

بررسی شاخص‌های رسوب‌شناسی و طبقه‌بندی رسوبات بستر دریاچه مهارلو برای تعیین حساسیت آن به فرسایش بادی

محسن کاظمی^۱، سادات فیض‌نیا^{۲*}، حسن خسروی^۳، حمید مصباح^۴ و رضا شهبازی^۵

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲- نویسنده مسئول، استاد، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران، پست الکترونیک: sfejz@ut.ac.ir

۳- استادیار، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

۴- کارشناس ارشد پژوهشی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

۵- دانشجوی دکترای بیابان‌زدایی، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۵/۸/۱۰

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۲۳

چکیده

شناخت ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی رسوبات دریاچه‌ها و تالاب‌ها برای بررسی‌های رسوب‌شناسی و فرسایش دارای اهمیت است. دریاچه مهارلو از مهمترین دریاچه‌های استان فارس است. رسوبات سطح دریاچه به دو بخش رسوبات تبخیری و تخریبی تقسیم می‌شود. به منظور شناخت ماهیت رسوبات تخریبی، نمونه‌هایی از رسوبات دریاچه برداشت شد و ترکیبات کربناته و تبخیری شامل کلسیم کربنات، کلسیم سولفات و سدیم کلرید آن اندازه‌گیری شد. پس از حذف اجزای کربناته و تبخیری، دانه‌بندی به روش هیدرومتری انجام شده و طبقه‌بندی رسوبات براساس روش پتی‌جان (۱۹۷۵) انجام گردید. نتایج درصد مواد تخریبی و شیمیایی رسوبات سطح دریاچه نشان می‌دهند که بیشتر رسوبات از نوع رسوب تخریبی ریزدانه حاوی املاح شیمیایی است. نتایج آنالیز دانه‌بندی و هیدرومتری رسوبات تخریبی سطح دریاچه حکایت از جورشدگی ضعیف و بسیار ضعیف دارد و درصد سیلت بیشترین درصد ذرات تشکیل دهنده رسوبات دریاچه است. چولگی رسوبات به سمت ذرات درشت است و رسوبات دارای بافت گل‌ماسه‌ای کمی گراولی هستند. بیش از ۹۰ درصد کانی‌های رسوبات دریاچه را کانی‌های رسی و کمتر از ۱۰ درصد آن نیز ژپس، کوارتز و خرده‌سنگ‌های آهکی و ماسه‌سنگ کوارتزی تشکیل می‌دهند. با توجه به نوع رسوب، کانی‌ها، املاح و درصد فراوانی، رسوبات بستر دریاچه مهارلو مستعد فرسایش بادی و تولید گرد و غبار در منطقه است.

واژه‌های کلیدی: دریاچه مهارلو، دانه‌بندی، طبقه‌بندی، کانی‌شناسی رسوب، روش پتی‌جان، نرم‌افزار Gradistat.

مقدمه

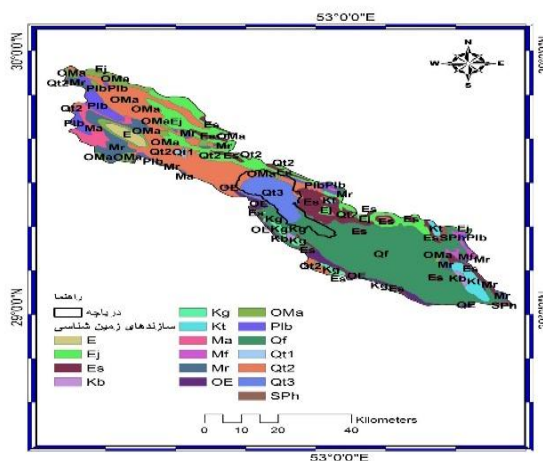
سیلاب‌ها به دریاچه‌ها و تالاب‌ها پدیده‌ای طبیعی است که این فرایند طی سال‌های اخیر با فعالیت‌های انسان تشدید شده است. بنابراین بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی رسوبات دریاچه‌ها و تالاب‌ها برای شناخت ماهیت

امروزه نابودی تدریجی دریاچه‌ها و تالاب‌ها به دلیل پر شدن آنها از رسوبات و آلاینده‌ها یکی از معضلات اصلی زیست‌محیطی در جهان است. ورود رسوبات همراه

انواع گل و گل‌ماسه‌ای هستند. مهمترین کانی‌های تشکیل دهنده نیز کلسیت، کوارتز، فلدسپات و هالیت بوده و کانی‌های رسی موریلونیت، کلریت و ایلیت کانی‌های اصلی رسی رسوبات پلایای جازموریان است. اندازه ذرات ریزگردها در عراق توسط Moutaz و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که بافت اصلی نمونه ریزگردها، سیلت رسی شنی و منشأ بیشتر ریزگردهای عراق از تالاب‌های خشک شده این کشور است. Al-Dousari و همکاران (۲۰۱۳) طی مطالعاتی بیان کردند که ذرات گل به طور متوسط ۷۴٪ از نمونه‌های ریزگرد را در کشور عراق را تشکیل می‌دهند. به طوری که اندازه ذرات سیلت در نمونه‌های ریزگردهای جهانی، ۶۱٪ اندازه ذرات بیان شده است. دریاچه مهارلو یکی از مهمترین دریاچه‌های استان فارس است که طی سال‌های اخیر با رسوبات متفاوتی در حال پر شدن است. Mesbah (۲۰۱۲) طی پژوهشی در بررسی منشأ رسوبات دریاچه مهارلو به این نتیجه رسیده است که اگر میزان مواد رسوب ورودی به دریاچه را در هر سال یکسان در نظر بگیریم سالانه به میزان $1/48$ سانتی‌متر رسوب وارد دریاچه شده و در بازه تقریبی ۴۰ ساله، سطح دریاچه از رسوبات پر خواهد شد. Fayazi و همکاران (۲۰۰۸) با برداشت ۳۲۰ نمونه از دوره‌های خشک، کم‌آبی و پرآبی از دریاچه مهارلو به این نتیجه رسیدند که برخلاف پلایاهای دیگر در این دریاچه شور، مقدار کربنات از میزان کلسیم و منیزیم کمتر است و علت آن را وجود آب‌های بی‌کربناتی دانستند که از چشمه‌های کارستی کف دریاچه وارد آن می‌شوند. Bahrami و Shirazi (۲۰۱۰) با مطالعه رخساره‌ها و رسوبات در استان فارس پی‌بردند که کف دریاچه مهارلو از سازند گوربی و پابده تشکیل شده است. Tali و همکاران (۲۰۱۲) برای شناسایی پهنه‌های رسوبی ناشی از تحولات اقلیمی در پلایای مهارلو بیان کردند که دریاچه مهارلو در آخرین دوره سرد، باران بیشتری دریافت کرده و مساحتی برابر $517/6$ کیلومتر مربع داشته است. به دلیل وجود کانی‌های تبخیری از جمله کلسیت، ژپس و هالیت در بستر زمین‌شناسی حوضه و با تغییر اقلیم، کاهش

رسوبات اهمیت بسزایی دارد. جنس سنگ‌ها، فعالیت‌های تکتونیک، ساختارهای زمین‌شناسی و آب و هوا، از جمله عواملی هستند که در تشکیل محیط رسوبی دریاچه‌ها و بار رسوبی حاصل از آن تأثیر می‌گذارند (Di Giulio et al., 2003). اندازه ذرات رسوب، با نشان دادن شرایط بیرونی و ذاتی محیطی که در پاسخ به تغییرات ژئومورفیکی و اقلیمی است، نشان‌دهنده تعادل مرفودینامیکی محیط رسوبی است (Gupta et al., 2002). شکل، ابعاد و سایر پارامترهای آماری رسوبات بطور مستقیم منعکس کننده شرایط هیدرولیکی و هیدرولوژیکی حاکم بر آنهاست. با توجه به اینکه در محیط‌های مختلف دانه‌ها و اندازه آنها و همچنین شکل عمومی آنها با یکدیگر متفاوت خواهد بود. بنابراین، مطالعات دانه‌سنجی و تحلیل نمونه‌های رسوبی و مطالعه آنها در بستر دریاچه‌ها می‌تواند اطلاعات نسبتاً دقیقی از تغییرات و رخداد‌های اقلیمی و محیطی در اختیار قرار دهد (Vendenbergh, 2003). مارن‌های ایران از نظر سنی به دو دسته مارن‌های ماقبل ترشیری و مارن‌های ترشیری طبقه‌بندی می‌شوند. بر اساس دارا بودن یا نبودن مواد قابل انحلال (نمک طعام، ژپس و انیدریت) این رسوبات به دو دسته عمده مارن‌های تبخیری و مارن‌های غیرتبخیری تقسیم می‌شوند. مارن‌های غیرتبخیری متعلق به ماقبل ترشیری هستند که در محیط دریاها با شوری معمولی تشکیل شده‌اند و حاوی ذرات تخریبی (رس و سیلت) و مواد شیمیایی (کلسیت) و فاقد کانی‌های تبخیری با حلالیت بالا هستند. مارن‌های تبخیری متعلق به ترشیری هستند و محیط تشکیل این مارن‌ها اغلب دریاچه‌های شور بوده و فاقد فسیل‌های دریایی است. این مارن‌ها حاوی ذرات تخریبی (سیلت و رس) و مواد شیمیایی (کلسیت، هالیت، ژپس و انیدریت و یا یکی از این کانی‌ها) است (Feiznia, 2010). با توجه به محیط تشکیل، رسوبات تبخیری همیشه همراه با کربنات‌ها یافت می‌شوند (Pettijohn, 1975). Mohammadi (۲۰۱۱)، با مطالعه نهشته‌های پلایای جازموریان نشان داد که رسوبات بیشتر در اندازه سیلت و رس است. مهمترین تیپ‌های رسوبی،

آن ۲۸ km، وسعت آن ۲۷۵ km² است و متشکل از دریاچه فعلی، پوشش نمکی و پوشش گلی است (شکل ۱). حوضه مهارلو در یک فرونشست ناودیس مانند بین دو رشته کوه قرار دارد (Zomorodian et al., 2013). دریاچه مهارلو و رسوبات اطراف آن، حاصل از یک فرورفتگی تکتونیکی است و بین چین خوردگی های زاگرس پدید آمده است. رسوبات آن از سطح زمین تا عمق ۷۰ متری شامل: رس، گچ، سیلت و نمک است. وجود سازند ساچون که عمدتاً از گچ و مارن تشکیل شده و نیز گنبد های نمکی موجود در شرق دشت سروستان در شوری بی اندازه آن تأثیر بسزایی دارد. سازند آسماری جهرم و رازک مقاوم ترین سازند زمین شناسی این منطقه است (شکل ۲)، (Hosseini, 2006).



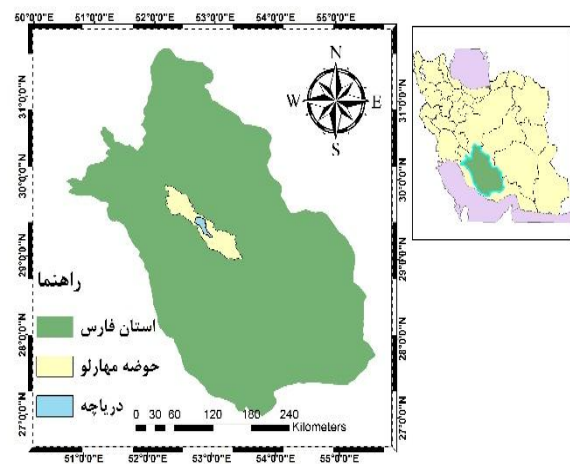
شکل ۲- نقشه زمین شناسی حوضه مهارلو

بخش انتهایی دریاچه برداشت شد (شکل ۳). نمونه برداری با استفاده از دستگاه GPS و با روش تصادفی سیستماتیک از عمق ۰-۱۵ سانتی متری انجام شد. با توجه به اینکه قسمت مرکزی و شمال غربی دریاچه دارای لایه نمکی هستند، نمونه برداری از رسوبات در قسمت های جنوب شرقی در مساحتی بیش از ۵۰ کیلومتر مربع انجام شده است.

بارش و افزایش تبخیر، دریاچه کوچک تر شده است. هدف از این پژوهش تعیین شاخص های رسوب شناسی و ویژگی های فیزیکی و شیمیایی رسوبات سطحی بستر دریاچه مهارلو به منظور شناخت ماهیت رسوبات و بررسی حساسیت رسوبات سطحی بستر دریاچه مهارلو به فرسایش بادی است.

مواد و روش ها

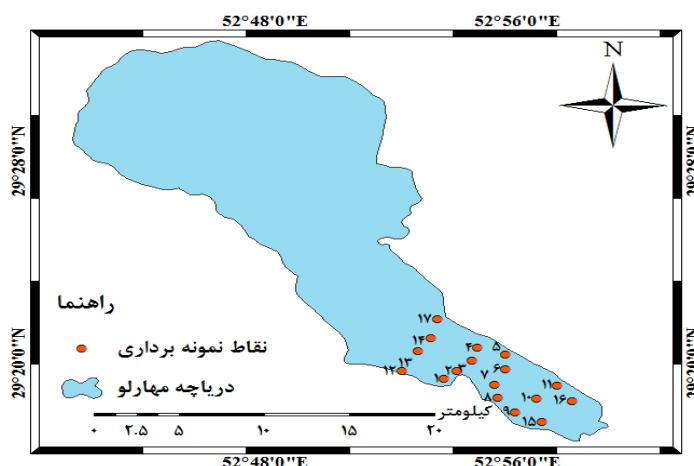
منطقه مورد مطالعه: موقعیت دریاچه مهارلو بین طول های جغرافیایی $52^{\circ}36'43''$ و $53^{\circ}04'37''$ شرقی و عرض های جغرافیایی $29^{\circ}12'58''$ و $29^{\circ}36'43''$ شمالی در جنوب شرقی شهرستان شیراز قرار دارد. پهنای دریاچه ۱۵-۱۰ km، طول



شکل ۱- نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

روش تحقیق: ابتدا خصوصیات فیزیکی و شیمیایی رسوبات نمونه برداری شده تعیین شدند. سپس با استفاده از روش دانه بندی و هیدرومتری شاخص های رسوب شناسی رسوبات تعیین و با استفاده از دستگاه بینوکولر کانی های رسوبات تعیین شدند.

تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی: برای بررسی ویژگی های رسوبات دریاچه مهارلو، ۱۷ نمونه رسوب از



شکل ۳- نقشه موقعیت نقاط نمونه‌برداری

پهنه‌بندی درصد کلرید، کلسیم سولفات و کلسیم کربنات برای بسترگلی دریاچه تهیه شد.

$$\text{TDS (ppm)} = 0.640 \times \text{EC} \quad \text{رابطه (۱)}$$

دانه‌بندی و شاخص‌های رسوب‌شناسی بخش تخریبی رسوبات سطح دریاچه: برای بررسی دانه‌بندی در این پژوهش، مقداری از وزن هر نمونه به صورت تصادفی (حدود ۲۰۰ گرم) برای الک کردن نمونه‌ها برداشت شده است. با توجه به چسبندگی بالای رسوبات دریاچه مهارلو امکان انجام الک کردن به روش خشک وجود نداشت، بنابراین از روش الک‌بندی تر استفاده شد. سپس به ترتیب از الک‌های ۴، ۲/۸، ۱/۷، ۱/۱۸ میلی‌متری و ۶۰۰، ۳۰۰، ۱۵۰ و ۶۲/۵ میکرون عبور داده شدند. در مجموع درصد ذرات باقیمانده در هر الک برای نمونه‌ها تعیین شد. با توجه به درصد بالای ذرات (بیش از ۶۰ درصد) با قطری کمتر از ۶۲/۵ میکرون، برای تعیین درصد ذرات سیلت و رس نمونه‌ها از روش هیدرومتری در آزمایشگاه استفاده شد. با انجام روش هیدرومتری درصد رس و سیلت ذرات رسوب برای تمام نمونه‌ها تعیین گردید. سرانجام برای تعیین شاخص‌های رسوب‌شناسی شامل قطر میانه، میانگین، جورشدگی، کج‌شدگی رسوبات، مبادرت به رسم منحنی رسوب‌شناسی با استفاده از نرم‌افزار Gradistat شد.

برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی رسوبات، ابتدا نمونه‌ها به دو قسمت تقسیم شدند. در قسمت اول نمونه‌ها در هوای آزاد خشک و توزین شدند. سپس براساس روش پیش تیمار نمونه‌ها برای دانه‌بندی (Carter & Gregorich, 2008). مجموع املاح موجود در نمونه حذف شدند. حذف کربنات‌ها با استفاده از اسید کلریدریک با نسبت ۱:۱۰ (حجم نمونه به حجم اسید) انجام شد. حذف سولفات‌ها با شستشوی مکرر نمونه‌ها و فیلتر کردن آنها با استفاده از کاغذ صافی انجام گردید. کلریدها نیز با توجه به میزان حلالیت بالا ضمن شستشوی نمونه‌ها حذف شدند. سپس نمونه‌ها خشک شده و پس از توزین به روش الک‌بندی تر، دانه‌بندی شدند. برای دانه‌بندی ذرات ریزتر از ۶۲/۵ میکرون نیز از روش هیدرومتری رسوب‌شناسی (Feiznia, 2009) استفاده گردید. سپس در قسمت دوم برای محاسبه درصد کربنات کلسیم با روش کلسیمتری و درصد سولفات کلسیم با روش استون (Carter & Gregorich, 2008) از مقداری رسوب استفاده شد. برای محاسبه درصد EC با تهیه عصاره با نسبت ۱:۱، میزان هدایت الکتریکی عصاره اندازه‌گیری شده و با استفاده از رابطه ۱ (Rhoades, 1999) برابر املاح کلرید آن تعیین شد. در نهایت رسوبات به روش Pettijohn (1975) طبقه‌بندی شد (shaban, 2013). با استفاده از نرم‌افزار GIS با توجه به درصد املاح رسوبات، نقشه‌های

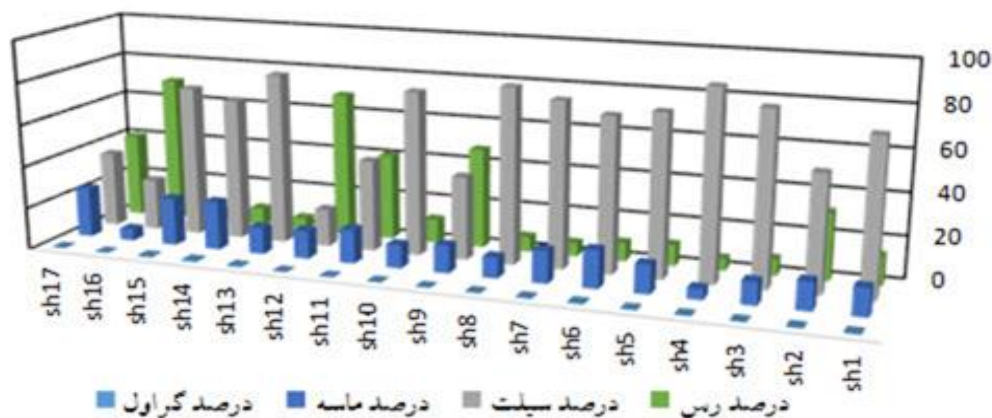
فرسایش بادی در منطقه از روی خصوصیات خاک از روش فرمول‌های تجربی استفاده شد.

نتایج

نتایج حاصل از دانه‌بندی رسوبات با استفاده از روش الک‌بندی و هیدرومتری در شکل ۴ آورده شده است. در بسیاری از نمونه‌ها درصد سیلت بیشترین درصد تشکیل دهنده مواد تخریبی را دارد. البته درصد رس و ماسه دارای فراوانی کمتری هستند. میزان گراول نیز بسیار ناچیز است، به صورتی که میزان آن کمتر از ۰/۵ درصد است. نتایج آزمایش ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و طبقه‌بندی نمونه‌های رسوب دریاچه با روش سه مرحله‌ای پتی‌جان در جدول ۱ آورده شده است. در طبقه‌بندی، بیش از ۹۰٪ رسوبات رسوب تخریبی ریزدانه حاوی املاح شیمیایی و کمتر از ۱۰٪ مارن می‌باشند. ترکیبات شیمیایی نمونه‌ها عمدتاً کربنات کلسیم، سولفات کلسیم و کلرید سدیم است (جدول ۱).

کانی‌شناسی رسوبات سطحی دریاچه: با توجه به اینکه برای کانی‌شناسی رسوبات، باید از رسوبات دانه‌بندی شده استفاده شود، برای این منظور از رسوبات الک کمتر از ۶۲/۵ میکرون با توجه به فراوانی بیشتری نسبت به الک‌های دیگر استفاده شده است. حدود ۵ گرم از رسوب روی الک‌های انتخابی در ظرف مخصوص ریخته و بعد مقداری آب به رسوبات اضافه کرده و آب گل‌آلود شده که نشان‌دهنده میزان رس است از ظرف خارج می‌شود. در این مرحله با کم کردن وزن اولیه رسوبات از وزن خشک شده رسوبات باقیمانده وزن رس رسوبات تعیین شد. سرانجام با استفاده از دستگاه بینوکولر، کانی‌های رسوبات باقیمانده شناسایی شد.

گلباد و گل‌توفان: به‌منظور مطالعه ویژگی‌های باد، داده‌های باد مربوط به ایستگاه هواشناسی سینوپتیک شیراز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای ترسیم گلباد سالانه از نرم‌افزار WRplot نسخه ۵/۹ استفاده شد. برای محاسبه گل‌توفان نیاز به سرعت آستانه فرسایش رسوبات سطح دریاچه است. برای این منظور از اطلاعات بادسنجی منطقه مورد مطالعه و همچنین نمونه‌برداری و بررسی سرعت آستانه



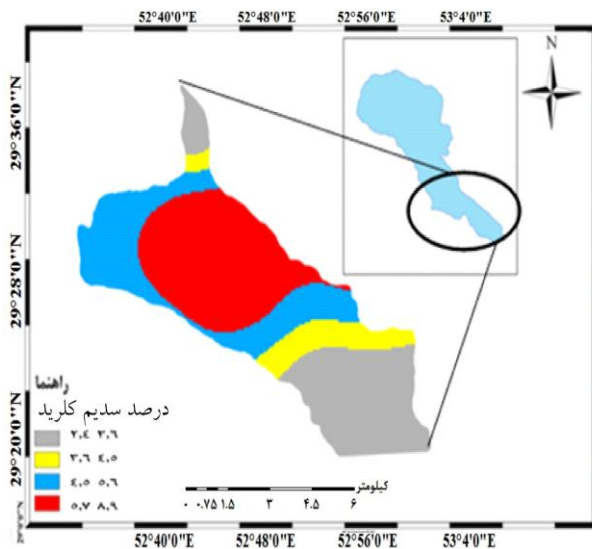
شکل ۴- نمودار حاصل از دانه‌بندی رسوبات بستر دریاچه

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی رسوبات دریاچه مهارلو و نتایج طبقه‌بندی نمونه‌های رسوب با روش سه مرحله‌ای پتی‌جان

کد نمونه	سهم بخش شیمیایی در نمونه (درصد)				سهم بخش تخریبی در نمونه (درصد)				سهم رس و سیلت در		مرحله دوم نامگذاری به روش پتی‌جان	
	سدیم کلرید	کربنات کلسیم	سولفات کلسیم	کل املاح	رس	سیلت	ماسه	کل مواد تخریبی	بخش تخریبی (درصد)			
									مرحله اول نامگذاری	به روش پتی‌جان		رس
sh1-1	۴/۴	۳۱/۳	۲/۳	۳۸	۸/۶	۴۵/۱	۷/۴۸	۶۱/۹۱	مارن	۱۶	۸۴	-
sh2-1	۶/۲	۲۹/۲	۱/۲	۳۶/۶	۲۰/۶	۳۴/۳	۸/۴۴	۶۳/۳۴	مارن	۳۷/۶	۶۲/۴	-
Sh3-1	۸/۶	۱۴/۵	۵/۲	۲۸/۴	۳/۵	۶۰/۱	۷/۸	۷۱/۵۲	رسوب تخریبی ریزدانه حاوی املاح	۵/۶	۹۴/۴	سیلت
sh4-1	۷/۹	۱۲/۵	۲/۸	۲۳/۲	۴/۵	۶۸/۳	۴	۷۶/۷۳	رسوب تخریبی ریزدانه حاوی املاح	۶	۹۴	سیلت
sh5-1	۹/۶	۱۱/۷	۳/۷	۲۵	۷/۵	۵۷/۱	۱۰/۳	۷۴/۹۱	رسوب تخریبی ریزدانه حاوی املاح	۱۱/۶	۸۸/۴	سیلت رسی
sh6-1	۵/۴	۱۲/۵	۵/۶	۲۳/۶	۶/۶	۵۵/۹	۱۳/۸	۷۶/۴۰	رسوب تخریبی ریزدانه حاوی املاح	۱۰/۶	۸۹/۴	سیلت رسی
sh7-1	۴/۴	۲۵	۴	۳۳/۵	۴/۱	۵۲	۱۰/۳	۶۶/۴۷	رسوب تخریبی ریزدانه حاوی املاح	۷/۴	۹۲/۶	سیلت
sh8-1	۸	۱۴/۵	۴/۲۳	۲۶/۸	۵/۱	۶۰/۷	۷/۳۱	۷۳/۱۸	رسوب تخریبی ریزدانه حاوی املاح	۷/۸	۹۲/۲	سیلت
sh9-1	۴/۶	۲۴/۱	۲	۳۰/۸	۳۲/۸	۲۷/۳	۹/۰۹	۶۹/۱۶	رسوب تخریبی ریزدانه حاوی املاح	۵۴/۶	۴۵/۴	گل
sh10-1	۳	۲۴/۲	۲	۳۵/۱	۷/۴	۵۰/۴	۷/۲۱	۶۴/۸۷	مارن	۱۲/۷	۸۷/۳	-
sh11-1	۲/۸	۲۵/۸	۱	۲۹/۷	۲۸/۷	۳۰/۳	۱۱/۲	۷۰/۲۵	رسوب تخریبی ریزدانه حاوی املاح	۴۸/۶	۵۱/۴	گل
sh12-1	۵/۵	۲۵	۲/۸	۳۳/۴	۴۵/۹	۱۱/۷	۸/۹	۶۶/۵۷	رسوب تخریبی ریزدانه حاوی املاح	۷۹/۶	۲۰/۴	رس سیلتی
sh13-1	۷	۱۷/۵	۴/۴	۲۹	۴	۵۷/۶	۹/۳	۷۰/۹۷	رسوب تخریبی ریزدانه حاوی املاح	۶/۶	۹۳/۴	سیلت
sh14-1	۸/۹	۱۵/۸	۵/۲۱	۳۰	۶	۴۷/۲	۱۶/۷	۷۰/۰۱	رسوب تخریبی ریزدانه حاوی املاح	۱۱/۴	۸۸/۶	سیلت رسی
sh15-1	۳/۱۷	۲۰/۸	۴/۵۷	۲۸/۵	۳/۶	۵۱/۲	۱۶/۵	۷۱/۴۲	رسوب تخریبی ریزدانه حاوی املاح	۶/۷	۹۲/۳	سیلت
sh16-1	۲/۴۸	۲۵	۱/۷	۲۹/۲	۴۹/۶	۱۷/۳	۳/۹	۷۰/۷۷	رسوب تخریبی ریزدانه حاوی املاح	۷۴/۲	۲۵/۸	رس سیلتی
sh17-1	۸/۴۴	۱۰/۴	۰/۳۱	۱۷/۲	۳۲/۵	۲۹	۱۹/۲	۸۰/۸۲	رسوب تخریبی ریزدانه حاوی املاح	۵۲/۸	۴۷/۲	گل

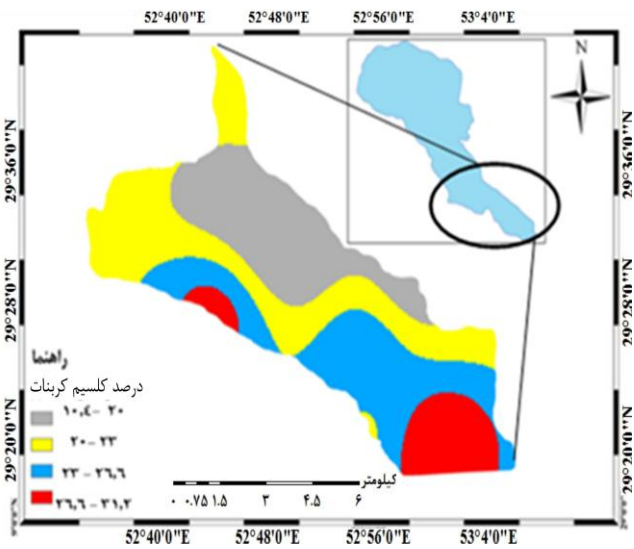
کمترین میزان آن بین ۲/۴ - ۳/۶ درصد در بخش انتهایی دریاچه است.

نقشه درون‌یابی کربنات کلسیم نشان می‌دهد که بیشترین میزان CaCO_3 رسوبات دریاچه ۲۶/۶ - ۳۱/۲ درصد در بخش انتهایی دریاچه و کمترین میزان آن بین ۱۰/۴ - ۲۰ درصد در نواحی شمالی بخش پوشش گلی است (شکل ۶).



شکل ۵- نقشه درون‌یابی سدیم کلرید بستر دریاچه مهارلو

آنالیز مواد تبخیری نمونه‌های رسوب سطح دریاچه: با استفاده از درصد املاح رسوبات، نقشه‌های درون‌یابی درصد کلرید سدیم، کربنات کلسیم و سولفات کلسیم تهیه شد. نتایج حاصل از درون‌یابی میزان سدیم کلرید در شکل ۵ آورده شده است. بیشترین میزان املاح کلرید سدیم رسوبات در بازه بین ۵/۷ - ۸/۹ درصد در قسمت مرکزی پوشش گلی و



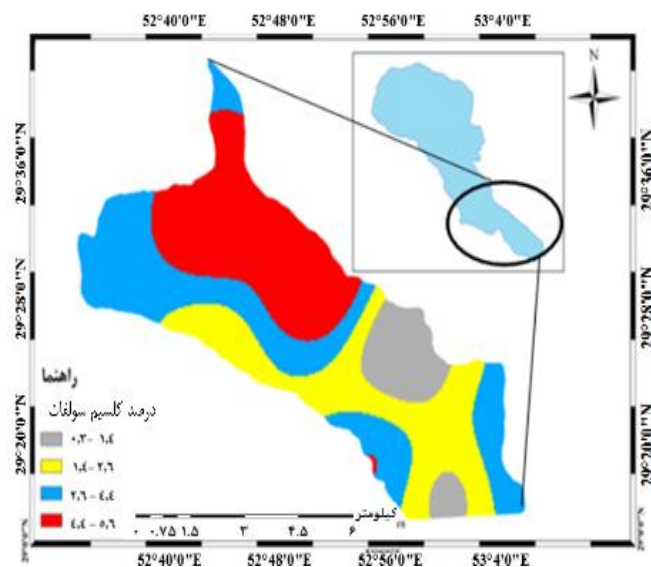
شکل ۶- نقشه درون‌یابی کلسیم کربنات بستر دریاچه مهارلو

از ۱۰ درصد کوارتز و ماسه‌سنگ کوارتزی هستند. به‌صورتی که درصد کوارتز در تمام نمونه‌ها از درصد ماسه‌سنگ کوارتزی بیشتر بوده است.

نتایج آنالیز دانه‌بندی رسوبات با استفاده از نرم‌افزار Gradistat در جدول ۳ آورده شده است. نتایج حکایت از جورشدگی ضعیف و بسیار ضعیف رسوبات است. چولگی رسوبات به سمت ذرات بسیار درشت و دارای کشیدگی زیاد و همچنین رسوبات دارای بافت گل ماسه‌ای و کمی گراولی و از لحاظ نوع رسوب در گروه رسوبات با سیلت بسیار ریز تا متوسط همراه با ماسه ریز و کمی گراول هستند.

نقشه درون‌یابی کلسیم سولفات نیز نشان می‌دهد که میزان CaSO_4 از میزان ۰/۳ - ۵/۶ متغیر است که بیشترین میزان آن در قسمت شمالی پوشش گلی قرار دارد که میزان آن از ۴/۴ - ۵/۶ متغیر است (شکل ۷).

آنالیز مواد تخریبی نمونه‌های رسوب سطح دریاچه: نتایج بررسی ترکیبات کانی‌شناسی نمونه‌ها با استفاده از بینوکولر بر روی ذرات ریزتر از ۶۲/۵ میکرون در جدول ۲ نشان‌دهنده این است که بیش از ۹۰ درصد کانی‌های تشکیل‌دهنده رسوبات دریاچه مهارلو کانی‌های رسی و کمتر



شکل ۷- نقشه درون-یابی کلسیم سولفات بستر دریاچه مهارلو

جدول ۲- نتایج ترکیب کانی‌شناسی مواد تخریبی نمونه‌های رسوب دانه‌بندی شده سطح دریاچه مهارلو

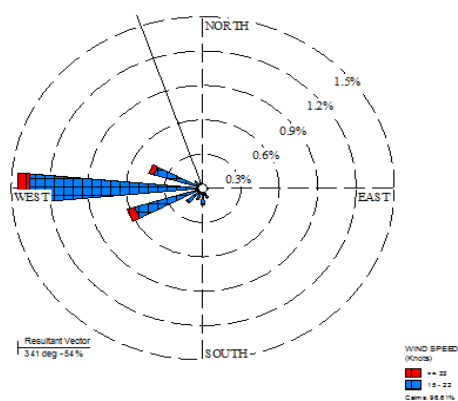
شماره نمونه	کانی‌های رسی	درصد کوارتز	درصد ماسه‌سنگ کوارتزی
sh1-1	۸۹/۶	۸/۲	۲/۸
sh2-1	۹۶	۳	۱/۴
sh3-1	۹۵	۳	۱/۸
sh4-1	۹۵	۲/۸	۲
sh5-1	۹۸	۱/۶	-
sh6-1	۹۷/۶	۲/۲	-
sh7-1	۹۴	۳	۲
sh8-1	۹۵/۶	۳	۱
sh9-1	۹۰	۷	۳
sh10-1	۹۶	۳	۱
sh11-1	۹۷/۴	۲	۱
sh12-1	۹۷	۱/۶	۱
sh13-1	۹۳/۶	۴/۲	۲
sh14-1	۹۷/۲	۱/۶	۱
sh15-1	۹۳/۶	۳/۸	۳
sh16-1	۱۰۰	-	-
sh17-1	۱۰۰	-	-

جدول ۳- شاخص‌های رسوب‌شناسی مواد تخریبی رسوبات سطح دریاچه مهارلو

شماره نمونه	نام رسوب	بافت	میانگین (میکرون)	میانه (D_{50}) (میکرون)	نما (میکرون)	جورشدگی	چولگی	کشیدگی
sh1-1	سیلت ریز با ماسه بسیار ریز و کمی گراول بسیار ریز	گل ماسه‌ای کمی گراول	۱۰/۵۵	۷/۱۹	۶	ضعیف	به سمت ذرات بسیار درشت	بسیار کشیده
sh2-1	سیلت بسیار ریز با ماسه بسیار ریز و کمی گراول بسیار ریز	گل ماسه‌ای کمی گراول	۱۰/۷۸	۷/۷۸	۳	بسیار ضعیف	به سمت ذرات بسیار درشت	کشیده
sh3-1	سیلت متوسط با ماسه ریز و کمی گراول بسیار ریز	گل ماسه‌ای کمی گراول	۲۰/۲۰	۱۴/۰۴	۱۲	ضعیف	به سمت ذرات بسیار درشت	کشیده
sh4-1	سیلت متوسط با کمی گراول بسیار ریز	گل کمی گراولی	۱۶/۴۰	۱۳/۰۹	۱۲	ضعیف	به سمت ذرات بسیار درشت	کشیده
sh5-1	سیلت ریز با ماسه ریز و کمی گراول بسیار ریز	ماسه متوسط کمی گراول	۱۲/۶۶	۷/۵۱	۶	ضعیف	به سمت ذرات بسیار درشت	کشیده
sh6-1	سیلت متوسط با ماسه متوسط و کمی گراول بسیار ریز	گل ماسه‌ای کمی گراولی	۱۹/۰۳	۱۲/۲۸	۱۲	بسیار ضعیف	به سمت ذرات بسیار درشت	بسیار کشیده
sh7-1	سیلت ریز با ماسه بسیار ریز و کمی گراول بسیار ریز	گل ماسه‌ای کمی گراولی	۱۱/۸۱	۶/۷۹	۶	ضعیف	به سمت ذرات بسیار درشت	بسیار کشیده
sh8-1	سیلت ریز با کمی گراول بسیار ریز	گل کمی گراولی	۱۳/۳۴	۹/۶۳	۶	ضعیف	به سمت ذرات بسیار درشت	بسیار کشیده
sh9-1	سیلت بسیار ریز با ماسه بسیار ریز	گل ماسه‌ای	۶/۸۲	۴/۳۷	۳	بسیار ضعیف	به سمت ذرات بسیار درشت	کشیده
sh10-1	سیلت متوسط با ماسه بسیار ریز و کمی	گل ماسه‌ای کمی گراول	۱۳/۷۰	۱۱/۸۱	۱۲	ضعیف	به سمت ذرات درشت	بسیار کشیده

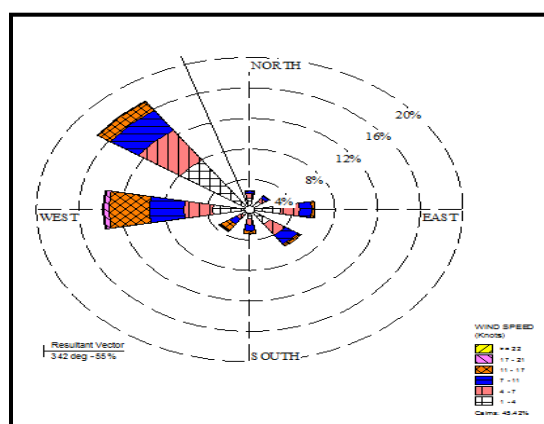
شماره نمونه	نام رسوب	بافت	میانگین (میکرون)	میانانه (D_{50}) (میکرون)	نما (میکرون)	جورشدگی	چولگی	کشیدگی
	گراول بسیار ریز							
sh11-1	سیلت بسیار ریز با ماسه بسیار ریز	گل ماسه‌ای	۹/۳۴	۵/۷۹	۳	بسیار ضعیف	به سمت ذرات بسیار درشت	پهن
sh12-1	سیلت بسیار ریز با ماسه ریز و کمی گراول بسیار ریز	گل ماسه‌ای کمی گراولی	۴/۵۲	۳/۳۰	۳	ضعیف	به سمت ذرات بسیار درشت	بسیار کشیده
sh13-1	سیلت متوسط با ماسه متوسط و کمی گراول بسیار ریز	گل ماسه‌ای کمی گراولی	۲۱/۱۶	۱۳/۴۵	۱۲	ضعیف	به سمت ذرات بسیار درشت	بسیار کشیده
sh14-1	سیلت متوسط با ماسه بسیار ریز و کمی گراول بسیار ریز	گل ماسه‌ای کمی گراولی	۲۹/۷۶	۱۹/۰۲	۱۲	بسیار ضعیف	به سمت ذرات بسیار درشت	کشیده
sh15-1	سیلت ریز با ماسه بسیار ریز و کمی گراول بسیار ریز	گل ماسه‌ای کمی گراولی	۲۰/۸۵	۱۱/۶۱	۶	بسیار ضعیف	به سمت ذرات بسیار درشت	پهن
sh16-1	سیلت بسیار ریز	گل	۵/۰۷	۳/۲۷	۳	ضعیف	به سمت ذرات بسیار درشت	بسیار کشیده
sh17-1	سیلت بسیار ریز با ماسه ریز و کمی گراول بسیار ریز	گل ماسه‌ای کمی گراول	۱۵/۶۰	۱۰/۱۶	۳	بسیار ضعیف	به سمت ذرات بسیار درشت	پهن

سالانه ایستگاه شیراز (۱۹۹۶-۲۰۱۰) بیانگر این است که ۹۶/۷ درصد از بادهای منطقه آرام و ۳/۳ درصد از بادهای دارای سمت و سرعت هستند (شکل ۹). جهت باد غالب فرساینده منطقه، غربی است. به طوری که ۱/۴ درصد از کل بادهای فرساینده را شامل می‌شود. باد فرساینده نایب غالب دارای جهت جنوب غربی است. بصورتی که ۰/۶ درصد از کل بادهای فرساینده را شامل می‌شود. همچنین سرعت آستانه فرسایش باد منطقه که با استفاده از روابط تجربی برای ترسیم گل توفان محاسبه گردید برابر با ۱۲ نات است.



شکل ۹- گل توفان سالانه ایستگاه شیراز

گلباد و گل توفان: نتایج حاصل از گلباد سالانه ایستگاه شیراز (۱۹۹۶-۲۰۱۰) نشان می‌دهد که ۴۵/۵ درصد از بادهای منطقه آرام و ۵۴/۵ درصد از بادهای دارای سمت و سرعت هستند. جهت باد غالب (۱۷/۲ درصد از کل بادهای منطقه، شمال غربی است. به طوری که ۷/۸ درصد باد غالب با سرعت ۴-۱ نات، ۴/۷ درصد با سرعت ۷-۴ نات، ۳/۱ درصد با سرعت ۷-۱۱ نات، ۱/۳ درصد باد غالب با سرعت ۱۱-۱۷ نات از سمت شمال غربی وزیده است. باد نایب غالب ۱۳/۷ درصد از کل بادهای شامل شده و دارای جهت غربی است (شکل ۸). نتایج حاصل از گل توفان



شکل ۸- گلباد سالانه ایستگاه شیراز

بحث

نوع رسوبات منطقه طالقان بدست آوردند. نتایج حاصل از طبقه بندی رسوبات دریاچه مهارلو با استفاده از روش Pettijohn نشان دهنده آن است که بیش از ۹۰ درصد نمونه‌ها شامل رسوبات تخریبی ریزدانه حاوی املاح شیمیایی و بقیه رسوبات مارنی هستند. بسیاری از این رسوبات با توجه به درصد مواد تخریبی آنها شامل رسوبات سیلت و سیلتی رسی هستند. با توجه به مطالعات Feiznia (۲۰۱۰)، مارن‌های دریاچه مهارلو با توجه به درصد بالای مواد شیمیایی جزء مارن‌های تبخیری متعلق به ترشیری هستند.

دانه بندی رسوبات تخریبی نشان دهنده این است که بیش از ۹۰٪ رسوبات سیلتی و رسی هستند. مواد تبخیری

رسوبات سطح دریاچه مهارلو به دو بخش رسوبات نمکی و گلی تقسیم می‌شود. انتخاب روش مناسب طبقه بندی رسوب امکان ارائه اطلاعات نسبی را در مورد اندازه ذرات، جنس کلی آن (آهکی و مارنی) و یا جزئی (ترکیبات آن) فراهم می‌نماید (Motamed, 2010). این ترتیب نامگذاری رسوبات، کاربردهای زیادی در بررسی‌های رسوب شناسی و فرسایش و رسوب دارد (Feiznia, 2009). با توجه به اینکه رسوبات دریاچه مهارلو از نوع ریز و خیلی ریزدانه حاوی املاح هستند، از روش جدید طبقه بندی مبتنی بر سهم بخش تخریبی و تبخیری استفاده شده است. چنانکه Hosseini (۲۰۰۹) نیز با استفاده از این روش، اطلاعات کامل تری از

نهشته‌های ریزدانه، نشانه غلبه فرایند دریاچه‌ای و یک محیط رسوبی آرام در دوره‌های مختلف در دریاچه مهارلو است و نشان می‌دهد که رسوب‌گذاری در یک محیط آرام انجام شده و مبین افزایش رسوبات ریزدانه‌ای است که پس از مراحل طغیانی در همان منطقه رسوب کرده‌اند. همچنین نتایج حاصل از گلباد منطقه نشان داد که ۴۵/۵ درصد بادهای منطقه آرام و ۵۴/۵ بادهای منطقه دارای سمت و سرعت هستند. مجموع باد غالب و نائب حدود ۳۱ درصد از بادهایی را که سمت و سرعت دارند تشکیل داده که دارای جهت غربی و شمال‌غربی هستند. سرعت آستانه حاصل از روابط تجربی رسوبات بستر دریاچه برابر با ۱۲ نات بوده و با توجه به اینکه ۴/۴ درصد از بادهای منطقه سرعتی بین ۷ تا ۱۷ نات دارند نشان‌دهنده توان ایجاد فرسایش بادی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. از طرفی براساس مطالعات انجام شده در سراسر جهان، ذرات سیلت مستعدترین و فراوان‌ترین ذرات تشکیل دهنده ریزگردهای جهانی هستند. بنابراین با توجه به کاهش رطوبت سطحی دریاچه مهارلو در سال‌های اخیر و فراوانی درصد رسوبات تبخیری و ذرات سیلت در رسوبات دریاچه مهارلو و ویژگی‌های باد منطقه، می‌توان در سالهای آینده این دریاچه را یکی از مستعدترین مناطق تولید گرد و غبار در منطقه دانست.

منابع مورد استفاده

- Al-Dousari, A. M., Al-Awadhi, J. and Ahmed, M., 2013. Dust fallout characteristics within global dust storm major trajectories. *Arabian Journal of Geosciences*, 6(10): 3877-3884.
- Bahrami, M. and Parvanehnezhad Shirazi, M., 2010. Microfacies And Sedimentary Environments of Gurpi And Pabdeh Formations And The Type Of Mesozoic- Cenozoic Boundary In Fars Province, Iran, *Journal of Applied Geology*, 5(4):330-335.
- Carter M. R. and Gregorich E. G., 2008. Soil Sampling and Methods of Analysis, Canadian Society of Soil Science, 1263p.
- Di Giulio, A., Ceriani, A., Ghia, E. and Zucca, F., 2003. Composition of modern stream sand derived from sedimentary source rocks in a temperate climate (Northern Apennines, Italy). *Sedimentary Geology*, 158: 145-161

(شیمیایی) رسوبات شامل کلسیم کربنات، سدیم کلرید و کلسیم سولفات است. طبق نقشه‌های پهنه‌بندی مواد تبخیری رسوبات دریاچه دارای مقادیر متفاوتی از سدیم‌کلرید، کلسیم‌سولفات و کلسیم‌کربنات در نقاط مختلف است. کلسیم‌کربنات درصد بسیار بالایی از مواد تبخیری بستر دریاچه را به خود اختصاص داده است اما قسمت مرکزی پوشش گلی دریاچه دارای بیشترین میزان سدیم کلرید است. انتهای دریاچه دارای مقادیر بالایی از کلسیم‌کربنات و قسمت شمالی بستر گلی دریاچه نیز دارای بیشترین میزان کلسیم‌سولفات است. این امر نشان می‌دهد که با افزایش فاصله از رسوبات نمکی دریاچه میزان سدیم کلرید و کلسیم سولفات رسوبات کاهش یافته است. اما میزان کلسیم کربنات در قسمت انتهایی دریاچه افزایش داشته است، این میزان افزایش را می‌توان ناشی از سازند آهکی ارتفاعات سروستان دانست که رودخانه فصلی نظرآباد از آنها سرچشمه می‌گیرد و به انتهای دریاچه مهارلو می‌ریزد. بیشترین میزان کانی رسوبات دریاچه مهارلو را کانی‌های رسی و علاوه بر آن کانی‌های آهک، گچ، نمک، کوارتز و ماسه سنگ کوارتزی نیز در این رسوبات وجود دارد. بیش از ۹۰ درصد کانی رسوبات را کانی‌های رسی تشکیل داده‌اند، به طوری که میزان کانی‌های رسی در قسمت انتهایی دریاچه از سایر نقاط بیشتر است. مهمترین تیپ رسوبات دریاچه، گلی ماسه‌ای است. ذرات رسوبات دریاچه مهارلو دارای جورشدگی ضعیف و بسیار ضعیف است. همچنین چولگی آنها به سمت ذرات بسیار درشت است و این ذرات دارای کشیدگی زیاد هستند. این موضوع حکایت از آن دارد که منشأ رسوبات دریاچه با محل رسوبگذاری آنها دارای فاصله بسیار زیادی است. همچنین وجود عناصر نیمه درخشان و درخشان در بین نمونه‌ها حکایت از نقش آبرفت‌های رودخانه‌ای در تغذیه رسوبات دریاچه دارد. رسوبات دریاچه مهارلو دارای درصد بالایی از ذرات سیلت و املاح شیمیایی فراوان و ریزدانه است که این ویژگی ناشی از فرایند دریاچه‌ای است که با حاکمیت در دوره‌های مختلف، نهشته‌های ریزدانه را در قسمت‌های مختلف دریاچه برجای گذاشته است. فراوانی

- International Journal of Water Research and Arid Environment, 1: 129-141.
- Mohammadi, A., 2011. Sedimentology and geochemistry of Jazmourian playa ground deposits. Quarterly Drought, 1 (1): 68-79.
 - Rhoades J. D., 1999. Soil salinity assessment, methods and interpretation of electrical conductivity measurements. Irrigation and Drainage Paper, 57, 165 p.
 - Pettijohn F. J., 1975. Sedimentary rocks. Harper and Row Publication Company, New York, USA, 628p.
 - Shaban, M., 2013, Investigating the properties effect on Marl's erasibility and comparison of run off and sediment using rainfall simulator (A case study : Taleghan Pain Basin). Ph.D. Thesis Watershed Science and Engineering Sciences, Islamic Azad University, Science and Technology Branch Research, Tehran, Iran.
 - Tali, M., 2012, Application of PCA technique and OIF indicator at identification of evapotral Minerals in Plays Case Study: Maharloo Lake, 2nd National Congress of Earth Sciences, 68 - 78.
 - Vendenberghe, J., 2003. Climate forcing of fluvial system development: an evolution of ideas. Quaternary Science Reviews, 22: 2053-2060.
 - Zomorodian, M ., Khakpour, M. and Velayati, S., 2013. Analysis of hydrogeomorphological landforms of Maharloo lake basin based on interactions of morphotectonic, morphoclimatic and hydromorphic processes. Geography Magazine and Regional Development 19: 70-47.
 - Feiznia, S., 2010. Formation power. Course Notes Watershed Ph.D., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, 300p.
 - Feiznia, S., 2009, Applied sedimentology with emphasis on soil erosion and sediment production. University of Agricultural Sciences and Natural Resources University of Gorgan, Iran, 356p.
 - Fayazi, F., Nekhayi, M., Lak, R., 2008, Proposed minor changes to the evolution of salmon, presented by Agos and Hardy by studying the salinity of Lake Maharloo, Earth Sciences, 16 (63): 10-1.
 - Gupta, A., Hock, L., Xiaojing, H. and Ping, C., 2002. Evaluation of part of the Mekong River using satellite imagery. Geomorphology, 44 (2002): 221-239.
 - Hosseini, H., 2009, Investigating the amount of erosion and sediment in mares of Taleghan region with the help of rain water. Ph.D. Thesis in Watershed Management Sciences and Engineering, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran.
 - Hosseini, H., 2006. Basin watershed management (Case study: Maharloo old). Geological Report, Chapter 5, Pars Steel Structural Engineering, 160p.
 - Mesbah, H., 2012. Investigation of the origin of Maharloo lake deposits. Fars Province Agricultural and Natural Resources Research Center, Soil Conservation and Watershed Management Institute, Iran, 40p.
 - Moutaz, A., Al-Dabbas, M. and Al-Khafaji, R., 2011. The mineralogical and micro-organisms effects of regional dust storms over Middle East region.

Investigation of sedimentology and classification of sediments in Maharloo Lake to determine its susceptibility to wind erosion

M. Kazemi¹, S. Feiznia^{2*}, H. Khosravi³, H. Mesbah⁴ and R. Shahbazi⁵

1-M.Sc. Student in Desert Region Management, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

2*-Corresponding author, Professor, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran, Email: sfeiz@ut.ac.ir

3-Assistant Professor, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

4- Senior Research Expert, Research Center of Agricultural and Natural Resources of Fars, AREEO, Shiraz, Iran

5- Ph.D. Student in Desert Region Management, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Received:2/12/2016

Accepted: 10/31/2016

Abstract

Understanding the physical and chemical characteristics of sediments of lakes and wetlands is important for sedimentology and erosion studies. Maharloo Lake is one of the most important lakes of Fars Province. Surface sediments of this lake consist of evaporitic and muddy sediments. For recognition of the nature of the sediments, samples were taken from lake bed and carbonate and evaporitic compositions including calcium-carbonate, calcium-sulfate and sodium-chloride were measured. After omitting carbonate and evaporitic compositions, granulometric analysis of terrigenous fraction was performed using hydrometry method and sediment classification was performed using Pettijohn (1975) Method. The result of the percentage of terrigenous and chemical fractions of surface sediments showed that most of the sediments were fine-grained terrigenous sediment, containing chemical salts. Terrigenous sediments are poorly sorted, skewed toward coarser sizes and have slightly gravelly, sandy mud texture. More than 90 % of sediment minerals in the lake is clay and less than 10 % is gypsum, quartz, quartz sandstone, and limestone. Depending on the type of sediment, minerals, salts and frequency of deposits, the sediments of Maharloo Lake are prone to wind erosion and dust generation in the region.

Keywords: Maharloo Lake, granulometry, classification, sediment mineralogy, Pettijohn method, Gradistat software.