

جمهوری اسلامی ایران

دستورالعمل برپایی آزمایشگاه آب

نشریه شماره ۲۶۵

وزارت نیرو
سازمان مدیریت منابع آب ایران
دفتر استاندارد مهندسی آب

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
معاونت امور فنی
دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی

۱۳۸۲

انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ۸۲/۰۰/۲۷

فهرستبرگه

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی
دستورالعمل برپایی آزمایشگاه آب/ معاونت امور فنی، دفتر تدوین ضوابط و
معیارهای فنی؛ وزارت نیرو، سازمان مدیریت منابع آب ایران، دفتر استاندارد مهندسی آب.-
تهران: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و
انتشارات، ۱۳۸۲.

۱۵ص: مصور.- (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. دفتر تدوین ضوابط و معیارهای
فنی؛ نشریه شماره ۲۶۵) (انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور؛ ۸۲/۰۰/۲۷)
ISBN 964-425-425-2

مربوط به بخشنامه شماره ۱۰۱/۲۵۹۲۲ مورخ ۱۳۸۲/۲/۲۰
کتابنامه: ص. ۱۵

۱. آب - آزمایشگاهها - دستنامه‌ها. ۲. آب - آزمایشگاهها - ابزار و وسایل. ۳. آب - تجزیه
و آزمایش. الف. سازمان مدیریت منابع آب ایران. ب. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. مرکز
مدارک علمی و انتشارات. ج. عنوان. د. فروست.

۱۳۸۲ ش. ۲۶۵/س ۳۶۸/س TA

ISBN 964-425-425-2

شابک ۹۶۴-۴۲۵-۴۲۵-۲

دستورالعمل برپایی آزمایشگاه آب

تهیه کننده: معاونت امور فنی. دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی
ناشر: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور. معاونت امور پشتیبانی. مرکز مدارک علمی و انتشارات

چاپ اول: ۱۰۰۰ نسخه، ۱۳۸۲

قیمت: ۳۰۰۰ ریال

لیتوگرافی: قاسملو

چاپ و صحافی: چاپ زحل

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.



بسمه تعالی

ریاست جمهوری
سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور
دفتر رئیس سازمان

شماره : ۱۰۱/۲۵۹۲۲	بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی ، مهندسان مشاور و پیمانکاران
تاریخ : ۱۳۸۲/۲/۲۰	
موضوع : برپایی آزمایشگاه آب	
<p>به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی ، موضوع ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چهارچوب نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوبه شماره ۲۴۵۲۵/ت/۱۴۸۹۸ هـ ، مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت محترم وزیران) به پیوست نشریه شماره ۲۶۵ دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی این سازمان ، با عنوان «برپایی آزمایشگاه آب» از نوع گروه سوم ، ابلاغ می‌گردد .</p> <p>دستگاه‌های اجرایی ، مهندسان مشاور ، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده نمایند و در صورتی که روش‌ها ، دستورالعمل‌ها و راهنماهای بهتری در اختیار داشته باشند ، رعایت مفاد این نشریه الزامی نیست .</p> <p>شایان ذکر است که عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از دستورالعمل‌ها ، روش‌ها یا راهنمایی‌های جایگزین را برای دفتر تدوین ضوابط و معیارهای فنی این سازمان ، ارسال دارند .</p>	
<p>من ... التوفیق محمد ستاری فر معاون رئیس جمهوری و رئیس سازمان</p>	

بسمه تعالی

پیشگفتار

استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل تهیه (مطالعات امکان سنجی)، مطالعه و طراحی، اجرا، بهره‌برداری و نگهداری طرحهای عمرانی بلحاظ توجیه فنی و اقتصادی طرحها، کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) و هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری از اهمیتی ویژه برخوردار می‌باشد.

نظام فنی و اجرایی طرح‌های عمرانی کشور (مصوبه مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیات محترم وزیران) بکارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام شده طرحها را مورد تاکید جدی قرار داده است.

باتوجه به مراتب یادشده و شرایط اقلیمی و محدودیت منابع آب در ایران، امور آب وزارت نیرو (طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور) با همکاری معاونت امور فنی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور (دفتر امور فنی و تدوین معیارها) براساس ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه اقدام به تهیه استانداردهای مهندسی آب نموده است.

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

- استفاده از تخصصها و تجربه‌های کارشناسان و صاحبانظران 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
- 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 تهیه کننده استاندارد

ضمن تشکر از کارشناسان محترم برای بررسی و اظهار نظر در مورد این استاندارد، امید است مجریان و دست‌اندرکاران بخش آب، با بکارگیری استانداردهای یاد شده، برای پیشرفت و خودکفایی این بخش از فعالیتهای کشور تلاش نموده و صاحبانظران و متخصصان نیز با اظهار نظرهای سازنده در تکامل این استانداردها مشارکت کنند.

معاون امور فنی

بهار ۱۳۸۲

ترکیب اعضای کمیته

ترکیب اعضای کمیته فنی شماره ۱۲ گروه کیفیت که در تهیه و تدوین این پیش نویس استاندارد مشارکت داشته‌اند به ترتیب حروف الفباء به شرح زیر هستند:

خانم زهرا ایزدپناه	فوق لیسانس مهندسی آبیاری و آبادانی
آقای رحمتعلی براتعلی	لیسانس مهندسی زمین شناسی و آبشناسی
آقای ماشاله تابع جماعت	لیسانس مهندسی عمران - آب
آقای علی اکبر علوی	فوق لیسانس شیمی و مهندسی بهداشت
خانم فاطمه فروغی زاده	لیسانس مهندسی زمین شناسی و آبشناسی
آقای شهرام کریمی	لیسانس مهندسی زمین شناسی و آبشناسی
آقای بیژن مهرسا	فوق لیسانس مهندسی آبهای زیرزمینی
آقای مهدی هاشمی	لیسانس مهندسی زمین شناسی و آبشناسی

فهرست مطالب

<u>صفحه</u>	<u>عنوان</u>
۱	مقدمه
۲	- برپایی آزمایشگاه آب
۲	-۱ طراحی آزمایشگاه
۴	-۲ عوامل ایمنی در طراحی
۴	-۳ آزمایشگاه سیار
۷	-۴ انتخاب دستگاههای آزمایشگاهی
۷	-۵ انتخاب مواد شیمیایی
۸	-۶ ظروف آزمایشگاهی
۸	-۷ نمونه برداری
۹	-۸ برنامه آزمایش
۹	-۹ تهیه لوازم
۱۰	-۱۰ آزمایش آب
۱۲	-۱۱ عناصر نادر
۱۵	فهرست منابع و مآخذ

مطالعه و ارزیابی کیفی آب، بخش مهمی از بررسیهای منابع آب را شامل می‌شود. با تحلیل داده‌های غلظتی عناصر و مواد آلاینده موجود در آب، می‌توان آن را از نظر کاربری در مصارف شرب، کشاورزی و صنعت، گروه‌بندی نموده، و ارسیهای لازم را اعمال کرد. بنابراین کیفیت شیمیایی آب که خود مبتنی بر اندازه‌گیری پارامترهای کیفی است، از ابزارهای مهم مطالعاتی آب به شمار می‌رود.

ارزشیابی طبیعی و کاربردی آب، براساس کیفیت آن ارزیابی می‌شود. ویژگیهای فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناختی، کیفیت طبیعی آب را تشکیل داده و با روشهای استاندارد، آزمونهای فیزیکی، شیمیایی و زیست‌شناسی، سنجش و برآورد می‌شوند. آزمایش آب نیاز به ابزار، دستگاه و وسایل شیشه‌ای دارد. آزمایشگاه آب، مکانی است که تجهیزات و مواد مصرفی به طوری آرایه داده شوند که عملیات ذریط به آسانی انجام گیرد. برای تعیین مواد موجود آب در صحرا می‌توان از آزمایشگاههای سیار استفاده کرد. در پایش کیفی آب، آزمایشگرهای خودکار، در محلهای کارشناسی شده، نصب و نتایج به‌دست آمده از مرکز واری می‌شود.

در این دستورالعمل، طرح ساخت، تأسیس، دایرکردن و برپایی آزمایشگاه آب ارائه شده و در آن، تأسیسات آب، برق، گازها، تهویه مطبوع، وسایل هشداردهنده آتش‌نشانی، آرایه میزهای آزمایشگاهی، انبار، اتاقهای کارکنان، مخبرات و کتابخانه پیش‌بینی شده است.

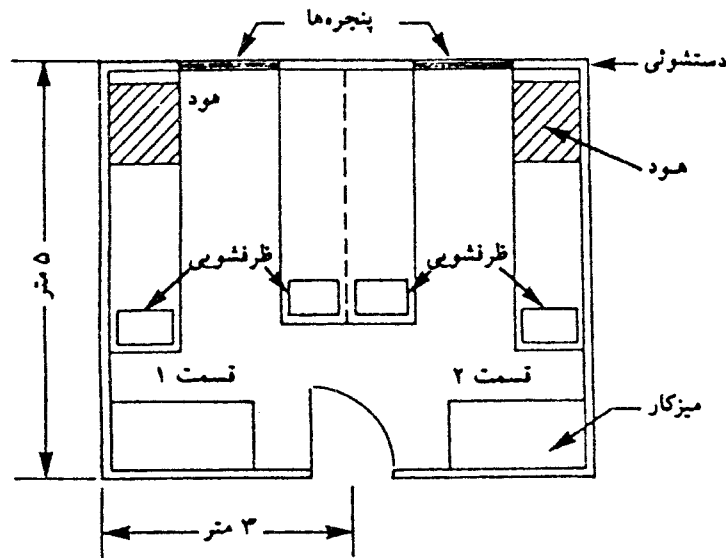
برپایی آزمایشگاه آب

فرآیند مبانی تعیین مواد محلول در آب، پیش‌نیازی برای شناخت کیفی منابع آب و مسایل مهم مهندسی آب است، که در آزمایشگاهها به کمک تجزیه کیفی و کمی عناصر موجود در آب تعیین می‌گردد. در پروژه‌های آبی برای طراحی مهندسی و بهینه‌سازی، گام نخست، شناسایی خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژی آب است و این مهم با تجزیه کامل آب در آزمایشگاه تحقق می‌یابد. بنابراین برپایی آزمایشگاه، نمونه‌برداری آب و انتقال نمونه‌ها، از کارهای اساسی مرحله شناسایی بوده و پایه مطالعات کیفی آب را تشکیل می‌دهد. برپایی آزمایشگاه آب بستگی به اهداف و دامنه فعالیت‌های علمی پروژه‌های آبی موردنظر دارد که نیازمند به سرمایه‌گذاری، تأمین اعتبارات کافی، نیروی انسانی و همچنین دسترسی به دستگاه‌های آزمایشگاهی و مواد شیمیایی مورد مصرف می‌باشد. هنگامی که هدف کاملاً مشخص شود، نسبت به مراحل اجرای کار و برآورد هزینه‌ها تصمیمات لازم اتخاذ می‌شود.

۱- طراحی آزمایشگاه

برای طراحی آزمایشگاه تجزیه آب، باید از حداقل فضای محیط استفاده شده سعی گردد که میزهای آزمایش، تمام فضای اتاق را اشغال ننماید. در گذشته میزهای کار را در کنار دیوارهای اتاق قرار می‌دادند و چنانچه فضای خالی در وسط باقی می‌ماند یک میز نیز در وسط گذاشته می‌شد، این ترتیب، مناسب کار در آزمایشگاه نبوده و گوشه‌های اتاق خالی می‌ماند. از طرفی سرویس‌های آب، گاز، برق در دسترس نبوده و همواره با اشکالاتی مواجه می‌گردید. امروزه برای برپایی یک آزمایشگاه مناسب، سعی می‌شود که لوله‌های آب و گاز در وسط آزمایشگاه قرار گیرد، در این صورت شیرهای مربوطه به آسانی در دسترس قرار گرفته و کارکنان با مشکل مواجه نمی‌شوند. به دلیل وجود گازها و بخارات سمی در محیط آزمایشگاه، نیاز است که سیستم تهویه مناسب بوده و ارتفاع سقف برحسب موقعیت مکانی، بلند در نظر گرفته شود.

در شکل ۱ طرح یک نمونه آزمایشگاه کوچک، نشان داده شده که از دو قسمت یا مدول^۱ به ابعاد ۵×۳ متر، تشکیل شده است. جای کافی و مناسب برای حداقل دو نفر پیش‌بینی گردیده که هر یک در وسعت ۱۵ متر مربع به راحتی می‌توانند کار کنند.



شکل ۱- طرح یک نمونه آزمایشگاه کوچک دو قسمتی

وسعت آزمایشگاه بستگی به دامنه کار پروژه مورد مطالعه، تعداد نمونه‌های ارسالی به آزمایشگاه، امکانات تجهیزاتی و بالاخره اعتبار مالی دارد. برای مثال کمیته اعطای کمک‌های بلاعوض دانشگاهی انگلیس^۱ ابعاد و فضای آزمایشگاه را به شرح زیر توصیه نموده است.

- محل کافی برای رئیس آزمایشگاه، ۱۸/۶ مترمربع. (۲۰۰ فوت مربع)
- محل کافی برای تکنیسین، ۱۱ مترمربع که شامل میزکار، هود و سایر فضاهای لازم است.
- محل کافی برای استقرار میز ترازو و انبار، ۱۵ درصد از کل مساحت آزمایشگاه.
- محل کافی برای انبارداری و کارهای پیش آزمایشی، مساحتی حدود ۷۰ مترمربع. (۷۵۰ فوت مربع)
- محل کافی جهت نگهداری هر ۱۰۰۰ جلد کتاب در مساحت ۵/۶ مترمربع. (۶۰ فوت مربع)
- فضای مناسب برای قراردادن نمونه‌های آب، قبل و بعد از آزمایش.
- مصالح به کار برده شده، برای کف پوشها و روی میزکار، باید از جنس مرغوب انتخاب شده، اسید و قلیا، آنها را از بین نبرد و کاملاً قابل شست و شو و مسطح باشد.
- محل استقرار اتوکلاو در نزدیک محیط کشت، خواهد بود و برای شست‌وشوی لوازم و وسایل استریل شده تجهیزات لازم باید در نظر گرفته شود.
- سردخانه و یخچال برای نگهداری محیطهای کشت و مواد شیمیایی آزمایشگاه ضروری است.
- قفسه‌های لازم برای نگهداری مواد شیمیایی و لوازم آزمایشگاهی در نظر گرفته شود.
- در ناحیه میز ترازو هیچ‌گونه ارتعاش و لرزشی نباید وجود داشته باشد.
- برای قراردادن میکروسکوپ، محل میز مخصوصی باید پیش‌بینی شود.
- خوردن اغذیه و نوشابه در آزمایشگاه مجاز نبوده و محل دیگری باید در نظر گرفته شود.

1- University Grants Committee in The UK

۲- عوامل ایمنی در طراحی

برای آزمایشگاه معمولاً ساختمان یک طبقه در نظر گرفته می‌شود. موضوع ایجاد تهویه، هود آزمایشگاهی، گازرسانی، آبرسانی، انبار مواد شیمیایی، نگهداری نمونه‌های آب، نگهداری محلولها و داروها، کلاً ایجاب می‌نماید که ساختمان آزمایشگاه یک طبقه بوده و به آسانی دسترسی به کلیه موارد ذکر شده در بالا فراهم گردد.

مصالح ساختمانی باید از مواد غیرقابل اشتعال و نسوز انتخاب شده، همچنین میزکار، کف پوشها و سایر عوامل، در مقابل اسید و قلیا مقاوم باشد.

تهویه هوای آزمایشگاه از اهمیت خاصی برخوردار بوده و هوا مرتباً باید در جریان باشد.

هود^۱ یا دودکش تهویه برای تخلیه مواد سمی، واکنشهای قابل انفجار در مکان مناسب تعبیه شود و سرعت هوا در قسمت ورودی هود، زمانی که درهای آزمایشگاه و پنجره‌ها باز است، حداقل ۲۵ سانتیمتر بر ثانیه تنظیم گردد.

میز آزمایشگاه پشت به پشت و یا پشت به دیوار قرار خواهد گرفت. ارتفاع میز کار بستگی به دستگاه مورد استفاده دارد. مثلاً اگر از دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی^۲ استفاده می‌شود، کار به حالت نشسته است، ارتفاع میز ۷۵ سانتیمتر خواهد بود. ارتفاع میز کار برای انجام دادن آزمایشهای شیمیایی ۹۰ سانتیمتر است.

شرایط ایمنی بهداشت کار، دفع دود، آلودگی هوا، لوازم آتش‌نشانی، تجهیزات مربوط به اعلان خطر، دوش آب‌گرم و سایر موارد ایمنی باید در نظر گرفته شود. کابلهای برق باید دارای پوشش مقاوم بوده و مقررات ایمنی خدمات برق‌رسانی کاملاً مراعات گردد.

دستگاههای تولید هوای فشرده (کمپرسور^۳)، تهویه، گاز، بخار، گرمایشی، گاز نیتروژن و غیره در خارج از محیط کار آزمایش قرار داده می‌شود. دفع پسابها، باید از طریق لوله‌های فاضلاب با شیب تند انجام گیرد، و ضایعات مربوط به آزمایشهای باکتریولوژی و بیولوژی از طریق لوله‌های فاضلاب به لوله اصلی فاضلاب خروجی هدایت گردد.

۳- آزمایشگاه سیار

در عملیات صحرائی هیدروژئوشیمیایی، اندازه‌گیری پارامترهای درجه حرارت، pH، هدایت الکتریکی و تعیین میزان یون کلراید در محل ظهور آب انجام می‌شود. اینگونه آزمایشها به انگلیسی تجزیه بخشی^۴ گفته می‌شود. در

1- Hoods

2- Atomic Absorption Spectrophotometer

3- Compressor

4- Partial Analyses

بررسیهای کیفی آب، پارامترهای T.D.S، هدایت الکتریکی، pH، کربنات و بی کربنات، کلراید، سولفات، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم مدنظر بوده و اندازه گیریهای آنها در عملیات وارد می گردد. چنانچه پارامترهای دیگری از جمله نیترا، فلوراید و آهن و غیره مورد نظر باشد، تجزیه کامل^۱ نامیده می شود.

در پروژه های مطالعات آبهای زیرزمینی، آزمایشهای تجزیه بخشی در محل و تجزیه کامل در آزمایشگاه مرکزی انجام می گیرد. در پروژه های بررسی آبهای سطحی برای تعیین مواد معلق رسوبی از کاغذهای صافی ۴۵۰ μmm که در آزمایشگاه مرکزی شماره گذاری، توزین و در ظروف پیرکس با در سمباده ای قرار داده شده، استفاده می گردد. این ظروف به محل ایستگاههای هیدرومتری ارسال می گردند. کاغذ صافی حاوی مواد معلق رسوبی صاف شده و حجم آب نمونه به انضمام نمونه های تجزیه کامل به آزمایشگاه مرکزی برای توزین مجدد و محاسبات نهایی برگشت داده می شود.

در پروژه های ویژه هیدروژئوشیمیایی، پروژه های نیمه تفصیلی آبهای زیرزمینی، آبخیزداری، آبیاری، زهکشی و سایر پروژه های طولانی مدت از نظر سرعت و دقت و ملاحظات اقتصادی آن و با تهیه حداقل دستگاههای زیر و استقرار و جایگذاری این وسایل در محل پروژه مورد نظر، یک واحد آزمایشگاه تأسیس و با تعلیم یک یا دو نفر از کمک کارشناسان هیدروژئوشیمی، پس از عملیات صحرائی، اقدام به اندازه گیری پارامترهای مورد نظر می گردد.

- ترازوی آنالیتیکی با دقت ۰/۱ میلی گرم

- کوره الکتریکی ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد

- دستگاه آب مقطرگیری

- دستگاه گرمخانه^۲ ۲۵۰ درجه سانتیگراد مجهز به ترموستات و کرومومتر

- حمام آبی یا بن ماری

- اجاق الکتریکی^۳ ۲۵ درجه سانتیگراد با ترموستات

- دستگاه pH متر

- دستگاه کندانسیمیتر

- دستگاه اندازه گیری چند منظوره^۴ دستی (دما، EC، pH)

- دستگاه نورسنج شعله ای^۵

- دستگاه فامسنج^۶

- کاغذ صافی ۴۵۰ میکرومیلی متر به قطر ۱۵ سانتیمتر

- کاغذ صافی بدون خاکستر

- پایه قیف

1- Full Analyses

2- Oven

3- Hot Plate

4- Multymeter

5- Flame photometer

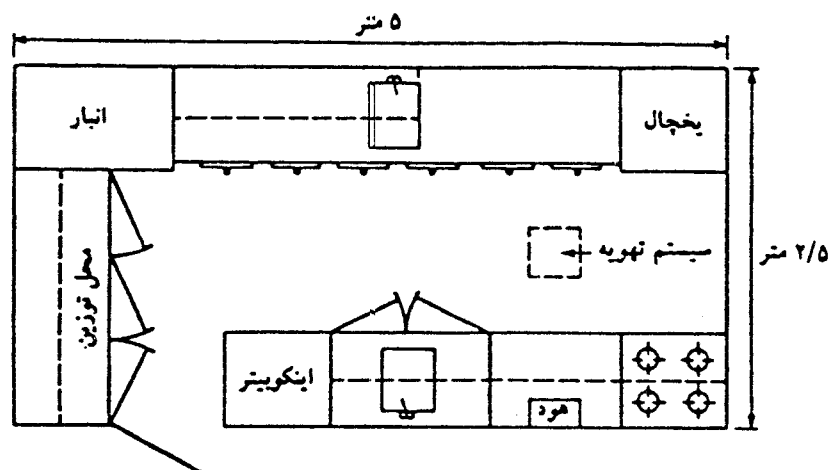
6- Spectro photometer

- قیف پلی اتیلنی
- وسایل شیشه‌ای پیرکس و چینی
- دسیکاتور شیردار پیرکس یا آلومینیومی
- مواد و معرفهای شیمیایی استاندارد

برای انجام دادن آزمایشهای فوری صحرایی می‌توان از دستگاههای قابل حمل استفاده نمود.

در آزمایشگاههای مستقر و یا صحرایی روشهای حجم‌سنجی با سولفوریک اسید برای اندازه‌گیری کربنات و بی‌کربنات و حجم‌سنجی با نیترات نقره برای اندازه‌گیری کلراید انتخاب شده است. در مورد آنیون سولفات نظر به این‌که غلظت سولفات در دامنه وسیعی باید اندازه‌گیری شود، روش وزن‌سنجی^۱ یا وزنی انتخاب شده که به خوبی جوابگو می‌باشد، زیرا سایر روشهای پیشنهادی پیوسته در دامنه خاصی از دقت قرار داشته و پایین‌تر یا بالاتر از آن حد نتیجه صحیحی را به دست نمی‌دهد. برای اندازه‌گیری کاتیونهای کلسیم و منیزیم از روش کمپلکسومتری با کمپلکس «سدیم اتیلین دی آمین تترااستات» برای تعیین سختی آب و از روش نورسنج شعله‌ای برای اندازه‌گیریهای سدیم، پتاسیم استفاده می‌شود.

در شکل ۲ طرح یک آزمایشگاه کوچک سیار به طول ۵ متر و عرض ۲/۵ متر نشان داده شده است. آزمایشگاه مجهز به یخچال، پمپ خلاء، اتوکلاو، لامپ فلورسنت، آب گرم‌کن، هواکش تهویه، سیستم گرمایشی، سیلندرگاز، گرمخانه و دستگاه آب مقطرگیری است. در این طرح یک مخزن ذخیره آب بر روی سقف و همچنین منبع دفع فاضلاب در زیر شاسی آزمایشگاه سیار پیش‌بینی شده است.



شکل ۲- آزمایشگاه سیار

۴- انتخاب دستگاههای آزمایشگاهی

برای انتخاب دستگاههای اندازه‌گیری، عوامل مختلفی، نظیر برنامه کار، سرعت و دقت آزمایش، تعداد آزمایشها و همچنین هدف نهایی از انجام آزمایشها، دخالت دارند. مسئول پروژه نسبت به شناسایی روش کار و نوع آزمایش و میزان اعتبار مالی که برای مطالعه و بررسی پارامترهای هیدروژنوشیمیایی اختصاص داده شده، تصمیم‌گیری می‌نماید. لوازم و دستگاههای مورد نیاز براساس آنچه که در قسمتهای مختلف تشکیل آزمایشگاه آمده، انتخاب خواهد گردید. به‌علاوه از دستگاههای اسپکتروکالریتری^۱ و اسپکتروفوتومتری جذب اتمی^۲ نیز می‌توان استفاده نمود.

- روش اسپکتروکالریتری: در این روش آزمایش با اندازه‌گیری شدت جذب نور در دستگاه اسپکتروفوتومتر انجام می‌گیرد. لازم است که ابتدا دستگاه با غلظتهای معین از عناصر موردنظر، واسنجی شده^۳ و سپس نسبت به آزمایش اقدام شود.

- روش اسپکتروفوتومتری جذب اتمی: امروزه در اغلب آزمایشگاهها این روش متداول گردیده و به آسانی پارامترها، در غلظتهای مختلف با دقت بسیار بالا اندازه‌گیری می‌شوند.

- سایر روشهای اندازه‌گیری فلزات: روشهایی مانند پولاروگرافی، کروماتوگرافی، اسپکتروگرافی و غیره نیز وجود دارد که استفاده از آنها بستگی به حجم نمونه‌ها و تعداد آزمایشها و امکانات سازمانی دارد.

- کیت‌های آزمایشگاهی: در آزمایشگاههای صحرایی، معمولاً از کیت‌های مختلف که به وسیله شرکت‌های شیمیایی، طراحی و ارائه گردیده، استفاده می‌شود. کیتها برای یک یا چندین آزمایش مختلف تهیه شده و ممکن است تا ۲۰ نوع آزمایش با استفاده از آنها، انجام گیرد. یک کیت کامل، مجهز به دستگاه رنگ‌سنجی و حجم‌سنجی خواهد بود که شامل نورسنج، pH متر و هدایت‌سنج سیار می‌باشد.

معایب آنها، عدم دقت کافی نسبت به روشهای آنالیز آزمایشگاهی است که از آنها برای آزمایشهای معمول کیفی منابع آب استفاده می‌شود.

۵- انتخاب مواد شیمیایی

مواد شیمیایی مورد نیاز آزمایشگاه باید کاملاً خالص^۴ (خالص آزمایشگاهی P.A) بوده و ناخالصیهای موجود بر روی شیشه آن ذکر شده باشد. معمولاً درصد خلوص مواد شیمیایی و فرمول مولکولی آنها نیز ثبت می‌شود. باید توجه نمود که تاریخ و مهلت استفاده از مواد شیمیایی منقضی نشده باشد. مواد شیمیایی سمی نظیر سدیم و پتاسیم سیانید با علامت مشخصی، در قفسه جداگانه قرار داده شود، برای اطلاع و آگاهی از خطرات مواد شیمیایی پودر و یا مایع، از عناوین، "سمی"، "خطرناک"، "احتیاط"، "قابل اشتعال" بر روی برچسب ظروف محتوی مواد شیمیایی نوشته شود.

1- Colorimetric Spectrophotometer

2- Atomic Absorption Spectrophotometer

3- Calibrated

4- Pure Analysis

۶- ظروف آزمایشگاهی

در سالهای اخیر انواع ظروف آزمایشگاهی عرضه شده، که برحسب ضرورت و امکانات مالی و نیروی انسانی موجود در محل، می توان انتخاب و مورد استفاده قرار داد.

ظروف شیشه‌ای مورد استفاده معمولاً از جنس پیرکس بوده و در مقابل مواد شیمیایی و حرارت مقاوم می‌باشند. بورت‌هایی که از طریق حجم‌سنجی برای اندازه‌گیری محلولهای قلیایی به کار برده می‌شوند از جنس پیرکس است. از ظروف چینی، آهن، نیکل، پلاتین و فولاد زنگ‌نزن و سایر ظروف نیز برحسب ضرورت و توصیه کارخانجات سازنده، می‌توان استفاده نمود. ظروف شیشه‌ای معمولاً با محلولهای اسیدی شستشو داده می‌شوند و از مخلوط تمیزکننده سولفوریک اسید (۳۵ میلی‌لیتر محلول اشباع پتاسیم بیکرومات در یک لیتر سولفوریک اسید غلیظ) و یا از محلول پرمنگنات قلیایی و یا اکسالیک اسید استفاده می‌شود.

لوازم شیشه‌ای آزمایشگاهی شامل بطریهای نمونه‌برداری، لوله‌های آزمایش، انواع پی‌پت، بورت، بشر، ارلن‌مایر، بالن ژوژه، مزور و سایر لوازم است.

۷- نمونه‌برداری

صحت نتایج آزمایش و تعیین کیفیت واقعی آب بستگی به نمونه‌برداری اصولی از آب دارد. ترکیب شیمیایی نمونه باید معرف حقیقی از ترکیب ماده‌ای باشد که این نمونه از آن برداشته شده، و از هر جهت باید نماینده منبع آب باشد. در این صورت آزمایش‌کننده مطمئن خواهد بود که بر روی نمونه واقعی آب کار نموده و گزارش درست آب را ارائه می‌نماید. شرایط محلی، درجه حرارت، عمق آب در نمونه‌برداری مؤثر بوده و هنگام نمونه‌برداری باید گزارش شود. چگونگی نمونه‌برداری از منابع آب جهت اندازه‌گیری پارامترهای مختلف هیدروژئوشیمیایی، جنس و حجم بطری به کار برده شده و زمان آزمایش دقیقاً در استاندارد شماره ۸۰-الف طرح استاندارد مهندسی آب کشور ارائه شده، که باید مدنظر قرار گیرد. ضمناً، به پاره‌ای از نکات عمومی مهم در تجزیه کامل^۱ اشاره می‌شود.

در نمونه‌برداری از منابع آبی باید تمهیداتی به عمل آید تا نمونه برداشته شده دارای کیفیتی بسیار نزدیک به منبع اصلی آب باشد، از این‌رو در چاههای عمیق باید پس از ده دقیقه پمپاژ، با دقت وبدون این‌که هوا وارد بطری شود، نمونه‌برداری انجام گیرد و از تلاطم آب جلوگیری شود، هر آبهای سطحی باید از مقطع معین رودخانه، چهار نقطه انتخاب و از عمق معین نمونه‌برداری به عمل آید. حجم نمونه مورد نیاز بین ۱ تا ۳ لیتر است.

1- Full anal

نمونه برداری برای آزمایش باکتریولوژی تحت شرایط خاص و با ظرف مخصوص که از طرف آزمایشگاه فرستاده خواهد شد، به عمل می آید، شرایط استریل نیز باید در نظر گرفته شود. فاصله بین نمونه برداری تا انجام آزمایش باید در حداقل زمان بوده و به هنگام نقل و انتقال نمونه ها باید دقت لازم به عمل آید. برخی از پارامترهای مورد اندازه گیری در تجزیه کامل شامل، دما، pH، هدایت الکتریکی، کربنات، بی کربنات و کاتیونهای کلسیم و منیزیم باید به فوریت صورت گیرد. دمای آب معمولاً در محل نمونه برداری تعیین می گردد.

واضح است که انتخاب نمونه با حجم اندک برای تجزیه و اظهار نظر قطعی، نمی تواند یک مرحله ای باشد، بلکه نمونه برداری در زمانهای مختلف و استمرار آزمایشها، باید با توجه به تغییرات درجه حرارت، جریان آب، درجه آلودگی و سایر شرایط، به طور مداوم به عمل آمده و در نهایت ممکن است از میانگین آماری نتایج برای ارائه گزارش نهایی، استفاده گردد.

۸- برنامه آزمایش

اولین مرحله برنامه ریزی برای مطالعه کیفیت آب، تصمیم گیری در مورد انتخاب پارامترهای مختلف فیزیکی و شیمیایی آب است. نوع و تعداد آنها برای آزمایش در آزمایشگاه باید تعیین گردد. آزمایشهای هدایت الکتریکی، pH، قلیائیت، سختی کل، رنگ، فلزات کمیاب، ممکن است در محل انجام شود. ولی سایر پارامترها، نظیر یونها، مواد آلی و غیره در آزمایشگاه اندازه گیری می شوند.

امروزه با توسعه روشهای تجزیه آزمایشگاهی و ابداع دستگاههای اندازه گیری خودکار، پیشرفتهای قابل توجهی در زمینه سرعت عملیات آزمایشگاهی و انجام آزمایشها در زمانهای کوتاه، حاصل گردیده به طوری که در یک آزمایشگاه آب قبل از اختراع دستگاه خودکار تعداد آزمایش یک پارامتر در سال ۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰ بوده و سپس با استفاده از دستگاههای خودکار پیشرفته به ۹۰۰۰ تا ۱۲۰۰۰ رسیده است و این پیشرفت در اثر مهارت و تجربه کارکنان آزمایشگاه و نوع دستگاه حاصل شده و زمان آزمایش را کاهش داده است.

۹- تهیه لوازم

انتخاب پارامترهای مورد آزمایش بستگی به هدف برنامه مطالعاتی کیفیت آب، امکانات، تجهیزات، تسهیلات و اعتبارات دارد. تهیه دستگاهها و لوازم آزمایش نیز بستگی به روش کار و شیوههای انتخابی برای انجام تجزیه های مختلف دارد. به طور معمول در هر آزمایشگاه تجزیه آب، به یک سری دستگاههای اولیه نظیر ترازو، آب مقطرگیری،

گرمخانه، حمام آبی^۱، کوره، اجاق الکتریکی^۲، ظروف شیشه‌ای، انواع پی‌پت، بورت، همچین بوتله آزمایش، یخچال، اتوکلاو، محفظه کشت^۳، تبخیرکننده سریع^۴، گریز از مرکز، به‌هم‌زن و سایر دستگاه‌های کوچک و بزرگ بر حسب ضرورت کار، مورد نیاز است. در مرحله بعدی تعیین پارامترهای مورد اندازه‌گیری مطرح می‌شود و سپس نسبت به دستگاه‌های تجزیه و داروهای مورد نیاز اقدام می‌شود.

۱۰- آزمایش آب

با دریافت نمونه آب، نخست پارامترهای فیزیکی نظیر رنگ، کدورت، pH، هدایت الکتریکی اندازه‌گیری می‌شود و سپس نسبت به تعیین یونها که شامل کاتیونها و آنیونها محلول در آب است، اقدام می‌گردد. دقت اندازه‌گیریها را می‌توان از مقایسه جمع کاتیونها با آنیونها برحسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر بررسی نمود. درصد خطا را می‌توان با استفاده از رابطه زیر به‌دست آورد.

$$۱۰۰ \times \left(\frac{\text{جمع آنیونها} - \text{جمع کاتیونها}}{\text{کل یونها}} \right) = \text{درصد خطا}$$

نتایج اندازه‌گیری شده برحسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر گزارش می‌شود و برای تبدیل آن به میلی‌گرم بر لیتر می‌توان آنها را در وزن اکی‌والان هر یون ضرب نمود. عناصر کمیاب معمولاً برحسب میلی‌گرم بر لیتر یا میکروگرم بر لیتر گزارش می‌شوند.

معمولاً جمع آنیونها برابر با جمع کاتیونهاست. چنانچه نتایج آزمایشها اختلاف یک درصد را نشان دهد، نتیجه بسیار عالی است، اگر اختلاف بیشتر بود، باید نسبت به تکرار آزمایشها و واریسی معرفیها، اقدام گردد. در آبهای خیلی سبک که مواد آلی دارند، درصد خطای بالایی در آزمایشها مشاهده می‌شود. این خطا براساس خصوصیات کیفی آب موجود در طبیعت بوده و ارتباطی به خطای اندازه‌گیری ندارد و یا ممکن است یونهای دیگری در آب باشد. معمولاً یونهای کاتیونی عمده کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم و یونهای آنیونی عمده، کربنات، بی‌کربنات، سولفات و کلراید می‌باشند. یون آهن محلول دو ظرفیتی مربوط به کاتیونها و نیترات مربوط به آنیونها می‌گردد. سیلیس به لحاظ شکل کلوئیدی، جداگانه گزارش می‌شود.

1- Water bath

2- hot plates

3- Incubator

4- Flash evaporator

در مرحله بعد، عناصر کمیاب مورد آزمایش قرار می‌گیرند (جدول ۳) که تعیین آنها بستگی به ماهیت و هدف هر پروژه دارد. جدول ۱ پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب را با توجه به روشهای آزمایش و انتخاب دستگاههای اندازه‌گیری نشان می‌دهد.

جدول ۱- راهنمای روش اندازه‌گیری پارامترهای هیدروشیمیایی آب

پارامترها	روش آزمایش	دستگاههای اندازه‌گیری
خصوصیات فیزیکی	هدایت الکتریکی	هدایت سنج (کنداکتیو متر)
	رنگ	مقایسه‌ای
	کدورت	مقایسه‌ای
	pH	دستگاهی
کاتیونهای اصلی	کلسیم	ظروف شیشه‌ای حجم سنجی بورت، پی‌پت، ارلن‌مایر
	منیزیم	حجم سنجی اختلاف سختی کل با کلسیم
	سدیم	نورسنج شعله (فلیم فتومتر)
	پتاسیم	نورسنج شعله (فلیم فتومتر)
آنیونهای اصلی	کربنات (قلیائیت فنل فتالین)	ظروف شیشه‌ای حجم سنجی بورت، پی‌پت، ارلن‌مایر
	بی‌کربنات (قلیائیت متیل اورانژ)	ظروف شیشه‌ای حجم سنجی بورت، پی‌پت، ارلن‌مایر
	سولفات	حجم سنجی - وزنی
	کلراید	حجم سنجی
سایر پارامترها	نیتрат	فام سنج (اسپکتروفوتومتر)
	سیلیس	فام سنج (اسپکتروفوتومتر)

جدول ۲ مربوط به پارامترهای مواد آلی و مغذی^۱ است. اندازه‌گیری این پارامترها نیز ضروری بوده و میزان بار آلودگی غذایی که از طریق صنایع و منابع غذایی و سایر منابع وارد آب زیرزمینی می‌شود، را نشان می‌دهد.

جدول ۲- پارامترهای مواد آلی و مغذی

پارامترها	روش آزمایش	دستگاههای اندازه گیری
مواد مغذی : انواع فسفات نیترژن معدنی مانند نیترات، نیتريت و غيره کل نیترژن که از طریق کجلدال به دست می آید. سیلیس ^۱	تشکیل رنگ و اندازه گیری جذب نور تشکیل رنگ و اندازه گیری جذب نور تثبیت و حجم سنجی تشکیل رنگ و اندازه گیری جذب نور	ظرف حجمی شیشه ای، اسپکتروفوتومتر ظرف حجمی شیشه ای، اسپکتروفوتومتر در روش کجلدال نیاز به دستگاه تثبیت، منبع گرمایش و سیستم تهویه اسید می باشد، ظروف شیشه ای حجم سنجی، بورت و اسپکتروفوتومتر است اسپکتروفوتومتر
آلی : اکسیژن محلول DO اکسیژن خواهی بیوشیمیایی BOD کل کربن آلی TOC اکسیژن خواهی شیمیایی COD فنل	تثبیت و حجم سنجی کشت ^۲ و حجم سنجی سوزاندن و تجزیه با اشعه مادون قرمز ^۳ سولفوکرومیک - حجم سنجی برای کاهش اکسیژن تقطیر - تشکیل رنگ و اندازه گیری جذب نور	بـطـریـهـای نـمـونـه بـرداری، ظـروف شیشه ای حجم سنجی، بورت، پی پت، ارلن مایر معمولاً با دستگاه در محل نمونه برداری اندازه گیری می شود. دستگاه کشت برقی، ظروف شیشه ای دستگاه اندازه گیری کل کربن آلی ^۳ کندانسور بازگشت، ظروف شیشه ای حجم سنجی، بورت، پی پت، ارلن مایر ظروف شیشه ای حجم سنجی و فام سنج

۱۱- عناصر نادر^۴

برای اندازه گیری عناصر کمیاب و فلزات نادر آب که ممکن است از منابع معدنی و یا صنایع مختلف به طریقی، به سفره آب زیرزمینی وارد شده باشند، با توجه به وضعیت مالی و اعتبارات طرح می توان به دو روش زیر عمل نمود.
- روش رنگ سنجی^۵: در این روش جذب کمپلکس رنگ به وسیله فام سنجی اندازه گیری می شود. دستگاه قبلاً

1- Silica

2- Incubation

3- Infrared analyses

4- Rare Earth Elements

5- Colourimetric method

نیز باید با محلولهای دارای غلظت معلوم واسنجی گردد. این روش معمولاً زمان زیادی را در برمی گیرد و حساسیت لازم نسبت به تعیین مقدار دقیق فلز مورد نظر دارد.

- روش فامسنجی جذب اتمی^۱: به لحاظ سادگی و سهولت در کار این روش متداول بوده و برای اندازه گیری پارامترهای شیمیایی به ویژه فلزات کمیاب از دقت کافی برخوردار می باشد.
- روشهای دیگری برای اندازه گیری فلزات نادر در آب، نظیر تکنیکهای پولاروگرافی^۲، اسپکتروگرافی^۳ وجود دارد، ولیکن در مرحله اول تشکیل آزمایشگاه، برای اندازه گیری پارامترهای شیمیایی، بهترین روش استفاده از فامسنجی جذب اتمی است.

جدول ۳ - عناصر نادر آب

پارامترها	روش اندازه گیری	دستگاهها و لوازم آزمایش
آهن منگنز مس روی سرب نیکل کادمیم کروم	جذب نوری و تشدید فعالیت اتمی با تهیه کمپلکسهای شیمیایی و تقطیر با حلالهای آلی - حلال بر روی شعله پخش می شود و سپس با روش جذب اتمی مقدار فلز اندازه گیری می گردد.	اسپکتروفوتومتری جذب اتمی
آرسنیک	تشکیل ترکیب رنگی و اندازه گیری جذب نور	ظرف شیشه ای و UV اسپکتروفوتومتر
جیوه	اسپکتروفوتومتری جذب اتمی بدون شعله	اسپکتروفوتومتری جذب اتمی

1- Atomic Absorption Spectrophotometric method

2- Polarographic

3- Spectrographic

فرم شماره ۱- ارائه داده‌های آزمایشگاهی آب

<input type="checkbox"/> ۱۰۰ - ۲۵۰ <input type="checkbox"/> ۲۵۰ - ۷۵۰ <input type="checkbox"/> ۷۵۰ - ۲۲۵۰ <input type="checkbox"/> ۲۲۵۰ - ۵۰۰۰ <input type="checkbox"/> > ۵۰۰۰	هدایت الکتریکی μ S/cm	شماره آزمایشگاهی شماره صحرائی		موقعیت منبع نمونه برداری آب خام یا تصفیه شده	<input type="checkbox"/> < ۶۰ <input type="checkbox"/> ۶۱ - ۱۲۱ <input type="checkbox"/> ۱۲۱ - ۱۸۰ <input type="checkbox"/> > ۱۸۰
		گزارش نتایج به‌دسته آمده از آزمایش آب		تاریخ نمونه برداری: تاریخ آزمایش: فاصله زمانی تا آزمایش: روز ویژگیهای فیزیکی: دبی	
<input type="checkbox"/> < ۱۰ <input type="checkbox"/> ۱۰ - ۱۸ <input type="checkbox"/> ۱۸ - ۲۶ <input type="checkbox"/> > ۲۶	S.A.R	چاه عمیق □ چاه نیمه عمیق □ قنات □ چشمه □ رودخانه □ نام مالک یا مالکین مورد استفاده مواد شیمیایی اضافه شده به آب	آنیونها کاتیونها	درجه حرارت آب هنگام نمونه برداری °C درجه حرارت نمونه آب هنگام آزمایش °C اکسیژن محلول کربن دی‌اکساید (CO ₂) pH رنگ کلراین روغن قلیائیت (فصل) اسیدیته قلیائیت در مقابل فنل فتالین قلیائیت در مقابل متیل اورانژ قلیائیت کل T.D.S مواد معلق رسوبی مواد آلی فرار (۵۵۰°C) سختی کل (T.H) هدایت الکتریکی سختی غیر کربناتی H ₂ S دترجتها L.A.S - A.B.S کلسیم منیزیم آهن آلومینیم آرسنیک منگنز سدیم پتاسیم کربنات و بی‌کربنات سولفاتها کلرایدها فلورایدها فسفات بر	<input type="checkbox"/> < ۵۰ <input type="checkbox"/> ۵۱ - ۱۰۰ <input type="checkbox"/> ۱۰۱ - ۲۵۰ <input type="checkbox"/> > ۲۵۰
		میلی‌اکی‌والان بر لیتر میلی‌اکی‌والان بر لیتر کلسیم منیزیم سدیم پتاسیم آهن کربناتها بی‌کربناتها سولفاتها کلرایدها فلورایدها نیتراتها جمع در صد خطا: سیلیس SiO ₂ به حالت محلول mg/l سیلیس SiO ₂ به حالت کلونیدی mg/l Na% S.A.R.	<input type="checkbox"/> < ۲۵ <input type="checkbox"/> ۲۶ - ۲۵۰ <input type="checkbox"/> ۲۵۱ - ۶۰۰ <input type="checkbox"/> > ۶۰۰		
<input type="checkbox"/> < ۲۰ <input type="checkbox"/> ۲۰ - ۴۰ <input type="checkbox"/> ۴۰ - ۵۰ <input type="checkbox"/> ۶۰ - ۸۰ <input type="checkbox"/> > ۸۰	درصد سدیم Na%	جمع درصد خطا: سیلیس SiO ₂ به حالت محلول mg/l سیلیس SiO ₂ به حالت کلونیدی mg/l Na% S.A.R.	<input type="checkbox"/> < ۲۰ <input type="checkbox"/> ۲۰ - ۴۰ <input type="checkbox"/> ۴۰ - ۵۰ <input type="checkbox"/> ۶۰ - ۸۰ <input type="checkbox"/> > ۸۰	<input type="checkbox"/> < ۲۵ <input type="checkbox"/> ۲۶ - ۲۵۰ <input type="checkbox"/> ۲۵۱ - ۶۰۰ <input type="checkbox"/> > ۶۰۰	
<input type="checkbox"/> < ۰/۵ <input type="checkbox"/> ۰/۵ - ۱ <input type="checkbox"/> > ۱	B	ملاحظات امونیاک mg/l NH ₃ نیتریت mg/l NO ₂ نیترات mg/l NO ₃ نیترژن آلی mg/l	<input type="checkbox"/> < ۰/۵ <input type="checkbox"/> ۰/۵ - ۱/۰ <input type="checkbox"/> > ۱		
<input type="checkbox"/> قابل شرب <input type="checkbox"/> دارای محدودیت = <input type="checkbox"/> غیر قابل شرب	اعلام نظر	ملاحظات فلزات سنگین: Heavy Metals Cr کرم Zn روی Pt سرب Cu مس Cd کادمیم	<input type="checkbox"/> < ۲۰۰ <input type="checkbox"/> ۲۰۰ - ۱۰۰۰ <input type="checkbox"/> > ۱۰۰۰		
<input type="checkbox"/> قابل کشت <input type="checkbox"/> دارای محدودیت کشت		آزمایش‌کنندگان مهندسان واریسی نهایی	پروژه / شرکت گزارش به	<input type="checkbox"/> H ₂ S <input type="checkbox"/> فلزات سنگین	
نظرات کلی:					

فهرست منابع و مآخذ

- ۱- علوی، علی اکبر؛ ۱۳۴۹ "آنالیز عملی آبهای آشامیدنی - زراعی و صنعتی" انتشارات سازمان آب منطقه‌ای تهران
- 2- "WATER QUALITY SURVEYS" (1988) UNESCO - WHO
- 3- "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER" 1992
- 4- FETTER, C.W., 1993 " CONTAMINANT HYDROGEOLOGY " MACMILLAN PUBLISHING COMPANY NEW YORK U.S.A.
- 5- FETTER, C.W., 1993 "APPLIED HYDROGEOLOGY" MACMILLAN PUBLISHING COMPANY NEW YORK U.S.A.

