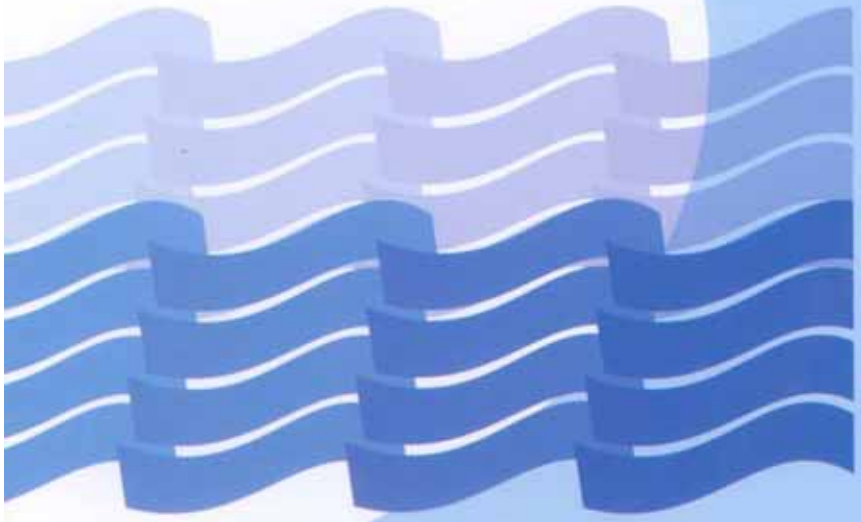
وزارت نیرو

شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران

دستورالعمل تهیه نقشه های هیدروژئوشیمیایی



نشریه شماره ۱۳۷ - ن

اردیبهشت ماه ۱۳۸۰

دستورالعمل تهیه نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی

به‌نام خدا

پیشگفتار

امروزه نقش و اهمیت ضوابط، معیارها و استانداردها و آثار اقتصادی ناشی از به‌کارگیری مناسب و مستمر آنها در پیشرفت جوامع، تهیه و کاربرد آنها را ضروری و اجتناب‌ناپذیر ساخته است. نظر به وسعت دامنه علوم و فنون در جهان امروز، تهیه ضوابط، معیارها و استانداردها در هر زمینه، به مجامع فنی - تخصصی واگذار شده است.

با درنظر گرفتن مراتب فوق و با توجه به شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران تهیه استاندارد در بخش آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و از این رو طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور وزارت نیرو در جهت نیل به این هدف با مشخص نمودن رسته‌های اصلی مهندسی آب اقدام به تشکیل مجامع علمی - تخصصی با عنوان کمیته‌ها و زیرکمیته‌های فنی نموده که وظیفه تهیه این استانداردها را به عهده دارند.

استانداردهای مهندسی آب با در نظر داشتن موارد زیر تهیه و تدوین می‌گردد:

- استفاده از تخصص‌ها و تجارب کارشناسان و صاحبنظران شاغل در بخش عمومی و خصوصی
- استفاده از منابع و مآخذ معتبر و استانداردهای بین‌المللی
- بهره‌گیری از تجارب دستگاه‌های اجرایی، سازمانها، نهادها، واحدهای صنعتی، واحدهای مطالعه، طراحی و ساخت
- ایجاد هماهنگی در مراحل تهیه، اجرا، بهره‌برداری و ارزشیابی طرحها
- پرهیز از دوباره‌کاریها و اتلاف منابع مالی و غیرمالی کشور
- توجه به اصول و موازین مورد عمل مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و سایر مؤسسات معتبر تهیه‌کننده استاندارد

استانداردها ابتدا به صورت پیش‌نویس برای نظرخواهی منتشر شده و نظرات ارسالی پس از بررسی در کمیته تخصصی در نسخه نهایی منظور می‌گردد.

آگاهی از نظرات کارشناسان و صاحبنظرانی که فعالیت آنها با این رشته از مهندسی آب مرتبط می‌باشد موجب امتنان کمیته فنی شماره ۱۳-۲ (ژئوفیزیک) خواهد بود.

ترکیب اعضای کمیته

این استاندارد با مشارکت اعضای شاخه هیدروژئوشیمی گروه تخصصی کیفیت آب کمیته فنی هیدروژئولوژی (شماره ۱۲) طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور تهیه شده که اسامی ایشان به شرح زیر می‌باشند :

خانم فیروزه امامی	طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور	فوق‌لیسانس زمین‌شناسی
خانم زهرا ایزدپناه	کارشناس آزاد	فوق‌لیسانس مهندسی آبیاری و آبادانی
آقای رحمتعلی براتعلی	کارشناس آزاد	لیسانس مهندسی زمین‌شناسی و آب‌شناسی
آقای ماشاءاله تابع‌جماعت	طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور	لیسانس مهندسی عمران آب
آقای علی‌اکبر علوی	کارشناس آزاد	فوق‌لیسانس شیمی و مهندسی بهداشت
خانم فاطمه فروغی‌زاده	کارشناس آزاد	لیسانس مهندسی زمین‌شناسی و آب‌شناسی
آقای شهرام کریمی	وزارت نیرو	لیسانس مهندسی زمین‌شناسی و آب‌شناسی
آقای بیژن مهرسا	سازمان تحقیقات منابع آب (تماب)	فوق‌لیسانس مهندسی آبهای زیرزمینی
آقای مهدی هاشمی	کارشناس آزاد	لیسانس مهندسی زمین‌شناسی و آب‌شناسی

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۱- کلیات تهیه نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی	۲
۲- اصول تهیه نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی	۵
۳- تهیه نقشه‌های هدایت الکتریکی آبهای زیرزمینی	۱۰
۴- تهیه نقشه‌های هم‌کلراید آبهای زیرزمینی	۱۳
۵- تهیه نقشه‌های درجه حرارت آبهای زیرزمینی	۱۷
۶- تهیه نقشه‌های TDS آبهای زیرزمینی	۱۹
۷- تهیه نقشه‌های سختی کل آبهای زیرزمینی	۲۳
۸- تهیه نقشه‌های S.A.R آبهای زیرزمینی	۲۵
۹- تهیه نقشه‌های گروه‌بندی آبهای زیرزمینی از نظر آبیاری	۲۷
۱۰- تهیه نقشه‌های گروه بندی آبهای زیرزمینی از نظر شرب	۳۲
۱۱- تهیه نقشه‌های تیپ آبهای زیرزمینی	۳۵
۱۲- تهیه نقشه‌های رخساره‌های هیدروژئوشیمیایی آبهای زیرزمینی	۳۸
۱۳- تهیه نقشه‌های pH آبهای زیرزمینی	۴۲
۱۴- تهیه نقشه‌های سولفات آبهای زیرزمینی	۴۴
۱۵- تهیه نقشه‌های $r\frac{SO_4}{Cl}$ آبهای زیرزمینی	۴۶
۱۶- تهیه نقشه‌های $r\frac{Mg}{Ca}$ آبهای زیرزمینی	۴۸
۱۷- تهیه نقشه‌های تبادل بازی و عدم تعادل کلروالکالن آبهای زیرزمینی	۵۰
۱۸- تهیه نقشه‌های $r\frac{Na}{Cl}$ آبهای زیرزمینی	۵۳
۱۹- تهیه نقشه‌های $r\frac{Na}{Ca+Mg}$ آبهای زیرزمینی	۵۵
۲۰- تهیه نقشه‌های $r\frac{Na}{Ca}$ آبهای زیرزمینی	۵۷
۲۱- تهیه نقشه‌های $r\frac{Na}{Mg}$ آبهای زیرزمینی	۵۹
۲۲- تهیه نقشه‌های آبهای زیرزمینی از نظر آلودگی به میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا	۶۱
۲۳- تهیه نقشه‌های آبهای زیرزمینی از نظر آلودگی نیتراتی	۶۲
۲۴- تهیه نقشه‌های آبهای زیرزمینی از نظر آلودگی به پاک‌کننده‌ها	۶۴
۲۵- اسامی بخشی از نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی ویژه در مطالعات موردی	۶۷
۲۶- فهرست منابع و ماخذ	۶۸

مقدمه

از دیر باز تاکنون، ضرورت جستجو و کاوش آبهای شیرین همواره مدنظر بوده است. امروزه بعلت محدودیت این منابع، با توسعه پایدار شهرها، ارزیابی‌های کمی و کیفی منابع آب اهمیت زیادی دارد.

نقشه‌های هیدروژئوشیمیائی یکی از مهمترین ابزارهای مطالعاتی داده‌های هیدروشیمیایی آبخوان‌های آبرفتی و سازندهای سخت بوده است که در این راستا با انتقال ویژگیهای ژئوشیمیایی منابع آبهای زیرزمینی بصورت مقادیر کمی برروی محلهای تعیین شده روی نقشه با روشهای درون‌یابی و برون‌یابی می‌توان تغییرات موردنظر را بررسی و منابع آب شیرین را کشف نمود.

در این نشریه پس از ذکر کلیات تهیه نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی، دستورالعمل استاندارد تهیه ۲۲ نوع نقشه هیدروژئوشیمیایی، مناسب با وضعیت اقلیمی ایران به طور جداگانه ارائه گردیده است. هریک از این نقشه ها با حروف فارسی "ک" و انگلیسی "Q_w" و شماره‌های مربوطه بعنوان کد معرف گزینه شده‌اند.

نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی از لحاظ کاربردی سه جنبه کلی زیر را در بر می‌گیرد :

- آشکار کردن سیمای هیدروژئوشیمیایی منطقه و بررسی پاره ای از مسائل هیدروژئولوژیکی حوزه آبریز
- گروه‌بندی آبهای زیرزمینی از نظر بهره‌برداری در مصارف کشاورزی، شرب و صنایع
- بررسی آبخوانها از نظر آلودگی و تعیین منابع آلاینده

در کلیه مراحل مطالعاتی، تهیه تمام نقشه‌های مندرج در این نشریه ضروری نیست بلکه با توجه به نیاز مطالعاتی پروژه‌های آبی، برخی از نقشه‌ها انتخاب می‌شود.

نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی به تعداد بالا محدود نخواهد بود، بلکه برحسب مورد و مسائل موردنظر ممکن است نقشه‌های دیگری مانند نقشه‌های H_2S و آهن و ... که نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی ویژه نامیده می‌شوند در دستور کار قرار گیرند.

امروزه، شرکتهای کامپیوتری با عرضه برنامه‌ها و نرم‌افزارهای ویژه نقشه‌های مهندسی از طریق دریافت موقعیت نقاط به صورت Y و X و نیز داده‌های غلظتی به صورت Z به آسانی نقشه موردنظر را با مقیاس معین ترسیم و ارائه می‌نمایند.

۱- کلیات تهیه نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی

تهیه نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی باتوجه به تعداد آنها در چارچوب پروژه‌های مطالعاتی باید به مسئولیت یک کارشناس هیدروژئوشیمی یا هیدروژئولوژی با همکاری مدیریت پروژه در سه قسمت دفتری، عملیات صحرایی و بررسیهای آزمایشگاهی، برنامه‌ریزی، نظارت و هدایت گردد.

۱-۱ امور دفتری وگردآوری مدارک

در امور دفتری کلیه اسناد و مدارک موردنیاز در رابطه با تهیه نقشه موردنظر شامل تصاویر ماهواره‌ای، عکس‌های هوایی، نقشه‌ها و مقاطع زمین‌شناسی، هواشناسی، زمین‌شناسی آب، ژئوفیزیک و نیز کلیه اسنادیکه موجب بالارفتن دقت و درجه اطمینان می‌شود، لازم است گردآوری گردد. مقیاس پایه نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی، محدوده مطالعاتی ۱:۵۰۰۰۰ است.

۱-۲ عملیات صحرایی

پس از بدست آوردن اطلاعات کلی از وضعیت زمین‌شناسی عمومی حوضه آبریز با عملیات صحرایی و مشاهدات مربوط، اطلاعات زیادتری در باره حوضه بدست می‌آید. مطالعات صحرایی، بخش‌های زمین‌شناسی عمومی، زمین‌شناسی آب و آماربرداری از منابع آب انتخابی را در برمی‌گیرد.

۱-۲-۱ زمین‌شناسی عمومی

با بررسی تصاویر ماهواره ای، عکسهای هوایی و نقشه‌های زمین‌شناسی، حوضه آبریز از نظر زمین ساخت یا تکتونیک، سنگ شناسی و نیز دیرینه شناسی موردبررسی قرار می‌گیرد.

۱-۲-۱-۱ زمین ساخت[1]

زمین ساخت مهمترین بخش مطالعاتی را شامل می‌شود. در این بخش ارتفاعات و عارضه‌های ساده و مرکب از نظر چگونگی چین‌خوردگی‌ها، انواع گسل‌ها، بیرون زدگیها و نیز شیب سازندها مورد توجه قرار می‌گیرد.

1-Tectonic

۱-۲-۱-۲ سنگ‌شناسی

سازندهایی که از نظر کارشناسان مربوط در ذخیره‌سازی و تغییر کیفیت آب مؤثرند، در این بخش دقیقاً بررسی و نوع سنگ و کانی‌های مربوط مخصوصاً سازندهای تبخیری، کولابی و رسوبی مشخص می‌گردد.

۱-۲-۱-۳ دیرینه‌شناسی

در این مبحث از نظر سن و قدمت رسوبگذاری سازندهای مطالعه شده بررسی می‌گردد.

۱-۲-۲ زمین‌شناسی آب

زمین‌شناسی آب یا هیدروژئولوژی؛ انواع منابع آبهای زیرزمینی را از نظر شکل و جنس سازندها، وسعت، ذخیره‌سازی، تغذیه و تخلیه بررسی می‌کند و چون معمولاً در ایران آبخوانهای آبرفتی یا آبخوانهای سازندهای نرم بیشترین آبهای زیرزمینی را در بردارند از این رو باید موارد زیر مورد بررسی قرار گیرد:

- تعیین حوضه آبریز، تعداد رودخانه‌های دائمی و فصلی، بندها، دریاچه‌ها، سازه‌های آبی
- شکل، وسعت، حجم و نیز جبهه‌های ورودی و پایانه آبخوانها
- نوع آبخوان (آزاد، محدود، نیمه تحت فشار، و لایه‌های آبدار معلق)

پس از این مطالعات، باید سنگ کف را از نظر جنس، عمق و شکستگی‌های احتمالی با استفاده از داده‌های ژئوفیزیکی مشخص کرد و منابع آبی را در جهت حرکت آبهای زیرزمینی با توجه به تراکم منابع آب برای نمونه‌برداری انتخاب نمود.

۱-۳ بررسیهای آزمایشگاهی

از آنجا که صحت تهیه نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی بستگی تام به نمونه‌برداری از منابع آبهای زیرزمینی انتخابی دارد، باید دقیقاً دستورالعمل‌های نمونه‌برداری ارائه شده در نشریه شماره ۸۰-الف طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور به مرحله اجرا گذاشته شود. چون بعضی از پارامترهای هیدروژئوشیمیایی از نظر آزمایش دارای محدودیت زمانی‌اند، از این رو باید با آزمایشگاه مرکزی یا آزمایشگاه طرف قرارداد هماهنگی بعمل آورد تا نمونه‌های آب تدریجاً ارسال گردد.

آزمایش بعضی از پارامترهای هیدروژئوشیمیایی مانند هدایت الکتریکی، pH، کربنات، بی کربنات، کلسیم و منیزیم باید در اسرع وقت انجام پذیرد، لذا بهتر است در برنامه ریزیهای قبلی یک واحد آزمایشگاهی صحرایی[1] در نظر گرفته شود تا پارامترهای بالا را در محل اندازه‌گیری کند و با داده‌های آزمایشگاهی مقایسه گردد.

1- Mobile Laboratory

۲- اصول تهیه نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی

۲-۱ عوامل مؤثر در تهیه نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی

۲-۱-۱ سازندهای حاشیه‌ای

غالباً آب نفوذی پس از عبور از سازندهای سخت، سفره‌های آبرفتی را تغذیه می‌کند و اغلب از کیفیت خوبی برخوردار است و اثر نامطلوبی بر روی کیفیت آبخوان نمی‌گذارد و منحنی‌های هم میزان در مجاورت با این سازندها رقم کمتری را نشان می‌دهند. همچنین در راس مخروط افکنه‌ها که منطقه تغذیه است عمق سطح آبخوان پایین بوده و گاهی فاقد نقاط بهره‌برداری است، بنابراین در ترسیم منحنی‌های هم میزان باید کیفیت آب این مناطق را مدنظر داشت.

در مواردی که تغذیه آبخوان‌ها از سازندهای سخت اطراف باشد، کیفیت آب خوب است، ولی در حین عبور از سازندهای تبخیری کیفیت آب تغییر می‌نماید؛ لذا در عبور منحنی‌های هم میزان دقت زیادتری باید اعمال گردد.

۲-۱-۲ بیرون‌زدگی‌ها و عارضه‌های ساده و مرکب موجود در دشت

اگر در دشت بیرون‌زدگی‌هایی از سازندها وجود داشته باشد که ارتباط آبخوان را قطع نماید، درون‌یابی بین دو نقطه در دو طرف آنها صحیح نیست و چنانچه جنس این سازندها از مواد گچی، نمکی و مارنی باشد، تأثیر نامطلوب در کیفیت مخازن آب اطراف خود دارد که در ترسیم منحنی‌ها باید بدان توجه کرد.

۲-۱-۳ رودخانه‌های موجود و تأثیر آنها در آبخوانها

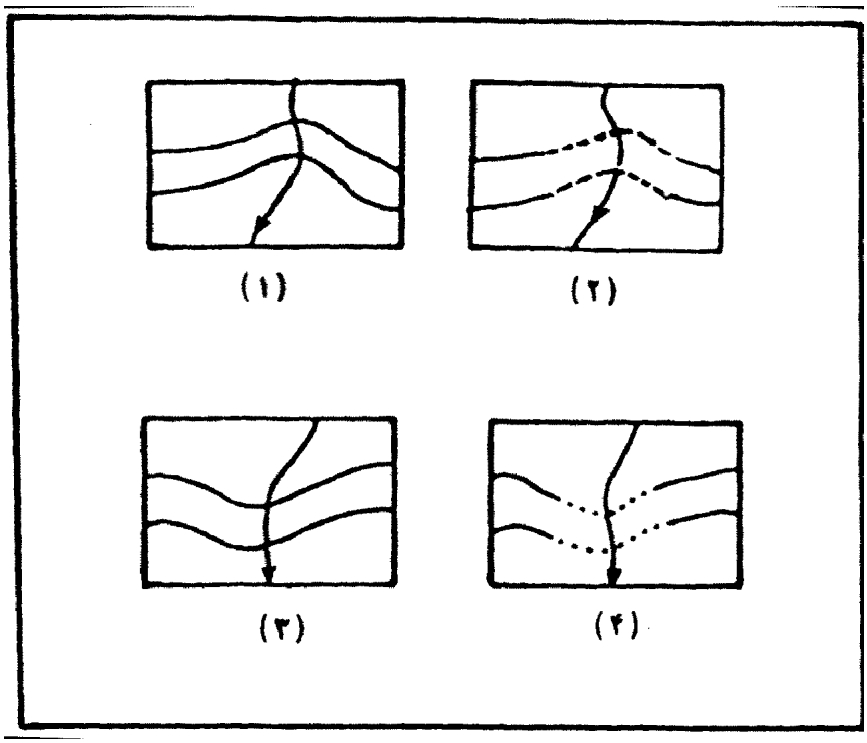
در صورتیکه در دشت رودخانه‌ای جاری باشد، حالت‌های زیر ممکن است اتفاق افتد :

الف - آب رودخانه دارای کیفیت مناسب‌تری از آبخوان است و سفره را تغذیه می‌کند. در این حالت اگر نقاط اندازه‌گیری در دو طرف رودخانه موجود باشد، منحنی‌ها در محل تقاطع با رودخانه انحنایی را در جهت عکس جریان رودخانه به خود می‌گیرد که نتیجه تأثیر کیفیت بهتر آب رودخانه در آبخوان است (شکل ۱). چنانچه در دو طرف جریان رودخانه نقاط اندازه‌گیری وجود نداشته باشد، تغییر شکل منحنی‌های هم میزان با نقطه چین نمایش داده می‌شود (شکل ۲).

ب - در حالتی که آبخوان از آب رودخانه تغذیه می‌شود و کیفیت آب رودخانه بدتر است، نیز چنانچه نقاط

اندازه‌گیری در دو طرف رودخانه وجود داشته باشد منحنی‌ها در محل تقاطع با مسیر رودخانه انحنایی را در جهت جریان رودخانه نشان می‌دهد. این تغییر شکل نشانه تأثیر نامطلوب کیفیت آب رودخانه در آبخوان است (شکل ۳). در صورتی که نقاط اندازه‌گیری در دو طرف رودخانه وجود نداشته باشد، تغییر شکل منحنی را با خط چین می‌توان نشان داد (شکل ۴).

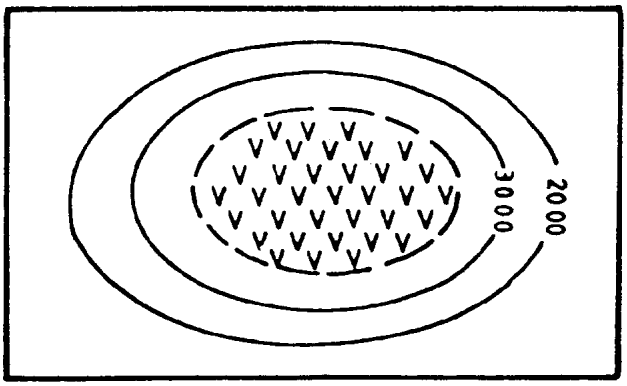
پ - رودخانه از آبخوان تغذیه می‌شود (زهکش) که در این صورت برداشت نمونه آب از زهکش ضروری است و به عنوان یک نقطه مورد استفاده قرار می‌گیرد.



شکلهای ۴،۳،۲،۱ چگونگی عبور منحنی‌های پوششی دشت را هنگام عبور از رودخانه‌ها نشان می‌دهند.

۲-۱-۴ حوضه‌های تبخیری

نظر به اینکه چنین محل‌هایی معمولاً پایانه‌های بسته هستند، بنابراین بین دو نقطه در دو طرف آنها را نمی‌توان درون‌یابی نمود. معمولاً منحنی‌های هم میزان با کیفیت نامناسب این مناطق را دور می زنند و منحنی‌های بسته‌ای را بوجود می‌آورند (شکل ۵).



شکل ۵- چگونگی عبور منحنی‌های هم‌کلراید در حوضه‌های تبخیری یا بسته

۲-۱-۵ تغذیه آبخوان از چند منبع

چنانکه آبخوان اصلی از چند محل مورد تغذیه قرار گیرد و از جهات مختلف جریانهایی با کیفیت‌های متفاوت وارد آن شوند؛ ممکن است در نقاطی از آبخوان این آبها تداخل پیدا کند و شکل منحنی‌ها را تغییر دهند.

۲-۱-۶ شکل و فواصل منحنی‌ها

معمولاً فواصل منحنی‌ها با توجه به بارش، تبخیر، انحلال، توپوگرافی دشت و سرعت جریان در آبخوان تغییر می‌نماید.

۲-۲ گردآوری مدارک و داده‌ها

برای تهیه نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی گردآوری مدارک و داده‌های زیر ضروری است.

۲-۲-۱ نقشه هیدروژئولوژی منطقه با مقیاسهای موردنظر

۲-۲-۲ داده‌های مربوط به تجزیه شیمیایی منابع آب انتخابی کیفی محدوده مطالعاتی

۲-۲-۳ تفکیک تجزیه شیمیایی مربوط به هریک از آبخوان‌ها

۲-۲-۴ انتخاب تجزیه شیمیایی ماهانه، فصلی و یا دوره‌های حداقل و حداکثر

۲-۳ مشخصات کلی نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی

- در کلیه نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی محل برداشت نمونه آب به صورت یک دایره کوچک ○ نشان داده می‌شود.
- شماره منبع در بالای محل نمونه‌برداری نوشته شود.
- منحنی‌های نمایش تغییرات املاح در کلیه نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی به رنگ نارنجی و در صورتی که نقشه رنگی نباشد به صورت خطوط پرسیاه ترسیم خواهد شد.
- منحنی‌های فرضی در کلیه نقشه‌ها با علامت خط چین نمایش داده شود.
- کلیه نقشه‌ها برای آبخوان آزاد و تحت فشار بطور جداگانه تهیه گردد.
- هنگام ترسیم منحنی‌ها باید توجه داشت که دو منحنی ممکن است کاملاً بهم نزدیک شود ولی به هیچ وجه یکدیگر را قطع نکند و در ضمن منحنی‌ها بایستی بدون زاویه باشد.

۲-۴ چگونگی تهیه نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی

- کاغذ کالکی را به قطع نقشه تهیه و روی نقشه منابع آب با مقیاس موردنظر ثابت می‌گردد. برای اینکار چهار نقطه از کادر نقشه روی کالک آورده می‌شود.
- نقاطی از منابع آب را که مورد آزمایش قرار گرفته‌اند روی نقشه آورده و با توجه به نوع منبع به رنگهای مختلف نشان داده می‌شود.
- چنانچه در قسمت‌هایی از نقشه تراکم نقاط منابع آب زیاد باشد، می‌توان بعضی از ارقام مشابه را حذف نمود.
- اگر در قسمت‌هایی از نقشه کمبود نقاط مشاهده شود، اقدام به نمونه‌برداری می‌شود. در صورتی که نمونه‌برداری امکان‌پذیر نباشد از اطلاعات و آمار موجود در فصول مشابه سال قبل بعنوان نقاط کمکی استفاده می‌گردد.
- پس از انتقال کلیه داده‌ها بر روی کالک با درون‌یابی فاصله بین نقاط، اقدام به رسم منحنی‌ها می‌شود. باید توجه داشت که درون‌یابی نقاط در جهت جریان آبخوان و با توجه به نقشه‌های توپوگرافی، ایزوپیز و عمق برخورد به آب انجام پذیرد.
- در صورتی که داده‌های موجود برای ترسیم منحنی‌ها کافی نباشد، می‌توان با استفاده از نشانه‌های ذکر شده در دستورالعمل هریک از نقشه‌ها تغییرات کیفی را در طول جریان آبخوان زون‌بندی نمود.

در تهیه نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی مقیاس نقشه‌ها معمولاً به شرح زیر بکار گرفته می‌شوند.

- ۱:۲۵۰۰۰
- ۱:۵۰۰۰۰ مقیاس پایه
- ۱:۱۰۰۰۰۰

- ۱:۲۵۰۰۰۰
- ۱:۵۰۰۰۰۰
- ۱:۱۰۰۰۰۰۰
- ۱:۱۵۰۰۰۰۰

تعداد و ارقام منحنیهای گزینه شده در ارتباط مستقیم با وضعیت هیدروژئوشیمیایی سفره آب زیرزمینی است و ارقام توصیه شده منطبق با زونهای هیدروژئولوژیکی کلاسیک است.

۳- تهیه نقشه‌های هدایت الکتریکی آبهای زیرزمینی

ک - ۱ QW - 1

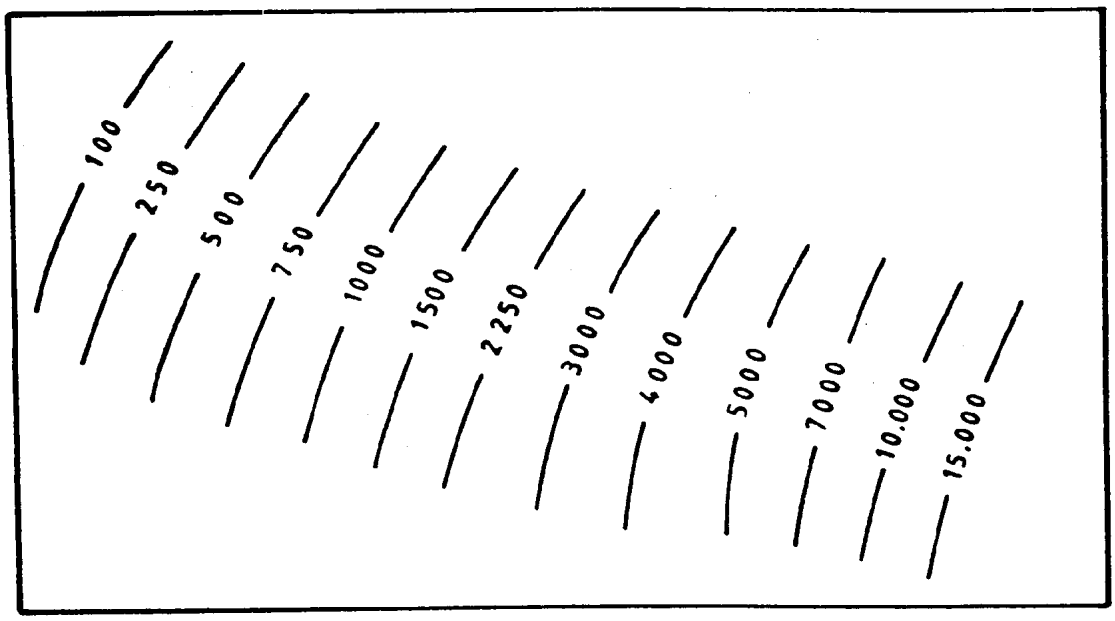
قابلیت هدایت الکتریکی عبارت است از توانایی عبور جریان برق از مواد و هدایت الکتریکی ویژه، عبور الکتریسیته از مواد در واحد حجم است.

عبور جریان الکتریسته از آبی در واحد حجم هدایت الکتریکی ویژه آب نامیده می‌شود که با ازدیاد مواد محلول مقدار آن افزایش می‌یابد.

واحد هدایت الکتریکی میکروزیمنس بر سانتیمتر در ۲۵ درجه سانتیگراد اختیار گردیده که با علامت $\mu S/_{Cm}$ گزارش می‌شود.

۳-۱ نقشه‌های خطوط هم هدایت الکتریکی آبهای زیرزمینی

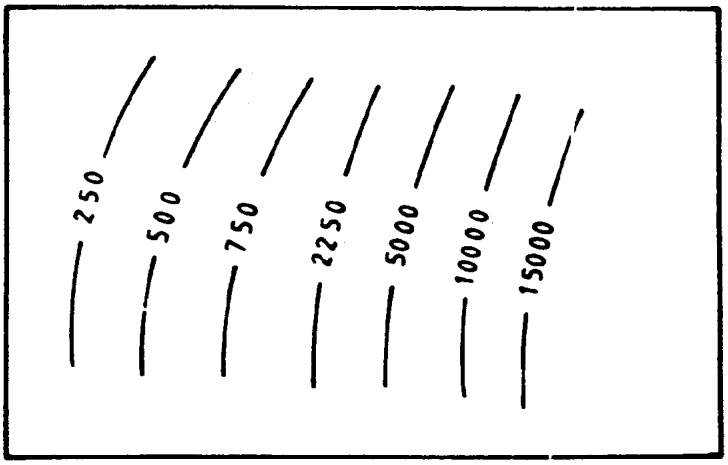
مقادیر اندازه‌گیری شده هدایت الکتریکی منابع آبهای زیرزمینی را برحسب $\mu S/_{Cm}$ در ۲۵ درجه سانتیگراد در نقاط نمونه‌برداری شده روی نقشه زمین‌شناسی آب منطقه مطالعاتی پیاده و با استفاده از منحنی‌های گزینه شده شکلهای ۶، ۷، ۸ منطقه پوشش داده می‌شود:



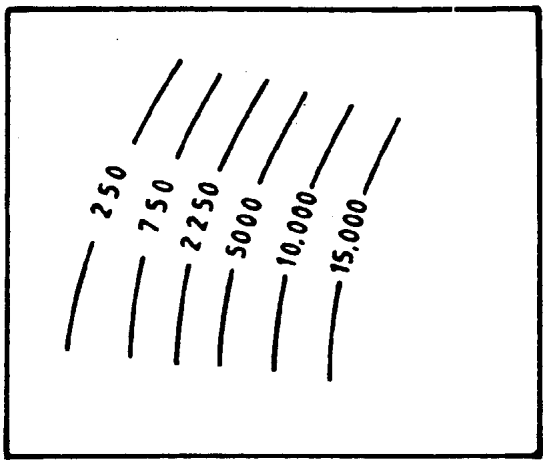
شکل ۶- منحنی‌های گزینه شده برای تهیه نقشه‌های خطوط هم هدایت الکتریکی آبهای زیرزمینی با مقیاسهای ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰

۲-۳ نقشه‌های منطقه هدایت الکتریکی آبهای زیرزمینی

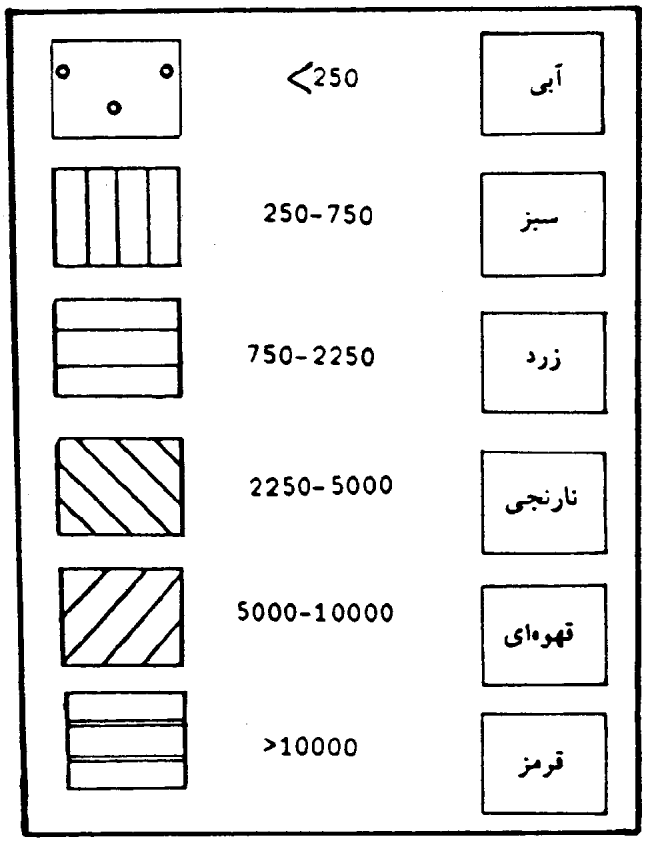
در صورتیکه هدف از تهیه نقشه‌ها نشان دادن محدوده‌های هم هدایت الکتریکی آبخوانها باشد، با استفاده از نشانه‌های خطی و رنگی شکل ۹ زون‌های هم هدایت آبهای زیرزمینی مشخص می‌گردد:



شکل ۷- منحنی‌های گزینه شده برای تهیه نقشه‌های خطوط هم هدایت الکتریکی آبهای زیرزمینی با مقیاسهای ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰



شکل ۸- منحنی‌های گزینه شده برای تهیه نقشه‌های خطوط هم هدایت الکتریکی آبهای زیرزمینی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰۰



شکل ۹- نشانه‌های خطی و رنگی گزینه شده برای نشان دادن محدوده‌های هم هدایت الکتریکی آبخوانها در تهیه نقشه‌های هدایت الکتریکی آبهای زیرزمینی

۴- تهیه نقشه‌های هم کلراید آبهای زیرزمینی

ک - ۲ Q_w-2

عنصر کلر یا کلراین [1] یکی از فراوانترین هالوژنها در طبیعت است که در حالتهای گوناگون اکسایشی از Cl^{1-} تا Cl^{7+} ظاهر می‌گردد. کلر به شکل یونهای زوج یا کمپلکس در ترکیب با بعضی کاتیونها موجود است که شکل کمپلکسی آن در شیمی آبهای شور از اهمیت زیادی برخوردار است. گاز کلر به سرعت در آب حل شده و به علت درجه اکسایشی بالا مصرف زیادی در بهداشتی کردن و تصفیه آبهای مشروب پیدا کرده است.

کلر در کلیه مراحل هیدروسفریک و نیز در سازندها وجود دارد $\frac{۳}{۴}$ آنرایون کلراید [2] تشکیل می‌دهد و درمطالعات هیدروژئولوژی، پیوسته یون کلراید موردنظر است و گردش آن در چرخه آبی طی پروسه‌های شیمیایی و فیزیکی دنبال می‌گردد.

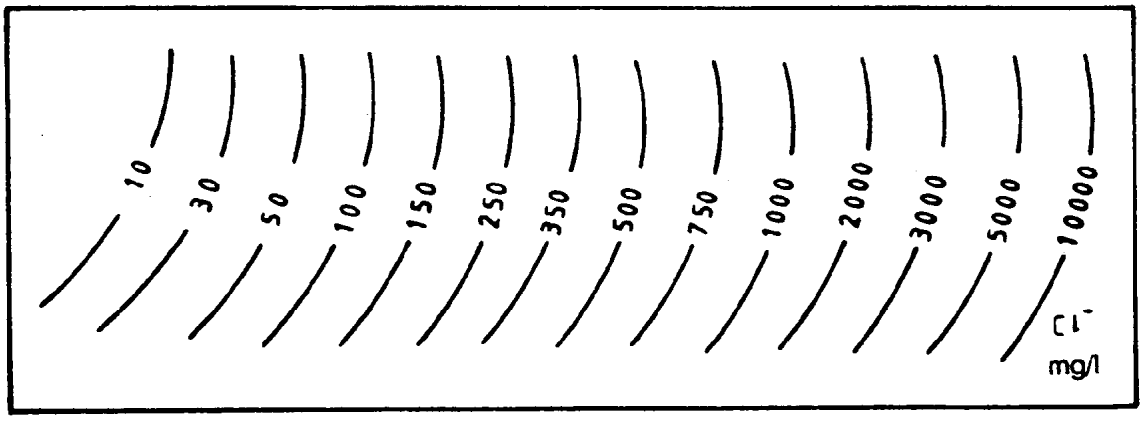
حلالیت و پایداری آنیون کلراید Cl^- در آب در مقایسه با سایر آنیونها بسیار بالا و تغییرپذیری آن ناچیز است که بستگی به مینرالیزاسیون، درجه حرارت، pH و پتانسیل رودکس سیستم آبی دارد. بنابراین با ویژگیهای بالادر تمامی طول مسیر حرکتی خود از اتمسفر تا آخرین مرحله هیدروسفریا دریا میزان کلراید در آب قابل افزایش است.

تهیه نقشه‌های خطوط هم کلراید یکی از مهمترین نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی است که بسیاری از مسائل هیدرولوژی آبخوانهای موجود در سازندهای مختلف و نیز شرایط هیدرودینامیکی آنها را روشن می‌سازد. این گونه نقشه‌ها همواره راهگشای مکتشفان و مهندسان در تصمیم گیریهای مربوط به مسائل آبی و عملیات ژئوتکنیکی است.

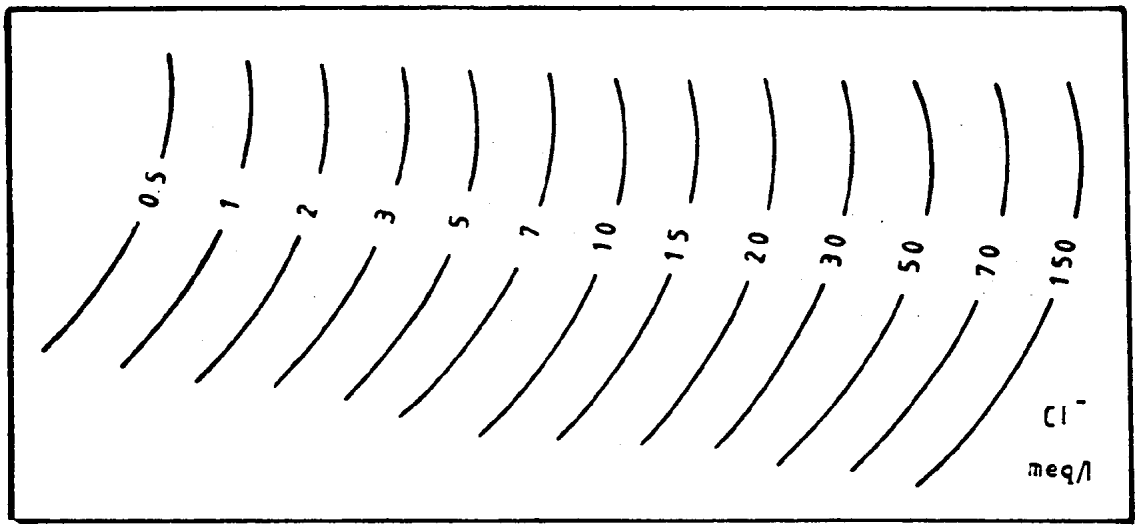
۴-۱ نقشه‌های خطوط هم کلراید آبهای زیرزمینی

در این نقشه‌ها با در نظر گرفتن مقیاس موردنظر، مقادیر غلظتی کلراید منابع آبهای زیرزمینی برحسب میلی گرم بر لیتر و یا میلی اکی والان بر لیتر در نقاط نمونه‌برداری شده بر روی نقشه زمین‌شناسی آب پیاده می‌شود و با استفاده از منحنی‌های گزینه شده شکلهای ۱۰، ۱۱ و ۱۲ منطقه پوشش داده می‌شود:

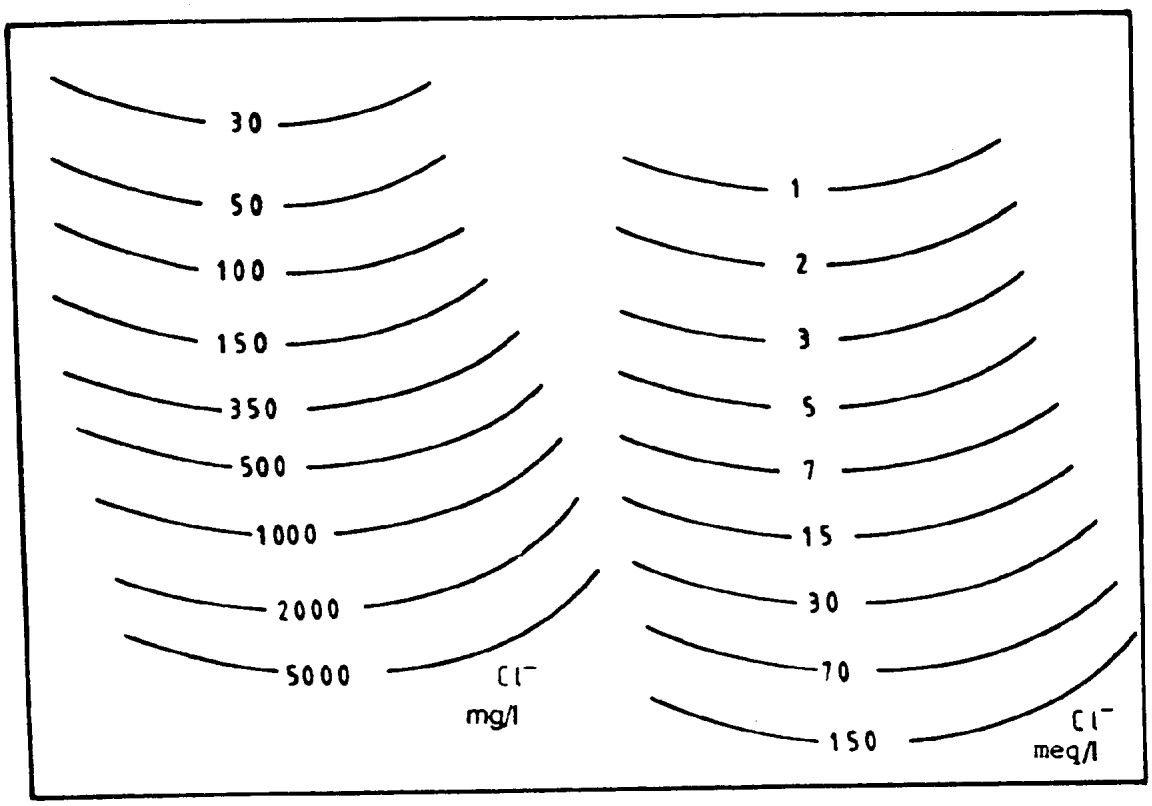
1- Chlorine 2- Chloride



شکل ۱۰- منحنی‌های گزینه شده برای تهیه نقشه‌های خطوط هم کلراید آبهای زیرزمینی با مقیاس‌های ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰ بر حسب میلگرم بر لیتر



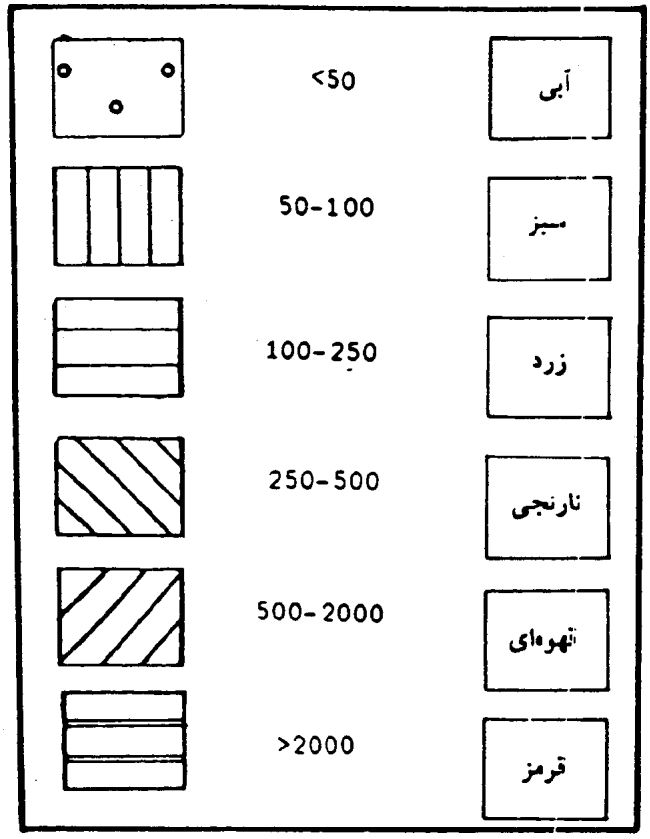
شکل ۱۱- منحنی‌های گزینه شده برای تهیه نقشه‌های خطوط هم کلراید آبهای زیرزمینی با مقیاس‌های ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰ بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر



شکل ۱۲- منحنی‌های گزینه شده برای تهیه نقشه‌های خطوط هم کلراید آبهای زیرزمینی با مقیاس‌های ۱۰۰۰۰۰ : ۱ و ۲۵۰۰۰۰ : ۱ بر حسب میلگرم بر لیتر و میلی‌اکی‌والان بر لیتر

۲-۴ نقشه‌های زون‌بندی کلراید آبهای زیرزمینی

در صورتی که منظور از تهیه نقشه‌های کلراید آبهای زیرزمینی نشان دادن محدوده‌های هم کلراید آبخوان باشد با استفاده از نشانه خطی و رنگی شکل ۱۳ می‌توان زون‌های مختلف را مشخص نمود.



شکل ۱۳- نشانه‌های خطی و رنگی گزینه شده برای نشان دادن محدوده‌های هم‌کلراید آبهای زیرزمینی بر حسب میلی‌گرم بر لیتر در تهیه نقشه‌های زون بندی کلراید آبهای زیرزمینی

۵- تهیه نقشه‌های درجه حرارت آبهای زیرزمینی

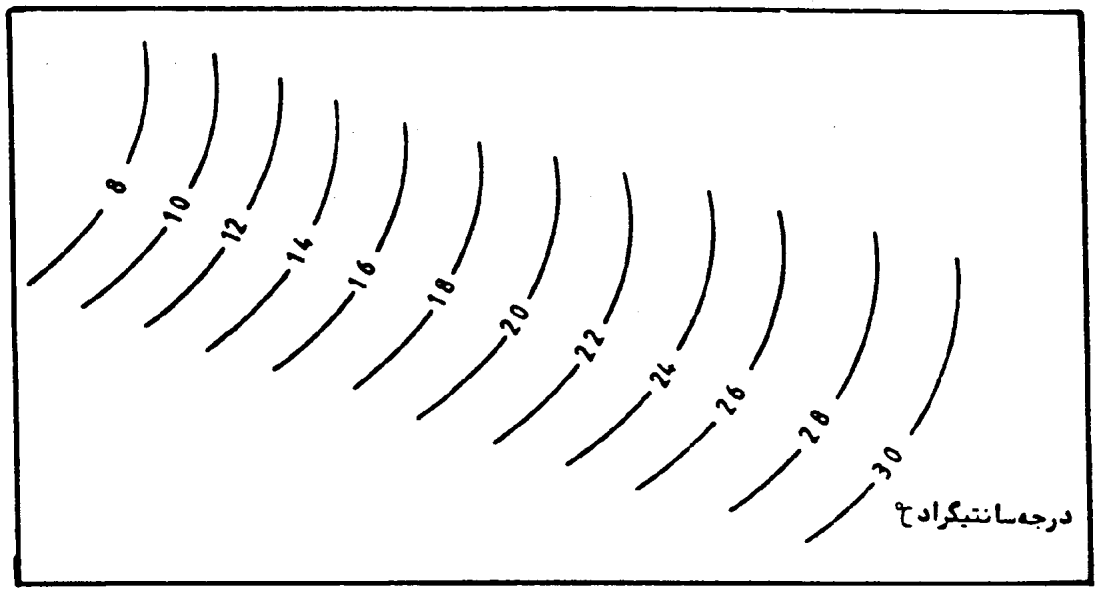
ک - ۳ Q_w-3

گرمای آبهای زیرزمینی بخش مهمی از خصوصیات سیستمهای آبهای زیرزمینی را به خود اختصاص داده است. تغییرات درجه حرارت آبهای زیرزمینی به عوامل چندی مانند: شرایط آب و هوایی، گرمای زمین، جریانهای آبهای سطحی و نفوذ آب باران، فرآیندهای شیمیایی و بیوشیمیایی، سرعت آبهای زیرزمینی، نوسانات سطح ایستابی و نیز بسیاری از فعالیتهای انسانی بستگی دارد. حرارت آبهای زیرزمینی در بسیاری از نقاط تقریباً ثابت بوده و در فصل تابستان از دمای هوای اطراف خود کمتر است.

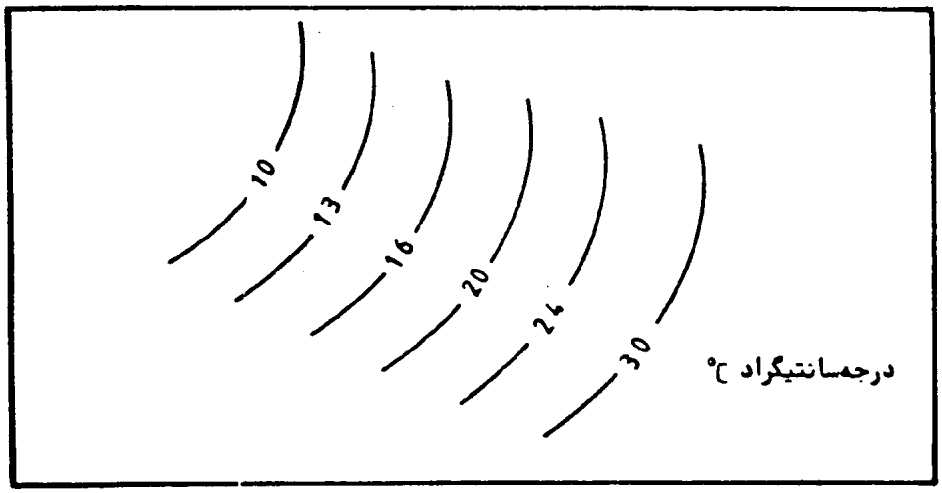
با اندازه‌گیری درجه حرارت منابع آبهای زیرزمینی، در دوره‌های زمانی معین و تهیه نقشه درجه حرارت آبخوانها، می‌توان جبهه‌های ورودی، مسیر حرکتی و پایانه‌های آبهای زیرزمینی را مشخص نمود.

۵-۱ نقشه‌های خطوط هم حرارت آبهای زیرزمینی

در این گونه نقشه‌ها با در نظرگرفتن مقیاس موردنظر، داده‌های مربوط به درجه حرارت منابع آبهای زیرزمینی برحسب درجه سانتیگراد را در نقاط نمونه‌برداری شده روی نقشه زمین‌شناسی آب پیاده می‌شود و با استفاده از منحنی‌های گزینه شده شکل‌های ۱۴ و ۱۵ منطقه مطالعاتی پوشش داده می‌شود.



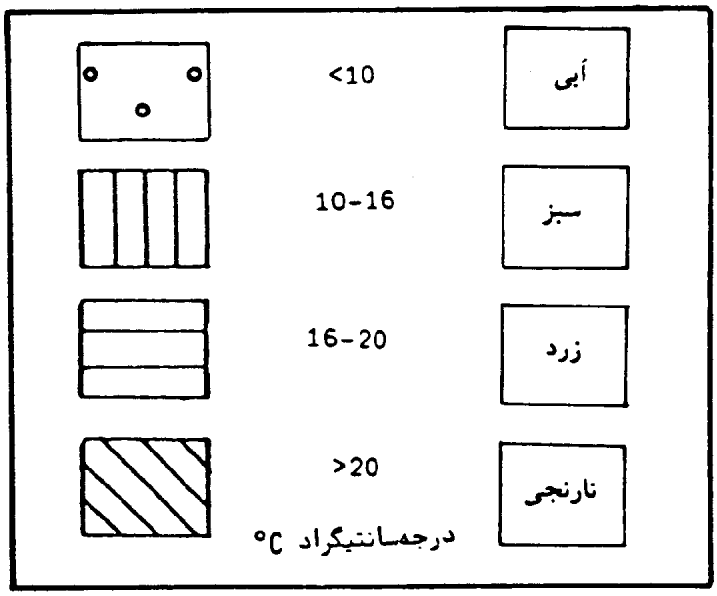
شکل ۱۴- منحنی‌های گزینه شده برای تهیه نقشه‌های خطوط هم حرارت آبهای زیرزمینی با مقیاس‌های ۱:۲۵۰۰۰ و ۱ :۵۰۰۰۰



شکل ۱۵- منحنی‌های گزینه شده برای تهیه نقشه‌های خطوط هم حرارت
آبهای زیرزمینی با مقیاس‌های ۱۰۰۰۰۰ :۱ و ۲۵۰۰۰۰ : ۱

۲-۵ نقشه‌های زون‌بندی درجه حرارت آبهای زیرزمینی

در صورتی که منظور از تهیه نقشه درجه حرارت آبهای زیرزمینی، نشان دادن زون‌های هم حرارت آبهای زیرزمینی باشد، با استفاده از نشانه‌های خطی و رنگی شکل ۱۶ می‌توان محدوده‌های هم حرارت آبخوانها را مشخص کرد:



شکل ۱۶- نشانه‌های خطی و رنگی برای نشان دادن محدوده‌های هم درجه حرارت آبهای زیرزمینی

۶- تهیه نقشه‌های TDS آبهای زیرزمینی

ک - ۴ Q_w-4

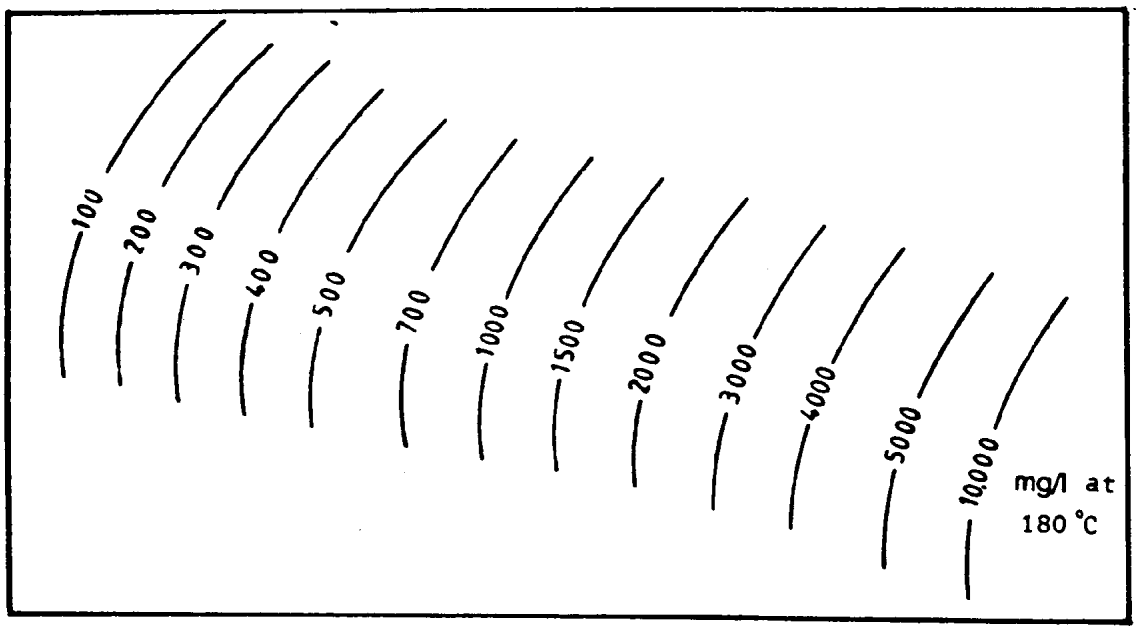
کل مواد جامد محلول در آب [1] را با حروف TDS نمایش داده و برحسب میلیگرم بر لیتر و در ۱۸۰ درجه سانتیگراد گزارش می‌نمایند. مفهوم کلیه واژه‌هایی مانند: باقیمانده خشک، پس ماند خشک، باقیمانده تبخیری، پس ماند تبخیری یکسان‌اند و کلاً غلظت کل املاح محلول آب را بویژه در آبهایی که دارای بی کربنات کمتری هستند، تعیین می‌کنند.

TDS در بررسی‌های آبهای زیرزمینی، طراحی مهندسی سیستمهای مختلف تصفیه آب و فاضلاب و نیز صنایع گوناگون اهمیت زیادی دارد. در تمامی استانداردهای پیشنهادی جهانی از این پارامتر به عنوان پارامتر پایه استفاده شده و در فرآیندهای مختلف کنترل آب از نظر شرب، کشاورزی، صنعت و آبرسانی مورد توجه است.
شوری [2] و درجه شوری به TDS و میزان آن اتلاق می‌گردد.

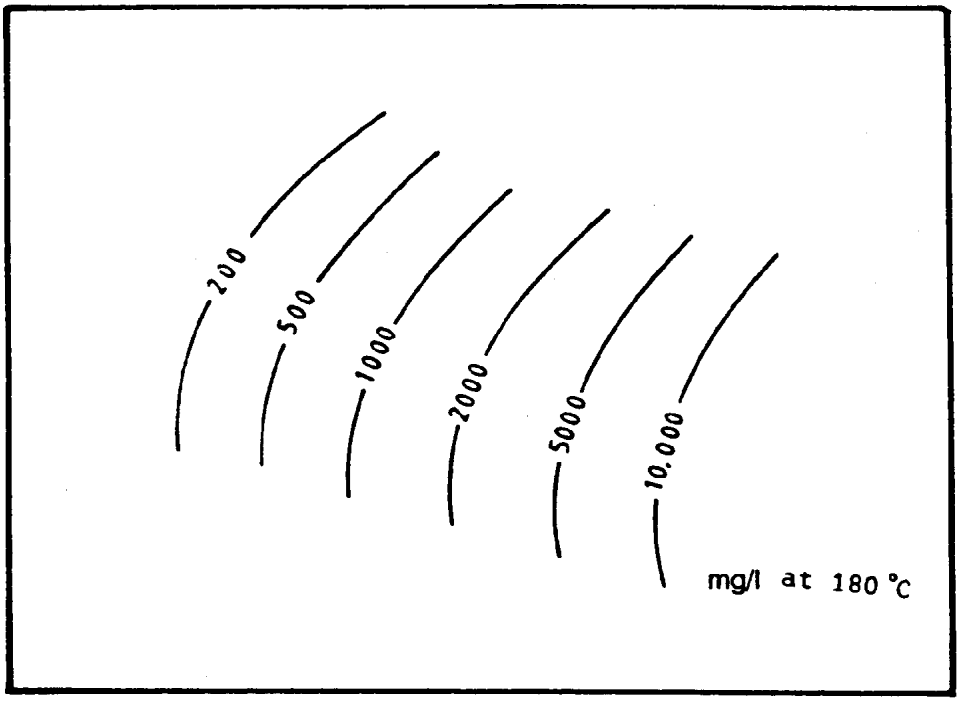
۶-۱ نقشه‌های خطوط هم TDS آبهای زیرزمینی

در این‌گونه نقشه‌ها با در نظر گرفتن مقیاس موردنظر، مقادیر غلظتی TDS منابع آبهای زیرزمینی را برحسب میلیگرم بر لیتر در نقاط نمونه‌برداری شده روی نقشه زمین‌شناسی آب پیاده و با استفاده از منحنی‌های گزینه شده شکلهای ۱۷، ۱۸ و ۱۹ منطقه پوشش داده می‌شود.

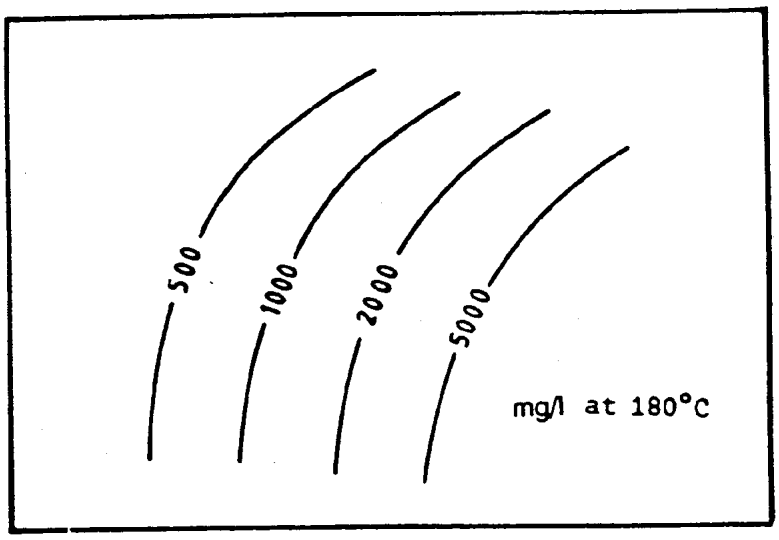
1- Total Dissolved Solids 2- Salinity



شکل ۱۷- منحنی‌های گزینه شده برای تهیه نقشه‌های خطوط هم TDS آبهای زیرزمینی
با مقیاسهای ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰

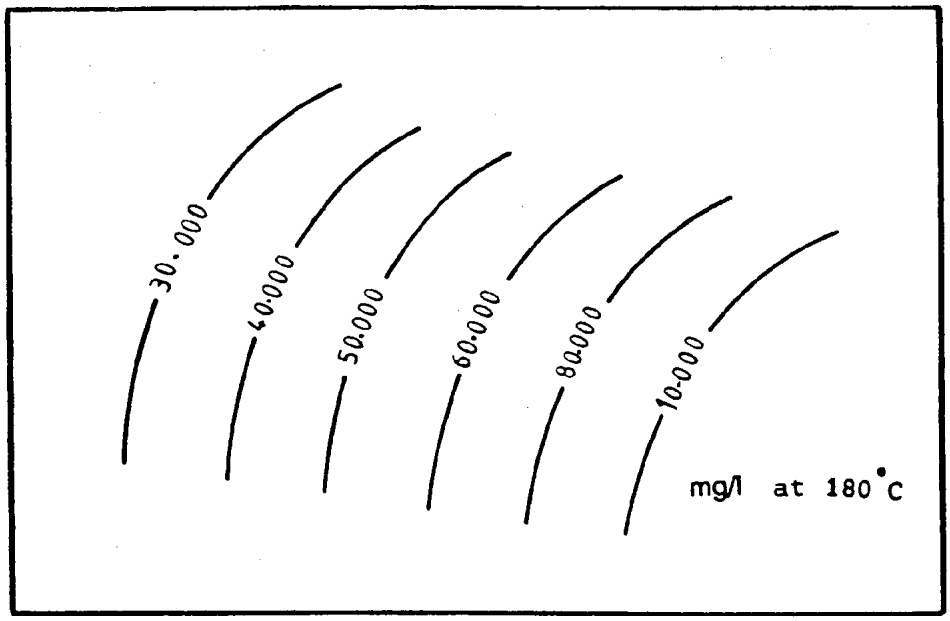


شکل ۱۸- منحنی‌های گزینه شده برای تهیه نقشه‌های خطوط هم TDS آبهای زیرزمینی
با مقیاسهای ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰



شکل ۱۹- منحنی‌های گزینه شده برای تهیه نقشه‌های خطوط هم TDS آبهای زیرزمینی با مقیاس ۱ : ۵۰۰۰۰۰

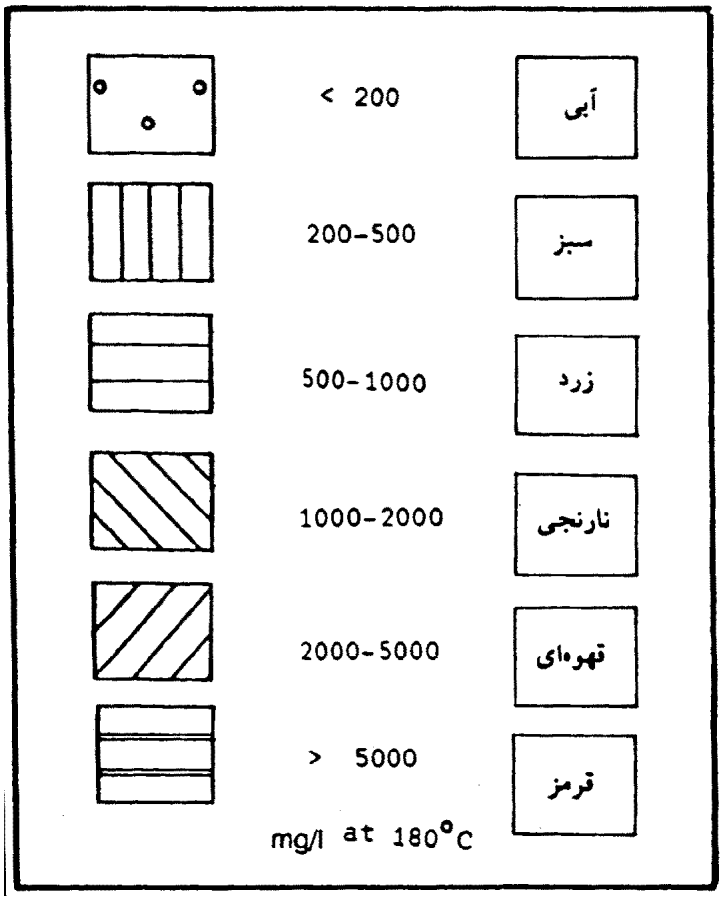
برای تهیه نقشه‌های خطوط هم TDS آبهای زیرزمینی بسیار شور یا حوضه‌های بسته از منحنی‌های گزینه شده شکل ۲۰ استفاده می‌شود. در این نواحی چنانکه شوری آبهای زیرزمینی از ۱۰۰۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر در ۱۸۰ درجه حرارت تجاوز نماید، مقادیر غلظتی شوری این نقاط مستقیماً برحسب گرم در لیتر بصورت رقم در موقعیتهای نمونه‌برداری شده نقشه یادداشت می‌شود.



شکل ۲۰- منحنی‌های گزینه شده برای تهیه نقشه‌های خطوط هم TDS آبهای زیرزمینی بسیار شور

۲-۶ نقشه‌های زون‌بندی TDS آبهای زیرزمینی

در صورتی که منظور از تهیه نقشه‌های TDS آبهای زیرزمینی نشان دادن زون‌های هم TDS باشد، با استفاده از نشانه‌های خطی و رنگی ارائه شده شکل ۲۱ می‌توان محدوده‌های موردنظر را مشخص نمود:



شکل ۲۱- نشانه‌های خطی و رنگی گزینه شده برای نمایش محدوده‌های هم TDS نقشه‌های TDS آبهای زیرزمینی

۷- تهیه نقشه‌های سختی کل آبهای زیرزمینی

ک - ۵ Q_w-5

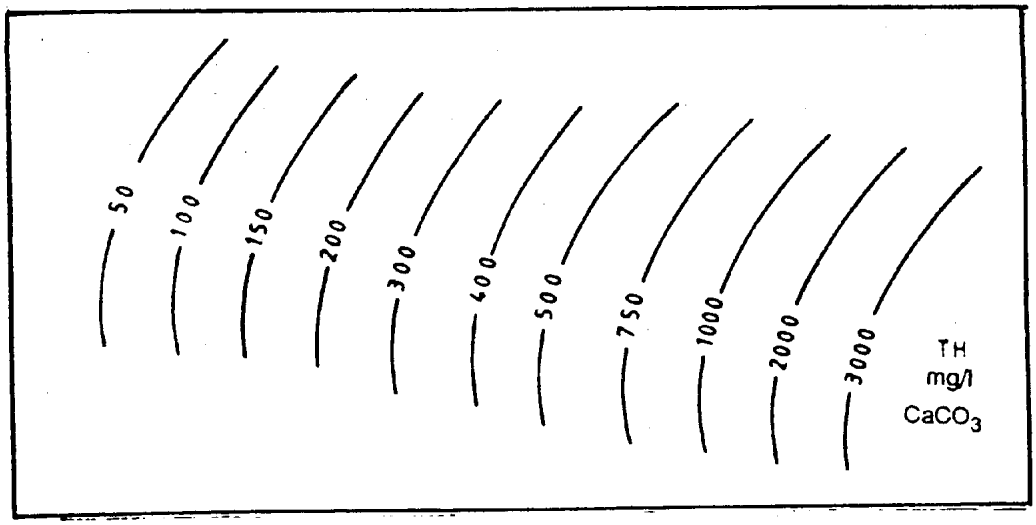
سختی کل [1] با علامت TH نمایش داده می‌شود. سختی کل به مجموع غلظت یونهای کلسیم و منیزیم آب و ویژگیهای حاصل از آن اتلاق می‌شود.

تهیه نقشه سختی آبهای زیرزمینی در بررسی‌های هیدروژئوشیمیایی اهمیت زیادی دارد. این گونه نقشه‌ها گستره آبهای سخت و سبک را تعیین می‌کند که در بهره‌برداری اقتصادی از آبهای زیرزمینی در مصارف شرب، کشاورزی و صنعت نقش مهمی را ایفاء می‌نماید. در آبیاری از آنجاکه آبهای سخت باعث سبکی خاکهای سنگین می‌شوند، در عملیات اصلاح خاکهای کشاورزی آبهای سخت بکار برده می‌شوند.

چنانچه فلزات چند ظرفیتی مانند: آهن و آلومینیم به مقادیر زیاد در آب ظاهر شوند به مقدار TH افزوده می‌گردد، ولی چون غالباً آبهای زیرزمینی فاقد این گونه فلزات هستند، از این رو سختی مربوط به سایر فلزات چند ظرفیتی در موضوع بالا در نظرگرفته نمی‌شود.

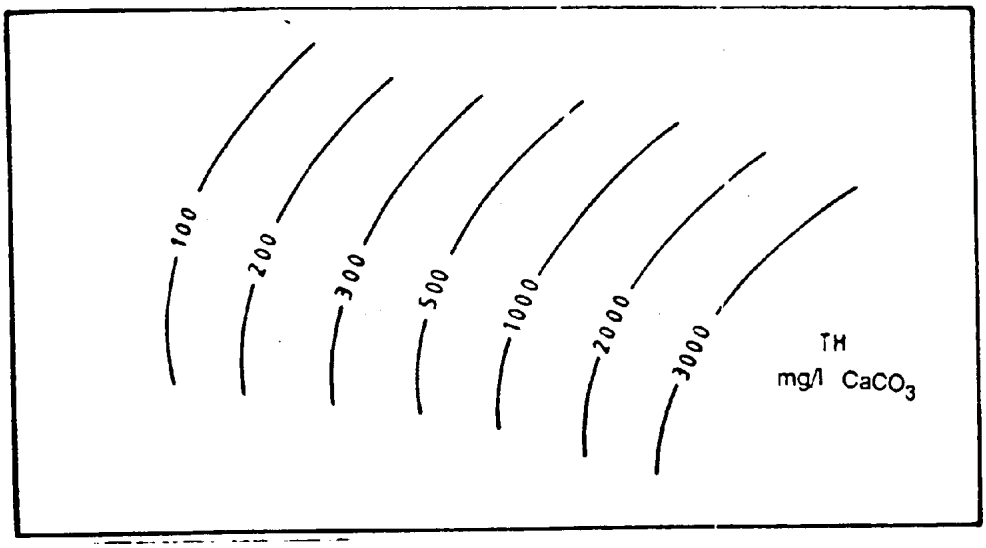
۷-۱ نقشه‌های خطوط هم سختی کل آبهای زیرزمینی

در این نقشه‌ها مقادیر اندازه‌گیری شده، مربوط به سختی کل منابع آبهای زیرزمینی برحسب میلیگرم بر لیتر کلسیم کربنات را با در نظر گرفتن مقیاس موردنظر به روی نقاط تعیین شده در نقشه زمین‌شناسی آب پیاده و با استفاده از منحنی‌های شکل ۲۲ و ۲۳ منطقه مطالعاتی پوشش داده می‌شود:



شکل ۲۲- منحنی‌های گزینه شده سختی کل برحسب میلیگرم بر لیتر کلسیم کربنات برای تهیه نقشه‌های خطوط هم سختی آبهای زیرزمینی با مقیاسهای ۵۰۰۰۰ : ۱ و ۲۵۰۰۰ : ۱

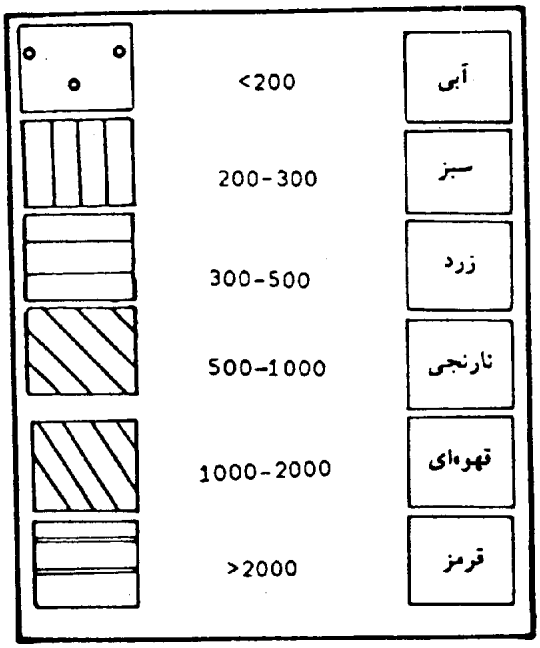
1- Total Hardness



شکل ۲۳- منحنی‌های گزینه شده سختی کل بر حسب میلیگرم بر لیتر کلسیم کربنات برای تهیه نقشه‌های خطوط هم سختی آبهای زیرزمینی با مقیاسهای ۱۰۰۰۰۰۰ : ۱ و ۲۵۰۰۰۰ : ۱

۲-۷ نقشه‌های زون‌بندی سختی کل آبهای زیرزمینی

در صورتی که منظور از تهیه نقشه‌های سختی کل آبهای زیرزمینی، نشان دادن محدوده‌های هم سختی کل آبهای زیرزمینی باشد، با استفاده از نشانه‌های گزینه شده شکل ۲۴ می‌توان مناطق موردنظر را مشخص کرد:



شکل ۲۴- نشانه‌های خطی و رنگی گزینه شده برای مشخص کردن محدوده هم سختی کل آبهای زیرزمینی بر حسب میلی‌گرم بر لیتر در نقشه‌های سختی کل آبهای زیرزمینی

۸- تهیه نقشه‌های S.A.R آبهای زیرزمینی

ک - ۶ Q_w-6

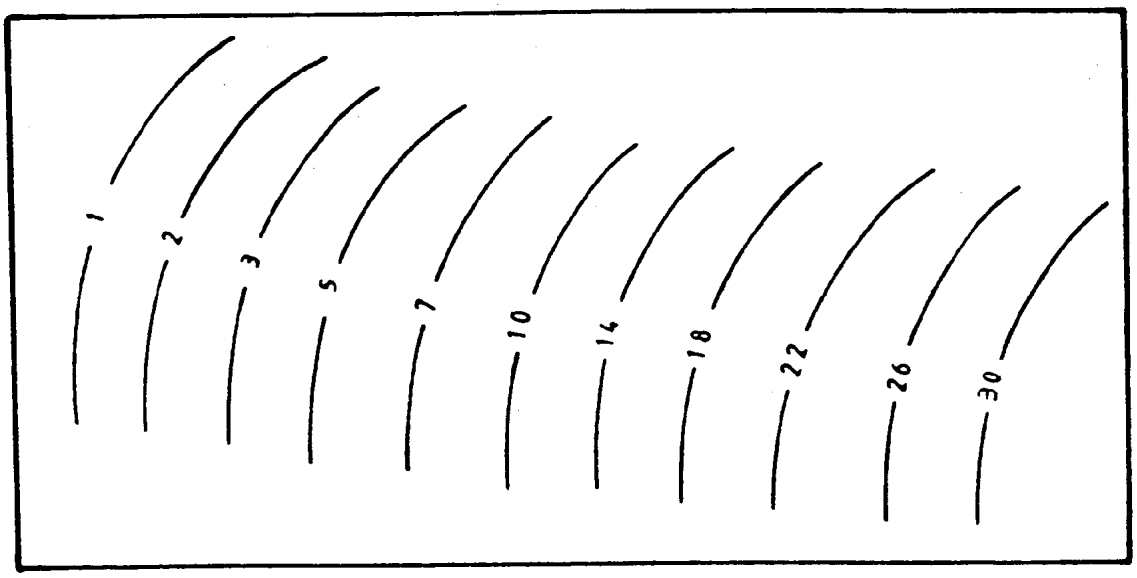
در سال ۱۹۵۴ گروهی از پژوهشگران و متخصصان آبیاری در رابطه با واکنش‌های تبادل یونی بویژه جذب سطحی و ظرفیت تعویض یون سدیم خاک با کاتیون‌های دو ظرفیتی کلسیم ومنیزیم آب، تغییر خواص فیزیکی خاک و خطر افزایش غلظت یون سدیم، نسبت جذب سدیم [1] راکه با حروف انگلیسی S.A.R نمایش داده می‌شود، ارائه نمودند.

رابطه S.A.R از فرمول $S.A.R = \frac{Na^+}{[1/2\ (Ca^{++} + Mg^{++})]^{0.5}}$ محاسبه می‌گردد که امروزه بطور گسترده‌ای از آن استفاده می‌شود و در ارزیابیهای جهانی از آنجاکه شکل‌گیری معادله S.A.R در سیستمهای تعادلی است؛ از این رو نسبت به درصد سدیم ار جحیت دارد.

در طرحها و پروژه‌های بزرگ آبیاری، زهکشی، تغذیه مصنوعی آبخوانها و طراحی‌های مربوط از نقشه‌های $S.A.R_{adj}$ یا تصحیح شده استفاده می‌گردد. کاربرد S.A.R در مدیریتهای آب و خاک وسیع بوده و جایگاه مطالعاتی ویژه‌ای را داراست.

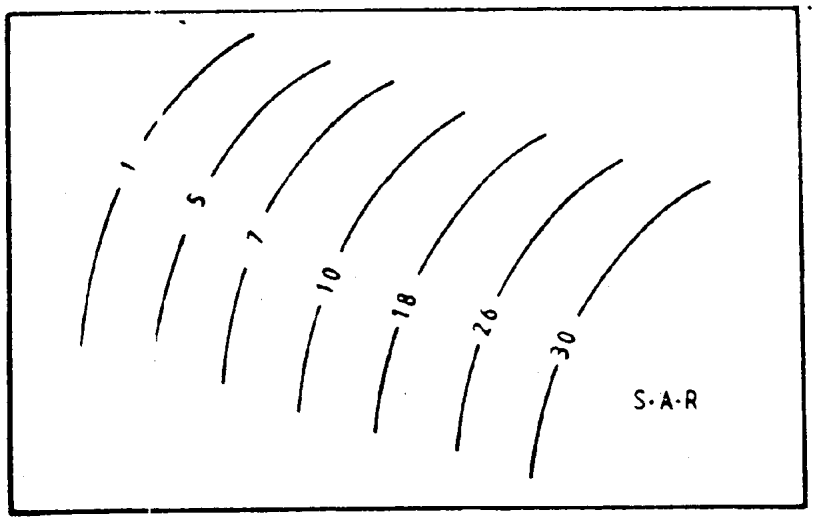
۸-۱ نقشه‌های خطوط هم S.A.R آبهای زیرزمینی

در این گونه نقشه‌ها با در نظرگرفتن مقیاس مورد عمل، مقادیر محاسباتی S.A.R منابع آبهای زیرزمینی را بر روی نقشه نقاط نمونه‌برداری پیاده و با استفاده از منحنی‌های گزینه شده شکلهای ۲۵ و ۲۶ منطقه مطالعاتی پوشش داده می‌شود.



شکل ۲۵- منحنی‌های گزینه شده S.A.R برای تهیه نقشه‌های خطوط هم S.A.R آبهای زیرزمینی
با مقیاسهای ۱ : ۵۰۰۰۰ و ۱ : ۲۵۰۰۰

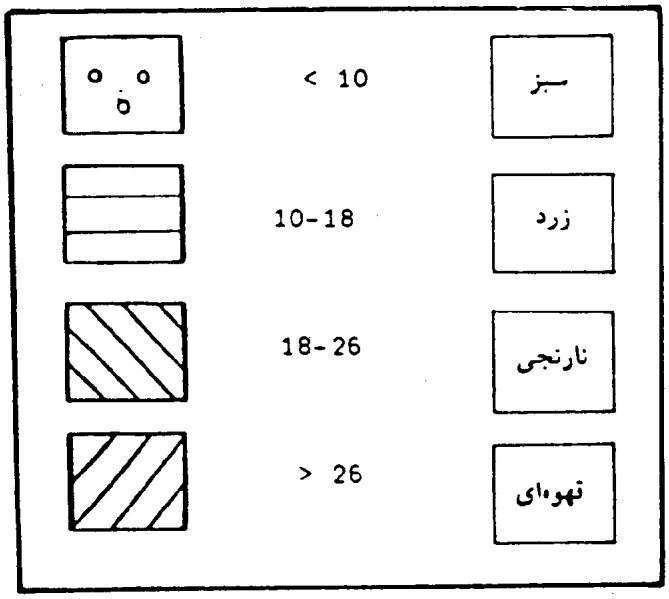
1- Sodium Adsorption Ratio



شکل ۲۶- منحنی‌های گزینه شده S.A.R برای تهیه نقشه‌های خطوط هم S.A.R آبهای زیرزمینی
با مقیاسهای ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰

۲-۸ نقشه‌های زون‌بندی S.A.R آبهای زیرزمینی

در صورتی که منظور از تهیه نقشه‌های S.A.R آبهای زیرزمینی نشان دادن مناطق هم S.A.R باشد با استفاده از نشانه‌های خطی و رنگی شکل ۲۷ می‌توان محدوده‌های مختلف را مشخص نمود:



شکل ۲۷- نشانه‌های خطی و رنگی گزینه شده برای مشخص کردن محدوده‌های هم S.A.R
در نقشه‌های S.A.R آبهای زیرزمینی

۹- تهیه نقشه‌های گروه‌بندی آبهای زیرزمینی از نظر آبیاری

ک - ۷ Q_w-7

در کشور ایران حدود ۹۲٪ از منابع آبهای زیرزمینی به مصرف کشاورزی و آبیاری می‌رسد. لذا تهیه نقشه‌های گروه‌بندی آبهای زیرزمینی از نظر کاربرد بهینه آبیاری ضروری است. اینگونه نقشه‌ها در بهره‌برداری و بهینه‌سازی استفاده از آب و خاک مناطق مختلف، قابل استفاده بوده و از نظر توجیه‌پذیری اقتصادی کشت و بیشترین برداشت محصول با کمترین آب راهنمای بسیار خوبی است.

تهیه نقشه‌های گروه‌بندی آبهای زیرزمینی از نظر آبیاری بر مبنای دو پارامتر هدایت الکتریکی آب و نیز نسبت جذب سدیم آن استوار و طراحی گشته است. که گزینه پارامترهای فوق از نظر اهمیت آنها در زیانباری کل مواد جامد محلول در آب و همچنین افزایش یون سدیم در تغییر خواص فیزیکی خاک و حساسیت پاره‌ای از گیاهان به سدیم در محیطهای آبی و خاکی است.

در مدیریتهای اصولی آب و خاک، نقشه‌های نام برده بعنوان یک ابزار کنترل کننده و نیز پیش برنده پروژه‌های اجرایی آب و خاک عمل می‌نماید.

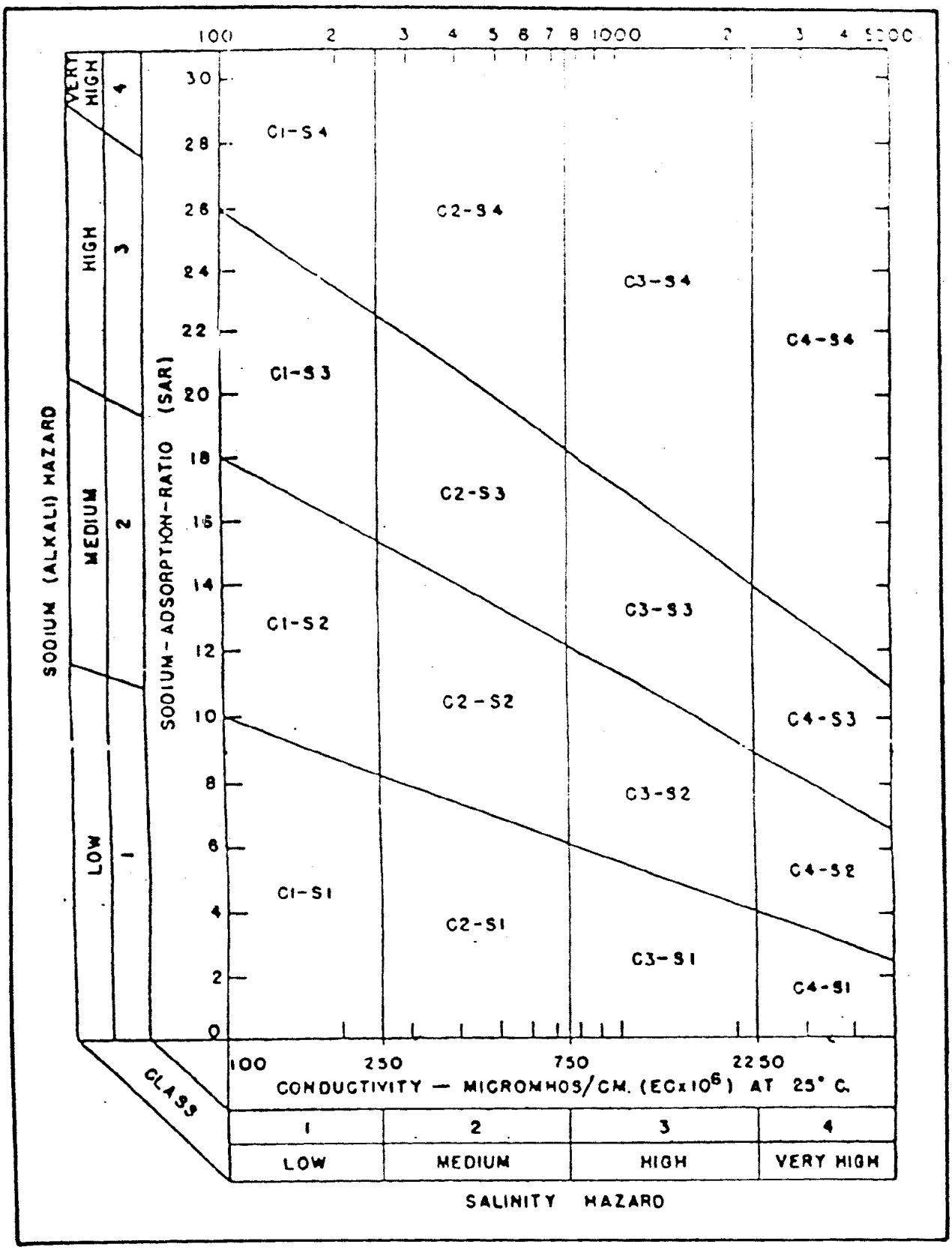
۹-۱ روش تهیه نقشه‌های گروه‌بندی آبهای زیرزمینی از نظر آبیاری

برای تهیه نقشه‌های گروه‌بندی آبهای زیرزمینی از نظر آبیاری با مقیاس موردنظر بترتیب زیر عمل می‌گردد:

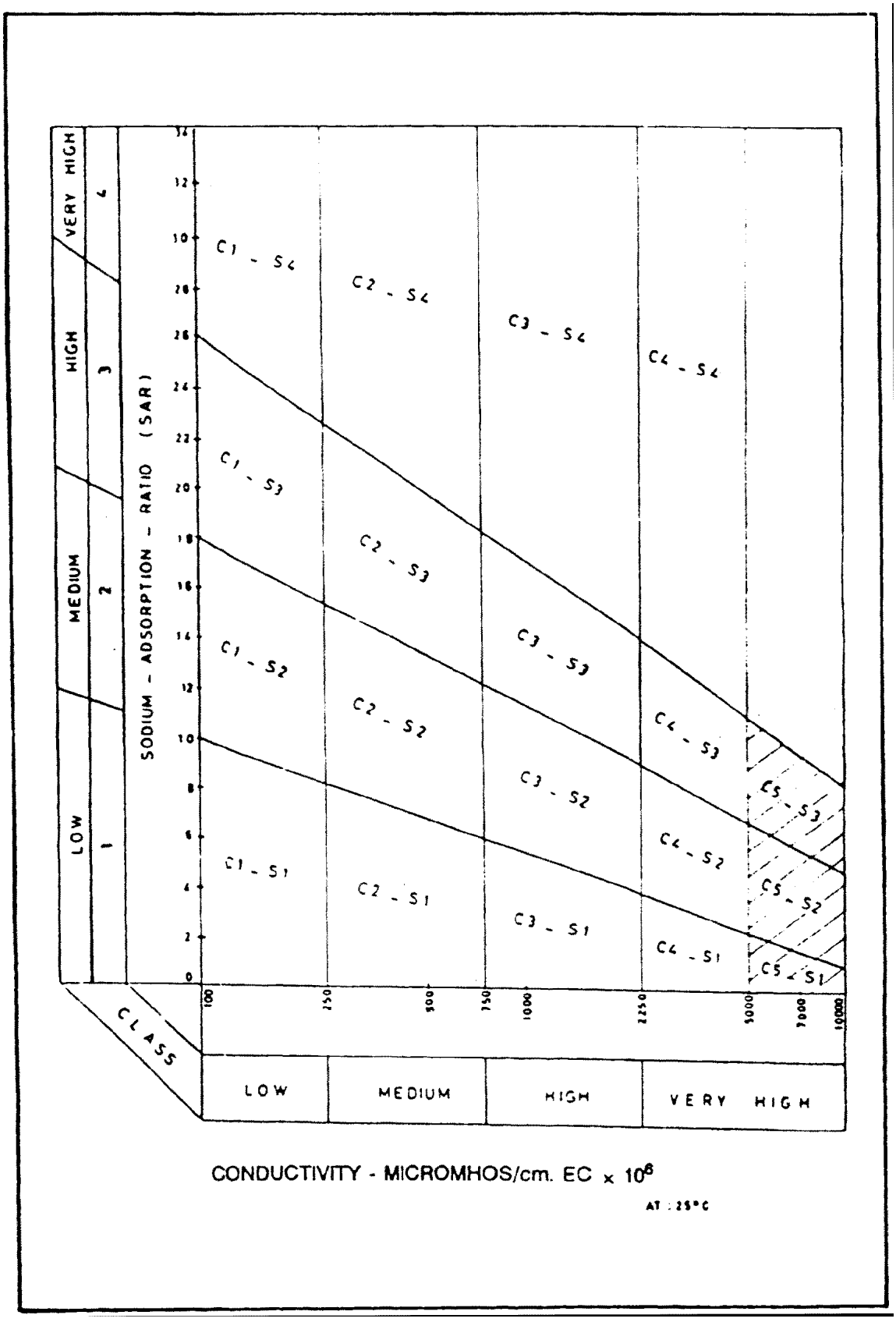
- منابع آبهای زیرزمینی انتخابی در محدوده مطالعاتی را به روی نقشه زمین‌شناسی آب پیاده و آنگاه هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم آب آنها فهرست گردد.
- هدایت الکتریکی منابع آبهای زیرزمینی انتخابی با حرف C و نسبت جذب سدیم آنها با حرف S به روی دیاگرام گروه‌بندی آبها از نظر آبیاری، شکل ۲۸ منتقل می‌گردد. نقطه تلاقی حاصل از دو عمود طولی و عرضی فرضی، معرف کیفیت آب از نظر آبیاری هر منبع آب زیرزمینی است که با دو حرف C-S و نمادهای ۴-۳-۲-۱ مشخص می‌شود. که در سطح دیاگرام محدوده‌های مختلف ترکیبی از حروف و اعداد فوق نشان دهنده کلاس‌های گوناگون آبی از نظر آبیاری و زیانباریهای مربوط است.
- مراتب بالا برای کلیه منابع آبهای زیرزمینی انتخابی در گستره دشت اعمال می‌گردد.
- نقاط حاصل شده در سطح دیاگرام شکل ۲۸ ممکن است در ۱۶ محدوده طراحی شده در آن قرار گیرد.
- ۱۶ محدوده در سطح نمودار شکل ۲۸ از نظر زیانباری شوری و سمی‌بودن یون سدیم در عملیات آبیاری و پیش‌بینی طرح‌های اصلاحی را می‌توان در گروه‌های آبی بشرح زیر دسته‌بندی نمود:

- **گروه 1 شامل: محدوده $C_1 - S_1$ بازیان کم و با قابلیت استفاده وسیع**
- **گروه 2 شامل: محدوده‌های $C_1 - S_2$ ، S_2 ، C_2 ، $C_2 - S_1$ با زیانباری متوسط**
- **گروه 3 شامل: محدوده‌های $C_1 - S_3$ ، S_3 ، C_2 ، $C_3 - S_3$ ، $C_3 - S_2$ ، $C_3 - S_1$ با زیانباری زیاد**
- **گروه 4 شامل: محدوده‌های $C_1 S_4$ ، $C_2 - S_4$ ، $C_3 - S_4$ ، $C_4 - S_4$ ، $C_4 - S_3$،$C_4 - S_2$ ، $C_4 - S_1$با زیانباری بسیار زیاد**

گروه‌های ۴-۳-۲-۱ منابع آبهای زیرزمینی را بر روی نقشه نقاط نمونه‌برداری ناحیه مورد مطالعه پیاده شود و حد مربوط با خط مشخص و مرزبندی گردد.



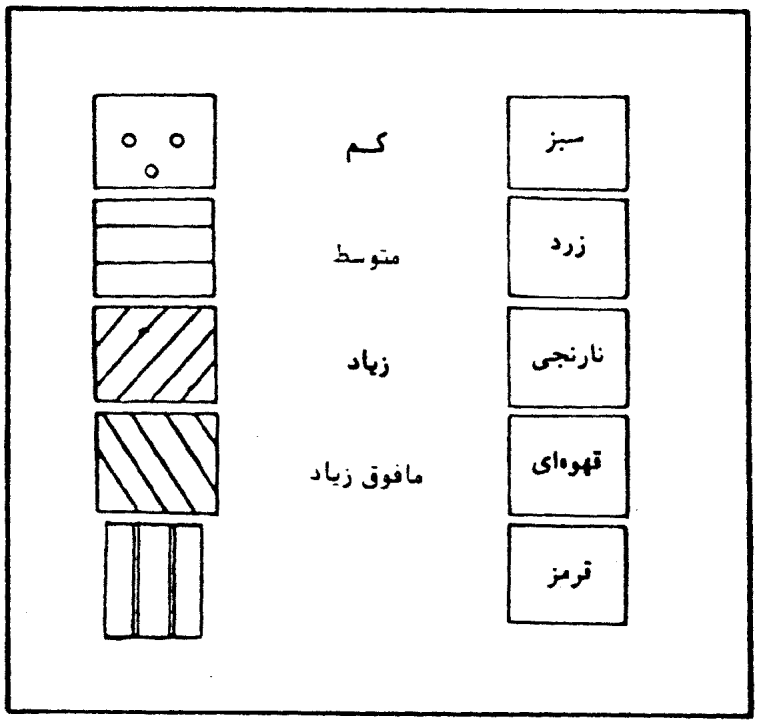
شکل ۲۸ – نمودار گروه‌بندی آبها از نظر آبیاری



شکل ۲۹-نمودار گروه‌بندی آبها از نظر آبیاری با آبهای شور

و برای مشخص کردن محدوده‌های گروه‌بندی شده بر روی نقشه زمین‌شناسی آب می‌توان از نشانه‌های خطی و رنگی گزینه شده شکل ۳۰ استفاده کرد.

در تهیه نقشه‌های گروه‌بندی آبهای زیرزمینی از نظر آبیاری آبهای بسیار شور با توجه به شکل ۲۹، گروه آبی شور با شماره ۵ را بر روی نقشه مطالعاتی پیاده کرده و مناطق مربوط آنها را با دو خط موازی عمودی و یا رنگ قرمز بمنظور کشت گیاهان مقاوم به شوری می‌توان مشخص کرد.



شکل ۳۰- نشانه‌های خطی و رنگی گزینه شده برای مشخص کردن گروههای مختلف آبی از نظر آبیاری

۱۰- تهیه نقشه‌های گروه بندی آبهای زیرزمینی از نظر شرب

ک - ۸ Q_w-8

در اعمال مدیریتهای کیفیت آب و نیز طرحهای تأمین آبهای مشروب، اطلاع اساسی از کیفیت فیزیکوشیمیایی منابع آبی و تعیین شایستگی آنها در مصارف شرب اهمیت زیادی دارد. در سرزمینهای خشک و نیمه خشک آبهای زیرزمینی یکی از مهمترین منابع تهیه آبهای آشامیدنی هستند و نقشه‌های گروه‌بندی آبهای زیرزمینی از نظر شرب، بخوبی سیمای آبهای زیرزمینی منطقه مورد بررسی را در مصارف آشامیدنی بر طبق ضوابط و استانداردهای بین المللی روشن می‌سازد. این نقشه‌ها مدیران و متخصصان صنعت آب را در طراحی مهندسی سیستمها و تأسیسات تصفیه آب مناسب کمک شایانی می‌کند و در بهره‌برداری بهینه از آبهای زیرزمینی راهنمائی لازم را برعهده دارد.

تهیه نقشه‌های گروه‌بندی آبهای زیرزمینی از نظر شرب، با استفاده از دیاگرام شولر که برای مصارف شرب طراحی شده انجام می‌پذیرد. در این نقشه‌ها پارامترهای آلاینده منظور نشده است.

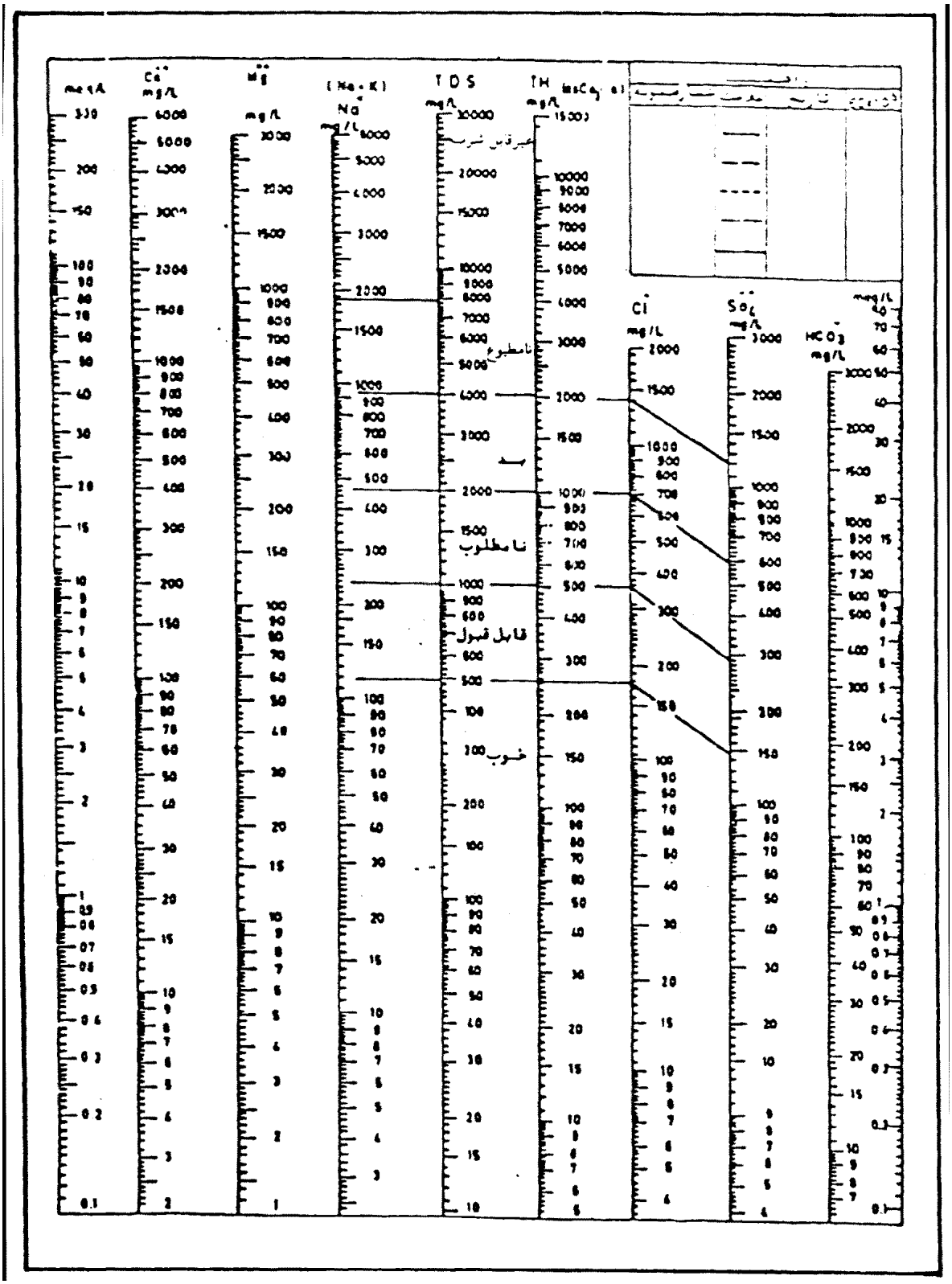
۱-۱۰ گروه‌بندی آبهای زیرزمینی از نظر شرب

برای گروه‌بندی آبهای زیرزمینی از نظر شرب بترتیب زیر عمل می‌شود :
منابع آبهای زیرزمینی محدوده مطالعاتی را بررسی و انتخاب و داده‌های مربوط به تجزیه کامل شیمیایی آنها در فرم‌های هیدروژئوشیمیائی ثبت می‌شود و آنگاه به روی نمودار تعیین گروه‌بندی آبها از نظر شرب، شکل ۳۱ منتقل و با نقطه‌یابی بر روی هر محور و علامت‌گذاری و اتصال آنها نمودار شایستگی آب از نظر آشامیدن حاصل می‌شود.

نمودار تعیین کیفیت شیمیایی از نظر شرب با شکل ۳۱ یا نمودار لگاریتمی برای گروه‌بندی آبها در موارد آشامیدنی است که از چپ به راست شامل: محورهای قائم کاتیون‌های کلسیم، منیزیم و مجموع سدیم و پتاسیم برحسب میلی‌گرم در لیتر و سپس دو پارامتر پایه TDS برحسب میلی‌گرم بر لیتر و سختی کل برحسب میلی‌گرم بر لیتر کلسیم کربنات در وسط دیاگرام است و در سمت راست آنها سه محور مربوط به آنیون‌های کلراید، سولفات، بیکربنات با واحد میلی‌گرم بر لیتر قرار داده شده است. در طرفین این دیاگرام دو اشل برای استفاده از داده‌های غلظتی برحسب میلی اکی‌والان بر لیتر وجود دارد.

نمودار لگاریتمی گروه‌بندی آبهای زیرزمینی از نظر شرب دارای ۸ محور قائم است که به ترتیب از چپ به راست پارامترهای شیمیایی زیر را شامل می‌شود: ابتدا کاتیونهای کلسیم و منیزیم و مجموع سدیم و پتاسیم برحسب میلیگرم بر لیتر و پس از آن دو پارامتر پایه T.D.S برحسب میلیگرم بر لیتر و سختی کل برحسب میلیگرم بر لیتر کلسیم کربنات و بالاخره سه محور مربوط به آنیونهای کلراید، سولفات، بیکربنات برحسب میلیگرم بر لیتر قرار دارد. در طرفین این نمودار دو اشل برای استفاده از داده‌های غلظتی برحسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر وجود دارد.

نمودار شکل ۳۱از پایین به بالا با در نظر گرفتن ارقام استاندارد به شش ناحیه خوب، قابل قبول، نامطلوب، بد، کاملاً نامطبوع و غیرقابل شرب و به ترتیب با اعداد ۱ تا ۶ مشخص می‌گردد.



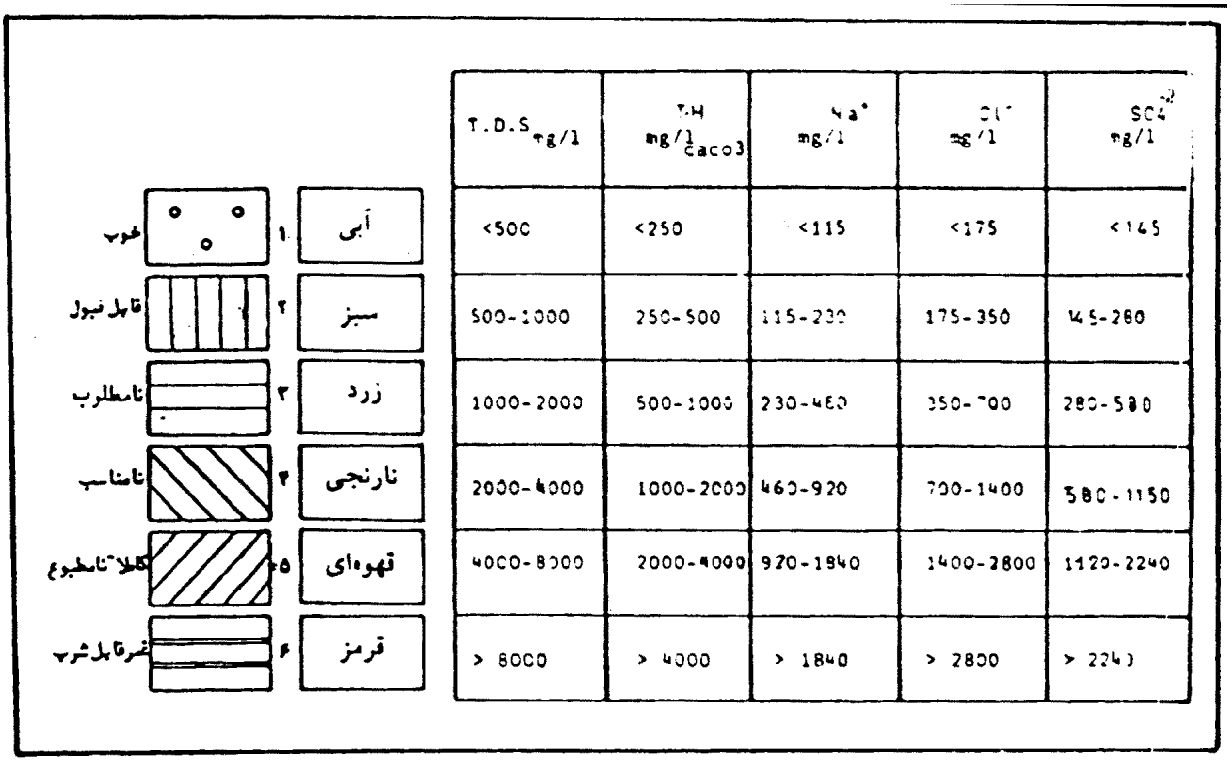
شکل ۳۱- نمودار لگاریتمی برای گروه‌بندی منابع آب در مصارف شرب

در نمودار شکل ۳۱ چنانچه منحنی نمایش آب از نظر سختی وارد طبقه بالاتر شود، آب درجه خود را از دست نداده و جزو همان کلاس منظور خواهد شد.

۲-۱۰ تهیه نقشه‌های گروه‌بندی آبهای زیرزمینی از نظر شرب

گروه‌بندی‌های شش‌گانه‌ای را که از طریق رسم نمودار لگاریتمی تعیین شده است به روی نقشه زمین‌شناسی آب با مقیاس موردنظر منتقل و آنگاه با توجه به کلیات تهیه نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی خط مرزی بین نواحی مختلف رسم می‌شود.

مناطق گروه‌بندی شده آبهای زیرزمینی از نظر شرب را می‌توان با نشانه‌های خطی و رنگی گزینه شده شکل ۳۲ مشخص نمود:



T.D.S mg/l	T.H mg/l caco3	Na+ mg/l	Cl- mg/l	SO4-- mg/l
<500	<250	<115	<175	<145
500-1000	250-500	115-230	175-350	145-280
1000-2000	500-1000	230-460	350-700	280-580
2000-4000	1000-2000	460-920	700-1400	580-1150
4000-8000	2000-4000	920-1840	1400-2800	1120-2240
> 8000	> 4000	> 1840	> 2800	> 2240

شکل ۳۲ - نشانه‌های خطی و رنگی گزینه شده برای مشخص کردن گروه‌های مختلف آبهای زیرزمینی از نظرشرب با توجه به ارقام و غلظتهای استاندارد مربوط

۱۱- تهیه نقشه‌های تیپ آبهای زیرزمینی

ک -۹ Q_W-9

برای تهیه نقشه تیپ آب روابط و روشهای مختلفی ارائه گشته، که قوانین شولر و اولویت یونی در تواترهای مربوطه مورد توجه قرار گرفته است.

نقشه‌های تیپ آب، سه باند بی کربناته، سولفاته و کلروره را در بر می‌گیرد که به ترتیب غالباً منابع تغذیه، جریان، و مناطق تبخیری و خروجی آبهای زیرزمینی را نمایان می‌سازند.

۱-۱۱ تیپ‌های آب

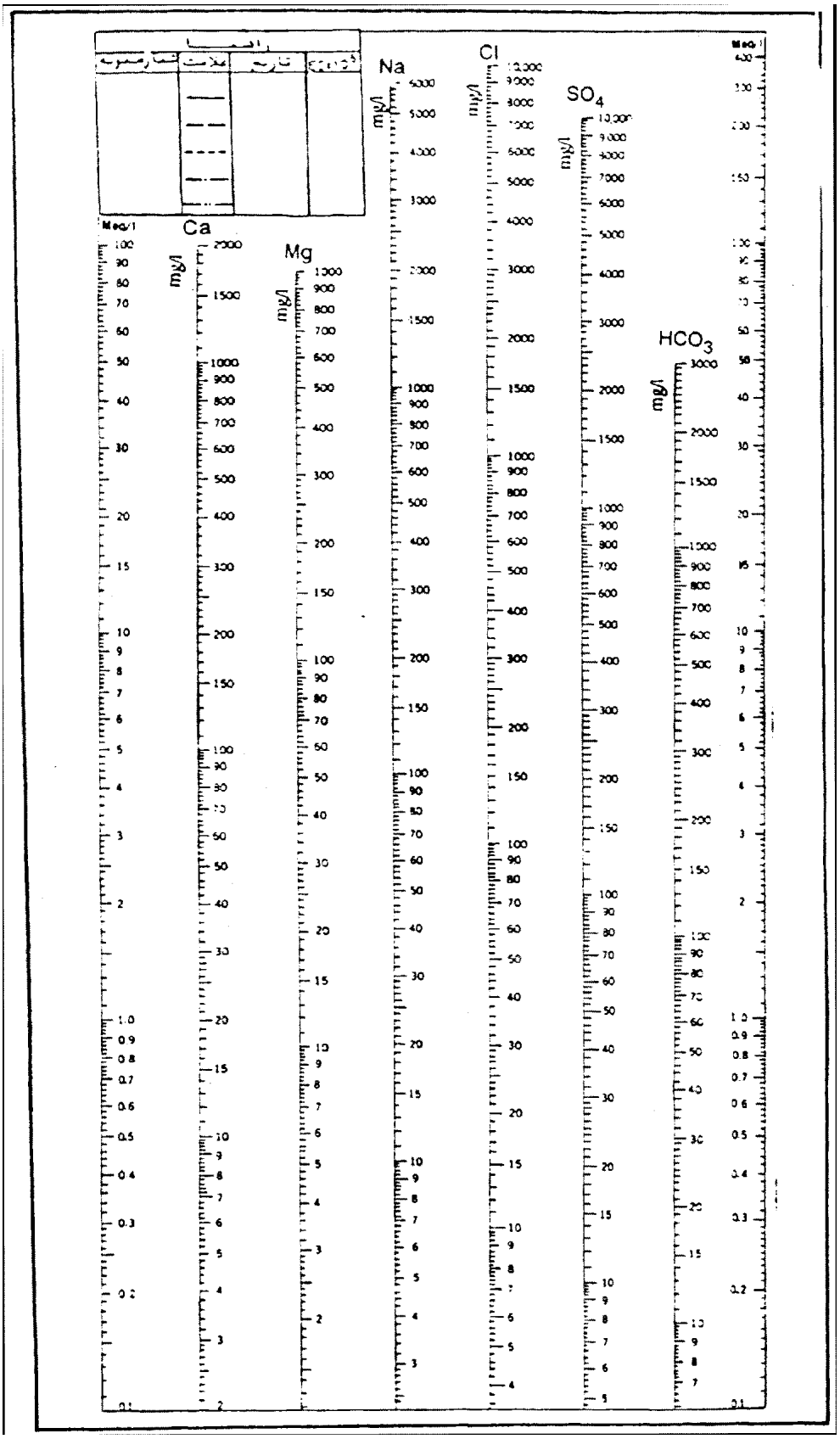
به منظور تعیین تیپ آب، داده‌های مربوط به آنالیز شیمیایی منابع آبهای زیرزمینی برحسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر و یا میلیگرم بر لیتر بر روی نمودار لگاریتمی شولر شکل ۳۳ پیاده می‌شود. این نمودار دارای شش محور عمودی است که برحسب میلیگرم بر لیتر مدرج شده و از چپ به راست با فواصل مساوی مربوط به کاتیونهای کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم و نیز آنیونهای کلراید، سولفات، و بی کربنات است. اشل‌های کناری برحسب میلی‌اکی‌والان در لیتر مدرج گشته است. با نقطه‌یابی اتصال آنها به یکدیگر نمودار نیمه لگاریتمی آب بدست می‌آید که در این نمودار، آنیونی که بالاتر از همه قرار گرفته، معرف تیپ آب موردنظر است و یا اینکه با قراردادن مقادیر غلظتی آنیونها برحسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر در تواترهای یونی زیرتیپ‌های آب مشخص می‌گردد :

۱۱-۱-۱ تیپ آب بی کربناته باتواتر آنیونی

$$r(HCO_3^- + CO_3^{--}) > rSO_4^{--} > rCl^-$$
$$r(HCO_3^- + CO_3^{--}) > rCl^- > rSO_4^{--}$$
$$r(HCO_3^- + CO_3^{--}) > rSO_4^{--} \geq rCl^-$$

۱۱-۱-۲ تیپ آب سولفاته باتواتر آنیونی

$$rSO_4^{--} > r(HCO_3^- + CO_3^{--}) > rCl^-$$
$$rSO_4^{--} > rCl^- > r(HCO_3^- + CO_3^{--})$$
$$rSO_4^{--} > r(HCO_3^- + CO_3^{--}) \geq rCl^-$$



شکل ۳۳- نمودار لگاریتمی شولر برای نمایش و مقایسه نموداری کیفیت شیمیایی آبها

۱۱-۱-۳ تیپ آب کلروره باتواتر آنیونی

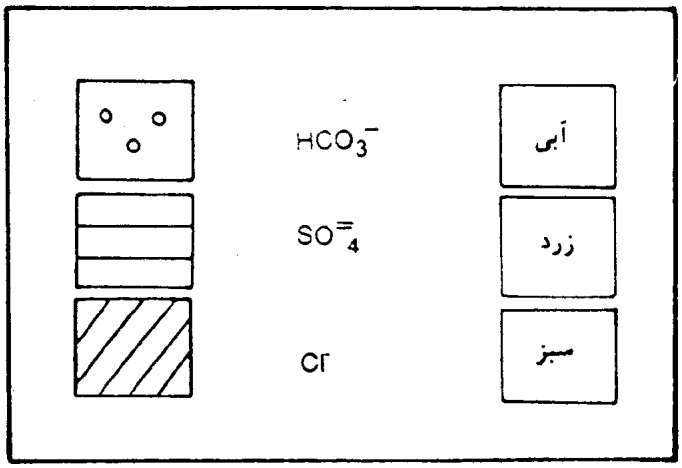
$rCl^- > r(HCO_3^- + CO_3^{--}) > rSO_4^{--}$

$rCl^- > rSO_4^{--} > r(HCO_3^- + CO_3^{--})$

$rCl^- > r(HCO_3^- + CO_3^{--}) \geq rSO_4^{--}$

۱۱-۲ تهیه نقشه تیپ آبهای زیرزمینی

تیپ آب منابع آبهای زیرزمینی که به روش بالا تعیین شده است بر روی نقشه زمین‌شناسی آب با مقیاس موردنظر منتقل می‌شود و آنگاه با توجه به کلیات تهیه نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی، در جهت جریان آبهای زیرزمینی با درون‌یابی حد باندهای گوناگون تعیین و با مرزبندی، سه باند اصلی بی‌کربناته، سولفاته و کلروره حاصل می‌گردد. برای مشخص نمودن تیپهای آبی در روی نقشه‌های تیپ آبهای زیرزمینی می‌توان از نشانه‌های خطی و رنگی شکل ۳۴ استفاده نمود.



شکل ۳۴- نشانه‌های خطی و رنگی گزینه شده برای مشخص کردن محدوده‌های مربوط به تیپهای آب در نقشه‌های تیپ آبهای زیرزمینی

۱۲- تهیه نقشه‌های رخساره‌های هیدروژئوشیمیایی آبهای زیرزمینی

ک- ۱۰ Q_W-10

پس از تهیه نقشه تیپ آب برای روشن شدن منابع تغذیه و دوری و نزدیکی به جبهه‌های تغذیه‌ای و نیز نفوذپذیری سازندها و سایر مسایل هیدرولوژیکی و همچنین توزیع رخساره‌های گوناگون هیدوژئوشیمیایی اقدام به تهیه نقشه‌های رخساره‌های هیدروژئوشیمیایی می‌شود.

این نقشه‌ها توزیع دقیق محدوده‌هایی از آبخوان با ترکیب شیمیایی معین را مشخص می‌نماید.
در نقشه‌های رخساره‌های هیدروژئوشیمیایی آبهای زیرزمینی بخوبی رخساره‌های غیرعادی و گسترش آنها در پهنه دشت قابل تشخیص است.

در این نقشه مبنای کاراولویت کاتیونی است که برحسب میلی اکی‌والان بر لیتر و با استفاده از نمودار لگاریتمی و قوانین شولر در روی نقشه تیپ آب نشان داده شده است. بدین ترتیب که در نقشه تیپ آبهای زیرزمینی، کاتیون برتر مربوط به هر منبع آبی را روی هرباند تعیین می‌شود و با درون‌یابی و مرزبندی حدود رخساره‌های هیدروژئوشیمیایی به شرح زیر مشخص می‌گردد.

۱-۱۲ تواترهای کاتیونی آب

۱۲-۱-۱ آبهای کلسیک باتواترهای کاتیونی

$$rCa^{++} > rMg^{++} > r(Na^{+} + K^{+})$$
$$rCa^{++} > r(Na^{+} + K^{+}) > rMg^{++}$$
$$rCa^{++} > rMg^{++} \geq r(Na^{+} + K^{+})$$

۱۲-۱-۲ آبهای منیزیک باتواترهای کاتیونی

$$rMg^{++} > rCa^{++} > r(Na^{+} + K^{+})$$
$$rMg^{++} > r(Na^{+} + K^{+}) > rCa^{++}$$
$$rMg^{++} > rCa^{++} \geq r(Na^{+} + K^{+})$$

۱۲-۱-۳آبهای سدیک باتواترهای کاتیونی

$r(Na^{+} + K^{+}) > rCa^{++} > rMg^{++}$

$r(Na^{+} + K^{+}) > rMg^{++} > rCa^{++}$

$r(Na^{+} + K^{+}) > rCa^{++} \geq rMg^{++}$

۱۲-۲ نقشه رخساره‌های هیدروژئوشیمیایی

با انتقال و ادغام الویتهای کاتیونی بر روی تیپ‌های آنیونی منابع آبهای زیرزمینی نقشه‌های رخساره‌های هیدروژئوشیمیایی بدست می‌آید که در این گونه نقشه‌ها رخساره‌های زیر قابل تشخیص است.

۱۲-۲-۱رخساره‌های هیدروشیمیایی بی کربناته

- برحسب بی کربنات : $Ca(HCO_3)_2$, $Mg(HCO_3)_2$, $Na\ HCO_3$

- برحسب کربنات : $CaCO_3$, $MgCO_3$, Na_2CO_3

در محدوده‌هایی از باندهای بی کربناته نقشه تیپ آب که غلظت SiO_2 بیش از ۲۵ میلی‌گرم در لیتر باشد، محدوده بی‌کربناته سیلیسی را می‌توان مشخص نمود.

۱۲-۲-۲رخساره‌های هیدروشیمیایی سولفاته

$CaSO_4$, $Mg\ SO_4$, Na_2SO_4

۱۲-۲-۳رخساره‌های هیدروشیمیایی کلروره

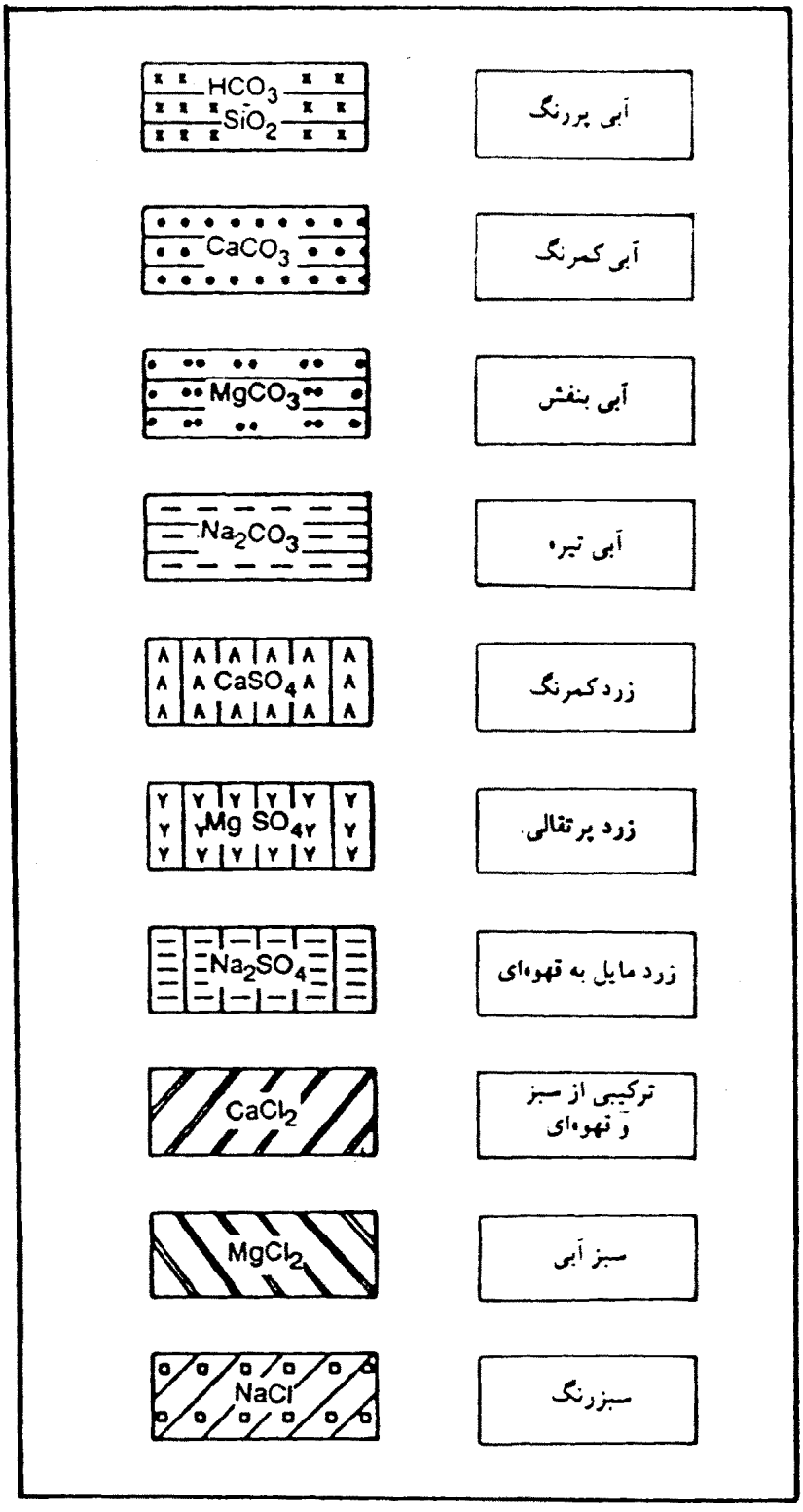
$CaCl_2$, $MgCl_2$, $NaCl$

۱۲-۲-۴ مقیاس نقشه‌های رخساره‌های هیدروژئوشیمیایی

۱ : ۲۵۰۰۰۰، ۱ : ۱۰۰۰۰۰، ۱ : ۵۰۰۰۰ و ۱ : ۲۵۰۰۰

۱۲-۲-۵ زون‌بندی

برای نشان دادن محدوده هریک از رخساره‌های هیدروژئوشیمیایی از نشانه‌های خطی و رنگی شکل ۳۵ استفاده می‌شود:



شکل ۳۵- نشانه‌های خطی و رنگی برای مشخص نمودن محدوده‌های هیدروژئوشیمیایی در نقشه‌های رخساره‌های هیدروژئوشیمیایی آبهای زیرزمینی

۱۳- تهیه نقشه‌های pH آبهای زیرزمینی

ک - ۱۱ Q_W-11

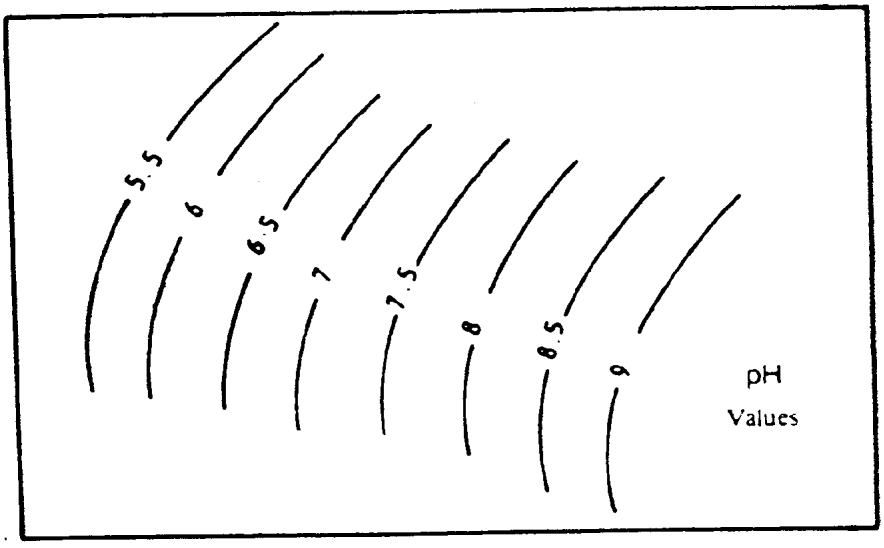
pH آب عبارت است از عکس لگاریتم غلظت یون هیدروژن که بر حسب مول بر لیتر بیان می‌شود. ارزش pH یک نمونه آب بر حسب شدت یونهای هیدروژن فعال در آن، طبق درجه‌بندی سورنسن از صفر تا ۱۴ اندازه‌گیری و گزارش می‌شود.

pH آب خالص در ۲۵ درجه سانتیگراد برابر ۷ بوده و در این حالت خنثی است. pH اندازه گیری شده آب ارائه دهنده یون هیدروژن فعال لحظه‌ای است و به کمک آن می‌توان ظرفیت بازی یا اسیدیته و الکالینیتی آب را ارزیابی نمود.

pH آبهای زیرزمینی غالباً بین ۶-۸/۵ است، ولی در طبیعت pHهای پایین‌تر از ۶ و بالاتر از ۹ نیز یافت می‌گردند. pH نقش مهمی در بررسی ژئوشیمی آبهای زیرزمینی دارد و کیفیت آبخوانها را از نظر قابلیت خوردگی روشن می‌سازد.

۱-۱۳ نقشه خطوط هم pH آبهای زیرزمینی

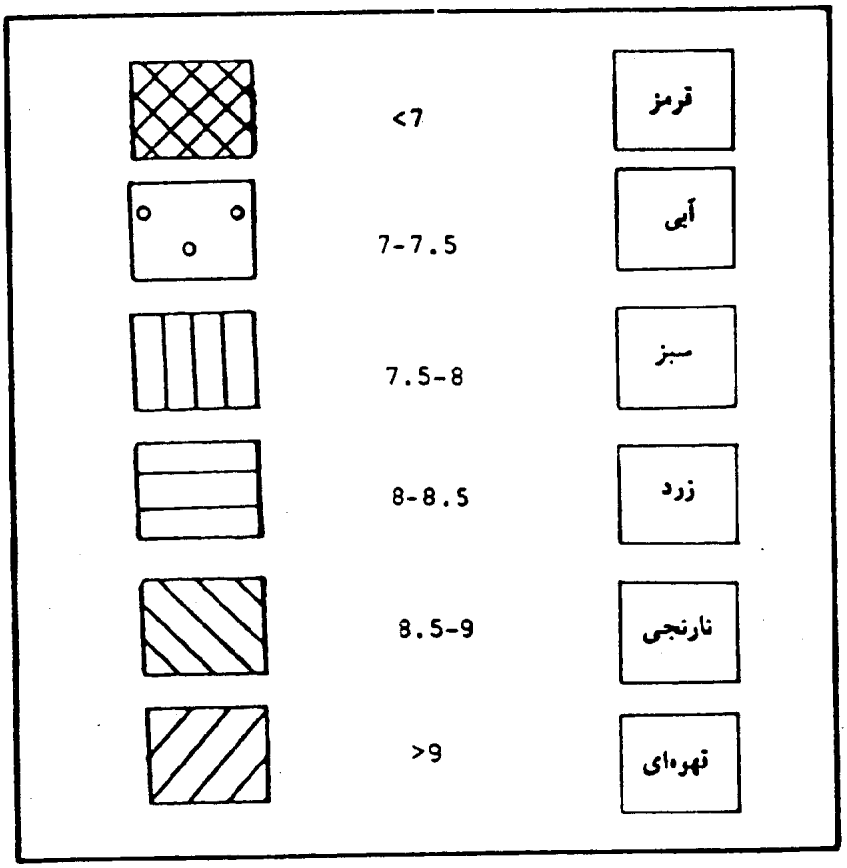
در این نقشه‌ها برای نشان دادن تغییرات pH آبهای زیرزمینی، مقادیر pH اندازه‌گیری شده منابع آب زیرزمینی را روی نقشه زمین‌شناسی آب با توجه به مقیاس موردنظر پیاده می‌کند و با استفاده از منحنی‌های شکل ۳۶ منطقه پوشش داده می‌شود:



شکل ۳۶ - منحنی‌های گزینه شده برای تهیه نقشه‌های خطوط هم pH آبهای زیرزمینی

۲-۱۳ نقشه‌های زون‌بندی pH آبهای زیرزمینی

در صورتی که هدف از تهیه نقشه‌های pH آبهای زیرزمینی نشان دادن محدوده‌های هم pH باشد با استفاده از نشانه‌های خطی و رنگی شکل ۳۷ میتوان محدوده‌های هم pH را مشخص نمود:



شکل ۳۷- نشانه‌های خطی و رنگی برای مشخص کردن محدوده‌های هم pH در نقشه‌های آبهای زیرزمینی

۱۴- تهیه نقشه‌های سولفات آبهای زیرزمینی

ک - ۱۲ Q_W-12

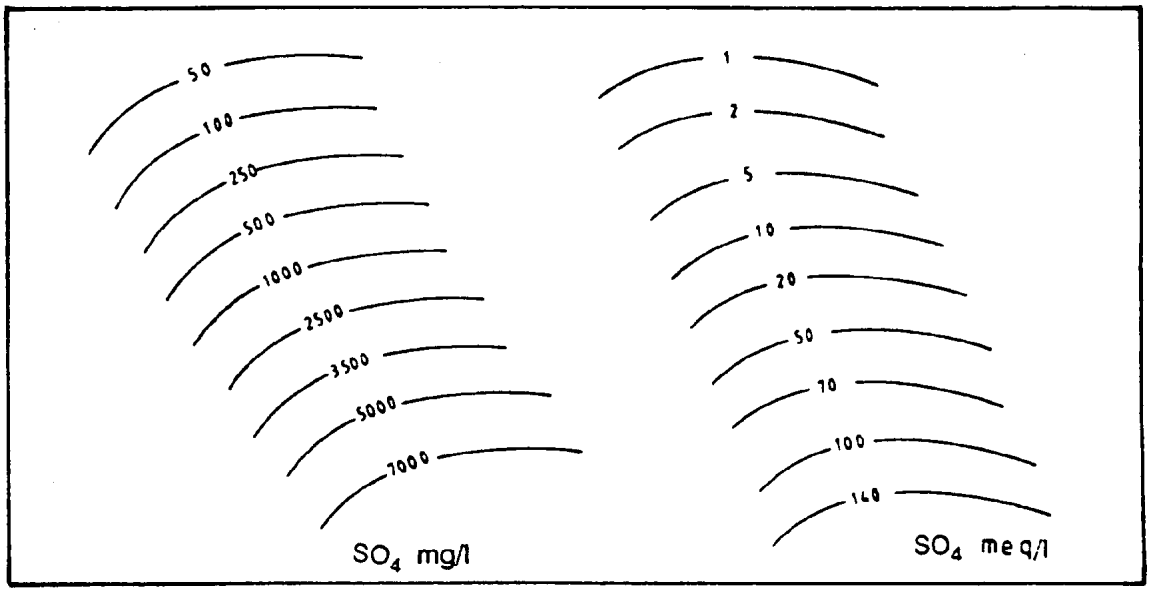
عنصر گوگرد در فعل و انفعالات شیمیایی سیستم‌های آبی، حالات اکسیداسیونی گوناگونی از S^{2-} تا S^{6+} با توجه به پتانسیل ردوکس به خود می‌گیرد و در بالاترین درجه اکسیداسیونی با چهار اتم اکسیژن تشکیل یون دو ظرفیتی سولفات را می‌دهد. آنیون سولفات همچنین از اکسیداسیون پیریت و سایر سولفیدهای فلزی حاصل می‌گردد که در فرآیندهای مطالعاتی ژئوشیمیایی یون سولفات نقش مهمی دارد.

یون سولفات حتی به مقدار کم در آب باران نیز گزارش شده است. سازندهای سولفاته معمولاً به صورت لایه‌های ژیپس ظاهر می‌شود و در مسیر آبهای زیرزمینی تأثیر زیادی برروی ترکیب شیمیایی آبخوانها می‌گذارد. همچنین آنیون سولفات موجود در آبخوان‌ها ممکن است در طول مسیر حرکت آبهای زیرزمینی احیاء گردند.

نقشه‌های سولفات آبهای زیرزمینی تغییرات غلظت یون سولفات را در گستره آبخوانها نشان می‌دهد. در بسیاری از پروژه‌های بهره برداری و سازه‌های این نقشه‌ها مد نظر قرار می‌گردد.

۱-۱۴ نقشه‌های خطوط هم سولفات آبهای زیرزمینی

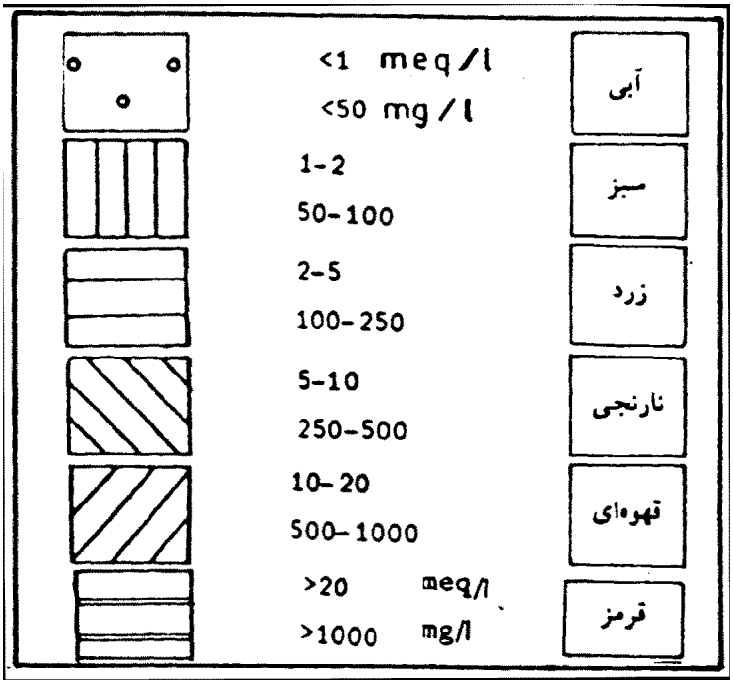
در این نقشه‌هابا در نظر گرفتن مقیاس موردنظر مقادیر غلظتی سولفات منابع آبهای زیرزمینی برحسب میلی گرم در لیتر و یا میلی‌اکی والان در لیتر با استفاده از منحنی‌های شکل ۳۸ پوشش داده می‌شود.



شکل ۳۸- منحنی‌های گزینه شده سولفات برحسب میلی گرم بر لیتر و نیز میلی اکی والان بر لیتر برای تهیه نقشه‌های خطوط هم سولفات آبهای زیرزمینی

۲-۱۴ نقشه زون‌بندی سولفات آبهای زیرزمینی

در صورتیکه هدف از تهیه نقشه‌های سولفات آبهای زیرزمینی نشان دادن محدوده‌های هم سولفات آبهای زیرزمینی باشد. با استفاده از نشانه‌های خطی و رنگی شکل ۳۹ زون‌های هم سولفات آبخوانها مشخص می‌گردند:



شکل ۳۹- نشانه‌های خطی و رنگی گزینه شده برای مشخص کردن محدوده‌های هم سولفات در نقشه‌های سولفات آبهای زیرزمینی

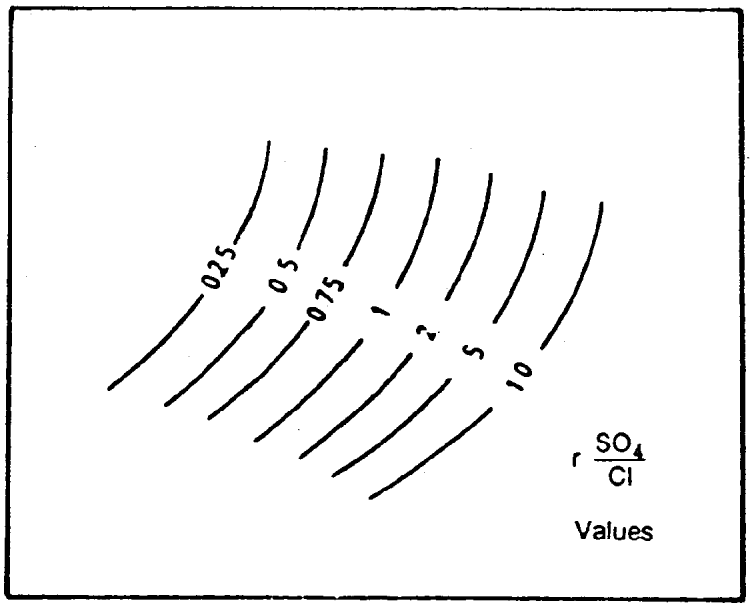
۱۵- تهیه نقشه‌های $r\frac{SO_4}{Cl}$ آبهای زیرزمینی

ک - ۱۳ Q_W-13

در بررسی‌های ژئوشیمی آبهای زیرزمینی، نقشه‌های نسبتهای معرف یون سولفات بر یون کلراید روند تحولات ترکیب شیمیایی آبهای زیرزمینی را از جبهه‌های تغذیه تا پایانه‌های خروجی پیگیری نموده و مسائل مربوط را روشن می‌نماید.

۱-۱۵ نقشه‌های خطوط هم $r\frac{SO_4}{Cl}$ آبهای زیرزمینی

در این نقشه‌ها با در نظر گرفتن مقیاس موردنظر ارقام $r\frac{SO_4}{Cl}$ تعیین شده منابع آبهای زیرزمینی را روی نقاط نمونه‌برداری منطقه مطالعاتی پیاده کرده و با استفاده از منحنی‌های شکل ۴۰ پوشش لازم داده می شود:

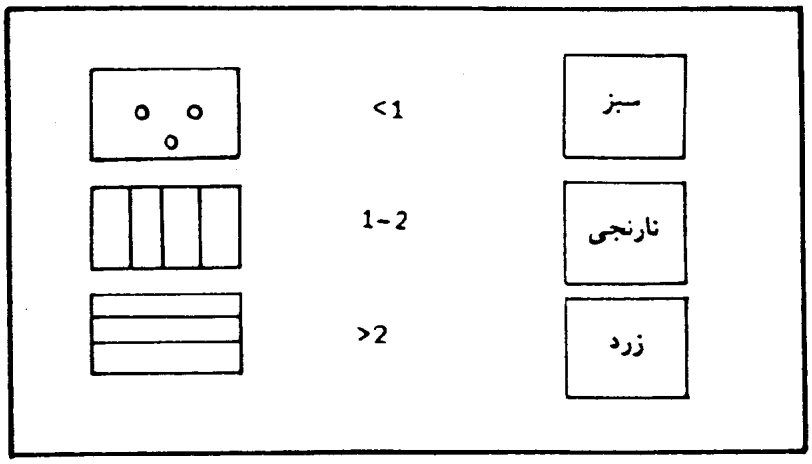


شکل ۴۰- منحنی‌های هم $r\frac{SO_4}{Cl}$ آبهای زیرزمینی

۲-۱۵ نقشه‌های پهنه‌بندی $r\frac{SO_4}{Cl}$ آبهای زیرزمینی

منظور از تهیه این نقشه‌ها نشان دادن محدوده‌های هم $r\frac{SO_4}{Cl}$ آبهای زیرزمینی است. که با استفاده از نشانه‌های

خطی و رنگی شکل ۴۱ می‌توان محدوده‌های هم $r\frac{SO_4}{Cl}$ را در پهنه دشت مشخص نمود.



شکل ۴۱- نشانه‌های خطی و رنگی برای مشخص کردن محدوده‌های هم $r\frac{SO_4}{Cl}$ آبهای زیرزمینی

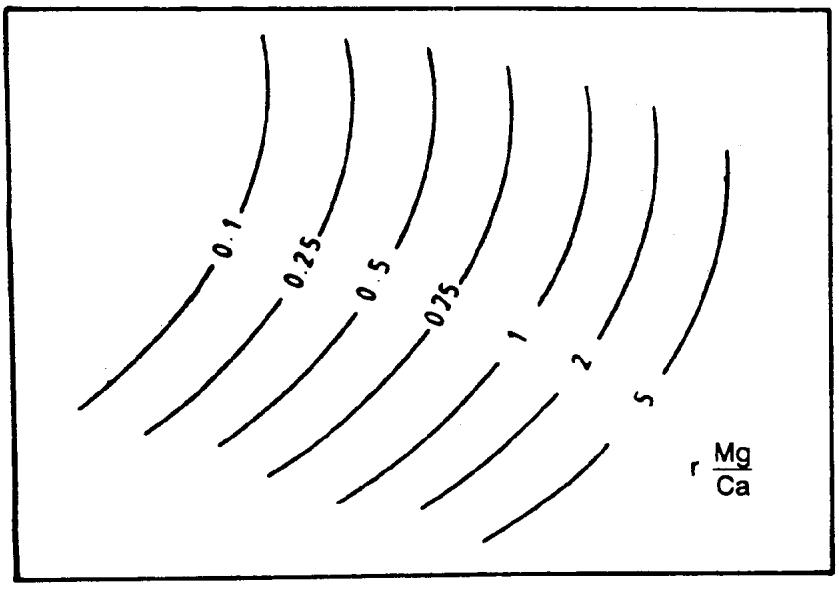
۱۶- تهیه نقشه‌های $r\frac{Mg}{Ca}$ آبهای زیرزمینی

ک - ۱۴ Q_W-14

در ژئوشیمی آبهای زیرزمینی حوضه‌های آبریز، تهیه نقشه‌های $r\frac{Mg}{Ca}$ نقش مهمی در تعیین سیمای کلی هیدروژئوشیمیایی آبخوانها داشته و از اهمیت زیادی برخوردار است. در این نقشه‌ها بخوبی می‌توان نحوه تغذیه آبخوانها را روشن و محدوده آنها را تعیین کرد. نقشه‌های مذکور نیز پاسخگوی بسیاری از مسائل هیدروژئولوژیکی منطقه مورد مطالعه است.

۱-۱۶ نقشه‌های خطوط هم $r\frac{Mg}{Ca}$ آبهای زیرزمینی

در این نقشه‌ها با در نظر گرفتن مقیاس موردنظر ارقام $r\frac{Mg}{Ca}$ منابع آبهای زیرزمینی را روی نقاط نمونه‌برداری شده نقشه زمین‌شناسی آب منطقه موردمطالعه پیاده می‌کنند و با توجه به اصول تهیه نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی و منحنی‌های شکل ۴۲ نقشه پوشش داده می‌شود:

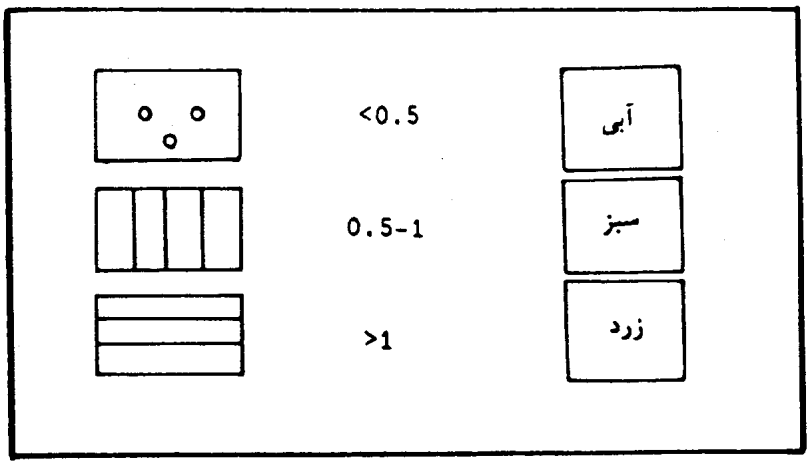


شکل ۴۲- منحنی‌های گزینه شده برای تهیه نقشه‌های خطوط هم $r\frac{Mg}{Ca}$ آبهای زیرزمینی

۲-۱۶ نقشه‌های زون‌بندی $r\frac{Mg}{Ca}$ آبهای زیرزمینی

هدف از تهیه این نقشه‌ها نشان دادن محدوده‌های مختلف هم $r\frac{Mg}{Ca}$ است و در این صورت با استفاده از نشانه‌های

خطی و رنگی شکل ۴۳ زون‌های هم منیزم به کلسیم در منطقه مطالعاتی مشخص می‌شود:



شکل ۴۳- نشانه‌های خطی و رنگی برای مشخص نمودن محدوده‌های هم $r\frac{Mg}{Ca}$ آبهای زیرزمینی

۱۷- تهیه نقشه‌های تبادل بازی و عدم تعادل کلروالکالن آبهای زیرزمینی

ک - ۱۵ Q_W-15

۱-۱۷ شاخص تبادل بازی[1] و عدم تعادل کلروالکالن[2]

بعضی از سازندها توان جذب سطحی و تعویض کاتیون‌های خود را با کاتیون‌های آبهای در تماس دارا هستند. مواد معدنی در نزد پاره‌ای ازکانی‌ها مانند: کائولینیت‌ها، ایلیت، و کلریت‌ها ظرفیت تبادل بازی ضعیفی داشته و در مقابل سازندهایی از قبیل زئولیت‌ها، گلوکونیتها و موادآلی ظرفیت تبادل بازی قوی دارند.

شاخص تبادل بازی در بررسی‌های هیدروژئوشیمیایی حوضه‌های آبریز اهمیت زیادی دارد. توانایی تبادل بازی را پرموتولیت[3] گویند و با علامت اختصاری Perm نمایش داده می‌شود و بنابراین روابط پرموتولیتی زیادی بین سازندها و آب برقرار است که از جمله چهار رابطه‌مهم زیر را می‌توان ذکر نمود :

$$\text{Perm. } 2Na+Ca^{++} \text{ آب} \longrightarrow \text{Perm.Ca+ } 2Na^{+} \text{ آب}$$

$$\text{Perm. } 2Na+Mg^{++} \text{ آب} \longrightarrow \text{Perm.Mg + } 2Na^{+} \text{ آب}$$

$$\text{Perm.Ca}^{++} + Mg^{++} \text{ آب} \longrightarrow \text{Perm. Mg+ } Ca^{++} \text{ آب}$$

$$\text{Perm. } 2Na + 2k^{+} \text{ آب} \longrightarrow \text{Perm. } 2k+ 2Na^{+} \text{ آب}$$

آگاهی از میزان وچگونگی تبادل بازی بوسیله شاخص تبادل بازی که باحروف اختصاری i.e.b نمایش داده می‌شود، انجام می‌پذیرد. شاخص تبادل بازی i.e.b با عدم تعادل کلراید الکالن I.Cl.Alk در رابطه است. از اینرو قبل از تعیین تبادل بازی، بایستی غلظتهای یون سدیم و یون کلراید ارزیابی شوند. در صورتیکه یون سدیم بزرگتر از یون کلراید باشد، شاخص تبادل بازی i.e.b منفی شده و در صورت تساوی شاخص فوق مساوی صفر و درمورد سوم که یون سدیم کوچکتر از یون کلراید باشد نسبت $r\frac{Cl - (Na+K)}{Cl}$ مثبت می‌شود. شاخص تبادل بازی i.e.b در محل مطالعاتی جریانهای آبهای زیرزمینی هنگامیکه مثبت شود، نشان دهنده این است که‌یون‌های سدیم و پتاسیم آب با آب یون‌های کلسیم و منیزیم سازندهای در تماس، تعویض می‌گردد. و نسبت قابل ذکر $r\frac{Cl - (Na+K)}{Cl}$ مثبت است. در فرایند تعویض‌های یونی تغییرات زیادی بعمل می‌آید که از جمله منفی شود و $rCO_3 + r\,SO_4 < rMg + rCa$ است. در مواقعی که شاخص نامبرده منفی گردد، یعنی : $r\frac{Cl-(Na+K)}{Cl}$ متعاقباً $r\frac{Cl-(Na+k)}{CO_3+HCO_3 + SO_4 + NO_3}$ نیز منفی خواهد بود. پس از خاتمه عملیات تبادل بازی در آبهای زیرزمینی

---

1 - Base exchanges Indice - Indice d'echenge de bases , I.e.b

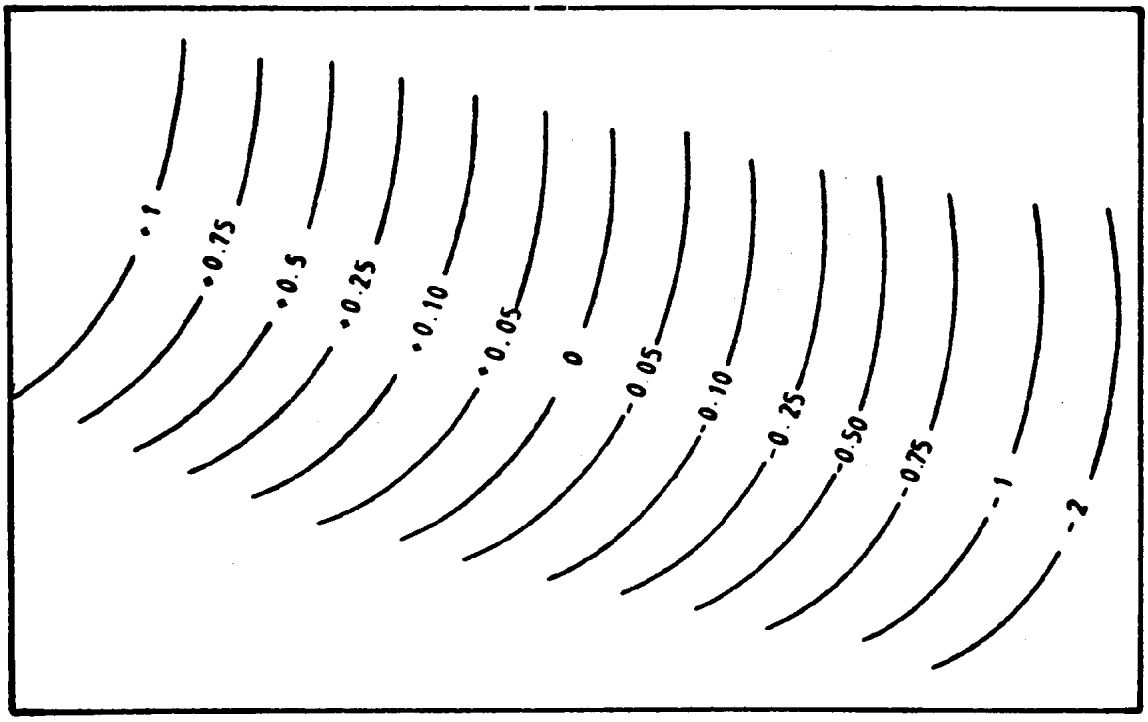
2- Chloride Alkalin desequilibrium indice (i.Cl.Alk.) - indice desequilibre Chlore Alcalin

3- Permutolites

کلیه نسبت‌های کاتیونی آن مانند : $r\frac{K}{Na}$, $r\frac{Mg}{Ca}$, $r\frac{Na}{Ca}$,$r\frac{Na}{Mg}$ ... تغییر پیدا می‌نماید. شاخص تبادل بازی در رابطه با عدم وجود کلرو الکالن در جریان آبهای زیرزمینی قابل بررسی و پیگیری است. این شاخص در آبهای زیرزمینی سازندهای سخت سیلیکاتی غالباً منفی و در پایانه‌های خروجی دشتها و نواحی تبخیری مثبت است.

۲-۱۷ نقشه‌های خطوط هم $r\frac{Cl - (Na+K)}{Cl}$ آبهای زیرزمینی

ارقام $r\frac{Cl - (Na+K)}{Cl}$ منابع آبهای زیرزمینی را در محل موقعیت‌های نمونه‌برداری شده بر روی نقشه زمین‌شناسی آب منطقه مورد مطالعه برده و با توجه به کلیات و اصول تهیه نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی با استفاده از منحنی‌های شکل ۴۴ منطقه پوشش داده می‌شود:

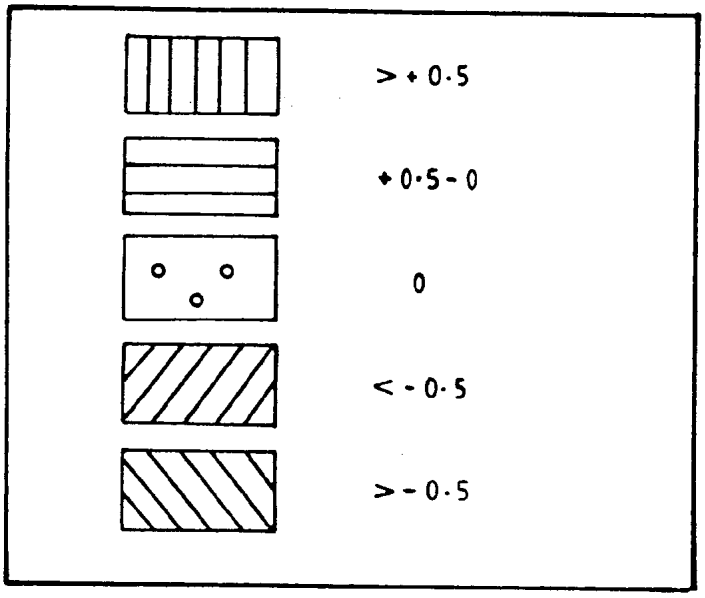


شکل ۴۴- منحنی‌های پوششی نقشه‌های خطوط هم $r\frac{Cl - (Na+K)}{Cl}$ آبهای زیرزمینی

۳-۱۷ نقشه‌های زون‌بندی $r\frac{Cl - (Na+K)}{Cl}$ آبهای زیرزمینی

هدف از تهیه این نقشه نشان دادن محدوده‌های هم نسبت فوق است و در این صورت با استفاده از نشانه‌های خطی

شکل ۴۵ مناطق مختلف هم $r\frac{Cl - (Na+K)}{Cl}$ آبهای زیرزمینی مشخص می‌گردند:



شکل ۴۵- نشانه‌های خطی و رنگی برای نشان دادن محدوده‌های هم $r\frac{Cl - (Na+K)}{Cl}$ آبهای زیرزمینی

۱۸- تهیه نقشه‌های $r\frac{Na}{Cl}$ آبهای زیرزمینی

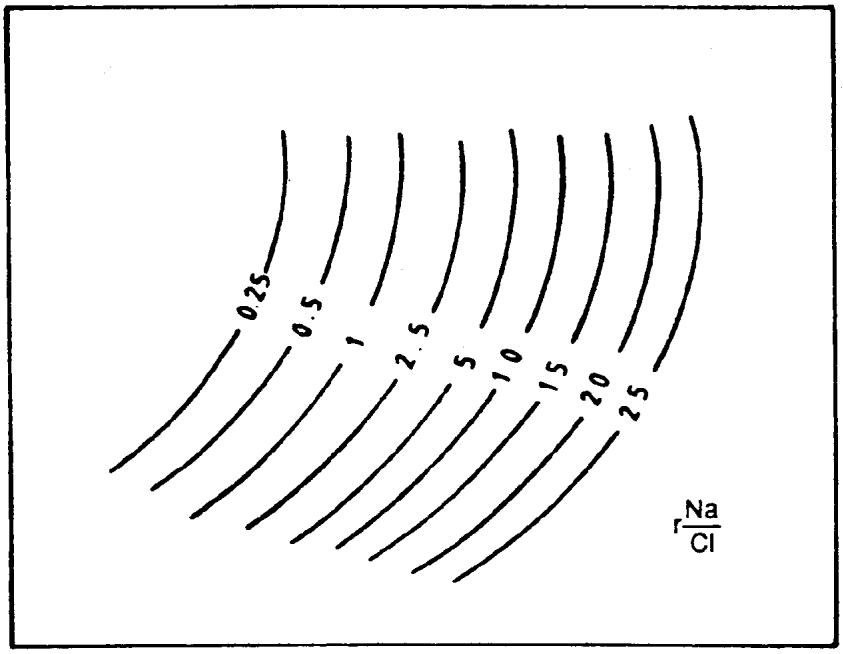
ک - ۱۶ Q_W-16

$r\frac{Na}{Cl}$ آبهای زیرزمینی به نامهای نسبت الکالن به کلراید و یا سدیم به کلراید خوانده می‌شود. کمیت بالا نشان دهنده چگونگی تعادل کلروالکالن درنقاط مختلف آبخوان در پهنه دشت و سازندها است.

$r\frac{(Na+k)}{Cl}$ موید تبادل بازی آب و سازندهاست. این کمیت در تیپ‌های مختلف آبی متغیر و قابل پیگیری است.

۱-۱۸ نقشه‌های خطوط هم $r\frac{Na}{Cl}$ آبهای زیرزمینی

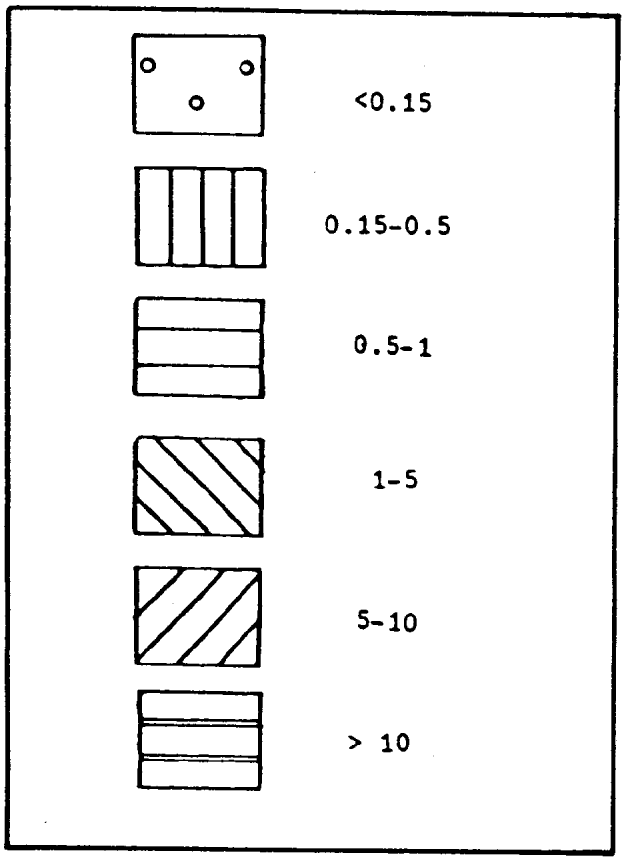
در این نقشه با در نظر گرفتن مقیاس موردنظر داده‌های محاسباتی $r\frac{Na}{Cl}$ مربوط به منابع آبهای زیرزمینی را روی نقشه پیاده می‌کنند و با استفاده از منحنی‌های شکل ۴۶ پوشش داده می‌شود:



شکل ۴۶- منحنی‌های گزینه شده برای تهیه نقشه‌های خطوط هم $r\frac{Na}{Cl}$ آبهای زیرزمینی

۲-۱۸ نقشه‌های زون‌بندی $r\frac{Na}{Cl}$ آبهای زیرزمینی

در این نقشه‌ها با استفاده از نشانه‌های خطی شکل ۴۷ محدوده‌های هم $r\frac{Na}{Cl}$ آبهای زیرزمینی مشخصی می‌گردند:



شکل ۴۷- نشانه‌های خطی و رنگی برای مشخص کردن محدوده‌های هم $r\frac{Na}{Cl}$ آبهای زیرزمینی

۱۹- تهیه نقشه‌های $r\frac{Na}{Ca+Mg}$ آبهای زیرزمینی

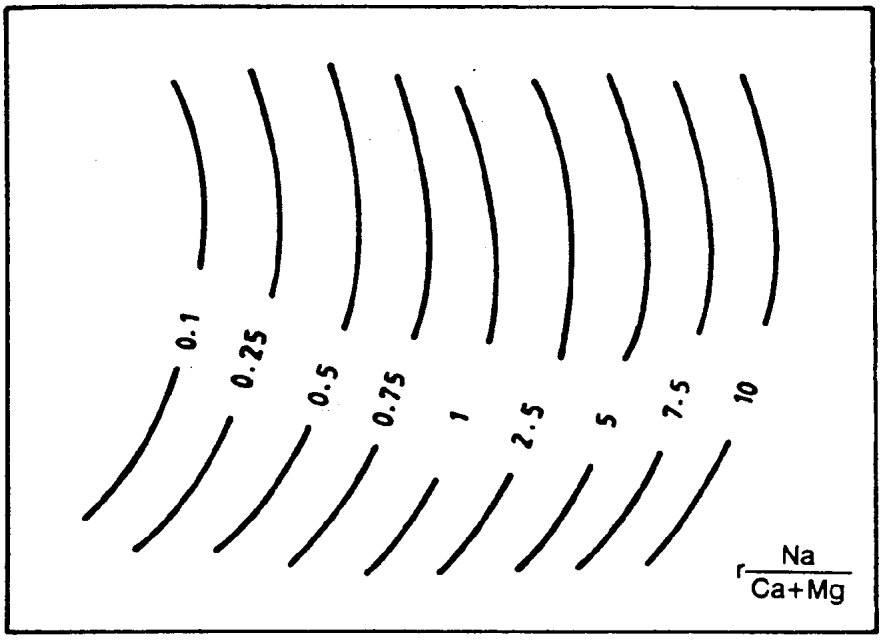
ک - ۱۷ Q_W-17

نقشه‌های $r\frac{Na}{Ca+Mg}$ در بررسی‌های کلی هیدروژئوشیمیایی منطقه بطور مکمل با سایر نقشه‌ها به منظور دستیابی به اهداف دقیق‌تر، تدارک دیده می‌شوند. $r\frac{Na}{Ca+Mg}$ به اسامی سدیم به مجموع کلسیم و منیزیم و یانسبت الکالن به فلزات قلیایی خاکی خوانده می‌شود. چون در نسبت معرف بالا سه پارامتر سدیم، کلسیم و منیزیم بکار گرفته شده است، لذا در بررسی‌های ژئوشیمیایی آبهای زیرزمینی آبرفت‌ها، سازندهای سخت آذرین، متامورفیک، کربناتی و غیره کمک شایانی به محققان می‌کنند.

در بهره‌برداری آبهای زیرزمینی برای کشاورزی، شرب و صنایع بررسی تغییرات این نسبت به تنهایی پاسخگوی بسیاری از مسائل موردنظر خواهد بود.

۱-۱۹ نقشه‌های خطوط هم $r\frac{Na}{Ca+Mg}$ آبهای زیرزمینی

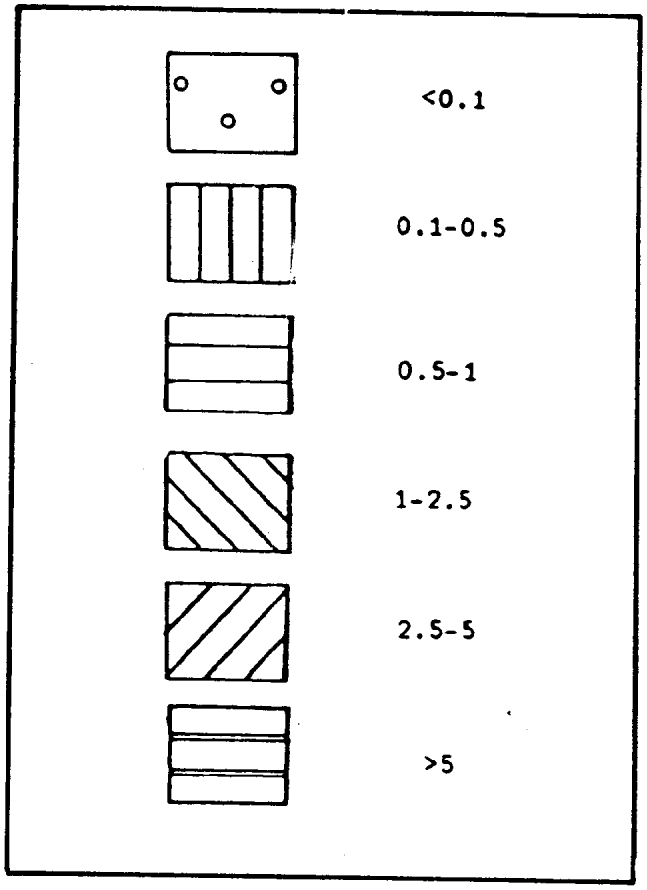
در این نقشه‌ها با در نظر گرفتن مقیاس موردنظر داده‌های محاسباتی $r\frac{Na}{Ca+Mg}$ منابع آبهای زیرزمینی را به روی نقشه پیاده می‌کنند و بوسیله منحنی‌های شکل ۴۸ منطقه پوشش داده می‌شود.



شکل ۴۸- منحنی‌های پوششی نقشه‌های خطوط هم $r\frac{Na}{Ca+Mg}$ آبهای زیرزمینی

۲-۱۹ نقشه‌های زون‌بندی $r\frac{Na}{Ca+Mg}$ آبهای زیرزمینی

در صورتی که هدف از تهیه نقشه نشان دادن محدوده هم $r\frac{Na}{Ca+Mg}$ آبهای زیرزمینی باشد، پس از انتقال ارقام محاسباتی این کمیتها بر روی نقشه با مقیاس موردنظر با استفاده از نشانه‌های خطی شکل ۴۹ محدوده‌های هم $r\frac{Na}{Ca+Mg}$ آبهای زیرزمینی مشخص می‌گردند:



شکل ۴۹- نشانه‌های خطی و رنگی برای مشخص کردن محدوده‌های هم $r\frac{Na}{Ca+Mg}$ آبهای زیرزمینی

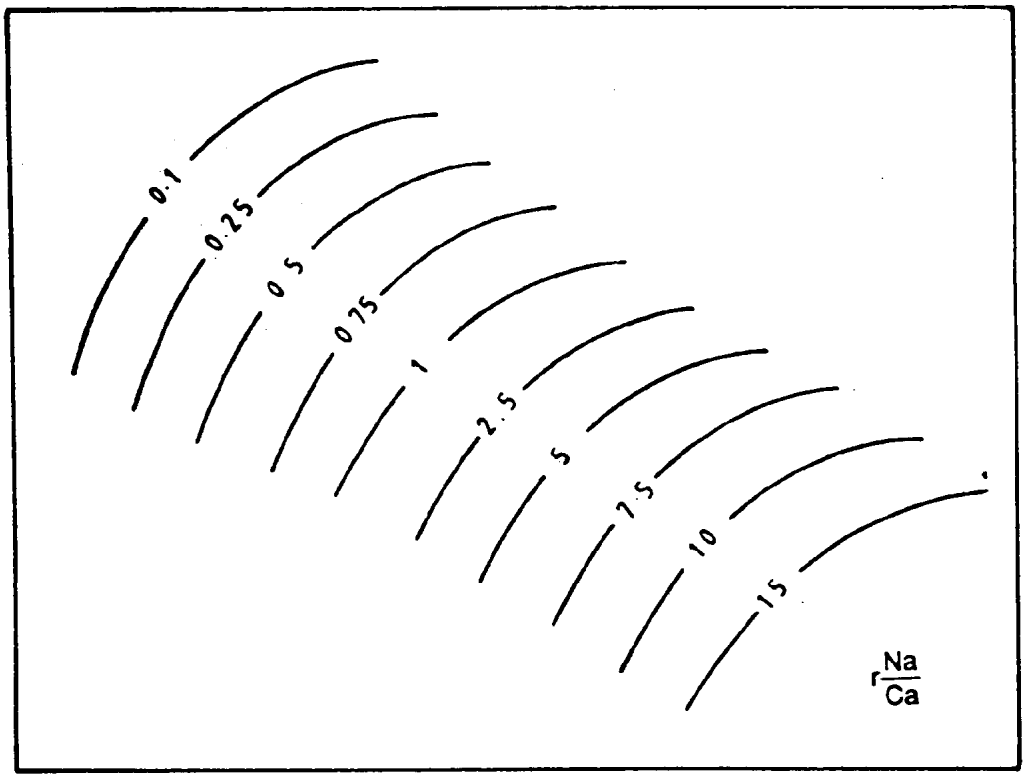
۲۰- تهیه نقشه‌های $r\frac{Na}{Ca}$ آبهای زیرزمینی

ک - ۱۸ Q_W-18

تهیه نقشه سدیم به کلسیم در بررسی ژئوشیمیایی آبهای زیرزمینی بطور انفرادی و یا برروی سایر نقشه‌ها، کمک شایانی به یافته‌های نوین می‌نماید. $r\frac{Na}{Ca}$ موجب شناسایی آبهای زیزمینی حاصل از سازندهای مختلف می‌شود. $r\frac{Na}{Ca}$ در پهنه آبرفت‌ها، در نقاط مختلف آبخوان‌ها از جبهه‌های تغذیه تا خروجی دشت متفاوت است و سیر تحول ترکیب شیمیایی آب را نشان می‌دهد. جهش‌های ناگهانی منحنی‌های $r\frac{Na}{Ca}$ در دشت نشانه فعالیت در آن نقطه است.

۱-۲۰ نقشه‌های خطوط هم $r\frac{Na}{Ca}$ آبهای زیرزمینی

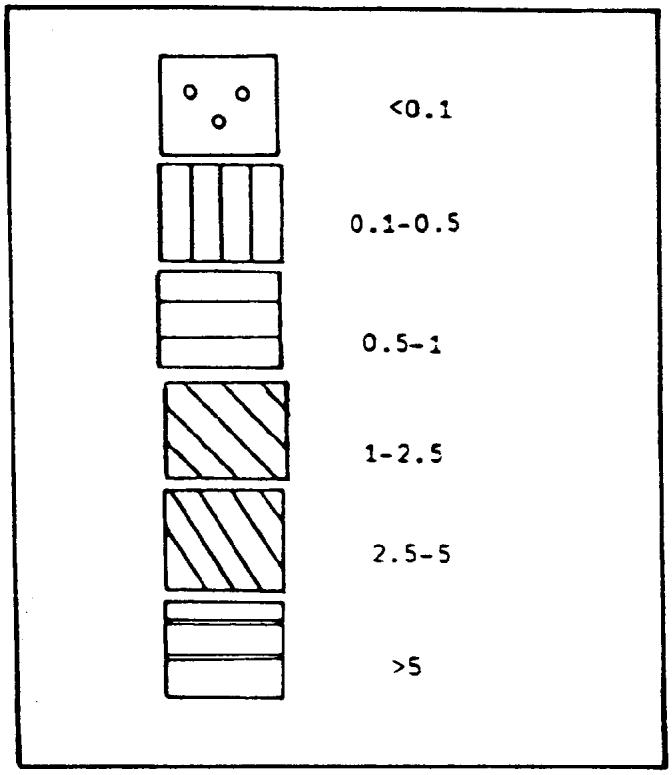
این نقشه‌ها با در نظر گرفتن مقیاس موردنظر داده‌های محاسباتی $r\frac{Na}{Ca}$ مربوط به منابع آبهای زیرزمینی را روی نقشه پیاده می‌کنند و با استفاده از منحنی‌های شکل ۵۰ منطقه پوشش داده می‌شود:



شکل ۵۰- منحنی‌های گزینه شده برای تهیه نقشه‌های خطوط هم $r\frac{Na}{Ca}$ آبهای زیرزمینی

۲-۲۰ نقشه‌های زون‌بندی $r\frac{Na}{Ca}$ آبهای زیرزمینی

در صورتی که هدف از تهیه نقشه نشان دادن محدوده‌های هم $r\frac{Na}{Ca}$ باشد، پس از انتقال ارقام محاسباتی این نسبت برروی نقشه با مقیاس موردنظر بااستفاده از نشانه‌های خطی شکل ۵۱ محدوده‌های هم $r\frac{Na}{Ca}$ آبهای زیرزمینی مشخص می‌گردد:



شکل ۵۱- نشانه‌های خطی و رنگی برای مشخص نمودن محدوده‌های هم $r\frac{Na}{Ca}$ آبهای زیرزمینی

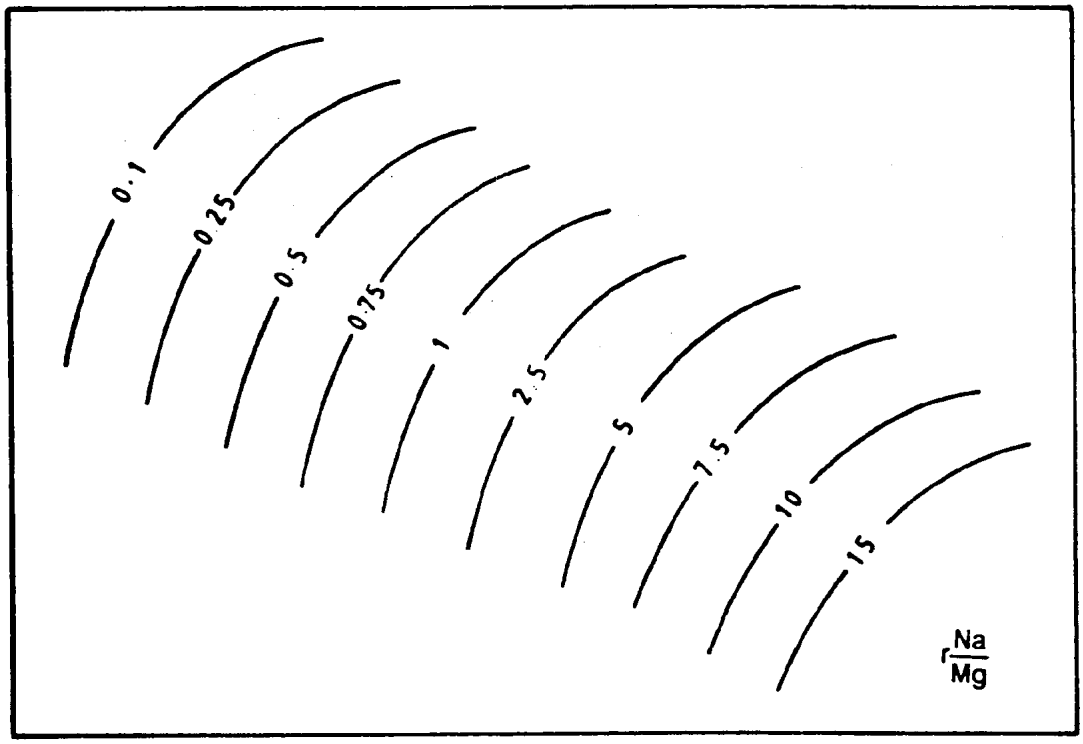
۲۱- تهیه نقشه‌های $r\frac{Na}{Mg}$ آبهای زیرزمینی

ک - ۱۹ Q_W-19

نقشه سدیم به منیزیم آبهای زیرزمینی در چارچوب بررسی‌های ژئوشیمیایی آبهای زیرزمینی کمک زیادی در نشان دادن سیمای هیدروژئوشیمیایی منطقه مطالعاتی و نیز چگونگی تغذیه آبهای زیرزمینی از سازندهای سخت آذرین، دگرگون شده، کربناتی و همچنین چشمه‌های معدنی می‌نماید.

۱-۲۱ نقشه‌های خطوط هم $r\frac{Na}{Mg}$ آبهای زیرزمینی

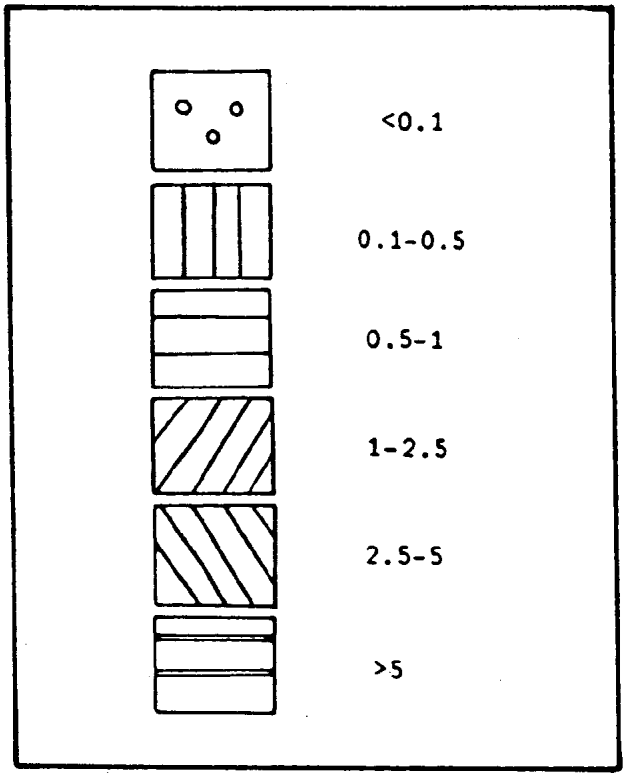
در این نقشه با در نظر گرفتن مقیاس موردنظر، داده‌های محاسباتی $r\frac{Na}{Mg}$ مربوط به منابع آبهای زیرزمینی را روی نقشه پیاده و با استفاده از منحنی‌های شکل ۵۲ منطقه پوشش داده می‌شود.



شکل ۵۲ - منحنی‌های گزینه شده برای تهیه نقشه‌های خطوط هم $r\frac{Na}{Mg}$ آبهای زیرزمینی

۲-۲۱ نقشه‌های زون‌بندی $r\frac{Na}{Mg}$ آبهای زیرزمینی

در صورتی که هدف از تهیه نقشه نشان دادن مناطق مختلف هم $r\frac{Na}{Mg}$ باشد، پس از انتقال ارقام محاسباتی برروی نقشه با مقیاس ذکر شده، با استفاده از نشانه‌های خطی شکل ۵۳ محدوده‌های هم $r\frac{Na}{Mg}$ آبهای زیرزمینی مشخص می‌گردد:



شکل ۵۳- نشانه‌های خطی و رنگی برای نشان دادن محدوده‌های هم $r\frac{Na}{Mg}$ آبهای زیرزمینی

۲۲- تهیه نقشه‌های آبهای زیرزمینی از نظر آلودگی به میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا

ک - ۲۰ Q_W-20

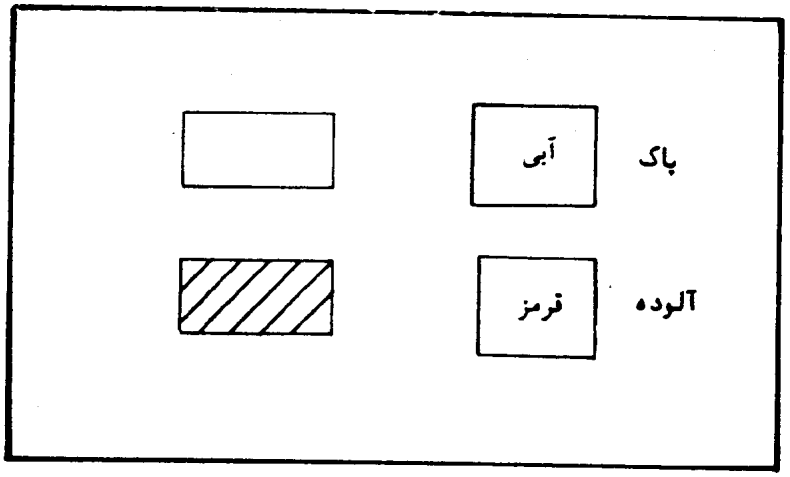
۱-۲۲ آلودگی به میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا

گروهی از میکروارگانیسم‌ها موجب بیماری‌های خطرناکی، مانند تب تیفوئیدی یا حصبه و اسهال می‌گردند. این دسته از میکروارگانیسم را میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا[1] گویند وجود آنها در آبهای مشروب نشانه آلودگی میکروبی مستقیم آب می‌باشند. تعیین نوع میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا در آب بسیار دشوار است.

در مدفوع انسان و فاضلاب‌ها تعداد بسیار زیادی از باکتری‌های بی‌ضرر وجود دارد که شناسایی آنها ساده بوده و همراه میکروبهای بیماری‌زا حرکت می‌نمایند. این باکتریها را که در روده انسان و حیوانات زندگی می‌کنند کلی فرم[2] خوانند. حضور کلی فرمها در آبهای مشروب هشداری از نظر آلودگی آب به فاضلاب‌های خانگی است و اساساً کلی فرمها نباید در آبهای مشروب ظاهر گردند. دسته‌های دیگری از باکتری‌ها موجودند که حضور آنها در آب موجبات مخاطرات بهداشتی را برای مصرف کنندگان فراهم می‌سازد.

۲-۲۲ نقشه‌های آبهای زیرزمینی از نظر آلودگی به میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا

داده‌های نهایی مربوط به آزمایشهای باکتریولوژی منابع آبهای زیرزمینی برحسب دو نتیجه‌نهایی آلوده و پاک را به محل موقعیت‌های نمونه‌برداری شده نقشه زمین‌شناسی آب منطقه مطالعاتی منتقل نموده و محدوده‌های پاک و آلوده آبهای زیرزمینی با نشانه‌های خطی و رنگی شکل ۵۴ مشخص می‌شوند:



شکل ۵۴- نشانه‌های خطی ورنگی برای تعیین محدوده‌های پاک و آلوده در نقشه‌های آبهای زیرزمینی از نظر آلودگی میکرارگانیسم‌های بیماری زا

1- Pathogenic

2- Coliforms

۲۳- تهیه نقشه‌های آبهای زیرزمینی از نظر آلودگی نیتراتی

ک - ۲۱ Q_W-21

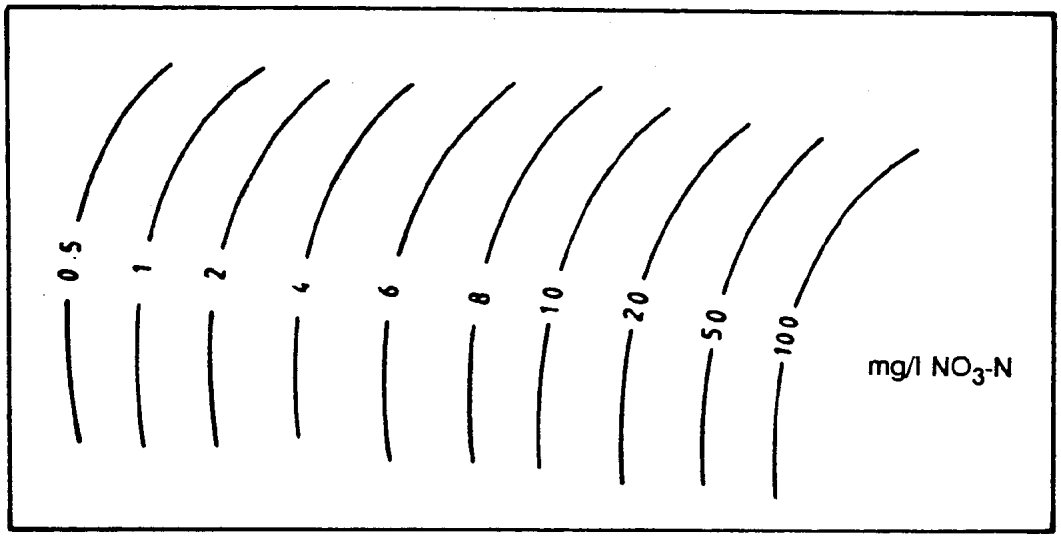
نیترات‌های موجود در آب محصول نهایی اکسیداسیون نیتریت‌ها بوسیله گروهی از باکتری‌های هوازی‌اند. این باکتریها در معرض هوا و نور کافی مستقیماً قادرند نیتروژن موجود در هوا "N_2" را به NO_3 تبدیل کنند که مورد استفاده گیاهان قرار می‌گیرد.

به هنگام رعد و برق و تخلیه الکتریکی بخشی از نیتروژن هوا اکسید شده و با آب باران به صورت اسید نیتریک نازل و آنگاه با کلسیم خاک ترکیب و تولید نیترات کلسیم می‌نماید که بطور طبیعی موجب رشد گیاهان می‌شود. زمینهایی که در آن شبدر و یا گونه‌هایی از این خانواده کشت می‌گردد به علت ذخیره مقادیر زیادی نیترات در ریشه خود، مقدار زیادی ترکیبات نیتروژن‌دار را به آبهای زیرزمینی اطراف خود تخلیه می‌نمایند. کودهای شیمیایی از ته، دارای نیتروژن زیادی به شکل نیترات هستند که پس از بارندگی و یا آبیاری وارد آبهای زیرزمینی می‌شوند.

حد مجاز استاندارد جهانی نیترات در آب ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر نیتروژن و یا ۴۵ میلی‌گرم بر لیتر نیترات اعلام گردیده و چنانچه در آبهای مشروب نیترات از حد بالا تجاوز نماید باعث بیماری "سیانوز در نوزادان"[1] گشته و در بزرگسالان احتمالاً موجب سرطان لوله‌های گوارشی می‌شود:

۱-۲۳ تهیه نقشه‌های خطوط هم نیترات آبهای زیرزمینی

در این نقشه‌ها با در نظر گرفتن مقیاس موردنظر داده‌های غلظتی نیترات برحسب نیتروژن مربوط به منابع آبهای زیرزمینی را بر روی نقشه پیاده کرده و با منحنی‌های شکل ۵۵ منطقه پوشش داده می‌شود.

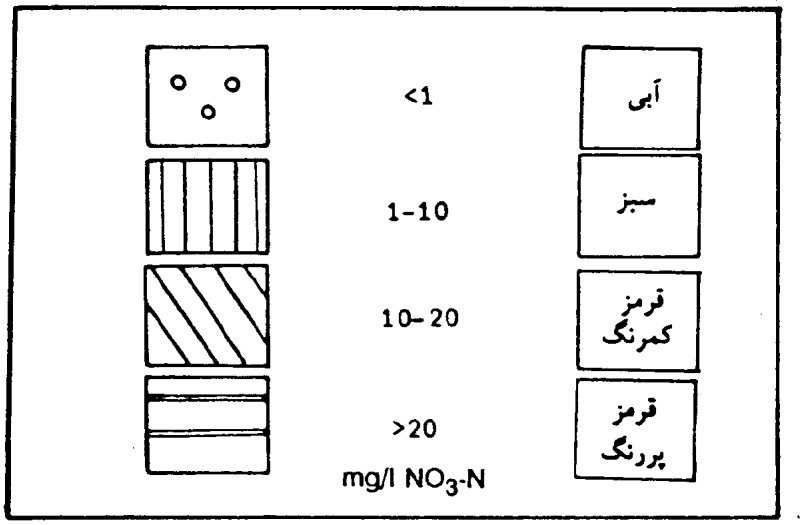


شکل ۵۵- منحنی‌های‌گزینه شده برای تهیه نقشه‌های خطوط هم نیترات آبهای زیرزمینی برحسب نیتروژن mg/l NO_3-N

1- Methemoglobinemia یا Blue Babies

۲-۲۳ تهیه نقشه‌های زون‌بندی نیترات آبهای زیرزمینی

در صورتی که هدف از تهیه نقشه، تعیین حدود محدوده‌های هم نیترات باشد، پس از انتقال داده‌های غلظتی نیترات برحسب نیتروژن برروی نقشه با مقیاس موردنظر با استفاده از نشانه‌های خطی و رنگی شکل ۵۶ محدوده‌های هم نیترات آبهای زیرزمینی مشخص می‌گردند:



شکل ۵۶- نشانه‌های خطی و رنگی برای مشخص کردن مناطق هم نیترات برحسب نیتروژن - نقشه‌های نیترات آبهای زیرزمینی

۲۴- تهیه نقشه‌های آبهای زیرزمینی از نظر آلودگی به پاک‌کننده‌ها

ک - ۲۲ Q_W-22

۱-۲۴ پاک‌کننده‌ها (دترجنت [1])

این شوینده‌ها از مواد پاک‌کننده تشکیل می‌شوند که پدیدار شدن آنها در آب نشانه نشت فاضلابی است. در گذشته شوینده‌های طبیعی مورد استفاده قرار می‌گرفت که قدرت آلوده‌سازی آنها بسیار ضعیف بود. ولی امروزه به علت افزایش جمعیت و مصرف بیشتر و بالارفتن آگاهی‌های بهداشتی، شوینده‌های صنعتی جایگزین مواد شوینده طبیعی شده‌اند که مشکلاتی از نظر آلودگی در منابع آب ایجاد می‌نمایند.

پاک‌کننده‌ها قدرت پاک کنندگی بالایی دارند و معمولاً از مواد زیر تشکیل شده اند :

الف - ماده اصلی :که از ترکیب یک ماده آلی مانند الکیل بنزن ، الکیل نفتیل ، اسیدهای چرب و الکل‌های چرب که دارای خاصیت هیدروفوبیک (دفع آب) می‌باشند تشکیل شده است.

ب - مواد افزونی : عبارتند از ترکیبات معدنی مانند کربوکلسیتها ، فسفاتها ، سولفاتها و سولفوناتها که در آب حل شده و دارای خاصیت هیدروفیلیک (جاذب آب) هستند.

ممکن است پاک‌کننده‌ها دارای ترکیبات آهن و آمونیاک نیر باشند.

برای افزایش خاصیت پاک کنندگی پاک‌کننده‌ها از مواد دیگری نظیر کلسیم هیپوکلریت، بوراکس و نیز از اسانس‌های خوشبو کننده استفاده می‌گردد.

پاک‌کننده‌ها ممکن است آنیونیک یا کاتیونیک باشند که بستگی به موارد استعمال و استفاده از آنها دارد.

۲-۲۴ گروه‌بندی شوینده‌های پاک‌کننده

بر حسب نیاز شوینده‌های پاک‌کننده مختلفی ساخته شده‌است. پاک‌کننده‌های آنیونی عموما" دارای املاح سدیم اند که یونیزاسیون آن‌هامنجر به تولید یون سدیم، سولفونات و موادشیمیایی اضافی در آب می‌گردد و معروفترین پاک‌کننده آنیونی دارای املاح سدیم، الکیل بنزن سولفونات "ABS" [2] به فرمول $R\ SO_3Na$ است که پلی مری از پروپلین است. این نوع از پاک‌کننده‌ها به علت دارابودن انشعابات شاخه ای دارای قابلیت تجزیه بیولوژیکی کم بوده و به نام پاک‌کننده‌های سخت معروف است. استفاده از این‌نوع پاک‌کننده در ایران ممنوع است. پاک‌کننده‌های دارای زنجیرهای مستقیم و خطی به لحاظ افزایش قابلیت تجزیه بیولوژیکی آنها(بیشتر از ۸۰ درصد) از طرف موسسات استاندارد جهانی توصیه شده و امروزه به نام L.A.S [3] معروفند.

1- Detergent

2- Alkyl Benzine Sulfonate (non - biodegradable)

3- Linear Alkyl Sulfunat (Biodegradable)

۳-۲۴ مخاطرات بهداشتی ناشی از شوینده‌های پاک‌کننده

۱-۳-۲۴ ایجاد کف در سطح آب - الکیل بنزن سولفوناتها با توجه به pH محیط آهکی در غلظت‌های ۰/۳ تا ۱ میلیگرم بر لیتر شروع به کف کردن می‌نمایند و بدین ترتیب از عمل اکسیژن گیری آب جلوگیری می‌شود.

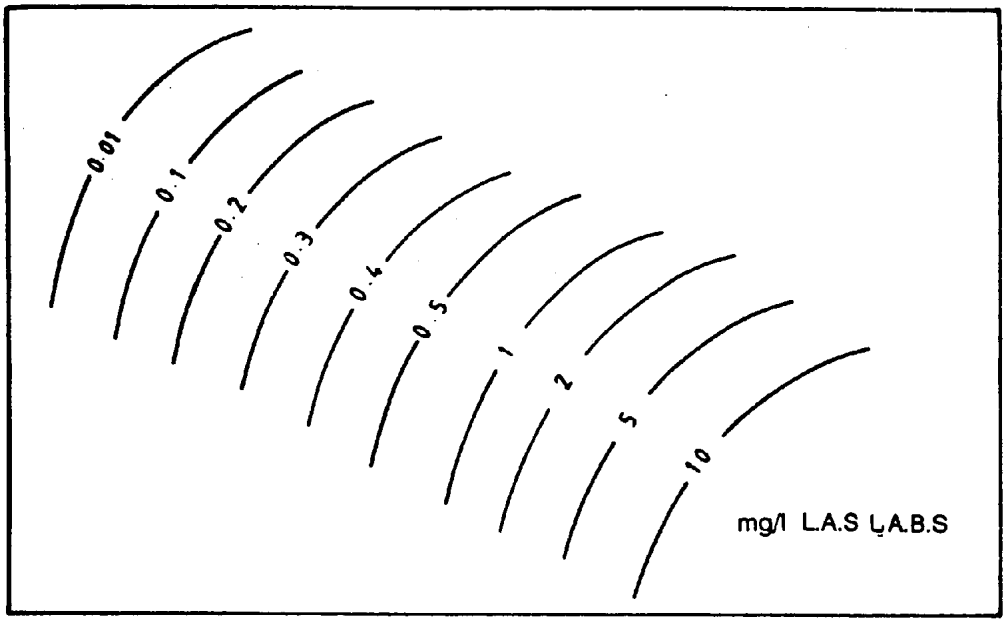
۲-۳-۲۴ از بین رفتن موجودات زنده - چنانچه غلظت پاک‌کننده‌ها بیشتر از ۳ میلی گرم بر لیتر باشد، ماهی‌ها و بعضی ازموجودات آبزی از بین خواهند رفت.

۳-۳-۲۴ اثر پاک‌کننده‌ها در عملیات تصفیه آب و فاضلاب - وجودکف و ترکیبات اضافی پاک‌کننده‌ها درته‌نشینی و فلوکولاسیون اثر گذاشته و قابلیت تجزیه بیولوژیکی آنها نباید از ۸۰ درصد کمتر باشد.

۴-۳-۲۳ آلودگی آبها - وجود پاک‌کننده‌ها در آبهای جاری و زیرزمینی مؤید آلودگی آب به فاضلابهای خانگی و پسابهای صنعتی است و معمولاً باعث کف و بوی نامناسب و طعم نامطبوع می‌گردند. وجود فسفات اضافی موجب افزایش رشد پلانکتونها و آلگها و پیری زودرس [1] آبها می‌گردد.

۴-۲۴ نقشه خطوط هم شوینده‌های پاک‌کننده آبهای زیرزمینی

در این نقشه‌ها با در نظر گرفتن مقیاس موردنظر داده‌های غلظتی پاک‌کننده برحسب میلی گرم بر لیتر L.A.S یا A.B.S مربوط به منابع‌آبهای زیرزمینی روی نقشه پیاده شده و بوسیله منحنی‌های شکل ۵۷ منطقه پوشش داده می‌شود:

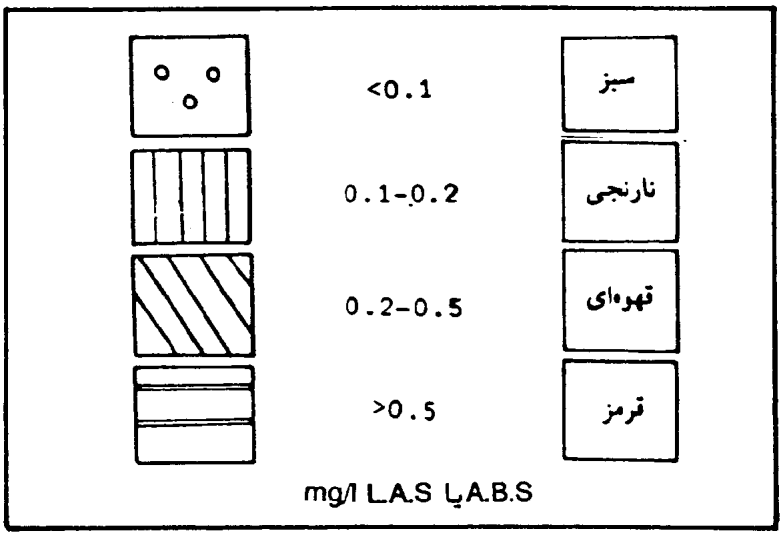


شکل ۵۷- منحنی‌های پوششی نقشه‌های خطوط هم‌آلودگی های پاک‌کننده
برحسب میلی گرم بر لیتر A.B.S یا L.A.S mg/1

1- Eutrification

۵-۲۴ نقشه‌های زون‌بندی آبهای زیرزمینی از نظر آلودگی به شوینده‌های پاک‌کننده

در صورتی که هدف از تهیه نقشه نشان دادن محدوده‌های مختلف آلوده به شوینده پاک‌کننده باشد، پس از انتقال داده‌های غلظتی موادشوینده پاک‌کننده برروی نقشه با مقیاس‌های موردنظر با استفاده از علائم و نشانه‌های خطی و رنگی شکل ۵۸ محدوده هم آلوده به موادشوینده پاک‌کننده بر حسب A.B.S یا mg/1 L.A.S مشخص می‌گردند.



شکل ۵۸- نشانه‌های خطی و رنگی برای مشخص نمودن مناطق آلوده به موادشوینده پاک‌کننده در نقشه‌های آلوده به مواد پاک‌کننده در آبهای زیرزمینی

۲۵- اسامی بخشی از نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی ویژه در مطالعات موردی[1]

۲۵-۱ نقشه‌های آهن آب‌های زیرزمینی

۲۵-۲ نقشه منگنز آبهای زیرزمینی

۲۵-۳ نقشه‌های CO_2 و H_2S آبهای زیرزمینی

۲۵-۴ نقشه‌های پایداری آبهای زیرزمینی

۲۵-۵ نقشه‌های اشباع سولفات کلسیم و کربنات کلسیم

۲۵-۶ نقشه‌های خوردگی آبهای زیرزمینی

۲۵-۷ نقشه‌های SiO_2 آبهای زیرزمینی

۲۵-۸ نقشه‌های آلودگی آبهای زیرزمینی به مواد رادیواکتیو

۲۵-۹ نقشه‌های آبهای زیرزمینی از نظر آلودگی به سرب

۲۵-۱۰ نقشه‌های آبهای زیرزمینی ازنظر آلودگی به سموم گیاهی

۲۵-۱۱ نقشه‌های چشمه‌های معدنی

۲۵-۱۲ نقشه‌های Na% آبهای زیرزمینی

۲۵-۱۳ نقشه‌های قابلیت رسوب‌زدایی آبهای زیرزمینی

1- Case Study

۲۶- فهرست منابع و ماخذ :

۲۶-۱- اطلس هیدروژئولوژی جنوب البرز - وزارت نیرو

26-2- HEM, JOHN D., 1989 ,STUDY AND INTERPRETATION OF THE CHEMICAL CHARACTERISTICS OF NATURAL WATER. U.S. GEOLOGICAL SURVEY

26-3- SCHOELLER, H., LES EAUX SOUTERRAINES.