تغییرات فراوانی پلت *آرتمیا اورمیانا* در رسوبات بستر دریاچه ارومیه با نگرشی بر اقلیم دیرینه

جواد درویشی خاتونی۱*

۱. کارشناس ارشد رسوب‌شناسی، سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور

***مسئول مکاتبات:**
Javaddarvishi2007@ yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۷/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۱/۲۴
کد مقاله: ۱۳۹۵۰۲۰۳۰۴
این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی است.

چکیده

دریاچه ارومیه به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین دریاچه‌های فوق اشباع از نمک جهان واقع در شمال غرب ایران است. مطالعه فراوانی پلت‌های دفعی *آرتمیا اورمیانا* در رسوبات بستر دریاچه ارومیه می‌تواند به‌عنوان شاخصی برای بازسازی شرایط فیزیکوشیمیایی گذشته و مقایسه با شرایط فعلی عمل نماید. در این پژوهش ضمن جمع‌آوری اطلاعات قبلی اقدام به برداشت ۲۸ مغزه رسوبی با بیشینه ژرفای ۱۰ متر و مجموعاً بیش از ۲۰۰ متر به‌صورت دست‌نخورده از رسوبات بستر دریاچه توسط مغزه گیر گوج اوگر شد. رخساره‌های رسوبی بر اساس رنگ، اندازه دانه، وجود پلت آرتمیس، ساخت رسوبی و نوع کانی‌های تبخیری تفکیک گردید. با توجه به تغییر رخساره‌های رسوبی از سطح به عمق و نتایج آنالیز عنصری، جغرافیا، اقلیم و تغییرات تراز آب دریاچه از سطح به عمق بازسازی گردید. رخساره‌ها متعلق به محیط‌های رسوبی دریاچه‌ای، تالابی و رودخانه‌ای و پایایی می‌باشد. با توجه به سن سنجی به روش ایزوتوپ کربن ۱۴ نرخ رسوب‌گذاری بین ۰/۷ تا ۰/۸ میلی‌متر ارسال می‌باشد، البته این نرخ در نقاط مختلف دریاچه متغیر (۰/۱ تا ۱ میلی‌متر در سال) است، این مقدار در دلتای رودخانه‌ها (غالباً غرب دریاچه) بیشینه است. پلت (فضولات) دفعی آرتمیس متوسط ۳۵-۵ درصد رسوبات و در حالت بیشینه وابسته به شرایط اکولوژیکی دریاچه (عمق، شوری و دما) ۹۰ درصد رسوبات را به خود اختصاص می‌دهد. پلت مای دفعی که عمدتاً از منشورهای آراگونتی تشکیل گردیده است به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اجزاء بیوشیمیایی رسوبات دریاچه می‌باشند که غالباً به‌صورت پلت‌های سالم و یا خردشده کرمی رنگ و نیز پلت‌های پیریتی سیاه‌رنگ مشاهده می‌گردند. وجود پلت‌های دفعی آرتمیا در رسوبات مغزه‌ها نشان از زندگی آرتمیس در دریاچه ارومیه حداقل از ابتدای هولوسن دارد و با افزایش عمق رسوبات از تعداد پلت ما کاسته می‌شود. افزایش میزان پلت‌ها با دوره‌های مرطوب بین یخچالی در جنوب آسیا و آفریقا (۴ تا ۱۰ هزار سال قبل) مطابقت خوبی دارد. این دوره‌ها با مطالعات ژئوشیمی رسوبی نیز شرایط مرطوب را نشان می‌دهد. تغییرات تراز دریاچه ارومیه عامل اصلی در تغییرات میزان پلت‌های آرتمیس بوده است. ولی بااین‌حال در تفسیرها باید جانب احتیاط را رعایت کرد و عوامل محیطی مانند تغییرات دما، گردش آب، تاریخچه فسیل‌شناسی و ... را در نظر گرفت.

واژگان کلیدی: دریاچه ارومیه، آرتمیس، پلت‌های دفعی، رسوبات بیوشیمیایی، مغزه‌های رسوبی.

مقدمه

شناخت دوره‌های گذشته اقلیمی راه را برای کشف روند و علل و عوامل تغییرات اقلیمی بازکرده و پیش‌بینی اقلیم آینده را برای برنامه‌ریزی سهولت می‌بخشد. یکی از روش‌های مطالعه تغییرات اقلیمی بررسی رسوبات دریاچه‌ای برای کشف شرایط محیطی دوره‌های پیشین است (عزیزی، ۱۳۸۳). چون رسوبات دریاچه‌ای علاوه بر متابولیسم خود دریاچه از حمل مواد رسوبی بالادست حوضه توسط رودخانه‌ها تشکیل می‌شود، می‌تواند شرایط محیطی اطراف دریاچه را نیز نشان دهد (Sai, 2004). در سرزمین خشک و نیمه‌خشک ایران که به دلیل ویژگی‌های اقلیمی میزان بارش سالانه نسبتاً پایین است دریاچه‌های شور متعددی وجود دارند که ازنقطه‌نظر زیست‌محیطی، زمین‌شناسی، آب‌وهوای دیرینه، جغرافیای دیرینه و اکولوژی دیرین از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردارند (محمدی، ۱۳۸۴) در این میان دریاچه ارومیه به‌عنوان بزرگ‌ترین و شورترین دریاچه مایمی

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

ایران و یکی از بزرگ‌ترین دریاچه‌های فوق اشباع از نمک دنیا بوده است (درویشی خاتونی، ۱۳۹۰؛ محمدی و همکاران، ۱۳۸۹) و قابل‌مقایسه با دریاچه بزرگ نمک آمریکا است (Kelt and Shahrabi, 1986). دریاچه ارومیه در استان آذربایجان، بین مختصات جغرافیایی ۴۴ درجه و ۱۴ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی واقع‌شده است (محمدی و همکاران، ۱۳۸۹؛ درویشی خاتونی و همکاران، ۱۳۸۹). طول دریاچه بین ۱۲۰ تا ۱۵۰ کیلومتر، عرض آن بین ۲۰ تا ۵۰ کیلومتر (Sorgeloos, 1997; Azari Takami, 1993; Esmaeili Dahesh *et al*., 2010) و عمق آن بین ۶ تا ۱۶ متغیر است و میانگین ژرفای آن ۶ متر می‌باشد (Ghaheri and Baghal-Vayjooee, 1999). این دریاچه در پست‌ترین فرونشست آذربایجان قرار دارد که اطراف آن را کوه‌های مرتفع با ارتفاع بیش از ۲۰۰۰ متر فراگرفته است (شهرابی، ۱۳۷۳ و ۱۳۷۲). به لحاظ پیدایش، دریاچهٔ ارومیه جوان است و پس از دوره پلیوسن شکل یافته است (Kelts and shahrabi, 1986).

مهم‌ترین رودخانه‌های دریاچه زرینه‌رود (جیغاتی)، سیمینه‌رود (تاتائو)، مهابادچای (سویوق بولاق چای)، گادارچای، باراندوزچای، شهرچای، روضه‌چای، نازلوچای، زولاچای، تسوج‌چای، آجی‌چای و صوفی‌چای می‌باشند، آجی‌چای از رسوبات نمکی نئوژن شرق تبریز عبور می‌کند و در حمل مقدار قابل ملاحظه‌ای نمک به دریاچه نقش دارد (آقانباتی، ۱۳۸۵؛ درویشی خاتونی و همکاران، ۱۳۸۹؛ درویشی خاتونی و محمدی، ۱۳۹۰؛ محمدی و همکاران، ۱۳۸۹). دریاچه ارومیه، دریاچه‌ای با آب شیرین بوده که به‌تدریج شورتر شده تا به حد فوق اشباع از نمک رسیده است (Kelts and Shahrabi, 1986؛ غضبان و مهاجر باوقار، ۱۳۷۶). آب دریاچه ارومیه با pH از ۷/۲ تا ۷/۶ در حالت قلیایی است (درویشی خاتونی و محمدی، ۱۳۹۰). ترکیب شیمیایی شوراب دریاچه ارومیه از نوع سدیم–کلرید– سولفات است (Shahrabi, 1981؛ محمدی، ۱۳۸۴؛ مهاجر باوقار، ۱۳۷۶). میزان شوری دریاچه ارومیه، ۲۱۷ تا ۲۸۰ گرم در لیتر (طلوعی، ۱۳۷۵)، ۱۳۰ تا ۱۸۰ ppt و در برخی سال‌ها تا ppt۲۳۰ (جلیلی، ۱۳۷۴)، حدود ppt۳۰۰ (اسلامی، ۱۳۸۰)، ۳۸۰ ppt (درویشی خاتونی و لک، ۱۳۹۰)، حدود ۴۰۰ گرم در لیتر (لک و همکاران، ۱۳۹۰) گزارش‌شده است (حد اشباع نمک در آب وابسته به شرایط دما در فصول مختلف متغیر بوده است). وسعت دریاچه در سال ۱۳۸۸، ۲۷۲۳/۴ کیلومترمربع (۴۹/۷ درصد) در مقایسه با سال ۱۳۶۸، کاهش‌یافته است که بالاترین میزان کاهش سطح دریاچه در طول دوره‌های مطالعاتی محسوب می‌شود (صالحی پور و همکاران، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰). این میزان هم‌اکنون تا حدود ۸۵ تا ۹۰ درصد کاهش نشان می‌دهد.

اکوسیستم دریاچهٔ ارومیه شامل پهنه آبی دریاچه همراه با جزایر بزرگ و کوچک، اکوسیستم‌های آبی و خشکی و مرزهای زیستی باارزش ملی و بین‌المللی است (مخدوم، ۱۳۸۱). اهمیت زیست‌محیطی این دریاچه به‌قدری است که کنوانسیون رامسر، که در سال ۱۳۴۹ برگزار گردیده و ۱۲۰ کشور به آن پیوسته‌اند، ۲۰ تالاب پراهمیت را در دنیا برای حفاظت مورد برگزیده که دریاچه ارومیه یکی از آن جمله است (محمدی، ۱۳۸۴). مطالعات متعددی در خصوص محیط‌زیست، کلیات و موجودات زیستی دریاچه انجام‌شده است (Eimanifar *et al*., 2005, 2006; Asadpour *et al*., 2007; Anon, 1987; Van Stappen *et al*., 2001). از آن جمله می‌توان به مطالعات انجام‌شده در خصوص تنها موجود زنده در شورا به دریاچه ارومیه و شرایط اکولوژیکی آن اشاره کرد؛ آرتمیا آبزی کوچک و ظریفی است که به شاخه بندپایان تعلق دارد. به آرتمیا خرچنگ لب‌شور یا میگوی آب‌شور نیز اطلاق می‌گردد. طول بدن آر تمی‌ای بالغ در گونه دوجنسی ۱۰ میلی‌متر و در بعضی از جمعیت‌های بکرزا به ۲۰ میلی‌متر نیز می‌رسد. دو چشم مرکب پایه‌دار، بدنی کشیده، لوله گوارشی کشیده، آنتن‌های حسی، یازده جفت پای سینه‌ای و یک جفت چنگک عضلانی در ناحیه سر (شکل ۱). آرتمیس ازنظر ژنتیکی و تولیدمثل به دو شکل در طبیعت دیده می‌شود: آرتمیس با تولیدمثل جنسی و بکرزایی (Parthenogenesis) که تولیدمثل جنسی به دو روش انجام می‌گیرد الف) تولیدمثل به روش تخم‌گذاری (Oviparous)، ب) تولیدمثل به روش زنده‌زایی (Viviparous) (درویشی خاتونی، ۱۳۹۰).

اولین گزارش مربوط به وجود آرتمیا در دریاچه ارومیه توسط گانتر (Gunther) در سال ۱۸۹۹ میلادی ارائه شد و پژوهشگران آن را آرتمیا سالینا (Artemia Salina) نامیدند؛ اما در سال (۱۹۸۹) میلادی در پی بررسی‌های آذری تاکمی مشخص شد که آر تمی‌ای دریاچه ارومیه، گونه‌ای ویژه و مخصوص این دریاچه است. ازاین‌رو این‌گونه، *آرتمیس اورمیانا* (*Artemia Urmiana*) نام گرفت. جمالی و همکاران در سال

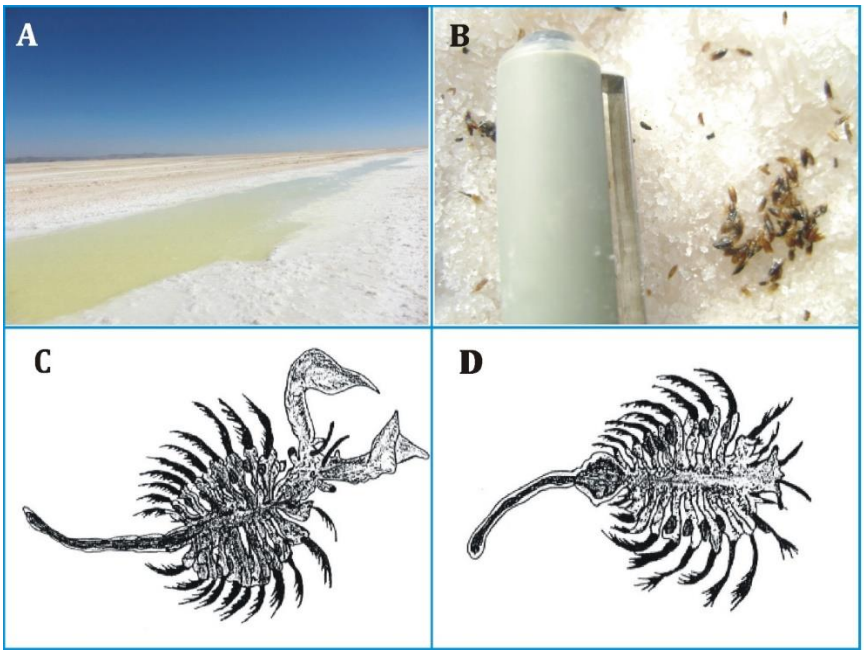
[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

۲۰۰۸ در مقاله‌ای نشان دادند که پلت‌های دفعی آرتمیس بخش مهم تشکیل‌دهنده مواد بیوژنیک در سوابق رسوبی بخصوص دریاچه‌های شور دنیا است و از این پتانسیل (پلت‌های دفعی آرتمیا) می‌توان جهت بازسازی جغرافیا و زیست‌بوم دیرینه استفاده کرد (Djamali *et al*., 2008). عاصم در سال ۲۰۰۸ قدیمی‌ترین سند که اشاره به وجود آرتمیس در دریاچه ارومیه را نشان می‌دهد مربوط به قرون‌وسطا (حدود ۱۰۰۰ سال قبل) را طی مقاله‌ای ارائه داد.

آرتمیس اورمیانا به‌صورت موجودات ریز میلی‌متری پلانکتونیک و به رنگ قرمز در دریاچه قابل‌رؤیت است. فراوانی این موجود در فصل تابستان در دریاچه ارومیه به اوج خود می‌رسیده و درنتیجه بیشترین میزان تولید پلت‌های این موجود نیز در فصل‌های گرم سال بوده است. بر اساس پژوهش شیلات ایران و دانشگاه "گنت" بلژیک، میزان کل تولیدات توده زنده و تخم آرتمیس در طی یک سال با میزان شوری ۲۴۰ گرم در لیتر، حدود ۴۰۰ هزار تن است (محمدی، ۱۳۸۴). این میزان در حال حاضر با شرایط فیزیک شیمیایی دریاچه تقریباً در حد صفر می‌باشد و دیگر بیوماس آرتمیس حتی به تعداد محدود هم در دریاچه مشاهده نمی‌شود. درجه حرارت قابل‌تحمل برای آرتمیس از ۴ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد ولی حرارت بهینه برای آرتمیس ۳۰-۲۰ درجه سانتی‌گراد است. آرتمیا در شوری ppt۳۴۰ نیز می‌تواند برای مدت کوتاهی زنده بماند (Abreu-grobois and bearmore, 1982). ولی حد بالای تحمل شوری برای آرتمیس ppt ۲۵۰ عنوان‌شده است البته شوری مناسب برای پرورش آرتمیس در استخرهای خاکی ۱۲۰-۸۰ گرم در لیتر می‌باشد که شوری کمتر جهت تولید بیوماس و شوری بالاتر برای تولید سیست می‌باشد. اکسیژن مناسب برای پرورش آرتمیس بین ۴ تا ۵ ppm می‌باشد. آرتمیس در طبیعت بیشتر در آب‌های قلیایی یافت می‌شود ولی PH بالای ۹ و کمتر از ۷ برای آرتمیس وزندگی آن مشکل‌ساز خواهد بود (محمدی، ۱۳۸۴). PH مناسب برای پرورش در استخرهای خاکی و شرایط آزمایشگاهی از ۶/۵ تا ۸ متغیر می‌باشد.

با توجه به کاهش شدید سطح تراز آب دریاچه (حدود ۸ متر)، دو دهه اخیر علاوه برافزایش میزان شوری، ایجاد شرایط فوق اشباع و تشدید تبخیر که در یک سیستم نامتعادل بیابان‌زایی را به این سیستم باارزش و سازگار با محیط‌زیست تحمیل می‌کند (این شرایط در اطراف دریاچه، در مکان‌های مختلف قابل‌مشاهده است)، باعث مرگ‌ومیر پرندگان (کاهش جمعیت و عدم زادآوری گونه‌های مهم و نادر پرندگان مهاجر مانند پلیکان سفید و فلامینگو)، مختل شدن امور تردد شناورهای دریایی و عدم کارایی اسکله‌های احداث‌شده در سواحل بندر شرف خانه، رشکان، گلمان خانه و جزایر اشک و کبودان، پدیدار شدن زمین‌های شوره‌زار به میزان حداقل ۱۵۰ هزار هکتار خصوصاً در نواحی پست اطراف دریاچه و سواحل جزایر، چسبیدن جزایر نه‌گانه پارک ملی به هم نابودی همه آرتمیاهای دریاچه و توقف تولید سیست آرتمیس شده است (شکل ۱) توجه به ارزش بسیار بالای اقتصادی و صنعتی این جاندار و تخم آن (سیست) که سالانه به حدود چندین میلیارد دلار تخمین زده می‌شود، اهمیت و یکی از ابعاد بحران دریاچه ارومیه را نمایان می‌سازد. ازآنجایی‌که شتاب کاهش تراز آب و خشک شدن دریاچه در سال‌های کنونی افزایش چشم‌گیری داشته است و این مسئله تبدیل به بحران جدی زیست‌محیطی در این منطقه از کشور شده است، شناخت و آگاهی از تاریخچه رسوب‌گذاری هولوسن و نحوه تغییر محیط‌های رسوبی می‌تواند نقش انسان در این سرعت تغییر را نمایان سازد. این پژوهش سعی دارد به بازسازی شرایط محیطی و رسوب‌گذاری دریاچه ارومیه در زمان‌های مختلف بپردازد. در این میان با توجه به حساسیت بالای آرتمیس به تغییرات شرایط محیطی (شوری، دما، گردش آب و ...) مطالعه پلت مای دفعی (فضولات حفظ‌شده) آرتمیا ازنظر حجم، تعداد، شرایط حفظ پلت‌ها، سالم یا شکسته بودن، پیریتی شده یا ... در رسوبات بستر دریاچه ارومیه می‌تواند به‌عنوان شاخصی مناسب جهت تفسیر تغییرات شرایط محیطی مورداستفاده قرار گیرد.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

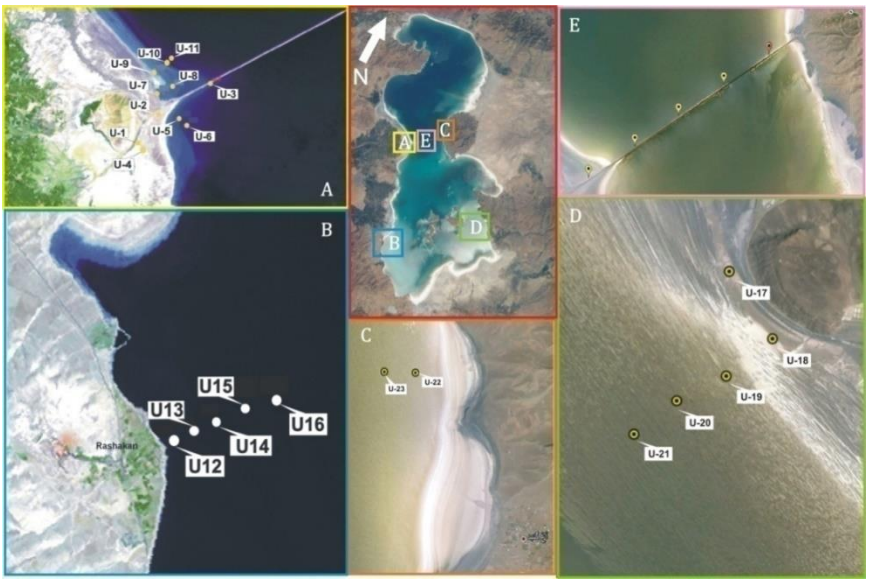


شکل ۱: A- پهنه‌های نمکی وسیع جنوب شرق، B- مرگ آرتمیا اورمیانا در جنوب شرق دریاچه، C- تصویری شماتیک از *آرتمیا اورمیانا (نر)*، D- تصویری شماتیک از *آرتمیا اورمیانا (ماده)*(Asem, 2008).

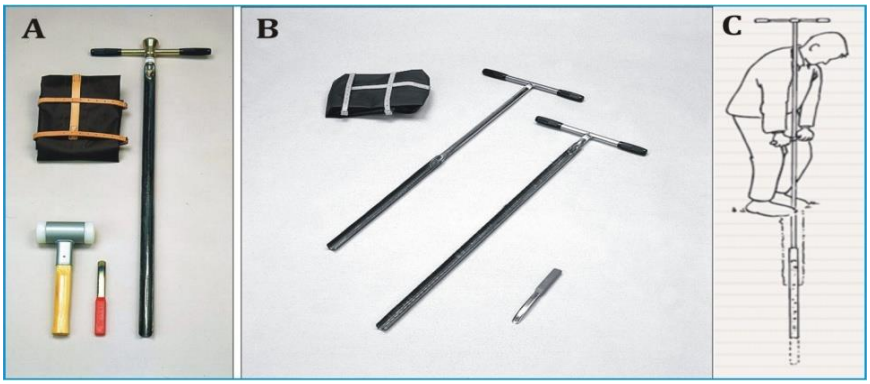
مواد و روش‌ها

مراحل انجام این پژوهش شامل جمع‌آوری اطلاعات، آمار منتشرشده، داده‌های اقلیمی، بررسی‌های دورسنجی، عملیات صحرایی و مغزه گیری، عملیات آزمایشگاهی، پردازش داده‌های صحرایی، آزمایشگاهی و دفتری و سپس تعبیر و تفسیر و نتیجه‌گیری می‌باشد. به‌منظور بررسی‌های رسوب‌شناسی و شرایط محیط رسوب‌گذاری و ژئوشیمی رسوبی، تعداد ۲۸ مغزه رسوبی دست‌نخورده با بیشینه عمق ۹۵۰ سانتی‌متر از مرکز، حاشیه شرقی و غربی و جنوب غربی و شرقی دریاچه ارومیه برداشت شد (شکل ۲). مغزه‌ها توسط یک عدد مغزه گیر دستی از نوع Handy auger تهیه گردید (Piovano *et al*., 2002) (شکل ۳). از مغزه‌های برداشت‌شده، با دوربین عکاسی دیجیتالی عکس تهیه گردید. توصیف مغزه‌ها به‌دقت نوشته شد و سپس نمونه‌برداری با توجه به تغییر رخساره و تغییرات پلت‌های آرتمیا صورت گرفت. روش آماده‌سازی نمونه‌ها و نحوه آزمایش‌ها بر اساس دستورالعمل‌های ذکرشده توسط لوئیس و مک‌کونچی (Lewis and McConchie, 1994) انجام گرفت. نیمی از نمونه‌ها جهت انجام آزمایش‌ها دانه‌بندی و نیمی دیگر جهت تهیه پودر برای آنالیز عنصری مورداستفاده قرار گرفت. آنالیز عنصری توسط دستگاه ICP-OES مدل JY70 PLUS و ICP Optical Emission Spectrometer مدل Varian735-ES در آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور انجام شد. بر اساس مشاهدات صحرایی، توصیف مغزه‌ها، تغییرات در فراوانی پلت‌ها و نتایج آزمایشگاهی، مغزه‌ها به واحدهای رسوبی تفکیک و ستون چینه‌شناسی آن‌ها رسم گردید و زیر محیط رسوبی (Sub environment) هر واحد تعیین گردید (Benison and Goldstein, 2001; Li *et al*., 1996; Valeo-Garces *et al*., 1998).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]



شکل ۲: موقعیت مغزه‌های برداشت‌شده.



شکل ۳: A-تصویری از Gouge Auger برای حفاری در رسوبات سفتB - Gouge Auger برای حفاری در رسوبات نرم، C-نحوه حفاری به‌صورت دستی (Pushing) توسط مغزه گیر Gouge(Eijkelkamp, 2008).

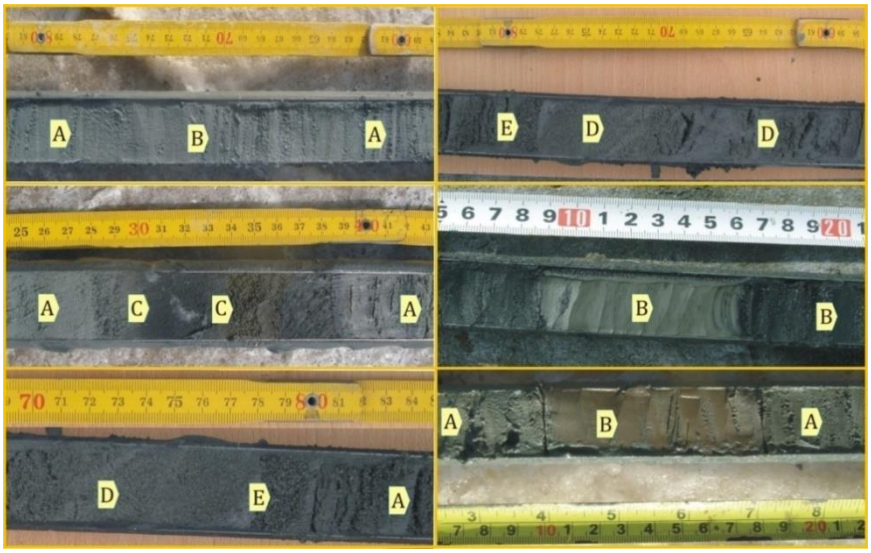
نتایج

رسوبات موردمطالعه بر اساس ویژگی‌های رخساره‌ای مانند رنگ، اندازه ذرات، میزان ماده آلی، حضور پلت آرتمیا و کانی‌های تبخیری به رخساره‌های مختلف تفکیک گردیدند. در ۲۸ مغزه موردمطالعه ۱۷ رخساره رسوبی شناسایی گردید. رخساره‌ها غالباً دارای رسوبات تبخیری (هالیت و ژیپس)، رس، گل، ماسه، بقایای گیاهی و پلت آرتمیا بود که در بیشتر موارد تناوب و تداخل در رسوبات ذکرشده به‌کرات دیده شد (شکل ۴). تغییرات در اندازه ذرات بین رس تا ماسه دانه‌درشت با توجه به میزان بارش در حوضه و میزان ورودی رودخانه‌ها و تغییرات رنگ رسوبات با توجه به شرایط رسوب‌گذاری، حضور ماده آلی، میزان PH، تغییرات شوری و دما، وقوع خشک‌سالی‌ها و ... در طول مغزه‌ها بوده است. در رسوبات مغزه‌های موردمطالعه درمجموع رخساره‌ها نشانگر چهار محیط رسوبی دریاچه‌ای، تالابی، رودخانه‌ای و پلایایی است. رخساره‌های محیط رودخانه‌ای با رسوبات گل سیلتی فاقد ماده آلی و رنگ قهوه‌ای، رخساره تالابی باوجود رسوبات خاکستری تیره گلی و دانه‌ریز همراه با ماده آلی فراوان، ریشه‌های گیاهی و زون‌های اکسیده اطراف ریشه‌ها، رخساره پلایایی باوجود لامینه‌های تیره و روشن گاه قرمزرنگ مربوط به کفه گلی حاوی

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

بلوره‌های ژیپس درشت دیاژنتیکی و رخساره‌های دریاچه‌ای باوجود رسوبات مارنی خاکستری روشن غنی از پلت آرتمیا، دانه‌های پوشش‌دار بامیان لایه‌های رسوبات سیاه‌رنگ و غنی از ماده آلی که نشانگر محیط احیایی دریاچه‌ای هستند مشخص می‌گردد. با توجه به سن سنجی بروش ایزوتوپ کربن ۱۴ بین ۰/۷ تا ۰/۸ میلی‌متر در سال می‌باشد. تغییر در میزان نرخ رسوب‌گذاری در قسمت‌های مختلف دریاچه غالباً وابسته به حجم آب و آورد رسوبی رودخانه‌های حوضه آبریز می‌باشد.

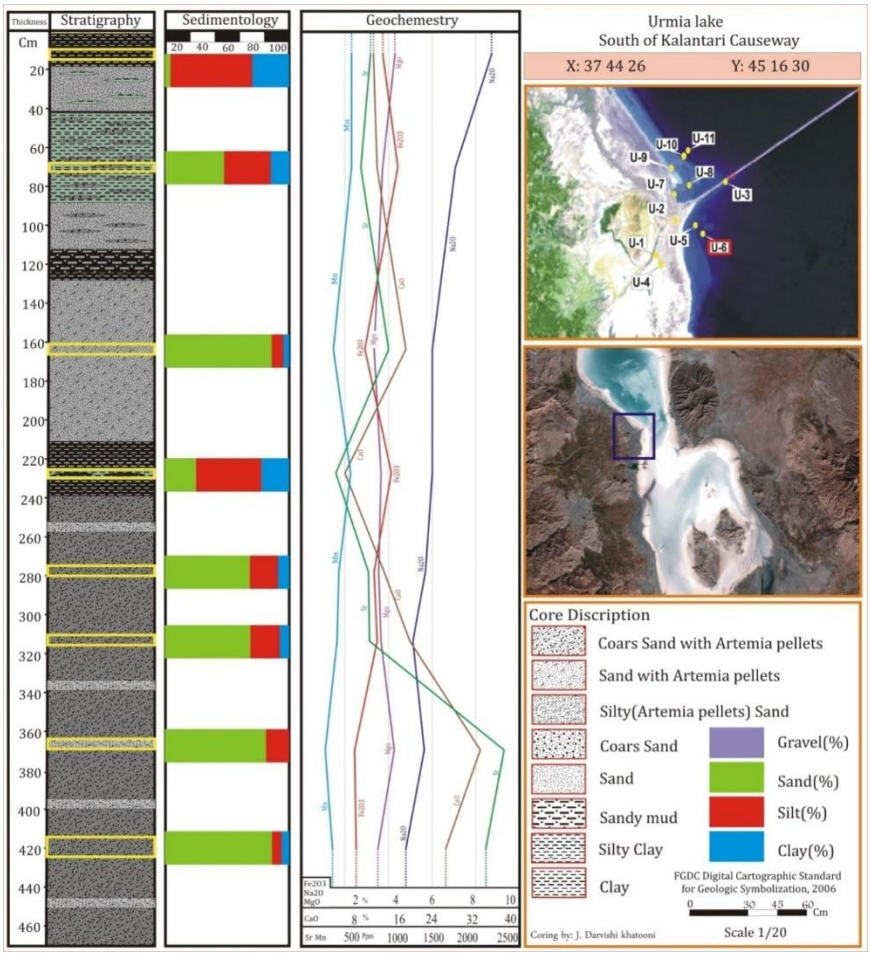
پلت‌های *آرتمیا اورمیانا* در چهار رخساره رسوبی؛ گل سیلتی، ماسه دانه‌ریز تا دانه‌متوسط، ماسه دانه‌درشت و لامینه‌ها پلت (فقط پلت) دیده می‌شوند (شکل ۴). با توجه به اینکه خود لایه‌های گلی نیز غالباً از گل‌های آراگونیتی به همراه کانی‌های رسی تشکیل‌شده است در رسوبات دریاچه‌ای و دور از ساحل تشکیل می‌گردند، همچنین وجود پلت‌های پراکنده در داخل رخساره‌های ماسه‌ای نشان‌دهنده وجود محیط حاشیه دریاچه است. وجود پلت‌های آرتمیا در رخساره‌های خاص نشان‌دهنده فراوانی آرتمیا در زمان رسوب‌گذاری این رخساره‌ها است و ازآنجایی‌که آرتمیا در محدوده خاصی از شرایط فیزیکو-شیمیایی قادر به زندگی است (شکل ۶) لذا می‌توان از طریق وجود پلت‌های آرتمیا شرایط دوره رسوب‌گذاری را تعیین کرد.



شکل ٤: A-گل سیلتی نرم به همراه میزان بالایی پلت‌های آرتمیا، B-رخساره گل نرم به‌رنگ‌های طوسی، طوسی متمایل به سبز، قهوه‌ای و سیاه، C- ماسه دانه‌ریز تا دانه‌متوسط، بارنگ‌های قهوه‌ای، سیاه و طوسی، D-ماسه دانه‌ریز تا دانه‌متوسط غالباً طوسی دارای پلت آرتمیا، E-ماسه دانه‌درشت، در برخی قسمت‌ها دارای پلت آرتمیا و عدسی‌های رسی به‌صورت میان لایه.

از دیگر روش‌های شناسایی تغییرات تراز آب درگذشته استفاده از ژئوشیمی عنصری در رسوبات بستر دریاچه‌هاست و برای تعیین شرایط محیط دیرینه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با توجه به نتایج آنالیز عنصری در طول مغزه‌های رسوبی تغییرات میزان غلظت عناصر به تغییرات آب و هوایی، خشک‌سالی‌ها، تغییرات فراوانی پلت آرتمیا و غیره بستگی دارد (شکل ۵ و جدول ۱).

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]



شکل ۵: نمونه‌ای از مغزه‌های تهیه‌شده از غرب دریاچه، ستون چینه‌شناسی، رسوب‌شناسی و تغییرات عناصر در طول مغزه.

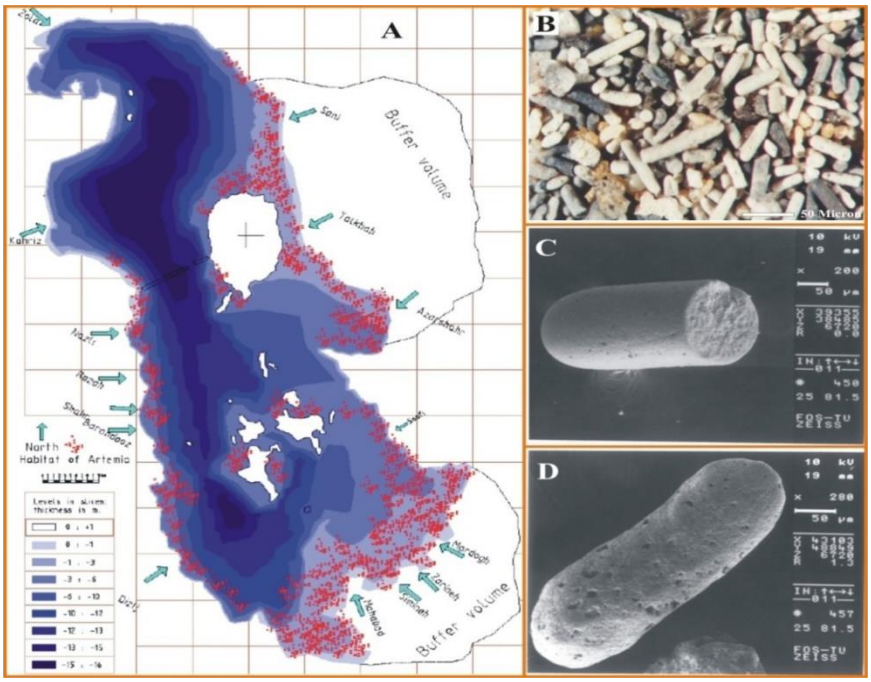
جدول ۱: متوسط غلظت برخی عناصر در رسوبات مغزه‌های رسوبی.

عمق (متر)	Al2O3%	CaO%	Fe2O3%	K2O%	MgO%	Mn-ppm	Na2O%	Sr-ppm
۰-۱	۹/۲	۱۴/۹	۴/۱	۲/۱	۴/۲	۵۶۵/۹	۷/۶	۹۸۲/۲
۱-۲	۹/۳	۱۵/۵	۴/۳	۲	۴/۷	۶۳۲/۲	۶/۸	۱۰۶۳/۳
۲-۳	۹	۱۵/۸	۴/۳	۲	۴/۹	۶۵۳/۲	۶/۵	۱۰۹۱/۷
۳-۴	۸/۴	۱۷/۶	۳/۸	۱/۹	۴/۵	۵۲۸/۵	۷/۱	۱۳۹۴/۴
۴-۵	۷/۱	۱۹/۹	۳/۳	۱/۶	۵	۴۹۲/۶	۶/۵	۱۷۵۶/۶
۵-۶	۵/۹	۱۹/۱	۲/۸	۱/۳	۶/۸	۴۵۴/۱	۷/۳	۱۲۹۴/۵
۶-۷	۸	۱۶/۶	۳/۸	۱/۸	۶/۵	۶۰۹/۲	۶/۷	۶۷۴/۶
۷-۸	۶/۹	۲۴/۴	۳/۴	۱/۶	۸/۸	۵۵۰/۴	۶/۴	۲۲۷۱/۷
۸-۹	۹/۳	۲۰/۱	۴/۴	۲/۱	۷/۱	۷۴۱/۵	۴/۸	۷۱۲
۹-۱۰	۸/۷	۱۲/۷	۴/۳	۲	۹/۷	۶۹۷/۱	۵/۱	۴۲۰/۵

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه آرتمیا قادر به تحمل محدوده خاصی از شوری محیط است لذا در شوری‌های بالا، تولید پلت‌های دفعی که بخش مهمی از رسوبات کربناته را تشکیل می‌دهند نیز کاهش‌یافته یا متوقف می‌شود و رسوبات تبخیری به‌واسطه افزایش شوری و ایجاد لایه‌بندی در ستون آب، شرایط بی‌اکسیژنی، کاهش موجودات فتوسنتز کننده در کف حوضه بر رسوبات کربناته غلبه می‌کند (Sonnenfeld, 1984). لذا گسترش افق‌های پلتی در داخل رسوبات بیانگر محدوده خاصی از شوری است که آرتمیا قادر به زیست در این شوری می‌باشد، این محدوده‌ها در زمان‌های مختلف بسته به شرایط محیطی در حال تغییر است. برای مثال در شرایط قبل از افت شدید سطح تراز آب دریاچه و بحرانی شدن وضعیت، در سطح تراز اکولوژیک (تراز ۱۲۷۴) طبق شکل ۶ بوده است (گلابیان، ۱۳۸۹). در تصاویر SEM تهیه‌شده پلت‌های دفعی آرتمیا حالت میله‌ای دارند که دارای طول ۳۸۰ میکرون و قطر ۱۱۰ میکرون می‌باشد (شکل ۶). پلت‌های دفعی ابتدا دارای پوشش نازکی از مواد آلی هستند که به‌سرعت از بین می‌رود و در سطح پلت منشورهای بسیار ریز آراگونیتی ظاهر می‌گردد (Kelts and Shahrabi, 1986). گستره مکانی زیستگاه ساحلی *آرتمیا اورمیانا* غالباً در حواشی دریاچه و قسمت‌های کم‌عمق می‌باشد، از آرتمیا به‌عنوان شاخص اکولوژیک جهت حفظ بقای اکوسیستم دریاچه ارومیه استفاده می‌شود (درویشی خاتونی و همکاران، ۱۳۸۹). متأسفانه در شرایط فعلی با پایین رفتن سطح تراز و به‌تبع آن افزایش شوری (بیش از تحمل آستانه)، آرتمیا قادر به ادامه حیات نمی‌باشد (شکل ۱).



شکل ٦: A-گستره مکانی زیستگاه ساحلی *آرتمیا اورمیانا* (گلابیان، ۱۳۸۹)، B-تصویری از پلت‌های آرتمیا توسط میکروسکوپ بینوکولار، C-تصویر SEM از پلت دفعی سالم، D-تصویر SEM از پلت دفعی فرسوده (محمدی، ١٣٨٤).

مطالعه توالی رسوبات بیانگر آن است که رسوبات، در محیطی فوق اشباع از نمک با تناوب رسوبات تخریبی، شیمیایی و بیوشیمیایی ایجادشده‌اند. رسوبات شیمیایی و بیوشیمیایی حدود ۶۰-۵۰ درصد کل رسوبات دریاچه را شامل می‌گردند. نسبت رسوبات شیمیایی و بیوشیمیایی نسبت به رسوبات آواری شاخص مهمی برای بررسی شرایط محیطی و وضعیت آب و هوایی محسوب می‌شوند (لک و همکاران، ۱۳۹۰). پلت‌های آرتمیا به‌عنوان مهم‌ترین متشکله بیوشیمیایی رسوبات بستر دریاچه ارومیه درصد قابل‌توجهی از رسوبات را تشکیل می‌دهد. آرتمیا از طریق تغذیه

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

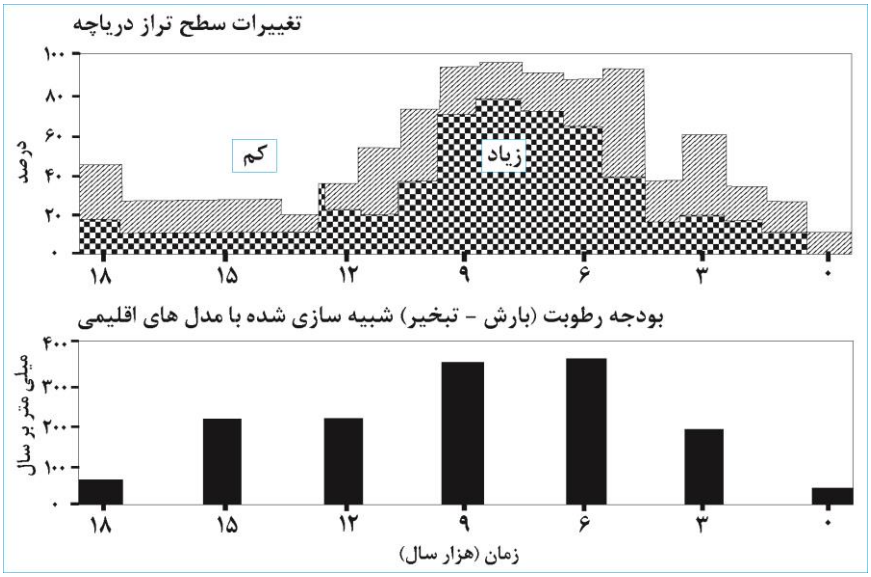
جلبک‌های فتوسنتز کننده آراگونیت بیوشیمیایی و مقداری از مواد دیگر ازجمله مواد آواری معلق در آب دریا و پس از هضم مواد قابل‌استفاده، سایر اجزاء را به‌صورت پلت‌های دفعی که از اجزاء رسوبی بیوشیمیایی مهم دریاچه هستند رها می‌کند. ۸۰ درصد پلت‌های دفعی را آراگونیت تشکیل می‌دهد. همچنین در پلت‌های دفعی مقداری کلسیت و گاهی انیدریت نیز دیده می‌شود. پلت‌ها به صورت‌های مختلفی در طول مغزه‌ها قابل‌رؤیت می‌باشند. در اعماق بالاتر پلت‌های سالم که به‌صورت میله‌ای و یا سطحی تقریباً صاف و رنگ کرمی تا خاکستری دارند قابل‌مشاهده می‌باشند (شکل ۶). در اکثر قسمت‌های مغزه‌ها، پلت‌ها حالت خردشده و فرسوده‌تر دارند. این پلت‌ها تیره‌تر از پلت‌های سالم هستند. بر روی سطح این پلت‌ها سوراخ‌های متعددی دیده می‌شود که درنتیجه فعالیت باکتری‌ها بعد از رسوب‌گذاری آن‌ها ایجادشده‌اند. البته وجود پلت‌های فرسوده و خردشده (شکل ۶) در افق‌هایی که درصد رسوبات تبخیری در آن بالاست (پایین بودن سطح آب دریاچه) نشانگر حمل‌ونقل این پلت‌ها درنتیجه پایین آمدن سطح آب دریاچه است (محمدی، ۱۳۸۴؛ محمدی و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین برخی از این سوراخ‌ها توسط پیریت پرشده‌اند که به‌صورت نقاط ریز سیاه‌رنگی بر روی سطح پلت‌ها قابل‌تشخیص هستند. با توجه به اینکه فرآیند پیریتی شدن نیازمند ایجاد شرایط احیایی در محیط است تا باکتری‌های احیاء کننده سولفات بتوانند با احیاء سولفات به سولفید انرژی لازم برای زیست خود را فراهم آورند، لذا اعماقی از مغزه‌ها که دارای افق‌های پیریتی شده هستند بیانگر ایجاد شرایط احیایی در دریاچه و پایین آمدن سطح آب دریاچه می‌باشند پلت‌های پیریتی شده که رنگی کاملاً سیاه دارند و به دلیل جانشینی پیریت به‌جای آراگونیت وزن مخصوص بالایی دارند که برای جداسازی آن‌ها می‌توان از مایع سنگین بروموفرم استفاده کرد (شکل ۶).

در این پژوهش که مطالعات در عمق حداکثر ۱۰ متری (رسوبات هولوسن) محدود بوده و دقت مطالعه بالاست، لامینه هایی با میزان بسیار بالای پلت‌های دفعی قابل‌مشاهده است. وجود لایه‌های خالص پلت آرتمیا نشان‌دهنده شکوفایی و رشد آرتمیا در دریاچه است به‌گونه‌ای که در دوره‌های خاصی بیش از ۹۰ درصد رسوبات دریاچه را پلت‌های آرتمیا تشکیل داده است. این لامینه ها به‌صورت پراکنده در متراژهای ۲-۵ متری متمرکز هستند که با احتساب نرخ رسوب‌گذاری میانگین ۰/۵ میلی‌متر در سال (بر اساس نتایج سن سنجی رسوبات دریاچه ارومیه توسط کلت و شهرابی (۱۹۸۶) نرخ رسوب‌گذاری ۰/۱ تا ۱ میلی‌متر در سال متغیر است) می‌توان زمان حدودی وجود شرایط مناسب جهت شکوفایی فراوان آرتمیا و طول مدت دوام این شرایط را ۴ تا ۱۰ هزار سال قبل تخمین زد که همخوانی جالبی با رکوردهای آب‌وهوای قدیمی ثبت‌شده از دریاچه‌های آفریقا و جنوب آسیا و نرخ رطوبت در همان زمان در کمربندی با عرض جغرافیایی حدود ۹ تا ۳۰ درجه شمالی دارد. از ۱۸۰۰۰ سال پیش تاکنون، بالاترین سطح آب دریاچه‌ها مربوط به ۹۰۰۰ سال پیش و پایین‌ترین سطح آب دریاچه مربوط به حدود ۱۳۰۰۰ سال پیش است (Cohen, 2003). در دوره‌هایی که سطح آب بالا بوده شرایط مناسبی جهت تکثیر و تولیدمثل مهیا بوده است (شکل ۷).

وجود پلت‌های دفعی در عمق ۶۵۰ سانتیمتری مغزه‌های موردمطالعه (قسمت مرکزی، دریاچه شمال میان‌گذر) نشان از زندگی آرتمیا حداقل در اوایل هولوسن (۱۱۷۰۰ سال) در دریاچه ارومیه است که مطالعات کلت و شهرابی در سال ۱۹۸۹ نیز وجود *آرتمیا اروميانا* در آغاز هولوسن را تائید می‌کند. با افزایش عمق از میزان پلت‌های دفعی کم می‌شود، همان‌گونه قبل نیز اشاره شد، وجود لامینه های با درصد بسیار بالای پلت آرتمیا (در برخی عمق‌ها ۹۰ درصد) صرفاً در عمق‌های ۲-۵ متری قابل‌مشاهده است. این بدان معنی است که با گذر زمان‌بر تعداد آرتمیا ها در دریاچه افزوده‌شده است و در دوره‌هایی به اوج خود رسیده که شرایط مناسب رشد بوده است. در این مطالعه از عمق ۲ تا انتهای مغزه‌های حفاری‌شده میزان پلت‌های دفعی بین ۵ تا ۳۵ به‌صورت پراکنده در طول مغزه متغیر است. این موضوع در مطالعاتی که در سال ۱۳۸۴ توسط محمدی بروی مغزه‌های صدمتری در محل میان‌گذر انجام‌گرفته نیز چنین بیان‌شده است؛ در عمق ۴۰/۴۸ تا ۴۸/۹۰ متری، لایه‌ای به ضخامت ۵۰ سانتی‌متر همراه با لامینه‌های گلی و تبخیری دیده می‌شده که میزان پلت‌های پیریتی شده آن تا ۳۵ درصد نیز می‌رسد. طبق مطالعات محمدی (۱۳۸۴) درواقع این لایه بزرگ‌ترین لایه پیریتی در رسوبات می‌باشد. از عمق ۸۲ تا ۱۰۰ متری میزان پلت‌ها بسیار پایین و در حد ۳ الی ۴ درصد است. در سایر اعماق میزان پلت‌ها متغیر است که معمولاً درزمینهٔ گلی و مارنی پراکنده‌اند. درواقع پلت‌ها از اجزاء بیوشیمیایی رسوبات دریاچه می‌باشند که بیشتر از بقیه اجزاء رسوبی پیریتی شده‌اند. همچنین طبق مطالعات جمالی و همکاران در سال ۲۰۰۸ که باهدف پالینولوژی انجام‌گرفته است،

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

بامطالعه رسوبات یک مغزه موردمطالعه با بیش از ۸۰ متر عمق به بازسازی شرایط محیطی دریاچه در طول ۲۰۰ هزار سال (دو دوره یخبندان اخیر) پرداخته است. در این مطالعه با اشاره به مطالعات شاه‌حسینی در سال ۱۳۸۲، به وجود تفاوت قابل‌توجهی را در تعداد و نوسان پلت‌های دفعی آرتمیا در دوران هولوسن و پلیستوسن پایانی اشاره می‌کند که دلالت بر نوسان آب دریا در دوره‌های مختلف داشته است.



شکل ۷: تغییرات سطح تراز دریاچه‌های شمال آفریقا و جنوب آسیا در ۱۸۰۰۰ سال گذشته (Cohen, 2003).

با توجه به مطالعات انجام‌شده قبلی و شواهد مطالعات حاضر به‌طورکلی می‌توان گفت تغییر در تعداد پلت‌ها، در دوره‌های مختلف به دلیل سابقه هیدرولیکی پیچیده دریاچه ارومیه در دوره کواترنری و احتمالاً پلیوسن می‌باشد. حتی امروزه نیز به دلیل تغییر فراوان در رژیم بارشی و فصلی و دست‌کاری انسان در حوضه آبریز، شاهد نوسان شدید در سطح تراز دریاچه ارومیه هستیم به‌طوری‌که در کمتر از ۲۵ سال کاهشی حداقل ۸ متری در تراز اتفاق افتاده که فعالیت آرتمیا را از اوج به صفر رسانده است؛ بنابراین نوسان سطح تراز آب دریاچه می‌تواند به‌عنوان یک عامل اصلی و مهم در کنترل فراوانی پلت‌های دفعی درگذشته و حال حاضر نقش داشته باشد. باید توجه داشت که سطح پایین تراز می‌تواند مانند شرایط فعلی متوقف کننده چرخه حیات آرتمیا در دریاچه ارومیه باشد، از طرفی دیگر سطح بالای آب نیز با ایجاد شوری کم و شرایط نامطلوب زیستی، تولیدمثل و تکثیر آرتمیا را دچار مشکل می‌کند. از دیگر دلایل کاهش جمعیت آرتمیا ممکن است مربوط به وجود شکارچیان آرتمیا، مانند افزایش جمعیت فلامینگو ها و سایر پرندگان باشد (Djamali *et al*., 2010). در منطقه ارومیه در معده برخی از پرندگان (برای مثال فلامینگو)، توده فشرده‌ای از آرتمیا و سیست مشاهده‌شده است (Shoa Hasani and Emamifar, 2008).

توالی رسوبات در مغزه‌های موردمطالعه به‌گونه‌ای است که با مشاهده رخساره‌های دوره‌های خشک، به‌عنوان‌مثال افق‌های قرمزرنگ که با بیرون قرار گرفتن رسوبات از آب ایجاد می‌گردد (لک و همکاران، ۱۳۹۰)، از میزان پلت‌های آرتمیا به‌شدت کاسته شده و در برخی قسمت‌ها فاقد پلت می‌باشد. این شرایط بیانگر دوره خشک با مقدار بارندگی ناچیز در منطقه بوده است (Li *et al*., 1996) و قرار گرفتن تراز آب منطبق بر خط مبدأ به معنای آن است که تراز آب در سطح زمین قرارگرفته است و دلیل بر دوره کم‌وبیش خشک است. هم‌چنین رسوبات دارای لامیناسیون بیانگر بالاتر بودن تراز آب نسبت به رسوبات بدون لایه‌بندی است (Mess, 1999). طبق مطالعات انجام‌گرفته توسط لک و همکاران در سال ۱۳۹۰، تا ۱۳۰۰۰ سال قبل خشک‌سالی بزرگی در دریاچه ارومیه اتفاق نیفتاده و خشک‌سالی‌های گذشته فقط رسوبات حاشیه دریاچه را تحت تأثیر (رسوبات قرمزرنگ) قرار داده است. لذا وجود پلت‌های دفعی تا عمق ۶/۵ متری تأییدی بر مطالعات انجام‌گرفته توسط نویسندگان یادشده است.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

توزیع عناصر اصلی و فرعی در رسوبات به ترکیب کانی‌شناسی، دما، ترکیب سیالات، شرایط اکسیداسیون و احیا بستگی دارد (آدابی، ۱۳۸۳). مطالعات نشان می‌دهند که ترکیب و میزان عناصر به شرایط محیطی حساس‌اند (Sai, 2004). تحلیل عناصر اصلی (Ca, Mg) و فرعی (Fe, Na, Mn, Sr) رسوب‌ها با روشن کردن پراکندگی و توزیع آن‌ها راه را برای درک شرایط محیطی رسوب‌گذاری‌شان باز می‌کند. ژئوشیمی عنصری به‌واسطه میزان عناصر موجود در هر نمونه، راهنمای خوبی برای تغییرات اقلیمی (شرایط دما و بارش) خواهد بود. چراکه برخی از عناصر در خاک به شرایط محیطی و به‌ویژه اقلیم حساس‌اند. تا حدی که برخی از عناصر شرایط محیطی خاصی را گزارش می‌کنند. برای مثال بالا بودن میزان Mn،Fe و Mg نشان‌گر محیط احیایی، بارش بیشتر، ورود آب بیشتر و تبخیر کمتر است (نکوخو، ۱۳۸۲) (نمونه؛ شکل ۵، عمق ۶۵-۷۰ و ۲۲۵-۲۳۰ سانتی‌متر و جدول ۱). عناصری چون منیزیم و استرانسیم و منگنز تحت شرایط خاص اقلیمی در شبکه کریستالی جانشین عناصری چون کلسیم می‌شوند. پس نسبت Sr/Mn در مقابل Mn شاخص مهمی برای شرایط آب و هوایی است. شاخص‌های Ca و Mn و نسبت‌های Mn/Ca و Sr/Ca و Mg/Ca شاخص‌های مهمی برای تعیین شرایط اقلیمی دیرینه‌اند. در طی فرایند دیاژنز متائوریک مقدار Sr کاهش و Mn افزایش می‌یابد. تمرکز عنصر استرانسیم نیز ارتباط مستقیمی با دما و شوری آب دارد (Vincent *et al*., 2005). میزان بالای آهن و منگنز و منیزیم نیز تأییدی بر شرایط ذکرشده می‌باشد (پورمعافی، ۱۳۸۷). میزان بالای سدیم تحت تأثیر عواملی چون تبخیر زیاد، ورود کم آب شیرین به حوضه، کمبود بارش یا مجموعه‌ای از این عوامل ایجاد می‌شود (شکل ۵، عمق ۱۰- ۱۵ سانتی‌متر و جدول ۱). افزایش میزان عنصر کلسیم نیز مانند عنصر سدیم خشک‌تر بودن محیط را نشان می‌دهد (شکل ۵، عمق ۱۶۰ تا ۱۶۵ سانتی‌متر و جدول ۱) و کاهش نسبت منیزیم به کلسیم نشان از کاهش میزان بارش دارد (تقوی و همکاران، ۱۳۹۲) (شکل ۵، عمق ۱۶۵-۱۷۰ سانتی‌متری). در برخی رسوبات دریاچه ارومیه به‌واسطه وجود پلت‌های آرتمیا شرایط کمی متفاوت است برای مثال در شکل ۵، عمق ۳۶۵ تا ۳۷۰ سانتی‌متری مغزه وجود رخساره‌های ماسه‌ای نشان از محیط حاشیه تالابی و دلتای رودخانه‌ای (دلتای رودخانه نازلو) مشهود است با توجه به بالا بودن میزان استرانسیم و کلسیم انتظار رخساره‌های محیط‌های خشک می‌شود که در عمل این‌گونه نیست، به نظر می‌رسد میزان بالای کلسیم و استرانسیم و منیزیم به‌واسطه وجود پلت‌های غنی از آراگونیت و کلسیت می‌باشد و افزایش منیزیم هم‌زمان با کاهش یا ثبات اکسید آهن بر این مسئله صحه می‌گذارد. با توجه به مطالعات ژئوشیمی رسوبی و رسوب‌شناسی دوره‌های مرطوب و خشک همخوانی خوبی با دوره‌های فراوانی پلت‌های دفعی آرتمیا نشان می‌دهد. ثبات در شرایط محیطی در تکثیر آرتمیا نقش اساسی داشته و از طرفی دیگر شرایط مناسب جهت تدفین و حفظ پلت‌های دفعی مهیا بوده است.

از تغییرات در حجم و تعداد پلت‌های دفعی در زمان‌های مختلف می‌توان به‌عنوان شاخصی مناسب جهت شناسایی شرایط فیزیکوشیمیایی، تغییرات سطح تراز دریاچه و تغییرات هیدرولوژیکی منطقه استفاده کرد، ولی بااین‌حال در تفسیرها باید جانب احتیاط را رعایت کرد و عوامل محیطی مانند تغییرات دما، گردش آب، تاریخچه فسیل‌شناسی و ... را در نظر گرفت، همچنین اصل اساسی در رسوب‌گذاری پلت‌های آرتمیا، اول رسوب‌گذاری و سپس حفاظت از پلت‌های دفعی در رسوبات بستر دریاچه می‌باشد.

در مغزه‌های موردمطالعه رخساره رسوبی بر اساس رنگ، اندازه ذرات، میزان ماده آلی، حضور پلت آرتمیا و کانی‌های تبخیری به رخساره‌های مختلف تفکیک گردیدند. رخساره‌ها غالباً دارای رسوبات تبخیری (هالیت و ژیپس)، رس، گل، ماسه، بقایای گیاهی و پلت آرتمیا بود که در بیشتر موارد تناوب و تداخل در رسوبات ذکرشده به‌کرات دیده شد. تغییرات در اندازه ذرات بین رس تا ماسه دانه‌درشت با توجه به میزان بارش در حوضه و میزان ورودی رودخانه‌ها و تغییرات رنگ رسوبات با توجه به شرایط رسوب‌گذاری، حضور ماده آلی، تغییرات شوری و دما، وقوع خشک‌سالی‌ها و ... در طول مغزه‌ها بوده است. هم‌چنین رسوبات دارای لامیناسیون بیانگر بالاتر بودن تراز آب نسبت به رسوبات بدون لایه‌بندی است. در رسوبات مغزه‌های موردمطالعه درمجموع رخساره‌ها نشانگر چهار محیط رسوبی دریاچه‌ای، تالابی، رودخانه‌ای و پلایایی است. رخساره‌های محیط رودخانه‌ای با رسوبات گل سیلتی فاقد ماده آلی و رنگ قهوه‌ای، رخساره تالابی باوجود رسوبات خاکستری تیره گلی و دانه‌ریز همراه با ماده آلی فراوان، ریشه‌های گیاهی و زون‌های اکسیده اطراف ریشه‌ها، رخساره پلایایی باوجود لامینه‌های تیره و روشن گاه قرمزرنگ مربوط به کفه گلی حاوی

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

کریستال‌های ژیپس درشت دیاژنتیکی و رخساره‌های دریاچه‌ای باوجود رسوبات مارنی خاکستری روشن غنی از پلت آرتمیا، دانه‌های پوشش‌دار بامیان لایه‌های رسوبات سیاه‌رنگ و غنی از ماده آلی که نشانگر محیط احیایی دریاچه‌ای هستند مشخص می‌گردد.

با توجه به محدوده خاص فیزیکوشیمیایی برای زندگی آرتمیا، وجود رسوبات و رخساره‌های رسوبی حاوی پلت‌های دفعی آرتمیا، نشانگر شرایط فیزیکوشیمیایی مناسب زندگی آرتمیا در دریاچه ارومیه بوده است. پلت‌های آرتمیا به‌عنوان مهم‌ترین متشکله بیوشیمیایی رسوبات بستر دریاچه ارومیه درصد قابل‌توجهی از رسوبات را تشکیل می‌دهد. پلت‌های آرتمیا به دو صورت سالم (رنگ کرمی و سطحی صاف) و خردشده (تیره‌رنگ، دارای سوراخ‌هایی در سطح و پیریتی شده) در رسوبات دیده می‌شوند.

در پژوهش حاضر به‌طور متوسط رسوبات بستر دریاچه ارومیه تا عمق حدود ۱۰ متری دارای ۳۵-۵ درصد پلت‌های آرتمیا هستند که با افزایش عمق از ۵ متر به پایین از تعداد متوسط پلت‌ها در طول مغزه‌ها کاسته می‌شود. در برخی بخش‌های رسوبات در مغزه‌های موردمطالعه پلت‌های دفعی به میزان بسیار بالایی (۹۰ درصد رسوبات متشکل از پلت) به‌صورت لامینه قابل‌مشاهده است این بخش‌های در عمق‌های ۵-۲ متری متمرکز هستند که با نرخ رسوب‌گذاری متوسط ۰/۵ میلی‌متر در سال نشان از دوره‌های پرباران و مرطوب در ۴ تا ۱۰ سال قبل است که با تغییرات سطح تراز دریاچه‌های شمال آفریقا و جنوب آسیا که توسط کوهن ارائه‌شده است مطابقت خوبی نشان می‌دهد.

بررسی‌های ژئوشیمی رسوبی نیز شرایط مرطوب در دوره‌ی یادشده را تائید می‌کند که افزایش در میزان عناصر آهن، منگنز و منیزیم همراه است. افزایش عنصر منگنز نیز نشان‌دهنده شرایط احیایی، مرطوب و تبخیر کمتر در محیط دریاچه می‌باشد. مقدار عنصر منگنز روند معکوسی با میزان عنصر کلسیم دارد. از نسبت منگنز بر کلسیم می‌توان برای تعیین میزان بارندگی و رطوبت استفاده کرد. میزان استرانسیم، کلسیم و در مواردی سدیم باهم و عناصر آهن، منیزیم و منگنز از روند مشابهی در طول مغزه‌ها پیروی می‌کنند. مقدار استرانسیم در نمونه‌ها به ترکیب کانی‌شناسی کربنات‌ها بستگی دارد. به‌طوری‌که میزان استرانسیم با افزایش میزان آراگونیت افزایش‌یافته و با افزایش میزان کلسیم کاهش می‌یابد. در قسمت‌هایی از مغزه‌ها که پلت‌های آرتمیا فراوانی بالایی دارند میزان استرانسیم به‌واسطه آراگونیتی بودن پلت‌ها بالا می‌باشد.

وجود رخساره‌های حاوی پلت آرتمیا به ضخامت بیش از ۴ متر بدون قطع‌شدگی در طول برخی مغزه‌ها در محل میان‌گذر با نرخ رسوب‌گذاری ۰/۷ تا ۰/۸ میلی‌متر در سال (دهانه دلتای نازلو)، نشانگر تداوم شرایط رسوب‌گذاری در محیط شور دریاچه ارومیه در طول دوره‌های حداقل ۵۰۰۰ ساله است. قطع‌شدگی در تداوم پلت‌های دفعی آرتمیا با تغییر رنگ در رسوبات همراه است به‌طوری‌که وجود رسوبات قرمزرنگ (شرایط اکسیدان) نشان از دوره‌های خشک بوده که با عدم وجود پلت‌ها همراه است. می‌توان از آرتمیا به‌عنوان شاخص اکولوژیک جهت حفظ بقای اکوسیستم فعلی دریاچه ارومیه و از تغییر در تعداد پلت‌های آرتمیا در طول مغزه‌های رسوبی به‌عنوان شاخصی مناسب جهت شناسایی تغییرات تراز آب دیرینه استفاده کرد، ولی سایر شرایط تأثیرگذار مانند تغییرات دما، گردش آب، تاریخچه فسیل‌شناسی (پرندگان و ماهی‌ها آرتمیاخوار) را باید در تفسیرها مدنظر قرارداد.

منابع

آدابی، م.ح.، ۱۳۸۳. ژئوشیمی رسوبی، انتشارات آرین زمین، تهران، صفحات ۲۵-۲۰.

آقا نباتی، ع.، ۱۳۸۵. زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور، ۵۸۶ ص.

اسلامی، ل.، ۱۳۸۰. ارزیابی آثار توسعه بر محیط‌زیست دریاچهٔ ارومیه با استفاده از مدل تخریب، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۳۷ ص.

پور معافی.، م.، ۱۳۸۷. ژئوشیمی، انتشارات آرین زمین، تهران، صفحات ۲۱۱-۱۸.

تقوی، ل.، طیبی، ص.، طیبی، س. و کریمیان.، ب.، ۱۳۹۲. تحلیل اقلیم دیرینه بخش شمالی تالاب گاوخونی با استفاده از ژئوشیمی عناصر اصلی و فرعی، فصل‌نامه تالاب اکو بیولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. سال پنجم، شماره ۱۶، ۵۳-۶۲.

جلیلی، ح.، ۱۳۷٤. دریاچهٔ ارومیه، مختصری از تاریخچهٔ هیدرولوژی، هیدرو گرافی، مجله آب توسعه، شماره ۴: صفحات ۶-۲.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

درویشی خاتونی، ج.، ۱۳۹۰. گزارش لیمنولوژی و پالئولیمنولوژی دریاچه ارومیه، فاز IV: هیدرژئوشیمی دریاچه ارومیه، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۸۰ ص.

درویشی خاتونی، ج. محمدی، ع.، ۱۳۹۰. گزارش لیمنولوژی و پالئولیمنولوژی دریاچه ارومیه، فاز III: پالئوکلیماتولوژی، پالئواکولوژی و پالئوژئوگرافی، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۲۰ ص.

درویشی خاتونی، ج.، ۱۳۹٤. اقلیم و محیط دیرینه دریاچه ارومیه با استفاده از رسوب‌شناسی و ژئوشیمی رسوبی، ماهنامه زمین و معدن، ویژه‌نامه دریاچه ارومیه، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۰ ص.

درویشی خاتونی، ج. و محمدی، ع.، ۱۳۹۰. گزارش لیمنولوژی و پالئولیمنولوژی دریاچه ارومیه، فاز I: اقلیم‌شناسی، زمین‌شناسی، هیدرولوژی، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۲۰ ص.

درویشی خاتونی، ج. و لک، ر.، ۱۳۹۰. محاسبه سرعت ته‌نشینی نمک در دریاچه ارومیه، سی‌امین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱ تا ۳ اسفند، تهران، ایران.

درویشی خاتونی، ج.، نرمی سا، س.، محمدی، ع. و صالحی پور میلانی، ع. ر.، ۱۳۸۹. سهم زیست‌محیطی دریاچه ارومیه از آب رودخانه‌ها و تأمین آب موردنیاز جهت حفظ سطح تراز بهینه با بررسی اثرات طرح‌های توسعه بر روی دریاچه ارومیه، چهارمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران و بیست و هشتمین گردهمایی علوم زمین، ۲۵ الی ۲۷ شهریور، دانشگاه ارومیه، ایران.

درویشی خاتونی، ج.، نرمی سا، س. و محمدی، ع.، ۱۳۸۹. بیلان عمومی آب حوضه آبریز باختر دریاچه ارومیه، چهارمین همایش انجمن زمین‌شناسی* ایران و بیست و هشتمین گردهمایی علوم زمین، ۲۵ الی ۲۷ شهریور، دانشگاه ارومیه، ایران.

شاه‌حسینی، م.، ۱۳۸۲. رسوب‌شناسی بستر دریاچه ارومیه در بخش میانی بزرگراه شهید کلانتری با نگرشی ویژه به منشان رسوبات، به راهنمایی دکتر عبدالحسین امینی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه تهران، ۹۸ صفحه.

محمدی، ع.، ۱۳۸٤. بررسی تاریخچه رسوب‌گذاری هولوسن؟ دریاچه ارومیه بر اساس مطالعه مغزه‌های تهیه‌شده در مسیر بزرگراه شهید کلانتری، به راهنمایی دکتر عبدالحسین امینی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه تهران، ۱۲۷ ص.

شهابی، م.، ۱۳۷۲. شرح زمین‌شناسی چهارگوش ارومیه، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور، ۸۱ ص.

شهابی، م.، ۱۳۷۳. دریاها و دریاچه‌های ایران، طرح تدوین کتاب، سازمان زمین‌شناسی کشور، شماره ۱۰.

صالحی پور میلانی، ع.ر.، محمدی، ع. و درویشی خاتونی، ج.، ۱۳۸۹. مدل‌سازی فضایی و زمانی نوسانات دریاچه ارومیه با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای. چهاردهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران و بیست و هشتمین گردهمایی علوم زمین، ۲۵ الی ۲۷ شهریور، دانشگاه ارومیه، ایران.

صالحی پور میلانی، ع. ر.، درویشی خاتونی، ج. و محمدی، ع.، ۱۳۹۰. گزارش لیمنولوژی و پالئو لیمنولوژی دریاچه ارومیه، فاز II: بررسی نوسانات سطح تراز دریاچه ارومیه از سال ۱۳۵۵ -۱۳۹۰، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۳۰ ص.

طلوعی، ج.، ۱۳۷٤. مطالعه و بررسی ژئوشیمیایی و هیدرو شیمیایی و شناخت فازهای رسوبات شیمیایی حوضه رسوبی تبخیری دریاچه ارومیه، به راهنمایی دکتر عبدالحسین امینی، رساله کارشناسی ارشد زمین‌شناسی، دانشگاه تهران،۲۱۰ ص.

لک، ر.، درویشی خاتونی، ج. و محمدی، ع.، ۱۳۹۰. مطالعات پالئولیمنولوژی و علل کاهش ناگهانی تراز آب دریاچه ارومیه، فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی دانشگاه آزاد زاهدان، سال ۷(۱۳۹۰)، شماره۴: صفحات ۳۵۷ -۳۷۲.

عزیزی، ق. ۱۳۸۳. تغییر اقلیم، انتشارات قومس، تهران، صفحات ۹۸-۲۳.

غضبان، ف. و مهاجر باوقار، ن.، ۱۳۷٦. ژئوشیمی و منشأ شوری آب دریاچهٔ ارومیه، اولین همایش زمین‌شناسی دریایی ایران، چابهار، دانشگاه سیستان و بلوچستان.

گلابیان، ح.، ۱۳۸۹. طرح احیا و تثبیت دریاچه ارومیه به کمک آب دریای خزر، فصلنامه مهندس مشاور، شماره ۴۷، صفحات ۸۱-۷۰

محمدی، ع.، ۱۳۸٤. بررسی تاریخچه رسوب‌گذاری هولوسن؟ دریاچه ارومیه بر اساس مطالعه مغزه‌های تهیه‌شده در مسیر بزرگراه شهید کلانتری، به راهنمایی دکتر عبدالحسین امینی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه تهران، ۱۲۷ ص.

محمدی، ع.، لک، ر. و درویشی خاتونی، ج.، ۱۳۸۹. بررسی تاریخچه رسوب‌گذاری دریاچه ارومیه بر اساس مغزه‌های تهیه‌شده از باختر دریاچه(جنوب بزرگراه شهید کلانتری)، چهاردهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران و بیست و هشتمین گردهمایی علوم زمین، ۲۵ الی۲۷ شهریور، دانشگاه ارومیه، ایران.

مخدوم، م.، ۱۳۸۱. مروری بر مطالعات انجام‌یافته در دریاچهٔ ارومیه و آبخیز آن، همایش میان‌گذر دریاچهٔ ارومیه و محیط‌زیست، سالن فرهنگی هنری ارومیه، آبان، صفحات ۱۹-۷.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

مهاجر باوقار، ن.، ۱۳۷٦. بررسی رسوب‌شناسی و ژئوشیمی رسوبی دریاچه ارومیه در ارتباط با منشأ نمک، رساله کارشناسی ارشد، دانشکده علوم، دانشگاه تهران،۱۴۰ ص.

نکوخو.، م.، ۱۳۸۲. ژئوشیمی و محیط رسوبی نهشته‌های کربناتت پرمان در جنوب شرق شهرضا، به راهنمایی دکتر محمدحسین آدابی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی، صفحات ۱۰۸-۲۷.

Abreu-Grobois, F. A. and Beardmore, J. A., 1982. Genetic differentiation and speciation in the brine shrimp Artemia. In: Mechanisms of speciation (ed. C. Barigozzi.), Alan R. Liss Inc., New York, USA, pp. 345-376.

Anon, A., 1987. Study report on natural lakes of Azarbayjan province, Ministry of Energy, Tehran.

Asadpour, Y., Motallebi, A. and Eimanifar, A., 2007. Biotechnological approach to produce chitin and chitosan from the shells of *Artemia urmiana* Gunther, 1899 (Branchiopoda, Anostraca) cysts in Urmia Lake, Iran. Crustaceana, 80(2): 171-180.

Asem, A., 2008. Historical record on brine shrimp Artemia more than one thousand years ago from Urmia Lake, Iran. Journal of Biological Research-Thessaloniki 9: 113-114.

Azari Takami, G., 1989. Two strains of Artemia in Urmia Lake (Iran). Artemia Newslett, 13:5.

Azari Takami, G., 1993. Urmiah Lake as a valuable source of Artemia for feeding sturgeon fry. Journal Vet Fac Univ Tehran, 47: 2-14.

Benison, K. C. and Goldstein, R. H., 2001. Evaporites and siliciclastics of the Permian Nippewalla group of Kansas, USA: a case for non-marine deposition in saline lakes and saline pans, Sedimentology, Vol. 48:165-188.

Cohen, A. S., 2003. Paleolimnology: The history and evolution of lake systems, Oxford University press, 500 p.

Djamali, M., de Beaulieu, J. L., Shah Hosseini, M., Andrieu Ponel, V., Amini A., Akhani, H., Leroy, S. A. G., Stevens, L., Alizadeh, H., Ponel, P. and Brewer, S., 2008. An Upper Pleistocene long pollen record from the Near East, the 100 m-long sequence of Lake Urmia, NW Iran. Quaternary Res. 69, 413-420.

Djamali, M., Ponel, Ph., Delille, T., Thiéry, A., Asem, A., Andrieu Pone, V., Beaulieu, J. L., Lahijani, H., Shah-Hosseini, M., Amini, A., Stevens, L., 2010. A 200,000-year record of the brine shrimp *Artemia* (Crustacea: Anostraca) remains in Lake Urmia, NW Iran. International Journal of Aquatic Science.Vol 1, No 1.

Eijkelkamp., 2008. Operating instructions (04.01/04.02 Gouge augers), 14 p.

Eimanifar, A., Rezvani, S. and Carapetian, J., 2005. Application of RFLP analysis to identify cyst populations of *Artemia urmiana*(Branchiopoda, Anostraca) from Urmia Lake, Iran. Crustaceana, 78(11): 1311-1323.

Eimanifar, A., Rezvani, S. and Carapetian, J., 2006. Genetic differentiation of *Artemia urmiana* from various ecological populations of Urmia Lake assessed by PCR amplified RFLP analysis. Journal of Experimental Marine Biology and بوم‌شناسی, 333(2):275-285.

Esmaeili Dahesht, L., Negarestan, H., Eimanifar, A., Mohebbi, F. and Ahmadi, R., 2010. The fluctuations of physicochemical factors and phytoplankton populations of Urmia Lake, Iran, Iranian Journal of Fisheries Sciences,Vol. 9(3): 368-381.

Ghaheri, M. H. and Baghal-Vayjooee, N. J., 1999. Lake Urmia, Iran, A summary Review, International Journal of Salt Lake Research Kluwer Academic publisher, Netherlands, 8: 19-22.

Günther, R. T., 1899. Contributions to the geography of Lake Urmi and its neighbourhood. Geography Journal,14: 504-523.

Kelts, K. and Shahrabi, M., 1986. Holocene sedimentology of hypersaline Lake urmia, Nortwestern Iran, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 54: 105-130.

Lewis, D. W. and McConchie, D., 1994. Analytical Sedimentology, Chapman & Hall", New York. London, 197 pages.

Li, J., Lowenstein, T. K., Brown, C. B., Ku, T. L. and Luo, S., 1996. A 100 ka record of water tables and paleoclimates from salt cores, Death Valley, California, Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology Journal, Vol. 123:179-203.

Mees, F., 1999. Textural features of Holocene perennial saline lake deposits of the Taoudenni-Agorgott basin, northern Mali, Sedimentary Geology journal, Vol. 127:65-84.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

Piovano, E. L., Ariztegui, D. and Moreiras, S. D., 2002. Recent changes in Laguna Mar Chiquita (central Argentina): a sedimentary model for a highly variable saline lake, Sedimentology journal, Vol. 49: 1371-1384.

Sai, K., 2004. Geochemistry of Lake Sediments as a Record of Environmental Change in a High Arctic Watershed, Chemie der Erde 64, pp257–275.

Shahrabi, M., 1981. Holocene Lacustrine facies and environment of hypersaline Lake Urmieh, N.W Iran. Dip. Arb. Ander ETH Zurich, Switzerland. 75pp.

Shoa Hasani, A. and Eimanifar, A., 2008. Assessing feeding regime of four breeding birds species around Urmia Lake, Iran. World Aquaculture 2008 – Meeting Abstract.

Sonnenfeld, P., 1984. Brines and Evaporates", London: Academic Press, 613 pages.

Sorgeloos, P., 1997. Resource assessment of Urmia lake Artemia cysts and biomass. In Artemia Lake Cooperation Project, Item B Edited by: Sorgeloos P. Laboratory of Aquaculture and Artemia Reference Center, Belgium, 1-114.

Valero- Garces, B. L., Grosjean, M., Kelts, K., Schreier, H. and Messerli, B., 1998. Holocene lacustrine deposition in the Atacama Altiplano: facies models, climate and tectonic forcing, Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology, no.151: 101-125.

Van Stappen, G., Fayazi, G. and Sorgeloos, P., 2001. International study on Artemia LXIII. Field study of the *Artemia urmiana* (Günther, 1890) population in Lake Urmiah, Iran. Hydrobiologia, 466: 133-143.

Vincent, L. A. and Coauthors, G., 2005. Observed trends in indices of daily temperature extremes in South America 1960-2000. J. Climate, 18, 5011−5023.

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]

[Downloaded from jweb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-01]