

فصل دوم

گنبد های نمکی

۲-۱- مقدمه:

گنبد های نمکی یکی از ساختار های مهم در مطالعات زمین شناسی می باشند. گنبد های نمکی در اثر پدیده ای به نام دیاپیریسیم شکل می گیرند که نحوه و مکانیسم تشکیل و حرکت آن مورد بحث های زیادی بوده است. حضور گنبد های نمکی در هر منطقه موجب ایجاد مورفولوژی خاص در آن منطقه شده و بر ویژگی های تکتونیکی منطقه اثرات بسزایی خواهد گذاشت.

دیاپیرهای نمکی یکی از مسائل مورد توجه در اکتشاف نفت می باشند. تاثیرات گنبد های نمکی در به دام انداختن هیدروکربن ها و اثرات تخریبی و یا مفید آنها بر سنگ مخزن و سنگ پوش و همچنین تاثیر نمک بر خود هیدروکربن از مسائل مهم و مطرح در زمین شناسی نفت است.

هم چنین کانی سازی هایی که در اطراف گنبد ها صورت می گیرد مانند کانیهای فلزی و کانی های مهم و اقتصادی موجود در خود گنبد ها (کانیهایی مانند هالیت، پتاس و ...) آنها را مورد توجه زمین شناسان قرار داده است.

۲-۲- دیاپیریسیم

واژه دیاپیریسیم در زبان یونانی به معنی *سوراخ کردن* است و به پدیده ساختاری اطلاق می گردد که طی آن مغزه ای از مواد شکل پذیر (ductile) رو به بالا در ترادفهای سنگی تزریق شده و ممکن است مدفون باقی مانده و یا در سطح زمین ظاهر گردد. به عبارتی دیگر دیاپیر عبارت از چین گسیخته می باشد و نه یک هسته شکل پذیر و نه یک سوزن یا توده نفوذی.

دیاپیریسیم می تواند به صورت یک پدیده ماگمایی و یا حاصل از بالا آمدگی گنبد های نمکی باشد. در مورد دیاپیریسیم ماگمایی استدلال بر این است که ماگما یا به صورت مذاب بوده و یا در طی مسیر به سمت بالا به صورت مذاب در می آید. در مورد دیاپیرهای هالیت، رس یا ماسه این استدلال نمی تواند درست باشد. این دیاپیرها در نقاطی ایجاد می شوند که فشار در آنها حاکم

است. دیاپیره‌های رسی یا گلی بیشتر در محیط‌های دلتایی یافت می‌شوند. یک پوشش از شیل دیاپیری اغلب در پهلوها و یا گاهی روی ستیغ یک دیاپیر نمکی دیده می‌شود.

۲-۲-۱- ویژگی‌های دیاپیر

- شکل خارجی دیاپیرها به شدت متغیر است. دیاپیره‌های نمکی از دیواره‌های نمکی طویل تا پیکره‌های دارای کشیدگی محدودتر و بیضوی شکل تا ساختمان‌های نیمه دایره تغییر می‌کنند.

- شکل ستیغ دیاپیرها بسیار تغییر پذیر است. در بعضی نواحی، گسیختگی یکی از مشخصه‌های منطقه ستیغ است که علت آن توسعه سوزن‌ها و یا فروریزش پس از شکستگی روباره نمک و چرخش آب است. جایی که منطقه ستیغ دست نخورده است، ممکن است دیاپیر دارای سطح فوقانی به شکل مسطح یا به شکل گنبد باشد که اغلب شامل توسعه یک پوش سنگ است. در بعضی موارد، یک دیواره معلق در حال توسعه است که علت آن کشش جانبی شبیه قارچ در قسمت فوقانی نمک است.

- بسیاری از دیاپیره‌های نمکی قله‌هایی دارند که حاوی یک ساختمان مسطح و لایه ای است که گاهی چند صد متر ضخامت دارد و به عنوان پوش سنگ شناخته می‌شود. این لایه بندی دارای مقادیر متفاوتی از مواد مختلف مانند انیدریت، ژیپس، کلسیت، گوگرد است. وجود پوش سنگ مربوط به تجمع باقیمانده‌های غیر قابل حل ستیغ سنگ نمک در حال صعود می‌باشد که بیشتر از سایر قسمت‌ها در معرض انحلال توسط آب سازندی است. این مواد غیر قابل حل به شدت متراکم خواهند بود و در طی صعود نمک کاملاً سخت می‌شوند. روباره‌ی یک دیاپیر اغلب به شدت گسیخته و شکسته می‌شود و انحلال و فرو ریزش در آن روی می‌دهد.

- مساحتی که گنبد‌های نمکی در سطح زمین اشغال می‌کنند، معادل قطر ساقه اصلی خود گنبد نیست زیرا با جریان یافتن نمک در اطراف ساقه گنبد (که در اصطلاح نمک سار گفته می‌شود)، گسترش سطحی خیلی بیشتر از قطر ساقه نمک است.

۲-۲-۲- حرکت نمک:

حرکت نمک یا توسعه یک دی‌پایر فرایندی سه مرحله‌ای است (شکل ۲-۱) که شامل:

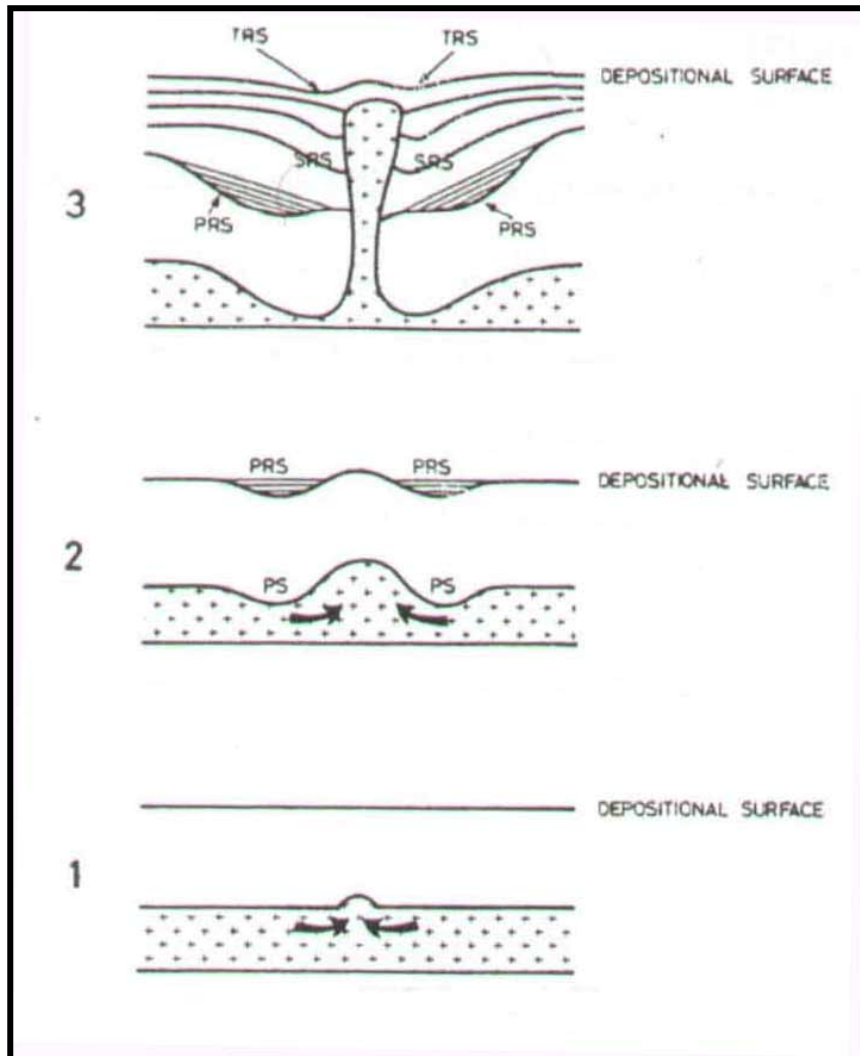
۱- قبل از بالا آمدگی Pre-Pier cement

۲- مرحله بالا آمدگی Pier cement

۳- بعد از بالا آمدگی Post-Pier cement

- مرحله قبل از بالا آمدگی: یک برآمدگی ضخیم، در لایه نمک توسعه می‌یابد که همراه با آن یک گودال پیرامونی در قسمت فوقانی نمک در برگزیده برآمدگی، به وجود می‌آید و در سطح رسوبگذاری فوقانی که با امکان ضخامت چندین هزار فوت، فرونشینی به نام سنکلاین حاشیه‌ای اولیه به وجود می‌آید و رسوبات در این سنکلاین نهشته می‌شوند. رسوب گذاری در سنکلاین از شکل گودال پیرامونی تأثیر می‌گیرد و به تبع آن متاثر از شکل برآمدگی نمک است. ضخامت رسوبات در سنکلاین حاشیه‌ای به سمت برآمدگی نمک کاهش می‌یابد.

- مرحله بالا آمدگی: اگر نمک روبراه را سوراخ کند، صعود آن سریعتر خواهد بود و در نتیجه روبراه سریعتر فرونشست خواهد نمود. میزان فرونشستگی به سمت دی‌پایر بیشتر است، در نتیجه ضخامت رسوبات به سمت دی‌پایر بیشتر می‌گردد. در این حالت رسوبات در سنکلاین حاشیه‌ای ثانویه که مشخصه مرحله سوراخ کردن است، نهشته می‌شوند. در این مرحله نمکی که به بالا صعود می‌کند، ممکن است فقط از بخش‌های عمیق‌تر منشأ بگیرد و نه از کل نمک.



شکل ۱-۲- نمایش نموداری تمام مراحل تکامل یک دیاپیر که از ۱ - شروع شدن برآمدگی تا ۲- مرحله قبل از

سوراخ کردن تا ۳- مراحل سوراخ کردن و پس از سوراخ کردن

PS = گودال پیرامونی

PRS = سینکلاین حاشیه ای اولیه

SRS = سینکلاین حاشیه ای ثانویه

TRS = سینکلاین حاشیه ای ثالث یا مرتبه سوم

معمولاً ستیغ روباره در معرض فرسایش قرار می گیرد. این امر منجر به نهشته شدن مجدد فرآورده های فرسایشی در سنکلاین حاشیه ای اولیه می گردد و در اثر کاهش تدریجی بار روباره و افزایش بار در سنکلاین حاشیه ای موجب شتاب بخشیدن به صعود نمک خواهد شد. مرحله قبل از سوراخ کردن با مرحله سوراخ کردن ممکن است با تغییر رخساره آب شیرین تا رخساره آب عمیق مشخص گردد.

- مرحله بعد از بالا آمدگی: بعد از اتمام مرحله سوراخ کردن در بعضی موارد در اثر رسوبگذاری رسوبات جوان، بالا آمدگی نسبتاً کوچکی از نمک به وجود می آید و در اثر فرونشست رسوبات، سنکلاین حاشیه ای سوم بوجود می آید. این سنکلاین اغلب به علت تشکیل گسل و گرابن و انحلال از بین می رود.

در صورتی که تمام رسوبات سنکلاین حاشیه ای اولیه در حال فرسایش از بین نروند، فرونشینی شدید همراه با مرحله سوراخ شدن موجب ایجاد یک شکل نیمه کمائی خواهد شد که به سمت دیپایر نازک می گردد. به واسطه همین ویژگی این رسوبات از رسوبات با ضخامت یکسان قبل از حرکت و رسوبات ضخیم سنکلاین حاشیه ای ثانویه متمایز می شوند. زمانی که دو یا چند دیپایر نمکی به طور همزمان نمو می یابند ساختمان نیمه کمائی ممکن است بین آنها کامل شود که به خاطر شکل آن در مقطع عرضی، ساختمان لاک پشتی نامیده می شود.

حرکت نمک به سمت بالا با دو فرآیند زیر توضیح داده می شود:

- هالوتکتونیک (halotectonism): زمانی که استرس فشارشی بر روی یک ستون

استراتیگرافی حاوی نمک وارد می شود.

- هالوکینز (halo kinesis): مربوط به زمانی است که یک روباره چگال تر روی یک لایه

نمک شناور قرار می گیرد. در واقع این پدیده یک موقعیت ایزوستاتیک ناپایدار ثقلی است.

به نظر می رسد هالوتکتونیسیم اغلب در مراحل اولیه حرکت نمک مهم باشد و هالوکینزیس در کنترل مراحل حدواسط و بعدی مهم باشد. اگر ساختمان های نمکی، طویل شده و به موازات روندهای تکتونیکی اصلی باشند، هالوتکتونیک در شروع حرکت نمک نقش مهمی داشته است. زمین شناسان زیادی، نیروهای تکتونیکی و خاصیت سبکی و رفتار روانی- شکل پذیری سنگ نمک را موجب صعود نمک و تشکیل گنبد دانسته اند.

۲-۲-۳- عقاید و نظریات متفاوت درباره مکانیسم تشکیل گنبد های نمکی:

خاصیت پلاستیک در نمک را می توان با وجود چین های ظریف در آن به اثبات رسانید. O'Brien - عقیده دارد که صعود نمک در جنوب ایران از طریق نقاط وضعی که در اثر صعود دایک ها و نفوذی های بازیک به وجود آمده صورت می گیرد که علت آن نیروهای لیتواستاتیکی است. او علت صعود دیاپیره های زاگرس را بیشتر مربوط به وزن زیاد رسوبات روی نمک می داند تا کوهزایی. همچنین عقیده بر این است که میزان سدیم سنگ های آذرین سازند هرمز بالا است و ماده مذاب در درجه حرارت کم، مقادیر قابل توجهی از سنگ را هضم کرده و دایک ها و توده های نفوذی بازیک راهی را برای گریز و کوچ نمک به سطح زمین فراهم آورده است. مطالعات با مدل های دو بعدی نشان دادند که اختلاف میان دانسیته نمک و سنگ های شکننده عامل رشد دیاپیر نمکی است. بنابراین خاصیت شناوری (بویانسی) بهترین مکانیسم در گنبد نمکی برای نفوذ و شکستن و سوراخ نمودن بار فوقانی در سنگ های شکننده است. چند عامل دیگر می تواند موجب افزایش رشد دیاپیر گردد: کشش در بار فوقانی، فرسایش بار فوقانی، فرونشست محلی قاعده در طول گسلها اما از میان آنها فرسایش عامل اصلی است..

O'Brien - (۱۹۵۷): در بررسی گنبد های نمکی ابوموسی و تنب، علت حرکت نمک را مربوط به وجود یک تاقدیس با شیب ملایم روی لایه نمک دار می داند که نمک همانند هیدروکربورها، در امتداد لایه به طرف مناطق کم فشار حرکت می کند و با تغذیه از لایه های نمک، به سطح زمین می آید. این عمل ممکن است آن قدر ادامه یابد که منبع تغذیه از بین برود و لایه

هایی به وجود آید که به آن ناودیس حاشیه ای می گویند. این پدیده همان هالوکینز است که در بررسی نقشه های زلزله شناسی به ثبت رسیده است.

- Gussow عقیده دارد که حرارت، فاکتور بسیار مهمی برای شروع رخنه نمک در طبقات فوقانی است زیرا نمک در درجه حرارت بالاتر از 205°C به سادگی پلاستیک می شود و در درجات حرارت بالاتر بدون گسیختگی جریان می یابد و فشار وزن رسوبات فوقانی عامل حرکت همه نفوذی هاست و در این حالت بویانسی فقط فاکتور تقویت کننده است و فقط زمانی به صورت یک نیروی موثر مطرح می شود که ارتفاع نمک از سطح قاعده افزایش قابل ملاحظه ای پیدا کند. در هنگام رسوبگذاری بویانسی صفر است و تنها عامل حرکت نمک، حرارت است.

- به عقیده Reyer & Monaher (1972) در اثر بالا آمدن توده بزرگی از نمک، چاله های حاشیه ای یا ناودیس های حاشیه ای پر شده اند که این عمل تامیوسن ادامه داشته است. در این حالت بار سنگینی بر روی نمک های فوقانی میوسن اعمال شده که موجب جدا شدن این نمک ها از قاعده و سوراخ کردن لایه های فوقانی آنها و به دنبال آن ناودیس حاشیه ای جدیدی به وجود آمده که به نوبه خود موجب ایجاد برآمدگی در خارج آن شده است که قادر به سوراخ کردن بخش فوقانی نبوده است.

- بعضی دیگر حرکت توده نمک را به فرونشستن لایه های فوقانی روی آن مربوط می دانند. با این عمل لغزندگی واحدهای ساختمانی نمک بیشتر می شود و در نتیجه جریان افقی همانند مایعات غلیظ بوجود می آید که به طرف مناطق کم فشار حرکت می کند. با توجه به آنکه ضخامت لایه های روی نمک باید به اندازه ای باشد تا نیروی محرکه ای در نمک به وجود آورد، بنابراین سرعت حرکت نمک در همه جا یکسان نیست با حرکت نمک به سمت بالا نیروی محرکه فوق کاهش می یابد و با افزایش بار در اثر رسوبگذاری دوباره نمک به سمت بالا حرکت خواهد کرد بنابراین حرکت نمک به سمت بالا بسیار کند و غیر یکنواخت است و مقدار آنها در سال $0/1$ تا یک میلی متر است.

- در اعماق ۵۰۰۰ متری که درجه حرارت در حدود ۱۵۰ درجه بیشتر از سطح زمین است. نمک مانند مایعی غلیظ به حرکت درمی آید و حتی ممکن است به صورت خمیری گرم، از گنبد خارج شده و مانند جریان گدازه در دامنه ها شروع به حرکت کند. ضمن سرد شدن، سرعت و حرکت آن کندتر می شود و در این حالت تنها در اثر وزن خود به حالت جامد و به صورت لغزشی به کندی حرکت می کند و در نتیجه در سطح خارجی آن، سطوح برشی (shear) افقی تشکیل می شود. با ادامه آن، در امتداد آنها، خرد شدگی و پودر شدگی در نمک حاصل می شود.

۲-۳- کانی سازی گنبدهای نمکی:

محیط گنبد نمکی محل کنش و واکنش سنگ و سیال در حوضه های رسوبی دربرگیرنده آنهاست. کانیهای سولفوری فلزی، باریت و کلسیت در سنگ های کلاهدک گنبد نمکی وجود دارند. اغلب فرایندهای کانی ساز در سنگ های کلاهدک گنبدهای نمک، حاصل آبهای گرم سازندهای نمکی از اعماق است که با آب های سطحی سرد می آمیزند. نقل و انتقال مواد به وسیله این سیالهای در حال حرکت و دیاژنزی، عامل مهمی در جابجا کردن و انباشت هیدروکربورها، کوچ و پیدایش سیالهای کانه دار، گسترش تخلخل ثانویه، مسدود کردن تخلخلها و انحلال گنبدهای نمکی است.

محیط گنبد نمکی جایگاهی ایده ال برای مطالعه روابط ژنتیکی میان انباشته شدن نفت و سولفور است. کانی های موجود در پوش سنگ حاصل عملکرد متقابل نمک و سیالهایی از منابع مختلف می باشند. سیالها می توانند حاصل مهاجرت شورابه های مناطق عمیق در حاشیه های دیپایر و آبهای سطحی و آبهای دریاها کم عمق می باشند، هر چند ترکیب سیال کاملاً شناخته شده نیست. کانی های پوش سنگ می تواند متأثر از ترکیب سیال باشد. در نتیجه، ترکیب گنبد نمکی بیانگر منشا، مهاجرت و عملکرد سیال در حوضه رسوبی نمکی است. به این منظور از ایزوتوپ های رادیوژنیک و پایدار می توان استفاده کرد. به طور مثال در حوضه هایی که نمک ها انحلال می یابند، محیط قلیایی شده در نتیجه مواد ارگانیک در حوضه انباشته می شوند.

با داشتن قابلیت حرارتی بالا، گنبد‌های نمکی به صورت هادی حرارت، عمل کرده و موجب تسریع واکنش‌های شیمیایی، انحلال، ته‌نشست، بلوغ مواد هیدروکربوری و جریان سیالها می‌شود. در اثر عملکرد متقابل گنبد‌های نمکی، سیالهای حوضه‌ای و هیدروکربورهاست که ذخایر اقتصادی سولفیدی و سولفیدهای فلزی در سنگ پوش تشکیل می‌شوند.

ذخایر سرب و روی در گنبد‌های نمکی نشان‌دهنده روابط میان کانی‌سازی سولفیدی و دیاپیریسیم است. ژئوشیمی و طبیعت سیال کانه‌دار برای تشکیل ذخایر سرب و روی هنوز مجهول باقی مانده است. منشا سولفور فلزات و تمرکز آنها در سیالهای کانه‌ساز، مکانیسم جابجایی و ته‌نشست کانی‌های فلزی و واکنش‌های شیمیایی نیز مشخص نیستند. اما ظاهراً منشا سیال کانی‌دار محیط رسوبی است. بنابراین تحولات حوضه و از دست دادن آب موجب ایجاد سیال کانی‌دار می‌شود. خود توده نمک نیز می‌تواند یونهای فلزی را برای تولید ذخایر سولفیدی فراهم آورد. میان سیال کانی‌دار تشکیل‌دهنده کانیهای سرب-روی و آب شور حوضه‌های نفتی شباهتهای بسیار قابل توجهی وجود دارد که نشان‌دهنده این است که ذخایر هیدروترمالی سرب-روی احتمالاً با تشکیل نفت و یا همزمان با آن ارتباط دارد.

طبق نظر غضبان (۱۳۶۹) ولکانیک‌های همراه با گنبد‌های نمکی سری هرمز در ایران را می‌توان به پدیده ریفت و حوضه‌های تکتونیکی قدیمی منسوب دانست.

شباهت بسیاری میان تجمع کانیهای فلزی و تجمع هیدروکربورها در دیاپیرها وجود دارد. کانسار یک میلیون تنی روی بوگرین در مغرب‌مثال مناسبی از کانی‌سازی در یک دیاپیر است. این کانسار سه تمرکز اقتصادی را به شرح زیر نشان می‌دهد:

۱- توده‌های فلزی عدسی شکل در ژوراسیک، کرتاسه

۲- کانسار عیار بالا (۲۵٪ روی + سرب) که رسوبات کرتاسه را به طور عرضی قطع می‌کند.

۳- کانی‌سازی لایه‌ای در آهک‌های غنی از مواد آلی ۱۳۶۹

(Jean- Jacyques Orgeval)

از جمله منابع اقتصادی مهم در گنبد های نمکی ، نمک است این ماده در صنایع شیمیایی، دارویی، نساجی و غذایی و زینتی کاربرد دارد در جنوب ایران در سازند هرمز، خاک سرخ با نمک قرابت ژنتیکی دارد و قابل استحصال است. حاشیه گنبد های نمکی که اغلب رسوبات واریزه ای گنبد را در خود جای می دهد، محل مناسبی جهت نهشته شدن این ذخایر است. ذخایر خاک سرخ در حاشیه گنبد های نمکی به دلیل تخریب و حمل آنهاست. علاوه بر خاک سرخ، اکسید های آهن که به صورت بلور های بسیار ریزه ماتیت و اولیژیست است و در گنبد نمکی لارک ذخایر اقتصادی دارند، به دلیل وزن مخصوص بالا جهت حفاری استفاده می شود.

از طرفی زون های برشی ایجاد شده در حاشیه گنبد های نمکی مجراهایی را برای صعود سیالات فراهم می کند. جهت کانی سازی فلزاتی مانند مس و نقره مهاجرت سیال امکان دارد از طریق خود دیاپیر صورت گیرد مانند دیاپیر های دریای شمال انگلستان. همچنین انحلال نمک در سیال هایی که به این طریق جابجا می شوند، موجب تغییر شوری آن می گردند.

پوش سنگ در گنبد های نمکی تگزاس از عمق به سطح شامل انیدریت، ژپس و زونهای کلسیتی است. زون انیدریت مقادیر فراوانی سلسیت دارد که حاصل محلول های استرانسیم دار است. زون کلسیتی حاصل آلتراسیون باکتریایی سولفات در اثر تخریب هیدروکربورهاست. این زون کانیهای سولفیدی فراوان و نفت دارد و ضخامت آن تقریباً ۴۰ فوت است که با سولفید های آهن توده ای مشخص می گردد. این سولفیدها در اثر تاثیر متقابل شورابه های فلزدار داغ و عمیق با سولفور تولید شده از آب های زیر زمینی توسط باکتری هاست.

۴-۲- گنبد های نمکی ایران:

گنبد های نمکی ایران در سه منطقه واقع شده اند:

الف- در جنوب ایران (زاگرس):

Koyi (1990) سه نوع دیاپیر در زاگرس معرفی می کند:

- دیاپیر های پیش از کوتاه شدگی: این دیاپیر ها کوچک هستند.

- دیاپیرهای همزمان با کوتاه شدگی جانبی کمر بند زاگرس: منحصر به تاقدیس ها می باشند و می توانند در راستای عمود بر محور چین خوردگی دراز و کشیده شوند.

- دیاپیرهای بعد از کوتاه شدگی

ب- در شمال کویر بزرگ (مرکزی):

بیش از ۵۰ گنبد نمکی در بخش شمالی کویر بزرگ نمایانند و سه واحد چینه شناسی ترشیر در منطقه موجود است.

- یک نمک قدیمی دریایی گچ دار نسبتاً خالص که ضخامت آن یک تا دو کیلومتر است و در ائوسن- الیگوسن بر جای گذاشته شده است.

- نمک جوانتر رنگارنگ با ضخامت ۱/۵ کیلومتر که شامل تناوبی از نمک، مارن و گل سنگ است که در شرایط دریایی الیگو- میوسن در محیط پلایا نهشته شده است.

- جوان ترین واحد شامل حداقل ۳ کیلو مترشیل سرخ نمک دار و میان لایه هایی از گچ و ماسه سنگ های میوسن است که بخشهای ۲ و ۳ سازند قرمز بالایی را تشکیل می دهد

ج- آذربایجان:

محدوده های مورد مطالعه در منطقه آذربایجان قرارداد و به تفصیل در فصل بعد مورد بررسی قرار خواهد گرفت.