

بازسازی محیط رسوبی هولوسن مانداب عینک با شواهد رسوب‌شناسی و ژئوفیزیکی (غرب شهر رشت، استان گیلان)

آیدا حاضر‌مشار*؛ دانشجوی دکتری زمین‌شناسی گرایش رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال
راضیه لک؛ استادیار، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی، تهران
محمدرضا اسپهبد؛ دانشیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال
نادر کهنسال قدیم‌وند؛ استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال
مهدی محمدی‌ویژه؛ دانشجوی دکتری ژئوفیزیک گرایش الکترومغناطیس، مؤسسه ژئوفیزیک، دانشگاه تهران
بهنام پاشازاده؛ دانشجوی دکتری زمین‌شناسی گرایش رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۲۸

چکیده

مانداب عینک در استان گیلان، باختر شهر رشت و در نزدیکی رودخانه گوه‌رود واقع شده است. در بررسی محیط رسوبی این مانداب، تعداد ۴۴ نمونه رسوب سطحی با دستگاه گرب برداشت شد. این نمونه‌ها مورد آنالیز دانه‌بندی و کانی‌شناسی قرار گرفت و پارامترهای آماری از قبیل جورشدگی، کج‌شدگی، کشیدگی، همچنین میانگین اندازه ذرات محاسبه شد. مطالعات ژئوفیزیکی با استفاده از دو روش ژئوالکتریک و رادار نفوذی زمین، با هدف تعیین ساختار و عمق رسوبات، نزدیکی به منشأ و میزان انرژی محیط رسوبی، بررسی حضور ناپیوستگی‌های زیرسطحی و ارتباط این مانداب با رودخانه گوه‌رود صورت گرفت. نتایج دانه‌سنجی و پارامترهای آماری حضور سبزه تپ رسوبی با منشأ رودخانه‌ای را در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. نتایج کانی‌شناسی حاصل از آنالیز XRD، حاکی از محیط رسوبی با مواد آواری است. در پروفیل‌های ژئوفیزیکی مشخص شد که حدفاصل مانداب با رودخانه گوه‌رود ناحیه‌ای با مقاومت ویژه نسبی بالاست که این مسئله ناشی از وجود گسل رشت در حاشیه مانداب و تغییر جنس رسوبات در این ناحیه است. بررسی پارامترهای آماری رسوبی و مطالعات ژئوفیزیکی نشان می‌دهد که مانداب عینک شاخه‌ای از رودخانه گوه‌رود است که با گسل رشت قطع شده و به شکل کنونی درآمده است.

کلیدواژه‌ها: پارامترهای آماری، رودخانه گوه‌رود، گسل رشت، مانداب عینک، محیط رسوبی.

مقدمه

واژه مانداب هنوز در نزد افکار عمومی جایگاه مناسب و تعریف‌شده‌ای ندارد. این واژه در بسیاری مواقع با عناوینی همچون تالاب، مرداب یا باتلاق جایگزین می‌شود. تعیین نام مناسب برای چنین محیط‌هایی نیازمند مطالعات فراوان است، مانند مطالعات محیط رسوبی دیرینه در اواخر پلیستوسن در مانداب شمال یونان طبق بررسی‌های رسوب‌شناسی (گالیس و همکاران، ۲۰۱۶)، یا بررسی تغییرات محیط رسوبی دیرینه با حفاری‌های انجام‌شده در مانداب شمال غربی حوضه ارزق (اردن) (کریستوفر و همکاران، ۲۰۱۴).

کنوانسیون رامسر معیارهایی را برای شناسایی انواع تالاب‌ها (تالاب‌های دریایی و ساحلی، تالاب‌های داخل خشکی، تالاب‌های مصنوعی) ارائه داده است. تعریف مانداب طبق کنوانسیون رامسر (۲۰۱۶)، تالاب‌های داخل خشکی، با وسعت کمتر از ۸ هکتار، تحت سلطه گیاهان علفی در آب، به صورت دائمی یا فصلی است. مانداب‌ها اغلب کنار دریاچه‌ها

و رودخانه‌ها یافت می‌شود. برای درک تغییرات محیط‌زیستی و ژئومورفولوژیکی مانداب‌ها و پاسخ آن‌ها به این تغییرات مطالعات رسوب‌شناسی لازم است (وارد و همکاران، ۱۹۹۸).

با توجه به اهمیت محیط‌زیستی مانداب‌ها، این محیط‌ها اکوسیستمی ارزشمند روی کره زمین شناخته می‌شود (مورنو و همکاران، ۲۰۱۵). با توجه به تغییرات آب‌وهوایی و دخالت‌های انسان، این اکوسیستم‌ها دچار صدمات جبران‌ناپذیر شده است و در معرض خطر نابودی قرار دارد (موری و همکاران، ۲۰۱۱). بررسی رسوبات مانداب‌ها نه تنها از نظر محیط‌زیستی، بلکه از نظر ژئوشیمیایی بسیار بااهمیت است، زیرا تغییرات در ترکیب عناصر موجود در رسوبات و اجزای لیتولوژیکی فاکتور ارزش‌مندی در پیدا کردن منشأ، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی رسوبات و بازسازی محیط رسوبی ناحیه است (برناردز و همکاران، ۲۰۱۲).

در استان گیلان، به دلیل شرایط آب‌وهوایی مرطوب و فراوانی نزولات آسمانی و نزدیکی به دریای خزر، تعداد زیادی مرداب، مانداب و آبگیر وجود دارد. دانسته‌های ما در ارتباط با ویژگی‌های زمین‌شناسی و رسوب‌شناسی آن‌ها ناچیز است. مانداب عینک یکی از بزرگ‌ترین مانداب‌های طبیعی در این استان است که در شهر رشت به طول بیش از ۲۰۰۰ متر و به عرض بیش از ۱۵۰ متر قرار دارد و محیط آن ۱۲ کیلومتر مربع است. این مانداب به دلیل واقع شدن در پست‌ترین نقطه حوزه آبریز دشت فومنات، تحت تأثیر اغلب تغییرات و تحولات بالادست قرار دارد و با انواع مشکلات دست‌به‌گریبان است. بارزترین آن اجرای طرح‌های توسعه‌ای و زیربنایی بزرگ مثل راهسازی در محدوده‌های اثرگذار مانداب، ورود انواع آلاینده‌های شیمیایی و فیزیکی گسیل شده از مزارع کشاورزی و شهری، و راهیابی گونه غیربومی و مهاجم سنبل آبی است. با شناسایی عوامل برهم‌زدن ویژگی‌های اکولوژی مانداب، راهکار حفظ و احیای بخش‌های از دست‌رفته ارائه می‌شود. این اهداف با شناسایی چگونگی پراکنش رسوبات در بستر مانداب و شناسایی عوامل تأثیرگذار بر الگوی پراکنش رسوبات محقق می‌شود. این مانداب مانند سایر محیط‌های آبی جنوب دریای خزر در مسیر دو راه هوایی مهاجرت پرندگان، یعنی راه هوایی آفریقا- اوراسیا و راه هوایی آسیا- اقیانوس آرام، قرار گرفته است و هر ساله تعداد زیادی از پرندگان مهاجر به این ناحیه پرواز می‌کنند. به همین دلیل، مانداب عینک اکوسیستمی حساس است که حفظ و احیای آن اهمیت زیادی دارد. در سال ۱۳۶۶ سازمان آب منطقه‌ای استان گیلان در دو ناحیه از مانداب عینک به منظور مطالعات زمین‌شناسی دو حلقه چاه اکتشافی حفر کرد. تاکنون هیچ مطالعه زمین‌شناسی دیگری در این مانداب انجام نشده است.

موقعیت جغرافیایی، زمین‌شناسی و اقلیمی منطقه

محدوده مورد مطالعه در استان گیلان و در بخش باختری شهر رشت واقع است. از شرق به تقاطع غیرهم‌سطح شهرداری گمنام، از شمال به بلوار شهید افتخاری، از جنوب به پارک دانشجو و مناطق مسکونی غیرمجاز و از غرب به شرکت دخانیات رشت محدود است. این ناحیه در مختصات جغرافیایی ۵۲° و ۴۳' ۳۱" تا ۴۹' ۳۱" و ۰۴" تا ۳۱' ۳۳" ۴۹ طول شرقی و ۹۲° و ۲۷' ۱۶" ۳۷ تا ۶۷" و ۲۷' ۱۶" ۳۷ عرض شمالی جای گرفته است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی مانداب عینک را نشان می‌دهد. استان گیلان انتهای غربی رشته‌کوه البرز و بخش غربی جلگه‌های حاشیه دریای خزر ایران را دربرمی‌گیرد. رشته‌کوه البرز با ساختاری کشیده و راستایی خاوری- باختری در بخش مرکزی و شمال خاوری- جنوب باختری در بخش خاوری خود بخشی از کمربند لرزه‌خیز آلپ- هیمالیا در جنوب حوضه کاسپین قرار دارد که رشته‌کوه‌های قفقاز و طالش در شمال باختر و کپه‌داغ و بینالود در شمال خاور و خاور فلات ایران را به هم پیوند می‌دهد. البرز در بردارنده سنگ‌نهشته‌هایی از پرکامبرین تا کواترنر است که در قالب ساختارهای پیچیده چین و راندگی طی کوهزادهای گوناگون حاصل از بازویسته‌شدن حوضه تئیس شکل گرفته است (نظری و شهیدی، ۱۳۹۰).

منطقه رشت با داشتن بقایای اقیانوس تئیس کهن، شامل مجموعه سنگ‌های دگرگونه، افیولیت‌ها، گابروها و دیابازها به سن پالئوزوئیک است. این ناحیه در بخش شمال باختری پهنه ساختمانی البرز و از دیدگاه تقسیم‌بندی ساختمانی- رسوبی ایران در پهنه گرگان- رشت جای دارد و شامل مناطقی است که کناره دریای کاسپین را در سواحل ایران محدود می‌کند و در بخش شمال گسل البرز جای دارد. بیشتر این ناحیه شامل دشت‌های فروافتاده کاسپین با ارتفاع‌نگاری ملایم است که با انباشته‌های کواترنری نظیر نهشته‌های رودخانه‌ای، دلتایی و تالابی پوشیده می‌شود.

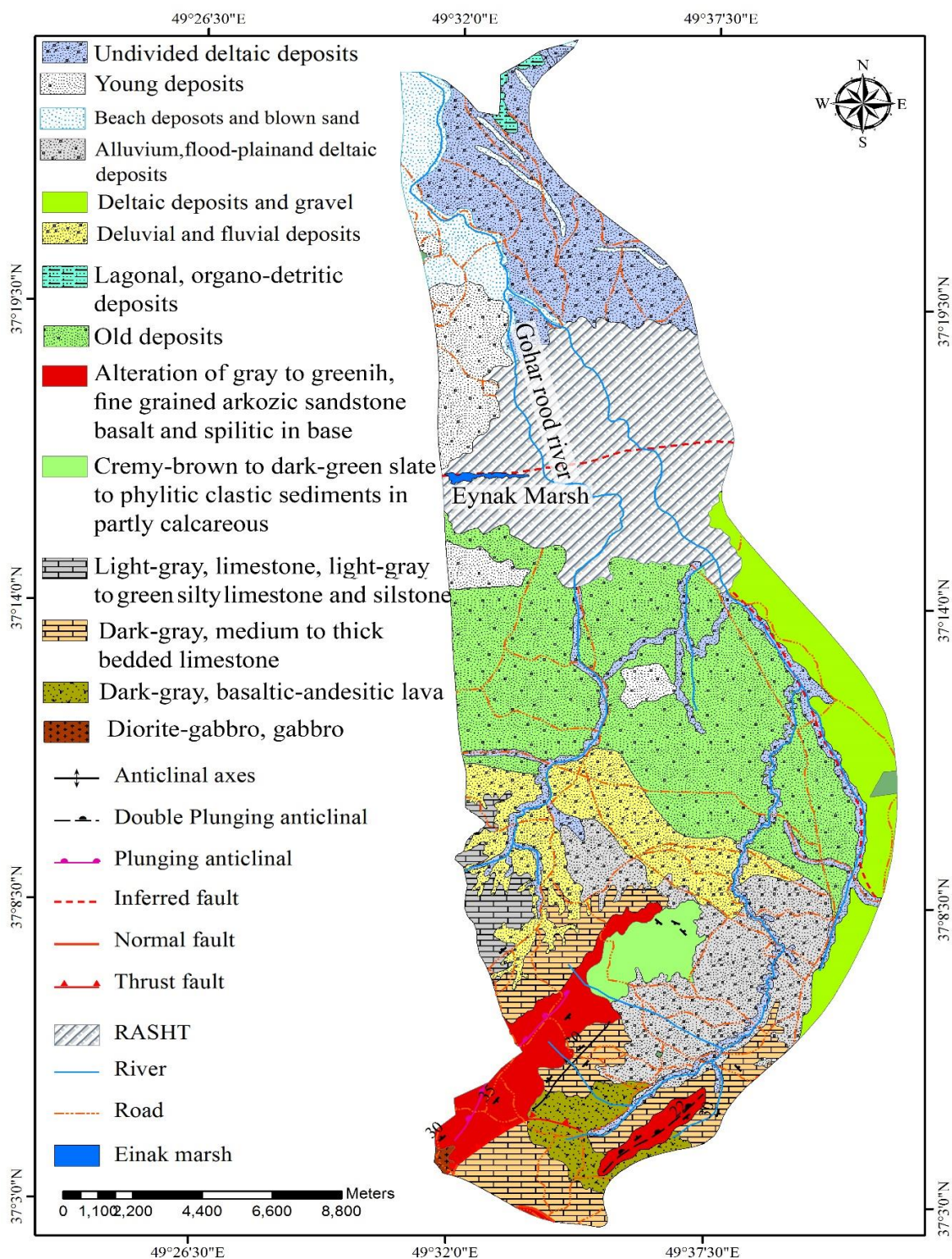


شکل ۱. الف) نقشه استان گیلان، ب) نمایی از مانداب عینک، پ) راه‌های دسترسی به مانداب عینک

مانداب عینک در باختر نقشه یکصد هزارم زمین‌شناسی رشت و در زیر حوزه سیاه‌رود و به موازات گسل رشت قرار دارد و از مرکز شهر می‌گذرد (شکل ۲). گسل رشت ادامه گسله خزر (گسله کاسپین) است. گسله خزر یا کاسپین با درازای نزدیک به ۴۵۰ کیلومتر در مرز شمالی البرز و دشت جنوبی حوضه کاسپین قرار دارد (بربریان و همکاران، ۱۳۷۱). از این گسل با عنوان گسله‌های فشاری با شیب به‌سوی جنوب یاد می‌شود.

مواد و روش‌ها روش مطالعه

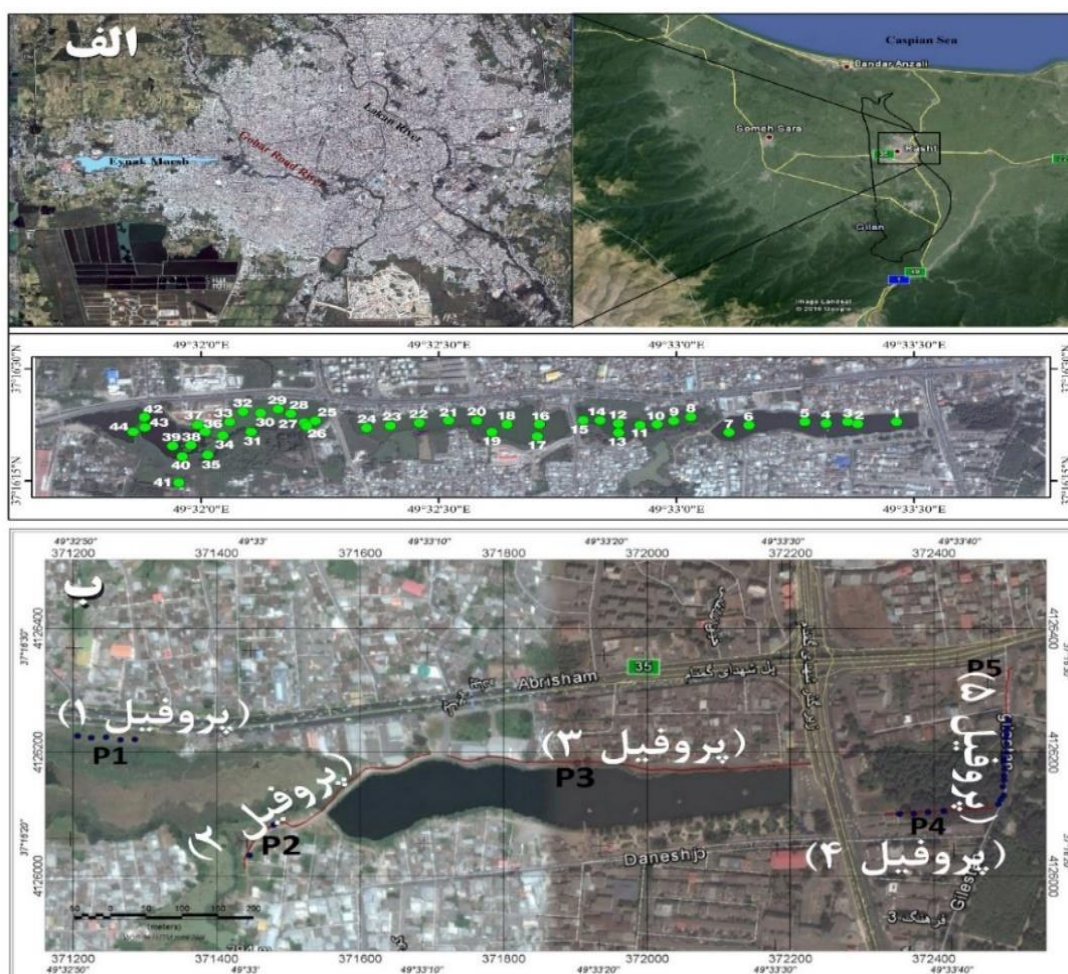
به‌منظور بررسی رسوبات، شبکه نمونه‌برداری سیستماتیکی طراحی شد. نمونه رسوب سطحی از نهشته‌های مانداب با دستگاه نمونه‌گیر فکی (Van Veen Grab) با مشخص کردن مکان نمونه‌برداری با مکان‌یاب دیجیتال گرفته شد. تعداد ۴۴ نقطه با دستگاه گرب نمونه‌گیری شد و اجزای رسوبی و مورفومتری رسوبات دانه‌ها در اندازه‌های ۱۲۵، ۶۳، ۲۵۰ و ۵۰۰ میکرون، ۲ و ۱ میلی‌متر به‌وسیله دستگاه الک شیکر مرطوب و مدل Analysette 19 ساخت کمپانی Fritsch آلمان آنالیز شد. قطر منافذ غربال‌ها منطبق با استاندارد ASTM بود و بر اساس مقیاس میلی‌متر و فی مشخص شده است. دانه‌های در فراکسیون‌های زیر ۶۳ میکرون به‌وسیله دستگاه Laser Particle Sizer مدل A22 Analysette ساخت کمپانی Fritsch آلمان بر اساس میکرون شناسایی شد. نتایج دانه‌بندی در نرم‌افزار Sediment Size وارد شد.



شکل ۲. نقشه یکصد هزارم زمین شناسی رشت، زیرحوزه سیاه رود (شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان، ۱۳۸۹)

منحنی‌های دانه‌بندی و هیستوگرام و پارامترهای آماری (به روش ترسیم) و تیپ رسوبی برای تمامی نمونه‌ها تعیین شد. به منظور پیمایش‌های ژئوفیزیکی، پنج پروفیل خطی پیرامون مانداب در نظر گرفته شد که با استفاده از روش‌های رادار نفوذی زمین و مقاومت ویژه الکتریکی پیمایش شد. دستگاه رادار نفوذی زمین در دو شیوه تک‌آنتن و دو آنتن به کار می‌رود (رینولدز، ۱۹۹۷).

در این مطالعه از داده‌های رادار نفوذی با استفاده از آنتن‌های ۱۰۰ مگاهرتز غیرپوششی و ۲۵۰ مگاهرتز پوششی استفاده شد. این روش در بررسی‌های نزدیک سطح (کمتر از ۵۰ متر) استفاده می‌شود (نیل، ۲۰۰۴). داده‌های مقاومت ویژه با استفاده از آرایش‌های شلومبرژه و دوقطبی-دوقطبی اکتساب شد. روش مقاومت ویژه کاربرد گسترده‌ای دارد. یکی از دلایل این امر آن است که دامنه تغییرات مقاومت ویژه سنگ‌ها و کانی‌ها بسیار وسیع است (لوک، ۱۹۹۹). برای پردازش داده‌های رادار نفوذی شبکه‌ای در این مطالعه از نرم‌افزار Mala 3DVision نسخه ۱/۳/۱ و به‌منظور پردازش داده‌های خطی از نرم‌افزار Rad Explorer نسخه ۱/۴/۱ و برای تهیه تمام مقاطع موجود از روال پردازش و مقیاس رنگی مشترک استفاده شد. همچنین، برای پردازش و مدلسازی داده‌های مقاومت ویژه از نرم‌افزار Res2dinv نسخه ۳/۵ و نرم‌افزار IPI2Win استفاده شده است. شکل ۳ الف موقعیت مکان‌های نمونه‌برداری شده برای رسوبات سطحی و شکل ۳ ب شبکه برداشت داده‌های ژئوفیزیکی را نشان می‌دهد.



شکل ۳. الف) موقعیت مکان‌های نمونه‌برداری شده برای رسوبات سطحی (نقاط سبز رنگ)، ب) شبکه برداشت داده‌های ژئوفیزیکی، خطوط قرمز معرف مسیر برداشت داده‌های رادار نفوذی زمین و نقاط آبی رنگ معرف ایستگاه‌های برداشت داده‌های ژئوالکتریکی

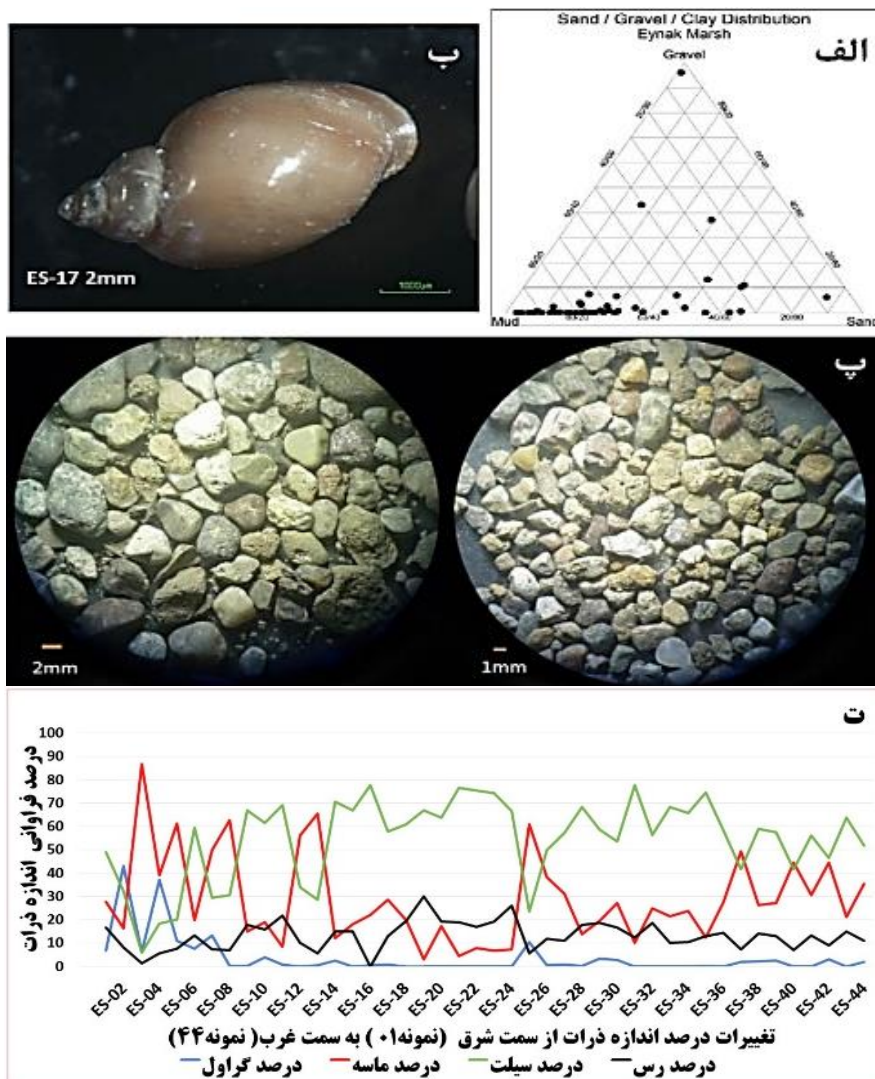
یافته‌های پژوهش

پردازش داده‌های رسوبی

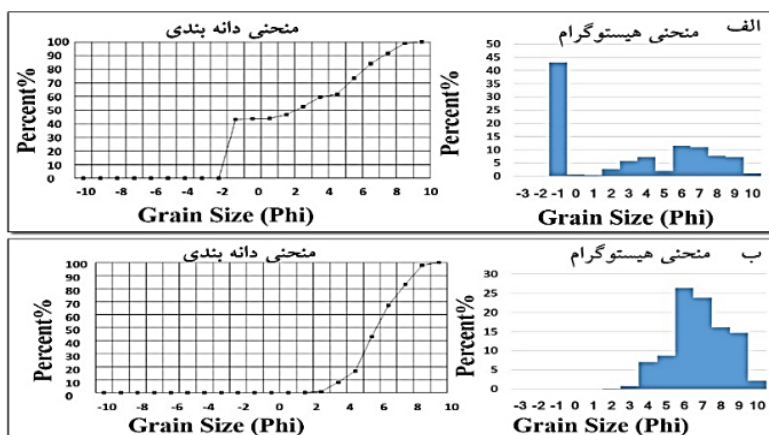
با توجه به مطالعات دانش‌سنجی، سیزده تیپ رسوبی در رسوبات سطحی مانداب عینک وجود دارد: ماسه با اندکی گراول،

گل ماسه‌ای، سیلت، سیلت ماسه‌ای، ماسه سیلتی، گل با اندکی گراول، گل ماسه‌ای با اندکی گراول، ماسه گلی با اندکی گراول، ماسه گلی گراولی، گراول ماسه‌ای گلی، ماسه گراولی، گراول گلی، گل گراولی. در شکل ۴ الف، کد بافتی رسوبات سطحی مانداب عینک در مثلث فولک نشان داده شده است. بیشترین پراکندگی تیپ رسوبی در بخش ابتدایی مانداب (بخش شرقی و در نزدیکی رودخانه گوهررود) است. ذرات دانه‌درشت در حد گراول خرده‌سنگ (شکل ۴ پ) و در برخی نمونه‌ها به صورت صدف گاستروپود (شکل ۴ ب) و از لحاظ گردشگری، ذرات زاویه‌دار تا نیمه زاویه‌دار است. فراوانی دانه‌های درشت در رسوبات تابعی از حداکثر سرعت جریان در هنگام رسوب‌گذاری، مسافت حمل‌ونقل و حداکثر اندازه دانه‌های آواری موجود هنگام رسوب‌گذاری است. بنابراین، تعیین مقدار دانه‌های درشت در رسوب، حتی به مقدار خیلی کم نیز در تعبیر و تفسیر انرژی محیط اهمیت خاصی دارد (موسوی حرمی، ۱۳۸۰). اندازه ذرات رسوبی از سمت شرق به سمت غرب کاسته می‌شود (شکل ۴ ت).

وجود گراول در بخش نخست مانداب (بخش شرقی) بیانگر رسوبات کف کانال رودخانه است. در اواسط مانداب فراوانی ذرات دانه‌ریز (سیلت) نشان‌دهنده میزان انرژی برای خارج کردن ذرات دانه‌ریز از محیط در هنگام رسوب‌گذاری است. توزیع مختلف اندازه دانه‌ها در این مانداب در اثر وجود ذرات مختلف در منشأ و مهم‌تر از آن فرایندهای هنگام رسوب‌گذاری، به‌ویژه قدرت جریان است. اکثر نمونه‌ها در نمودار دانه‌بندی خود یک یا دو منشأ (شکل ۵) را نشان می‌دهد.



شکل ۴. الف) کد بافتی رسوبات سطحی مانداب عینک در مثلث فولک، ب) صدف گاستروپود، پ) نمونه ۰۱ در اندازه ۱ و ۲ میلی‌متر در زیر میکروسکوپ بینوکولر، ت) تغییرات درصد اندازه ذرات از شرق به غرب



شکل ۵. الف) منحنی هیستوگرام و نمودار دانه‌بندی مربوط به نمونه ۰۴. قرار گرفتن مستطیل‌ها در قسمت چپ و راست منحنی بیانگر فراوانی ذرات دانه‌ریز و درشت است و دو منشأ را نشان می‌دهد. ب) منحنی هیستوگرام و نمودار دانه‌بندی مربوط به نمونه ۰۲۲. قرار گرفتن مستطیل‌ها در قسمت چپ منحنی بیانگر فراوانی ذرات دانه‌ریز است و یک منشأ را نشان می‌دهد.

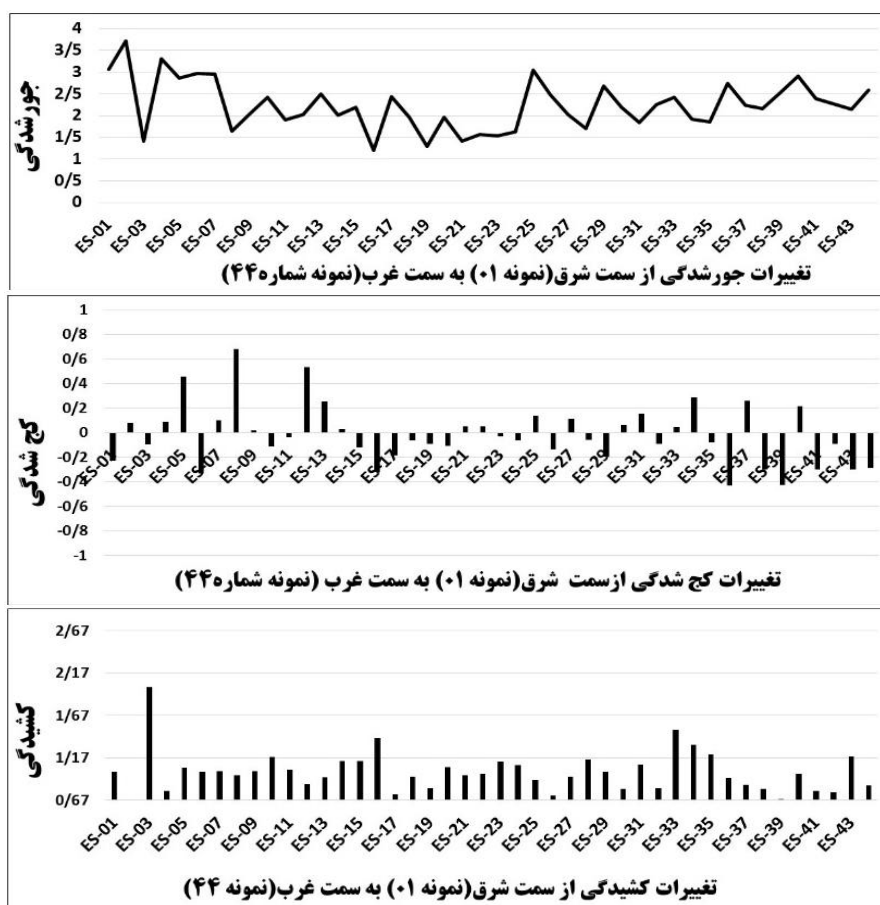
بررسی پارامترهای آماری

فرایندهای رسوبی و فاکتورهای محیطی تأثیر به‌سزایی در پراکندگی اندازه ذرات دارد (گیولر، ۱۹۶۳). طی فرایند ته‌نشست، اندازه ذرات رسوبی از ویژگی‌هایی است که شرایط محیطی و انرژی جریان را نشان می‌دهد (امیره، ۲۰۱۴). پارامترهای آماری از جمله جورشدگی، کج‌شدگی (نامتقارن بودن منحنی توزیع ذرات)، کشیدگی (نوک‌تیزی منحنی توزیع ذرات) و میانگین اندازه ذرات نسبت به تغییرات انرژی جریان حساس و تحت تأثیر فاکتورهای فرسایش، حمل‌ونقل و سرعت ته‌نشست کنترل می‌شود (لورنس و همکاران، ۲۰۱۵). بنابراین، مطالعه پراکندگی اندازه ذرات یکی از اصول اولیه مطالعه شرایط محیط نهشته‌شدن و حمل‌ونقل رسوبات است (مک‌منوس، ۱۹۸۸). میانگین اندازه ذرات در مانداب عینک بین ماسه درشت تا سیلت متوسط است. جورشدگی در سه رده جورشدگی بد، جورشدگی بسیار بد و جورشدگی متوسط در این مانداب دیده می‌شود. قسمت شرقی مانداب در مجاورت رودخانه گوه‌رود دارای جورشدگی بسیار بد و جورشدگی بد است. به تدریج، در اواسط مانداب جورشدگی متوسط می‌شود که نشان‌دهنده این است که ذرات با مسافت طی‌شده بیشتر جورشدگی بهتری پیدا می‌کند (شکل ۶).

به‌طور کلی، می‌توان گفت که نمونه‌ها دارای منشأ نزدیک حوضه است و مسیر حمل‌ونقل کمی را طی کرده است. کج‌شدگی بیانگر نامتجانس بودن منحنی توزیع ذرات است و به‌وسیله دنباله منحنی توزیع مشخص می‌شود. این پارامتر آماری برای تعبیر و تفسیر محیط رسوبی و فرایندهایی استفاده می‌شود که باعث حمل‌ونقل شده است (فولک، ۱۹۷۴). در اکثر نمونه‌های این مانداب در قسمت شرقی کج‌شدگی از ۰/۱ تا ۰/۱- فی (Near Symmetrical) و ۰/۱- تا ۰/۳- فی (Coarse Skewed) دیده می‌شود. Coarse Skewed نشان‌دهنده این است که دنباله منحنی توزیع ذرات به سمت چپ متمایل و نمایش‌دهنده فراوانی ذرات دانه‌درشت در محیط پرانرژی است. در اواسط مانداب کج‌شدگی از ۱ تا ۰/۳ فی (Strongly Fine Skewed) و ۰/۳ تا ۰/۱- فی (Fine Skewed) دیده می‌شود که بیانگر فراوانی ذرات دانه‌ریز است.

وجود تقارن در منحنی‌های رسوبی شرایط محیط نهشته‌ای را مشخص می‌کند. نمونه‌های دارای کج‌شدگی مثبت نشان‌دهنده غنی شدن زیاد رسوب از ذرات ریزی است که پس از مرحله طغیانی جریان در همان منطقه رسوب کرده است. کشیدگی در نمونه‌های این مانداب بسیار متغیر است. بیشترین فراوانی مربوط به کشیدگی پهن و متوسط است (شکل ۶).

مقایسه منحنی‌ها و ضرایب دانه‌بندی در نمونه‌های رسوب سطحی مانداب عینک، امکان تعیین ویژگی‌های محیط رسوبی عهد حاضر این مانداب را فراهم کرد. به‌طور کلی، رسوبات رودخانه‌ای غالباً دارای جورشدگی بد و کج‌شدگی مثبت است. کج‌شدگی مثبت به علت وجود مقادیر زیادی مواد معلق، از قبیل سیلت و رس، در رودخانه است که پس از رسوب‌گذاری مقداری از این ذرات در داخل رسوبات باقی‌مانده است (لاریو و همکاران، ۲۰۰۲).



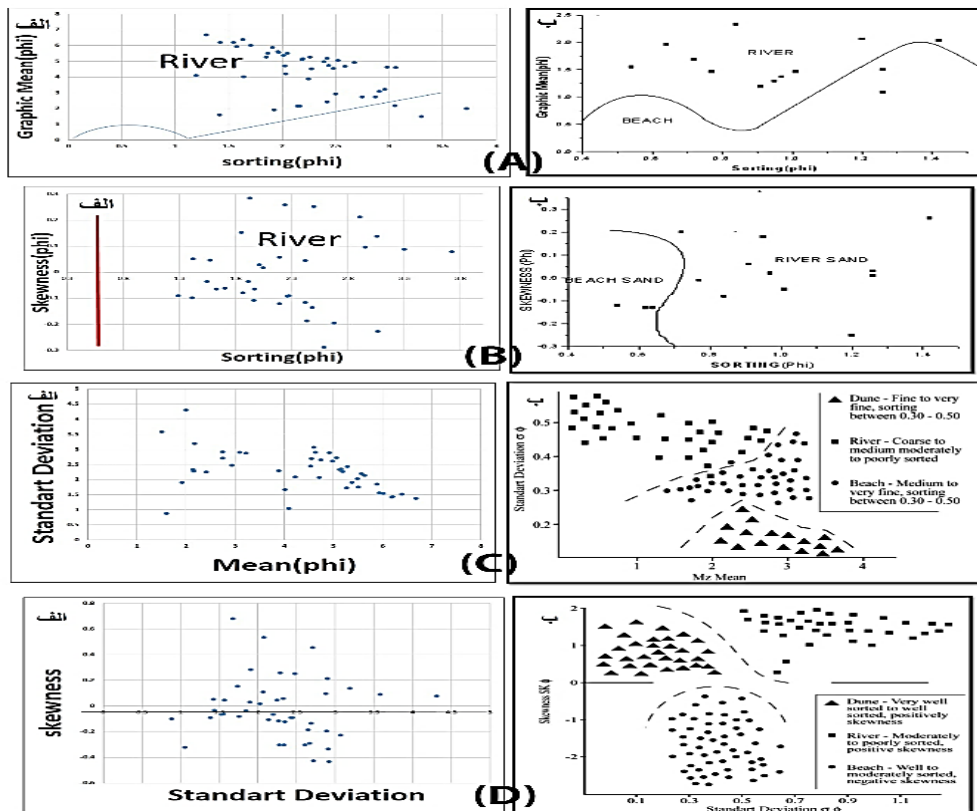
شکل ۶. جورشدگی، کج شدگی و کشیدگی در رسوبات سطحی مانداب عینک

برای تعیین محیط رسوبی مانداب عینک از نمودارهای نسبت انحراف معیار به جورشدگی (شکل A ۷ قسمت ب) و کج شدگی به جورشدگی (شکل B ۷ قسمت ب) (اوکیود و جیبیری، ۲۰۱۲)، انحراف معیار به میانگین (شکل C ۷ قسمت ب) و کج شدگی به انحراف معیار (شکل D ۷ قسمت ب) استفاده شد (مارتینز، ۱۹۹۷). قسمت‌های الف در این شکل‌ها مربوط به پارامترهای آماری رسوبات سطحی مانداب عینک است. با توجه به نمودارهای ذکر شده و مقایسه آن‌ها، رسوبات سطحی این مانداب، اغلب محیط رودخانه‌ای را نشان می‌دهد.

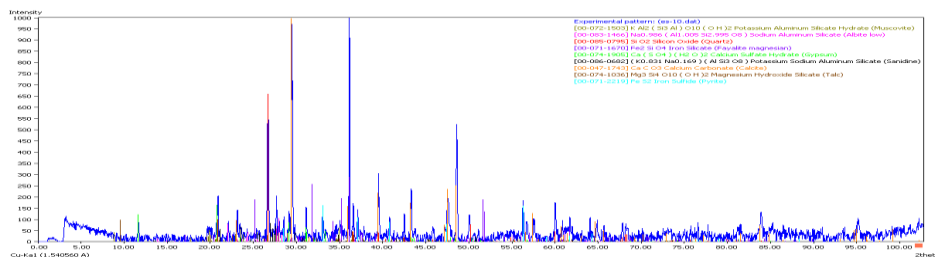
ترکیب کانی‌شناسی مانداب عینک

مطالعه ترکیب کانی‌شناسی رسوبات برای پی‌بردن به مشخصات سنگ‌منشأ رسوبات، و نحوه حمل و شرایط آب‌وهوایی منطقه اهمیت خاصی دارد. برای تعیین دقیق ترکیب کانی‌شناسی نمونه‌ها به صورت نمونه‌های کلی (Bulk samples) به روش سنجش پراش ایکس کانی‌شناسی شد. ترکیب کانی‌شناسی مانداب عینک متأثر از مجموعه سنگ‌های بالادستی مانداب است، شامل بازالت آندزیتی، سنگ‌های آهکی و ماسه‌سنگ آרקوزی.

در این مطالعه کانی‌های رسی کائولینیت و ناکریت به همراه کوارتز، فلدسپار، کلسیت، هماتیت و ژیپس در اکثر نمونه‌ها یافت می‌شود. وجود پیریت و ژیپس در نمونه‌های مانداب بیانگر محیط احیا و تالابی است. نتایج کانی‌شناسی حاکی از محیط رسوبی با مواد آواری است. شکل ۸ نمونه‌ای از نمودار XRD کانی‌های بررسی شده در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۷. مقایسه پارامترهای آماری در تعیین محیط رسوبی



شکل ۸. نمونه‌ای از نمودار XRD کانی‌های بررسی شده در منطقه مورد مطالعه

پردازش داده‌های ژئوفیزیکی

هدف از مطالعات ژئوفیزیکی شامل رادار نفوذی در زمین و ژئوالکترونیک، در محدوده اطراف مانداب عینک، تعیین ساختار و عمق رسوبات، نزدیکی به منشأ و میزان انرژی محیط‌رسوبی، و بررسی حضور ناپیوستگی‌های زیرسطحی است. به این ترتیب، با توجه به نوع هدف مورد مطالعه و با توجه به وجود محدودیت‌های مکانی و نوفه‌های محیطی، پنج پروفیل پیرامون مانداب و در نقاط مختلف به منظور پیمایش‌های ژئوفیزیکی در نظر گرفته شد (شکل ۳ ب). مقاطع حاصل از مدل‌سازی این پروفیل‌ها حاکی از آن است که رسوبات زیرسطحی از مقاومت ویژه پایینی برخوردار است، زیرا عمده نهشته‌های زیرسطحی در این ناحیه از رسوبات رسی عهد حاضر و اشباع از آب است و در برخی نقاط با میان لایه‌هایی از ماسه دیده می‌شود.

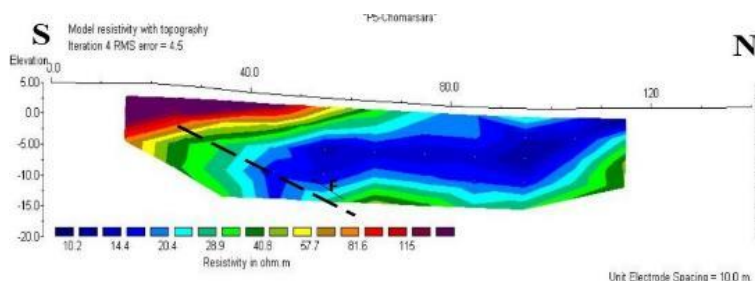
یکی از مهم‌ترین پروفیل‌های این مانداب، پروفیل ۵ به طول ۱۴۰ متر با امتداد جنوبی-شمالی، عمود بر گسل شهر رشت است که در حدفاصل رودخانه گوه‌رود و مانداب با استفاده از روش مقاومت ویژه و آرایش دوقطبی-دوقطبی در خیابان گیلستان و در محله چمارسرا برداشت شد. در این ناحیه تغییر ارتفاع ناگهانی در سطح زمین قابل تشخیص است (شکل ۹ قسمت ت و ث). شکل ۹ الف، ب و پ برداشت‌های ژئوفیزیکی با استفاده از دستگاه رادار نفوذی زمین را نشان می‌دهد.



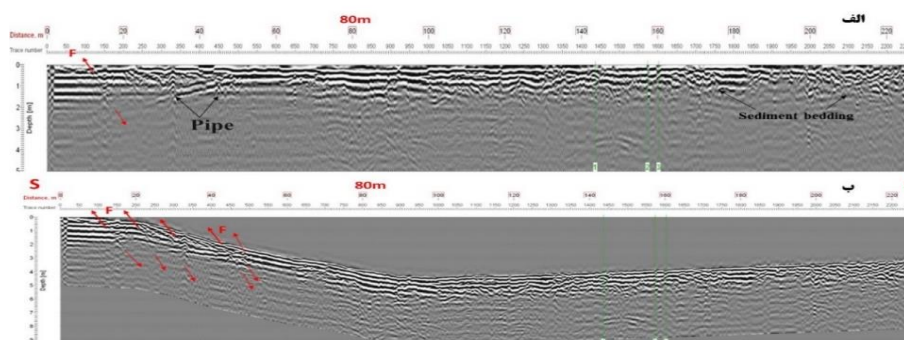
شکل ۹. الف) نمایشگر XV دستگاه رادار نفوذی زمین، ب) آنتن ۲۵۰ مگاهرتز پوششی، پ) آنتن ۱۰۰ مگاهرتز غیر پوششی، ت) تغییر ارتفاع ناگهانی در سطح زمین در خیابان گیلستان، جهت دید به سمت جنوب، ث) همان خیابان جهت دید به سمت شمال

در شکل ۱۰، مقطع حاصل از مدل سازی وارون این پروفیل به نمایش درآمده است. قسمت فوقانی مقطع به ضخامت تقریبی ۱۰ متر ناحیه ای با مقاومت ویژه نسبی بالا (طیف رنگی قرمز) در قسمت جنوبی مقطع (ایستگاه ۱۰ تا ۶۰) و در سطح زمین قابل تشخیص است. این مسئله ناشی از غسل رشت است. از عمق تقریبی ۱۰ تا ۱۵ متری تا اعماق بیشتر، به تدریج مقاومت ویژه رسوبات زیرسطحی دچار افزایش نسبی می شود که نشان دهنده افزایش اندازه دانه هاست (طیف رنگی سبز). عامل اصلی افزایش مقاومت ویژه را می توان به تغییر در اندازه و جنس دانه های رسوبی در این ناحیه نسبت داد. این نواحی احتمالاً منطبق بر رسوبات با اندازه ماسه تا گراول است که بعضاً رسوبات ریزدانه نیز بین آنها مشاهده می شود.

در فاصله عمقی ۱۵ متری از مقطع، مقاومت ویژه رسوبات زیرسطحی به صورت قابل توجهی کاهش یافت (طیف رنگی آبی تیره). این ناحیه که از مقاومت ویژه بسیار پایینی برخوردار است (کمتر از ۱۵ اهم متر) احتمالاً منطبق بر رسوبات ریزدانه (عمدتاً رس اشباع از آب) است. این پروفیل به طول ۲۳۰ متر (از ایستگاه صفر تا ۲۳۰) با استفاده از روش رادار نفوذی زمین و آنتن ۲۵۰ مگاهرتز پوششی نیز پیمایش شد. مقطع عمقی این پروفیل با استفاده از سرعت ۰/۱ متر بر ثانویه در شکل ۱۱ به نمایش درآمده است.

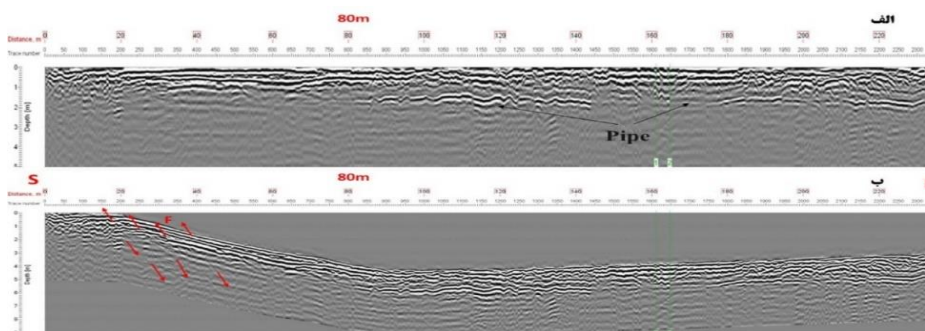


شکل ۱۰. مقطع دوبعدی حاصل از مدل سازی وارون داده های مقاومت ویژه پروفیل ۵، ناحیه با مقاومت ویژه نسبی بالا با طیف رنگی قرمز در قسمت جنوبی مقطع



شکل ۱۱. الف) مقطع عمقی پروفیل ۵ (ضلع غربی خیابان) با استفاده از آنتن ۲۵۰ مگاهرتز پوششی، ب) همان مقطع با اعمال تصحیح توپوگرافی

شکل ۱۲ الف) مقطع عمقی پروفیل ۵ (ضلع شرقی خیابان) با استفاده از آنتن ۲۵۰ مگاهرتز پوششی و قسمت ب) همان مقطع با اعمال تصحیح توپوگرافی را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۱۲ مشاهده می‌شود، از فاصله ایستگاهی صفر تا ۸۰ متری مقطع، یک سری گسل‌های نرمال دیده می‌شود که در نتیجه استرس کششی افقی در رسوبات ایجاد شده است. با توجه به شکل ۹ که تغییر ارتفاع ناگهانی در سطح زمین در خیابان گیلستان و مقطع پروفیل ۵ در همین ناحیه که وجود یک سری گسل نرمال را نشان می‌دهد (شکل ۱۱ و ۱۲ قسمت ب)، می‌توان این‌طور بیان کرد که در اثر عملکرد گسل رشت که ادامه گسله خزر است، ناحیه مورد مطالعه شاخه‌ای فرعی است که از رودخانه گوه‌رود جدا شده است.



شکل ۱۲. الف) مقطع عمقی پروفیل ۵ (ضلع شرقی خیابان) با استفاده از آنتن ۲۵۰ مگاهرتز پوششی، ب) همان مقطع با اعمال تصحیح توپوگرافی

نتیجه‌گیری

مقایسه منحنی‌ها و ضرایب دانه‌بندی در نمونه‌های رسوب سطحی مانداب عینک نشان‌دهنده محیط رودخانه‌ای است. با توجه به مطالعات دانه‌سنجی، سیزده تیپ رسوبی در رسوبات سطحی مانداب عینک وجود دارد. بیشترین پراکندگی تیپ رسوبی در بخش نخست مانداب و در مجاورت رودخانه گوه‌رود است. درصد فراوانی ذرات دانه‌درشت (گراول) از سمت شرق به غرب کاسته می‌شود. وجود گراول در بخش نخست مانداب (بخش شرقی) بیانگر رسوبات کف کانال رودخانه است. در بخش میانی و غربی مانداب، میزان سیلت قابل توجه است. روند ریزشوندگی در رسوبات سطحی مانداب عینک از سمت شرق به غرب در اثر جورشدگی هیدرولیکی و سایش دانه‌هاست. افت سرعت و قدرت جریان از سمت شرق به غرب باعث حمل انتخابی رسوبات و در نتیجه کاهش اندازه دانه‌ها شده است. میانگین اندازه ذرات در مانداب عینک بین ماسه درشت تا سیلت متوسط است. قسمت شرقی مانداب در مجاورت رودخانه گوه‌رود دارای جورشدگی بسیار بد و جورشدگی بد است. به‌طور کلی، می‌توان گفت که نمونه‌ها دارای منشأ نزدیک حوضه است و مسیر حمل‌ونقل کمی را طی کرده است. در اکثر نمونه‌های این مانداب در قسمت شرقی کج‌شدگی یا نامتقارن بودن منحنی توزیع ذرات، به‌صورت Coarse Skewed و Near Symmetrical دیده می‌شود که نشان‌دهنده فراوانی ذرات دانه‌درشت در محیط پراانرژی

است. در اواسط مانداب کج شدگی به صورت Strongly Fine Skewed و Fine Skewed دیده می شود که بیانگر فراوانی ذرات دانه ریز است. کشیدگی در نمونه های این مانداب بسیار متغیر است. بیشترین فراوانی مربوط به کشیدگی پهن و متوسط است. نتایج کانی شناسی رسوبات سطحی مانداب حاکی از محیط رسوبی با مواد آواری است. مطالعات ژئوفیزیکی با استفاده از دو روش رادار نفوذی و ژئوالکتریکی نیز وجود ناحیه ای با مقاومت ویژه نسبی بالا، ناشی از وجود گسل رشت و تغییر جنس رسوبات در حدفاصل مانداب عینک و رودخانه گوهررود را اثبات کرد. در اثر عملکرد گسل رشت در حد فاصل مانداب عینک با رودخانه گوهررود (در قسمت شرقی)، منبعی برای تولید گراول ایجاد شده است. کاهش درصد گراول و افزایش میزان فراوانی ماسه و گل در قسمت مرکزی و غربی مانداب در اثر کاهش توانایی ترابری رودخانه است. به دلیل تغییر محیط رسوبی از کانال رودخانه به مانداب و تغییرات ایجاد شده در اثر ساخت و ساز در اطراف منطقه مورد مطالعه، در امتداد عمود بر مانداب شواهد واضحی از کانال رودخانه قابل شناسایی نیست و فقط بر اساس مطالعات ژئومورفولوژی و رسوب شناسی و ژئوفیزیکی می توانیم بگوییم مانداب عینک شاخه ای از رودخانه گوهررود است.

منابع

- بربریان، م.، قریشی، م.، ارژنگ روش، ب.، مهاجر اشجعی، ا. (۱۳۷۱). پژوهش و بررسی نوزمین ساخت، لرزه زمین ساخت و خطر زمین لرزه- گسلش در گستره قزوین بزرگ و پیرامون، گزارش شماره ۶۱ انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۹۷ رویه.
- شرکت سهامی آب منطقه ای گیلان (۱۳۸۹). گزارش تلفیق مطالعات منابع آب حوزه آبریز سفیدرود، شرق و غرب گیلان، جلد سوم، ۲۶۰ ص.
- موسوی حریمی، ر. (۱۳۸۰). رسوب شناسی، انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ هفتم، ۴۷۲ ص.
- نظری، ح.، شهیدی، ع.ر. (۱۳۹۰). زمین ساخت البرز. انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۹۷ ص.
- Ab Mantaghei Guilan Corporation (2010). Mixed report of studies about water sources of Sepidrud Basin, East and west of Guilan, Volume II, Page no. 260.
- Amireh, B.S. (2014). Grain size analysis of the Lower Cambrian-Lower Cretaceous clastic sequence of Jordan, Sedimentological and paleo-hydrodynamical implications. *Journal of Asian Earth Sciences*, 97: 67-88.
- An Introduction to the Ramsar Convention on Wetlands (2016). Ramsar Handbooks, 5th Edition, Ramsar Convention Secretariat Rue Mauverney 28, CH-1196 Gland, Switzerland.
- Glais, A., López-Sáez, J.A., Lespez, L., Davidson, R. (2016). Climate and human-environment relationships on the edge of the Tenaghi-Philippon marsh (Northern Greece) during the Neolithization process. *Quaternary International*, 403(1) June: 237-250.
- Berberian, M., Ghoreyshi, M., Arzhangrosh, B., Mohajer Ashjii, A. (1984). Research and neotectonics, seismotectonics and the risk of earthquake-faulting on large range of Qazvin. Report No.61. Iran. Iranian Geological Survey. [in Persian]
- Bernardez, P., Prego, R., Giral, S., Esteve, J., Caetano, M., Parra, S., Francés, G. (2012). Geochemical and mineralogical characterization of surficial sediments from the Northern Rias: Implications for sediment provenance and impact of the source rocks. *Marine Geology*: 291-294, 63-72. <http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2011.11.003>.
- Christopher, J.H., April Nowell, A., Carlos, E., Cordova, J., Pokines, T., Bisson, M.S. (2014). Paleoenvironmental change and settlement dynamics in the Druze Marsh: Results of recent excavation at an open-air Paleolithic site. *Quaternary International*, 331(8) May: 60-73.
- Comfort Okeyode, I., Nnamdi Jibiri, N. (2012). Grain size analysis of the sediments from Ogun River, South Western Nigeria. Published by Canadian Center of Science and Education, *Earth Science Research*, 2(1).
- Folk, R.L. (1974). Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill, Austin, TX, p. 184.
- Gilan Regional Water Organization. (2011). Studies on water resources Sefidrud, East and West Gilan, third part., 260pp
- Guileher, A. (1963). Estuary delta shelf slope In the sea. In *sediment Transport and sedimentation in the Estuary Environment*. *Arck Neerl Zool.*, 12: 319-349.
- Lario, J., Spencer, C., Plater, A.J., Zazo, C., Goy, J.L., Dabrio, C.J. (2002). Particle size characterisation of Holocene back-barrier sequences from North Atlantic coasts (SW Spain and SE England). *Geomorphology*, 42, 25e42.
- Lawrence, O., Edeme, A., Soronnadi, G., Powedei, D. (2015). Grain size distribution of a modern tidal river: A case study of Calabar River, South-South Nigeria. *International Journal of Science and Research (IJSR)*: 13-23.
- Loke, M.H. (1999). Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies: A practical guide to 2-D and 3-D surveys: ABEM.
- Martins, L.R., Potter, P.E., Martins, I.R., Wolff, I.M. (1997). Grain-Size and Modern Sedimentary Environments. *Congreso Latinoamericano de Sedimentología*. 1, Porlomar, Venezuela, Memórias Tomo II, 67-71.
- Mcmanus, J. (1988). Grain size determination and interpretation. In: Tucker, M. (Ed.), *Techniques in Sedimentology*. Blackwell, UK, pp. 63e85.
- Moreno, J., Fatela, F., Leorri, E., Araújo, M.F., Moreno, F., De la Rosa, J., Freitas, M.C., Valente, T., Corbett, D.R. (2015). Bromine enrichment in Marsh sediments as a marker of environmental changes driven by grand solar minima and anthropogenic activity (Caminha, NW of Portugal).
- Mosaviherami, R. (2002). *Sedimentology*, Astan Ghods Razavi Pub., 7th Ed., 472 pp. [in Persian]
- Murray, B.C., Pendleton, L., Jenkins, W.A., Sifleet, S. (2011). Green payments for blue carbon economic incentives

- for protecting threatened coastal habitats. Duke Nicholas Institute Report, NI R: 11-04.
- Nazari, H., Shahidi, A. (2012). Tectonic of Iran (Alborz). Iranian Geological Survey, Iran, 97 pp. [in Persian]
- Neal, A. (2004). Ground penetrating radar and its use in sedimentology: principles, problems and progress. *Earth-Science Reviews*, 66: 261-330.
- Reynolds, J.M. (1997). An introduction to applied and environmental geophysics. John Wiley.
- Ward, L.G., Kearney, M.S., Stevenson, J.C. (1998). Variations in sedimentary environments and accretionary patterns in Estuarine Marshes undergoing rapid submergence, Chesapeake Bay. *Marine Geology*, 151: 111-134.