از موارد ساختار درونی خود را حفظ کرده و در بقیه موارد توسط گوتیت جانشین شده‌اند. هسته‌های ائوئیدها را قطعات پلوییدی و یا کوآرتز تشکیل می‌دهند و در سایر موارد هسته سیمانی شده است. لامیناسیون ظریفی با تناوبی از لامینه‌های تیره و روشن، در سنگ مشاهده می‌شود (شکل A-5) که در نوارهای تیره تجمع هیدروکسید آهن گوتیتی بیشتر است. تناوب لامینه‌های تیره و روشن از ویژگی‌های این رخساره است. ماده معدنی، در این رخساره، به شکل گالن دانه‌پراکنده در متن سیمان اسپاری بین ائوئیدها و گاه در هسته آنها مشاهده می‌شود (شکل B-5). عملکرد فرایندهای دیاژنتیکی در این رخساره سبب شده تا در اثر انحلال فشارشی، استیلولیت تشکیل شود. وجود ائوئیدهای فراوان، لامیناسیون ظریف، قطعات آلی و دانه‌پشتیبان، محیط تشکیل این رخساره را محیط سدی تا کشندی نشان می‌دهند (Flugel, 2004 & Reading, 1996). این رخساره در مجموع ۱۲ متر ستبراً دارد.

– رخساره کانه‌دار دولومیتیک ائواسپارایت و دولواسپارایت

در این رخساره، ائوئیدهای آلوم کم‌حالت مرکب دارند و در بیشتر موارد ساختار درونی خود را از دست داده‌اند. این مسئله می‌تواند بیانگر فرایند دولومیتی شدن در محیط باشد، ضمن آنکه میزان تخلخل در این رخساره زیاد است و گاه دارای تخلخل پنجره‌ای نیز هست (شکل A-6). حفره‌های موجود دارای تجمعی از سیمان اسپارایتی و یا رشد بلورهای دولومیت است. سیمان دولومیتی موجود در حفره‌ها، دارای مرزهای مسطح نیمه‌شکل دار (Planar-s) است و با وجود خاموشی مستقیم، گوشه‌های لوزوجهی و عدم وجود میانبار، گویای ایجاد شرایط دیاژنز دفنی به مرور زمان در محیط سدی است. سیمان اسپارایتی موجود، که مجموع ائوئیدها را در بر گرفته، شفاف و گاه به اشکال گرانثی دیده می‌شود. ماده معدنی در این رخساره، به صورت گالن فضاپرکن همراه با پیریت خود شکل و به‌صورت دانه‌پراکنده (شکل B-6) دیده می‌شوند. بلورهای پیریت، گاه در هسته ائوئیدها در حال جانشینی توسط گوتیت است. کانی‌های روی، در نمونه مطالعه شده از این رخساره، تنها به‌صورت اکسیدی (هیدروزیست) مشاهده می‌شوند. به نظر می‌رسد که این رخساره پس از تشکیل در معرض شرایط سوپرژن قرار گرفته و سولفیدهای آهن و روی به اکسید آهن، سروسیت و هیدروزیست تبدیل شده‌اند. دسترسی به اعماق و مطالعه کانی‌شناسی تمام سولفیدهای اولیه، به دلیل نبود مغزه‌های حفاری مقدور نبوده است. رخساره ائواسپارایت دولومیتی، در پاره‌ای از موارد، به‌طور جانبی به رخساره دولواسپارایت تبدیل می‌شود. همان‌گونه که عنوان شد، عدم وجود ساختار منظم درونی در ائوئیدهای رخساره، می‌تواند دلیلی بر دولومیتی شدن در چرخه تشکیل سنگ باشد. به نظر می‌رسد با افزایش دولومیتی شدن، ائوئیدها به‌طور کامل از بین رفته و رخساره دولواسپارایت تشکیل شده است. این رخساره، نیز کانه‌دار بوده و اجزای تشکیل دهنده آن به‌طور عمده بلورهای ریز دولومیت است، به گونه‌ای که بیش از ۹۰٪ این رخساره از دولومیت تشکیل شده است. قطعاتی از کوآرتز (چرت‌های تبلور یافته) و فسیل نیز در این رخساره مشاهده می‌شود. بلورهای دولومیت مرزهای شکل‌دار و مسطح (planar-e) دارند و به صورت رشد درهم و یا شناور در خمیره اسپاری دیده می‌شوند (شکل A-7). این نوع دولومیت معادل فابریک ایدیوتاپیک-e معرفی شده است (آدابی، ۱۳۸۳). بیشتر لوزوجهی‌های دولومیت در این فابریک دارای سطحی مه‌آلود و حاوی میانبار است. به دلیل حضور میانبارهایی از آهن، دولومیت‌های لوزوجهی این رخساره حالت زونه دارند (آدابی، ۱۳۸۳). میزان مواد آلی در این رخساره کاهش یافته که نشانگر دوری از محیط سدی و لاگون است (Miall, 1990). گالن فراوان‌ترین ماده معدنی حضور یافته در این رخساره به شمار می‌رود که به شکل دانه‌پراکنده و غالباً فضاپرکن مشاهده می‌شود (شکل D-12). گالن، از مرکز، توسط کانی کربناتی سروسیت جانشین می‌شود (شکل A-7).

در برخی فضاهای خالی، ماده معدنی به قدری فراوان می‌شود که قطعات

در نگاهی کلی، کانی‌شناسی معدن نیز ساده است و از مجموعه‌ای از کانی‌های سولفیدی مانند گالن، اسفالریت و وُرتزیت و کانی‌های غیرسولفیدی روی و سرب (با حجم زیاد) مانند همی‌مورفیت، هیدروزینسیت و سروسیت به همراه کانی‌های اکسیدی مولیبدن (وُلَفِنیت) و مقادیری فلوریت و سلسلتیت تشکیل شده است.

۵-۱- بافت لامینه

یکی از بافت‌هایی که شرایط رسوبی اولیه را نشان می‌دهد، بافت لامینه است. نمونه‌هایی از این بافت، هم در مقیاس نمونه دستی و هم در مقاطع میکروسکوپی، در رخساره اتوئید گریستون مشاهده شده است. حجم عمده لامینه‌ها از کانی‌های پیریت و گالن، که در مواردی اکسید شده‌اند، تشکیل شده است. این کانی‌ها، در لامینه‌های کانه‌دار، در تناوب با کانی‌های تشکیل‌دهنده سنگ‌درونگیر (دولومیت) دیده می‌شوند (شکل ۱۲-A, B). مشابه این بافت، با همین ویژگی‌ها، از کانسار سرب و روی بلاپیرگ توسط Cerny (1989) در اُفق Erzalk با محیط سدی گزارش شده است.

۵-۲- بافت دانه‌پراکنده

این بافت، از جمله بافت‌های مهمی است که شواهد زایشی بسیار ارزشمندی در اختیار می‌گذارد. اولین نتیجه حضور مواد معدنی در این شکل، نهشت اولیه ماده معدنی در حین رسوبگذاری و یا دیاژنز همراه با دیگر کانی‌های تشکیل‌دهنده سنگ است. این بافت، در هر دو رخساره کانه‌دار (رخساره‌های اتوئید-گریستون و اتواسپارایت دولومیتی) مشاهده می‌شود و دانه‌های پراکنده پیریت و گالن در متن واحد دولومیتی شتری به همراه کانی‌ها و دیگر اجزای سازنده این سنگ‌ها دیده می‌شود (شکل ۵ و ۶). در نمونه‌های مطالعه شده، ارتباطی بین بافت پراکنده و درزه‌ها و شکستگی‌ها دیده نمی‌شود. کانی فلوریت به شکل دانه پراکنده در رخساره دولواسپارایت با رنگ بنفش دیده می‌شود (شکل ۱۲-C). سلسلتیت نیز به ندرت و به شکل منفرد در رخساره دولواسپارایت وجود دارد.

۵-۳- بافت پُرکننده فضای خالی

ساختارهای ناشی از پرشدگی فضاهای باز، در سنگ‌های آهنکی، بسیار متنوع و شایع است. در اصل این ساخت، یک واژه غیرزایشی، برای توصیف دیاژنتیکی فضاهای خالی، در رسوبات به‌طور عمده میکرایتی، به شمار می‌رود (Flügel, 2004). فضاهای خالی ممکن است به مانند یک پنجره روشن در فضای تاریک سنگ باشند و یا ممکن است توسط هر ماده دیگری پر شوند. یکی از عمده‌ترین سیماهای مواد معدنی در بخش کانه‌دار، حضور آنها در نقش پُرکننده فضاهای خالی است. در این بافت ماده معدنی (روی و سرب) برخی از فضاهای خالی ناشی از فرایندهای دیاژنتیکی را پر کرده است. از آنجا که یکی از اصلی‌ترین فرایندهای دیاژنتیکی در افق معدنی دولومیتی شدن است، فرایند مذکور فضاهای خالی زیادی را در سنگ ایجاد کرده است، که این فضاها مکان مناسبی برای تمرکز مواد معدنی هستند. بافت پُرکننده فضای خالی را در مقیاس‌های مختلف رخنمون و میکروسکوپی می‌توان مشاهده کرد (شکل ۱۲-D). ماده معدنی عمده در این بافت کانی گالن و یا محصولات اکسیده این کانی مانند سروسیت است. کانی سولفیدی روی به دلیل انحلال پذیری بالا و تأثیر سوپرژن قوی مشاهده نشد، اما محصولات اکسیده آن به صورت همی‌مورفیت و هیدروزینسیت مشاهده می‌شود. همراهی وُلَفِنیت در کنار گالن و سروسیت حاصل اکسایش گالن در این بافت، نظریه حضور مولیبدن در شبکه گالن را محتمل می‌سازد (Takahashi, 1960)، که مطالعات میکروسکوپ الکترونی بر روی گالن در احمدآباد این مسئله را تأیید می‌کند. اندکی فلوریت و سلسلتیت با بافت فضا پُرکن، وجود دارند که معمولاً همراه با سیمان دولومیتی فضاهای خالی را پُر کرده اند. فلوریت از کانی‌های رایج در

براساس نتایج تجزیه‌های شیمیایی، برقراری رابطه $Ni > Co$ و $Sr > Rb$ ، در جدایش مرز بین کانسارهای رسوبی از کانسارهای گرمایی (قاسمی، ۱۳۸۵) در این رخساره صادق بوده است. مقدار نسبت استرونیسیم به روییدیم در احمدآباد معادل ۳/۵ و مقدار نیکل به کبالت معادل ۱/۹ محاسبه شده است. افزایش مقدار استرونیسیم به باریم، با نزدیکی به بخش کانساری، از ویژگی‌های کانسارهای رسوبی همزاد به شمار رفته و به جانشینی یون استرونیسیم با کلسیم در شبکه دولومیت ارتباط دارد (Schroll, & Rantitsch, 2005). وجود جانشینی باریت توسط سلسلتیت، از دلایل کاهش باریت در کانسارهای آلپی شمرده می‌شود (Schroll et al., 2006).

مقادیر نقره و مس در کانسار احمدآباد (جدول ۱)، همانند کانسار بلاپیرگ، بسیار کم است که می‌تواند از دیگر شواهد زمین‌شیمیایی شباهت این کانسار با کانسارهای تیپ آلپی باشد. تجزیه نمونه‌های اسفالریت مقادیر بالایی از Ge/Ga نشان داد (جدول ۲) که از شاخص 10-100 ppm کانسارهای آلپی پیروی می‌کند. در ضمن شاخص As/Tl (برابر ۱ تا ۵) در کانسار بلاپیرگ، با احمدآباد به‌طور کامل سازگار است (جدول ۲).

۵- ژئومتری و ساخت و بافت ماده معدنی

کانه‌زایی روی - سرب (مولیبدن) در احمدآباد، با ژئومتری عدسی، هم‌روند با لایه‌بندی و در مواردی رگه‌ای مشاهده می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که عدسی‌های کانه‌دار، با ابعاد مختلف، در دولومیت‌های TR₁₃ قرار دارند. بزرگ‌ترین این عدسی‌ها، با طول ۱۰ متر، ستبرای ۴ متر و با شیب ۳۰ درجه به سمت SSW در بالای تونل ۲ قابل مشاهده است (شکل ۱۰-A). سایر عدسی‌های کانه‌دار کوچک‌ترند و با طول ۱-۲ متر و ستبرای تا ۵۰ سانتی‌متر قابل تعقیب هستند. از ویژگی‌های این عدسی‌ها می‌توان به تکرار شدن و تناوب آنها با سنگ‌درونگیر اشاره کرد (شکل ۱۰-B). عدسی‌های کانه‌دار توسط شکستگی‌ها و گسل‌های محلی با روند N20W قطع شده‌اند. برداشت‌های درون تونل نشان می‌دهد که ژرفای عدسی‌ها تا حدود ۲۰-۱۵ متر برآورد می‌شود. در بخش‌های هم‌روند با لایه‌بندی، ماده معدنی نمود طولی گسترده‌تری دارد و بیش از ۱۰۰ متر در جوانب قابل تعقیب است (شکل ۱۱). ستبرای ماده معدنی در این بخش از ۱۰ سانتی‌متر در سطح شروع می‌شود و با توجه به تونل‌های دنبال لایه ۲ تا ۲ متر، قابل تعقیب است. تعداد دو حلقه تونل در قسمت باختری و یک حلقه تونل در سمت خاوری، در این بخش از ماده معدنی حفر شده است (شکل‌های ۱۰ و ۱۱).

بخش‌های رگه‌ای در کانسار احمدآباد محدود بوده و تنها در برخی از تونل‌های معدنی قابل مشاهده است. امتداد این رگه‌ها از روند شکستگی‌هایی (N20W)، که قطع‌کننده عدسی‌ها هستند، تبعیت می‌کند. مشاهدات حاکی از آن است که بخش‌های رگه‌ای، هر چند تمرکز دهنده خوبی برای ماده معدنی هستند، اما گسترش محدود آنها به زون کانه‌دار، بیانگر تغذیه اپی‌ژنتیک رگه‌ها از عدسی‌های کانه‌دار و رخساره کانه‌دار است. وجود گسل‌ها و شکستگی‌های بدون کانه‌زایی، نشان از عدم ارتباط کانه‌زایی با شکستگی‌ها و گسل‌های موجود در معدن و نقش سیال‌های گرمایی احتمالی است. به نظر می‌رسد در صورت تأثیر سیال‌های گرمایی و نقش آنها در کانه‌زایی، گسل‌های منطقه مناسب‌ترین مکان برای کانه‌زایی است. در این میان گسل راندگی احمدآباد، با میزان تأثیر فراوان در مجموعه و ایجاد زون گسلی با عرض دست کم ۳۰ متر، شاید بهترین مکان بوده باشد. اما بررسی‌ها و برداشت نمونه و تجزیه‌های شیمیایی متعدد از نمونه‌های برداشت‌شده در این گسل و واحدهای برشی پیرامون آن، هیچ غنی‌شدگی از ماده معدنی را نشان نداده است.

ساخت و بافت ماده معدنی، در کانسار احمدآباد، را می‌توان در قالب بافت‌های اولیه لامینه، دانه‌پراکنده، پُرکننده فضای خالی، استیلولیت، رگه - رگچه و توده‌ای و بافت‌های ثانویه جانشینی و کلوییدی بررسی نمود.

کانسارهای MVT به شمار می‌رود (Sarkar and Banerjee, 2004). در این میان، کانسارهای تپ آلپی، فلوریت و باریت کمتری، نسبت به دیگر کانسارهای سرب و روی با میزبان کربناتی، دارند. این نکته در کانسار بلایرگ نیز گزارش شده است (Cerny, 1989).

۵-۴- بافت استیلولیت

استیلولیت یکی از اشکال جالب دیاژنز است که در اثر انحلال فشاری در شرایط دفنی ایجاد می‌شود. به اعتقاد بسیاری از رسوب‌شناسان (از جمله، Flugel, 2004; Bäuerle, 2000) استیلولیت که در اشکال نامنظم، دندانه‌ای و ستونی مشاهده می‌شود، در اثر تراکم شیمیایی مراحل پایانی دیاژنز در سنگ‌های کربناتی به وجود می‌آید. در اثر این فرایند، مقدار بسیار زیادی از حجم سنگ و تخلخل آن کاهش می‌یابد و همین عمل باعث تجمع مواد انحلال‌پذیر در محل استیلولیت می‌شود. از تجمع‌های رایج در ساختار استیلولیت می‌توان به کانی‌های رسی، سولفیدها و اکسید آهن اشاره کرد. در منطقه احمدآباد گسترش استیلولیت و ساختارهای انحلالی، حتی در مقیاس رخنمون (در زیر افق معدنی) نیز قابل مشاهده می‌باشد و در مقیاس میکروسکوپی نیز سبب تمرکز اکسید آهن و کانی‌های اکسیدی روی مانند همی‌مورفیت شده است (شکل ۱۳-۱۳). همچنین در پاره‌ای از موارد، در رخساره‌ی ائوئید گریستون اشکال انحلال فشاری به صورت رگه‌های بخیه مانند در ائوئیدها مشاهده می‌شود. این ساختار سبب شده تا اکسید آهن، که در ائوئیدها وجود داشته، بر اثر ایجاد این ساختار سبب تمرکز آهن در سطح استیلولیت شود (شکل ۱۳-۱۳).

۵-۵- بافت رگه- رگچه

بافت رگه- رگچه، در سنگ‌های کربناتی، عنوانی کلی برای شکستگی‌هایی است که ابعاد آنها از میلی‌متر تا چندین متر متغیر است و توسط کلسیت‌های درشت بلور و یا کانی‌های اپی‌ژنتیک (ماده معدنی) پُر شده‌اند. تشکیل شکستگی در سنگ‌های کربناتی، ممکن است در یکی از مراحل زیر رخ دهد:

- در حین رسوبگذاری (جابه‌جایی رسوبات، فرار آب از بین رسوبات).
- در حین دیاژنز (تراکم رسوبات).
- در اثر نیروهای زمین‌ساختی (نیروهای برشی، حرکت‌های کششی، شکستگی‌های هیدرولیکی).

در منطقه احمدآباد، علاوه بر وجود رگه و رگچه‌های کلسیتی فراوان که در تمامی واحدهای دربرگیرنده معدن قابل مشاهده‌اند، رگه- رگچه‌هایی از ماده معدنی نیز در بخش کانه‌دار مشاهده می‌شوند. عمده این رگچه‌ها، که نسبت به لایه‌بندی و لامیناسیون، حالت عمودی تا نیمه‌عمودی دارند، توسط کانه‌های روی مانند هیدروزینسیت و همی‌مورفیت با حاشیه‌ای از اکسید آهن پُر شده‌اند. اما قطعات اسفالریت عسلی رنگ در آنها مشاهده می‌شود، ضمن آنکه اشکال سوزنی و تیغه‌ای شکل (Gilg et al. 2006) کانی‌های همی‌مورفیت و لیمونیت که مختص اسفالریت است، نشان‌دهنده جانیشینی و یا هوازدگی اسفالریت به کانی‌های اکسیده روی است (شکل ۱۴-۱۴). محدود بودن رگچه‌ها به رخساره کانه‌دار از دیگر دلایل اولیه بودن این بافت است (شکل ۱۴-۱۴). به عبارت دیگر، بافت رگه- رگچه در حین رسوبگذاری و یا دیاژنز تشکیل شده است. متن سنگ میزبان این رگه‌ها، از لامینه‌های ظریفی از بخش‌های تیره و روشن میکرباریتی تشکیل شده است. به اعتقاد Flugel (2004) وجود چنین رگچه‌های عمودی در یک متن میکرباریتی متناوب، حاصل پدیده آزدایی در دیاژنز ابتدایی است و این پدیده در واحدهای تریاس پایانی Kossen در آلمان شناسایی شده است.

ظهور کانی سولفیدی وُرتزیت در برخی تجزیه‌های XRD که چند ریخت دما پایین اسفالریت به شمار می‌رود، می‌تواند دلیلی بر تشکیل کانه در دماهای پایین

۵-۶- بافت برشی

در منطقه احمدآباد برش‌هایی از نوع درون‌حوضه‌ای قابل مشاهده است. باور بر این است (Leach et al., 2003) که برش‌های درون‌حوضه‌ای از قطعات خود سنگ در حال تشکیل، در حوضه و یا با جابه‌جایی نزدیک در حوضه ته‌نشست، ایجاد شده باشند. پدیده برشی شدن، در تونل‌های معدنی و در بخش‌هایی از ماده معدنی، در رخساره ائوئید- گریستون قابل مشاهده است. به نظر می‌رسد برشی شدن در تمرکز ماده معدنی و افزایش عیار روی بسیار موثر بوده است، به گونه‌ای که نمونه‌ای از این برش‌ها، مقدار روی را حدود ۲۰٪ نشان داده است. این نوع بافت برشی با ویژگی‌های جانیشینی اندک و یا انتخابی کانه‌های روی در خمیره ریز بین دانه‌ها را می‌توان برش ریزشی (Collapse Breccia) نامید، که نمونه‌های آن به خوبی در کانسارهای منطقه Silesia در آلپ شناخته شده است (Leach et al., 2003).

۵-۷- بافت توده‌ای

بافت توده‌ای، به‌طور عمده از مهم‌ترین و قابل توجه‌ترین بافت‌ها، از نگاه معدن کاران و بهره‌برداران است. در کانسار احمدآباد، با بررسی تونل‌ها و کارگاه‌های استخراجی، متوجه می‌شویم که بخش عمده ماده معدنی استخراجی به صورت توده‌ای و یا عدسی‌های پراکنده بوده است. ماده معدنی با این بافت به‌طور عمده ماهیت متراکم و با عیار بالای روی و سرب بوده است.

نکته مهم کانی‌شناسی بافت این است که در حال حاضر، به‌طور عمده شامل سروسیت، همی‌مورفیت، وُلفنیت با مقادیر فراوانی از اکسید آهن است؛ اما در بررسی‌های دقیق از اعماق تونل‌ها، بخش‌های سولفیدی در نمونه‌هایی از این بافت به صورت گالن و پیریت مشاهده شد که می‌تواند بیانگر ماهیت سولفیدی اولیه در این نوع از تمرکز ماده معدنی باشد (شکل ۱۵-۱۵).

بافت توده‌ای در ارتباط با عدسی‌های کانه‌دار نیز قابل بررسی است، به گونه‌ای که به عدسی‌های کانه‌دار نیز گاه واژه توده‌ای (ماسیو) گفته می‌شود (Leach et al., 2003). بافت توده‌ای گاه با حالت برشی نیز قابل مشاهده است. در چنین شرایطی سنگ دچار خردشدگی شده و قطعاتی از خود سنگ به همراه ماده معدنی به طور یکجا سیمانی شده‌اند. خمیره سنگ در چنین مواردی از اکسید آهن و کانه‌های روی ساخته شده است که بلورهای وُلفنیت و فلوریت در آن پراکنده می‌باشند.

۵-۸- بافت جانیشینی

این بافت، یکی از بافت‌های ثانویه در منطقه مورد مطالعه است، به گونه‌ای که کانی‌های اولیه که اغلب سولفیدی بوده‌اند، مانند پیریت، گالن و اسفالریت به کانی‌های اکسیدی مانند گوتیت، سروسیت و هیدروزینسیت تبدیل شده‌اند. جانیشینی گالن توسط سروسیت بر خلاف جانیشینی پیریت، غالباً از مرکز صورت پذیرفته و نشانه تبدیل در جای کانی نیز می‌باشد، چنین تبدیلی در رخساره دولوسپاریت افق کانه‌دار قابل مشاهده و بررسی است، در حالی که تبدیل پیریت به کانی اکسیدی گوتیت و یا لپیدو کروسیت پدیده‌ای شایع در هر دو رخساره کانه‌دار می‌باشد (شکل ۱۵-۱۵). همچنین تیغه‌های هماتیتی توسط گوتیت جانشین شده و ایجاد ریخت‌نما (سودومورف) گوتیت را کرده‌اند.

جانیشینی اسفالریت توسط کانی‌های اکسیدی (هیدروزینسیت یا همی‌مورفیت) نه به تنهایی، بلکه در بافت رگه- رگچه نیز مشاهده می‌شود. توضیحات بیشتر در مورد جانیشینی اسفالریت، در بافت رگه- رگچه‌ای عنوان شده است.

وُلفنیت و فلوریت از دیگر کانی‌های رایج با بافت فضا پُرکن و جانیشینی هستند.

وُلْفنیت در این بافت به صورت رشد بلورهای تتراگونال درشت به همراه لیمونیت دیده می‌شود (شکل ۱۶- A) و فلوریت به شکل ثانویه در هر دو رنگ سفید و بنفش در کنار وُلْفنیت نیز دیده می‌شود (شکل ۱۶- B).

۹-۵- بافت کلوییدی

بر اثر انحلال کربنات‌ها و یا فرایند کارستی شدن در سنگ‌های کربناتی کانه‌دار، حفره‌هایی با ابعاد متغیر ایجاد می‌شود و در دیواره این حفره‌ها بافت‌های کلوییدی از ترکیب‌های آهن و روی با عیار بسیار بالا به صورت ثانویه تشکیل شده است. در بخش‌های غیرسولفیدی کانسار احمدآباد ابعاد ظهور چنین بافتی قابل ملاحظه است و به طور آشکار در امتداد تونل شماره ۷ معدن، ماده معدنی به صورت هیدروزینسیت، با بافت کلوییدی، مورد توجه معدنکاران قرار گرفته و استخراج شده است. وجود بافت کلوییدی در حفره‌ها به شکل کانی سفیدرنگ و گل کلمی کلسیت نیز در بخش‌های مختلف معدن شایع است و در پاره‌ای از موارد، همراه کلسیت‌های گل کلمی، کانی‌های وُلْفنیت و فلوریت نیز با لیمونیت مشاهده می‌شود، که از شواهد ثانویه بودن این کانی‌ها به‌شمار می‌آید.

۶- توالی پاراژنی کانی‌ها

بر اساس مطالعات انجام‌شده در مقیاس صحرایی، نمونه دستی و میکروسکوپی، توالی پاراژنیتیک کانی‌ها و کانه‌های کانسار روی - سرب (مولیبدن) احمدآباد در ارتباط با ساخت و بافت کانه‌ها و سنگ درونگیر رسم شد (جدول ۳). شواهد نشان می‌دهد که پس از تشکیل لجن کربناتی و کمپلکس‌های فلزی در مرحله رسوبگذاری، کانه‌زایی در دو مرحله رسوبی - دیاژنزی (اولیه و پایانی) صورت گرفته است. در دیاژنز، هم‌زمان با تشکیل کانی‌های سازنده سنگ (دولومیت، کلسیت و کوارتز)، کانی‌های پیریت، فلوریت، اسفالریت و گالن شروع به تشکیل و تبلور کرده‌اند. بافت‌های لامینه، دانه‌پراکنده، رگه - رگچه‌ای و توده‌ای اولیه به این زمان تعلق دارند. شواهدی همچون بافت‌های فضاپرکن و استیلولیت نشان می‌دهند که کانه‌زایی تا دیاژنز پسین ادامه داشته و سپس کل کانسار در معرض فرایندهای زمین‌ساختی و فرسایش و هوازدگی گسترده قرار گرفته و کانی‌های غیرسولفیدی تشکیل شده‌اند. سازوکار ایجاد چنین فرایند سوپرژن وسیعی را می‌توان به این شکل بیان کرد: بالا آمدگی سریع پوسته در زمان پس از تریاس سبب ایجاد ساختارهای فرازمین - فروزمین در طول گسل کوه‌بنان شده است (کمالی، ۱۳۸۳). چنین ساختاری، در طول محور کوه‌بنان - بهاباد، در همه کانسارها و رخدادهای معدنی روی و سرب این کمربند قابل مشاهده است. ایجاد چنین ساختاری، همراه با وجود گسل‌های پر شیب با روند N25E، موجب شده است که کانسارهای سولفیدی تشکیل شده در این محور، در بخش‌های بالا آمده، در معرض فرایندهای سوپرژن قرار گیرند. مطالعه کانسارهای غیرسولفیدی بزرگ در مکزیک، آفریقا و ایران نشان می‌دهد که در این کانسارها کانی‌های اُکسیدی روی در اثر اکسایش سریع اسفالریت و آمیختگی با آب‌های جوی (از کمر بالای کانسار در اثر وجود گسل‌ها پایین می‌آیند) که نسبت CO_2/HCO_3 آنها بالاست، تشکیل می‌شوند (Hitzman et al., 2003) و در نتیجه کانی‌های غیرسولفیدی سوپرژن، به صورت یک پوشش، بلافاصله روی بخش سولفیدی قرار می‌گیرد که نشان‌دهنده تشکیل در جای (in situ) آن است (Borg, 2005 and Daliran et al., 2005). بافرکنندگی سنگ‌های کربناتی، سبب خنثی شدن اسیدهای ناشی از اکسایش سولفیدها شده و روی را که بسیار انحلال‌پذیر و متحرک است، به شکل همی‌مورفیت و یا هیدروزینسیت رسوب داده است.

۷- مقایسه با کانسار تپ آلپی بلایبرگ در اتریش

در گذشته به کانسارهای موجود در منطقه آلپ به دلیل موقعیت مکانی، عنوان

کانسارهای تپ آلپی گفته می‌شد و این کانسارها در قطب همزاد (سین ژنتیک) در برابر کانسارهای اپی ژنتیک MVT قرار می‌گرفتند. مطالعات جدید نشان می‌دهد که همه کانسارهای منطقه آلپ واجد شرایط همزاد نیستند و پاره‌ای از این کانسارها مانند Gomo (ایتالیا) و Arziedel (جنوب اتریش) در این دسته جای ندارند (Schroll, 2005). بدین ترتیب (Schroll (2005)، کانسارهای منطقه آلپ را به دو گروه تقسیم کرد: ۱) کانسارهای آلپی شاخص (APT) یا تپ بلایبرگ که در دیاژنز اولیه در یک محیط کششی با منشأ گوگرد باکتریایی تشکیل شده‌اند و ۲) کانسارهای آلپی که در شرایط کوهزایی تشکیل شده‌اند و منشأ گوگرد در آنها، گوگرد گرمابی اپی ژنتیک و تجزیه گرمایی سولفات بوده است (کانسارهای Arziedel و Gorno در این رده قرار می‌گیرند). کانسار بلایبرگ در آلپ خاوری و در سکوی کافتی منطقه معدنی Carinthia (اتریش) واقع شده است. این کانسار، به عنوان یک رده جهانی از کانسارهای تپ آلپی، همواره مورد توجه بوده و عملیات معدنی در آن از سده ۱۴ آغاز و در سال ۱۹۹۴ معدن تعطیل شده است. توالی چینه‌شناسی در بلایبرگ حدود ۳۵۰ متر ستبراً داشته و از دولومیت، آهک و شیل‌های به سن Camian (تریاس میانی - معادل سازند سُتری) تشکیل شده است و هیچ توده نفوذی از منطقه گزارش نشده است. کانه‌زایی اقتصادی در کانسار بلایبرگ به‌طور عمده در واحدهای دولومیتی Watterstein، که تحت عنوان دولومیت اصلی شناخته می‌شود، صورت گرفته است. بخش کوچکی از اُفق‌های کانه‌دار نیز در لایه‌های دولومیتی Raibl حضور دارند. (Cerny (1989) با مطالعه توالی ۳۵۰ متری کانسار بلایبرگ، چهار اُفق اصلی کانه‌دار را در این کانسار معرفی کرده است که عبارتند از Crest, Erzalk, Maxer Banke و اُفق Cardita که سه اُفق کانه‌دار اول در بخش دولومیت اصلی واقع هستند و اُفق آخر در دولومیت‌های ابتدایی گروه Raibl جای دارد (شکل ۱۷). کانه‌زایی در بلایبرگ در ارتباط با رخصاره‌های خاصی است. محیط رسوبی در این کانسار به صورت یک محیط سدی است که به سمت باختر به یک رخصاره ویژه ریفی تبدیل می‌شود (رخصاره یا اُفق Crest). کانه‌زایی در رخصاره کوچک ریفی، در محیط سدی پیرامون آن (اُفق Erzalk) و بخشی نیز در محیط لاگون پشت سد (اُفق Maxer) صورت گرفته است. بخش عمده کانه‌زایی با ذخیره‌ای بالغ بر ۳۵ میلیون تن در رخصاره سدی Erzalk قرار دارد. کانه‌زایی در دو اُفق مهم محیط سدی و ریفی با رخصاره‌های Lithoclastic-Wackstone و Floatstone/Grainstone در ارتباط است. در احمدآباد نیز کانه‌زایی به شکل چینه‌سان و چینه کران و در یک جایگاه ویژه در واحدهای دولومیتی قهوه‌ای‌رنگ و توده‌ای متعلق به سازند سُتری (تریاس میانی) جای دارد. بر اساس مطالعات تحلیل رخصاره‌ای و مدل‌سازی محیط رسوبی، مشخص شد که کانه‌زایی وابسته و در ارتباط با رخصاره‌های ویژه محیط سدی مانند اُتوبید گریستون، اُتواسپاریت دولومیتی و دولواسپاریت است. بنابراین، محیط رسوبی کانسار احمدآباد بویژه با رخصاره‌های محیط سدی کانسار آلپی بلایبرگ مشابه است.

کانی‌شناسی در بلایبرگ شامل اسفالریت، گالن، پیریت، مارکازیت و مقادیر اندکی فلوریت، وُلْفنیت، باریت و سلسیت و مشابه کانسار احمدآباد است. وجود بافت فراموبید، ریتمیک و دانه‌پراکنده حاکی از تشکیل کانه در مرحله دیاژنز آغازین است و بافت فراموبیدی پیریت و بافت دانه‌پراکنده از اسفالریت، در هر دو رخصاره کانه‌دار احمدآباد یکسان است. عیار مولیبدن در این کانسار ۰/۱۵ درصد (در احمدآباد میانگین ۰/۷٪ است) بوده که ۲۰۰۰ تن از آن استخراج شده است (Schroll, 1996). مقایسه نشان می‌دهد که در این کانسار نیز نسبت روی بسیار بیشتر از سرب بوده است، اما مسئله مهم تفاوت کانی‌شناسی دو کانسار در بخش اکسیدی است که در بلایبرگ بخش اُکسیدی گسترش چندانی نیافته، ولی در احمدآباد به دلیل ساختارهای زمین‌ساختی بعدی (فراخاست) و تأثیر فرایند سوپرژن، بخش اُکسیدی گسترش بیشتری دارد. روابط زمین‌شیمیایی ویژه، در کانسارهای آلپی، به‌خوبی برای تعیین ویژگی‌های

بر اساس مطالعات انجام‌شده در مقیاس صحرایی، نمونه دستی و میکروسکوپی، توالی پاراژنیتیک کانی‌ها و کانه‌های کانسار روی - سرب (مولیبدن) احمدآباد در ارتباط با ساخت و بافت کانه‌ها و سنگ درونگیر رسم شد (جدول ۳). شواهد نشان می‌دهد که پس از تشکیل لجن کربناتی و کمپلکس‌های فلزی در مرحله رسوبگذاری، کانه‌زایی در دو مرحله رسوبی - دیاژنزی (اولیه و پایانی) صورت گرفته است. در دیاژنز، هم‌زمان با تشکیل کانی‌های سازنده سنگ (دولومیت، کلسیت و کوارتز)، کانی‌های پیریت، فلوریت، اسفالریت و گالن شروع به تشکیل و تبلور کرده‌اند. بافت‌های لامینه، دانه‌پراکنده، رگه - رگچه‌ای و توده‌ای اولیه به این زمان تعلق دارند. شواهدی همچون بافت‌های فضاپرکن و استیلولیت نشان می‌دهند که کانه‌زایی تا دیاژنز پسین ادامه داشته و سپس کل کانسار در معرض فرایندهای زمین‌ساختی و فرسایش و هوازدگی گسترده قرار گرفته و کانی‌های غیرسولفیدی تشکیل شده‌اند. سازوکار ایجاد چنین فرایند سوپرژن وسیعی را می‌توان به این شکل بیان کرد: بالا آمدگی سریع پوسته در زمان پس از تریاس سبب ایجاد ساختارهای فرازمین - فروزمین در طول گسل کوه‌بنان شده است (کمالی، ۱۳۸۳). چنین ساختاری، در طول محور کوه‌بنان - بهاباد، در همه کانسارها و رخدادهای معدنی روی و سرب این کمربند قابل مشاهده است. ایجاد چنین ساختاری، همراه با وجود گسل‌های پر شیب با روند N25E، موجب شده است که کانسارهای سولفیدی تشکیل شده در این محور، در بخش‌های بالا آمده، در معرض فرایندهای سوپرژن قرار گیرند. مطالعه کانسارهای غیرسولفیدی بزرگ در مکزیک، آفریقا و ایران نشان می‌دهد که در این کانسارها کانی‌های اُکسیدی روی در اثر اکسایش سریع اسفالریت و آمیختگی با آب‌های جوی (از کمر بالای کانسار در اثر وجود گسل‌ها پایین می‌آیند) که نسبت CO_2/HCO_3 آنها بالاست، تشکیل می‌شوند (Hitzman et al., 2003) و در نتیجه کانی‌های غیرسولفیدی سوپرژن، به صورت یک پوشش، بلافاصله روی بخش سولفیدی قرار می‌گیرد که نشان‌دهنده تشکیل در جای (in situ) آن است (Borg, 2005 and Daliran et al., 2005). بافرکنندگی سنگ‌های کربناتی، سبب خنثی شدن اسیدهای ناشی از اکسایش سولفیدها شده و روی را که بسیار انحلال‌پذیر و متحرک است، به شکل همی‌مورفیت و یا هیدروزینسیت رسوب داده است.

۷- مقایسه با کانسار تپ آلپی بلایبرگ در اتریش

در گذشته به کانسارهای موجود در منطقه آلپ به دلیل موقعیت مکانی، عنوان

دولومیت‌های سازند شتری است. ماده معدنی به شکل عدسی، هم‌روند با لایه‌بندی و گاه رگه‌ای در واحد TR_{sh3} و در ارتباط با رخساره‌های اتوئید گریستون و رخساره اتوسپاریت دولومیتی (دولواسپاریت) قرار دارد.

ظهور کانه‌زایی در اشکال دانه‌پراکنده و لامینه، در رخساره‌های اتوئید گریستون و دولواسپاریت، از شواهد زایشی بسیار مهم تشکیل کانه‌ها در شرایط همزاد (سین‌ژنتیک) - دیاژنتیک است. ضمن آنکه تشکیل پیریت، اکسید آهن و کانه‌های روی در ساخت استیلولیت، از شواهد دال بر تمرکز ماده معدنی در فرایند دیاژنت است. حتی بافت‌های رگچه‌ای کانسار نیز با توجه به شواهد رسوب‌شناسی ارائه شده، به احتمال زیاد، در مراحل دیاژنتی تشکیل شده‌اند.

برداشت‌های دقیق روی زمین نشان می‌دهد که عدسی‌های کانه‌دار و بخش‌های هم‌روند با لایه‌بندی بیشترین مکان برای فعالیت‌های معدن کاری بوده است و شکستگی‌ها و گسل‌ها، تنها در بخش‌هایی که عدسی‌های کانه‌دار را قطع کرده‌اند، کانه‌دار هستند و در خارج از عدسی‌ها یا آفت کانه‌دار، با وجود تداوم شکستگی‌ها و گسل‌ها، از کانه‌زایی خبری نیست. همین حقیقت به ظاهر ساده، نظریه سیال‌های گرمایی و ثانویه را رد کرده و نقش محیط رسوبی، رخساره سنگ درونگیر و ارتباط کانه‌زایی با هر دو را به‌طور کامل بارز می‌سازد. مقایسه سنگ درونگیر، کانی‌شناسی ساده، نبود نقره و مس (و یا وجود بسیار کم آن‌ها)، نبود توده‌های آذرین، و وجود روابط زمین‌شیمیایی عناصر مانند نسبت Sr>Rb, Ge/Ga, As/Tl و Ni>Co، همگی حاکی از آن است که کانسار احمدآباد از نظر ویژگی‌های زمین‌شناسی و کانه‌زایی، بیشترین شباهت را با کانسارهای تیب آلپی از جمله بلایرگ دارد (جدول ۴). وجود شواهد مشابه در دو کانسار احمدآباد (ایران) و بلایرگ (اتریش)، از جمله حضور وُلفنیت به همراه روی و سرب در کانسنگ‌های تریاس و شواهد ساخت و بافت، سبب شد تا کانسار احمدآباد با این رده جهانی از کانسارهای روی و سرب (کانسارهای تیب آلپی) مقایسه شود، تا بتوان از آن به عنوان الگویی در اکتشاف رخساره‌های معدنی مشابه، بویژه برای مولیبدن، در محور کوه‌بنان - بهاباد استفاده شود.

سپاسگزاری

از حوزه معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس که ما را در انجام این تحقیق یاری رساندند و همچنین از مسئولان و کارشناسان محترم سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور که امکانات تجزیه‌های آزمایشگاهی و اسکان را فراهم کردند، تشکر و قدردانی می‌شود.



شکل ۲- تصویر ماهواره‌ای از منطقه و موقعیت محدوده مورد مطالعه در بلوک گسلی احمدآباد-بُنه‌انار-اسفن

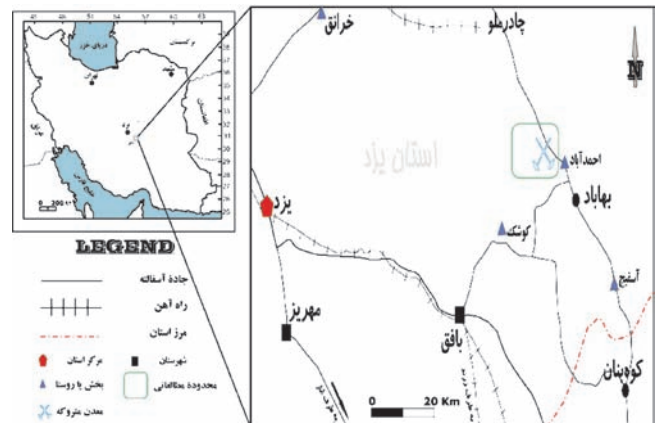
این کانسارها و تمایز از دیگر کانسارهای سرب و روی MVT (گروه ۲ تقسیم‌بندی Schroll (2005) به کار گرفته می‌شود. پاراژنز عنصری در این کانسارها شامل عناصر اصلی Zn, Pb, F, Ba و عناصر فرعی در آنها Mo, Ge, Tl و Sr هستند. نقره و مس در این کانسارها حضور ندارد و یا دارای مقدار بسیار اندکی است. در احمدآباد نیز پاراژنز عنصری مشابه بوده و نقره و مس بسیار اندک است (جدول ۱).

Schroll (2005) با استفاده از نسبت‌های Ge/Ga و As/Tl در اسفالریت، کانسارهای دیاژنت ابتدایی آلپی را از کانسارهای MVT و کانسارهایی مانند Gomo تفکیک کرده است. نسبت Ge/Ga در کانسارهای آلپی بیش از یک و معمولاً در دامنه‌ای بین ۱۰-۱۰۰ قرار می‌گیرد و As/Tl در این کانسارها دارای گستره ۵-۱۰ است. این در حالی است که کانسار Gomo همانند کانسارهای MVT دارای نسبت Ge/Ga < 10 و As/Tl > 5 می‌باشد. مقایسه مقادیر عنوان شده با احمدآباد نشان می‌دهد (جدول ۲) که کانسار احمدآباد در رده کانسارهای شاخص آلپی قرار می‌گیرد و همانند این کانسارها در شرایط دیاژنز اولیه محیط کشتی (کافت ایران مرکزی) تشکیل شده است. در مورد منشأ فلزها در بلایرگ باور بر این است (Cerny, 1989)، فلزها در فازهای متعددی تأمین شده‌اند و محیط سدی در تمرکز فلزها مؤثر بوده است. مولیبدن در این کانسار، از سنگ‌های کربناتی بی‌تیمین مشتق و به وسیله فرایندهای رسوبی - دیاژنتیک انباشته شده است. البته مولیبدن به شکل کانی اولیه مولیبدنیت و جُردیسیت (چندریخت مولیبدنیت) نهشته شده و در زون اُکسیدی کانسار که سترای کمی دارد، به وُلفنیت تبدیل شده است. در احمدآباد، به دلیل سترای زیاد زون اُکسیدی، کانی اولیه مولیبدن مشاهده نشده است، اما به دلیل وجود اُف‌های تبخیری و مواد آلی، به‌طور کامل با بلایرگ شبیه است و منشأی مشابه را متصور می‌سازد. حضور مولیبدن همراه با سرب و گالن در احمدآباد نشان می‌دهد که سرنوشت مولیبدن همانند بلایرگ با سرب یکسان است. به باور Takahashi (1960) حضور وُلفنیت در زون اُکسیدان کانسارهای سرب و روی نشان می‌دهد که کانی سولفیدی مولیبدن (مولیبدنیت) همراه با گالن، باید در عمق حضور داشته باشد، در غیر این صورت تنها سروسیت تشکیل می‌شد و مولیبدن به دلیل تحرک بالا از محیط خارج می‌گردید. بنابراین، وجود مولیبدنیت در اعماق بعید نبوده و نیازمند حفاری است.

۸- نتیجه‌گیری

با توجه به مطالب ارائه شده، ویژگی‌های کانه‌زایی روی، سرب و مولیبدن در کانسار احمدآباد به شرح زیر است:

کانه‌زایی شکل چینه‌سان و چینه کران داشته و محدود به جایگاه چینه‌شناسی خاص در



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به کانسار روی، سرب (مولیبدن) احمدآباد در شمال‌خاوری بافق.

جدول ۱- فراوانی عناصر اندازه گیری شده در نمونه‌های مقطع سنگ‌زمین شیمیایی 'A-A' به روش XRF (برای نوع سنگ‌شناسی و موقعیت نمونه‌ها به شکل ۴- الف مراجعه شود).

Sample	SiO2	MgO	Fe2O3	Zn	Pb	Mo	F	Ag	Sr	Rb	Ni	Co	Cu
	%	%	%	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
1	3.12	2.25	0.76	426	107	7	700	*	120	58	45	24	16
2	2.9	2.09	0.75	342	98	5	958	*	126	58	60	23	46
3	2.88	1.95	2.12	1780	100	2	881	*	131	70	64	25	22
4	12.4	9	0.62	5200	420	2	109	*	125	65	46	25	13
5	16.8	12.2	0.13	1770	572	29	1737	*	127	54	39	24	17
6	16.5	11	0.45	1250	590	27	567	*	450	58	52	23	19
7	13.37	7.3	0.88	4100	502	27	671	*	320	65	51	26	16
8	18.4	15.75	25.11	20709	742	45	3693	2	966	36	45	27	17
9	15.5	6.7	2.1	2802	316	14	960	*	190	59	50	20	106
10	5.65	7.2	0.65	1676	220	7	821	*	254	61	38	21	55
11	3.81	2.9	0.2	1781	130	5	650	*	358	61	44	20	23
12	6.19	7.1	0.13	500	320	14	621	*	698	63	45	27	17
13	2.14	2.3	0.5	156	100	6	450	*	250	60	43	21	14

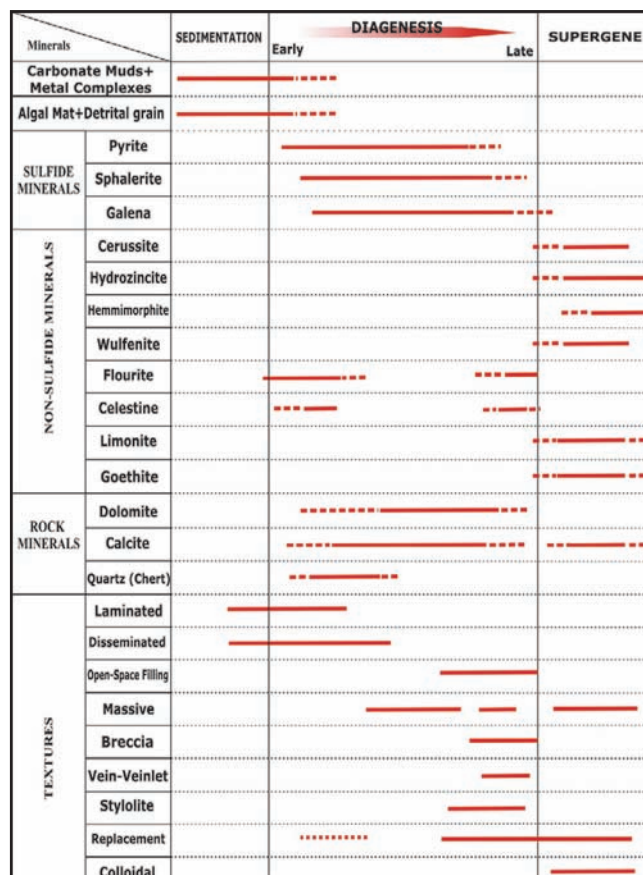
جدول ۲- فراوانی عناصر در دو نمونه از کانه اسفالریت (به روش ICP) در احمدآباد (مقادیر بر حسب ppm)

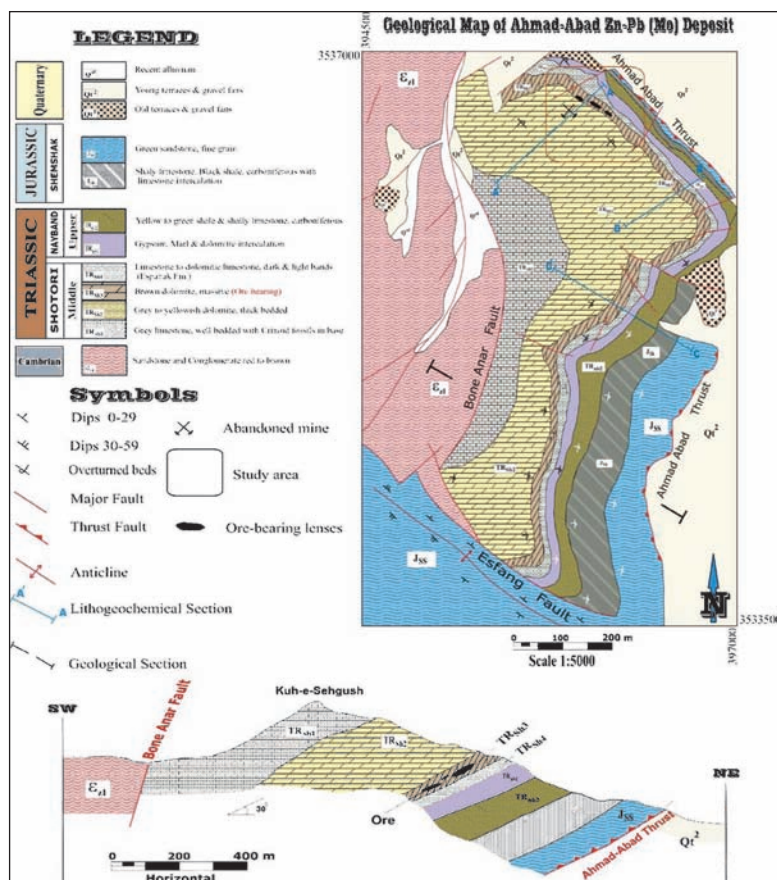
	Mn	Fe	Pb	Mo	Ag	Cd	Ge	Ni	Co	Tl	Cu	Sr	As	Ga	Ge/Ga	As/Tl
Sph 1	71	930	405	248	24	63	740	220	14	12.8	21	304	40	68	10.88	3.125
Sph 2	131	760	10400	342	3.5	150	410	160	9	55	20	169	63	36	11.38	1.14

جدول ۴- مقایسه ویژگی‌های کانسار تیپ آلپی بلایرگ (در ناحیه آلپ اتریش) و کانسار احمدآباد (در ایران مرکزی در کمر بند روی و سرب کوه‌بان- بهاباد).

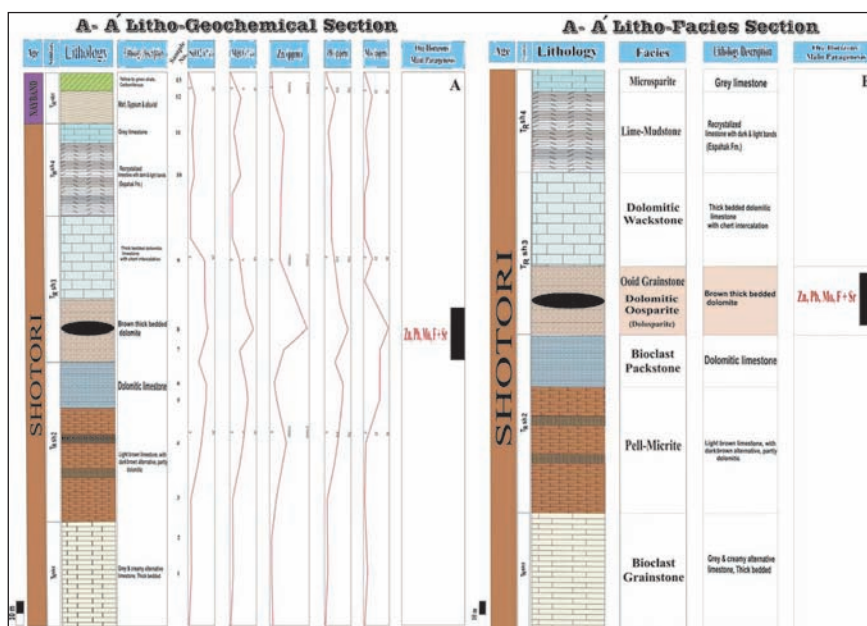
Ahmad-Abad (Iran)	Alpine type (Bleiberg, Austria)	
سنگ میزبان	دولومیت، آهک و شیل	سنگ میزبان
ژئومتری ماده معدنی	صفحات هم‌روند و عدسی شکل و رگه‌های غیرهم‌روند	ژئومتری ماده معدنی
عدسی هم‌روند بالابندی و رگه‌های غیرهم‌روند		
موقعیت زمین‌ساختی	سکوه‌های کافتی	موقعیت زمین‌ساختی
سکوی کافتی (ایران مرکزی)		
رژیم زمین‌ساختی	همزمان و حتی بعد از فاز کافتی در رژیم کششی	رژیم زمین‌ساختی
فاز کافتی در رژیم کششی		
سنگ‌های آذرین	توده‌های نفوذی وجود ندارد. سنگ‌های آتشفشانی وجود دارد	سنگ‌های آذرین
وجود ندارد		
سن سنگ میزبان	تریاس میانی تا بالایی	سن سنگ میزبان
تریاس میانی		
عناصر معدنی	Major: Zn, Pb, Minor: Ba, F, locally Mo, Ge, Tl	عناصر معدنی
Major: Zn, Pb, Minor: Mo, F, Sr, Ge, Tl		
کانه‌شناسی	اسفالریت، گالن، پیریت + سولفوسالت + فلوریت + ولینیت + باریت + انیدریت	کانه‌شناسی
اسفالریت، گالن، پیریت + فلوریت، سلسیت، انیدریت و همی‌مورفیت، هیدروزیست، ولینیت، سروسیت		
محیط ته‌نشست	محیط کشندی و لاگون پشت ریف	محیط ته‌نشست
محیط سدی و کشندی		
عوامل کنترل‌کننده	دولومیتی شدن، مواد آلی	عوامل کنترل‌کننده
دولومیتی شدن، مواد آلی		
منشا گوگرد	فرایند اصلی تأمین گوگرد فرایند کاهیدگی و توسط مواد باکتریایی و هیدروکربنی بوده است.	منشا گوگرد
فرایند اصلی تأمین گوگرد احتمالاً واحدهای تبخیری و فرایند کاهیدگی سولفات‌ها بوده است.		
منشا مولیبدن	مولیبدن از سنگ‌های بی‌تیمه مشتق شده است	منشا مولیبدن
؟		
ژنز (چگونگی تشکیل)	دو مدل زایشی برای این کانسار ارائه شده است: (۱) فازهای متعددی فلزها را فراهم کرده و تبلور و تشکیل در طی دیاژنز آغازین و پایانی صورت گرفته است. (۲) فلزات منحصراً پس از رسوبگذاری فراهم شده و تبلور و تشکیل در دیاژنز پایانی صورت گرفته است.	ژنز (چگونگی تشکیل)
پژوهش حاضر	Sarkar, S.C., & Banerjee, S., 2004- Schroll, et al., 2005	منابع

جدول ۳- مراحل تشکیل و توالی پاراژنتیک کانی‌ها، کانه‌ها و بافت‌های رسوبی- دیاژنتیک و سوپرژن ماده معدنی در افق کانه‌دار منطقه معدنی احمدآباد.

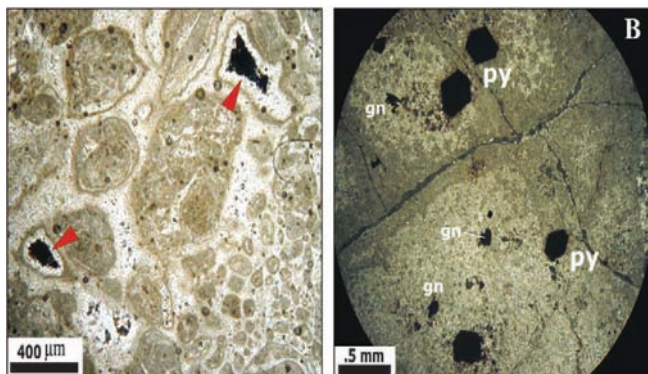




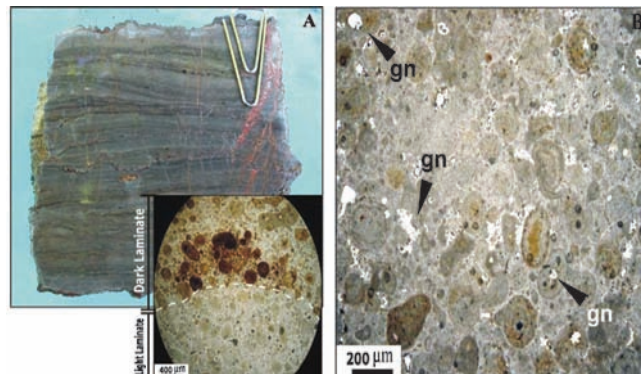
شکل ۳- نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰ و مقطع زمین شناسی عمومی از محدوده کانسار احمدآباد



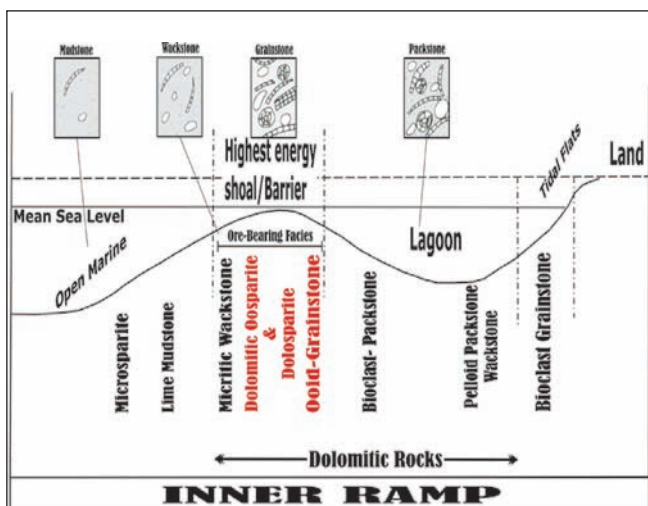
شکل ۴- A) مقطع سنگ زمین شیمیایی A-A' و ارتباط تغییر مقادیر درصد SiO_2 و عناصر MgO و Zn, Pb, Mo (بر حسب ppm) در بخش کانه دار با واحد دولومیتی TR_{sh3} ، B) ارتباط کانه زایی با رخساره های رسوبی سنگ درونگیر



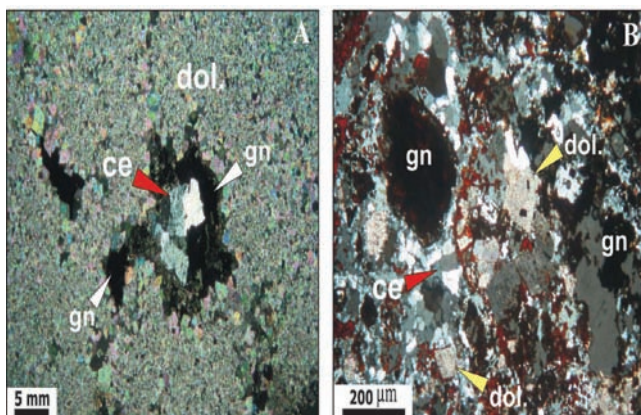
شکل ۶- رخساره ائوسپارایت دولومیتی: (A) ائویدهای مرکب همراه با تخلخل پنجره‌ای (فنسترال) (پیکان سرخ) که بلورهای دولومیت به شکل سیمان از حاشیه تخلخل در حال تبلور هستند، سیمان اسپارایتی مجموعه ائویدها را در بر گرفته است. (B) پیریت‌های (py) خودشکل و گالن (gn) که به شکل دانه پراکنده در متن رخساره دیده می‌شوند (نور عبوری، 5X).



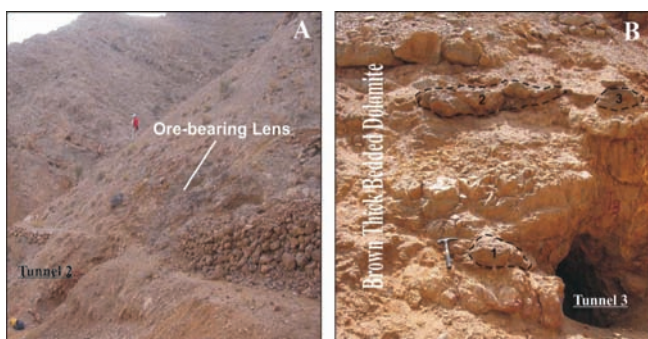
شکل ۵- رخساره ائوید-گرنیستون: (A) لامیناسیون ظریف با تناوبی از بخش‌های تیره و روشن که هر دو بخش از ائویدهای آلوم ساخته شده‌اند و تغییر رنگ مربوط به تمرکز گوئیت در بخش‌های تیره است. (B) گالن‌های (gn) دانه پراکنده در متن رخساره ائوید گرنیستون و در هسته‌های ائوید تشکیل شده‌اند (نور بازتابی- عبوری، 10X).



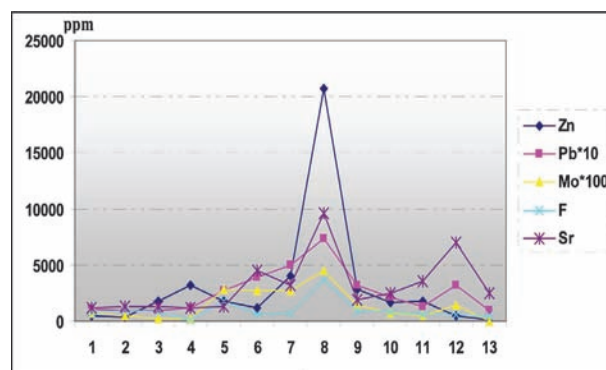
شکل ۸- مدل شماتیک محیط رسوبی و رخساره‌های کانه‌دار در منطقه معدنی احمدآباد- پراساس (1996) Reading.



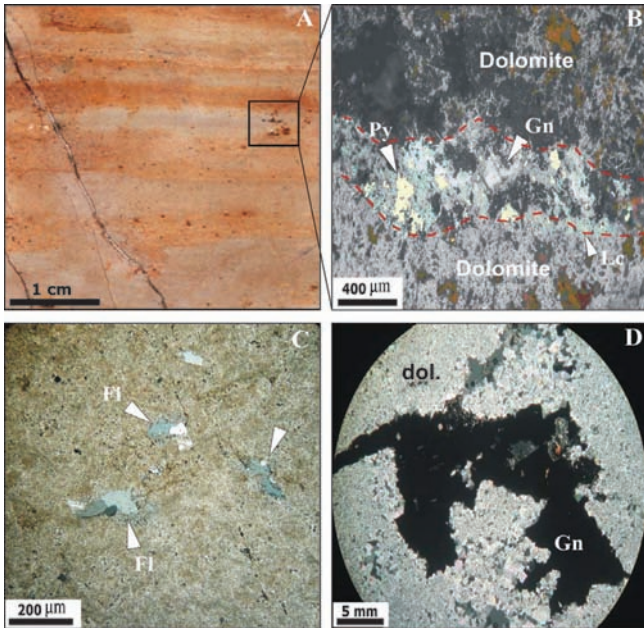
شکل ۷- رخساره دولواسپارایت: (A) در این رخساره ارتباط دولومیت (dol) و گالن (gn) و چگونگی تبدیل گالن به سروسیت (Ce) قابل مشاهده است. (B) گالن به شکل فضا پُرکن تشکیل شده و دولومیت (dol) به صورت جزیره‌ای در بین گالن‌ها و سروسیت‌ها دیده می‌شود (نور عبوری).



شکل ۱۰- (A) ژئومتری عدسی شکل از ماده معدنی در واحد دولومیتی. (B) عدسی‌های متناوب ماده معدنی و هم‌روندی آنها با لایه‌بندی سنگ درونگیر (شماره‌های ۱ و ۲ و ۳ به عدسی‌های کانه‌دار اشاره دارد).



شکل ۹- هم‌روندی افزایش عناصر روی، سرب، مولیبدن، فلورئور و استرونیسم در بخش کانه‌دار (در مقطع A-A').

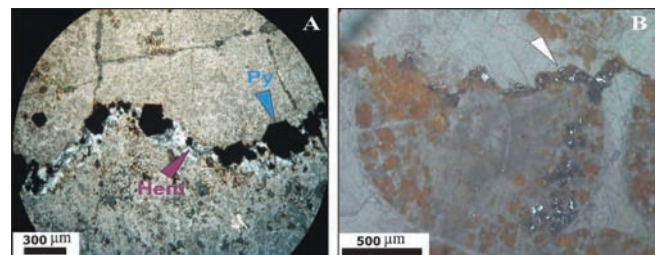


شکل ۱۱- نمایی از دولومیت‌های TR_{SH3} و فعالیت‌های معدنی که در آنها انجام گرفته است، به هم‌روندی فعالیت‌های معدن کاری با لایه‌بندی توجه شود (دهانه تونل‌ها با پیکان مشخص شده است).

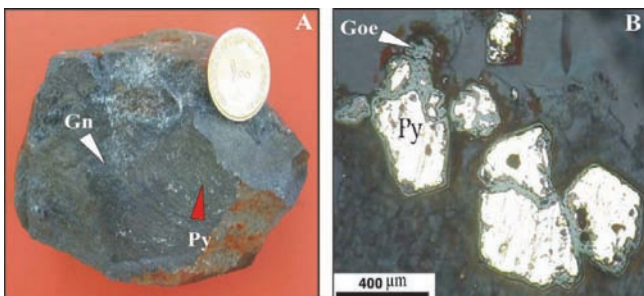
شکل ۱۲- (A) نمایی از لامیناسیون‌های کانه‌دار در رخساره انوئید- گریستون. (B) بلورهای از پیریت و گالن در لامینه کانه‌دار، در تناوب با دولومیت، در رخساره انوئید گریستون (Gn= Galena, Py= Pyrite, Lc= Lepidocrosite) - نور بازتابی. (C) فلوریت با بافت دانه‌پراکنده در رخساره دولواسپارایت (نور عبوری، 2.5X) (D) گالن با بافت فضا پُرکن در رخساره دولواسپارایت- نور عبوری.



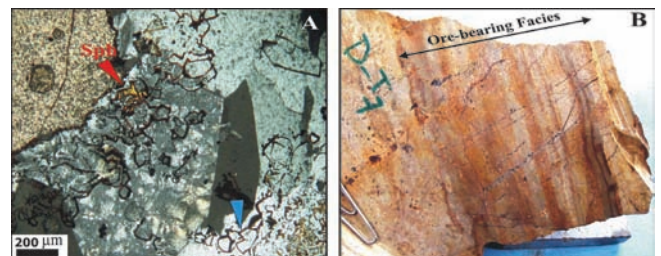
شکل ۱۳- بافت استیلولیت در رخساره انوئید- گریستون: (A) تمرکز اکسید آهن و پیریت (Py) و کانی‌های اکسیدی روی مانند همی مورفیت (Hem) در سطح استیلولیت- نور عبوری. (B) تمرکز اکسید آهن در سطح استیلولیت، در نمایی نزدیک‌تر (نور بازتابی، 32X)



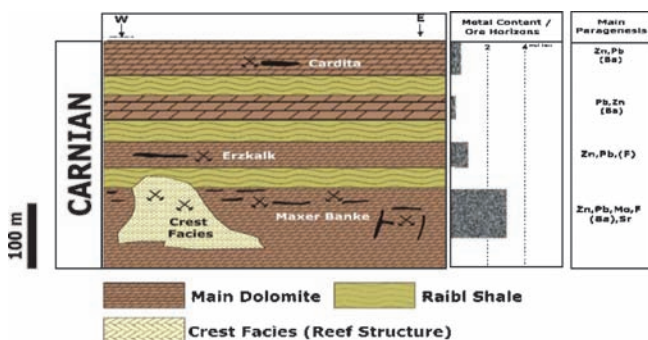
شکل ۱۴- باقیمانده‌هایی از سولفیدهای اولیه مانند اسفالریت (Sph) که در رگچه‌های حاوی همی مورفیت باقی مانده است، به ساختار تیغه‌ای کشیده اسفالریت (فلش پایین) که توسط اکسید آهن و روی جانشین شده است توجه کنید- نور عبوری. (B) محدود بودن رگچه‌های حاوی روی به رخساره کانه‌دار



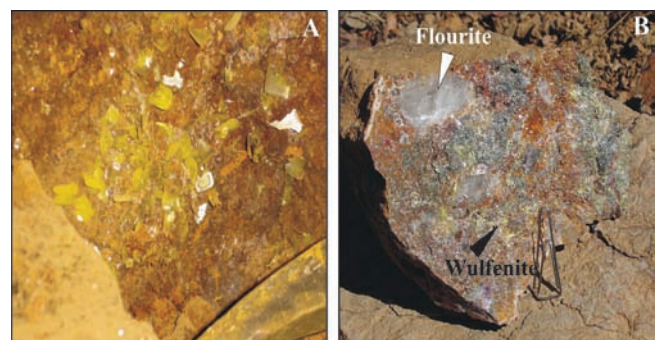
شکل ۱۵- (A) بافت توده‌ای گالن و پیریت (B) جانشینی کانی پیریت توسط کانی هیدروکسیدی گوتیت (Goe) که نشانگر ماهیت سولفیدی اولیه می‌باشد (نور بازتابی، 20X/0.40 Oil).



شکل ۱۶- (A) بلورهای تیغه‌ای و تتراگونال ولفنیت که همراه با لیمونیت در بخش سوپرژن مشاهده می‌شوند. (B) همراهی فلوریت‌های ثانویه با بلورهای ولفنیت.



شکل ۱۷- نمایی کلی از توالی چینه‌شناسی در کانسار بلایرگ و چهار افق اصلی کانه‌دار آن



شکل ۱۶- (A) بلورهای تیغه‌ای و تتراگونال ولفنیت که همراه با لیمونیت در بخش سوپرژن مشاهده می‌شوند. (B) همراهی فلوریت‌های ثانویه با بلورهای ولفنیت.

کتاب‌نگاری

- آدابی، م.، ح.، ۱۳۸۳- ژئوشیمی رسوبی، انتشارات آراین‌زمین، ۴۷۵ ص.
- آقاباتی، ع.، ۱۳۸۳- زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۳ ص.
- امیری، ع.، ۱۳۸۴- نگرشی نو بر کانسارهای استراتاباند غیر سولفیدی روی و سرب در ناحیه کوهبنان- بهاباد- نهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران.
- تاج‌الدین، ح.، ۱۳۸۱- معرفی و بررسی کانه‌سازی مولیبدن در کانسار سرب و روی احمدآباد، گزارش سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- تاج‌الدین، ح.، و دُرّی، م.ب.، ۱۳۸۳- بررسی کانه‌زایی مولیبدنیم با سنگ میزبان کربناته در معدن متروکه سرب و روی احمدآباد (شمال‌شرق بافق)، هشتمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران.
- جوانشیر، ع.، راستاد، ا.، ربانی، ا.، و مهری، ب.، ۱۳۸۵- افق‌های کانه‌دار کانسار روی، سرب و مولیبدن احمدآباد در سازند شتری و مقایسه آن با کانسار روی، سرب و مولیبدن Bleiberg در تریاس آلپ در اتریش، بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین سازمان زمین‌شناسی کشور.
- سبزه‌ئی، م.، و افروز، ع.، ۱۳۶۹- تحلیلی بر مسائل سرب و روی در ایران مرکزی: مناطق راور- کرمان- کوه‌بنان- رفسنجان- گزارش طرح پی‌جویی سرب و روی.
- شمس، ن.، و فتحیان‌پور، ن.، ۱۳۶۸- دیدار و مطالعه مقدماتی منطقه بافق، گزارش شماره ۳ طرح پی‌جویی مقدماتی سرب و روی، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- فیض‌نیا، س.، ۱۳۷۷- سنگ‌های رسوبی کربناته، انتشارات آستان قدس رضوی، ۳۰۴ ص.
- قاسمی، م.، ۱۳۸۵- نحوه تشکیل کانسار روی- سرب مهدی‌آباد یزد و مقایسه آن با سایر کانسارهای کرتاسه اطراف مهدی‌آباد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- قربانی، م.، تاجبخش، پ.، و خوئی، ن.، ۱۳۷۹- کانسارهای سرب و روی در ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، طرح تدوین کتاب زمین‌شناسی- شماره ۷۵. کان ایران، ۱۳۷۱- طرح اکتشافات مقدماتی و تفصیلی سرب و روی سراسری، کانسار احمدآباد.
- کمالی فرج‌اله‌زاده، ع.، ۱۳۸۳- تحلیل هندسی و جنبشی گسل کوه‌بنان (حدافاصل چترود- کوه‌بنان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت‌مدرس.
- مؤمن‌زاده، مرتضی، ۱۳۵۹- گزارش مقدماتی بازدید از ذخایر سرب، روی و آهن در ناحیه ساغد- بافق- کرمان، سازمان زمین‌شناسی کشور.

References

- Alavi, M., 1991- Sedimentary and structural characteristics of the Paleo-Tethys remnants in northeastern Iran. *Geol. Soc. of Amer. Bull.* Vol:103, p 983-992.
- Bäuerle, G., Bornemann, O., Mauthe, F. & Michalzik, D., 2000- Origin of stylonites in Upper Permian Zechstein anhydrite (Gorleben Salt Dome, Germany). - *J., Sed. Research*, A70, 726-737.
- Borg, G., 2005- Geological and economical significance of supergene nonsulphide zinc deposits in Iran and their exploration potential. 20th WMC. 7-11 Nov. Teh. Iran.
- Carozzi, A.V., 1989- Carbonate rocks depositional model, Prentice Hall Newjersey, 604P.
- Cerny, I., 1989- Current prospecting strategy for carbonate-hosted Pb-Zn mineralization at Bleiberg-Kreuth (Austria), *Econ. Geol.*, Vol: 84, p.1430-1435.
- Daliran, F. & Borg, G., 2005- Genetic aspects of the Angouran nonsulphide zinc ore deposit, NW-Iran, as an exploration guide for nonsulphide zinc ores. 20th WMC. 7-11 Nov. Teh. Iran.
- Flügel, E., 2004- *Microfacies of Carbonate Rocks*, Springer-Verlag, Germany. 976P.
- Gilg, H.A., Boni, M., Balassone, G., Allen, C.R., Banks, D. & Moore, F., 2006- Marble-hosted sulfide ores in the Angouran Zn-(Pb-Ag) deposit, NW Iran: interaction of sedimentary brines with a metamorphic core complex, *Mineralium Deposita*, 41: 1-16.
- Hitzman, M.W. & Beaty, D.W., 1996- The Irish Zn-Pb- (Ba) Orefield, in Sangster, D.F., (ed.), *Carbonate-hosted Lead-Zinc Deposits*, Society of Econ., Geologists, Spec., Pub., No. 4, p.112-143.
- Hitzman, M.W., Reynolds, N.A., Sangster, D.F., Allen, C.R. & Carman, C.E., 2003- Classification, Genesis, and exploration guides for nonsulphide zinc deposits, *Econ. Geol.*, Vol. 98, No. 4, p. 685-714.
- Huckriede, R., Kuersten, M. & Venzlaff, H., 1962- Zur Geologie des Gebietes Zwischen Kerman und Sagand (Iran) *Beith. Geol. Jahb.* Vol:51.
- Leach, D.L., Bechstadt, T., Boni, M. & Zeeh, S., 2003- Triassic-hosted MVT Zn-Pb ores of Poland, Austria, Slovenia and Italy, *Irish Association for Economic Geolgy*, pp169-214.
- Leach, D.L., Sangster, D.F., 1993- Mississippi Valley-type lead-zinc deposits, in: Kirkham, R.V., Sinclair, W.D., Thrope, R.I., and Duke, J.M., (eds.), *Mineral Deposit Modeling: Geological Association of Canada, Special Paper 40*, p.289-314.
- Leach, D.L., Sangster, D.F., Kelley, K.D., Large, R.R., Garven, G., Allen, C.R., Gutzmer, J. & Walters, S., 2005- Economic geology 100th Anniversary Volume, Society of Economic Geologists, p.561-607.
- Miall, A.D., 1990- Principles of sedimentary basin analysis, 2nd ed., Springer-Verlag, New york. 668P.
- Reading, H.G., 1996- *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*, 3th Edition, Blackwell Science Ltd., 688P.
- Sarkar, S.C. & Banerjee, S., 2004- Carbonate-hosted lead-zinc deposits of Zawar, Rajasthan, in the context of the world scenario, in Deb, M. & Goodfellow, W.D., (eds.) *Sediment-hosted lead-zinc sulphide deposits*, Narosa Pub. House, p.328-349.
- Schroll, E. & Rantitsch, G., 2005- Sulphur isotope patterns from the Bleiberg deposit (Eastern Alps) and their implications for genetically affiliated lead-zinc deposits. *Miner & Petrol.* Vol. 89:1-18
- Schroll, E., 1996- The Triassic carbonate-hosted Pb-Zn mineralization in the Alps (Europe): The genetic position of Bleiberg type deposits. in Sangster, D.F., (ed.) *Carbonate-hosted lead-zinc deposits*, Special Pub. No.4, Society of Economic Geologists.
- Schroll, E., 2005- Alpine type Pb-Zn-deposits (APT) hosted by Triassic carbonates, in: Mao, J., and Bierlein, F.P., (eds.) *Mineral Deposit Research: Meeting the global challenge*, proceeding of the 8th biennial SGA meeting, Beijing, China, Vol: 1, 2, 1613P.
- Schroll, E., Koppel, V. & Cerny, I., 2006- Pb and Sr isotope and geochemical data from the Pb-Zn deposit Bleiberg (Austria): constraints on the age of mineralization. *Miner & Petrol.* Vol.86:129-156.
- Takahashi, T., 1960- Supergene alteration of zinc and lead deposits in limestone, *Econ. Geol.*, Vol: 55, p.1083-1115.