رسوب شناسی، ژئوشیمی و هیدروشیمی پلایای زرین در ایران مرکزی

نوشته : دکتر حبیب الله ترشیزیان* و دکتر سید رضا موسوی حرمی**

Sedimentology, geochemistry and hydrochemistry of Zarin Playa in Central Iran

By: Dr. H. Torshizian* & Dr. R. Moussavi-Harami**

Abstract

Zarin Playa is located about 75 km northeast of Ardakan in Central Iran and covers an area of about 600km. ^{2} .Based on textural, mineralogical and geochemical characteristics, of sediments, Zarin Playa have been divided into the following zones, starting from margin towards the center: high sandy mud, low sandy mud, salt zone and wet zones. One of the most important geomorphological features in the study area is the sand dunes that extends from southeast toward northwest and divides playa into two parts.

Geochemically, the most common oxides in surface sediments of playa isSiO_2 and the most common mineral is quartz which is related to the exposure of high content quartz rocks around the playa. The maximum concentration of evaporite minerals are at the depth of 200 cm,which is the surface of water table, and also at the depth of 40 to 50 cm below the surface which is related to the evaporation of high saline sub-surface water.

Hydrochemistry of groundwater shows that the most common cations and anions in groundwater, are Na, Ca, Mg, K, Cl, SO_4 ,SO_4^{-2} ,CO_3^{-2} + HCO_3^{-} Hardness and total dissolved solid of groundwater are very high and Ph is in the range of neutral to slightly alkaline water. Based on chemical composition, th groundwater can be classified as a second type of meteoric saline water.

In general, geochemistry of sediments and hydrochemistry of sub-surface water in Zarin Playa are mainly affected by the lithology of the surrounding rocks.

چکیده :

پلایای زرین با روبه تقریبی ۶۰۰ کیلومتر مربع در ۷۵ کیلومتری شمال خاوری اردکان، در پهنه (Zone) ایران مرکزی واقع است و باتوجه به اختصاصات بافتی، کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی، رسوبهای پلایای زرین از حاشیه به‌طرف داخل به‌زونهای گل با ماسه زیاد، گل با ماسه‌کم، مرطوب و نمکی تقسیم می‌شود. یکی از واحدهای مهم ریخت‌شناسی دراین گستره، تپه‌های ماسه‌ای (از نوع برخان‌های بزرگ) با ریگ زرین است که با مساحتی بیش از ۶۰۰ کیلومترمربع و با روند شمال باختری- جنوب خاوری پلایای زرین را به دو بخش خاوری و باختری تقسیم می‌کند.

از دیدگاه ژئوشیمیایی، فراوانترین اکسید اصلی موجود در رسوبهای سطحی و زیرزمینی پلایای زرین سیلیس (SiO_2) است و فراوانترین کانی کوارتزیت می‌باشد. دلیل فراوانی کانی کوارتز وجود برونزدهای سنگی از جنس گرانیت، کوارتزیت و ماسه‌سنگهای غنی از کوارتز درحاشیه پلایا و نیز مقاومت فیزیکی و ثبات شیمیایی بالای این کانی است. بیشترین تجمع کانیهای تبخیری در ژرفاهای ۴۰ تا ۵۰ و ۲۰۰ سانتیمتری از سطح زمین است که دلیل آن تبخیر شدید و نیز صعود شعریه آبهای زیرزمینی به سطح می‌باشد.

از نظر هیدروشیمیایی فراوانترین کاتیونها و آنیونهای موجود در آبهای زیرزمینی پلایای زرین $Na, Ca, Mg, K, Cl, SO_4, CO_3^{-2} + HCO_3^-$ است. سختی آب و میزان کل مواد محلول جامد در آب فوق‌العاده بالا و pH شورابه‌ها در حد خنثی تا کمی قلیایی است. باتوجه به ترکیب شیمیایی شورابه‌ها، نوع آبهای زیرزمینی پلایای زرین از نوع شورابه‌های نوع دوم آسمانی (Meteoric water) می‌باشد.

بطور کلی ژئوشیمی رسوبها و هیدروشیمی آبهای زیرزمینی پلایای زرین بشدت تحت تاثیر لیتولوژی برونزدهای سنگی اطراف پلایا قرار گرفته است.

شکل ۱ : موقعیت پلایای زرین در ایران مرکزی همراه با معرفی برونزدهای سنگی اطراف
۱) سنگ آهک، مارن و سنگهای رسوبی آواری
۲) گنایس، مرمر، کوارتزیت، آمفیبولیت و میگماتیت
۳) گرانیت و بیوتیت گرانیت
۴) کوارتزیت، دولومیت، کوارتز پورفیری و بیوتیت گرانیت
۵) سنگهای آواری ـ تبخیری قرمز رنگ نئوژن

مقدمه

پلایای زرین با وسعت تقریبی ۶۰۰ کیلومترمربع در ورقه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ زرین و ساغند درایران مرکزی و در ۷۵ کیلومتری شمال خاوری شهرستان اردکان در استان یزد واقع است. نام پلایای زرین از روستایی به همین نام در منطقه اقتباس گردیده است. این گستره در محدودهٔ طولهای جغرافیایی ′۳۰ °۵۴ تا ′۱۵ °۵۵ شرقی و عرضهای جغرافیایی ′۳۰ °۳۳ تا ′۰۰ °۳۳ شمالی واقع شده است (شکل ۱).

این گستره از نظر طبقه‌بندی آب و هوایی در نوع اقلیمی صحرایی قرار دارد، بطوریکه بیشینه مطلق درجه حرارت ۴۸/۶ درجه سانتیگراد در ماههای تیر و مرداد و کمینه درجه حرارت ۱۶- درجه سانتیگراد درماههای دی و بهمن اندازه‌گیری شده است(سالنامه آماری کشوری، ۱۳۷۳). میانگین بارندگی سالانه نیز در حدود ۴۰ میلیمتر و درجه رطوبت نسبی بین ۲۰ تا ۲۵ درصد و میزان تبخیر سالانه بیش از میزان بارندگی بوده و تا حدود ۷۰ میلیمتر درسال نیز می‌رسد(سالنامه آماری کشوری، ۱۳۷۳). منابع آبی این منطقه را آبهای سطحی رودخانه و آبهای زیرزمینی تشکیل می‌دهد. اما در مجموع این گستره فاقد جریانهای دائمی بوده و رودخانه‌ها از نوع فصلی می‌باشد.

از نظر زمین‌شناسی پلایای زرین از شمال و شمال خاوری توسط برونزدهای سنگی از جنس سنگهای سیلتی آواری گچدار قرمزرنگ (پالئوژن)، ماسه‌سنگ، آهک و مارن(کرتاسه)، سنگ آهکهای سازند بادامو و سازند شمشک (ژوراسیک)، از خاور توسط همتافت (Complex) چاپدونی از جنس گنایس، مرمر، کوارتزیت، آمفیبولیت، میگماتیت (پرکامبرین)، از جنوب و جنوب خاوری توسط بلندیهای نی‌باز و خشومی از جنس گرانیت و بیوتیت‌گرانیت (پرکامبرین)، از جنوب و جنوب باختری و توسط بلندیهای زاغو از جنس کوارتزیت، دولومیت، ماسه‌سنگ، سنگهای آذرین کوارتز پورفیری(پالئوزوئیک) و بلندیهای زرین از جنس بیوتیت گرانیت صورتی (پالئوزوئیک) و از شمال باختری توسط برونزدهای سنگی بلندیهای کوه سرخ که سنگهای آن بیشتر از نوع رسوبی و شامل مارنها و ماسه‌سنگهای قرمزرنگ، گچ و نمک (نئوژن) است (شکل ۱)، احاطه گردیده است(حقی‌پور و همکاران، ۱۳۴۹).

حوضه دشت زرین از نظر ریخت شناسی یکی از حوضه‌های شاخص فلات مرکزی ایران است که اکثر واحدهای ریختاری مناطق بیابانی را شامل می‌شود. دریک تقسیم‌بندی کلی می‌توان این گستره را به ۲ نوع اصلی کوهستان، دشت‌سر و پلایا تقسیم نمود. واحد کوهستان شامل یال، دامنه، تپه‌ماهور و چکاد منفرد بوده و واحد دشت‌سر شامل مخروط افکنه و تپه‌های ماسه‌ای بزرگ (ریگ زرین) و پلایا نیز از واحدهای جلگه با زون رسی (Clay zone)، زون مرطوب (Wet zone) و زون نمکی (Salt zone) تشکیل شده است.

هدف از انجام این مطالعه، بررسیهای ژئوشیمیایی رسوبها و هیدروشیمی آبهای‌زیرزمینی پلایای زرین و شناخت ارتباط آن با برونزدهای سنگی اطراف پلایا می‌باشد، که تاکنون بطور دقیق مورد مطالعه قرار نگرفته است. بعلاوه تغییرات بافتی و ساختی در رسوبهای این منطقه مورد تجزیه و تحلیل قرار خواهد گرفت.

برای انجام این تحقیق بالغ بر ۱۷۰ نمونه سطحی و زیرزمینی برداشت شده‌است. این نمونه‌ها توسط دستگاههای فلم فتومتر (Flame Photometer)، اسپکتروفتومتر (Spectero photometer) Ph، متر، کلرومتر، دیفراکسیون اشعهٔ X و تیتراسیون بمنظور مطالعات ژئوشیمیایی، آبشناسی و کانی‌شناسی مورد تجزیه قرار گرفته است. بمنظور اندازه‌گیری کمی کانیهای تشکیل‌دهندهٔ رسوبها از روش مارتینز و پلان Martinez and Plan(1987) و برای تعیین اندازهٔ ذرات از غربال و هیدرومتر (A.S.T.M) استفاده گردیده و با بهره‌گیری از نرم‌افزارهای رایانه‌ای، منحنی‌های دانه‌سنجی ترسیم و پارامترهای بافتی مربوط به آن محاسبه گردیده است.

☆☆☆☆☆☆☆☆

زمین ریخت‌شناسی و رسوب‌شناسی رسوبهای پلایای زرین

پلایای زرین تحت شرایط تبخیرشدید دریک حوضه دریاچه‌ای بسته با رسوبگذاری رسوبهای دانه‌ریز ناشی از سیلابهای فصلی مشابه آنچه که Krinsley (1970) در منطقه ایران مرکزی و یا Jakobson (1994) از جنوب استرالیا گزارش کرده‌اند، می‌باشد. بطورکلی در پلایای زرین دو نوع رسوب قابل تشخیص است که عبارتند از : ۱- رسوبهای آواری دانه‌ریز در اندازه ماسه‌ریز، سیلت و رس ۲- رسوبهای غیرآواری تبخیری (شیمیایی) که حاصل تخلیه آبهای زیرزمینی و یا املاح حاصل از شستشو و ته‌نشست مجدد نمکهای اطراف حوضه می‌باشد.

از دیدگاه ریخت‌شناسی باتوجه به ویژگیهای بافتی، کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی، رسوبها پلایای زرین را می‌توان از حاشیه بطرف داخل به ۴ زون مختلف تقسیم کرد که عبارتند از (شکل ۲):

۱- زون گل با ماسه‌زیاد (High Sandy Mud Zone = H.S.M)

۲- زون گل با ماسه کم (Low Sandy Mud Zone = L.S.M)

۳- زون مرطوب (Wet Zone)

۴- زون نمکی (Salt Zone)

افزون بر آن، رسوبهای تپه‌های ماسه‌ای که محدودهٔ وسیعی را پوشانده و پلایا را به دو بخش تقسیم کرده است، مورد بحث و بررسی قرار خواهد گرفت(شکل ۲).

زون گل باماسه زیاد: دراین زون میزان ماسه بین ۲۰ تا ۴۰ درصد در تغییر است که براساس طبقه‌بندی Folk(1974) آن‌را (High Sandy Mud Zone = H.S.M) می‌نامند. این زون در حاشیه پلایا تشکیل شده و به‌گونه بین انگشتی با رسوبهای مخروطهای افکنه مجاور پلایا در ارتباط است. رنگ رسوبها براساس میزان اکسیدآهن، از زرد قهوه‌ای تا قرمز قهوه‌ای در تغییر است. در سطح رسوبهای این زون، کانیهای تبخیری مانند نمک (Hallite) و گچ بصورت پودر شده دیده می‌شود. ساخت رسوبی موجود دراین زون، بیشتر لایه‌بندی تیغه‌ای (Lamination) افقی دانه‌ریز است که بدلیل بالا بودن درجه شوری آب، گیاهان در سطح رسوبهای این زون کمتر رشد کرده‌اند تا لایه‌بندی را برهم بزنند.

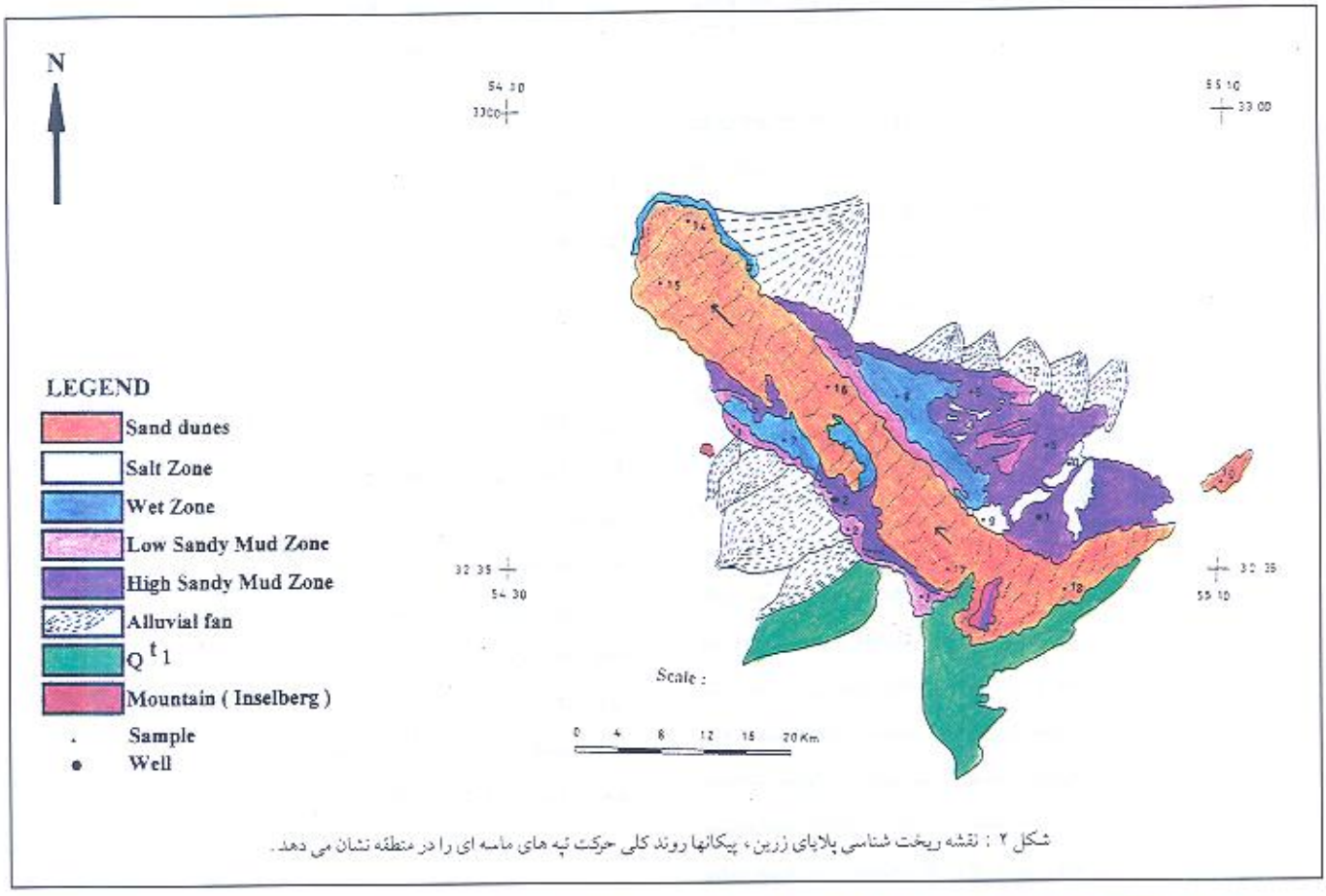
زون گل با ماسه کم: دراین زون میزان ماسه کمتر از ۲۰ درصد است که براساس طبقه‌بندی Folk (1974) آن‌را (Low Sandy Mud Zone = L.S.M) می‌نامند. رنگ رسوبها دراین زون نیز براساس میزان اکسیدآهن موجود در آن از زرد قهوه‌ای، قرمز تا زرد نارنجی در تغییراست. از ساختمانهای رسوبی موجود در رسوبهای این زون می‌توان به ترکهای گلی که براثر تابش آفتاب و از دست رفتن آب رسوبهای دانه‌ریز تشکیل شده‌اند، اشاره نمود. همچنین سطح رسوبهای رسی دراین زون بیشتر حالت پف کرده و شخم‌زده یا کلوخی دارد که از اثرات فرسایشی نمک در رسوبهای کویری است (Twidale and Campbell 1993) و به این شکلها در اصطلاح زمینهای پف کرده (Puffy ground) می‌گویند (Krinseley 1970)، این شکلها دراثرتابش و درجه حرارت بالا بوجود می‌آید. چون رس و نمک در رسوبها در این شرایط آب خود را بطور یکسان از دست نمی‌دهند، لذا لایهٔ رسی زیرین دراثر خشک‌شدن جمع شده و کناره‌ی آن بالا آمده و قشر نمک بالایی خود را نیز بالا می‌آورد. ارتفاع این برجستگیهای رسی حدود چند سانتیمتر بوده و گاهی اوقات تا ۳۰ سانتیمتر نیز می‌رسد(شکل ۳).

زون مرطوب : این زون در نواحی گود و بیشتر در مجاورت تپه‌های ماسه‌ای قرار دارد. بطور کلی زون مرطوب یا خیس محلی است که تمام هرزآبهای رودخانه‌های سطحی و موقتی به داخل آن می‌ریزند (Talbot 1994). از ساختمانهای رسوبی موجود در رسوبهای این زون می‌توان به ترکهای گلی در حال تشکیل اشاره کرد، زیرا بدلیل بالا بودن سطح ایستابی دراین زون، رسها به فرم چسبیده و خیس می‌باشند (شکل ۴).

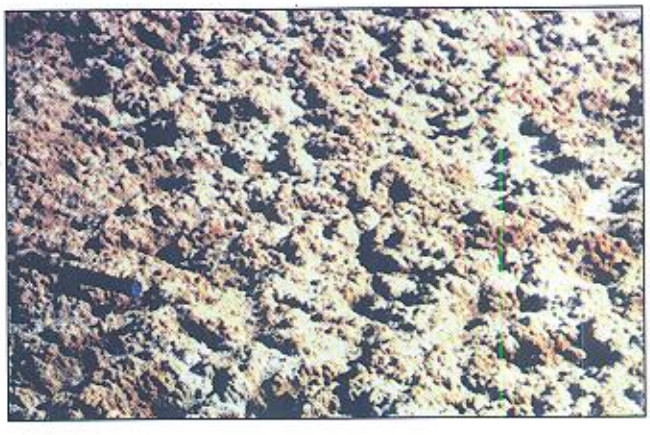
زون نمکی: زون نمکی در گودترین قسمتهای پلایای زرین واقع است. این زون در روی عکسهای هوایی و تصویرهای ماهواره‌ای بدلیل بازتاب کامل نور تابیده شده به آن دارای رنگ سفید می‌باشد (شکل ۱). رسوبهای این زون بیشتر از هالیت، ژیپس، دولومیت، کوارتز، کلریت و ایلیت تشکیل شده است. این نمکها دراثر تبخیر شدید و خشک شدن دریاچه‌های شور کم ژرف قدیمی که در بعضی از مواقع سال از آب پربوده است، تشکیل شده‌اند. نمکهای محلول بیشتر شامل کلرورها، سولفاتهای سدیم، کلسیم و منیزم است (Komor 1993). قسمت اعظم رسوبهای تبخیری دراین زون بدلیل ایجاد زون تخلیه‌ای که دراثر صعود شعریه آبهای زیرزمینی به سطح زمین بوجود آمده، تشکیل گردیده است(Last 1989). نمایی نزدیک از زون نمکی در شکل ۵ نشان داده شده است.

رسوبهای تپه‌های ماسه‌ای:

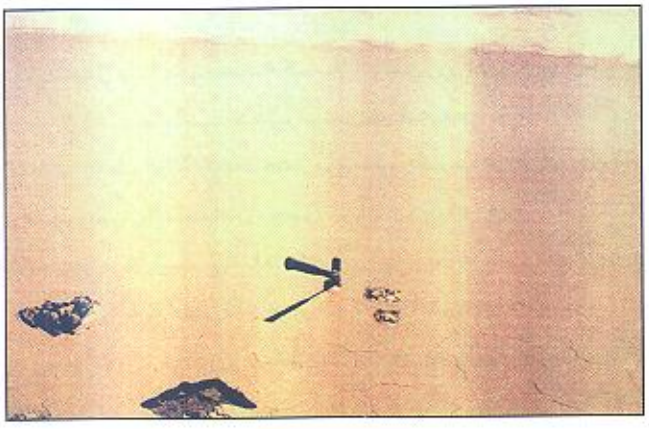
یکی از واحدهای ریخت‌شناسی کواترنر دراین منطقه، رسوبهای تپه‌های ماسه‌ای یا ریگ زرین است. تپه‌های ماسه‌ای بیشتر از نوع برخان‌های بزرگ است که گاهی اوقات بلندی آنها به بیش از ۵۰ متر نیز می‌رسد(شکل ۶). ریگ زرین به درازای حدود ۵۲ کیلومتر در جهت شمال باختری – جنوب خاوری و ادامه آن به درازای حدود ۳۲ کیلومتر در جهت شمال خاوری – جنوب خاوری ، با پهنای بین ۴ تا ۱۳ کیلومتر، مجموعاً گستره‌ای به رویه‌ای بیش از ۵۵۰ کیلومتر مربع را می‌پوشاند(شکل ۲). از دلایل تشکیل این رسوبها می‌توان به افزایش شرایط خشکی در کواترنر اشاره کرد(Spencer (1984 و Cook (1993) این شرایط همراه با ازدیاد اثرات هوازدگی شیمیایی و اثرات فرسایشی باد بر روی برونزدهای سنگی اطراف پلایا، موجب حمل و تراکم رسوبهای بادی دراین گستره شده است (Twidale and Campbell 1993). جهت حرکت این تپه‌ها بطرف شمال



شکل ۲ : نقشه ریخت شناسی پلایای زرین ، پیکانها روند کلی حرکت تپه های ماسه ای را در منطقه نشان می دهد.

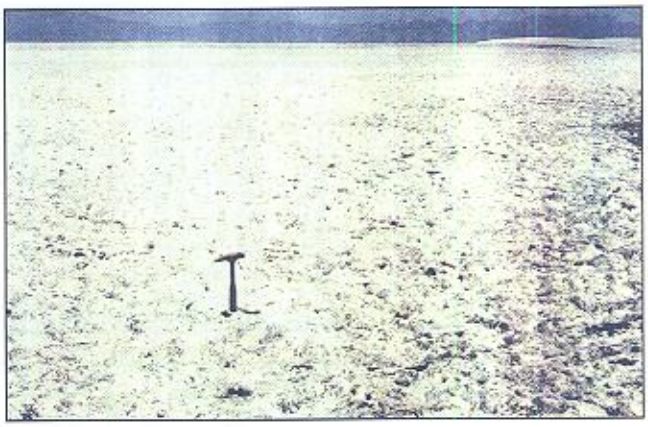


شکل ۳ : زمینهای پف کرده در زون گل با ماسه کم

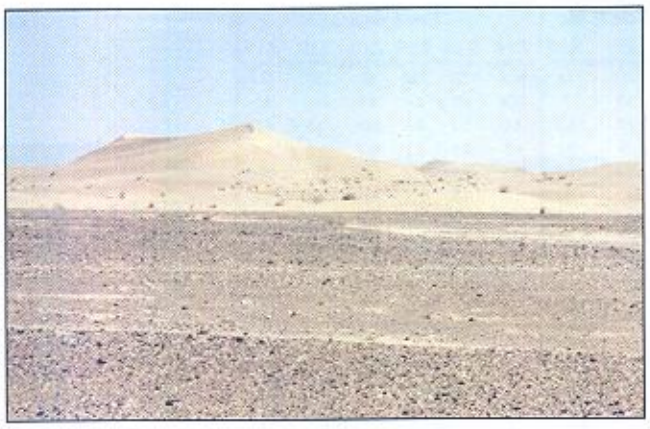


شکل ۴ : زون مرطوب در پلایای زرین

باختری است که نشانگر جهت وزش باد از جنوب به شمال می‌باشد. از نظر اختصاصات بافتی و ساختی، رسوبگذاری در قسمت با شیب کم بیشتر به فرم تپه‌ای افقی است ولی در قسمت پشتی به فرم مورب مسطح است. زاویه طبقه‌بندی مورب دراین رسوبها به نسبت زیاد (حدود ۲۸ تا ۳۵ درجه) و ستبرای لایه‌بندی مورب نیز به حدود ۲ متر می‌رسد، درحالی که ستبرای یکسری تپه‌ها غالباً در حدود چند سانتیمتر است. در سطح فوقانی رسوبهای تپه‌های ماسه‌ای زرین موج نماهای نامتقارن موجی شکل یا مارپیچی (Sinous) و زنجیره‌ای شکل (catenary) شکل است. جورشدگی رسوبها خوب بوده و اندازهٔ دانه‌ها از ماسه‌ریز تا متوسط و درشت در تغییر است.



شکل ۵ : زون نمکی در پلایای زرین



شکل ۶ : تپه های ماسه ای (ریگ زرین) در قسمتهای میانی پلایای زرین

ژئوشیمی رسوبهای پلایای زرین

به‌منظور انجام مطالعات ژئوشیمیایی، ۲۶ نمونه (۱۶ نمونه سطحی و ۱۰ نمونه زیرزمینی) از رسوبهای پلایای زرین مورد تجزیه کامل جهت تعیین اکسیدهای اصلی و عناصر کمیاب قرار گرفته است. علاوه برآن بمنظور مطالعه و تعیین کانی شناسی رسوبها، ۱۰ نمونه توسط دیفراکسیون اشعهٔ X مورد تجزیه قرار گرفت. نتایج تجزیه ژئوشیمیایی رسوبهای سطحی پلایای زرین در ۴ زون اصلی پلایایی و زون تپه‌های ماسه‌ای، در جدول شمارهٔ۱ ارائه گردیده است. همچنین نتایج تجزیه ژئوشیمیایی و کانی‌شناسی رسوبهای زیرزمینی پلایای زرین در گمانه‌هایی به ژرفای ۲۰۰ سانتیمتر و فاصله نمونه‌برداری حدود ۵۰ سانتیمتر که در دو پهنه گل با ماسه زیاد و کم حفر شده است، در جدول شماره ۲ و اشکال ۷ و ۸ ارائه گردیده است.

به‌منظور تفسیر نتایج حاصل از مطالعه ژئوشیمی رسوبها، به بررسی تمرکز اکسیدهای اصلی به ترتیب فراوانی در رسوبهای سطحی و سپس زیرزمینی اقدام خواهد شد و سپس ارتباط این فراوانی با میزان کانیهای موجود در رسوبها بررسی و رابطهٔ آنها مورد بحث قرار خواهد گرفت.

از نظر ژئوشیمیایی، فراوانترین اکسیدهای اصلی در رسوبها شامل SiO_2، Al_2O_3، CaO، MgO، Na_2O، Fe_2O_3 می‌باشد. همچنین کانیهای کوارتز، فلدسپات، کلسیت، دولومیت، کلریت، ایلیت، هالیت، ژیپس و هماتیت فراوانترین کانیهای موجود در رسوبهای پلایای زرین است.

SiO_2 : فراوانترین اکسیداصلی در تمام نمونه‌ها است، بطوریکه میزان آن از حداقل ۱۸٪ (نمونه Z_8) تا حداکثر ۶۲٪ (نمونه Z_{17}) در تغییر است (جدول ۱ الف). میزان SiO_2 و Al_2O_3 در رسوبهای متعلق به نواحی جنوبی پلایا (نمونه‌های Z_2 , Z_3) با مقادیر ۵۷/۷٪ و ۶۰/۴٪ بمراتب بیشتر از رسوبهای سایر نواحی است (جدول ۱ الف). در رسوبهای زیرزمینی، میزان SiO_2 از حداکثر ۳۶٪ در رسوبهای سطحی، گمانه شماره ۱ تا ۳۱٪ در ژرفای ۲۰۰ سانتیمتری در تغییر است (شکل ۷ الف). در صورتیکه در رسوبهای گمانه شماره ۲ میزان SiO_2 از ۳۷/۴٪ در رسوبهای سطحی افزایش تدریجی تا ژرفای ۱۰۰ سانتیمتری که مقدار آن به ۴۵٪ می‌رسد، نشان می‌دهد، سپس یک کاهش درمیزان آن تا ژرفای ۲۰۰ سانتیمتری که مقدار آن به ۳۲/۶٪ کاهش می‌یابد، دیده می‌شود (شکل ۷ب). حداکثر تمرکز کوارتز در رسوبهای زیرزمینی ، در گمانه شماره ۱ با حدود ۴۰٪ مربوط به رسوبهای سطحی است، یعنی محلی که حداکثر فراوانی SiO_2 در آنجا بوده است. همچنین در گمانه شماره ۲، حداکثر تمرکز کوارتز با ۳۲٪ متعلق به ژرفای ۱۰۰ سانتیمتری یعنی محلی که بیشترین تمرکز SiO_2 در آنجا بوده است.

بطور کلی فراوانی SiO_2 در رسوبهای سطحی و زیرزمینی پلایای زرین، بدلیل هوازدگی شیمیایی برونزدهای سنگی از جنس آذرین و دگرگونی در اطراف پلایا می‌باشد. فراوانتر بودن آنها در رسوبهای نواحی جنوبی‌تر پلایا بدلیل نزدیکتر بودن به بلندی‌های زاغو، زرین، خشومی و نی‌باز است که جنس سنگها بیشتر از کوارتزیت، ماسه‌سنگ، کوارتز پورفیری و گرانیت می‌باشد. همچنین تمرکز غیر عادی SiO_2 در رسوبهای ژرفای ۱۰۰ سانتیمتری گمانه شماره ۲، بدلیل هوازدگی شیمیایی سنگهای

الف

Geomorphology :	L.S.M			H.S.M			Wet Zone		Salt Zone		Sand dunes					
Sample No :	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z14	Z15	Z16	Z17	Z18	Z19
SiO2 %	41.5	57.7	60.4	42.9	35.4	52.5	20	18	23.1	21	50.2	55.8	55.5	62	49	57.4
Al2O3	12.1	6.5	13.1	7.7	9.7	16.1	12	11	7.8	5	12.9	9.5	8.4	9.2	14.5	8.2
Fe2O3	1.6	1.4	5	2.6	4.4	5.8	4.2	3.2	2.1	1.5	3.4	1.2	3.2	2.65	2.5	3.6
MgO	10.4	1.3	2.8	1.9	2.3	3.1	1.2	4.1	3	5.1	1.3	0.8	2.3	1.7	1.5	1.1
CaO	5	4.8	4.8	8.9	5.3	8.9	3.4	7.2	5.3	7.3	13.9	9.5	11.4	10.4	12.1	10.5
Na2O	4.1	5.8	2.3	5.8	15.2	2.9	0.9	5.2	4.2	6.4	2.5	0.6	1.7	2.15	1.8	1.4
K2O	0.69	1	2.3	1.3	2.5	2.9	1	1	1.9	1.8	2.2	0.12	1.9	1.9	0.46	1.3
P2O5	0.02	0.02	0.05	0.03	0.02	0.09	0.03	0.02	0.02	0.02	0.07	0.01	0.03	0.08	0.01	0.02
TiO2	0.14	0.15	0.17	0.16	0.4	0.9	0.4	0.2	0.2	0.15	0.61	0.12	0.15	0.05	0.28	0.14
MnO	0.5	0.07	0.11	0.07	0.1	0.1	0.1	0.5	0.08	0.1	0.09	0.05	0.09	0.09	0.09	0.09
L.O.I	23.3	20.3	7.7	27.8	17.1	5.84	55	49	51.36	43.2	11.7	21.4	11.2	8.8	16.7	17.3

ب

Geomorphology :	L.S.M		H.S.M		W.Zone	S.Zone	Sand dunes			
Sample No :	Z1	Z2	Z4	Z6	Z7	Z9	Z14	Z15	Z18	Z19
B	5	12	16	78	22	7	24	5	10	8
Ga	5	18	16	45	22	3	7	5	6	14
Be	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Bi	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Co	5	8	6	24	11	2	13	5	5	12
Cr	22	145	66	139	97	12	107	73	58	58
Cu	6	16	14	34	16	9	14	9	15	14
In	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5
Ni	5	13	8	61	19	6	19	13	13	15
Pb	5	9	8	22	7	8	16	10	12	23
Sc	5	6	5	22	7	9	12	5	5	10
Sn	10	10	10	10	10	12	10	10	10	16
V	9	34	27	133	53	8	39	20	17	48
Y	5	5	5	26	8	5	7	5	5	10
Yb	10	10	10	10	10	9	10	10	10	10
Zn	5	74	41	112	95	22	84	48	51	234
Ba	118	282	282	399	185	365	466	477	517	281
Sr	101	188	444	481	167	756	343	357	473	314

جدول ۱: نتایج آنالیز ژئوشیمیایی در رسوبات سطحی پلایای زرین الف) اکسیدهای اصلی ب) عناصر کمیاب

مادر پیرامون پلایا و انحلال SiO_2 و سپس حمل آن توسط آبهای جاری از این بلندیها و تخلیهٔ آن به داخل رسوبها است که پس از نفوذ آب دارای سیلیس محلول به داخل رسوبها و حرکت آن به ژرفا، با فراهم شدن شرایط مناسب ژئوشیمیایی، نظیر Eh و Ph، درجه حرارت، تخلخل و نفوذپذیری رسوبها و غیره، سیلیس محلول در داخل رسوبها، بصورت ثانویه ته نشست می‌نماید. افزون بر آن، انتقال رسوبهای تپه‌های ماسه زرین به داخل رسوبهای پلایایی، از دلایل تمرکز کوارتز دراین رسوبها است.

Al_2O_3 : Al_2O_3 فراوانترین اکسید اصلی پس از SiO_2 در رسوبهای پلایای زرین است، بطوریکه میزان آن از حداقل ۵٪ (نمونه Z_{10}) تا حداکثر حدود ۱۴/۵٪ (نمونه Z_{18}) در تغییراست (جدول ۱ الف). بیشترین تمرکز Al_2O_3 در رسوبهای زیرزمینی با حداکثر حدود ۱۷٪ متعلق به نمونه‌های ژرفای ۵۰ سانتیمتری در گمانه شماره ۲ می‌باشد. همچنین حداقل تمرکز Al_2O_3 با حدود۱۲٪ متعلق به رسوبهای ژرفای ۱۰۰ سانتیمتری، گمانه شماره ۲ است (شکل ۷ ب). توزیع کانی فلدسپات در رسوبهای یک رابطه مستقیم با فراوانی Al_2O_3 دارد بطوریکه در گمانه شماره ۲ حداکثر تمرکز فلدسپات با حدود ۱۵٪ متعلق به رسوبهای ژرفای ۵۰ سانتیمتری و حداقل تمرکز آن با حدود ۸٪ متعلق به رسوبهای ژرفای

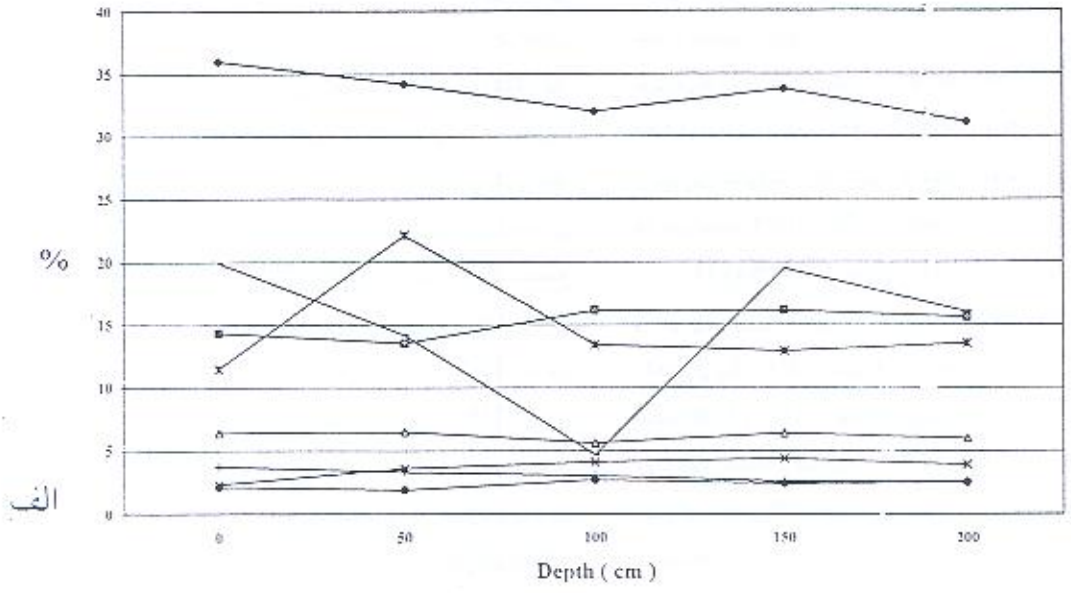
۱۰۰ سانتیمتری است. این ژرفاها، محلی است که حداکثر و حداقل تمرکز Al_2O_3 در رسوبات، درآنها مشاهده می‌گردد، زیرا آلمینیوم و اکسیژن جزٔ سازندگان اصلی ساختمان فلدسپات می‌باشند. بطورکلی فراوانی Al_2O_3 در رسوبهای سطحی و زیرزمینی پلایای زرین، بدلیل هوازدگی شیمیایی برونزدهای سنگی از جنس آذرین در اطراف پلایا می‌باشد که این برونزدها در نواحی جنوب و جنوب باختری پلایا بیشتراست.

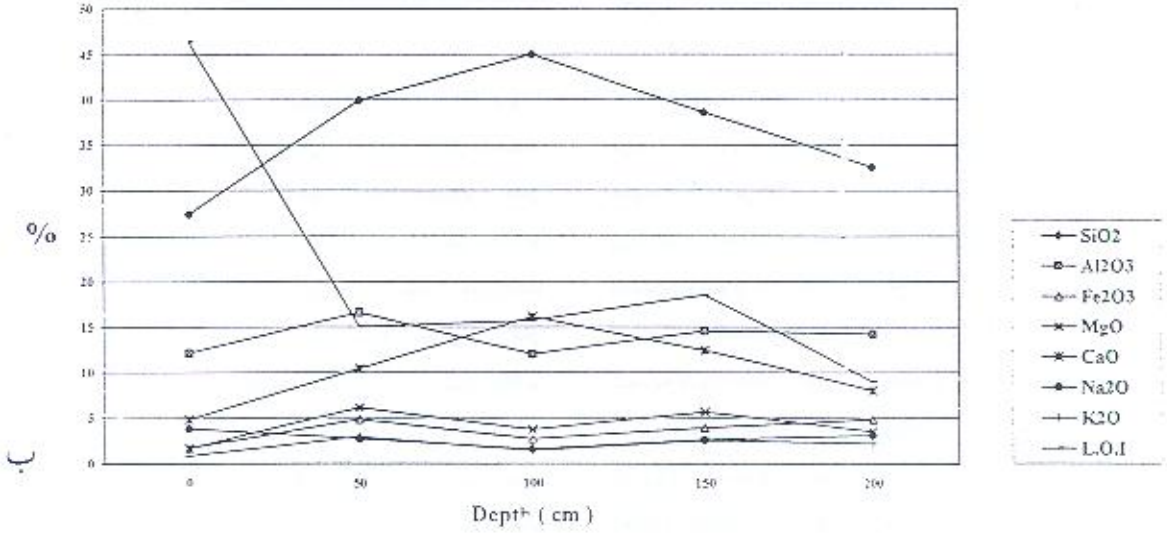
CaO , MgO : میزان MgO در رسوبهای متعلق به نیمه‌باختری پلایا، با میزان حدود ۱۰/۴٪ (نمونه z_1)بمراتب بیشتراز رسوبهای متعلق به نیمه‌خاوری پلایابامیزان حدود ۲/۳٪ و ۳/۱٪ (نمونه‌های z_5، z_6)است(جدول الف). افزون برآن میزان CaO در رسوبهای متعلق به نیمه‌خاوری پلایا با میزان ۸/۹٪ و ۷/۲٪ (نمونه‌های z_8، z_9) بیشتراز رسوبهای متعلق به نیمه‌باختری با میزان ۴/۸٪ (نمونه‌های z_2 ، z_3) است (جدول ۱ الف). تغییرات تمرکز MgO و CaO در رسوبهای زیرزمینی پلایای زرین به گونه‌ای است که در رسوبهای گمانه شماره ۱، یک تجمع غیرعادی در میزان می‌گردد، در صورتیکه میزان MgO از سطح تا ژرفای یک مقدار به نسبت ثابت (از ۲/۳٪ تا ۶/۴٪) دارد (شکل ۷ الف). اما در رسوبهای زیرزمینی گمانه شماره ۲، میزان CaO دراین ژرفا ۱۶/۱٪ است و سپس یک کاهش در میزان آن تا ژرفای ۲۰۰ سانتیمتری دیده می‌شود و میزان CaO دراین ژرفای به ۸٪ کاهش می‌یابد. تجمع MgO نیز کم وبیش متناسب با CaO در رسوبهای گمانه شماره ۲ می‌باشد، یعنی حداکثر تمرکز MgO با ۶/۱٪ مربوط به رسوبهای ژرفای ۵۰ سانتیمتری است و پس از آن میزان MgO تا ژرفای ۲۰۰ سانتیمتری کاهش یافته و به ۳/۵٪ می‌رسد (شکل ۷ ب). با مطالعه تمرکز کانیها در رسوبهای به این نتیجه می‌رسیم که تمرکز کانیهای کلسیت و دولومیت در رسوبهای یک رابطهٔ مستقیم با فراوانی CaO وMgO در آنها دارد. به عنوان مثال، حداکثر تمرکز کلسیت در رسوبهای زیرزمینی گمانه شماره ۲ با ۲۶٪ مربوط به رسوبهای ژرفای ۱۰۰ سانتیمتری است(شکل ۸ب)، که دراین ژرفا حداکثر تمرکز CaO با حدود ۱۷٪ در رسوبها ملاحظه می‌گردد(شکل ۷ب). حداکثر تمرکز دولومیت در رسوبهای زیرزمینی گمانه شماره ۲ با ۱۲٪ مربوط به رسوبهای ژرفای ۱۵۰ سانتیمتری است (شکل ۸ب)، که دراین ژرفا حداکثر تمرکز MgO با حدود ۵/۶٪ در رسوبها دیده می‌گردد(شکل ۷ب)، فراوانی CaO، MgO و دولومیت و کلسیت در رسوبهای نواحی شمالی پلایا نسبت به رسوبهای نواحی جنوبی‌تر، بدلیل نزدیکتر بودن رسوبهای نواحی شمالی به بلندیهای کوهسرخ و زاغو است که جنس برونزدهای آنها از سنگهای آواری تبخیری ترمز رنگ دریایی و نیز دولومیت می‌باشد. دولومیت می‌تواند در سبخاهای نواحی گرم قاره‌ای تشکیل شود (Patterson & Kinsman 1982). Mg موجود در برونزدهای سنگی، پس از هوازدگی شیمیایی به شکل MgO محلول در آبهای سطحی، بطرف نواحی پستتر(پلایایی) حمل شده و بتدریج به آبهای زیرزمینی منتقل می‌گردد. در خیلی از مواقع سال، افزایش درجه حرارت در سبخاها موجب تغییراتی در پهنه موئین بالای سطح آب زیرزمینی می‌شود و این مسئله سبب حرکت شورابه‌ها به سمت زون موئینه می‌گردد. نفوذ شورابه‌های دارای آنیونهای کربنات و بی‌کربنات و کاتیونهای کلسیم و منیزیم به داخل رسوبهای بالایی، می‌تواند باعث ایجاد تغییراتی در شیمی آب بین حفره‌ای گردیده و در نتیجه تبخیر، مخلوط شدن آبهای آسمانی با شورابه‌ها و ته‌نشست کانیها، دولومیت ریز تشکیل گردد (Land 1973, Land et al 1975). این مکانیزم تشکیل دولومیت که به (Mixing zone dolomitization) معروف است، یکی از بهترین مدلها برای تفسیر تشکیل دولومیت در سبخاهای شور نواحی قاره‌ای است (Dunham and Olson 1978).

Na_2O: حداکثر تمرکز Na_2O با ۶/۴٪ (نمونه z_{10}) متعلق به رسوبهای زون نمکی پلایای زرین است. میزان Na_2O در رسوبهای باختری پلایا ۵/۸٪ (نمونه z_2) بیشتر از نواحی خاوری پلایا با میزان حدود ۱/۵٪ و ۲/۹٪ (نمونه‌های z_5،z_6) است (جدول ۱ الف). در رسوبهای زیرزمینی گمانه ۱ میزان Na_2O کم وبیش ثابت و حدود ۲ تا ۳٪ می‌باشد، ولی حداکثر $Na_2O + CaO$ در رسوبهای ژرفای ۵۰ سانتیمتری می‌باشد(شکل ۷ الف). در صورتیکه در رسوبهای زیرزمینی گمانه ۲، میزان Na_2O بیشتر و حدود ۳ تا ۴/۵٪ است و بیشترین تمرکز $Na_2O + CaO$ مربوط به رسوبهای ژرفای ۵۰ سانتیمتری است، بطوریکه میزان هالیت حدود ۲۰٪ و ژیپس حدود ۱۲٪ می‌باشد(شکل ۸ الف). به همین ترتیب بیشترین تمرکز هالیت و ژیپس در رسوبهای گمانه ۲، مربوط به ژرفای حدود ۵۰ تا ۱۰۰ سانتیمتری است، بطوریکه میزان هالیت حدود ۱۶٪ و میزان ژیپس به حدود ۳٪ می‌رسد (شکل ۸ ب). رسوبهای این ژرفا دارای حداکثر تمرکز $Na_2O + CaO$ می‌باشند. بطور کلی تمرکز کانیهای تبخیری در رسوبهای واقع در ژرفای آب زیرزمینی و سپس کاهش آن به سمت قسمتهای فوقانی و تجمع آن در نزدیک سطح، مؤید صعود شعریهٔ شورابه‌های شور از قسمتهای تحتانی به سمت نواحی فوقانی، براثر تبخیر سطحی شدید می‌باشد. دراثر تبخیر و اشباع شورابه‌ها، کانیهای تبخیری در میان خلل و فرج رسوبها ته‌نشست شده است (Crowkey 1966) , Rosen (1994). مشابه این سازوکار توسط Porada(1988) و Last(1989) برای پلایاهای نامیبیا و کانادا، گزارش شده است.

Fe_2O_3 : حداکثر تمرکز Fe_2O_3 با مقادیر ۴/۴٪ و ۵/۸٪ (نمونه‌های

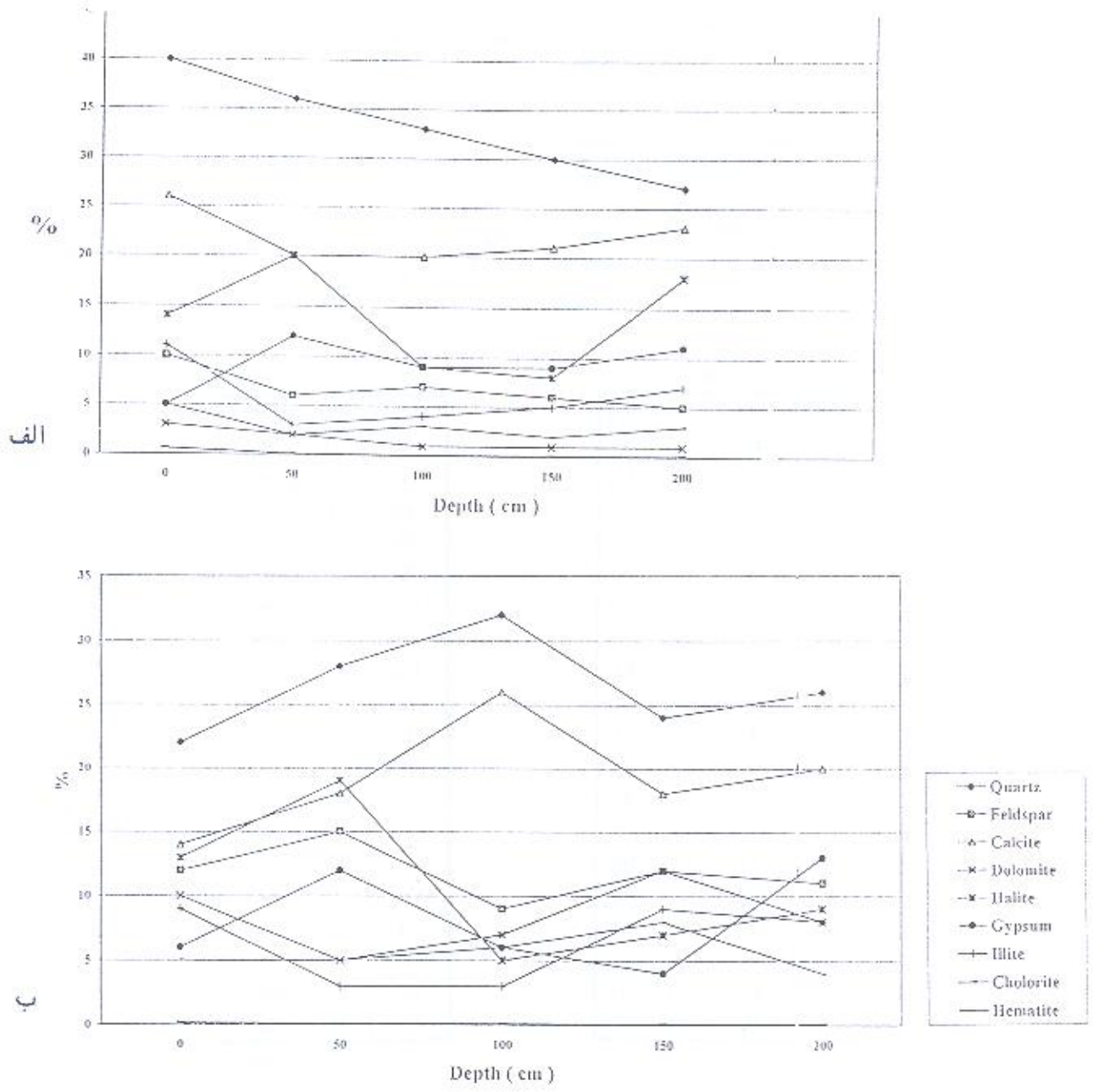
z_6،z_5) متعلق به رسوبهای زون گل با ماسهٔ زیاد است (جدول ۱ الف). این اکسید اصلی باعث تشکیل هماتیت و به میزان کمتر سایر اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن‌دار در رسوبها شده است که این کانیها موجب رنگین شدن رسوبها پلایایی گردیده‌اند. در رسوبهای زیرزمینی گمانه‌های شماره ۱ و ۲ میزان Fe_2O_3 در حدود ۵٪ در گمانه شماره ۱ (شکل ۷الف) و کمتر از ۵٪ در گمانه شماره ۲ (شکل ۷ب) می‌باشد و TiO_2 ،MnO ، K_2O (با مقادیر بین ۱٪ تا ۳٪ برای K_2O و کمتر از ۱٪ برای MnO و TiO_2) در درجهٔ بعدی اهمیت و فراوانی قرار دارند. حداکثر تمرکز هماتیت با ۲٪ و ۰/۶٪ مربوط به رسوبهای سطحی این گمانه‌ها(اشکال ۸الف و ب). یونهای آهن مورد نیاز جهت تشکیل هماتیت از هوازدگی شیمیایی برونزدهای آواری ثبخیری قرمز رنگ مهدی‌آباد که درشمال پلایا واقع شده تامین گردیده است.





شکل ۷: توزیع اکسیدهای اصلی در رسوبهای زیرزمینی پلایای زرین
الف) در گمانه شمارهٔ ۱
ب) در گمانه شمارهٔ ۲

عناصر کمیاب : بیشینه تمرکز عناصر کمیاب در رسوبهای سطحی و زیرزمینی پلایای زرین مربوط به عناصر باریم، کروم، روی، مس، بر و گالیم می‌باشد(جداول ۱ب و ۲ الف و ب). بیشینه تمرکز عناصرکمیاب باریم و استرنسیم در رسوبهای سطحی با حدود 473 و517ppm (نمونه z_{18}) متعلق به رسوبها تپه‌های ماسه‌ای است. در صورتیکه تمرکز عناصر کمیاب در رسوبهای زیرزمینی بیشتر بوده، بطوریکه تمرکز باریم و استرنسیم در رسوبهای ژرفای ۲۰۰ سانتیمتری گمانه شماره ۱ به 615 و 830ppm می‌رسد و در رسوبهای ژرفای ۵۰ تا ۱۰۰ سانتیمتری گمانه شماره ۲ به 355 و 1000ppm بالغ می‌گرد. عوامل کنترل کنندهٔ تمرکز عناصر کمیاب در رسوبهای سطحی و زیرزمینی پلایای زرین مختلف است. این عوامل ممکن است شامل پتانسیل یونی، خصوصیات اکسیداسیون و احیاء عناصر شسته شده، شرایط محیطی از جمله درجه حرارت، Eh و Ph، تخلخل و



شکل ۸ : توزیع کانیهای اصلی در رسوبهای زیرزمینی پلایای زرین الف)در گمانه شمارهٔ ۱ ب) در گمانه شمارهٔ ۲

تغذیه‌پذیری رسوبها باشد (Warren 1997). لیکن از تمام این عوامل مهمتر، وجود کمپلکس در مجاورت پلایا است (Rolinson1993).

هیدروشیمی شورابه‌های پلایای زرین

سطح آب زیرزمینی در دو گمانه شماره ۱ و ۲، در ژرفای حدود ۲۰۰ سانتیمتری از سطح زمین است. مهمترین اختصاصات شورابه‌های پلایای زرین در جدول ۳ و فراوانی کاتیونها و آنیونهای موجود در شورابه‌ها در شکل ۹ دیده می‌شود. همانگونه که در شکل ۹ دیده می‌شود. فراوانترین کاتیونها و آنیونهای موجود در شورابه‌ها به ترتیب فراوانی عبارتند از : $Na-Ca-Mg-K-Cl-SO_4$. میزان کاتیونها و آنیونها در نمونه‌های شورابه متعلق به نواحی باختری پلایا(گمانه ۲) بیشتراز میزان این عناصر در نواحی خاوری پلایا(گمانه ۱)است، به استثناء آنیون SO_4 که میزان آن در نواحی خاوری پلایا کمی بیشتر از نواحی باختری است، زیرا آبهای سطحی از رسوبهای تبخیری موجود در حاشیه غربی پلایا سرچشمه گرفته است و املاح موجود دراین برونزدهای تبخیری دراثر هوازدگی شیمیایی دراین آبها حل و سپس به صورت محلول جابجا شده‌اند.

آب زیرزمینی در ابتدای جریان یعنی در حوالی مناطق تغذیه، دارای بی‌کربنات بوده و بتدریج که به منطقه تخلیه نزدیک می‌شود، نوع سولفاته و سپس کلروره پیدا می‌کند (Deckker and Last 1989). گاهی این نظم بدلیل وجود برونزدهای زمین‌شناسی خاص در یک منطقه، دستخوش تغییراتی می‌گردد (Hudec 1989).

سختی (Hardness) و میزان کل مواد محلول جامد (Total dissolved solid = T.D.S) در شورابه‌های پلایای زرین بسیار بالا و در حدود ۴۴۰۰ تا ۶۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد(جدول ۳). چون T.D.S شورابه‌های پلایای زرین بیشتر از ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتراست، لذا جزء آبهای با سختی خیلی بالا طبقه‌بندی می‌گردد. این شورابه‌ها در سرحد شور تا آبهای شور طبقه‌بندی می‌گردند، لذا این آبها نمی‌توانند استفادهٔ شرب و کشاورزی داشته باشد.

ب

ppm	Depth (cm) 0	50	100	150	200
B	16	58	38	50	21
Ga	13	28	20	26	21
Aq	1	1	1	1	1
Be	3	3	3	3	3
Bi	5	5	5	5	5
Co	5	28	31	23	24
Cr	39	119	96	83	100
Cu	16	24	21	52	16
In	5	5	5	5	5
Ni	16	77	48	49	37
Pb	9	10	9	13	10
Sc	5	22	14	13	16
Sn	10	10	10	10	10
V	25	98	75	74	68
Y	5	28	20	17	18
Yb	10	10	10	10	10
Zn	12	148	227	208	64
Ba	255	268	355	234	390
Sr	192	738	1000	900	1000

الف

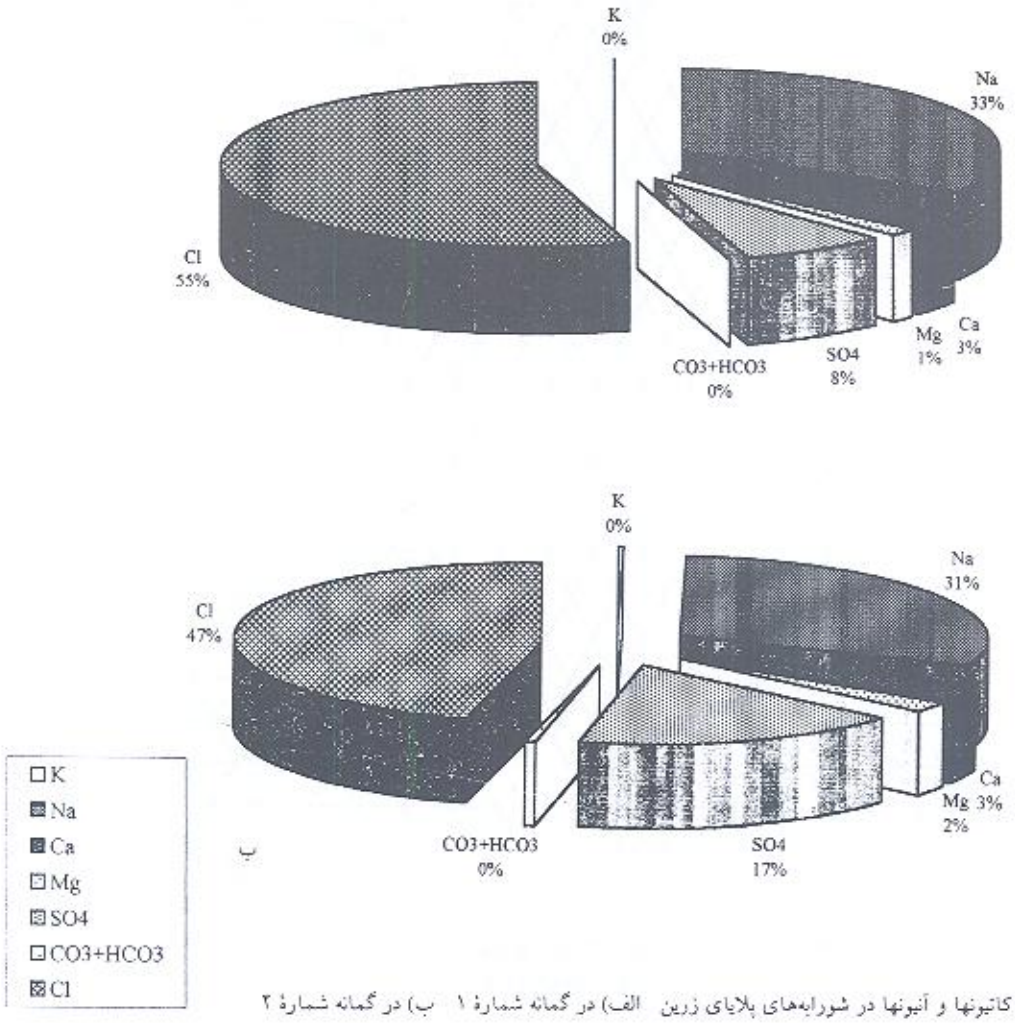
ppm	Depth (cm) 0	50	100	150	200
B	51	54	64	43	110
Ga	25	16	28	27	42
Aq	1	1	1	1	1
Be	3	3	3	3	3
Bi	5	5	5	5	5
Co	5	17	7	5	60
Cr	41	87	63	38	245
Cu	66	18	28	25	51
In	5	5	5	5	5
Ni	33	41	43	26	92
Pb	16	13	14	15	51
Sc	5	14	6	5	27
Sn	10	10	10	10	19
V	44	69	55	34	260
Y	5	7	7	5	40
Yb	10	10	10	10	10
Zn	35	61	65	31	124
Ba	315	297	349	364	615
Sr	205	628	320	254	830

جدول ۲: نتایج آنالیز عناصر کمیاب در رسوبهای زیرزمینی پلایای زرین الف)در گمانهٔ شماره ۱ ب) در گمانهٔ شماره ۲

میزان اسیدیته (Ph) دراغلب آبهای زیرزمینی تحت تاثیر میزان CO_2 و نمکهای معدنی از قبیل کربنات و بی‌کربنات محلول در محیط است. چرا که CO_2 با آب ترکیب شده و اسید کربنیک ضعیف را می‌سازد و تغییراتی در Ph توسط فشار و درجه حرارت حاصل می‌شود، بطوریکه فشار باعث فرار CO_2 محلول از محیط می‌گردد (Jones 1977). مجموع آنیونهای کربنات و بی‌کربنات در آبهای زیرزمینی پلایای زرین کم (حدود ۴۴ تا ۱۱۰ میلی‌گرم در لیتر) است و این سبب خنثی تا کمی قلیایی بودن شورابه‌ها (Ph 8) شده است. براساس تجزیه و تحلیل اطلاعات کمی مربوط به آنالیز هیدروشیمیایی شورابه‌های پلایای زرین با استفاده از نرم‌افزار(Geochem)، انواع املاح تبخیری که می‌تواند دراین شورابه‌ها وجود داشته‌باشد به ترتیب عبارتند از هالیت (NaCl)، سیلویت (KCL)، گچ

Well No :	Well - 1	Well - 2
PH	8.19	8.2
T.D.S (ppm)	6840	4480
Dry remnant	55055	26278
Br	21	17
Cl/Br	1430.7	712.6
K	69.6	40
Na	18333	8000
Ca	1656	748
Mg	648	604
SO4	4218	4573
CO3 + HCO3	44	111
Cl	30045	12115

جدول ۳: اختصاصات مهم شورابه‌های پلایای زرین در گمانه‌های شمارهٔ ۱ و ۲

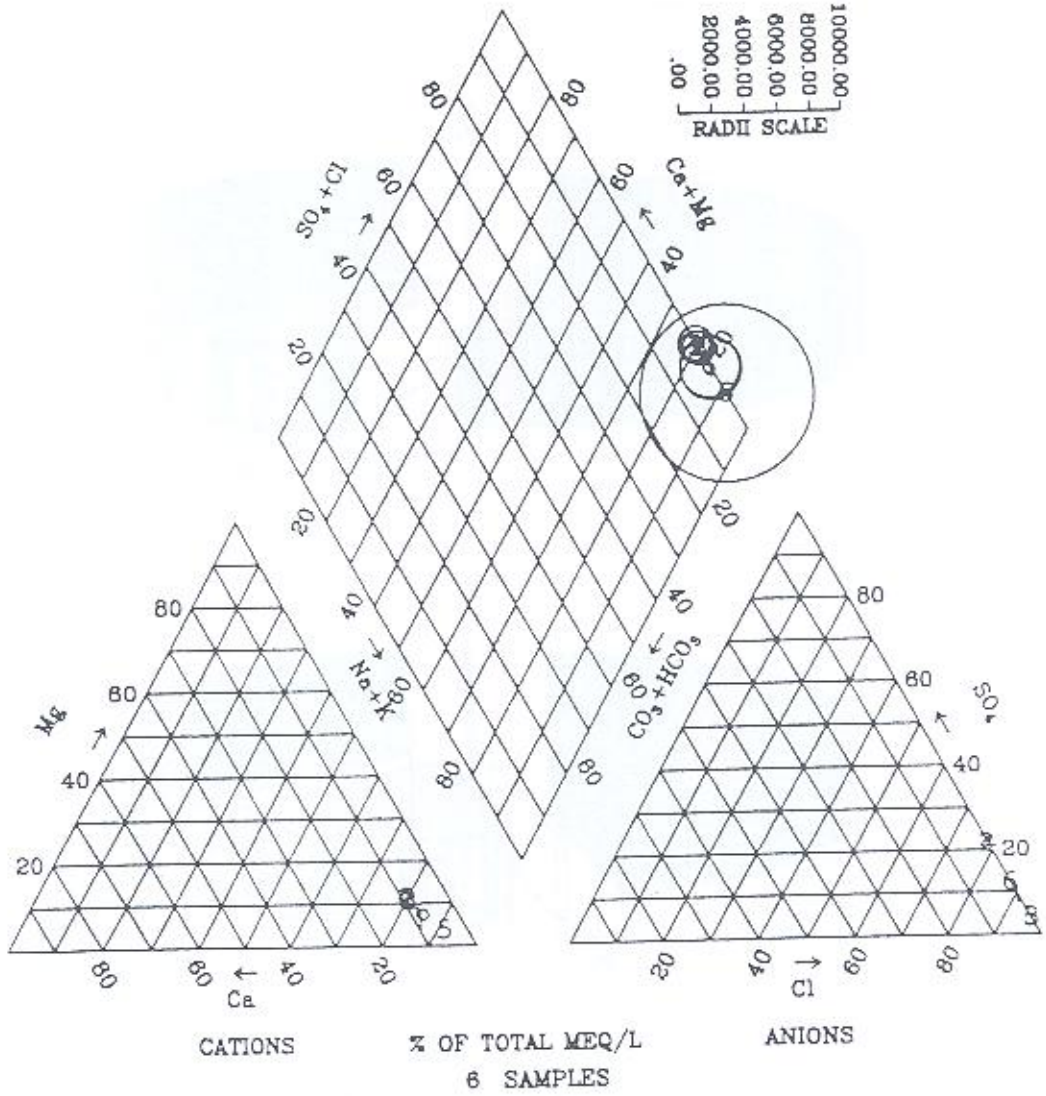


شکل ۹ : فراوانی کاتیونها و آنیونها در شورابه‌های پلایای زرین الف) در گمانه شمارهٔ ۱ ب) در گمانه شمارهٔ ۲

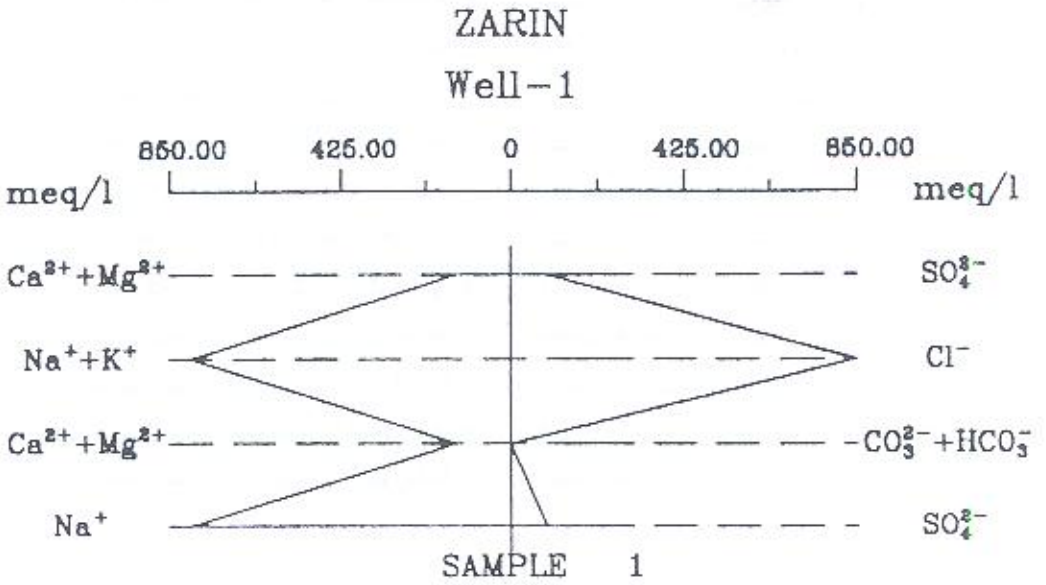
(CaSO)، کزریت ($MgSOH_2O_4$)، تناردیت (SO_4Na_2) (شکل ۱۱) علاوه برآن شورابه‌های نواحی باختری پلایای زرین (گمانه ۲) که به برونزدهای تبخیری دریایی نئوژن در منطقه نزدیکتراست دارای مقادیر بیشتری املاح نمک، گچ، کزریت و تناردیت می‌باشد (شکل ۱۱ ب).

بطور کلی مهمترین ویژگی‌های شورابه‌های پلایای زرین شامل نوع شورابه‌ها از نوع $Na-Ca-Mg-K-Cl-SO_4$، اسیدیته شورابه‌ها در حد تقریباً خنثی (Ph=۸)، میزان آنیونهای کلر و سولفات بالا و میزان آنیونهای کربنات و بیکربنات پائین، میزان کاتیون کلسیم و منیزیم به نسبت بالا، میزان عنصر برم کم و در حدود ۱۷ تا ۲۱ ppm و نسبت کلر به برم زیاد و در حدود ۷۰۰ تا ۱۴۰۰، املاح موجود در شورابه‌ها شامل هالیت، گچ، سیلویت، تناردیت می‌باشد.(اشکال ۹ تا ۱۱ و جدول ۳)

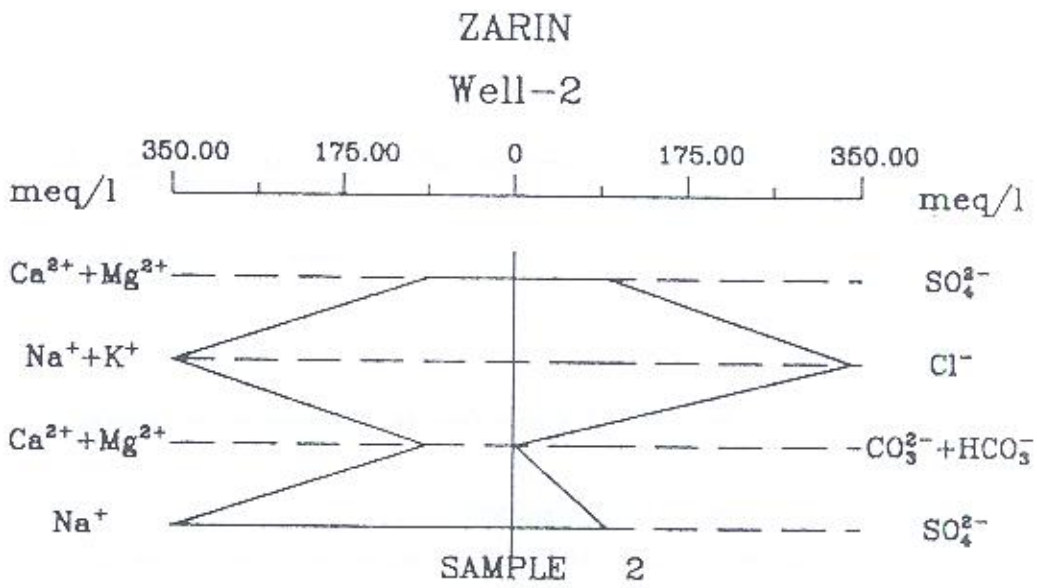
براساس طبقه‌بندی شورابه‌ها (Eugster 1970)، شورابه‌های پلایای زرین از نوع آسمانی (غیردریایی) است و براساس اختصاصات ارائه شده برای شورابه‌های آسمانی(Hardee 1984)، شورابه‌های پلایای زرین از نوع دوم آسمانی یعنی شورابه‌های نوع خنثی (Neutural brine) می‌باشد که ترکیب شیمیایی آن به شدت تحت تاثیر هوازدگی شیمیایی برونزدهای تبخیری دریایی اطراف پلایا، قرار گرفته است.



شکل ۱۰ : نمایش نوع شورابه‌های پلایای زرین براساس تجزیه‌های هیدروشیمیایی شورابه‌ها (اقتباس با تغییراتی از هاردی، ۱۹۸۴)



الف



ب

شکل ۱۱: املاح تبخیری موجود در شورابه‌های پلایای زرین الف) در گمانه شماره ۱ ب) در گمانه شماره ۲

نتیجه‌گیری :

رسوبهای پلایای زرین براساس ویژگی‌های بافتی و کانی‌شناسی به چهار پهنه، گل با ماسه‌زیاد، گل با ماسه کم، مرطوب و نمکی تقسیم شده است. SiO_2 از فراوانترین اکسیدهای اصلی موجود در رسوبهای پلایایی می‌باشد. فراوانی کوارتز در ارتباط با برونزدهای سنگی غنی از کوارتز است که پیرامون پلایا را احاطه نموده‌است، زیرا کانی کوارتز یکی ازمقاومترین کانیها بوده و در برابر فرسایش، مقاومت مکانیکی و ثبات شیمیایی بالایی از خود نشان می‌دهد. در قسمتهای شمالی پلایا میزان MgO بیشتراز نواحی جنوبی است که دلیل آن نزدیکتر بودن رسوبها به رخساره‌های تبخیری دریایی در بلندیهای شمال باختری پلایا می‌باشد. تمرکز کانیهای تبخیری در رسوبها، بیشتر مربوط به ژرفای ۴۰ تا ۵۰ و ۲۰۰ سانتیمتری از سطح زمین است که در رابطه مستقیم با صعود شعریه آبهای زیرزمینی از قسمتهای تحتانی بسمت بالا می‌باشد، بطوریکه این کانیها در خلل و فرج رسوبها براثر تبخیر و اشباع شدگی آب، تهنشست کرده است. تمرکز عناصر کمیاب در رسوبهای زیرزمینی پلایای زرین نتیجه فراهم شدن شرایط فیزیکوشیمیایی مناسب از جمله Ph,Eh، درجه حرارت، تخلخل و تفوذپذیری و نیز وجود این عناصر در سنگهای پیرامون پلایا و نیز پتانسیل یونی و خصوصیات اکسیداسیون و احیاء عناصر شسته شده می‌باشد. بطوریکه در رسوبهای زیرزمینی حاور پلایا این شرایط در ژرفای ۲۰۰ سانتیمتری یعنی سطح آب زیرزمینی، فراهم گردیده است، در صورتیکه در رسوبهای زیرزمینی باختر پلایا، این شرایط در سه ژرفای ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ سانتیمتر فراهم شده که نتیجه آن تمرکز غیرعادی یکسری عناصر کمیاب دراین ژرفا است. فراوانترین کاتیونها و آنیونهای موجود در شورابه‌های پلایای زرین به ترتیب شامل: SO_4 ,Cl ,K- Mg- Na-Ca می‌باشد. براساس این ترکیب شیمیایی، تیپ شورابه‌ها از گروه آسمانی نوع دوم (خنثی) می‌باشد.

کتابنگاری :

۱- حقی‌پور.ع، پلیسر، جی؛ واله، ن؛ بلورچی، م.ح؛ داوودزاده، م؛ اشتوکلین، جی، اسلوتر، دبلیو، ۱۳۴۹- نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ اردکان، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور

۲- سالنامه آماری کشوری، ۱۳۷۳، مرکز آمارایران، ۷۰۵ صفحه

References

Buller, A.T. and McManus, J., 1979- Sediment sampling and analysis.In: Estuarine Hydrography and Sedimentation (Ed. by K.R.Dyer), Cambridge University Press, P.87-130

Cook, R.,1993- Desert Geomorphology, Frist Pubished by UCL Press, 526P

Crowley J.K., 1996, Mapping playa evaporite minerals and associated sediments in Death Valley California with multispectral thermal image, J.Geophys. Res, Vol:101, No:B1, p.643-660

Dunham, J.B. and Olson, E.R., 1978- Diagenetic dolomite formation related to Plaeozoic Paleogeography of the Cordilleran miogeocline in Nevada. Geology 6,P.556-559

Deckker, P.D and Last, M.W.,1989- Modern non-marine dolomite in evaporitic playas of western Victoria, Australia, Sedimentary Geology, V:64,P. 223-238

Eugster, H.P.,1970- Chemistry and origin of brines of Lake Magadi, Kenya :Am. Mineralog. Soc. Spec. Paper 3, P.213-235

Folk, R.L., 1974- Petrology of Sedimentary Roks: Hemphill Publishing Co., Astin, Texas, 182P.

Galehouse,J.s.,1971- Sedimentation analysis, In: Procedures in Sedimentary Petrology (Ed.by R.E.Carver), Wiley- Intrscience, New York, P.65-94

Hudec, P.P., 1989- Comparision of composition and concentratoin of some lagoonal and continental brines lakes, Sedimentology, V:84,P.265-270

Hardie, L.A., 1984- Evaporites: marine or non-marine, American Joural of Science, V.284, P.193-240.

Jacobson, G., 1994- Ground Water-discharge playas of the malle region, Murray Basin, Southeast Australia, In: R. Rosen (ed.), Paleoclimate and Basin Evolution of Playa Systems, G.S.A., Special Paper, No 289, P.81-96

Jones, B.F., 1996- Hydrochemistry of Lake Magadi Basin, Kenya: Geochemica et Cosmochimica Acta, V:41,P.53-72

Krinsley,D.B.,1970- A Geomorphological and Paleoclimatological Study of the Playas of Iran. Washington, U.S.Gov. Print.off; 510P; H.T.4, 172 Illus, 2 Vols.

Komor, S.C, 1994- Bottom Sediment chemistry in Devilis Lake North Dakota, In: R.W. Renaut and W.M.Last(ed.), Sedimentology and Geochemistry of Modern and Ancient Saline Lakes: SEPM, Special Paper, No: 50, P-21-33

Land,L.S.1973- Contemporaneous dolomitization of Middle Pleistocene reefs by meteorice water, north Jamaica. Bull.Mar.Sci. 23, P.64-22

Land,L.S., Salem, M.R.L and Morrow, D.W., 1975-Paleohydrology of ancient dolomites: geochemical evidence. Bull. Am.Ass. Petrol. Geol. 59, P.1602-1625

Last, W.M., 1989, Continental brines and evaporites of the northern Great plains of Canada, Sedimentary Geology, V:64, P.207-221

Martinez,B. and Plan, F.,1987- Quantitative X-Ray diffraction of carbonate sediments: mineralogical analysis through fitting of Lorentzian profiles to diffraction peaks, Sedimentology. 34, P.169-174

Patterson, R.J. and Kinsman, d.J.J., 1982- Formation of diagenetic dolomite in coastal sabkhas along the Persian Gulf. Bull.Am.Ass. Petrol.Geol. 66, P.28-43

Porada, H., 1988- Setting and sedimentary facies of late Proterozoic alkali lake(playa) deposits in the southern, Damara Belt of Namibia, Sedimentary Geology, B:58, P.171-104

Rollinson, H.R., 1995-Using Geochemicial Data: Evaluation Presentation Interpretation, Longman group, 214p.

Rosen, M.R., 1994- The importance of groundwater in playas: A review of playa classification and the sedimentology and hydrology of playas, In: R.Rosen(ed.), Paleoclimate and Basin Evalution of Playa Systems, G.S.A, Special Paper, No:289, P.1-17

Spencer,R.J, 1984- Great Salt Lake and precursors, Utah:the last 30000 years: contributions to Mineralogy and Petrology, V:88, P.321-334

Talbot, M.R., 1994- Sedimentaion in Low-gradient desert Margin systems: A comparsion of the Late Quaternary of east-central Australia, In: R.Rosen(ed.), Paleoclimate and Basin Evalution of Playa Systems, G.S.A, Special Paper, No:289, P.97-117.

Twidale, C.R. and Campbell, E.M.,1993- Australian Landforms, Gleneagles Publishing Adelaide, 560 P.

Warren, J.K., 1997- Evaporites brines and base metals: fulids, flow and evaporite that was, Australian journal of Earth Sciences 44, P. 149-183.

* Geological Survey of Iran, Northeast Branch and Department of Geology, Azad University, Mashhad

** Department of Geology, Faculty of Sciences, Ferdowsi University, Mashhad,Iran.

ه سازمان زمین‌شناسی کشور مرکزشمالشرق - گروه زمین‌شناسی، دانشکدهٔ علوم،دانشگاه آزاد اسلامی واحدمشهد

هه گروه زمین‌شناسی، دانشکدهٔ علوم، دانشگاه فردوسی مشهد