

بررسی ویژگی‌های کمی و کیفی آب زیرسطحی به منظور استحصال از طریق احداث سد زیرزمینی در منطقه کرناوه شیرین کلات

علی باقریان کلات^۱ علی اکبر عباسی^۲ غلامرضا لشکری پور^۳ محمد غفوری^۴

۱-۲- مشهد، محقق مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

۳ و ۴- مشهد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

۱- پست الکترونیک: Alibagheriankalat@yahoo.com

چکیده

در پروژه‌های استحصال آب، اطمینان از کیفیت مناسب آب استحصال شده با توجه به نوع مصرف امری کاملاً ضروری است. مقاله حاضر نتیجه تحقیقی است که در منطقه کرناوه شیرین کلات به منظور تامین آب شرب دام و کشاورزی به انجام رسید. در این منطقه علیرغم محدودیت شدید در منابع آبی، بخش قابل توجهی از روانابهای ناشی از بارشهای تند و همچنین مقادیر قابل توجهی از آبهای زیرسطحی از دسترس خارج شده و وارد کشور ترکمنستان می‌شود. در این بررسی ویژگی‌های کمی و کیفی آب زیرسطحی مورد مطالعه قرار گرفت. با مقایسه ویژگیهای فیزیکوشیمیایی نمونه‌های آب زیرسطحی مورد بررسی با استانداردهای موجود، کیفیت آب برای مصارف دام مناسب و برای کشاورزی نسبتاً مناسب است. دبی جریان زیر سطحی نیز در خروجی حوزه بیش از ۶ لیتر در ثانیه است. نتایج این بررسی نشان داد که با توجه به بحران شدید آب و ارزش بسیار زیاد آن در منطقه و همچنین مناسب بودن وضعیت کمی و کیفی آب زیرسطحی، احداث سد زیرزمینی یکی از راههای مناسب تامین آب برای منطقه می‌باشد.

کلید واژه‌ها: استحصال آب، کیفیت آب، سد زیرزمینی

مقدمه

سد زیرزمینی یک روش ساده و کاربردی برای جمع‌آوری و ذخیره‌سازی آب در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. این سدها در بستر رودخانه‌ها و ترجیحاً خشکه‌رودها ساخته می‌شوند و معمولاً تا سنگ بستر نفوذناپذیر ادامه می‌یابند. با به کارگیری این روش جریان‌های زیرسطحی رودخانه توسط سد متوقف شده و در مخزن آبرفتی بستر رودخانه تشکیل یک سفره آب زیرزمینی محدود می‌دهد (Matunaga, 1992). آبخوان‌های مسدود شده به وسیله سدهای زیرزمینی معمولاً از نوع کم عمق هستند و این نشان می‌دهد که نوع سفره آزاد است (نیلسون، ۱۳۸۲). فن احداث و استفاده از سدهای زیرزمینی در کشور ما دارای قدمتی نظیر حفر قنوات است که به خاطر بی‌توجهی و عدم استفاده از تکنولوژی نوین جهت توسعه و بهره‌برداری از آن دچار رکود و فراموشی گردیده است (صفی‌نژاد و دادرس، ۱۳۷۹). حدود نیمی از سدهای زیرزمینی دنیا در قاره آفریقا احداث شده و تعداد زیادی از این سدها در نواحی نیمه خشک واقعند (JGRC, 2001). بی‌تردید سدهای زیرزمینی در مناطق روستایی کشورهای در حال توسعه که شرایط آب و هوایی خشکی دارند، از محاسن بیشتری نسبت به سدهای سطحی برخوردارند، به ویژه آن که ریسک آلودگی محتمل و تبخیر آب را کاهش می‌دهند (Hanson & Nilsson, 1986). آنها عمدتاً برای شرب،



مصارف کشاورزی و صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرند لذا معیارهای کیفی تابع نوع استفاده از آب برمبنای استانداردهای آن است. معیارهای کیفی آب، مقادیری از مواد محلول در آب بوده که معنای زیست‌محیطی دارند {Fetter, 1999}.

اولین شواهد استفاده از فنون استحصال آب در صحرای نقب (فلسطین) در ۴۰۰۰ سال قبل بوده‌است {Cluff, 1981}. ایرانیان باستان نیز حوض انبارهایی برای تأمین آب شرب و دام در مناطق خشک احداث و از آب باران پرمی‌کرده‌اند. بومیان آمریکای شمالی و جنوبی روشهای ساده استحصال آب را برای کشاورزی در حدود ۴۰۰ تا ۷۰۰ سال قبل مورد استفاده قرار داده‌اند {Obryan, 1969; Frasier, 1983}.

در اغلب موارد مخزن سدهای زیرزمینی نسبتاً کوچک بوده و برای شرب انسان، دام و کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مناطق خشک و نیمه‌خشک واقع در شمال غرب و نیز مناطق شمالی تبت در کشور چین با بارندگی متوسط سالانه حدود ۲۰۰ میلی‌متر و توزیع نامناسب فصلی دچار کم‌آبی شدید می‌باشند. احداث سدهای زیرزمینی با هدف کنترل و بالاآوردن سطح سفره‌های آب زیرزمینی و نگهداری آن در داخل لایهٔ آبرفتی به طوری که در زمان مورد نیاز بتواند برای آبیاری اراضی مورد استفاده قرار گیرد از روش‌های معمول تأمین آب در این مناطق می‌باشد. اجزای این طرح شامل یک پردهٔ دیافراگم به عنوان مانع عبور جریان و تعدادی چاهک و یا گالری برای بهره‌برداری از مخازن می‌باشد {Luo, 1992}. سدهای زیرزمینی ژاپن در مقیاس بزرگ‌تر (در طول‌های ۲۵۰۰ متر) و با دو هدف استفادهٔ حداکثر از سفره‌های آب شیرین مشرف به دریا و نیز جلوگیری از هجوم آب‌های شور در این نواحی طراحی و به اجرا در آمده‌اند {Aoi, 1992}. در کشور برزیل با توجه به کمبود آبرفت مناسب در آبراهه‌های فصلی علاوه بر اقدام جهت مسدود نمودن جریان زیرسطحی از طریق ایجاد پردهٔ آب‌بند در داخل آبرفت، آن را در روی زمین ادامه می‌دهند تا بدین‌وسیله حجم ذخیره بوسیلهٔ رسوبات ناشی از سیل که به پشت دیوار می‌رسد افزایش یابد {UNDP, 1995}.

بررسیهای اولیه نشان داد منطقه کرناوه شیرین کلات از نظر تأمین آب مورد نیاز کشاورزی و شرب و به ویژه از نظر آب مورد نیاز شرب دام با مشکلات زیادی روبرو است. این روستا در فاصله ۳ کیلومتری مرز واقع شده و علیرغم نیاز شدید به آب، بخشی از آب زیرسطحی منطقه از کشور خارج شده و وارد کویر ترکمنستان می‌شود. جهت رفع بحران شدید آب در منطقه و تأمین منبع آب پایدار برای ساکنین منطقه، با انجام بررسیهای اولیه هیدروژئولوژی مشخص گردید که با توجه به ویژگیهای کمی و کیفی آب زیرسطحی، تأمین آب مورد نیاز کشاورزی و شرب دام منطقه از طریق احداث سدزیرزمینی امکانپذیر است. در این مقاله به اختصار ویژگیهای کمی و کیفی آب زیرسطحی موجود در محل محور سد زیرزمینی پیشنهادی در منطقه کرناوه شیرین مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

۱- ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه

حوزه آبریز کرناوه شیرین با دارا بودن مساحت ۵۹۰۹ هکتار، در استان خراسان رضوی و در فاصله ۴۱ کیلومتری غرب شهرستان کلات قرار دارد. این حوزه در محدوده "۴۷' ۱۹° ۵۹° تا "۴۶' ۲۶° ۵۹° طول شرقی و "۴۸' ۰۴° ۳۷° تا "۲۷' ۱۴° ۳۷° عرض شمالی واقع است. متوسط بارندگی سالانه منطقه حدود ۲۴۰ میلی‌متر است. با استفاده از اقلیم‌نمای دومارتن منطقه مورد مطالعه دارای اقلیم نیمه خشک می‌باشد.

۲- ویژگی‌های کمی و کیفی آب زیر سطحی

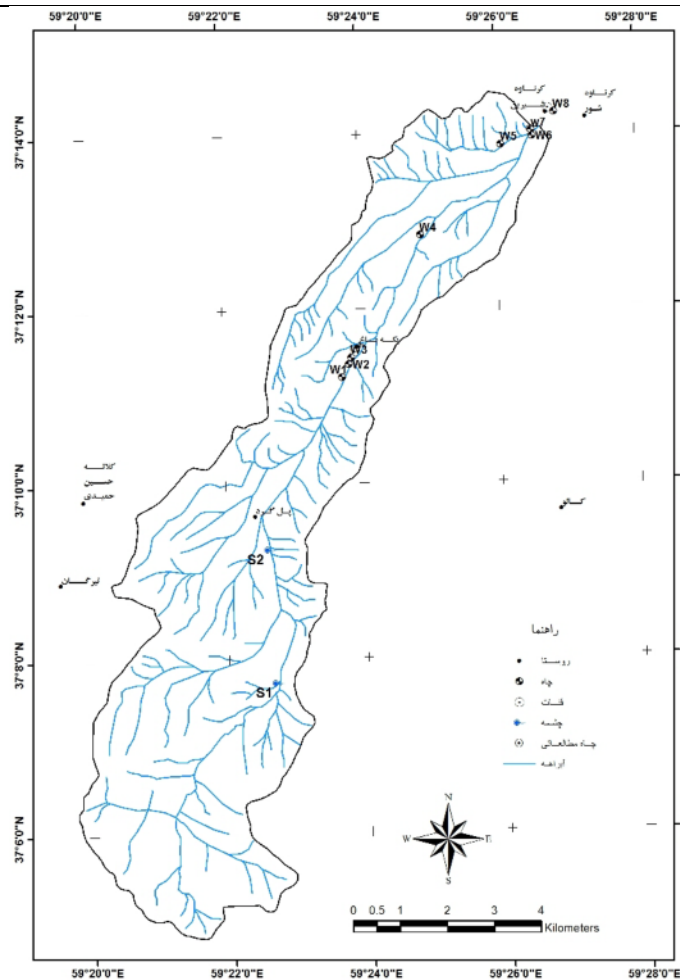
جهت بررسی وضعیت کمی و کیفی آب زیرسطحی در محل ساختگاه سدزیرزمینی پیشنهادی، یک حلقه چاه دستی حفر گردید و در دفعات متعدد نمونه برداری آب انجام گرفت و آبدهی آب زیرسطحی نیز مورد بررسی قرار گرفت.



نتایج حاصل از بررسی آبدهی چاه‌ها، قنوات و چشمه‌های موجود در منطقه در جدول (۱) و نقشه منابع آب حوزه در شکل (۱) ارائه شده است. میزان تخلیه سالانه منابع آب حوزه حدود ۶۹۰۰۰۰ متر مکعب است. از این مقدار حدود ۲۰۵۰۰۰ مترمکعب از چشمه‌ها تخلیه شده، حدود ۱۸۹۰۰۰ مترمکعب از قنوات تخلیه شده و مابقی آن از چاه‌های دامداری و کشاورزی استحصال می‌شود.

جدول ۱- مشخصات منابع آب منطقه.

نام منبع	علامت اختصاری	دبی (لیتر در ثانیه)	تخلیه سالانه (متر مکعب)	نام منبع	علامت اختصاری	دبی (لیتر در ثانیه)	تخلیه سالانه (متر مکعب)
چشمه	S1	۰/۵	۱۵۷۶۰	چاه	W3	۰/۲	۶۳۰۷/۲
چشمه	S2	۶	۱۸۹۲۱۶	چاه	W4	۲	۶۳۰۷۲
قنات	Q1	۴	۱۲۶۱۴۴	چاه	W5	۱	۳۱۵۳۶
قنات	Q2	۲	۶۳۰۷۲	چاه	W6	۰/۱	۳۱۵۴
چاه	W1	۱	۳۱۵۳۶	چاه	W7	۶	-
چاه	W2	۲	۶۳۰۷۲	چاه	W8	۳	۹۴۶۰۸
مجموع							۶۸۷۴۸۴/۸



شکل (۱)- نقشه منابع آب منطقه



بررسی‌ها نشان داد که در محل محور سد زیرزمینی پیشنهادی، جریان آب زیرقشری با دبی متوسط ۶ لیتر در ثانیه در جریان است. در امتداد محور، عرض مقطع در سطح زمین ۶۸ متر است و با توجه به شیب تکیه‌گاه‌های چپ و راست، عرض مقطع در روی سنگ بستر حدود ۵۷ متر می‌باشد. ضمناً بر اساس انجام چند سونداژ ژئوالکترونیک، ضخامت متوسط آبرفت حدود ۱۰ متر تعیین گردید. با توجه به شیب توپوگرافی (۲/۵ درصد) عملاً خط تراز صفر مخزن سد زیرزمینی در فاصله ۴۰۴ متری بالادست محور واقع می‌شود. لذا با فرض عدم وجود تغییرات ناگهانی در توپوگرافی سنگ کف، حجم مخزن سد حدود ۱۳۰۰۰۰ مترمکعب برآورد گردید. در منابع مرتبط با موضوع مورد بررسی، ضریب ذخیره در رسوبات رودخانه‌ای بین ۱۰ تا ۲۰ درصد ذکر شده است (طاهری تیزرو، ۱۳۸۴). در این بررسی با توجه به دانه درشت بودن آبرفتهای مخزن سد، برای برآورد میزان آب قابل استحصال در مخزن سد زیرزمینی، ضریب ذخیره ۱۵ درصد کل حجم رسوبات مخزن سد در نظر گرفته شد. به این ترتیب مشخص می‌گردد که سد زیرزمینی در هر نوبت آبرگیری قابلیت ذخیره ۱۹۵۰۰ متر مکعب آب زیرسطحی را دارا می‌باشد.

اطلاعات مربوط به آنالیز کیفی نمونه‌های آب زیرسطحی منطقه در جدول (۲) ارائه شده است. در محل محور سد زیرزمینی پیشنهادی، میانگین EC حدود ۳۰۰۰ میلی‌موس بر سانتیمتر است.

جدول ۲ - میانگین نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب در منطقه مورد بررسی

نوع منبع	PH	EC mmohs/cm	SUM of Cations (Meq/lit)	SUM of Anions (Meq/lit)	TDS Mg/Lit	SAR
S1	۷/۲	۸۰۰	۱۰/۶	۱۰/۲	۵۱۲	۰/۴
S2	۷/۲	۱۱۰۰	۱۷/۸	۱۷/۵	۷۰۴	۱/۱
Q1	۷/۱	۳۰۰۰	۲۷	۲۶/۸	۱۹۲۰	۱/۳
Q2	۷	۳۲۰۰	۳۰/۴	۲۹/۹	۲۰۴۸	۱/۴
W1	۷/۱	۲۸۰۰	۲۵/۹	۲۵/۴	۱۷۹۲	۱/۲
W2	۷/۱	۲۸۰۰	۲۶	۲۵/۹	۱۷۹۲	۱/۲
W3	۷/۱	۲۹۰۰	۲۶/۵	۲۵/۸	۱۸۵۶	۱/۳
W4	۷	۲۹۰۰	۲۷/۸	۲۷/۵	۱۸۵۶	۱/۳
W5	۶/۹	۳۰۰۰	۲۹	۲۸/۵	۱۹۲۰	۱/۳
W6	۶/۹	۳۰۰۰	۲۹/۲	۲۸/۷	۱۹۲۰	۱/۳
W7	۶/۹	۳۰۰۰	۲۹/۴	۲۸/۹	۱۹۲۰	۱/۴
W8	۶/۸	۳۱۰۰	۳۰	۲۹/۶	۱۹۸۴	۱/۴

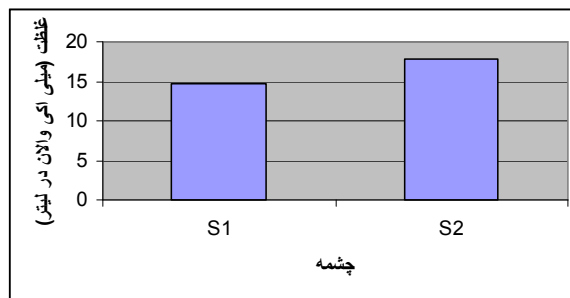
همانگونه که قبلاً نیز ذکر شد در منطقه دو چشمه وجود دارد (چشمه S1 و S2). EC آب دو چشمه به ترتیب ۸۰۰ و ۱۱۰۰ میلی‌موس بر سانتیمتر می‌باشد. از چشمه S1 برای آب شرب به روستای پلگرد لوله کشی شده و از چشمه S2 نیز عمدتاً به عنوان آب آبیاری و همچنین برای شرب دام استفاده می‌شود. در شکل (۲) دیاگرام ستونی مربوط به نتایج نمونه‌های آب چشمه‌های منطقه را نشان می‌دهد. با توجه به این دیاگرام نیز مشخص می‌شود که غلظت آب چشمه S1 کمتر از چشمه S2 بوده و از این نظر نیز کیفیت آب چشمه S1 از چشمه S2 بهتر می‌باشد.

بررسی کیفیت آب قنات منطقه (جدول ۲) و (شکل ۳) نشان می‌دهد که کیفیت آب قنات Q1 (قنات پلگرد) که در قسمتهای میانی منطقه واقع است با دارا بودن EC ۳۰۰۰ میلی‌موس بر سانتیمتر کمی از کیفیت آب قنات

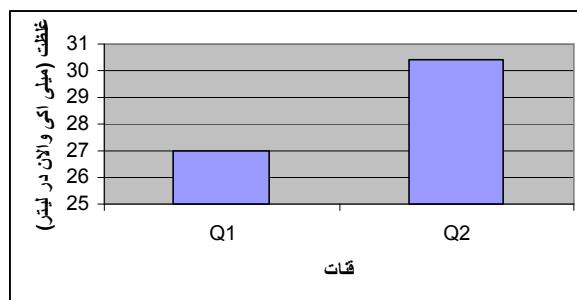


کرناوه شیرین که دارای EC ۳۲۰۰ میلی‌موس بر سانتیمتر است، بهتر می باشد. در شکل (۳) نیز دیاگرام ستونی مربوط به نتایج نمونه های آب قنوات منطقه را نشان می دهد. با توجه به این دیاگرام نیز مشخص می شود که غلظت آب Q1 (قنات پلگرد) به مراتب از غلظت آب Q2 (قنات کرناوه) کمتر بوده و از این نظر نیز کیفیت آب قنات پلگرد از قنات کرناوه بهتر است.

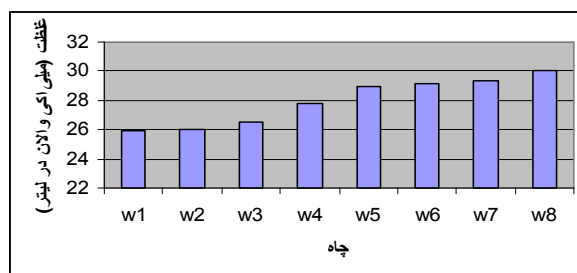
با بررسی کیفیت آب چاههای منطقه ملاحظه می شود که نمونه آب چاه شماره ۱ (W1) با دارا بودن هدایت الکتریکی ۲۸۰۰ میلی‌موس بر سانتیمتر دارای کمترین EC بوده و چاه شماره ۸ (W8) با هدایت الکتریکی ۳۱۰۰ میلی‌موس بر سانتیمتر دارای بیشترین EC می باشد. لذا مشخص می شود که به تدریج از قسمتهای بالادست به طرف قسمتهای پایین دست منطقه، از کیفیت آب چاههای منطقه کاسته می شود. ضمناً در شکل (۴) دیاگرام ستونی مربوط به نتایج نمونه های آب چاههای منطقه نشان داده شده است. همانگونه که در این دیاگرام نیز دیده می شود نمونه آب چاه شماره ۱ (W1) با دارا بودن غلظت ۲۶ میلی اکی والان در لیتر دارای کمترین غلظت بوده و چاه شماره ۷ (W8) با غلظت ۳۰ میلی اکی والان در لیتر دارای بیشترین غلظت می باشد.



شکل (۲) - نمایش دیاگرام ستونی کیفیت نمونه های آب چشمه های منطقه



شکل (۳) - نمایش دیاگرام ستونی کیفیت نمونه های آب قنوات منطقه



شکل (۴) - نمایش دیاگرام ستونی کیفیت نمونه های آب چاههای منطقه



۲-۱- بررسی کیفیت شیمیایی آب زیر سطحی برای مصارف مختلف

الف- کیفیت منابع آب زیر سطحی برای شرب انسان

در استانداردهای جهانی، آبهای شرب برای انسان با توجه به برخی از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آنها مورد طبقه بندی قرار گرفته است. در این مطالعه، برای بررسی کیفیت منابع آب منطقه از جدولهای (۳) و (۴) استفاده شده است. با توجه به میزان TH و TDS آب چشمه‌های S1 و S2، این چشمه‌ها بر اساس طبقه‌بندی صورت گرفته در جداول (۳) و (۴) با توجه به بالا بودن سختی و املاح، در گروه آبهای قابل قبول تا نامطلوب طبقه‌بندی شده، آب قنوات منطقه در کلاس آبهای غیر قابل شرب قرار گرفته و آب چاههای منطقه در کلاس آبهای نامطلوب تا بد قرار می‌گیرد.

جدول (۳)- کلاس بندی کیفیت آب از نظر سختی کل (TH) و کل املاح محلول (TDS)

TDSn	TDS	THn	TH
TDS1	۰-۵۰۰	TH1	۶۰-۱۰۰
TDS2	۵۰۰-۱۰۰۰	TH2	۱۰۰-۲۰۰
TDS3	۱۰۰۰-۱۵۰۰	TH3	۲۰۰-۵۰۰
TDS4	> ۱۵۰۰	TH4	> ۵۰۰

جدول (۴)- طبقه بندی آب از نظر شرب

طبقه بندی	کلاس بندی
خیلی خوب	TDS1, TH1
خوب	TDS1, TH2-TDS2, TH1-TDS2, TH2
قابل قبول	TDS1, TH3-TDS2, TH3-TDS3, TH2-TDS3, TH3-TDS1, TH3-TDS2, TH4-TDS2, TH4-TDS3
غیر قابل قبول	TH1-TDS4, TH2-TDS4, TH3, TDS4, TH4

ب- کیفیت منابع آب زیر سطحی برای شرب دام

آکادمی ملی علوم و آکادمی ملی مهندسی (Bouwer, 1978) استاندارد را در این زمینه پیشنهاد نموده است. TDS کمتر از ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر، غلظت مس کمتر از ۰/۵ و مجموع یونهای نیتریت و نیترات کمتر از ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر از ویژگی‌هایی است که می‌بایست آب مصرفی دامها داشته باشد. از آنجا که TDS نمونه آب تمامی آبهای زیرزمینی منطقه کمتر از ۳۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر بوده و فاقد یون نیترات می‌باشند لذا آب زیر سطحی کلیه منابع آب منطقه اعم از چشمه‌ها، قنوات و چاهها با توجه به فاکتورهای آنالیز شده (TDS) برای شرب دام مناسب می‌باشند.

ج- کیفیت منابع آب زیر سطحی از لحاظ کشاورزی

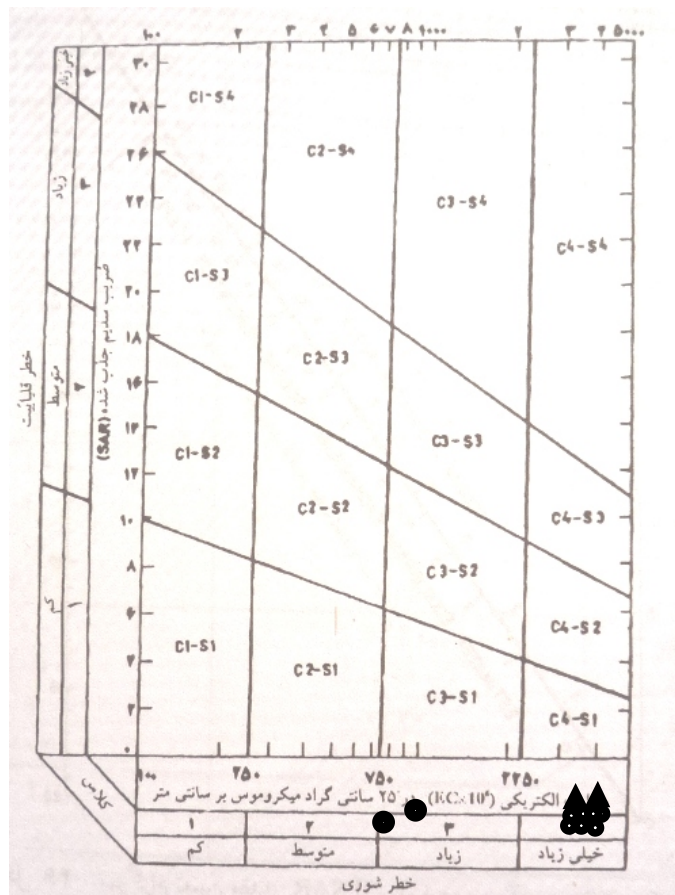
در بررسی کیفیت آب آبیاری با استفاده از نمودار طبقه بندی آب آبیاری بر اساس استاندارد آزمایشگاه شوری آمریکا (دیگرام ویلکوکس)، بر اساس میزان دو پارامتر درجه شوری و درصد جذب سدیم نمونه آب، آبهای آبیاری به ۱۲ گروه



تقسیم شده است. در این تقسیم بندی گروه C1S1 بهترین آب و گروه C4S4 بدترین آب از نظر کشاورزی می باشد. ضمناً آبهایی که خارج از این گروه های ۱۲ گانه قرار بگیرند به هیچ وجه برای کشاورزی مناسب نیستند. برای تعیین وضعیت آب چشمه های منطقه از نظر کشاورزی، از نتایج آنالیز نمونه آب این دو چشمه استفاده شد. در شکل (۵) موقعیت نمونه آب این چشمه ها در دیاگرام ویلکوکس نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می شود نمونه های آب هر دو چشمه، در گروه C3S1 قرار می گیرد. لذا آب این چشمه ها برای آبیاری مناسب بوده و محدودیتی را از نظر آبیاری دارا نمی باشند.

جهت تعیین وضعیت آب قنوات منطقه از نظر کشاورزی، از نتایج آنالیز نمونه آب دو قنات پلگرد و کرناوه شیرین (جدول ۲) استفاده شده است. در شکل (۵) موقعیت آبهای این دو قنات در دیاگرام ویلکوکس نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می شود نمونه های آب مربوط به هر دو قنات، در گروه C4S1 قرار می گیرد. لذا آب قنوات منطقه نیز برای آبیاری مناسب بوده و از نظر آبیاری محدودیت خاصی ندارند.

برای تعیین وضعیت آب چاههای منطقه از نظر کشاورزی، از نتایج آنالیز نمونه آب ۷ چاه موجود در منطقه (جدول ۲) استفاده شده است. در شکل (۵) موقعیت آبهای این چاهها در دیاگرام ویلکوکس نشان داده شده است. همانطور که دیده می شود، نمونه های آب مربوط به همه چاهها، در گروه C4S1 قرار می گیرد. لذا آب همه چاههای منطقه برای آبیاری مناسب بوده و محدودیت خاصی را از نظر آبیاری دارا نمی باشد.



شکل (۵) - موقعیت نمونه های آب چاهها، چشمه ها و قنوات ی منطقه بر روی دیاگرام ویلکوکس (علامتهای ●، ● و ▲ به ترتیب معرف چاه، چشمه و قنات می باشد)



بحث و نتیجه‌گیری

این بررسی نشان داد در منطقه مرزی کرناوه شیرین کلات که علیرغم نیاز شدید به آب، سالانه بخش قابل توجهی از آبهای زیرسطحی به صورت بلااستفاده از دسترس خارج می‌شود، ویژگیهای کمی و کیفی آب زیرسطحی برای مصرف شرب دام و کشاورزی مناسب می‌باشد به نحوی که با احداث سد زیرزمینی می‌توان در هرنوبت آبیگری حدود ۲۰۰۰۰ مترمکعب آب زیرسطحی را استحصال نمود. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که در شرایط کنونی بطور متوسط حدود ۶ لیتر در ثانیه از آب زیرسطحی که دارای EC حدود ۳۰۰۰ میلی‌موس بر سانتیمتر است از محل محور سد زیرزمینی پیشنهادی به صورت بلااستفاده از مرز کشور خارج و وارد کویر ترکمنستان می‌شود. چنانچه در این منطقه سد زیرزمینی احداث شود، با برنامه ریزی مناسب می‌توان در هر سال حدود پنج بار سد را آبیگری نمود و برای مصارف کشاورزی و شرب دام مورد استفاده قرار داد. در این نقطه از استان خراسان رضوی، با استحصال سالانه حدود ۱۰۰۰۰۰ مترمکعب آب زیرسطحی می‌توان تحول زیادی در تولید علوفه و پرورش بیش از ۲۰۰۰۰ دام سبک ایجاد نمود. نتایج این مطالعه نشان داد که در برخی از مناطق نیمه خشکی که در مجاورت مرزهای شمال شرقی کشور واقع بوده و شرایطی شبیه منطقه مورد تحقیق دارند، این پتانسیل وجود دارد تا با مهار و ذخیره‌سازی آبهای زیرسطحی که از نظر کمی و کیفی مناسب هستند، منابع پایداری از آب را استحصال و برای مصارف مختلف مورد استفاده قرار داد.

منابع

- صفی نژاد، ج. و ب. دادرس، (۱۳۷۹)، سد زیرزمینی قنات وزوان- میمه اصفهان، مؤسسه گنجینه ملی آب ایران، ص ۲۴۰.
- طاهری تیزرو، عبدا...، ۱۳۸۴، آبهای زیرزمینی، انتشارات دانشگاه رازی، چاپ اول
- نیلسون، آ.، ترجمه طباطبایی یزدی، ج. و نبی پی لشکریان، س.، (۱۳۸۲)، سدهای آب زیرزمینی جهت تامین آب در مقیاس کوچک، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۹۷ صفحه.
- Aoi, T. 1992. A construction of subsurface dam at Nakajima Island. *IRCSA, Regional Conference*. 1992. pp:644-651.
- Cluff, C.B., (1981), Surface Storage for Water Harvesting Agrisystems, Rainfall Collection for Agriculture in Arid and Semi Arid Regions, ed. G.R. Dutt, et al, C. A.B., Farnham House, Slough, UK.
- Fetter, C. W., (1999), Contaminant Hydrogeology, (2nd ed) Prentice Hall Inc., New Jersey, 485 p.
- Hanson, G. and A. Nilsson, (1986), Ground water dams for rural water supplies in developing countries. *Groundwater*, vol.24.No.4.pp:497-506.
- Frasier, G.W., and Myer, L.E., (1983), Handbook of Water Harvesting. Agricultural Handbook No. 600. US Department of Agriculture, A. R. S., USA, 45pp.
- JGRC (Japan Green Resources Corporation), (2001), "Subsurface dams for agricultural use in subtropical regions," Japan Green Resources Agency, p. 6.
- Kifua, G.M. 1992. Groundwater dams; prospects for rural water supply, *IRCSA, Regional Conference*. 1992. pp:620-634.
- Luo, D., (1992), The utilization measures of rainwater in the rural areas of China, *IRCSA, Regional Conference*, pp:612-614.
- Matunaga, M. and M.Kato. 1992. Large underground dam and 8 merits. *IRCSA, Regional Conference*. 1992. pp:635-643.
- Nissen-Petersen, E., 1982, Rain catchment and water supply in rural Africa: a manual. Hodder & Stoughton, Great Britain. 83pp
- Aoi, T. 1992. A construction of subsurface dam at Nakajima Island. *IRCSA, Regional Conference*. 1992. pp:644-651.
- O'Bryan, D., Colley, M.E., and Winter, T.C., (1969), Water, Population Pressure and Ancient Indian Migrations, Bulletin 10, International Hydrologic Decade. June 1969, pp 438-442.



UNDP. 1995. Underground dam in Brazil, sourcebook of alternative technique for freshwater Argumentation in the Latin America and the Caribbean. UNDP Int. Envir. Tech. Center. 1995., ch. 5.3. Part C