

## بررسی تحولات کانی هالیت در رسوبات پلایا با توجه به تغییرات اقلیمی کوآترنر پسین (مطالعه موردی: پلایای سبزوار)

<sup>۱</sup>ملیحه پورعلی، <sup>۲</sup>اعادل سپهر، <sup>۳</sup>محمد حسین محمودی قرائی

<sup>۱</sup> دانشگاه فردوسی مشهد، [maliheh.pourali@mail.um.ac.ir](mailto:maliheh.pourali@mail.um.ac.ir)

<sup>۲</sup> دانشگاه فردوسی مشهد، [adelsepehr@um.ac.ir](mailto:adelsepehr@um.ac.ir)

<sup>۳</sup> دانشگاه فردوسی مشهد، [mhmgharaie@um.ac.ir](mailto:mhmgharaie@um.ac.ir)

### چکیده

پلایای سبزوار در قسمت شرقی کویر مرکزی ایران واقع شده است. هدف از این مطالعه بررسی دوران های خشک و مرطوب کوآترنر پسین به وسیله مورفولوژی کریستال های کانی هالیت در پلایا می باشد. ۲۰ نمونه رسوب از سطح و اعماق (۰-۱۰، ۳۰-۴۰، ۶۰-۷۰ و ۹۰-۱۰۰ سانتی متری) رخساره های ژئومورفیک پلایا مورد آزمایش پراش اشعه ایکس (XRD) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) قرار گرفتند. وجود کریستال های بی شکل و مکعبی و کریستال های سوزنی شکل در سطح پلایا به صورت الیاف های موازی نشانگر رخ دادن تبخیر سریع و خشکی شدید محیط می باشد. در عمق ۶۰-۷۰ سانتی متری وجود هالیت در امتداد درهم آمیختگی های سیلتی بیانگر محیط سیلابی می باشد. از سطح به عمق پلایا مورفولوژی متفاوت کریستال های هالیت بیانگر شرایط متفاوت محیطی در کوآترنر پسین است.

کلمات کلیدی: پلایا سبزوار، کانی هالیت، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، کوآترنر پسین

### ۱- مقدمه

کانی های کلرید مانند هالیت<sup>۱</sup>، کانی هایی هستند که در حوضه های بسته چون پلایا در آخرین مرحله رسوب گذاری و پس از کربنات ها و سولفات ها ته نشست می شوند (Tucker, 2009). با توجه به حلالیت بالای هالیت در برخی موارد شسته شده و از سطح به عمق رسوب می کند و تکرار مجدد تبخیر، هالیت را به سطح آورده و در بین رسوبات دوباره جایگزین می گردد. انواع مختلف کریستال های هالیت نشان از مراحل مختلف رسوبی دارند (Macumber, 1992) و بیانگر مراحل طغیان، غلظت تبخیر و چرخه خشک شدن یک دریاچه شور می باشند (Lowenstein and Hardie, 1985). رشد اولیه هالیت به صورت کریستال های کوچک به هنگام اشباع شورابه از نمک و تبخیر انجام می پذیرد (Warren, 1982). کریستال های بزرگتر و خالص تر هالیت نشان دهنده شرایط رشد مداوم تر و تغییرات کندتر در پوسته های شور پلایا می باشند (Bowler and Teller, 1986). بلورهای مکعبی<sup>۲</sup> هالیت در پوسته های سطحی در اثر تبخیر مویینگی آب های زیرزمینی تشکیل می شوند (Lowenstein et al., 2003). عدم وجود بلورهای به خوبی توسعه یافته مربوط به طبیعت انحلال پذیر هالیت بوده که منجر به انحلال جزئی پس از جذب آب می شود (Eswaran et al., 1980). بلورهای مکعبی یوهدرال<sup>۳</sup> به ندرت تنها گزارش می شوند و بلورهای مکعبی اسکلتی برای نشان دادن درجه بالایی از اشباع تفسیر می شوند، همچنین بلورهای مکعبی ساب هیدرال<sup>۴</sup> در داخل زمین با رشد بسیار کند شکل می گیرند (Eswaran & Drees, 2004). از ویژگی های مربوط به انحلال هالیت، غیر از الیاف زئوتروپیک<sup>۵</sup>، می توان به وجود حفره های گرد شده<sup>۶</sup> اشاره کرد که به عنوان ویژگی های انحلال، مربوط به ماهیت هیگروسکوپی<sup>۷</sup> ماده معدنی یا تماس با محلول های رقیق شده سطح توصیف می کنند. هالیت همراه تورفتگی های زاویه ای در امتداد درهم

<sup>۱</sup>. Halite

<sup>۲</sup>. Cubic

<sup>۳</sup>. Euhedral

<sup>۴</sup>. Subhedral

<sup>۵</sup>. Xenotopic

<sup>۶</sup>. Rounded cavities

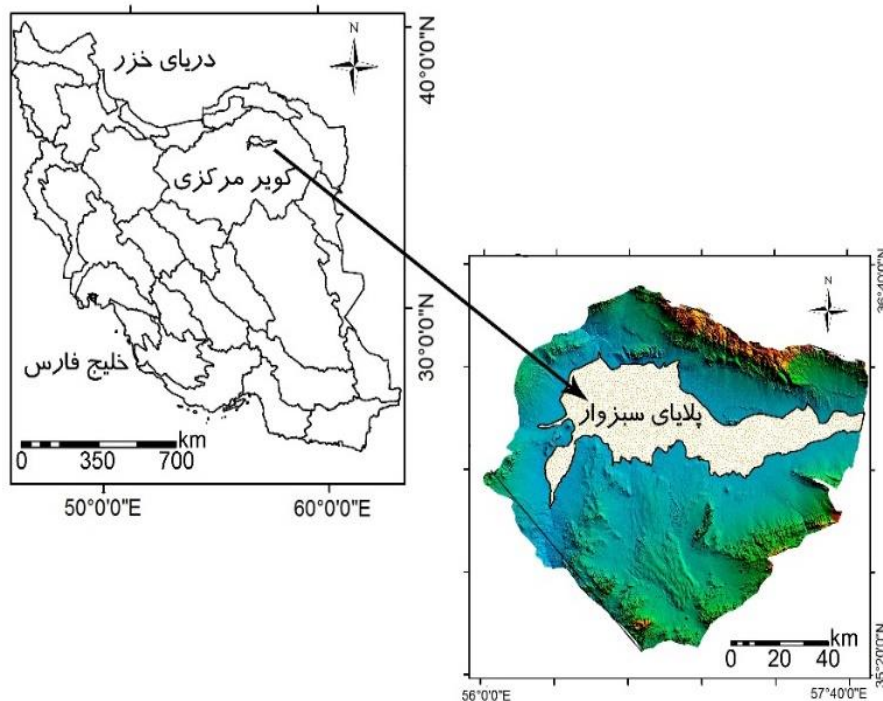
<sup>۷</sup>. Hygroscopic

آمیختگی‌های سیلتی، بیانگر یک دوره رشد هالیت نزدیک به سطح و سپس انحلال هالیت و رسوب رسوبات دانه درشت در هنگام طغیان می‌باشد (Eriksson et al., 2005). با توجه به اهمیت شناخت محیط دیرینه به وسیله کانی‌ها، افرادی مانند (Mees and Stoops, 1991) و (Eswaran et al., 1980) و (Tursina and Yamnova, 1987) و (Canfora et al., 2016) و (Tovey and Dent, 2002) با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)<sup>۸</sup> و پراش اشعه ایکس (XRD)<sup>۹</sup> به مطالعه و توصیف دقیق کریستال‌های نمک و محیط شکل‌گیری آن‌ها پرداخته‌اند. هدف از این تحقیق بررسی دوران‌های خشک و مرطوب در کواترنر پسین به وسیله مورفولوژی کریستال‌های هالیت می‌باشد.

## ۲- مواد و روشها

### ۲-۱- موقعیت منطقه مطالعاتی

پلایای سبزوار بخشی از کویر بزرگ ایران مرکزی است (Kearey, 2009). این پلایا در شرق کویر بزرگ با مساحت حدود ۲۶۴۸ کیلومترمربع و بین عرض جغرافیایی  $35^{\circ}55' - 36^{\circ}25'$  شمالی و طول جغرافیایی  $56^{\circ}15' - 57^{\circ}45'$  شرقی واقع شده است (شکل ۱). ارتفاع توپوگرافی بین ۷۵۰ تا ۹۰۰ متر بالاتر از سطح دریاهای آزاد می‌باشد. از لحاظ زمین‌شناسی ماهیت رسوبات پلایا، رسوبات تبخیری و آواری می‌باشد که چهره زمین‌شناسی منطقه را متعلق به دوره کواترنری ساخته است (Survey of Geology of Iran, 2005). اطراف پلایا نیز شامل سنگ‌های افیولیت، اولترابازیک و سنگ‌های آهکی پلاژیک می‌باشد. منطقه مورد مطالعه با بارش سالانه ۱۰۰-۱۵۰ میلی‌متر و متوسط دمای سالانه ۱۶-۱۷ درجه سلسیوس (ایستگاه هواشناسی سبزوار)، دارای آب و هوای نیمه خشک در ایران است.



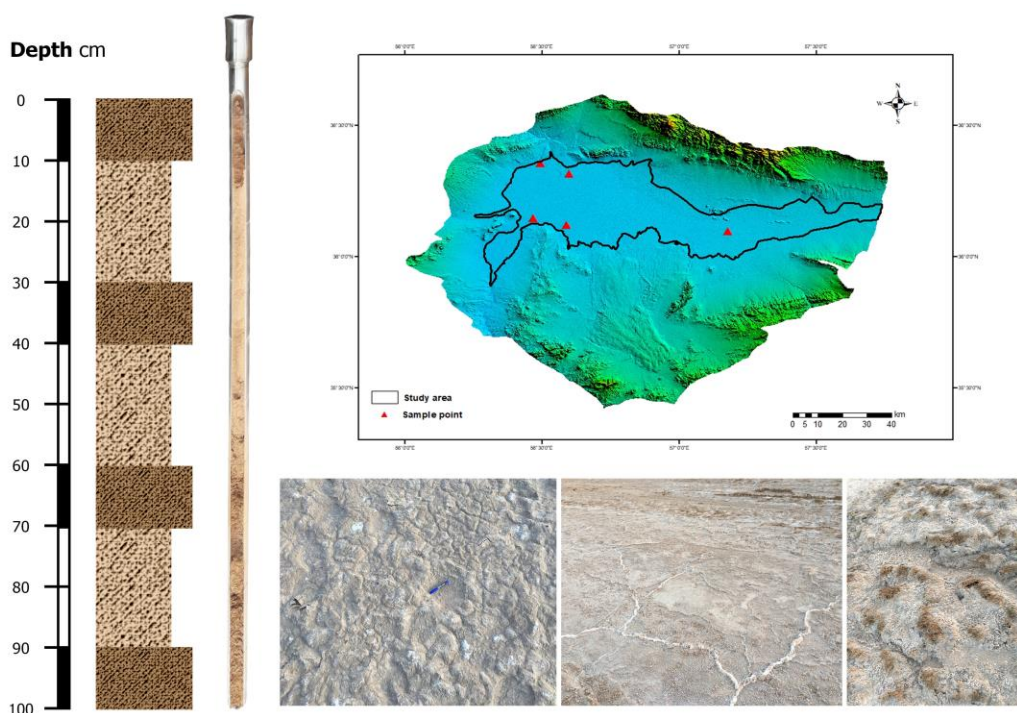
شکل ۱: موقعیت جغرافیایی پلایای سبزوار

<sup>۸</sup> . Scanning electron microscope (SEM)

<sup>۹</sup> . X-Ray Diffraction (XRD)

## ۲-۲- روش مطالعه

در عملیات میدانی، مختصات پروفیل های نمونه برداری در ۲۰ نقطه در سطوح مختلف ژئومورفیک پلایا توسط GPS<sup>۱۰</sup> ثبت شد. تمامی پروفیل ها با استفاده از دستگاه حفاری دستی<sup>۱۱</sup>، ساخت شرکت وینداس<sup>۱۲</sup> آلمان، با قطر ۵ سانتی متر و به عمق ۱۰۰ سانتی متر برداشت گردید (شکل ۲) و در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی مشهد برای شناسایی کانی هالیت توسط دستگاه پراش اشعه ایکس مدل (GNR EXPLORER) ساخت کشور ایتالیا مورد آنالیز قرار گرفتند. همچنین برای تشخیص نحوه شکل گیری و مورفولوژی کریستال های کانی هالیت رسوبات دست نخورده خشک، از سطح و عمق های مختلف انتخاب و با استفاده از دستگاه پوشش دهی مدل (SPUTTER COATER SC7620) با طلا پوشش داده شده و توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل (LEO1450VP) در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی مشهد تصاویر SEM تهیه و EDS مربوط به هر عنصر انجام شد.



شکل ۲: موقعیت پروفیل ها و نقاط برداشت نمونه های رسوب به همراه تصاویر رخساره رسی-نمکی پلایا

## ۳- نتایج

آزمایشات پراش اشعه ایکس (XRD) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) هالیت را مهم ترین و فراوان ترین کانی کلریده در پلایای سبزوار نشان داد که به طور گسترده ای مخصوصاً در رسوبات سطحی غرب و جنوب غرب منطقه در ۴ عمق مطالعاتی پراکنده شده است (نمودار ۱). نتایج تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان دهنده شکل گیری اشکال مختلف بلورهای هالیت می باشد که هر کدام بیانگر شرایط متفاوت محیطی است. بلورهای متداول هالیت در سطح (۱۰-۲۰ سانتی متر) به صورت سوزنی شکل می باشند. بلورها کاملاً مستقیم یا منحنی هستند و به موازات یکی از محورهای کریستالوگرافی کشیده شده اند (شکل ۳، H, C). این نوع هالیت عمدتاً در امتدادیای نزدیک سطح خاک تشکیل می شود، جایی که به صورت

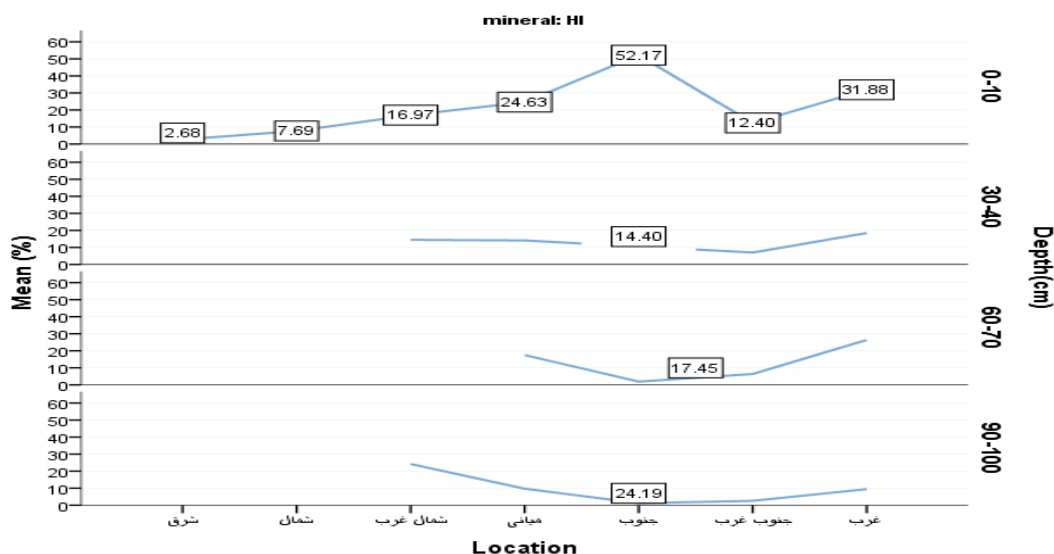
<sup>10</sup> . Global positioning system (GPS)

<sup>11</sup> . Handy auger

<sup>12</sup> . WINDAUS

الیاف‌های موازی، عمود بر سطح توسعه می‌یابند (Hanna and Stoops, 1976). توسعه فرم الیافی<sup>۱۳</sup> هالیت در محیط به خشک شدن سریع (Eswaran et al., 1980)، تبخیر موئینگی (Joeckel and Clement, 1999) و حرکت محلی و مداوم به سمت بالا از محلول‌های رسوب (Von hodenberg and Miotke, 1983) مربوط می‌باشد.

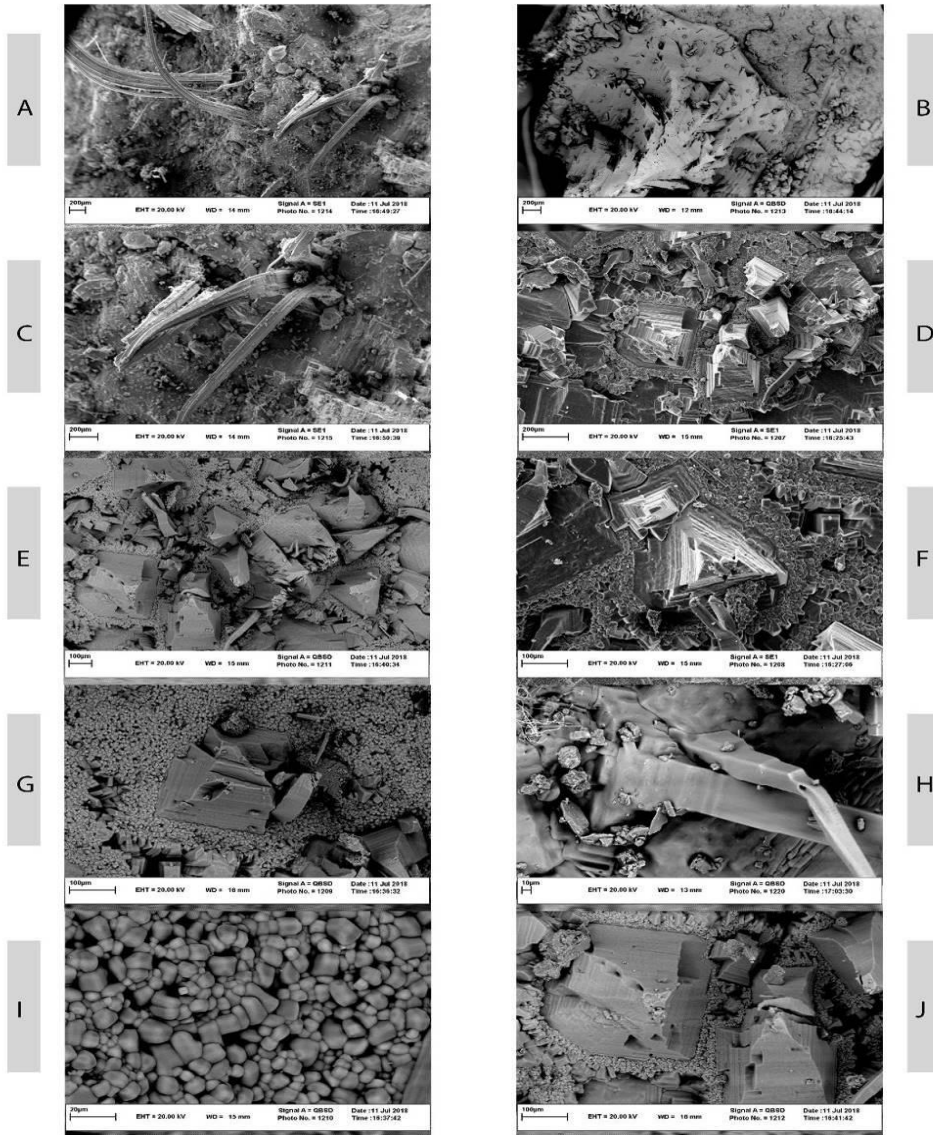
در سطح پلاپای سبزوار بر روی رخساره ژئومورفیک رسی- نمکی، رشد فیبری مشخصی از بلورهای هالیت وجود دارد که حاکی از خشکی شدید محیط می‌باشد (شکل 3,A). شکل دیگر بلورهای هالیت شامل بلورهای منظم کوچک در سطح پوسته است (Eswaran et al., 1980) مانند (شکل 3,D) که در رخساره رسی- نمکی منطقه بلورها به صورت پودری<sup>۱۴</sup> تر دیده می‌شوند. به مرور این بلورها به دلیل تبخیر رشد کرده و منجر به کشیده شدن الیاف هالیت گردیده و باعث ایجاد حالت‌های منشوری و متعاقب آن کریستال‌های نوک‌تیز می‌شود که گاهی به دلیل رشد طولانی‌تر حالت حلقه زدن به خود گرفته اند (شکل 3, H, G, F) و گاهی نیز به صورت بلورهای مربعی یوهیدرال تشکیل شده‌اند (شکل 3,I). در عمق ۶۰ تا ۷۰ و ۳۰ تا ۴۰ سانتی متری منطقه، هالیت به صورت لایه‌های نازک به دام افتاده در بین لایه‌های رسی و سیلتی دیده می‌شود که همچون سیمان به هم چسبیده‌اند که نشان از محیط آبی کم عمق دارد (شکل 3,B).



نمودار ۱: تغییرات کانی هالیت در ۴ عمق مطالعاتی پلاپای سبزوار در مناطق مختلف جغرافیایی

<sup>13</sup> . fibrous

<sup>14</sup> . Powdery



شکل ۳: تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) اشکال متفاوت بلورهای کانی‌هالیت در عمق‌های مختلف پلایای سبزوآر: A, C, H: الیاف سوزنی شکل‌هالیت, B, G: بلورهای شکل گرفته در میان ذرات رسی, I: بلورهای هالیت مربعی, D, F, J: بلورهای هالیت تکامل یافته هرمی شکل

#### ۴- بحث و نتیجه گیری

مقادیر کانی‌هالیت در پلایای سبزوآر از سطح به عمق روند کاهشی را نشان می‌دهد. بلورهای هالیت سوزنی شکل و مکعبی شفاف در سطح پلایا بیانگر تبخیر شدید و اقلیم گرم و خشک می‌باشد، همچنین وجود بلورهای درشت تر و خالص تر هالیت نشان دهنده تغییرات کندتر در پوسته‌های شور پلایا است در صورتی که در عمق پلایا وجود هالیت همراه با تورفتگی‌های زاویه ای در امتداد درهم آمیختگی‌های سیلتی بیانگر محیط سیلابی بوده است. شکل‌گیری و مورفولوژی متفاوت بلورهای هالیت از سطح به عمق پلایا بیانگر شرایط متفاوت محیطی هنگام تشکیل آن‌ها در کواترنر پسین می‌باشد.

- [1] Bowler, J.M.. **Spatial variability and hydrologic evolution of Australian lake basins: analogue for Pleistocene hydrologic change and evaporite formation.** Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 54, 21 – 41.1986.
- [2] Canfora, L., Vendramin, E., Vittori Antisari, L., Lo Papa, G., Dazzi, C., Benedetti, A., Iavazzo, P., Adamo, P., Jungblut, A.D. & Pinzari, F. **Compartmentalization of gypsum and halite associated with cyanobacteria in saline soil crusts.** FEMS Microbiology Ecology, 92, n fiw 080, 13 p. 2016.
- [3] Eswaran, H., Stoops, G., Abatahi, A. **SEM morphologies of halite (NaCl) in soils.** Journal of Microscopy, 120, 343-352. 1980.
- [4] Eswaran, H. & Drees, R. **Soil under the Microscope: Evaluating Soils in Another Dimension.** Soil Micromorphology Committee of the Soil Science Society of America, Madison. [CD ROM]. 2004.
- [5] Eriksson, K.A., Simpson, E.L., Master, S. & Henry, G. **Neoarchaeoan(c. 2.58 Ga)halite casts: Implications for palaeoceanic chemistry.** Journal of the Geological Society of London 162, 789–799. 2005.
- [6] Geological Survey of Iran. **Digital elevation model data**, Scaled at ~10 m pixel size. 2016.
- [7] Hanna, F.S. & Stoops, G.J. **Contribution to the micromorphology of some saline soils of the North Nile Delta in Egypt.** Pedologie 26, 55–73. 1976.
- [8] Joeckel, R.M. & Ang Clement, B. **Surface features of the Salt Basin of Lancaster County, Nebraska, USA.** Catena 34, 243–275. 1999.
- [9] Kearey, P. **The Encyclopedia of the Solid Earth Sciences.** John Wiley and Sons, pp 736. 2009.
- [10] Lowenstein, T.K. Hardie, L.A. **Criteria for the recognition of salt-pan evaporites.** Sedimentology, 32, 627-644. 1985.
- [11] Lowenstein, T.K., Hein, M.C., Bobst, A.L., Jordan, T.E., Ku, T.L. & Luo, S. **An assessment of stratigraphic completeness in climate-sensitive closed-basin lake sediments: Salar de Atacama, Chile.** Journal of Sedimentary Research 73, 91–104. 2003.
- [12] Macumber, P. **Hydrological processes in the Tyrrell Basin.** Chemical Geology 96(1), 1-18. 1992.
- [13] Mees, F. Stoops, G. **Mineralogical study of salt efflorescences on soils of the Jequetepeque Valley, northern Peru.** Geoderma, 49: 255-272. 1991.
- [14] Tovey, K. & Dent, D. **Microstructure and microcosm chemistry of tidal soils.** Proceedings of the 17th World Congress of Soil Sciences, Bangkok, Paper no. 892, 7 p. 2002.
- [15] Tucker, M. E. Wright, V.P. **Carbonate Sedimentology.** John Wiley and Sons, New York, 496 pp. 2009.
- [16] Tursina, T. **The microstructure and the origin of new salt formations of salt affected soils.** Proceedings of the International Symposium on Salt-affected Soils, Karnal, India, pp 35–43. 1980.
- [17] von Hodenberg, R. & Miotke, F.D. **Einige besondere Salzkristallbildungen im Sü d-Viktoria-Land der Antarktis und erste Ergebnisse der Untersuchung eines neuen Minerals, eines Na-Ca-Doppelsulfats. Kali und Steinsalz 8, 374–383. 1983.**
- [18] Warren, J. K. **The hydrological setting, occurrence and significance of gypsum in Late Quaternary salt lake sill South Australia.** Sedimentology, 29, 609-637. 1982.