

تأثیر واحدهای زمین شناسی بر کیفیت آب حوضه آبریز بازه حور، با تأکید بر مطالعات رسوب شناسی

مهدی رضاپورسلطانی^۱ و سیف اله اعلمی^۲

۱- دانشیار گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، poursoltani1852@mshdiau.ac.ir

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود،

چکیده

حوضه آبریز بینالود در جنوب-شرقی مشهد واقع است، که از نظر زمین شناسی، بخشی از زون بینالود محسوب می گردد. حوضه آبریز بینالود دارای سه زیر حوضه بوده، که از این میان، زیر حوضه بازه حور مورد مطالعه قرار گرفته است. منطقه بازه حور از نظر اقلیم شناسی، جزء مناطق خشک و نیمه خشک محسوب گردیده، و به دلیل تنوع واحد های زمین شناسی، ترکیب شیمیایی و کیفیت، آب تغییر نموده، بنابراین آب منطقه از نوع کلروره و سولفات است. علاوه بر این از نظر کشاورزی و شرب انسانی نیز قابل قبول است. همچنین مطالعات رسوب شناسی در طول رودخانه نشان می دهد که سه عامل اصلی، تغییرات ناگهانی شیب بستر، ورود سرشاخه های فرعی و رخداد سیلاب های فصلی، باعث تنوع بافتی رسوبات و تغییر پارامترهایی، همچون جورشدگی، کشیدگی و کج گردیده است. مطالعات رسوبشناسی و پترولوژیکی نشان می دهد که اغلب رسوبات دارای جورشدگی بسیار ضعیف، کج شدگی مثبت و کشیدگی متوسط بوده، و منشأ بیشتر رسوبات بازه حور سنگ های آذرین بازیک و فوق بازیک است. همچنین بر اساس مطالعات صحرایی، سه مجموعه رخساره گراولی (Gt, Gh, Gmg, Gmm)، ماسه ای (Sl, Sh) و گلی (Fr, Fm, FI)، و چهار عنصر ساختاری LS, HO, SG و FF شناسایی شده است. بنا بر مجموعه رخساره های رسوبی و عناصر رسوبی رودخانه بازه حور، سه مدل رسوبی، رودخانه های بریده گراولی با جریان های ثقیلی، مآندر با بار ماسه ای و مآندر با بار معلق پیشنهاد می گردد. کلمات کلیدی: بینالود، بازه حور، کیفیت آب، رسوبشناسی، رخساره، عناصر ساختاری

مقدمه

ورقه مستحکم توران و خرد قاره ایران مرکزی محاط شده است که دارای رسوبات پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک است (آقناباتی، ۱۳۸۳). علوی معتقد است که ارتفاعات بینالود، نواری چین خورده و گسل خورده از نوع پوسته نازک است که پس از تصادم میان قطعات لیتوسفری ایران و توران در حاشیه شمال شرق ایران شکل گرفته است. مرز جنوبی این زون را گسل میامی و حد شمال غربی آن را گسل سمنان محدود می کند. گسترش واقعی این زون بین نواحی شمال سبزوار و نیشابور تا شمال مشهد است،

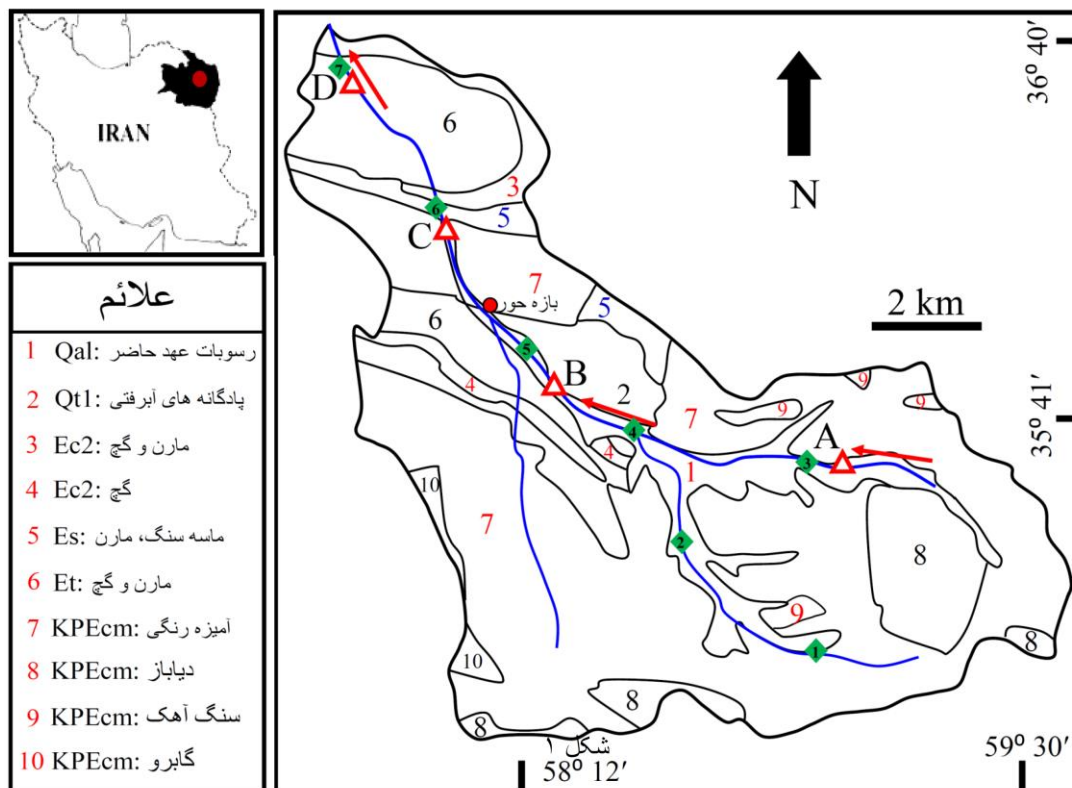
مطالعات رسوب شناسی یک رودخانه شامل موارد متعددی از جمله تقسیم بندی و تعیین اندازه ذرات، هیدرودینامیک و انتقال رسوب، تعیین پارامترهای بافتی اندازه ذرات و عوامل کنترل کننده آن ها و شناخت ساختمان های رسوبی در آن است (Heitmuller, 2009). حوضه آبریز بینالود در بخش مرکزی استان خراسان رضوی واقع گردیده است، و از لحاظ زمین شناسی در حد فاصل دو زون زمین شناسی بینالود در شمال، و ایران مرکزی در جنوب قرار دارد. رشته کوه بینالود با روند تقریبی شمال غربی - جنوب شرقی بین

در کشور افغانستان نیز قابل تعقیب است، اعتقاد می باشد، و پست ترین نقطه آن در محل احداث سد بینالود دارای ارتفاع حدود ۱۳۲۰ متر است (پورسلطانی و همکاران ۱۳۸۸). در منطقه بازه حور به دلیل ریزش های جوی فصلی که بیش از ذخیره سطحی و سرعت نفوذ می باشد، مازاد آن به صورت جریان سطحی یا رواناب در سطح زمین جاری می گردد که خود تشکیل دهنده رودخانه های مختلف در این حوضه آبریز می باشد. با توجه به اینکه احداث سد بینالود در این منطقه به منظور ترویج کشاورزی می باشد، لذا کیفیت آب منطقه بسیار حائز اهمیت می باشد. وجود واحدهای تبخیری در بخش های مختلف حوضه و وجود میان لایه های گچی در واحد های مارنی باعث تغییراتی در کیفیت آب منطقه گردیده است. لذا از اهداف این تحقیق تعیین کیفیت و نوع آب از نظر استفاده کشاورزی و شرب کشاورزی، مطالعات رسوب شناسی، شامل شناسایی رخساره های رسوبی، بررسی تغییرات عمودی رخساره ها به یکدیگر و در نهایت ارائه مدل رسوبی است.

روش تحقیق

در این تحقیق، جهت آنالیز دانه سنجی، بررسی فاکتورهای رسوب شناسی و پارامترهای بافتی اندازه دانه (Folk 1980)، تعداد ۲۷ نمونه رسوب با فواصل مشخص از کانال های اصلی، و بعضاً از کانالهای فرعی برداشت گردید. مطالعات دانه سنجی به روش غربال کردن خشک و با فواصل ۰/۵ فی انجام شده و سپس باقیمانده هر نمونه بر روی الک مربوطه با ترازوی دیجیتالی تا حد ۰/۰۰۱ گرم وزن شد. آنالیز اندازه ذرات ریزتر از ۴ فی (سیلت و رس) نیز بر اساس روش هیدرومتری (Lewis & McConchie, 1994) انجام شده است. به منظور تشخیص ترکیب ذرات تشکیل دهنده، و تعیین نسبت درصد آنها با یکدیگر، رسوبات بین ۰ تا ۱ فی با کمک میکروسکوپ بیناکولار مدل ZSM-1001 مطالعه شده است.

ولی با توجه به وجود زونهای دگرگون شده و آذرین، که بر این است که این زون تا هندوکش غربی نیز ادامه دارد (درویش زاده، ۱۳۸۰). از طرفی، نبوی واحد زمین شناسی بینالود را زون تدریجی ایران مرکزی والبرز در نظر می گیرد، زیرا رسوبات و رخساره های پالئوزوئیک این زون شبیه البرز است. حوضه آبریز بینالود نیز جزئی از زون بینالود محسوب شده که دارای اختصاصات چینه شناسی مربوط به دوران سنوزوئیک و آمیزه های افیولیتی که شامل گابرو، دیاباز، گدازه های بالشی و سنگ های افیولیتی می باشد (شکل ۱). بخش وسیعی از این حوضه از افیولیت ملانژهای شمال تربت حیدریه تشکیل شده است، که در قسمتهای جنوبی منطقه گسترش بیشتری دارند (شکل ۲A). در قسمتهای شمالی حوضه ماسه سنگهای قرمز به همراه کنگلومراهای ائوسن رخنمون داشته که تحت تأثیر هوازدگی فیزیکی قرار گرفته است. همچنین برخی از قسمتهای شمالی این حوضه از لیتولوژیهای کم مقاوم مانند مارن به همراه لایه های گچی، ماسه سنگ و توف های سبز رنگ با سن ائوسن، و همچنین آهکهای پلاژیک تشکیل شده است (شکل ۲B-C). در پایین دست حوضه بینالود، بطور عمده رسوبات نئوزن از جنس ماسه سنگ و کنگلومرا که بیشتر مربوط به محیط های قاره ای است، رخنمون دارد. در بخش پایین دست حوضه مارن با لایه های از رسوبات تبخیری همانند گچ نیز رخنمون دارند رسوبات قرمز آواری و سایر لایه های دوران سوم در جنوب حوضه رخنمون داشته، ولی گسترش چندانی ندارند. حوضه آبریز بینالود شامل دو زیر حوضه به نام های بازه حور و کال سیاه بوده، و روند شمالی- جنوبی دارد. (شکل ۱). رودخانه بازه حور از کوه های یال سرخ و کوه غار از کوه های بینالود واقع در جنوب غرب حوضه آبریز سد بینالود سرچشمه گرفته است و با روندی شرقی- غربی به بند انحرافی بازه حور می ریزد. مرتفع ترین نقطه این زیر حوضه نسبت به سطح دریا، مربوط به تشکیلات ائوسن بوده که دارای ارتفاع ۱۹۵۰ متر



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و نقشه زمین شناسی حوضه آبریز بازه حور (اقتباس از نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ تربت حیدریه (علوی تهرانی و واعظی پور ۱۳۷۰) با تغییرات)؛ اشکال لوزی سبز رنگ مکان برداشت نمونه های آب و مثلث ها مکان توالی های رسوبی مطالعه شده را نشان می دهد (جهت توالی های رسوبی به شکل ۱۲ مراجعه شود).

است تعداد ۷ نمونه آب برداشت شده ، که مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفته است (شکل ۱). در تجزیه شیمیایی، یون های سدیم و پتاسیم با دستگاه Flame Photometer Corning ، سولفات توسط دستگاه Spectro Photometer Hack DR ، بقیه کاتیون ها و آنیون ها و همچنین میزان مواد جامد محلول (T.D.S)، سختی کل (T.H) ، شوری کل (نسبت جذب سدیم) (S.A.R)، بوسیله تیتراسیون تعیین گردیده اند. در نهایت جهت تعیین کیفیت از نظر استفاده کشاورزی از طبقه بندی ویل کاکس (Wilcox, 1995) و نوع آب از نمودار تلفیقی پایپر و جهت شرب از نمودار شولر استفاده شده است.

همچنین جهت مطالعه ذرات دانه درشت و نامگذاری رسوبات، از طبقه بندی بلر و مک فرسون استفاده شده است. در نهایت داده های بدست آمده جهت تعیین پارامترهای رسوب شناسی و با بهره گیری از نرم افزار Excel-2013 پردازش و نمودارهای مربوط ترسیم شده است. جهت شناخت احتمالی منشأ رسوبات تعداد ۶۰ نمونه گراولی از رسوبات کانالی، و تعداد ۳۲ نمونه از سنگ های برجای منطقه برداشت گردید، که از این میان تعداد ۳۰ مقطع میکروسکوپی تهیه و با کمک میکروسکوپ پلاریزان مدل KYOWA-ME-POL2 مورد مطالعه قرار گرفته است. همچنین از رودخانه اصلی که دارای جریان آب دائمی

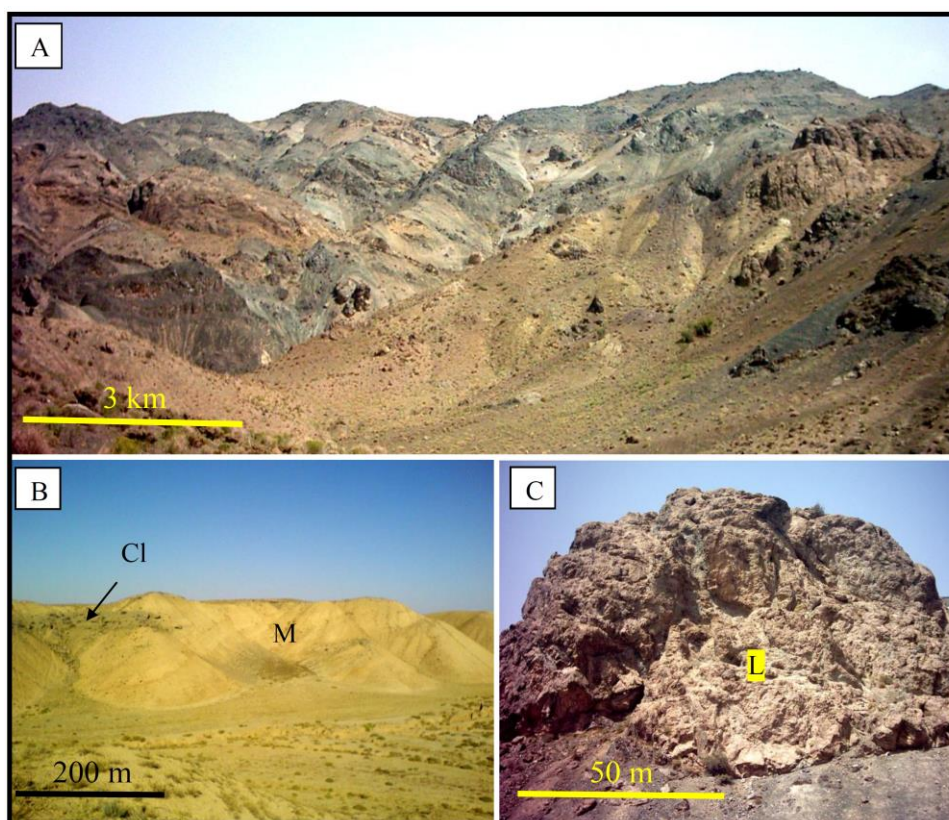
بحث و نتایج

الف- رسوب شناسی رودخانه بازه حور

ارتباط پارامترهای رسوب شناسی با یکدیگر

بر اساس آنالیز رسوبات رودخانه بازه حور (جدول ۱)، تغییرات درصد وزنی گروه های اصلی رسوبات (گراول، ماسه و گل) در طول کانال در شکل ۴ نشان داده شده است. به طور کلی نسبت گراول به ماسه در رودخانه های با بستر گراولی از بالادست به طرف پایین دست کاهش می یابد (Surian 2002). با توجه به اینکه رودخانه بازه حور دارای بستر گراولی است، و از طرفی با در نظر گرفتن مسافت حمل شده (حدود ۱۹

کیلومتر)، از بالا به طرف پایین دست اندازه ذرات روند کاهشی دارد. جورشدگی هیدرولیکی و خرد شدن دانه های گراولی طی حمل و نقل، تغییر شعاع هیدرولیکی، ناپایداری دانه ها در مقابل عوامل فیزیکی و شیمیایی و کاهش شیب در امتداد رودخانه که منجر به کاهش قدرت حمل ذرات دانه درشت در بخش پایین دست رودخانه گردیده است از عوامل مؤثر ریزشوندگی محسوب می گردند (جدول ۱). اما درمقابل سیلابهای فصلی و ورود سرشاخه های فرعی باعث افزایش قدرت حمل شده که باعث رسوبگذاری رسوبات دانه درشت گراولی بطور موضعی در طول رودخانه شده است.



شکل ۲- A- نمایی از گستردگی آمیزه رنگین در منطقه؛ B: کنگلومرا (CI)، سازند نرم فرسای مارنی (M) با لایه گچی؛ C) آهک پلاژیک (L)

تأثیر واحدهای زمین شناسی بر کیفیت آب حوضه آبریز بازه حور، با تأکید بر مطالعات رسوب شناسی

جدول ۱- مشخصات مکان نمونه های رسوبی برداشت شده، و نتایج آنالیز رسوبات کانال اصلی بازه حور

نمونه	فاصله تا مبدا (کیلومتر)	ارتفاع (متر)	شیب %	گراول %	ماسه %	گل %	میانگین (فی)	میانه (فی)
۱	۰	۲۱۰۰	۴	۹۲/۰۶	۷/۸۳	۰/۱۱	-۴/۰۳	-۴/۵
۳	۱/۵	۱۹۷۰	۳/۸	۸۷/۹۴	۱۱/۸۸	۰/۱۷	-۲/۸۳	-۳/۳
۵	۲/۹	۱۹۳۰	۳/۶	۸۴/۸۱	۱۳/۹۴	۱/۲۶	-۲/۸۲	-۳/۲۵
۷	۴/۳	۱۸۸۱	۳/۵	۸۳/۲۷	۱۶/۶۶	۰/۰۱۲	-۲/۵۶	-۳/۲
۹	۵/۹	۱۸۵۰	۳/۳	۷۹/۹۵	۱۹/۵۳	۰/۲	-۰/۴۵	-۳/۲
۱۱	۷/۵	۱۸۱۹	۳/۲۵	۷۵/۹۶	۲۳/۰۹	۰/۹۱	-۱/۸	-۲/۲
۱۳	۹	۱۷۹۷	۳/۱۱	۷۰/۶۷	۲۷/۹۳	۱/۵	-۱/۴۳	-۱/۷۵
۱۵	۱۰/۶	۱۷۷۵	۳/۱	۷۰/۴۷	۲۸/۲۵	۱/۲۶	-۲/۱۱	-۲
۱۷	۱۲/۱	۱۷۴۰	۲/۹۸	۶۵/۱	۳۳/۷۶	۱/۲	-۱/۲	-۱/۶
۱۹	۱۴	۱۷۱۰	۲/۹۲	۶۳/۸	۳۴/۱۱	۲/۰۴	-۱	-۱/۳
۲۱	۱۵/۳	۱۶۸۰	۲/۸۵	۶۲/۸۵	۳۶/۸۱	۰/۳	-۱/۰۲	-۱
۲۳	۱۶/۵	۱۶۵۰	۲/۷۹	۵۷/۶۱	۴۰/۸۳	۱/۵۴	-۰/۶۶	-۱
۲۵	۱۷/۹	۱۶۱۰	۲/۶۸	۵۳/۷۶	۴۴/۷۸	۱/۵	-۰/۶۶	-۰/۷۵
۲۷	۱۸/۴	۱۵۸۰	۲/۶۰	۵۱/۲۹	۴۵/۸۲	۲/۹	-۰/۵	-۰/۵

جدول ۲- ترکیب سنگ شناسی رسوبات بین ۰ تا ۱ فی بر حسب درصد، رودخانه بازه حور

نمونه	فاصله از مبدا	خرده سنگ های رسوبی	خرده سنگ های آذرین	کانی های ثانویه (کلسیت، تالک و خرده های اکسید آهن)
۱	۰	۱۶	۷۴	۱۰
۳	۱/۵	۱۴	۷۴	۱۲
۵	۲/۹	۱۴	۷۶	۱۰
۷	۴/۳	۱۲	۷۵	۱۳
۹	۵/۹	۱۵	۷۷	۸
۱۱	۷/۵	۱۰	۸۰	۱۰
۱۳	۹	۱۰	۷۸	۱۲
۱۵	۱۰/۶	۱۰	۸۲	۸
۱۷	۱۲/۱	۱۰	۸۰	۱۰
۱۹	۱۴	۹	۸۱	۱۰
۲۱	۱۵/۳	۷	۸۳	۱۰
۲۳	۱۶/۵	۱۰	۸۲	۸
۲۵	۱۷/۹	۱۰	۸۰	۱۰
۲۷	۱۸/۴	۶	۸۲	۱۲
میانگین	---	۱۰/۵۳	۷۸/۸۶	۱۰/۲

جدول ۳- درصد ذرات و نوع رسوبات شناسایی شده در رودخانه بازه حور بر اساس نامگذاری فولک (۱۹۸۰)، و بلر و مک فرسون (۱۹۹۹).

شماره نمونه	فاصله از مبدأ (کیلومتر)	گراول (%)	ماسه (%)	نسبت گراول به ماسه (%)	فولک	بلر و مک فرسون
۱	۰	۹۲/۰۶	۷/۸۳	۱۱/۷۵	گراول	گراول
۳	۱/۵	۸۷/۹۴	۱۱/۸۸	۷/۴۰	گراول	گراول با کمی ماسه
۵	۲/۹	۸۴/۸۱	۱۳/۹۴	۶/۰۸	گراول	گراول با کمی ماسه
۷	۴/۳	۸۳/۲۷	۱۶/۶۶	۴/۹۹	گراول	گراول با کمی ماسه
۹	۵/۹	۷۹/۹۵	۱۹/۵۳	۴/۰۹	گراول ماسه ای	گراول با کمی ماسه
۱۱	۷/۵	۷۵/۹۶	۲۳/۰۹	۳/۲۹	گراول ماسه ای	گراول با کمی ماسه
۱۳	۹	۷۰/۶۷	۲۷/۹۳	۲/۵۳	گراول ماسه ای	گراول ماسه ای
۱۵	۱۰/۶	۷۰/۴۷	۲۸/۲۵	۲/۴۹	گراول ماسه ای	گراول ماسه ای
۱۷	۱۲/۱	۶۵/۱	۳۳/۷۶	۱/۹۳	گراول ماسه ای	گراول ماسه ای
۱۹	۱۴	۶۳/۸	۳۴/۱۱	۱/۸۷	گراول ماسه ای	گراول ماسه ای
۲۱	۱۵/۳	۶۲/۸۵	۳۶/۸۱	۱/۷۰	گراول ماسه ای	گراول ماسه ای
۲۳	۱۶/۵	۵۷/۶۱	۴۰/۸۳	۱/۴۱	گراول ماسه ای	گراول ماسه ای
۲۵	۱۷/۹	۵۳/۷۶	۴۴/۷۸	۱/۲۰	گراول ماسه ای	گراول ماسه ای
۲۷	۱۸/۴	۵۱/۲۹	۴۵/۸۲	۱/۱۲	گراول ماسه ای	گراول ماسه ای

در بالادست رودخانه بیشترین فراوانی در اندازه گراول مربوط به پیل ها بوده، که بیش از ۸۰ درصد است. در مقابل میزان ماسه افزایش یافته، بطوریکه میزان ماسه در بالادست ۷/۸۳ درصد بوده، و به طرف پایین دست به ۴۵/۸۲ درصد افزایش می یابد. رسوبات گلی بین ۰ تا ۳ درصد در نوسان است، که غیر از چند تغییر جزئی، روند شاخصی را از خود

تغییر رخساره های ماسه ای به گراولی در بخشهای میانی رودخانه حاکی از تغییرات ناگهانی شدت جریان است، که عوامل مذکور از مؤثرترین آنها می باشند. همانطور که در جدول ۳ و شکل ۳ نشان داده شده است، در بالا دست رودخانه میزان گراول ۹۲/۰۶ درصد بوده که این میزان در محل بند رودخانه به ۵۱/۲۹ درصد کاهش یافته است.

به سمت بند بازه حور از درصد پیل کاسته شده و بر درصد ماسه افزوده شده است. بطور کلی اغلب نمونه ها دارای جورشدگی بد بوده که علت آن کوتاه بودن زمان حمل، و همچنین تغییرات ناگهانی انرژی، که باعث رسوبگذاری توأم رسوبات دانه ریز و دانه درشت گردیده، دانست. بطور عمده رسوبات گراولی، جورشدگی نسبتاً بد (۱/۸۳۰ فی) دارند.

رسوبات رودخانه بازه حور از بالادست به سمت پایین دست، از جورشدگی بسیار بد (۲/۱۳۳ فی) به جورشدگی بد (۱/۱۲۵ فی) تغییر می یابد، که ناشی از کاهش درصد گراول و افزایش میزان ماسه می باشد (شکل ۵A).

جهت تعیین پارامتر کج شدگی از نمودار ترسیمی جامع فولک (Folk, 1980)، استفاده شده است (جدول ۴؛ شکل ۵B). همانطور که مشاهده می گردد، اغلب نمونه ها دارای کج شدگی مثبت می باشند، که می توان به وجود مقدار زیادی ذرات دانه ریز نسبت داد. متوسط کج شدگی تمام نمونه ها در حدود ۰/۲۵۳ (کج شدگی مثبت) است. تغییرات پارامترهای رسوبی، همچون جورشدگی و کج شدگی که در طول کانال ایجاد شده است، احتمالاً ناشی از ورود سر شاخه های فرعی به رودخانه اصلی، و همچنین تغییرات سنگ شناسی است.

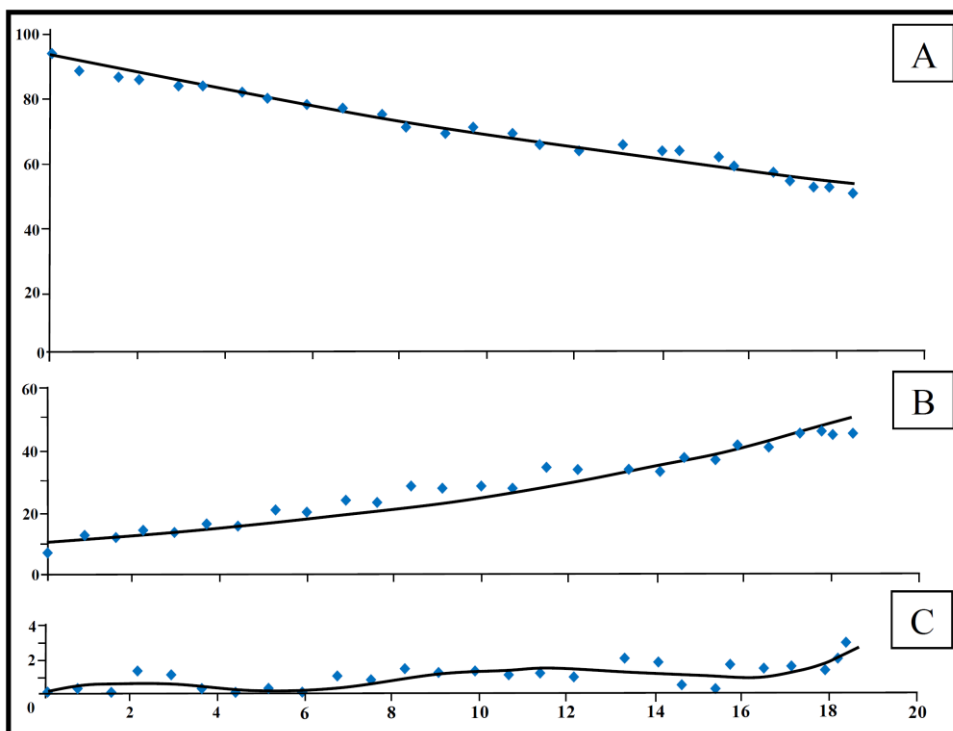
پارامتر کشیدگی بطور عمده متوسط (۰/۹۴۶) است، که ناشی از تغییرات جورشدگی ذرات در طول کانال است. ورود آبراهه های فرعی و ورود رسوبات آنها به کانال اصلی باعث تغییرات پارامترهای فوق گردیده است. (شکل ۵C).

نشان نمی دهد. بنابراین در بالادست نسبت گراول به ماسه از ۱۱/۷۵ درصد به ۱/۱۲ درصد کاهش یافته که این خود در نوع رسوبات تأثیر گذار است، بطوریکه بر اساس طبقه بندی فولک (Folk, 1980).

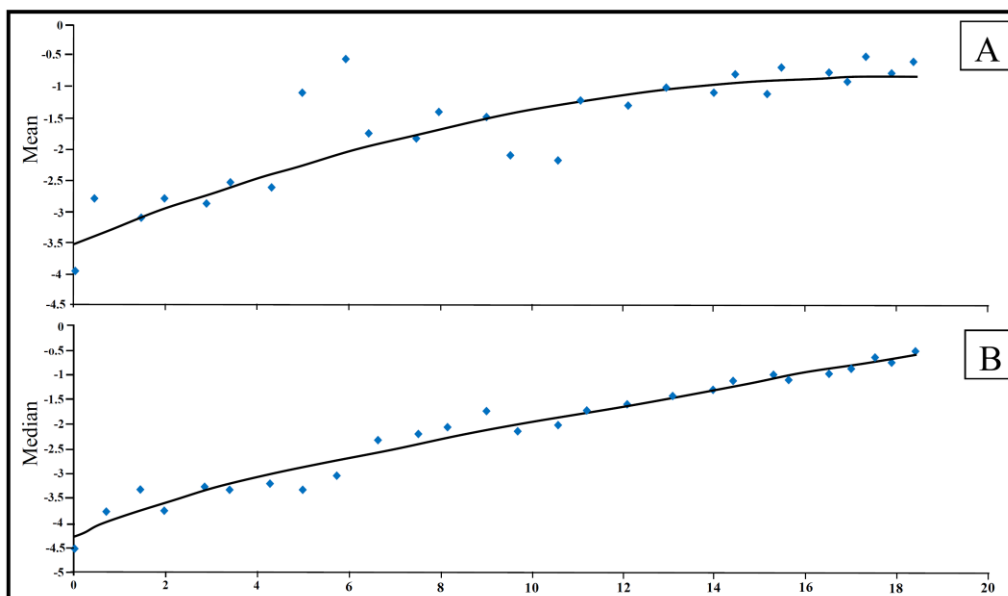
در بالادست رسوبات از گراول تا گراول ماسه ای در پایین دست تغییر می یابد. نرخ ریزشوندگی ذرات به طرف پائین دست رودخانه، را می توان مرتبط به ناپایداری قطعات (خرده سنگ و کانیهای ناپایدار) (جدول ۲) و سایش آنها طی حمل و نقل، و جورشدگی هیدرولیکی به طرف پایین دست دانست. افزایش درصد وزنی ذرات دانه ریز (ماسه و رس)، و در مقابل کاهش درصد وزنی رسوبات ذرات دانه درشت (گراول) بطرف پایین دست، باعث کاهش میانه و میانگین گردیده است (شکل ۴).

بعلت اینکه اغلب نمونه ها نامتقارن مثبت می باشند در این حالت نما کمتر از میانه، و میانه کمتر از میانگین می باشد. همچنین مقدار میانه در روی منحنی تجمعی در نقطه ۵۰ درصد قرار گرفته، و پراکندگی اندازه ذرات اغلب بایمدال (شامل پیل و گرانول) است. لذا بر اساس نمودارهای رسم شده، میانگین تمام نمونه ها از میانه بزرگتر است. همینطور از بالادست به طرف پائین دست میزان ریزشوندگی افزایش یافته و اختلاف بین میانگین و میانه (برحسب فی) کاهش می یابد. بنابراین با نزدیک شدن میانگین به میانه، نتیجه می شود که به طرف پایین دست، نسبت رسوبات درشت دانه به ریز دانه کاهش می یابد. از دیگر پارامترهای مورد بررسی جورشدگی رسوبات است (جدول ۴).

جورشدگی نمونه از بالادست به طرف پایین دست، از جورشدگی متوسط تا بسیار بد در تغییر می باشد. زیرا



شکل ۳- تغییرات وزنی ذرات رسوبی در کانال اصلی بازه حور، (A) گراوال، (B) ماسه، (C) گل (محور افقی فاصله بر حسب کیلومتر و محور عمودی درصد وزنی ذرات را نشان می دهد).



شکل ۴- نمودار تغییرات طولی پارامترهای میانگین (A)، و میانه (B) رسوبات رودخانه بازه حور (محور افقی فاصله بر حسب کیلومتر، و محور عمودی بر حسب فی است).

جدول ۴- توصیف و تفسیر پارامترهای بافتی رسوبات رودخانه بازه حور

شماره نمونه	کج شدگی (SKG)		کشیدگی (KG)		جورشدگی (σI)	
	فی	توصیفی	فی	توصیفی	فی	توصیفی
۱	۰/۴۸۷	خیلی مثبت	۱/۲۹۰	کشیده	۱/۸۵۴	بد
۳	۰/۴۳۱	خیلی مثبت	۱/۰۵۹	متوسط	۱/۸۲۱	بد
۵	۰/۴۲۳	خیلی مثبت	۱/۱۹۶	کشیده	۲/۱۳۳	بسیار بد
۷	۰/۳۹۳	خیلی مثبت	۰/۸۱۹	پهن	۲/۱۳۴	بسیار بد
۹	۰/۵۰۹	خیلی مثبت	۰/۸۱۹	پهن	۰/۹۳۹	متوسط
۱۱	۰/۲۲۷	مثبت	۰/۹۸۶	متوسط	۱/۷۸۴	بد
۱۳	۰/۱۵۳	مثبت	۱/۱۵۸	کشیده	۱/۹۹۷	بد
۱۵	۰/۰۳۲	متقارن	۰/۸۱۹	پهن	۲/۶۷۲	بسیار بد
۱۷	۰/۲۶۱	مثبت	۰/۷۶	پهن	۲/۱۳۴	بسیار بد
۱۹	۰/۲۰۹	مثبت	۰/۸۳	پهن	۲/۲۳۵	بسیار بد
۲۱	۰/۰۵۳	متقارن	۰/۸۵	پهن	۱/۶۸	بد
۲۳	۰/۱۷۶	مثبت	۰/۶۹۹	پهن	۱/۴۷۳	بسیار بد
۲۵	۰/۱۲۸	مثبت	۱/۰۰۱	متوسط	۱/۶۴۵	بد
۲۷	۰/۰۷۱	متقارن	۰/۹۵۶	متوسط	۱/۱۲۵	بد
میانگین	۰/۲۵۳	مثبت	۰/۹۴۶	متوسط	۱/۸۳۰	بد

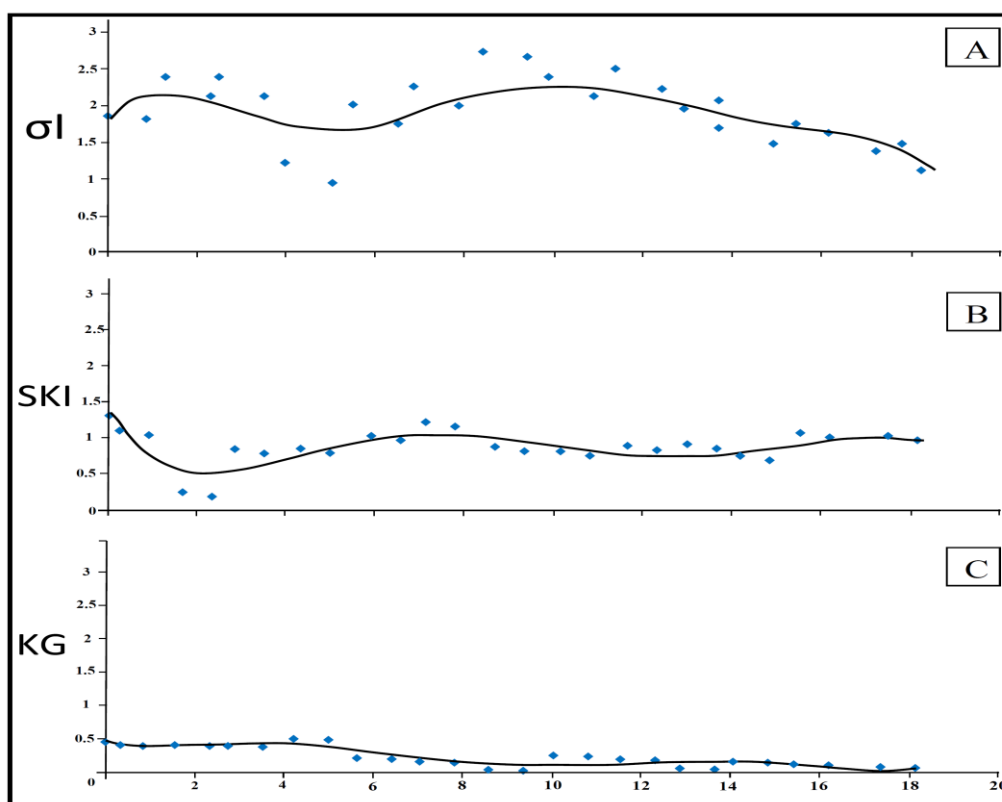
ترکیب دانه های رسوبی

با توجه به ترکیب سنگ شناسی منطقه (شکل ۱)، آمیزه های رنگین در بخش جنوبی گسترش بیشتری داشته، در صورتیکه سنگ های آهکی در بخش بالادست حوضه گسترش دارند. مطالعات پتروگرافی انجام شده بر روی

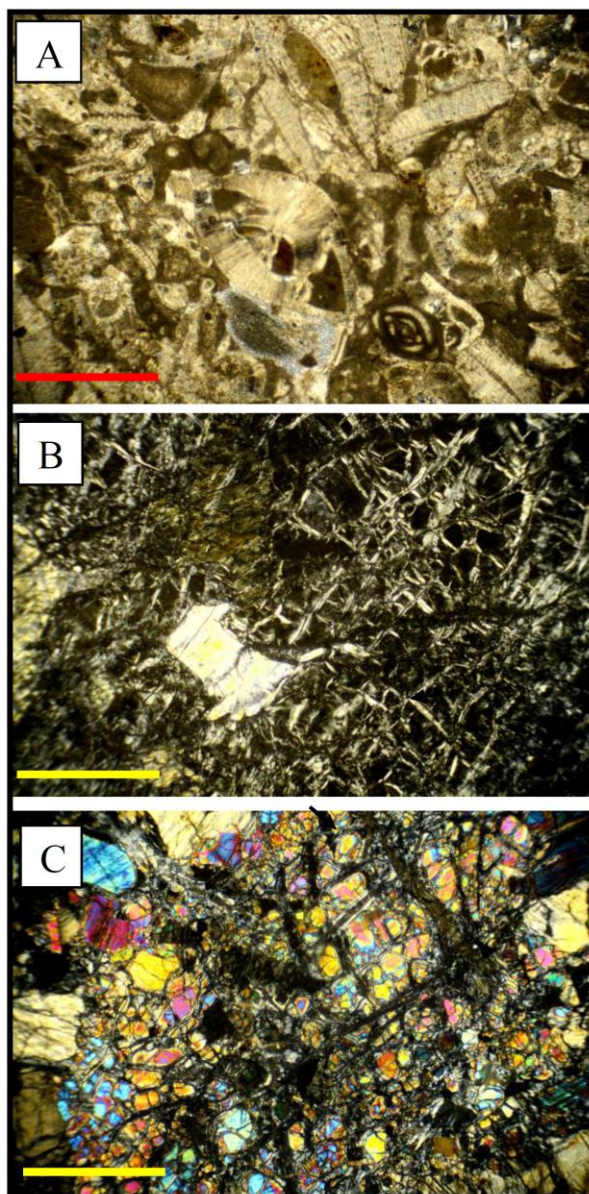
برخی قطعات رسوبی حمل شده توسط رودخانه، نشان دهنده نوع لیتولوژی منشأ می باشد (شکل ۶). همچنین رسوبات ماسه ای (۰ تا ۱ فی) را با کمک میکروسکوپ بیناکولار مورد مطالعه قرار داده که در نهایت ۳ گروه آذرین (عمدتاً پریدوتیت، هارزبورگیت)، رسوبی (سنگ آهک

بطوریکه خرده سنگهای آذرین بیش از ۸۲ درصد، آهکی ۶ درصد و کانی ها ثانویه در حدود ۱۲ درصد می باشند. نتایج حاصل نشانگر آن است که عمده رسوبات در طول کانال، منشأ بازیک و فوق بازیک با میانگین ۷۸/۸۶ درصد داشته، که ناشی از گستردگی این نوع سنگ ها در منطقه است (شکل ۷).

پلاژیک) و کانی های دیگر (کلسیت، تالک و خرده های اکسید آهن) شناسایی گردیدند (جدول ۲). در قسمت بالادست مهمترین گرانول ها خرده سنگ های بازیک و فوق بازیک افیولیتی با بیش از ۷۴ درصد، بخش آهکی حدود ۱۶ درصد و کانی های دیگر همانند کلسیت، تالک و خرده های اکسید آهن نیز ۱۰ درصد می باشند. میزان گرانول ها در پایین دست رودخانه تغییر یافته،



شکل ۵- نمودار تغییرات پارامترهای بافتی رسوبات رودخانه بازه حور؛ جورشدگی (A)، کج شدگی (B)، کشیدگی (C)، محور افقی طول بر حسب کیلومتر است. (جهت توضیح بیشتر به متن مراجعه شود.)

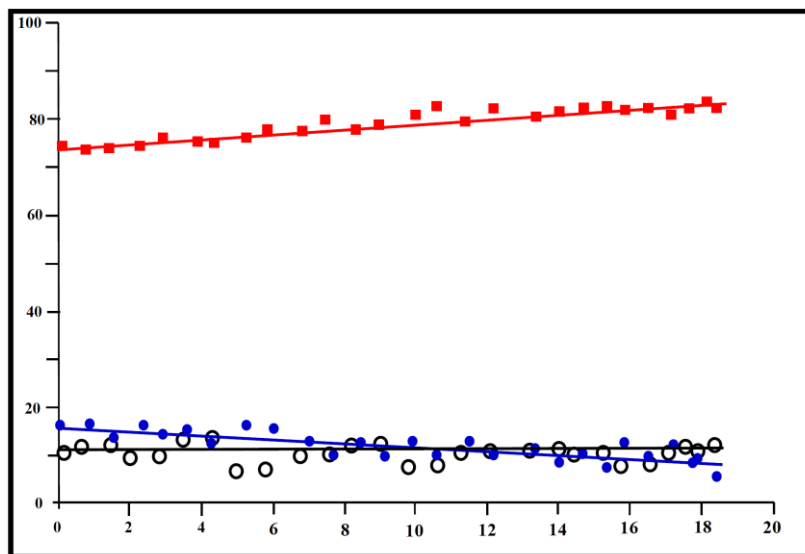


شکل ۶- تصاویر میکروسکوپی برخی از سنگهای زیر حوضه رودخانه بازه حور که در حالت XPL تهیه شده است. (A) وکستون گلوبوترونکانادار، (B) سرپانتینیت، (C) الوین گابرو (اندازه خطوط مقیاس ۱ میلیمتر است).

لایه‌بندی شده با ویژگیهای ساختاری رسوبی و دامنه محدودی از اندازه ذرات، ضخامت لایه‌ها و حتی تشخیص بافت یا در برخی موارد رنگ، شناسایی و توصیف کرد (Miall, 1996).

رخساره‌های رسوبی

مشخصه‌های رخساره‌های سنگی یک مجموعه رسوبی، بهترین معیار برای تعیین شرایط هیدرودینامیک و نحوه انتقال رسوب محسوب می‌شوند (Zongkui, 2009). رخساره‌های سنگی را می‌توان به وسیله وجود واحدهای



شکل ۷- تغییرات سنگ شناسی گرانول ها به طرف پایین دست رودخانه بازه حوره، نقاط قرمز سنگهای آذرین، نقاط آبی سنگهای رسوبی و دواير سیاه توخالی کانیهای دیگر را نشان می دهد. (محور افقی فاصله بر حسب کیلومتر و محور عمودی درصد وزنی را نشان می دهد).

قالب اصلی این رخساره از ذرات گراول ریزدانه تا حد ذراتی به قطر ۲۵ سانتی متر تشکیل یافته است که توسط سیمانی سست و متشکل از ذرات ریزتر به یکدیگر چسبیده‌اند. بخش زیرین این رخساره فرسایش بوده و بر روی رخساره Gmm قرار گرفته است. عمده قطعات در این رخساره فابریک ایمبریکاسیون داشته که نشانه جریان یک طرفه می باشد. بیشتر این رخساره حالت کشیده دارند. در برخی مناطق زبانه هایی از رخساره ای ماسه ای Sh در میان این رخساره نهشته شده است. (شکل ۸A). این رخساره نسبت به دیگر رخساره های گراولی شناسایی شده جورشدگی بهتری داشته و قطعات دارای سائیدگی خوبی می باشند. وجود زبانه های ماسه ای نشان دهنده تغییر انرژی و شدت جریان در زمان تشکیل آنها می باشد. جورشدگی نسبتا خوب و قطعات سائیده حاکی از نهشته شدن این رسوبات در بستر طولی رودخانه، و حاصل غربال شدن رسوبات برجای مانده است (Miall, 1996). رخساره Gmm (گراول ماتریکس افزون با طبقه بندی توده ای): این رخساره

بر اساس تقسیم بندی میال (Miall 1996, 2000)، در طول رودخانه بازه حور سه مجموعه رخساره ای گراولی، ماسه ای و گلی شناسایی شده، که از بالادست به پایین دست به یکدیگر تبدیل شده اند. بطوریکه در بالادست عمده رخساره ها از نوع گراولی بوده، اما در میانه رودخانه رخساره ماسه ای غالب است، و در پایین دست، رخساره غالب از نوع گلی است. گرچه در هر یک از بخشهای رودخانه اعم از بالادست، میانه رودخانه و پایین دست رخساره های دیگر با رخساره غالب بصورت عدسی، تدریجی نهشته شده است. حضور رخساره های مختلف احتمالا در اثر تغییر شرایط رسوبگذاری حادث شده است.

مجموعه رخساره گراولی شامل ۴ رخساره Gmm, Gmg, Gh و Gt. مجموعه رخساره ماسه ای شامل ۲ رخساره Sh و Sl، و مجموعه رخساره گلی شامل ۳ رخساره Fl, Fr و Fm است.

رخساره های گراولی

رخساره Gh (گراول دانه افزودن با لایه بندی افقی):

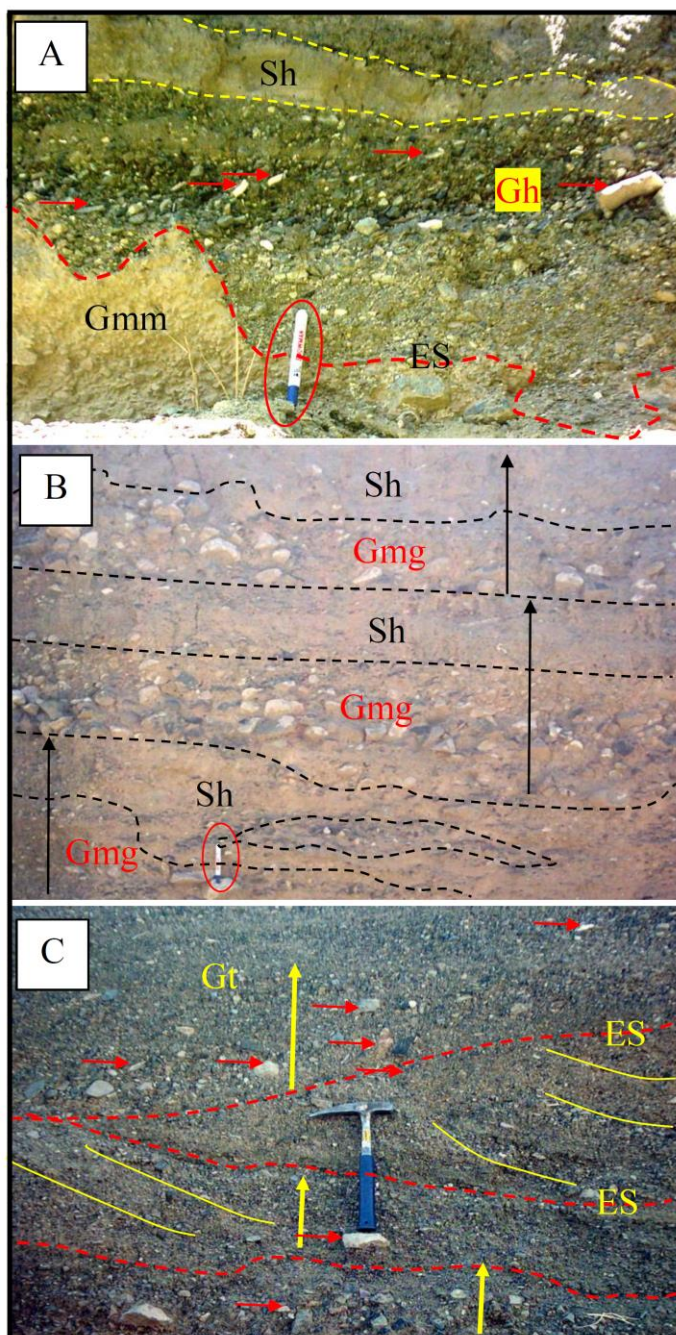
سیلاب‌های به وقوع پیوسته در مناطق خشک نسبت می‌دهند. بدین ترتیب که رخساره **Gmm** در این منطقه در جریانی سریعتر برجای گذاشته شده و به همین علت شکل توده ای پیدا کرده است، در صورتیکه رخساره **Gmg** به خاطر کاهش و یا افزایش انرژی بصورت یکنواخت، دارای طبقه بندی تدریجی می باشد (مثال: پورسلطانی و معینی صالح، ۱۳۹۱).

رخساره Gt (گراول دارای لایه بندی افقی): رخساره در بخش بالا دست رودخانه بازه حور شناسایی شده است. قطعات تشکیل دهنده از گرانول تا کابل در تغییر است. سیمان پرکننده بین ذرات را بطوره عمده ماسه پر نموده است. بسیاری از قطعات جهت یافتگی دارند، که بیان کننده ته نشست طی حمل و نقل رودخانه است (شکل ۸C). ساخت رسوبی عمده در این رخساره نوع متقاطع از نوع تراف است.

به دلیل اینکه این نوع رسوبات پر کننده کانال ها می باشند (Miall, 1996)، لذا در برخی قسمتها ضخامت آن به بیش از ۱/۵ می رسد. سطح زیرین هر یک از لایه ها با لایه زیرین فرسایشی بوده که نشان دهنده جریانات متعدد می باشد. **رخساره های ماسه ای** این نوع رخساره‌ها در سیستمهای رودخانه‌ای، حاصل حمل و نقل ماسه توسط جریانهای کششی و ثقلی، تشکیل می شوند (Miall, 1996). مورفولوژی اشکال لایه ای در این رخساره به عواملی همچون اندازه ذرات، عمق جریان، سرعت جریان، ویسکوزیته جریان و درجه حرارت سیال بستگی دارد (Miall 1996, 2000). مجموعه رخساره‌های ماسه‌ای را می‌توان به صورت‌های مختلفی چون پرشدگی کانال، تجمع روی سطوح جانبی و مهاجرت نرمال جانبی رود مشاهده و تفسیر نمود (Patricio et

نمایش دهنده طبقات ضخیمی است که حالت توده ای داشته و بطور عمده از ماتریکس تشکیل شده است. در این رخساره، رسوبات دانه ریز ماسه ای و گلی فضای بین دانه های گراولی را پر کرده اند. این رسوبات فاقد لایه بندی است. دارای جورشدگی بسیار ضعیف و ساختمان بهم ریخته بوده، که نشان دهنده حمل و نقل کوتاه و نزدیک به منشأ می باشد. ضخامت این رخساره از ۵۰ تا ۸۰ سانتیمتر در تغییر است. اندازه گراول ها نیز از گرانول تا بولدر در تغییر بوده و کاملاً زاویه دار می باشند (شکل ۸A). تشکیل این رخساره در این منطقه می‌تواند در کانال‌ها، سدها و اشکال لایه‌ای گراولی و اشکال حاصل از جریانهای رسوبی ثقلی صورت گرفته باشد (Blair & McPherson, 1999).

رخساره Gmg (گراول ماتریکس افزون با طبقه بندی تدریجی): این رخساره طبقاتی را شامل شده که ماتریکس آن نسبت به دانه ها از فراوانی بیشتری برخوردار است. ضخامت ای رخساره ها از ۵۰ سانتی متر تجاوز نمی کند. دانه ها دارای نیمه گرد شده بوده و از گرانول تا کابل در تغییر است. ساخت رسوبی غالب در این رخساره طبقه بندی تدریجی نرمال است، بطوریکه در هر توالی رسوبی به رخساره **Sh** ختم می گردد (شکل ۸B). این رخساره در شرایطی مشابه با رخساره **Gmm** تشکیل می شود و تفاوت آن ها در قدرت جریان است. (Deynoux et al., 2005) و (Rengers & Wohl, 2007) معتقدند که علت تشکیل طبقه بندی تدریجی در این رخساره، پایین بودن قدرت جریان حمل رسوب نسبت به رخساره **Gmm** است. مارون و همکارانش (Marwan et al., 2009) نیز علت فراوانی رخساره‌های گراول ماتریکس افزون و رخساره‌های گراول دانه افزون با جورشدگی ضعیف را به بالابودن نرخ بار رسوبی در



شکل ۸- انواع رخساره های گراولی رودخانه بازه حور در بخش های مختلف کانال مربوط به بالادست رودخانه؛ (A) رخساره های گراولی Gmm و Gh، که رخساره ماسه ای Sh بصورت زبانه ای به همراه رخساره Gh، پیکانهای قرمز رنگ فابریک ایمبریکاسیون، که نشان دهنده جهت جریان است را نشان می دهد. اندازه مقیاس (ماژیک) داخل بیضی قرمز، ۲۲ سانتیمتر است. سطح فرسایشی (ES) در بخش زیرین که بر روی رخساره رسوبی قدیمی تر تشکیل شده نیز با خط چین قرمز مشخص است. (B) رخساره های گراولی نوع Gmg که با رخساره ماسه ای Sh تناوب دارد. این تناوب رو به بالا ریز شونده (دانه بندی تدریجی نرمال) را نشان می دهد. اندازه مقیاس (ماژیک) داخل بیضی قرمز، ۲۲ سانتیمتر است. (C) رخساره Gt با ساخت رسوبی تراف (خطوط زرد). پیکان های قرمز جهت یافتگی قطعات را نشان داده، و پیکان های زرد ساخت رسوبی دانه بندی تدریجی از نوع نرمال را نشان می دهند. سطوح فرسایشی (ES) با نقطه چین قرمز مشخص است.

(al., 2009). در قسمت های میانی و پایین دست رودخانه بازه حور، در حواشی کانال اصلی رخساره های ماسه ای مورد شناسایی قرار گرفت که در زیر مورد بحث قرار می گیرند.

رخساره SI (ماسه با لامینه متقاطع با زاویه کم): این رخساره از مجموعه ماسه سنگ ریزدانه ای تشکیل یافته است که اندازه ذرات آن در حد ماسه متوسط تا بسیار ریز با جورشدگی نسبتاً خوب بوده، گرچه در برخی قسمت ها وجود دانه های درشت تر در حد پیل جورشدگی این رخساره را تا حد ضعیف کاهش می دهد. شکل این رخساره عمدتاً بصورت کشیده است (شکل 9A). وجود پیل در این رخساره می تواند نتیجه فرسایش دیوارهای کانال رودخانه باشد (Singer 2008). ضخامت این رخساره بین ۱۰ تا ۳۰ سانتیمتر تغییر می کند. ساختمان های موجود در این رخساره که اغلب از نوع لایه بندی مورب با زاویه کم بوده است. علت تشکیل این دو رخساره، فرسایش یافتن سطح دون ها بر اثر کاهش سطح آب، و افت انرژی بوده که بر اثر حرکت دون های ماسه ای و بر روی یک سطح فرسایشی تشکیل شده اند (Miall 1996; Gani & Alam 2004; Kostic et al., 2005).

در بیشتر توالی های رسوبی این رخساره با رخساره های گلی همراه بوده که نشان از کاهش انرژی می باشد. در رودخانه بازه حور تشکیل این نوع رخساره را می توان مربوط به بستر ماسه ای رودخانه نسبت داد (Long 2006).

رخساره Sh (ماسه ای با لامینه های افقی): از اختصاصات رخساره Sh می توان به افقی بودن لایه ها و وجود جدایش خطی در سطح لایه بندی اشاره نمود. ذرات تشکیل دهنده این رخساره از ماسه بسیار ریز تا ریز تغییر می کند. ضخامت این رخساره در بسیاری از بخشهای رودخانه از ۱۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر تغییر می کند. لامیناسیون، ساخت

رسوبی غالب موجود در این رخساره است (شکل های A- B و 9C). این رخساره بطور عمده به همراه رخساره های گلی نهشته شده است. وجود ذرات بسیار ریز ماسه و افقی بودن لایه ها و لامیناسیون را می توان به مرحله حد واسط و ابتدایی، جریان با رژیم جریان بالا، زمانیکه بستر مسطح در حال شکل گیری بوده، نسبت داد (Fisher, 1971).

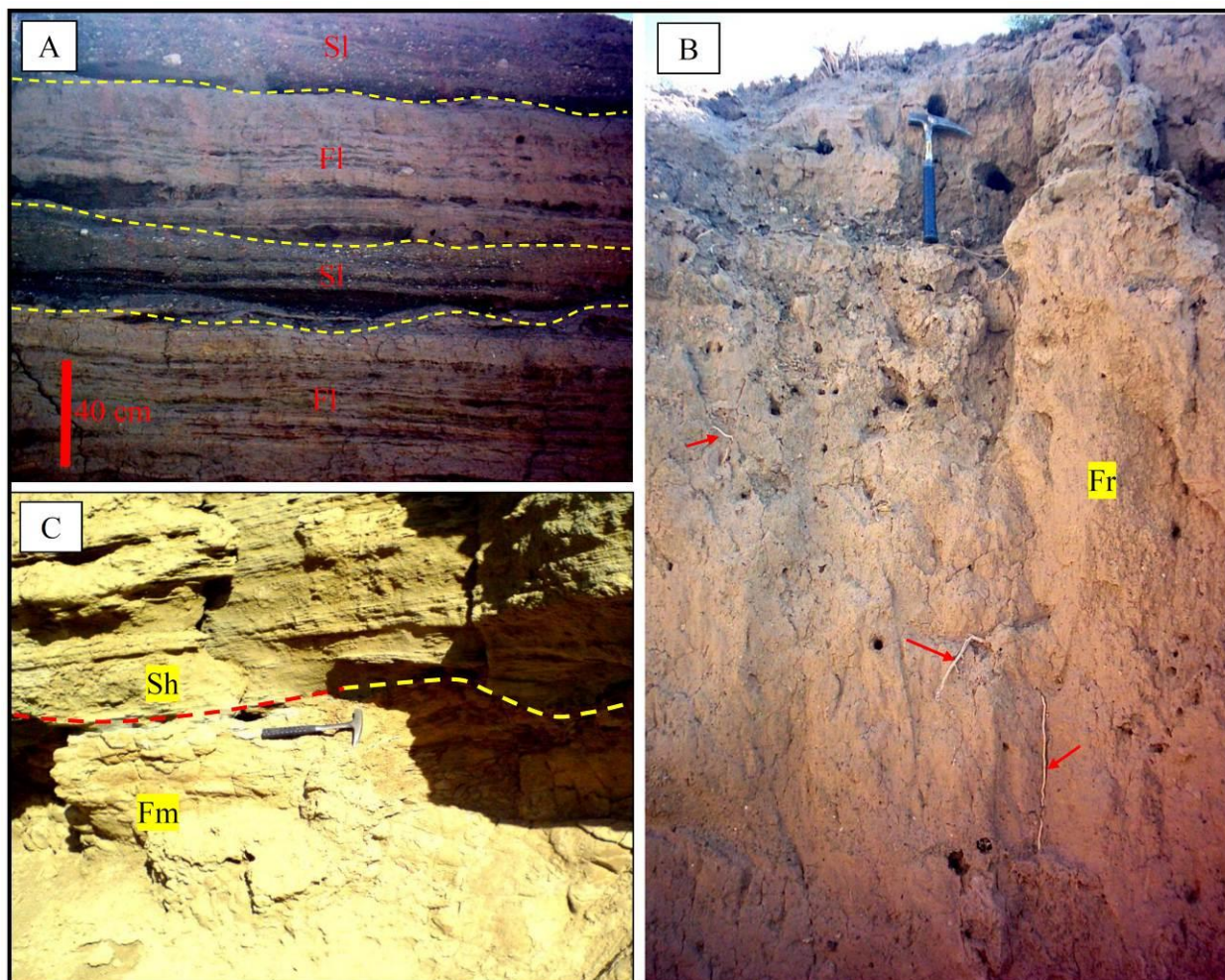
رخساره های گلی

رخساره های گلی در رودخانه های مآندری، در دشت سیلابی رودخانه ها، و هنگامی که انرژی به حداقل می رسد، تشکیل می شوند. رخساره های رسوبی گلی شناسایی شده در رودخانه بازه حور شامل Fr، Fm، FI و Fr بوده، که بطور عمده مربوط به بخشهای پایین دست رودخانه است.

رخساره FI: این رخساره به صورت طبقات نازک لایه گلی حاوی ذرات سیلت است. ساخت رسوبی عمده آن لامیناسیون است، گرچه در برخی قسمت ها اثراتی از ریپل های بسیار کوچک شناسایی شده است. این رخساره دارای امتداد زیادی بوده و ضخامتهای بیش از ۵۰ سانتیمتر دارد. در رسوبات رودخانه بازه حور، این رخساره بیشتر همراه با رخساره ماسه ای SI نهشته شده است (شکل 9A).

وجود ساختمانهای رسوبی فوق در این رخساره مؤید تشکیل آن در شرایط آرام رسوبگذاری است. پاتریکو و همکاران (Patricio et al., 2009)، مکانیزم تشکیل این رخساره را طی طغیان رودخانه، و رسوبگذاری در دشت سیلابی دانسته اند.

در بسیاری موارد این رخساره به رخساره های گلی دیگر همچون Fr ختم می گردد. رسوبگذاری این رخساره ها به فرم معلق و تا حدودی کششی ضعیف انجام شده است (Heitmuller & Hudson 2009).



شکل ۹- A) رخساره های ماسه ای بخش های میانی رودخانه بازه حور (SI) که همراه رخساره گلی (FI) بطور متناوب نهشته شده است. B) رخساره گلی (Fr) مربوط به بخش پایین دست رودخانه بازه حور، که فعالیت های زیستی (گیاهی) باعث بهم ریختگی و توده ای این رخساره شده است. C) رخساره گلی Fm و رخساره ماسه ای Sh که در بخش های پایین دست حوضه بر جا گذاشته شده اند.

و یا رسوبات دانه درشت تر شناسایی شده است. در بسیاری موارد بر اثر فرسایش سطحی این رخساره ضخامت واقعی از خود نشان نداده ولی حداکثر ضخامت اندازه گیری شده در رودخانه بازه حور تا ۲ متر نیز می رسد (شکل ۹B). وجود این رخساره نشان دهنده کاهش شدت انرژی و وجود دوره آرامش در زمان رسوبگذاری است. میال (Miall 1996)

رخساره Fr:

این رخساره با ترکیب در حد گل و یا همراه ذرات سیلتی، معرف طبقات گلی توده ای، دارای آثار ریشه گیاهان، با لایه بندی بسیار ضعیف، و یا فاقد هر گونه ساخت رسوبی است. در این رخساره بطور احتمالی برخی از ساختمان های رسوبی اولیه نیز بر اثر فعالیت های زیستی گیاهان از بین رفته است. این رخساره در بخش های فوقانی رسوبات گلی

این رخساره را به صورت خاک اولیه یا تشکیل در بستر اصلی نیز تفسیر نموده است.

رخساره Fm:

این رخساره در برخی از بخش هایی از کانال رودخانه، با ضخامت های متفاوت، و گسترش جانبی نسبتاً زیاد، خصوصاً در بخش پایین دست شناسایی شده است (شکل ۹C). این رخساره معرف طبقات گلی و سیلتی بصورت توده ای است. ساخت رسوبی خاصی در این رخساره شناسایی نشده است. این ساختهای رسوبی بطور عمده در دشت های سیلابی قابل شناسایی است. این رخساره در بخش های پایین دست حوضه جائیکه شدت انرژی کاهش می یابد و بار رسوبی بطور عمده شامل ذرات در اندازه رس و سیلت است، تشکیل گردیده است. از نظر مکانیزم تشکیل، این نوع رخساره را می توان به صورت نهشته های پوششی خارج از کانال توصیف نمود (Miall; 1996; Heitmuller & Hudson 2009).

با توجه به مباحث فوق، و بر اساس رخساره های شناسایی شده در طول کانال بازه حور، توالی های رسوبی شناسایی شده به شرح زیر می باشد (شکل ۱۰).

توالی رسوبی A: در بالاترین بخش از رودخانه بازه حور دو توالی تشخیص داده شده است. توالی زیرین که کامل نبوده و احتمالاً بخشی از یک توالی است، از رخساره FI که در آن عدسی هایی از رخساره گراولی Gt نهشته شده، تشکیل شده است. سطح فوقانی این توالی به سطح فرسایشی ختم می گردد. توالی دوم که کاملاً از رخساره Gt تشکیل شده، که پس از یک دوره آرامش، بر روی سطح فرسایشی قرار گرفته است. وجود این رخساره حاکی از جریان پر انرژی است. بخش بالایی این توالی کاملاً مشخص نیست (شکل ۱۰A). در این رخساره گراول ها از اندازه های بسیار درشت تا ریز متغیر بوده و کاملاً زاویه دار می باشند که نشان دهنده حمل کوتاه مدت است. فابریک

ایمپریکاسیون که نشان دهنده حمل این رسوبات توسط جریان رودخانه ای می باشد، فراوان بچشم می خورد.

توالی رسوبی B: در این بخش از رودخانه سه توالی رسوبی شناسایی گردیده است (شکل ۱۰B).

الف) توالی زیرین با رخساره Gmg شروع شده، که بر روی یک سطح فرسایشی قرار گرفته است. وجود گراول، فقدان ماتریکس و همچنین سطح فرسایشی در بخش زیرین این رخساره، نشانگر وجود جریان آشفته و انرژی بالا است. این رخساره مربوط به کف کانال یا پائین ترین بخش سدهای رسوبی است. با کاهش شدت انرژی، رخساره Sh بر روی رخساره Gmg نهشته شده است. رخساره گراولی Gmg در بخش های بالای توالی بصورت عدسی هایی نهشته شده، که احتمالاً جریان های شدید، باعث حفر شدگی کف بستر گردیده، و سپس با رخساره گراولی پر شده اند.

علاوه بر این، دو توالی دیگر که از رخساره های گراولی Gmg و Sh تشکیل شده، نیز در این بخش شناسایی شده است. تمایز دهنده هر توالی وجود سطح فرسایشی است. هر یک از این توالی ها نشان دهنده یک دوره فرسایش، حمل و رسوبگذاری می باشد.

توالی رسوبی C: در این بخش از رودخانه ۲ توالی رسوبی شناسایی شده است (شکل ۱۰C). هر دو توالی از تناوب رخساره های SI و FI تشکیل شده است. وجود این رخساره ها و ساختهای رسوبی موجود در آنها نشانگر طغیان و رسوبگذاری در دشتهای سیلابی طی یک دوره آرامش است.

ب) سطح فرسایشی بالای رخساره Fm، شروع توالی رسوبی دوم را نشان می دهد، که با رخساره Sh شروع می گردد. وجود رخساره Sh نشانه ازدیاد انرژی است. با کاهش انرژی رخساره Fm نهشته شده است.

تفکیک، از بالادست تا پایین دست حوضه به شرح زیر طبقه بندی شده اند.

عنصر ساختاری **SG** از رخساره های **Gmg** و **Gmm** تشکیل شده است، که شکل صفحه ای و یا زبانه ای دارند. این عنصر ساختاری با عناصر ساختاری **HO** و **LS** نهشته شده اند. این عنصر ساختاری در قسمت های بالادست حوضه شناسایی شده است. رخساره های **Gh** و **Gt** عنصر ساختاری **HO** را تشکیل می دهند.

این عنصر ساختاری نیز در بخشهای بالادست رودخانه شناسایی شده است. در حوضه بازه حور عنصر ساختاری **HO** بطور عمده همراه عنصر ساختاری **SG** می باشد. مجموعه رخساره های **Sh** و **Sl** از اجزای اصلی تشکیل دهنده عنصر ساختاری **LS** هستند.

این عنصر ساختاری بطور عمده در بخش میانی حوضه برجا نهاده شده است. مجموعه رخساره های رسوبی **Fr**، **Fm**، **Fl** از عمده رخساره های تشکیل دهنده سومین عنصر ساختاری، **FF**، در زیر حوضه بازه حور می باشد. رسوبات این عنصر حالت توده ای داشته و از ذرات دانه ریز تشکیل شده که نشان دهنده پایین بودن انرژی محیط رسوبگذاری است. این عنصر ساختاری در بخش پایین دست زیر حوضه بازه حور تشکیل شده است.

مدل رسوبی رودخانه بازه حور

با توجه به رخساره های سنگی و عناصر ساختاری شناسایی شده، مدل رسوبی رودخانه بازه حور به شرح زیر پیشنهاد می گردد (شکل ۱۱): رودخانه بریده بریده گراولی با رسوبات جریان های ثقلی: در بخش های بالادست حوضه، بنا بر وجود عنصر ساختاری اصلی **SG**، و همراه بودن با عناصر ساختاری **HO** و **LS** حاکی از انرژی بالا در این قسمت حوضه است.

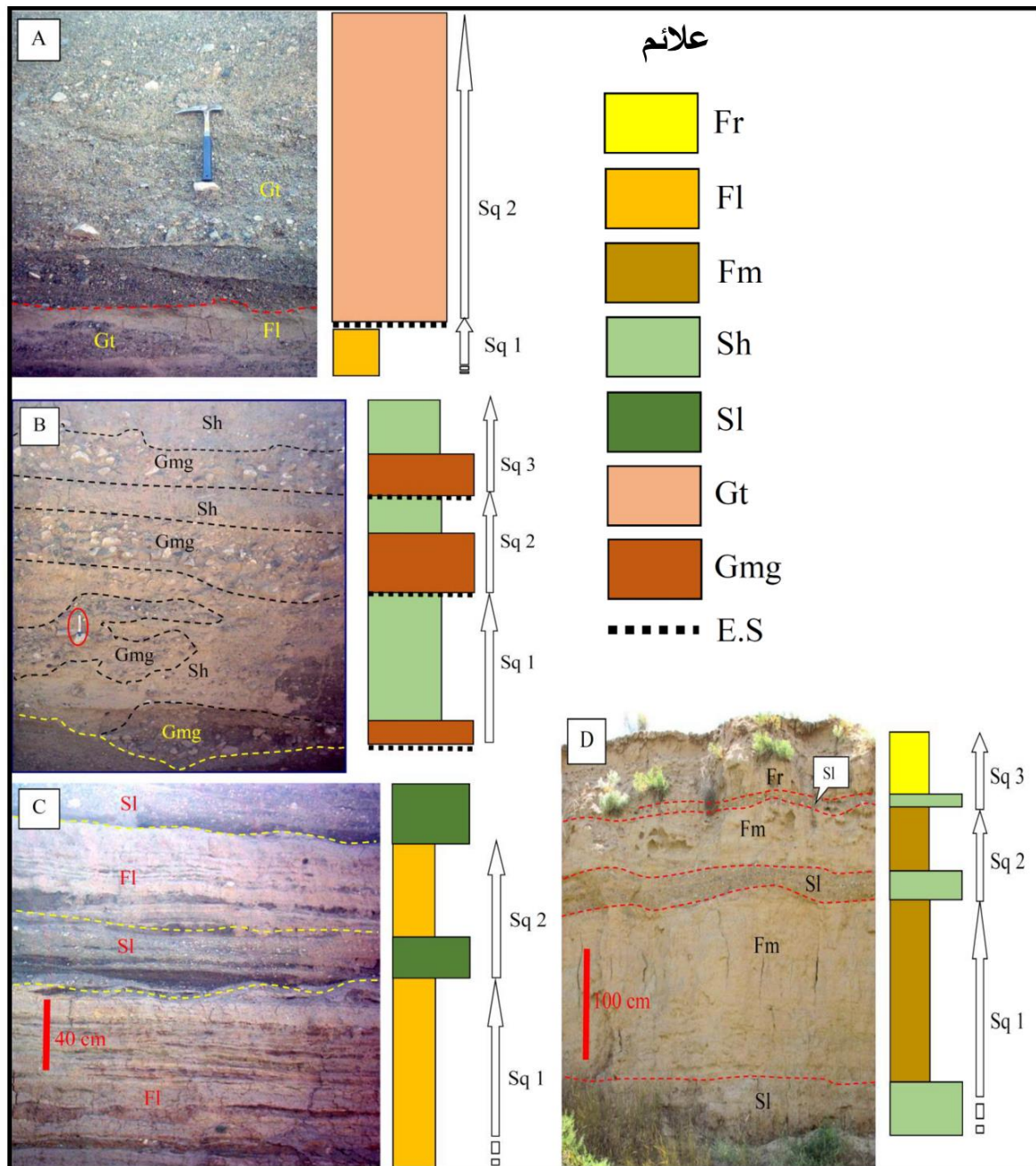
ج) سومین توالی با رخساره **Sh** شروع شده که بیانگر رسوبگذاری در یک دوره سیلابی است. رخساره **Sh** بطرف بالا به رخساره **Fl** تبدیل می شود و کاهش شدت انرژی به سمت بالا را نشان می دهد. در نهایت بخش فوقانی این توالی به رخساره **Fr** تغییر یافته، که حاوی ریشه گیاهان و نبود انرژی و یک دوره آرامش را نشان می دهد. کاهش شعاع هیدرولیکی و شیب بستر کانال، باعث افت انرژی شده به طوری که فقط رسوبات دانه ریز (در حد ماسه و بطور عمده گل) به این بخش از کانال حمل شده، و نهشته شده است.

توالی رسوبی **D**: این توالی در پائین ترین بخش از رودخانه بازه حور تشکیل شده، و از ۳ توالی رسوبی تشکیل شده است (شکل ۱۰D).

توالی های رسوبی اول و دوم با رخساره ماسه ای **Sl** شروع شده و پس از رسوبگذاری ضخامت کمی از رخساره **Sl**، رخساره گلی **Fm** با ضخامت نسبتاً زیادی نهشته شده است. رخساره **Fm** به علت فقدان ساختمان های رسوبی اولیه، احتمالاً بر اثر فعالیت های زیستی حالت توده ای به خود گرفته است. توالی انتهایی با ضخامت کمی از رخساره ماسه ای **Sl** شروع شده و به رخساره گلی **Fr** ختم می گردد. وجود رخساره های **Fr** و **Fm** نشانگر یک دوره آرامش می باشد.

عناصر ساختاری

براساس رخساره های رسوبی مشاهده شده در زیر حوضه کال سیاه، و تقسیم بندی میال (Miall 1996)، و همچنین چند پارامتر از جمله مرز بالا و پایین لایه، شکل هندسی، مجموعه رخساره های سنگی، ضخامت، جهت حرکت رسوبات و انرژی، عناصر ساختاری به



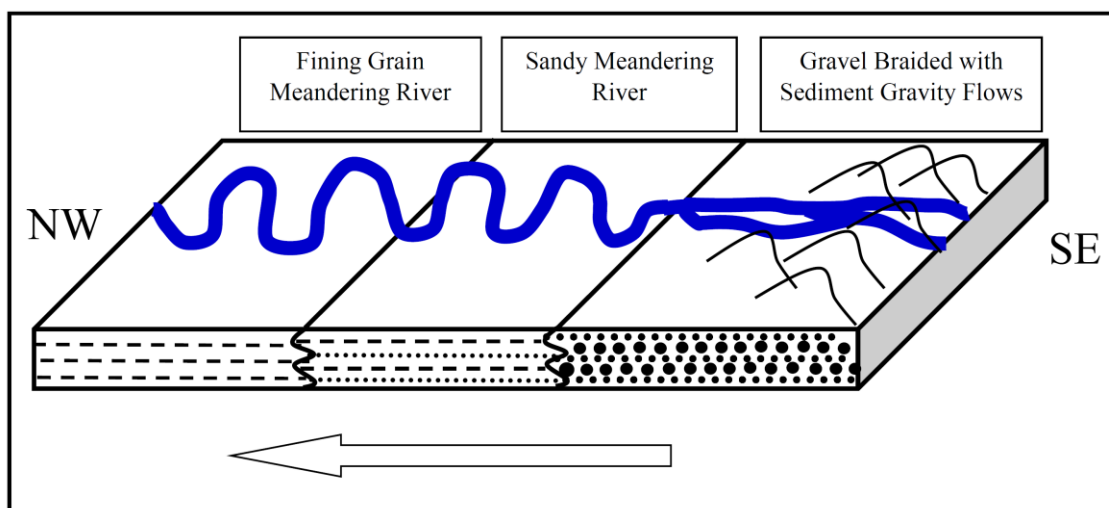
شکل ۱۰- توالی رسوبی در بخشهای بالادست (A-B)، میانی (C) و پایین دست (D) زیر حوضه رودخانه بازه حور (به متن مراجعه). پیکان های سفید رنگ توالی های رسوبی را نشان می دهد. (جهت مکان توالی ها به شکل ۱ مراجعه شود. در تصویر B، اندازه مقیاس (ماژیک) داخل بیضی قرمز، ۲۲ سانتیمتر است؛ ES: سطح فرسایشی؛ Sq: توالی رسوبی).

این نوع رودخانه گردیده است (شکل ۱). بنا بر وجود عناصر رخساره ای LS و FF و پیچش زیاد باعث گردیده، که این بخش رودخانه مآندر با بار ماسه ای شناخته شود.

رودخانه مآندری با بار معلق: پایین ترین بخش رودخانه بازه حور از نظر شکل مشابه رودخانه های مآندر با بار ماسه ای است. اما در این قسمت میزان رخساره های گلی بیشتر شده و رخساره های FI, Fm و Fr عمده رسوبات این رودخانه را شامل می گردد. گرچه رخساره ماسه ای Sh در برخی قسمتها شناسایی شده است (شکل ۹C). لذا عنصر رخساره ای اصلی موجود در این بخش FF، به همراه LS است. در نهایت بنا بر شکل رودخانه و عناصر رخساره ای موجود، بخش پایین دست رودخانه بازه حور از نوع رودخانه مآندر با بار معلق است.

بنا بر این بخش بالادست رودخانه به دلیل پیچش کم، و وجود رخساره های گراولی Gmm, Gmg و Gt و به میزان کم رخساره ماسه ای Sh، و نبود رخساره های گلی جزئی رودخانه های بریده بریده گراولی با رسوبات جریانهای ثقلی طبقه بندی می گردد. در این بخش از رودخانه به سمت پایین دست عنصر ساختاری نوع SG توأم با LS، گسترش پیدا می کند. در نهایت پس از ورود رودخانه به دشت، نوع رخساره و رودخانه تغییر می یابد.

رودخانه مآندری با بار ماسه ای: در بخش میانی رودخانه بطور عمده رخساره های ماسه ای نوع Sh و SI نهشته شده، که در برخی قسمت ها رخساره گلی FI نیز به همراه رخساره های ماسه ای شناسایی شده است. پیچش در بخش میانی و پایین دست رودخانه زیاد بوده بطوریکه شکل رودخانه مآندر به خود گرفته است. لیتولوژی نرم این بخش و شیب کم بستر سبب تشکیل



شکل ۱۱- مدل رسوبی پیشنهادی رودخانه بازه حور (تمام فواصل تقریبی است).

ب- کیفیت آب منطقه بازه حور

یکی از موضوعات بسیار مهم در هیدرولوژی کیفیت آب است، زیرا عمده فعالیت های آب شناسی در جهت تأمین آب برای مصارف کشاورزی، شرب و صنعت می باشد که هر کدام به لحاظ کیفی باید دارای ویژگیهای کیفی و معیارهای مشخصی باشد. وجود واحد های تبخیری در منطقه باعث تغییر ترکیب شیمیایی و کیفیت آب جهت استفاده های مختلف می گردد (جدول ۵).

کیفیت آب از نظر کشاورزی

مقدار سدیم و املاح موجود در آب مهمترین معیارهای کیفی در طبقه بندی آب از نظر کشاورزی می باشد، زیرا این دو عامل در رشد گیاه و همچنین در درجه تناسب آب از نظر آبیاری و تأثیر آن بر نفوذ پذیری خاک مؤثرند (Dazy et al., 1997).

بدین منظور با در نظر گرفتن نتایج آنالیز (جدول ۵)، با استفاده از طبقه بندی ویلکاکس، کلیه نمونه ها در کلاس C1-S1 قرار گرفته و از نظر آبیاری بی ضرر است (جدول ۷).

جدول ۵- آنالیز شیمیایی نمونه های آب حوضه آبریز بازه حور (برحسب میلی اکی والان در لیتر)

نمونه	EC ^{10°25C}	TDS MG/LIT	PH	میلی اکی والان در لیتر												
				CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	جمع آنیونها	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	جمع کاتیونها			
B1	۶/۳۸۵	۴/۳۱۰	۸/۵	۰	۴/۳	۴۴/۰	۲۱	۶۹/۳	۷/۶	۷/۸	۵۱/۰	۲/۵	۶۸/۹	۷۳/۶	۱۸/۰	۷۷۰
B2	۳/۸۱۰	۲/۷۵۲	۷/۹	۰	۴/۲	۲۰/۰	۱۹	۴۳/۲	۸	۹	۲۵/۵	۰/۵	۴۳	۵۹/۳	۸/۷	۸۵۰
B3	۶/۴۰۰	۴/۲۶۰	۷/۵	۰	۳/۳	۴۵/۰	۲۰	۶۸/۳	۸/۶	۶/۸	۵۰/۰	۲/۵	۶۷/۹	۷۳/۶	۱۸/۰	۷۷۰
B4	۶/۴۴۰	۴/۱۵۷	۸/۲	۰	۳	۴۳/۰	۲۰	۶/۶	۵/۷	۴/۱	۵۳/۰	۲/۷	۶۵/۵	۸۰/۹	۲۳/۹	۴۹۰
B5	۵/۸۵۰	۳/۸۹۴	۷/۹	۰	۳/۳	۴۰/۰	۱۸	۶۱/۳	۶/۴	۱/۸	۵۰/۰	۲/۸	۶۱	۸۲/۰	۲۴/۷	۴۱۰
B6	۷/۱۰۰	۴/۶۳۶	۸/۳	۴/۰	۲/۲	۵۱/۰	۲۰	۷۳/۶	۷/۴	۱/۶	۶۰/۰	۴/۴	۷۳/۴	۸۱/۷	۲۸/۳	۴۵۰
B7	۱۰/۶۱۰	۶/۷۲۹	۸	۰	۳	۸۷/۰	۲۰	۱۱۰	۱۹/۶	۱۰/۴	۷۰/۰	۹/۵	۱۰۹/۵	۶۳/۹	۱/۵۰۰	۱۸/۱

کیفیت آب جهت شرب انسانی

همچنین بر اساس نتایج حاصل، آب منطقه بازه حور نیز خوب بوده و قابل شرب انسانی می باشد. نمودار شولر بیانگر وضعیت آب منطقه می باشد (شکل ۱۲). در نهایت با استفاده از جدول ۶، نوع آب از نظر کمی و تغییرات برخی از عناصر در برابر عناصر دیگر، بر روی دیاگرام تلفیقی پایپر مشخص شده است (شکل ۱۳). نتایج حکمی از این است که تمام نمونه های از نوع سولفات و کلورید بوده که متأثر از سازندهای مختلف زمین شناسی بخصوص واحد

های رسوبی تبخیری می باشد. البته میزان سدیم و کلسیم آنها نیز افزایش چشمگیری داشته که این نیز دلیلی بر تاثیر نهشته های فوق در منطقه است.

عوامل مؤثر در افزایش املاح آب

ترکیب و غلظت املاح آب نتیجه تأثیر عوامل گوناگون همانند ترکیب و گسترش لیتولوژیهای مختلف و موقعیت جغرافیایی و اقلیم منطقه است (شکل ۱ و ۲). واحد های مارنی و شیلی توأم با لایه های تبخیری، خصوصاً در شمال و مرکز منطقه گسترش زیادی دارند، به دلیل دارا بودن

از نظر مصارف گوناگون تقریباً غیر قابل استفاده می باشند (Murtry et al., 1979).

همچنین وجود واحدهای آهکی و رسوبات کواترنری در مرکز و جنوب حوضه که دارای خرده سنگهای آهکی فراوان است در مرکز منطقه باعث افزایش یون کلسیم ($+Ca_2$) می شوند.

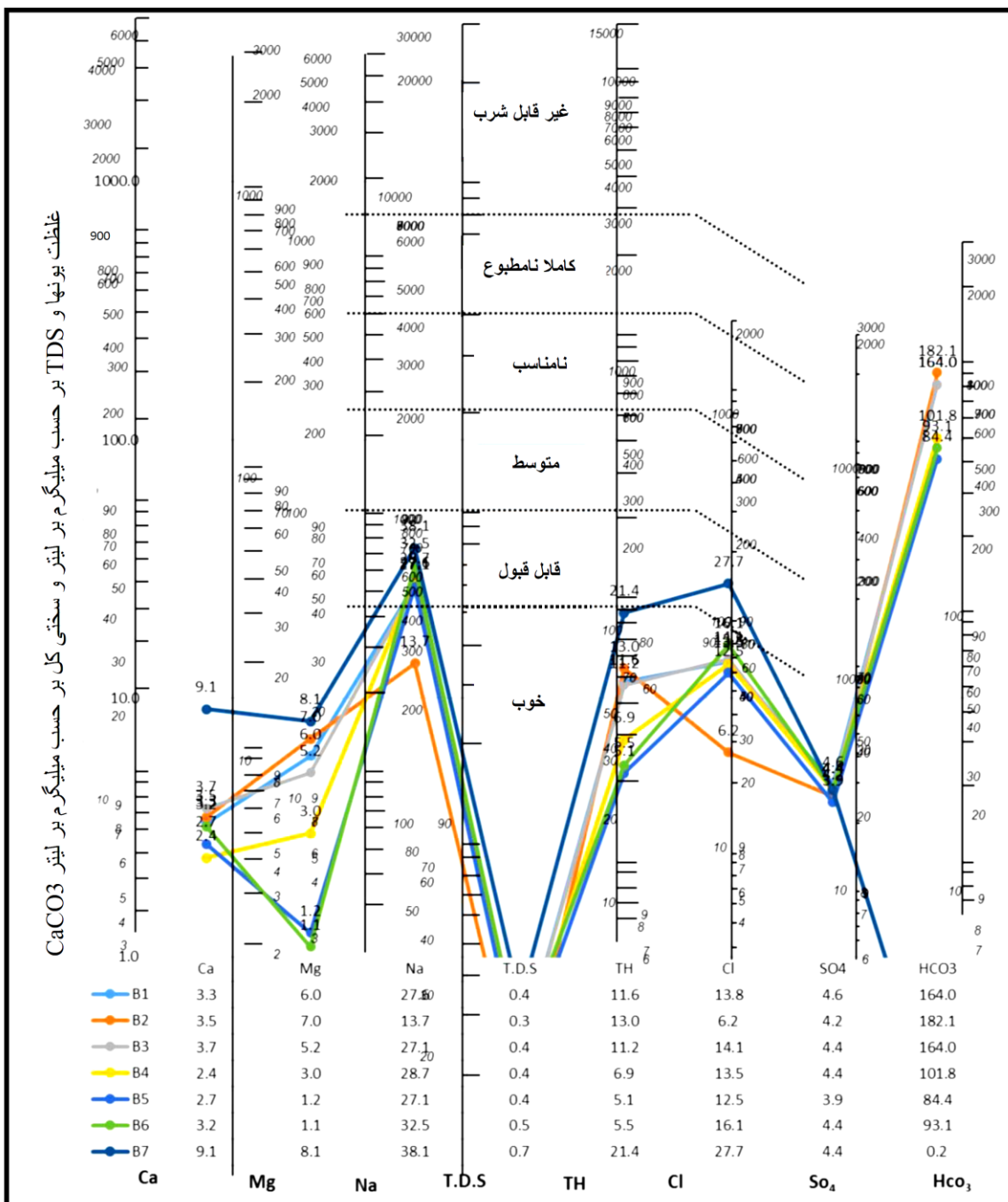
از طرفی نا مناسب بودن شرایط آب و هوایی منطقه مورد مطالعه، نظیر کم بودن میزان بارندگی، بالا بودن درجه حرارت و شدت تبخیر باعث بالا رفتن درجه غلظت املاح می شود، لذا با توجه به نیمه خشک بودن منطقه و میانگین بارندگی کم درجه حرارت بالا شرایط جهت افزایش غلظت املاح فراهم می باشد.

میزان سولفات (SO_4) با قابلیت انحلال و قدرت جابجایی (۶۰٪) به صورت سولفات کلسیم و منیزیم، و میزان کلر (Cl) با قابلیت انحلال و قدرت جابجایی (۱۰۰٪) به صورت کلرور سدیم، باعث افزایش این ترکیبات در آب می شوند (کردوانی ۱۳۷۱)، که در نتیجه آن آب منطقه به سوی سولفات و کلرور میل می کند.

این واحد فوق در نیز موجب افزایش یون سدیم ($+Na$) گردیده است، به طوری که نسبت جذب سدیم تمام در حد بالایی می باشد. همچنین وجود کانی های تبخیری در واحدهای مارنی و شیلی منطقه باعث افزایش میزان مواد جامد محلول می گردد. لذا همان طور که قبلاً بیان گردید به دلیل بالا بودن نسبت یون ها، نسبت جذب سدیم (SDR) و میزان مواد جامد محلول (TDS) در تمام نمونه های آبی

جدول ۶- درصد کاتیون ها و آنیون های موجود در آبهای منطقه جهت تعیین نوع آب

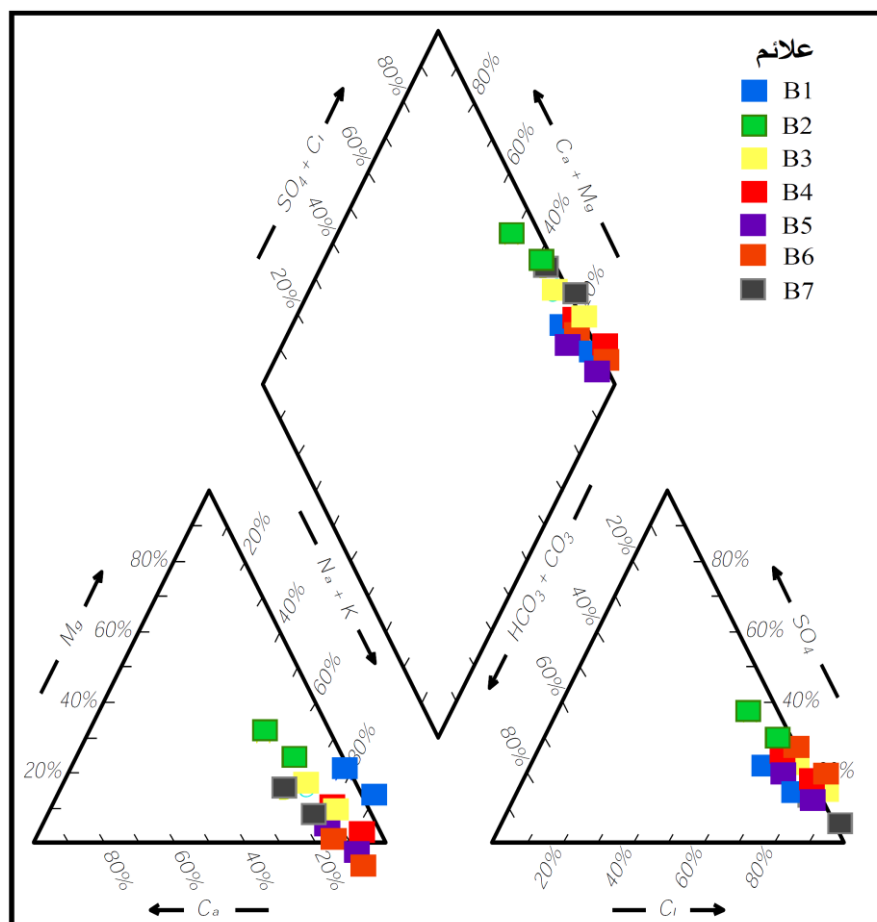
درصد کاتیون ها			درصد آنیون ها			نمونه آب
Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	So_4^{2-}	Cl^-	HCO_3	
۷۶/۴	۱۲/۲	۱۱/۴	۳۱/۸	۶۳/۹	۴/۳	B1
۶۰	۲۱/۲	۱۸/۸	۴۴	۴۶/۳	۹/۷	B2
۷۶/۵	۱۰/۴	۱۳/۱	۲۹/۳	۶۵/۹	۴/۸	B3
۸۴/۴	۶/۵	۹/۱	۳۰/۳	۶۵/۱	۴/۵	B4
۸۵/۹	۳/۱	۱۱	۲۹/۴	۶۲/۳	۵/۴	B5
۸۷	۲	۱۰/۷	۲۷/۳	۶۹/۷	۳	B6
۷۰	۱۰/۴	۱۹/۶	۱۸/۲	۷۹/۱	۲/۷	B7



شکل ۱۲- نمودار شولر که نشانگر کیفیت آب منطقه بازه حور از نظر شرب انسانی است.

جدول ۷- تعیین کیفیت آب منطقه بازه حور جهت بر اساس طبقه بندی ویل کاکس

علامت اختصاری	SAR	EC	کلاس آب	کیفیت آب برای کشاورزی
B1	۳/۰۹	۶/۳۸۵	C1-S1	شیرین - کاملاً بی ضرر
B2	۱/۴۶	۳/۸۱	C1-S1	شیرین - کاملاً بی ضرر
B3	۳/۰۸	۶/۴	C1-S1	شیرین - کاملاً بی ضرر
B4	۴/۱۲	۶/۴۴	C1-S1	شیرین - کاملاً بی ضرر
B5	۴/۴۸	۵/۸۵	C1-S1	شیرین - کاملاً بی ضرر
B6	۵/۲	۷/۱	C1-S1	شیرین - کاملاً بی ضرر
B7	۳/۱۷	۱۰/۶۱	C1-S1	شیرین - کاملاً بی ضرر



شکل ۱۳- تعیین نوع آب بر اساس جدول ۸، با کمک نمودار تلفیقی پاپیر

نتیجه گیری

۱- در رودخانه بازه حور عواملی همچون نوع لیتولوژی، شیب کانال و هیدرولیک رودخانه بیشترین تأثیر را کاهش نمایی اندازه ذرات به طرف پایین دست رودخانه دارد.

۲- در زیر حوضه بازه حور، واحد های آذرین بیشترین منشأ رسوب محسوب می گردند.

۳- نوع رسوبات رودخانه بازه حور بطور عمده از گراول تا گراول ماسه ای و کمتر گلی است.

۴- در رودخانه بازه حور سه مجموعه رخساره، که شامل چهار رخساره گراولی Gt, Gh, Gmg, Gmm و دو رخساره ماسه ای Sh و Sl و سه رخساره گلی Fr, Fm و FI، که از این میان رخساره های گراولی نسبت به رخساره های ماسه ای و گلی از فراوانی بیشتری برخوردار است.

۵- با توجه به رخساره های رسوبی و عناصر ساختاری شناسایی شده، رودخانه بازه حور در بالا دست از نوع رودخانه بریده بریده گراولی با عنصر ساختاری غالب SG و HO بوده، که به طرف پایین دست بخش میانی با عنصر ساختاری غالب LS رودخانه نوع ماندنر با بار ماسه ای، و بخش پایین دست با عنصر ساختاری غالب FF رودخانه با بار معلق را تشکیل می دهد.

۶- گسترش زیاد واحدهای مارنی و شیلی در شمال و مرکز حوضه، باعث افزایش یونهای محلول خصوصاً سولفات و کلر آب رودخانه ها شده است که نتیجه آن سولفات و کلروره شدن آب منطقه است. همچنین وجود کانیهی تبخیری در واحد های شیلی و مارنی باعث افزایش نسبت جذب سدیم (SDR) و میزان مواد جامد محلول (TDS) شده که در قلیایی نمودن خاک و کاهش کیفیت آب تأثیر دارند. وجود واحد های آهکی در منطقه باعث افزایش یون کلسیم در نمونه های آبی منطقه گردیده است.

۷- در نهایت آب منطقه از نظر شرب انسانی و آبیاری قابل قبول بوده، گرچه در مواقعی که بارندگی کم است املاح افزایش یافته و از کیفیت آب منطقه کاسته می گردد.

تشکر و قدر دانی:

از داوران محترم که با پیشنهادات خود باعث افزایش بار علمی مقاله گردیده اند قدردانی می شود. همچنین از خانم نسترن کاظمی که در رسم نمودارهای آبشناسی کمک نموده اند نیز سپاسگزاری می گردد.

منابع

- آقائباتی، ع، (۱۳۸۴)، "زمین شناسی ایران"، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.
- افتخار نژاد، ج، (۱۳۵۹)، "تفکیک بخش های مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوضه های رسوبی"، نشریه انجمن نفت، ۸۲، ص ۱۹-۲۸.
- علوی تهرانی، ن، واعظی پور، م.ح، (۱۳۷۰)، نقشه زمین شناسی چهارگوش ۲۵۰،۰۰۰ : ۱ تربت حیدریه، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- پورسلطانی، م.ر، معینی صالح، م، (۱۳۹۱)، "مطالعات رسوب شناسی رودخانه های مطرآباد و صلح آباد، حوضه آبریز نوبهار، ایران مرکزی"، دوفصلنامه رخساره های رسوبی، ۵ (۲)، ص ۱۶۹-۱۸۴.
- پورسلطانی، م.ر، جواد موسوی، م، اعلمی، س، (۱۳۸۸)، "مطالعه زمین ریخت شناسی حوضه آبریز سد بینالود"، فصلنامه زمین شناسی کاربردی، ۵ (۴)، ص ۲۵۸-۲۶۵.
- درویش زاده، ع، (۱۳۸۰)، "زمین شناسی ایران"، نشر دانش امروز، ۹۰۱ ص.
- کردوانی، پ، (۱۳۷۱)، "منابع و مسائل آب ایران"، انتشارات نشر قومس، جلد ۲، ۲۸۶ ص.
- Alavi, M., (1991) "Sedimentary and Structural Characteristics of the paleotethys remnants in northeastern Iran", Geol. Soc. Am. Bull., 103, pp. 983-992.
- Alavi, M., (1992), "Thrust Tectonic of the Binalood Region, NE Iran", Tectonics, 11, pp. 360-370.
- Blair, T.C., & McPherson, J.G., (1999), "Grain size textural classification of coarse sedimentary particles, Journal of Sedimentary Research", 69, pp. 6-19.

- Marwan, A.H., Marren, P.M., & Schwartz, U., (2009)**, "Bar structure in an arid ephemeral stream". *Sedimentary Geology, Issues 1-4*, 221, pp. 57-70.
- Miall, A.D., (1996)**, "The Geology of Fluvial Deposits, Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology". Springer-Verlag, Berlin, p. 582.
- Miall, A.D., (2000)**, "Principles of Sedimentary Basin Analysis". Springer, (3rd ed), Verlag, Berlin, p. 616.
- Murtry, A.S., Venkata, R.M. and Javad, T., (1979)**, "Effect of saline water irrigation and sodium and potassium (*Triricum aestivum L*)", *Annals of Arid Zone*, vol. 18, no. 1, pp. 165 -178.
- Nabavi, M.H., (1976)**, "An Introduction to the Geology of Iran". Geological Survey of Iran, p. 109.
- Neilson-Welch L., (1999)**, "Saline water intrusion from the Fraser River Estuary: a hydrogeological investigation using field chemical data and a density-dependent groundwater flow model", M.Sc. Thesis, University of British Columbia, Vancouver, 170 p.
- Patrico, R.D., Buatois, L.A., Limarino, C.O., & Cisterna, G.A., (2009)**, "Latest Carbiniferous-earliest Permian transgressive deposits in the Paganzo Basin of western Argentina: Lithofacies and sequence stratigraphy of a Coastal- plain to bay succession". *Journal of South American Earth Sciences, Issue 1*, 28, pp. 40-53.
- Rengers, F., & Wohl, E., (2007)**, "Trend of grain sizes on gravel bars in the Rio Chagres, Panama", *Geomorphology*, 83, pp. 282 - 293.
- Rice, S.P., & Church, M., (2010)**, "Grain-size sorting within river basin relation to downstream fining along a wandering channel", *Sedimentology*, 57, pp. 232-251.
- Singer, M.B., (2008)**, "Downstream patterns of bed material grain size in a large, low land alluvial river subject to low sediment supply". *Water Resourc*, 44,
- Streckeisen, A.L., (1976)**, "Clasification and nomenclature of igneous rocks, NevJahrh", *Agh*, 170, pp. 144-214.
- Surian, N., (2002)**, "Downstream variation in grain size along an Alpine River, analysis of controls and processes". *Geomorphology*, 43, pp. 137-149.
- Wilcox, L.W., (1995)**, "Classification and use of irrigation water U.S.Department", *Agri. Cicular*, 969 p.
- Dazy J., Droque C., Charmanidis P. and Darlet C., (1997)**, "The influence of marine inflows on chemical composition of groundwater in small islands: the example of the Cyclades (Greece)", *Environ Geol*, 31, pp. 133-141.
- Deynouxa, M., Inerb, C.A., Mondoc, O., Karab, A., VyVkoglu, M., Manatschala, G., (2005)**, "Sevim Tuzeu Facies architecture and depositional evolution of alluvial fan to fan-delta complexes in the tectonically active Miocene, ay basin, Isparta Angle, Turkey", *Sedimentary Geology*, 173, pp. 315 - 343.
- Dunham, R.J., (1962)**, "Classification of carbonate rocks according to depositional texture: in W.E. Ham, ed., *Classification of Carbonate Rocks-A symposium: Am., Assoc*", *Petroleum Geologists Mem.*, 1, pp. 108-121.
- Fisher, R.V., (1971)**, "Features of coarse-grained, high-concentration fluids and their deposits, *Journal of Sedimentary Petrology*", 41, pp. 916-927.
- Folk, R.L., (1980)**, "Petrology of Sedimentary Rocks". Hemphill Publishing Co., Austin, Texas, p.182.
- Gani, M.R., & Alam, M., (2004)**, "Fluvial facies architecture in small- scale river systems in the Upper Dupi Tila Formation, northeast Bengal Basin, Bangladesh". *Journal of Asian Erath Sciences*, 24, pp. 225-236.
- Heitmuller, F.T., & Hudson, P.F., (2009)**, "Downstream trends in sediment size and composition of channel-bed, bar and bank deposits related to hydrologic and lithologic controls in the Liano River Watershed, central Texas, USA"; *Geomorphology*, 112, pp. 46-260.
- Lewis, D.W., & McConchie, D., (1994)**, "Analytical Sedimentology", chapman & hall, London, p. 197.
- Long, D.G.F., (2006)**, "Architecture of pre-vegetation sandy- braided perenial and ephemeral river deposits in the paleoproterozoic Athabasca Group, northern Saskatchewan, Canada as indicators of Precambrian fluvial style" *Sedimentary Geology, Issues 1-4*, 190, pp. 71-95.
- Kostic, B., Becht, A., & Aigner, T., (2005)**, "3D Sedimentary architecture of a Quaternary gravel delta (SW-Germany): Implications for hydrostratigraphy". *Sedimentary Geology*, 181, pp. 143-171.

The effect of geologic units on water quality of Bazeh-Hour watershed, with emphasis on sedimentology studies, SE Mashhad

Mehdi Reza Poursoltani¹, Seif-Allah Alami²

1- Department of Geology, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran

2- MSc. of Geology, Department of Geology, Shahroud Branch, Islamic Azad University, Shahroud

Abstract

Binalud watershed is located, South-East of Mashhad, that geologically, is a part of Binalud zone. Binalud watershed contains three subbasins, which among them, Bazeh-Hour subbasin has been studied. Climatology, Bazeh-Hour area is arid and semi-arid, and, so, due to the various geological units, the chemical composition and the quality of the water has been changed, so, the type of water is sulfate and chloride. Additionally, in terms of agriculture and human drinking is also acceptable. Thus sedimentology studies, along Bazeh-Hour river shows that three main factors, sudden changes of slope, entrance of minor channels and seasonal flood events, caused the sediments fabric variation, and parameters changing, such as sorting, skewness and kurtosis. So, sedimentology and petrology studies show that the most sediments are very poor sorted, platykurtic and fine skewed, and basic and ultrabasic rocks are the main source of Bazeh-Hour deposits. Although, based on field studies, three facies associations are recognized, that consist four gravelly facies, Gmm, Gmg, Gcm and Gci, two sandy facies, Sh and Sl, and three mud facies, Fm, Fr and Fl, and four structural elements, SG, HO, LS and FF are identified. In according to Bazeh-Hour river facies associations and structural elements, three depositional models, gravelly braided rivers with gravity flows, sandy meandering river and fining grain meandering river are suggested.

Key words: Binalud, Bazeh-Hour, water quality, sedimentology, facies, structural elements