

## گزارش نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰

برگه شماره ۷۳۶۳ - فرومد

## موقعیت جغرافیایی

ورقه زمین شناسی فرومد در باختر شهرستان سبزوار جای دارد و دارای مختصات  $۳۰^{\circ} ۵۶' - ۵۷^{\circ} ۰۰'$  طول‌های خاوری و  $۳۶^{\circ} ۳۰' - ۳۷^{\circ} ۰۰'$  عرض‌های شمالی است. در ناحیه مورد بررسی، راه‌های اصلی عبارتند از راه آهن تهران- مشهد در بخش میانی ناحیه، جاده راه چمن- جاجرم که در امتداد راه آهن کشیده شده است. بعلت کوهستانی بودن بخش‌های جنوبی ورقه و فقدان راه‌های اصلی، امکان دسترسی به بخش‌های گوناگون آن با دشواری همراه است. بیشتر برداشتهای صحرایی در ناحیه از طریق کوه نوردی و پیمایش امکان پذیر بوده است.

آب و هوای ناحیه مورد مطالعه بطور کلی گرم و خشک است و بارش سالانه آن کم است آنچنان که میانگین آن ۱۵۰- میلی‌متر در سال اندازه‌گیری شده است، آب آشامیدنی و آبیاری در مناطق کشاورزی از کاریزها، سدهای محلی، چاههای عمیق و نیمه عمیق انجام می‌گیرد.

بطور کلی پراکندگی جمعیت ساکن در ناحیه از محدودیتی ویژه برخوردار است و تنها در کوهپایه و نواحی دشت، به ویژه جغتای که در بخش میانی ورقه واقع است، متمرکز است. پوشش گیاهی طبیعی ناحیه تنها به بوته‌ها، درختچه‌های کوتاه محدود می‌شود و در نواحی کوهستانی در جنوب و بخش‌های بیابانی در شمال از گسترشی بسیار محدودتر برخوردارند، کشاورزی در بخش میانی ورقه فرومد از گسترش قابل ملاحظه‌ای برخوردار است آنچنان که به تقریب همه ساکنان آن در زمینه کشاورزی فعالیت دارند و یا در واحدهای صنعتی وابسته مشغولند.

بهرحال فزون بر کشاورزی، دامپروری نیز از اهمیتی بسزا برخوردار است. در نواحی کوهستانی کشاورزی بطور معمول به کاشت گندم، جو، انگور اختصاص دارد. در حالیکه در نواحی دشت کشت گندم و چغندر قند به ویژه به روش مکانیزه، برای تأمین مواد اولیه تولید در کارخانه قند از شکر از گسترشی شایان توجه برخوردار است.

## زمین ریخت شناسی

عوارض زمین ریخت شناسی ناحیه، بگونه‌ای فراگیر توسط عناصر ساختمانی و ماگماتیزم کنترل می‌شوند. آنچنان که بلندترین نقطه در ناحیه با فرازای ۲۹۷۷ متر از سطح دریا در پایانی‌ترین جنوب خاوری ورقه بر یک توده ماگمایی، که در امتداد منطقه گسله راندگی جاگیر شده، انطباق دارد. در حالیکه پست‌ترین نقطه موجود در ورقه با بلندای ۸۹۵ متر از سطح دریا در کال شور جاجرم در شمال ورقه جای دارد. میانگین ارتفاع ناحیه مورد بررسی نزدیک به ۱۹۳۶ متر از سطح دریا است بلندترین ارتفاعات، بگونه‌ای فراگیر در امتداد رشته کوههای جنوبی ورقه جای دارند.

از دیدگاه زمین ریخت شناختی از جنوب به شمال، می‌توان سه رشته کوههای اصلی را از یکدیگر متمایز نمود که به وسیله نواحی دشت و فروافتاده از یکدیگر جدا می‌شوند. این رشته کوهها عبارتند از :

- رشته کوههای فرومد، در جنوب، پدید آمده از سریهای افیولیتی و نهشته سنگ‌های همراه، سنگهای آتشفشانی- رسوبی ائوسن و گنبد‌های نیمه عمیق جوان با ترکیب متوسط که به پیکر ساختمانهای گنبدی در بخش‌های گوناگون پراکنده شده‌اند.

- رشته ارتفاعات جغتای، در بخش میانی ورقه فرومد، در برگیرنده سنگهای دگرگونه و رسوبی پرکامبرین، ائوسن و نئوژن است.

- رشته ارتفاعات سرخه چشمه در شمال خاوری ورقه که محدوده‌ای بسیار کوچک را در برمی‌گیرد و متشکل از انباشته‌های رسوبی پالئوزوئیک، ژوراسیک، کرتاسه و رسوبی- آتشفشانی ائوسن هستند.

## شرح واحدهای سنگ شناختی

در ورقه فرومد تنوعی گسترده از مجموعه‌های سنگ شناختی وجود دارد که شاید بتوان آنها را به سه گروه اصلی بر پایه جایگاه ساختاریشان بخش کرد:

- مجموعه سنگهای افیولیتی، نهشته‌های همراه و سنگهای آتشفشانی پس از آن

- ردیف سنگهای دگرگونه و رسوبی قاره‌ای

- ردیف رسوبی پالئوزوئیک- دوران سوم، که در شمال خاوری ورقه مجموعه افیولیتی موجود در ورقه فرومد به عنوان بخشی از کمربند افیولیتی شمال سبزوار است، که در روند به تقریب خاوری- باختری گسترش یافته است. از نظر زمین شناسی و نیز اقتصادی این مجموعه از اهمیتی شایان توجه برخوردار است.

ورقه فرومد بطور کلی از قدیم به جدید دارای ردیف‌های سنگ شناختی ناهمسانی به شرح زیر است:

- سنگهای دگرگونه و رسوبی پرکامبرین- پالئوزوئیک

- ردیف رسوبی مربوط به دوران دوم

- سنگهای متعلق به مجموعه افیولیتی و رسوبات همراه

- ردیف آتشفشانی- رسوبی ائوسن- اولیگوسن

- انباشته‌های قاره‌ای نئوژن

- انباشته‌های مربوط به کواترنر

بطوریکه هر ردیف، خود متشکل از چندین واحد مجزا می‌باشند که در زیر شرح کوتاهی از آنها ارائه می‌شود:

- سنگهای دگرگونه و رسوبی پرکامبرین- پالئوزوئیک

این مجموعه در برگرفته سه واحد اصلی است که از گسترشی محدود در شمال دشت جغتای برخوردار است و بطور معمول در راستای مناطق گسله نیز رخنمون یافته‌اند.

واحد شستی  $PC_k$  هم‌ارز سازند کهر

این واحد به پیکر مجموعه‌ای درهم و به شدت دگرسان شده هم‌روند با گسله راندگی جغتای، در بخش میانی ورقه رخنمون‌هایی پراکنده را نشان می‌دهد. سنگهای پدید آورنده به پیکر مجموعه‌ای از شیست‌های کوارتز و آلبیت‌دار است که دارای خرد شدگی شدیدند و بگونه‌ای درهم آمیخته با مجموعه‌ای از سنگهای روشن رنگ کرم دیده می‌شوند که شاید با نفوذیهای داسیتی دیده شده در راستای گسله راندگی، در ارتباط باشند. شیست‌های هم‌ارز کهر از نظر سنگ شناسی دارای بافت گرانوبلاستیک با شیستوزیته برجسته‌اند و کانیهای اصلی آن کوارتز، پلاژیوکلاز با ترکیب اسیدی (آلبیت تا گاهی اولیگوکلاز) و کانیهای میکایی نظیر بیوتیت، کلریت- مسکویت هستند و دارای جهت یافتگی همراه با چین خوردگی ظریف‌اند.

واحد دولومیت چرت‌دار  $PC-C_s$  هم‌ارز سازند سلطانیه

این ردیف دولومیتی به پیکر مجموعه‌ای چین خورده و گسلیده به رنگ قهوه‌ای روشن، در بردارنده نوارهای فراوانی از چرت‌های تیره رنگ هم‌روند با گسله راندگی جغتای بطور کلی رخنمونی محدود دارد. این دولومیت‌ها ضخیم تا متوسط لایه است و بیشتر همراه با شیست‌های هم‌ارز کهر دیده می‌شوند به علت گسلش شدید و نامشخص بودن بخشهای پائین و بالائی آن، مجاورت این واحد با سنگهای قدیمی‌تر نامشخص است و با نهشته‌های تخریبی جوان نیز بصورت گسلیده است.

واحد ردیف تفکیک نشده پالئوزوئیک  $P_{tz}$ 

در پایانی‌ترین شمال خاوری ورقه فرومد، در میان مجموعه‌ای از ورقه‌های رورانده در ناحیه چشمه سرخ، رخنمون‌هایی محدود از سنگهای با سن احتمالی پالئوزوئیک شناسایی شده است، که بصورت مجموعه‌ای از دولومیت، سنگ آهک، ماسه سنگ به رنگ خاکستری تیره تا قهوه‌ای کرم دیده می‌شود. بطوری که در بخشهای دولومیتی آن بخشهای حاوی چرت‌های سیاه رنگ ملاحظه شد. همبری بالا و پائین این ردیف رسوبی با سنگهای در برگرفته بصورت گسله بوده و

این واحد ظاهراً در زیر مجموعه سنگ آهکی- شیلی کرتاسه به رنگ خاکستری قرار گرفته است و بر روی واحدهای جوان تر ژوراسیک قرار دارد.

#### - ردیف رسوبی مربوط به دوران دوم

مجموعه واحدهای تشکیل دهنده این ردیف بطور کامل همسان واحدهای ژوراسیک و کرتاسه هستند که در منطقه ساختاری البرز گسترش دارند و بخوبی نیز در مقاطع مربوطه توصیف شده‌اند. اما این واحد به علت گسلش، فاقد رخنمون کامل‌اند و تنها بخشهایی از آنها در همبری گسله با سایر سنگها دیده می‌شوند. گسترش ردیف رسوبی مربوط به دوران دوم به دو ناحیه محدود می‌شود، یکی در ناحیه چشمه سرخ، در شمال خاوری ورقه، و دیگری در جنوب دشت جغتای و پیرامون پهلوی شمالی کمر بند افیولیتی. اگرچه ناحیه چشمه سرخ از گسترش بسیار کمتری برخوردار است اما تنوع واحدهای مزوزوئیک آن به مراتب بیشتر از دیگری است.

#### واحد شیل و ماسه سنگ هم‌ارز سازند شمشک $J_{sh}$

این واحد به پیکر مجموعه‌ای با توپوگرافی پست نسبت به سایر واحدهای سنگی دیده شده و بطور معمول به رنگ تیره است و متشکل از ردیفی ضخیم از تناوب شیل، ماسه سنگ نازک لایه (۱۰-۱) است رخنمونهای این واحد در ناحیه چشمه سرخ دیده می‌شود که به شدت چین خورده و گسلیده‌اند. این واحد در همبری گسله چشمه سرخ آثاری از چین خوردگی دوباره نیز نشان می‌دهد. در این واحد آثار فسیلی از آمونیت، کرینوئیدها، مرجان و آثار گیاهی نیز مشاهده شده است. همبری این واحد با سنگهای قدیمی، در بیشتر جاها، بصورت گسله راندگی دیده می‌شود و با واحدهای جوانتر نظیر آهک‌های آرژیلی هم‌ارز سازند دلیچای  $J_d$  هم‌مانند است.

#### واحد سنگ آهک آرژیلی و مارن هم‌ارز سازند دلیچای $J_d$

این واحد تنها در شمال خاوری ورقه و در ناحیه چشمه سرخ بیرون زدگی محدودی را نشان می‌دهد و متشکل از سنگ آهک‌های آرژیلی و ماسه‌ای حاوی نودول‌های چرتی و مارن است. در بعضی بخشها در این واحد آثاری از سنگ آهک‌های در بردارنده اولیت به رنگ کرم خاکستری روشن دیده می‌شود که حاوی کنکرسینونهای از اکسیدهای آهن از نوع لیمونیت هستند. وابستگی این واحد با سنگهای قدیمی تر یعنی سازند شمشک بگونه هم‌مانند و عادی است و با واحد جوانتر، در نظر گرفته شده، هم‌ارز، سازند لار به ظاهر عادی و هم شیب است.

#### واحد آهکی هم‌ارز سازند لار $J_l$

این واحد نیز تنها در ناحیه چشمه سرخ رخنمونی محدود دارد و متشکل از ردیف به نسبت گسترده و یکنواخت از سنگهای آهکی کرم خاکستری در بردارنده گرک‌های چرتی قهوه‌ای تیره است. همچنین بخشهایی از سنگ آهک اولیتی، دولومیتی نیز در آن دیده می‌شود. لایه‌بندی نازک تا متوسط (۲۵-۱۰) است و آثاری از فسیل آمونیت نیز در آن دیده می‌شود. این واحد از سوی خاور به قاعده کنگلومرانی قرمز رنگ ائوسن، همبری دارد. و از سوی دیگر به زیر بخش آهکی صخره‌ساز و توده‌ای وابسته به کرتاسه، همبری دارد. بهر حال همبری اخیر به احتمال بگونه دگرشیب و ناپیوسته است. شیب همگانی این واحد از ۳۰-۳۵ درجه به سوی باختر- شمال باختر است.

#### واحد آهک ضخیم لایه توده‌ای هم‌ارز سازند تیزکوه $K_2$

واحد آهک‌های ضخیم لایه و توده‌ای دیده شده در ناودیس چشمه سرخ، با حدس و گمان می‌توان بعنوان هم‌ارز سازند تیزکوه در نظر گرفت. آنچنان که این موضوع پیش تر نیز در چهارگوش جاجرم عنوان شده است. این واحد سنگ آهکی اگرچه دارای رخنمونی محدود است اما به چهره‌ای صخره‌ساز و به رنگ کرم دیده می‌شود.

#### واحد آهکی ماسه‌ای $K_1$

این واحد در پیکر بخش صخره‌ساز و مرتفع در ناحیه چشمه سرخ رخنمونی برجسته دارد و ساختمانی همگانی همانند یک ناودیس را به نمایش می‌گذارد. واحد یاد شده متشکل از ردیفی ضخیم از سنگهای آهکی، ماسه‌ای است که در آن بخشهای چرت‌دار نیز دیده می‌شود. ضخامت این واحد به چند ده متر می‌رسد. بر اساس مطالعات فسیل شناسی سن احتمالی این واحد کرتاسه بالایی از اشکوب کنیاسین تا کامپانین تغییر کرده است. مجموعه فسیلی مشخص شده از این واحد به شرح زیر است:

Stomiosphaera sphaerica	Planulina sp.	Lenticulina sublaeris	Nodosaria sp.
Textularia sp.	Textularia gramen	Robulus sp.	Orothia sp.
Rotalia sp.	Calcisphaerula sp.	Calcisphaerula innominata	Calcisphaerula sp.
Spongia spiculae	Cibicides sp.	Gumbelina sp.	Heterohelicidae

**- سنگهای وابسته به مجموعه افیولیتی و رسوبات همراه**

این ردیف متشکل از مجموعه‌ای از انباشته‌های رسوبی و اولترامافیک و مافیک است که از کرتاسه پائین آغاز می‌شود و در کرتاسه پایانی - پالئوسن پایان می‌یابد. بطور کلی، باور این است که مجموعه حاضر در برگزیده تاریخ به نسبت کاملی از شرایط پیش، همزمان و پس از کافت قاره‌ای است که به باز شدن حوضه‌ای یا پوسته اقیانوسی، برای مدتی کوتاه انجامیده و سپس در اثر حرکات همگرایی تکتونیکی بسته شده است.

**واحد ماسه سنگی، کنگلومرا و سنگ آهک ماسه‌ای کرتاسه پائین K<sup>sl</sup>**

در جنوب دشت جغتای و روستای شفیع‌آباد و در میان واحدهای کربناته کرتاسه، مجموعه‌ای تیره با ریختاری پست و روند خاوری - اختری گسترش دارند. این واحدها از ماسه سنگ، کنگلومرا و با میان لایه‌هایی از سنگ آهک ماسه‌ای و تخریبی ساخته شده‌اند. سنگ آهک‌های تخریبی در بردارنده قطعات ماسه‌ای به ابعاد چند میلی‌متر هستند که رنگ ارغوانی همانند مجموعه ماسه سنگی و کنگلومرای دارند. لایه‌های ماسه سنگی و کنگلومرای نازک تا متوسط لایه (۲۰-۵) cm اند و بخشهای آهکی از ۱-۲ متر ضخامت دارند. رنگ بخشهای آهکی سفید تا گرم روشن است و به احتمال در بردارنده آثار فسیلی است که گمان می‌رود در اثر تبلور دوباره ساختمان نخستین خود را از دست داده باشند. مجاورت این واحد با بخشهای کربناته صخره ساز بصورت عادی است. با وجود نمونه‌برداری از بخشهای آهکی تخریبی، این واحد برای مطالعات فسیل شناسی امکان شناسایی دقیق آثار فسیلی و تعیین سن نسبی امکانپذیر نشد. اما چنین می‌نماید که سن این ردیف همانگونه که پیش‌تر نیز در چهارگوش جاجرم عنوان شده، متعلق به نئوکومین باشد.

**واحد سنگ آهک توده‌ای کرتاسه بالا K<sup>l</sup>**

این ردیف بصورت مجموعه‌ای از سنگهای آهکی صخره‌ساز به رنگ کرم تا خاکستری در جنوب دشت جغتای و شمال کمر بند افیولیتی سبزواری گسترش دارند و متشکل از آهک‌های توده‌ای و ضخیم تا متوسط لایه دیده می‌شوند، که در بردارنده فسیلهایی از دوکفه‌ایها و اوربیتولین است. این واحد دارای شیب همگانی از ۳۵-۳۰ درجه به سوی شمال است و در آن می‌توان آثار چین خوردگی، گسلش را گواه بود. چنین می‌نماید که این واحد به سان مجموعه‌ای گسلیده و صفحات رواندگی بر روی واحدهای جوانتر جای گرفته باشد. برای بررسیهای فسیل شناختی از بخشهای آهکی در بردارنده فسیل، نمونه برداری انجام گرفت و مجموعه فسیلی زیر در آنها مشخص شد که نشان دهنده سن احتمالی کرتاسه زیرین (سنومانین) برای این واحد است:

Nezzazata? Sp. Dokhania sp. Cuneolina sp. Prealveolina sp. Pseudolithonella sp. Pseudochryzalidina sp. Cayeuxio ? sp.

اگرچه همبری میان مجموعه سنگهای اولترامافیک و واحد سنگهای آهکی، توده‌ای با یکدیگر دیده نشده ولی چنین می‌نماید که پدیده کافتی شدن در ناحیه سبزواری و ورقه فروم در زمان کرتاسه زیرین یا میانی آغاز شده و در کرتاسه پایانی پس از زمانی کوتاه از پایداری حوضه اقیانوسی، آغاز به بسته شدن کرده باشد. از این رو، در مجموعه سنگهای افیولیتی و رسوبات همراه، پس از یا همزمان با واحد آهکی توده‌ای سنگهای افیولیتی پدیدار شده‌اند بدین سان در زیر به شرح واحدهای گوناگون از ردیف مجموعه افیولیتی و نهشته‌های دریایی عمیق همراه آنها پرداخته می‌شود:

**واحد هارزبورژیتهی hz**

این واحد، سازنده پیکره اصلی سنگهای اولترامافیک‌های مجموعه افیولیتی و بخشی عمده و گسترده از این مجموعه در شمال سبزواری را در بر می‌گیرد. رنگ این واحد، سبز تیره است و در مناطق بشدت سرپانتینیتهی شده به رنگ سبز خاکستری تیره تا روشن دیده می‌شوند. در بعضی از بخشها در هماهنگی با شکستگی‌های اصلی یک فولیاسیون موازی با آنها شکل گرفته است. گاهی این سنگها آثاری از دگرگونی از خود نشان می‌دهند. بودن دایکهای با ترکیب گابرویی - دیابازی با پهنای متوسط تا زیاد در واحد هارزبورژیتهی در برخی بخشها دیده شده که بطور معمول از روند شکستگی‌ها

پیروی می کنند. وابستگی این واحد با سنگهای دونیتی بطور کامل مشخص و بصورت هماهنگ است، آنچنان که گاهی آنها را در میان یکدیگر می توان دید. فزون بر این گاهی واحد هارزبورژیتی به نظر می رسد به گونه تدریجی به سنگهای لرزولیت تبدیل می شود، اما میزان رخنمون آنها چندان گسترش ندارد. واحد هارزبورژیتی بطور معمول دارای ارتباط گسله با سایر سنگهای مجموعه افیولیتی است و در منطقه فرومد این واحد حتی بر روی جوانترین انباشته های آواری نئوژن نیز بگونه روراندگی جای گرفته است. بعنوان نمونه می توان از همبری گسله این واحد با واحدهای تخریبی نئوژن در امتداد گسله راندگی قلیچ یا منیدر یاد نمود.

از نظر سنگ شناسی این واحد در بیشتر موارد، دارای بافت غربالی است و از بلورهای اولیوین و پیروکسن (اورتوپیروکسن) ساخته شده است. اسپینل قهوه ای بعنوان کانی فرعی همراه با کانیهای اوپاک به مقدار کم در زمینه سنگ دیده می شود. در بخشهای دگرسان شده، اولیوین به سرپانتین (کریزوتیل و آنتی گوریت) تبدیل شده و کناره های آنها کانیهای اوپاک از اکسیدهای آهن دیده می شود.

#### واحد دونیتی du

این سنگها به احتمال بعنوان بخشهای اولیه در مجموعه افیولیتی هستند. حضور اولیوین فراوان و ارتباط آنها با نوارهای کرومیتی در این واحد را می توان گواهی بر این نکته دانست. باور بر این است که در مخزن ماگمایی اولیه سنگهای پریدوتیت، اولیوین و کرومیت در شمار نخستین کانیهایی هستند که متبلور می شوند. گسترش این واحد بطور معمول، در بخش میانی کمربند افیولیتی و نواحی باختری نقشه دیده می شود. دونیتها بطور معمول ریختاری به نسبت کم ارتفاع تر را، در مقایسه با واحد هارزبورژیتی، از خویش نشان می دهند، رنگ آنها قهوه ای روشن است و به آسانی از واحد هارزبورژیتی قابل تفکیک هستند. اما گاهی اوقات رخنمونهایی محدود از آنها در لابلاهی واحد هارزبورژیتی جای دارد که تفکیک آنها از یکدیگر شدنی نیست. از نظر سنگ شناسی، بافتی همسان سنگهای هارزبورژیتی دارند و کانی شناسی آنها نیز با برتری اولیوین همراه است. این سنگ نیز به راحتی سرپانتینیتی می شود و دارای رنگ هوازده خاکستری است.

#### واحد سرپانتینیت sr

این واحد در نتیجه دگرسانی گسترده بخشهای اولترامافیک؛ همچون هارزبورژیت، حاصل می شود. این دگرسانی بگونه ای عام در یک روند خاوری- باختری، هم آهنگ با روند شکستگی های اصلی منطقه، تمرکز یافته و چنین می نماید که اینگونه از دگرسانی در گامه های بالامدگی و شاید فرارانش صفحات افیولیتی رخ داده باشد. بهر حال این واحد به عنوان عضو اصلی مجموعه مخلوط تکنونیک و افیولیتی نیز به شمار می آید و گاهی اوقات به علت هوازدهی شدید و اکسیده شدن به رنگهای سبز تیره، سبز- قهوه ای و گاهی قرمز تیره در نمونه های دستی دیده می شوند. در این سنگها گاهی ساختهای شیبستوز نیز دیده می شود. در مقاطع میکروسکوپی، این سنگها دارای ساخت غربالی (mesh) ناشی از دگرسانی اولیوین است. ترکیب اصلی سنگ از لرزولیت و کریزوتیل تشکیل شده است. مطالعه سنگ شناسی حضور بقایای کانیهای پیروکسن را نشان می دهد و کانی آنتی گورید در این سنگها معمول است و در رگچه ها دیده می شوند. پیدایش آمفیبول ترمولیتی همراه با کلریت نیز در انواع حاصل از پریدوتیت های دگرگون شده عمومیت دارد. بهر حال گسترش سرپانتینیتی در بخشهای گوناگون کمربند افیولیتی سبزوار دیده می شود و ابعاد بیرون زدگی این سنگها بطور کامل متغیر است. به تقریب، در طول همه گسله های راندگی موجود در کمربند افیولیتی، عدسیهایی از سنگهای سرپانتینیتی دیده می شود.

#### واحد گابروبی gb

سنگهای گابروبی در ورقه فرومد، بگونه ای عام، در امتداد گسله راندگی سیر بابا بیرون زدگی دارند. روند همگانی گسترش گابروها خاوری- باختری است و ریختاری به نسبت برجسته را به تماشا می گذارند. این سنگها در شمار واحدهای ماگمایی نفوذی متعلق به ردیف افیولیتی اند که بطور معمول به رنگ روشن تر از واحدهای اولترامافیک نمایان می شوند. گابروهای موجود در ورقه فرومد پیوستگی واحد گابروبی هستند که در ورقه باشتین نیز از گسترش خوبی برخوردارند. بافت این سنگها از میکروگرانولار تا گرانولار متغیر است. در برخی نواحی بطور محلی

گابروهای درشت بلور با بافت پگماتیته نیز دیده شده‌اند. چنین می‌نماید که واحد گابرویی در اثر فاز دگرگونی استاتیک دچار تغییراتی در ترکیب کانی شناسی خود شده باشد، آنچنان که کانیهای نظیر ترمولیت، اکتینولیت، زوئزیت، کلینوزوئزیت و گرونا در آنها پدیدار شده است. در بعضی از بخشها این واحد ترکیبی درحد دیوریت از خود نشان می‌دهد، آنچنان که به احتمال در نتیجه فرایندهای دگرگونی، کانیهای چون پرهنیت، اپیدوت و حتی مسکویت پدیدار و منجر به متادیوریت شده باشد. مطالعه سنگ شناسی نمونه‌های حاصله آشکار می‌سازد که بطور کلی این واحد یک گابرو-متاگابرو با بافت گرانولار است و کانیهای پلاژیوکلاز با بافت اینترسرتال و ترکیب متوسط (الیگوکلاز- آندزین) بصورت شکل‌دار تا بی شکل در آن توسعه یافته است. حضور گسترده بلورهای ترمولیت- اکتینولیت نیز بازگو کننده دگرگونی سنگ است.

#### واحد دیابازی db

گسترش این واحد بطور عمده، در پایانی‌ترین بخش باختر کمر بند افیولیتی جای دارد و به پیکر توده‌های به نسبت کوچک و تیره رنگ درون سنگهای اولترامافیک دیده می‌شوند. آرایش این توده‌های گنبدگونه و بگونه جدا افتاده از هم در راستای خاوری- باختری، در هم‌آهنگی با روند همگانی گسلهای اصلی ورقه است. این سنگها بگونه‌ای فراگیر عموماً خردشدگی زیاد دارند. از نظر دیدگاه سنگ شناختی، دارای بافت پورفیریتیک- اینترسرتال اند که پورفیرهای آن شامل پلاژیوکلاز و پیروکسن (کلینوپیروکسن) است. پلاژیوکلازها شکل‌دار تا نیمه شکل‌دارند و بطور عمده در اثر فشارهای وارده دچار خمیدگی شده‌اند. این واحد گاهی ویژگیهای اسپیلیتی را نشان می‌دهند بطوری که در آن رگچه‌هایی وجود دارد متشکل از بلورهای درشت کوارتز که به همراه بلورهای آلبیت رشد کرده‌اند.

#### واحد گدازه‌های بالشی $K^{Pl_0}$

در شمار سنگهای پدید آورنده ردیف‌های افیولیتی در بخشهای بالایی، سنگهای آتشفشانی با ساخت بالشی هستند. ابعاد بالش‌ها متغیر و از ۰/۵ تا ۲ متر می‌رسد. بطور معمول، این واحد در ناحیه به علت گسلش شاید کمتر بصورت بخش بیرون زده قابل توجه دیده می‌شود. این سنگها بطور عام بشدت خرد شده هستند بیشتر گسترش این واحد در شمال خاوری روستای فروم و درون مجموعه سنگهای مخلوط تکتونیک دیده می‌شود. از دیدگاه سنگ شناختی این سنگها بطور معمول ترکیب بازالتی تا آندزی بازالتی (اسپیلیتی) نشان می‌دهند و دارای مقادیر قابل توجهی کانی پرهنیت هستند. بافت آن واریولیتی- اینترسرتال و گاه نیز میکروولیتی است. کانیهای اصلی تشکیل دهنده آنها، پلاژیوکلاز با ترکیب اسیدی (آلبیت- الیگوکلاز) است و کانیهای مافیک آن بگونه‌ای عام دگرسان شده و توسط اکسید آهن جانشین شده‌اند. این سنگها نیز به احتمال پیش از دگرگونی دینامیک، فازهایی از دگرگونی استاتیک ناشی از دفع را متحمل شده‌اند.

#### واحد آتشفشانی اسپیلیتی کرتاسه $K^v$

در امتداد کمر بند افیولیتی سبزوار مجموعه‌ای از ولکانیک زیردریایی، آهکهای پلاژیک و مواد پیروکلاستیک دیده می‌شوند که به شدت خرد شده و گسلیده‌اند. آن چنان که بصورت مجموعه‌ای درهم دیده می‌شوند. بخش اصلی این مجموعه از سنگهای آتشفشانی اسپیلیتی پدید آمده‌اند. ریختار این واحد، بگونه عام بسیار زبر و خشن است و از واحدهای اولترامافیک بطور کامل متمایز است. از نظر سنگ شناختی نیز این واحد دارای ترکیب یکنواختی نیست و از هیالو آندزی بازالت، اسپیلیت کراتوفیر تا یک بخش پیروکلاستیک یا توفی تغییر می‌کند. بخشهای آندزی بازالتی دارای بافت جریان‌ی شیشه‌ای است و متشکل از بلورهای پیروکسن (کلینوپیروکسن) شاید اوژیت است. وجود رگه‌های پر شده بوسیله کربنات که در سطح سنگ دیده می‌شود به همراه رگه‌های سیلیسی و پرهنیتی حاصل از دگرسانی و نیز دگرگونی استاتیک در این واحد از مشخصات قابل توجه آن است. در نمونه‌های اسپیلیتی- کراتوفیری، بافت پورفیری، میکروولیتی و جریان‌ی در بیشتر موارد وجود دارد. پلاژیوکلازهای آن ترکیب شیمیایی اسید تا متوسط (الیگوکلاز- آلبیت و گاه آندزین) بصورت شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار است و اندازه آنها تا ۱/۵ میلی‌متر می‌رسد. زمینه نیز دارای بافت کلاستیک ریزدانه از خود نشان می‌دهند.



### واحد سنگ آهک‌های پلاژیک گلوبوترونکانادار $K^{pl}$

در میان واحد آتشفشانی- رسوبی کرتاسه ( $K^v$ )، بخشهای آهکی که دارای رخساره نواحی عمیق دریا هستند در نواحی خاوری کمر بند افیولیتی دیده می‌شود. این آهک‌ها در بیشتر موارد بصورت قطعات منفرد در میان زمینهای به نسبت نرم جای گرفته و دارای آثار دگرشکلی و خردشدگی زیادی هستند. ضخامت و گسترش آنها بطور کامل متغیر است و از ابعاد چند متر تا حد کیلومتر تغییر می‌کند. حضور چین خوردگی و فولیاسیون شدید به همراه رگه‌های فراوان پر شده به وسیله کلسیت از دیگر مشخصات آنها است. شیب این قطعات آهکی بطور معمول به سوی شمال- شمال خاوار است و از روند کلی خاوری- باختری پیروی می‌کنند. بر اساس نتایج فسیل شناسی زیر مجموعه فسیلی به دست آمده سن کرتاسه بالایی (سانتوین- کامپانین) به این سنگها نسبت داده می‌شود:

*Globotruncana sp. Globotruncana arca Globotruncana stuarti Heterohelix sp. Hedbergella sp. Globotruncana cf. lapparenti Globotruncana cf. bulloides Globotruncana cf. renzi.*

### واحد شیل، آهک و آتشفشانی زیر دریایی $K^{sh}$

گسترش این واحد اگر چه در ورقه فرومد بسیار ناچیز به نظر می‌رسد اما در میان مجموعه آتشفشانی کرتاسه و مخلوط تکنونیکي بطور معمول می‌توان بخشهایی از این واحد را بصورت آمیخته و درهم مشاهده کرد. این واحد در بیشتر نواحی عمیق است و گاهی به همراه خود دارای رادیولاریت و بخشهای آهکی صورتی تا کرم رنگ به شدت دگرشکل شده را دارند. مجاورت این واحد نیز با سایر سنگهای در برگیرنده غیر عادی و گسلیده است.

### واحد مخلوط تکنونیکي $tm$

این مجموعه بصورت مخلوطی از سنگهایی با ترکیب بسیار متنوع است که از انواع آتشفشانی، نفوذی تا رسوبی با سن‌های نسبتاً متفاوت، تغییر می‌کند. این مخلوط در حقیقت در اثر فرآیند برشی بسیار شدید که شاید در ارتباط با جایگیری سنگهای افیولیتی بر روی قاره بوده، شکل گرفته است. بیشترین رخنمون این واحد در شمال روستای فرومد و در بخش میانی کمر بند افیولیتی جای دارد، اگرچه رخنمونهای فراوان و محدودی از آن را می‌توان در امتداد نواحی گسلی در سراسر کمر بند ملاحظه کرد، اما در این ناحیه بیشترین و مشخص‌ترین گسترش به نمایش گذارده شده است. سنگهای تشکیل دهنده این واحد در بیشتر جاها شامل رسوبات آهکی، شیلی، سنگهای آتشفشانی زیر دریایی و مقادیر متنوعی از سنگهای اولترامافیک و مافیک است که همه آنها بصورت یک مخلوط درهم و با مجاورت‌های غیر عادی، خرد شده و به شدت گسلیده در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. فزون بر سنگهای عنوان شده، بخشهای دگرگونه نظیر آمفیبولیت، شیست‌های تیره رنگ تا سبز روشن که منشاء اولیه آنها نهشته‌های رسوبی- آتشفشانی زیر دریایی بوده نیز دیده شد.

### ردیف آتشفشانی- رسوبی ائوسن- الیگوسن

این مجموعه بطور کلی به دو بخش اصلی قابل تفکیک است، گروه نخست انباشته‌های رسوبی ائوسن که در شمال دشت جغتای جای دارد و با مقادیر بسیار ناچیز از سنگهای آتشفشانی در ناحیه چشمه سرخ همراه هستند. گروه دوم، در برگیرنده مجموعه‌ای از مواد آتشفشانی، پیروکلاستیک و رسوبی است که در میان کمر بند افیولیتی و یا پیرامون آن تمرکز یافته‌اند. در گروه اخیر بیشتر جاها واحدهای گدازه، پیروکلاستیک با کمی انباشته‌های رسوبی درون کمر بند افیولیتی دیده شده و بخش عمده رسوبی آن در شمال کمر بند بصورت مجموعه‌ای از مارن، ماسه سنگ، توف، کنگلومرا، سنگ آهک ماسه‌ای، در پیرامون آن بصورت حائل قرار گرفته‌اند. در زیر نخست مجموعه آتشفشانی- رسوبی ائوسن در کمر بند افیولیتی و پیرامون آن معرفی شده و در دنباله نهشته‌های ائوسن در شمال دشت جغتای توصیف می‌شوند.

### واحد ماسه سنگ و کنگلومرای $E^{sc}$

این واحد به پیکر ردیفی گسترده به رنگ قهوه‌ای روشن تا کرم از کنگلومرا و ماسه سنگ به همراه سنگ آهک ماسه‌ای است. قطعات تشکیل دهنده کنگلومرا بطور عمده وابسته به کرتاسه‌اند و دارای شکل گرد و مدور هستند شیب عمومی این مجموعه متغیر است و به ظاهر ساختمان چین خورده دارند. ضخامت طبقات از چند سانتی‌متر تا یک متر متغیر است و بطور کلی بخشهای کنگلومرای و ماسه سنگی دارای جورشدگی متوسط تا خوب‌اند. در میان کنگلومراها گاهی لایه‌هایی از سنگ آهک ماسه‌ای در بردارنده فسیل‌های نومولیت دیده می‌شود. بررسی سنگ شناسی نشان می‌دهد

که این واحد ( $E^1$ ) یک سنگ اسپارایتی ماسه‌ای- دولومیتی حاوی آثار حیاتی است. نمونه‌هایی از فسیل‌های متعلق به ائوسن زیرین در این سنگها شناسایی شده است:

Nummulites globulus Milliolids Nummulites sp. Textularids Discocyclina sp. Cuvillierina eocenica Assilina sp. Alveolina sp. Rotalia sp. Echinoid's spine

مجاورت این واحد با سنگهای شمال بطور معمول گسله و به شدت خرد شده است و در بردارنده برش تکتونیک کرم تا قرمز رنگ است. مرز واحد کنگلومرا و ماسه سنگ با مجموعه ماسه سنگ و مارن ائوسن بصورت هماهنگ و عادی به نظر می‌رسد.

#### واحد ماسه سنگ و مارن $E^{ms}$

در پیرامون روستای جاورتن و شمال راندگی دستوران مجموعه‌ای گسترده از خاور به باختر گسترش دارند که دارای ریختار پست است و به رنگ روشن دیده می‌شوند. این ردیف به پیکر تناوبی از مارن، ماسه سنگ، آهک ماسه‌ای به رنگ کرم تا سبز روشن است و گاهی در میان آنها بخشهای داسیتی قطع کننده با بافت پورفیری دیده می‌شود. در این ردیف بخشهای توفی و آتشفشانی سبز رنگ که به شدت دگرسان شده‌اند نیز یافت می‌شود. شیب این واحد به سوی جنوب با نزدیک شدن به گسله دستوران افزایش می‌یابد. به ظاهر این مجموعه بصورت چین خورده و گسلیده است. مجاورت این واحد با سنگهای آتشفشانی ائوسن  $E^v$  نیز بصورت عادی و هماهنگ است. در این واحد دو زیر مجموعه قابل تفکیک و شناسایی گردیده که در زیر توصیف می‌شوند.

#### واحد توفیت و شیل $E^{tsh}$

در جنوب باختر روستای دستوران بخشهایی محدود از تناوب شیل، توفیت، توف و ماسه سنگ بیرون زدگی دارد که توسط بخشهای قطع کننده و سیل از داسیت، قطع شده‌اند. روند همگانی آنها خاوری- باختری است و دارای شیبی ۴۰-۵۰ درجه به سمت شمال هستند. رنگ بخشهای شیلی، خاکستری تا قهوه‌ای تیره است ولی توف و ماسه سنگها به رنگ سبز حنایی تا کرم دیده می‌شوند.

#### واحد توف، ماسه سنگ و گدازه $E^{vs}$

از روستای دستوران تا جنوب روستای آزادور، ردیفی از سبز تا خاکستری تیره از توف، ماسه سنگ، کنگلومرا به همراه گدازه‌های آندزیتی گسترش دارد که توسط واحد  $E^{ms}$  در برگرفته می‌شوند. بخشهای توفی بطور معمول متشکل از کریستال توف، لیتیک توف و توفهای سبز است و بخشهای کنگلومرای و تخریبی آن خاکستری یا سبز تیره هستند. در میان این بخش طبقات در بردارنده فسیل‌های درشت تا نومولیت به فراوانی دیده می‌شود که مطالعه فسیل شناسی نمونه‌های حاصله نشان دهنده سن ائوسن زیرین برای این واحد است. ضخامت لایه بطور کامل متغیر است و از چند سانتی‌متر تا ۳ متر نیز می‌رسد. شیب همگانی این واحد بین ۲۰-۲۵ درجه به سمت شمال خاور است. سنگهای گدازه‌ای آن دارای بافت تراکیتی است و متشکل از میکروولیت‌های پلاژیوکلاز (آلبیت- الیگوکلاز) تجزیه شده است. آثاری از فلدسپات آلکالن در زمینه وجود دارد که به شدت به آرژیلیت تجزیه شده است. کانیهای اوپاک و اکسید آهن نیز به مقدار قابل توجه در آنها دیده می‌شود. بهرحال ترکیب کلی آنها تراکی آندزیت است. چنین می‌نماید که از پائین به بالا به میزان ویژگی‌های رسوبی این واحد افزوده می‌شود. همبری آن با سنگهای در برگیرنده ( $E^{ms}$ ) بگونه هماهنگ و عادی است.

#### واحد آندزیت و آندزی بازالت و برش $E^v$

در بخشهای بالایی و پائینی کمر بند افیولیتی بخشهایی از سنگهای آتشفشانی به رنگ سبز تا خاکستری تیره گسترش دارند که به چهره تناوبی از گدازه‌های آندزیتی، پیروکسن آندزیت، آندزی بازالت، برش‌های ولکانیک، توف‌های مختلف به رنگ سبز تا خاکستری روشن هستند. این واحد بطور عمومی در امتداد گسله‌های راندگی نظیر دستوران بیشترین رخنمون را دارند. همبری این واحد در جنوب، در بیشتر جاها با سنگهای اولترامافیک است و در شمال نیز توسط واحد مارنی و ماسه سنگی ائوسن ( $E^{ms}$ ) محدود می‌شوند، که همه آنها بصورت گسله است. این واحد توسط بخشهای قطع کننده نیمه عمیق با ترکیب داسیت (da) مورد نفوذ قرار گرفته‌اند. در نواحی جنوب باختری ورقه فرومد این واحد



توسط نهشته‌های تخریبی نئوژن بصورت دگرشیب پوشیده می‌شوند. این واحد به نظر می‌رسد که متشکل از زیر مجموعه‌های قابل تفکیک متعددی باشد که در زیر به شرح آنها پرداخته می‌شود.

#### واحد آندزیت پورفیری و آندزی بازالت E<sup>an</sup>

ردیفی از گدازه‌های بازیک تا متوسط است متشکل از آندزیت پورفیری، اولیوین-پیروکسن آندزی بازالت به رنگ خاکستری تا قهوه‌ای تیره، که بیشترشان در بخشهای جنوبی کمر بند افیولیتی دیده می‌شوند. ضخامت تقریبی این واحد بین ۵۰-۷۵ متر است و دارای شیبی نزدیک به ۳۰-۳۵ درجه به سوی جنوب هستند. مجاورت این واحد با سنگهای اولترامافیک، کنگلومرای نئوژن بطور معمول گسلیده است. اما در بخشهای باختری کمر بند افیولیتی بصورت دگرشیبی در زیر واحدهای تخریبی PI-Q<sup>c</sup> جای دارد.

بررسی سنگ شناسی نشان می‌دهد که این سنگها بطور معمول دارای بافت پورفیری-میکرولیتی‌اند، آنچنان که فوکریت‌های آن پلاژیوکلاز (الیگوکلاز- آندزین) بصورت شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار پیروکسن به احتمال اویژیت و اولیوین متوسط تا درشت بلور است که بطور معمول تجزیه شده به کانیهای ثانویه دیده می‌شوند. زمینه این سنگها بطور معمول از میکرولیت‌های پلاژیوکلاز ساخته شده که گاهی کانیهای فلدسپات آلکان نیز دیده می‌شود. ترکیب همگانی آنها در حد آندزیت تا آندزی بازالت است. در بعضی نقاط این گدازه‌ها دارای بافت مگاپورفیری درشت بلور است و بعضی اوقات ساختمان بالشی ضعیف یا منشوری نیز از خود نشان می‌دهد.

#### واحد توف و توفیت روشن رنگ E<sup>ts</sup>

این واحد بگونه‌ای عام در بخش شمالی روستای فرومد و در میان کمر بند افیولیتی بیرون‌زدگی دارد و بصورت مجموعه-ای صورتی روشن رنگ از توف، توفیت، ماسه سنگ و کنگلومرا است که دارای ضخامت تقریبی ۱۰۰-۱۵۰ متر است و با شیبی حدود ۳۵-۵۰ درجه به سمت شمال دیده می‌شوند. بخشهای کنگلومرای دارای قطعاتی از سنگهای دگرگونه، اولترامافیک و آتشفشانی‌اند و از جورشدگی ضعیف برخوردارند. قطعات آتشفشانی دارای حالت زاویه‌دار بوده و توسط سیمان روشن رنگی از ماسه و کربنات در بر گرفته شده‌اند. قطعات دارای ابعادی ناهمسان از چند میلی‌متر تا چند دسی متر هستند. در میان این ردیف توف و ماسه سنگ، لایه‌هایی نازک از آهک ماسه‌ای صورتی-کرم در بردارنده آثار فسیلی وجود دارد که بررسیهای فسیل شناسی با توجه به گونه‌های زیر سن ائوسن زیرین-میانی را به احتمال به دست می‌دهد:

Alveolina sp. Cribitolites sp. Milliolids Coskinolina sp.

مجاورت این واحد با گدازه‌های آندزیتی و آندزی بازالتی در زیر بصورت هماهنگ و عادی است و بگونه همشیب در زیر واحد توف برش، گدازه E<sup>tb</sup> جای می‌گیرد.

#### واحد برش آتشفشانی، توف، آندزی بازالت E<sup>tb</sup>

میان کمر بند افیولیتی در جنوب روستای منیدر، مجموعه‌ای از سنگهای پیروکلاستیک و گدازه گسترش دارند که رنگ خاکستری، قهوه‌ای تا سبز تیره نشان می‌دهند. این واحد بطور عمده متشکل از برش‌های آتشفشانی، گدازه‌هایی با ترکیب آندزیت تا آندزی بازالت است. بخشهای برشی نیز شامل انواع متنوعی نظیر کریستال توف، کریستال لیتیک توف برش با قطعات در ابعاد متغیر از چند میلی‌متر تا گاهی چند دسی متر هستند. بخشهای گدازه آن بطور معمول بصورت سبز تا خاکستری تیره دیده شده که به شدت خرد شده و دگرسان شده‌اند.

مطالعه سنگ شناسی بر روی بخشهای برشی نشان می‌دهد بگونه عام دارای بافت کلاستیک است و کانیهای پلاژیوکلاز، کانیهای مافیک به همراه لیتوکلاستیک‌هایی که ترکیبی در حد آندزیت دارند، در یک زمینه شیشه‌ای اکسیده و دوتریفیه شده جای گرفته‌اند. این بررسیها در سنگها مورد ردیف‌های گدازه‌ای نشان می‌دهد که آنها بطور کلی دارای بافت میکرولیتی تا حدودی پورفیری‌اند و آثاری از جریان را نیز حفظ کرده‌اند، کانیهای اصلی پلاژیوکلاز با ترکیب متوسط (الیگوکلاز- آندزین)، کلینوپیروکسن (احتمالاً اویژیت) و در بعضی از نمونه‌ها اولیوین نیز دیده می‌شود. زمینه این سنگها متشکل از میکرولیت‌های پلاژیوکلاز و یا شیشه‌ای است. بطور معمول، این سنگها دارای دگرسانی و کانیهای ثانویه‌ای چون کلریت، فلدسپات آلکان، اپیدوت و اکسید آهن هستند. ترکیب این سنگها از تراکی آندزیت، آندزی

بازالت، پیروکسن آندزیت تا اولیوین- پیروکسن آندزی بازالت تغییر نشان می‌دهند. همبری این واحد اگرچه با سنگهای کنگلومرانی نئوژن و اولترامافیک گسله است، اما بهر حال این ردیف بگونه‌ای هماهنگ و عادی در روی واحد  $E^{ts}$  جای دارد و بگونه پیوسته در زیر واحد برش آتشفشانی و گدازه  $E^v$  جای می‌گیرد.

#### واحد برش‌های آتشفشانی و گدازه آندزیتی $E^v$

این ردیف در بالاترین بخش واحد  $E^{tb}$  جای می‌گیرد و در نواحی پیرامون و جنوب خاور روستای منیدر از گسترش زیادی برخوردار است. اجزاء اصلی تشکیل دهنده این واحد برش آتشفشانی به همراه گدازه‌های آندزیتی است که ترکیب آنها تا آندزی بازالت نیز تغییر می‌کند. مجاورت این واحد در شمال روستای منیدر بصورت گسله راندگی با واحدهای اولترامافیک است و در بخشهای جنوبی بصورت دگرشیب به احتمال در زیر نهشته‌های نئوژن جای می‌گیرد. این واحد بصورت هماهنگ و عادی بر روی ردیف برش آتشفشانی، توف و آندزی بازالت‌های  $E^{tb}$  نشسته است. ائوسن اگرچه در کمربند افیولیتی با مجموعه‌ای از نهشته‌های تخریبی آغاز می‌شود و سپس با تکاپوی آتشفشانی گسترده دنبال می‌شود. اما این وضعیت در شمال دشت جغتای و در بخش قاره‌ای به ظاهر دارای تاریخ بطور کامل متفاوتی است و بطور کلی با رسوبگذاری نهشته‌های تخریبی نظیر کنگلومرا، ماسه سنگ، مارن، سیلتستون همراه بوده و تنها در بخش کوچکی واحدهای محدودی از سنگهای آتشفشانی، در شمالی‌ترین منطقه ورقه در ناحیه چشمه سرخ، دیده شده است. توصیف ائوسن در ناحیه شمال دشت جغتای چنین است:

#### واحد ماسه سنگی $E^s$

در شمال دشت جغتای ردیفی گسترده از طبقات ماسه سنگی، میکروکنگلومرایی به رنگ خاکستری تا صورتی روشن رنگ بیرون زدگی دارد. فزون بر این، بخشهایی از سیلتستون، مارن به رنگ قرمز، قهوه‌ای روشن، دارای شیب ۲۵-۳۰ درجه به سمت شمال دیده شده است. ضخامت طبقات ماسه سنگی از چند میلی‌متر تا متر تغییر می‌کند اما بطور معمول نازک لایه‌اند. این واحد به سان یک ساختمان تاقدیس کون، متشکل از چین‌های پرشمار، در ناحیه با روندی شمال خاوری- جنوب باختری گسترش یافته است. همبری این واحد در بخش زیرین با سنگهای قدیمی ناشناخته است اما در همبری با نهشته‌هایی ماسه سنگی و سیلتستون و مارن سبز رنگ  $E^f$  و  $E^m$  بصورت ناپیوسته و ناهماهنگ است. فزون بر این نهشته‌های کنگلومرایی  $PI-Q^c$  بصورت دگرشیب روی آنها جای می‌گیرد.

#### واحد کنگلومرایی $E^c$

در شمال روستای شفیع‌آباد و روراندگی جغتای و نیز در ناحیه چشمه سرخ، رخنمونهایی از یک واحد کنگلومرایی با جورشدگی متوسط تا خوب به رنگ خاکستری تا کرم رنگ گسترش دارد که گاهی در آنها بخشهای ماسه سنگی و آهک ماسه‌ای فسیل‌دار (نومولیت) نیز دیده می‌شود. ضخامت این واحد متغیر است، آن چنان که در امتداد روراندگی جغتای از ۱۵ تا ۲۰ متر است و در شمال ضخامت آن به چند ده متر می‌رسد. سیمان این واحد ضعیف و ماسه‌ای است. قطعات تشکیل دهنده آن نیز در بخشهای جنوبی بیشتر از شیبست و دولومیت‌های کهر و سلطانیه است ولی در شمال قطعات بطور عمده از ماسه سنگ، آهک ماسه‌ای مربوط به سازندهای مزوزوئیک موجود در چشمه سرخ، است. این واحد با نهشته‌های زیرین  $E^s$  احتمالاً دارای مجاورت ناپیوسته و ناهماهنگ است و بگونه‌ای پیوسته و هماهنگ توسط واحدهای  $E^f$  پوشیده می‌شود. در سایر نواحی مجاورت آن با سنگهای قدیمی تر بصورت گسلیده و با نهشته‌های تخریبی جوان بصورت دگرشیب است.

#### واحد ماسه سنگ و سیلتستون سبز رنگ $E^f$

این نهشته‌ها بیشترین گسترش را در امتداد گسله راندگی جغتای بصورت یک ساختمان ناودیسی با روند تقریبی خاوری- باختری، از خود نشان می‌دهند. این واحد بگونه مجموعه‌ای از توفیت، ماسه سنگ، مارن و گاهی میکروکنگلومرا به رنگ کرم تا سبز روشن است و در قاعده دارای تناوبی از ماسه سنگ و آهک ماسه‌ای است که در آن آثار فسیلی از نومولیت دیده می‌شود. بررسی فسیل شناسی بر روی نمونه‌های گرفته شده، سن ائوسن پائینی را به دست داده است. این واحد بصورت هماهنگ و عادی بر واحد تخریبی  $E^c$  جای می‌گیرد که دارای همبری ناهماهنگ

و ناپیوسته با مجموعه ماسه سنگ  $E^c$  است. سنگهای آتشفشانی ائوسن به ظاهر بصورت عادی بر روی این ردیف جای گرفته و در سایر نواحی واحدهای جوانتر بصورت دگرشیب آنرا می پوشانند.

#### واحد آندزی بازالت $E^{ab}$

در شمال ورقه فرومد، در بخش پایانی مجموعه ساختمانی، رخنمونی محدود از سنگهای آتشفشانی به رنگ خاکستری تیره بیرون زدگی دارد. بافت این سنگها بگونه پورفیری تا کریپتوکریستالین دیده می شود. بررسی سنگ شناسی نشان می دهد که این سنگها بطور عمده متشکل از آندزی بازالت تا تراکی آندزیت و آندزیت اند و دارای بافت پورفیری تا میکروولیتی هستند. کانیهای اصلی تشکیل دهنده عبارتند از پلاژیوکلاز (لابرادور - آندزین)، اولیوین که بطور معمول به سرپانتینیت تبدیل شده، کلینوپیروکسن (احتمالاً اوژیت) به همراه سایر کانیهای مافیک که بطور کامل با اکسیدهای آهن جانشین شده اند. در میان این واحد یک بخش تراکی آندزیتی ( $E^{ty}$ ) نیز تفکیک شده است. به هر حال واحد  $E^{ab}$  بصورت هماهنگ و عادی بر روی نهشته های  $E^f$  که حاوی فسلیلهای درشتی از نومولیت در این ناحیه هستند، جای گرفته اند ولی مجاورت آن با واحدهای رویی در این منطقه مشاهده نشده است.

#### واحد مارن و ماسه سنگ $EO^m$

در شمال راندگی جغتای ردیفی به نسبت گسترده با شیبی ملایم به سوی شمال بر روی نهشته های ماسه سنگی  $E^s$  بصورت هماهنگ و شاید دگرشیب بیرون زدگی دارد. این ردیف رسوبی بطور عمده تناوبی از مارن، ماسه سنگ به رنگ قرمز تا خاکستری روشن است و گاهی نیز طبقات سبز روشن رنگ در میان آنها دیده می شود. در بخشهای مارنی آثار ژپس نیز به فراوانی دیده شده است. در میان این ردیف گاهی اوقات آثاری محدود از سنگهای نفوذی نیمه عمق با ترکیب دیابازی وجود دارد که بصورت خطی در امتداد گسلها و شکستگیهای اصلی قرار گرفته اند. مجاورت این واحد با نهشته های کنگلومرای  $O^c$  بصورت هماهنگ و ناپیوسته است.

#### واحد کنگلومرای $O^c$

ردیف خاکستری رنگ و با جورشدگی خوب از کنگلومرای سست با زمینه ماسه ای بر روی واحد  $EO^m$  گسترش یافته است. قطعات تشکیل دهنده این واحد بیشتر از فرسایش شیب های کهر و دولومیت های سلطانیه حاصل شده اند. این واحد در شمال باختری گسترش و بیرون زدگی دارد و توسط گسلهای عرضی با روند حرکتی امتداد لغز چپ یا راستگرد، جایجا شده اند. ضخامت این واحد بین ۵-۷ متر برآورد می شود و دارای شیب ملایمی بین ۲۰-۲۵ درجه به سمت شمال است. این واحد کنگلومرای بصورت هماهنگ و ناپیوسته در زیر واحد آهکی کرم تا سفید  $OM^a$  و یا مارنهای  $OM^m$  جای می گیرد.

#### - نهشته های قاره ای نئوژن

این سری از رسوبات از گسترشی شایان توجه برخوردارند و پیکر نهشته های مارنی، ماسه سنگی و کنگلومرای سست در ورقه فرومد پراکنده اند. رخساره رسوبات نئوژن در جنوب دشت جغتای و پیرامون کمر بند افیولیتی تا حدودی متفاوت اند و روابط آنها با دیگر نهشته های کهن تر از پیچیدگی بیشتری برخوردار است. در زیر نخست به توصیف واحدهای رسوبی نئوژن در ارتباط با کمر بند افیولیتی پرداخته و در دنباله انواع بیرون زده در شمال دشت جغتای توصیف خواهد شد.

**واحد کنگلومرای  $Ng^c$ :** در میان کمر بند افیولیتی ردیف روشن رنگ کرم تا سفید از نهشته های کنگلومرای نئوژن گسترش دارد که بر روی آن سنگهای آتشفشانی کرتاسه و اولترامافیک رانده شده اند. این واحد دارای ماتریکس آهکی تا ماسه ای بوده و قطعات آن از سنگهای قدیمی تر نظیر سرپانتینیت، هارزبورژیت، گابرو و سنگهای آتشفشانی تر شیر تشکیل شده است. قطعات گرد شدگی متوسط دارند و جور شدگی نیز ضعیف است. این واحد کنگلومرای دارای تخلخل و حفرات متعددی است. این واحد بصورت دگرشیبی بر روی نهشته های آتشفشانی و گدازه های ائوسن و نیز مخلوط تکنونیک  $tm$  قرار گرفته است. شیب این واحد بین ۳۰-۳۵ درجه به سمت شمال است.

### واحد کنگلومرا و ماسه سنگ $Ng^{sc}$

این ردیف رسوبی بطور کلی، در جنوب خاور روستای منیدر بیرون زدگی دارد و بصورت ردیفی از ماسه سنگ، میکروکنگلومرا، برش تا کنگلومرای جوان به رنگ کرم تا خاکستری روشن دیده می شود. واحد اخیر بصورت دگرشیب بر روی سنگهای آتشفشانی ائوسن و مخلوط تکتونیکی جای گرفته است. شیب این واحد بین ۲۵-۳۰ درجه به طرف شمال است. وابستگی این واحد و نهشته های جوانتر  $Ng^{tc}$  بصورت هماهنگ و پیوسته به نظر می رسد.

### واحد توفیت و میکروکنگلومرای $Ng^{tc}$

در باختر روستای منیدر و بخش میانی کمر بند افیولیتی رخنمونی محدود از سنگهای روشن رنگ کرم تا سفید دیده می شود که دارای بخشهایی با تخلخل بالا و بصورت بسیار سبک بوده که به احتمال دارای ترکیب در حد توفهای اسیدی اند و در تناوب با سنگهای توفیت، ماسه ای و میکروکنگلومرای هستند. این واحد بصورت گسله در زیر سنگهای اولترامافیک در شمال جای می گیرد و بصورت هماهنگ و عادی واحد  $Ng^{sc}$  را می پوشاند.

در مناطق شمالی ورقه فرومد، گسترشی شایان توجه از نهشته های نئوژن دیده می شود که دارای ساختمان و توزیع بسیار ساده و مشخص هستند. شیب عمومی آنها به سوی شمال است و میان آنها دگرشیبی کم زاویه ای شناسایی شده است. این نهشته ها بطور عمده متشکل از مارن ژئوپس دار، ماسه سنگ است و افقهایی از کنگلومرا هستند. در زیر واحدهای این ردیف شرح داده شده اند:

### واحد مارنی $OM^m$

گسترش این مارنها تنها در بخش کوچک، واقع در شمال راندگی جغتای، دیده می شود که گمان می رود با نهشته های کنگلومرای  $O^c$  دارای همبری هماهنگ و عادی است و با آهکهای روشن رنگ  $OM^q$  دارای ارتباط تدریجی و پیوسته است. این واحد به ظاهر بصورت هماهنگ و عادی توسط  $Ng^{cl}$  پوشیده می شود. رنگ واحد مارنی  $OM^m$  بصورت کرم تا صورتی روشن است و بصورت مارن ماسه ای و حاوی ژئوپس است.

### واحد سنگ آهک $OM^q$

در میان ردیفی از نهشته های مارن، ماسه سنگ و کنگلومرای نئوژن تنها لایه پایدار و برجسته از سنگ آهک برداشته شده است که به رنگ کرم- سفید روشن است و دارای تخلخل بالایی است. شیب این طبقه بین ۲۵-۳۰ درجه به سوی شمال است. گسترش این واحد بطور عمده در شمال باختر ورقه فرومد دیده می شود و به سوی خاور از گسترش بیرون زدگی آن کاسته می شود. این لایه آهکی همانطوری که در چهارگوش جاجرم عنوان شده، هم ارز سازند قم در نظر گرفته شده است. آثار فسیلی در آن دیده شده اما متأسفانه از طریق مطالعه فسیل شناسی امکان تعیین سن دقیق امکان پذیر نگردید. ضخامت این واحد بین ۲ تا چندین متر برآورد می شود. وجود یک لایه سیاه رنگ چرتی به ضخامت ۱۰ سانتی متر نیز در آن شناسایی شد. ارتباط این واحد با نهشته های کنگلومرای  $O^c$  در زیر و  $Ng^{cl}$  در بالا به صورت هماهنگ و ناپیوسته به احتمال بوده است.

### واحد کنگلومرای $Ng^{cl}$

بر روی واحد آهکی  $OM^q$ ، ردیفی تخریبی کنگلومرای به رنگ صورتی- کرم روشن گسترش دارد که واحد شیبی بین ۲۰-۲۵ درجه به سوی شمال است. این واحد کنگلومرای دارای جورشدگی متوسط تا ضعیف است و زمینه آن نیز از ماسه است. قطعات تشکیل دهنده این واحد بطور عمده از بخشهای ماسه سنگی، شیبست های کهر و دولومیت های سلطانیه و سایر نهشته های قدیمی تر است. مرز بالایی این واحد با مارنهای  $Ng^{m1}$  بصورت هماهنگ و عادی دیده می شود. گسترش این واحد به سوی خاور نیز محدود و در جنوب چشمه سرخ ناپدید می شود. حضور گسلهای عرضی پر شمار و جابجایی امتداد لغز در سطح آنها باعث شده تا تغییراتی در شیب و روند همگانی بیرون زدگی این واحد پدیدار شود.

### واحد مارنی ژئوپس دار $Ng^{m1}$

ردیف ضخیم به نسبت گسترده از این مارنهای نئوژن در شمال خاور ورقه فرومد بر روی واحد کنگلومرای  $Ng^{cl}$  جای گرفته است. این مارنها بصورت کرم تا قرمز روشن دیده می شود و حاوی لایه هایی از ژئوپس است. به تقریب اکثر

گسله‌های عرضی موجود در این واحد نفوذ کرده ولی ناپدید می‌شوند. گسترش بیرون‌زدگی این واحد به سوی باختر به ظاهر افزایش می‌یابد شیب این واحد بطور کلی ۲۵-۳۰ درجه به سوی شمال است. همبری این واحد با نهشته‌های کنگلومرای  $Ng^{e2}$  شاید به صورت دگرشیب با زاویه کم باشد و به صورت هماهنگ در زیر واحدهای  $Ng^{cl}$  جای گرفته‌اند.

#### واحد کنگلومرای و ماسه سنگی سست $Ng^{e2}$

این واحد بصورت طبقاتی از کنگلومرا و ماسه سنگ سست با ماتریکس ماسه‌ای است که با شیب بسیار ملایم بین ۱۰-۱۵ درجه بر روی نهشته‌های مارنی  $Ng^{m1}$ ،  $EO^m$  و نیز  $Es$  بصورت دگرشیب‌های گرفته است. در جنوب منطقه ساختاری چشمه سرخ این واحد دارای چین خوردگی ملایمی است که بصورت یک ساختمان تاقدیسی با روند خاوری-باختری امتداد یافته است. این کنگلومرا دارای جورشدگی خوبی است و از قطعات رسوبی قدیمی‌تر پدیدار شده است. این واحد بصورت هم شیب و پیوسته به ظاهر در زیر نهشته‌های مارنی  $Ng^m$  جای گرفته است. این واحد همچنین در بخش جنوبی منطقه ساختاری چشمه سرخ گسترش می‌یابد و دارای مرز گسله با واحدهای قدیمی‌تر است.

#### واحد مارنی $Ng^m$

در پایانی‌ترین بخش شمال ورقه فرومد ردیفی از مارنهای خاکستری تا کرم روشن رنگ به همراه ماسه و کنگلومرا با شیبی به سوی شمال رخنمون دارند که مقدار شیب آن بین ۱۰-۱۵ درجه است. گسترش این واحد به ظاهر به سوی شمال توسط یک خطواره خاوری-باختری محدود می‌شود آنچنان که آثار این عنصر ساختاری در مارن و نهشته‌های تبخیری و مخروط افکنه‌های جوان بر روی عکس‌های هوایی قابل مشاهده است. گسترش این واحد به سوی باختر افزایش می‌یابد و برعکس به سوی جنوب چشمه سرخ به ظاهر ناپدید می‌شود. همبری این واحد با کنگلومرای  $Ng^{e2}$  هماهنگ و عادی است ولی ارتباط آن با نهشته‌های تخریبی جوان متعلق پلیوسن مشاهده نشده است.

#### واحد کنگلومرای $PI^c$

رخنمون‌های این واحد از محدودیت زیادی برخوردار است. آنچنان که همه آنها در امتداد گسله‌های راندگی و پای کوهستان گسترش یافته‌اند. بیشترین رخنمون این واحد در امتداد گسله راندگی جغتای دیده می‌شود و بصورت بخشی باریک و کشیده از خاور به باختر امتداد یافته است. همچنین در شمال روستای فرومد و در زیر سنگهای اولترامافیک، می‌توان بخشهایی از این واحد تخریبی را به پیکر عدسی‌هایی گواه بود. در این واحد تکه‌هایی متنوع از سازندهای کهر، سلطانیه، ماسه سنگهای ژوراسیک و آهکهای کرتاسه دیده می‌شود. رنگ همگانی آنها قرمز تا قهوه‌ای روشن رنگ است و دارای جورشدگی متوسط تا خوب است. این واحد دارای زمینه‌ای ماسه‌ای است و تا اندازه‌ای تحکیم یافته به چشم می‌آید. رخنمون این واحد بطور کلی بصورت پوششی در مناطق مرتفع در امتداد گسله راندگی جغتای دیده می‌شود که نشان دهنده بالا آمدگی یال شمالی این ناحیه است. در این واحد می‌توان ساختمانهای چین خورده، به پیکر نودیس، گواه بود شیب این واحد بین ۱۰-۱۵ درجه به سوی شمال است.

#### واحد مارنی جوان $PI^m$

در پایانی‌ترین جنوب باختری ورقه فرومد و در پیرامون روستای فیروزآباد، رخنمونهای محدودی از مارنهای روشن رنگ کرم تا سبز زرد در امتداد یک منطقه گسله بیرون‌زدگی نشان می‌دهند. ترکیب همگانی آنها رسی آهکی است و دارای قطعات تخریبی فراوان از سنگهای آتشفشانی به ابعاد چند میلی‌متر تا سانتی‌متر است و این واحد به سوی شمال به زیر نهشته‌های تخریبی آواری پلیو-کواترنز رفته است، ولی همبری آن با واحدهای قدیمی‌تر چون سنگهای آتشفشانی آوسن چندان مشخص نیست.

#### - نهشته‌های دوران چهارم

بیشترین گسترش انباشته‌های رسوبی در ورقه مورد بررسی به ردیف‌های کواترنری تعلق دارد. این انباشته‌ها شامل مخروط افکنه و پادگانه‌های قدیمی و جوان، واریزه‌ها، آبرفت و کفه‌های رسی و سیلتی نمک هستند بصورت تحکم یافته و یا با تحکیم یافتگی کم و در حوضه‌های پای کوهستان گذارده شده‌اند. بطور کلی با دور شدن از ارتفاعات از

اندازه دانه‌های و نوع رسوبات کاسته می‌شود و ویژگیهای تبخیری آنها نیز افزایش می‌یابد. در زیر به توصیف واحدهای گوناگون وابسته به انباشته‌های کواترنر پرداخته خواهد شد:

#### واحد کنگلومرای سست PI-Q<sup>c</sup>

این واحد بیشتر در پیرامون کمر بند افیولیتی، گسترش دارد. در شمال روستای فرومد و فیروزآباد این واحد در پیکر مجموعه‌های گسترده و با شیب بسیار ملایم حدود ۵-۱۰ درجه به سوی جنوب بیرون‌زدگی دارد و بطور معمول در شمال و جنوب به وسیله گسل‌های اصلی محدود می‌شوند این واحد تخریبی دارای جورشدگی ضعیف است و قطعات تشکیل دهنده آن از واحدهای سنگی موجود در کوهستان، در برگیرنده سنگهای اولترامافیک، نهشته‌های آتشفشانی-رسوبی ائوسن و توده‌های نیمه عمق داسیتی، است.

#### واحد مخروط افکنه و پادگانه آبرفتی قدیمی و مرتفع Q<sup>1</sup>

این واحد بطور معمول به پیکر انباشته‌های مخروط افکنه در پای کوهستان و گاهی نیز بصورت انباشته‌های محدود تراس‌های قدیمی در میان داخلی کوهستان دیده می‌شوند. انباشته‌ها در مقایسه با سایر انباشته‌های کواترنر جوان به نسبت از ارتفاعی بیشتر برخوردارند. این واحد بطور معمول بی شیب‌اند و بصورت افقی و دگرشیب بر روی واحدهای کهن تر جای می‌گیرند. در این نهشته‌ها، سیستم آبراهه از توسعه و تکامل بیشتری برخوردارند.

#### واحد مخروط افکنه و پادگانه‌های آبرفتی جوان و کم ارتفاع Q<sup>2</sup>

این واحد به پیکر مجموعه‌ای سست، کم ارتفاع و به نسبت پست، که در پیرامون کوهستان، مخروط لفکنه‌های جوانتر را ساخته و سیستم آبراهه‌ای در آن تکامل نیافته و بگونه‌ای مشخص از واحدهای Q<sup>1</sup> قابل تفکیک است.

#### واحد تراس‌های جوان و دشت‌های آبرفتی Q<sup>3</sup>

در مناطق پیرامون حوضه‌های رسوبی-تبخیری نظیر جغتای و شمال ورقه فرومد، به دور از رشته ارتفاعات، نواحی پست با شیب ملایم، توسط آبرفت‌های جوان پوشیده شده‌اند، این واحد گسترش یافته است. سیستم آبراهه در این رسوبات توسعه نیافته و ضخامت آنها نیز در مقایسه با واحدهای مخروط افکنه به ظاهر کمتر است. از نظر دانه بندی و ابعاد دانه‌ای، این واحد از جورشدگی بهتر و کمتری برخوردار است.

#### واحد آبرفتهای عهد حاضر Q<sup>al</sup>

این واحد متشکل از انباشته‌هایی است که امروزه در طول و میان رودخانه‌ها و آبراهه‌های اصلی گذارده می‌شوند. بنابراین توزیع گسترش آنها بگونه‌ای عام به صورت خطی است و توسط سیستم آبراهه‌های اصلی کنترل می‌شود. این انباشته‌ها به دور از هرگونه تحکیم‌اند و دارای جورشدگی ضعیف تا متوسط هستند.

#### واحد واریزه Q<sup>ts</sup>

در جنوب روستای آزادور شفیع‌آباد و در امتداد واحد آهکی کرتاسه که بصورت ستیغ‌های مرتفع در جنوب دشت جغتای امتداد یافته‌اند، نهشته‌های جوان از واریزه‌های کوهستان در پای ارتفاعات دیده می‌شود که از قطعات مختلف آهک‌های کرتاسه تشکیل شده‌اند، این قطعات دارای ابعاد متفاوت‌اند و بطور معمول زاویه‌دار هستند.

#### واحد کفه‌های رسی در بردارنده نمک Q<sup>sc</sup>

در بخش میانی دشت جغتای و نیز شمال ورقه، نواحی بسیار پست و مسطح بصورت پهنه‌هایی گسترده وجود دارند که دارای رنگ سفید تا کرم روشن رنگ‌اند و توسط نهشته‌های رسی و ماسه‌ای، با مقادیر شایان توجه از مواد نمکی و تبخیری، پوشیده شده‌اند. این نواحی دارای سیستم آبراهه‌ای بسیار ضعیف‌اند و رسوبات دارای همگنی خوبی هستند. در فصول بارندگی، بطور معمول، این نواحی تا اندازه‌ای باتلاقی می‌شوند و گذشتن از آنها ناشدنی و خطرناک خواهد بود در نواحی مرکزی و پیرامون این مناطق بطور معمول سطح آبهای زیرزمینی بالا و نزدیک به سطح زمین است.

#### واحد مناطق زراعی و کشاورزی Cult

در دشت جغتای توسعه کشاورزی بصورت سنتی و صنعتی از گسترش قابل ملاحظه‌ای برخوردار است. بطوریکه مناطق کشاورزی به طور معمول بر روی نواحی تراس‌ها و دشت‌های آبرفتی Q<sup>3</sup> توسعه یافته است.



## زمین شناسی ساختمانی و تکتونیک

توزیع مجموعه‌های افیولیتی، در پیوند با پیدایش پوسته اقیانوسی در ایران زمین به سه کمربند افیولیتی اصلی محدود می‌شود که عبارتند از:

- کمربند افیولیتی پالئوزوئیک که در امتداد رشته کوه‌های البرز در شمال کشور گسترده شده است.  
- کمربند افیولیتی بیرونی (اشتوکلین ۱۹۷۷) که در روندی به موازات راندگی اصلی زاگرس - عمان - بلوچستان جای می‌گیرد.

- کمربند افیولیتی داخلی که محصور کننده خرده قاره ایران مرکزی است. دو کمربند افیولیتی اخیر بطور کلی به مزوزوئیک نسبت داده شده‌اند و سن جایگیری آنها به احتمال به کرتاسه بالایی باز می‌گردد (Takin, 1972).  
مجموعه افیولیتی سبزوار که بخشی از آن در ورقه فرومد بیرون‌زدگی و گسترش دارد نیز بعنوان بخشی از کمربند افیولیتی داخلی است و وابسته به مزوزوئیک است (علوی تهرانی) آنچنان که در زمان کرتاسه، در این ناحیه به ظاهر حوضه کافتی برای مدت زمان کوتاهی تشکیل شده و در سرانجام‌های کرتاسه نیز این حوضه بسته شده است.  
مشاهدات صحرایی در ورقه فرومد نشان می‌دهد که با توجه به تاریخ زمین شناسی، ویژگی‌های رسوبی، ماگماتیسم و تکتونیک می‌توان دو ناحیه ساختاری را در ورقه مورد مطالعه از یکدیگر تمیز داد که این مناطق عبارتند از:

- منطقه ساختاری کمربند افیولیتی سبزوار در جنوب ورقه

- منطقه ساختاری جغتای در بخش شمالی ورقه و فروافتادگی ساختمانی جغتای

منطقه ساختاری کمربند افیولیتی سبزوار را به احتمال می‌توان بعنوان بخشی از منطقه تصادمی (Suture zone) در نظر گرفت که از نظر ساختمانی بسیار پیچیده است و متشکل از گسل‌های فراوانی است که مؤلفه اصلی جابجایی در بیشتر آنها راندگی است و گاهی با مؤلفه‌های کوچک امتدادلغز همراه هستند. دگرشکلی در این کمربند دارای تاریخ طولانی و پیچیده‌ای است که می‌تواند شامل گامه‌هایی ناهمسان باشد. پی سنگ این منطقه ساختاری جوان است و ترکیب آن بطور کامل ناهمسان با پی سنگ قاره‌ای است که در منطقه ساختاری جغتای قرار دارد. افیولیت‌های سبزوار دارای روند همگانی خاوری- باختری‌اند و از دیدگاه ساختاری پدید آمده از چندین ورقه روراندگی اصلی هستند که در امتداد آنها سنگ‌های افیولیتی رخنمون یافته‌اند و بر روی واحدهای جوانتر بصورت گسله جای می‌گیرند. شواهد صحرایی نشان می‌دهد که از دیدگاه تکتونیک این کمربند فعال بوده و حرکت از شمال به جنوب دارد و شاید پیدایش گسل‌های جدید در جبهه کوهستان و حوضه خشکی در جلو آن دنباله خواهد داشت. بدین ترتیب کمربند افیولیتی سبزوار به احتمال یک سیستم راندگی است و بر پایه گواهی‌های صحرایی این سیستم از نوع فلسی (imbricate) است و پدید آمده از صفحات راندگی فلسی است که در مقاطع زمین شناسی نیز این تلقی از ساختمان همگانی کمربند افیولیتی سبزوار مورد توجه قرار گرفته است.

یکی از ویژگی‌های شایان توجه در امتداد کمربند افیولیتی سبزوار در ورقه فرومد، خمیدگی و نیز گوه شدن و بسته شدگی (pinch out) در آن است که ساختمانی نظیر بودیناژ را تداعی می‌نماید. بطوریکه پهنای این کمربند افیولیتی در حدود ۱۷-۱۵ کیلومتر در خاور ورقه به حدود ۲/۵ کیلومتر در شمال روستای فرومد کاهش می‌یابد.

منطقه ساختاری جغتای در بخش میانی و شمالی ورقه از یک روند یکنواخت پیروی می‌کند. ویژگی‌های ساختمانی این منطقه بسیار ساده است و شامل یک راندگی جبهه‌ای و مجموعه‌ای از ساختمان‌های چین خورده و تک شیب است. پی سنگ این منطقه ساختاری متشکل از سنگ‌های دگرگونه و کریستالین به سن پرکامبرین است و بیرون‌زدگی‌های آن نیز تنها در امتداد جبهه کوهستان گسترش دارد و بنابراین به احتمال پی سنگ این منطقه ساختاری از نوع قاره‌ای است.

بطور کلی می‌توان عناصر ساختمانی موجود در ورقه فرومد را به دو گروه اصلی بخش کرد:

- کستگی و گسل‌ها

- چین‌های وابسته به گسلها (fault-related folds)

**شکستگی‌ها**

این عناصر ساختمانی از طریق انفصال مکانیکی در سنگها و جدایش آنها در امتداد سطوح ضعیف مشخص می‌شوند و نمایانگر حضور دگرشکلی شکننده در پوسته زمین هستند. این عناصر را می‌توان با توجه به میزان جابجایی انجام گرفته به موازات سطح شکستگی به دو گروه بخش کرد:

**گسل‌ها - خطواره و شکستگی‌های اصلی**

فراوان‌ترین اجزاء ساختمانی در ناحیه مورد مطالعه گسلها هستند که در این میان انواع فشاری یا راندگی از عمومیت بیشتر برخوردارند و انواع امتداد لغز که محلی‌اند از گسترش کمی برخوردارند. بیشتر گسلهای راندگی در منطقه ساختاری افیولیتی جای دارند. روند این گسلها بیشتر خاوری- باختری است ولی از WNW-ESE تا ENE-WSW تغییر می‌کنند. شیب آنها بطور کامل متغیر است و حالت برگشته، قائم تا کم شیب، حدود ۲۵ درجه تغییر می‌کند، بطوری که به ظاهر گسلهای راندگی شمالی‌تر پرشیب و انواع جنوبی کم شیب‌تر هستند. این وضعیت تا اندازه‌ای در مقاطع ساختمانی ضمیمه نقشه به نمایش گذارده شده است. بررسیهای صحرایی نشان می‌دهد که جوانترین گسلشهای راندگی متعلق به کواترنر است آنچنان که سنگهای افیولیتی بر روی نهشته‌های آبرفتی این زمان رانده شده‌اند. زیر به توصیف گسلهای راندگی اصلی در منطقه ساختاری افیولیتی سبزوار که در ورقه گسترش دارند، پرداخته می‌شود:

**گسله فرومد**

این گسله در روند شمال باختری- جنوب خاوری امتداد یافته و مرز میان انباشته‌های کنگلومرای PI<sup>c</sup> و آبرفتهای جوان Q<sub>1</sub> و Q<sub>2</sub> را در شمال روستای فرومد پدید می‌آورند این گسله به احتمال در شمار جوانترین گسله‌های موجود در جبهه کوهستان‌اند و نشانگر توسعه دگرشکلی به سوی حوضه جبهه خشکی در جنوب ورقه است. گسله فرومد بر روی تصاویر ماهواره‌ای دارای آرایش نردبانی است و متشکل از چندین قطعه مجزا است که آرایش با روند راستگرد را نشان می‌دهد. این قطعات دارای هم پوشانی نیز هستند. ادامه شمالی این گسله در انباشته‌های آبرفتی جوان چندان قابل ردیابی نیست.

**گسله روراندگی قلیچ**

این گسله در شمال خاوری روستای فرومد، در جنوب ورقه مورد بررسی، گسترش دارد و یکی از گسلهای اصلی ناحیه به شمار می‌آید که از گسترش طولی شایان توجه برخوردار است. این روراندگی مرز میان سنگهای افیولیتی و ائوسن را با نهشته‌های جوان‌تر کواترنری معین می‌سازد. شیب این گسله بطور کلی کم است و نزدیک به ۲۰-۳۰ درجه به سوی شمال است. وجود خمیدگی فراوان در اثر سطحی گسله نیز به خوبی شیب کم آن را تأیید می‌کند. در امتداد این گسله یکی از بزرگترین توده‌های نفوذی نیمه عمیق و جوان که در پایانی‌ترین جنوب خاوری ورقه دیده می‌شود، جایگیر شده است. فزون بر این نهشته‌های آتشفشانی- رسوبی ائوسن نیز در شمال روستای فرومد در امتداد این راندگی رخ می‌نمایند که بر روی نهشته‌های آبرفتی جوان کواترنری رانده شده‌اند. این گسله راندگی نیز همانند روند منطقه ساختاری افیولیتی سبزوار در منطقه مورد بررسی، دارای خمیدگی و تغییر روند همگانی است. آنچنان که از شدت گسلش و فراوانی آنها با نزدیک شدن به نقطه لولای خمیدگی کوهستان به شدت کاهش می‌یابد و به دو تا سه گسله محدود می‌شود. در دو سوی لولای خمیدگی بطور ناگهانی بر شدت گسلش راندگی در خاور و باختر آن افزوده می‌شود.

**گسله راندگی سیربابا**

این گسله در شمال کوه گر (علی‌آباد) و گسله قلیچ جای دارد و شیب آن ۳۰-۳۵ درجه به طرف شمال است. این گسله مرز بین سنگهای گابرویی، در شمال و سنگهای سرپانتینی و هارزبورژیته در جنوب، را مشخص می‌کند. در مرز میان این واحد خردشدگی و بخشهای فلسیک قطع کننده که به موازات گسله هستند از گسترشی قابل توجه برخوردار هستند. این گسله در ادامه به سوی باختر در به گسله قلیچ می‌پیوندد و ناپدید می‌شود.

**گسله راندگی سفید داغ**

این گسله در شمال خاوری فرومد و جنوب روستای منیدر جای دارد. شیب این گسله اگرچه چندان قابل اندازه گیری نیست اما با توجه به اعوجاج فراوان، گمان می‌رود کم شیب باشد و جهت شیب آن به سوی شمال باشد. این گسله مرز میان دیابازها، سرپانتینیت، سنگهای آتشفشانی ائوسن و رسوبات نئوژن، در شمال و مجموعه سنگهای مخلوط تکتونیکی و افیولیتی در جنوب را مشخص می‌سازد. گمان می‌رود که در امتداد این گسله مجموعه‌ای از توده‌های نیمه عمق بازیکی با ترکیب دیاباز جایگیر شده باشند. فزون بر آنها، بخشهای داسیتی نیز در خاور ورقه در مرز این گسله جایگیر شده‌اند که سن جایگیری شاید در نئوژن و یا پس از آن بوده باشد. این گسله از خاور به باختر، در آغاز به چند شاخه بخش می‌شود. ولی در شمال روستای فرومد به گسله قلیچ می‌پیوندد و ناپدید می‌شود.

**گسله راندگی منیدر**

این گسله مرز میان واحدهای آتشفشانی - رسوبی کرتاسه، افیولیتی در شمال و واحدهای مخلوط تکتونیکی، سنگهای آتشفشانی - رسوبی ائوسن و نهشته‌های نئوژن در جنوب را تشکیل می‌دهد. شیب این گسله ۲۵-۳۰ درجه بسوی شمال است اما مقدار آن متغیر است. در درازنای این گسله، توده‌های نفوذی نیمه عمیق داسیتی (da) پر شماری جایگیر شده‌اند. این گسله با گذر از شمال روستای منیدر، تغییر روند می‌دهد و به سوی باختر با روند ENE-WSW دنباله می‌یابد.

**گسله راندگی دوک**

این گسله مرز میان واحدهای آتشفشانی - رسوبی ائوسن و افیولیتی در شمال از یک سو و واحدهای آتشفشانی کرتاسه، ائوسن و رسوبات نئوژن در جنوب را پدید آورده است. شیب این گسله متغیر است و متأسفانه به علت نبود رخنمون مشخص از سطح گسله برای اندازه‌گیری شیب و امتداد آن، به دشواری می‌توان مقدار مشخصی را عنوان کرد. در امتداد این راندگی مقدار فراوانی توده‌های نفوذی نیمه عمیق (da) با ترکیب متوسط جایگیر شده‌اند. این گسله به سوی باختر به گسله راندگی دستوران می‌پیوندد و ناپدید می‌شود.

**گسله راندگی دستوران**

این منطقه گسله از اهمیت بسزایی برخوردار است چرا که این گسله مرز میان مجموعه آتشفشانی - رسوبی ائوسن و افیولیتی در جنوب و نهشته‌های رسوبی ائوسن و پلیوسن - کواترنر در شمال است. این گسله گسترش مجموعه افیولیتی را به سوی شمال محدود می‌کند، آنچنان که در شمال این گسله، رخنمونی از سنگهای افیولیتی وجود ندارد. شیب این گسله تند است و در بعضی از بخشها به نظر می‌رسد قائم و یا برگشته باشد فزون بر سنگهای افیولیتی، نفوذ توده‌های نیمه عمق داسیتی (da)، که کمر بند افیولیتی سبزوار از گسترش قابل ملاحظه‌ای برخوردار است نیز در شمال گسله دستوران ناپدید شده و هیچ آثاری از آنها مشاهده نمی‌گردد. این گسله نیز از شرق به طرف غرب در شمال روستای منیدر تغییر روند می‌دهد و امتداد آن از خاوری - باختری به شمال خاوری - جنوب باختری تغییر می‌کند.

**گسله راندگی میرحاج**

در جنوب دشت جغتای و در مرز میان نهشته‌های سنگ آهک کرتاسه و ائوسن، مجموعه‌ای از صفحات راندگی وجود دارند که باعث رانده شدن واحدهای کرتاسه بر روی نهشته‌های جوانتر شده‌اند. شیب این صفحات بر روی هم کم است و بصورت سفره‌های راندگی دیده می‌شوند. از این رو بیشتر رخنمون‌های کرتاسه این ناحیه به احتمال باید بگونه نابرجا باشند.

**گسله راندگی جغتای**

در بخش شمالی دشت جغتای، منطقه ساختاری وجود دارد که از طریق این گسله راندگی محدود می‌شود ولی به دلیل پوشیدگی و نیز حردشدگی سطح گسله به منظور اندازه‌گیری شیب و امتداد آن یافت نشد. به هر حال در امتداد این منطقه گسله سنگهای کهن دگرگونه، که پیشتر در چهارگوش جاجرم، هم‌ارز سازند کهر معرفی شده‌اند، رخنمون دارند. فزون بر این بخشهای دولومیتی قهوه‌ای و چرت‌دار هم ارز دولومیت سلطانیه رخنمون دارند. این منطقه گسله، به احتمال، حاشیه قاره‌ای حوضه کافتی را که در جنوب توسعه یافته بود، معین می‌سازد. به هر حال در امتداد این

منطقه گسله، بخشهایی از پی سنگ قدیمی و قاره‌ای این ناحیه نیز بیرون‌زدگی یافته‌اند. این منطقه گسله باعث محدود شدن نهشته‌هایی که به طور عمده قاره‌ای هستند به سوی جنوب می‌شود، آنچنان که نهشته‌های موجود در شمال آن بیشتر شامل کنگلومرا، ماسه سنگ و مارن‌های ژئوپس‌دار است که ساختمانی ساده دارند و تاریخ دگرشکلی آن چنین می‌نماید که بسیار ساده‌تر از منطقه ساختاری افیولیتی سبزوار باشد. حضور توده‌های نفوذی نیمه عمق در امتداد این گسله در چند محل شناسایی شده است. اما این رخنمون‌ها بر روی هم بسیار پست و به شدت گرسان شده‌اند و به نظر نمی‌رسد که از نظر زمانی با انواع بیرون زده در بخش جنوبی ورقه، از نظر سنی یکسان باشند.

#### گسله راندگی چشمه سرخه

در پایانی‌ترین شمال خاوری ورقه فرومد، گسله راندگی جای دارد که به نظر می‌رسد دارای مؤلفه امتدادلغز قابل توجهی باشد. این گسله باعث محدود شدن گسترش نهشته‌های پالئوزوئیک، مزوزوئیک و ائوسن به طرف جنوب می‌شود. از سوی دیگر گسله چشمه سرخه، گسترش صفحات روراندگی پرشماری را که در شمال آن جای دارند بطور ناگهانی محدود می‌سازد. منطقه ساختاری محدود شده به وسیله گسله چشمه سرخه دارای تاریخ دگرشکلی پیچیده‌ای است. می‌توان شواهدی از دو منطقه دگرشکلی یا وضعیت پیشرونده (progressive) در بخشهایی از آن ملاحظه کرد. روند این گسله شمال باختری- جنوب خاوری است و شیب آن نیز تند است ولی متأسفانه به علت پوشیده شدن سطح گسله امکان اندازه‌گیری شیب و امتداد آن میسر نشد.

#### خطواره و شکستگی‌های اصلی

علاوه بر گسله‌های اصلی ناحیه که بیشترشان فشاری‌اند، در بخشهای گوناگون ورقه، شکستگی‌های مهم مشاهده می‌شوند که از گستردگی چشم‌گیر برخوردارند و گاهی جابجایی‌های کوچک از نوع امتدادلغز بر روی آنها قابل شناسایی است. اما به علت کوچک بودن جابجایی، در مقایسه با درازای شکستگی، در اینجا، آنها را به عنوان شکستگی‌های اصلی (master joint) مورد توجه قرار می‌دهیم. یکی از ویژگیهای آشکار شکستگی‌های ناحیه، عمود آنها نسبت به روند گسله‌های راندگی موجود است. آنچنان که به طور کلی شکستگی‌های مهم عمود بر گسله‌های راندگی‌اند و گاهی اوقات نیز باعث جابجایی کوچک در طول امتداد آنها می‌شوند. به نظر می‌رسد این گروه از شکستگی‌ها با انواع (tear frac) قابل مقایسه باشند. گاهی اوقات شکستگی‌ها بصورت جفت‌های متقاطع نمایان می‌شوند که دارای روندی متفاوت از انواع پیشین هستند. اما به هر حال شیب آنها تند و یا قائم است. در جفت‌های دوتایی متقاطع گاهی ملاحظه می‌گردد که یکی از آنها دارای جابجایی کوچک امتدادلغز بصورت راست‌گرد یا چپ‌گرد است و واحدهای سنگی و یا حتی شکستگی‌های پیشین را جابجا کرده‌اند.

#### چین‌های وابسته به گسله (fault-related folds)

اگرچه ساختمانهای چین خورده در ورقه مورد بررسی از گستردگی بسیار محدود برخوردارند اما انواع مشاهده شده نشان دهنده نکات پر اهمیتی در ناحیه هستند. نخست دگرشکلی چیره در ناحیه مورد بررسی، بیشتر، از نوع شکننده است. دوم، چین‌های دیده شده در وابستگی با گسلش راندگی و گاهی امتدادلغز بوده‌اند. ابعاد چین‌ها و نیز شیوه آنها به طور کامل متغیر بوده است. آن چنان که انواع ریز چین در مقیاس دستی که در بیشتر جاها در نهشته‌های کرتاسه (K<sup>v</sup>) و رسوبات همراه سری افیولیتی دیده می‌شود، دارای سبک چین خوردگی همسان‌اند و با دگرگونی درجه پائین تا متوسط (رخساره شیبست سبز) همراهند. در حالیکه گروهی گسترده از چین‌های بزرگ مقیاس و کوچک وجود دارند که بیشتر، در نهشته‌های ائوسن دیده شده‌اند و دارای سبک چین خوردگی هم ضخامت یا خمش- لغزش‌اند و با دگرگونی نیز همراه نیستند. شماری از گسله‌های راندگی همراه خود دارای چین‌هایی بصورت تاقدیس و یا ناودیس هستند که به عنوان نمونه می‌توان از چین خوردگی در جبهه آهکهای کرتاسه در جنوب دشت جغتای و یا ناودیس موجود در شمال گسله راندگی جغتای یاد کرد. فزون بر این گروه از چین‌ها، یک مورد از چین خوردگی دوباره به احتمال با الگوی شماره دو ارائه شده توسط رمزی و همکار (۱۹۸۳) قابل مقایسه است.

#### ماگماتیسم

سنگهای ماگمایی در ورقه فرومد، در بیشتر موارد، به دو گروه اصلی قابل تفکیک هستند:

- دسته نخست سنگهای ماگمایی وابسته به سری افیولیتی و  
- دسته دوم سنگهای ولکانیک و توده‌های نیمه عمق که متعلق به کرتاسه، ائوسن و نئوژن هستند.  
گروه اخیر از دیدگاه خاستگاه، بطور کامل متمایز از سنگهای ردیف افیولیتی‌اند و بیشتر، در اثر تکاپوهای ماگمایی متعاقب و در یک رژیم دینامیک متفاوت حاصل شده‌اند.

#### سنگهای ردیف افیولیتی

بر پایه تعریف کلاسیک ردیف افیولیتی هنگامیکه مجموعه‌ای از سنگهای سری اولترامافیک مانند دونیت، پریدوتیت و سرپانتینیت به همراه سریهای بازیک از قبیل گابرو، دیاباز و پیلولاوا قرار گرفته و با مجموعه‌ای از رسوبات نظیر رادیولاریت-فلیش و ردیف‌های آهکی پلاژیک نواحی عمیق همراه گردند، بدان مجموعه افیولیتی اطلاق خواهد شد. اما در این بخش منظور از سنگهای ردیف افیولیتی انواعی چون، دونیت، هارزبورژیت، سرپانتینیت و سریهای بازیک همراه آنها است.

بگونه مشخص، مناطق دارای بیرون‌زدگی‌های سنگهای ردیف افیولیتی، بطور کلی بعنوان نواحی رخنمون یافته بقایای پوسته اقیانوس قدیمی، مورد توجه قرار می‌گیرند. مجموعه افیولیتی سبزوار بعنوان یکی از مهمترین مناطق افیولیتی در شمال خاور ایران به شمار می‌آید چراکه این مجموعه از گسترشی قابل توجه برخوردار است و بگونه نسبی از تأثیرات تکتونیک فزاینده کوهزایی آلپی تا اندازه‌ای مصون مانده است.

سنگهای اولترامافیک بیرون زده در ناحیه مورد بررسی، بگونه‌ای فراگیر شامل هارزبورژیت و دونیت‌اند که بطور معمول در اثر دگرسانی به انواع سرپانتینیتی تبدیل شده‌اند، آنچنان که شدت دگرسانی در بخشهای گوناگون بطور کامل متغیر است.

گسترش و توزیع سنگهای اولترامافیک در ورقه فرومد، بر روی هم به بخش جنوبی آن و در منطقه ساختاری افیولیتی سبزوار محدود می‌شود. این سنگها بطور کلی توسط گسلهای راندگی محدود شده‌اند و بگونه‌ای فراگیر دارای خردشدگی و گسلش‌های فراوان در داخل خود هستند. در میان سنگهای اولترامافیک انواع با ترکیب هارزبورژیت و دونیت از بیشترین‌اند. چنین می‌نماید که انئاع دونیتی در بخش جنوب باختری ورقه و هارزبورژیت‌ها در نواحی جنوب خاوری گسترش بیشتری داشته باشند. فزون بر این، بخشهای قطع کننده روشن رنگ رودنگیت و گابروهای رودنگیتی شده نیز بصورت محلی در پریدوتیت‌ها، به ویژه در بخشهای سرپانتینیتی شده، نیز به فراوانی دیده می‌شوند.

دونیت‌های با رنگ هوازده قهوه‌ای تا قهوه‌ای مایل به زرد قابل رویت‌اند. مطالعات میکروسکوپی نشان می‌دهد که کانی اصلی در آنها اولیوین است که اندازه بلورهای آن بسیار درشت تا ریز است و در بسیاری موارد می‌توان دگرسانی آنها را به سرپانتینیت گواه بود. این پدیده به ویژه در محل درزه‌های میکروسکوپی و شکاف‌ها گسترش می‌یابد و منظره‌ای مشبک به سنگ می‌بخشد. فزون بر اولیوین، کانیهای ارتوپیروکسن از مهمترین سازنده‌های سنگهای اولترامافیک به شمار می‌آیند که بگونه‌ای فراگیر بصورت بی‌شکل تا نیمه شکل‌دار است. درز و شکافهای موجود در این کانیها در بیشتر جاها توسط اکسیدهای آهن و کربنات کلسیم پر شده است. بافت این سنگها بیشتر گرانوبلاستیک تا پوئی کیلیتیک و گاهی کومولایی است. اگرچه سنگهای اولترامافیک موجود در ورقه فرومد از هارزبورژیت و دونیت پدید آمده اما به همراه آنها بصورت فرعی می‌توان لرزولیت را نیز گواه بود که از نظر ظاهر همسان با هارزبورژیت است و تنها از دیدگاه ترکیب کانی شناختی در مطالعات میکروسکوپی از آنها متمایز می‌شوند. در این سنگها فزون بر اولیوین، مجموعه‌ای از ارتوپیروکسن و کلینوپیروکسن را می‌توان ملاحظه کرد. مهمترین کانیهای پیروکسن عبارتند از برونزیت و اوژیت که به همراه اولیوین‌اند و اندازه کمی نیز از پلاژیوکلاز کلسیک نیز گاهی قابل تشخیص است. بافت‌های سنگ بگونه فراگیر گرانوبلاستیک و پوئی کیلیتیک است.

سرپانتینیت‌ها از فراوان‌ترین سنگهای اولترامافیک موجود در ناحیه به شمار می‌آید. این سنگها در حقیقت فرآورده پدیده سرپانتینیتی شدن سنگهای اولترامافیک اولیه است که این فرآیند بطور معمول از گسترش زیاد در میان مجموعه‌های اولترامافیک برخوردارند. سرپانتینیت‌ها بصورت بخشهای گسترده و نیز عدسی شکل در طول گسلهای راندگی در جنوب ورقه نمایان می‌شوند. این سنگها گاهی اوقات به شدت هوازده‌اند و گاهی نیز به شدت اکسیده. گاهی

اوقات در این سنگها ساخت‌های تورق پذیری نیز دیده می‌شود. رنگ آنها نیز بسیار متغیر است، آنچنان که از انواع سبز، سبز-قهوه‌ای تیره تا روشن تغییر می‌کنند. سختی این سنگها بطور معمول پائین است و به سختی می‌توان نمونه دستی مناسبی را تهیه نمود.

فزون بر سنگهای اولترامافیک، انواع بازیک نیز در روقه فرومد از گسترش خوبی برخوردارند. از مهمترین سنگهای این گروه می‌توان از گابروها و نیز انواع نیمه عمق آن نام برد. همچنین گدازه‌های بالشی که بطور معمول به عنوان بخش بالای ردیف افیولیتی در نظر گرفته می‌شود، نیز از گسترش خوبی برخوردارند.

گابروها بطور معمول به عنوان سنگی با خاستگاه ماگمایی؛ فراورده ذوب بخشی پریدوتیت‌ها، در نظر گرفته می‌شوند. این سنگها بطور معمول در بخش جنوب شرقی ورقه گسترش دارند و در وابستگی تنگاتنگ با ردیف‌های اولترامافیک دیده می‌شوند. در جنوب خاوری ورقه فرومد رخنمونی شایان توجه از سنگهای گابرویی گسترده شده که دارای روند خاوری-باختری‌اند و در درازنای گسل راندگی جای دارند. فزون بر این رخنمون گسترده در بخشهای شمالی منطقه، ساختاری افیولیتی نیز رخنمونهای محدودی از گابرو مشاهده شده است. این سنگها بگونه‌ای فراگیر در تصاویر هوایی و ماهواره‌ای روشن رنگ‌تر از انواع اولترامافیک‌اند و بیشتر به واسطه دگرسانی، خاکستری تا خاکستری-سبز دیده می‌شوند. این سنگها در مقایسه با انواع اولترامافیک سخت‌ترند و ریختاری به نسبت خوب دارند. بافت آنها ریزدانه تا متوسط متغیر است و گاهی نیز دارای بلورهای درشت در رخنمونهای محلی هستند. ترکیب آنها گابرو تا مونزوگابرو است و بصورت محلی تا ملانودیوریت نیز تغییر می‌کنند. بسیاری از بخشهای گابرویی دچار دگرگونی ضعیفی شده‌اند، آنچنان که در حدی شایان توجه، پرهینیتی شدن در آنها گسترش یافته است. چنین می‌نماید که دگرسانی وسیع و گسترش کانیهای دگرگونی در آنها ناشی از فشارهای وارده در هنگام جایگیری آنها باشد. فزون بر گابروهای گرانولار، انواع لایه‌ای نیز در مجموعه افیولیتی سبزوار گزارش شده است، که بگونه تبدیل تدریجی واحدهای اولترامافیک لایه‌ای به این نوع گابرو است. به جز چند رخنمون کوچک و محدود از این گروه گابروها، رخنمون قابل برداشتی از این سنگها مشاهده نشد.

بالاترین بخش ردیف افیولیتی از نظر ماگمایی، واحد گدازه‌های بازیک است که مشخصه آنها ساخت بالشی است. این واحد آذرین از ذوب مواد گوشته و انتقال مواد مذاب به کف اقیانوس پدید می‌آید. این سنگهای بازیک بطور معمول با آهکهای پلاژیک، شیل و بصورت فرعی با رادیولاریت همراهند.

#### سنگهای ناوابسته با سری افیولیتی

این گروه از سنگهای آذرین از تنوع زمانی و ترکیبی گسترده‌تر نسبت به سنگهای سری افیولیتی برخوردارند. کهن‌ترین واحدهای شناخته شده وابسته به این گروه، متعلق به سنگهای آتشفشانی کرتاسه است. این مجموعه پی‌آمد تکاپوهای آتشفشانی همزمان با رسوبگذاری در نواحی دریایی است و دارای مقادیر زیادی گدازه‌های اسپیلیتی و مواد پیروکلاستیک نیز هست که با نهشته‌های دریایی درهم آمیخته‌اند.

اما مهمترین سنگهای آذرین در مجموعه سنگهای ناوابسته با سری افیولیتی، را سنگهای آتشفشانی ائوسن پدید می‌آورند. این ردیف زیر نام عنوان سنگهای ماگمایی پس از سری افیولیتی (post ophiolitic sequence) معروف هستند. پراکندگی این سنگها نیز بگونه فراگیر، از روند کلی گسلهای اصلی راندگی موجود پیروی می‌کنند و کنترل می‌شوند. این گروه بطور معمول به پیکر مجموعه‌ای از سنگهای آتشفشانی و گدازه به همراه پیروکلاستیک و آتشفشانی-رسوبی مربوطه‌اند. وابستگی این واحدهای آذرین با یکدیگر و نیز سنگهای افیولیتی بگونه فراگیر بصورت گسله و غیر عادی است. بعلت گسلش فراوان به تقریب نمی‌توان ردیف کاملی از آنها را یافت و توصیف کرد. بدین ترتیب نمی‌توان ضخامت مشخصی را برای آنها برآورد کرد اما با مقایسه با نواحی پیرامون، به احتمال، ضخامت آنها بالغ بر چند کیلومتر بوده است. ترکیب کلی سنگهای آذرین وابسته به ائوسن از ریشه آندزیت تا بازالتی است و در آن می‌توان بازالت، آندزیت‌های اولیوین‌دار یا آمفیبول‌دار و غیره را گواه بود. فزون بر این، سنگهایی چون توف، توف برش، کریستال-لیتیک توف، توفیت نیز در مجموعه سنگهای آتشفشانی ائوسن دیده می‌شوند. گسترش و پراکندگی سنگهای آتشفشانی بطور معمول در بخش جنوبی راندگی دستوران متمرکز است اما در شمال این راندگی واحدهای رسوبی-



آتشفشانی ائوسن از گسترشی شایان توجه برخوردارند. مجموعه اخیر به پیکر ردیف ضخیم و دارای چین خوردگی پرشمارند و در بخش شمالی ردیف افیولیتی ریختاری پست به تماشا می‌گذارند.

سنگهای آذرین که با ترکیب متوسط از نظر زمانی از الیگوسن تا پلیستوسن را پوشش می‌دهند نیز در شمار مهمترین انواع بیرون زده در ورقه فرومد هستند. این گروه بگونه‌ای فراگیر در کمربند افیولیتی دیده می‌شوند اما گاهی در نواحی شمالی دشت جغتای و در امتداد گسله راندگی جغتای نیز رخنمونهایی دگرسان شده از آنها دیده می‌شود. این سنگها بطور معمول بصورت نفوذی و قطع کننده در ردیف افیولیتی و سایر واحدهای موجود در ورقه دیده می‌شوند. از نظر ترکیب سنگ شناسی در رده کوارتز تراکی آندزیت و داسیت آندزیتی جای گرفته و سرشت آنها نیز همانند سنگهای آتشفشانی ائوسن از لحاظ ژئوشیمیایی، کالک آلکالن است. بررسیها نشان می‌دهد که به احتمال ماگمای کالک آلکالن در اثر تفریق از یک ماگمای آلکالن بوده و سنگهای آندزیت، داسیت، دارای یک ارتباط پیوسته با انواع آندزیت- بازالت است و می‌توان یک گرایش از آندزیت، داسیت و ریولیت را گواه بود (اسپینر و همکاران ۱۹۸۳). این روند ژئوشیمیایی، همانند آن چیزی است که در سنگهای آتشفشانی کمربند ساختاری ارومیه- دختر گزارش شده است.

گسترش فراوان توده‌های قطع کننده و نیمه عمق داسیتی در بخشهای گوناگون کمربند افیولیتی در جنوب ورقه به ویژه در کوه گر در جنوب خاوری‌ترین نقطه ورقه در امتداد گسله راندگی قلیچ از آشکارترین نمادهای ماگمایی در ورقه فرومد به شمار می‌آید. این توده‌های داسیتی از نظر ابعاد و شکل دارای تنوع زیادی هستند. توزیع آنها به موازات گسله‌های راندگی است این احتمال نیز وجود دارد که شرایط ژئودینامیکی برخورد و بالآمدگی پوسته اقیانوسی، همراه با روراندگی بر روی پوسته قاره‌ای، نقشی مهم را در تکوین و جایگیری توده‌های داسیتی داشته باشد.

#### دگرگونی

سنگهای دگرگونه در ناحیه مورد بررسی به احتمال به دو گروه اصلی قابل تفکیک هستند:

- سنگهای دگرگونه پرکامبرین- پالئوزوئیک - سنگهای دگرگونه مزوزوئیک

گروه نخست سنگهای دگرگونه بگونه‌ای فراگیر، در شمال دشت جغتای و در راستای گسله راندگی جغتای بیرون زدگی دارند و بخشی کوچک از آنها نیز در شمال خاوری ورقه و گسله راندگی چشمه سرخ دیده می‌شود. سنگهای دگرگونه با سن پرکامبرین هم ارز سازند کهر، به پیکر مجموعه‌ای از شیبست‌های تیره رنگ به شدت خرد شده و دگرسان هستند که بصورت گسله بر روی انباشته‌های جوان آبرفتی رورانده شده‌اند. سن دگرگونی در این سنگها به اواخر پرکامبرین نسبت داده می‌شود که با توجه به نبود شواهد کافی به دشواری می‌توان بر آن تأکید کرد. در نواحی شمال خاوری ورقه رخنمون‌هایی محدود از سنگهای پالئوزوئیک بصورت تفکیک نشده وجود دارند که دارای دگرگونی ضعیف بوده‌اند. به هر حال، مهمترین ردیف‌های دگرگونی در ردیف افیولیتی سبزوار به سنگهای دگرگونه مزوزوئیک اختصاص دارد که در وابستگی به فازهای آلپ پائینی و گسترش حوضه احتمالی اقیانوسی در این ناحیه و بسته شدن در سرانجام‌های مزوزوئیک است. اگرچه رخنمونهای اصلی سنگهای دگرگونه یاد نشده در بیرون ورقه فرومد است، اما رخنمونهایی محدود از شیبست، آمفیبولیت تا اسلیت و نیز مجموعه مخلوط تکتونیک و سنگهای آتشفشانی کرتاسه مشاهده شده است که به شدت گسلیده و چین خورده‌اند. فزون بر آن سنگهای مافیک نیز در ناحیه دگرگونی ضعیفی را نشان می‌دهند. از این رو فرآیند دگرگونی از نظر زمانی، نوع و شدت دارای طیفی گسترده است.

در ناحیه مورد بررسی سه واحد از مجموعه افیولیتی، بگونه مشخص، از خود دگرگونی استاتیک نشان می‌دهند.

- گدازه‌های بالشی - گابروها - دایکهای دیابازی

بازالت‌های بالشی منطقه به دلیل تخلخل و منافذ فراوان برای نفوذ و گذر آن، دارای قابلیت بالقوه خوبی هستند و در اثر دگرگونی استاتیک کانیهای ثانویه‌ای نظیر کلسیت، اپیدوت، کلریت و اسفن در آنها پدیدار شده است، که با توجه به بررسی‌های انجام شده پیترز و همکاران (۱۹۹۱) دگرگونی این سنگها در حد رخساره پرهنیت- پومیلی‌ایت بوده است.

گابروهای موجود در منطقه مورد مطالعه نیز از خود تأثیرات دگرگونی استاتیک را نشان می‌دهند؛ آن چنان که در این سنگها هورنبلند، اکتینولیت، اسفن، پلاژیوکلاز، کلریت و اپیدوت بصورت ثانویه پدیدار شده‌اند. این کانیها نشان می‌دهند

که دگرگونی استاتیک در این سنگها به احتمال در حد رخساره شیبست سبز بوده است چراکه این سنگها در مقایسه با بازالت‌های بالشی به مراتب از عمق بیشتری برخوردار بوده‌اند.

دایکهای دیابازی بطور کلی در داخل سنگهای هارزبورژیته نفوذ نموده و ژرفای پیدایش آنها نیز می‌بایستی زیاد بوده باشد. بنابراین می‌توان دگرگونی درجه بالایی را برای این واحدها در حد رخساره آمفیبولیت انتظار داشت. این دایکها دارای کانیهای ثانویه نظیر هورنبلند، پلاژیوکلاز، اسفن، بیوتیت، کوارتز و کلریت‌اند که این کانیها به خوبی رخساره فوق را برای آنها تأکید می‌کند.

فزون بر دگرگونی استاتیک، مجموعه افیولیتی و نهشته‌های همراه آن نیز دچار دگرگونی دینامیکی نیز شده‌اند. بطور کلی اثر کوهزایی آلیپی در کرتاسه بالایی در چهره دگرشکلی و دگرگونی در کل ناحیه افیولیتی سبزوار تأثیر گذارده و باعث شده تا رخساره‌های جدید که وابسته به دگرگونی دینامیکی شکل بگیرند. بر پایه مطالعات علوی تهرانی (۱۹۷۷) رخساره‌های دگرگونی شدید و جوانتر آلیپی را می‌توان به دو گروه تفکیک نمود:

- فاز دگرگونی اصلی که در آن فشار بالا و حرارت پائین شرایط حاکم بوده است و سرانجام  
- فاز دگرگونی که در آن حرارت بالا، فشار به نسبت پائین بوده است. در دگرگونی فشار بالا و حرارت پائین سنگها در رخساره شیبست سبز پدیدار شده‌اند که سپس با افزایش حرارت مجموعه‌های بلوری جدیدی پدیدار شد، آن چنان که کلریتی شدن شدید آمفیبول گلوکوفان و گارنت آلماندن را به این پدیده نسبت داده‌اند (علوی تهرانی ۱۹۷۷).

### زمین شناسی اقتصادی

پتانسیل معدنی - اقتصادی ورقه فرومد، در طول کمربند افیولیتی متمرکز است. این کمربند به واسطه حضور گسترده سنگهای هارزبورژیته - دونیتی که به عنوان بستر مهم و اصلی کانسارهای کرومیت به شمار می‌آید، سالهاست که مورد توجه است و کارهای معدنی از مطالعات اکتشافی تا استخراج کرومیت دارای گذشته‌ای بس دراز در درازنای در طول کمربند افیولیتی سبزوار است. امروزه می‌توان معادن فعال و غیرفعال و نیز اندیس‌های کرومیتی پرشماری را در درازنای کمربند افیولیتی واقع در ورقه فرومد گواه بود.

به تقریب هشتاد درصد سنگهای اولترامافیک از هارزبورژیت پدید آمده است. در داخل این سنگها می‌توان حضور عدسیهای منظم توده‌ای تا نامنظم از سنگهای دونیتی را گواه بود؛ آن چنان که سنگهای اخیر در همگامی با فولیاسیونهای هارزبورژیت‌اند و گاهی نیز بصورت نامنظم و بی ارتباط با ساختمان آنها، در پیکره‌های هارزبورژیته پراکنده‌اند. این مطلب از آن جهت حائز اهمیت است که به تقریب اکثر توده‌های اقتصادی کرومیت‌ها در داخل دونیت‌ها قرار دارند و از ساختمان آنها به ظاهر پیروی می‌کنند. انباشته‌های کرومیتی در این سنگها بگونه‌ای فراگیر به اشکال عدسیهای کوچک و بزرگ و یا انبانی شکل (podiform) هستند. گمان می‌رود که بیشتر کانسارهای موجود در ناحیه با سیستم‌های شکستگی اصلی، به ویژه گسلهای راندگی در وابستگی باشند. توزیع فضایی کانسارها نیز تا اندازه‌ای زیاد با عناصر ساختمانی ناحیه هماهنگ است. بطور مشخص کانسارهای موجود در ورقه را می‌توان به دو گروه متمرکز و یا پراکنده ملاحظه کرد.

ناحیه معدنی سرور شمال روستای فرومد و نیز بخشهای شمالی روستای فیروزآباد که به ناحیه معدنی مسیح‌آباد نیز شهرت دارد از مناطق فعال در زمینه بهره‌برداری کرومیت و استخراج آن است. امروزه بررسیهای زمین شناسی و اکتشافی منجر به شناسایی اندیس‌های جدیدتری از کرومیت در ناحیه شده است که عملیات استخراجی بر روی آنها در حال انجام است. فزون بر کرومیت، آثار فراوانی از منیزیت در سرپانتینیت‌ها به ویژه در نواحی دگرسانی شدید در سنگهای اولترامافیک وجود دارد نیز در ناحیه مورد بررسی مشاهده شده است.

در جنوب روستای آزادور و نزدیکی روستای الله‌آباد منابع قرضه‌ای از آهکهای کرتاسه وجود دارد که امروزه توسط راه آهن سراسری ایران در حال بهره برداری است.