

تعیین مرز اشکوب‌های باتونین-کالوین (ژوراسیک میانی) بر پایه چینه‌نگاری مغناطیسی در برش گل‌بینی، البرز خاوری، ایران

محمد پاک‌نیا^۱، حبیب‌علیمحمدیان^۲، محمودرضا مجیدی‌فرد^۳، جعفر صبوری^۴ و سیدعلی آقانباتی^۵

^۱ کارشناس ارشد، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

آدکتری، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

^۲ استادیار، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

^۳ کارشناس ارشد، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

^۴ دانشیار، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۶/۱۴

چکیده

برش گل‌بینی در ۳۵ کیلومتری شمال خاوری شهرستان جاجریم، در بردارنده توالی به هم پیوسته‌ای از سنگ‌نشته‌های سازندهای تریاس-ژوراسیک است. با بررسی‌های صورت گرفته روی سازند دلیچای در این برش و در محدوده اشکوب‌های ژوراسیک میانی (باتونین-کالوین)، سه عضو سنگ‌چینه‌ای، ۳۱ جنس و ۱۳ گونه آمونیتی شناسایی و مرز این دو اشکوب نیز، مشخص شد. برای این مطالعه، ۱۵۵ نمونه مغزه جهت دار رسوبی از لایه‌های سنگ آهکی و سنگ آهک مارنی به منظور مطالعات پارینه‌مغناطیسی در این مرز، توسط دستگاه مغزه گیر قابل حمل (پرتابل)، تهیه و در آزمایشگاه محیط و پارینه‌مغناطیسی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور بررسی شد. مراحل کار آزمایشگاهی در این پژوهش شامل اندازه‌گیری پسماند مغناطیسی طبیعی، آزمایش روند تغییر پذیرفتاری مغناطیسی در برابر افزایش درجه حرارت و تعیین نوع کانی‌های مغناطیسی موجود در هر نمونه، مغناطیس‌زدایی به روش حرارتی و میدان متغیر است. با تکیه بر روش‌های آزمایشگاهی انجام‌شده، جهت‌ها و میانگین جهت‌های مغناطیسی و یا به عبارتی مقادیر مربوط به زوایای میل (Inclination) و انحراف مغناطیسی (Declination) نمونه‌ها در زمان نهشته شدن رسوبات، قطبیت‌های عادی و وارون، قطب‌ظاهری زمین مغناطیسی (VGP) (Virtual Geomagnetic polarity) نمونه‌ها و متوسط میزان انباشت رسوب (نرخ رسوب‌گذاری) در این برش تعیین شد. افزون بر این، قطبیت‌های مغناطیسی عادی و وارون (Normal & Reverse) در طول برش مورد نظر برای هر مغزه گرفته‌شده تعیین، تغییرات قطبی مغناطیسی آن رسم و با جداول قطبیت مغناطیسی بین‌المللی و برش‌های معرفی شده از کشورهای آلمان و روسیه مقایسه شد که نتایج به دست آمده از برش گل‌بینی با این برش‌ها همخوانی دارد.

کلیدواژه: برش گل‌بینی، پارینه‌مغناطیس، جاجریم، آمونیت، قطبیت مغناطیسی.

* نویسنده مسئول: حبیب‌علیمحمدیان

E-mail: halimohammadian@gmail.com

۱- مقدمه

برش گل‌بینی در نزدیکی شهرستان جاجریم و در حاشیه جنوبی البرز خاوری و در همسایگی نواحی کویری ایران مرکزی قرار دارد. این برش در عرض‌های جغرافیایی ۰۰° ۳۷' و ۰۷' ۳۷° شمالی و طول‌های جغرافیایی ۰۰' ۳۰" ۵۶° و ۲۲" ۵۶° خاوری قرار دارد و بخشی از برگه رباط قره‌بیل با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ است (شکل ۱). دسترسی به منطقه مورد مطالعه از راه جاده اصلی گرگان-بجنورد و جاده فرعی جاجریم - گرمه امکان‌پذیر است. برای دسترسی به منطقه می‌توان از جاده جاجریم-سنخواست و جاده فرعی آسفالتی معدن آهک وابسته به کارخانه بوکسیت جاجریم استفاده کرد. راه‌های ارتباطی درون منطقه مورد مطالعه، خاکی و جیب‌رو است.

سازند دلیچای معرف نخستین واحد سنگی از رسوبات دریایی ژوراسیک البرز است که در دامنه جنوبی رشته‌کوه‌های البرز پروند دارد. نوع سنگ‌ها و فسیل‌ها در این سازند نشانگر ته‌نشست در یک محیط دریایی است. در بیشتر نقاط، سازند دلیچای از نوع مارن و سنگ‌آهک مارنی کمی اسپاری و نازک‌لایه است که میان لایه‌هایی از شیل‌های مارنی دارند. همچنین، این سازند به دلیل محتوای غنی فسیلی آن، به‌ویژه آمونیت‌ها، نقش یک لایه راهنما را میان سازند شمشک (در زیر) و (لار) در بالا بازی می‌کند (آقانباتی، ۱۳۸۳).

هدف از این پژوهش، مطالعه و تلفیق چینه‌نگاری سنگی، چینه‌نگاری زیستی و چینه‌نگاری مغناطیسی (Magnetostratigraphy) سنگ‌نشته‌های رسوبی سازند دلیچای در منطقه جاجریم (محدوده ساختاری البرز خاوری)، تعیین مرز میان اشکوب‌های باتونین-کالوین (ژوراسیک میانی) توسط فسیل آمونیت و تعیین سن مقایسه‌ای برای این مرز توسط داده‌های مغناطیسی و در پایان استفاده از داده‌های به دست آمده مغناطیسی برای تعیین جهت‌های قطبی عادی (Normal) و وارون (Reverse) در این اشکوب‌ها و مقایسه آنها با جدول‌های زمانی بین‌المللی (Geomagnetic Polarity Time Scale) است.

دانش چینه‌نگاری مغناطیسی، به عنوان روشی برای تطابق در رسوبات و جریان‌های گدازه‌ای در سه دهه اخیر، پیشرفت‌های چشمگیری داشته است. امروزه چینه‌نگاری قطبی مغناطیسی (Magnetic Polarity Stratigraphy) یا ثبت وارون‌شدگی قطب‌ها در سنگ‌ها و رسوبات، با علموی چون چینه‌نگاری زیستی (Biostratigraphy) و چینه‌نگاری شیمیایی (Chemostratigraphy) تلفیق شده است. افزون بر این، ثبت

۲- سنگ‌چینه‌شناسی (Lithostratigraphy) سازند دلیچای در منطقه جاجریم

در این بخش، در ابتدا به توضیح بخشی از ویژگی‌های سنگ‌چینه‌شناسی برش گل‌بینی سازند دلیچای در منطقه جاجریم که (Majidifard 2003) در رساله دکتری

بخش سوم (۲۱ متر): این بخش، شامل سنگ آهک‌های مارنی متوسط تا سبتر لایه چرت‌دار به رنگ قهوه‌ای تیره است، که در میان آنها گاه، لایه‌های مارنی به رنگ سبز تا خاکستری دیده می‌شود. نکته قابل توجه در این بخش افزایش ستبرای لایه‌های آهکی نسبت به بخش پیش و کاهش رسوبات مارنی است، به گونه‌ای که در بخش‌های بالایی آن، به ندرت مارن مشاهده شده، در ضمن فسیل‌های چون آمونیت‌ها و بلمنیت‌ها در آن یافت می‌شود که نسبت آمونیت‌ها در مقایسه با دو بخش پیش بیشتر است (شکل ۳).

۲-۳. موقعیت سنی تاکسون‌های آمونیتی شناسایی شده در برش گل‌بینی

افزون بر آن که (Majidifard (2003) در رساله دکتری خویش، مرز میان اشکوب‌های باتونین-کالوین را توسط فسیل *Macrocephalites Jacouti* شناسایی کرد، مرز میان دو این دو اشکوب، توسط نگارنده و با شناسایی فسیل شاخص *Macrocephalites sp.* نیز مشخص شد (شکل ۴). با توجه به فسیل‌های آمونیتی گرد آوری شده از محدوده برش، موقعیت سنی این فسیل‌ها بر پایه ترتیب تکامل آنها در شکل ۵ آورده شده است.

در این بخش چند نمونه از فسیل‌های شناسایی شده برش گل‌بینی آورده شده است. شناسایی آنها با کمک مقاله‌های (Callomon & Dietl (2000); Cariou (1984); Seyed-Emami et al. (1991, 1995) صورت گرفته است.

۳- مطالعات پارینه‌مغناطیسی (Paleomagnetic Studies)

به منظور انجام مطالعات چینه‌نگاری مغناطیسی (Magnetostigraphy)، طی عملیات صحرائی، ۱۵۵ نمونه مغزه رسوبی به قطر ۲/۴۵ سانتی متر و به طول تقریبی ۱۰ تا ۱۲ سانتی متر توسط دستگاه مغزه‌گیر قابل حمل با سوخت بنزینی از لایه‌های سنگ آهکی و سنگ آهک مارنی گرفته شد. سپس این مغزه‌ها در آزمایشگاه به قطر ۲/۴۵ سانتی متر و طول ۲/۲ سانتی متر برای استفاده در دستگاه‌های اندازه‌گیری مغناطیسی برش داده شدند.

۳-۱. روش مطالعات

- اندازه‌گیری NRM : پس از مغزه‌گیری و آماده‌سازی نمونه‌ها در آزمایشگاه (برش مغزه‌ها به اندازه استاندارد ۲۲ میلی‌متر طولی) و پیش از انجام هر گونه آزمایشی بر روی آنها، پسماند مغناطیسی طبیعی در نمونه‌ها (NRM) توسط دستگاه مغناطیس‌سنج اسپینر مدل JR6A اندازه‌گیری شد. با توجه به متصل بودن یک لپ تاب به این دستگاه و وجود نرم‌افزار تحلیل گر (Rema 3) در آن، پس از پایان اندازه‌گیری هر نمونه توسط دستگاه، نتایج مربوط به اندازه‌گیری‌ها شامل شدت و سوی مغناطش هر نمونه، در لپ تاب محاسبه و ذخیره شد. نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری‌ها، تعیین پسماند مغناطیسی طبیعی (NRM) و میانگین جهت‌های مغناطیسی فعلی (Declination & Inclination) مربوط به ۶ نمونه (برای نمونه) در جدول ۱ آورده شده است.

۳-۲. تعیین کانی‌های فرومغناطیس موجود در نمونه‌ها توسط دستگاه CS-3

این آزمایش مربوط به مطالعه تغییرات پذیرفتاری مغناطیسی (Susceptibility) نمونه‌ها در برابر افزایش دما است. برای بررسی کانی‌های مغناطیسی موجود در نمونه، ابتدا نمونه پودر شده، سپس حدود ۲ گرم از آن را درون لوله کوارتزی ضد حرارت به همراه یک حس گر حرارتی ظرفیت در کوره گذاشته می‌شود که می‌توان همزمان تغییر پذیرفتاری کانی‌های مغناطیسی با افزایش دما را به صورت نمودار در لپ تاب متصل به دستگاه مشاهده کرد. نتایج این آزمایش به صورت یک محور مختصاتی نمایش داده می‌شود که محور X آن مربوط به درجه حرارت بر حسب درجه سانتی‌گراد (T°) و محور Y آن مربوط به میزان پذیرفتاری مغناطیسی (Susceptibility) نمونه است که با علامت K مشخص می‌شود. در این آزمایش با نزدیک شدن به دمای کوری کانی حامل خاصیت مغناطیسی در نمونه، افت ناگهانی در نمودار دیده می‌شود که این افت در دمای ویژه، نشان‌دهنده دمای کوری آن کانی مغناطیسی است (شکل ۶). همان‌گونه که در این شکل‌ها دیده می‌شود دو خط سرخ و آبی به ترتیب مربوط به مراحل گرمایش (Heating) و سرمایش (Cooling) برای هر نمونه در طی انجام آزمایش هستند.

خود مورد بررسی و مطالعه قرار داده، پرداخته و سپس برداشت‌های سنگ‌چینه‌ای که توسط نگارنده از برش گل‌بینی همین ناحیه صورت پذیرفته، آورده شده است.

۲-۱. مطالعات پیشین انجام شده در سازند دلچای (برش گل‌بینی)

ستبرای گل‌بینی ۴۴۹ متر اندازه‌گیری شده که محدوده سنی از بازوسین فوقانی تا تیتونین زیرین را شامل می‌شود (Majidifard, 2003) (شکل ۲). این سازند از پایین به بالا به سه بخش تقسیم می‌شود: - سازند شمشک: شامل تناوبی از سیلستون‌های سبز تا سیاه‌رنگ و ماسه‌سنگ‌های دانه‌ریز با لایه‌بندی متوسط که در بردارنده فسیل‌های دوکفه‌ای در بخش پایینی و مرجان‌ها و شکم‌پایان در بخش بالایی است. در بخش بالایی واحد کنگلومرایی دیده می‌شود که نشانگر حرکات زمین‌ساختی فاز سیمین میانی در این ناحیه است. - سازند دلچای: قاعده این سازند شامل سنگ آهک‌های ماسه‌ای متوسط لایه قهوه‌ای رنگ و فسیل‌های دوکفه‌ای، شکم‌پایان، بلمنیت‌ها، اسفنج‌های سیلیسی، روزن‌بران کفزی و آمونیت است. این سازند به طور ناپیوسته روی سازند شمشک قرار می‌گیرد. سازند دلچای در این برش به سه بخش به شرح زیر تقسیم می‌شود: بخش ۱: با ستبرای ۱۰۵ متر، شامل مارن‌های سیلتی سبز تا خاکستری‌رنگ به همراه مقادیر ناچیزی ژئیس ثانویه است. سنگ آهک‌های صورتی (سرخ رنگ) با ستبرای ۸۴ متر در بالای قاعده این بخش قرار گرفته‌اند. در این بخش انواع فسیل‌هایی چون دوکفه‌ای‌ها، شکم‌پایان، بلمنیت‌ها، خرده‌های اکتینودرم، اسفنج‌های سیلیسی بریوزوآها، روزن‌بران کفزی و آمونیت دیده می‌شود.

بخش ۲: با ستبرای ۲۱۱ متر شامل تناوب مارن‌های سبز تا خاکستری‌رنگ و سنگ آهک‌های مارنی زرد تا خاکستری تشکیل شده است. در برخی سطوح، سنگ آهک‌های مارنی و سنگ آهک‌ها در بردارنده گرهک‌های چرتی هستند. فسیل‌های موجود در این بخش شامل دوکفه‌ای‌ها، شکم‌پایان، بلمنیت‌ها، خرده‌های اکتینودرم، سوزن‌های اسفنج، استراکودا، رادیولاریا، بریوزوآها، روزن‌بران کفزی و فونای غنی از آمونیت است.

بخش ۳: با ستبرای ۱۳۳ متر شامل تناوبی از لایه‌بندی‌های متوسط از سنگ آهک‌های صورتی تا خاکستری‌رنگ همراه با چرت و مارن‌های سبز تا خاکستری و سنگ آهک از نوع گریستون است. در این بخش ساخت‌های رسوبی همچون ساختارهای ریبیل وجود دارد. ماکروفسیل‌های این بخش شامل فسیل‌های دوکفه‌ای، بلمنیت‌ها، خرده‌های اکتینودرم، اسفنج‌های سیلیسی، بریوزوآها، روزن‌بران کفزی و آمونیت است. - سازند لاره: این سازند در این برش با لایه‌بندی سبتر، شکل صخره‌ای و چهره‌ساز شامل سنگ آهک‌های دولومیتی خاکستری تا آهکی و به رنگ کرم تا زرد است. ستبرای این سازند در برش گل‌بینی جوربت (Golbini Jorba)، ۴۱۴ متر اندازه‌گیری شده است (Majidifard, 2003).

۲-۲. چینه‌شناسی سازند دلچای در برش گل‌بینی

باتوجه به هدف اصلی از انجام این پژوهش در تعیین مرز اشکوب‌های باتونین-کالوین به روش چینه‌نگاری مغناطیسی، برداشت‌های صحرائی از سازند دلچای صورت گرفته است. ستبرای اندازه‌گیری شده از سازند دلچای در این برش ۱۰۶ متر است، که با توجه به تغییرات سنگ‌چینه‌ای به سه بخش تقسیم شده و از پایین به بالا به شرح ذیل می‌باشد:

- بخش اول (۱۰ متر): شامل نهشته‌های مارنی سبز تا خاکستری رنگ است. از فسیل‌هایی که در این بخش وجود دارد می‌توان به بلمنیت، آمونیت و اثر فسیل زئوفیکوس اشاره کرد.

بخش دوم (۷۵ متر): شامل تناوب مارن و سنگ آهک‌های مارنی نازک تا متوسط لایه و رسوبات مارنی به رنگ سبز تا خاکستری است. در این بخش، نسبت سنگ آهک‌های مارنی نازک تا متوسط لایه تقریباً برابر و فسیل‌هایی چون بلمنیت، آمونیت و زئوفیکوس به چشم می‌خورد.

با نام آزمون Fold Test، توسط نرم‌افزار Rema Soft 3.0، به منظور برگرداندن لایه‌ها به حالت اولیه (وقتی لایه‌ها در حالت افقی هستند) و پیش از چین خوردگی آنها صورت می‌گیرد. همان‌گونه که در شکل ۱۰ (تصویر استریونت) دیده می‌شود، در حالت Geo (شکل الف)، نمونه‌ها پراکنندگی بیشتری دارند و فواصل میان آنها زیادتر است که شرایط فعلی و چین خوردگی لایه‌ها را نشان می‌دهد. پس از اعمال تصحیحات چین خوردگی (Tilt Correction) (شکل ب)، نمونه‌ها متراکم‌تر و به هم نزدیک‌تر می‌شوند، که این مرحله همان حالتی است که نمونه‌ها در لایه‌های افقی رسوبی و در دریاها تشکیل شده‌اند. تراکم نمونه‌ها پس از اعمال تصحیحات نشانگر این مطلب است که مغناطیسی شدن در لایه‌ها پیش از چین خوردگی لایه انجام شده و به عبارتی مغناطیس شدگی به صورت اولیه است.

– نمایش محل قطب‌های عادی و وارون (Normal and Reverse Polarity) در استریوگرام‌های ولف (Wulf): موقعیت VGPها یا موقعیت ظاهری قطب‌های عادی در تصویر (استریوگرام) ولف شکل ۱۱-الف، و موقعیت VGPها یا موقعیت ظاهری قطب‌های وارون در تصویر (استریوگرام) ولف، شکل ۱۱-ب نشان داده شده است. تصاویر، حالت Tilt (پس از تصحیح چین خوردگی لایه‌ها) را نشان می‌دهند و میانگین نمونه‌ها به صورت دایره کوچک در استریوگرام نشان داده شده است.

– نمایش دوایر عدم قطعیت (α_{95}) در اطراف قطب مغناطیسی در استریوگرام ولف: برپایه روش Butler (2004) و با استفاده از نرم‌افزار Rema Soft 3.0، دوایری در اطراف هر یک از نمونه‌های آزمایش شده، رسم می‌شود که آنها دوایر عدم قطعیت یا حد اطمینان نام دارند. رسم این دوایر در اطراف هر نمونه، نشانگر عدم قطعیت یا حد اطمینان سوی هر نمونه در تصویر استریوگرام است. بزرگ‌تر بودن دایره‌های رسم شده در اطراف هر نمونه، نشانگر درصد اطمینان کمتر از سوی نمونه در تصویر است (شکل ۱۲).

– نتایج حاصل از میانگین‌گیری جهت‌ها و قطب‌های مغناطیسی کل نمونه‌ها در برش گل‌بینی (تعداد ۱۴۷ نمونه): برپایه روش Butler (2004) و با استفاده از نرم‌افزار Rema Soft 3.0، داده‌های زیر برای نمونه‌های آزمایش شده در این برش به دست می‌آید که نتیجه‌گیری کلی آنها نیز در جدول ۲ نشان داده شده است.

– نتایج زوایای میل، انحراف مغناطیسی، مغناطیس پسماند طبیعی و محل ظاهری قطب‌های (NRM, Declination, Inclination and VGP) نمونه‌ها: در شکل ۱۳، به ترتیب از چپ به راست، نمودار نمایش موقعیت قطب‌های ظاهری (VGP) نمونه‌ها، زاویه میل مغناطیسی (Inclination) نمونه‌ها که در محدوده -80° تا $+80^{\circ}$ و زاویه انحراف مغناطیسی (Declination) آنها که میان 0° تا 360° درجه است، رسم شده است. نمودار آخر نیز نشان‌دهنده میزان مغناطیس طبیعی (NRM) در نمونه‌هاست. با توجه به نمودار رسم شده برای NRM می‌توان برش مورد مطالعه را به سه پهنه آب‌وهوایی تقسیم کرد. پهنه ۱، دارای شدت میدان مغناطیسی بالاست که نشان‌دهنده آب‌وهوایی به نسبت گرم و مرطوب در زمان رسوب‌گذاری در این بخش از برش است. پهنه ۲، دارای شدت میدان مغناطیسی ثابت و آب‌وهوایی به نسبت سرد و خشک و در پهنه ۳، دوباره شدت میدان مغناطیسی افزایش می‌یابد و دوباره آب‌وهوا در این بخش گرم و مرطوب می‌شود.

۴- تطابق ستون چین‌نگاری مغناطیسی برش گل‌بینی با برش‌های الکوی پیشنهادی برای مرز باتونین-کالوین و چین‌نگاری مغناطیسی بین‌المللی (Geomagnetic Polarity Time Scale or GPTS)

در برش چین‌شناسی مورد نظر در ابتدا مرز دو آشکوب باتونین-کالوین توسط فسیل شاخص کالوین زیرین به نام *Macrocephalites sp.* شناسایی شد و پس از مشخص شدن مرز زمانی این دو آشکوب، ۱۵۵ نمونه مغزه رسوبی از لایه‌های سنگ‌آهک‌مارنی و آهکی توسط دستگاه مغزه‌گیر قابل حمل گرفته

۳-۳. آزمایش‌های مغناطیس‌زدایی به روش‌های حرارتی (Thermal Demagnetization) و میدان متغیر (Alternative Field Demagnetizing)

به منظور حذف مؤلفه‌های NRM ثانویه حمل‌شده توسط ذرات مغناطیسی و همچنین مشخص کردن مؤلفه پایدار پسماند مغناطیسی (Characteristic Remanent Magnetization: ChRM) در هر نمونه، از هر دو روش مغناطیس‌زدایی حرارتی و روش میدان متغیر (AF) برای بررسی رفتار مغناطیسی موجود در نمونه‌ها استفاده شد. ۱۶ نمونه به‌عنوان نمونه‌های انتخابی (Pilot) برای انجام آزمایش AF و ۱۳۹ نمونه برای انجام آزمایش مغناطیس‌زدایی حرارتی جدا شدند. نمونه‌های برگزیده برای آزمایش AF به ترتیب شامل نمونه‌های ۱، ۱۱، ۲۱، ۳۱، ۴۱، ۵۱، ۶۱، ۷۱، ۸۱، ۹۱، ۱۰۱، ۱۱۱، ۱۲۱، ۱۳۱، ۱۴۱ و ۱۵۱ بودند و باقی نمونه‌ها مورد آزمایش مغناطیس‌زدایی حرارتی قرار گرفتند. نتایج به‌دست‌آمده از این دو آزمایش نشان می‌دهد که روش مغناطیس‌زدایی حرارتی برای از بین بردن مؤلفه‌های NRM ثانویه و همچنین جدا کردن مؤلفه پایدار پسماند مغناطیسی (ChRM) روش مناسب‌تری است و نتایج بهتری ارائه می‌دهد (Butler, 2004).

برای نشان‌دادن نتایج این آزمایشات، از نمودارهای (Ziderveid 1967) که روشی است برای نمایش سوی بردارهای مغناطیسی در طی انجام آزمایشات مغناطیس‌زدایی، استفاده شد. نمودارهای مغناطیس‌زدایی به دست‌آمده از روش حرارتی نشان‌دهنده یک روند کاهشی منظم برای بیشتر نمونه‌ها است و با در نظر گرفتن این که در چه دمایی این روند کاهش مغناطیسی رخ داده، نوع کانی مغناطیسی موجود در نمونه تعیین شد. این کانی‌ها، بیشتر گریگیت، پروتیت و گوتیت هستند که در دمای کمتر از 400°C درجه سانتی‌گراد مغناطیس نمونه به کمترین میزان خود می‌رسد. برخی از نمونه‌ها نیز در دماهای 400°C تا 500°C درجه سانتی‌گراد به کمترین مغناطیس خود رسیده‌اند که این امر می‌تواند نشان‌دهنده وجود کانی تیتانومگنتیت در نمونه باشد. در شکل ۷، نمونه (S7)، نتایج روند مغناطیس‌زدایی یک نمونه از نمونه‌های برش گل‌بینی به روش حرارتی، آورده شده است. همچنین، نمودارهای مغناطیس‌زدایی AF نیز نشانگر روند کاهشی در نمونه‌های منتخب مورد آزمایش هستند، در این نمودارها می‌توان نسبت وارون میان کاهش در مقادیر مغناطیس (Js) و افزایش در شدت میدان مغناطیسی را مشاهده کرد (شکل ۸).

۳-۴. جدایش مؤلفه پایدار پسماند مغناطیسی

(Characteristic Remanent Magnetization or ChRM)

تشخیص و حذف مؤلفه ثانویه NRM (ناشی از کانی‌های ثانویه و ناپایداری که از ابتدا در سنگ به همراه کانی اولیه نبوده و بر اثر تأثیرات ثانویه وارد سنگ شده) یکی از مراحل مهم در آزمایشگاه پارینه‌مغناطیس است (Butler, 2004). در این پژوهش، مؤلفه اولیه NRM نمونه‌ها از دمای 350°C تا 400°C درجه سانتی‌گراد و در برخی نمونه‌ها تا 580°C درجه سانتی‌گراد بود که توسط روش مغناطیس‌زدایی حرارتی از مؤلفه‌های ثانویه جدا شد. با در نظر گرفتن آخرین مرحله مغناطیس‌زدایی حرارتی که بردار به سمت صفر تمایل دارد و مغناطیس مانده در نمونه به کمترین مقدار ممکن رسیده، یک حد پایین و یک حد بالا (به طور معمول برای مؤلفه‌های با پایداری پایین و مؤلفه‌های با پایداری بالا) از مراحل دمایی مغناطیس‌زدایی حرارتی، برای پیدا کردن خطی که دارای MAD (Maximal Angular Deviation) پایین بوده و همچنین با دیگر ChRMها همخوانی داشت، به عنوان جهت‌های ChRM و یا به عبارتی جدایش مؤلفه پایدار پسماند مغناطیسی (ChRM) انتخاب شد. در انتخاب این مؤلفه غیر از توجه موارد گفته‌شده، جهت‌های مغناطیسی (Declination & Inclination) نمونه‌های پیش و پس هر نمونه نیز در نظر گرفته شد. در شکل ۹ یک نمونه از این روند آورده شده است.

۳-۵. رسم استریوگرام‌های ولف برای جهت‌های مغناطیسی حاصل از مغناطیس‌زدایی حرارتی

– آزمون چین‌خوردگی (Fold Test): این مرحله از تصحیحات نتایج آزمایشگاهی

۶- نتیجه‌گیری

در این مطالعه، سه عضو سنگ‌چینه‌ای، ۳۱ جنس و ۱۳ گونه شاخص برای برش گل‌بینی شناسایی و معرفی شد. فسیل‌های شاخص شناسایی شده در این برش شامل Macrocephalites, Rehmanina, Reineckia, Peltoceras, Choffatia, Binatisphinctes است.

- میانگین شدت پسماند مغناطیسی طبیعی (NRM)، میانگین جهت‌های مغناطیسی (Declination & Inclination) در هر نمونه، جهت‌های در هر نمونه و میانگین جهت‌های مغناطیسی پارینه کل نمونه‌ها، موقعیت قطب‌ظاهری زمین مغناطیسی (VGP) (Virtual Geomagnetic Polarity) نمونه‌ها تعیین شد.

- نوع کانی‌های مغناطیسی موجود در هر نمونه نیز تعیین شد، این کانی‌ها عبارتند از گوتیت، پیروتیت، گریگیت و در برخی موارد تیتانومگنتیت.

- قطبیت‌های عادی و وارون در مرز باتونین-کالوین، تعیین و تغییرات قطبی مغناطیسی آن رسم شد. این جدول‌ها، با قطبیت مغناطیسی بین‌المللی و همچنین با برش‌های الگوی معرفی شده از کشورهای آلمان و روسیه همخوانی دارد.

- نرخ رسوب‌گذاری برای باتونین پسین در برش مورد نظر در حدود ۲۷/۳ میلی‌متر در سال محاسبه شد.

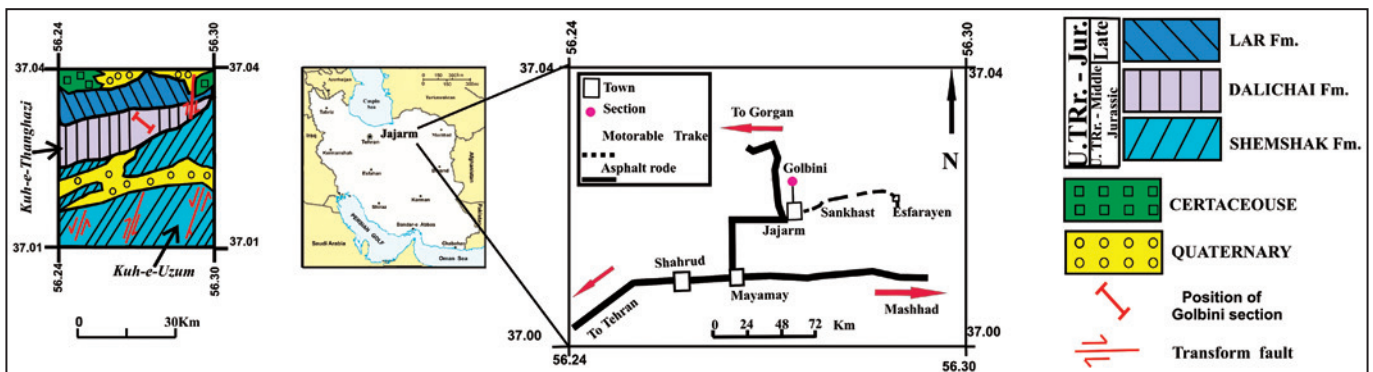
سپاسگزاری

از معاونت محترم وقت سازمان زمین‌شناسی جناب آقای دکتر محمدرضا قاسمی و ریاست محترم وقت امور زمین‌شناسی منطقه‌ای سازمان زمین‌شناسی جناب آقای دکتر جلیل قلمقاش، به خاطر حمایت‌هایشان، کمال تشکر و سپاس را دارم. همچنین از همکاری صمیمانه آقای علی اکبر بهمنی، خانم مریم اسدی، خانم سوده میرزایی و آقای سیدمهدی صلابتی تشکر و سپاسگزاری می‌کنم.

شد. این نمونه‌گیری دو آشکوب باتونین (شروع از باتونین میانی) و کالوین (کالوین زیرین) را پوشش می‌دهد. پس از انجام آزمایشات پارینه‌مغناطیسی روی نمونه‌های گرفته شده، پهنه‌های قطبی مغناطیسی این برش مشخص، و ستون چینه‌نگاری آن رسم شد. همان‌گونه که در ستون هم دیده می‌شود، پهنه‌بندی قطبی مغناطیسی برای این برش، پهنه‌بندی مغناطیسی منظمی (Magnetic Zones) را نشان می‌دهد، به گونه‌ای که ۱۹ قطبیت (Polarity) عادی (Normal) و ۲۱ قطبیت وارون (Reverse) مغناطیسی در این برش شناسایی شد. همچنین بر پایه آن‌چه که در ستون چینه‌نگاری مغناطیسی هم قابل مشاهده است، مرز زمانی دو آشکوب باتونین-کالوین در این برش کاملاً به حالت وارون است، بنابراین نتیجه‌گیری که به عنوان هدف اصلی از انجام این پژوهش مطرح می‌شود، مرز دو آشکوب ژوراسیک میانی (باتونین-کالوین) در سازند دلیچای مربوط به ناحیه جاجرم (شمال‌خاوری ایران) به صورت وارون است. این داده، کاملاً با قطبیت مغناطیسی بین‌المللی و همچنین با فسیل شاخص آمونیت در این مرز قابل مقایسه و تطبیق است. همبری مرز باتونین-کالوین در برش گل‌بینی با مرز باتونین-کالوین از برش‌های پیشنهاد شده کشورهای آلمان و به ویژه روسیه (برش الگوی پیشنهاد شده برای مرز باتونین-کالوین) و با جدول زمانی قطبی بین‌المللی (GPTS) و قابل تطبیق است (شکل ۱۴).

۵- نرخ رسوب‌گذاری (Rate of Sedimentation)

با توجه به جدول زمانی زمین‌شناسی (Ogg & Ogg (2008)، طول محدوده زمانی باتونین پسین (Late Bathonian) سنی در حدود ۹۴۰ هزار سال دارد، ستبرای رسوبات مربوط به این زیراشکوب در برش گل‌بینی ۳۴/۴ متر (معادل با ۳۴۴۰۰ میلی‌متر) اندازه‌گیری شد. با توجه به تشابه تعداد و وضعیت کرون‌های قطبیت (عادی و وارون بودن) در جدول زمانی Ogg و ستون قطبیت برش گل‌بینی و تقسیم سال بر ستبرای نرخ رسوب‌گذاری برای Late Bathonian در برش گل‌بینی ۲۷/۳ میلی‌متر در سال برآورد شد. $94000/34400=27.3$

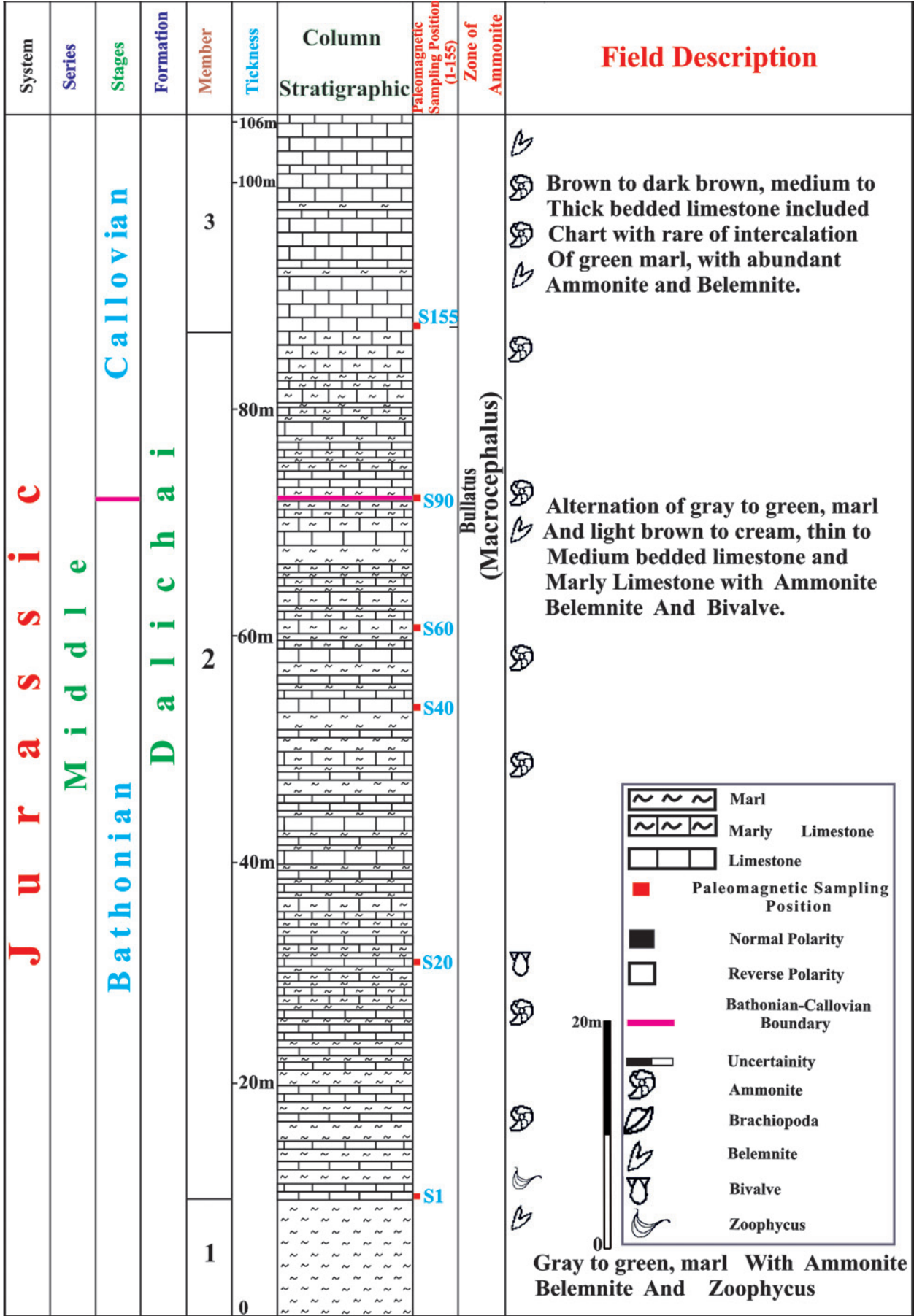


شکل ۱- نقشه دسترسی به برش گل‌بینی به همراه نقشه زمین‌شناسی (ساده شده از نقشه ۱/۱۰۰۰۰ رباط قره‌بیل، سلامتی و وزیر، ۱۳۷۷)

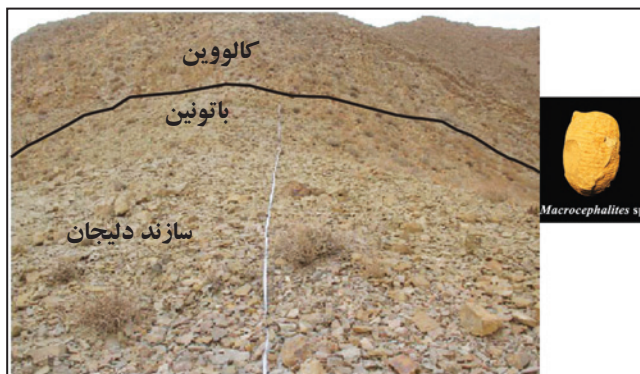


شکل ۲- نمای کلی از سازندهای شمشک، دلیچای و لار در

ناحیه مورد مطالعه، دید به شمال



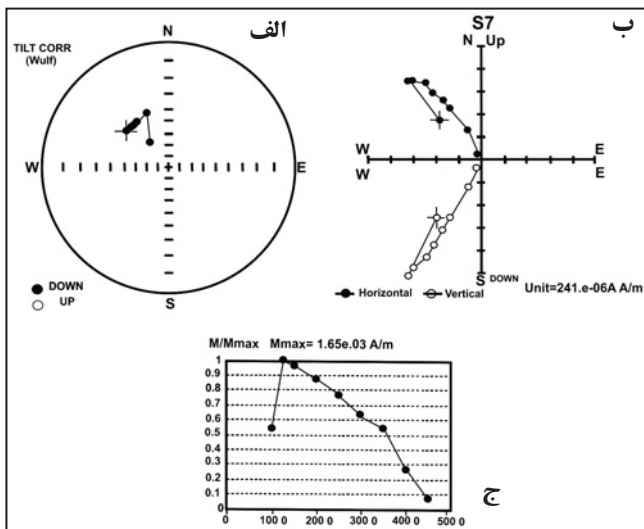
شکل ۳- ستون چینه‌شناسی برش گل‌بینی



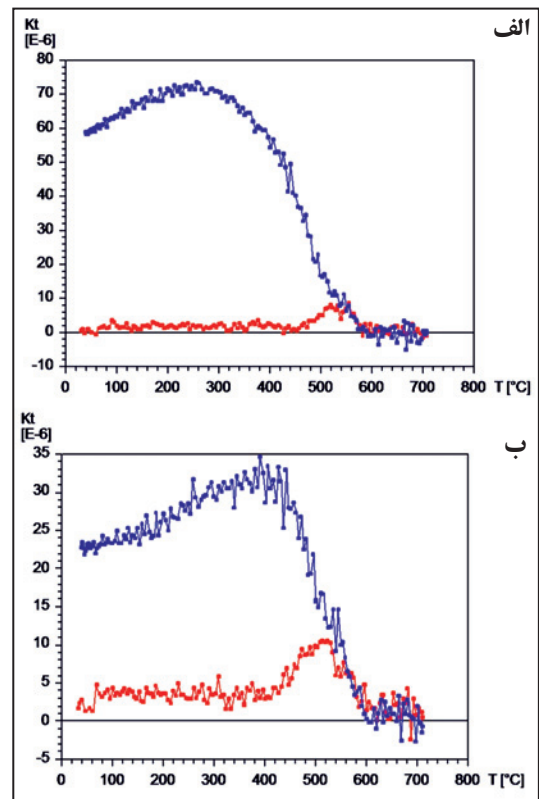
شکل ۴- الف) نمای کلی از برش گل‌بینی و مرز دو آشکوب باتونین-کالوین، دید به شمال. ب) فسیل آمونیت *Macrocephalites sp.* شاخص مرز باتونین-کالوین.

JURASSIC					SYSTEM								
Dogger					SERIES								
Bathonian		Callovian			STAGE								
MIDDLE	LATE	EARLY	MIDDLE	LATE	SUBSTAGE								
Progracilis	Subcontractus	Morrissi	Bremeri	Retrocostatum	Discus	Bullatus (Macrocephalus)	Gracilis	Anceps	Coronatum	Athleta	Lamberi	ZONES	TAXA
													<i>Phyloceras sp.</i>
													<i>Calliphyloceras sp.</i>
													<i>Ptycophyloceras sp.</i>
													<i>Sowerbyceras sp.</i>
													<i>Oxycerites sp.</i>
													<i>Hecticoceras sp.</i>
													<i>Macrocephalites sp.</i>
													<i>Morphoceras sp.</i>
													<i>Rehmannia sp.</i>
													<i>Rehmannia (loczyceras) sp.</i>
													<i>Rehmannia (loczyceras) cf. greppini</i>
													<i>Rehmannia (loczyceras) cf. segestana</i>
													<i>Rehmannia (loczyceras) cf. hungarica</i>
													<i>Reineckeia sp.</i>
													<i>Reineckeia (Thyranites) sp.</i>
													<i>Reineckeia (Reineckeia) cf. stuebeli</i>
													<i>Reineckeia (Thyranites) cf. franconica</i>
													<i>Reineckeia (Thyranites) convexa</i>
													<i>Choffatia sp.</i>
													<i>Choffatia (grossovia) sp.</i>
													<i>Choffatia cf. poculum</i>
													<i>Choffatia cf. recuperi</i>
													<i>Homoeoplanulites sp.</i>
													<i>Homoeoplanulites (Homoeoplanulites) cf. bugesiacus</i>
													<i>Homoeoplanulites (Homoeoplanulites) cf. pseudomalaris</i>
													<i>Homoeoplanulites (Homoeoplanulites) cf. couxi</i>
													<i>Homoeoplanulites cf. mangoldi</i>
													<i>Homoeoplanulites mangoldi</i>
													<i>Grossouveria sp.</i>
													<i>Binatisphinctes sp.</i>
													<i>Peltoceras sp.</i>

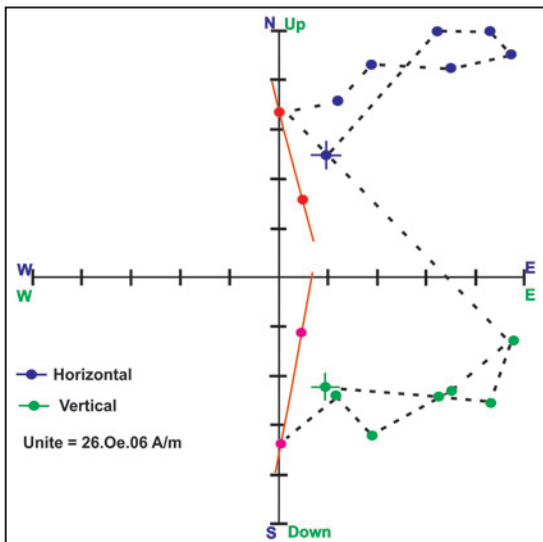
شکل ۵- موقعیت سنی تاکسون‌های آمونیتی شناسایی شده در برش گل‌بینی



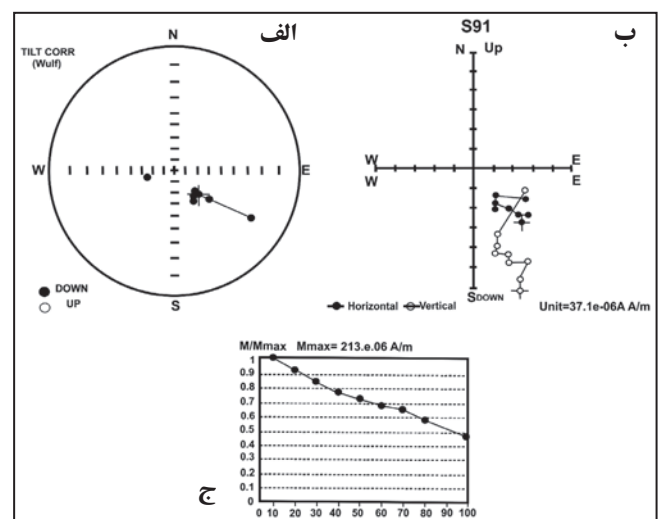
شکل ۷- الف) مراحل مغناطیس‌زدایی نمونه‌ها روی دایره ولف (Wulff)، در مراحل اولیه، بردارهای حاصل از مغناطیس‌زدایی از مبدأ دور و در مراحل پایانی بردارها به مبدأ دایره نزدیک‌تر می‌شوند. ب) نمایش جهت‌های میل و انحراف مغناطیسی نمونه در محور مختصاتی. تمایل آخرین بردار به سمت مبدأ، نشانگر آخرین مرحله مغناطیس‌زدایی که جدا کردن مولفه ChRM از مولفه NRM راحت‌تر انجام شود. ج) نمودار نمایش مراحل مغناطیس‌زدایی. بردار این نمودار در این نمونه در مرحله ۴۵۰ و ۳۸۰ به کمترین مقدار خود رسیده که این دماها مربوط به دمای کوری کانی‌های گریگیت و تیتانومگنتیت است.



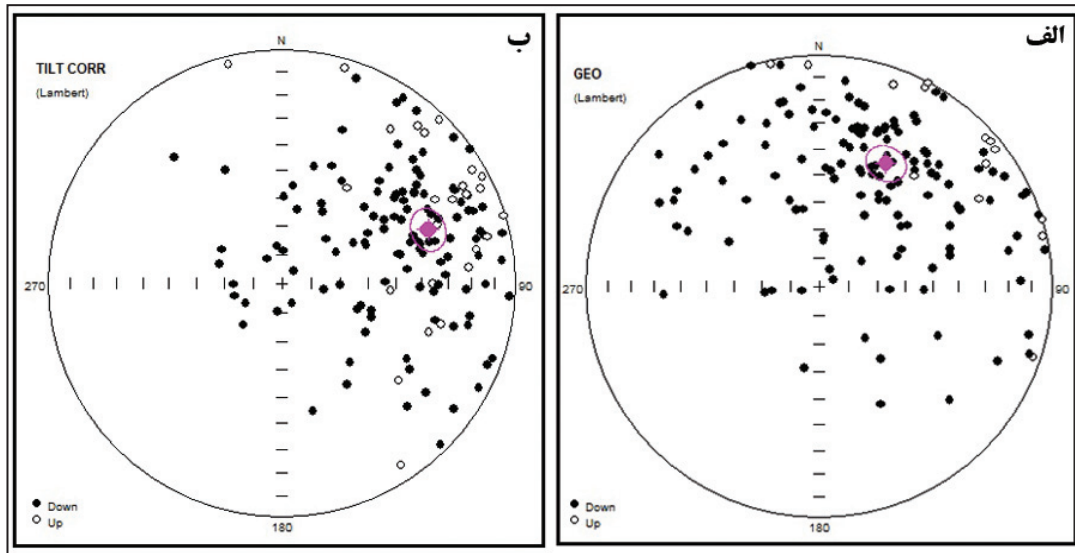
شکل ۸- آزمایش Cs3 مربوط به الف) نمونه ۷۸ و ب) نمونه ۱۱۸. خط سرخ: Heating و خط آبی: Cooling



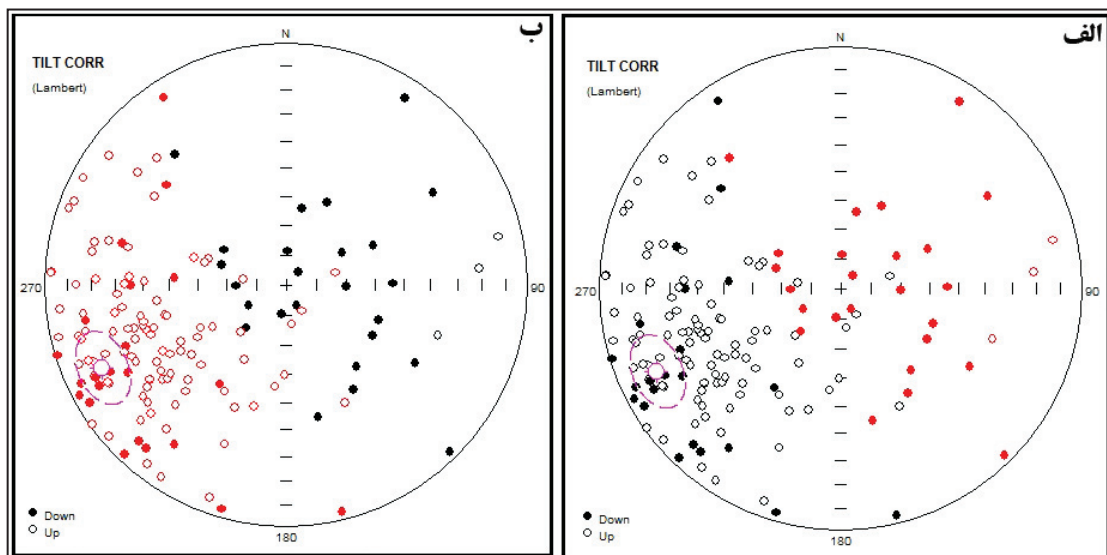
شکل ۹- جهت‌های ChRM (خطوط به دست آمده از مراحل مغناطیس‌زدایی مربوط به نمونه) حاصل از جدایش مؤلفه پایدار پسماند مغناطیسی با در نظر گرفتن مراحل دمایی ۴۰۰ و ۴۵۰ (در حالتی که مغناطیس نمونه به کمترین مقدار خود رسیده است). میزان MAD به دست آمده (خطوط قهوه‌ای رنگ که جهت‌های ChRM هستند) پایین است، زیرا همخوانی کمی با خطوط مغناطیس‌زدایی نمونه (خط چین‌ها) دارد (Butler, 2004).



شکل ۱۰- نتایج روند مغناطیس‌زدایی یک نمونه به روش AF الف) مراحل مغناطیس‌زدایی نمونه‌ها روی دایره ولف (Wulff) ب) نمایش جهت‌های میل و انحراف مغناطیسی نمونه در محور مختصاتی. تمایل آخرین بردار به سمت مبدأ، نشانگر آخرین مرحله مغناطیس‌زدایی و رسیدن مغناطیس‌زدایی نمونه به صفر است. ج) نمودار نمایش دهنده مراحل مغناطیس‌زدایی که بردار پایانی در میدان مغناطیسی ۱۰۰ میلی‌تسلا به صفر رسیده است. در این نمودارها محور X نشان‌دهنده مراحل مربوط به میدان متغیر از شروع عمل مغناطیس‌زدایی تا رسیدن به صفر و محور Y نشان‌دهنده میزان مغناطیس‌زدایی در هر مرحله است. (نمودارها بر پایه کتاب‌های Ziderveid (1967) & Dearing (1994) است).

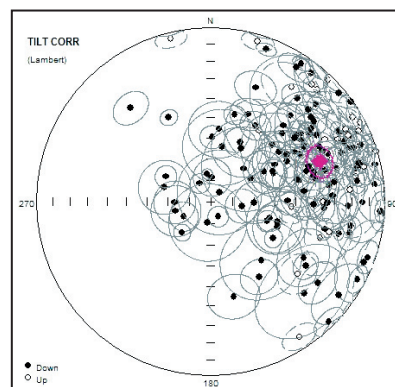


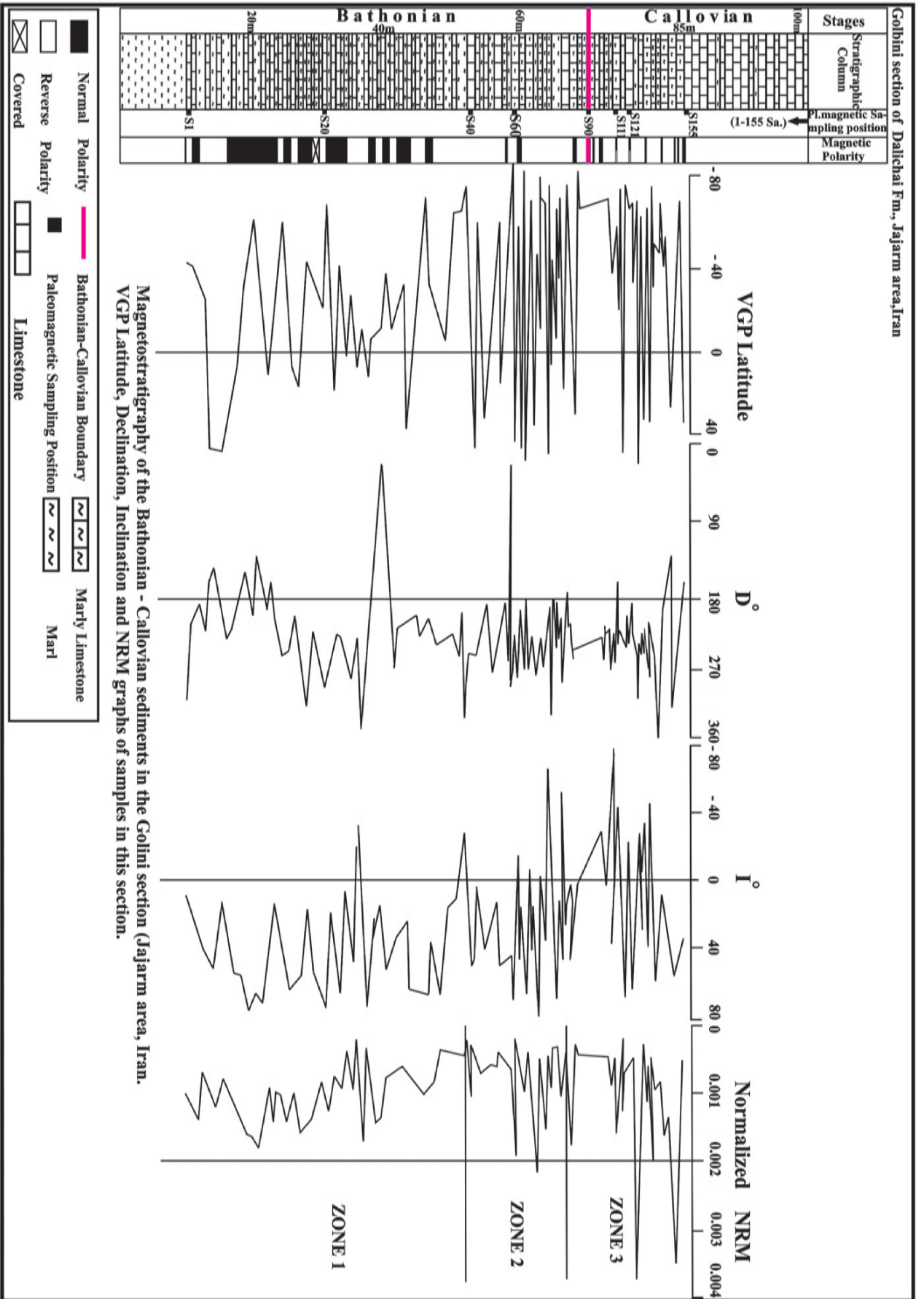
شکل ۱۰- الف) موقعیت ظاهری قطب‌های مغناطیسی نمونه‌ها (VGP = Virtual Geomagnetic Polarity) در تصاویر Wulf، (حالت Geo، پیش از تصحیح چین خوردگی لایه‌ها). ب) موقعیت VGP‌های هر نمونه در تصویر Wulf، (حالت Tilt، پس از تصحیح چین خوردگی لایه‌ها). میانگین ایستگاه‌ها با علامت دایره کوچک در هر تصویر نشان داده شده است (Butler, 2004).



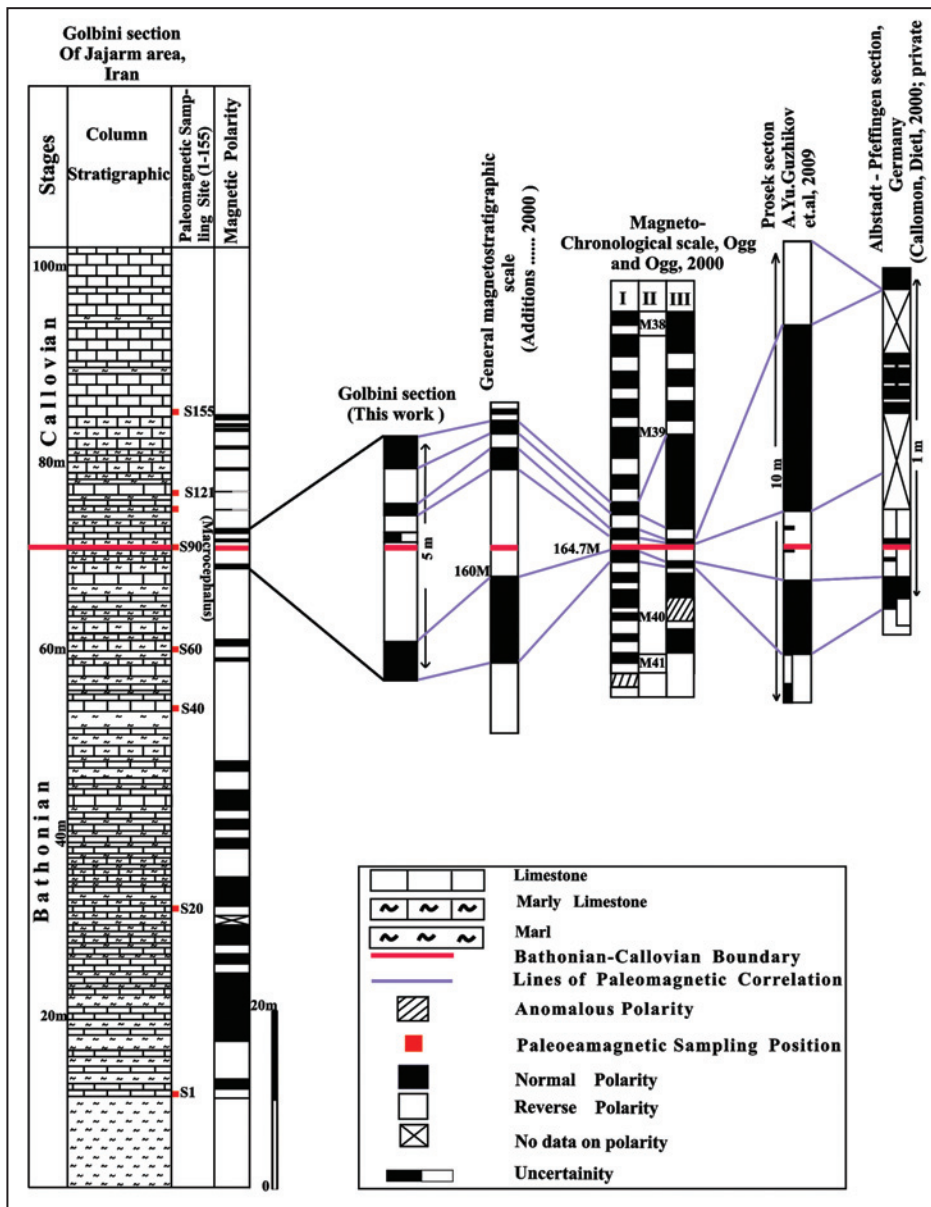
شکل ۱۱- الف) موقعیت VGP‌ها یا موقعیت ظاهری قطب‌های عادی وب) موقعیت VGP‌ها یا موقعیت ظاهری قطب‌های وارون در تصاویر (استریوگرام) ولف

شکل ۱۲- نمایش دایره عدم قطعیت یا حد اطمینان (Confidence Limit) جهت، در اطراف قطب مغناطیسی نمونه‌ها در استریوگرام ولف (در هر نمونه هر چه دایره بزرگ‌تر، درصد اطمینان کمتر است). میانگین محل قطب برای نمونه‌ها با دایره سرخ مشخص است.

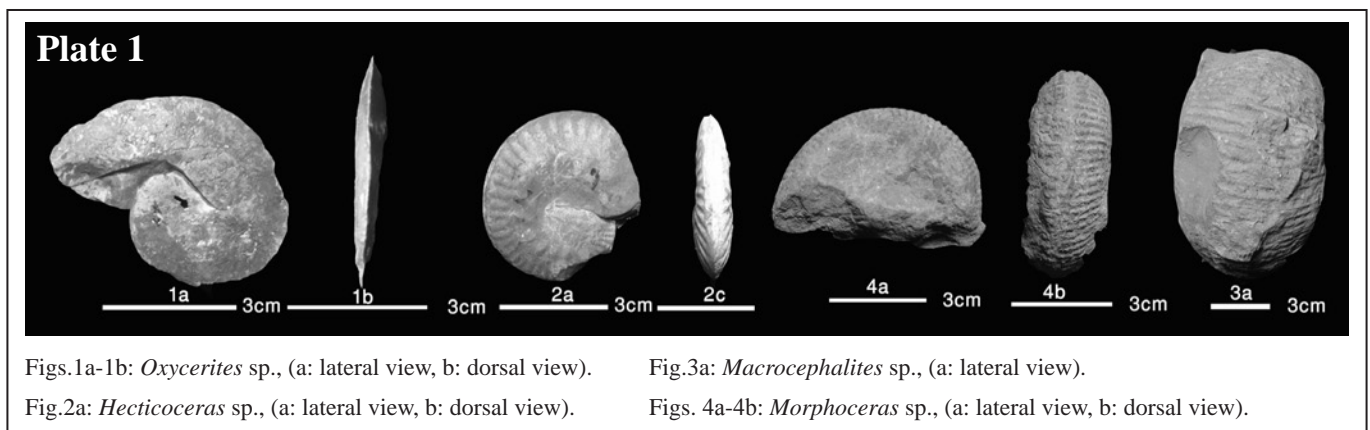


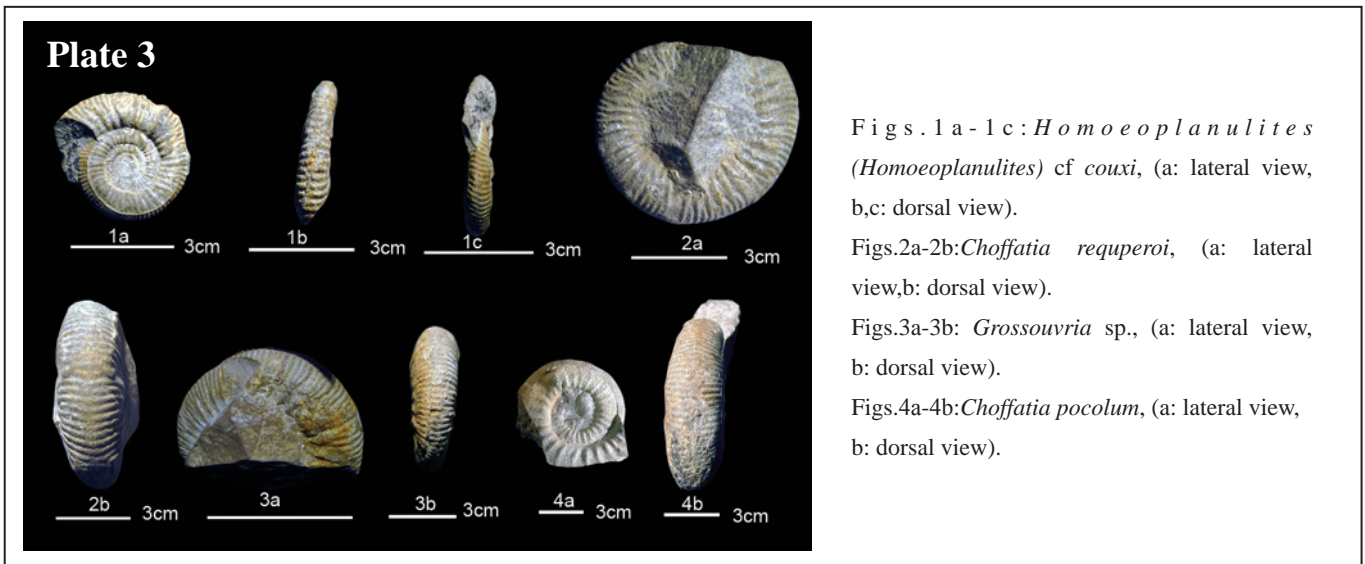
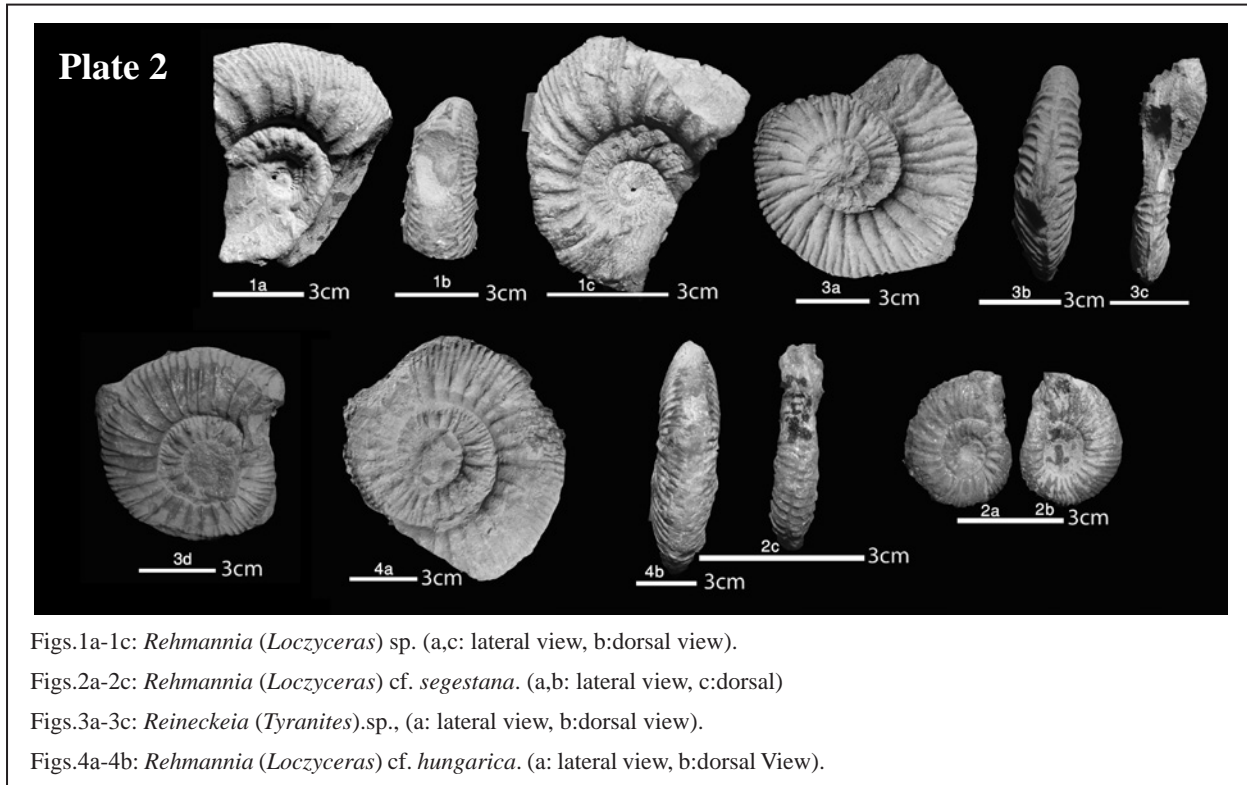


شکل ۱۳- ستون چینه‌نگاری مغناطیسی نهشته‌های باتونین- کالوین در بخش گل‌بینی (ناحیه جاجرم، ایران). از سمت چپ به راست به ترتیب ستون چینه‌شناسی بخش گل‌بینی و قطبیت‌های عادی و وارون مربوط به آن، نمودار زوایای میل و انحراف مغناطیسی مغناطیس پسماند طبیعی و موقعیت ظاهری قطب‌های مغناطیسی نمونه‌ها (Molostovskii, et al., 2007).



شکل ۱۴- تطابق چینه‌نگاری مغناطیسی برش‌های باتونین-کالوین مناطق مختلف. I: قطبیت زمین مغناطیسی ناشی از بی‌هنجاری‌های مغناطیسی و تجزیه و تحلیل مغزه‌های حفاری شده از ژرفای زیاد دریا. II: کرون‌های قطبی مغناطیسی. III: قطبیت ناشی از بررسی و مطالعه برش‌های اروپایی (آلمان و روسیه از Guzhdikova et al., 2010) جدول‌های زمانی زمین‌شناسی از (Ogg & Ogg (2000 & 2008).





جدول ۱- نتایج اندازه‌گیری *NRM* و میانگین جهت‌های مغناطیسی فعلی برای ۶ نمونه.

Sample No.	Declination	Inclination	Intensity
S1	284	16	8.04E-05
S31	240	61	2.81E-04
S61	259	54	1.60E-04
S91	180	56	2.13E-04
S121	201	43	1.25E-04
S151	191	25	2.68E-04

جدول ۲- نتایج مغناطیس‌زدایی حرارتی و میانگین سوی نمونه‌ها (Declination & Inclination) در برش گل‌بینی (۱۴۷ نمونه)؛ جهت‌های مغناطیسی متوسط (Declination & Inclination) برای نمونه‌ها، ضریب دقت تعیین جهت‌ها (K)، عدم قطعیت تعیین جهت‌ها ($\alpha95$) و موقعیت ظاهری قطب‌های مغناطیسی (VGP) محاسبه شده برای نمونه‌ها هستند.

Samples	Declination	Inclination	K	$\alpha95$	VGPlong.	VGPlat.	Plat
147	69.7	33.8	4	6.7	107.1	18.5	27

کتابنگاری

آقانی، ع.، ۱۳۸۳- زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، ۵۷۹ صفحه.
 امینی، ع.، ۱۳۸۸- چینه‌نگاری سکانسی، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۴ صفحه. سلامتی، ر. و وزیر، ح.، ۱۳۷۷- نقشه زمین‌شناسی رباط قره‌بیل، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

References

- Callomon, J. H. & Dietl, G., 2000- On the Proposed Basal Boundary Stratotype (GSSP) of the Middle Jurassic Callovian Stage. Vol.6, p.41-54.
- Cariou, E., 1984 -Les Reineckeidae (Ammonitina. Callovian) Dela Tethys Occidentale. Dimorphisme et evolution Etude a partir des Gisements du center-ouest la France. p. 461-599.
- Dearing, J., 1994 – Environmental Magnetic Susceptibility Using the Bartington Ms2 System., 50-51P.
- Guzhikova, A. Yu., Pimenova, M. V., Malenkina, S. Yu., Manikin, A. G. & Astarkin, S. V., 2010 – Paleomagnetic, Petromagnetic, and Terrigenous–Mineralogical Studies of Upper Bathonian–Lower Callovian Sediments in the Prosek Section, Nizhni Novgorod Region., Vol.18, No.1, p.49–60.
- Magold, C. H., Marchand, D., Thierry, J. & Tarkowski, R., 1996- Les Ammonites de l’oolite de balin (Pologen); Nouvelles Donnees et Reinterpretation Stratigraphique, Vol.15, No.1, p.55-77.
- Majidifard, M. R., 2003- Biostratigraphy, Lithostratigraphy, Ammonite taxonomy and Microfacies analysis of the Middle and Upper Jurassic of northeastern Iran. 1-17, 102–103 & 170 P.
- Mangold, C., 1970– Les Perisphinctidae (Ammonitina) du Jura Meridional au Bathonian et au Callovian, Docum. Lab. Geol. Fac. Sci. Lyon. n° 41 (fasc.2), 246 p. Molostovskii, E. A., Pechersky, D. M. & Frolov, I. Yu., 2007-Magnetostratigraphic Timescale of the Phanerozoic and Its Description Using a Cumulative Distribution Function. Vol.43, No.10, p.811-818.
- Ogg, J. G. & Ogg, G., 2000 & 2008- Magnetostratigraphical time Scales.
- Ogg, J. G., Ogg, G. & Gradstein, F. M., 2008–Late Jurassic, 139–169 Ma time–scale.
- Opdyke, N. D. & Chanell, J. E. T., 1996- Magnetic Stratigraphy, Department of Geology, University of Florida, Gainesville, Florida. 1-38 P.
- Schaircr, G., Seyed-Emami, K. & Zerss, A., 1991-Ammoniten aus der Oberer Dalichai–Formation (Callov) östlich von Sennan (SE – Alborz, Iran). Vol.31, p.47-67.
- Seyed-Emami, K., Schaircr, G. & Bolorchi, M. H., 1991-Ammoniten aus der unteren Dalichai–Formation (oberes Bajocium bis unteres Bathonian) der Umgebung von Abe-Garm (Avaj, NW–Zentralaliran), Vol.12, p.57-85.
- Seyed-Emami, K., Schairer, G. & Zeiss, A., 1995- Ammoniten aus Dalichai – Formation (Mittlerer bis Oberer Jura) und der Lar-Formation (Oberer Jura) N Emamzadeh-Hashem (Zentralalborz, Nordiran), Vol.35, p.39-52 p.
- Seyed-Emami, K., Schairer, G., Aghanabati, S. A. & Fazl, M., 1991-Ammoniten aus der unteren Dalichai-Formation (oberes Bajocium bis unteres Bathonium) der Umgebung von Abe-Garm (Avaj, NW–Zentralaliran), Vol. 19, p.65-100.
- Ziderveid, J. D. A., 1967-A.C.demagnetization of rocks: analysis of results. In D collincon, K C Reer, and S.Runcorn (Eds) Methods in Paleomagnetism, 254–286 P.

Magnetostratigraphy of Bathonian-Callovian Boundary (Middle Jurassic) of Golbini Section, Eastern Alborz, Iran

M. Paknia ¹, H. Alimohammadian ^{2*}, M. R. Majidifard ³, J. Sabouri ⁴ & A. Aghanabati ⁵

¹ M. Sc., Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.

² Ph.D, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.

³ Assistant Professor, Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.

⁴ M. Sc., Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.

⁵ Associate Professor, Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.

Received: 2011 March 14

Accepted: 2011 September 05

Abstract

The Golbini section comprising of continuous succession of sediments ranging in age from Triassic – Jurassic formations, is situated at 35 Km north – east of Jajarm city. On the bases of studies on Dalichai Formation at this section and at about Middle Jurassic (Bathonian–Callovian boundary), 3 Member, 31 Genus and 13 species of Ammonite, has been identified. For paleomagnetic analysis, with the help of portable coring machine, the total number of 155 oriented core samples were collected from limestone and clayey– limestone of this section. Then the samples were prepared for paleomagnetic analysis at Environmental and Paleomagnetic Laboratory based at Geological Survey of Iran, Tehran, Iran. The conducted paleomagnetic analysis include measurement of NRM, Susceptibility, Thermal and AF demagnetizing, Virtual Geomagnetic Polarity (VGP), identification of normal and reversal magnetic polarities and calculation of sedimentation rate. The obtained paleomagnetic results then composed with GPTS and also with proposed Bathonian–Callovian boundaries in Russia and Germany. This comparison reveals that the magnetic polarity of Golbini section is co-relatable with GPTS and also with Bathonian–Callovian boundary in Russia and Germany.

Keywords: Golbini section, Paleomagnetism, Jajarm, Ammonite, Magnetic polarity.

For Persian Version see pages 19 to 30

*Corresponding author: H. Alimohammadian; E-mail:halimohammadian@gmail.com