

## بررسی هیدروژئوشیمی منابع آب حوضه آبریز سد شیرین دره (خراسان شمالی)

بهاره صدری<sup>۱</sup>، حسین محمدزاده<sup>۲</sup>، محمد حسین محمودی قرایی<sup>۳</sup> و ابوالفضل مساعدی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، زمین شناسی زیست محیطی، دانشگاه فردوسی مشهد<sup>۱</sup>

۲- دانشیار و مدیر مرکز تحقیقات آب‌های زیرزمینی (متاب)، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۳- دانشیار گروه زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۴- دانشیار علمی گروه مرتع و آبخیزداری دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

Sadrabahareh@yahoo.com

### چکیده

سد شیرین دره، به منظور تامین آب شرب بجنورد و بخشی از آب کشاورزی برای استان خراسان شمالی در سال ۱۳۸۴ احداث شده است. منطقه مورد مطالعه از نظر تقسیم بندی ساختار رسوبی ایران، در زون ساختاری کپه داغ قرار می‌گیرد. در این تحقیق به بررسی عوامل کنترل کننده شیمی منابع آب حوضه، با استفاده از مدل گیبس، و همچنین به بررسی هیدروژئوشیمی منابع آب از نظر تیپ آب، مصارف کشاورزی، مصارف صنعتی و شوری با توجه به نمونه‌های برداشت شده از رودخانه‌های حوضه پرداخته شده است. عامل اصلی کنترل شیمی آب در منطقه هوازدهگی سازندهای زمین‌شناسی تشخیص داده شده است. از نظر مصارف شرب، کشاورزی و صنعتی به ترتیب در رده‌های خوب - قابل قبول، شور - قابل استفاده و اغلب رسوبگذار قرار می‌گیرد. تیپ منابع آب منطقه، عمدتاً سولفات می‌باشد.

کلمات کلیدی: هیدروژئوشیمی، حوضه آبریز شیرین دره، عوامل کنترل کننده شیمی آب

### ۱- مقدمه

منابع آب سطحی و زیرزمینی بعنوان اصلی‌ترین منبع تأمین کننده نیاز آبی شرب، کشاورزی، صنعت و محیط زیست، از اهمیت خاصی برخوردار هستند. کمیت و کیفیت منابع آب می‌تواند در بسیاری از بخش‌ها تاثیرگذار باشد، که در این میان کیفیت آب اهمیت ویژه‌ای دارد. کیفیت پایین آب تاثیر منفی بر سلامت انسان و رشد گیاه دارد. براساس گزارش سازمان جهانی بهداشت، ۸۰٪ بیماری‌ها ناشی از آب آلوده است. از طرفی ترمیم آب آلوده به ترکیب طبیعی آن عملی دشوار است. از این رو نظارت منظم بر منابع آب و جلوگیری از ورود آلاینده‌ها به درون آب ضروری است (Arum Kumar & et al., 2012).

سد شیرین دره، به منظور تامین آب شرب بجنورد و بخشی از آب کشاورزی برای استان خراسان شمالی در سال ۱۳۸۴ احداث شده است ولی وجود لایه‌های شیل و مارنی در بخش‌های مختلف حوضه آبریز این سد، سبب ایجاد تغییراتی در کیفیت آب رودخانه و سد شده است. بنابراین، تعیین کیفیت و نوع آب رودخانه منتهی به این سد، از نظر شرب، آبیاری و مصارف صنعتی از اهداف این تحقیق می‌باشد. به این منظور، با استفاده از تجزیه شیمیایی آب که شامل اندازه‌گیری مقدار شوری (EC)، آنیون و کاتیون نمونه‌های آب و باقیمانده خشک نمونه‌ها (TDS) می‌باشد، این اهداف مورد بررسی قرار گرفت.

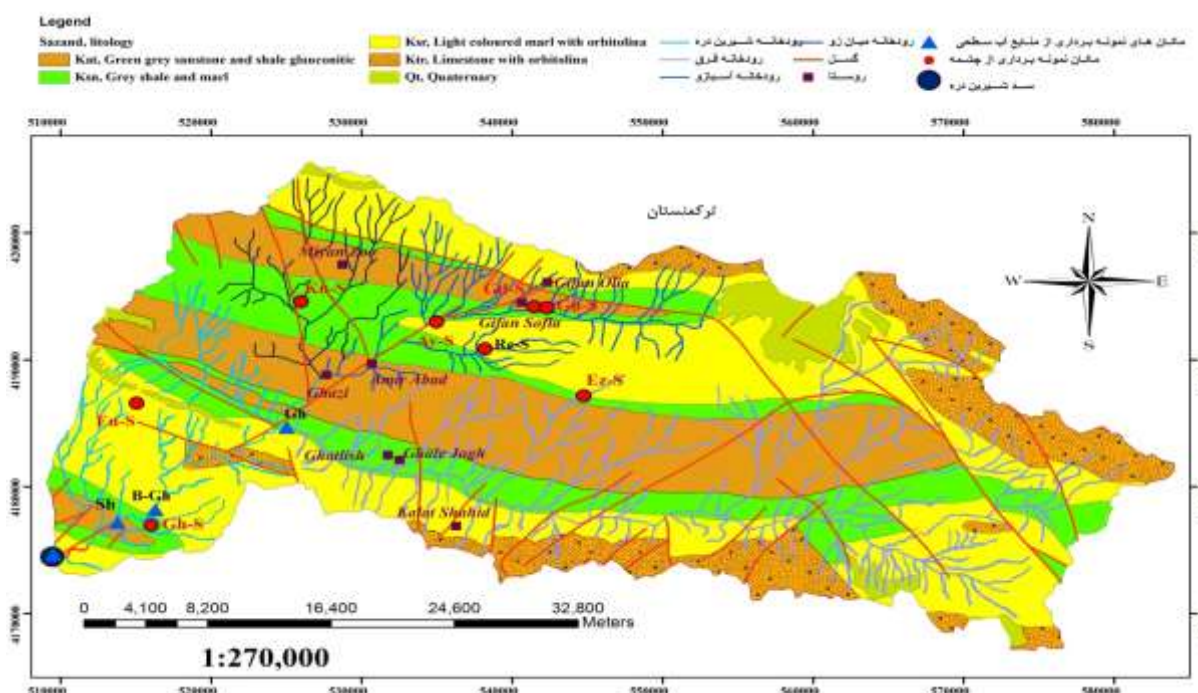
## ۲- موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی منطقه

حوضه آبریز شیرین دره به وسعت ۱۶۱۴ کیلومتر مربع در استان خراسان شمالی یکی از زیر حوضه های حوضه آبریز اترک است که در شمال شهرستان بجنورد قرار گرفته است. حوضه مذکور بین طول جغرافیایی ۶' ۵۷° تا ۷' ۵۷° شرقی و عرض جغرافیایی ۳۸' ۳۷° تا ۵۹' ۳۷° شمالی واقع شده است (شکل ۱). محدوده مطالعاتی در زون ساختاری کپه داغ قرار دارد و واحدهای سنگی سازنده آن شامل، سازندهای تیرگان، سرچشمه، سنگانه، آیتامیر و نهشته های آبرفتی می باشد. که به ترتیب ۱۲٪، ۳۷٪، ۲۲٪ و ۲۶٪ از کل سازندهای گستره حوضه آبریز را تشکیل می دهند (مهندسین مشاور طوس آب، ۱۳۹۱).

سد شیرین دره یکی از مهم ترین منابع تامین کننده آب شرب شهرستان بجنورد، مرکز استان خراسان شمالی، است. از این رو، مطالعه کمی و کیفی آب این سد و سرشاخه های آن و همچنین آب های زیرزمینی منطقه بسیار ضروری می باشد. رودخانه شیرین دره از دامنه های کوه امام حاضر با ارتفاع ۲۲۷۳ متر واقع در ۲۷ کیلومتری شمال شهر شیروان سرچشمه میگیرد. جریان آب رودخانه شیرین دره به دو صورت جریان های زیرزمینی و سطحی تامین می شود (مهندسین مشاور طوس آب، ۱۳۷۹). سرشاخه های اصلی این رودخانه عبارتند از:

- سرشاخه پیغمبر: این رودخانه از دو سرشاخه کوچکتر به نام های آسیازو و میان زو تشکیل شده است. این سرشاخه از ارتفاعات مرزی ایران و ترکمنستان سرچشمه میگیرد.

- سرشاخه قرق: این رودخانه دارای جریان فصلی بوده، در روستای قتلیش با پیوستن به سرشاخه پیغمبر، رودخانه شیرین دره را بوجود



می آورد. شکل ۱- نقشه زمین شناسی حوضه آبریز شیرین دره و ایستگاه های نمونه برداری

### ۳- اقلیم منطقه

با توجه به اقلیم نمای آمبرژه، اقلیم حوضه آبریز شیرین دره، خشک و سرد می‌باشد (مهندسین مشاور طوس آب، ۱۳۹۱).

### ۴- مواد و روشها

در این تحقیق به منظور بررسی کیفیت شیمیایی آب حوضه آبریز سد شیرین دره، از داده‌های آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب و مقادیر پارامترهای صحرایی آذر ماه ۱۳۸۷، مربوط به دو ایستگاه هیدرومتری قتلیش، بربر قلعه که در فاصله حدوداً ۱۵ کیلومتری از یکدیگر، بر روی رودخانه شیرین دره واقع شده‌اند و نیز سد شیرین دره، همچنین داده‌های شهریور ماه ۱۳۸۲، مربوط به چشمه‌ها استفاده شده است. موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری در شکل ۱ مشخص شده است و نتایج آنالیز برای نمونه‌های آب در جدول ۱ ارائه شده است.

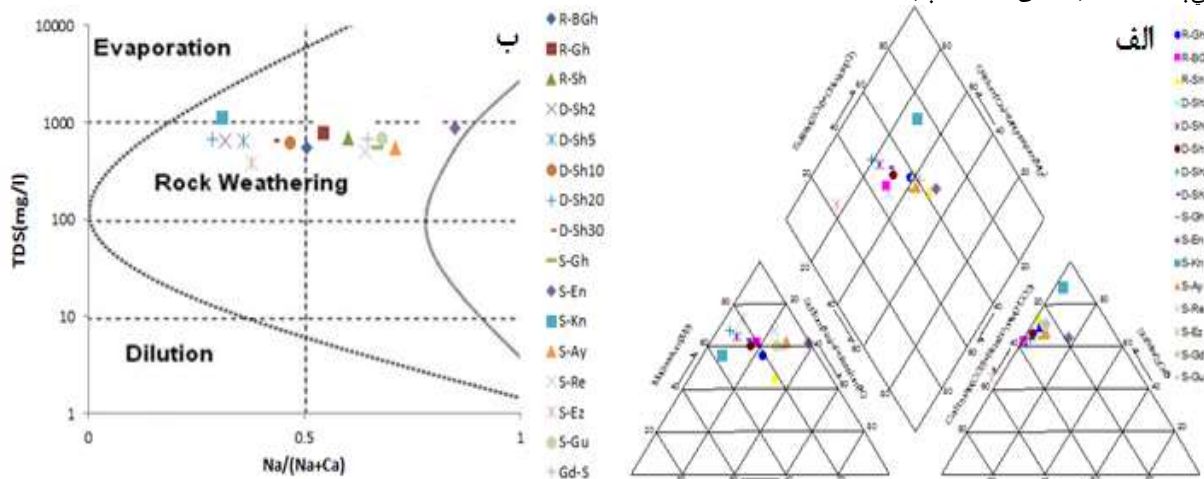
### ۵- بحث و بررسی نتایج

ارزیابی کیفیت آب، عمدتاً بر پایه تجزیه و تحلیل هیدروشیمی است (Zhang & et al., 2012). در این بخش با استفاده از نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب (جدول ۱)، دیگرام‌های پایپر، گیبس، شولر و ویلکوکس به منظور تعیین تیپ، منشاء و کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی جهت مصارف گوناگون مورد بررسی قرار گرفته است.

#### ۵-۱- بررسی رخساره‌های ژئوشیمیایی و منشاء یون‌های اصلی

اساس طبقه بندی تیپ آبها بر طبق کاتیون‌ها و آنیون‌های عمده آب می‌باشد (Piper., 1944). ۸۰٪ نمونه‌های منطقه مورد مطالعه، دارای تیپ و رخساره سولفات- منیزیک، ۲۰٪ نمونه‌ها دارای تیپ بی‌کربناته و رخساره‌های سدیک، منیزیک و کلسیک می‌باشند (شکل ۲- الف).

بر اساس مدل گیبس (Gibbs., 1970)، ریزش‌های جوی، هوازدگی سنگها و فرآیندهای تبخیر-کریستالی شدن شیمی آب را کنترل می‌کنند. با توجه به موقعیت نمونه‌ها بر روی دیگرام  $Na^+/(Na^+ + Ca^+)$  در مقابل TDS، عامل اصلی کنترل‌کننده شیمی آب منطقه هوازدگی سنگ‌های حوضه آبریز می‌باشد (شکل ۲- ب).





شکل ۲ - موقعیت نمونه‌های آب منطقه شیرین دره بر روی دیاگرام الف- بایپر و ب - گیبس



---

جدول ۱- نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های آب و مقادیر پارامترهای صحرایی (غلظت‌ها بر حسب  $mg/l$ ) و نتایج کیفیت آب برای مصارف شرب، کشاورزی و صنعت

علامت اختصاری	ایستگاه	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	pH	EC (µS/cm)	TDS	کیفیت آب برای شرب	کیفیت آب برای مصارف صنعتی		
														ا <sup>۱</sup> ضریب	pH <sub>s</sub> <sup>۲</sup>	Is <sup>۳</sup>
R-Gh	ایستگاه هیدرومتری قتلیش	۸۲/۱	۵۲/۲	۹۸/۸	۰/۰	۰/۰	۲۷۴/۶	/۸	۵۶/۷	۸/۰	۱۲۳۶	۷۷۸/	خوب _ قابل قبول	۱۱/۳	۷/۴	۰/۶
R-BGh	ایستگاه هیدرومتری بربر قلعه	۵۶/۱	۴۷/۳	۵۷/۴	۰/۰	۰/۰	۲۶۲/۴	/۹	۳۱/۹	۸/۱	۸۶۷	۵۴۶	خوب _ قابل قبول	۱۱/۲	۷/۸	۰/۳
R-Sh	ورودی سد (رودخانه شیرین دره)	۷۳/۰	۲۵/۵	/۴	۱/۶	/۰	۲۱۸/۰	/۰	۳۵/۳	۸/۰	۹۷۰	۶۹۴	خوب _ قابل قبول	۱۱/۳	۷/۴	۰/۶
D-Sh <sub>2</sub>	مخزن سد (۲ متری)	۶۶/۰	۵۳/۷	۳۰/۵	۱/۸	۳۴/۰	۲۳۰/۰	/۰	۴۷/۷	۷/۹	۱۰۶۰	۶۴۴	خوب _ قابل قبول	۱۱/۳	۸/۰	۰/۱
D-Sh <sub>5</sub>	مخزن سد (۵ متری)	۶۸/۵	۵۳/۵	۳۸/۱	۱/۹	۳۰/۰	۲۳۲/۰	/۰	۴۷/۴	۸/۰	۱۱۰۰	۶۴۸	خوب _ قابل قبول	۱۱/۳	۷/۹	۰/۱
D-Sh <sub>10</sub>	مخزن سد (۱۰ متری)	۶۵/۵	۴۸/۰	۵۷/۵	۱/۹	۲۸/۰	۲۳۴/۰	/۰	۴۷/۴	۸/۰	۱۰۵۰	۶۱۹	خوب _ قابل قبول	۱۱/۳	۷/۷	۰/۳
D-Sh <sub>20</sub>	مخزن سد (۲۰ متری)	۶۷/۵	۵۵/۷	۲۷/۱	۲/۱	۳۰/۰	۲۳۰/۰	/۰	۴۹/۵	۷/۹	۱۰۵۰	۶۸۴	خوب _ قابل قبول	۱۱/۳	۸/۰	۰/۱
D-Sh <sub>30</sub>	مخزن سد (۳۰ متری)	۶۷/۰	۵۳/۰	۵۰/۶	۶/۲	۲۸/۰	۲۳۲/۰	/۰	۴۹/۵	۷/۷	۱۰۵۰	۶۴۹	خوب _ قابل قبول	۱۱/۳	۷/۷	۰/۰
S-Gh	قلعه تازه قره جنگل	۴۰/۸	۴۳/۷	۸۲/۷	۰/۰	۱۲/۰	۱۸۹/۲	/۷	۵۶/۷	۸/۴	۸۸۸	۵۵۹	خوب _ قابل قبول	۱۱/۳	۷/۸	۰/۶
S-En	اینچه سفلی	۲۸/۰	۷۲/۹	/۳	۰/۰	۱۲/۰	۲۱۹/۷	/۲	/۷	۸/۶	۱۳۸۱	۸۷۰	خوب _ قابل قبول	۱۱/۳	۷/۷	۰/۹
S-Kn	کندرک	/۳	۱۷۲	۷۸/۱	۰/۰	۰/۰	۱۵۲/۵	/۴	۵۶/۷	۸/۱	۱۷۵۴	۱۱۰۵	خوب _ متوسط	۱۱/۳	۷/۲	۰/۹
S-Ay	ایوب پیغمبر	۳۲/۰	۴۴/۹	۷۸/۱	۰/۰	۰/۰	۱۷۶/۹	/۵	۴۹/۶	۸/۳	۸۶۳	۵۴۴	خوب	۱۱/۲	۷/۹	۰/۴
S-Re	رزقانه	۳۲/۰	۴۸/۶	۵۷/۴	۰/۰	۶/۰	۲۱۳/۶	/۳	۳۱/۹	۸/۳	۷۹۳	۵۰۰	خوب	۱۱/۲	۸/۰	۰/۳
S-Ez	ایزمان سرچشمه	۳۴/۰	۴۲/۵	۲۰/۶	۰/۰	۱۲/۰	۲۶۲/۴	۵۷/۶	۲۱/۲	۸/۲	۶۰۸	۳۸۳	خوب	۱۱/۲	۸/۴	۰/۲
S-Gd	گیفان پایین	۵۰/۱	۵۲/۲	۹۱/۹	۰/۰	۰/۰	۲۱۹/۷	/۶	۵۳/۱	۸/۱	۱۰۵۸	۶۶۷	خوب _ قابل قبول	۱۱/۳	۷/۶	۰/۵
S-Gu	گیفان بالا	۴۴/۰	۵۱/۰	۹۴/۲	۰/۰	۰/۰	۲۰۱/۴	/۰	۴۹/۶	۸/۱	۱۰۵۰	۶۶۲	خوب _ قابل قبول	۱۱/۳	۷/۷	۰/۴



- ۱- ضریب وابسته به  $T(C^\circ)$  و TDS  
۲-  $pH_s = -\log [Ca^{2+}] + P_{ALK} + C$  - شیب آب  
۳-  $I_s = (pH_s - pH)$

## ۵-۲- بررسی کیفیت آب منطقه از نظر مصارف مختلف

با توجه به دیگرام شولر، و پارامترهای موثر بر کیفیت آب شرب (سختی کل، یون کلر، سولفات، سدیم و TDS)، کیفیت آب تمامی نمونه‌های منطقه در رده‌ی خوب تا قابل قبول جای می‌گیرند، نتایج حاصل از بررسی نمونه‌های آب در جدول ۱ ارائه شده است. پارامترهای اصلی کنترل کننده کیفیت آب کشاورزی (هدایت الکتریکی EC- و نسبت جذب سدیم-SAR)، نقش اساسی در تغییر بافت خاک‌های زراعی با جایگزینی کاتیون‌های تک ظرفیتی، به ویژه Na، به جای Ca و Mg داشته و باعث کاهش محصول، پژمردگی زودرس و وقفه در رشد گیاهان می‌گردد. با توجه به موقعیت نمونه‌ها بر روی دیگرام ویلکوکس، کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی منطقه (به جز نمونه آب چشمه ایزمان سرچشمه) شور، اما قابل استفاده می‌باشد. به منظور تعیین کیفیت آب منطقه از نظر مصارف صنعتی از شاخص لانزلیه یا شاخص اشباع (Is)، نمایانگر تمایل آب برای رسوبگذاری و خوردگی، استفاده شده است. اگر Is بزرگتر از صفر باشد، آب تمایل به رسوبگذاری و اگر Is کوچکتر از صفر باشد، آب تمایل زیادی به خوردگی خواهد داشت. حدود ۸۰٪ نمونه‌های آب منطقه دارای خاصیت رسوبگذاری و حدود ۲۰٪ نمونه‌های آب دارای خاصیت خوردگی می‌باشند، نتایج حاصل از این بررسی نیز در جدول ۱ ارائه شده است.

## ۶- نتیجه‌گیری

سد شیرین دره یکی از مهم‌ترین منابع تامین آب شرب شهرستان بجنورد واقع در استان خراسان شمالی می‌باشد. از این رو بررسی کیفی آب سد و منابع آب سطحی و زیرزمینی آن ضروری به نظر می‌رسد. نتایج حاصل از بررسی‌های انجام شده در این مقاله نشان می‌دهد که عامل اصلی کنترل‌کننده‌ی شیمی آب منطقه، هوازگی سنگ‌های حوضه می‌باشد. و تیپ آب اکثر نمونه‌ها سولفات می‌باشد. از نظر مصارف شرب و کشاورزی به ترتیب در رده‌ی خوب- قابل قبول و قابل استفاده- مناسب می‌باشند و از نظر مصارف صنعتی تمامی نمونه‌ها (به جز نمونه آب چشمه ایزمان سرچشمه و نمونه آب اعماق ۲ و ۲۰ متری سد شیرین دره که خورنده می‌باشند)، رسوبگذار تشخیص داده شده‌اند. با توجه به گستردگی سازندهای سرچشمه و سنگانه که پتانسیل بالایی فرسایش‌پذیری را دارند، رسوبگذار بودن نمونه‌ها قابل توجیه است.

## منابع

بی نام، (۱۳۹۱). گزارش تحلیل داده‌های پایش و تدوین مدل کیفی، مطالعات کیفی مخزن سد شیرین‌دره، مطالعات مرحله شناخت- شرکت مهندسی مشاور طوس آب. بی نام، (۱۳۷۹). مطالعات مرحله دوم طرح سد مخزنی شیرین دره بجنورد، گزارش هیدرولوژی- شرکت مهندسی مشاور طوس آب.

Arum Kumar, X.R., Giridharan, L., Shyamala, J., Velmurugan, P.M. & Jayaprakash, M. (2012). "Geochemical assessment of ground water quality in cuddalore, tamil nadu, se coast of india". World Applied Sciences, pp. 1033-1039.

Gibbs, R.J. (1970). "Mechanisms Controlling World Water Chemistry", Science, Vol. 170, No. 3962, pp. 1088-1090.

Piper, A.M. (1944). "A graphic procedure in geochemical interpretation of water analyses". AM Geophys Union, Vol. 25, pp. 914-923.

Zhang, B., Song, X., Zhang, Y., Han, C., Yu, Y. & Ma, Y. (2012). "Hydrochemical characteristics and water quality assessment of surface water and groundwater in songnen plain, northeast china". Water Research, Vol.46, pp. 2737-2748.



کیفیت آب برای مصارف صنعتی				کیفیت آب برای شرب	کشاورزی
طبقه بندی	Is <sup>۲</sup>	pH <sub>s</sub> <sup>۲</sup>	اضریب <sup>۱</sup> C		
رسوبگذار	-۰/۶	۷/۴	۱۱/۳	خوب _ قابل قبول	برای کشاورزی
رسوبگذار	-۰/۳	۷/۸	۱۱/۲	خوب _ قابل قبول	برای کشاورزی
رسوبگذار	-۰/۶	۷/۴	۱۱/۳	خوب _ قابل قبول	برای کشاورزی
خورنده	۰/۱	۸/۰	۱۱/۲	خوب _ قابل قبول	برای کشاورزی
رسوبگذار	-۰/۱	۷/۹	۱۱/۳	خوب _ قابل قبول	برای کشاورزی
رسوبگذار	-۰/۳	۷/۷	۱۱/۳	خوب _ قابل قبول	برای کشاورزی
خورنده	۰/۱	۸/۰	۱۱/۳	خوب _ قابل قبول	برای کشاورزی
متعادل	۰/۰	۷/۷	۱۱/۳	خوب _ قابل قبول	برای کشاورزی
رسوبگذار	-۰/۶	۷/۸	۱۱/۳	خوب _ قابل قبول	برای کشاورزی
رسوبگذار	-۰/۹	۷/۷	۱۱/۳	خوب _ قابل قبول	برای کشاورزی
رسوبگذار	-۰/۹	۷/۲	۱۱/۳	قابل قبول _ متوسط	برای کشاورزی
رسوبگذار	-۰/۴	۷/۹	۱۱/۲	خوب	برای کشاورزی
رسوبگذار	-۰/۳	۸/۰	۱۱/۲	خوب	برای کشاورزی
خورنده	۰/۲	۸/۴	۱۱/۲	خوب	برای کشاورزی
رسوبگذار	-۰/۵	۷/۶	۱۱/۳	خوب _ قابل قبول	برای کشاورزی
رسوبگذار	-۰/۴	۷/۷	۱۱/۳	خوب _ قابل قبول	برای کشاورزی