

## پایش تغییرات فراوانی پوسته استراکودها در مغزه رسوبی (مطالعه موردی: تالاب بین‌المللی گاوخونی)

ارغوان گرانمایه<sup>۱</sup> و محمد نعمتی ورنوسفادرائی<sup>۲\*</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۱۲)

### چکیده

پایش تغییرات فراوانی پوسته سخت غیرقابل تجزیه استراکودها می‌تواند به عنوان یک شاخص زیستی، اطلاعات ارزشمندی را از شرایط گذشته رسوبات تالاب‌های داخلی ارائه دهد. بدین منظور مغزه رسوبی با طول ۳۸ سانتی‌متر در محدوده ابتدای دلتای تالاب بین‌المللی گاوخونی (ایستگاه شاخ کنار) با استفاده از نمونه بردار مغزه‌گیر رسوب ایستا در فروردین ۱۳۹۸ برداشت شد و شمارش تعداد پوسته استراکودها در ۵ گروه اندازه ذرات همزمان با تعیین مشخصات فیزیکی رسوبات (دانه‌بندی، چگالی و درصد رطوبت) انجام گرفت. نتایج حاصل نشان می‌دهد ضریب همبستگی منفی معنی‌دار ( $r = -0/686$  تا  $-0/477$ ) بین تراکم گروه‌های اندازه غالب استراکودها با درصد سنگریزه و ماسه برقرار است. همچنین نتایج نشانگر ضریب همبستگی مثبت معنی‌دار ( $r = 0/579$  تا  $0/638$ ) بین تراکم گروه‌ها با میزان سیلت و رس است. از همبستگی منفی استراکودها با ذرات درشت‌دانه می‌توان استنباط کرد که احتمالاً در این منطقه شرایط پراورزی محیطی مثل سیلاب‌های فصلی و سیلاب‌های عظیم در دوران ترسالی باعث کاهش تراکم استراکودها شده است. در حالیکه بر هم خوردن رژیم هیدروژیکی طبیعی رودخانه زایندرود و نرسیدن سیلاب‌های شدید به دلتای رودخانه در سه دهه اخیر باعث کاهش انرژی محیطی دلتا و افزایش درصد ذرات سیلت و رس و تراکم استراکودها شده است.

واژه‌های کلیدی: استراکد، مغزه رسوبی، آرشیو طبیعی، دلتای زاینده‌رود

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد آلودگی محیط زیست دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

۲. هیات علمی گروه محیط زیست دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

\*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: nemati@iut.ac.ir

## مقدمه

تالاب‌ها به علت خدمات بسیاری نظیر ذخیره‌ی آب، ذخیره کربن، حفظ تنوع زیستی و تولید از جایگاه ویژه‌ای بین سایر بوم‌سازگان‌ها برخوردارند به‌گونه‌ای که حجم زیادی از مطالعات را به سمت خود معطوف کرده است. با از بین رفتن برخی تالاب‌ها در اثر توسعه بی‌رویه، آلودگی آب، کاهش زیستگاه‌های موجودات به‌ویژه پرندگان و ماهی‌ها، تالاب‌های باقی‌مانده ارزش حفاظتی زیادی پیدا کرده‌اند (۴، ۲۷ و ۳۵). از جمله این تالاب‌ها می‌توان به تالاب بین‌المللی گاوخونی اشاره کرد که طی دهه‌های گذشته بر اثر فشارهای اقلیمی و انسانی دچار تغییرات شدیدی شده، به‌گونه‌ای که گسترش کاربری‌های آب بر، کاهش بارندگی، افزایش دما و آلودگی منجر به تهی‌سازی و کاهش کیفیت منابع آبی آن شده و عرصه را برای جامعه‌ی زیست‌مندان وابسته به تالاب تنگ کرده است (۱ و ۱۹). لذا مطالعه و بررسی زمان و علل برهم زنده‌ی تعادل این بوم‌سازگان برای برنامه‌ریزی اقدام‌های مدیریتی اهمیت دوچندان پیدا می‌کند.

یکی از بهترین راه‌ها برای شناسایی و پیش‌بینی رفتار آستانه‌ای که منجر به برهم خوردن تعادل بوم‌سازگان می‌شود، از طریق تجزیه و تحلیل اطلاعات حاصل از پایش باقیمانده‌های زیست‌مندان در رسوبات بوم‌سازگان‌های آبی به‌عنوان آرشیوهای طبیعی است (۵). در رسوبات تالاب‌های داخلی مناطق خشک و نیمه‌خشک، استراکودها یکی از زیست‌مندان شاخص و دارای پوسته سخت غیرقابل تجزیه هستند که در رسوبات باقی می‌ماند (۳۴). اغلب گونه‌های استراکود در اندازه‌های میکروسکوپی اند (۱/۵ - ۰/۴ میلی‌متر) اگر چه بعضی انواع آب شیرین بزرگتر بوده و به ۳۰ میلی‌متر نیز می‌رسند. استراکودها به دلیل تنوع گسترده در سطوح مختلف آبی و پوشیده بودن با پوسته سخت کلسیمی، از مهم‌ترین و فراوان‌ترین فسیل بندپایانی هستند که با اهداف متفاوتی از جمله مطالعه دوره‌های زمین‌شناسی و بوم‌شناسی دیرینه استفاده می‌شود (۵، ۱۵ و ۲۰). این موجودات که عمدتاً کف‌زی هستند و در زیر لایه گل و

لای زندگی می‌کنند از غذای ماهی‌ها به حساب می‌آیند (۵).

فراوانی و نوع استراکودها به علت حساسیت به تغییرات شرایط محیطی از جمله: شوری، دما، عمق آب، اکسیژن محلول و دسترسی به غذا همواره جزء بهترین شاخص‌های زیستی برای بررسی شرایط محیطی بوده است. چنانچه در مطالعات مختلف (۳ و ۳۳) از طریق بررسی همبستگی تغییرات شاخص‌های جمعیتی استراکودها با تغییرات پارامترهای محیطی به شناسایی عوامل تنش‌زا پرداخته‌اند.

در کنار روش‌های ژئوشیمیایی و تعیین سن رسوبات، از روش شمارش پوسته صدف استراکودها در مغزه‌های رسوبی در نقاط مختلف جهان همچون دریاچه بوچانان در استرالیا (۷)، پارک ملی ایچ کیول در تونس (۳۷)، دریاچه‌های شور ایالت آلاکانت اسپانیا (۱۳)، دریاچه لوانهایژی (۲۳)، و دریاچه کایدام در فلات تبت (۲۴)، پلایای تایما در عربستان سعودی (۱۲)، تالاب بین‌المللی پلایای لاگونادولوس پوزولوس در آرژانتین (۲۲) و تالاب بین‌المللی فروم در استرالیا (۹) استفاده شده است. در مطالعات اخیر این روش برای ارزیابی اثرات انسان‌زاد در محدوده یکی دو قرن اخیر بر محیط‌های رسوبی نقاط مختلف جهان همچون تالاب بین‌المللی دلتای رودخانه موری در استرالیا (۱۱)، خلیج ازاکای ژاپن (۳۸)، پلایای هانگژن در فلات تبت (۴۰)، خلیج سونادا (۱۷) و خلیج کازادو در ژاپن (۱۶) و دریاچه پمپس در آرژانتین (۳۱) به کار گرفته شده است.

در کشور ایران استفاده از استراکودها در رسوبات به عنوان شاخص زیستی و معرف شرایط گذشته عمدتاً در رسوبات و سازندهای دوران کواترنر انجام گرفته (۲۷ و ۳۶) و عمدتاً تغییرات پراکنش مکانی استراکودها در رسوبات سطحی بوم‌سازگان‌های آبی کشور و ارتباط آنها با متغیرهای فیزیکی و شیمیایی رسوبات زیستگاه مورد مطالعه قرار گرفته است. به عنوان مثال داراب پور و همکاران (۸) از رسوبات سطحی سواحل بحرکان هندیدجان واقع در خلیج فارس (به عمق ۵ سانتی‌متر) نمونه‌برداری انجام دادند و به بررسی ارتباط تراکم استراکودها با عوامل محیطی مانند شوری، دما، اکسیژن محلول و

ترسالی و خشکسالی در حوضه آبخیز و میزان آب ورودی به تالاب در هر سال دارد. در فصول مرطوب مساحت آن بیشتر می‌شود و در فصول خشک و کم باران مساحت کمتری خواهد داشت (۱۹ و ۲۶).

این تالاب یکی از مهم‌ترین زیستگاه‌های ایران است که زندگی بیش از ۱۴۰ گونه پرنده و بسیاری از گیاهان و جانوران دیگر به آن وابسته است. همچنین آب موجود در تالاب باعث تثبیت تپه‌های ماسه‌ای اطراف تالاب شده است. اما اخیراً کیفیت و میزان آب تالاب بین‌المللی گاوخونی توسط دو عامل رشد جمعیت و مدیریت نادرست تهدید می‌شود. از تهدیدات این تالاب می‌توان به انتقال نادرست آب بین حوضه‌ای و تخلیه پساب‌های صنعتی و خانگی اشاره کرد. همچنین تشدید خشک‌سالی ناشی از تغییرات اقلیمی هم باعث آسیب رساندن به این تالاب شده است که تمامی این عوامل می‌تواند باعث تبدیل این بوم‌سازگان طبیعی به پهنه‌ای نمکی شود (۱۴ و ۳۰).

در این مطالعه دلتای رودخانه زاینده‌رود در ابتدای محدوده تالاب بین‌المللی گاوخونی به عنوان محل نمونه‌برداری انتخاب گردید. ابتدا یا راس هرم یک محیط دلتایی نرخ رسوبگذاری بیشتری در مقایسه با قسمت‌هایی پایین دلتا (قاعده هرم) دارد که باعث می‌شود قدرت تفکیک عمقی در مغزه رسوبی، برای انتخاب حجم نمونه بیشتر در مقایسه با ضخامت ثابت نمونه رسوب افزایش یابد. همچنین مطالعات قبلی در زمینه مغزه‌برداری در ایستگاه شاخ کنار (با طول جغرافیایی ۳۱°۵۲' و عرض جغرافیای ۴۲°۳۲' ۱۸°) به عنوان ابتدای محدوده دلتای رودخانه زاینده‌رود وجود داشت و متوسط نرخ رسوبگذاری در این محدوده ۱/۶ سانتیمتر در سال گزارش شده بود (۲۹ و ۳۹). نمونه‌برداری از رسوبات عمقی در ایستگاه شاخ کنار در تاریخ ۲۹ فروردین ماه سال ۱۳۹۸ انجام شد (شکل ۱).

### روش نمونه‌برداری

برای نمونه‌برداری از رسوبات عمقی، از نمونه‌بردار مغزه‌گیر رسوب ایستا (Static corer sampler) با قطر دهانه ۷۵ میلی‌متر

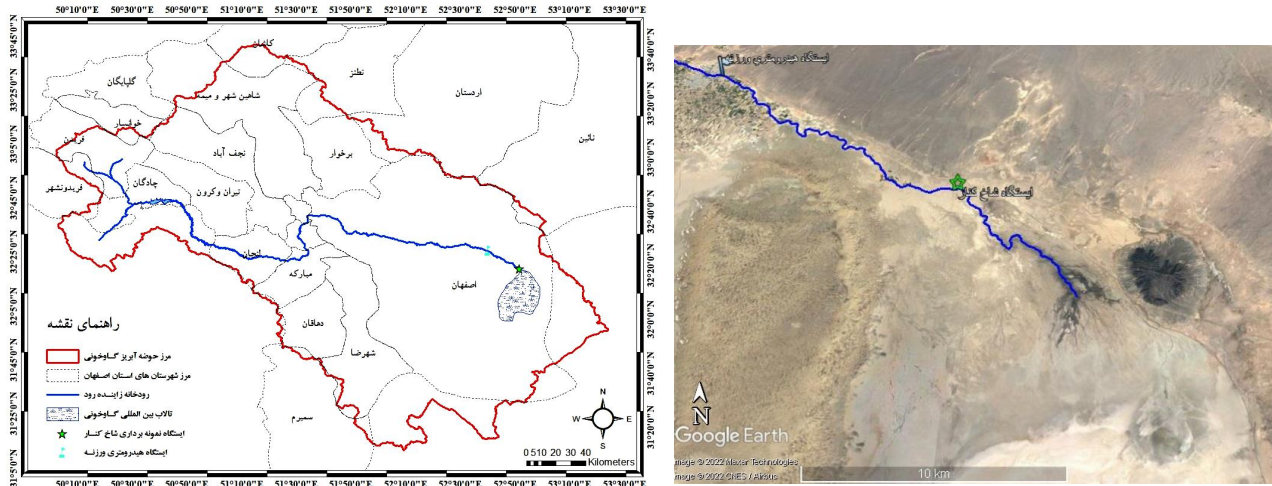
کدورت پرداخته و روابط معنی‌داری بین پارامترهای ذکر شده با تراکم استراکودها گزارش کرده‌اند. جنگانی جهانشائی و همکاران نیز تراکم استراکودها تا عمق ۵۰ سانتی‌متری رسوبات حاشیه خلیج فارس را با شوری و همچنین آلودگی‌های موجود در منطقه خلیج فارس مورد مطالعه قرار داده‌اند و متوجه وابستگی شکل پوسته استراکودها به شوری و کاهش تراکم استراکودها با افزایش آلودگی در محیط زندگی آن‌ها شدند (۱۸).

در این پژوهش سعی شده با کمک شاخص تراکم پوسته استراکودها به تفکیک در گروه‌های اندازه ذرات رسوبات، تنش‌های وارد شده به تالاب بین‌المللی گاوخونی شناسایی و علل تغییرات بررسی شود. همچنین ارتباط این شاخص‌ها با متغیرهای فیزیکی رسوبات زیستگاه و اطلاعات موجود محیطی (شامل تغییرات دبی رودخانه زاینده‌رود و شاخص خشکسالی هیدرولوژیک در پایین دست حوضه گاوخونی) به دست آید.

### مواد و روش

#### منطقه مورد مطالعه

رودخانه زاینده‌رود به عنوان تنها رودخانه دائمی فلات مرکزی ایران، از رشته‌کوه‌های زاگرس در غرب اصفهان سرچشمه گرفته و پس از طی مسافت ۴۶۰ کیلومتری به تالاب بین‌المللی گاوخونی واقع در ۱۳۰ کیلومتری جنوب شرقی شهر اصفهان منتهی می‌شود (۱۲، ۱۳ و ۱۴). تالاب بین‌المللی گاوخونی در سال ۱۹۷۵ به‌عنوان نوزدهمین تالاب بین‌المللی ایران در فهرست رامسر معرفی گردید (۳۲). این تالاب لب‌شور تشکیل شده از دلتای رودخانه زاینده‌رود و پلایا (یا همان دریاچه‌های مناطق خشک) که در انتهای حوضه گاوخونی به شکل یک کاسه (فرورفتگی) دریافت‌کننده آورد آب و رسوبات حوضه است. پوشش گیاهی محدودی دارد و عمدتاً توسط رودخانه‌ی زاینده‌رود تغذیه می‌شود (۳، ۱۴ و ۱۹). ارتفاع تالاب ۱۴۷۰ متر بالاتر از سطح دریا است. عرض آن بین ۵۰ تا ۲۵ کیلومتر در نوسان بوده و مساحت آن حدود ۴۷۰۰۰ هکتار می‌باشد اما در سال‌های مختلف متفاوت است. عرض تالاب بستگی به شرایط



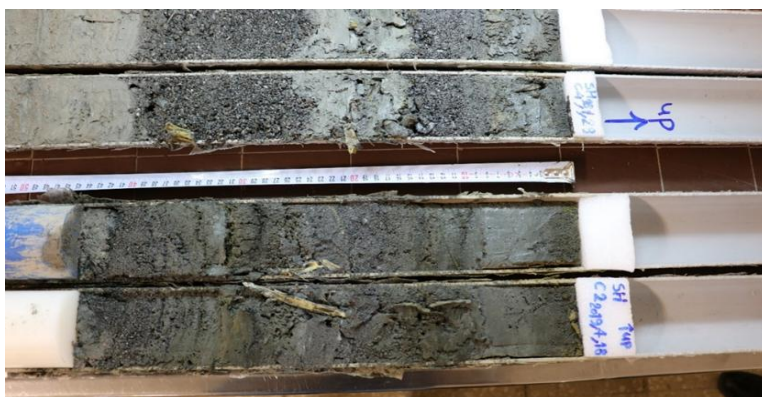
شکل ۱. نقشه موقعیت مکانی ایستگاه شاخ کنار در محدوده تالاب بین‌المللی گاوخونی

نصف هر نمونه استفاده گردید، بدین صورت که نصفی هریک از ۳۸ عدد نمونه رسوب را در ظرفی حاوی ۱۰۰ سی سی آب به مدت چند ساعت تا ۱ روز خیسانده تا اجزای رسوب از یکدیگر جدا شوند. سپس برای جداسازی اجزای تشکیل دهنده رسوب از یکدیگر و امکان شمارش پوسته استراکدها در گروه‌های مختلف اندازه ذرات (۱۵ و ۲۵)، از روش الک تر استفاده شد. الک‌ها بر اساس اندازه‌های استاندارد دانه‌بندی در مطالعات رسوب‌شناسی انتخاب شدند که به ترتیب از بزرگ به کوچک عبارت‌اند از: الک ۱۰ با روزنه ۲ میلی‌متری، الک ۱۸ با روزنه ۱ میلی‌متری، الک ۳۵ با روزنه ۵۰۰ میکرون، الک ۶۰ با روزنه ۲۵۰ میکرون، الک ۱۰۰ با روزنه ۱۵۰ میکرون و الک ۲۰۰ با روزنه ۷۵ میکرون. نحوه کار بدین گونه بود که الک‌ها از بزرگ به کوچک و از بالا به پایین مرتب شدند. سپس نمونه رسوب خیس شده در آب روی بالاترین الک (الک ۱۰) ریخته و بعد از طریق آبتوی با فشار آب شسته و اجزای آنها بر اساس اندازه از یکدیگر تفکیک شدند. سپس با فشار آب مقرر به وسیله پیست که از پشت الک به محتویات داخل آنها وارد می‌شد اجزای مانده در هر الک به ظروف جداگانه که از قبل وزن و کدگذاری شدند منتقل شدند و بعد زمان داده شد تا تمام ۲۲۸ نمونه رطوبتشان را از دست داده و کاملاً در هوای آزاد در محیط آزمایشگاه خشک شوند، سپس وزن خشک گروه‌های

و ضخامت بدنه ۳ میلی‌متر (قطر داخلی ۶۹ میلی‌متر) استفاده گردید و دو نمونه با حداقل به هم خوردگی سطح رسوب و بیشترین طول مغزه برداشت شد. یکی از نمونه‌های رسوب عمقی برای انجام آزمون‌های آزمایشگاهی و دیگری به عنوان ذخیره برداشت شد. پروفیل طولی از مغزه رسوبی با طول ۳۸cm بلافاصله پس از نمونه‌برداری از طریق دو نیم کردن طولی مغزه در محل ایستگاه تهیه گردید و برای تطبیق لایه‌های رسوبی، از پروفیل طولی مغزه‌ها عکس‌برداری انجام شد (شکل ۲). نمونه‌های رسوب عمقی در مقاطع ۱ سانتی متری بریده (شکل ۳) و در ظروف پلاستیکی کدگذاری شده قرار داده شد و در کلمن حاوی یخ خشک به آزمایشگاه مرکزی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان منتقل و کلیه نمونه‌ها در یخچال، در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا انجام مراحل بعدی آزمایش نگاهداری گردید (۱۵).

#### آزمایشات رسوب‌شناسی و شمارش پوسته استراکدها

برای تعیین چگالی رسوبات (چگالی خشک و ظاهری) و درصد رطوبت ابتدا ۳۸ عدد نمونه رسوب عمقی مورد مطالعه در هوای آزاد در محیط آزمایشگاه هوا خشک شدند. سپس یک‌بار با ظرف و یک‌بار بدون احتساب وزن ظرف (وزن خشک) تمام نمونه‌ها وزن شدند. برای آزمایش‌های بعدی



شکل ۲. نمایی از پروفیل طولی دو مغزه رسوبی ایستگاه شاخ کنار در محدوده تالاب بین‌المللی گاوخونی



شکل ۳. نمایی از ۳۸ نمونه با ضخامت ۱ سانتی‌متر برش داده شده از مغزه رسوبی ایستگاه شاخ کنار

### آزمون‌های آماری

به دلیل غیرنرمال بودن برخی داده‌ها، به منظور تحلیل ارتباط تراکم پوسته استراکودها در اندازه‌های مختلف و همچنین رابطه آن‌ها با برخی از پارامترهای فیزیکی زیستگاه (شامل دانه‌بندی ذرات، چگالی ظاهری و خشک و همچنین درصد رطوبت) در ۳۸ نمونه مورد مطالعه از محاسبه ضریب همبستگی اسپیرمن در نرم‌افزار SPSS 18 استفاده شد.

### روش تعیین سن نسبی رسوبات

به منظور تحلیل شرایط محیطی گذشته بر روند تغییرات تراکم پوسته استراکودها، تعیین سن نسبی مغزه رسوبی انجام گرفت. جهت تعیین سن نسبی مغزه رسوبی، از روش تطبیق دانه‌بندی ذرات رسوبی (۱۰) در لایه‌های مغزه با مغزه نمونه‌برداری شده از

اندازه ذرات نمونه تعیین شد.

با توجه به هدف مطالعه یعنی شمارش باقیمانده اجزا زیستی استراکودها، مواد داخل ظروف اجزای دانه‌بندی شده الک‌های مختلف زیر لوپ مشاهده، بررسی و پوسته استراکودها شمارش شدند. با توجه به تعداد زیاد پوسته استراکودها در هر نمونه، از روش شمارش ۱۰ درصد وزنی هر نمونه در قالب ۵ زیرنمونه (تکرار) در لام بوگاروف (Bogorov counting chamber) زیر لوپ مدل نیکون با بزرگنمایی ۸۰ برابر استفاده گردید. متأسفانه تمامی پوسته‌های استراکود روی الک آخر (با قطر منفذ ۷۵ میکرون) شکسته بود و امکان شمارش وجود نداشت. البته با توجه به وجود پوسته‌های شکسته و نصفه در برخی از الک‌های درشت‌تر، هر دو پوسته شکسته، یک پوسته استراکود کامل در نظر گرفته شد (۷ و ۱۵).

می‌شود. بطور کلی از نظر اندازه، پوسته‌های استراکد کوچکتر نسبت به گروه‌های بزرگتر غالب هستند. ولی در بین ۵ گروه اندازه مورد بررسی، استراکدهای دارای قطر ۱۵۰-۲۵۰ و ۲۵۰-۵۰۰ میکرون جمعیت غالب استراکد را در لایه‌های مختلف مغزه رسوبی به خود اختصاص داده و بیشترین شباهت را داشتند. در مرتبه دوم از نظر تراکم استراکدهای دارای قطر ۵۰۰-۱۰۰۰ میکرون بودند که بیشترین شباهت را از نظر روند تغییرات تراکم استراکد با استراکدهای کوچکتر از خود داشتند. استراکدهای دارای قطر بزرگتر از ۱ و ۲ میلی‌متر کمترین تراکم و دامنه تغییرات تراکم را در بین لایه‌های مختلف مغزه رسوبی داشتند. این الگوی توزیع اندازه پوسته در جمعیت استراکد می‌تواند ناشی از خصوصیات ذاتی گونه و ساختار سنی جمعیت آنها باشد. بطوریکه درشت‌ترین استراکدهای هر جمعیت که احتمالاً آخرین مرحله بلوغ جنسی (Instar) را دارند، حداقل افراد آن جمعیت را تشکیل می‌دهند (۲۱ و ۳۳). دامنه تغییرات اندازه پوسته استراکدهای مورد مطالعه در محدوده استراکدهای آب‌های شور و لب شور قرار دارد (۶) که با شرایط پلایای گاوخونی مطابقت دارد.

به‌طور کلی روند تغییرات یکنواخت افزایشی و یا کاهش‌ی نسبت به سطح در هیچ‌یک از گروه‌های اندازه استراکدها مشاهده نشد. استراکدها از عمق ۳۰ سانتی‌متر به پایین مغزه مورد مطالعه عمدتاً کم‌ترین تراکم را داشتند. از عمق ۲۵ سانتی‌متر تا ۲۳ سانتی‌متر شاهد مقدار کمی افزایش بوده و از عمق ۲۳ سانتی‌متر به بالا افزایش و کاهش‌های ناگهانی زیادی مشاهده می‌شود که احتمالاً نشان‌دهنده یک تغییر خاص در رسوباتی که اخیراً رسوب‌گذاری شده‌اند (منظور عمق ۲۳ سانتی‌متر به بالا است) می‌باشد که قبلاً نبوده و باعث رشد و گسترش استراکدها شده و روند کلی را تغییر داده است (شکل ۴).

### نتایج حاصل از تعیین ضریب همبستگی

با توجه به ضرائب همبستگی اسپیرمن که با استفاده از نرم‌افزار SPSS تهیه شد به تحلیل ارتباط تراکم پوسته استراکدها در اندازه‌های مختلف و همچنین رابطه آن‌ها با تعدادی از

شاخ کنار در مطالعات قبلی (۲۹ و ۳۹) استفاده گردید. مغزه قبلی شاخ کنار در سال ۱۳۹۵ در انستیتوی زمین‌شناسی و ژئوفیزیک پکن، با استفاده از روش اندازه‌گیری مستقیم  $^{210}\text{Pb}$  تعیین سن شده و با روش  $^{137}\text{Cs}$  مورد اعتبارسنجی قرار گرفته بود (۲۹، ۳۹). برای تطبیق لایه‌ها، تغییرات عمقی ذرات در اندازه‌های سنگریزه (قطر ذرات  $< 2\text{ mm}$ )، ماسه ( $0.075 < \text{قطر ذرات} < 2\text{ mm}$ ) و سیلت و رس ( $0.075\text{ mm} < \text{قطر ذرات}$ ) دو مغزه رسوبی در نرم‌افزار گرافر (Grapher 4) روی هم‌اندازی شد و با کم و زیاد کردن طول محور عمق یک مغزه، بیشترین انطباق بین گروه‌های مختلف اندازه ذرات دو مغزه حاصل گردید.

### شاخص‌های هیدرولوژیک

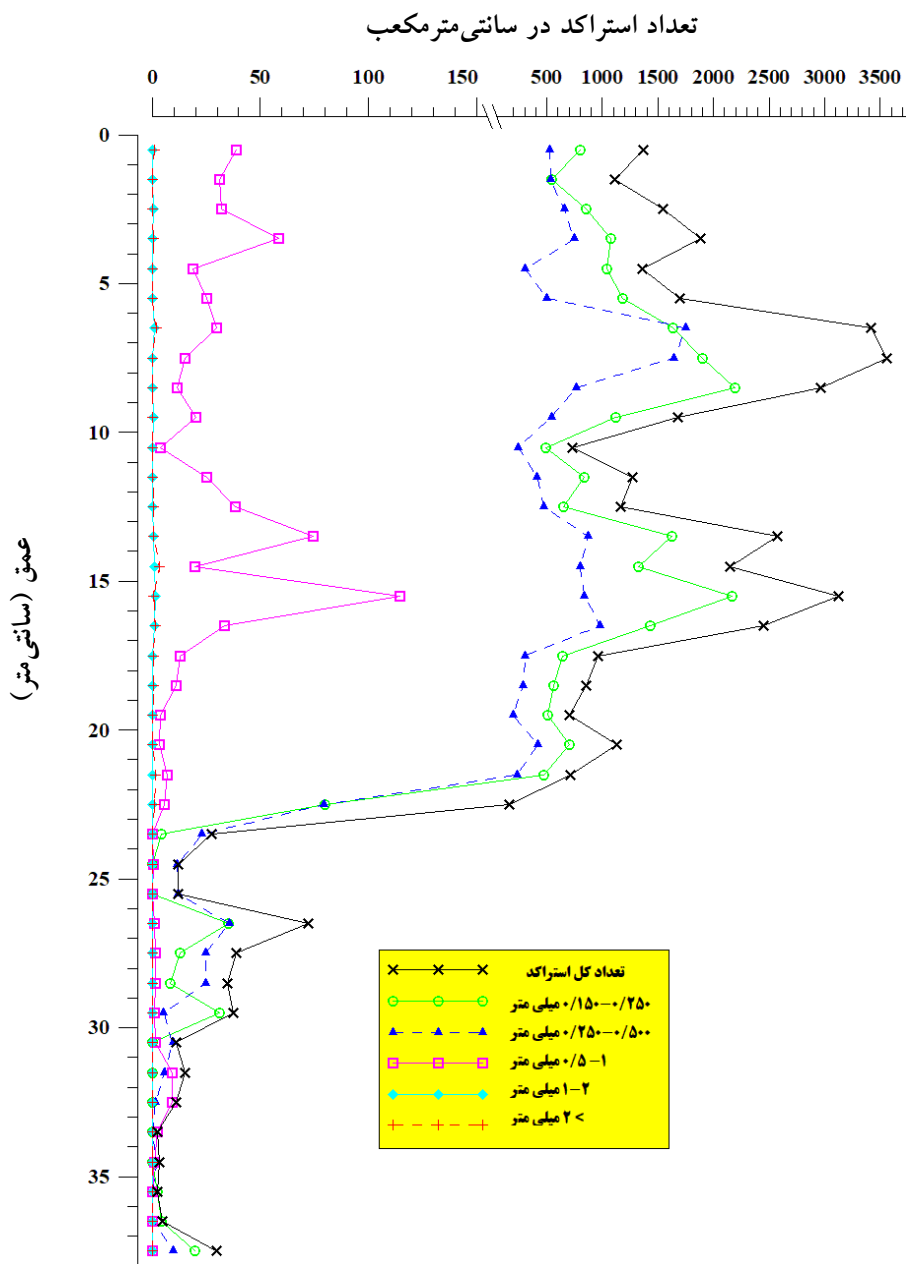
جهت بررسی ارتباط تغییرات تراکم استراکدها در مغزه شاخ‌کنار با وقایع محیطی حوضه گاوخونی به‌ویژه دوره‌های خشک‌سالی و ترسالی هیدرولوژیک، از شاخص خشک‌سالی جریان‌های رودخانه‌ای (Stream flow Drought Index: SDI) استفاده گردید. شاخص خشک‌سالی جریان سطحی رودخانه‌ای با استفاده از داده‌های دبی ماهانه ایستگاه هیدرومتری ورزنه، به عنوان معرف میزان آب سطحی ورودی به تالاب از طریق رودخانه زاینده‌رود، در برنامه SPI\_6.exe محاسبه شد. مقادیر شاخص در سری‌های زمانی ۱۲ ماهه منتهی به سپتامبر مبنای تعیین خشک‌سالی هیدرولوژیک (جدول ۱) قرار گرفت (۲۸). همچنین با استفاده از داده‌های دبی روزانه ایستگاه هیدرومتری ورزنه، شاخص میانگین دبی سالانه (به عنوان معرف میزان آب ورودی از رودخانه زاینده‌رود) و حداکثر دبی سالانه (به عنوان حداکثر سیلاب سالانه ورودی از رودخانه زاینده‌رود) محاسبه گردید.

### نتایج و بحث

تغییرات تراکم پوسته استراکدها در لایه‌های مغزه رسوبی در شکل ۴ تغییرات تراکم پوسته استراکدها (تعداد در سانتی‌متر مکعب) نسبت به تغییر عمق مغزه رسوبی مشاهده

جدول ۱. تعیین وضعیت خشک‌سالی برای شاخص خشک‌سالی جریان سطحی (SDI، ۲۸)

حالت	نوع	معیار	حالت	نوع	معیار
۱	نرمال (خشک‌سالی خفیف)	$-1 \leq SDI < 0$	۵	نرمال (ترسالی خفیف)	$0 \leq SDI < 1$
۲	خشک‌سالی متوسط	$-1/5 \leq SDI < -1$	۶	ترسالی متوسط	$1/5 \leq SDI < 1$
۳	خشک‌سالی شدید	$-2 \leq SDI < -1/5$	۷	ترسالی شدید	$2 \leq SDI < 1/5$
۴	خشک‌سالی خیلی شدید	$SDI < -2$	۸	ترسالی خیلی شدید	$2 \leq SDI$



شکل ۴. تغییرات تراکم پوسته استراکودها در گروه‌های مختلف اندازه ذرات در پروفیل عمقی مغزه رسوبی شاخ کنار

افزایش ذرات درشت رسوبی ( سنگریزه و ماسه) تراکم و تنوع استراکودهای موجود در محیط‌های رسوبی را کاهش می‌دهد و همچنین بیشتر گونه‌های استراکودها، زندگی در محیط‌های گل و لای را بر رسوبات درشت‌دانه ترجیح می‌دهند (۲۲ و ۲۳). همچنین از همبستگی منفی استراکودها با ذرات درشت‌دانه سنگریزه و ماسه می‌توان استنباط کرد که احتمالاً در این منطقه شرایط پراورزی محیطی مثل سیلاب‌های فصلی و سیلاب‌های عظیم در دوران ترسالی باعث کاهش تراکم استراکودها شده است.

با توجه به جدول ۲ می‌توان استنباط کرد که رابطه تراکم استراکودها با چگالی خشک و ظاهری در الک‌های ۱۵۰ و ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرون منفی و اکثراً معنی‌دار می‌باشد اما این رابطه در سایر الک‌ها معنی‌دار نیست. همچنین با افزایش چگالی رسوبات، تراکم استراکودها کم شده و با افزایش درصد رطوبت رسوبات، تعداد استراکودها بیشتر شده است اما در الک‌های ۱ و ۲ میلی‌متر، روابط معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. احتمالاً دانه‌ریز شدن رسوبات ۲۳ cm بالایی مغزه رسوبی و به عبارتی افزایش سهم درصد سیلت و رس که در کاهش چگالی رسوبات نقش دارد باعث شده که قابلیت حفظ رطوبت در بین ذرات رسوبی افزایش یابد و زیستگاه مناسبتری برای گسترش استراکودها شکل پذیرد.

#### تعیین سن نسبی مغزه مورد مطالعه

برای تعیین سن نسبی مغزه مورد مطالعه از روش تطبیق تغییرات عمقی ذرات رسوبی در اندازه‌های سنگریزه (Gravel)، ماسه (Sand) و سیلت و رس (Silt & Clay) مغزه مورد مطالعه نسبت به مغزه تعیین سن شده قبلی (۲۹ و ۳۹) استفاده گردید (شکل ۵). همانگونه که در شکل ۵ مشاهده می‌شود الگوی کلی تغییرات ذرات رسوبی هر سه گروه اندازه ذرات در دو مغزه بسیار شبیه است و ۳۷ cm پایین مغزه مورد مطالعه تقریباً با ۶۳ از مغزه تعیین سن شده قبلی (۲۹، ۳۹) مطابقت دارد. بر این اساس، حداکثر مقدار غلظت سزیموم ( $^{137}\text{Cs}$ ) که شاخص سال

پارامترهای فیزیکی زیستگاه (شامل دانه‌بندی ذرات، چگالی ظاهری و خشک و درصد رطوبت) پرداخته شد. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود می‌توان نتیجه گرفت که ضریب همبستگی مثبت و در اکثر مواقع معنی‌دار بین اندازه الک‌ها و تراکم استراکودها برقرار است. خصوصاً این ضرایب همبستگی در الک‌هایی با اندازه منفذ نزدیک به هم، بیشتر است. داده‌های تراکم استراکودها در اندازه‌های ۱۵۰، ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرون بیشترین همبستگی را با یکدیگر دارند ( $r = 0.786 - 0.942$ ) و روابط آن‌ها در سطح معنی‌داری قرار دارد. اما الک‌های ۱ و ۲ میلی‌متر همبستگی کمتری با سایر الک‌ها دارند ( $r = 0.660 - 0.373$ ) که البته در سطح ۹۹٪ یا ۹۵٪ معنی‌دار است.

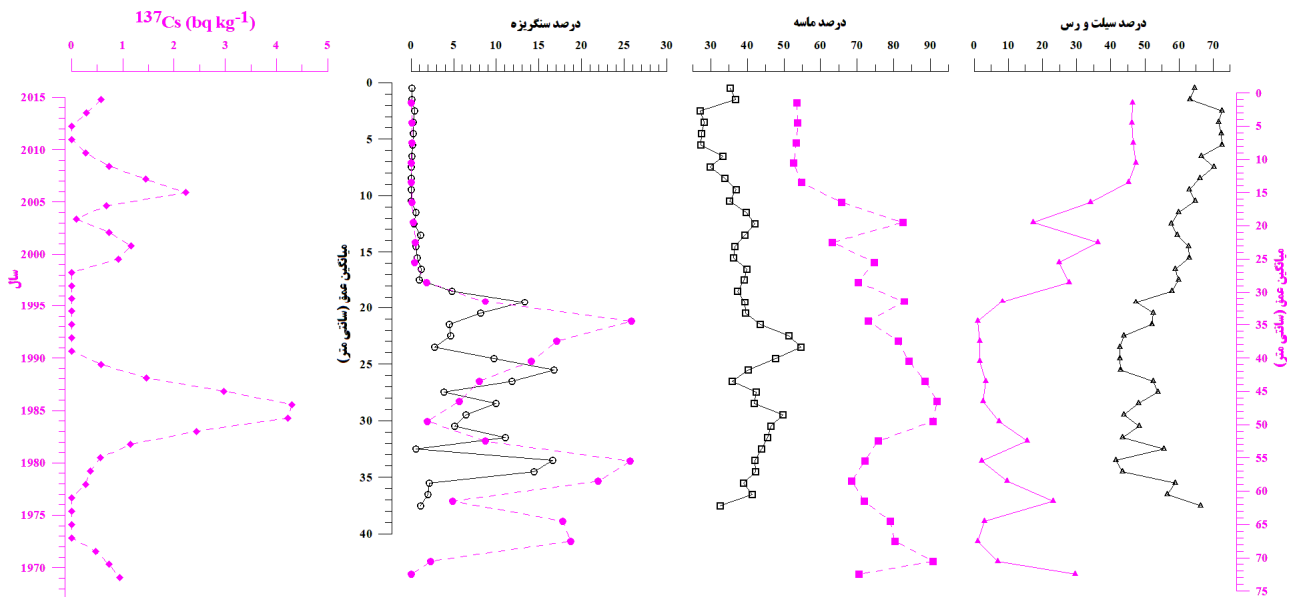
استراکودهای بیشتری در الک‌های ۱۵۰ و ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرون یافت شده است که همبستگی بیشتری نیز در میان آن‌ها مشاهده شد. از این روابط می‌توان استنباط کرد که استراکودهای موجود در این الک‌ها جامعه‌ی اصلی را تشکیل داده‌اند و احتمالاً تغییرات محیطی اثرات مشابهی بر هر سه گروه اندازه استراکودها داشته است.

نتایج حاصل نشان می‌دهد که ضریب همبستگی منفی معنی‌دار ( $r = -0.686$  تا  $-0.477$ ) بین تراکم گروه‌های اندازه غالب استراکودها با درصد سنگریزه و ماسه برقرار است. همچنین نتایج نشاگر ضریب همبستگی مثبت معنی‌دار ( $r = 0.579$  تا  $0.638$ ) بین این تراکم گروه‌ها با میزان سیلت و رس است ولی در اکثر موارد ضریب همبستگی با الک‌های ۱ و ۲ میلی‌متر معنی‌دار نیست. به عبارت دیگر هرچقدر میزان اندازه ذرات رسوبات عمقی بزرگ‌تر شود تعداد استراکودها کمتر و هرچقدر ذرات کوچک‌تر شوند میزان استراکودها زیستگاه بیشتر شده‌اند. به عبارت دیگر، عمده جامعه استراکودها از نوع دانه‌بندی زیستگاه اثر پذیرفته است. اما استراکودهای دارای اندازه بزرگ‌تر از ۱ و ۲ میلی‌متر که احتمالاً بالغ‌ترین مرحله زندگی (Instar) جمعیت مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند (۲۱ و ۳۳)، کمترین تراکم را در جامعه استراکودها داشته‌اند و کمتر تحت تأثیر اندازه ذرات رسوبات زیستگاه بوده‌اند. بطور کلی



جدول ۲. جدول همبستگی استراکدها برحسب اندازه و متغیرهای فیزیکی مغزه رسوبی شاخ کنار

استراکد الی	تعداد کل استراکدها درصد سنگریزه درصد ماسه		درصد سیلت و رس		چگالی ظاهری چگالی خشک درصد رطوبت	
	μ ۲۰۰۰	μ ۱۰۰۰	μ ۲۵۰	μ ۱۵۰	μ ۲۵۰	μ ۱۵۰
استراکد الی ۱۵۰	۰/۳۸۶*	۰/۶۳۳**	۰/۷۸۶**	۰/۹۲۳**	۰/۹۲۳**	۱
استراکد الی ۲۵۰	۰/۴۵۶**	۰/۶۶۰**	۰/۸۳۰**	۱	۰/۹۴۳**	۰/۹۴۳**
استراکد الی ۵۰۰	۰/۵۰۳**	۰/۶۵۲**	۱	۰/۸۳۰**	۰/۷۸۶**	۰/۶۳۳**
استراکد الی ۱۰۰۰	۰/۳۷۳*	۱	۰/۶۵۲**	۰/۶۶۰**	۰/۶۳۳**	۰/۶۳۳**
استراکد الی ۲۰۰۰	۱	۰/۳۷۳*	۰/۵۰۳**	۰/۴۵۶**	۰/۳۸۶*	۰/۳۸۶*
تعداد کل استراکدها	۰/۴۲۸**	۰/۶۵۸**	۰/۸۳۱**	۰/۹۷۷**	۰/۹۷۷**	۰/۹۷۷**
درصد سنگریزه	۰/۰۰۶	۰/۳۲۹*	۰/۶۳۶**	۰/۶۴۸**	۰/۶۴۸**	۰/۶۴۸**
درصد ماسه	۰/۰۱۲	۰/۲۷۱	۰/۴۷۷**	۰/۶۰۵**	۰/۶۰۵**	۰/۶۰۵**
درصد سیلت و رس	۰/۰۵۴	۰/۳۵۰*	۰/۶۳۸**	۰/۶۸۶**	۰/۶۸۶**	۰/۶۸۶**
چگالی ظاهری	۰/۱۰۹	۰/۰۵۲	۰/۳۲۰	۰/۳۲۰	۰/۳۲۰	۰/۳۲۰
چگالی خشک	۰/۰۶۵	۰/۱۷۸	۰/۵۶۵**	۰/۶۶۵**	۰/۶۶۵**	۰/۶۶۵**
درصد رطوبت	۰/۲۵۶	۰/۲۸۲	۰/۶۹۳**	۰/۸۱۴**	۰/۸۱۴**	۰/۸۱۴**



شکل ۵. تطبیق دانه‌بندی رسوبات مغزه شاخ کنار (نمودارهای سیاه رنگ) با مغزه تعیین سن شده (نمودارهای صورتی رنگ) قبلی (۲۲ و ۲۴)

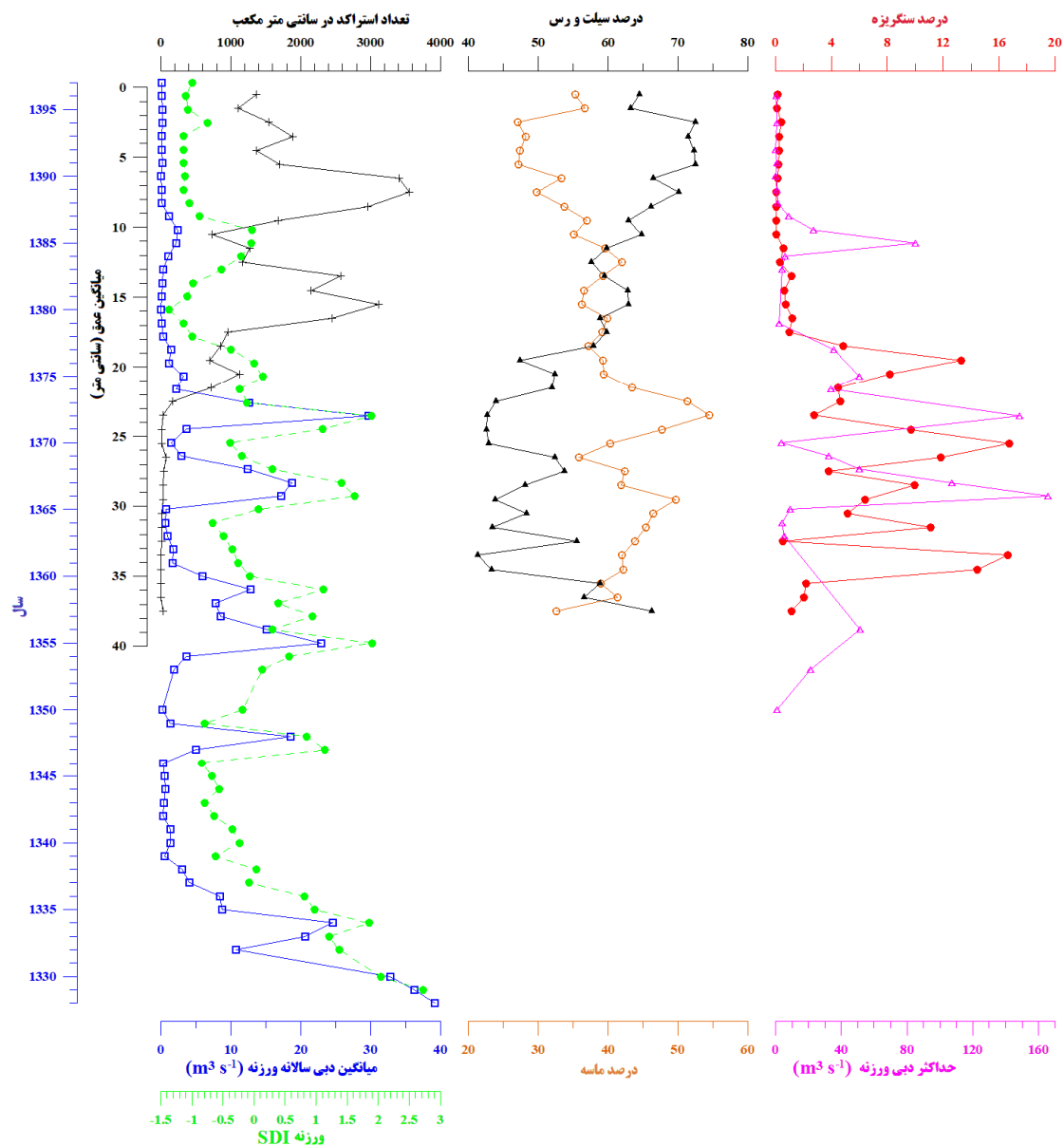
(حتی تا ۱۶۵/۸ مترمکعب بر ثانیه) در ۴۰ سال اخیر را تجربه کرده است، میزان تراکم پوسته استراکدها کم ( $19/2 \pm 20/9$  تعداد در سانتیمتر مکعب) بوده است. ولی از آن پس تراکم پوسته استراکدها افزایش چشم‌گیری یافته و بطور متوسط تقریباً ۸۰ برابر ( $941/2 \pm 1677/1$  تعداد در سانتیمتر مکعب) شده است. کاهش تراکم استراکدها در رسوبات مربوط به سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۵ نیز احتمالاً مربوط به ترسالی و سیلاب‌هایی است (شکل ۶) که در آن زمان به وقوع پیوسته است.

الگوی کلی تغییرات اندازه ذرات مغزه رسوبی مورد مطالعه نیز تایید کننده این الگوی زمانی است چرا که در ۲۰ cm بالایی مغزه مورد مطالعه میزان ماسه کاهش یافته و در عوض میزان سیلت و رس افزایش چشم‌گیری یافته است و مهمتر از آن سهم بسیار کم ( $0/4 \pm 0/4$  درصد) ذرات درشت دانه‌ای همچون سنگریزه در رسوبات ۱۹ cm بالایی مغزه مورد مطالعه است. به عبارت دیگر بر هم خوردن رژیم هیدرولژیکی طبیعی رودخانه زاینده‌رود و نرسیدن سیلاب‌های شدید به دلتای رودخانه زاینده‌رود باعث شده انرژی لازم برای انتقال رسوبات درشت دانه‌ای در اندازه سنگریزه به دلتای رودخانه وجود نداشته باشد. در نتیجه عمدتاً ذرات سیلت و رس، که زیستگاه مناسبی برای گسترش استراکدها گزارش شده‌اند (۲۲)، در

۱۹۸۶ میلادی مصادف با حادثه انفجار نیروگاه هسته‌ای چرنوبیل در مغزه تعیین سن شده قبلی در عمق ۴۷ cm تا ۴۹ گزارش شده (۲۹)، احتمالاً با عمق ۲۹ cm تا ۳۰ مغزه مورد مطالعه مطابقت دارد. بر اساس نتایج تعیین سن نسبی، متوسط نرخ رسوب‌گذاری مغزه مورد مطالعه  $0/6 \pm 0/95$  سانتیمتر بر سال بدست آمد و می‌توان نتیجه گرفت که به احتمال زیاد ۳۸ سانتیمتر طول مغزه مورد مطالعه بین سال‌های ۱۳۵۷ تا ۱۳۹۷ رسوب‌گذاری شده است.

### تغییرات زمانی تراکم پوسته استراکدها و ارتباط با عوامل محیطی

در شکل ۶ تغییرات زمانی تراکم پوسته استراکدها و دانه‌بندی رسوبات مغزه مورد مطالعه که به احتمال زیاد در ۴۰ سال اخیر رسوب‌گذاری شده‌اند، در کنار شاخص‌های هیدرولژیکی که بر اساس داده‌های ایستگاه هیدرومتری ورزنه بدست آمده، قابل مشاهده است. مقایسه تغییرات تراکم پوسته استراکدها با شاخص‌های هیدرولژیکی نشان می‌دهد که به احتمال زیاد تقریباً قبل از سال ۱۳۷۳ (عمق ۲۳ cm مغزه) که رودخانه زاینده‌رود الگوی هیدرولژیکی طبیعی‌تری داشته و دلتای تالاب بین‌المللی گاوخونی در اکثر سال‌ها دریافت سیلاب‌های شدید



شکل ۶. تغییرات زمانی تراکم پوسته استراکودها با تغییرات میانگین دبی سالانه، حداکثر دبی سالانه و شاخص خشکسالی هیدرولوژیک ایستگاه هیدرومتری ورزنه

معکوسی با دبی و به نوعی انرژی جریان آب (سرعت جریان آب) دارد. مطالعات مختلف نیز افزایش استراکودها در شرایط کم انرژی تر را گزارش کرده‌اند (۳، ۷، ۹، ۲۱ و ۲۲). به نظر می‌رسد از بین عوامل مختلف، ارتباط معکوس و منطقی شاخص حداکثر دبی سالانه ایستگاه ورزنه (به عنوان معرف سیلاب‌های بزرگ) با کاهش تراکم پوسته استراکودها (به عنوان یک شاخص زیستی) بارزتر است و می‌توان در مطالعات

رسوبات تقریباً ۳ دهه اخیر مغزه مورد مطالعه تجمع یافته‌اند. بطور کلی سیل و رواناب‌های شدید با انرژی زیادی که دارند باعث افزایش انتقال ذرات درشت‌دانه به دلتای یک رودخانه می‌شود ولی جریان‌های پیوسته و ملایم باعث افزایش ذرات ریزدانه در پایین دست حوضه می‌شود و ذرات درشت‌دانه عمدتاً در ابتدای حوضه ته‌نشین خواهند شد. به عبارت دیگر نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که تراکم استراکودها رابطه

## سپاسگزاری

این مقاله بخشی از پروژه کارشناسی خانم ارغوان گرانمایه دانشجوی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان و طرح پژوهشی "تعیین سن رسوبات اکوسیستم‌های آبی در حوضه گاوخونی" است که با حمایت مالی بنیاد ملی نخبگان (ویژه برگزیدگان جایزه دکتر کاظمی آشتیانی) انجام گرفته است. بدینوسیله از همکاری مسئولین معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه صنعتی اصفهان و بنیاد ملی نخبگان قدردانی می‌گردد.

آتی در دلتای رودخانه زاینده‌رود از این اصل کلی برای شناخت لایه‌های رسوبی مربوط به سیلاب‌های شدید و شناخت بهتر گذشته تالاب بین‌المللی گاوخونی استفاده کرد. مطالعات تاکسونومیک و شناسایی تغییرات احتمالی گونه یا مشخصات ریخت‌شناسی استراکدهای غالب در مغزه‌های رسوبی در محدوده قرن اخیر و ارتباط احتمالی آن با تغییرات باقیمانده آلاینده‌های مختلف در رسوبات و یا حتی تغییرات رسوبگذاری در دوران کواترنر می‌تواند مد نظر قرار گیرد.

## منابع مورد استفاده

1. Abou Zaki, N., A. Torabi Haghghi, P. M. Rossi, M. J. Tourian, A. Bakhshae, and B. Kløve. 2020. Evaluating impacts of irrigation and drought on river, groundwater and a terminal wetland in the Zayanderud Basin, Iran. *Water* 12(5): 1302.
2. Akbari, M., N. Toomanian, P. Droogers, W. Bastiaanssen, and A. Gieske. 2007. Monitoring irrigation performance in Esfahan, Iran, using NOAA satellite imagery. *Agricultural Water Management* 88(1-3): 99-109.
3. Barik, S. S., R. K. Singh, S. Hussain, S. Tripathy, and C. A. A. Zarikian. 2021. Spatial and seasonal distribution of Ostracoda in a lagoonal environment along the northeastern coast of India: Implications to assess coastal ecology and paleoenvironment. *Marine Micropaleontology* 174: 102082.
4. Bhowmik, S. 2022. Ecological and economic importance of wetlands and their vulnerability: a review. *Research Anthology on Ecosystem Conservation and Preserving Biodiversity* 4: 11-27.
5. Blake, J., R. Ruff, and J. Carlton. 2007. *The Light & Smith manual: intertidal invertebrates from central California to Oregon*: University of California Press. JT Carlton. Polychaeta Berkeley, Los Angeles, 1029p.
6. Cearreta, A., M. J. Irabien, E. Leorri, I. Yusta, I. Croudace, and A. Cundy. 2000. Recent anthropogenic impacts on the Bilbao estuary, northern Spain: geochemical and microfaunal evidence. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 50(4): 571-592.
7. Chivas, A., P. De Deckker, M. Nind, D. Thiriet, and G. Watson. 1986. The Pleistocene palaeoenvironmental record of Lake Buchanan: an atypical Australian playa. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 54(1-4): 131-152.
8. Darabpour, M., S. Nabavi, B. Dost Shenan, A. Safaieh, and A. Savari. 2014. Comparison of diversity and density of benthic crustaceans (Ostracoda) on the shores of the Gulf (Persian Gulf) in winter and summer. *Iranian Journal of Marine Science and Technology* 13(2):1-10. (In Farsi)
9. De Deckker, P., J. Magee, and J. Shelley. 2011. Late Quaternary palaeohydrological changes in the large playa Lake Frome in central Australia, recorded from the Mg/Ca and Sr/Ca in ostracod valves and biotic remains. *Journal of Arid Environments* 75(1): 38-50.
10. Dong, X.; C.D. Sayer, H. Bennion, S.C. Maberly, H. Yang, and R.W. Battarbee. 2016. Identifying sediment discontinuities and solving dating puzzles using monitoring and palaeolimnological records. *Frontiers of Earth Science* 10(4): 621-633.
11. Gell, P. A., S. Bulpin, P. Wallbrink, G. Hancock, and S. Bickford. 2005. Tareena Billabong—a palaeolimnological history of an ever-changing wetland, Chowilla Floodplain, lower Murray–Darling Basin. *Australia. Marine and Freshwater Research* 56(4): 441-456.
12. Ginau, A., M. Engel, and H. Brückner. 2012. Holocene chemical precipitates in the continental sabkha of Tayma (NW Saudi Arabia). *Journal of Arid Environments* 84: 26-37.
13. Giralt, S., F. Burjachs, J. Roca, and R. Julià. 1999. Late Glacial to Early Holocene environmental adjustment in the Mediterranean semi-arid zone of the Salines playa-lake (Alacant, Spain). *Journal of Paleolimnology* 21(4): 449-460.
14. Hekmatpanah, M., M. Nasri, and F. S. Sardu. 2012. Effect of industrial and agricultural pollutants on the sustainability of Gavkhoni lagoon wetland ecosystem. *African Journal of Agricultural Research* 7(20): 3049-3059.
15. Horne, D. J., and D. J. Siveter. 2016. Collecting and processing fossil ostracods. *Journal of Crustacean Biology* 36(6): 841-848.

16. Irizuki, T., H. Ito, M. Sako, K. Yoshioka, S. Kawano, R. Nomura, and Y. Tanaka. 2015. Anthropogenic impacts on meiobenthic Ostracoda (Crustacea) in the moderately polluted Kasado Bay, Seto Inland Sea, Japan, over the past 70 years. *Marine Pollution Bulletin* 91(1), 149-159.
17. Irizuki, T., A. Takimoto, M. Sako, R. Nomura, K. Kakuno, A. Wanishi, and S. Kawano. 2011. The influences of various anthropogenic sources of deterioration on meiobenthos (Ostracoda) over the last 100 years in Suo-Nada in the Seto Inland Sea, southwest Japan. *Marine Pollution Bulletin* 62(10): 2030-2041.
18. Jangani Jahanshahi, J., and H. Mashayekh. 2012. Study of Persian Gulf ostracods. 16th Symposium of Geological Society of Iran 1-5. (In Farsi)
19. Khosroshahi, M., Z. Ebrahimi Khusfi, A. Gohardoust, S. Lotfi Nasab Asl, F. Dargahian, and L. Zenouzi. 2020. Monitoring the physical surface changes of the Gavkhoni Wetland and its relation with dust and its surrounding sand dunes activity. *Desert Management* 8(15): 139-160.
20. Kubanç, N., T. Taşçi, C. Kubanç, O. Özuluğ, and V. Eldem. 2017. A quick and efficient method for DNA isolation from freshwater ostracods. *Genetics of Aquatic Organisms* 1(1): 1-7.
21. Mao, X., X. Liu, J. Li, S. Feng, G. Jiang, and L. Liu. 2021. Population age structure of ostracods in lake sediment and its implication for within-lake transport of microfossils. *Ecological Indicators* 131: 108182.
22. Mc Glue, M. M., G. S. Ellis, A. S. Cohen, and P. W. Swarzenski. 2012. Playa lake sedimentation and organic matter accumulation in an Andean piggyback basin: the recent record from the Cuenca de Pozuelos, North-west Argentina. *Sedimentology* 59(4): 1237-1256.
23. Mischke, S., U. Herzschuh, C. Zhang, J. Bloemendal, and F. Riedel. 2005. A Late Quaternary lake record from the Qilian Mountains (NW China): lake level and salinity changes inferred from sediment properties and ostracod assemblages. *Global and Planetary Change* 46(1-4): 337-359.
24. Mischke, S., Z. Sun, U. Herzschuh, Z. Qiao, and N. Sun. 2010. An ostracod-inferred large Middle Pleistocene freshwater lake in the presently hyper-arid Qaidam Basin (NW China). *Quaternary International* 218(1-2): 74-85.
25. Mostafawi, N. 2003. Recent ostracods from the Persian gulf. *Senckenbergiana Maritima* 32(1): 51-75.
26. Murray-Rast, H., H. Sally, H. Salemi, and A. Mamanpoush. 2000. An Overview of the Hydrology of the Zayandeh Rud Basin. Technical Report (No. H028241). International Water Management Institute (IWMI).
27. Najafipour, A. A., and M. Heidari. 2013. Environmental pathology of Iranian wetlands; Challenges and solutions (Case study: Parishan Wetland). First conference on the protection of wetlands and aquatic ecosystems, Hamedan. (In Farsi)
28. Nalbantis, I., and G. Tsakiris. 2009. Assessment of hydrological drought revisited. *Water Resources Management* 23(5): 881-897.
29. Nemati Varnosfaderany, M. 2017. Origin and analysis of the history of organochlorine, organophosphorus and pyrethroid pesticides into the sediments of Zayandehroud River and Gavkhoni Wetland. Post Doc. Thesis. Isfahan University of Technology: Fund for Researchers and Technologists of the country. (In Farsi)
30. Pakzad, H., M. Makizadeh, M. Pasandi, and Z. Aliniaie. 2012. Composition and origin of aeolian and fluvial sands of Gavkhuni Playa Lake (Southeast Of Isfahan). *Journal of Stratigraphy and Sedimentology Researches* 28(3): 65-82. (In Farsi)
31. Plastani, M. S., C. Laprida, F. Montes de Oca, J. Massaferrro, H. O. Panarello, J. Ramón Mercau, and A. Lami. 2019. Recent environmental changes inferred from sediments in a shallow lake of the Argentinian pampas. *Journal of Paleolimnology* 61(1): 37-52.
32. Ramsar Sites Information Service. 2022. Gavkhouni Lake and marshes of the lower Zaindeh Rud. <https://rsis Ramsar.org/ris/53>. Accessed on 2022.03.05.
33. Ruiz, F., M. González-Regalado, J. Muñoz, Pendón, A. Rodríguez-Ramirez, L. Cáceres, and J. R. Vidal. 2003. Population age structure techniques and ostracods: applications in coastal hydrodynamics and paleoenvironmental analysis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 199(1-2): 51-69.
34. Sa'ad, S., and A. I. Kamil. 2016. Ostracoda as a paleoecological indicators for the Maastrichtian–Upper Eocene succession in North and Western Iraq. *Iraqi Journal of Science* 57(2B): 1227-1237.
35. Sanayei, Y., N. Ismail, and S. Talebi. 2009. Determination of heavy metals in Zayandeh Rood river, Isfahan-Iran. *World Applied Sciences Journal* 6(9): 1209-1214.
36. Sanjari, S., F. Hadavi, M. N. Moghadam, and M. Allameh. 2016. Biostratigraphy of Abdraz Formation in Babafarji section based on ostracods. *Thirty-fifth Earth Science Conference*. (In Farsi)
37. Stevenson, A., and R. Battarbee. 1991. Palaeoecological and documentary records of recent environmental change in Garaet El Ichkeul: a seasonally saline lake in NW Tunisia. *Biological Conservation* 58(3): 275-295.
38. Yasuhara, M., and H. Yamazaki. 2005. The impact of 150 years of anthropogenic pollution on the shallow marine ostracode fauna, Osaka Bay, Japan. *Marine Micropaleontology* 55(1-2): 63-74.
39. Zamani, S. 2018. Distribution and origin of heavy metals in core sediments of Gavkhoni wetland delta. Master Thesis in Environmental Pollution, Isfahan University of Technology, Iran, Isfahan. (In Farsi)

40. Zhu, L., X. Lin, Y. Li, B. Li, and M. Xie. 2007. Ostracoda assemblages in core sediments and their environmental significance in a small lake in Northwest Tibet, China. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 39:4: 658-662.

## Monitoring the Frequency Changes of Ostracod Shells in the Sediment Core (Case Study: Gavkhooni International Wetland)

A. Geranmayeh<sup>1</sup> and M. Nemati Varnosfaderani<sup>2\*</sup>

(Received: May 07-2022; Accepted: August 03-2022)

### Abstract

Monitoring the frequency changes of hard and non-degradable ostracod shells can provide valuable information about the past conditions of inland wetlands sediments as a biological index. In this regard, a sediment core with a length of 38 cm was harvested using a static sediment core sampler at the beginning of the delta of Gavkhooni international wetland (Shakh-Kenar station) in April 2019, and the number of ostracod shells were counted in five groups of particle size simultaneously with determining the physical characteristics of sediments (particle size distribution, density, and moisture content). The results show that there is a significant negative correlation coefficient ( $r = -0.686$  to  $-0.477$ ) between the density of the dominant size groups of ostracods with the percentage of gravel and sand. Also, the results show a significant positive correlation coefficient ( $r = 0.579$  to  $0.638$ ) between the density of these groups with the amount of silt and clay. Based on the negative correlation of ostracods with coarse particles, it can be inferred that high-energy environmental conditions such as seasonal floods and massive floods during the wet season have potentially reduced the density of ostracods in this region. While the disruption of the natural hydraulic regime of the Zayandehrud River and the lack of heavy floods in the river delta in the last three decades have reduced the environmental energy of the delta and increased the percentage of silt and clay particles, and the density of ostracods.

**Keywords:** Ostracod, Core sediment, Environmental archive, Zayandehrud delta

---

1. Master student of Environmental Pollution, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan 84156-83111, Iran.

2. Assistant Professor, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan 84156-83111, Iran.

\*: Corresponding Author, Email: nemati@iut.ac.ir