



جمهوری اسلامی ایران  
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی  
مرکز مدیریت پستی بی‌آلودگی

# راهنمای فنی تأمین آب آشامیدنی، بهسازی محیط و بهداشت فردی در شرایط اضطراری

۱۱

اندازه‌گیری میزان کلر در آب آشامیدنی

مترجمان:

کاسم ندافی

سید غلامرضا موسوی

رضا سعیدی

مهدی هادی

محمد صادق حسنونند

مهدی مختاری

۱۳۹۸

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

راهنمای حاضر ترجمه سند منتشر شده توسط سازمان جهانی بهداشت (WHO) و مرکز مهندسی آب و توسعه (WEDC) در سال ۲۰۱۳ تحت عنوان زیر بوده است و استفاده غیرتجاری از آن با ذکر دقیق منبع بصورت زیر بلامانع است:

Technical Notes on Drinking-Water, Sanitation and Hygiene in Emergencies. Prepared for WHO by WEDC. Authors: Sam Godfrey and Bob Reed. Series Editor: Bob Reed. World Health Organization 2013.

لازم به ذکر است که این ترجمه توسط سازمان جهانی بهداشت و مرکز مهندسی آب و توسعه انجام نشده است. بنابراین سازمان جهانی بهداشت و مرکز مهندسی آب و توسعه هیچگونه مسئولیتی در قبال محتوا یا صحت مطالب ترجمه نشده ندارند.

این راهنما بدنبال وقوع سیل در مناطق وسیعی از کشور در بهار ۱۳۹۸، به سفارش مرکز مدیریت بیماری‌های واگیر وزارت بهداشت، توسط پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران ترجمه شده است.

پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران:

تهران - خیابان کارگر شمالی - نرسیده به بلوار کشاورز - پلاک ۱۵۴۷ - طبقه هشتم

تلفن: ۸۸۹۷۸۳۹۹ - ۰۲۱، دورنگار: ۸۸۹۷۸۳۹۸ - ۰۲۱

جهت دسترسی به این راهنما به تارگه اینترنتی پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران به آدرس

<http://ier.tums.ac.ir>، (بخش انتشارات) مراجعه نمایید.



## مقدمه

کشور ما همچون بسیاری از کشورهای دیگر دنیا در معرض انواع بلایای طبیعی چون زلزله و سیل قرار دارد و بلایای طبیعی همه ساله در کشور ما اتفاق می‌افتد و به دنبال آن شیرازه زندگی عادی گروهی از مردم بلا دیده از هم گسیخته می‌شود و محتاج کمک در زمینه‌های مختلف می‌گردند. از جمله مهمترین نیازهای مردم در شرایط اضطراری بعد از وقوع بلایای طبیعی نیاز به آب آشامیدنی سالم و بهسازی محیط است که در کنار رعایت بهداشت فردی می‌تواند از بروز و شیوع بیماری‌های واگیر به نحو چشمگیری جلوگیری نماید.

بی‌تردید نظام بهداشتی کشور ما از کارشناسان، متخصصین و مدیران با تجربه‌ای برخوردار است که می‌توانند این شرایط را بخوبی مدیریت و به نحو شایسته‌ای به مردم بلا دیده کمک کنند. وجود راهنمای فنی مناسب از جمله نیازهای تکنسین‌ها، کارشناسان و مدیران بهداشتی بویژه در مرکز مدیریت بیماری‌های واگیر وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی است. از آنجا که کیفیت آب می‌تواند تا حد زیادی در اثر بلای طبیعی و شرایط اضطراری تحت تاثیر قرار گیرد، بهترین اقدام گندزدایی آب آشامیدنی است. متداول ترین روش گند زدایی استفاده از کلر است. این راهنما توضیح می‌دهد که چرا کلر مورد استفاده قرار می‌گیرد. چگونه عمل می‌کند. چگونه حضور کلر در آب آشامیدنی مورد آزمایش قرار می‌گیرد و کی و کجا باید این آزمایش انجام شود؟

این راهنما دنبال وقوع سیل در مناطق وسیعی از کشور در بهار ۱۳۹۸، به سفارش مرکز مدیریت بیماری‌های واگیر وزارت بهداشت، توسط پژوهشکده محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران ترجمه شده است که بدینوسیله از مترجم این راهنما، جناب آقای دکتر کاظم ندافی عضو محترم هیات علمی دانشگاه علوم پزشکی تهران تشکر و قدردانی می‌گردد. همچنین از دفتر یونسف در ایران بخاطر حمایت از انتشار بموقع این اثر، صمیمانه سپاسگزاری می‌گردد.

دکتر محمد مهدی گویا

دکتر کاظم ندافی

رییس مرکز مدیریت بیماری‌های واگیر

رییس پژوهشکده محیط زیست

## فهرست مطالب

### صفحه

### عنوان

۱-۱۱	چرا باید آب آشامیدنی در شرایط اضطراری گند زدایی شود؟
۲-۱۱	گندزدایی چیست؟
۳-۱۱	کلر چگونه عمل می‌کند؟
۴-۱۱	کلر باقیمانده
۵-۱۱	آزمایش کلر باقیمانده
۷-۱۱	آب باید کی و کجا آزمایش شود؟

## اندازه‌گیری میزان کلر در آب آشامیدنی

از آنجا که کیفیت آب می‌تواند تا حدد زیادی در اثر بلای طبیعی و شرایط اضطراری تحت تاثیر قرار گیرد، بهترین اقدام گندزدایی آب آشامیدنی است. متداول ترین روش گند زدایی استفاده از کلر است. این راهنما توضیح می‌دهد که چرا کلر مورد استفاده قرار می‌گیرد. چگونه عمل می‌کند. چگونه حضور کلر در آب آشامیدنی مورد آزمایش قرار می‌گیرد و کی و کجا باید این آزمایش انجام شود؟



### چرا باید آب آشامیدنی در شرایط اضطراری گند زدایی شود؟

وقتی بلای طبیعی، اجتماعی را که به آب آشامیدنی با کیفیت خاصی دسترسی دارد، تحت تاثیر قرار می‌دهد، شرایط به دلایل زیر تغییر می‌کند:

- بلای طبیعی اغلب به سیستم آبرسانی موجود آسیب وارد می‌کند که منجر به آلودگی یا آلودگی بیشتر آن می‌شود.
- گاهی مردم باید به محل‌های جدید نقل مکان کنند و مجبورند آب آشامیدنی خود را از منابع جدیدی تأمین کنند که نسبت به آلودگی آن دارای ایمنی طبیعی نیستند.

- شرایط اضطراری اغلب سلامت فیزیکی و روانی مردم را تحت تاثیر قرار می دهد و آنها را نسبت به عفونت و بیماری آسیب پذیر می سازد.

بنابراین بسیار مهم است که همه مردمی که تحت تاثیر بلای طبیعی قرار می گیرند به آب آشامیدنی سالم دسترسی داشته باشند. روش های متنوعی برای بهبود کیفیت آب آشامیدنی وجود دارد که بسیاری از آن ها در بخش های ۴ و ۵ این راهنما مورد بحث قرار گرفته است بیشتر این فرایندهای تصفیه برای این طراحی شده است که آب را برای گند زدایی، بعنوان آخرین مرحله در فرایند تصفیه، آماده نماید

### گندزدایی چیست؟

بسیاری از بیماری ها که اجتماعات را بشدت تحت تاثیر قرار می دهد توسط میکرو ارگانیسم های منتقله از آب آشامیدنی، ایجاد می شود بنابراین به آن ها بیماری های منتقله توسط آب می گویند. گندزدایی فرایندی است که این ارگانیسم ها را از بین می برد و از ایجاد عفونت پیشگیری می کند. روش های مختلفی برای گندزدایی آب وجود دارد اما کلر زنی تا کنون متداول ترین روش محسوب می گردد. جدول ۱۱-۱ مزایا و محدودیت های استفاده از کلر را برای گندزدایی آب، نشان می دهد.

### جدول ۱۱-۱. مزایا و محدودیت های استفاده از کلر بعنوان گندزدا

محدودیت ها	مزایا
<ul style="list-style-type: none"> <li>• کلر یک عامل اکسید کننده قوی است که باید با احتیاط جابجا شود و باید از استنشاق بخارات آن اجتناب شود.</li> <li>• کلر به نحو موثری به ذرات سیلت و مواد آلی معلق در آب نفوذ نمی کند</li> <li>• می تواند در مقادیر بالا مزه نامطبوعی به آب بدهد</li> <li>• تاثیر آن بر علیه بعضی از ارگانیزم ها نیاز به غلظت های بالاتر و زمان های تماس بیشتر است.</li> <li>• در حذف کریپتوسپوریدیم غیر موثر است و در مواردی که حذف این پاتوژن مورد نظر است سایر روش ها باید در ترکیب با کلر مورد استفاده قرار گیرد (مثل فیلتراسیون)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• کلر به شکل های مختلف پودر، گرانول، قرص، مایع و گاز وجود دارد.</li> <li>• کلر به آسانی در اشکال مختلف بصورت ارزان در دسترس است.</li> <li>• به آسانی در آب حل می شود.</li> <li>• در آب باقیمانده بجای می گذارد (نکته ۱۱-۲ رابینید)</li> <li>• بر علیه گستره وسیعی از میکرو ارگانیزم های بیماری زا موثر است.</li> </ul>

اقتباس از Lambert و Davis (۲۰۰۲).

### کلر چگونه عمل می کند؟

وقتی کلر به آب اضافه می شود غشاء بسیاری از میکرو ارگانیزم ها را نابود می کند و آن ها را می کشد هر چند بر علیه بعضی کیست ها مانند کریپتوسپوریدیم، که در برابر گندزدایی با کلر مقاوم است، موثر نیست هر چند بدلیل دیواره بیرونی ضخیمی که دارند اگر کلر در تماس مستقیم با ارگانیزم ها قرار گیرد تاثیر گذار است اگر آب دارای سیلت باشد باکتری های پوشیده شده توسط آن در معرض کلر قرار نمی گیرند کلر آب را گندزدایی می کند اما آن را خالص نمی سازد و بعضی از آلاینده های آن توسط کلر قابل حذف نیست (نکته ۱۱-۱ را ببینید).



کلر برای کشتن ارگانیزم ها به زمان نیاز دارد در دمای  $18^{\circ}C$  و بالاتر کلر باید حداقل به مدت ۳۰ دقیقه با آب در تماس باشد. اگر آب سردتر باشد زمان تماس باید افزایش یابد بنابراین طبیعی است که کلر وقتی که آب وارد مخزن ذخیره یا خط لوله طولانی دریافت آب می شود فرصت می یابد تا قبل از اینکه به دست مصرف کننده برسد قدرت گندزدایی خود را اعمال کند.

#### نکته ۱۱-۱. کلر زنی آب یک راه حل کامل نیست.

اگر چه کلر همه میکروارگانیزم ها را نابود نمیکند اما تاکنون بعنوان موثر ترین گندزدای موجود برای شرایط اضطراری شناخته شده است زیرا عمده ارگانیزم ها را از بین می برد. کلر آلاینده های شیمیایی را از آب حذف نمی کند حذف آلودگی های شیمیایی دشوار تر است و مستلزم داشتن دانش فنی و تجهیزات بیشتری است.

کدورت و pH آب اثر معنی داری روی راندمان کلر بعنوان یک ماده گند زدا دارد کدورت آب باید کمتر از NTU ۵ و میزان pH باید بین ۶/۸ تا ۷/۲ باشد برای چگونگی تغییر میزان pH آب و اندازه گیری کدورت به فصل اول راهنمای فنی مراجعه کنید.

#### کلر باقیمانده

وقتی کلر به آب اضافه می شود به مواد آلی موجود در آب حمله می کند و سعی می کند تا آن ها را نابود کند. اگر کلر باندازه کافی به آب اضافه شود بخشی از آن بعد از آنکه همه ارگانیزم های اضافی از بین رفتند، باقی می ماند که به آن کلر آزاد می گویند (شکل ۱۱-۱).

کلر آزاد در آب تا زمانی که برای نابود کردن آلاینده های جدید مورد استفاده قرار گیرد، باقی می ماند بنابراین اگر آبی مورد آزمایش قرار گیرد و حاوی مقداری کلر آزاد باشد مویید آن است که بیشتر ارگانیزم های خطرناک در آب

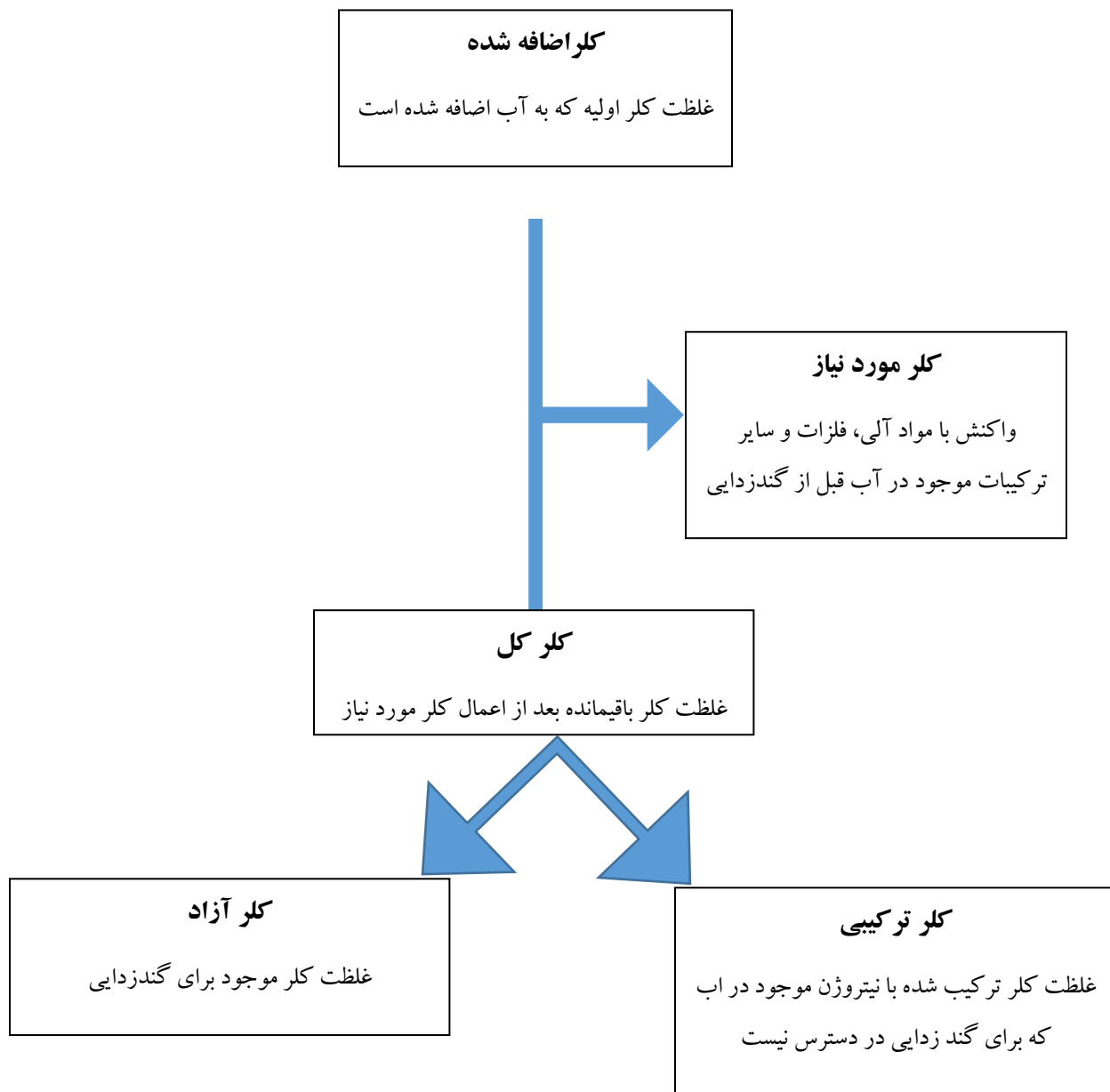
از بین رفته اند و آب برای آشامیدن سالم می باشد. این فرایند اندازه گیری کلر باقیمانده نامیده می شود (شکل ۱۱-۲).

### آزمایش کلر باقیمانده

سریعترین و ساده ترین روش آزمایش کلر باقیمانده، آزمایش با استفاده از اندیکاتور DPD<sup>۱</sup> توسط یک مقایسه کننده چشمی است. یک قرص DPD به نمونه آب اضافه می شود که باعث قرمز شدن رنگ آب می شود شدت این رنگ در مقایسه با رنگ های استاندارد سنجیده می شود تا غلظت کلر باقیمانده تعیین شود شدت رنگ بیشتر نشان دهنده غلظت بیشتر کلر باقیمانده در آب است. انواع مختلفی از کیت ها برای سنجش کلر باقیمانده آب بصورت تجاری موجود است مانند نمونه ای که در شکل ۱۱-۲ نشان داده شده است. این کیت ها کوچک و قابل حمل است.

#### نکته ۱۱-۲. نگهداری کلر باقیمانده

بیشتر روش های گند زدایی بطور موثری میکرو ارگانیزم ها را می کشد اما هیچگونه حفاظتی در برابر آلودگی های بعدی در سیستم آبرسانی ایجاد نمی کند کلر دارای این مزیت است که هم یک گند زدای موثر است هم باقیمانده آن می تواند سیستم آبرسانی را در پایین دست نقطه کلر زنی حفاظت کند.

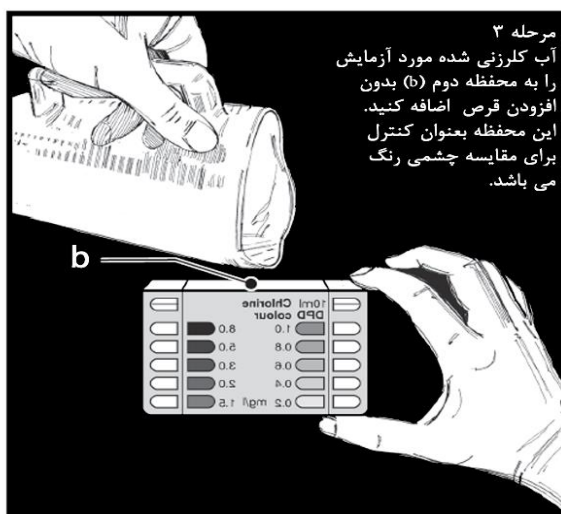
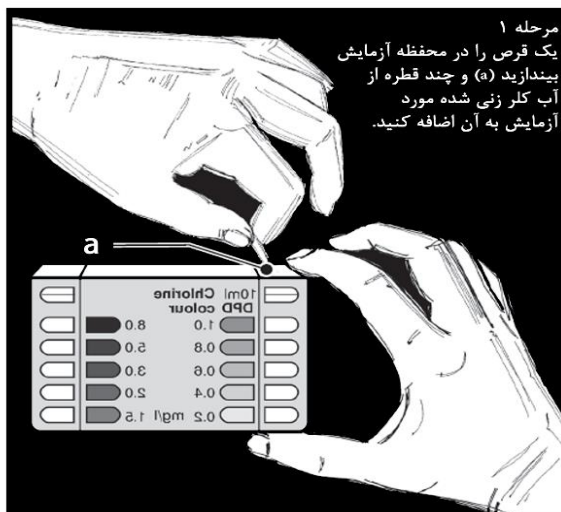
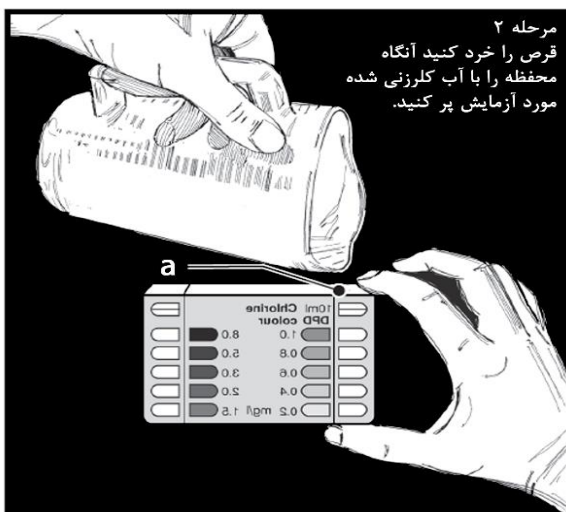


شکل ۱۱-۱. افزودن کلر به آب (اقتباس از گزاره برگ آزمایش کلر باقیمانده، پروژه CDC ۱۱-۱). (SWS).

## آب باید کی و کجا آزمایش شود؟

کلر زنی مداوم متداول ترین روش در سیستم آبرسانی از طریق لوله کشی است. کلر زنی منظم سایر سیستم های آبرسانی مشکل است و معمولاً برای گندزدایی بعد از نگهداری و تعمیر مورد توجه قرار می گیرد. معمول است که کلر باقیمانده در نقاط زیر اندازه گیری شود:

- درست بعد از اینکه کلر به آب اضافه شد برای بررسی اینکه آیا فرایند کلر زنی درست کار می کند.
- در خروجی نزدیک ترین مصرف کننده به نقطه کلر زنی برای اینکه اطمینان حاصل شود کلر باقیمانده در سطح قابل قبول است.
- در دورترین نقطه شبکه، جایی که احتمال دارد میزان کلر باقیمانده در کمترین حد باشد. اگر میزان کلر باقیمانده از حداقل لازم کمتر باشد (نکته ۱۱-۳ را ببینید) ممکن است لازم باشد کلر زنی در نقاط میانی شبکه نیز صورت گیرد.



شکل ۱۱-۲. مراحل تعیین کلر باقیمانده آب با استفاده از مقایسه کننده چشمی

مقدار کلر باقیمانده در طی روز و شب تغییر می کند. با فرض اینکه شبکه آبرسانی همواره تحت فشار است (نکته ۱۱-۴ را ببینید) در طول روز کلر باقیمانده نسبت به شب بیشتر است زیرا آب در شب به مدت طولانی تری در سیستم می ماند (زمانی که تقاضا کمتر است) بنابراین فرصت بیشتری برای آب وجود دارد که بدلیل کاهش کلر باقیمانده آلوده شود و باعث می شود کلر آزاد باقیمانده از طریق واکنش با آلاینده ها کاهش یابد.

کلر باقیمانده باید بطور منظم بررسی شود اگر سیستم نو باشد یا بازسازی شده باشد کلر باقیمانده را روزانه بررسی کنید تا زمانی که مطمئن شوید فرایند کلر زنی بخوبی عمل می کند بعد از آن حداقل هفته ای یکبار آن را بررسی کنید.

### نکته ۱۱-۳. میزان کلر باقیمانده توصیه شده

کلر باقیمانده بالاتر در سیستم آبرسانی باعث حفاظت بهتر و طولانی تر سیستم در برابر آلودگی می شود گرچه مقادیر بالای کلر به آب بو و مزه بدی می دهد و ممکن است مردم از نوشیدن آن رویگردان شوند برای استفاده خانگی در شرایط عادی میزان کلر باقیمانده در نقطه مصرف ۰/۲ تا ۰/۵ میلی گرم در لیتر است. مقادیر بالاتر کلر باقیمانده نزدیک به نقطه کلر زنی و مقادیر پایین تر در نقاط انتهایی شبکه آبرسانی مورد انتظار است.

**نکته ۱۱-۴. کلر زنی و شبکه های آبرسانی نوبتی**

در سیستم های آبرسانی نوبتی هیچ نقطه اطمینان بخشی برای کلر زنی وجود ندارد. همه سیستم های لوله کشی دارای نشت هستند و وقتی جریان آب در سیستم آبرسانی قطع می شود فشار در آن افت می کند و آب آلوده از طریق نقاط شکسته وارد سیستم می شود هیچ میزانی از کلر آزاد باقیمانده، که برای مصرف کنندگان قابل قبول باشد، نمی تواند با چنین میزان بالایی از آلودگی مقابله کند. همه سیستم های آبرسانی نوبتی باید آلوده در نظر گرفته شوند و اقدامات لازم برای گندزدایی آب در نقطه مصرف انجام شود.

### چک لیست کلر زنی

کلر حداقل به ۳۰ دقیقه زمان تماس با آب نیاز دارد تا بتواند آن را گندزدایی کند بهترین زمان برای افزودن کلر بعد از همه فرایندهای تصفیه و قبل از ذخیره سازی و مصرف است.

هرگز کلر را قبل از صافی شنی کند یا هر فرایند بیولوژیکی تصفیه دیگر بکار نبرید زیرا کلر باکتری های مفید برای تصفیه را از بین می برد و تصفیه را غیر کارآمد می نماید.

هرگز هیچ یک از اشکال جامد کلر را مستقیماً به سیستم آبرسانی اضافه نکنید زیرا بخوبی مخلوط و حل نمی شود. همیشه ابتدا با افزودن ترکیبات کلر به مقدار کمی آب، محلول غلیظ تهیه کنید و سپس آن را به سیستم تزریق کنید.

گندزدایی تنها یک سد دفاعی در برابر بیماری است. باید همه اقدامات لازم بمنظور حفاظت از منابع آب در برابر آلودگی انجام شود و از آلودگی های بعدی آب در مراحل انتقال و ذخیره سازی پیش گیری شود.

روش صحیح کاربرد یک ماده گندزدا در آب باید بطور کامل رعایت شود و سیستم های آبرسانی باید بطور منظم پایش شوند تا از عاری از باکتری بودن آن اطمینان حاصل شود. از طرف دیگر مردم ممکن است به اشتباه گمان برند که آب برای آشامیدن سالم است که چنین اشتباهی می تواند خطرناک باشد.

کلر باقیمانده مطلوب در یک سیستم آبرسانی در اجتماعات کوچک در گستره ۰/۵-۰/۲ میلی گرم در لیتر است.





### منابع برای مطالعه بیشتر

- WHO (2011) Guidelines for drinking water quality, 4th ed., WHO, Geneva.  
[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/2011/dwq\\_guidelines/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/dwq_guidelines/en/).
- Davis J, Lambert R. (2002) Engineering in Emergencies 2nd edition, chapter 13. ITDG UK.
- Centers for Disease Control and Prevention. Chlorine residual testing fact sheet. CDC SWS Project (Undated). [http://www.cdc.gov/safewater/publications\\_pages/chlorineresidual.pdf](http://www.cdc.gov/safewater/publications_pages/chlorineresidual.pdf).
- Action Contre La Faim (2005) Water sanitation and hygiene for populations at risk, chapter 11. Hermann Editeurs Des Sciences et des Arts, Paris ISBN 2 7056 6499 8.



Institute For Environmental Research  
Tehran University of Medical Sciences



Deputy for Health  
Ministry of Health and Medical Education  
Center for Communicable Disease Control

# Technical Notes on Drinking-water, Sanitation and Hygiene in Emergencies

Measuring Chlorine Levels  
in Water Supplies

11