فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی
سال ۷ (۱۳۹۰)، شماره ۳: ۲۱۲-۱۹۹
www.appliedgeology.ir
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد زاهدان

هیدروژئوشیمی منابع آب سطحی حوضه آبریز سد شهریار (استور) میانه (آذربایجان شرقی)

حسین حسینخانی[۱]، میررضا موسوی*[۱]، مرتضی نجیب[۲] و محبوبه حسینی‌برزی[۱]

۱) گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهیدبهشتی، h_hoseinkhany@yahoo.com, r_moussavi@sbu.ac.ir

۲) شرکت سهامی آب منطقه‌ای آذربایجان شرقی، گروه مطالعات آب‌های زیرزمینی، allafnajib2001@yahoo.com

*) عهده‌دار مکاتبات

دریافت: ۹۰/۳/۲۰؛ دریافت اصلاح شده: ۹۰/۸/۱۵؛ پذیرش: ۹۰/۸/۲۰؛ قابل دسترس در تارنما: ۹۰/۱۱/۳۰

چکیده

حوضه‌ی آبریز سد شهریار در منطقه میانه، از هفت زیرحوضه، به‌نام های رودخانه قزل‌اوزن، زنجان رود، آجی‌چای، گرمی چای، شهرچای، قرنقو و آیدوغموش تشکیل شده است. این حوضه بخشی از پهنه زمین ساختی البرز- آذربایجان و ترکیبی از واحدهای سنگی به سن پالئوزوئیک تا کواترنری می‌باشد. این منطقه بر اساس اقلیم نمای آمبرژه جزء مناطق نیمه‌خشک سرد محسوب می‌گردد. در این تحقیق، ۱۲ نمونه آب از رودخانه‌های منتهی به سد، جهت بررسی کیفیت و نوع آن از لحاظ مصارف مختلف مانند شرب، استفاده صنعتی و آبیاری آنالیز گردید. نتایج نشان داد که کیفیت شیمیایی آب به دلیل تأثیر عوامل زمین‌شناسی، اقلیم‌شناسی و هیدرولوژی، کلروره و سدیک است. به جز نمونه‌های آب مربوط به رودخانه قزل‌اوزن در دو ایستگاه شکرچی (R1) و قره گونی (R5) که تنها برای استفاده دام مناسب می‌باشند، سایر نمونه‌ها بیشتر جهت شرب انسان و دام، آبیاری و مصارف صنعتی قابل استفاده می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: البرز، حوضه آبریز شهریار، میانه، قزل اوزن، شکرچی.

۱- مقدمه

امروزه به دلیل رو به اتمام بودن منابع آبی زیرزمینی، توجه به منابع آب سطحی جهت مصارف گوناگون بیشتر شده است. با توجه به این مسئله، احداث سدهای بزرگ در کشورهای در حال توسعه نظیر ایران رو به افزایش است (نائیجی ۱۳۸۳). استفاده از این منابع در بخش‌های مختلف، به ویژه در کشاورزی و صنعت باید بر اساس استانداردهای بین‌المللی باشد (Soliman 2010). میزان کیفیت شیمیایی آب، در مصارف مختلف، بسیارحائز اهمیت است (دانیالی ۱۳۸۸). بر این اساس مطالعات بسیاری در حوضه‌ها و دشت‌های مختلف ایران انجام شده است. به عنوان نمونه، نائیجی (۱۳۸۳) در دشت نیسان (طبس) و فیاضی و نخعی (Fayazi & Nakhaei 2007) در دریاچه مهارلو کیفیت آب‌ها را بررسی نموده و به این نتیجه رسیدند که تغییر کیفیت شیمیایی آب بیشتر تحت تأثیر زمین‌شناسی منطقه می‌باشد. احداث سد شهریار در منطقه میانه، به منظور تولید نیروی برقابی و ترویج کشاورزی و وجود واحدهای تبخیری و لایه‌های گچی در واحدهای مارنی در بخش‌های مختلف حوضه آبریز این سد، باعث ایجاد تغییراتی در کیفیت آب سد گریده است. بنابراین، تعیین کیفیت و نوع آب رودخانه‌های منتهی به این سد، از نظر شرب انسان و دام، آبیاری و مصارف صنعتی از اهداف این تحقیق می‌باشد. بر این اساس، با استفاده از تجزیه شیمیایی آب که شامل اندازه‌گیری مقدار شوری (EC)

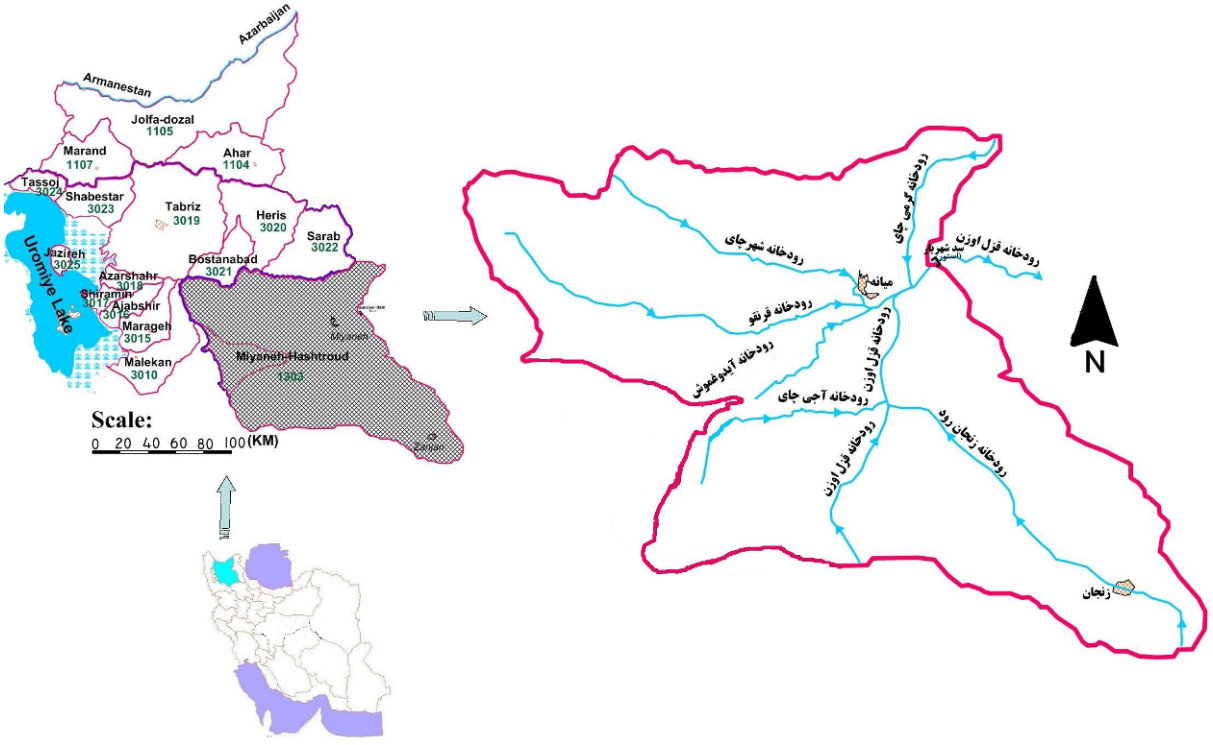
(Conductivity) ، آنیون و کاتیون نمونه‌های آب، سختی آب نمونه‌ها (Hardness) و باقیمانده خشک نمونه‌ها (Total Dissolved Solid, T.D.S) می‌باشد، این اهداف مورد بررسی قرار گرفت. در این زمینه، در حوضه مذکور قبلاً مطالعاتی توسط مهندسین مشاور طی سال‌های ۱۳٤۷ تا ۱۳۷۷ صورت گرفته است. در این مطالعات، فقط کیفیت آب‌ها از نظر قابلیت شرب و استفاده در کشاورزی بررسی شده است.

۲- موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی منطقه مطالعاتی

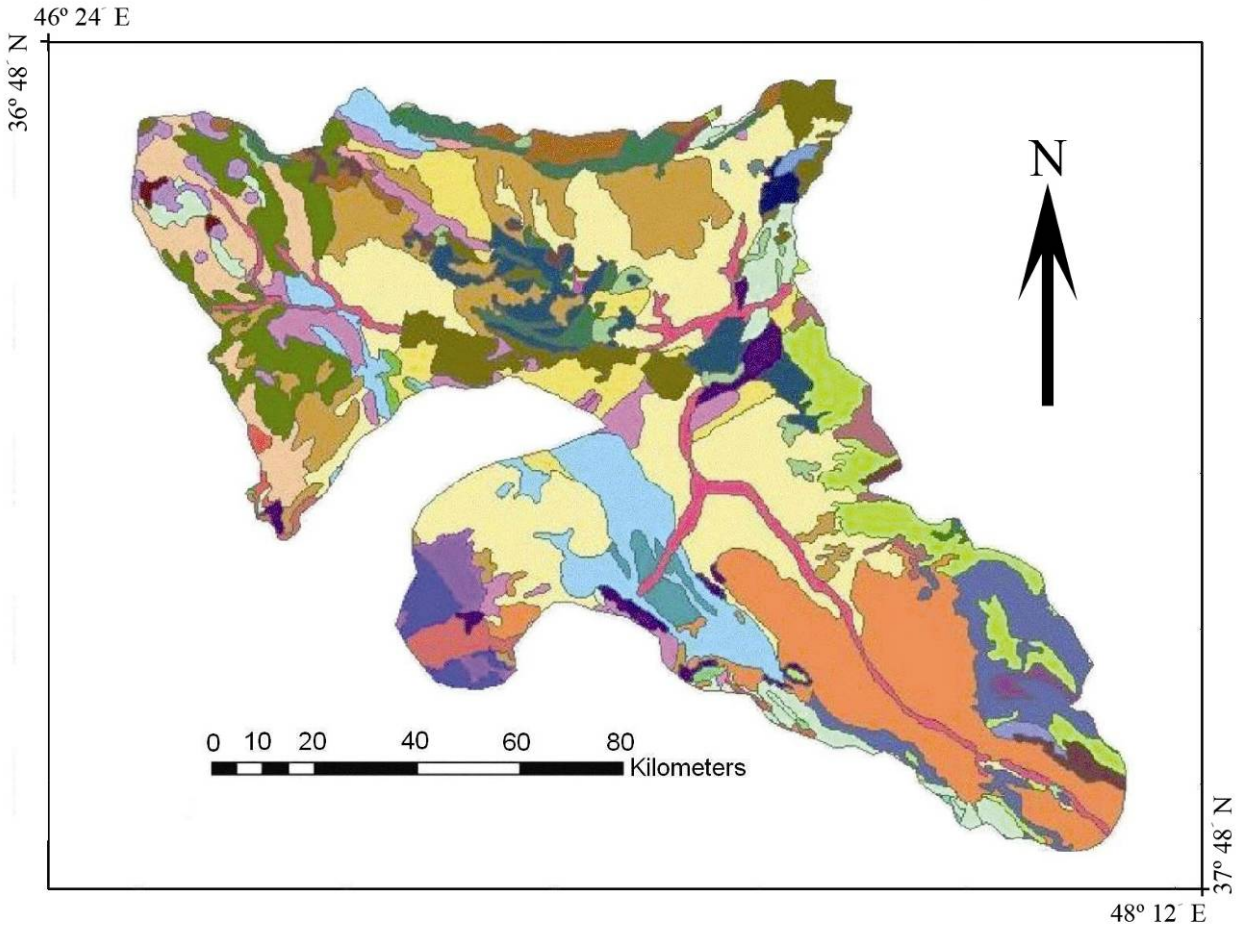
حوضه آبریز شهریار (استور) به وسعت ۲۲۱٦۱ کیلومتر مربع در جنوب شرقی استان آذربایجان شرقی و در بین رشته کوه‌های البرز و زاگرس قرار دارد. این حوضه بین طول جغرافیایی ′۲٤ °٤٦ تا ′۱۲ °٤۸ شرقی و عرض جغرافیایی ′٤۸ °۳٦ تا ′٤۸ °۳۷ شمالی واقع شده است (تصویر۱). محدوده مطالعاتی از نظر ساختار زمین‌شناسی بخشی از زون البرز- آذربایجان محسوب می‌گردد (نبوی ۱۳۵۵). واحدهای سنگی این منطقه مربوط به پالئوزوئیک تا سنوزوئیک و عهد حاضر می‌باشند. از سازندهای مربوط به پالئوزوئیک می‌توان به سازندهای سلطانیه، باروت، لالون، میلا و آهک روته اشاره کرد که در دوره مذکور، بیشتر واحدهای آهکی- دولومیتی و شیلی- مارنی تەنشین شده‌اند. در مزوزئیک بیشتر رسوبات تخریبی و آهکی در محدوده مطالعاتی تەنشین شده‌اند. از سازندهای مربوط به این دوره می‌توان سازندهای شمشک، دلیچای و واحد آهکی- کنگلومرایی کرتاسه بالایی را نام برد. در اوایل سنوزوئیک بیشتر رسوبات آذرآواری تەنشین شده‌اند که به سمت کواترنری به رسوبات تخریبی- تبخیری تبدیل شده‌اند. نقشه زمین‌شناسی منطقه در تصویر ۲ آورده شده است.

۳- مواد و روش مطالعه

جهت بررسی کیفیت آب حوضه آبریز سد شهریار، از کلیه‌ی رودخانه‌های منتهی به این حوضه که دارای جریان آب دائمی و فصلی بودند، ۱۲ نمونه آب برداشت شد. نمونه‌ها از رودخانه‌های قزل اوزن- ایستگاه شکرچی (R1)، خروجی قرنقو (R2)، خروجی آیدغموش (R3)، بعد از تلاقی سه رودخانه (آیدوغموش، قرنقو و شهرچای) (R4)، قزل‌اوزن- ایستگاه قره‌گونی (R5)، محل احداث سد (R6)، شهرچای- ایستگاه کوهسالار (R7)، قرنقو- ایستگاه تونل شماره ۷ (R8)، گرمی چای- ایستگاه چتاب (R9)، زنجانرود- ایستگاه سرچم (R10)، شهرچای- ایستگاه میانه (R11) و قزل‌اوزن- ایستگاه ماهنشان (R12) برداشت شده و به روش‌های مختلف مورد تجزیه‌ی شیمیایی قرار گرفتند. همچنین اطلاعات میزان بارندگی و درجه حرارت در طی چند دوره آماری جهت بررسی اقلیم محدوده‌ی مورد مطالعه، از ایستگاه‌های مختلف هواشناسی منطقه، تهیه شده و طبق اقلیم نمای آمبرژه نوع اقلیم منطقه مشخص گردید (Dubief 1953-1963). در تصویر ۳ موقعیت و تعداد نمونه‌های برداشت شده نشان داده شده است.



تصویر ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

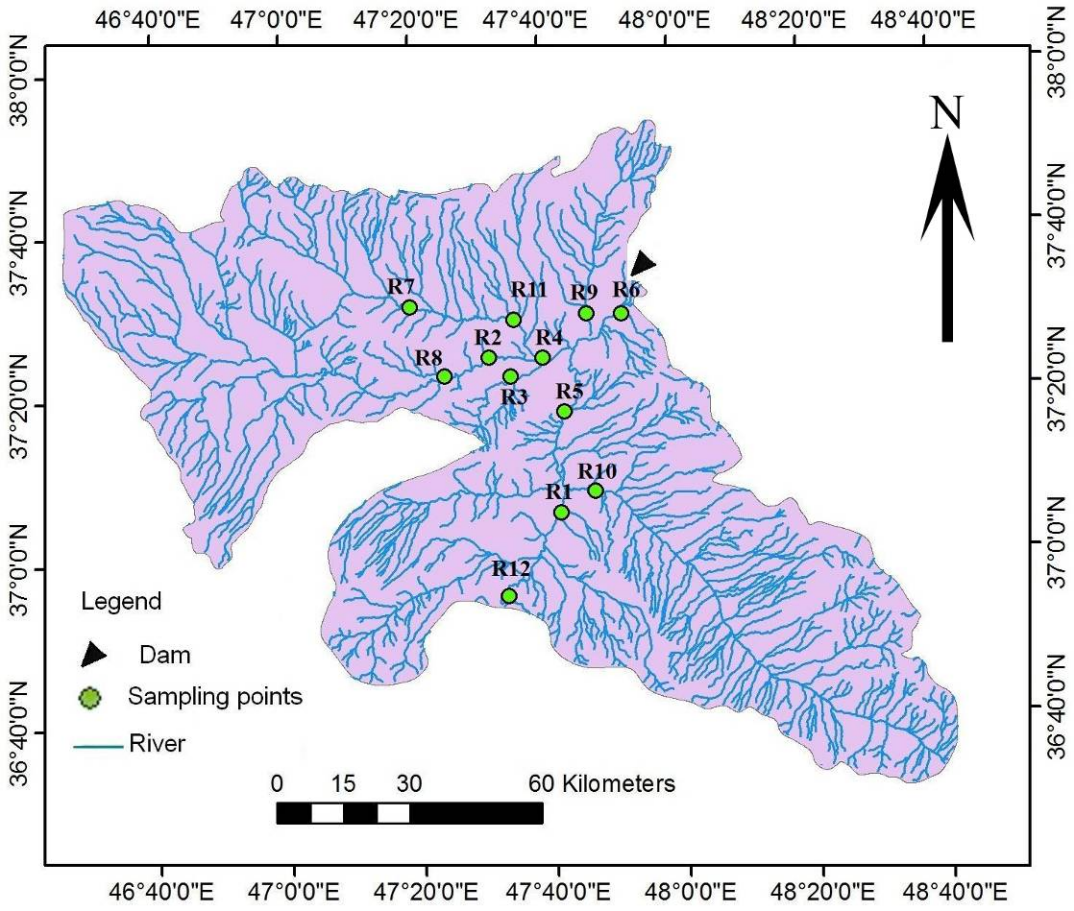


Legend

Geology Description

- Granite
- Amphibolit
- Andesite and basaltic volcanics
- Andesitic to basaltic volcanic tuff
- Andesitic and basaltic volcanics
- Andesitic volcanic
- Andesitic volcanics
- Ash flows and associated rocks (Maragheh Fm.)
- Basaltic volcanic rocks
- Calcareous shale with subordinate tuff(Asara Shale)
- Conglomerate and sandstone
- Dacitic andesitic volcanic tuff
- Dacitic to Andesitic volcanic
- Dacitic to Andesitic subvolcanic rocks
- Dacitic to Andesitic volcanic
- Dark grey shale and sandstone(Shemshak Fm.)
- Diorite
- Dolomite and sandstone(Bayandour Fm)
- Gneiss, granite gneiss and locally including migmatite
- Granite to diorite
- High level piedmemt fan and vally terrace deposits
- Light grey, thin - bedded to massive limestone (LAR FM)
- Light - red to brown marl and gypsiferous marl with sandstone intercalations
- Lowlevel piedment fan and vally terrace deposits
- Marl, calcareous sandstone, sandy limestone and minor conglomerate
- Marl, shale, sandstone and conglomerate
- Massive to thick - bedded reefal limestone
- Meddium - grade, regional metamorphic rocks(Amphibolite Facies)
- Pliocen rhyolitic to rhyodacitic subvolcanics
- Polymictic conglomerate and sandstone
- Percambrian granite to granodiorite (DORAN GRANITE)
- Pyroclastics and claystone with vertebrate fauna ramains (MARAGHEH FM.)
- Red marl, gypsiferous marl, sandstone and conglomerate (Upper red Fm.)
- Red sandstone and shale with subordinate sandy limestone (DORUD FM.)
- Rhyolitic to rhyodacitic subvolcanic
- Rhyolitic to rhyodasitic tuff
- Rhyolitic to rhyodasitic volcanics
- Stream channel, braided channel and flood plain deposites
- Upper cretaceous, undifferentiated rocks
- Well bedded green tuff and tuffaceous shale(KARAJ FM)

تصویر ۲- نقشه زمین‌شناسی حوضه آبریز سد شهریار میانه (GSI 2011)



تصویر ۳- شبکه هیدرولوژی و نقاط نمونه‌برداری نمونه‌های آب حوضه آبریز سد شهریار (استور)

در تجزیه شیمیایی، یون‌های سدیم و پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر (Flame Photometer Corning 410) و سولفات توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Spectrophotometer Hack DR 2000) اندازه گیری شدند. سایر کاتیون‌ها و آنیون‌ها، مواد جامد محلول (Total Dissolved Solid, T.D.S)، سختی کل (Total Hardness, T.H)، شوری کل و نسبت جذب سدیم (S.A.R Sodium)، به وسیله تیتراسیون، (مشابه آنچه که بعضی از نویسندگان مانند بورگارلو (Borgarello et al. 1986) انجام داده‌اند)، در آزمایشگاه آب منطقه‌ای استان آزربایجان شرقی اندازه‌گیری شدند. در نهایت به‌منظور تعیین کیفیت آب منطقه از نظر شرب انسان از نمودار شولر (Schoeller 1962)، نائیچی ۱۳۸۳)، استفاده کشاورزی از نمودار ویلکاکس (Wilcox 1995) و نوع تیپ آب منطقه از نمودار تلفیقی پایپر (Piper 1994) استفاده شده است.

۴-خصوصیات مورفولوژیکی و اقلیمی حوضه آبریز سد شهریار

۴-۱- خصوصیات مورفولوژیکی حوضه

این حوضه از شش زیر حوضه‌ی مستقل شامل رودخانه‌های زنجان رود، آجی چای، گرمی چای، شهر چای، قرنقو و آیدوغموش تشکیل شده است که در نهایت به اصلی‌ترین رودخانه منطقه میانه یعنی قزل‌اوزن می‌ریزند (تصویر ۱).

حدود ۵۷ درصد از وسعت محدوده مورد مطالعه در دامنه ارتفاعی ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر از سطح دریا واقع می‌باشد، میانگین ارتفاع این محدوده، ۱۷۹۰ متر محاسبه شده است. طیف ارتفاعی محدوده مطالعاتی از ۹۹۹ متر در نقطه خروجی رودخانه قزل‌اوزن (حوالی روستای توپ قره) تا ۳۷۰۷ متر در قله سهند واقع در ۴۰ کیلومتری جنوب‌شرقی تبریز متغیر است. رودخانه گرمی چای بیشترین شیب (۳/۸۴ درصد) و قزل‌اوزن کمترین شیب (۰/۳۴ درصد) را دارد (جدول ۱).

۴-۲- بارندگی در سطح حوضه آبریز

بارندگی، مهم‌ترین عامل در چرخه‌ی هیدرولوژی است. منطقه‌ی مورد مطالعه، بیشتر تحت تأثیر توده‌های مدیترانه‌ای (با منشاء اقیانوس اطلس) و عرض‌های میانی (با منشأ دریای سیاه) است. در حوضه‌ی آبریز سد شهریار، به دلیل ارتفاع منطقه و نفوذ پرفشار سیبری، نزولات

جوی عمدتاً برف بوده و ریزش باران در دشت حوضه و طی ماه‌های گرم قابل مشاهده می‌باشد. با توجه به آمار ٤٣ ساله، میزان بارندگی ایستگاه‌هایی که مشکوک و یا خلاء آماری بودند از طریق همبستگی تکمیل شده، در جدول ٢ متوسط بارندگی سالانه ارائه گردیده است. میانگین بارندگی سالانه در حوضه آبریز، ٣٥١/٩ میلی‌متر محاسبه گردید (جدول ٣).

٤-٣-حداکثر و حداقل حرارت در سطح حوضه آبریز

به منظور محاسبه‌ی متوسط حرارت حداکثر و حداقل در گرم‌ترین و سردترین ماه سال (تیر- دی) در سطح حوضه آبریز، از آمار سه ایستگاه میانه، زنجان و ماه نشان در دوره شاخص ١٩ساله (١٣٨٤-١٣٦٥) استفاده شد است (سازمان هواشناسی کشور ١٣٨٩).

جدول ١- مشخصات فیزیوگرافی حوضه‌ی آبریزسد شهریار (شرکت سهامی آب منطقه ای استان آذربایجان شرقی ١٣٨٣)

رودخانه	ارتفاع ماکزیمم حوضه (m)	ارتفاع مینیمم حوضه (m)	اختلاف ارتفاع ازنقطه تمرکزحوضه (m)	طول رودخانه (km)	شیب متوسط رودخانه (درصد)	درصد شیب رودخانه
قزل اوزن	٢٠٤٥	١٠٠٠	١٠٤٥	٢٥٠	٢/٠٥	٠/٣٤
زنجان رود	١٧٨٠	١١٤٠	٦٤٠	١٤٢	٠/٥	٠/٤٥
آیدوغموش	٣٢٠٥	١٠٧٠	٢١٣٥	١٠٨/٨	١	١/٩٧
قرنقو	٣٧٠٧	١٠٧٠	٢٦٣٧	١٣١/٣	٠/٩	٢/٠١
گرمی چای	٣١٠٠	١١٠٠	٢٠٠٠	٥٢/٥	١/٦٣	٣/٨٤
آجی چای	٢٧٠٨	١٠٨٠	١٦٢٨	٦٣/٨	١/٢	٢/٥٨
شهرچای	٣٣٠٢	١٠٧٠	٢٢٣٢	٩٠	١/٠١	٢/٤٨

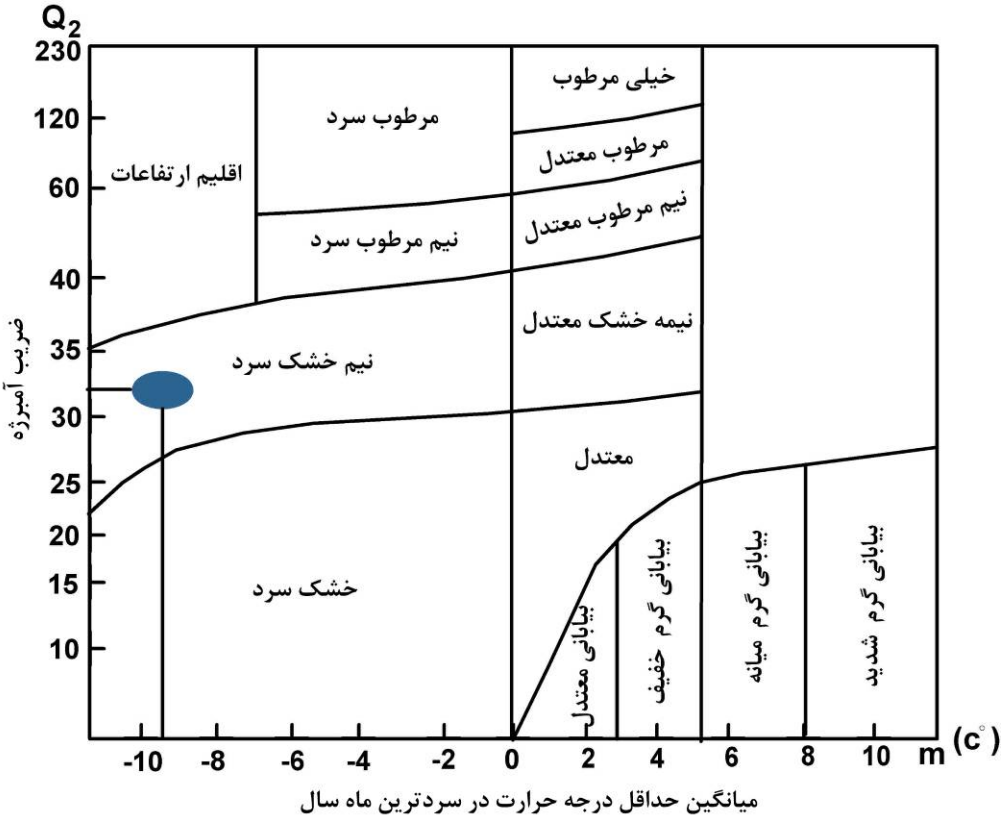
جدول ٢- توزیع متوسط بارندگی سالانه در طی٤٣ سال در سطح حوضه آبریز سد شهریار (شرکت مشاوره‌ای مهاب قدس ١٣٨٨)

ردیف	نام رودخانه	نام ایستگاه	متوسط بارش سالانه (mm)
١	قزل اوزن	استور	٣٣١/٤
٢	قرنقو	خراسانک	٣٧٣/٥
٣	زنجان رود	سرچم	٣٢٩/٥
٤	شهرچای	کوهسالار	٣٧٥/٦
٥	گرمی چای	چتاب	٣٨٥/٤
٦	آیدوغموش	موتورخانه	٣٤٣/٩
٧	قزل اوزن	ماه نشان	٣٢٤/٢
٨	میانگین.....		٣٥١/٩ میلی متردرسال

جدول ٣- میانگین ١٩ساله‌ی متوسط حداکثر وحداقل حرارت در گرمترین وسردترین ماه سال در سطح حوضه آبریز (سازمان هواشناسی کشور ١٣٨٩)

ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	سالانه
میانگین حداقل	٦	٩/٨	١٤/١	١٧/٥	١٧/٢	١٢/٧	٧/٨	١/٩	-٢/٦	-٥/٧	-٤/١	١/١	٦/٣
میانگین حداکثر	١٩/٧	٢٤/٨	٣٠/٨	٣٣/٩	٣٤/١	٢٩/٩	٢٢/٧	١٣/٢	٦/٦	٣/٤	٥/٨	١٢/٨	١٩/٧

میانگین حداکثر و حداقل حرارت نیز به ترتیب ١٩/٧ و ٦/٣ درجه سلسیوس و میانگین حرارت سالانه ١٣ درجه سلسیوس محاسبه شد (جدول ٣). با توجه به میزان متوسط بارندگی (٣٥١/٩ میلی‌متر) و میانگین درجه‌ی حرارت (١٣ درجه سلسیوس) و بر اساس اقلیم نمای آمبرژه (Emberger)، محدوده مطالعاتی جزء مناطق نیمه‌خشک سرد طبقه‌بندی می‌گردد (تصویر ٤).



تصویر ٤- بر اساس اقلیم نمای آمبرژه، منطقه مورد مطالعه در محدوده نیمه خشک سرد قرار دارد (علیزاده ۱۳۸۳)

۵- کیفیت شیمیایی آب حوضه آبریز سد شهریار (معیارهای کیفی آب)

آب‌ها 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 زیست محیطی دارند (Fetter 1999). با توجه به اهمیت معیارهای کیفی آب، در این پژوهش، کیفیت آب‌های سطحی حوضه آبریز سد شهریار مورد بررسی قرار گرفت.

۵-۱- طبقه بندی جهت شرب انسان

آب آشامیدنی، از نظر عناصر و مواد شیمیایی موجود، باید در محدوده مجاز که توسط سازمان‌های بهداشتی تعیین شده است باشد (قضاوتی و همکاران ۱۳۸۸). در این تحقیق با استفاده از جدول ٤- الف وب، مواد شیمیایی آب منطقه با استانداردهای مواد شیمیایی مقایسه شدند. میزان مواد جامد موجود در آب رودخانه قزل‌اوزن در ایستگاه‌های شکرچی (R1) و قره گونی (R5) بیش از حداکثر مجاز (۲۰۰۰ mg/lit) محاسبه گردید (جدول ٤).

سختی کل بر اساس $CaCO_3$ موجود در نمونه‌های آب رودخانه قزل‌اوزن شکرچی (R1)، محل احداث سد (R6) و بعد تلاقی سه رودخانه (شهرچای، قرنقو و آیدوغموش) (R4) بیش از حداکثر مجاز (۵۰۰ mg/lit) بوده و بقیه کمتر از آن می‌باشند. از نظر اسیدیته (pH)، تمام نمونه‌های آب درحد مطلوبی قرار دارند.

همچنین از میان کاتیون‌ها و آنیون‌های موجود، منیزیم (Mg^{2+}) و سولفات (SO_4^{2-}) کمتر از حداکثر مجاز می‌باشد. به منظور تعیین کیفیت آب جهت شرب انسان، از دیاگرام شولر (Schoeller 1962) و جدول ٤-الف و ب استفاده گردیده است (تصویر ۵).

بر این اساس، نمونه‌های آب مربوط به رودخانه‌های گرمی چای (R9) و شهرچای (R7, R11) کیفیت خوبی داشته و برای آشامیدنی کاملاً مناسب هستند. نمونه‌های آب رودخانه‌های قرنقو-تونل(R8) و زنجان رود-سرچم (R10) از جهت آشامیدنی، دارای طعم خوب تا قابل قبول می‌باشند.

آب نمونه‌های مربوط به خروجی قرنقو (R2)، خروجی آیدوغموش (R3)، بعد از تلاقی سه رودخانه (شهرچای، آیدوغموش و قرنقو) (R4)، محل احداث سد (R6) و قزل‌اوزن- ایستگاه ماهنشان (R12)، دارای مزه قابل قبول تا متوسط می‌باشند، بنابراین، قابل آشامیدن می‌باشند. نمونه های آب مربوط به رودخانه قزل اوزن در دو ایستگاه شکرچی (R1) و قره گونی (R5) کیفیت نامطبوعی داشته و برای آشامیدن نامناسب می‌باشند.

جدول ٤-الف- آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب حوضه آبریز سد شهریار

نام محل	میلی اکی والان در لیتر(meq/l)									
	SUM CATION	K^+	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	SUM ANION	SO_4^{2-}	Cl^-	HCO_3^-	CO_3^{2-}
قزل اوزن-شکرچی (R1)	٦١/٧٧	٠/٢٧	٤٣	٦/٤	١٢	٦١/٧٥	٥/٦٠	٥٢/٥	٣/٦٥	-
خروجی قرنقو-میانه(R2)	٢٢/٣٥	٠/١٥	١٣/٦	٣/٦	٥	٢٢/٣٥	١/٢٠	١٧/٥	٣/٦٥	-
خروجی آیدوغموش-میانه (R3)	١٩/١٣	٠/١٣	٩/٢	٢/٨	٧	١٩/١٥	٤/٨٠	١١/٥	٢/٨٥	-
بعدازتلاقی سه رود شهرچای، آیدوغموش و قرنقو(R4)	٢٠/٤٤	٠/١٤	٩/٩	٤/٤	٦	٢٠/٤٥	٥/٣٠	١٢	٣/١٥	-
قزل اوزن- قره گونی (R5)	٥٩/٤٧	٠/٢٧	٤١	٦/٢	١٢	٥٩/٤٥	٥/٨٠	٥٠	٣/٦٥	-
محل احداث سد(R6)	٢٤/٩٤	٠/١٤	١٣	٤/٦	٧	٢٤/٩٥	٢/٣٠	١٨/٨	٣/٩	-
شهرچای- کوهسالارمیانه(R7)	٧/١٨	٠/٠٢٩	٢/٧٨	١/٧١	٢/٦٨	٧/٢٠	١/١٥	١/٧٨	٤/٢٤	–
قرنقو – تونل شماره ٧ (R8)	١٧/٠٨	٠/١٨	١٠/٨١	٢/٣٠	٣/٨٤	١٧/١	٣/٥٦	١٠	٣/٥٣	–
گرمی چای- چتاب(R9)	٤/٤٦	–	١/٠٩	١/٤٣	١/٩٥	٤/٤٨	١/٢٣	٠/٥٣	٢/٦١	–
زنجان رود – سرچم(R10)	١٠/٣٦	٠/٠٧	٣/٦٩	٢/٤	٤/٢	١٠/٢٤	٣/٩٣	٢/٤٧	٣/٨٤	–
شهر چای – میانه(R11)	٦/٢٥	٠/٠٩	٢/٠٦	١/٦١	٢/٥	٦/٣٢	١/٠٦	١/٣	٣/٩٦	–
قزل اوزن -= ماه نشان(R12)	٣٠/٩	٠/١٦	٢١	٣/٩	٥/٦	٢٩/٩٦	٤/٥	٢١/٢	٤/٢٣	–

جدول ٤- ب- آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب حوضه آبریزسد شهریار

نام محل	PH	EC	TH	%Na	SAR	T.D.S (Mg/l)
قزل اوزن- شکرچی (R1)	٧/٨	٦١٨٠	٩٢٠	٧٠	١٤	٣٦٧٤
خروجی قرنقو- میانه (R2)	٦/٩	٢٢٤٠	٤٣٠	٦٢	٦/٦	١٣٦٣
خروجی آیدوغموش - میانه (R3)	٨/١	١٩١٨	٤٩٠	٤٩	٤/٢	١٢٠٣
بعدازتلاقی سه رود شهرچای، آیدوغموش و قرنقو(R4)	٨/٢	٢٠٥٠	٥٢٠	٤٩	٤/٤	١٢٧٩
وسط قزل اوزن- قره گونی (R5)	٧/٢	٥٩٥٠	٩١٠	٦٩	١٤	٣٥٤٤
قزل اوزن – ممان(R6)	٨/٠	٢٥٠٠	٥٨٠	٥٣	٥/٥	١٥١٨
شهرچای-کوهسالار میانه(R7)	٧/٤٨	٧٠٩	٢٢٠	٤٠	١/٨٨	٤٥٧
قرنقو – تونل شماره ٧ (R8)	٧/٨١	١٧٢٤	٣٠٠	٦٤	٣/١٨	١٠٨٠
گرمی چای – چتاب(R9)	٧/٨٧	٤٤٦	١٦٨	٢٤	٠/٨٧	٢٨٥
زنجان رود – سرچم(R10)	٧/٧	١٠٠٢	٣٣٠	٣٦	٢	٦٣٣
شهر چای – میانه(R11)	٧/٧١	٥٩١	٢٠٤	٣٤	١/٣٩	٣٧٥
قزل اوزن - ماه نشان(R12)	٧/٨	٣٠٦٧	٤٤٨	٦٦	٩/٤٥	١٩٣٨

جدول ۵- استانداردهای مواد شیمیایی آب آشامیدنی(علیزاده ۱۳۸۳) و مقایسه آن با نمونه‌های آب منطقه مطالعاتی

نام ماده	حداکثر مطلوب mg/l	حداکثر مجاز mg/l	نمونه های آب منطقه مطالعاتی										
			R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
کل مواد جامد محلول	۵۰۰	۲۰۰۰	۳٦۷٤	۱۳٦۳	۱۲۰۳	۱۲۷۹	۳٥٤٤	۱٥۱۸	٤٥۷	۱۰۸۰	۲۸٥	٦۳۳	۳۷٥	۱۹۳۸
سختی کل	-	٥۰۰	۹۲۰	٤۳۰	٤۹۰	٥۲۰	۹۱۰	٥۸۰	۲۲۰	۳۰۰	۱٦۸	۳۳۰	۲۰٤	٤٤۸
اسیدیته	۸/٥	۹/۲	۷/۸	٦/۹	۸/۱	۸/۲	۷/۲	۸/۰	۷/٤۸	۷/۸۱	۷/۸۷	۷/۷	۷/۷۱	۷/۸
منیزیم	-	۱٥۰	۷۷	٤۳	۳٤	٥۳	۷٤	٥٥	۲۰/٥	۲۸	۱۷	۲۹	۱۹	٤۷
سولفات	۲٥۰	٤۰۰	۲٦۹	٥۸	۲۳۰	۲٥٤	۲۷۸	۱۱۰	٥٥	۱۷۱	٥۹	۱۸۹	٥۱	۲۱٦
کلر	۲۰۰	٦۰۰	۱۸٦٤	٦۲۱	٤۰۸	٤۲٦	۱۷۷٥	٦٦۷	٦۳	۳٥٥	۱۹	۸۸	٤٦	۷٥۳

۵-۲-طبقه‌بندی جهت آبیاری (کشاورزی)

مقدار سدیم و املاح موجود در آب مهم‌ترین معیارهای کیفی در طبقه‌بندی آب از نظر کشاورزی می‌باشند (علیزاده ۱۳۸۳). این دو عامل در رشد گیاه و همچنین در درجه‌ی تناسب آب از نظر آبیاری و تأثیر آن بر نفوذپذیری خاک موثر می‌باشند (Dazy et al. 1997, Neilson-Welch 1999). به‌عنوان مثال، سدیم موجود در آب‌های شور و یون کلسیم موجود در خاک، جایگزین یکدیگر شده که در نتیجه نفوذپذیری و هوادهی خاک کاهش یافته، در نهایت رشد گیاه نیز کاهش خواهد یافت (مقیمی ۱۳۸۵). با استفاده از جدول ٤- الف و به‌منظور طبقه‌بندی آب منطقه مطالعاتی برای آبیاری، از نمودار ویلکاکس (Wilcox 1995) استفاده شد (تصویر ٦). نتایج به‌دست آمده به شرح زیر می‌باشد:

نمونه‌های آب R3، R7 ، R9 ، R10 و R11 در محدوده‌های C2-S1 و C3-S1 قرارگرفته‌اند، در نتیجه در هر نوع آبیاری مناسب هستند. نمونه‌های R2، R4 ، R6 و R8 در محدوده‌ی (C3-S2) قرار داشته که در شرایط ویژه برای آبیاری مناسب می‌باشند، مثلاً در زمین‌های که به مقدار زیاد ژیپس دارد یا نفوذپذیر است، قابل استفاده می‌باشند (مقیمی ۱۳۸۵). برای این نمونه‌ها، پرورش محصولات نسبتاً مقاوم به شوری مانند انار، انجیر، زیتون، انگور، آفتاب گردان، برنج، ذرت و طالبی خوب می‌باشد (کردوانی ۱۳۷۱). نمونه‌ی آب R12 (ایستگاه ماهنشان) در محدوده (C4-S3) قرار داشته که برای آبیاری نامناسب بوده و فقط در بعضی از کشورها مثل ایران که دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک است در آبیاری مورد استفاده قرار می‌گیرد (مقیمی ۱۳۸۵).

نمونه‌های آب R1 و R5، از نظر خاصیت قلیایی در محدوده‌ی خیلی بالا (C4-S4) قرار گرفته‌اند و در قلیایی کردن آب مؤثر می‌باشند. این نمونه‌ها به دلیل هدایت الکتریکی (بیش از ۵۰۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر) باعث شور شدن آب می‌گردند، بنابراین قابل استفاده جهت کشاورزی نبوده مگر در مواقع بارندگی که املاح کاهش می‌یابند. همچنین برای نمونه‌های آب R1 ، R5 و R12 که به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های شکرچی، قره‌گونی و ماهنشان در مسیر رودخانه قزل اوزن می‌باشند، می‌توان جهت بهره‌وری زیاد از محصولات زیر استفاده کرد (پورسلطانی و حرمی ۱۳۸٦):

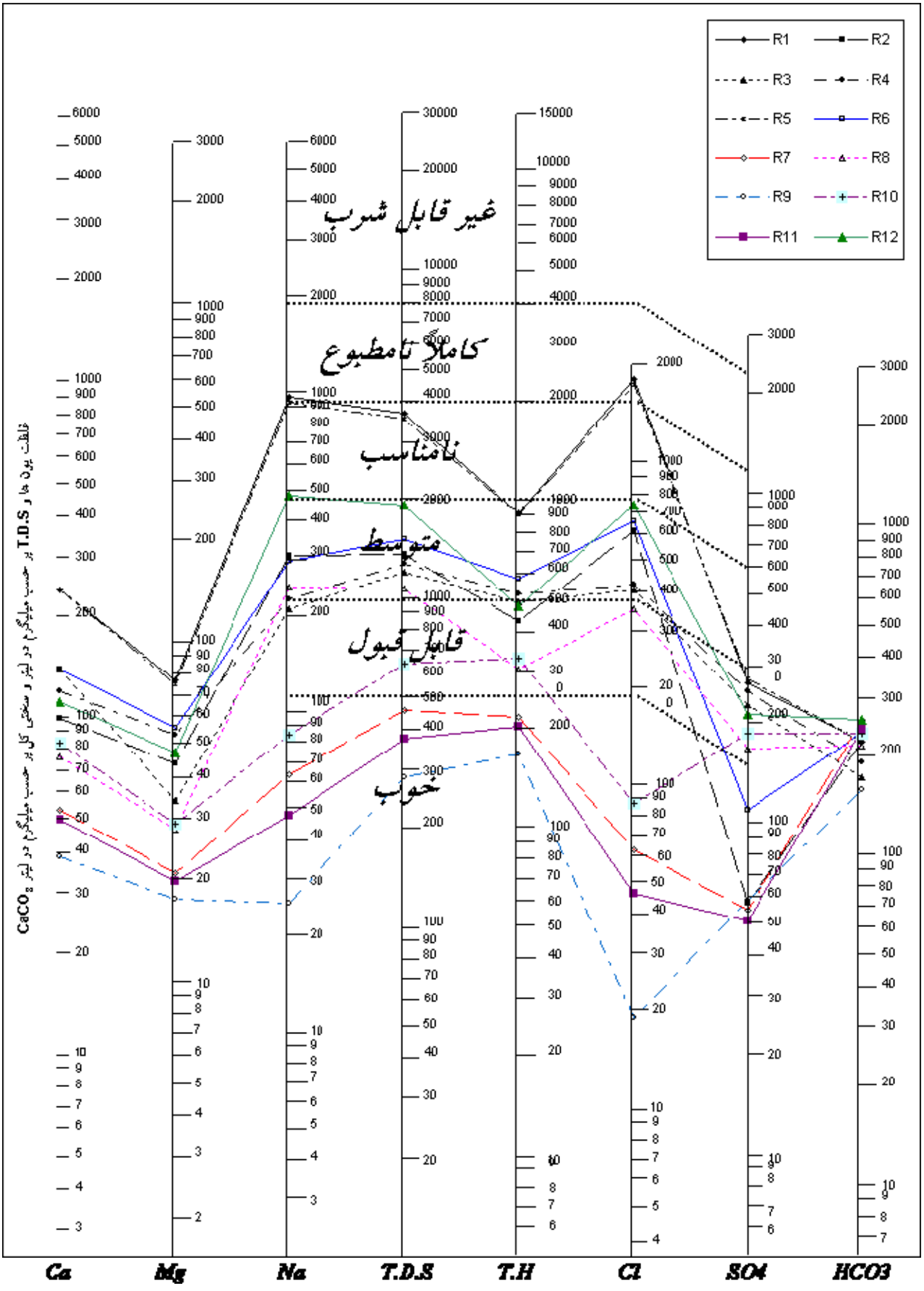
۱- گندم و جو: گندم و جو محصول صنعتی بوده و نیاز آبی آن‌ها تا حد زیادی با رژیم آبی رودخانه‌ها و بارندگی منطقه انطباق دارد. بنابراین، با توجه به فصل رشد گندم و جو، نیاز آبی این دو محصول نسبت به محصولات بهاره کمتر خواهد بود.

۲- پنبه: پنبه، محصول صنعتی محسوب شده و هدایت الکتریکی (EC) حدود ۷۷۰۰ میکروموس بر سانتی‌متر را در محیط خاک تحمل می‌نماید. بنابراین، مقاومت خاص این گیاه نسبت به شوری آب و خاک، دلیل رشد این محصول در منطقه می‌باشد.

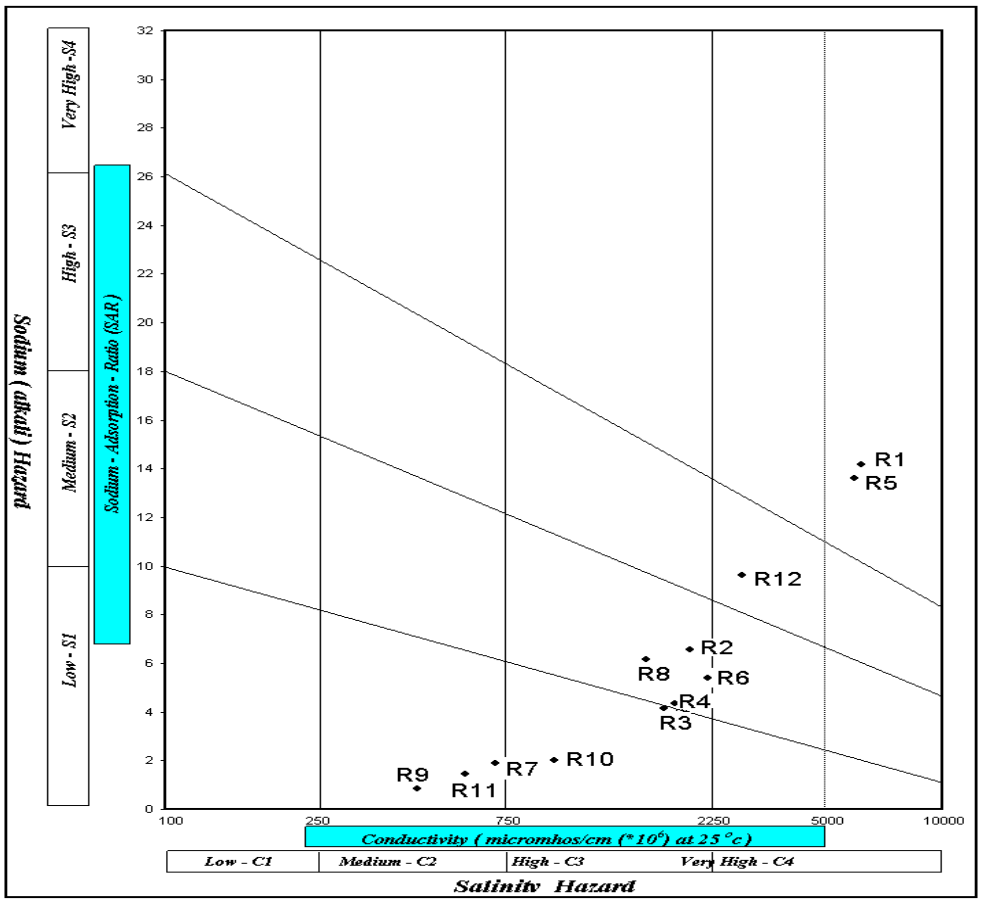
۳- یونجه: یونجه تحمل دوره‌های خشکی کوتاه‌مدت را دارد و چنانچه کشت آن توسعه یابد، می‌تواند تا حد زیادی نیاز علوفه‌ی دامداران منطقه را تأمین نماید.

٤- پسته: پسته با توجه به شرایط اقلیمی و شرایط حاکم بر آب و خاک منطقه خشک بودن منطقه و شوری آب و خاک را نیز تحمل می‌نماید. بنابراین، پرورش این محصول از نظر اقتصادی بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

۵- زیره‌ی سبز: زیره‌ی سبز محصولی اقتصادی محسوب شده و در مقابل خشکی مقاوم می‌باشد. این محصول با توجه به فصل رشد کوتاه، رژیم بارندگی و آبدهی رودخانه‌های منطقه، با شرایط منطقه سازگار می‌باشد.



تصویر۵-گروه بندی آب آشامیدنی منطقه مطالعاتی طبق نظر شولر **(Schoeller 1962)** با استفاده از جدول ٤- الف وب



تصویر٦- دیاگرام گروه‌بندی آبها از نظرآبیاری درمحدوده مطالعاتی با استفاده از جدول ٤-الف وب بر اساس قابلیت هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم (Wilcox 1995)

۵-۳- طبقه بندی از نظر مصارف صنعتی

مشخصات تیپ آب هایی که در صنعت استفاده می شوند، بر حسب نوع صنعت متفاوت است. به عنوان مثال، تمیزترین آب از نظر فیزیکی و شیمیایی، در صنایع داروسازی و کاغذسازی استفاده می‌گردد، در صورتی که در صنایع معدنی کمتر این مسئله درنظر گرفته می شود (مقیمی ۱۳۸۵). در مصارف صنعتی آب، درجه‌ی سختی و محیط واکنش آن بسیار حائز اهمیت است (کردوانی ۱۳۷۱).

در جداول ۵ و ٦ حد نصاب آب از نظر سختی کل (TH) و شوری کل (EC) ارائه شده است که براساس آن می‌توان با عمل تصفیه، آب مورد نظر را جهت مصارف صنعتی استفاده نمود. با توجه به جداول٤-ب و ۵، سختی کل بیشتر رودخانه‌های منطقه مورد مطالعه بیش از حد بوده، بنابراین از این نظر غیرقابل مصرف می‌باشند، (گرچه از نظر قلیائیت در حد مطلوبی قرار دارند).

جدول ٦- درجه‌بندی آب از نظر مصارف صنعتی(ازکردوانی ۱۳۷۱) و مقایسه آن با آب حوضه آبریز

نوع آب	درجه ۱	درجه ۲	درجه ۳	نمونه‌های آب حوضه آبریز سد شهریار											
فاکتورهای لازم	ازنظرسختی، تصفیه مختصر لازم است	ازنظرسختی، تصفیه کامل لازم است	ازنظرسختی، تصفیه کامل لازم است	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
سختی کل	۵۰	۱۵۰	۲۵۰	۹۲۰	٤۳۰	٤۹۰	۵۲۰	۹۱۰	۵۸۰	۲۲۰	۳۰۰	۱٦۸	۳۳۰	۲۰٤	٤٤۸
شوری کل	۱۵۰۰	۳۰۰۰- ۵۰۰۰	۱۰۰۰- ۸۰۰۰	٦۱۸۰	۲۲٤۰	۱۹۱۸	۲۰۵۰	۵۹۵۰	۲۵۰۰	۷۰۹	۱۷۲٤	٤٤٦	۱۰۰۲	۵۹۱	۳۰٦۷

۵-۴- طبقه‌بندی از نظر شرب دام

آب مصرفی حیوانات اهلی برحسب مقدار TDS نبایستی ازحد مجاز بیشتر گردد. در جدول ۷، حد معمول باقی مانده خشک (TDS) آب طبق نظر کارانچ (Karanth 2001) برای حیوانات مختلف نشان داده شده است. بر این اساس به جز از نمونه های R2 و R3 مربوط به ایستگاه های شکرچی و قره گونی که تنها برای مرغ و خروس دارای محدودیت می‌باشند، سایر نمونه‌ها برای کلیه‌ی حیوانات مذکور هیچ گونه محدودیتی ندارند.

۶- تیپ آب حوضه آبریز سد شهریار (استور)

اساس طبقه‌بندی تیپ آب‌ها بر طبق مقادیر کاتیون‌ها و آنیون‌های عمده (برحسب میلی‌اکی والان برلیتر) آب می باشد (Sikdar et al. 2001). به منظور بررسی تحول آنیون‌های موجود در آب‌های سطحی و تشخیص منابع تغذیه، تیپ آب رودخانه‌ها در سطح حوضه آبریز سد شهریار مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از جدول ۸، تعیین تیپ آب از نظر کمی و تغییرات برخی از عناصر دیگر، بر روی دیاگرام تلفیقی پایپر (Piper 1994) مشخص شده است (تصویر ۷).

جدول ۷- مقدارقابل قبول باقیمانده خشک (TDS) برای حیوانات (Karanth 2001)

نوع حیوان	غلظت باقیمانده خشک (TDS) (mg/l)
مرغ و خروس	۲۸۶۰
خوک	۵۲۹۰
اسب	۶۴۳۵
گاوشیرده	۷۱۵۰
گاوگوشتی	۱۰۱۰۰
گوسفند	۱۲۹۰۰

نمونه‌های آب حوضه آبریز	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
TDS (mg/l)	۳۶۷۴	۱۳۶۳	۱۲۰۳	۱۲۷۹	۳۵۴۴	۱۵۱۸	۴۵۷	۱۰۸۰	۲۸۵	۶۳۳	۳۷۵	۱۹۳۸

R1 : قزل اوزن – شکرچی R2 : خروجی قرنقو- میانه R3 : خروجی آیدوغموش – میانه R4 : بعدازتلاقی سه رود خانه (شهرچای، آیدوغموش و قرنقو)
R5 : قزل اوزن – قره گونی R6 : محل احداث سد R7 : شهرچای-کوهسالار میانه R8 : قرنقو – تونل شماره ۷
R9 : گرمی چای – چتاب R10 : زنجان رود – سرچم R11 : شهرچای – میانه R12 : قزل اوزن – ماهنشان

جدول ۸- درصد کاتیون‌ها وآنیون‌های موجود درآب‌های منطقه مطالعاتی جهت تعیین نوع آب

نمونه آب	درصدآنیون ها			درصد کاتیون ها		
	HCO_3	Cl^-	So_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
R1	۵/۹	۸۵	۹	۱۹/٤	۱۰/٤	۷۰
R2	۱٦/۳	۷۸/۳	۵/٤	۲۲/٤	۱٦	٦۲
R3	۱۵	٦۰	۲۵	۳٦/٦	۱٤/۷	٤۹
R4	۱۵/٤	۵۸/۷	۲٦	۲۹/٤	۲۱/۵	٤۹
R5	٦/۱۳	۸٤	۹/۸	۲۰/۲	۱۰/٤	٦۹
R6	۱۵/٦	۷۵/٤	۹/۳	۲۸	۱۸/٤	۵۳
R7	۵۸/۸	۲٤/۷	۱٦	۳۷/۳	۲۳/۸	۳۸/۷
R8	۲۰/٦	۵۸/۵	۲۰/۸	۲۲/۵	۱۳/۵	٦۳/۳
R9	۵۸/۲	۱۱/۸	۲۷/٤	٤۳/۷	۳۲	۲٤/٤
R10	۳۷/۵	۲٤/۱	۳۸/٤	٤۰/۵	۲۳/۲	۳۵/٦
R11	٦۲/٦	۲۰/٦	۱٦/۸	٤۰	۲۵/۸	۳۳
R12	۱٤/۱	۷۰/۸	۱۵	۱۸/۱	۱۲/٦	٦۸

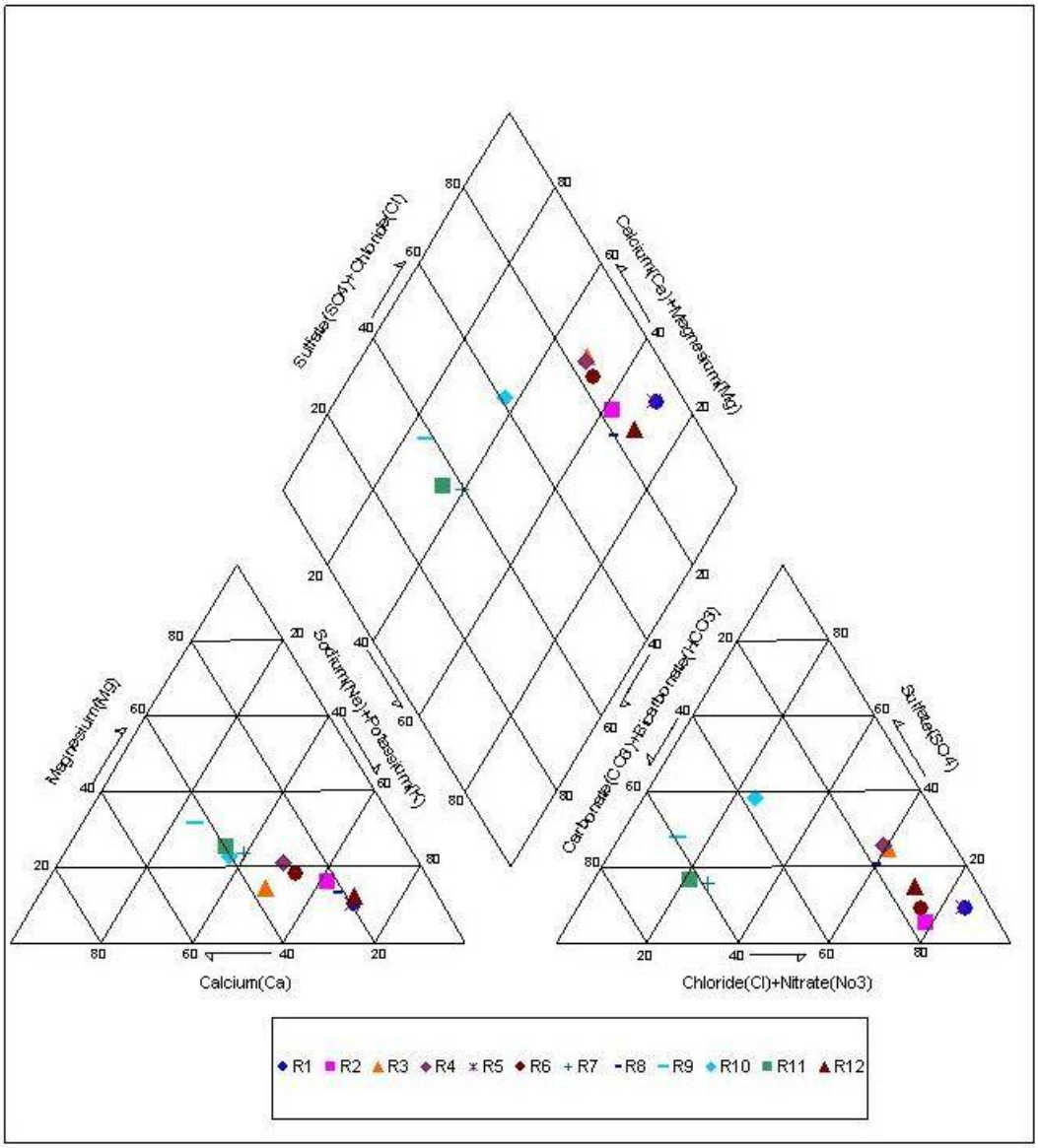
با توجه به تصویر ۷، تیپ آب‌های محدوده‌ی مورد مطالعه از نوع کلروره و سدیک بوده که ناشی از اثر سازندهای مختلف زمین‌شناسی بر کیفیت آب می‌باشد.

۷- عوامل موثر در افزایش املاح آب حوضه آبریزمورد مطالعه

ترکیب و غلظت نمک‌های موجود در آب نتیجه تأثیر عوامل گوناگونی است، در ادامه، این عوامل تشریح خواهند شد.

۷-۱- عوامل زمین شناسی

به‌دنبال بارندگی و تشکیل آب‌های سطحی، در ابتدا نمک محلول در این آب‌ها خیلی کم است، اما بر اثر تماس با رسوبات و سنگ‌های مختلف، املاح آن زیاد می‌شود (مقیمی ۱۳۸۵). سازندهای مارنی، شیلی، تبخیری و ماسه سنگی در اکثر مناطق حوضه به ویژه در قسمت‌های غربی، جنوبی و مرکز گسترش زیادی داشته، بنابراین، عمده‌ی آب‌ها از این سازندها عبور کرده و در نهایت به رودخانه‌های آجی چای، آیدوغموش، قرنقو و قزل اوزن می‌ریزند. در سازندهای تبخیری، مارنی و شیلی میزان یون سدیم (Na^+) باقابلیت انحلال و قدرت جابجایی ۲/۵ درصد و کلر (Cl^-) با قابلیت انحلال و قدرت جابجایی ۱۰۰ درصد به صورت کلروسدیم بسیار بالاست (پورسلطانی و حرمی ۱۳۸۶). این لیتولوژی‌ها غلظت یون‌های سدیم و کلر را افزایش داده بنابراین، آب‌های این منطقه از نوع کلروره و سدیک می‌باشند. لایه‌های تبخیری در قسمت جنوبی محدوده مطالعاتی موجب افزایش یون سدیم (Na^+) شده است. بنابراین، نسبت جذب سدیم (SAR) در منطقه بالا بوده که سبب قلیایی نمودن خاک منطقه می‌شود.



تصویر ۷- نتایج آنالیز شیمیایی آب حوضه آبریز سد شهریار جهت تعیین نوع آب به صورت دیاگرام پایپر(Piper 1994)

همچنین واحدهای تبخیری در منطقه به‌ویژه در بخش جنوبی، مواد جامد محلول را افزایش داده است. بنابراین، آب ایستگاه‌های شکرچی و قره گونی به دلیل بالا بودن نسبت یون‌ها، نسبت جذب سدیم (SAR) و میزان مواد جامد محلول (TDS)، از نظر مصارف گوناگون تقریباً غیر قابل استفاده می‌باشند (Murtry et al. 1979). همچنین وجود واحدهای آهکی به طور پراکنده در بخش‌هایی از حوضه، به ویژه در زیرحوضه‌های زنجان رود، گرمی چای، شهرچای و آیدوغموش، باعث افزایش یون کلسیم (Ca^{2+}) شده است. وجود کانی های تبخیری در واحدهای تبخیری، مارنی و شیلی منطقه نیز باعث افزایش میزان مواد جامد محلول شده است (پورسلطانی و حرمی ۱۳۸٦).

۷-۲- عامل اقلیم و موقعیت جغرافیایی

شرایط اقلیمی تأثیر زیادی در کیفیت منابع آب دارد. آب‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک نمک بیشتری دارند (مقیمی ۱۳۸۵). نامناسب بودن شرایط اقلیمی منطقه‌ی میانه، مانند کم بودن میزان بارندگی، بالابودن دما و شدت تبخیر، باعث افزایش درجه غلظت املاح شده است. بنابراین، باتوجه به نیمه خشک بودن منطقه شرایط جهت افزایش غلظت املاح فراهم می‌باشد.

۸- نتیجه‌گیری

براساس مطالعات انجام شده در حوضه آبریز سد شهریار میانه، کم بودن میزان بارندگی و بالابودن درجه‌ی حرارت منطقه مورد مطالعه جزء مناطق نیمه خشک طبقه‌بندی گردید.

گسترش زیاد واحدهای تبخیری، مارنی و شیلی در جنوب و مرکز حوضه، یون‌های محلول به‌ویژه سدیم و کلر آب رودخانه‌ها را افزایش داده که نتیجه‌ی آن سدیک و کلروره شدن آب منطقه است. همچنین وجود کانی‌های تبخیری در واحدهای تبخیری، مارنی و شیلی منطقه باعث افزایش نسبت جذب سدیم (SAR) و میزان مواد جامد محلول (TDS) شده که در قلیایی نمودن خاک و کاهش کیفیت آب تأثیر دارند. وجود واحدهای آهکی در حوضه، خصوصاً در زیر حوضه‌های زنجان رود، گرمی چای، شهرچای و آیدوغموش باعث افزایش یون کلسیم(Ca^{2+}) در نمونه‌های آبی منطقه گردیده است. همچنین به جز نمونه‌های R1 و R5، (این نمونه‌ها تنها جهت شرب دام قابل قبول هستند) سایر نمونه‌ها از لحاظ شرب انسان و دام، استفاده صنعتی و کشاورزی قابل استفاده می‌باشند. از نظر کشاورزی، گیاهان شور پسند و مقاوم مانند گندم و جو، پسته، زیره‌ی سبز، یونجه و پنبه در این منطقه قابل پرورش می‌باشند.

مراجع

پورسلطانی، م. ر، و موسوی حرمی، ر.، ۱۳۸٦، "مطالعات آب شناسی حوضه آبریز سنگرد درمنطقه سبزوار"، *فصلنامه زمین شناسی کاربردی، سال ۳ (۲): ۱۱۰ – ۱۱۸ .*

دانیالی، س. ک.، ۱۳۸۸، "ارزیابی کیفیت آب دریاچه سد خمیران اصفهان جهت شرب"، *فصلنامه علمی محیط زیست، شماره ٤٧ : ٥٩ – ٤٩.*

شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی، ۱۳۸۳، "طرح مطالعات شناسایی سازندهای سخت منطقه میانه- هشترود": *۱۰- ٦.*

شرکت مشاوره‌ای مهاب قدس، ۱۳۸۸، " گزارش هواشناسی حوضه آبریز سدشهریار"، *۱۱۸ ص.*

علیزاده، ا.، ۱۳۸۳، "اصول هیدرولوژی کاربردی"، *انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ هفتم، ۷۷٦ ص.*

قضاوتی، م.، نوشادی، م و مرندی، ر.، ۱۳۸۸، "بررسی کیفیت شیمیایی و پتانسیل خوردگی آب های آشامیدنی تولیدی درپالایشگاه بندرعباس و ورودی آن"، *دوازدهمین همایش بهداشت محیط ایران، دانشگاه علوم پزشکی شهیدبهشتی، دانشکده بهداشت : ۷۵۳-۷۳٤.*

کردوانی، پ.، ۱۳۷۱، "منابع و مسائل آب ایران"، *انتشارات نشر قومس، ۲۸٦ ص.*

مقیمی، ه.، ۱۳۸۵، "هیدروژئوشیمی"، *انتشارات دانشگاه پیام نور، ۲۱۳ ص.*

نائیجی، ع. غ.، ۱۳۸۳، "هیدرولوژی و هیدروژئوشیمی آب های زیرزمینی دشت نیسان(طبس)"، *پایان نامه کارشناسی ارشد آب شناسی، دانشگاه شهید بهشتی، ۲۲۹ ص.*

نبوی، م. ح.، ۱۳۵۵، "دیباچه ی برزمین شناسی ایران"، *انتشارات وزارت صنایع و معادن، سازمان زمین شناسی کشور، ۱۰۹ ص.*

Borgarello, F., Serpont, N., Torcini, S., Minero, C. & Pelizzetti, E., 1986, "Separation of inorganic anions by unsuppressed ion chromatograph": *Analytica Chimica Actc, Vol. 188, 317 pp.*

Dazy, J., Drogue, C., Harmanidis, P. & Darlet, C., 1997, "The inflows on chemical composition of groundwater in small island: *The example of the Cyclades,(Greece), Environ. Vol. 31: 133-141.*

Dubief, J., 1953-1963, "Le climat du Sahara", *Vol. I, 1959, 312 p., Vol. II, 1963, 275 p., +1 carte h. t. Mem. Inst. Rech. Sahar., Univ. D'Alger.*

Fayazi, F. & Nakhaei, M., 2007,"Hydrogeocheistry and brine evolution of Maharlou Saline Lake", *Southwest of Iran, Carbonates and Evaporites, Vol .22 (1): 33-42.*

Fetter, C. W., 1999, "Contaminant Hydrogeology", *2th Ed., Prentice Hall Inc., New Jersey, 485 pp.*

Karanth, K. R., 2001, "Ground water assessment development and management", *Tata McGraw- Hill, 720 pp.*

Murtry, A. S., Venkat, R. M. & Javad, T., 1979, "Effect of saline water irrigation and sodium and potassium (Triricum aestivum L)", *Annals of Arid*

Zone, Vol. 18 (1): 165-178.

Neilson-Welch, L., 1999, "Saline water intrusion from the fraser river Estuary: a hydrological investigation sing field chemical data and density- dependent groundwater flow model", *M.Sc. Thesis, University of British Columbia, Vancouver, 170 pp.*

Piper, A. M., 1994, "A graphic procedure in the geochemical interpretation of water," *Transactions of the American Geophisical Union, Vol. 25, 914 pp.*

Schoeller, H., 1962, "Lex souterraines", *Masson, Paris, 642 pp.*

Sikdar, P. K., Sarkar, S. S. & Palchoud hury, S., 2001, "Geochemical evolution of groundwater in the Quaternary aquifer of Calcutta and Howrah, India", *Journal of Asian Earth Science, Vol. 19: 579- 594.*

Soliman, M. M., 2010, "Engineering hydrology of arid and semi- arid regions", *Faculty of Engineering Ain shams university Cairo Egypt, 373 pp.*

Wilcox, L.W., 1995, "Classification and use of irrigation water", *U. S. Department, Agri. Circular, 969 pp.*