



پردیس علوم-دانشکده زمین‌شناسی

بررسی محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند

کشف‌رود در برش قره‌قیطان-۱

نگارش

زهرا والیانی

استاد راهنما: دکتر عبدالحسین امینی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته زمین‌شناسی، گرایش رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی

بهمن ۱۳۸۷

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

دانشگاه تهران

پردیس علوم-دانشکده زمین‌شناسی

بررسی محیط رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی سازند
کشف‌رود در برش قره‌قیطان-۱

نگارش: زهرا والیانی

استاد راهنما: دکتر عبدالحسین امینی

اساتید مشاور: دکتر حسین اصیلان مهابادی،

مهندس بهزاد معتمدی

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در
رشته زمین‌شناسی، گرایش رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی

بهمن ۱۳۸۷

سپاس می‌گویمت که فرصتی دست داد

تا سطری از کتاب آفرینشت را نظاره‌گر باشم.

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

چکیده

سازند بازوسین بالایی-باتونین زیرین کشف‌رود در پنجره فرسایشی آق‌دریوند به طور ناپیوسته روی سازند سینا قرار دارد. این سازند در برش مطالعه شده (قره‌قپان-۱) غالباً شامل رخساره‌های توریدایتی و نهشته‌های کانال‌های زیرآبی است. این سازند با رخساره‌های سبخایی مربوط به سازند مزدوران به‌طور هم‌شیب پوشیده شده‌است. شناسایی ۲۳ رخساره نتیجه مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی است. بیشتر ضخامت رسوبات این برش مربوط به بخش‌های عمیق حوضه (Slope-Basin) است که در آن‌ها رخساره‌هایی با مشخصات بخش‌های زیرین/خارجی، میانی و بالایی/داخلی مخروط زیر دریایی شناسایی شدند. این بخش‌ها با تغییرات سطح آب دریا به یکدیگر تبدیل می‌شوند. رسوبات توریدایت گل غالب در محیط‌های با شلف وسیع گسترش می‌یابند. بخش‌های عمیق چنین حوضه‌هایی با تغییرات سطح آب دریا به رخساره‌های شلفی تبدیل می‌شوند. رسوب در این محیط‌ها با طغیان رودخانه‌ها و دلتاهای رودخانه‌گالی که تا لبه شلف می‌رسند، تأمین می‌شود. بخش بالایی این برش شامل رخساره‌های کانال‌های زیرآبی توسعه یافته در شلف وسیع است. در این مطالعه چهار سکانس رده سوم شناسایی شده است. منحنی تغییرات نسبی آب دریا با منحنی تغییرات جهانی ائوستازی مطابقت دارد، این تطابق نقش اساسی ائوستازی در تغییرات نسبی سطح آب دریا در حوضه را نشان می‌دهد. با این وجود، تأمین رسوب به نظر می‌رسد در توسعه دولومیت در بخش فوقانی سازند، تأثیرگذار بوده است. حرکات تکنونیک‌کی به نظر می‌رسد مسئول نوسان تأمین رسوب در حوضه است. بالا آمدگی در ناحیه منشأ، رودخانه‌هایی با شیب زیاد را به وجود آورده است. با فرونشینی ناحیه منشأ بر اثر باربرداری که با پایین آمدن جهانی سطح آب دریا همراه بوده، رخساره‌های سبخایی سازند مزدوران گسترش یافته‌اند. برخی سکانس‌های رده پایین‌تری نیز توسط کنکرسینون‌های کربناته در شیل‌های عمیق شناسایی شده است. افق‌های حاوی این عوارض، شاخص‌های بسیار خوبی در شناسایی سطوح حداکثر غرقابی (mfs) هستند. نتایج مطالعات رخساره‌ها با نتایج کلسیمتری شیل‌ها مطابقت دارند.

تقدیر و تشکر

خداوند را سپاس می‌گوییم که در سایه عنایتش این مطالعه را به سرانجام رسانیدم و بر خود وظیفه می‌دانم مراتب تقدیر و تشکر صمیمانه‌ای را نسبت به تمامی بزرگوارانی که در این امر این جانب را یاری نمودند، ابراز دارم. ابتدا سزاوار است از استاد محترم راهنما جناب آقای دکتر عبدالحسین امینی که در تمامی مراحل کار از هیچ کمک و راهنمایی مضایقه نمودند، تشکر و قدردانی نمایم و خاطرنشان شوم که ایشان نه تنها از بعد علمی بلکه از بعد شخصیتی و اخلاقی تأثیر بسزایی در طرز نگرش من به زندگی داشته‌اند و از این بابت همیشه خود را مدیون ایشان می‌دانم.

از آقایان دکتر حسین اصیلیان مهابادی و مهندس بهزاد معتمدی که به عنوان اساتید مشاور سهم بسزایی در انجام کار داشتند و با مشاوره‌های علمی خویش در جهت هرچه پربارتر شدن نتایج این تحقیق کوشیدند، صمیمانه سپاسگزارم. آقایان مهندس آریافر و مبشری، کارشناسان ارشد زمین‌شناسی در اداره مدیریت اکتشاف شرکت ملی نفت ایران و آقای مهرداد سردارآبادی و خانم فاطمه محمدی در انجام مطالعات صحرایی مرا مورد لطف قرار دادند، از زحمات ایشان صمیمانه تشکر می‌کنم. از پژوهشگاه صنعت نفت ایران (RIPI) به خاطر انجام آنالیزهای پراش پرتو ایکس سپاسگزارم، همچنین از آقایان رضازاده و قاسمی مسئولان کارگاه مقطع‌گیری دانشکده زمین‌شناسی به جهت همکاری مجدانه در تهیه مقاطع نازک و از آقای دکتر کمال‌الدین بازرگانی، برای همکاری در تهیه مقاطع صیقلی، سپاسگزارم. از خانم بیاتی، مسئول دفتر دانشکده زمین‌شناسی به خاطر هماهنگی‌های اداری لازم، بسیار سپاسگزارم. از آقای دکتر عباسی، عضو هیأت علمی دانشگاه زنجان و پروفیسور بروملی (Bromley) به خاطر یاری این جانب در شناسایی آثار فسیلی تشکر و قدردانی می‌نمایم. در پایان لازم می‌دانم از همه عزیزان و فرهیختگانی که با یاری خود مرا مورد لطف قرار دادند و مجال بردن نام همگی آن‌ها در این مجموعه نیست، کمال تشکر را داشته باشم. همین‌طور از خانواده ارجمندم به خصوص پدر و مادر عزیزم تشکر و قدردانی نموده، از خداوند متعال توفیق روز افزون ایشان را خواستارم.

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات

- ۱-۱ مقدمه ۱
- ۲-۱ مطالعات قبلی ۳
- ۳-۱ موقعیت جغرافیایی ۵
- ۴-۱ روش‌های مطالعه ۶
- ۵-۱ محدودیت‌های مطالعه ۷

فصل دوم: زمین‌شناسی عمومی

- ۱-۲ مقدمه ۹
- ۲-۲ موقعیت ساختاری کپه‌داغ ۹
- ۳-۲ چین‌نگاری منطقه مورد مطالعه ۱۲
- ۱-۳-۲ نهشته‌های پیش از ژوراسیک ۱۳
- ۲-۳-۲ ژوراسیک ۱۵
- ۳-۳-۲ کرتاسه ۱۶
- ۴-۳-۲ ترشیر ۱۷
- ۵-۳-۲ کواترنر ۱۸
- ۴-۲ سازند کشف‌رود ۱۸
- ۵-۲ آب و هوای مزوزوئیک ۲۱

فصل سوم: سنگ‌شناسی

- ۱-۳ مقدمه ۲۲
- ۲-۳ توصیف رخساره‌ها ۲۳
- ۳-۳ دیاژنز ۵۴
- ۱-۳-۳ سیمانی شدن ۵۴
- ۲-۳-۳ فشردگی ۶۰
- ۳-۳-۳ نوشکلی ۶۱
- ۴-۳-۳ دگرسانی ۶۲
- ۵-۳-۳ دولومیتی شدن ۶۲
- ۶-۳-۳ گسترش کنکرسینون ۶۳
- ۴-۳ تحلیل پدیده‌های دیاژنزی ۶۶

۶۹	۵-۳ بحث و نتایج
	فصل چهارم: محیط رسوبگذاری
۷۱	۱-۴ مقدمه
۷۱	۲-۴ رسوبات توریدایتی
۷۴	۱-۲-۴ بخش خارجی/زیرین مخروط (Outer/Lower fan)
۷۴	۲-۲-۴ بخش میانی مخروط (Middle fan)
۷۵	۳-۲-۴ بخش داخلی/بالایی مخروط (Inner/Upper fan)
۷۶	۳-۴ بررسی شرایط محیطی رخساره‌ها
۸۶	۴-۴ مجموعه رخساره‌های همراه
۹۵	۵-۴ مدل رسوبی
	فصل پنجم: چین‌نگاری سکانسی
۹۷	۱-۵ مقدمه
۹۸	۲-۵ مفاهیم اساسی چین‌نگاری سکانسی
۱۰۳	۳-۵ مؤلفه‌های تشخیص سطوح اصلی سکانسی
۱۰۴	۴-۵ سیستم تراکت‌های شناسایی شده
۱۰۶	۵-۵ سکانس‌های رسوبی
۱۱۴	۶-۵ تفسیر سکانس‌های رسوبی
۱۱۷	۷-۵ مقایسه با سکانس‌های جهانی
۱۱۹	نتایج و پیشنهادات
۱۲۰	منابع فارسی
۱۲۲	منابع انگلیسی
۱۳۰	پیوست: نمودار رسوب‌شناسی سازند کشف‌رود

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱ موقعیت جغرافیایی برش مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن. ۶
- شکل ۱-۲ نقاط نمونه‌برداری برای آنالیزهای کلسیمتری و پراش اشعه ایکس از حاشیه به مرکز کنکرسیون. ۷
- شکل ۱-۲ موقعیت کنونی حوضه کپه داغ نسبت به بلوک‌ها و خطوط اصلی ساختمانی و جغرافیای دیرینه تریاس بالایی تا ژوراسیک زیرین. ۱۰
- شکل ۲-۲ نقشه زمین‌شناسی بخشی از کپه داغ. ۱۲
- شکل ۳-۲ نقشه گسل‌های موجود در منطقه مورد مطالعه. ۱۳
- شکل ۴-۲ نمای کلی شیل‌های میانی و زیرین سازند کشف‌رود در برش مورد مطالعه. ۱۸
- شکل ۵-۲ ناپوستگی زاویه‌دار بین سازندهای کشف‌رود و سینا. ۱۹
- شکل ۶-۲ مرز بین سازندهای کشف‌رود و مزدوران. ۲۰
- شکل ۱-۳ کنگلومرای قاعده‌ای قرار گرفته بر روی سازند سینا (رخساره G1). ۲۴
- شکل ۲-۳ تصویر میکروسکوپی رخساره G1 (نور XPL). ۲۴
- شکل ۳-۳ نتیجه آنالیز پراش اشعه ایکس شیل‌های همراه با رخساره G2. ۲۵
- شکل ۴-۳ تصویر میکروسکوپی رخساره G2. ۲۶
- شکل ۵-۳ مقطع صیقلی رخساره G2. ۲۶
- شکل ۶-۳ تصویر میکروسکوپی رخساره G3. ۲۷
- شکل ۷-۳ مقطع صیقلی رخساره G3. ۲۸
- شکل ۸-۳ قرارگیری رخساره G4 بر روی ماسه‌سنگ. ۲۹
- شکل ۹-۳ تصویر میکروسکوپی رخساره G4. ۲۹
- شکل ۱۰-۳ تصویر ماکروسکوپی رخساره S1. ۳۰
- شکل ۱۱-۳ تصویر میکروسکوپی رخساره S1. ۳۱
- شکل ۱۲-۳ تصویر ماکروسکوپی رخساره S2. ۳۲
- شکل ۱۳-۳ تصویر میکروسکوپی رخساره S2. ۳۳
- شکل ۱۴-۳ تصویر ماکروسکوپی رخساره S3. ۳۴
- شکل ۱۵-۳ تصویر میکروسکوپی رخساره S3. ۳۴
- شکل ۱۶-۳ تصویر میکروسکوپی از رخساره S4. ۳۵
- شکل ۱۷-۳ تصویر ماکروسکوپی رخساره S5. ۳۶
- شکل ۱۸-۳ تصویر میکروسکوپی رخساره S5. ۳۶
- شکل ۱۹-۳ تصویر ماکروسکوپی رخساره S6 و گسترش جانبی آن. ۳۷
- شکل ۲۰-۳ الف) گل کنده‌شده از واحدهای زیرین که در قاعده رخساره S6 مشاهده می‌شود و ب) خرده‌های اسکلتی موجود در این رخساره. ۳۷
- شکل ۲۱-۳ الف) کندریتس، ب) تانیدیوم (T)، ج) تانیدیوم (T) و پلانولیتس (PI)، د) پلانولیتس (PI). ۳۸

- شکل ۳-۲۲ تصویر میکروسکوپی رخساره S6. ۳۸
- شکل ۳-۲۳ لامیناسیون افقی در رخساره S7 که بر روی ماسه‌سنگ دانه‌درشت قرار گرفته‌است. ۳۹
- شکل ۳-۲۴ تصویر میکروسکوپی رخساره S7. ۴۰
- شکل ۳-۲۵ الف) لایه‌بندی متقاطع با شیب زیاد در ماسه‌سنگ‌های کانالی، ب) گرهک آهن، ج و د) فرم هندسی عدسی در رخساره S8. ۴۱
- شکل ۳-۲۶ نتایج آنالیز پراش اشعه ایکس شیل‌های همراه با رخساره S8. ۴۱
- شکل ۳-۲۷ تصویر میکروسکوپی رخساره S8. ۴۲
- شکل ۳-۲۸ تصویر ماکروسکوپی رخساره S9. ۴۳
- شکل ۳-۲۹ تصویر میکروسکوپی رخساره S9، سیمان دولومیتی و میکروکلین و سریستی شدن (نور XPL). ۴۳
- شکل ۳-۳۰ تصویر ماکروسکوپی رخساره S10. ۴۴
- شکل ۳-۳۱ تصویر میکروسکوپی رخساره S10. ۴۴
- شکل ۳-۳۲ تصویر ماکروسکوپی رخساره S11. ۴۵
- شکل ۳-۳۳ تصویر ماکروسکوپی رخساره S12. ۴۶
- شکل ۳-۳۴ اثر فسیلی اسکولایتوس در رخساره S12. ۴۶
- شکل ۳-۳۵ تصویر میکروسکوپی رخساره S12. ۴۷
- شکل ۳-۳۶ تصویر ماکروسکوپی رخساره S13. ۴۸
- شکل ۳-۳۷ تصویر میکروسکوپی رخساره S13. ۴۸
- شکل ۳-۳۸ لایه‌بندی متقاطع و ندول‌های کربناته در ماسه‌سنگ ارغوانی که با شیل ارغوانی در تناوب است. ۴۹
- شکل ۳-۳۹ تصویر میکروسکوپی رخساره F1 در نور XPL. ۴۹
- شکل ۳-۴۰ نتایج آنالیز پراش اشعه ایکس رخساره F2. شکل ZV-G5 رخساره F2 در نزدیکی رخساره S3 می‌باشد. ۵۰
- شکل ۳-۴۱ تصویر میکروسکوپی رخساره F2 دارای میکای جهت یافته. ۵۰
- شکل ۳-۴۲ تصویر میکروسکوپی رخساره F3. الف) فسیل گونیاتیت، ب) گاستروپود و سایر خرده‌های فسیلی. ۵۱
- شکل ۳-۴۳ کنکرسیون در رخساره F4. ۵۱
- شکل ۳-۴۴ نتایج آنالیز پراش اشعه ایکس رخساره F4. ۵۲
- شکل ۳-۴۵ نتایج آنالیز پراش اشعه ایکس رخساره F4 در قاعده رخساره S12. ۵۲
- شکل ۳-۴۶ تصویر میکروسکوپی رخساره C1. الف) در نور PPL و ب) در نور XPL. ۵۳
- شکل ۳-۴۷ دولومیت‌های دانه‌ریز سبخایی دارای انیدریت و ب) خرده پوسته فسیل (Shell fragment). ۵۳
- شکل ۳-۴۸ الف) تبدیل فلدسپار به سریست (نور XPL)، ب) تبدیل فلدسپار به کانی رسی (نور PPL)، ج) خوردگی کوارتز و فلدسپار توسط کلسیت (نور XPL)، د) خوردگی اجزاء درون قطعه سنگ ولکانیکی توسط کلسیت (نور XPL). ۵۵
- شکل ۳-۴۹ الف) سیمان کلسیت بلوکی که به‌طور بخشی باعث از بین رفتن بافت اولیه شده‌است (نور XPL) و ب) سیمان کلسیت بلوکی بین‌دانه‌ای باعث خوردگی اجزا شده‌است (نور XPL). ۵۶

- شکل ۳-۵۰ الف) کلسیت پرکننده شکستگی (نور XPL)، ب) سیمان سیلیسی رورشدی و سیمان کلسیتی (نور XPL)، ج) تشکیل چرت و سپس کلسیت بلوکی (نور XPL)، د) چرتی شدن و سپس تشکیل دولومیت (نور XPL). ۵۶
- شکل ۳-۵۱ الف) سیمان سیلیسی و دولومیت آهن دار و کلسیت متأخر (نور XPL) و ب) این شکل منشأ سیمان را نشان می‌دهد که از تبلور گل می‌باشد (نور PPL). ۵۷
- شکل ۳-۵۲ الف) تبدیل گلسنگ به دولومیت (نور XPL)، ب) دولومیت آهن دار (نور XPL)، ج) دولومیت و خوردگی کوارتز توسط آن (نور XPL)، د) تخلخل قالبی بر اثر انحلال دولومیت (نور XPL). ۵۸
- شکل ۳-۵۳ الف) اکسید آهن فراگیر در مقطع نازک (نور PPL) و ب) مقطع صیقلی از اکسید آهن فراگیر، ج) اکسید آهن حاشیه‌ای (نور PPL)، د) سیمان اکسید آهن در رخساره G3 (نور XPL)، ه) اکسید آهن در تماس بین دانه‌ها در رخساره‌های S10 و S13 (نور XPL). ۵۹
- شکل ۳-۵۴ الف) تماس محدب-مقعر (نور XPL)، ب) تماس محدب-مقعر و مضرس بین دانه‌ها و گسترش سیمان سریسیتی و سیلیسی در بین ذرات (نور XPL). ۶۰
- شکل ۳-۵۵ تشکیل استیلولیت (synsolution) بر اثر فشردگی شیمیایی در رخساره‌های C1 و C2. ۶۱
- شکل ۳-۵۶ تبدیل بیوتیت به کلریت (نور PPL). ۶۲
- شکل ۳-۵۷ الف) دولومیتی شدن فراگیر و غیر تقلیدی و از بین رفتن بافت اولیه سنگ در رخساره C1 (نور PPL)، ب) دولومیتی شدن و ایجاد تخلخل در رخساره C1 (نور PPL)، ج) دولومیت دانه‌شکری با مراکز ابری در رخساره S12 (نور PPL). ۶۳
- شکل ۳-۵۸ نمودار تغییر مقدار کلسیت در کنکرسین‌های بیضوی. ۶۴
- شکل ۳-۵۹ آثار آشفستگی زیستی در کنکرسین که بدون تغییر شکل باقی مانده‌اند (نور XPL). ۶۵
- شکل ۳-۶۰ پرشدگی حجرات گاستروپود با پیریت و ماتریکسی از جنس زمینه کنکرسین. ۶۵
- شکل ۳-۶۱ افزایش درصد اکسید آهن در جهت پیکان را نشان می‌دهد. ۶۵
- شکل ۳-۶۲ الف تا ج مربوط به نتایج آنالیز پراش اشعه ایکس نمونه‌های کنکرسین، د تا و مربوط به نتایج آنالیز پراش اشعه ایکس نمونه‌های شیل دربرگیرنده کنکرسین می‌باشند. ۶۶
- شکل ۳-۶۳ در کنکرسین‌هایی که در حین افزایش عمق تشکیل می‌شوند با افزایش عمق و در نتیجه فشردگی درصد اجزاء آواری از مرکز به طرف حاشیه کنکرسین افزایش می‌یابد. ۶۸
- شکل ۴-۱ توالی بوما. ۷۳
- شکل ۴-۲ با دور شدن از منشأ جریانات توریدایتی ضخامت رسوبات دانه‌ریز بیشتر شده و بخش‌های دانه‌درشت ناپدید می‌شوند. ۷۳
- شکل ۴-۳ مجموعه کانال-خاکریز در مخروط میانی. ۷۵
- شکل ۴-۴ اجزاء اصلی رسوبات سیستم توریدایت دانه ریز در شیب (Slope). ۷۶
- شکل ۴-۵ نتایج آنالیز پراش اشعه ایکس نمونه شیل همراه با رخساره‌های G3، G4 و S8. ۷۷
- شکل ۴-۶ انحلال سیلیس آمورف، کلسیت/آراگونیت و هیدروکسید آلومینیوم به صورت تابعی از pH در دمای ۲۵°C. ۸۳
- شکل ۴-۷ مدل ارائه شده برای تشکیل کنکرسین در منطقه مورد مطالعه. ۸۴
- شکل ۴-۸ دیاگرام رخساره‌های توریدایتی سازند کشف رود. ۸۶

- شکل ۴-۹ کانال فرسایشی در مخروط داخلی که از ماسه‌سنگ‌های به هم آمیخته به وجود آمده‌اند. ۸۷
- شکل ۴-۱۰ الف) مجموعه رخساره‌های S5، S6 و S9 که ویژگی‌های مخروط میانی را نشان می‌دهند، ب) شیل غالب بودن مخروط‌های موجود در شیب و ج) رخساره S5 در میان شیل ضخیم لایه. ۸۸
- شکل ۴-۱۱ بدنه ماسه‌ای دارای ویژگی ماسه‌سنگ‌های بخش میانی مخروط. ۸۹
- شکل ۴-۱۲ تغییر رنگ شیل معلول تغییر در مشخصات سنگ‌شناسی (اجزاء کربنات و اجزاء ماسه‌سنگی) و تغییرات شرایط محیطی است. ۹۰
- شکل ۴-۱۳ الف) دید کلی از مجموعه رخساره‌های همراه VI با گسترش ورقه‌های نازک ماسه‌سنگ، ب) ورقه ماسه‌سنگ در میان شیل‌های تیره. ۹۲
- شکل ۴-۱۴ جریانات رودخانه با رسیدن به لبه شلف به صورت جریان فوق متمرکز (Hyperpycnal) و جریان با غلظت کم (Hypopycnal) ادامه می‌یابد. ۹۳
- شکل ۴-۱۵ نمودار رسوب‌شناسی سازند کشف‌رود در برش قره‌قپان-۱، در بخش زیرین. ۹۴
- شکل ۴-۱۶ مدل رسوبی ارائه شده برای محیط رسوبگذاری سازند کشف‌رود در برش قره‌قپان-۱. ۹۶
- شکل ۵-۱ فرایندهای رسوبگذاری و رسوبات حاصل از سیستم تراکت تراز پایین (LST). ۱۰۱
- شکل ۵-۲ فرایندهای رسوبگذاری و رسوبات حاصل از آن در سیستم تراکت تراز بالا (HST). ۱۰۲
- شکل ۵-۳ برش قائم مخروط زیردریایی که در طول تغییرات سطح نسبی آب دریا ایجاد می‌شود. ۱۰۳
- شکل ۵-۴ سکانس شماره یک و سیستم تراکت‌های موجود در آن. ۱۰۸
- شکل ۵-۵ سکانس شماره دو و سیستم تراکت‌های موجود در آن. ۱۰۹
- شکل ۵-۶ سکانس شماره سه و سیستم تراکت‌های موجود در آن. ۱۱۱
- شکل ۵-۷ سکانس شماره چهار و سیستم تراکت‌های موجود در آن. ۱۱۲
- شکل ۵-۸ نمودار رسوب‌شناسی و سکانس‌ها و سیستم تراکت‌های شناسایی شده در کل برش مورد مطالعه. ۱۱۳
- شکل ۵-۹ نقشه جغرافیایی دیرینه باژوسین-باتونین. ۱۱۶
- شکل ۵-۱۰ دیاگرام حوضه‌های رسوبی با مرز ناپیوستگی زاویه‌دار. ۱۱۶
- شکل ۵-۱۱ مقایسه منحنی تغییرات نسبی آب دریای حوضه کشف‌رود با منحنی تغییرات ائوستازی جهانی. ۱۱۸

فهرست جداول

- جدول ۳-۱ رده‌بندی سطوح لایه‌بندی. ۲۳
- جدول ۳-۲ ترتیب فرایندهای دیاژنزی در برش مورد مطالعه. ۶۸
- جدول ۴-۱ رخساره‌های مختلف مربوط به مخروط‌های زیردریایی سازند کشف‌رود در برش مورد مطالعه. ۸۵
- جدول ۴-۲ ایکنوفاسیس‌های معرفی شده در محیط‌های دریایی. ۹۶

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

حوضه رسوبی کپه‌داغ به دلیل ضخامت زیاد سنگ‌های رسوبی این حوضه و نبود تکاپوی آذرین، پس از زاگرس، مناسب‌ترین حوضه برای تشکیل و تجمع هیدروکربن می‌باشد. این حوضه بین سه کشور ایران، افغانستان و ترکمنستان مشترک است و در بخش ایرانی آن ردیف‌های هم‌ارز با سازندهای مبارک و شمشک، دارای پتانسیل هیدروکربنی می‌باشد (افشارحرب، ۱۳۷۳). میدان‌های گازی خانگیران و گنبدلی در ناحیه سرخس و گاز غیر اقتصادی تاقدیس قزل تپه در ناحیه گرگان از جمله میدان‌های گازی کپه‌داغ هستند. علاوه بر اهمیت این حوضه در زمینه هیدروکربن، سازندهای دیگر این حوضه رسوبی از لحاظ سنگ تزئینی، زغال‌سنگ و دولومیت دارای اهمیت‌اند و جیوه، طلا و پیریت و افق‌های فسفات‌ها نیز در سازند چمن بید گزارش شده که در حال حاضر اقتصادی نیستند (پورسلطانی، ۱۳۸۶).

با بسته‌شدن اقیانوس پالئوتتیس طی تریاس پسین تا میانی و پس از برخورد ورق ایران با ورق توران در مزوزوئیک پیشین (کوهزایی سیمرین) و بسته‌شدن دریای هرسی‌نین در شمال شرقی ایران حوضه کپه‌داغ تشکیل شده‌است (Afshar-Harb, 1979; Berberian & King, 1981; Alavi, 1991; Lasemi, 1995; Garzanti & Gaetani, 2002). حد جنوبی کپه‌داغ به بینالود محدود می‌شود و حد شمالی آن در ناحیه سرخس ایران است (نبوی، ۱۳۵۵). حوضه رسوبی کپه‌داغ در شمال شرقی ایران، دربردارنده نهشته‌های ژوراسیک تا ائوسن بدون وقفه رسوبگذاری با ضخامت حدود پنج تا هفت هزار متر است که چین خوردگی آرامی را به همراه مجموعه کم تراکمی از رانندگی‌های رو به جنوب غربی نشان می‌دهند. این رسوبات شامل شیل، سنگ‌آهک، مارن، ماسه‌سنگ و کنگلومرا و سنگ‌های تبخیری است که به وسیله لایه‌های قرمز رنگ قاره‌ای به سن بعد از الیگوسن زیرین و احتمالاً میوسن پوشیده شده‌است (نبوی، ۱۳۵۵). این مجموعه رسوبات پنج ابر سکانس را به‌وجود آورده‌اند (افشار حرب، ۱۳۷۳؛ Moussavi Harami & Brenner, 1992). افشار حرب به ۲۱ بار پسروی دریا اشاره دارد که در طی آن‌ها همه یا بخشی از کپه‌داغ از آب خارج و محیط‌های خشکی و یا مردابی چیره شده‌اند (آقانباتی، ۱۳۸۵). در نهایت بر اثر برخورد لبه جنوبی آسیا طی نوژن و با کامل شدن برخورد صفحه عربستان و ایران در محل کوه‌های زاگرس در پالئوژن به همراه تنش‌های دیگری مانند فشارش حاصل از صفحه هند (کوهزایی آلپ)، در مجموع سبب خروج حوضه رسوبی کپه‌داغ از آب و فعالیت‌های زمین‌ساختی در این منطقه شده‌است (Lyberis & Manby, 1999).

پی سنگ کپه‌داغ مربوط به واحدهای پیش از ژوراسیک است که قدیمی‌ترین آن، کربونیفر- پرمین است. این نهشته‌های قبل از ژوراسیک در پنجره آق دربند رخنمون دارند که در کوهزایی‌های هرسی‌نین، سیمین و آلبین به شدت دگر شکل شده‌اند (شهریاری و همکاران، ۱۳۸۳).

قدیمی‌ترین رسوبات حوضه کپه‌داغ مربوط به ژوراسیک و سازند کشف‌رود است. این سازند شامل مجموعه‌ای از رسوبات آواری است که ضخامت آن‌ها گاهی به ۲۰۰۰ متر نیز می‌رسد و عمدتاً از شیل، ماسه‌سنگ و کنگلومرا تشکیل شده‌است. رسوبات بخش تحتانی آن از رسوبات رودخانه‌ای-دلتایی تشکیل شده و بخش فوقانی آن نشانگر رسوبات محیط عمیق‌تر است (Madani, 1977). در واقع بخش تحتانی این سازند ناشی از فرسایش منطقه کوهزایی پس از برخورد قاره‌ای ایران و توران است که بیان‌کننده پایان فعالیت‌های زمین‌ساختی شدید است و به دنبال آن به تدریج و با فرونشست کف بستر، حوضه دریایی کپه‌داغ شکل می‌گیرد (شهریاری و همکاران، ۱۳۸۳). تغییر ناگهانی رخساره‌های سازنده از دریای کم عمق در این سازند بیانگر نوعی فعالیت زمین‌ساختی در حوضه است.

سازند کشف‌رود بنا به گزارش افشارحرب (۱۳۷۳) فقط در جنوب شرق کپه‌داغ و بیشتر در دره کشف‌رود و نیز در اطراف پنجره فرسایشی-زمین‌ساختی آق‌دربند رخنمون دارد. از نصف النهار مشهد به سمت غرب، بخش فوقانی سازند شمشک که در زمان بازوسین و در محیط دریایی کم‌عمق تشکیل شده، جایگزین سازند کشف‌رود می‌گردد. در اطراف پنجره فرسایشی آق‌دربند سازند کشف‌رود با ناپیوستگی بر روی افق‌های مختلف سنگ‌های دوران اول و دوره تریاس قرار دارد (آق‌نابتی، ۱۳۷۷). این سازند در برش قره‌قیطان-۱ با ناپیوستگی زاویه‌دار بر روی سازند سینا قرار دارد.

با توجه اینکه سیستم‌های رسوبگذاری آب‌های عمیق عمدتاً انتقال رسوب آواری به طرف پایین شیب و کف حوضه توسط جریان‌های ثقلی^۱ را نشان می‌دهند (Stelting et al., 2000) و جریان‌های توریدیتی یکی از مهمترین مکانیزم‌های پخش رسوبات ماسه‌ای، گلی و رسوبگذاری در محیط‌های شیب دلتا^۲، شیب قاره‌ای و مخروط‌های بخش عمیق دریا می‌باشند، بنابراین این رسوبات به‌عنوان سنگ مخزن مواد هیدروکربوری مورد مطالعه قرار می‌گیرند (Stelting et al., 2000; Sixmith et al., 2004) و از طرفی پژوهش‌های ژئوشیمیایی انجام شده بر روی شیل‌های این سازند نشان داده که از مواد آلی غنی است و دارای کروژن نوع دو و سه بوده و از نظر درجه بلوغ در مرحله گاززایی می‌باشد (افشار حرب، ۱۳۸۴). از این‌رو با توجه به قرارگیری شیل با پتانسیل هیدروکربوری در کنار ماسه‌سنگ‌های توریدیتی احتمال اینکه سازند کشف‌رود علاوه بر سنگ منشأ، سنگ مخزن گازی نیز باشد، وجود دارد. اهمیت این سازند در چینه‌شناسی شمال شرق ایران و پتانسیل سنگ منشأ و نیز نقش فوق‌العاده تاریخچه رسوبگذاری حوضه رسوبی آن در فهم جغرافیای ژوراسیک حوضه کپه‌داغ از جمله دلایل ضرورت انجام این مطالعه است.

¹ Gravity flows

² Delta front

این مطالعه بخشی از یک طرح جامع تر می‌باشد که بازسازی محیط رسوبی و چینه‌نگاری سازند کشف‌رود را در پنجره آق‌دربند مورد هدف قرار داده‌است.

۱-۲- مطالعات قبلی

به علت اهمیت ناشی از قرارگیری حوضه کپه‌داغ در محل برخورد دو قاره اوراسیا و گندوانا پژوهشگران زیادی مطالعات خود را بر روی آن متمرکز نموده‌اند. محققان متعددی بر روی این حوضه مطالعه نموده‌اند از جمله پژوهشگرانی نظیر کالانتاری (Kalantari, 1969)، بربریان و کینگ (Berberian & King, 1981)، موسوی حرمی و برنر (Moussavi-Harami & Brenner, 1992)، آدابی (۱۳۷۰)، لاسمی (۱۳۷۳)، محبوبی و همکاران (Mahboubi et al., 2001, 2002) این حوضه را مورد مطالعه قرار داده‌اند. محققینی که بر روی سازند کشف‌رود به تفصیل به مطالعه پرداخته‌اند در ذیل ذکر می‌گردند:

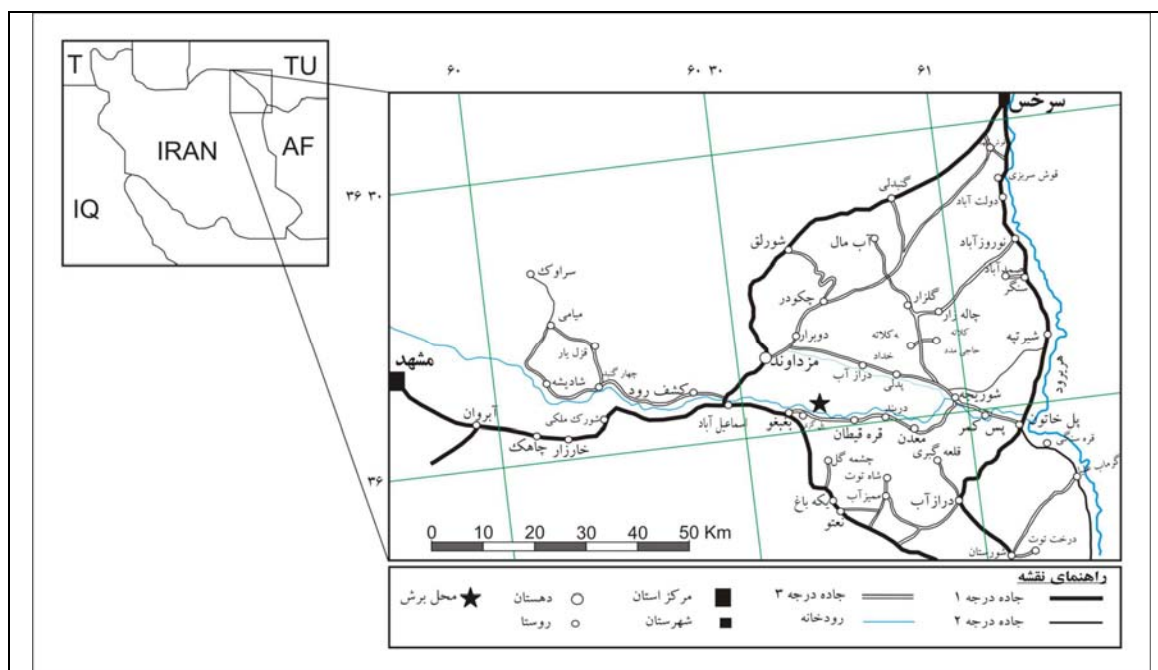
نخستین بار سازند کشف‌رود توسط گلدشمیت در سال ۱۹۱۱ نامگذاری شد، اما نخستین گزارش مستند درباره سن سازند کشف‌رود از کلاپ (Clapp, 1940) است که سن ژوراسیک پیشین (تورآسین) را بیان می‌کند. بر پایه همین گزارش بخش بالایی سازند کشف‌رود دارای آمونیت و روزن‌داران ژوراسیک میانی است (آق‌نابتی، ۱۳۸۵). قائمی (Ghaemi, 1996) نقشه شمال شرقی کپه‌داغ را در منطقه سفید سنگ با مقیاس ۱:۵۰,۰۰۰ تهیه نموده‌است. افشار حرب (Afshar-Harb, 1969) سازند کشف‌رود را به مجموعه بستری از شیل و ماسه‌سنگ تیره رنگ نسبت داده‌است و با استفاده از فرامینفر که توسط کالانتاری مطالعه شده بود سن باژوسین-باتونین را برای آن تعیین نموده‌است. وی ده سال بعد کلیه سازندهای کپه‌داغ را مطالعه کرده و یک برش از سازند کشف‌رود را در جنوب دهکده درخت بید و غرب دهکده مزدوران اندازه‌گیری کرده‌است. براساس ویژگی‌های رسوبی نهشته‌های بین دو رویداد سیمرین پیشین و پسین یک رویداد زمین‌ساختی نخستین بار به نام باتونین (سیمرین میانی) معرفی شد که جدا کننده رسوبات شیل و ماسه‌سنگ زغال‌دار از رسوبات مارن و سنگ‌آهک مربوط به محیط دریایی با عمق متوسط است (آق‌نابتی، ۱۳۸۵). مدنی (Madani, 1977) برش الگوی این سازند را در ۱۵ کیلومتری شرق روستای بغوغو (در مسیر جاده مشهد به معدن زغال‌سنگ آق‌دربند) معرفی و اندازه‌گیری کرد. بر پایه این مطالعات نهشته‌های بر جای گذاشته‌شده در این حوضه را به سه رخساره رسوبی شیل سیاه، توربیدایت و رخساره پرودلتا نسبت داد که در دو محیط کاملاً متفاوت به جای گذاشته شده‌اند. وی علاوه بر معرفی برش الگو، رسوباتی را نزدیک دهکده مزدوران، شمال دهکده بغوغو، باغ کشمیر علیا و جاده خط لوله گاز مورد مطالعه قرار داد و با توجه به فونای آمونیتی، سن باژوسین-پسین-باتونین پیشین را برای سازند کشف‌رود تعیین نمود. سید امامی و علوی نائینی (Seyed Emami & Alavi-Naini, 1990) سازند کشف‌رود در کپه‌داغ را معادل سازند شمشک ندانسته بلکه معادل توالی‌های پیشرونده سازندهای دلیچای و پروده می‌دانند. افتخارنژاد و بهروزی (Eftekharnajad & Behroozi, 1991) گزارش نمودند که در جنوب خاوری مشهد (شمال تربت جام و فریمان) سازند کشف‌رود به‌طور مستقیم بر روی سنگ‌های افیولیتی (دیابازی) به سن پرمین پسین تا تریاس پیشین قرار دارد.

روتنر (Ruttner, 1991) طی مطالعات خود در منطقه آق دربند سازند قلعه‌گیری را معادل قسمت‌های قدیمی سازند کشف‌رود دانسته و ناهمسازی موجود در قاعده سازند کشف‌رود را از نظر سن معادل سازند دلیچای و پروده (بغمشاه) می‌داند. سید امامی و همکاران (Seyed-Emami, 1994) و مدنی (Madani, 1977) سازند کشف‌رود را به سن بازوسین پسین تا باتونین پیشین دانسته‌اند و آن را یک واحد سنگی دریایی و توریدایت می‌دانند که نمی‌تواند معادل تمام یا بخشی از گروه شمشک باشد. افشار حرب (۱۳۷۳) سازند کشف‌رود را از نظر سن و رخساره با بخش بالایی گروه شمشک (تورآسین-آلین) قابل قیاس می‌داند و بنابر گزارش او زمین‌شناسان دیگری نظیر بزرگ‌نیا و نارانی بدون ارائه برش الگو از نام کشف‌رود استفاده نموده‌اند ولی گزارش هیچیک از آن‌ها منتشر نشده‌است (آق‌نابتی، ۱۳۷۷). حسین پور صیامی (۱۳۷۳) به ارزیابی توان نفت‌زایی سازندهای چمن‌بید و کشف‌رود پرداخته‌است. عریانی صدیق (۱۳۷۳) به مطالعه تحکیم تخلخل از روی نگاره‌های چاه با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی پرداخته‌است. افتخاری (۱۳۷۵) به مطالعه کانی‌های رسی سازند کشف‌رود و چمن‌بید به منظور تعیین بلوغ مواد آلی سنگ مادر پرداخته‌است. کرامتی (۱۳۷۴) به بررسی توان هیدروکربن‌زایی سازند کشف‌رود با استفاده از روش‌های مطالعه پتروگرافی آلی و در سال ۱۳۷۵ به تشخیص طبقات سنگ منشأ هیدروکربنی در سازند کشف‌رود با استفاده از داده‌های نمودارهای ژئوفیزیکی درون چاهی پرداخته‌است. انگجی‌وند (۱۳۷۷) مطالعه و بررسی ارتباط مخزن هیدروکربنی با سنگ‌های منشأ در کپه‌داغ شرقی را انجام داده‌است. حسین پور صیامی (۱۳۸۲) توان نفت‌زایی سازند کشف‌رود در تاق‌دیس خانگیران را با روش استفاده از نمودار مقاومت (ΔLogR) ارزیابی نموده‌است. دهبزرگی (۱۳۸۳) پالینوستراتیگرافی سازند کشف‌رود در برش سنج‌دک (جنوب شرق مشهد) را انجام داده‌است و بر اساس آن سن بازوسین-باتونین را برای این برش تعیین نموده‌است. شهریاری و همکاران (۱۳۸۳) به مطالعه پنجره فرسایشی آق دربند پرداخته و وجود دو گسل فعال در زمان تهنشست سازند کشف‌رود اشاره نموده‌اند. حسینون (۱۳۸۴) زیست‌چینه‌شناسی و رسوب‌شناسی سازند کشف‌رود با توجه به فونای آمونیتی را مورد مطالعه قرار داده‌است و سن بازوسین-باتونین برای برش قلعه‌سنگی تعیین نموده‌است. وی محیط تشکیل آن را فلات قاره بسیار نزدیک به ساحل و دارای اکسیژن فراوان می‌داند. افشار حرب (۱۳۸۴) در چهارمین کنگره ملی انرژی و اقتصاد امکان مخزن بودن سازند کشف‌رود را عنوان نموده‌است. پورسلطانی و همکاران (Poursoltani et al., 2007) مخروط‌های زیردریایی عمیق ژوراسیک در اقیانوس نئوتیس را مطالعه نموده‌اند. حداد توکلی (۱۳۸۴) پالینوستراتیگرافی برش قلعه‌سنگی را انجام داده و سن آن را ژوراسیک میانی (بازوسین-باتونین) با آب و هوای گرم تا نیمه گرم و مرطوب می‌داند و محیط تشکیل این سازند در برش مطالعه‌شده را یک محیط فلات بر قاره بسیار نزدیک به ساحل و دارای اکسیژن فراوان می‌داند. پورسلطانی و همکاران (۱۳۸۵)، به شناخت مجموعه‌های رخساره‌ای سازند کشف‌رود و تفسیر محیط رسوبی آن پرداخته‌است.

۱-۳- موقعیت جغرافیایی

حوضه رسوبی کپه‌داغ بین $35^{\circ} 30'$ تا $38^{\circ} 15'$ عرض شمالی و $54^{\circ} 00'$ تا $61^{\circ} 31'$ طول شرقی قرار دارد. وسعت این حوضه حدود ۵۵,۰۰۰ کیلومتر مربع یعنی تقریباً $\frac{3}{3}$ درصد مساحت کل کشور می‌باشد. این ناحیه از ایران، منطقه‌ای کوهستانی است که در آن دو رشته کوه با روند موازی بیشتر سطح منطقه را می‌پوشانند. در غرب منطقه این دو رشته کوه به هم می‌پیوندند. رشته شمالی را کوه‌های کپه‌داغ و هزار مسجد و رشته جنوبی را کوه‌های گلستان، آلاداغ و بینالود تشکیل می‌دهند. بین این دو رشته دشت‌های مشهد، قوچان، شیروان، بجنورد و گرماب قرار دارد. دشت سرخس در شرق منطقه در حاشیه دشت ترکمنستان و صحرای قره قوم قرار دارد. دشت گرگان در غرب منطقه، در ادامه فروافتادگی دریای خزر است. برش قره‌قیتان-۱ در ۴ کیلومتری شرق برش الگو (روستای پل‌گزی واقع در ۱۵ کیلومتری شرق روستای بغبغو در مسیر جاده معدن آق‌دربند) و در مجاورت روستای قره‌قیتان قرار دارد. علت نامگذاری آن به‌صورت قره‌قیتان-۱ به دلیل تفکیک این برش از مطالعه مشابهی است که در ۷ کیلومتری شرق برش قره‌قیتان-۱ و یک و نیم کیلومتری شرق روستای قره‌قیتان در دست بررسی است. در این منطقه سازند کشف‌رود با ناپوستگی زاویه‌دار بر روی سازند سینا قرار می‌گیرد و به‌طور هم‌شیب به سازند مزدوران در بالا منتهی می‌شود. ضخامت سازند کشف‌رود در این برش ۸۱۳ متر می‌باشد. مختصات جغرافیایی این برش $36^{\circ} 01' 22''$ عرض شمالی و $60^{\circ} 43' 06''$ طول شرقی است. راه دسترسی به این برش از طریق جاده اصلی مشهد-سرخس امکان‌پذیر است. این برش بین روستاهای پل‌گزی و قره‌قیتان قرار دارد که فاصله آن از روستای پل‌گزی حدود دو و نیم کیلومتر و تا روستای قره‌قیتان پنج و نیم کیلومتر است. برش قره‌قیتان-۱ در شمال رودخانه کشف‌رود برداشت شده است (شکل ۱-۱). مورفولوژی سازند کشف‌رود در برش مورد مطالعه به‌صورت تپه‌ماهورهایی است که با نزدیک شدن به سازند ستیغ‌ساز مزدوران، شیب افزایش می‌یابد. آب و هوای کپه‌داغ به دلیل ارتفاع متنوع بخش‌های مختلف از ۲۸ متر زیر سطح دریا تا بیش از ۳,۰۰۰ متر بالای سطح دریا، متغیر می‌باشد به طوری که در غرب نصف‌النهار $30^{\circ} 55'$ بارندگی متوسط سالانه ۸۰۰ میلی‌متر است در حالی که در شرق نصف‌النهار $00^{\circ} 57'$ بارندگی متوسط سالانه به ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر کاهش می‌یابد (افشارحرب، ۱۳۷۳). بنابراین برش مورد مطالعه دارای آب و هوای کویری است و دارای تابستان‌های بسیار گرم و زمستان‌های بسیار سرد می‌باشد.

پرآب‌ترین رود منطقه رودخانه تجن است که از به هم پیوستن رودهای هریرود و کشف‌رود به‌وجود می‌آید و در مرز شرقی کشور جریان دارد. دبی رودخانه کشف‌رود که دشت مشهد را زه‌کشی می‌کند ۵۰ تا ۱۰۰ میلیون متر مکعب است (افشار حرب، ۱۳۷۳). مسیر رودخانه کشف‌رود از الگوی گسلی گسل‌های امتداد لغز منطقه (که جوان‌ترین گسل‌های منطقه آق‌دربند هستند و حتی رسوبات کواترنر را جابجا نموده و هنوز نیز فعالیت دارند) پیروی می‌کند (شهریاری و همکاران، ۱۳۸۳).



شکل ۱-۱- موقعیت جغرافیایی برش مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن.

۱-۴- روش‌های مطالعه

جهت انجام این مطالعه پس از بررسی رخنمون‌های مختلف سنگ‌های سازند کشف‌رود، برش قره‌قیطان-۱ انتخاب شد. همان‌طور که ذکر شد این مطالعه بخشی از یک طرح کلی‌تر است، لذا محل برش به‌گونه‌ای انتخاب گردیده تا تنوع سنگ‌شناسی و سایر شرایط محیطی قابل ملاحظه‌ای با برش‌های مجاور داشته‌باشد. تعداد ۹۲ نمونه سنگی با توجه به تغییرات لیتولوژی و تا حدودی سیستماتیک جمع‌آوری شد. از بخش‌های شیلی هم با توجه به تغییرات رنگ و لیتولوژی نمونه‌برداری صورت گرفت تا مورد مطالعات مورد نظر آزمایشگاهی قرار گیرند. مقاطع نازک به منظور تعیین درصد فراوانی اجزای تشکیل دهنده سنگ (ماتریکس، سیمان، تخلخل و قطعات آواری) استفاده شدند. در این مطالعه به منظور تعیین نوع کانی‌های اپیک، چهار مقطع صیقلی^۱ تهیه شد. در مورد نمونه‌های کنکرسیون با استفاده از کلسیمتری تغییرات مقدار کلسیت از مرکز به حاشیه کنکرسیون مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۱-۲) و مقدار ماده آلی در شیل‌ها و کنکرسیون‌ها نیز با استفاده از آب اکسیژنه به روش کارور (Carver, 1971) تعیین شد. شناسایی آثار فسیلی توسط دکتر عباسی و پروفیسور بروملی (Bromley) صورت گرفته‌است و جلبک ژيروانلا (Girvanella) توسط دکتر قاسمی‌نژاد شناسایی شد.

¹ Polish section



شکل ۱-۲- نقاط نمونه برداری برای آنالیزهای کلسیمتری و پراش اشعه ایکس از حاشیه به مرکز کنکرسون.

شناسایی رخساره‌ها در ناحیه مطالعه شده بر اساس مشاهدات صحرایی و مطالعات آزمایشگاهی صورت گرفته است. برای این منظور به سنگ‌شناسی، ساخت‌های رسوبی، محتوای فسیلی، فرم هندسی، میزان ماتریکس، نوع و فراوانی سیمان توجه شده است. نتایج حاصل از بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی به صورت نمودار رسوب‌شناسی تهیه شد. برای نامگذاری سنگ‌ها از طبقه‌بندی پتی جان و همکاران (Pettijohn et al., 1987) استفاده شده است. محیط رسوبی از طریق مقایسه با محیط‌های رسوبی مشابه (Reading, 1996; Selley, 1996; Reineck & Singh, 1975; Bouma & Stone, 2000) تعیین گردیده است.

از آنالیز پراش پرتو ایکس^۱ جهت تعیین دقیق ترکیب کانی‌شناسی نمونه‌های شیل^۲ و شناسایی رس‌های موجود در شیل‌ها استفاده شد. با دستگاه آنالیزگر فلیس^۳ با تیوپ آند مس و پراش‌سنج PW1840 و نرم‌افزار پراش PC-APD این عمل انجام شد.

در این مطالعه از گسترش عوارض اتودیاژنزی، رخساره‌ها، آثار فسیلی و نسبت ماسه به شیل در شناسایی مرزهای سکانسی و سیستم تراکت‌ها استفاده شد.

۱-۵- محدودیت‌های مطالعه

مشکل اصلی در بررسی‌های صحرایی پوشیده بودن اکثر واحدهای مورد نظر (به دلیل ماهیت شیلی) است. از طرف دیگر انجام مطالعات دقیق چینه‌نگاری سکانسی، درک شرایط محیطی و بازسازی محیط رسوبی بر پایه اختصاصات فیزیکی، شیمیایی و بایوشیمیایی آن همواره نیازمند اطلاعات کامل و همه جانبه از حوضه مورد نظر و در دسترس بودن داده‌های سطح‌الارضی و تحت‌الارضی مربوط به مدت حیات حوضه در بخش‌های

^۱ X-ray diffraction analysis

^۲ Bulk

^۳ Philips Analytical

مختلف آن است. بدیهی است هر چه داده‌های بیشتری در دسترس باشد تحلیل‌ها و نتایج بدست آمده، علمی‌تر و دقیق‌تر خواهد بود. عدم وجود مقاطع لرزه‌ای که ابزاری مهم در چینه‌نگاری سکانسی محسوب می‌شوند باعث شد تا مطالعات انجام شده بر مبنای رخنمون باشند، همچنین شناسایی سطوح اصلی لایه‌بندی، دسته‌های رسوبی و سایر اجزاء سکانسی، علاوه بر مشخصات رخساره‌ای، با مطالعات ایزوتوپی بسیار دقیق‌تر خواهد بود. بررسی‌های ایزوتوپی، در تعیین محیط رسوبی نیز بسیار مفید هستند اما به دلیل محدودیت زمانی و مالی از آن‌ها در این مطالعه استفاده نشده است. تعیین رده سکانسی با کمک سن اهمیت زیادی دارد، ولی به دلیل عدم وجود اطلاعات پالینومورف و سایر روش‌های سن‌سنجی این کار عملاً ممکن نبود و تنها با کمک سن کل سازند و تعداد سکانس‌ها، به طور تقریبی رده سکانسی مشخص گردید.