

فصل دوم
کنترل کیفیت آب

مقدمه

یکی از مهمترین بخش‌های مدیریت آب بحث کنترل کیفیت است. کنترل کیفیت آب شامل سلسله فعالیت‌هایی از نمونه‌برداری تا پایش و آزمایش آب به صورت مستمر است. از جمله مهمترین اهدافی که با کنترل کیفیت آب حاصل می‌شود می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱- تشخیص تغییرات احتمالی در کیفیت آب؛
- ۲- تعیین میزان آلودگی؛
- ۳- ارزیابی و تعیین اثر اقدامات اصلاحی برای بهبود کیفیت آب؛
- ۴- تعیین نوع مصرف با توجه به کیفیت موجود؛
- ۵- تعیین نقاط آلوده؛
- ۶- تعیین روش‌های کنترلی برای پیشگیری یا رفع آلودگی.

کنترل کیفیت آب تمام مراحل تهیه و توزیع آب را در بر می‌گیرد و از منبع تأمین آب تا نقطه مصرف، باید تحت پوشش عملیات کنترل کیفیت آب باشد. دو عملیات بسیار مهم در کنترل کیفیت آب، نمونه‌برداری و انجام آزمایشات است. انجام نمونه‌برداری صحیح و نیز تکرار و تعداد مناسب نمونه‌ها بسیار اهمیت دارد. آزمایشات رایج در کنترل کیفی آب شامل آزمایشات فیزیکوشیمیایی و میکروبی است. نتایج به دست آمده از آزمایشات با استانداردهای موجود مطابقت داده خواهد شد و میزان مطلوبیت آب برای مصرف مشخص می‌شود. در ادامه شرحی از انواع نمونه‌برداری و آزمایشات آب ارائه می‌شود.

نمونه برداری

نمونه برداری آزمایشات باکتریولوژی آب

نمونه برداری جهت انجام آزمایشات باکتریولوژی آب در ظروف شیشه‌ای با حجم ۲۵۰ سی‌سی انجام می‌گیرد. نمونه باید به اندازه‌ای برداشت گردد که ۲/۵ سانتیمتر از فضای بالای ظرف شیشه‌ای خالی باشد تا فضای کافی برای هم زدن نمونه وجود داشته باشد.

برداشت نمونه از آب برای انجام آزمایشات میکروبی دارای مراحل و نکاتی به شرح زیر است:

۱- افزودن ماده احیاکننده مانند تیوسولفات سدیم به آب‌های حاوی کلر باقیمانده در زمان نمونه برداری الزامی است. محلول تیوسولفات سدیم، ماده کلرزدای مناسبی است که می‌تواند ضمن خنثی‌سازی هالوژن‌های باقیمانده، از اثر باکتری‌کشی در طول انتقال نمونه به آزمایشگاه جلوگیری کند. در آب‌های آشامیدنی هر ۰/۱ میلی‌لیتر از محلول ۳ درصد تیوسولفات سدیم، ۵ میلی‌گرم در لیتر کلر باقیمانده را خنثی می‌کند.

۲- پس از ریختن تیوسولفات سدیم در شیشه قبل از انجام نمونه برداری، شیشه در اتوکلاو با حرارت ۱۲۱ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه استرون می‌گردد.

۳- جهت نمونه برداری از کلیه شیرهای برداشت (منابع، مخازن، شبکه)، تخلیه اولیه آب به مدت ۲ تا ۳ دقیقه الزامی است.

۴- در صورت نبودن شیر برداشت مخازن، حتماً باید از هنگام برداشت آب از داخل مخزن، شرایط بهداشتی رعایت گردد.

۵- جهت نمونه برداری میکروبی، شیرهای برداشت (منابع و ...) حتماً باید توسط شعله (پنبه و الکل مخصوص جهت انجام این کار) به طور کامل و دقیق استریل و پس از این عمل درب شیشه نمونه برداری به سرعت باز و نمونه برداری انجام و سپس درب شیشه محکم بسته شود.

۶- جهت نمونه برداری میکروبی اگر پمپ چاه به هر دلیل خاموش باشد، نمونه برداری باید حتماً ۲۰ دقیقه پس از روشن شدن پمپ چاه انجام پذیرد.

۷- در کلیه نمونه برداری‌ها جهت رسیدن نمونه به آزمایشگاه حتماً باید از کلمن‌های مخصوص نمونه برداری که دارای محفظه‌های مخصوص جهت قرار گرفتن کیسه‌های یخ به منظور حفظ شرایط دمایی نمونه تا رسیدن به آزمایشگاه می‌باشد، استفاده کرد.

۸- رعایت ایمنی نمونه برداری و نیز نکات بهداشتی به منظور پیشگیری از آلوده شدن نمونه‌های جمع‌آوری شده طی نمونه برداری تا انتقال به آزمایشگاه رعایت گردد.

نمونه برداری آزمایشات فیزیکی و شیمیایی آب

ظروف انتخابی نمونه برداری جهت انجام آزمایشات فیزیکوشیمیایی بهتر است پلی اتیلن یا پلاستیک مقاوم با حجمی حدود ۱ لیتر باشد. ارزش نتایج آزمایشات آب بستگی به نحوه نمونه برداری، نگهداری، جابه جایی و تحویل نمونه ها به آزمایشگاه داشته و می بایست توسط شخصی انجام گیرد که آگاهی و کفایت انجام صحیح این کار را داشته باشد. همچنین انجام نمونه برداری برای بررسی کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب دارای نکات و مراحل قابل توجهی از جمله موارد زیر است:

- ۱- ظرف نمونه قبل از انجام نمونه برداری باید چند بار توسط آب شیر برداشت شستشو شود.
- ۲- بعد از نمونه برداری، نمونه در حداقل زمان به آزمایشگاه ارسال شود.
- ۳- در فصل تابستان به دلیل بالا بودن دمای هوا، نمونه باید در شرایط دمایی 4°C به آزمایشگاه منتقل شود.

در تعیین محل نمونه برداری برای بررسی کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب نکات مختلفی موثرند ولی به طور کلی برخی از نقاط برای انجام نمونه برداری به شرح زیر توصیه می شوند:

- ۱- محل خروجی آب تصفیه شده از تصفیه خانه: این نمونه برداری به تعیین راندمان تصفیه آب کمک نموده و نشان دهنده کیفیت آب ورودی به سیستم شبکه توزیع می باشد.
- ۲- نقطه ای که نمونه های برداشت شده نشان دهنده کیفیت آب در لوله اصلی باشد.
- ۳- نقطه ای که نمونه های برداشت شده نشان دهنده کیفیت آب در لوله های فرعی باشد.
- ۴- نقطه ای که نمونه های برداشت شده نشان دهنده کیفیت آب در انتهای سیستم باشد.

تواتر نمونه برداری

تواتر نمونه برداری به بیان کلی، ایجاد استاندارد زمانی و مکانی برای انجام نمونه برداری از آب است که می تواند شامل منابع آب، مخازن آب و شبکه آب شرب باشد. شبکه توزیع آب آشامیدنی عبارت است از مجموعه ای از لوله و تاسیسات مرتبط با هم و دارای فشار لازم به منظور توزیع آب برای مصارف خانگی، تجاری، صنعتی و عمومی در یک منطقه یا داخل شهر، شهرک، روستا و یا سایر اجتماعات مشابه، که این شبکه باید با نظارت مراجع قانونی و ذیصلاح متولی تأمین و توزیع آب آشامیدنی کشور باشد. تواتر نمونه برداری آب بسته به نوع نمونه برداری فیزیکوشیمیایی یا میکروبی و یا محل برداشت نمونه (منبع آب، مخزن ذخیره یا شبکه توزیع) متفاوت خواهد بود. همچنین تعیین تواتر نمونه برداری به عوامل متعدد دیگری وابسته است که برخی از مهمترین آنها به شرح ذیل است:

۱. شرایط فنی و اقتصادی؛
۲. شرایط کیفی آب در بازه زمانی گذشته؛
۳. روند تغییرات یک یا چند پارامتر در طول زمان؛
۴. شرایط اقلیمی و آب و هوایی منطقه؛
۵. فاصله منبع آلاینده تا منبع آب؛
۶. شرایط خاک مانند نفوذپذیری؛
۷. شرایط بارندگی منطقه.

همچنین امروزه برای تعیین تواتر نمونه‌برداری می‌توان از نرم‌افزارهای مختلف موجود استفاده کرد یا از استانداردهای موجود در سایر نقاط دنیا بهره گرفت. به عنوان مثال بر طبق توصیه سازمان حفاظت محیط زیست کالیفرنیا در سال ۲۰۰۴ میلادی، تواتر نمونه‌برداری کیفی منابع آب زیرزمینی به شرح ذیل بوده است:

تواتر نمونه‌برداری از چاه‌هایی که آلودگی آنها ثابت است و یا آلاینده روند کاهشی دارد، ۲ بار در سال است. برای چاه‌های تازه احداث شده، انجام نمونه‌برداری هر سه ماه یک بار انجام شود و پس از طی این دوره در صورتی که آلودگی فیزیکی شیمیایی از نظر آماری ثابت یا روند کاهشی داشت، ۲ بار در سال انجام پذیرد.

همان گونه که گفته شد تواتر نمونه‌برداری جهت انجام آزمایشات میکروبی آب با تواتر نمونه‌برداری جهت انجام نمونه‌برداری فیزیکوشیمیایی، متفاوت است که در ادامه بیان خواهد شد.

پایش کیفی منابع تأمین آب

تواتر نمونه‌برداری میکروبی

اساس تعیین تواتر برای نمونه‌برداری میکروبی از چاه به دو عامل عمق چاه و سابقه آلودگی در چاه وابسته است.

حداقل دوره نمونه‌برداری برای کلیفرم‌های کل و گرمایای در چاه‌هایی که عمق کمتر از ۱۰۰ متر دارند، در صورتی که سابقه MPN بزرگتر از ۲/۲ را نداشته باشند، ماهانه یک بار و در غیر این صورت می‌تواند کوتاه‌تر شده و هر ماه ۲ بار یا هر هفته یک بار انجام گردد.

حداقل دوره نمونه‌برداری برای کلیفرم‌های کل و گرمایای از چاه‌هایی که عمق بالاتر از ۱۰۰ متر دارند، در صورتی که سابقه MPN بزرگتر از ۲/۲ را ندارند، به صورت فصلی توصیه می‌شود و در

صورتی که منبع تأمین آب دارای سابقه MPN بالاتر از ۲/۲ باشد، می‌تواند کوتاه‌تر شده و هر ماه یک بار یا هر ۴۵ روز یک بار انجام گردد.

تواتر نمونه‌برداری فیزیکی و شیمیایی

تواتر نمونه‌برداری از منابع آب زیرزمینی جهت انجام آزمایشات فیزیکی و شیمیایی و پایش آنیون‌ها و کاتیون‌های مانند درجه حرارت، رنگ، کل جامدات محلول، هدایت الکتریکی، سختی، کلرید، نیتрат، نیتريت، سولفات، فسفات، آمونیاک، کربنات، پتاسیم، سدیم، کلسیم، منیزیم، آهن و منگنز و سایر پارامترهای قابل اندازه‌گیری در فصول پرآب و کم‌آب آبخوان آب‌های زیرزمینی، ۲ بار در سال (اوایل فصل بهار و اوایل فصل پاییز) توصیه می‌شود. پارامترهای آهن و منگنز در صورتی که به صورت فصلی یا فصول کم‌آب و پرآب روند افزایش نداشته باشد، می‌تواند بر اساس تواتر نمونه‌برداری فلزات سنگین انجام شود.

تواتر نمونه‌برداری منابع آب زیرزمینی برای انجام آزمایشات فلزات سنگین هر ۲ سال یک بار توصیه شده است. البته به شرطی که غلظت فلزات سنگین در منبع آب در طی زمان روند افزایشی نداشته و کمتر از حداکثر مجاز باشد، در غیر این صورت دوره تواتر می‌تواند کوتاه‌تر انتخاب گردد. همچنین تواتر نمونه‌برداری از منابع آب زیرزمینی جهت انجام آزمایشات مربوط به سموم و مواد آلی هر ۲ سال یک بار و جهت انجام آزمایشات مربوط به پرتوزاها^۱ هر ۵ سال یک بار پیشنهاد می‌شود. بدیهی است در صورت وجود آلودگی به این مواد یا نزدیکی به منبع انتشار این مواد، دوره تواتر کوتاه‌تر خواهد بود.

پایش کیفی مخازن ذخیره و شبکه‌های توزیع آب آشامیدنی

پایش کیفی آب در مخازن و شبکه توزیع آب آشامیدنی یکی از مراحل سیستم مدیریت یکپارچه کنترل آب از منبع تا نقطه مصرف است. پایش و کنترل کیفیت آب در شبکه توزیع و مخازن با توجه به تأثیر عوامل مختلف کیفیت آب شبکه توزیع آب، ضرورت دارد. که برخی از مهمترین این عوامل عبارتند از:

۱- جنس شبکه

۲- مشخصات هیدرولیکی شبکه مانند فشار

۱- پرتوزاها یا مواد رادیواکتیو موادی هستند متشکل از هسته‌های ناپایدار، که به طور خود به خود دچار تغییراتی شده که نتیجه آن تشکیل ترکیبات هسته‌ای ناپایدارتر می‌باشد.

- ۳- عمر شبکه
- ۴- نحوه طراحی شبکه (شاخه‌ای یا حلقوی بودن)
- ۵- نحوه نگهداری و بهره‌برداری از شبکه (تعداد اتفاقات و تخلیه رسوبات)
- ۶- ویژگی‌های آب و هوایی منطقه
- ۷- خورنده و یا رسوب‌گذار بودن آب
- ۸- گندزدایی (نوع ماده گندزدا و نحوه تزریق)

به طور کلی مخاطراتی که آب آشامیدنی در شبکه توزیع آب را تهدید می‌کنند به ۴ دسته تقسیم می‌شوند که عبارتند از:

- ۱- عوامل باکتریولوژی
 - ۲- عوامل فیزیکی و شیمیایی
 - ۳- عوامل ریزآلاینده
 - ۴- عوامل بیولوژیکی
- گام اول در بحث کنترل کیفی شبکه توزیع آب، تعیین نقاط نمونه‌برداری است. در یک دسته‌بندی کلی، نقاط نمونه‌برداری در شبکه توزیع آب به نقاط نمونه‌برداری ثابت و نقاط نمونه‌برداری متغیر دسته‌بندی می‌شوند. در این دسته‌بندی محل‌های مختلفی از شبکه به عنوان محل برداشت نمونه برای انجام آزمایشات مختلف تعیین می‌شود که در ادامه به برخی از آنها اشاره می‌شود.

نقاط ثابت

- ۱- نقاط انتهایی شبکه شاخه‌ای
- ۲- خطوط اصلی شبکه
- ۳- نقاطی بر روی شبکه فرعی
- ۴- نقاط نزدیک به مخازن هوایی در شبکه
- ۵- نقاط حساس شامل مراکز بهداشتی و درمانی، مهدکودک و مدارس
- ۶- نقاط کم فشار در شبکه
- ۷- محل تزریق مستقیم چاه به شبکه
- ۸- نقاطی که احتمال آلودگی میکروبی در آن زیاد است.

نقاط متغیر

- ۱- نقاطی که به لحاظ کیفی مورد اعتراض مشترکین باشد.
- ۲- نقاطی از شبکه که مورد تعمیر و بازسازی قرار گیرد.
- ۳- نقاطی که اتفاقات در آنها بیشتر است.
- ۴- نقاطی از شبکه که در آزمون‌های قبلی دارای آلودگی بوده است.
- ۵- نقاط تصادفی

چنانچه در شهری چند مخزن ذخیره تأمین آب وجود داشته باشد، جمعیت تحت پوشش هر مخزن مبنای محاسبه برای تعیین تعداد و تواتر نمونه‌برداری قرار می‌گیرد.

تعداد و تواتر آزمون‌های لازم در مخازن ذخیره**باکتری شاخص آلودگی گرمایابی**

یکی از مهمترین عامل‌های تهدید در مخازن و شبکه‌های توزیع آب عامل‌های باکتریولوژی می‌باشد و بهترین باکتری شاخص آلودگی گرمایابی آب، اشرشیاکلی می‌باشد ولی از آنجا که شناسایی و تعیین مقدار آن مشکل است گروه باکتری‌های کلیفرم گرمایابی که شامل اشرشیاکلی نیز می‌باشد، به عنوان شاخص آلودگی گرمایابی آب در نظر گرفته می‌شود. نمونه‌برداری برای انجام آزمون شناسایی و تعیین مقدار گروه باکتری‌های کلیفرم گرمایابی در مخازن ذخیره آب، حداقل ماهانه یک بار توصیه می‌شود.

شمارش جمعیت میکروبی

نمونه‌برداری برای انجام آزمون شناسایی و شمارش جمعیت میکروبی (HPC) در مخازن ذخیره آب حداقل ماهانه یک بار توصیه می‌شود.

البته این پیشنهاد دارای توجهاتی به شرح زیر است:

- ۱- برای مخازن ۱۰۰۰۰ هزار مترمکعبی و بیشتر و در شهرهایی که یک مخزن ذخیره دارند، نمونه‌برداری برای آزمون باکتری کلیفرم گرمایابی و شمارش جمعیت میکروبی (HPC) جداگانه و در دو روز متفاوت با فاصله زمانی ۱۵ روز از یکدیگر توصیه می‌شود.
- ۲- تواتر مذکور شامل مخازن هوایی که جزئی از شبکه توزیع آب به حساب می‌آیند نمی‌باشد.

۳- در شهرها و روستاهایی که فقط از منابع آب زیرزمینی استفاده می‌کنند، تواتر انجام آزمون شمارش جمعیت میکروبی می‌تواند تا نصف این میزان کاهش یابد.

باقیمانده گندزدا

انجام آزمون شناسایی و تعیین مقدار باقیمانده ماده گندزدا و عوامل مرتبط با آن (کدورت، pH و دما) در مخازن ذخیره آب با ظرفیت بالاتر از ۵۰۰۰ متر مکعب باید به صورت روزانه انجام شود که البته امروزه بیشتر از سامانه‌های نمونه برداری سنجش لحظه‌ای (آنلاین) برای انجام این کار استفاده می‌شود. البته در مخازن روستایی که ظرفیت کمتر از ۱۰۰۰ متر مکعب دارند و در مناطقی که دسترسی به مخزن دشوار است، تواتر نمونه‌برداری می‌تواند تا هفته‌ای یک بار کاهش یابد.

عوامل‌های فیزیکی و شیمیایی

تواتر نمونه‌برداری از مخازن ذخیره آب شهری برای انجام کلیه آزمایشات فیزیکی و شیمیایی مطابق استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۵۳، هر شش ماه یک بار تعیین می‌شود و این موارد در مخازن ذخیره آب روستایی، در مواردی که عوامل مربوطه در نقطه مصرف/شبکه توزیع، بیش از ۷۰ درصد حداکثر مجاز توصیه شده در استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۵۳ باشد، بایستی پایش گردند. بهتر است نمونه‌برداری برای پایش عوامل فیزیکی و شیمیایی در مناطقی که مخزن از چند منبع مختلف تغذیه می‌شود، همزمان با نمونه‌برداری از منابع تغذیه‌کننده آن انجام شود. همچنین توصیه شده است به منظور افزایش موارد بازدید از مخازن، نمونه‌برداری برای انجام آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی همزمان با نمونه‌برداری برای انجام آزمون‌های میکروبی انجام نشود.

فلزات سنگین و عناصر سمی

تواتر نمونه‌برداری از مخازن برای کنترل فلزات سنگین و عوامل سمی، در مواردی که وجود این عناصر در آب قابل ردیابی باشد (حدود ۸۰ درصد مقدار استاندارد)، حداقل یک بار در سال توصیه می‌شود و در غیر این صورت این نمونه‌برداری می‌تواند هر ۲ سال یک بار انجام گردد.

محصولات جانبی به کارگیری گندزداها (DBP_s)^۱

محصولات جانبی گندزدایی شامل ترکیباتی هستند که در نتیجه واکنش ماده گندزدا با پیش‌سازها^۲ تولید می‌شوند. پیش‌سازها واکنشگرهایی اعم از ترکیبات آلی و ترکیبات معدنی هستند که در واکنش

1. Disinfection by-products

2. Precursors

با مواد گندزدا، محصولات جانبی تولید می‌کنند. نوع محصولات جانبی ناشی از به کارگیری گندزداها با توجه نوع گندزدای مصرفی مطابق آخرین ویرایش استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۵۳ تعیین می‌شود. نمونه‌برداری برای انجام آزمون شناسایی و تعیین مقدار محصولات جانبی ناشی از به کارگیری گندزداها در مخازن ذخیره‌ای که از آب سطحی یا مخلوط آب‌های سطحی و زیرزمینی تغذیه می‌شود، حداقل فصلی یک بار و در مخازن ذخیره‌ای که فقط از آب زیرزمینی تغذیه می‌شوند، سالی یک بار تعیین می‌شود.

در خصوص مخازن ذخیره آب روستاهایی که با مشکل دسترسی به مخازن مواجه هستند و فقط از آب زیرزمینی تغذیه می‌شوند تواتر نمونه‌برداری برای انجام آزمون شناسایی و تعیین مقدار محصولات جانبی ناشی از به کارگیری گندزداها، می‌تواند تا دو سال یک بار کاهش یابد.

مواد شیمیایی آلی

مواد شیمیایی آلی به مجموعه مواد غیر معدنی اطلاق می‌شوند که در ساختار مولکولی خود دارای عنصر کربن می‌باشند و شامل هیدروکربن‌های آلیفاتیک، هیدروکربن‌های آروماتیک و سایر مواد هستند. نوع مواد شیمیایی آلی با توجه به عامل‌های مشخص شده در آخرین ویرایش استاندارد ملی ایران به شماره ۱۰۵۳ تعیین می‌شود.

در صورتی که هر یک از مواد آلی در منابع آب سطحی یا زیرزمینی که به مخزن وارد می‌شود قابل ردیابی باشد (حدود ۷۰ درصد مقدار استاندارد)، تواتر نمونه برداری و انجام آزمایشات مربوط به این مواد باید حداقل سالی یک بار صورت گیرد.

عامل‌های بیولوژی

حداقل تواتر نمونه‌برداری برای شناسایی و تعیین مقدار عامل‌های بیولوژیکی در مخازن ذخیره که از منابع آب سطحی یا مخلوطی از منابع آب سطحی و زیرزمینی تغذیه می‌شوند، به صورت فصلی و در مخازنی که از منبع آب زیرزمینی تغذیه می‌شوند، حداقل سالانه می‌باشد.

تعداد و تواتر آزمون‌های لازم در شبکه توزیع آب

باکتری شاخص آلودگی گرمای

در شبکه توزیع آب، تواتر و تعداد نمونه‌برداری برای تعیین مقدار عامل گروه باکتری‌های کلیفرم گرمای، بر اساس جمعیت و مطابق جدول شماره ۲-۱ و همچنین تفسیر و رهنمود سازمان جهانی بهداشت برای ارزیابی سلامت میکروبی آب در جدول ۲-۲ پیشنهاد شده است.

جدول ۲-۱: تعداد آزمون باکتریولوژی و HPC در شبکه توزیع آب

حد اقل تعداد نمونه در هر ماه	جمعیت (نفر)
۱ نمونه	کمتر از ۵۰۰۰
۱ نمونه به ازای هر ۵۰۰۰ نفر	۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰
۱ نمونه به ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر + ۱۰	بیش از ۱۰۰۰۰۰

جدول ۲-۲: رهنمود سازمان جهانی بهداشت برای ارزیابی سلامت میکروبی آب

مطلوبیت آزمون باکتری شاخص اشرشیاکلی گرمایای (%)			معیار	
جمعیت تحت پوشش (نفر)		کمتر از ۵۰۰۰	۹۰	عالی
بیش از ۱۰۰۰۰۰	۵۰۰۰-۱۰۰۰۰۰			
۹۹	۹۵	۸۰	۷۰	خوب
۹۵	۹۰	۶۰	۸۵	متوسط
۹۰	۸۵	۶۰	۸۰	ضعیف

آزمون شمارش جمعیت میکروبی (HPC)

آزمون شمارش جمعیت میکروبی به عنوان معیار شاخص بهره‌برداری شبکه و نشان‌دهنده تجمع رسوب در مخزن و شبکه می‌باشد. تعداد و تواتر نمونه‌برداری بر اساس جمعیت و مطابق جدول ۲-۱ محاسبه می‌شود.

در شهرها و روستاهایی که فقط از منبع تأمین آب زیرزمینی استفاده می‌کنند، تواتر انجام آزمون شمارش جمعیت میکروبی می‌تواند تا نصف این میزان کاهش یابد.

باقیمانده گندزدا

تواتر اندازه‌گیری و کنترل ماده گندزدا (کلر آزاد باقیمانده) در آب و عوامل مرتبط با آن (کدورت، دما و pH) در شبکه توزیع آب به صورت روزانه پیشنهاد می‌شود و تعداد آن متناسب با جمعیت تحت پوشش شبکه آب طبق جدول ۲-۳ تعریف شده است.

جدول ۲-۳: تعداد موارد سنجش روزانه کلر آزاد باقیمانده، کدورت، pH، دما

تعداد سنجش روزانه آزمون‌های کلر باقیمانده، pH، کدورت و دما	جمعیت (نفر)
۱	تا ۵۰۰۰
۲	۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰
۵	۱۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰
۱۰	۵۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰
۱۵	۱۰۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰۰
به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ نفر ۱ نمونه + ۱۵	بیش از ۵۰۰۰۰۰

البته در جدول فوق برای روستاهای با جمعیت کمتر از ۵۰۰۰ نفر، تواتر نمونه‌برداری برای انجام آزمون شناسایی و تعیین مقدار عامل‌های مرتبط با باقیمانده گندزدا (کدورت، دما و pH) می‌تواند تا هفته‌ای یک بار کاهش می‌یابد.

کلر آزاد باقیمانده^۱

به مجموع اسید هیپوکلرو^۲ و یون هیپوکلریت^۳ در آب آشامیدنی کلر آزاد باقیمانده گفته می‌شود.

آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی

تواتر نمونه‌برداری و آزمایشات فیزیکی و شیمیایی در شبکه توزیع آب نیز با توجه به جمعیت و مطابق جدول ۲-۴ توصیه شده است. آن دسته از عامل‌های فیزیکی و شیمیایی که در شبکه آب شهری باید مورد شناسایی قرار گیرند با توجه به نتایج آزمون‌های فیزیکی و شیمیایی در مخازن ذخیره مشخص و با تواتر شش ماهه انجام می‌شود. به طوری که هر یک از عوامل فیزیکی و شیمیایی به غیر از دما، کدورت، کلر آزاد باقیمانده و pH که مقدار اندازه‌گیری شده برای آن عامل در مخازن ذخیره از ۷۰ درصد حد مشخص شده در استاندارد ملی ایران بیشتر باشد بایستی در شبکه مورد پایش قرار گیرد.

نکته قابل توجه این است که در صورتی که نیترات بیش از ۷۰ درصد حد مشخص شده در استاندارد ملی ایران باشد، اندازه‌گیری این عامل به صورت فصلی توصیه شده است.

1. Free Residual Chlorine

2. HOCl

3. OCl⁻

جدول ۲-۴: حداقل تعداد نمونه برداری برای شناسایی و تعیین مقدار عامل‌های فیزیکی و شیمیایی در شبکه توزیع

حد اقل تعداد نمونه برداری (شش ماهه)	جمعیت (نفر)
۱ نمونه به ازای هر ۵۰۰۰ نفر	کمتر از ۱۰۰۰۰
۱ نمونه به ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر + ۱	۱۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰
۱ نمونه به ازای هر ۲۵۰۰۰ نفر + ۴	۵۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰
۱ نمونه به ازای هر ۵۰۰۰۰ نفر + ۶	۱۰۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰۰
۱ نمونه به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ نفر + ۱۱	بیش از ۵۰۰۰۰۰

فلزات سنگین و عناصر سمی

عوامل موثر در شبکه شامل جنس شبکه و متعلقات، در تعیین عامل‌هایی از فلزات سنگین که باید در شبکه توزیع تعیین شوند موثر است. به عنوان مثال در لوله‌هایی با جنس پی وی سی، اندازه‌گیری عامل سرب و در شبکه‌هایی با لوله‌هایی از جنس آهن گالوانیزه، اندازه‌گیری عامل‌های قلع، روی، کادمیوم، سیانور اهمیت دارد. سرب و مس مهمترین فلزات سنگین هستند که در اثر جنس شبکه، می‌تواند وجود داشته باشد. و حداقل تواتر نمونه برداری برای تعیین عامل‌های سرب و مس هر ۶ ماه یک بار و مطابق جدول ۲-۵ پیشنهاد شده است. حداقل تواتر نمونه برداری برای تعیین فلزات سنگین به غیر از مس و سرب شامل آرسنیک، کروم، سلنیوم، کادمیوم، آنتیموان، جیوه، مولیبدن، سیانور، وانادیوم، بر، نیکل، باریم یک بار در سال و تعداد آن مطابق جدول ۲-۶ تعیین می‌شود. البته در صورتی که در ۳ دوره متوالی پایش سالیانه در ۹۰ درصد نمونه‌ها مقدار هر یک از عامل‌ها کمتر از ۷۰ درصد حدود مشخص شده در استاندارد ملی ایران باشد می‌توان تواتر را به ۳ سال یک بار کاهش داد.

جدول ۲-۵: حداقل تعداد نمونه‌های لازم برای تعیین سرب و مس بر اساس جمعیت تحت پوشش

حد اقل نمونه برای سرب و مس (شش ماهه)	جمعیت تحت پوشش شبکه (نفر)
۵	کمتر از ۵۰۰۰
۱۰	۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰
۱۲	۱۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰
۱۵	۵۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰
۲۵	۱۰۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰۰
۳۰	بیش از ۵۰۰۰۰۰

جدول ۲-۶: حداقل تعداد نمونه برای شناسایی و تعیین مقدار عامل‌های فلزات سنگین و عناصر سمی بر اساس جمعیت تحت پوشش

حداقل نمونه برای فلزات سنگین (سالانه)	جمعیت تحت پوشش شبکه (نفر)
۱ نمونه	کمتر از ۱۰۰۰۰
۱ نمونه به ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر + ۱	۱۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰
۱ نمونه به ازای هر ۲۵۰۰۰ نفر + ۳	۵۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰
۱ نمونه به ازای هر ۵۰۰۰۰ نفر + ۵	۱۰۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰۰
۱ نمونه به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ نفر + ۱۰	بیش از ۵۰۰۰۰۰

محصولات جانبی ناشی از گندزدایی (DBP_s)

نوع محصولات جانبی ناشی از به کارگیری گندزداها، با توجه به نوع گندزدای مصرفی تعیین می‌شود. حداقل تواتر نمونه‌برداری برای شناسایی و تعیین مقدار عامل‌های محصولات جانبی حاصل از به کارگیری گندزداها در شبکه توزیع که از آب‌های سطحی یا مخلوطی از آب‌های سطحی و زیرزمینی استفاده می‌کنند، فصلی یک بار و چنانچه از آب‌های زیرزمینی استفاده کنند سالی یک بار است. حداقل تعداد نمونه‌برداری برای شناسایی و تعیین مقدار عامل‌های محصولات جانبی به کارگیری گندزداها (DBP_s) در شبکه توزیع، بر اساس جمعیت و مطابق جدول ۲-۷ مشخص می‌شود.

جدول ۲-۷: حداقل تعداد نمونه برای شناسایی و تعیین مقدار محصولات جانبی ناشی از گندزداها (DBP_s) در شبکه توزیع آب

حداقل تعداد نمونه‌برداری	جمعیت تحت پوشش شبکه (نفر)
۱ نمونه	کمتر از ۱۰۰۰۰
۱ نمونه به ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر	۱۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰
۱ نمونه به ازای هر ۲۵۰۰۰ نفر + ۳	۵۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰
۱ نمونه به ازای هر ۵۰۰۰۰ نفر + ۵	۱۰۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰۰
۱ نمونه به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ نفر + ۱۰	بیش از ۵۰۰۰۰۰

مواد شیمیایی آلی

در برنامه کنترل کیفیت آب در شبکه توزیع آب تعداد نمونه‌ها در مورد کنترل مواد شیمیایی آلی متناسب با جمعیت تحت پوشش شبکه توزیع تعریف می‌شود. در کنترل مواد شیمیایی آلی در شبکه توزیع آب نکاتی پیشنهاد شده است که عبارتند از:

۱- نوع مواد شیمیایی آلی با توجه به عامل‌های مشخص شده در استاندارد ملی ۱۰۵۳ تعیین می‌شود.

۲- در صورتی که هریک از عوامل آلی در منبع تأمین آب قابل ردیابی باشد (حدود ۷۰ درصد میزان استاندارد)، حداقل تواتر نمونه‌برداری برای تعیین آن عامل در شبکه توزیع آب، حداقل سالی یک بار است.

۳- در صورتی که برای درزگیری مخازن، خط انتقال و شبکه توزیع آب از موادی با پایه آلی استفاده شود، حداقل تواتر نمونه‌برداری برای تعیین آن عامل در شبکه توزیع آب حداقل سالی یک بار است.

۴- در صورت وجود هرگونه تهدید ناشی از مواد آلی به شبکه توزیع آب مثل کارخانجات صنایع شیمیایی، حداقل تواتر نمونه‌برداری برای تعیین آن عامل در شبکه توزیع آب سالی یک بار است.

۵- حداقل تواتر نمونه‌برداری برای شناسایی و اندازه‌گیری سایر مواد شیمیایی آلی مندرج در استاندارد ملی ۱۰۵۳، هر سه سال تعیین می‌شود.

جدول ۲-۸ حداقل تعداد نمونه مورد نیاز برحسب جمعیت را برای تعیین مواد شیمیایی آلی در شبکه توزیع آب بیان می‌کند.

جدول ۲-۸: حداقل تعداد نمونه‌برداری آزمون‌های مواد آلی

حدداقل تعداد نمونه‌برداری	جمعیت تحت پوشش شبکه (نفر)
۱ نمونه	کمتر از ۱۰۰۰۰
۱ نمونه به ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر	۱۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰
۱ نمونه به ازای هر ۲۵۰۰۰ نفر + ۳	۱۰۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰۰
۱ نمونه به ازای هر ۵۰۰۰۰ نفر + ۵	۵۰۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰۰
۱ نمونه به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ نفر + ۱۰	بیش از ۵۰۰۰۰۰

عوامل بیولوژیکی

یکی از موارد مهمی که در کنترل کیفیت آب در شبکه توزیع آب مورد پایش و ارزیابی قرار می‌گیرد، عوامل بیولوژیکی است. در کنترل عوامل بیولوژیکی در شبکه توزیع آب موارد زیر قابل ذکر است:

حداقل تواتر نمونه‌برداری برای شناسایی و تعیین مقدار عامل‌های بیولوژی در شبکه توزیع که از منابع آب‌های سطحی یا مخلوطی از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی تغذیه می‌شوند، فصلی می‌باشد.

حداقل تواتر نمونه‌برداری برای شناسایی و تعیین مقدار عامل‌های بیولوژی در شبکه توزیع آب که از منابع آب‌های زیرزمینی تغذیه می‌شوند، حداقل شش ماه یک بار است.

در شبکه توزیع که از منابع آب‌های سطحی یا مخلوطی از منابع آب‌های سطحی و زیر زمینی تغذیه می‌شوند، در صورتی که در دو دوره پایش متوالی فصلی، برای ۹۰ درصد از نمونه‌ها، آلودگی به عوامل بیولوژیکی مشاهده نشود، تواتر نمونه‌برداری از فصلی به شش ماهه کاهش می‌یابد.

در شبکه توزیع آب که از منابع آب زیرزمینی تغذیه می‌شوند، در صورتی که در دو دوره پایش متوالی شش ماهه، برای ۹۰ درصد از نمونه‌ها، آلودگی به عوامل بیولوژیکی مشاهده نشود، تواتر نمونه‌برداری از شش ماهه به سالانه کاهش می‌یابد.

جدول ۲-۹، تعداد نمونه‌های مورد نیاز برای انجام آزمایشات بیولوژی در شبکه توزیع آب را بر اساس جمعیت تحت پوشش شبکه نشان می‌دهد.

جدول ۲-۹: حداقل تعداد نمونه‌برداری برای شناسایی و تعیین مقدار عامل‌های بیولوژی در شبکه توزیع

حداقل تعداد نمونه برداری	جمعیت تحت پوشش شبکه (نفر)
۱ نمونه	کمتر از ۱۰۰۰۰
۱ نمونه به ازای هر ۱۰۰۰۰ نفر	۱۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰
۱ نمونه به ازای هر ۲۵۰۰۰ نفر + ۳	۱۰۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰
۱ نمونه به ازای هر ۵۰۰۰۰ نفر + ۵	۱۰۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰۰
۱ نمونه به ازای هر ۱۰۰۰۰۰ نفر + ۱۰	بیش از ۵۰۰۰۰۰

استانداردهای آب آشامیدنی

پیشرفت روش‌های شناسایی، اندازه‌گیری و حذف آلاینده‌ها از یک طرف و شناسایی اثرهای جامع‌تر آنها بر سلامت انسان و به کارگیری روش مدیریت و ارزیابی ریسک در تدوین استانداردها سبب شده است که استانداردهای آب آشامیدنی در دنیا به طور مداوم بازنگری و مقادیر جدیدی برای مواد معدنی، آلی و غیره تعریف و یا پارامترهای جدیدی معرفی شوند. در ادامه به شرح استانداردهای ملی آب آشامیدنی پرداخته می‌شود.

اصطلاحات و تعاریف

آب آشامیدنی^۱: آبی است که ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و رادیواکتیو آن در حدی باشد که مصرف آن جهت آشامیدن، عارضه سوئی در کوتاه‌مدت یا درازمدت، برای سلامت انسان ایجاد نکند.

حد مطلوب^۲: عبارت است از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و رادیواکتیو آب آشامیدنی، به طوری که بیشتر از آن حد (تا مقدار حداکثر مجاز)، برای کیفیت آب آشامیدنی مطلوب نمی‌باشد، اما هنوز قابل آشامیدن است.

یادآوری: حد مطلوب با در نظر گرفتن قابل پذیرش بودن^۳ آب از نظر طعم^۴ و بوی^۵ آب، موارد زیباشناختی^۶، ملاحظات فنی، راهبری و اقتصادی آب تعیین شده است.

حداکثر مجاز^۷: حد مجازی از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و رادیواکتیو آب آشامیدنی است که مصرف آن در کوتاه‌مدت یا درازمدت سبب ایجاد عارضه سوء برای سلامت انسان نشود.

ویژگی‌های آب آشامیدنی

ویژگی‌های فیزیکی آب آشامیدنی شامل طعم و بو و ویژگی‌های ظاهری و ویژگی‌های شیمیایی آب آشامیدنی شامل مواد شیمیایی معدنی، مواد شیمیایی آلی، آفت‌کش‌ها، گندزداها و محصولات جانبی گندزدایی، مقدار کلر آزاد باقیمانده، فلوراید و ویژگی‌های رادیواکتیو

-
1. Drinking Water
 2. Admissible Limit
 3. Acceptability
 4. Taste
 5. Odor
 6. Aesthetic
 7. MCL = Maximum Contaminant Level