

دوفصلنامه کواترنری ایران (علمی-پژوهشی)، دوره ۸، شماره ۲ و ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۱

ص ۵۶ تا ۸۲

ژئوشیمی رسوبی به عنوان شاخص تغییرات اقلیم کواترنری پایانی در پلایای

جازموریان

مقصود بیات؛ دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

صمد فتوحی*؛ دانشیار، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

حسین نگارش؛ استاد، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

علی محمدی؛ استادیار، پژوهشگاه علوم زمین اوراسیا، دانشگاه صنعتی استانبول، مسلک، استانبول، ترکیه

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۰

چکیده

برای تعیین محیط‌های رسوبی دوره کواترنری پایانی تعداد پنج مغزه رسوبی با عمق بیشینه ۷ متر و مجموع عمق حدود ۳۰ متر از رسوبات بستر مناطق مختلف پلایای جازموریان با استفاده از مغزه‌گیر دستی برداشت و بررسی شد. رخساره‌های رسوبی براساس بافت رسوب، نوع کانی‌های تبخیری، وجود مواد آلی، تغییرات رنگ و سایر مولفه‌های ماکروسکوپی، شناسایی و تفکیک شدند. تعداد ۱۹ نمونه رسوبی از یک مغزه برداشت شده در مرکز پلایا جهت آنالیز عنصری با دستگاه ICP-OES انتخاب شد. جهت برآورد زمانی از وقایع اقلیمی در منطقه از نتایج سن‌سنجی انجام شده قبلی استفاده شد. میزان متوسط رسوب‌گذاری در پلایای جازموریان ۰/۴ میلی‌متر در سال بوده و میزان رسوب‌گذاری برای عمق‌های مختلف رسوبات متفاوت است. در این پژوهش با توجه به بررسی‌های انجام گرفته از نسبت‌های عنصری جهت بازسازی وضعیت اقلیمی و محیطی، میزان مواد آواری ریزدانه (معلق و رسوبات رسی) ورودی به حوضه، شدت هوازگی و فرسایش در حوضه آبریز و نوسانات سطح آب دریاچه استفاده شد. نتایج تحلیل‌ها حاکی از شناسایی ۸ رخساره رسوبی، ۵ زیر محیط رسوبی شامل محیط‌های بادی، رودخانه‌ای، دلتایی، دریاچه‌ای و پلایایی است. همچنین در این مطالعه دست کم ۲ دوره خشک در حدود ۸۲۰۰ و ۴۲۰۰ سال قبل شناسایی گردید.

کلیدواژه‌ها: تغییرات اقلیم دیرینه، ژئوشیمی رسوبی، مغزه‌رسوبی، کواترنری، پلایای جازموریان.

مقدمه

اقلیم به عنوان میانگین دما یا بارش در یک دوره طولانی مدت به طور مداوم در حال نوسان و تغییر بوده است و ارتباط ساده ای بین تغییر اقلیم و واکنش های زیستی و فرهنگی انسان وجود ندارد (Quellet Bernier and deVernal, 2018; Petrie and Weeks, 2018). درک ویژگی های محیطی زمان گذشته جهت شناخت تغییرات آب و هوایی اهمیت دارد (Hamzeh and Farahi, 2020). تغییرات آب و هوایی در ویژگی های فیزیکی و شیمیایی رسوبات بازتاب پیدا می کند که می توان از آن برای پی بردن به فرآیندهای رسوبی و محیط های رسوبی دیرینه استفاده نمود (Kirllin and Shatwell, 2016). در سطح جهانی، حلقه های درختی، گرده های گیاهی، مرجان ها، مغزه های یخی، رسوبات دریایی و دریاچه ای از مهم ترین بایگانی ها برای مطالعات محیط های دیرینه هستند و کیفیت مطالعات انجام شده نیز به کیفیت این بایگانی ها بستگی دارد (Martinez-Ruiz et al. 2015; Damnati et al. 2018; Brisset et al. 2016). در این میان رسوبات بستر دریاچه های پلایایی شاخص های حساسی از اقلیم های محلی هستند (Solotchina et al. 2014; Roop et al. 2014) و به دلیل ورود حجم بالای رسوبات در مواقع سیلابی و در نتیجه وجود نرخ بالای رسوبگذاری، امکان ثبت تغییرات اقلیمی و محیطی با رزولوشن بالا فراهم می شود (Hamzeh and Farahi Ghasr-Aboonusr, 2020). اگرچه بقایای گیاهی و جانوری موجود در توالی رسوبات، جهت مطالعه اقلیم دیرینه مناسب می باشند (Leopold and Clay-Poole, 2001: 18; Utescher and Mosbrugger, 2007: 247)، اما داده های به دست آمده در بسیاری از مواقع با از بین رفتن این بقایا پیوستگی لازم را ندارند. در این میان رسوبات دریاچه ای امکان ثبت داده های دیرینه اقلیمی طولانی مدت و نسبتاً پیوسته همراه با ضریب تفکیک زمانی را فراهم آورده است (Retallack et al. 2004: 819; Sheldon and Retallack, 2004: 489; Retallack, 2007: 275). ترکیب رسوبات و میزان عناصر به شرایط محیطی حساسند (Sai, 2004). به گونه ای که برخی از عناصر، شرایط محیطی خاصی را گزارش می کنند. به دلیل تغییر در شرایط رسوبگذاری در طی زمان و تاثیر عوامل مختلف از قبیل اقلیم، زمین شناسی بالادست، ترکیب شیمیایی محیط رسوبگذاری و غیره، پراکندگی عناصر مختلف در طی زمان تغییر پیدا خواهد کرد. در طول دور هولوسن (Walker et al., 2018, 2019) به منظور آشکار کردن خصوصیات ثبت شده در رسوبات دریاچه ای از مولفه های متعددی از قبیل رسوب شناسی، چینه شناسی، ژئوشیمی رسوبی، کانی شناسی، گرده های گیاهی، داده های باستان شناسی و تغییرات نرخ رسوبگذاری استفاده می شود (Paik and Kim, 2006; Asikainen et al. 2006; Walker et al., 2018, 2019). استفاده از این پروکسی ها اخیراً به دلیل پیشرفت های فنی مانند اسکنرهای اصلی اشعه ایکس فلورسانس (XRF) افزایش یافته است. استفاده از ژئوشیمی عناصر برای تعیین اقلیم محیط رسوبی منجر به ارائه نتایج ارزنده ای شده است. همچنین ژئوشیمی عناصر به خوبی می تواند نشان دهنده شرایط دما و بارش باشد. عناصری چون

Mg، Sr و Mn تحت شرایط خاص اقلیمی در شبکه کریستالی جانشین عناصری چون کلسیم می شوند (Moosavian et al. 2019). همچنین ژئوشیمی عناصر اصلی و عناصر فرعی برای تعیین میزان دگرسانی، تعیین رخدادها و شرایط دیاژنزی حاکم بر محیط و شرایط تشکیل رسوب مفید است (Cullers and Podkovyrov, 2002; Sinha et al. 2006; Roy et al., 2008; Gallala et al., 2009; Saha et al., 2010).

تاکنون مطالعات زیادی با روش های مختلف ژئوشیمیایی در راستای مطالعات محیط و اقلیم دیرینه انجام شده است که از آن جمله می توان به نشانگرهای زیستی (Eglinton and Eglinton, 2008; Rampen et al., 2012; Rontani et al., 2013; Weijers et al., 2014; Henkes et al., 2014; Levin et al., 2014; Bayon et al., 2009; Garçon et al., 2014; al., 2014)، ایزوتوپ های پرتوزا (al., 2014; Levin et al., 2014; McCave and Hall, 2006; Garzanti et al., 2009; DeGelleke et al., 2013)، نسبت های عنصری آب و رسوب (Tribovillard et al., 2006; Calvert and Pedersen, 2007; Lak et al., 2022) اشاره کرد. از مهم ترین مطالعات انجام شده می توان به مطالعات لوو و همکاران (۲۰۱۵) در مورد ژئوشیمی رسوبات هولوسن میانی در قسمت جنوبی دریای زرد اشاره کرد. در این مطالعه از عناصر اصلی، عناصر کمیاب خاکی و ترکیبات موجود در رسوبات دریای زرد برای بازسازی تغییرات اقلیمی و فرسایش در بخش جنوبی استفاده کردند. ایشان با مقایسه نسبت آلومینیوم به کلسیم، پتاسیم به کلسیم، آلومینیوم به سدیم، پتاسیم به سدیم، رادیوم به استرانسیوم، لیتیوم به باریوم، تغییرات اقلیمی را نشان دادند. زاویسکا و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از نتایج چندین نوع آنالیز شامل رسوب گذاری و ترکیبات شیمیایی اظهار داشتند که اقلیم عامل اصلی خشک سالی ها، تغییر اکوسیستم های آبی و فرآیندهای ژئومورفولوژیکی در شرق لهستان است. هو و یانگ (۲۰۱۶) شواهد ژئومورفولوژیکی و ژئوشیمیایی بیابان Badain Jaran را در چین به منظور شناخت ساختار و تغییرات فرایندهای فعال در سطح زمین بررسی کردند. آن ها با ذکر موقعیت ویژه این بیابان نمونه هایی از رسوبات این منطقه را مورد آنالیز XRD و XRF و همچنین دانه سنجی قرار دادند. نتایج نشان داد اکثر رسوبات، حاصل فرسایش ارتفاعات اطراف این بیابان بوده و رسوبات لس منشأ خارجی داشته است (Hu and Yang, 2016). دو و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی شواهد ژئوشیمیایی فلات تبت را بررسی نموده و کانی های اصلی آن را مشخص کردند و برخی عناصر را با منشأ داخلی و برخی را نیز با منشأ خارجی دانستند. در پایان، آیشان انجام روش های ژئوشیمیایی را بسیار دقیق دانسته و در منشأیابی بسیار مفید و موثر معرفی نمودند. (Du et al, 2018). شرودر و همکاران (۲۰۱۸) مطالعه ای را در زمینه بازسازی شرایط محیطی و اقلیمی هولوسن در دریاچه مادینا در جنوب اسپانیا انجام داد. این مطالعه چند منظوره شامل مطالعات رسوب شناسی، ژئوشیمی رسوبی و شناسایی مواد معدنی و بیولوژیکی است. تجزیه و تحلیل های مرتبط با تکامل مورفولوژی دریاچه نشان دهنده چندین دوره از تغییرات سریع اقلیمی است که شامل دوره های اقلیمی گرم و خشک و کاهش شدید دما است.

دنیل و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقی رسوبات کواترنری دره می‌سی‌سی‌پی را بررسی و منشأیابی نمودند. آن‌ها برای این کار از روش آنالیز ژئوشیمیایی XRF و XRD استفاده نموده و ماهیت رسوبات این منطقه را تحلیل نمودند و آنالیز ژئوشیمیایی را در این زمینه بسیار موثر دانستند. حمزه و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی به بررسی تغییرات هیدرولوژیکی و آب و هوایی دریاچه هامون در طول هولوسن با استفاده از تحلیل دانه بندی و ژئوشیمی رسوبات پرداخت. نتایج این مطالعه نشان داد که این دریاچه به دلیل تغییرات اقلیمی، شرایط هیدرولوژیکی پیچیده ای را تجربه کرده است. حوضه در آخر عصر یخبندان کم و بیش غیرمستقیم تحت تاثیر رطوبت قرار گرفته است. در اوایل هولوسن بارندگی بیشتر بوده و در اواخر هولوسن سطح دریاچه نوسانات بیشتری را تجربه کرده است. وجود رسوبات سبز تا سبز متمایل به قهوه‌ای به همراه ماده آلی از حاکمیت بارش زمستانی مدیترانه در اواخر هولوسن حکایت دارد. هیووارت^۱ و همکاران (۲۰۰۷) به بررسی تحولات رسوبی هولوسن و خط ساحلی قدیمی در پایین دشت خوزستان (جنوب عراق) پرداخته‌اند، ایشان چهار محیط رسوبگذاری در هولوسن جلگه خوزستان تشخیص دادند که عبارت بودند از: دشت جزر و مدی شور، سبخاهای ساحلی با رسوبات تخریبی، تالاب‌های آب شیرین-آب شور و دشت آبرفتی. در هولوسن فوقانی، به دلیل بالآمدن سطح آب‌های آزاد، خط ساحلی تا فلات قاره گسترش داشته، اما با کاهش سطح آب در حدود ۵۵۰۰ سال قبل به همراه شرایط خشکی، فعالیت‌های رودخانه‌ای دلتای کارون توسعه پیدا کرده و جابه‌جایی‌های نیز در بستر روخانه‌های کرخه و جراحی پدیدار می‌شود. فیاضی و همکاران (۲۰۰۷) هیدروژئوشیمی و تکامل شورابه دریاچه مهارلو را با تلفیق داده‌های ژئوشیمیایی آب در سه دوره زمانی مختلف ۱۹۷۵، ۲۰۰۲، ۲۰۰۵ بررسی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان می‌دهد که تغییرات شاخصی در نوع شورابه در دوره خشک نسبت به دوره پر آبی صورت گرفته است. بطور کلی نتایج مطالعات انجام گرفته در ایران مرکزی، جنوب و شرق ایران بخصوص در پی جویی دوره‌های خشک دوره هولوسن نتایج تقریباً مشابهی را ارائه می‌دهد.

با وجود اینکه پژوهش‌های انجام شده در ایران به طور کلی پرده از تغییرات آب و هوایی و وضعیت محیط و ژئومورفولوژی گذشته برداشته است، اما برای به دست آوردن تصویری شفاف از این وضعیت در ایران مرکزی و جنوب ایران نیاز به انجام پژوهش‌های متعددی است. داده‌های حاصل از ابزارهای هواشناسی با آن که دقیق‌ترین داده‌ها برای این نوع مطالعات می‌باشند، اما از حیث زمانی حداکثر قادر به شناسایی وضعیت آب و هوایی حدود ۶۰ سال گذشته می‌باشد. از این رو انجام پژوهش‌های اقلیم و ژئومورفولوژی دیرینه که منجر به تولید داده‌های طولانی مدت می‌شوند ضروری است. از سوی دیگر داده‌های حاصل از چنین پژوهش‌هایی یکی از اساسی‌ترین ورودی‌ها در مدل‌سازی اقلیم دیرینه هستند و به بازسازی و کشف علت تغییرات اقلیمی کمک شایانی می‌کنند.

¹ Heyvaert

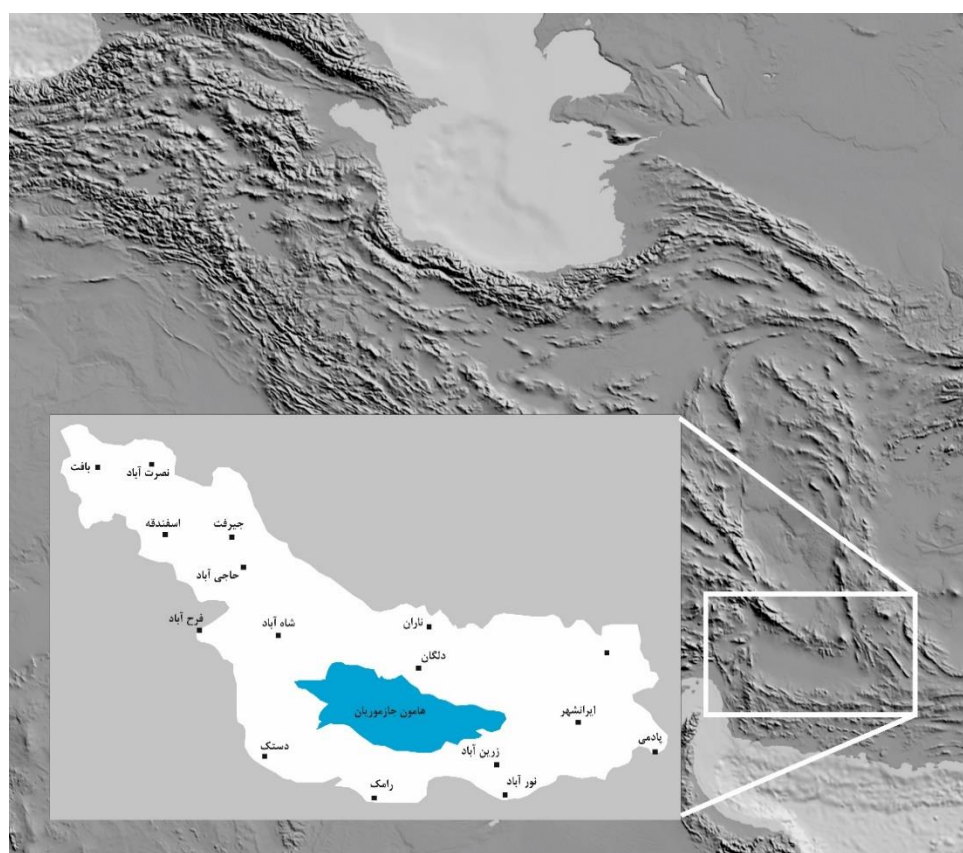
با توجه به اینکه مطالعات ژئوشیمی رسوبی رسوبات جازموریان محدود به رسوبات سطحی پلایا می باشد (Mohammadi, 2010) و آنالیزهای ژئوشیمی رسوبی برای رسوبات زیر بستر پلایای جازموریان انجام نشده است و از آن جا که برای آنومالی عناصر مختلف به شرایط اقلیمی و فیزیکی-شیمیایی ویژه‌ای نیاز است، با اطلاع از ویژگی های ژئوشیمیایی می توان شرایط اقلیمی و جغرافیایی گذشته را بازسازی نمود. در این پژوهش سعی شده است با بررسی‌های رسوب‌شناسی، ژئوشیمی رسوبی و نسبت های مختلف عنصری در توالی رسوبات به شناسایی محیط‌های رسوبی و تغییرات این محیط‌ها، بازسازی شرایط اقلیمی و ژئومورفولوژی پلایای جازموریان در طول پلیستوسن پسین و هولوسن پرداخته شود.

منطقه مورد مطالعه

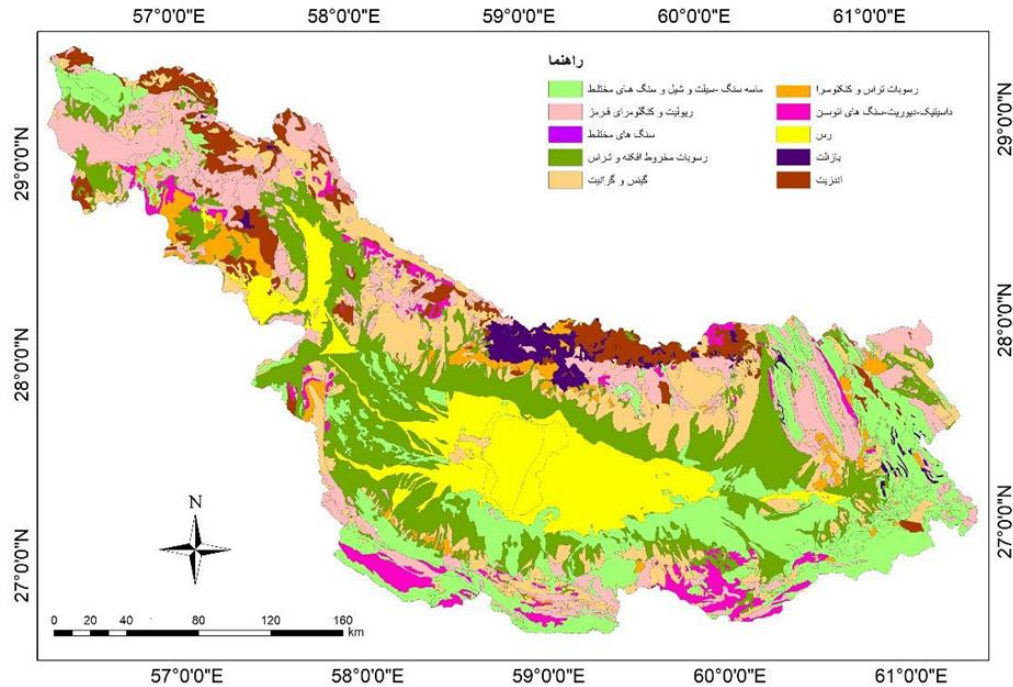
پلایای جازموریان در جنوب شرقی ایران (غرب استان سیستان و بلوچستان و شرق استان کرمان) در ارتفاع حدود ۳۵۰ متری از سطح آب‌های آزاد قرار دارد (بدیعی، ۱۳۷۸). این پلایا تقریباً در قسمت میانی حوضه آبریز جازموریان قرار دارد. مساحت پلایا در زمان پر آبی ۳۳۰۰ کیلومتر مربع و در مواقع کم آبی ۲۵۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد. طول آن ۱۰۰ کیلومتر و عرض تقریبی آن ۴۵ کیلومتر متغیر است (افشین، ۱۳۷۳؛ پتروف، ۱۳۳۶). این پلایا غالباً در تابستان خشک است و در اردیبهشت و خرداد و در فصل پاییز نیز کم آب است. مساحت حوضه آبریز حدود ۶۹۶۰۰ کیلومتر مربع است که حدود ۳۴۱۶۰ کیلومتر مربع آن را مناطق کوهستانی و ۳۲۴۴۰ کیلومتر مربع آن را دشت و کوهپایه و حدود ۳۰۰۰ کیلومتر باقی مانده را باتلاق و شوره زار تشکیل می دهد (افشین، ۱۳۷۳). کوه‌های جبال بارز (ارتفاع ۳۷۴۱ متر) در شمال غربی پلایا و در حدود ۵۲ کیلومتری جنوب شرقی شهر جیرفت و بزمان (ارتفاع ۳۵۰۳ متر) در شمال شرقی پلایای جازموریان از مهم‌ترین ارتفاعات قسمت شمالی حوضه آبریز است. در جنوب آن نیز رشته کوه بشاگرد امتداد دارد که معمولاً خشک و فاقد پوشش گیاهی است و آب‌های این حوضه و دریای عمان را از هم جدا می‌کند. برخی از مهم‌ترین رودهای این حوزه عبارتند از: رود دائمی بمپور که با جهت عمومی شرقی- غربی به طول حدود ۲۷۵ کیلومتر از ارتفاع ۱۵۰۰ متری سرچشمه می گیرد و پس از آبیاری شهرستان بمپور از مشرق به پلایای جازموریان می ریزد و هلیل رود که با جهت عمومی شمال غربی- جنوب شرقی به طول حدود ۳۸۷ کیلومتر از ارتفاع ۳۳۰۰ متری سرچشمه می گیرد و پس از آبیاری قسمت هایی از استان کرمان از جمله بخش جازموریان در شهرستان رودبار جنوب از مغرب به پلایا می ریزد (جعفری، ۱۳۷۹) (شکل ۱). از لحاظ زمین شناسی، قدیم‌ترین لایه واحدهای سنگی این منطقه به دوره کرتاسه (از دوران دوم زمین شناسی) تعلق دارد که نهشته های دریایی متعلق به دوره های پالئوسن تا ائوسن (از دوران سوم زمین شناسی) آن را پوشانده است. همچنین رسوبات جنوب و مشرق جازموریان که به تناوب از ماسه سنگ و مارن و آهک‌های ماسه ای بر روی رسوبات قبلی تشکیل شده دریایی هستند که نشان دهنده برقراری شرایط دریایی در این منطقه است. از لحاظ ژئومورفولوژی نیز حوضه جازموریان یک فرورفتگی است که با گسل‌هایی در پیرامون حوضه و نیز کوه‌ها احاطه شده است.

مهم‌ترین گسل‌های اطراف پلایا عبارتند از: گسل جیرفت در مغرب که دنباله گسل ساردوئیه است و با امتداد شمالی - جنوبی حدود ۲۴۰ کیلومتر طول دارد. گسل فنوج در جنوب با امتداد شرقی - غربی به طول تقریبی ۲۹۵ کیلومتر و گسل دامن در مشرق که دنباله گسل نصرت آباد است و با امتداد شمالی جنوبی حدود ۲۰۰ کیلومتر طول دارد این گسل‌های نرمال در سه طرف موجب فروافتادگی دریاچه و تشکیل چاله شده است (زمردیان و پور کرمانی، ۱۳۶۸). در واقع، ناهمواری‌های این قسمت پس از آخرین فعالیت کوهزایی ایجاد شده و در مرحله فرسایش شدید اوایل دوران چهارم، با انباشت رسوبات و آبرفت‌ها در کف چاله، دشت‌های فعلی پدید آمده است. از کرتاسه فوقانی تا میوسن زیرین احتمالاً در محل مکران فعلی گودال اقیانوسی وجود داشته و جازموریان حاشیه قاره‌ای آن بشمار می‌رفته است (درویش زاده و محمدی، ۱۳۷۶). ارتفاعات غربی و جنوب شرقی این پلایا از سنگ‌های آذرین درونی و بیرونی تشکیل شده است که سنگ‌های کرتاسه فوقانی را پوشانیده اند. در امتداد حد شرقی آن سنگ‌های گسل خورده دوره ائوسن تا میوسن، ترکیبی از ماسه سنگ‌های توریدیتی تا دلتایی قرار دارند (Mohammadi et al., 2016a). در حاشیه جنوبی آن ماسه سنگ‌های دریای عمیق به همراه آمیزه‌های رنگی مکران، جازموریان را از دریای عمان جدا می‌کند (Mohammadi et al., 2016b; Mohammadi et al., 2017) (شکل ۲). پلایای جازموریان در منطقه گرم و خشک قرار دارد و دمای آن گاهی به ۴۸ درجه سانتیگراد می‌رسد. همچنین متأثر از ارتفاع و عرض جغرافیایی بر اساس آمار و گزارش‌های موجود میانگین سالانه بارش‌های جوی در بخشی گسترده از پلایای جازموریان کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر و در ارتفاعات بیش از ۱۵۰ میلی‌متر در سال است (کاردان و همکاران، ۱۳۸۸). بادهای غالب در تابستان و زمستان از شمال و شمال غربی می‌وزند. به سبب وزش بادهای گرم و خشک و نیز گرمای زیاد در طول سال، میزان تبخیر آب دریاچه بین ۳۳۰۰ تا ۴۰۰۰ میلی‌متر است (افشین، ۱۳۷۳: زمردیان و پور کرمانی، ۱۳۶۸؛ وایزه ۱۳۶۸). براساس نحوه توزیع تیپ رسوبی، پلایا به دو بخش قابل تفکیک است. در بخش و حاشیه غربی تیپ غالب رسوبات ماسه گلی می‌باشد. رسوبات بخش غربی دارای جورشدگی خیلی بد تا بد، کج شدگی خیلی درشت تا کج شدگی درشت (کج شدگی منفی) و کشیدگی از کشیده تا بسیار پهن می‌باشند. در مرکز و بخش اصلی پلایا تیپ غالب رسوبی گل می‌باشد. جورشدگی رسوبات از بد تا متوسط، کج شدگی خیلی درشت تا کج شدگی درشت، کشیدگی نیز از خیلی کشیده و کشیده تا پهن در تغییر می‌باشد. در واقع شواهد و پارامترهای رسوب‌شناسی نشان دهنده وجود ذرات دانه درشت ماسه‌ای در رسوبات است که خود نشان‌دهنده عملکرد باد در حمل و انتقال ذرات دانه ریزتر سیلتی و رسی رسوبات بستر و در نتیجه افزایش مقدار و فراوانی ذرات ماسه‌ای در رسوبات می‌باشد. با توجه به شدت زیادتر بادهای در بخش و حاشیه غربی پلایا نسبت به مرکز، مقدار ذرات ماسه‌ای رسوبات در این بخش بیشتر از مرکز پلایا است بگونه‌ای که تیپ رسوبات از گل به ماسه گلی تبدیل شده است (Mohammadi, 2010). با مطالعه رسوبات بستر پلایای جازموریان می‌توان شرایط هیدرولوژیکی و ژئومورفولوژیکی خاصی که بر این پلایا در گذشته حاکم بوده است را تعیین نمود.

علاوه بر آن الگوی تغییرات دوره های پر آبی و کم آبی این پلایا را در دوران گذشته بازسازی نمود. این موضوع که تاریخچه رسوبی، اقلیمی و هیدرولوژی پلایا به چه صورت بوده است، یکی از مسائل مهمی است که فهم آن نیازمند مطالعه رسوبات بستر پلایای جازموریان می باشد. لذا این پژوهش بر آن است به بررسی شرایط اقلیمی، محیطی، شرایط هیدرولوژیکی و فرآیند های شکل زایی پلایا در گذشته بپردازد. انجام مطالعات پالئوژئومورفولوژی، تعیین تاریخچه تغییرات دیرینه در این پلایا و الگوی تغییرات دوره های پر آبی و کم آبی این پلایا را در گذشته می تواند به درک بهتر عوامل موثر در جنوب شرق ایران و روند تغییرات سطح آب پلایا در دوره های گذشته آن کمک نماید، تا با استفاده از روند یابی این تغییرات بتوان نسبت به تحلیل شرایط کنونی و تحولات آینده آن اقدام کرد و آن را بعنوان شاخص و الگویی برای بسط این مطالعات در سایر مناطق خشک کشور ارائه داد.



شکل ۱: حوضه آبریز پلایای جازموریان و موقعیت آن در بین ناهمواری های کشور

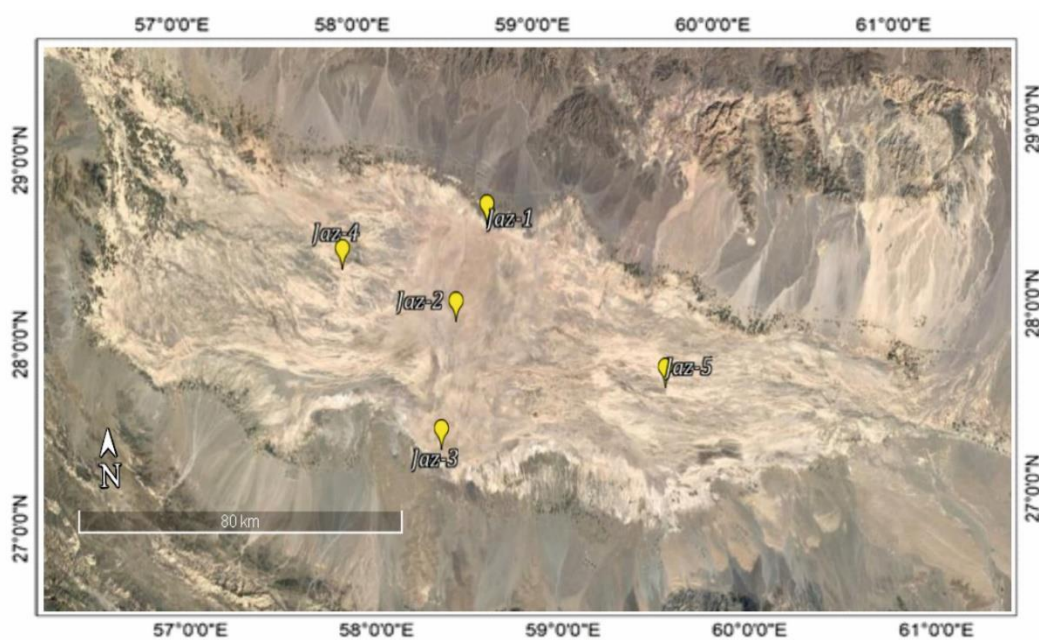


مواد و روش کار

به منظور بازسازی شرایط محیطی و اقلیمی پلایای جازموریان با استفاده از بررسی ژئوشیمی رسوبات بستر، تعداد ۵ مغزه رسوبی از بخش داخلی پلایا برداشت شد (شکل ۳ و جدول ۱). مغزه گیری توسط اوگر دستی تا عمق حدود ۷ متر انجام گرفت. در برداشت مغزه ها تغییرات رخساره های رسوبی براساس شواهد ماکروسکوپی مانند نوع سطوح لایه بندی، شکل و فرم هندسی رسوبات، ساخت های رسوبی، آثار و محتویات جانوری، بقایای گیاهی، حضور کانی-های تبخیری، درجه نسبی سخت شدگی، رنگ و تغییرات آن ثبت گردید. بازسازی توزیع فضایی محیط های مختلف رسوبی و جابجایی و تبدیل آنها به یکدیگر، براساس داده های مغزه های رسوبی در مناطق مختلف انجام گرفت و در نهایت ستون چینه شناسی مغزه های مورد مطالعه رسم گردید (شکل ۵).

جدول ۱: موقعیت و برخی مشخصات مغزه‌های برداشت شده (میزان خطای ارتفاع از سطح دریا ± 3 متر)

نام مغزه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	عمق (سانتی‌متر)	تعداد نمونه
jaz-1	58°54'24"E	27°38'11"N	۳۶۱	۷۰۰	۱۴
jaz -2	58°49'30"E	27°27'5"N	۳۵۷	۷۰۰	۲۱
jaz -3	58°46'56"E	27°12'24"N	۳۵۴	۴۰۰	۹
jaz -4	58°32'38"E	27°33'28"N	۳۶۳	۶۰۰	۱۷
jaz -5	59°10'5"N	27°18'46"N	۳۵۱	۵۰۰	۱۴



شکل ۳: موقعیت مغزه‌های برداشت شده از رسوبات بستر پلایا

نیمی از نمونه‌های برداشت شده جهت آماده‌سازی و انجام آنالیزهای شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شد و نیمی دیگر در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد بایگانی گردید. تعداد ۱۹ نمونه رسوبی از یک مغزه برداشت شده (مغزه جامع) از مرکز پلایا جهت آنالیز تجزیه شیمیایی به آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور ارسال شد. جهت آنالیز عنصری از دستگاه ICP-OES (ICP Optical Emission Spectroscopy) مدل Varian 735-ES استفاده شد و نتایج میزان آنومالی ۵۴ عنصر دیگر بر حسب ppm توسط دستگاه ICP مورد شناسایی قرار گرفت. در روش ICP به غیر از گازها، تمامی عناصر پایدار جدول تناوبی قابل شناسایی است (Potts, 1987).

برای بررسی دقت آنالیزها ۲ نمونه تکراری (حدود ۱۰ درصد کل نمونه‌ها) به صورت کاملاً تصادفی مورد آنالیز قرار گرفت که با توجه به حد تشخیص دستگاهی، غالب عناصر دارای خطای آزمایشگاهی زیر ۱۰ درصد و عناصر Sb, Mo, U, Y, Bi, Sn و Be زیر ۱۵ درصد می‌باشد. جهت پردازش داده‌های ژئوشیمیایی، ابتدا جدولی متشکل از نام نمونه، طول و عرض جغرافیایی نقاط نمونه برداری و مقدار فراوانی عناصر شیمیایی در رسوبات تهیه گردید. پس از مرتب شدن جدول داده‌ها و مراحل پردازشی ذیل در نرم افزار SPSS صورت گرفت. با توجه به اینکه عناصر نسبت به برخی عوامل محیطی واکنش‌های کم و بیش مشابهی نشان می‌دهند بنابراین، شناخت ارتباط و همبستگی ژنتیکی متقابل میان عناصر، به شناخت دقیق تر تغییرات موجود در محیط‌های ژئوشیمیایی کمک شایانی می‌نماید. در این روش با استفاده از رگرسیون و سایر پارامترهای آماری می‌توان عوامل و فرآیندهای کنترل کننده رسوبگذاری را شناسایی نموده و منشا تامین رسوبات را تعیین نمود (Alagarsamy and Zhang, 2010). با توجه به پراکندگی غیرنرمال عناصر در نمونه رسوبات، ضرایب همبستگی این عناصر با روش مرتبه ای اسپیرمن که مستقل از نوع تابع توزیع متغیر است، مورد بررسی قرار گرفت. در تحلیل خوشه‌ای، هدف طبقه بندی متغیرها براساس تشابه هرچه بیشتر تر درون گروهی و اختلاف هرچه بیشتر بین گروهی است. به منظور تعیین پاراژنرها و نحوه ارتباط عناصر با یکدیگر کلاستر آنالیز انجام پذیرفت. روش بکار گرفته شده در این آنالیز Between Groups می‌باشد. در این مطالعه از نتایج سن سنجی ۱۲ نمونه بالک به روش رادیوکربن (C_{14} -AMS) از مغزه رسوبی مطالعه شده توسط واعظی و همکاران، ۲۰۱۹ نیز استفاده گردید.

یافته‌های تحقیق

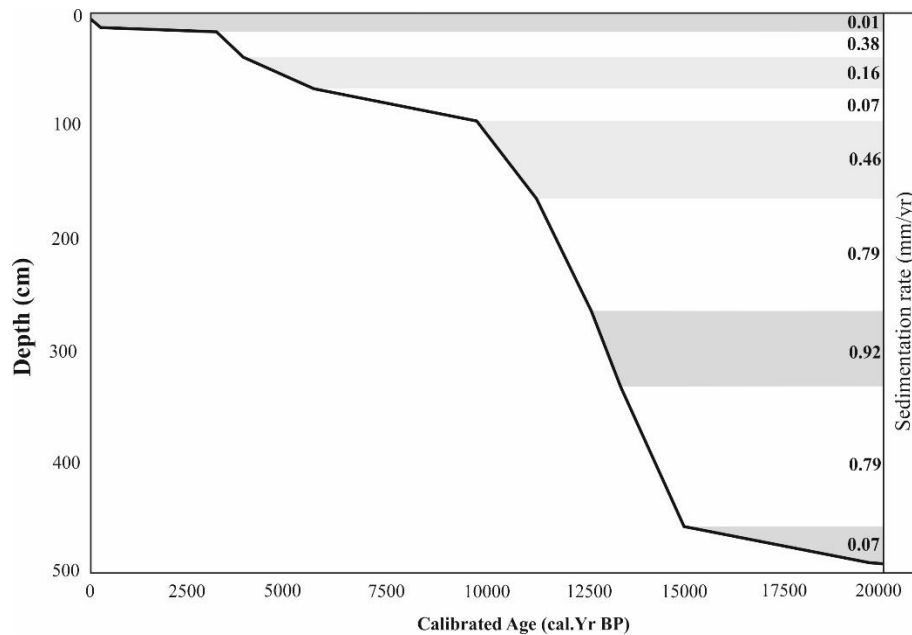
سن سنجی

با توجه به نتایج سن سنجی واعظی و همکاران (۲۰۱۹) (جدول ۲)، نرخ متوسط رسوبگذاری در پلایای جازموریان حدود ۰/۴ میلی متر در سال است. این میزان در قسمت‌های مختلف متفاوت است به گونه‌ای که در عمق‌های مختلف از ۰/۰۱ تا ۰/۹۲ میلی متر در سال در تغییر می‌باشد. نرخ رسوبگذاری در مرکز پلایای جازموریان در ۱۰ هزار سال گذشته به مراتب کمتر از دوره‌های قبلی بوده است. برای دوره هولوسن نرخ رسوبگذاری حدود ۰/۱ میلی متر در سال می‌باشد که این میزان برای پلیستوسن پایانی در حدود ۲/۵ میلی متر در سال است (شکل ۴). میزان نرخ رسوبگذاری در پلایای جازموریان در طول هولوسن با توجه به دیگر مطالعات انجام شده در ایران، قابل مقایسه با پلایای میقان (یوسفی راد و همکاران، ۱۳۸۹) با نرخ ۰/۲۵ میلی متر در سال، پلایای گاوخونی با نرخ ۰/۴ میلی متر در سال (جلیلیان و همکاران، ۲۰۲۱)، تالاب هشیلان (صفایی راد و همکاران، ۱۳۹۳) با نرخ ۰/۳ میلی متر در سال، تالاب هامون (حمزه، ۱۳۹۵) با نرخ متوسط ۰/۴ میلی متر در سال، دریاچه مهارلو (لک، ۱۳۸۶) با نرخ ۰/۲۲ میلی متر در سال و دریاچه ارومیه (کلنس و شهرابی، ۱۹۸۶) با نرخ ۰/۱۷۵ تا ۰/۳ میلی متر در سال می‌باشد. همچنین نرخ رسوبگذاری در پلیستوسن پایانی در پلایای جازموریان قابل مقایسه با دریاچه‌های محدوده زاگرس، تالاب آزالو ۱/۲۲ میلی‌متر در سال (Darvishi Khantooni et al., 2019)، تالاب زریبار (استیونس و

همکاران ۲۰۰۱؛ واسیلیکوا و همکاران ۲۰۰۶) با میزان ۱/۵ میلی‌متر تا ۱/۷ میلی‌متر در سال، کلاردشت (رضانی ۱۳۹۲) با میزان ۱/۳ میلی‌متر در سال و تالاب شادگان (شهبازی و همکاران ۱۳۹۴) با میزان متوسط ۱ میلی‌متر در سال قابل مقایسه است. با توجه به عمق مغزه‌های برداشت‌شده با نرخ متوسط ۰/۴ میلی‌متر در سال می‌توان تغییرات اقلیمی و محیطی حداقل ۲۸ هزار سال گذشته در جنوب شرق ایران را بازسازی کرد.

جدول ۲- داده‌های سن رادیوکربن و سن کالیبره شده (واعظی و همکاران، ۲۰۱۹)

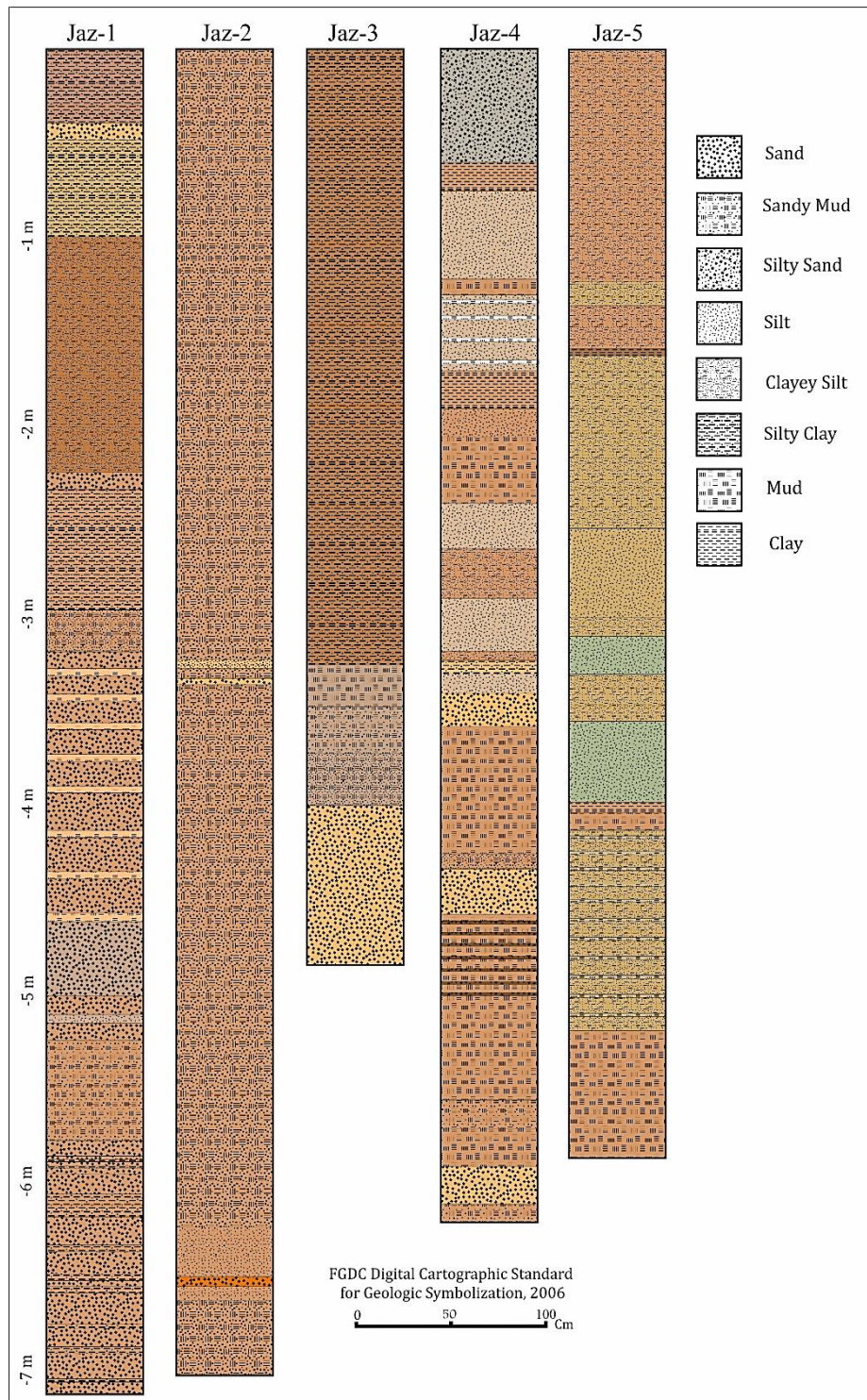
Depth (cm)	Lab. no	Measured 14C age (years BP)	Mean calibrated 14C age (years BP)
6	Poz-96034	122± 0.76	98
10	Poz-96031	2890±90	3032
34	Poz-87779	3420±35	3670
62	Poz-87780	4695±30	5397
90	Poz-85096	8400±50	9433
160	Poz-85047	9570±130	10970
260	Poz-85050	10370±90	12233
320	Poz-96033	7830±180	8690
329	Poz-87782	11130±80	12985
390	Poz-87783	10890±70	12771
454	Poz-87784	12440±80	14570
486	Poz-85052	15810±140	19085



شکل ۴- مدل سن- عمق و نرخ رسوبگذاری برای رسوبات بستر پلایای جازموریان (واعظی و همکاران، ۲۰۱۹)

رخساره‌ها و محیط‌های رسوبی

در پنج مغزه مورد مطالعه (شکل ۵)، هشت رخساره رسوبی اصلی شناسایی شد. رخساره‌ها غالباً رسوبات رسی، سیلتی، ماسه اس، گراولس و رسوبات حدواسط (ترکیبی) همراه بقایای گیاهی و رسوبات تبخیری (ژیپس و نمک) هستند که در بیشتر موارد تناوب و تداخل در رسوبات ذکر شده به کرات دیده شد (شکل ۵). تغییرات در اندازه ذرات بین رس تا گراول با توجه به تغییرات فرآیند، انرژی محیط و میزان ورودی رودخانه‌ها و تغییرات رنگ رسوبات با توجه به شرایط رسوبگذاری، حضور ماده آلی، میزان pH آب، تغییرات شوری و دمای آب و وقوع خشکسالی‌ها، در طول مغزه‌ها بوده است (Amini et al., 2010; Lak et al., 2012). در رسوبات مغزه‌های مورد مطالعه در مجموع پنج محیط رسوبی شامل رسوبات بادی، رودخانه‌ای، دلتایی، دریاچه‌ای و پلایایی مشاهده شد. رخساره‌های محیط بادی غالباً رسوبات خشک ماسه‌ای قهوه‌ای رنگ با جورشدگی بالا و دانه متوسط می‌باشد. محیط رودخانه‌ای (دشت سیلابی) با رسوبات گلی و گل سیلتی معمولاً سفت، فاقد ماده آلی و دارای ژپس ثانویه و رنگ قهوه‌ای، رخساره دریاچه‌ای با رسوبات خاکستری تا سبز روشن (مشخصه محیط‌های احیایی) گلی و دانه‌ریز همراه با ماده آلی، نرم و آبدار به همراه لامینه‌های نازک، با میان لایه‌های رسوبات دانه درشت‌تر (سیلتی) مشخص شد. محیط‌های دلتایی دارای تناوب بسیار زیاد رسوبات دانه‌ریز و دانه‌درشت به دلیل تغییرات فراوان رژیم انرژی رودخانه‌های منتهی به حوضه آبی به خاکستری و در دهانه رودخانه‌های فصلی خاکستری متمایل به قهوه‌ای مشاهده می‌شود. مشخصه محیط‌های پلایایی وجود بسیار زیاد کانی‌های تبخیری از جمله نمک و ژپس اولیه و ثانویه، رسوبات به رنگ قهوه‌ای تیره می‌باشد. لازم به ذکر است که شرایط امروزی جازموریان محیط پلایایی می‌باشد.



شکل ۵: ستون چینه‌ای مغزه‌های برداشت شده از پلایای جازموریان

ژئوشیمی رسوبی

هدف از آنالیزهای ژئوشیمیایی در این تحقیق به دست آوردن روابط عددی جهت تفکیک محیط ها و یا رخساره های وابسته به آنها است. عناصر اندازه گیری شده شامل عناصر اصلی (اکسیدهای اصلی) با غلظت بیش از یک درصد و عناصر فرعی با غلظتی کمتر از یک درصد بودند که خود به زیر مجموعه های عناصر حدواسط، فلزات قلیایی، قلیایی خاکی، اسیدی و عناصر نادر خاکی تقسیم بندی می شوند. نتایج آنالیز شیمیایی ۱۹ عدد نمونه از یک مغزه رسوبی نشان می دهد بیشترین درصد عناصر موجود در رسوبات بستر پلایای جازموریان مربوط به گروه سیلیکات ها و کربنات ها می باشد. در این پژوهش با توجه به بررسی های انجام گرفته از نسبت های عنصری Fe/Al ، Ca/Mn ، Ca/Sr ، Ti/K ، Fe/Ca ، K/Al ، Mn/Al ، V/Cr جهت بازسازی وضعیت اقلیمی و محیطی، میزان مواد آواری (معلق و رسوبات رسی) ورودی به حوضه، شدت هوازدگی و فرسایش در حوضه آبریز و نوسانات سطح آب دریاچه استفاده شده است (شکل ۶).

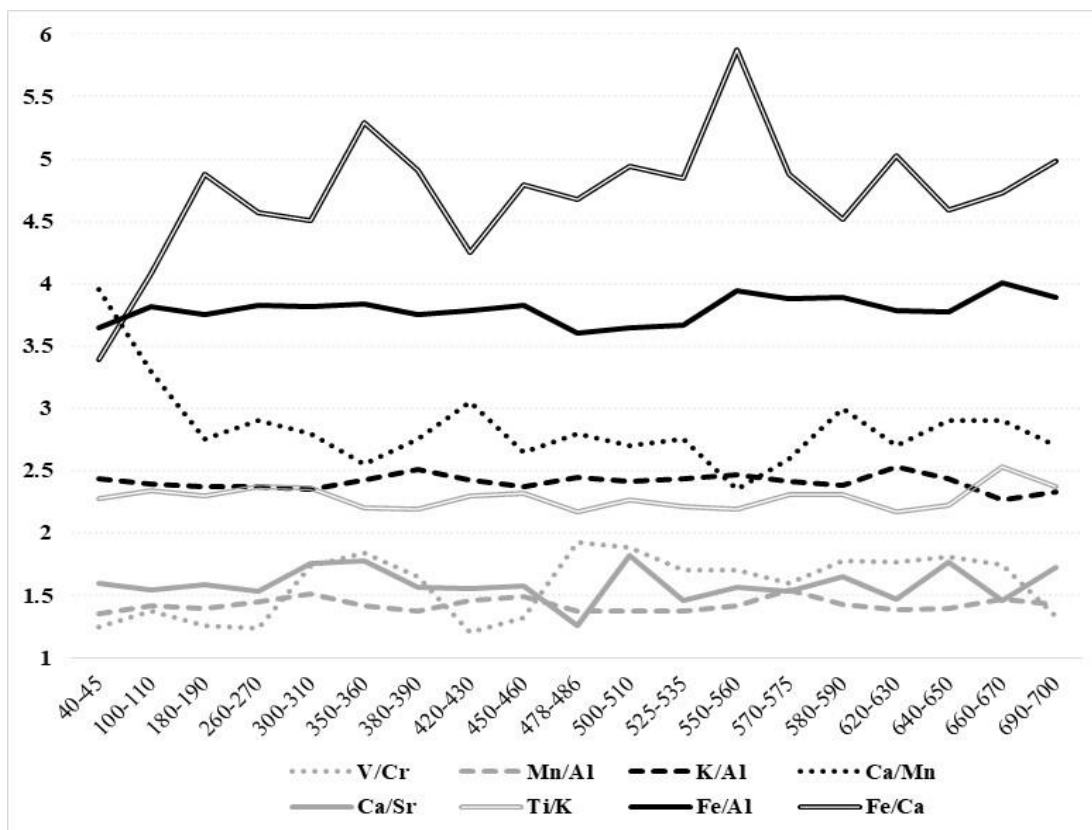
بحث

منشا، فرایندهای رسوبگذاری و بعد از رسوبگذاری با استفاده از مولفه های عناصر اصلی و ردیاب قابل بازسازی می باشد (Chang et al., 2014). تغییرات در نسبت های Ca/Mn ، Ca/Sr ، Ca/Mg در طول مغزه ها تغییرات شرایط دریاچه را در طول زمان نشان می دهد (Moosavian et al. 2019). از نسبت های عنصری مانند Rb/Al و Mg/Al ، K/Al معمولاً برای بازسازی بار رسوبی رودخانه و از نسبت Ti/Al ، Si/Al و Zr/Al برای بازسازی میزان ورودی ذرات رسوبی بادی استفاده می شود (Govin et al., 2012). لذا آگاهی از نحوه پراکنش و همچنین الگوی تغییر مقدار هر عنصر در رسوبات زمان های مختلف می توان به درک بهتر شرایط ژئوشیمیایی محیط رسوبگذاری و همچنین تفسیر صحیح تر از عوامل مؤثر در آن پیدا کرد. نسبت های Co/Ni و V/Cr بعنوان شاخص های مناسبی برای بررسی شرایط رطوبتی موجود در رسوبات دریاچه ای در زمان گذشته کارایی دارد (Schroll, 1975). نسبت های مذکور امکان تفکیک تغییرات محیطی از دریاچه کم عمق (تحت تاثیر اکسایش) یا فصلی با دریاچه ای عمیق (شرایط احیا) را فراهم می کند (Calanchin, 1996: Riquier, 2006: Wang and Zhai, 2007). در این مطالعه منحنی نسبت V/Cr به دلیل داشتن تغییرات متمایز نسبت به سایر نسبت های وانادیوم برای تفسیر محیط رسوبی مناسب تر بنظر می رسد. در دوره های گرم و مرطوب نسبت های عناصر معدنی مانند K/Al ، Si/Fe ، Mn/Ca ، Ti/Al ، Rb/Al به سرعت افزایش می یابند. این شرایط با مطالعات انجام شده حاصل از نسبت های عنصری در سایر حوضه های رسوبی دریاچه ای نیز صادق است (Chen et al., 2013). افزایش نسبت Si/Fe شرایط گرم تر را نشان می دهد و این نسبت در اقیانوس اطلس شمالی بعنوان نشانگر ذوب یخ های شمالی مورد تحلیل قرار گرفته است

(Erbs-Hansen et al. 2013). دوره‌های گرم و مرطوب با میزان فرسایش و هوازگی شیمیایی بالا در اثر بارندگی‌های مناسب همراه است (Gayantha et al. 2017). در این دوره‌ها ورود مواد آواری از حوضه آبریز به پلایا افزایش می‌یابد. همچنین روند کاهشی این نسبت‌ها حاکی از وجود شرایط نسبتاً نامناسب برای هوازگی و فرسایش با کاهش میزان بارندگی و ایجاد شرایط خشک می‌باشد. که این دوره زمانی با کاهش عمق آب در دریاچه و افزایش اکسیداسیون در رسوبات بستر همراه است (Gayantha et al. 2017). آهن و منگنز نسبت به ایجاد شرایط اکسیدان در محیط‌های دریاچه‌ای و دریایی حساس هستند (Haberyan and Hecky, 1987). در دوره‌هایی که سطح آب دریاچه بدلیل کاهش ورودی آب یا افزایش تبخیر کاهش می‌یابد، رسوبات بستر دریاچه اکسیژن بالایی دریافت می‌کنند و از این رو نسبت Mn/Al و Fe/Al افزایش نشان می‌دهند. از نسبت‌های Al/Si ، Fe/Ca ، Ti/Al ، Ti/K و Zr/Al برای برآورد تغییرات مواد رسوبی وارد شده به حوضه در طول کواترنری پایانی در منطقه قطب شمال استفاده شده است (Spofforth et al. 2008; Polyak et al. 2009). با توجه به رفتار ژئوشیمیایی متفاوت عناصر مختلف، از نسبت Ti/K به طور گسترده برای ترسیم تغییرات در رژیم‌های هوازگی استفاده شده است (Fernandez et al., 2013). افزایش این نسبت‌ها نشان دهنده ورود حجم بالایی از مواد آواری به دریاچه می‌باشد (Govin et al. 2012). نسبت Sr/Ca شاخص مهمی برای بازسازی شرایط آب و هوایی است. تمرکز عنصر استرانسیم نیز ارتباط مستقیمی با دمای آب دارد (Vincent et al., 2005).

در مغزه‌های مورد مطالعه تغییرات نسبی عناصر در دوره‌های زمانی مختلف بسیار زیاد است، این وضعیت حاکی از وجود تغییرات شدید در توالی رسوبات بستر پلایای جازموریان است. این مطالعه تفکیک تغییرات محیطی و اقلیمی را در منطقه جنوب شرقی ایران در طول حداقل ۲۰ هزار سال گذشته را فراهم می‌آورد. در این پژوهش رویدادهای اقلیمی و محیطی در توالی رسوبی برداشت شده از پلایای جازموریان با توجه به آنومالی عناصر و ۸ نسبت عنصری شناسایی شده است (شکل ۶). نسبت‌های عنصری Mn/Al و K/Al به عنوان نشانگر تغییرات هوازگی شیمیایی در حوضه آبریز در بازه زمانی ۲۰ هزار ساله به ترتیب بین ۰/۰۱۵۴ تا ۰/۰۱۳۵ و ۰/۰۲۲۶ تا ۰/۰۲۵۲ در تغییر است. افزایش در این نسبت‌ها حاکی از وجود شرایط مساعد برای افزایش میزان هوازگی شیمیایی در حوضه آبریز و به نسبت آن افزایش رطوبت و دما است و کاهش آن نشان دهنده وجود شرایط خشک در حوضه می‌باشد. این نسبت‌ها همبستگی بالایی با یکدیگر و میزان Rb/Al که نشانگر تغییرات رطوبت و سطح تراز آب دریاچه است نشان می‌دهد (شکل ۶). میانگین نسبت‌های عنصری Mn/Al و K/Al از عمق به سمت سطح با روند کلی کاهشی می‌باشد که بنظر می‌رسد از ابتدای هولوسن میانی این روند به یکباره کاهشی می‌باشد. همچنین بالا بودن نسبت Mn/Al در محیط‌های دلتایی بسیار مشهود است. این مسئله نشان‌دهنده فعال بودن هوازگی شیمیایی و فرسایش در حوضه آبریز و حمل رسوبات به سمت پلایا می‌باشد. بیشترین میزان نسبت عنصری K/Al نیز در مغزه Jaz-2 در عمق ۶۵۰ سانتی‌متری با محدوده زمانی حدود ۲۶ هزار سال قبل می‌باشد که از نظر رسوب‌شناسی

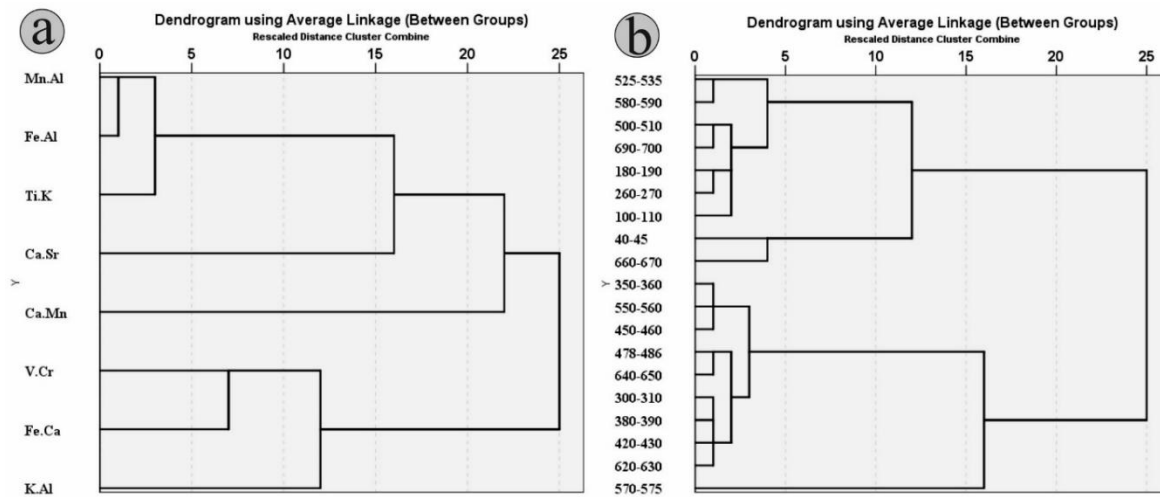
در محیط دلتایی رودخانه هلیل رود ثبت شده است. نسبت V/Cr با میانگین $۱/۵۸$ تغییر در سطح تراز آب دریاچه و میزان بارش در منطقه را نشان می‌دهد. تغییر در مقدار بیشینه و کمینه این نسبت در مغزه مرکزی بیشتر است. این بدان معنی است که احتمالاً نوسانات سطح تراز آب در بخش مرکزی پلایا بیشتر بوده است. جالب آنکه نسبت V/Cr اتفاقات اقلیمی مانند دوره خشک ۸۲۰۰ را بخوبی نشان می‌دهد (Mashkour et al., 2013; Hamzeh et al., 2016; Vaezi et al., 2018; Minniti and Seyed sajadi, 2019; Rapp, 2019; Fotoohi et al., 2022). این نسبت‌ها در دوره‌های خشک کاهش نشان می‌دهد که این کاهش در عمق‌های ۴۳۰ و ۲۶۰ سانتی‌متری بسیار مشهود است. افزایش در نسبت Ti/K حاکی از افزایش ورود رسوبات آواری به دریاچه بواسطه فرسایش بالا در حوضه آبریز در نتیجه بارش‌های مناسب در منطقه و کاهش آن نشان دهنده دوره خشک یا کاهش ورود مواد آواری است. این نسبت در عمق‌های بیشتر (۶۶۰ سانتی‌متری) میزان بالایی را نشان می‌دهد که در قسمت‌های کم‌عمق (ابتدای هولوسن) این میزان مجدداً بالاست. این مسئله نشان دهنده وجود بارش‌های مساعد یا بارش‌های سیلابی تحت تاثیر مونسون‌ها در اواخر پلئستوسن و در طول هولوسن می‌باشد. این نسبت در مغزه Jaz-2 بین $۰/۲۵۲$ تا $۰/۲۱۷$ نوسان دارد. میزان نوسان کم این نسبت نشان دهنده وجود شرایط پایدار اقلیمی و محیطی است. بیشترین میزان نیز در دلتای رودخانه هلیل رود برداشت شده است که بنظر منطقی می‌باشد. نسبت‌های Fe/Ca نشان‌دهنده تغییرات دما و رطوبت می‌باشد. این نسبت همبستگی بالایی با میزان ورود مواد آواری به دریاچه نشان می‌دهد (شکل ۵). بیشترین میزان این نسبت با عدد $۱/۱۷۵$ مربوط به بخش آب‌دار دلتای رودخانه هلیل رود در بخش شمالی غربی جازموریان و کم‌ترین میزان ($۰/۶۷$) در بخش‌های سطحی ($۴۰-۴۵$ سانتی‌متر) مغزه Jaz-2 می‌باشد (جدول ۳). این روند با میزان نرخ رسوبگذاری ارائه شده توسط واعظی و همکاران (۲۰۱۹) همخوانی خوبی نشان می‌دهد (شکل ۴). نرخ رسوبگذاری در بخش‌های فوقانی توالی رسوبات در بستر پلایای جازموریان بسیار اندک می‌باشد که نسبت عنصری Fe/Ca حکایت از کاهش ورود مواد آواری به حوضه در بخش‌های فوقانی توالی (نزدیک به زمان امروز) دارد. در پلایای‌های ایران مرکزی مانند پلایای گاوخونی یا هامون در شرق ایران هم‌زمان با دوره‌های خشک ۸۲۰۰ و ۴۲۰۰ سال پیش میزان نسبت‌های Si/Fe و Ti/K افزایش نشان می‌دهد ولی با توجه به کاهش در میزان نسبت‌های Rb/Al و V/Cr احتمال ورود ماسه‌های بادی به حوضه رسوبی را در آن دوره زمانی تقویت می‌کند. در پلایای جازموریان با توجه به اینکه مغزه مورد آنالیز در بخش مرکزی پلایا قرار دارد، احتمالاً ماسه‌های بادی کمتر به بخش مرکزی پلایا رسیده‌اند. این احتمال وجود دارد که در مغزه‌های حاشیه‌ای احتمالاً نسبت‌های عنصری مرتبط به مواد آواری تحت تاثیر ماسه‌های بادی افزایشی باشد. لذا اظهار نظر دقیق در این زمینه نیاز به بررسی‌های بیشتری دارد.



شکل ۶: تغییرات نسبت‌های عنصری در مغزه Jaz-2 برداشت‌شده از بستر پلایای جازموریان (نسبت‌ها دارای ضرایب هستند).

همانگونه که در نمودار خوشه‌ای (شکل ۷ a) قابل مشاهده است نسبت عنصری K/Al و Fe/Ca همبستگی بسیار بالایی با V/Cr نشان می‌دهد این مسئله نشان‌دهنده افزایش میزان فرسایش و هوازدگی شیمیایی در عمق‌های ۱۸۰، ۳۵۰، ۵۰۰ تا ۵۵۰، ۶۵۰ سانتی متری در حوضه آبریز این دریاچه با تغییرات میزان بارش و به واسطه آن افزایش سطح تراز آب دریاچه بوده است. افزایش در میزان هوازدگی و فرسایش که تحت تاثیر افزایش رطوبت و دما تشدید می‌شود بطور مستقیم و در بسیاری از زمان‌ها بسرعت سطح تراز دریاچه را متاثر ساخته است. نسبت Fe/Ca با K/Al که هر دو به عنوان شاخص تغییرات هوازدگی شیمیایی، همبستگی بالایی نشان می‌دهد. با توجه به اینکه نسبت‌های Fe/Al ، Ti/K و Mn/Al در یک شاخه قرار گرفته‌اند (شکل ۷ a). این مسئله حاکی از ارتباط مستقیم رطوبت (بارش) و دما با ورود مواد آواری به دریاچه است. یا افزایش دما میزان هوازدگی در حوضه افزایش یافته و در نتیجه ورود مواد آواری افزایش می‌یابد. با توجه به تحلیل‌های انجام گرفته به نظر می‌رسد در حوضه جازموریان نقش بارش یا رطوبت بیش از دما در هوازدگی شیمیایی موثر است.

با توجه به اینکه نسبت‌های V/Cr ، Ti/K و Fe/Al در یک شاخه قرار نگرفته است لذا می‌توان چنین استباط کرد که بارش‌های موجود در دوره‌های زمانی مختلف غالباً تحت تاثیر بارش‌های سیلابی و ناگهانی بوده است. این نوع بارش‌ها در جنوب شرق ایران تحت تاثیر بارش‌های مونسونی می‌باشد. همچنین در شکل (۷ b) همبستگی نسبت‌های عنصری در عمق‌های مختلف مغزه Jaz-2 را نشان می‌دهد که حاکی از وجود شرایط محیطی و اقلیمی یکسان است.



شکل ۷: a: نمودار خوشه‌ای نسبت‌های عنصری و همبستگی آنها، b: نمودار خوشه‌ای مغزه‌ها و ارتباط ژنتیکی در پلایای جازموریان.

در اواخر پلیستوسن پایانی، منطقه جازموریان تحت تاثیر منابع رطوبتی مناسب بوده است در نتیجه میزان بار رسوبی وارد شده به پلایای جازموریان بالا بوده است. تشکیل دلتای بزرگ هلیل‌رود که تا میانه‌های پلایا گسترش داشته است از شواهد این بارش‌ها می‌باشد که تشکیل پادگانه‌های مرتفع در حاشیه این رودخانه تاییدی بر این گفته است (عباس نژاد، ۱۳۹۱). در این دوره بخش‌های جنوبی پلایا دارای محیط پلایایی یا دریاچه موقت بوده است. با شروع هولوسن میزان ورود رسوبات آواری به حوضه کاهش یافته است که با عقب نشینی رسوبات دلتایی در منطقه همراه است. در این دوره زمانی با کاهش منابع رطوبتی در منطقه نسبت‌های Mn/Al ، Fe/Ca و V/Cr کاهش محسوسی نشان می‌دهد که حکایت از کاهش بارش، کاهش سطح تراز دریاچه جازموریان و میزان ورود مواد آواری به حوضه رسوبی دارد. با پسروی تدریجی خطوط ساحلی، حرکت دلتای بزرگ هلیل‌رود از حدودا مرکز به سمت غرب پلایا اتفاق افتاده است. در هولوسن میانی، هجوم نهشته‌های ماسه بادی و گسترش محیط پلایایی در حاشیه دریاچه اتفاق افتاده است. یکی از نمونه‌های مشابه، هجوم تپه‌های ماسه‌ای در دریاچه خشک شده هامون و نیز کویر لوت می‌باشد (Milani et al., 2021).

با توجه به تغییرات نسبت‌های عنصری و وجود ماسه‌های بادی زرد رنگ در عمق حدود ۳۰۰ سانتی‌متری در مغزه های بخش شمالی و غربی پلایای جازموریان (Jaz-1 و Jaz-4) حاکی از فعالیت فرایند بادی حدود ۸۲۰۰ سال پیش می‌باشد. این دوره که با گسترش ماسه‌های بادی در بستر حاشیه شمالی و غربی پلایای جازموریان همراه است، احتمالاً مصادف با رخداد ۸۲۰۰ سال پیش (هولوسن پیشین - میانی) در تغییرات دمایی کره زمین در طول هولوسن می باشد (Rapp, 2019). شرایط مشابه دیگری در عمق متوسط حدود ۱-۲ متر در مغزه های حاشیه غربی و مرکزی حاکی از وجود شرایط خشک دیگر با سنی حدود ۴۲۰۰ سال قبل در منطقه می باشد. دوره های خشک ۸۲۰۰ و ۴۲۰۰ سال پیش در مطالعات دیگر نیز با شدت و مدت متفاوت گزارش شده است (Mashkour et al., 2013; Hamzeh et al., 2016; Vaezi et al., 2018; Minniti and Seyed sajadi, 2019). با توجه به میزان نسبت های عنصری در دو دوره خشک بنظر میرسد شدت و مدت دوره خشک ۸۲۰۰ سال پیش به مراتب بیشتر از دوره خشک ۴۲۰۰ سال پیش بوده است.

نتیجه گیری

بررسی های رسوب شناسی، پارامترهای آماری رسوب شناسی و رخساره های رسوبی مغزه های برداشت شده از بستر پلایای جازموریان منجر به شناسایی پنج محیط رسوبی شامل رسوبات بادی، رودخانه ای، دلتایی، دریاچه ای و پلایایی در حوضه جازموریان شد. نرخ رسوبگذاری در پلایای جازموریان در عمق های مختلف متفاوت است این میزان در بخش های سطحی به ۰/۰۱ میلی متر در سال نیز می رسد. نرخ متوسط رسوبگذاری در پلایای جازموریان حدود ۰/۴ میلی متر در سال است. نسبت های عنصری Ca/Mn , Ca/Sr , Ti/K , Fe/Ca , K/Al , Mn/Al , V/Cr جهت بازسازی وضعیت اقلیمی و محیطی، میزان مواد آواری (رسوبات رسی و رسوبات بادی) ورودی به حوضه، شدت هوازدگی و فرسایش در حوضه آبریز و نوسانات سطح آب دریاچه حاکی از وضعیت اقلیمی منطقه جازموریان در دو دوره زمانی است. دوره زمانی پلیوستوسن پایانی که شرایط مناسب رطوبتی حاکم بوده است. در این دوره میزان هوازدگی شیمیایی در حوضه آبریز و آورد بار رسوبی به پلایا به میزان قابل توجهی بالا بوده است. از اوایل هولوسن نوسانات اقلیمی و محیطی در حوضه افزایش داشته و تا ابتدای هولوسن میانی کاهش رطوبت بصورت تدریجی بوده است که با شروع هولوسن میانی این روند سرعت گرفته است و ماسه های بادی وارد بخش شمالی و غربی پلایای جازموریان شده است. از ابتدای هولوسن میانی تا کنون که با توجه به بررسی رخساره های رسوبی و نسبت های عنصری دست کم دو دوره خشک در ۸۲۰۰ و ۴۲۰۰ سال پیش قابل شناسایی و ردیابی است که نتایج این پژوهش هوخوانی خوبی با نتایج مطالعات انجام شده در هامون، پلایای گاوخونی، دریاچه آبزالو، پلایای میقان و دریاچه مهارلو نشان می دهد.

منابع

- افشین، ی.، ۱۳۷۳. رودخانه های ایران، جلد اول، انتشارات وزارت نیرو، شرکت مهندسين مشاور جاماسب.
- اوتفرايد، آر. وايزه (گيسن)، ۱۳۶۸. منابع طبیعی بیابان جازموریان بلوچستان (جنوب شرق ایران) با توجه به پیشرفت کشاورزی ترجمه محمود خسروی، مجله رشد آموزش جغرافیا، سال ۵: ۴۳-۴۰.
- آقنابتی، س.ع (۱۳۸۵) زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.
- بدیعی، ر.، ۱۳۷۸. جغرافیای مفصل ایران، ناشر انتشارات اقبال، تهران، نوبت چاپ ۶.
- جعفری، ع.، ۱۳۷۹. گیتاشناسی ایران، ناشر موسسه جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی، تهران
- حمزه، م.، ۱۳۹۵. بازسازی شرایط محیطی و اقلیمی دیرینه جنوب شرقی ایران با استفاده از رسوب شناسی هولوسن دریاچه هامون، رساله دکتری دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۸۵ صفحه.
- درویش زاده، ع، محمدی، م، ۱۳۷۶، زمین شناسی ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- درویشی خاتونی، ج.، ۱۳۹۹. بازسازی شرایط مورفو کلیماتیک زاگرس جنوب غربی در طول هولوسن مورد مطالعه: دریاچه آبزالو در پهنه ایذه، رساله دکتری دانشگاه سیستان و بلوچستان دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۲۳۱ صفحه.
- رضائی، ا.، ۱۳۹۲. بازسازی پالینولوژیک (گرده شناختی) تاریخچه پوشش گیاهی، تغییرات آب و هوایی و فعالیت های انسان در اواخر هولوسن در منطقه کلاردشت، فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، جلد ۲۱، شماره ۱: ۶۲-۴۸.
- زمردیان، م.، پور کرمانی، م.، ۱۳۶۸. بحثی پیرامون ژئومورفولوژی استان سیستان و بلوچستان، ایرانشهر، جازموریان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی سال ۴ شماره ۳.
- شهبازی، ر.، ۱۳۹۴، مطالعه تحولات رسوبی دوره کواترنری به منظور تعیین الگوی طبیعی بیابانزایی در پلایا- تالاب شادگان، رساله دکتری، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی.
- صفائی راد، ر.، عزیزی، ق.، محمدی، ح.، علیزاده لاهیجانی، ح.، ۱۳۹۳. بازسازی تغییرات اقلیمی هولوسن و پلیستوسن پسین منطقه زاگرس میانی با استفاده از شواهد گرده شناسی تالاب هشیلان مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره یازدهم، صص ۱۹-۱.
- کاردان، ر.، عزیزی، ق.، زواررضا، پ.، محمدی، ح.، ۱۳۸۸. مدل سازی تأثیر دریاچه بر مناطق مجاور (مطالعه موردی مدل سازی اقلیمی حوزه آبخیز جازموریان) مجله علوم مهندسی آبخیزداری ایران، ۳ (۷): ۲۳-۱۵
- لک، ر.، ۱۳۸۶. بررسی رسوب شناسی، هیدرو شیمی و روند تکاملی شورابه دریاچه مهارلو شیراز، رساله دکتری دانشگاه تربیت معلم، ۱۸۸ ص.
- میخائیل پلاتونویچ، پ.، ۱۳۳۶. مشخصات جغرافیای طبیعی ایران، ترجمه حسین گلاب، انتشارات دانشگاه تهران.
- عباس نژاد، ا. ۱۳۹۱. زمین لغزه عظیم جیرفت: معرفی، نشانه ها و ویژگی ها، علوم زمین، بهار ۹۱، سال ۲۱ (۸۳): ۴۱-۴۸. یمانی، م.، شعبانی عراقی، ع.، زمان زاده، م.، گورابی، ا.، اشتری، ن.، ۱۳۹۹. بازسازی حدود گسترش پلایای میقان بر اساس شواهد رسوبی و ژئومورفیک. فصلنامه علمی و پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، ۲۹ (۱۱۶): ۱۰۲-۸۹.

یوسفی راد، م.، میرمحمدمکی، م.، خداکرمی فرد، ز. و عبدل نیا، ا.، ۱۳۸۹-چینه نگاری شیمیایی و ایزوتوپی توالی پلستوسن انتهایی-هلوسن، کویر میقان اراک. چهاردهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران.

- Alagarsamy, R., Zhang, J., 2010, Geochemical characterisation of major and trace elements in the coastal sediments of India, *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 161, pp. 161-176.
- Amini, A., Shahosseini, M., Mohammadi, A., Shahrabi, M., 2010, Sedimentological characteristics and origin of Urmia lake deposits along the Shahid-Kalantari Causeway: *Geosciences*, 19, pp. 57-68
- Asikainen CA Francus P and Brigham-Grette J., 2006, Sedimentology, clay mineralogy and grain-size as indicators of 65 ka of climate change from El'gygytyn Crater Lake, Northeastern Siberia. *J Paleolimnol*, DOI 10.1007/s10933-006-9026-5
- Bayon, G., Burton, K. W., Soulet, G., Vigier, N., Dennielou, B., Etoubleau, J., Ponzevera, E., German, C.R., Nesbitt, R.W., 2009, Hf and Nd isotopes in marine sediments: Constraints on global silicate weathering, *Earth Planet Sci. Lett*, Vol. 277, pp. 318-326.
- Brisset E, Djamali M, Bard E, Borschneck D, Gandouin E, Garcia M, Stevens L, Tachikawa K, 2018, Late Holocene hydrology of Lake Maharlou, southwest Iran, inferred from high-resolution sedimentological and geochemical analyses. *J Paleolimnology*. 61(1):111-128. <https://doi.org/10.1007/s10933-018-0048>
- Calanchin, N.; Dinelli, E.; Lucchini, D. and Mordenti A., 1996, Chemostratigraphy of late Quaternary sediments from Lake Albano and central Adriatic Sea cores (PALICLAS Project), *Palaeoenvironmental Analysis of Italian Crater Lake and Adriatic Sediments Mem. Ist. ital. Idrobiol.*, 55:247-263, 1996
- Calvert, S. E., Pedersen, T. F., 2007, Elemental proxies for palaeoclimatic and palaeoceanographic variability in marine sediments: interpretation and application. In: Hillaire-Marcel, C., Vernal, A.D. (Eds.), *Proxies in Late Cenozoic Paleoceanography, Elsevier, Amsterdam*
- Chang, A.S., Pedersen, T.F., Hendy, I.L., 2014, Effects of productivity, glaciation, and ventilation on Late Quaternary sedimentary redox and trace element accumulation on the Vancouver Island margin, western Canada. *Paleoceanography* 29, 2013PA002581.
- Chen, F., Liu, J., Xu, Q., Li, Y., Chen, J., Wei, H., et al., 2013, Environmental magnetic studies of sediment cores from Gonghai Lake: implications for monsoon evolution in North China during the late glacial and Holocene. *J. Paleolimnol.* 49, 447-464. <https://doi.org/10.1007/s10933-012-9677-3>
- Cullers, R.L., V.N., 2002, The source and origin of terrigenous sedimentary rocks in the Mesoproterozoic Uj group, southeastern Russia, *Precambrian Research*, 117(3): 157-183.
- Damnati B, Etebaai I, Benjilani H, El Khoudri K, Reddad H, Taieb M, 2016, Sedimentology and geochemistry of lacustrine terraces of three Middle Atlas lakes: Paleohydrological changes for the last 2300 cal BP in Morocco (western Mediterranean region). *Quaternary International*. 404: 163-173. doi:10.1016/j.quaint.2015.10.038
- Daniel R., Muhsa. E., Arthur B.G, L.Skipp, 2018, Geochemistry and mineralogy of late Quaternary loess in the upper Mississippi River valley, USA: Provenance and correlation with Laurentide Ice Sheet history, *Quaternary Science Reviews*, Vol. 187, pp 235-269.

- Darvishi Khatooni, J., Fotoohi, S., Negaresh, H. and Mohammadi, A., 2019, Paleoclimate and Paleoenvironment of Abzalou wetland in Khuzestan Province with using Sedimentary Cores during the Holocene. *Quaternary Journal of Iran*, 5(3), pp.323-347.
- DeGelleke, L., Hill, P. S., Kienast, M., Piper, D. J. W. ,2013, Sediment dynamics during Heinrich event H1 inferred from grain size, *Mar. Geol*, Vol. 336, pp. 160-169,
- Du, Sh, Yongqiu Wu, Lihua Tan ,2018, Geochemical evidence for the provenance of aeolian deposits in the Qaidam Basin, Tibetan Plateau, *Aeolian Research*, Vol, 32, pp 60-70.
- Eglinton, T. I. and Eglinton, G. 2008. Molecular proxies for paleoclimatology, *Earth and Planetary Science Letters*, 275, 1–16, doi:10.1016/j.epsl.2008.07.012,
- Erbs-Hansen, D.R.; Knudsen, K.L.; Olsen, J.; Lykke-Andersen, H.; Underbjerg, J.A.; Sha, L. ,2013, Paleooceanographical development of Sisimiut, West Greenland, during the mid- and late Holocene: A multiproxy study. *Mar. Micropaleontol*, 102, 79–97.
- Fernandes, V. A. Fritzi, J., Weiss, B. P., Garrick-Bethell, I., Shuster, D. L. ,2013, The bombardment history of the Moon as recorded by 40Ar-39Ar chronology, *Meteoritics & Planetary Science* 48, Nr 2, 241–269 doi: 10.1111/maps.12054.
- Gallala, W.; Gaied, M.E. and Montacer, M,2009, Detrital mode, mineralogy and geochemistry of the Sidi Aich Formation (Early Cretaceous) in central and southwestern Tunisia, implications for provenance, tectonic setting and paleoenvironment, *Journal African Earth Science*, 53: 159-170.
- Garçon, M., Chauvel, C., France-Lanord, C., Limonta, M., Garzanti, E. ,2014, Which minerals control the Nd–Hf–Sr–Pb isotopic compositions of river sediments? *Chemical Geology* , Vol. 364, pp. 42-55,
- Garzanti, E., Al-Juboury, A. I., Zoleikhaei, Y., Vermeesch, P., Jotheri, J., Bal-Akkoca, D., Kadhim-Obaid, A., Allen, M. B., Ando, S., Limonta, M., Padoan, M., Resentini, A., Rittner, M., Vezzoli, G, 2016, The Euphrated-Tigris-Karun river system: provenance, recycling and dispersal of quartz-poor foeland-basin sediments in arid climate, *Earth-Science Reviews*, No.162, pp. 107-128,
- Gayantha K, Routh J, Chandrajith R. ,2017, A multi-proxy reconstruction of the late Holocene climate evolution in Lake Bolgoda, Sri Lanka. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 473: 16–25.
- Govin, A., Holzwarth, U., Heslop, D., Ford Keeling, L., Zabel, M., Mulitza, S., Collins, J.A. and Chiessi, C.M ,2012, Distribution of major elements in Atlantic surface sediments (36 N 49 S): Imprint of terrigenous input and continental weathering. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 13(1).
- Haberyan, K., Hecky, R. ,1987, The Late Pleistocene and Holocene stratigraphy and paleolimnology of Lakes Kivu and Tanganyika, *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 61(3-4):169-197
- Haghipour N, Eglinton T, McIntyre C, Darvishi Khatooni J, Hunziker D, Mohammadi A ,2016, Paleo-climate and paleo-environment reconstruction based on a high-resolution, multi-proxy Holocene lake record from Lake Urmia (NW Iran). [Abstract]: European Geosciences Union, General Assembly, Conference Abstract. 18: 5049.

- Hamzeh M.A, Farahi Ghasr-Aboonasr SF ,2020, Palaeoenvironmental changes in the Khuran Estuary of SE coastal Iran during the last two millennia, based on the analysis of a sediment core. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 542: 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2019.109563>
- Hamzeh M.A., Gharai MHM, Lahijani HAK, Moussavi-Harami R, Djamali M, Naderi-Beni M. ,2016, Paleolimnology of Lake Hamoun (E IRAN): implication for past climate changes and possible impacts on Human settlements. *J Palaios*. 31(12): 616–629.
- Henkes, G. A., Passey, B. H., Grossman, E. L., Shenton, B. J., Pérez-Huerta, A., Yancey, T. E. ,2014, Temperature limits for preservation of primary calcite clumped isotope paleotemperatures, *Geochim. Cosmochim. Acta*, Vol. 139, pp. 362-382
- Hu, F, Yang, X ,2016, Geochemical and geomorphological evidence for the provenance of Aeolian deposits in the Badain Jaran Desert, northwestern China, *Quaternary Science Reviews* Vol, 131, pp 179-192.
- Kelts, K. and Shahrabi, M. ,1986, Holocene sedimentology of hypersaline Lake Urmia, Northwest Iran. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, V. 54: 105-130
- Kirillin, G. and Shatwell, T., 2016, Generalized scaling of seasonal thermal stratification in lakes. *J. Earth Science Reviews* 161:179–190.
- Lak R, Darvishi Khatuoni J, Mohammadi A (2012) Study of paleolimnology and causes of sudden decrease of Urmia Lake water table. *J Geotech Geo* 7: 343-358
- Lak, R., Mohammadi, A., Darvishi Khatuoni, J. ,2022, Lake Urmia Brine Evolution from 2007 to 2019. In: *The Handbook of Environmental Chemistry*. Springer, Berlin, Heidelberg. pp. 1-23. https://doi.org/10.1007/698_2021_807
- Leopold, E.B. and Clay-Poole, S.T., 2001, Florissant leaf and pollen floras of Colorado compared: climatic implications. *Proceedings of the Denver Museum of Natural History*, 4, pp. 17-69.
- Levin, M. E., Luoma, J. B., Lillis, J., Hayes, S. C., Vilardaga, R. ,2014, The acceptance and action questionnaire–stigma (AAQ-S): developing a measure of psychological flexibility with stigmatizing thoughts, *J. Contextual Behav. Sci*, Vol. 3, pp. 21-26
- Lowe, J.J., Walker, M.J.C, 2015, *Reconstructing Quaternary Environments*, 3rd ed., Routledge,
- Martinez-Ruiz, F., Kastner, M., Gallego-Torres, D., Rodrigo-Gamiz, M., Nieto-Moreno, V., Ortega-Huertas, M. 2015. Paleoclimate and paleoceanography over the past 20,000 yr in the Mediterranean Sea Basins as indicated by sediment elemental proxies. *Quaternary Science Reviews* 107: 25-46.
- Mashkour M, Tengberg M, Shirazi Z, Madjidzadeh Y ,2013, Bio-archaeological studies at Konar Sandal, Halil Rud basin, southeastern Iran. *Environ. Archaeol*. 18: 222–246.
- McCave, I. N., Hall, I.R. 2006. Size sorting in marine muds: processes, pitfalls, and prospects for paleoflow-speed proxies, *Geochem. Geophys. Geosyst*, Vol. 7, Q. 10, NO. 5,
- Milani, A.S., Barkhordari, N., Shabani, S. and Mohammadi, A., 2021. Geomorphology and wind regime of barchans in the Lut Desert (Iran). *Zeitschrift für Geomorphologie*, pp.265-290.
- Minniti C, Seyed Sajjadi M S ,2019, New data on non-human primates from the ancient Near East: The recent discovery of a rhesus macaque burial at Shahr-i Sokhta (Iran). *International J Osteoarchaeology* .29: 538-548.
- Mohammadi, A., 2010, Sedimentology and sedimentary geochemistry of Jazmurian playa. *Journal of Arid Biome*, 1(1), pp.68-79.

- Mohammadi, A., Burg, J.P. and Winkler, W., 2016a. Detrital zircon and provenance analysis of Eocene–Oligocene strata in the South Sistan suture zone, southeast Iran: Implications for the tectonic setting. *Lithosphere*, 8(6), pp.615-632.
- Mohammadi, A., Burg, J.P., Guillong, M. and von Quadt, A., 2017. Arc magmatism witnessed by detrital zircon U-Pb geochronology, Hf isotopes and provenance analysis of Late Cretaceous-Miocene sandstones of onshore western Makran (SE Iran). *American Journal of Science*, 317(8), pp.941-964.
- Mohammadi, A., Burg, J.P., Winkler, W., Ruh, J. and von Quadt, A., 2016b. Detrital zircon and provenance analysis of Late Cretaceous–Miocene onshore Iranian Makran strata: Implications for the tectonic setting. *GSA Bulletin*, 128(9-10), pp.1481-1499.
- Mohammadi, A., Lak, R., Schwamborn, G., Firouz, A.K., Çiner, A. and Khatouni, J.D., 2021, Depositional environments and salt-thickness variations in Urmia Lake (NW Iran): Insight from sediment-core studies. *Journal of Sedimentary Research*, 91(3), pp.296-316.
- Moosavian, S.M., Karbassi, A. R., Sabzalipour, S., Amirnezhad, R., Daneshian, J. 2019. Determination of sedimentation rate of Hoor-Al-Azim wetland by carbon-14 method and analysis of its past climate using element geochemistry, *Environmental Earth Sciences* 78:658. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8666-5>
- Paik, I. S., and Kim, H. J. ,2006, Playa lake and sheetflood deposits of the Upper Cretaceous Jindong Formation, Korea: Occurrences and palaeoenvironments. *Journal of Sedimentary Geology*, 187: 83-103.
- Petrie, C. A. & Weeks, L., 2018, The Iranian Plateau and the Indus River Basin, in: Chiotis, E. (ed.), *Climate Changes in the Holocene: Impacts and Human Adaptation*. CRC Press, Taylor and Francis Group, pp. 293-325.
- Polyak, L.; Bischof, J.; Ortiz, J.D.; Darby, D.A.; Channell, J.E.; Xuan, C.; Kaufman, D.S.; Løvlie, R.; Schneider, D.A.; Eberl, D.D.; et al. 2009, Late Quaternary stratigraphy and sedimentation patterns in the western Arctic Ocean. *Glob. Planet. Chang.*, 68, 5–17.
- Potts, P. J. 1987, *A Handbook of Silicate Rock Analysis*, Mineralogical Magazine, Vol. 51, 753
- Quellet-Bernier, M., & deVernal, A., 2018, “Proxy Indicators of Climate in the Past”, *Climate Changes in the Holocene: Impacts and Human Adaptation*, 41-76.
- Rampen, SW, Willmott, V, Kim, JH, Rodrigo-Gámiz, M, Uliana, E, Mollenhauer, G, Schefuß, E, Sinninghe Damsté, JS and Schouten, S ,2014, Evaluation of long chain 1,14-alkyl diols in marine sediments as indicators for upwelling and temperature. *Organic Geochemistry*, 76. 39-47
- Rapp D, 2019, *Ice Ages and Interglacials Measurements, Interpretation, and Models* (3rd Edition). Springer International Publishing, Published in Springer Nature Switzerland. 346 p.
- Retallack, G.J., 2007, Cenozoic paleoclimate on land in North America. *Journal of Geology*, 115, pp. 271-294.
- Retallack, G.J., Orr, W.N., Prothero, D.R., Duncan, R.A., Kester, P.R. and Ambers, C.P., 2004, Eocene-Oligocene extinction and climate change near Eugene, Oregon. *Geological Society of America Bulletin*, 116, pp. 817-839.
- Riquier L.; Tribouillard, N.; Averbuch, O.; Devleeschouwer, X. and Riboulleau, A ,2006, The Late Frasnian Kellwasser horizons of the Harz Mountains (Germany): Two oxygen-deficient periods resulting from different mechanisms, *Chemical Geology* 233: 137-155.

- Rontani, J. F., Volkman, J. K., Prah, F. G., Wakeham, S. G. 2013, Biotic and abiotic degradation of alkenones and implications for paleoproxy applications: A review, *Org, Geo chem*, pp. 59, 95-113, doi:10.1016/j.orggeochem.2013.04.005,.
- Roop, H. A., Dunbar, G. B., Vandergoes, M. J., Forrest, A. L., Walker, Sh. L., Purdie, J., Upton, ph., Whinney, J., 2014, Seasonal controls on sediment transport and deposition in Lake Ohau, South Island, New Zealand: Implications for a high-resolution Holocene paleoclimate reconstruction: *Sedimentology Journal*, 62: 826 - 844.
- Roy, P.D.; Caballero, M.; Lozano, R. and Smykatz-Kloss, W, 2008, Geochemistry of late Quaternary sediments from Tecocomulco lake, central Mexico: Implication to chemical weathering and provenance, *Chem Erde Geochem*, 68: 388-393.
- Saha, S.; Banerjee, S.; Burley, S.D.; Ghosh, A. and Saraswati, P.K. ,2010, The influence of flood basaltic source terrains on the efficiency of tectonic setting discrimination diagrams: an example from the Gulf of Khambhat, western India, *Sedimentary Geology*, 228: 1 -13.
- Sai, K. ,2004, Geochemistry of Lake Sediments as a Record of Environmental Change in a High Arctic Watershed, *Chemie der Erde* 64, pp257–275.
- Schröder, T., Hoff, J.V., López-Sáez, J.A., Melles, M., Viehberg, F., Reicherter, K, 2018, Multi-proxy climate and environment reconstruction of the Holocene based on Lake Medina, southern Spain, *Geophys Res Abs*, Vol. 20, EGU2018-15, 207 p
- Schroll, E. ,1975, *Analytische geochemie*, Band I, Grundlagen and anwendungen, Ferdinand Enke Verlag Stuttgart. Crater Lake and Adriatic Sediments Mem. Ist. ital. Idrobiol., 55: 247-263.
- Sheldon, N.D., Retallack, G.J., 2004, Regional Paleoprecipitation Records from the Late Eocene and Oligocene of North America. *Journal of Geology* 112, 487–494.
- Sinha R., Smykatz-Kloss W., Stuben Harrison S.P., Berner Z. & Kramar U. ,2006, Late Quaternary paleoclimatic reconstruction from the lacustrine sediments of the Sambhar playa core, That Desert margin, India. *J Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 233:252-270.
- Solotchina, E. P., Sklyarov, E. V., Solotchin, P. A., Vologina, E. G., Sklyarova, O. A. ,2014, Mineralogy and crystal chemistry of carbonates from the Holocene sediments of Lake Kiran (western Transbaikalia): connection with paleoclimate: *Russian Geology and Geophysics*, 55: 472-482.
- Spofforth, D.J.A.; Pälike, H.; Green, D. ,2008, Paleogene record of elemental concentrations in sediments from the Arctic Ocean obtained by XRF analyses. *Paleoceanography*, 3, PA1S09.
- Stevens, L. R., Wright, H. E. J., & Ito, E, 2001, “Proposed changes in seasonality of climate during the Late-glacial and Holocene at Lake Zeribar, Iran”, *The Holocene*, 11: pp. 747–756.
- T.Jalilian, R.lak, A.Taghian, J.Darvishi Khatooni, 2021, Evolution of sedimentary environments and geography of the Gavkhouni Playa during the Late Quaternary, *International Jornal of Environmental Science and Technology*
- Tribouvillard, N., Algeo, T.J., Lyons, T., Riboulleau, A. ,2006, Trace metals as paleoredox and paleoproductivity proxies: an update, *Chem. Geol*, Vol. 232, pp. 12-32
- Utescher, T. and Mosbrugger, V., 2007, Eocene vegetation patterns reconstructed from plant diversity: a global perspective. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 247, pp. 243-271.

- Vaezi AL, Ghazban F, Tavakoli V, Routh J, Naderi Beni A M, Bianchi T S, Curtis J S, KylinH ,2019, A Late Pleistocene-Holocene multi-proxy record of climate variability in the Jazmurian playa, southeastern Iran. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, alaeoecology*. 514: 754-767.
- 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.
- Walker, M., et al, 2018, Formal ratification of the subdivision of the Holocene series/ epoch (quaternary system/period): two new global boundary stratotype sections and points (GSSPs) and three new stages/subseries. *Episodes* 41, 213 –223. <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2018/018016>.
- Walker, M., et al, 2019, Formal subdivision of the Holocene series/epoch: a summary. *J. Geol. Soc. India* 93, 135 –141. <https://doi.org/10.1007/s12594-019-1141-9>.
- Wang, G.P. and Zhai, Z.L. ,2007, Geochemical data as indicators of environmental change and human impact in sediments derived from downstream marshes of an ephemeral river, Northeast China, *Environ Geol*, 53: 1261 –1270, doi: 10.1007/s00254-007-0714-x.
- Wasylikowa, K., Witkowski, A., Walanus, A., Hutorowicz, A., Alexandrowicz, S. W., Langer, J. L.,2006, “Paleolimnology of Lake Zeribar, Iran, and its climatic implications”, *Quaternary Research*, Vol. 66, pp. 477-493
- Weijers, J. W. H., Schefuß, E., Kim, J.H., Sinninghe Damsté, J. S., Schouten, S. ,2014, Fractional abundance and indices for brGDGTs and crenarchaeol in dust samples, surface water samples and surface sediment samples, *PANGAEA*, <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.841793>.
- Zawiska, I., Słowiński, M., Correa -Metrio, A., Obremska, M., Luoto, T., Nevalainen, L., Milecka, K., 2015, The response of a shallow lake and its catchment to Late Glacial climate changes - A case study from eastern Poland, *CATENA*, Vol. 126, pp. 1-10.