نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال نوزدهم، شماره ۵۵،زمستان ۹۸

پدیده ژئومورفولوژیک تپه‌های مارنی و تأثیر آن بر کیفیت شیمیایی آب کشاورزی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز کلاته سادات سبزوار)

دریافت مقاله: ۹۶/۷/۲۰ **پذیرش نهایی:** ۹۶/۵/۹

صفحات: ۷۷-۵۷

لیلا منتصری: دانشجوی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران[1].
Email: L.montaseri@gmail.com

ابوالقاسم امیراحمدی: دانشیار ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.
Email: Amirahmadi@hsu.ac.ir

محمدعلی زنگنه‌اسدی: دانشیار ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران.
Email: Ma.zanganehasadi@hsu.ac.ir

چکیده

در این پژوهش به بررسی نقش عوارض ژئومورفولوژی در تغییر کیفیت شیمیایی آب در بخشی از جغرافیای شمال‌شرق کشور پرداخته شده است. عارضه ژئومورفولوژی مورد بحث تپه‌های مارنی است که حاصل فعالیت‌های آتشفشانی-رسوبی دوران سوم زمین‌شناسی بوده و به نقش شیمیایی اثرات این تپه‌ها در گل‌آلود کردن آب یکی از رودخانه‌های جاری در پهنه آن (رودخانه کلاته سادات در غرب سبزوار) جهت آبیاری اراضی کشاورزی اطراف این رودخانه پرداخته شده است که در اصطلاح عامیانه به آن "آب‌رنگ کردن" می‌گویند. در این مطالعه از روش‌های مشاهده میدانی، مصاحبه با کشاورزان محلی، برداشت و آنالیز نمونه آب و آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی پرداخته شد. نتایج آزمایش‌ها و مقایسه کیفیت شیمیایی آب زلال و گل‌آلود نشان داد که میزان درصد رسوب (گل‌آلودگی)، سختی‌کل (غلظت کلسیم و منیزیم) و شوری آب (هدایت الکتریکی) در آب گل‌آلود بیشتر بوده؛ اما تحلیل آماری و رسم نمودار شولر و ویل‌کاکس و طبقه‌بندی SSP و SAR مشخص کرد که این افزایش در حد بحرانی و آسیب‌پذیر نیست و کیفیت آب شرب و کشاورزی رودخانه کلاته سادات و حتی سختی کل آن در وضعیت مطلوب و خوبی است. به‌عبارتی تپه‌های مارنی و گل‌آلودگی آب تغییرات قابل توجه در کیفیت شیمیایی آب رودخانه را باعث نشده؛ لذا از آب گل‌آلود می‌توان برای آبیاری اراضی کشاورزی استفاده کرد.

کلیدواژگان: تپه‌های مارنی، عوارض ژئومورفولوژی،کیفیت شیمیایی، کلاته سادات، آب‌رنگ کردن.

---

۱. **نویسنده مسؤل:** خراسان رضوی، سبزوار، دانشگاه حکیم سبزواری، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، ۰۹۱۷۱۸۹۵۷۷۰

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.55.3.5]
[DOI: 10.29252/jgs.19.55.57]

مقدمه

ژئومورفولوژی علم شناخت اشکال ناهمواری‌های سطح زمین معنا می‌شود. هر یک از این عوارض ژئومورفولوژی به نوبه خود ممکن است محدودیت‌ها و فوایدی برای بشر داشته باشد. حوضه آبخیز کلاته سادات از زیر حوضه‌های رود کال‌شور سبزوار جزء محدوده‌های مطالعاتی حوضه آبریز کویر مرکزی و نهایتاً حوضه آبریز فلات مرکزی، یکی از شش حوضه آبریز اصلی ایران است (وزارت نیرو، ۱۳۹۱: ۷). در این حوضه، مردم بومی جهت مقابله با هدر رفت آب و خاک به دلیل اقلیم گرم و خشک و وجود بادهای صد و بیست روزه شرق کشور، از مارن‌های موجود در منطقه با گل‌آلود کردن آب رودخانه که در اصطلاح محلی"آب‌رنگ کردن" نام دارد، برای کاهش نفوذ آب در بستر رودخانه و اراضی کشاورزی استفاده می‌کنند. هر چند که نفوذپذیری کم در مناطق دیگر، ممکن است یک ایراد و اختلال در عملکرد اراضی کشاورزی باشد، اما در این ناحیه با اقلیم خاص آن یک حسن است. تپه‌های مارنی موجود در منطقه با رنگ آجری[1]، یکی از عمده‌ترین عوارض ژئومورفولوژی در حوضه مورد مطالعه می‌باشد. این تپه‌ها حاصل فعالیت‌های آتشفشانی- رسوبی دوران سوم زمین‌شناسی در شمال‌شرق ایران محسوب می‌شوند.

در مورد سابقه نقش شیمیایی عوارض ژئومورفولوژی بر کیفیت آب و خاک به صورت اختصار می‌توان گفت که (کرمی و رستم‌زاده، ۱۳۸۵) در بررسی عوامل مؤثر در شور شدن اراضی دشت سراب با انجام آزمایش‌های خاک، آب‌های سطحی و زیرزمینی در نقاط مختلف دشت و تهیه نقشه‌های هم‌عمق و پهنه‌بندی نشان دادند که عامل اصلی شوری اراضی، وجود پهنه‌های نمکی و برونزد مارن‌های رنگین گچدار و نمک‌دار است. (رامشت و همکاران، ۱۳۸۶) در بررسی تأثیر گنبدهای نمکی در شوری آب‌های زیرزمینی پلایای داراب با استفاده از آنالیز شیمیایی آمار ۷۵ حلقه چاه آزمایشی و ۲۵ حلقه چاه پیزومتری و تهیه نقشه‌های کیفیت شیمیایی و جهت جریان آب زیرزمینی به این نتیجه رسیدند که کیفیت شیمیایی نامناسب آب مورد استفاده در کشاورزی در شهرستان داراب، به دلیل وجود گنبدهای نمکی در اطراف پلایای داراب است. (دادرسی سبزوار، ۱۳۸۸) در بررسی طرح پخش سیلاب و تغذیه سفره کلاته سادات شهرستان سبزوار و ارزیابی تأثیر این عملیات بر خاک و سفره آب زیرزمینی، نشان داد که این عملیات توانسته است کیفیت عناصر خاک را بهبود بخشیده و افزایش کمی آب سفره و کاهش تنش‌های ناشی از خشکسالی بر کشاورزی منطقه را به همراه داشته باشد. (جداری‌عیوضی و همکاران، ۱۳۸۹) در مطالعه‌ای در رودخانه کر و دریاچه سد درودزن، تأثیر عوامل اکوژئومورفولوژیک بر کیفیت شیمیایی آب را با استفاده از روش کتابخانه‌ای و میدانی و با آنالیز آزمایشگاهی و تعیین میزان EC، TDS و کاتیون‌ها وآنیون‌های شاخص، تحلیل کردند. بررسی‌های ژئومورفولوژیک و هیدروشیمی حوضه آبریز مورد مطالعه نشان می‌دهد که به‌علت وجود چشمه‌های کارستی با تیپ کربناته در سرچشمه رودخانه کر و عدم گسترش زیاد سازندهای شیلی و مارنی، آب دریاچه سد درودزن از لحاظ غلظت ترکیبات شیمیایی از کیفیت مطلوبی برخوردار است. (فرزانه و گزنچیان، ۱۳۹۰) در بررسی اثر پخش سیلاب بر روند نفوذپذیری خاک و عمق رسوب در حوضه کلاته سادات سبزوار با استفاده از استوانه‌های مضاعف، روش

[1]. مارن‌ها بسته به مواد مختلف موجود در آن‌ها به رنگ‌های گوناگون دیده می‌شوند. مثلاً پیریت باعث رنگ آبی، سولفور آهن رنگ سیاه مایل به آبی، اکسید آهن رنگ قرمز و در صورت وجود مواد آلی، موجب سیاه‌رنگ شدن مارن‌ها می‌شود (احمدی، ۱۳۹۱: ۷۰).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.55.3.5]
[DOI: 10.29252/jgs.19.55.57]

مثلثی، روش آماری فاکتوریل و مقایسه میانگین دانکن به این نتیجه رسیدند که میزان نفوذپذیری برای کلاس‌های عمق رسوب کاهش یافته است. (وحیدی و همکاران، ۱۳۹۰) در پژوهشی تحت عنوان تأثیر ژئومورفولوژی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و مینرالوژیکی خاک‌های جنوب شهرستان اهر با حفر ۶ خاکرخ در لندفرم‌های پدیمنت (ناحیه بالادست) و دشت سیلابی (ناحیه پایین‌دست) و رده‌بندی خاک‌ها و آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی، به این نتیجه رسیدند که خاکرخ‌های پدیمنت به دلیل بالا بودن درصد رس و مقدار نسبی رس کائولینیت از تکامل بیشتری نسبت به دشت سیلابی برخوردارند و نیز قابلیت هدایت الکتریکی در پدیمنت از سطح خاکرخ به طرف عمق کاهش می‌یابد. (محمودآبادی و مظاهری، ۱۳۹۱) در مطالعه‌ای تحت عنوان تأثیر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بر نفوذپذیری خاک در شرایط مزرعه‌ای با استفاده از روش استوانه‌های مضاعف به این نتیجه رسیدند که نقش خصوصیات فیزیکی بویژه توزیع اندازه ذرات بر نفوذپذیری خاک بیشتر از ویژگی‌های شیمیایی است. (موسوی، ۱۳۹۱) در مقاله‌ای با عنوان پدیده دیاپیریسم نمکی و تأثیر آن بر آلودگی منابع آب با استفاده از روش کتابخانه‌ای، پدیده ژئومورفولوژی گنبدهای نمکی و فرآیند دیاپیریسم نمکی و نقش آن در آلودگی شیمیایی منابع آب و خاک را به طور کامل بررسی کرده است. (اسلامی و همکاران، ۱۳۹۶) در ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی دشت یزد- اردکان برای اهداف کشاورزی، داده‌های مربوط به ۷۵ حلقه چاه در مدت ۱۰ سال (۱۳۸۴-۱۳۹۴) را جمع‌آوری و سپس با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل تحلیل مکانی کریجینگ، نقشه‌های پهنه‌بندی داده‌ها را تهیه نمودند. بر این ساس هرچه از غرب به سمت شرق حوضه حرکت می‌کنیم، کیفیت آب بدتر می‌شود و نتایج حاصل از پارامترهای TDS، SAR و EC نیز از لحاظ استاندارد کیفیت آب برای آبیاری شرایط نامطلوبی را نشان می‌دهد. تفاوت در جنس خاک و بافت آن در این مناطق، موجب تغییر در کیفیت آب شده است. (امیدوار و بهزادی‌کریمی، ۱۳۹۶) کیفیت منابع آب زیرزمینی را در دشت اباده طشک- جهان‌آباد جهت مصارف شرب، کشاورزی و صنعتی بر اساس دیاگرام‌های شولر، ویلکوکس و شاخص اشباع‌شدگی لانژلیه[1] مورد تحلیل فضایی قرار دادند. آن‌ها داده‌های ۸ پارامتر کیفی مؤثر در مصارف فوق مربوط به ۲۹ حلقه چاه منطقه را در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) با استفاده از مدل‌های مختلف روش کوکریجینگ[2] تحلیل کردند. نتایج بررسی نشان داد که کیفیت آب از مناطق مرتفع شمالی به سمت نواحی پست جنوبی، کاهش می‌یابد و عامل اصلی کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی در این نواحی، وجود گنبدهای نمکی است. (ریمبای[3] و همکاران، ۲۰۱۲) در پژوهشی تحت عنوان تأثیر ویژگی‌های توپوگرافی و تغییر کاربری اراضی در کیفیت منابع آب میکروحوضه آمبانیون[4] مگالایا[5] در هند با استفاده از نرم‌افزار GIS و طبقه‌بندی حوضه، ارتباط بین ژئومورفولوژی و سیستم‌های کاربری اراضی و تأثیر آن بر کیفیت منابع آب را مطالعه کردند و توپوگرافی و خواص فیزیکی و شیمیایی، مانند pH، هدایت الکتریکی، اکسیژن محلول، گل‌آلودگی (کدورت) و درجه حرارت آب، به عنوان شاخص تخریب محیط زیست مورد استفاده قرار

1. Langelier Saturation Index
2. Cokriging
3. Rymbai *et al.*
4. Umbaniun
5. Meghalaya

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.55.3.5]
[DOI: 10.29252/jgs.19.55.57]

دادند. نتایج نشان داد که بهره‌برداری بیشینه از منابع زمین در میکرو حوضه آمبانیون، به کاهش در هر دو مقدار و کیفیت منابع آب، منجر شده است. (ورانکا[1] و همکاران، ۲۰۱۵) در بررسی عوامل مورفولوژیکی پیش بینی کیفیت آب در رودخانه‌های شمالی فنلاند با استفاده از آزمون همبستگی و ضریب اسپیرمن[2] رابطه بین متغییرهای مؤثر در کیفیت آب (کاربری اراضی، ته‌نشست رسوب، سنگ بستر و توپوگرافی) در ۳۲ رودخانه را مطالعه کردند. کیفیت آب از لحاظ فسفر کل، ازت کل، pH و رنگ آب مورد مطالعه قرار گرفت و عوامل ژئومورفولوژی نیز به طور متغیر با توپوگرافی، سنگ بستر و مواد سطحی زمین (نهشته‌های کواترنری خاک) بررسی شد. جزءبندی سلسله مراتبی (HP) برای ارزیابی اهمیت نسبی متغیرهای ژئومورفولوژی اساس کیفیت آب مورد استفاده قرار گرفت. نهایتاً نتایج نشان داد که از عوامل ژئومورفولوژی می‌توان برای پیش بینی کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب و به شیوه‌ای مقرون به صرفه در رودخانه‌های شمالی استفاده کرد. (پاپادوپوآلو[3] و همکاران، ۲۰۱۵) در پژوهشی تحت عنوان سهم سنگ های کارستی نسبت به کیفیت خاک در دشت لونینای[4] اپیروس[5] یونان، ۱۱۲ نمونه خاک را که بخشی از یک سیستم کارستی است، مورد آزمایش قرار دادند. نتایج کیفی خاک نشان داد که کیفیت خاک در این منطقه، عمدتاً به‌دلیل عرضه کربنات کلسیم از ساختار کارستی موجود، منجر به توسعه خاک با کیفیت خوب برای استفاده کشاورزی و در نتیجه توسعه اکوسیستم کارست شده است. (لیو[6] و همکاران، ۲۰۱۷) در پژوهشی تحت عنوان اثر بهبود کیفیت آب در احیاء رسوب رودخانه به علت اضافه شدن نیترات کلسیم در رودخانه شاجینگ[7] در شهر گوانگدونگ[8] چین، با استفاده از آنالیز آزمایشگاهی (آنالیز کلرومتریک[9] با اسپکتروفتومتر[10])، روش تیتراسیون دی‌کرومات پتاسیم[11]) و تجزیه و تحلیل آماری در نرم‌افزار SPSS انجام دادند. نتایج نشان داد که افزودن نیترات کلسیم به آب رودخانه باعث کنترل و کاهش انتشار فسفر از رسوب آلاینده‌های فاضلاب صنعتی و شهری ورودی به رودخانه می‌گردد که این امر در نهایت منجر به ترمیم رسوب رودخانه می‌شود.

تحقیق حاضر به منظور بررسی عملکرد شیمیایی روش آب‌رنگ کردن و نقش تپه‌های مارنی روستای کلاته سادات در کیفیت شیمیایی آب رودخانه‌ای است که منبع تغذیه آب کشاورزی اراضی این روستا و روستاهای پایین‌دست است. ما در این پژوهش، در پی آنیم که دریابیم آیا تپه‌های مارنی موجود در منطقه، بر کیفیت شیمیایی آب رودخانه کلاته سادات تأثیر می‌گذارد؟ و آیا این تپه‌ها برای آب کشاورزی منطقه، ضرری ایجاد می‌کند یا نه؟ در این مقاله، صرفاً به بحث شیمیایی اثرات تپه‌های مارنی بر آب کشاورزی پرداخته شده است.

---

1. Varanka *et al.*
2. Spearman
3. Papadopoulou
4. Ioannina
5. Epirus
6. Liu
7. Shajing
8. Guangdong
9. Colorimetric Analysis
10. Spectrophotometer
11. Potassium dichromate titration method

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.55.3.5]
[DOI: 10.29252/jgs.19.55.57]

روش تحقیق

در ابتدا منطقه مورد مطالعه شناسایی و با استفاده از نقشه توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای لندست[1] در نرم‌افزارGoogle Earth و به کمک نرم‌افزار Arc GIS محدوده حوضه آبخیز کلاته سادات تعیین حدود گردید. سپس از نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی منطقه، مطالعات کتابخانه‌ای، مشاهدات میدانی و مصاحبه با کشاورزان محلی استفاده شد. در ادامه کار برداشت و آنالیز نمونه‌های آب رودخانه کلاته سادات و آزمایش‌های کمپلکسومتری[2]، فلیم‌فتومتری[3]، اسپکترومتری[4]، تعیین pH[5]، EC[6] و میزان درصد رسوب بر روی نمونه‌ها انجام شد. پس از انجام آزمایش‌های مربوطه و حصول داده‌های لازم، نمودارهای شولر[7] و ویل‌کاکس[8] به‌ترتیب جهت تعیین کیفیت آب شرب و کشاورزی تهیه گردید. نهایتاً با رسم نمودارهای آماری داده‌ها، به مقایسه کیفیت شیمیایی آب زلال و گل‌آلود مبادرت نمودیم. روش‌های به‌کار رفته در این مطالعه عبارتند از:

- **روش کمپلکسومتری یا تیتراسیون**[9]: در رسوب‌شناسی برای تعیین غلظت دو یون کلسیم و منیزیم از روش کمپلکسومتری استفاده می‌کنند. مطالعه کامل رسوب‌ها، متضمن اندازه‌گیری دقیق کلسیم و منیزیم است. شیمی جدید روش‌های متعددی برای اندازه‌گیری دقیق این دو عنصر عرضه می‌دارد، ولی به‌نظر روش کمپلکسومتری بهترین روش برای رسوب‌هاست؛ چون در عین سادگی و سهولت، دقیق و مطمئن است. بعضی از مواد شیمیایی با یون‌های فلزی، کمپلکس‌هایی ایجاد می‌کنند. جهت شناسایی کلسیم از محلول خاصی به نام کمپلکس یون (۳)[10] که به نام تتراستیک[11] و یا E.D.T.A[12] نامیده می‌شود، استفاده می‌کنند. در این محلول یون‌های H جای خود را به Mg و Ca می‌دهند و می‌توان با استفاده از اندیکاتور[13]ها (معرف‌ها) یون‌ها را اندازه گرفت. برای اندازه‌گیری کلسیم از معرف مورکسید[14] (نمک آمونیوم اسیدپورپوریک[15]) و برای اندازه‌گیری مجموع کلسیم و منیزیم (سختی کل) از معرف اریکروم بلاک‌تی[16] (قرمز رنگ) استفاده می‌کنند (معتمد، ۱۳۸۵: ۱۸۹).

یکی از راه‌های محاسبه سختی کل[17] آب، محاسبه مجموع سختی کلسیم و منیزیم است. سختی کل یکی از معیارهای کیفی آب شرب است که مقدار آن بر حسب وزن معادل کربنات کلسیم سنجیده می‌شود. از آنجا که

1. Image Landsat
2. Complexometery
3. Flame Photometery
4. Spectrometery
5. Potential of Hydrogen
6. Electrical Conductivity
7. Schuler
8. Wilcox
9. Titration
10. Complex ion (III)
11. Tetraacetic
12. Ethylene Diamine Tetraacetic Acid
13. Indicator
14. Murexide
15. Ammonium Salt of Purpuric Acid
16. Eriochrome Black T
17. Total Hardness

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.55.3.5]
[DOI: 10.29252/jgs.19.55.57]

غلظت یون‌های دیگر در آب‌های طبیعی خیلی کم بوده، بنابراین سختی معمولاً فقط بر حسب غلظت کلسیم و منیزیم (بصورت کربنات کلسیم) که نسبت به سایر یون‌های تشکیل‌دهنده سختی آب از کمیت خیلی بیشتری برخوردارند، اندازه‌گیری می‌شود (تریپاتهی[1] و گوویل[2]، ۱۳۸۲: ۱۷). کلسیم (Ca) تقریباً در تمام آب‌های طبیعی طبیعی وجود داشته و خاک‌ها نیز از نظر کلسیم اشباع می‌باشند. وجود کلسیم در آب باعث افزایش نفوذ آب به داخل خاک می‌شود. از نظر آبیاری هر چه مقدار کلسیم محلول در آب بیشتر باشد، آن آب مطلوب‌تر خواهد بود. اما وجود کلسیم در آب باعث سختی آن نیز می‌شود که استفاده از آن را برای شرب و صنعت محدود می‌سازد. منیزیم (Mg) به مقدار قابل ملاحظه‌ای در اکثر آب‌ها وجود داشته و رفتار آن در آب یا خاک مشابه کلسیم است. معمولاً آزمایشگاه‌ها کلسیم و منیزیم را از یکدیگر جدا نکرده و جمع این دو (Ca+Mg) را گزارش می‌کنند (علیزاده، ۱۳۹۲: ۸۷۷).

با محاسبه مقادیر سختی کلسیم و منیزیم از آزمایش کمپلکسومتری، می‌توان این مقادیر را با استفاده از فرمول شماره (۱) و (۲) به یون کلسیم و منیزیم تبدیل کرد و سختی کل آب را بر اساس مقادیر یون کلسیم و منیزیم موجود در آب از طریق رابطه‌های شماره (۳) و (۴) محاسبه کرد.

یون کلسیم (میلی‌گرم در لیتر) = ۰/۴۰۰۸ × سختی کلسیم (میلی‌گرم در لیتر) رابطه(۱)

یون منیزیم (میلی‌گرم در لیتر) = ۰/۲۴۴ × سختی منیزیم (میلی‌گرم در لیتر) رابطه(۲)

(بینای‌مطلق، ۱۳۸۹: ۱۴).

$$TH = 2.497\ Ca + 4.115\ Mg$$ رابطه (۳)

در رابطه(۳) TH سختی کل و Ca و Mg به‌ترتیب یون کلسیم و منیزیم بر حسب میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم است (علیزاده، ۱۳۹۲: ۸۹۱).

$$TH = (Ca + Mg) \times 50$$ رابطه(۴)

در رابطه(۳ و ۴)، سختی کل (TH) بر حسب میلی‌گرم در لیتر و مقادیر یون‌های Ca و Mg بر حسب میلی‌اکی‌والانت در لیتر می‌باشد. بر اساس ضرائب تبدیل مختص هر یون (طبق جدول ضرائب تبدیل واحد اندازه‌گیری آنیون‌ها و کاتیون‌ها) (علیزاده، ۱۳۹۲: ۸۹۰) مقادیر یون‌های کلسیم و منیزیم به واحد میلی‌اکی‌والانت در لیتر تبدیل و در رابطه‌های(۳ و ۴) استفاده می‌شود.

- **روش فلیم‌فتومتری**: این روش که به معنای "نورسنجی با شعله" یا "فتومتر نشر شعله‌ای" می‌باشد، با استفاده از دستگاهی به همین نام مقدار سدیم و پتاسیم آب را تعیین می‌کند. در این روش با استفاده از تکنیک رنگ شعله، نشر عنصر سدیم و پتاسیم را توسط محلول‌های استاندارد با غلظت‌های متفاوت به صورت جداگانه مشخص می‌کنند. نمک های سدیم (Na) بسیار محلول بوده و لذا در تمام آب‌های طبیعی به مقدار کم یا زیاد موجود است. مقدار پتاسیم (K) در آب‌های طبیعی معمولاً بسیار کم بوده و اکثر آزمایشگاه‌ها آنرا به‌طور جداگانه اندازه‌گیری نمی‌کنند. در واقع عدد ارائه شده در گزارش‌های کیفی آب ممکن است جمع عناصر سدیم و پتاسیم باشد، زیرا نقش پتاسیم تقریباً مشابه سدیم است (علیزاده، ۱۳۹۲: ۸۷۷).

---

[1]. Teripathi

[2]. Goovil

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.55.3.5]

[DOI: 10.29252/jgs.19.55.57]

- **روش اسپکترومتری**: روش اسپکترومتری اتمی یا طیف‌سنجی یا جذب اتمی، با استفاده از دستگاهی به نام اسپکت[1]، جذب[2] عنصر آهن در آب را مشخص می‌کند. سپس با داشتن مقدار غلظت محلول استاندارد آهن، مقدار غلظت آهن نمونه‌ها را به‌دست می‌آورند.

- **تعیین اسیدیته (pH)**: اسیدیته عبارت است از لگاریتم عکس تراکم یون H^+ (معتمد، ۱۳۸۵: ۱۷۴) و در مقیاس صفر تا ۱۴ اندازه‌گیری می‌شود. وقتی مقدار pH از ۶/۹ به صفر کاهش یابد، غلظت یون هیدروژن افزایش یافته و محیط اسیدی‌تر میشود. یک محلول با pH معادل ۷ خنثی و بالاتر از ۷ قلیایی است (تریپاتهی و گوویل، ۱۳۸۲: ۹). حد مطلوب pH برای آب شرب در محدوده ۸/۵-۷ است (بینای‌مطلق، ۱۳۸۹: ۷). دامنه تغییرات pH خاک در مناطق مرطوب دامنه‌ای بین ۵ تا ۷ و مناطق خشک به ۷ تا ۹ محدود می‌شود. به‌عبارت دیگر دامنه اسیدی pH به خاک‌های مناطق مرطوب و دامنه قلیایی به خاک‌های مناطق خشک اختصاص دارد (رامشت و سیف، ۱۳۷۹: ۱۴۱).

- **تعیین هدایت الکتریکی (EC)**: شوری از معیارهای مهم کیفیت آب برای مصارف کشاورزی و شرب است. شوری آب برحسب هدایت الکتریکی توصیف می‌گردد (علیزاده، ۱۳۹۲: ۸۷۷). با اندازه‌گیری هدایت الکتریکی، می‌توان به کیفیت آب و طبقه‌بندی آن پی برد (بینای‌مطلق، ۱۳۸۹: ۵).

- **میزان درصد رسوب**: رس، سیلت و ماسه نرم جزو موادی هستند که به صورت معلق حمل می‌شوند. با توجه به آن‌که مواد معلق، رنگ آب را تغییر داده و آن‌را گل‌آلود می‌کنند، غلظت مواد معلق را گل‌آلودگی[3] نامیده که به میلی‌گرم یا گرم بر لیتر نشان داده می‌شود (مهدوی، ۱۳۸۶: ۳۵۲).

- **طبقه‌بندی کیفی آب**: امروزه بررسی‌های کیفی آب، دامنه گسترده‌ای دارد و مسائل مربوط به آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی را شامل می‌گردد. بنابراین در مطالعات هیدرولوژی، همراه با مطالعه کمی مقدار آب، معیارهای کیفی آن نیز بررسی می‌شود (علیزاده، ۱۳۹۲: ۸۸۵). بخشی از کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی مربوط به بارش بوده، ولی مهم‌ترین نقش را نوع تشکیلات زمین‌شناسی، طول مسیر طی‌شده و مدت زمان این جابجایی ایفا می‌کند. غلظت مواد موجود در آب، هرچند هم که کم باشد نقش زیادی در استفاده از آن برای آشامیدن، کشاورزی و صنعت دارد. نمک‌های محلول در آب بر رشد گیاهان اثر گذاشته و مشخصات خاک را تغییر می‌دهند. بستگی به نوع استفاده از آب، اهداف خاصی را از تعیین کیفیت آب می‌توان دنبال کرد. ممکن است آبی که از نظر آشامیدن کیفیت مناسبی ندارد، برای کشاورزی خوب تشخیص داده شود (مهدوی، ۱۳۸۶: ۳۰۲).

- **کیفیت آب از نظر شرب و نمودار شولر**: جهت طبقه‌بندی آب از نظر شرب، از نمودار شولر استفاده می‌نماییم که بر پایه نتایج غلظت کلسیم، منیزیم، سدیم، سختی کل و هدایت الکتریکی و با محاسبه مقدار کل املاح محلول در آب یا باقی‌مانده خشک (TDS[4]) رسم می‌شود. TDS نیز از رابطه (۵) محاسبه می‌گردد:

$$TDS = 0.64 \times Ec$$ رابطه (۵)

[1]. Spectronic
[2]. Absorbance
[3]. Turbidity
[4]. Total Disolved Solids (TDS)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.55.3.5]
[DOI: 10.29252/jgs.19.55.57]

که در آن TDS باقی‌مانده خشک و Ec هدایت الکتریکی آب به‌ترتیب بر حسب واحد میلی‌گرم بر لیتر و میکروموس بر سانتی‌متر می‌باشد (مهدوی، ۱۳۸۶: ۳۱۸).

- **کیفیت آب از نظر کشاورزی و نمودار ویل‌کاکس**: در امور زراعی علاوه بر کمیت آب، کیفیت نیز نقش مهمی داشته و کیفیت نامناسب می‌تواند یکی از عوامل محدودکننده در این بخش باشد که علاوه بر مشکلات زراعی، مشکلاتی برای خاک نیز بوجود می‌آورد (مهدوی، ۱۳۸۶: ۳۲۷). مهمترین معیارهای کیفی در طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی، شوری و مقدار سدیم موجود در آن می‌باشد، زیرا این‌دو نه تنها بر رشد گیاه مؤثرند، بلکه درجه تناسب آب را از نظر آبیاری و تأثیر آن بر نفوذپذیری خاک مشخص می‌سازند. سدیم به تنهایی نمی‌تواند معیار کیفی آب به لحاظ کشاورزی قرار گیرد و بهتر آن است که تأثیر آن در ارتباط با شوری کل آب در نظر گرفته شود (علیزاده، ۱۳۹۲: ۸۹۵). شوری با معیار هدایت الکتریکی (Ec) و سدیم با نسبت جذبی سدیم (SAR) یا درصد سدیم محلول (SSP) سنجیده می‌شود که با داشتن غلظت عناصر در آب مقدار آن از رابطه‌های (۶) و (۷) محاسبه می‌گردد (مهدوی، ۱۳۸۶: ۳۲۹و۳۳۱):

$$SAR = \frac{\mathrm{Na}}{(\sqrt{0.5 \times (\mathrm{Ca} + \mathrm{Ma})})}$$ رابطه(۶)

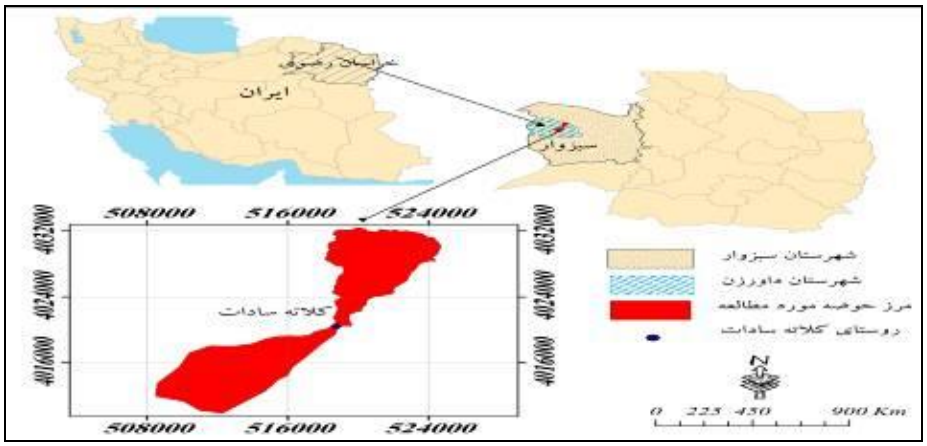
$$ssp = \frac{\mathrm{Na}}{\mathrm{Ca+Mg+Na+K}} \times 100$$ رابطه(۷)

روش طبقه‌بندی ویل‌کاکس و استفاده از نمودار آن کاربردی‌ترین روش برای طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی در مطالعات هیدرولوژی است. در نمودار ویل‌کاکس محور افقی این نمودار، شوری آب با معیار هدایت الکتریکی (Ec) بر حسب میکروموس بر سانتی‌متر در دمای استاندارد ۲۵ درجه سانتیگراد و محور عمودی نسبت جذبی سدیم (SAR) می‌باشد. مختصات مربوط به هر آب در منطقه‌ای قرار می‌گیرد که با حروف C از نظر شوری و S از نظر سدیم مشخص می‌گردد. مقادیر ۱، ۲، ۳ و ۴ به ترتیب نشان‌دهنده کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد می‌باشد (علیزاده، ۱۳۹۲: ۸۹۴).

معرفی محدوده مورد مطالعه

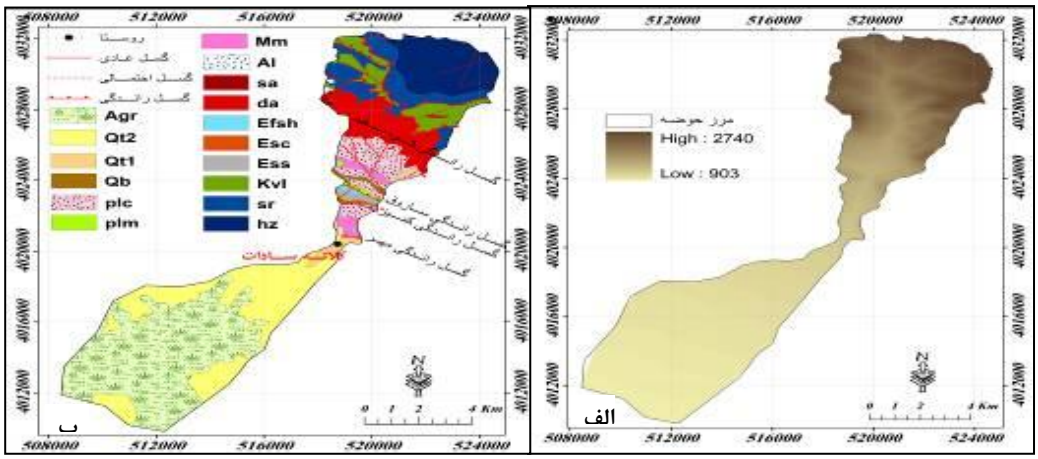
محدوده مورد مطالعه بین دو طول شرقی ″۳۹ ′۰۵ °۵۷ تا ″۳۱ ۱۶ °۵۷ و عرض‌های ″۵۹ ′۱۳ °۳۶ تا ″۱۲ ۲۶ °۳۶ شمالی با مساحت ۹۵/۸۳ کیلومترمربع واقع شده است. حوضه آبخیز کلاته سادات از زیرحوضه‌های رود کال‌شور سبزوار در دامنه جنوبی رشته‌کوه جغتای و ارتفاعات کوه‌سفید می‌باشد. به‌لحاظ موقعیت سیاسی حوضه مزبور متعلق به بخش باشتین از شهرستان داورزن در غرب شهرستان سبزوار از استان خراسان رضوی می‌باشد شکل(۱).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.55.3.5]
[DOI: 10.29252/jgs.19.55.57]



شکل (۱). موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیزکلاته سادات. (منبع: نگارندگان)

از نظر تقسیمات اقلیمی بر اساس ضریب دومارتن، اقلیم منطقه از نوع خشک است (گنجی‌نیا، ۱۳۸۷: ۳۳) و جریان‌های بیابانی عامل ایجاد بادهای خشک و تشدید فرسایش خاک در منطقه می‌باشد (گنجی‌نیا، ۱۳۸۷: ۲۹). پس از تعیین حدود حوضه آبخیز مورد مطالعه و بررسی وضعیت توپوگرافی منطقه، مدل رقومی ارتفاعی حوضه تهیه شد شکل(۲-الف). بر اساس آن تغییرات توپوگرافی در نواحی جنوبی اندک بوده و در بخش‌های شمالی بسیار شدید است. بیشترین ارتفاع در شمال‌شرق و کمترین در محل خروجی در جنوب‌غرب حوضه است؛ در نتیجه شیب توپوگرافی حوضه از شمال‌شرق به جنوب‌غرب می‌باشد. حوضه مورد مطالعه از نظر تقسیمات زمین‌شناسی در زون ایران مرکزی واقع شده و قسمتی از دامنه جنوبی رشته‌کوه شرقی-غربی منطقه موسوم به رشته‌کوه جغتای است که از مناطق افیولیت ملانژی در ایران محسوب می‌گردد شکل(۲-ب). نواحی کوهستانی در شمال توسط مجموعه افیولیتی و سنگ‌های مقاوم آتشفشانی ائوسن و زمین‌های کم‌ارتفاع دشت‌های جنوبی با مارن‌های نئوژن و نهشته‌های جوان چهره‌سازی شده‌اند (نقشه زمین‌شناسی باشتین، ۱۹۹۹).



شکل (۲). الف: مدل رقومی ارتفاعی، ب: نقشه زمین‌شناسی حوضه آبخیزکلاته سادات. (منبع: نگارندگان)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.55.3.5]
[DOI: 10.29252/jgs.19.55.57]

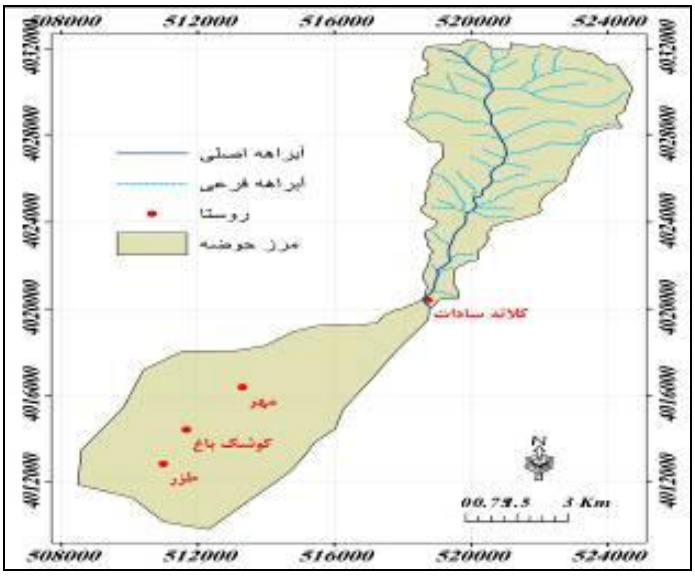
روستای کلاته سادات و تپه‌های مارنی در محل نهشته‌های کواترنری و واحد مخروط‌افکنه و پادگانه‌های جوان و کم‌ارتفاع (Q^{t2}) و قدیمی و مرتفع (Q^{t1}) قرار گرفته است. در شکل (۳) تصویر ماهواره‌ای موقعیت روستای کلاته سادات و تپه‌های مارنی ارائه شده است.

شکل (۳). تصویر ماهواره‌ای موقعیت حوضه آبخیزکلاته سادات در محیط نرم‌افزار Google Earth[1]. (منبع: نگارندگان)

رودخانه کلاته سادات ضمن عبور از مجاورت روستای کلاته سادات، در مسیر خود و در پایین‌دست قسمتی از اراضی روستاهای مهر، کوشک‌باغ و طزر را سیراب می‌نماید. این رودخانه یک خشکرود جزء حوضه آبریز کال‌شور سبزوار است که نهایتاً به چاله کویر مرکزی ختم می‌گردد. به جزء این رودخانه و تعدادی چشمه و قنات، آب دائمی دیگری در منطقه وجود ندارد و تنها منبع آب‌های سطحی منطقه، رواناب ناشی از بارندگی‌های سالانه است شکل (۴). طبق این نقشه، سطح حوضه بوسیله یک آبراهه اصلی و آبراهه‌های متعدد فرعی زهکش شده است که در مجموع طول آبراهه اصلی برابر با ۱۱/۹ کیلومتر است.

[1]. Image Landsat / Copernicus (CNES / Airbus), Imagery Dates: Oct 14, 2016- Nov 4, 2016. 40 S 515611.65 m E 4019952.49 m N - elev 1142 m.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.55.3.5]
[DOI: 10.29252/jgs.19.55.57]



شکل (۴). شبکه هیدروگرافی حوضه آبخیز کلاته سادات. (منبع: نگارندگان)

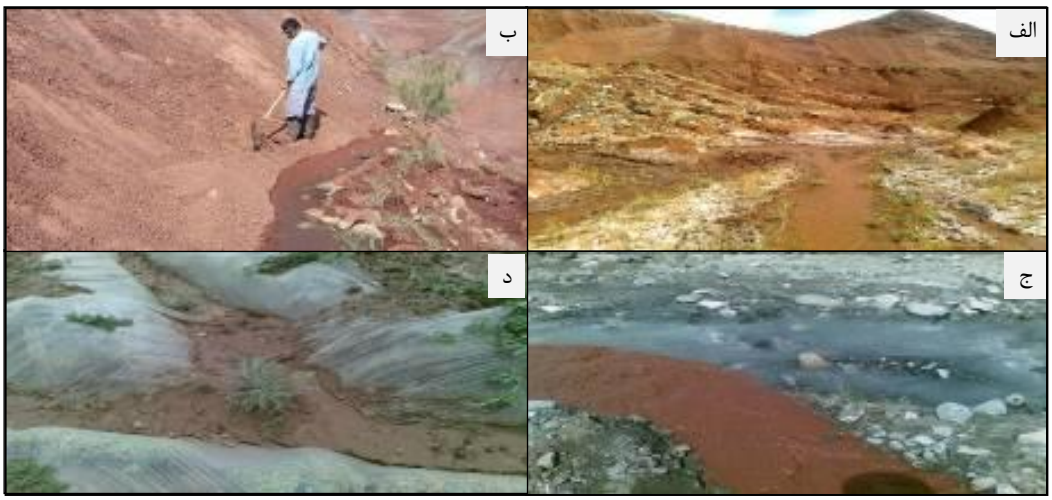
همان‌طور که بیان شد مهم‌ترین عارضه ژئومورفولوژی در حوضه آبخیز کلاته سادات تپه‌های مارنی نئوژن است شکل(۵). این تپه‌ها جزء حوضه‌های نئوژن-کواترنر زون ایران مرکزی است و به دلیل وجود اکسید آهن در آن، آجری رنگ دیده می‌شوند. مارن جزء گروه ناپیوسته سنگ‌های رسوبی است و از نفوذپذیری ضعیف برخوردار بوده و در مقابل عوامل فرسایش، مقاومت چندانی ندارد؛ در نتیجه فرسایش آبی و بادی به‌شدت روی آن به اشکال مختلف اثر می‌گذارد (احمدی، ۱۳۹۱: ۳۸۵).

شکل (۵). تپه‌های مارنی و آجری رنگ حوضه آبخیزکلاته سادات. (منبع: نگارندگان)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.55.3.5]
[DOI: 10.29252/jgs.19.55.57]

نتایج

آب رودخانه کلاته سادات از ارتفاعات کوه سفید سرچشمه گرفته و به صورت زلال اراضی مسیر خود را سیراب می‌کند. اما شاخه‌ای از این رودخانه از محل تپه‌های مارنی عبور کرده و آغشته به ذرات آجری رنگ مارن می‌شود. در حقیقت تپه‌های مارنی را دور زده و به صورت گل‌آلود به سمت پایین‌دست به راه خود ادامه می‌دهد. پس از عبور از محل تپه‌های مارنی در قسمتی از مسیر آب زلال و آب گل‌آلود به یکدیگر ملحق شده و نهایتاً آب رودخانه به صورت گل‌آلود و آجری رنگ به سمت اراضی کشاورزی پایین‌دست رودخانه جریان می‌یابد. البته این گل‌آلودگی در حجم عظیم آب چندان قابل توجه نیست؛ لذا جهت گل‌آلودگی مضاعف آب رودخانه، یکی از اهالی روستا در محل تپه‌های مارنی، هر روز و به دفعات منظم، مارن را به درون رودخانه ریخته و آب را گل‌آلود می‌کند که در اصطلاح محلی به این کار "آب‌رنگ کردن" و به کسی که این‌کار را انجام می‌دهد، "رنگ‌پاش" می‌گویند. آب رودخانه به علت وجود ذرات مارن، گل‌آلود شده و این آب گل‌آلود ضمن نفوذ در کف بستر رودخانه و زمین‌های زراعی، خلل و فرج موجود را پر می‌کند و لایه‌ای با قابلیت نفوذ کم بوجود می‌آورد و در زمین‌های زراعی با کنار هم قرار دادن ذرات خاک باعث چسبندگی و حفظ آب و خاک در مقابل گرما و وزش بادهای منطقه می‌شود (منتصری و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۶۳). پس از بازدید میدانی از بالادست رودخانه و آب زلال، موقعیت تپه‌های مارنی، محل عملیات آب‌رنگ کردن، محل الحاق آب زلال و آب گل‌آلود و مزارع آبیاری شده توسط آب گل‌آلود در پایین‌دست که در شکل(۶) نشان داده شده است، از ۷ نقطه نمونه آب برداشت شد که مشخصات و موقعیت جغرافیایی آن‌ها در جدول(۱) و شکل(۷) و تصویر ظاهری نمونه‌ها در شکل(۸) ارائه داده شده است.



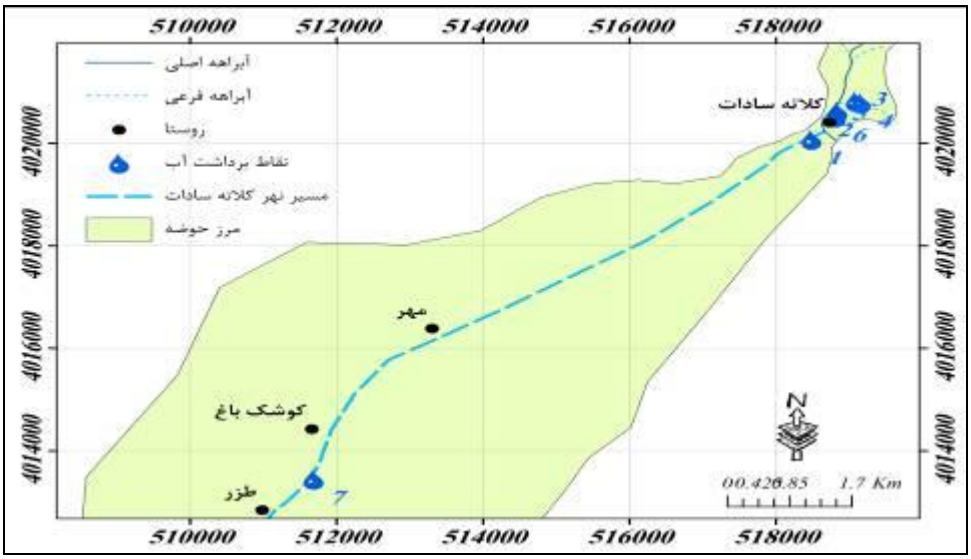
شکل (۶). الف: تپه‌های مارنی نئوژن، ب: محل عملیات آب‌رنگ کردن، ج: محل الحاق آب گل‌آلود و زلال، د: مزارع پایین‌دست حوضه و سطح آجری‌رنگ خاک. (منبع: نگارندگان)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.55.3.5]
[DOI: 10.29252/jgs.19.55.57]

جدول (۱). مشخصات جغرافیایی محل برداشت نمونه‌های آب از رودخانه کلاته سادات. (منبع: نگارندگان)

شماره نمونه	مشخصات ظاهری	ارتفاع (متر)	عرض جغرافیایی (UTM)	طول جغرافیایی (UTM)
۱	آب گل‌آلود*- بعد از الحاق- ورود به مزارع کلاته سادات	۱۲۱۰	۴۰۲۰۰۷۶	۵۱۸۴۸۴
۲	آب زلال- قبل از گل‌آلودکردن- جزء شاخه اصلی	۱۲۳۱	۴۰۲۰۶۱۶	۵۱۸۸۳۸
۳	آب زلال- شاخه اصلی- درمحل تپه‌های مارنی	۱۲۵۸	۴۰۲۰۸۲۱	۵۱۹۰۸۶
۴	آب گل‌آلود- در محل تپه‌های مارنی و سرچشمه گل‌آلودگی	۱۲۵۲	۴۰۲۰۷۹۱	۵۱۹۱۶۰
۵	آب گل‌آلود- کمی قبل از محل الحاق	۱۲۲۵	۴۰۲۰۵۱۴	۵۱۸۸۱۶
۶	آب زلال- کمی قبل از محل الحاق	۱۲۲۲	۴۰۲۰۵۱۷	۵۱۸۸۱۵
۷	آب گل‌آلود- بعد از الحاق-روستای کوشک باغ- مزارع پایین‌دست	۹۷۱	۴۰۱۳۴۴۳	۵۱۱۶۸۸

* در حقیقت نمونه‌های ۱، ۴، ۵ و ۷ نمونه‌های هدف پژوهش ما هستند و نمونه‌های ۲، ۳ و ۶ به عنوان شاهد انتخاب شده‌اند.



شکل (۷) موقعیت برداشت نمونه‌های آب در حوضه آبخیز کلاته سادات. (منبع: نگارندگان)

شکل (۸) نمونه آب رودخانه کلاته سادات (به ترتیب از راست به چپ: از نمونه گل‌آلود شماره ۱ تا نمونه گل‌آلود شماره۷). (منبع: نگارندگان)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.55.3.5]
[DOI: 10.29252/jgs.19.55.57]

نمونه‌ها را به آزمایشگاه منتقل و اسیدیته، هدایت الکتریکی، سختی کل، میزان غلظت کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم و آهن آن را محاسبه کردیم. سپس درصد رسوب هر کدام از نمونه‌ها را تعیین نمودیم. مشروح آزمایش‌های انجام شده بر روی نمونه‌های آب رودخانه، به قرار زیر است:

کمپلکسومتری یا تیتراسیون: سختی کل آب را با معرف اریروکروم بلاک‌تی و سختی کلسیم را با معرف موروکسید تیتر کردیم و از اختلاف سختی کلسیم از سختی کل، سختی منیزیم برحسب میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم حاصل گردید که نتایج آن در جدول (۲) ارائه شده است. (هم‌چنین مقادیر یون کلسیم و منیزیم موجود در آب را بر حسب میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم و میلی‌اکی‌والانت در لیتر محاسبه کردیم و بر اساس آن سختی کل را به‌دست آوردیم که در هر سه مورد پاسخ یکسان شد). آزمایش کمپلکسومتری (تیتراسیون) نشان داد که نمونه گل‌آلود شماره ۱ و نمونه‌های زلال شماره ۲، ۳ و ۶ آب سخت هستند و سختی خوبی دارند و نمونه‌های گل‌آلود شماره ۴، ۵ و ۷ آب خیلی سخت هستند[1]. به‌عبارتی غلظت کلسیم و منیزیم در نمونه آب‌های گل‌آلود بیشتر از آب‌های زلال بود.

فلیم‌فتومتری: در آزمایشگاه آلودگی دانشکده بهداشت، نمونه‌های برداشتی از رودخانه کلاته سادات را یک‌بار برای سدیم و بار دیگر برای پتاسیم، تعیین نشر کردیم. سپس با داشتن غلظت محلول‌های استاندارد برای هر عنصر، غلظت عناصر سدیم و پتاسیم را به صورت جداگانه برای نمونه‌های آب برداشتی از رودخانه محاسبه کردیم که نتایج آن در جدول(۲) ارائه شده است. بر اساس این نتایج مقدار سدیم و پتاسیم در نمونه‌های گل‌آلود شماره ۴، ۵ و ۷ به نسبت دیگر نمونه‌ها بیشتر است.

اسپکترومتری: ما با استفاده از دستگاه اسپکت، جذب عنصر آهن در آب را مشخص و سپس با داشتن مقدار غلظت محلول استاندارد آهن، مقدار غلظت آهن نمونه‌ها را تعیین کردیم جدول(۲). نتایج این آزمایش نشان داد که میزان آهن در نمونه آب گل‌آلود شماره ۷ که در محل اراضی کشاورزی است، بیشترین می‌باشد. وجود ترکیبات آهن در سنگ مادر موجب می‌شود که در طی فرآیند اکسیداسیون، رنگ خاک تعیین گردد (رامشت و سیف، ۱۳۷۹: ۵۴). از آنجایی‌که مارن‌های منطقه آجری رنگ هستند، پس وجود اکسید آهن در مارن‌ها و نمونه آب گل‌آلود شده به مارن حتمی است.

تعیین اسیدیته (pH): اسیدیته (pH) نمونه‌ها را با دستگاه pH سنج اندازه گرفتیم که مقادیر آن در جدول(۲) ارائه شده است. pH نمونه‌ها به دلیل وجود عناصر قلیایی (سدیم، پتاسیم و...) و قلیایی خاکی (کلسیم، منیزیم و...) بیشتر از ۷ است و به سمت قلیایی شدن پیش می‌رود؛ اما با این وجود pH نمونه‌های آب برداشتی از رودخانه کلاته سادات جهت استفاده در حد مطلوب می‌باشد و تفاوت بارزی بین نمونه آب‌های زلال و گل‌آلود وجود ندارد.

تعیین هدایت الکتریکی (EC): هدایت الکتریکی(Ec) نمونه‌ها را با دستگاه هدایت‌سنج و بر حسب میکروموس بر سانتی‌متر و در دمای استاندارد ۲۵ درجه سانتیگراد اندازه‌گیری کردیم جدول(۲). بر اساس تقسیم‌بندی

[1]. نرم یا سخت بودن آب‌ها را به صورت زیر طبقه‌بندی کرده‌اند: نرم (۵۰-۰)، متوسط (۱۲۰-۵۱)، سخت (۱۸۰-۱۲۱) و خیلی سخت (۱۸۰<) (مهدوی، ۱۳۸۶: ۳۱۶).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.55.3.5]
[DOI: 10.29252/jgs.19.55.57]

ویل‌کاکس[1]، شوری نمونه‌های ۱، ۲، ۳، ۵ و ۶ متوسط و شوری نمونه‌های ۴ و ۷ زیاد تشخیص داده شد؛ به‌عبارتی شوری در محل سرچشمه گل‌آلودی و محل اراضی کشاورزی بیشترین است.

طبقه‌بندی کیفی آب: پس از اندازه‌گیری‌های کمی عناصر موجود در نمونه آب رودخانه و محاسبه پارامترهای لازم، کیفیت آن‌را جهت مصارف شرب و آبیاری بررسی نمودیم:

- **کیفیت آب از نظر شرب و نمودار شولر:** بر اساس نتایج غلظت کلسیم، منیزیم، سدیم، سختی کل و هدایت الکتریکی نمونه‌های آب (بر حسب واحد میلی‌گرم بر لیتر)، نمودار شولر را رسم کردیم شکل(۹-الف). بر اساس این نمودار کیفیت آب رودخانه کلاته سادات جهت مصرف شرب و سختی کل آن نیز در وضعیت مطلوب و قابل قبولی است.

- **کیفیت آب از نظر کشاورزی و نمودار ویل‌کاکس**: جهت تعیین کیفیت آب کشاورزی رودخانه کلاته سادات با استفاده از نمونه‌های آب برداشتی، نمودار ویل‌کاکس را رسم نمودیم تا کیفیت آب رودخانه به خصوص آب گل‌آلود را در نقاط مختلف از جمله در پایین‌دست که به مصرف آبیاری اراضی کشاورزی می‌رسد، بررسی کنیم شکل(۹-ب).

نسبت جذبی سدیم (SAR) و درصد سدیم محلول (SSP) هر یک از نمونه‌ها را محاسبه کردیم که نتایج آن در جدول (۲) ارائه شده است. بر طبق تقسیم‌بندی SSP[2] و SAR[3] تمام نمونه‌ها از لحاظ میزان سدیم محلول (SSP) و نسبت جذبی سدیم (SAR) در وضعیت خیلی خوبی هستند و سدیم موجود در نمونه‌ها کم است. در خصوص کلاس طبقه‌بندی آب برای مصارف آبیاری و کشاورزی بر اساس جدول ویل‌کاکس نمونه آب‌های شماره ۱، ۲، ۳، ۵ و ۶ جزء آب‌های خوب و نمونه‌های شماره ۴ و ۷ جزء آب‌های متوسط جهت آبیاری اراضی کشاورزی مشخص شدند.

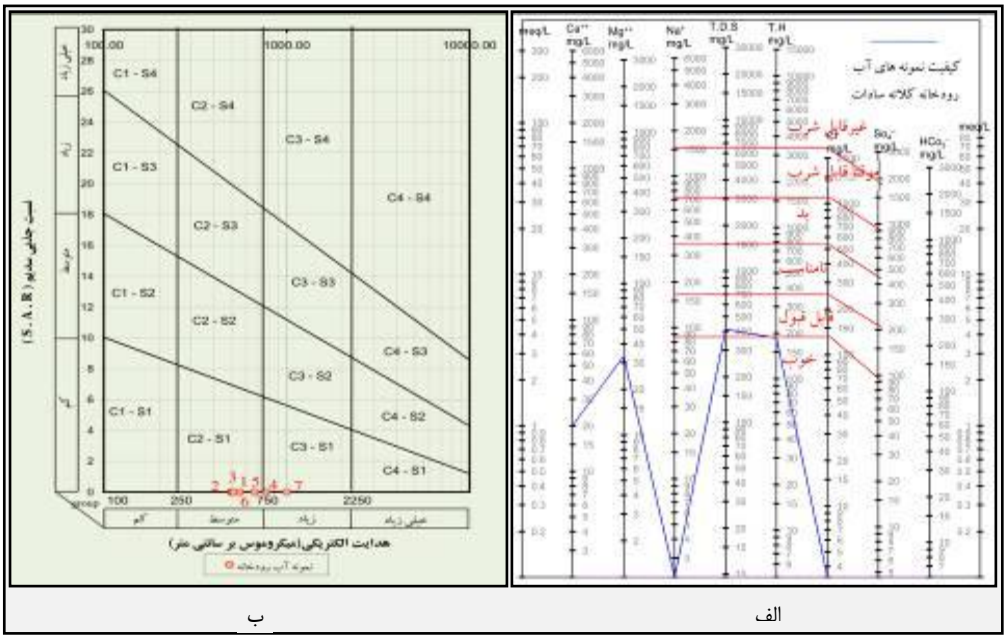
---

[1]. طبق تقسیم‌بندی ویل‌کاکس، هدایت الکتریکی آب‌ها به‌صورت کم (۲۵۰-۱۰۰)، متوسط (۲۵۰-۷۵۰)، زیاد (۲۲۵۰-۷۵۰) و خیلی زیاد (۲۲۵۰ <) بیان می‌شود (علیزاده، ۱۳۹۲: ۸۹۵).

[2]. آب‌ها از نظر سدیم محلول (SSP) در ۵ گروه زیر قرار می‌گیرند: عالی (SSP < ۲۰)، خوب (۲۰ < SSP < ۴۰)، قابل قبول (۴۰ < SSP < ۶۰)، مشکوک (۶۰ < SSP < ۸۰) و بد (SSP > ۸۰) (علیزاده، ۱۳۹۲: ۸۹۴).

[3]. رابطه میزان سدیم موجود در آب و SAR به صورت زیر تعریف شده است: (۰ < SAR < ۱۰) سدیم کم، (۱۰ < SAR < ۱۸) سدیم متوسط، (۱۸ < SAR < ۲۶) سدیم زیاد و (SAR > ۲۶) سدیم خیلی زیاد (مهدوی، ۱۳۸۶: ۳۲۹).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.55.3.5]
[DOI: 10.29252/jgs.19.55.57]



شکل (۹) نمودار الف: شولر، ب: ویل‌کاکس نمونه آب رودخانه کلاته سادات. (منبع: نگارندگان)

محاسبه درصد رسوب: در آزمایشگاه شیمی وزن رسوب، وزن آب خالص و درصد رسوب هر کدام از نمونه‌های آب برداشتی از رودخانه را به دست آوردیم که مقادیر میزان درصد رسوب در جدول (۲) و تصاویر مراحل این آزمایش در شکل (۱۰) ارائه شده است.

جدول (۲) نتایج آزمایشات فیزیکوشیمیایی نمونه آب رودخانه کلاته سادات. (منبع: نگارندگان)

شماره نمونه	میلی گرم بر لیترکربنات کلسیم			میلی‌گرم بر لیتر			pH	میکروموس بر سانتی‌متر	میلی‌اکی‌والانت در لیتر		درصد رسوب
	سختی کل	سختی Ca	سختی Mg	سدیم	پتاسیم	آهن		Ec	SAR	SSP	
۱	۱۶۴/۰	۴۰/۰	۱۲۴/۰	۰/۲۱	۰/۰۰۶	۰/۰۱۲	۷/۸۹	۵۵۲/۰	۰/۰۰۷	۰/۲۷۲	۰/۲۷
۲	۱۶۴/۰	۴۸/۰	۱۱۶/۰	۰/۱۶	۰/۰۰۲	۰/۰۲۴	۸/۰۷	۴۹۹/۰	۰/۰۰۵	۰/۲۰۶	۰/۰۰
۳	۱۵۰/۰	۳۲/۰	۱۱۸/۰	۰/۱۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۷	۷/۷۰	۵۰۲/۰	۰/۰۰۶	۰/۲۴۸	۰/۰۰
۴	۲۴۰/۰	۷۶/۰	۱۶۴/۰	۰/۳۴	۰/۰۱۲	۰/۰۲۷	۷/۷۱	۷۶۹/۰	۰/۰۱۰	۰/۳۰۸	۲/۱۲
۵	۲۲۰/۰	۶۸/۰	۱۵۲/۰	۰/۳۱	۰/۰۰۸	۰/۰۰۹	۷/۹۱	۶۶۸/۰	۰/۰۰۹	۰/۳۰۷	۱/۰۸
۶	۱۵۶/۰	۲۸/۰	۱۲۸/۰	۰/۱۲	۰/۰۱۰	۰/۰۳۴	۸/۰۰	۵۱۱/۰	۰/۰۰۴	۰/۱۶۷	۰/۰۱
۷	۲۱۰/۰	۶۰/۰	۱۵۰/۰	۰/۵۰	۰/۰۱۰	۰/۰۳۷	۷/۷۷	۹۹۸/۰	۰/۰۱۵	۰/۵۰۹	۰/۱۴

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.55.3.5]
[DOI: 10.29252/jgs.19.55.57]

شکل (۱۰) مراحل محاسبه میزان درصد رسوب نمونه آب رودخانه کلاته سادات. (منبع: نگارندگان)

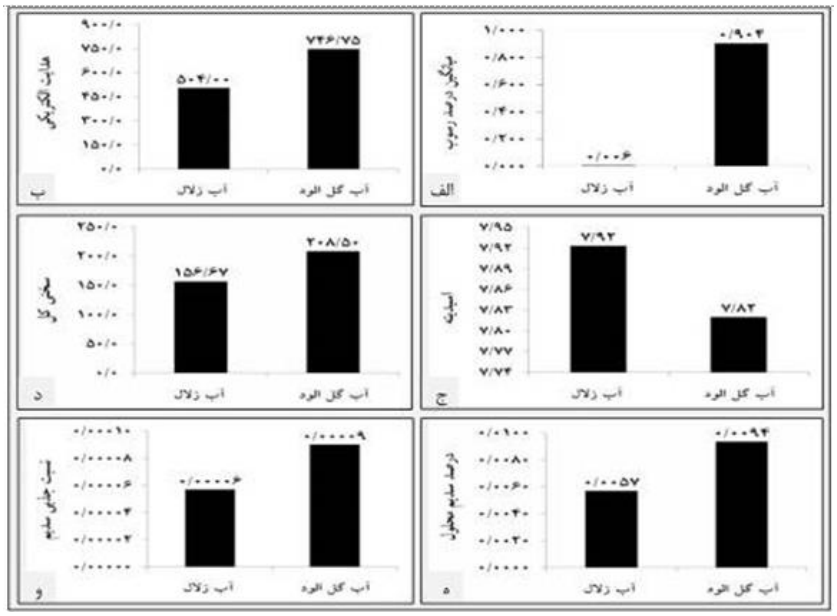
محاسبه میزان درصد و غلظت رسوب در نمونه آب‌های برداشتی، نشان داد که بیشترین درصد رسوب مربوط به نمونه شماره ۴ است که در سرچشمه گل‌آلـــــودی قرار دارد و کمترین درصد رسوب نیز مربوط به نمونه هـای ۲ و ۳ است که در سرشاخه‌های اصلی آب زلال واقع شده است. به‌عبارتی افزایش درصد رسـوب باعـث افـزایش گل‌آلودگی و بالعکس می‌شود. به ترتیب بیشترین تا کمترین درصد رسوب و گل‌آلودگی در نمونه‌های برداشـتی از رودخانه عبارتند از:

۱) نمونه ۴ : آب گل‌آلود در محل سرچشمه گل‌آلودگی و تپه‌های مارنی کلاته سادات.
۲) نمونه ۵ : آب گل‌آلود در فاصله کمی از محل الحاق آب زلال و آب گل‌آلود.
۳) نمونه ۱ : آب گل‌آلود بعد از الحاق آب زلال و آب گل‌آلود در مزارع کلاته سادات.
۴) نمونه ۷ : آب گل‌آلود بعد از الحاق آب زلال و آب گل‌آلود در مزارع کوشک‌باغ.
۵) نمونه ۶ : آب زلال در فاصله کمی از محل الحاق آب زلال و آب گل‌آلود.
۶) نمونه ۲ : آب زلال قبل از گل‌آلود کردن و جزء شاخه اصلی.
۷) نمونه ۳ : آب زلال در محل تپه‌های مارنی و قبل از گل‌آلود کردن و جزء شاخه اصلی.

سپس میانگین متغیرهای شیمیایی در دو آب زلال و گل‌آلود با یکدیگر مقایسه شد. شکل(۱۱).
طبق شکل (۱۱)، میزان تأثیر گل‌آلودگی در آب رودخانه به سهولت درک می‌شود. همه متغیرهای شیمیایی بـه جزء اسیدیته در آب گل‌آلود نسبت به آب زلال افزایش داشته است. به‌عبارتی گل‌آلودگی باعث افزایش میانگین درصد رسوب، هدایت الکتریکی، سختی‌کل، درصد سدیم محلول و نسبت جـذبی سـدیم شـده اسـت. در مـورد متغیر اسیدیته، نتیجه معکوس بوده است و میزان آن در آب گل‌آلود نسبت به آب زلال کاهش داشته است و به سمت کاهش قلیائیت گرایش پیدا کرده است؛ البته این کاهش چندان قابل توجـه و بحرانـی نیسـت، چـون بـا آبیاری اراضی با آب گل‌آلود همچنان قلیائیت خاک حفظ مـــی‌شود. علیرغم اینکه آبیاری اراضی کشـــاورزی بـا

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.55.3.5]
[DOI: 10.29252/jgs.19.55.57]

آب گل‌آلـــود در بعضی شرایط برای خاک مضرات فراوانی دارد[۱]، اما بررسی نمونه آب برداشتی از حوضه مـورد مطالعه و انجام آزمایشات شیمیایی بر روی آن نشان داد که آب‌رنگ کردن و گل‌آلود کردن آب با مـارن، سـبب بروز تغییرات قابل توجه در کیفیت آب رودخانه و تضعیف کیفیت آب کشاورزی منطقه نمی‌شود؛ زیرا مشاهدات میدانی، آزمایشات و بررسی تحقیقات دیگر در این زمینه نشان می‌دهد که میزان درصد عناصر موجود در مارن، می‌تواند در بهبود بافت، ترکیبات خاک و کشاورزی یک منطقه و یا تضعیف آن مؤثر باشد.



شکل (۱۱). مقایسه متغیرهای شیمیایی در دو نمونه آب زلال و گل‌آلود رودخانه کلاته سادات. الف: میانگین درصد رسوب، ب: هدایت الکتریکی، ج: اسیدیته، د: سختی‌کل، ه: درصد سدیم محلول (SSP)، و: نسبت جذبی سدیم (SAR). (منبع: نگارندگان)

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش‌ها و بررسـی میـانگین متغیرهـای شـیمیایی آب رودخانـه کلاتـه سـادات نشـان داد کـه عـوارض ژئومورفولوژیک تپـه‌های مـارنی و روش آب‌رنـگ کـردن، باعـث افـزایش میـزان درصـد رسـوب (گـل‌آلودگی)، سختی‌کل (غلظت کلسیم و منیزیم)، شوری آب (هدایت الکتریکی)، میزان درصد سدیم محلول (SSP) و نسبت جذبی سدیم (SAR) آب شده است و از آن طرف نمودار شولر و ویل‌کـاکس و طبقه‌بنـدی SSP و SAR نشـان داد که کیفیت آب شرب و کشاورزی رودخانه کلاته سادات و حتی سختی کل آن در وضعیت مطلـوب و خـوبی است؛ به‌عبارتی گل‌آلودی باعث تغییر و افزایش قابل‌توجه در میزان درصد سدیم محلول و نسبت جذبی سـدیم آب نمی‌شود و افزایش متغیرهای شیمیایی در حد بحرانی و آسیب‌پذیر نیست.

[۱]. استفاده از آب گل‌آلود در کشاورزی نیز می‌تواند مشکلاتی به‌وجود آورد. برای نمونه آبیاری بارانی را با مشکلاتی مواجه می‌سازد؛ زیـرا آب گـل‌آلود سبب فرسودگی پمپ‌ها، سیستم‌های پخش و سایر وسایل آبیاری می‌شود. هم‌چنین نفوذپذیری را مختل می‌سازد (رفاهی، ۱۳۸۸: ۱۴۸).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.55.3.5]
[DOI: 10.29252/jgs.19.55.57]

آزمایش کمپلکسومتری نشان می‌دهد که غلظت کلسیم و منیزیم در آب گل‌آلود نسبت به آب زلال بیشتر است. آزمایش فلیم‌فتومتری افزایش میزان سدیم و پتاسیم در آب گل‌آلود را نسبت به آب زلال نشان می‌دهد. هم‌چنین آزمایش هدایت الکتریکی نشان می‌دهد که شوری در نمونه آب‌های گل‌آلود بیشتر است و گل‌آلودی در تغییرات هدایت الکتریکی آب مؤثر می‌باشد (با افزایش شوری، نفوذپذیری خاک کاهش می‌یابد) و نهایتاً آزمایش میزان درصد رسوب در نمونه آب‌های برداشتی نشان داد که میزان بار معلق و درصد رسوب در آب گل‌آلود بیشتر از آب زلال است. با بررسی نتایج اسیدیته نمونه آب‌های برداشتی و نیز نمونه شماره ۷ که از محل آبیاری اراضی برداشت شده است مشخص شد که اختلاف فاحشی بین اسیدیته آب زلال و گل‌آلود وجود ندارد؛ به‌عبارتی گل‌آلودی آب تأثیری در pH آن نداشته و روش آب‌رنگ کردن و آبیاری اراضی با آب گل‌آلود به مارن، قلیایی خاک را تغییر نمی‌دهد و اختلالی در حاصلخیزی آن ایجاد نمی‌شود. افزایش کاتیون‌های سدیم، پتاسیم ، منیزیم و کلسیم در آب گل‌آلود و تمرکز آن‌ها در سطح ذرات مارن باعث افزایش درصد اشباع کاتیون‌های بازی[1] در خاک و حاصلخیزی آن می‌گردد. سدیم و پتاسیم موجود در ذرات مارن آب گل‌آلود، باعث انتشار و پراکندگی ذرات خاک و پر شدن خلل و فرج آن شده، تخلخل و نفوذپذیری را کم می‌کند و نیروی ثقل در هدایت آب از سطح به عمق، ضعیف می‌شود و رطوبت مدت زمان بیشتری در اختیار گیاه می‌ماند. این امر باعث خنک نگه‌داشتن گیاه و افزایش مقاومت و طول عمر آن در مقابل خشکی و گرمای این اقلیم می‌شود. کلسیم و منیزیم نیز سبب انعقاد بسیاری از کلوییدهای رسی و هوموسی شده و ساختار درشت دانه خاک را بهبود می‌دهد. به جهت این‌که این ناحیه به شدت بادخیز است و در فصول گرم و کم‌باران مورد هجوم بادهای محلی و بادهای شرق کشور قرار می‌گیرد، با این روش بومی و حفظ رطوبت و ترمیم بافت درشت‌دانه خاک، چسبندگی و مقاومت آن در مقابل فرسایش بادی افزایش می‌یابد. بنابراین تپه‌های مارنی موجود در منطقه و گل‌آلودگی و روش بومی آب‌رنگ کردن، سبب تغییرات قابل توجه در کیفیت شیمیایی آب رودخانه نمی‌شود و می‌توان از آن برای آبیاری اراضی کشاورزی استفاده کرد.

مناسب است که بخش‌های تحقیقاتی آبخیزداری و کشاورزی استان در رابطه با نقش این روش سنتی در حفظ منابع آب و خاک در منطقه، طرح‌های تحقیقاتی سالم را پیگیری و حمایت نمایند و از آنجایی که پژوهش‌های کاربردی بسیار هزینه‌بر است و زمان زیادی را می‌طلبد، پیشنهاد می‌شود که این موضوع به صورت گسترده و در طول یک بازه زمانی معین و با حمایت‌های مالی بررسی گردد.

منابع

احمدی، حسن. (۱۳۹۱). **ژئومورفولوژی کاربردی (فرسایش آبی)**، انتشارات دانشگاه تهران، ۱(۸): ۷۰ و ۳۸۵.

اسلامی، هادی؛ المدرسی، سید علی؛ خسروی، رسول؛ فلاح‌زاده، رضا علی؛ پیروی، رویا؛ تقوی، محمود. (۱۳۹۶). **ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی دشت یزد- اردکان برای اهداف کشاورزی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)**، مجله سلامت و بهداشت، ۸(۵): ۵۸۶-۵۷۵.

[1]. P.B.S

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.55.3.5]
[DOI: 10.29252/jgs.19.55.57]

امیدوار، کمال؛ بهزادی‌کریمی، حسین. (۱۳۹۶). **تحلیل فضایی کیفیت منابع آب زیرزمینی جهت مصارف شرب، کشاورزی و صنعتی (مطالعه موردی: دشت آباده طشک- جهان‌آباد)**. فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، ۱۰(۳۸): ۴۴-۱۹.

بینای‌مطلق، پروین. (۱۳۸۹). **دستورالعمل و روش‌های اندازه‌گیری عوامل فیزیکوشیمیایی و مواد شیمیایی معدنی سمی در آب آشامیدنی**، وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی، معاونت بهداشت، مرکز سلامت محیط و کار: ۱۴-۵.

تریپاتهی، بی. تی؛ گوویل، سودارانی. (۱۳۸۲). **معرفی روش‌های آزمایشگاهی اندازه‌گیری آلودگی آب**، (مترجم: علیزاده، مرتضی)، انتشارات موج سبز، ۱: ۲۸-۱۷.

جداری‌عیوضی، جمشید؛ مقیمی، ابراهیم؛ یمانی، مجتبی؛ محمدی، حسین؛ عیسایی، احمدرضا. (۱۳۸۹). **تأثیر عوامل اکوژئومورفولوژیک بر کیفیت شیمیایی آب (مطالعه موردی: رودخانه کر و دریاچه سد درودزن)**. مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۱(۱): ۳۲-۱۷.

دادرسی‌سبزوار، ابوالقاسم. (۱۳۸۸). **آبخیزداری و نقش آن در توسعه پایدار منابع آب زیرزمینی و خاک با کنترل و بهره‌وری از سیلاب**، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، انجمن آبخیزداری ایران، پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران (مدیریت پایدار بلایای طبیعی).

رامشت، محمدحسین؛ سیف، عبدالله. (۱۳۷۹). **جغرافیای خاک‌ها**، انتشارات دانشگاه اصفهان، ۳: ۱۴۱-۵۴.

رامشت، محمدحسین؛ غازی، ایران؛ معیری، مسعود؛ فتوحی، صمد. (۱۳۸۶). **تأثیر گنبدهای نمکی در شوری آب‌های زیرزمینی پلایای داراب**، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۷(۶): ۱۴۴-۱۲۹.

رفاهی، حسینقلی. (۱۳۸۸). **فرسایش آبی و کنترل آن**، انتشارات دانشگاه تهران، ۶: ۱۴۸.

علیزاده، امین. (۱۳۹۲). **اصول هیدرولوژی کاربردی**، انتشارات دانشگاه امام رضا، مشهد، ۳۶: ۸۹۵-۸۷۷.

فرزانه، حسین؛ گزنچیان، علی. (۱۳۹۰). **بررسی اثر پخش سیلاب بر روند نفوذپذیری خاک و عمق رسوب در حوضه کلاته سادات سبزوار**، مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۵(۱۷): ۶-۱.

فرهمند، سمیه. (۱۳۹۰). **بررسی ترکیب کانی‌شناختی سازند مارن‌دار میشان از سمت زاگرس چین‌خورده به سمت زاگرس مرتفع و کاربرد آن در صنعت آجر**، تهران: وزارت صنعت معدن تجارت، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، سی‌امین گردهمایی علوم زمین: ۷-۱.

کرمی، فریبا؛ رستم‌زاده، هاشم. (۱۳۸۵). **بررسی عوامل مؤثر در شور شدن اراضی دشت سراب**، مجله منابع طبیعی ایران، ۵۹(۲): ۳۲۹-۳۱۵.

گنجی‌نیا، ملیحه. (۱۳۸۷). **شناسایی اشکال آبی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در محیط GIS**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، به راهنمایی آقای دکتر ابوالقاسم امیراحمدی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار.

محمودآبادی، مجید؛ مظاهری، محمودرضا. (۱۳۹۱). **تأثیر برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بر نفوذپذیری خاک در شرایط مزرعه‌ای**، فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، ۲(۸): ۲۵-۱۴.

معتمد، احمد. (۱۳۸۵). **رسوب شناسی (روش‌های مطالعه و کاربرد)**، انتشارات دانشگاه تهران، ۷(۱): ۱۸۹-۱۷۴.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.55.3.5]
[DOI: 10.29252/jgs.19.55.57]

منتصری، لیلا؛ زنگنه‌اسدی، محمدعلی؛ امیراحمدی، ابوالقاسم. (۱۳۹۴). **دانش بومی کاربرد عوارض ژئومورفولوژی (آب‌رنگ کردن) و نقش آن در حفظ آب و خاک**، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۳۰(۱۱۹): ۱۵۴-۱۷۱.

مهدوی، محمد. (۱۳۸۶). **هیدرولوژی کاربردی**، انتشارات دانشگاه تهران، ۶(۲): ۳۵۲-۳۱۱.

موسوی، سید حجت. (۱۳۹۱). **پدیده دیاپیریسم نمکی و تأثیر آن بر آلودگی منابع آب با تأکید بر ایران**، مجله سپهر، ۲۱(۸۴): ۷۶-۷۰.

نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ **سبزوار**. (۱۹۸۶). برگ شماره NJ4015، سازمان ملی نقشه‌برداری.

نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ **سبزوار**، برگ شماره NJ4015، سازمان نقشه‌برداری کشور.

نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ **چشام**، برگ شماره NJ4015-3.

نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ **مهر**، برگ شماره NJ4015-4.

نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ **باشتین**. (۱۹۹۹). سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ **سبزوار**. (۱۹۸۹). سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

وحیدی، محمدجواد؛ جعفرزاده، علی‌اصغر؛ اوستان، شاهین؛ شهبازی، فرزین. (۱۳۹۰). **تأثیر ژئومورفولوژی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و مینرالوژیکی خاک‌های جنوب شهرستان اهر**، مجله دانش آب و خاک، ۲۱(۲): ۸۰-۶۵.

وزارت نیرو، دفتر مهندسی و معیارهای فنی آب و آبفا، معاونت نظارت راهبردی و امور نظام فنی. (۱۳۹۱). **دستورالعمل تقسیم‌بندی و کدگذاری حوضه‌های آبریز و محدوده‌های مطالعاتی در سطح کشور**، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، تهران، ۳۱۰: ۷-۵.

Liu X, Tao Y, Zhou K, Zhang Q, Chen G, Zhang X. 2017. **Effect of water quality improvement on the remediation of river sediment due to the addition of calcium nitrate**, Science of the Total Environment, 575: 887-894, dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.149.

Papadopoulou-Vrynioti K, Mertzanis A, Vryniotis D, Vassiliades E, Karakitsios V. 2015. **The contribution of karstic rocks to soil quality, Ioannina plain**, Journal of Geochemical Exploration, 154: 224-237, doi.org/10.1016/j.gexplo.2014.12.006.

Rymbai P N, Dey S, Jha L K. 2012. **The impact of topographical characteristics and land use change on the quality of Umbaniun micro-watershed water resources, Meghalaya**, Ingenieria e Investigacion, 32(2): 12-17, doi: 10.15446/ing.investig.

Varanka S, Hjort J, Luoto M. 2015. **Geomorphological factors predict water quality in boreal rivers**, Earth Surface Processes and Landforms, 40(15): 1989-1999, doi.org/10.1002/esp.3601.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1398.19.55.3.5]
[DOI: 10.29252/jgs.19.55.57]