دو فصلنامه کواترنری ایران (علمی-پژوهشی)، دوره ۱۰، شمارهٔ ٤ و ۳، پاییز و زمستان ۱٤۰۳

ص ۲٦٦ تا ۲۸۲

رخساره‌ها و تحولات محیط‌های رسوبی هولوسن در انتهای بادزن آبرفتی رودخانه جراحی (جنوب دشت خوزستان)

جواد درویشی خاتونی؛ سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

حمیده نوروزپور *؛ استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۱/ ۰٦ /۱٤۰۳ **تاریخ پذیرش: ۱٤۰۳/۱۰/۲۹**

چکیده

در این مطالعه سه محیط رسوبی اصلی از رسوبات هولوسن دشت خوزستان شامل پهنه جزومدی و ساحلی، تالاب لب شور– شیرین و محیط رودخانه‌ای براساس مطالعه ۱۱ مغزه رسوبی شناسایی شدند. در طول هولوسن پیشین و میانی، جنوب دشت خوزستان یک فروافتادگی با انرژی پایین جزرومدی و تحت تاثیر مصب رودخانه بوده است. با افزایش سطح تراز آب، خط ساحلی بسرعت بسمت فلات قاره پیشروی کرده و با مغروقه نمودن بستر اصلی رودخانه توسعه پهنه جزرومدی اتفاق افتاده است. کاهش سطح آب دریا در ۵۵۰۰ و ۲۵۰۰ سال قبل با ایجاد شرایط کمی خشک تر و گسترش سبخای ساحلی و ایجاد دلتای دهانه ای دور از خط ساحل و رسوبگذاری نهشته های رودخانه ای همراه بوده است. توسعه مگافن رودخانه جراحی با کاهش نرخ تراز آب دریا و به همراه تثبیت مسیر رودخانه رخ داده است. با پیشروی بادزن آبرفتی رودخانه جراحی از شرق به سوی غرب، تغییرات محیطی از رسوبات پهنه ساحلی و جزرومدی به تالابی و سپس در بخش فوقانی مغزه‌ها رسوبات آبرفتی نمایان می شود. وجود تناوت رسوبات آبرفتی و تالابی در مغزه‌های حاشیه تالابی می‌تواند تحت تاثیر تغییرات سطح تراز تالاب، مهاجرت کانال رودخانه جراحی در سطح بادزن آبرفتی، عوامل و دستکاری‌های انسانی قرار گرفته باشد.

واژه‌های کلیدی: جغرافیای دیرینه، رودخانه جراحی، محیط رسوبی، دشت خوزستان.

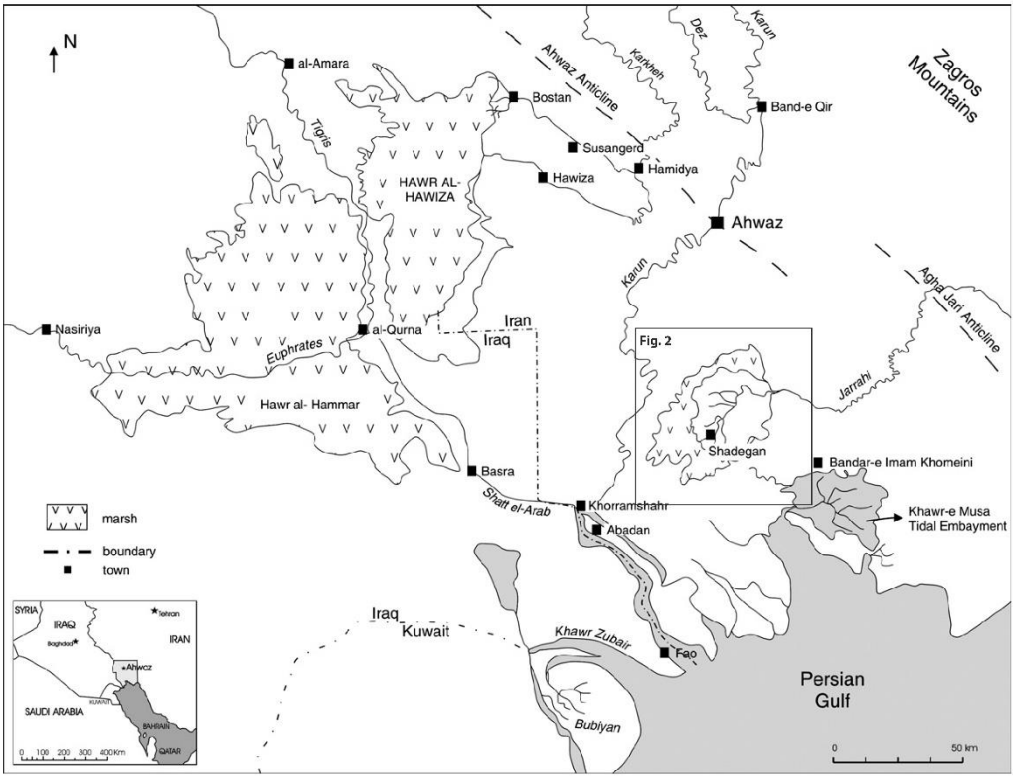
*رایانامهٔ نویسندهٔ مسئول: hamideh.noroozpour@pnu.ac.ir

مقدمه

جنوب دشت خوزستان در قسمت جنوب غربی ایران، قسمت شمال غربی خلیج فارس و در قسمت انتهایی و جنوب شرقی حوضه فورلند بین النهرین واقع شده است. مرز غربی آن به یکی از مهم‌ترین مصب های منطقه خاورمیانه یعنی اروندرود محدود می باشد که آب آن از طریق سه رودخانه دجله، فرات و کارون تامین می‌شود و نزدیکی فاو به خلیج فارس می‌رسد (شکل ۱). زمان آغاز شکل گیری حوضه فورلند بین النهرین به زمان پلیو-پلیوستوسن (کوهزایی زاگرس) و برخورد صفحه عربی به صفحه اروآسیا برمی‌گردد (هاینس و مک کوالان، ۱۹۷۴؛ ویتافنزی، ۱۹۷۹؛ آدلی چارلز و همکاران، ۱۹۸۷). مرز شمالی دشت به تاقدیس مایل شمال غرب- جنوب شرقی اهواز-آغاجاری به سن میوسن تا پیلو-پلیوستوسن محدود می شود (جیمز و ویند، ۱۹۶۵؛ ستوده نیا و پرری، ۱۹۶۶؛ مک لید، ۱۹۶۹). این تاقدیس با تخلیه آب ارتفاعات نسبتا پربارش زاگرس توسط رودخانه های کرخه، کارون و جراحی بریده شده است (شکل ۱). رودخانه کارون با عبور از دشت جنوبی خوزستان در راستای جنوب غربی و در نزدیکی خرمشهر به شط العرب می پیوندد. جریان رودخانه کرخه به تالاب هورالعظیم در شمال غربی دشت منتهی می شود و در جنوب دشت رودخانه جراحی از طریق سیستم بادبزن آبرفتی، تالاب شادگان را تغذیه می کند. تراکم پوشش گیاهی (نیزار) و گسترش این تالاب ها تا حدود زیادی به میزان بارندگی های فصلی وابسته است. در حال حاضر خط ساحلی در دشت جنوبی خوزستان توسط رژیم جزرومدی دوبار در روز (Semi-diurnial) با ارتفاع جزرومدی (Mesotidal) بین ۲-۴ متر شکل گرفته است. میانگین نرخ جزرومد در طول خط ساحلی حدود ۳-۴ متر می باشد که این میزان در منطقه خور موسی به ۵-۶ می رسد (هوپنر، ۱۹۹۹؛ ادمیرالتی، ۲۰۰۵) (شکل ۱). میانگین دامنه جزرومد در خرمشهر که در ۵۰ کیلومتری دهانه اروند واقع شده است به حدود ۱ متر می‌رسد. بدلیل شیب ملایم منطقه ساحلی (پورسر، ۱۹۷۳)، امواج انرژی کمی دارند. خط ساحلی تحت تاثیر جزرومد درحاشیه پهنه بزرگ جزرومدی با عرض بیش از ۱۵ کیلومتر در امتداد فروافتادگی خورموسی گسترش یافته است. منطقه وسیع جزرومدی توسط تالاب ها شور منطقه بالای جزرومدی و سبخاهای ساحلی آواری با پهنه های نمکی محدود می شود. هیچ گونه ورودی آب شیرین بجز در مواقع سیلاب های شدید به منطقه جزرومدی وجود ندارد.

با توجه به شواهد موجود دشت جنوبی خوزستان، رودخانه‌های اروند و کارون در معرض یک پیشروی گسترده دریایی در هولوسن میانی و پایان بوده است که در نتیجه آن خط ساحلی در فاصله زیادی در شمال ساحل امروزی در پاسخ به افزایش سریع سطح تراز آب دریا قرار گرفته و در ادامه یک پیشروی (progradation) دلتا با توجه به تغییرات سطح استاتیک دریا صورت گرفته است (لارسن و اوانس، ۱۹۷۸؛ اوانس، ۱۹۷۹؛ روسکا، ۱۹۸۰؛ یاکوب و همکاران، ۱۹۸۱؛ الاعزاوی، ۱۹۸۶؛ سانلاویله، ۲۰۰۲؛ بالتزر و پورسر، ۱۹۹۰؛ اکراوی، ۲۰۰۱). یک واحد دریایی به سن هولوسن (سازند حمار) در زیر رسوبات رودخانه‌ای توسط هادسون و همکاران در سال ۱۹۵۷ در منطقه جنوب شرقی عراق شناسایی شده است. با این حال هنوز هیچ‌گونه اطلاعات ساده و ابتدایی زمین شناسی برای جنوب خوزستان وجود ندارد. از این رو گسترش جانبی رسوبات دریایی دوره هولوسن در زیر دشت وسیعی به وسعت ۲۸۰۰۰ کیلومتر مربع به اندازه کافی شناخته شده نیست. تنها مورد از شناسایی رسوبات دریایی در جنوب دشت خوزستان توسط توماس (لیز و فاکون، ۱۹۵۲) در شمال بندر امام خمینی، رسوبات دریایی و مصب رودخانه‌ای گزارش شده است (شکل ۱). همچنین در خصوص تاریخچه تغییرات سطح دریا و زمان های پیشروی در جنوب دشت خوزستان مستندات ضعیفی وجود دارد. مطالعه تغییرات محیط های رسوبی در جنوب دشت خوزستان بدلیل وجود مکان های باستانی زیاد چالش برانگیز می باشد. یکی از مهم ترین تمدن های باستانی، مرکز پادشاهی ایلامی ها (۲۷۰۰-۵۳۹ سال قبل) بوده است که امروزه خوزستان نامیده می‌شود. تغییرات در خطوط ساحلی تاثیر عمده‌ای در جابجایی تمدن‌های انسانی از زمان ایلامی‌ها تا

حال حاضر در منطقه خوزستان داشته است. در این مطالعه با بررسی توالی رسوبی هولوسن در دلتای رودخانه جراحی، سعی شده است به بازسازی تحولات محیطی تالاب شادگان پرداخته شود.

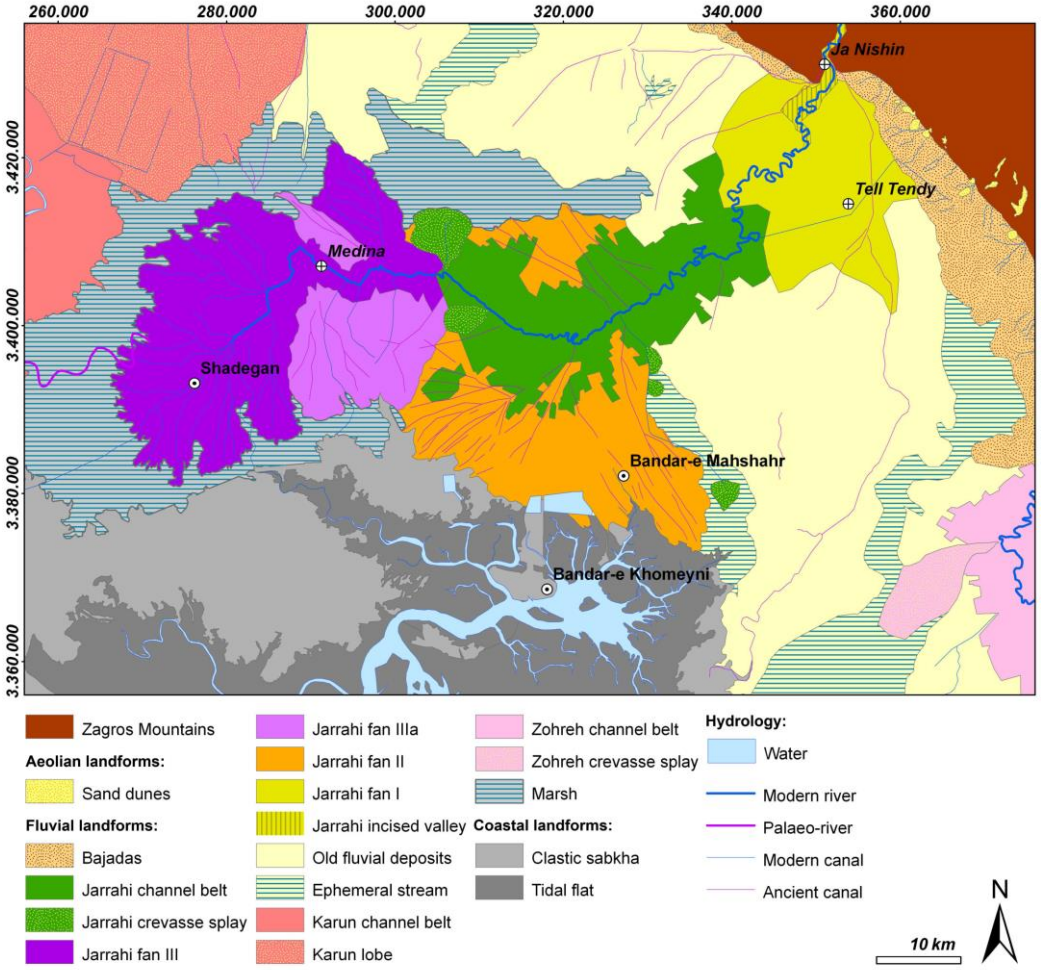


شکل۱: محدوده دشت جنوب خوزستان در جنوب غربی ایران (هیوارت و بیتمن، ۲۰۰۷)

در مدارک و شواهد، شناخت کمی درباره تغییرات سطح آب در خلیج فارس بعد از یخبندان وجود دارد. با توجه به منحنی دالونگه‌ویله و سانلاویله (۱۹۸۷) در رابطه با تغییرات نسبی سطح آب دریا، فرض بر افزایش تدریجی سطح آب در حوضه خلیج فارس از ۱۴۰۰۰ سال قبل به این سو می باشد. افزایش سطح نسبی آب، بین ۹۰۰۰ تا ۶۰۰۰ سال قبل تا حدودی سریع بوده است. سطح بیشینه آب به حداقل ۱ تا ۲ متر بالاتر از سطح امروزی در ۴۳۰۰ سال قبل از میلاد بوده و بدنبال آن افت تدریجی آب تا سطح امروزی اتفاق افتاده است. دالونگه‌ویله و سانلاویله در سال ۱۹۸۷ چهار دوره افزایش تراز (پیشروی)، در طول دوره ۶۰۰۰ تا ۱۰۰۰ سال قبل از میلاد و چهار دوره کاهش تراز (پسروی) در طول ۴۵۰۰ تا ۲۰۰ سال قبل از میلاد شناسایی کرده اند. علاوه بر این، آنها پیشنهاد دادند که حداکثر دامنه تغییر در ۶۰۰۰ تا ۱۰۰۰ سال قبل از میلاد بطور میانگین ۲/۵ تا ۳ متر بوده است. دالونگه‌ویله در سال ۱۹۹۳، سانلاویله در سال ۱۹۸۹ و ۲۰۰۲ و سانلاویله و دالونگه‌ویله در سال ۲۰۰۵ پیشنهاد طرح کلی جدیدی برای تکامل قسمت پایینی بین النهرین بر اساس منحنی RSL ارائه شده در مقالات چاپ شده قبلی دادند. این نویسندگان با تهیه سه نقشه دیرینه جغرافیا، به ترتیب موقعیت خط ساحلی خلیج فارس را در ۴۳۰۰ سال قبل از میلاد، در طول دوره هلنستیک (۲۳۲ سال قبل از میلاد) و دوره قرون وسطا (قرن ۱۰ میلادی) را نشان دادند. سانلاویله در سال ۱۹۸۹ و ۲۰۰۲ و سانلاویله و دالونگه‌ویله در سال ۲۰۰۵ به این نتیجه رسیدند که خط ساحل فرضی خلیج فارس در دوره بعد از یخبندان در ۴۳۰۰ سال قبل از میلاد تا حوالی روستاهای ناصریه و عماره (عراق) و اهواز (ایران، جنوب خوزستان) گسترش داشته است (شکل ۱). در جنوب خوزستان فعلی تاقدیس اهواز مانع پیشروی دریا شده است. این بدان معنی است که

همانطور که در منابع سومری (فالکنستین، ۱۹۵۱؛ جاکوبسن، ۱۹۶۰) مطرح شده، در هزاره سوم قبل از میلاد شهرهای اور و اریدا در عراق در نزدیک خط ساحلی قرار گرفته بودند. سانلاویله در سال ۱۹۸۹ و ۲۰۰۲ و سانلاویله و دالونگه‌ویله در سال ۲۰۰۵ پیشنهاد دادند که بعد از دوره پیشروی بیشینه دریا، تشکیل و پیشروی دلتای دجله، فرات و کارون روی داده است. با این حال اظهار کردند که نمی دانند چه زمانی خلیج فارس به خط تراز فعلی رسیده است. آنان پیشنهاد دادند که خط ساحلی در طول دوره هلنستیک (۳۲۳ سال قبل از میلاد) در جنوب خط ساحل فعلی واقع بوده و RSL در حدود ۱ متر پایین تر از فعلی در منطقه بحرین و فالیکا در کویت نشان داده شده است (دالونگه‌ویله، ۱۹۹۰). هانسمن در سال ۱۹۷۸ حد جنوبی دلتای بین النهرین را بسیار نزدیک به شریط فعلی در دوره هلنستیک در نظر گرفت و همچنین ادعا کرد با استفاده از شواهد متون تاریخی خطوط ساحلی خلیج فارس بعد از دوران هلنستیک تغییری نکرده است. سانلاویله (۲۰۰۲) و سانلاویله و دالونگه‌ویله (۲۰۰۵) ادعا کردند که بعد از دوره هلنستیک خطوط ساحلی ثابت نمانده و پیشنهاد یک بالاآمدگی قرون وسطایی (قرن ۱۰ میلادی) که اشاره به گسترش خلیج تا حدود شهر آبادان فعلی دارند (شکل ۱). همچنین اقدام به رسم یک تالاب گسترده بین بصره و کوفه کردند که بدلیل افزایش آب زیرزمینی تحت تاثیر افزایش سطح آب دریا توسعه یافته بود. اساس کار لی‌استرنج (۱۹۰۵) تعیین محدوده دریا بسمت خشکی در خلیج فارس است. لی‌استرنج توصیف می کند که شهر آبادان در قرن یازدهم بر روی یک جزیره بین مصب کارون و دجله در امتداد ساحل خلیج فارس قرار داشته است، همچنین اقدام به معرفی یک تالاب بسیار بزرگ بین بصره و کوفه می کند.

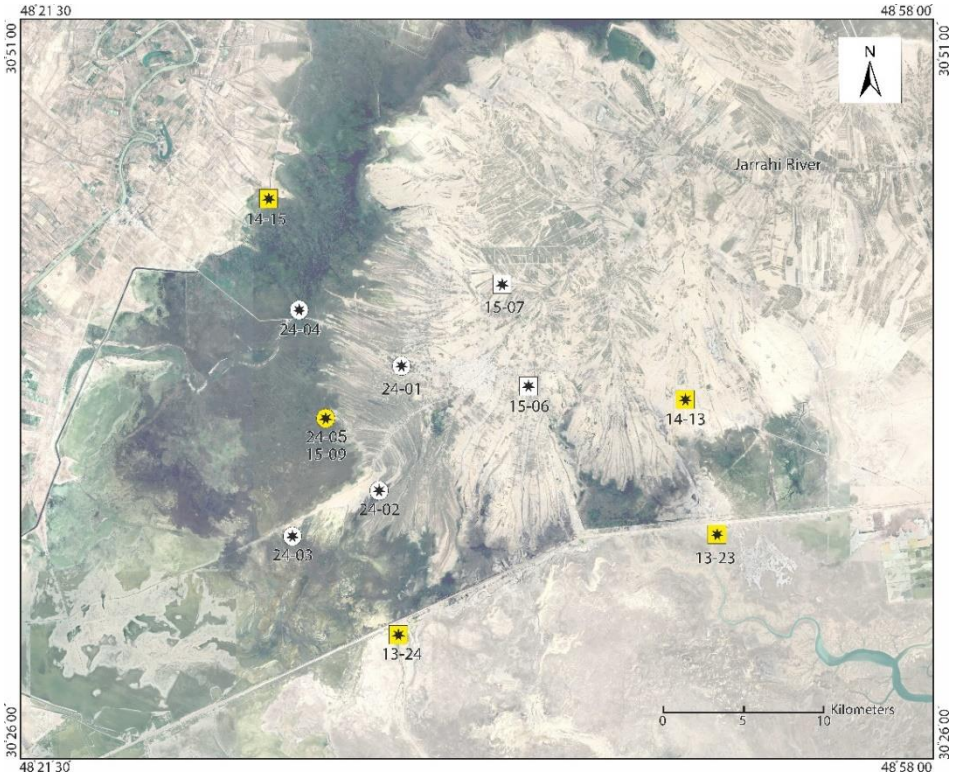
توسعه دلتای رودخانه جراحی همراه با ردپای سیستم‌های آبیاری باستانی در دشت جنوب خوزستان مشخص می‌شوند که به وضوح نشان می‌دهد که کنترل انسان نقش مهمی در توسعه آنها داشته است. سایت‌های باستان‌شناسی بررسی شده در منطقه توسط هانسمن (۱۹۷۸) تخمینی از زمان‌بندی فن‌های مختلف ارائه می‌دهند. آثار آبیاری Fan I احتمالاً مربوط به زمان ساسانیان (حدود ۲۲۱ تا ۶۴۰ میلادی) است. سطح Fan II توسط شبکه‌ای واگرا از کانال‌های بزرگ است که همگی به یک الگوی جناغی مشخص ختم می‌شوند و هیچ مکان باستان‌شناسی را نمی‌توان با این سیستم مرتبط کرد. قدیمی‌ترین بقایای باستان شناسی Fan III (فن امروزی) مربوط به قرن هفدهم تا هجدهم است، در حالی که اولین شواهد تاریخی (تاسیس شهر شادگان در دهه ۱۷۴۰) مربوط به همین زمان است (لایارد، ۱۸۴۶). تجزیه و تحلیل مواد آلی از نهشته های مردابی که در قسمت غربی مخروط افکنه قرار دارند، تاریخ ۱۵۲۰–۱۶۰۰ میلادی را نشان داد (هیوارت و بیتمن، ۲۰۰۷). بنابراین این تاریخ حداکثر سن را برای شروع نهشته‌شدن رسوبات آبرفتی و دلتایی در این مکان را نشان می‌کند. وسعت دلتای امروزی رودخانه جراحی براساس سری تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های ۱۹۶۶، ۱۹۷۵، ۱۹۹۰، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۹ و نقشه توپوگرافی (۱۹۴۱) ترسیم شده است (والسترا و همکاران، ۲۰۱۰) (شکل ۲). در طول حدود هفتاد سال گذشته (۲۰۰۹–۱۹۴۱)، فن به تدریج در هر دو جهت غربی و جنوبی، حدود ۲–۳ کیلومتر گسترش یافته است و افزایش تدریجی سطح دلتای رودخانه جراحی یک روند تقریبا خطی را در طول زمان نشان می‌دهد (والسترا و همکاران، ۲۰۱۰). با تعمیم این روند توسعه دلتا به عقب در واحد زمان، شروع رسوب گذاری Fan III را می توان به سال ۱۶۰۳ پس از میلاد تخمین زد. اگرچه این میزان یک تخمین بسیار خام است، ولی به خوبی با شواهد باستان شناسی، متنی و زمین شناسی مطابقت دارد.



شکل ۲: نقشه ژئومورفولوژی منطقه و نسل‌های مختلف توسعه دلتای رودخانه جراحی و تالاب شادگان (والسترا و همکاران، ۲۰۱۰)

روش مطالعه

به منظور بررسی‌های چینه‌شناسی، تعداد ۱۱ مغزه رسوبی مورد بررسی قرار گرفت. تعداد ۶ مغزه رسوبی از مطالعات انجام‌شده قبلی (بوگمانز و همکاران، ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷) و ۵ مغزه رسوبی توسط نویسندگان در محدوده دلتای جراحی برداشت شده است. همه مغزه‌ها بصورت دستی با مغزه گیر اوگر و نمونه برداری در طول یک دوره فیلد انجام شد (شکل ۳). مغزه گیری توسط اوگر Gouge جهت بدست آوردن مغزه های دست نخورده و مستمر بین ۵ تا ۱۰ متر زیر زمین انجام گرفت. مته مارپیچ جهت نفوذ در لایه های خاک رس فشرده مورد استفاده قرار گرفت و مکان دقیق گمانه توسط جی‌پی‌اس ثبت شد. توصیف مغزه‌ها و رخنمون ها از لحاظ رسوب‌شناسی، ساخت‌های رسوبی، میکروفاسیس، شناسایی فاسیس‌های اولیه در فیلد انجام گرفت. نمونه‌های برداشت‌شده جهت انجام آنالیزهای آزمایشگاهی با مشاهده تغییر در رنگ، بافت و رسوب‌شناسی برداشت شد. تفسیرهای بیشتر و دقیق‌تر از محیط‌ها و زیرمحیط‌های رسوبی با ادغام رسوب‌شناسی و تجزیه و تحلیل‌های دیرینه زیستی (روزن‌داران و دیاتومه‌ها) انجام شد. بازسازی توزیع فضایی محیط‌های مختلف رسوبی و جابجایی و تبدیل آنها به یکدیگر، براساس داده های مقاطع رسوبی در منطقه دلتای جوان رودخانه جراحی انجام گرفت (شکل ۳).



شکل ۳:موقعیت مغزه‌های مورد مطالعه، علامت زردرنگ نشان‌دهنده مغزه‌های دارای سن‌سنجی، علامت مربع نشان‌دهنده مغزه‌های برداشت‌شده قبلی (بوگمانز و همکاران، ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷) و علامت دایره مغزه‌های برداشت‌شده در این مطالعه

یافته‌های تحقیق

سن‌سنجی

سن‌سنجی به روش رادیوکربن از مواد آلی، (جدول ۱) و ارائه در یک چهارچوب زمانی برای بازسازی دیرینه جغرافیا انجام شده و داده‌های زمانی با محدوده خطای ۲ سیگما کالیبره شده است (بوگمانز و همکاران، ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷). جهت کالیبره کردن سن نمونه‌ها از نرم افزار کالیبره Oxcal 3.1 و INTCAL13 (برونک رامسی، ۱۹۹۵، ۲۰۰۱؛ ریمیر و همکاران، ۲۰۱۳) و فقط از نمونه‌های بالک برای انجام سن‌سنجی استفاده شده است. این نمونه‌ها شامل مواد آلی عمدتا در زمینه‌ی سیلتی و رسی می‌باشد. سن‌های اندازه‌گیری شده به روش رادیوکربن از نمونه های بالک ممکن است پتانسیل ایجاد خطا را در نتیجه اشتباه در سن‌های پیر و جوان داشته باشد (موک و ستورمن، ۱۹۸۳؛ تورنکویست و همکاران، ۱۹۹۲)، که بدلیل شرایط آب و هوایی نیمه‌خشک، رشد محدود پوشش گیاهی و شرایط نامناسب حفظ و نگهداری از مواد آلی به لحاظ محیط بشدت تحت تاثیر اکسیدان و عدم دسترسی به سن پوسته های صدفی به نتایج سن سنجی مواد آلی بالک اکتفا شده است.

جدول ۱: داده های سن رادیو کربن و سن کالیبره شده (بوگمانز و همکاران، ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷)

Core no.	Laboratory code	Material	Depth (m.s.l.)	Age (BP)	Calibrated age (BP)
13/23	RICH-20357	Organic matter	+2.5	4292±33	4820-4970
13/24	RICH-20358	Organic matter (plant remnants)	-5.52	7222±36	7960-8160
14/13	RICH-21187	Organic matter	+5.2	588±32	530-660
14/15	RICH-21190	Organic matter (condensed amorphic)	+1.60	879±32	720-920
14/15	RICH-21191	Organic matter (condensed amorphic)	-4.48	7618±42	8360-8520
15/09	RICH-20357	Organic matter	+2.50	4292±33	4820-4970

رخساره‌ها و محیط‌های رسوبی

در ۱۱ مغزه مورد مطالعه، تیپ رسوبات بستر تالاب شادگان و دلتای جوان رودخانه جراحی شامل رس‌سیلتی، رس، ماسه، گل ماسه ای و ماسه گلی و رسوبات گراولی و گراول دار بوده که توسط بقایای گیاهی و جانوری همراهی می شود که در بیشتر موارد تناوب و تداخل در رسوبات ذکر شده به کرات دیده شد (شکل ۴). تغییر در اندازه رسوبات با توجه به تغییرات نوع فرآیند، انرژی محیط و میزان ورودی رودخانه‌ها می‌باشد و تغییر رنگ رسوبات با توجه به شرایط رسوبگذاری، حضور ماده آلی، میزان pH، تغییرات شوری و دما و وقوع خشکسالی‌ها، در طول مغزه‌ها است (جلیلیان و همکاران، ۲۰۲۲). رخساره‌های رسوبی منعکس‌کننده شرایط فیزیکی و شمیایی محیط‌های رسوبی می‌باشد. در مغزه‌های مورد مطالعه سه واحد رسوبی براساس رنگ، بافت، محتوای ماکروفسیل، بقایای پوشش گیاهی و بلورهای ژیپس و موقعیت چینه‌شناسی، شناسایی شد و رسوبات متعلق به این سه واحد بعنوان محیط‌های رسوبی: رودخانه‌ای، تالاب لب شور و آب شیرین و پهنه ساحلی و محیط جزرومدی تفسیر شد.

محیط رودخانه‌ای: این رسوبات از رس سیلتی و سیلت رسی بسیار فشرده با رنگ قهوه ای متمایل به قرمز تشکیل شده است. رنگ و سفتی رس نشان دهنده در معرض هوا قرار گرفتن می باشد (بیتمن، ۱۹۹۴). ریشه های گیاهی، بلورهای نمک، لکه های اکسیدان بصورت پراکنده و پوسته نرم تنان (Corbicula sp., Melanoids sp. and Melanopsis sp.) فراوان هستند. در برخی موارد با لایه های ماسه سیلتی و ماسه ای مشخص می شود. رسوبات محیط به عنوان رسوبات رودخانه ای شامل رسوبات ماسه ای به سیلتی مربوط به کانال ها و رسوبات کروس– اسپلی و همچنین رسوبات گلی تا سیلتی دشت سیلابی تفسیر شد.

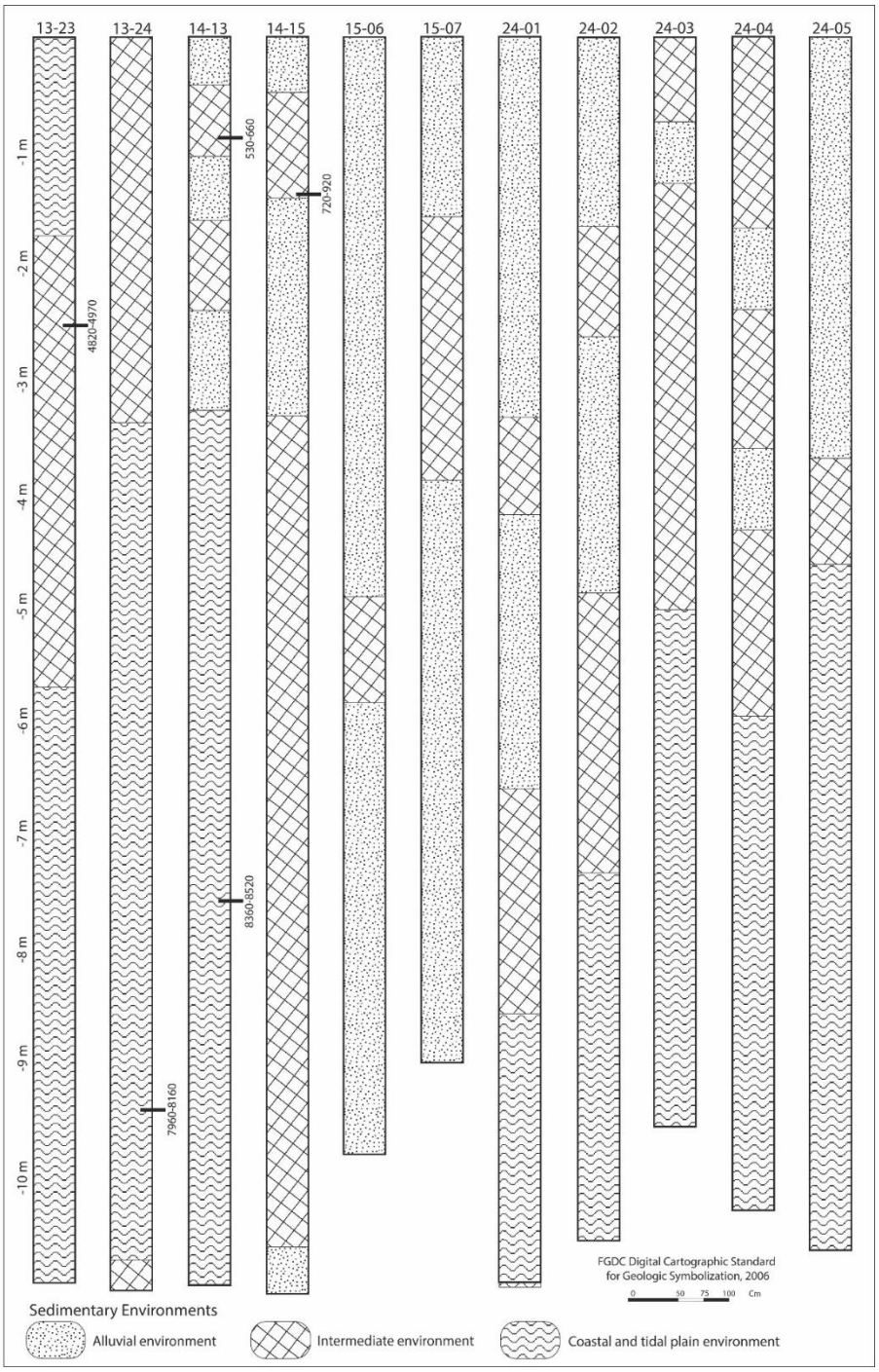
محیط تالاب لب شور و آب شیرین: رسوبات این محیط شامل رس سیلتی آبی تا آبی متمایل به سبز با بقایای گیاهی و پوسته متعددی از نرم تنان (Corbicula sp., Melanoids sp. and Melanopsis sp.) تشکیل شده است. رسوبات دارای ساختار چسبنده و از یکپارچگی فیزیکی برخوردار می باشند. رنگ سبز نشان دهنده حضور پیریت می باشد. آهن با منشا کانی های آواری آهن که توسط رودخانه حمل شده اند. این وضعیت با تشکیل ماده آلی همزمان می باشد که نشان دهنده ایجاد شرایط احیایی و تثبیت این وضعیت با رسوبگذاری می باشد. آهن از مواد قاره‌ای منتشر می‌شود و براحتی بصورت آهن محلول بشکل پیریت دردسترس قرار می گیرد (اینسله، ۱۹۹۲). این رسوبات در یک محیط تالابی لب شور و آب شیرین برجای گذاشته شده و احتمالا دارای آب کم عمق بوده است.

محیط پهنه ساحلی و محیط جزرومدی: رسوبات این محیط رسوبی شبیه رس سیلتی توده ای با تناوب رس نرم با لایه های فشرده رسی سیلتی به نظر می‌رسد. آثار حرکتی موجودات وجود ندارد و لامینه های موازی در رس سیلتی قرمز قهوه‌ای بخوبی حفظ شده است. به سمت قسمت های بالاتر این واحد، بلور های ژیس و نمک در داخل رس بسیار فشرده ایجاد شده است. تغییر شکل و گسستگی لامینه های میلی متری بدلیل تبلور تبخیری ها در قسمت های بالایی بسیار شایع است. محیط تشکیل این رسوبات مناطق بالای جزرومدی تا قسمت سوپراتایدال و سبخای ساحلی

آواری است. محیط سبخای ساحلی با رسوبات آواری در اثر ایجاد بلورهای ژیپس در قسمت بالایی پهنه جزومدی بدلیل شدت بالای تبخیر در فاصله زمانی بین وقوع دوسیل متوالی و افزایش میزان شوری آب در حفره های بینابینی ایجاد می شود.

بخش دیگری از رسوبات قابل مشاهده شامل گل یا رس سیلتی نرم اشباع از آب با رنگ آبی متمایل به خاکستری با ته رنگی از قهوه‌ای مشخص است. رنگ آبی متمایل به خاکستری نشان دهنده شرایط کمی احیایی می باشد. بقایای گیاهی گاهی اوقات وجود دارد ولی آشفتگی زیستی مشاهده نمی شود. این واحد گاهی اوقات لامینه های نازکی از رنگ آبی، رس قهوه ای متمایل به خاکستری قابل مشاهده است. لامینه هایی از سیلت و ماسه خیلی ریز بصورت متناوب با فواصل نامنظم با ضخامت ۱ تا ۳ سانتی متر در زمینه رسی با تغییر تدریجی به گل نرم اشباع از آب وجود دارد. با توجه به رخساره های رسوبی رسوبات این واحد نشاندهنده یک پهنه گلی با انرژی جزرومدی پایین می باشد. لامینه ها را می توان بعنوان کانال های جزرومدی در یک محیط زیر پهنه جزرومدی در نظر گرفت. گل از تعلیق طولانی آب در شرایط ارام ته نشین می‌شود در حالی که لامینه های متناوب سیلتی و ماسه ریز از طریق جریان های جزرومدی نهشته می‌شود.

در منطقه جنوب دشت خوزستان و نزدیک به فروافتادگی جزرومدی خورموسی، منطقه متشکل از سیستم بادزن آبرفتی رودخانه جراحی و تالاب های آب شیرین– لب شور اطراف آن با ارتفاع ۵+ تا ۸+ متر از سطح دریای آزاد وجود دارد (شکل ۱). از تعداد ۱۱ مغزه‌ی برداشت شده، مغزه‌های ۱۵–۱۴، ۰۶–۱۵ و ۰۷–۱۵ با توجه به اینکه در بخش میانی بادزن آبرفتی قرار گرفته‌اند (شکل ۳)، امکان حفاری و عبور از رس فشرده و ضخیم مربوط به رسوبات آبرفتی برای رسیدن به رسوبات ساحلی فراهم نشد. بخش پایین توالی رسوبی در مغزه‌های دیگر، رسوبات غالبا ماسه ای با تناوب لامینه های مورب از سیلت ماسه ای و رس سیلتی نرم به رنگ خاکستری با ضخامت متفاوت وابسته به موقعیت مغزه برداشت شده در برخی مغزه ها (۱۳–۱۴) به حدود ۷ متر نیز می رسد. این بخش نمایشی از رخساره های معمول یک توالی رسوبی جزرومدی است که توسط رس سیلتی نرم خاکستری متمایل به قهوه ای با روکش ظریفی از سیلت در سطح پوشیده شده است. در برخی قسمت ها وجود رسوبات رسی نرم قهوه ای حاوی بلورهای تیغه ای ژیپس شواهدی از محیط پهنه های بالای جزرومدی (سبخا) را تداعی می کند. رسوبات پهنه های جزرومدی با رس سیلتی آبی متمایل به سبز با بقایای گیاهی و پوسته های صدفی آب شیرین پوشیده شده است. این رسوبات که نشان دهنده محیط تالابی آب شیرین–لب شور است، با یک رس خاکستری با منشا رودخانه ای پوشیده شده است. در غالب مغزه های مورد مطالعه در بخش بالایی توالی رسوبی رسوبات غالبا دانه ریز (رس و گل) خاکستری تا قهوه ای همگن قابل مشاهده است که در آن لکه های اکسیدشده و محدوده های ماسه ای و ترد با رنگ قرمز تا قهوه‌ای و محدوده های با رس نرم بچشم می خورد. ترکیب رسوبات ذکر شده نشان دهنده نهشت رسوبات در یک محیط رودخانه ای است. طبق گزارش هیوارت و بیتمن (۲۰۰۷) یک افق مواد آلی در بخش پایینی رسوبات آبرفتی و سطح رسوبات تالابی سنی حدود ۴۳۰–۳۵۰ سال قبل داده است. بنظر می رسد این تاریخ حداقل قدمت برای تشکیل سیستم بادزن آبرفتی رودخانه جراحی است.



شکل ٤: ستون چینه‌شناسی، محیط‌های رسوبگذاری در مغزه های برداشت شده از دلتای جوان رودخانه جراحی و تالاب شادگان. محیط های رسوبی تفکیک شده حاصل از مطالعه رسوب شناسی و رخساره های رسوبی، شامل محیط آبرفتی، محیط های دشت ساحلی و محیط جزرومدی و محیط حدواسط (محیط تالاب لب شور و آب شیرین) است.

نتایج و بحث

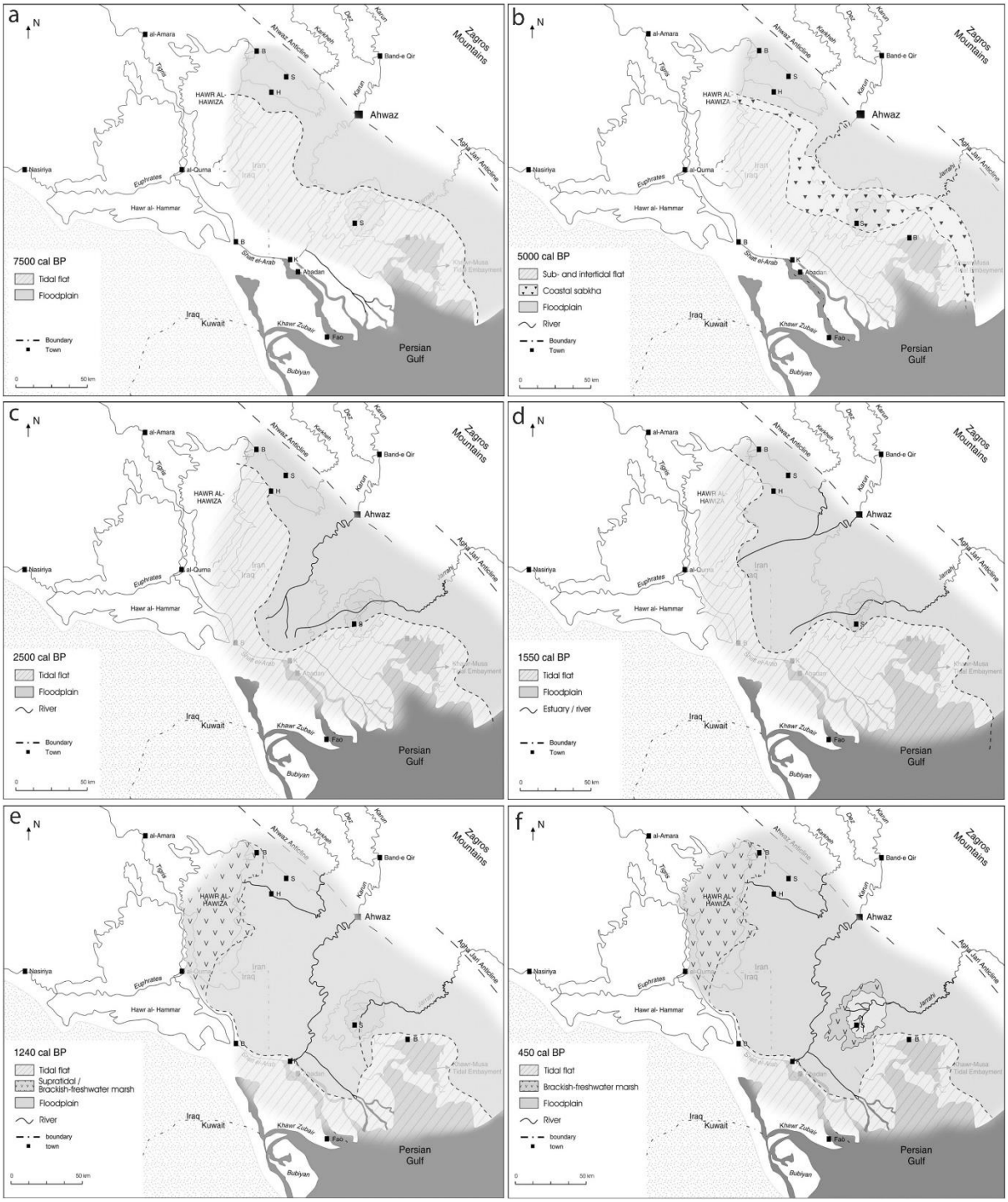
تجزیه و تحلیل رخساره ها و تفسیر محیط رسوبی

توسعه یک دشت ساحلی تابع عوامل مانند، نرخ بالامدگی سطح دریا، نرخ رسوبگذاری و مورفولوژی سطوحی تحت تاثیر آب است (بیتس و واندر اسپک، ۲۰۰۰؛ بیتمن، ۱۹۹۸). با ۶ نمونه سن‌سنجی شده موجود، هر تلاشی برای شرح تکامل دیرینه جغرافیایی دشت جنوب خوزستان با تکیه بر فرضیه‌هایی محدود می‌شود که بین نمونه‌های سن‌سنجی شده از طریق دو عامل زمان و فضا استفاده می‌شود. کمبود داده‌های سن‌سنجی و تعداد مغزه‌های برداشت‌شده نسبت به وسعت منطقه، کار را برای تعیین زمان و میزان گسترش محیط‌ها، حتی بصورت کلی دچار مشکل می‌کند. بنابراین بازسازی ارائه شده در این پژوهش، باید به عنوان یک طرح گسترده در یک مقیاس تکاملی بزرگ در نظر گرفته شود. همان‌طور که در بالا ذکر شد، پیش نیاز بازسازی جغرافیای دیرینه در طول هولوسن یک مدل قابل اعتماد از ژئوموفولوژی منطقه در زمان پیشروی (Pre-transgressive) است. در این راستا شناخت موقعیت و مورفولوژی کانال رودخانه‌ها و الگوی زهکشی آن‌ها ضروری بنظر می‌رسد. زیرا در زمان بالا آمدن سطح تراز آب دریا در طول هولوسن، از طریق همین کانال‌ها دریا شروع به پیشروی می‌کند. آثار سطوح پیشروی (Pre-transgressive) تا حدود زیادی با افت سطح آب در طول پلیستوسن پایانی تشکیل شده است (هیوارت و بیتمن، ۲۰۰۷).

روش مورد استفاده برای بازسازی جغرافیای دیرینه در این پژوهش، استفاده از مغزه‌های رسوبی و ارتباط رسوب‌شناسی و رخساره‌های رسوبی در مغزه‌های برداشت شده جهت بازسازی محیط‌های رسوبی گذشته می‌باشد. تغییرات در محیط‌های رسوبی در مکان‌های مختلف در طول زمان، انعکاسی از تغییرات در محیط رسوبی، محدوده مصب رودخانه‌ها، خطوط ساحلی و تعادل بین آب شیرین و آب دریا است. در این پژوهش تخمین زمان با استفاده از ۶ نمونه سن‌سنجی استنباط شده است و تحکیم و تراکم رسوبات در تحلیل ها در نظر گرفته نشده است. توالی رسوبات در حدود ۴ متر ابتدایی از سطح عموما از رس بسیار فشرده آبرفتی تشکیل شده است. این رسوبات گلی بلافاصله پس از رسوبگذاری بدلیل تبخیر بالا در منطقه تثبیت شده است. از این رو می‌توان از تراکم رسوبات حین مغزه‌گیری بجز بخش پایینی توالی رسوبی که متشکل از رسوبات جزرومدی و تالابی اشباع از آب است، تا حد زیادی چشم پوشی کرد.

براساس مدل زمانی –رسوبی ارائه شده حاصل از بازسازی کانال‌های قدیمی رودخانه‌های کارون، کرخه و جراحی، خلیج فارس در حدود ۸۰۰۰ سال پیش تا حداقل ۸۰ کیلومتری شمال خط ساحل فعلی بسمت خشکی گسترش داشته است. با توجه به نرخ زیاد بالا آمدگی سطح آب در حدود ۷۰۰۰ سال پیش، منطقه بسرعت زیر آب رفته و محیط های جزرومدی به سمت خشکی جابجا شده اند. در زمان مذکور، منطقه خورموسی با توجه به بالابودن سطح آب زیرزمینی، نفوذ آب دریا به بخش ساحلی و میزان تبخیر کم، احتمالا تالاب پوشیده از نیزارهای وسیع بوده است. ولی با این حال زمان کافی برای تشکیل مواد آلی (پیت) نبوده است. وجود نشانه هایی از فازهای مختلف رسوبگذاری در جزرومدهای بالا و رشد گیاهان، از نرخ بالای رسوبات ساحلی و افزایش سریع سطح تراز حکایت دارد. اکراوی (۲۰۰۱) پیشنهاد می کند که سطح تراز آب دریا از حدود ۵۵۰۰ سال قبل به بعد کاهش یافته است و همزمان با ایجاد شرایط خشک اجازه گسترش عرضی به سبخاهای ساحلی داده و آبرفت گذاری در حالی که خط ساحلی تقریبا ثابت بوده انجام شده است. کاهش سطح تراز آب تا پیشروی خط ساحلی در حدود ۲۵۰۰ سال قبل ادامه داشته است. وجود لامینه های نازک از رس فشرده‌ی قرمز تا قهوه‌ای رنگ، عدم وجود آثار بیولوژیکی و فراوانی کانی‌های تبخیری، نشان دهنده رسوبگذاری در یک محیط بالای جزرومدی و سوپراتایدال با تبخیر بالا اتفاق افتاده است. ورود حجم بالای رسوبات آواری از طریق رودخانه‌های منتهی به دشت با غلبه بر تغییرات سطح تراز آب دریا، با توسعه بادزن آبرفتی رودخانه کارون و جراحی در بخش جنوبی دشت خوزستان بوده است. از ۲۵۰۰ تا ۱۲۴۰ سال پیش مهاجرت کانال رودخانه کارون بر روی بادزن

آبرفتی بزرگ به سمت شمال در بخش جنوبی دشت خوزستان رخ داده است. در بین سال های حدود ۱۲۴۰ تا ۱۰۰۰ سال قبل، کارون موقعیت امروزی را حفر کرده و شروع به کنترل پیشروی خط ساحلی در بخش جنوبی دشت نموده است و در حدود ۴۵۰ سال قبل در بخش جنوبی دشت، یک تالاب آب شیرین– لب شور شروع به گسترش در اطراف بادزن آبرفتی رودخانه جراحی کرده است (هیوارت و بیتمن، ۲۰۰۷). لازم به ذکر است قدمت توالی رسوبات بستر تالاب در بخش‌های مختلف یکسان نیست و با توجه به مسیر رودخانه جراحی بخش‌هایی تحت تاثیر رسوبات جوان آبرفتی قرار گرفته است (شکل ۵).



شکل ٦: بازسازی محیط های رسوبی جنوب دشت خوزستان، a: حدود ۷۵۰۰ سال قبل، b: حدود ۵۰۰۰ سال قبل، c: حدود ۲۵۰۰ سال قبل، d: حدود ۱۵۵۰ سال قبل، e: حدود ۱۲٤۰ سال قبل، f: حدود ٤۵۰ سال قبل (هیوارت و بیتمن، ۲۰۰۷).

براساس تغییرات رخساره‌ای و رسوب‌شناسی در طول توالی مغزه‌های برداشت‌شده، منطقه تالاب شادگان در گذشته تحت تاثیر فرایندهای دریایی بوده است. مغزه‌های برداشت‌شده در بخش‌های بالادست بادزن آبرفتی (مغزه‌های ۰۶–۱۵، ۱۵–۰۷، ۲۴–۰۱) و مغزه‌های حاشیه شمالی تالاب شادگان (مغزه ۱۵–۱۴) نشان‌دهنده محیط آبرفتی تحت تاثیر رودخانه جراحی و محیط تالابی بعد از قطع ارتباط به خلیج فارس است. وضعیت تالابی در مغزه ۱۵–۱۴ از عمق ۳/۵

تا ۱۰/۵ متر به عنوان بیشینه شرایط پایدار در شمال تالاب شادگان برقرار بوده است. بنظر می‌رسد از عمق حدود ۳/۵ متر به بعد با تثبیت موقعیت امروزی کانال رودخانه کارون در حدود سال‌های ۱۲۴۰ تا ۱۰۰۰ سال قبل، رودخانه کارون موقعیت امروزی را حفر کرده و شروع به کنترل میزان پیشروی خط ساحلی در بخش جنوبی دشت نموده است.

از عمق ۳ تا ۵ متر براساس موقعیت مغزه، غالبا منطقه مورد مطالعه تحت تسلط رسوبات رودخانه‌ای و تالابی قرار گرفته است. این موضوع نشان دهنده قطع ارتباط منطقه با خلیج فارس بغیر از بخش جنوبی بادزن آبرفتی رودخانه جراحی در محل مغزه‌های (۱۳-۲۴، ۱۳-۲۳ و ۱۴-۱۳) در منطقه است. با پیشروی بادزن آبرفتی رودخانه جراحی از شرق به سوی غرب، تغییرات محیطی از رسوبات پهنه ساحلی و جزرومدی به تالابی و سپس در بخش فوقانی مغزه‌ها رسوبات آبرفتی نمایان می شود. وجود تناوت رسوبات آبرفتی و تالابی در مغزه‌های حاشیه تالابی مانند مغزه‌های ۱۵-۱۴، ۲۴-۰۴، ۲۴-۰۳، ۲۴-۰۲ و ۱۳-۱۴ می‌تواند تحت تاثیر تغییرات سطح تراز تالاب، مهاجرت کانال رودخانه جراحی در سطح بادزن آبرفتی، عوامل و دستکاری‌های انسانی قرار گرفته باشد.

در مغزه ۱۵-۱۴ در حدود ۸۰۰ سال پیش تحولات محیطی، شرایط تالابی را در شمال تالاب شادگان رقم زده است. به نظر میرسد، بعد از یک دوره طولانی ورود حجم بالایی از رسوبات توسط رودخانه کارون در بخش شمالی مغزه مورد نظر با تثبیت موقعیت کانال رودخانه کارون و احتمالا پیشروی سطح تالاب محیط رسوبی تالابی در محل مغزه ۱۴-۱۵ برقرار شده است. این در حالی است که تحولات محیط رسوبی در محل مغزه ۱۳-۱۴ بیش از سایر مغزه ها بوده است. به این صورت که در حدود ۸۰۰۰ سال پیش محیط‌های ساحلی و جزرومدی در شمال خور دورق فعال بوده اند. این شرایط تا حدود عمق ۳ متر بقرار بوده است که از عمق ۳ متر به بعد تحولات محیطی آبرفتی و تالابی به تناوب روی داده است. آخرین شرایط تالابی در محل مغزه ۱۳-۱۴ در حدود ۶۰۰ سال پیش بوده است که بعد از مدت کوتاهی با ورود حجم بالای رسوبات آبرفتی مغزه مورد نظر از رسوبات آبرفتی پوشیده شده است. با پیشروی بادزن آبرفتی رودخانه جراحی به سمت غرب بخش هایی تالابی امروزی با رسوبات آبرفتی پوشیده خواهد شد. مغزه هایی که بر روی بادزن آبرفتی قرار گرفته اند (۰۶-۱۵ و ۰۷-۱۵)، توالی غالبا آبرفتی و بصورت محدود تالابی را نشان می دهند. احتمالا با توجه به شیب عمومی منطقه مغزه ۰۶-۱۵ نسبت به مغزه ۰۷-۱۵ زودتر توسط رسوبات آبرفتی پوشیده شده است. با توجه به بررسی‌های انجام گرفته بخش‌های مختلف بادزن آبرفتی بطور غیر قابل پیش بینی و بدون نظم تحت تاثیر رسوبات آبرفتی قرار گرفته است که احتمالا تحت تاثیر ترکیبی از عوامل طبیعی و انسانی بوده است.

نتیجه‌گیری

در ۱۱ مغزه مورد مطالعه، تیپ رسوبات بستر تالاب شادگان و دلتای جوان رودخانه جراحی شامل رس‌سیلتی، رس، ماسه، گل ماسه ای و ماسه گلی و رسوبات گراولی و گراول دار بوده که توسط بقایای گیاهی و جانوری همراهی می شود که در بیشتر موارد تناوب و تداخل در رسوبات ذکر شده به کرات دیده شد. در مغزه‌های مورد مطالعه سه واحد رسوبی براساس رنگ، بافت، محتوای ماکروفسیل، بقایای پوشش گیاهی و بلورهای ژیپس و موقعیت چینه‌شناسی، شناسایی شد و رسوبات متعلق به این سه واحد بعنوان محیط‌های رسوبی: رودخانه‌ای، تالاب لب شور و آب شیرین و پهنه ساحلی و محیط جزرومدی تفسیر شد.). با ۶ نمونه سن‌سنجی شده موجود، هر تلاشی برای شرح تکامل دیرینه جغرافیایی دشت جنوب خوزستان با تکیه بر فرضیه‌هایی محدود می‌شود که بین نمونه‌های سن‌سنجی شده از طریق دو عامل زمان و فضا استفاده می‌شود. کمبود داده‌های سن‌سنجی و تعداد مغزه‌های برداشت‌شده نسبت به وسعت منطقه، کار را برای تعیین زمان و میزان گسترش محیط‌ها، حتی بصورت کلی دچار مشکل می‌کند. بنابراین بازسازی ارائه شده در این پژوهش، باید به عنوان یک طرح گسترده در یک مقیاس تکاملی بزرگ در نظر گرفته شود. براساس

مغزه های برداشت شده در طول هولوسن پیشین و میانی، جنوب دشت خوزستان یک فروافتادگی جزرومدی با انرژی پایین تحت تاثیر شرایط مصب رودخانه بوده است. بنظر می‌رسد با تثبیت موقعیت امروزی کانال رودخانه کارون در حدود سال‌های ۱۲۴۰ تا ۱۰۰۰ سال قبل، رودخانه کارون موقعیت امروزی را حفر کرده و شروع به کنترل میزان پیشروی خط ساحلی در بخش جنوبی دشت نموده است. با پیشروی بادزن آبرفتی رودخانه جراحی از شرق به سوی غرب، تغییرات محیطی از رسوبات پهنه ساحلی و جزرومدی به تالابی و سپس در بخش فوقانی مغزه‌ها رسوبات آبرفتی نمایان می شود. وجود تناوت رسوبات آبرفتی و تالابی در مغزه‌های حاشیه تالابی می‌تواند تحت تاثیر تغییرات سطح تراز تالاب، مهاجرت کانال رودخانه جراحی در سطح بادزن آبرفتی، عوامل و دستکاری‌های انسانی قرار گرفته باشد که بخش‌های مختلف بادزن آبرفتی بطور غیر قابل پیش بینی و بدون نظم تحت تاثیر رسوبات آبرفتی قرار گرفته است.

منابع

Admiralty Tide Tables, Volume 3, 2005. Indian Ocean and South China Sea, United Kingdom Hydrographic Office, 2004, Taunton, Somerset, UK.

Al-Azzawi, M., 1986. La sédimentation actuelle sur la plaine de la basse Mésopotamie, Irak, Unpublished PhD Thesis, University of Paris, Orsay.

Aqrawi, A.A.M., 1993. Recent sediments of the Tigris–Euphrates delta: the southern marshlands (Ahwar), Unpublished PhD Thesis, University of London, Imperial College of Science, Technology and Medicine, UK.

Aqrawi, A.A.M., 1995. Correction of Holocene sedimentation rates for mechanical compaction: the Tigris–Euphrates delta, lower Mesopotamia. Mar. Petrol. Geol. 12, 409–416.

Aqrawi, A.A.M., 2001. Stratigraphic signatures of climate change during the Holocene evolution of the Tigris–Euphrates delta, lower Mesopotama. Glob. Planet. Change 28, 267–283.

Aqrawi, A.A.M., Evans, G., 1994. Sedimentation in lakes and marshes (Ahwar) of the Tigris–Euphrates delta, southern Mesopotamia. Sedimentology 41, 755–776.

Baeteman, C., 1994. Subsidence in coastal lowlands due to groundwater withdrawal: the geological approach. J. Coast. Res. Special Issue 12, 61–75.

Baeteman, C., 1998. Factors controlling the depositional history of estuarine infill during the Holocene. Actas do 1° Simposio Interdisciplinar de Processos Estuarinos, Universidado do Algarve, Faro.

Beets, D.J., van der Spek, A.J.F., 2000. The Holocene evolution of the barrier and the back-barrier basins of Belgium and the Netherlands as a function of late Weichselian morphology, relative sea-level rise and sediment supply. Geol. Mijnb. Neth. J. Geosci. 79, 3–16.

Bogemans F, Boudin M, Janssens R, Baeteman C (2017) New data on the sedimentary processes and timing of the initial inundation of Lower Khuzestan (SW Iran) by the Persian Gulf. The Holocene, 27: 613-620. https://doi.org/10.1177/0959683616670224

Bogemans F, Boudin M, Janssens R, Baeteman C (2016) New data on the sedimentary processes and timing of the initial inundation of Lower Khuzestan (SW Iran) by the Persian Gulf. The Holocene. 27(4): 613–620. https://doi.org/10.1177/0959683616670224

Dalongeville, R., 1990. Présentation physique générale de l'île de Failaka. In: Calvet,Y., Gachet, J. (Eds.), Failaka. Fouilles françaises 1986–1988. Traveaux de la Maison Orient, Lyon, pp. 23–40.

Dalongeville, R., Sanlaville, P., 1987. Confrontations des datations isotopiques aux données géomorphologique et archéologiques à propos des variations relatives du niveau marin sur la rive arabe du

Dalongeville, R., Bernier, P., Dupuis, B., 1993. Les variations récentes de la ligne de rivage dans le Golfe Persique. Bulletin de l'Institut Geologique du Bassin d'Aquitaine, 179–192.

Einsele, G., 1992. Sedimentary Basins. Evolution, Facies, and Sediment Budget. Springer Verlag, Berlin.

Evans, G., 1979. The development of the Mesopotamian delta, comments. Geogr. J. 145, 529–531.

Falkenstein, A., 1951. Die Eridu Hymme. Sumer 7, 198–203.

Hansman, J.F., 1978. The Mesopotamian delta in the first millennium. Geogr. J. 144, 49–61.

Haynes, S.J., McQuillan, H., 1974. Evolution of the Zagros suture zone. Geol. Soc. Amer. Bull. 85, 739–744.

Heyvaert, V.M.A., Baeteman, C., 2007. Holocene sedimentary evolution and palaeocoastlines of the Lower Khuzestan plain (southwest Iran). Mar. Geol. 242,83e108

Höpner, T., 1999. Intertidal treasure Khowr-e Mussa — unraised. Wadden Sea Newsl. 1, 3–5.

Hudson, R.G.S., Eames, F.E., Wilkins, G.L., 1957. The fauna of some recent marine deposits near Basrah, Iraq. Geol. Mag. 94, 393–401.

Jacobsen, T., 1960. The waters of Ur. Iraq 22, 174–185.

James, G.A., Wynd, J.G., 1965. Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol. 49, 2182–2245.

Larsen, C.E., 1975. The Mesopotamian delta region: a reconsideration of Lees and Falcon. J. Am. Orient. Soc. 95, 43–57.

Larsen, C.E., Evans, G., 1978. The Holocene geological history of the Tigris–Euphrates–Karun delta. In: Price, W.C. (Ed.), The

Mook, W.G., Steurman, H.J., 1983. Physical and chemical aspects of radiocarbon dating. Proceedings of the First International Symposium 14C and Archeology. Groningen, 1981, PACT, vol. 8, pp. 31–55.

Purser, B.H., 1973. The Persian Gulf, Holocene Carbonate Sedimentation and Diagenesis in a Shallow Epicontinental Sea. Springer Verlag, Berlin.

Sanlaville, P., 1989. Considération sur l'évolution de la basse Mésopotamie au cours des derniers millénaires. Paléorient 15, 5–27.

Sanlaville, P., 2002. The deltaic complex of the lower Mesopotamian plain and its evolution through millennia. In: Nicholson, E., Clark, P. (Eds.), The Iraqi Marshlands. Politico's Publishing, London, pp. 133–150.

Sanlaville, P., Dalongeville, R., 2005. L'évolution des espaces littoraux du Golfe Persique et du Golfe d'Oman depuis la Phase finale de la transgression post-glaciaire. Paléorient 31, 9–26.

Sanlaville, P., Dalongeville, R., Evin, J., Paskoff, R., 1987. Modification du trace littoral sur la côte Arabe du Golfe Persique en relation avec l'archeologie. In: Deplacement des lignes de rivage en Mediterané. Paris, pp. 211–222.

Törnqvist, T.E., De Jong, A.F.M., Oosterbaan,W.A., Van der Borg, K., 1992. Accurate dating of organic deposits by AMS 14C measurement of macrofossils. Radiocarbon 34, 566–577.

Vita-Finzi, C., 1979. Rates of Holocene folding in the coastal Zagros near Bandar Abbas, Iran. Nature 278, 632–634.

Walstra, J., Verkinderen, P., Heyvaert, V.M.A., 2010. Reconstructing landscape evolution in the Lower Khuzestan plain (SW Iran): integrating imagery, historical and sedimentary archives. In: Cowley, D.C., Standring, R.A., Abicht, M.J.(Eds.), Landscapes through the Lens: Aerial Photographs and Historic Environment. Oxbow Books, pp. 111e128.

Ya'acoub, S.Y., Purser, B.H., Al-Hassni, N.H., Al-Azzawi, M., Orzag- Sperber, F., Hassan, K.M., Plaziat, J.C., Younis, W.R., 1981. Preliminary study of the Quaternary sediments of SE Iraq. Joint-project between the Geological Survey of Iraq and University of Paris XI, Orsay, Unpublished report.