" مدیریت ریسک برای سیستم های توزیع آب"

1- معرفی

ایمنی آب آشامیدنی به فاکتورهای متعددی از جمله کیفیت منبع تأمین کننده آب، مؤثر بودن فرایند تصفیه و یکپارچگی (بدون نقص بودن) سیستم توزیعی که آب را به مردم منتقل می‌کند بستگی دارد. در هر مرحله از تولید و رساندن آب آشامیدنی به مصرف کنندگان، مخاطرات بالقوه مختلفی کیفیت آب را به خطر می‌اندازد. سیستم‌های لوله‌کشی توزیع آب نسبت به آبگیرهای دریافت آب[1] که به صورت روباز می‌باشند، نسبت به آلودگی آسیب‌پذیری کمتری دارند. در هر حال، اگر شبکه‌های لوله‌کشی توزیع آب آلوده شوند، ممکن است دیگر نتوان فرایند تصفیه‌ای برای کاستن از ریسک مخاطره ایجاد شده در مورد آب انجام داد.

شناسایی، اولویت بندی و پیشگیری از ریسک‌های برخاسته از مخاطرات مختلف، براساس طرح‌های ایمنی آب باید صورت گیرد.

2- طرح‌های ایمنی آب

2-1- عناصر طرح ایمنی آب

شکل 1 روند تدوین و توسعه یک طرح ایمنی آب را نشان می‌دهد. هدف از این طرح، تأمین آبِ با کیفیت و به تبع آن تأمین اهداف مربوط به بهداشت و سلامت می‌باشد. بررسی و ارزیابی طرح، موفقیت‌آمیز بودن آن را مشخص می‌کند. 3 عنصر اصلی طرح‌های ایمنی آب عبارتند از :

- ارزیابی سیستم[2] که شامل ارزیابی توانایی ساختار و زنجیره تأمین آب آشامیدنی (تا نقطه مصرف) برای رساندن آبی که اهداف تعریف شده را تأمین کرده به مصرف کنندگان و ارزیابی معیارهای طراحی برای سیستم‌های جدید می‌باشد.

[1] Open Surface Water Catchment
[2] System Assessment

- شناسایی اقدامات کنترلی در یک سیستم آب آشامیدنی که مجتمعاً ریسک‌های شناسایی شده را کنترل می‌کنند و این اطمینان را می‌دهد که اهداف مربوط به بهداشت و سلامت تأمین شده است. (برای هر اقدام کنترلی شناسایی شده، یک روش مناسب پایش باید تعریف شود و این اطمینان را بدهد که هر انحراف از عملکرد تعریف شده یا همان عملکرد معیار به سرعت و در زمان سریع شناسایی می‌گردد.)
- طرح‌های مدیریتی که فعالیت‌هایی که باید در زمان عملکرد نرمال و یا در شرایط حاد و اضطراری باید انجام گیرند را توصیف می‌کنند و نیز ارزیابی‌ها (مثلاً شامل ارتقاءهایی که در سیستم انجام می‌گیرد)، پایش‌ها، طرح‌های ارتباطی و برنامه‌های پشتیبانی که از سیستم انجام گرفته را مستند می‌کند.

3- طرح‌های ایمنی آب برای سیستم‌های توزیع

در حالت کلی، آبی که به شبکه توزیع آب آشامیدنی وارد می‌گردد باید تا زمانیکه به دست مردم می‌رسد، بدون اینکه نیازمند فرایند تصفیه دیگری باشد، ایمن و قابل اطمینان باشد. بنابراین، مدیریت سیستم توزیع آب در اصل، حفظ آب در همان کیفیت تولید شده و به حداقل رساندن ریسک‌های آلودگی و پایین آمدن کیفیت آب حین انتقال به مردم و مصرف کنندگان می‌باشد. به هر حال، بسیاری از سیستم‌های توزیع، شبکه‌های پیچیده‌ای از لوله‌ها، پمپ‌ها، تانک‌ها و شیرآلات می‌باشند که همیشه شناسایی ریسک‌ها در آن‌ها به سادگی شناسایی در سایر حوزه‌های تأمین آب نمی‌باشد.

شکل 1- شمای چارچوب طرح‌های ایمنی آب

3-1- تشکیل تیم

اولین گام در تدوین و پیشبرد یک طرح ایمنی آب تشکیل یک تیم با تخصص‌های مختلف است که درک درستی از شبکه توزیع آب داشته باشند. این تیم نوعاً می‌تواند شامل مدیران، مهندسان (مسئولین بهره‌برداری، اپراتورها، طراحان، مسئولین نگهداری و امورمالی)،

کارکنان بخش کنترل کیفیت آب (شیمیدان و میکروبیولوژیست) و تکنسین‌های فنی باشد. تمام اعضای تیم باید دانش کافی در خصوص سیستم آب داشته باشند.

2-3- مستندسازی و توصیف سیستم

گام بعدی، مستندسازی و توصیف سیستم می‌باشد. توصیف سیستم می‌تواند شامل یک دیاگرام کلی جریان در سیستم توزیع آب و نقشه‌هایی که نشان‌دهنده کیفیت آب در هر بخش و زون هستند، باشد. نشان دادن عناصر سیستم تأمین آب با جزئیات مناسب و کافی به منظور ارزیابی ریسک‌ها و شناسایی اقدامات کنترلی مرتبط، در این بخش مهم و ضروری می‌باشد. بنابراین پمپ‌ها، اتصالات، شیرها، مخازن و فشار در شبکه باید در نظر گرفته شود.

مثال‌هایی از ویژگی‌های مهم عبارتند از:

- رزروارهای سرویس‌رسان، مخازن تعدیل‌کننده، ایستگاه‌های پمپاژ و مخازن یا شیرهای فشارشکن
- زون‌های مربوط به هر مخزن
- جانمایی لوله‌های اصلی و فرعی
- محل حوضچه‌های شیرآلات اصلی و اتصالات
- جهت و مسیر جریان در شبکه
- تعداد انشعابات مشترکین
- دبی، مسیر و مشخصات هیدرولیکی جریان
- انشعاباتی که خطر بروز جریان معکوس در آن‌ها وجود دارد.

توصیف و تشریح سیستم باید از لحاظ مفهومی دقیق باشد. زیرا تیم از این موارد و دیاگرام‌ها برای ارزیابی مخاطرات استفاده خواهد کرد. اگر دیاگرام‌های جریان و نقشه سیستم نادرست و غلط باشد ممکن است برخی از مخاطرات نادیده گرفته شوند و به تبع آن اقدامات کنترلی مناسب شناسایی نگردند. بنابراین، تیم باید در ابتدا صحت ودقت دیاگرام‌ها و نقشه‌های موجود و یا تهیه شده را تأیید نماید. (مثلاً به واسطه چک کردن و بررسی دیداری برخی از تجهیزات و یا ویژگی‌های شبکه که روی زمین قرار دارند.)

مثالی که در زیر بیان شده است اهمیت آگاه بودن از اجزای اصلی سیستم توزیع آن را مشخص می‌کند.

شیوع ویروس Norwalk به واسطه جریان برگشتی[3] (معکوس) بین شبکه عمومی و یک شبکه خصوص خصوصی رخ داد. در طول یک از اگوست سال 1980، تقریباً 1500 نفر از اهالی شهری کوچک در شمال ایالت جورجیای آمریکا، تحت تأثیر گاستروانتریت قرار گرفتند (التهاب روده‌ای). آزمایشاتی که روی نمونه های مدفوع گرفته شده انجام شد، وجود میکروب‌های سالمونلا، شیگلا و کمپلوباکتر (Campylobacter) را رد کرد. فقط 4 تای این نمونه ها به وسیله میکروسکوپ الکترونی مورد آزمایش قرار گرفتند که جواب آن منفی بود. 12 تا از 19 نمونه گرفته شده، وجود این آلودگی را تأیید نمودند.
با بررسی خانه به خانه که انجام گرفت مشخص شد 68% از مردمی که نزدیک کارخانه نساجی زندگی می کردند، آلوده شده‌اند. شیوع اپیدمی نشان داد که مصرف آب باعث این شیوع این بیماری گردیده است.
آب مورد نیاز این منطقه از 2 منبع تأمین می شد. یک رودخانه که در نزدیکی آنجا بود و یک چشمه. در بین مردم سایر مناطق که از آب رودخانه استفاده کرده بودند، هیچگونه علامتی ناشی از بیماری مشاهده نشد. در ادامه مشخص گردید افرادی که از آب چشمه استفاده می‌کردند، بیمار شده بودند. ولی این در حالی بود که آب چشمه بعد از استحصال کلرزنی می‌شد و براساس بررسی‌های انجام گرفته مشخص شد که مشکلی در واحد کلرزنی وجود ندارد و این واحد به درستی کار می‌کند و میزان کلر تزریقی نیز مناسب می‌باشد.
آب چشمه بعد از کلرزنی به 2 شبکه مشخص وارد می‌شد. علاوه بر این 2 انشعاب، یک انشعاب نیز برای سیستم تأمین کننده آب کارخانه نساجی به صورت مجزا اجرا شده بود. آب مورد نیاز کارخانه نساجی از 5 حلقه چاه و 2 چشمه که در منطقه واقع شده بودند، تأمین می‌شد. تمام این منابع به واحد کلرزنی که نسبتاً کهنه و دارای تجهیزات ناکافی بود مجهز بودند. یکی از چشمه ها با مقدار بالایی از کلیفرم آلوده شده بود . در مخزن ذخیره کارخانه نیز به طور قابل توجهی جلبک و دیاتومه رشد کرده بود.
در حالت عادی فشار شبکه عمومی (110 psi) بیشتر از فشار سیستم آب کارخانه نساجی (100 psi) بود. اما در برخی ساعات از شبانه‌روز به دلیل افزایش تقاضا، فشار در شبکه شهری تا 80 psi کاهش پیدا می کرد که این باعث می شد حجم جریان قابل توجهی از شبکه کارخانه نساجی وارد سیستم آب شهری گردد.
شیوع بیماری اهمیت ممانعت از بروز جریان برگشتی بین سیستم‌هایی که تأسیسات آب کنترل کاملی روی هر دو سیستم (شبکه عمومی و انشعابات یا شبکه های خصوصی متصل به آن) ندارند (از لحاظ کیفی) را نمایان ساخت.

[3] Cross Connection

3-3- ارزیابی مخاطرات و توصیف ریسک

مدیریت ریسک در سیستم‌های توزیع آب آشامیدنی چالش‌های مختلفی را برای مدیریتِ ریسک‌ها در مثلاً تصفیه‌خانه‌های آب ایجاد می‌کند. زمانیکه فرایندهای تصفیه مهندسی شده مانند فیلتراسیون یا گندزدایی در نظر گرفته می‌شود، تأکید روی انتخاب و کنترل فرایندهایی است که ریسک را به یک سطح قابل پذیرش کاهش دهد، با این فرض که منابع تأمین آب، آلودگی غیرقابل پذیرش بالقوه‌ای دارد. زمانیکه سیستم‌های توزیع در نظر گرفته می‌شوند، تمرکز روی پیشگیری از آلودگی مجدد یا تنزل کیفیت آب به واسطه بروز شکاف (رخنه‌ها) در یکپارچگی سیستم یا پیامدهای بهره‌برداری، سخت می‌باشد. در هر دو موقعیت تعیین اینکه چه آلاینده‌هایی سبب ایجاد نگرانی می‌شوند (ارزیابی مخاطرات) و اینکه چگونه آن‌ها به سطوح غیرقابل پذیرش می‌رسند (توصیف ریسک یا تعیین مشخصات ریسک) مفید می‌باشد. این کار شناسایی آلاینده‌های بالقوه (مخاطرات) و ریسک رخ دادن آن‌ها که سبب تبدیل شدن آن‌ها به آلودگی (بالفعل شدن) می‌گردد را ساده‌تر می‌سازد.

مدیریت ریسک در سیستم‌های توزیع آب شبیه آن چیزی است که در محل دریافت آب انجام می‌گیرد و هدف هر دو پیشگیری از رخ دادن مخاطرات می‌باشد. با این تفاوت که شبکه‌های توزیع آب درست آخرین جزء از تأسیسات آب قبل از رسیدن آب آشامیدنی به دست مردم می‌باشند، ولی بعد از محل‌های دریافت آب یا آبگیرها، تأسیسات و اجزایی وجود دارند که می‌توانند از آلودگی ایجاد شده در آب بکاهند یا به عبارت دیگر در صورت آلوده بودن آب می‌توان از شدت آلودگی در این محل‌ها کاست. (مانند مخازن و تصفیه‌خانه‌ها)

در ارزیابی ریسک مشخص نمودن ریسک‌هایی که باید ارزیابی گردند به وسیله پارامترهایی نظیر چه کسانی در معرض ریسک هستند و آن‌ها از چه چیزی در معرض ریسک می‌باشند، مهم است. بنابراین پرسیدن سئوالات ذیل به عنوان اولین گام در ارزیابی ریسک می‌تواند مفید باشد:

- آب چگونه به مصرف خواهد رسید و مسیرهای در معرض ریسک قرار گرفتن کدام‌ها هستند؟
- چه مشترکینی از این آب استفاده می‌کنند؟
- چگونه مصرف‌کنندگان از آلودگی‌های احتمالی مطلع می‌شوند؟
- این آب برای چه کسانی یا چه بخشی فراهم شده است؟
- چه ملاحظات خاصی برای گروه‌های آسیب‌پذیر در نظر گرفته شده است؟ (مانند کودکان و افراد مسن)

ارزیابی ریسک روی میز[4] (روزمره)

گام بعدی در ارزیابی ریسک، بررسی و براورد سیستماتیک آسیب‌پذیری‌های بالقوه سیستم نسبت به مخاطرات خارجی با استفاده از دیاگرام‌های جریان و نقشه‌های سیستم می‌باشد. بررسی اولیه، بررسی روی میز[5] (بررسی تئوریک) است و به داده‌های فراهم شده توسط مهندسان طراح و کارکنان بهره‌برداری وابسته می‌باشد.

اطلاعاتی که می‌تواند بخشی از این ارزیابی باشد، شامل موارد ذیل می‌گردد:

- مناطقی که رطوبت خاک و یا جاری شدن جریان‌های سطحی سبب می‌گردد مواد آلاینده مختلف (مثلاً فضولات حیوانات در مراتع) به سیستم تأمین آب وارد گردد. (حتی بصورت فصلی و در مقاطعی خاص)
- مناطق دارای تراکم جمعیتی بالا (بخصوص دارای چاه جذبی)
- مناطق دارای فشار کم در شبکه توزیع
- مناطقی که از 2 یا چند منبع، تأمین آب می‌کنند و الگوی تأمین آب آن‌ها.
- جنس، سن و موقعیت لوله‌ها (برای اتصالات خراب و شکسته امتیاز منفی یا آسیب‌پذیری بیشتری باید در نظر گرفته شود)
- جریان برگشتی، مجاورت به فاضلابروها و تأسیسات خطرناک و فاصله بین شبکه‌های آب و فاضلاب

[4] Desktop risk assessment
[5] Desk-Based

- مناطق پست در معرض سیل
- عمق کارگذاری لوله‌ها (گاهی اوقات عمق کارگذاری کم سبب می‌شود بر اثر بارهای ترافیکی لوله دچار شکستگی گردد)
- شرایط و سن مخازن سرویس‌رسان
- مناطقی که در آن‌ها انشعابات غیرمجاز وجود دارد و یا زیرساختی توسط سازمانی ثالثی ایجاد و به کیفیت ساخت آن اطمینانی وجود ندارد.
- مناطقی که خانه‌ها در آنجا مخزن ذخیره با پمپ دارند و با پمپ آب را به مخزن که عمدتاً روی پشت بام قرار گرفته است می‌فرستند.
- مناطقی که در آنجا نشت زیادی از شبکه رخ می‌دهد. (نشت شناسایی شده و مشخص)
- ساختمان‌های بزرگ (مشترکین خاص) مانند بیمارستان‌ها

در هر مرحله، هدف شناسایی چگونگی وقوع آلودگی از یک منبع شناسایی شده به واسطه در نظر گرفتن رخدادهایی است که می‌تواند منجر به بروز آلودگی گردد. خروجی این کار لیستی از رخدادهای خطرناک و مخاطره انگیز، خطر بالقوه و محل احتمالی وقوع آن می‌باشد.

بررسی بهداشتی

مراحل بالا یک شمای کلی از سیستم توزیع و چارچوبی برای شناسایی محیط‌های خطرناک و قابلیت آسیب پذیری را ارائه می‌کند. گام بعدی انجام یک ارزیابی میدانی از سیستم به منظور شناسایی مخاطرات بالقوه و رخدادهای خطرناک و در صورت وجود اقدامات کنترلی ممکن است.

بررسی و ارزیابی بهداشتی مشاهدات میدانی‌ای را برای پشتیبانی و تقویت ارزیابی ریسک فراهم می‌کند. این کار شامل بررسی‌های کامل سیستماتیک سیستم توزیع آب آشامیدنی با هدف شناسایی تمام مخاطرات اصلی و نقاط آسیب‌پذیر می‌باشد. این بررسی اساساً با حالت فیزیکی زیرساخت با تمرکز بر تهدیدات خارجی سر و کار دارد.

در انجام بررسی و ارزیابی بهداشتی، فرم‌های استاندارد برای سازه های بزرگ از یک نوع مانند مخازن سرویس رسان، حوضچه‌های شیرآلات بزرگ، عبور از مسیر جاده و یا کالورت‌ها و زیرساخت‌های توزیع مورد استفاده قرار گیرد. فرم‌های استاندارد شده برای بررسی و ارزیابی بهداشتی در WHO, 1997 & Howard,2002 دردسترس می‌باشد و می‌تواند برای اطمینان از اینکه اهمیت اجزای مختلف سیستم مورد ارزیابی قرار گرفته است و از سوی دیگر خرابی و نقایص ماندگار در سیستم شناسایی گردیده، مفید باشد.

بررسی و ارزیابی سیستم تأمین آب مناطق شهری به دلیل اینکه اکثر بررسی‌ها عمدتاً برمبنای مشاهدات بصری می‌باشد، ممکن است دشوار باشد. شناسایی نشت‌های مخفی و غیرمشخص در برخی نقاط بخصوص مناطقی که عمق کارگذاری لوله بالاتر است، از طریق مشاهده دشوار خواهد بود. همچنین آلودگی‌ها ممکن است در فاصله‌ای دورتر از یک محل مشخص (محل مورد ارزیابی) رخ داده باشد. علی ایحال روش‌های ساده مبتنی بر پرسش و بازدیدهای دیداری می‌تواند کماکان اطلاعات مفیدی درباره اینکه آیا ریسک‌ها در سطح کل سیستم هستند و یا فقط مربوط به بخش یا محلی خاص می‌باشند، فراهم آورند. بنابراین، سئوالات مطرح شده در فرم بازرسی باید هم ریسک‌هایی که بصورت آنی رخ می‌دهند و شرایط اضطراری ناگهانی را ایجاد می‌کنند و هم آن‌هایی که بلند مدت‌تر هستند و مربوط به گستره وسیع‌تر از سیستم تأمین می‌باشند را پوشش دهد. ریسک‌های محلی شامل جوانب مختلفی مانند تجمع آب‌های راکد در اطراف اتصالات بین لوله‌های رایزر و خطوط اصلی انتقال می‌باشد. نشت های کوچک از لوله باعث خالی شدن اطراف لوله می شود و همچنین پتانسیل انتقال آلودگی از این طریق (محل‌های بروز نشت) میسر می‌باشد. به دلیل اینکه در محل مخازن سرویس‌رسان امکان بروز آلودگی در سطح گسترده وجود دارد، بازرسی و بررسی در این محل لازم و ضروری می‌باشد.

برای بازرسی جامع بهداشتی در سطح کل سیستم توزیع آب یک شهر، مشکلات خاصی وجود دارد. از اینرو منطقه‌ای که باید توسط کارکنان میدانی بررسی گردد، حتی‌الامکان می‌بایست به چندین بخش تقسیم گردد تا در یک روز قابل بررسی و بازدید باشد. محدوده

مطالعه می‌تواند کل زون تأمین آب و یا زیرمجموعه‌ای از آن باشد. اهمیت داشتن یک درک درست از آسیب‌پذیری یک سیستم توزیع به وسیله یک مثال تبیین می‌گردد. (بروز آلودگی کریپتوسپردیوم مربوط به آلودگی یک مجرای آب)

بروز آلودگی کریپتوسپردیوم مربوط به آلودگی یک مجرای آب

در ماه های آگوست و سپتامبر سال 2000، 168 مورد تأییدیه آزمایشگاهی در مورد بروز آلودگی کریپتوسپردیوم در میان ساکنان شهر بلفاست گزارش شد. از این موارد، 117 مورد مربوط به منطقه‌ای بود که توسط یک مجرای آب واحد آبرسانی می‌گردید. این مجرای آب 110 سال قدمت داشت. این خط 7 مایل طول و آب آشامیدنی حدود 216 هزار نفر از ساکنین شهر را تأمین می‌کرد. روی آب عبوری از این مجرا، بعد از خروج از تصفیه خانه تا زمان ورود به مخازن توزیع و بعد از آن رسیدن به دست مردم، هیچ نصفیه‌ای روی آن انجام نمی‌شد.
نمونه‌برداری‌های اولیه وجود آلسیست‌های کریپتوسپردیوم را رد کرد. اما نمونه‌برداری‌های بعدی که در سطح گسترده‌تر و از مخازن سرویس رسان انجام گرفت، به طور متوسط وجود 2/2 آلسیست در هر 10 لیتر آب را تأیید کرد. برای بررسی یکپارچگی مجرای مورد نظر، عملیات کلرزنی در تصفیه‌خانه متوقف و نمونه‌هایی برای آزمایش کلی فرم کل و E-coli در نقاط مختلف مجرا برداشته شد. تعداد کلی فرم کل و E-coli به طور اساسی بین 2 محل نمونه‌برداری افزایش می‌یافت. بین این 2 نقطه دوربین‌های مدار بسته (CCTV) نصب گردید. مشاهدات انجام گرفته از CCTV وجود لکه سیاه رنگی در بخشی از مسیر را نشان داد که بعد از بررسی مشخص شد این محل، محل استقرار یک تانک سپتیک خانگی (خصوصی) بوده است. بررسی های بعدی نشان داد که برای ساخت تانک سپتیک، دیواره آجری بیرونی مجرای انتقال آب تخریب شده بوده است که به تبع آن پس‌زدگی و سرریز شدن فاضلاب از سپتیک باعث آلودگی سیستم توزیع آب بعد از فاز تصفیه می‌شد.

اولویت‌بندی ریسک‌ها

در سیستم‌های بزرگ و پیچیده، ریسک‌های بسیاری ممکن است شناسایی شوند که ایجاد یک اولویت‌بندی و رتبه بندی برای آن‌ها سخت می‌باشد. ماتریس‌های ساده برای ارزیابی ریسک نوعاً ترکیبی از اطلاعات فنی کسب شده از کتب راهنما، متون علمی و ... با تکیه بر قضاوت مهندسی می‌باشد که توسط نفر سوم و براساس معیارهایی بررسی و ارزیابی می‌گردند. به دلیل اینکه هر سیستم آبی منحصر به فرد است، رتبه‌بندی ریسک برای هر سیستم مشخص، خاص و منحصر به فرد خواهد بود.

با استفاده از یک ارزیابی ریسک نیمه کمی[6]، تیم طرح ایمنی آب می تواند یک امتیاز اولویت‌بندی برای هر رخداد خطرناک شناسایی شده محاسبه کنند. هدف از این کار تمرکز روی رخدادهایی است که بیشترین خطر و تهدید را دارا می باشند و این یعنی مهمترین اقدامات کنترلی شناسایی شوند. روش‌های مختلفی برای رتبه‌بندی ریسک‌ها دردسترس می باشند و تیم باید بداند از کدام روش باید برای این منظور استفاده کند. یک مثال از یکی از این روش ها در جدول 1 ارائه شده است که در آن امتیاز ریسک برای یک رخداد مخاطره آمیز خاص از طریق ترکیب احتمال وقوع با شدت پیامدهای آن بدست آمده است.

جدول 2 مثال‌هایی توصیفی برای محاسبه امتیاز ریسک از نرخ احتمال و شدت حوادث در فرایند ارزیابی ریسک ارائه شده است. در برخی شرایط، تعاریف دیگر ریسک مناسب‌تر و سودمندتر می باشند.

در تدوین و پشبرد یک طرح ایمنی آب، تطبیق دادن روشی پیوسته و توسعه‌ای با هدف لحاظ نمودن ریسک‌های بیشتر در آنالیزها امکان‌پذیر می‌باشد. برای انجام این مهم، تیم نیاز به تعیین یک نقطه تعیین کننده (Cut-off point) برای تمیزدادن بین مخاطراتی که نیازمند توجه فوری و سریع هستند و آن‌هایی که می‌توان در آینده و طی مرور زمان در نظر گرفته شوند، می‌باشد.

جدول 1 : مثالی از یک جدول امتیازدهی ریسک ساده برای اولویت‌بندی کردن ریسک‌ها

احتمال	شدت پیامدها				
	ناچیز	کم	متوسط	بزرگ	فاجعه بار
تقریباً قطعی	5	10	15	20	25
محتمل	4	8	12	16	20
متوسط	3	6	9	12	15
غیرمحتمل	2	4	6	8	10
به ندرت	1	2	3	4	5

[6] Semiquantitative

جدول 2 : مثال هایی از تعاریف احتمال و طبقه بندی شدت برای امتیازدهی به ریسک ها

آیتم	تعریف	وزن دهی
احتمال		
تقریباً قطعی	روزی یکبار	5
محتمل	هفته ای یکبار	4
متوسط	ماهی یکبار	3
غیرمحتمل	سالی یکبار	2
به ندرت	هر 5 سال یکبار	1
شدت		
فاجعه‌بار	پتانسیل مرگ تعداد زیادی از مردم	5
بزرگ	پتانسیل مرگ تعداد کمی از مردم	4
متوسط	پتانسیل صدمه به تعداد زیادی از مردم	3
کم	پتانسیل صدمه به تعداد کمی از مردم	2
ناچیز	اثری نخواهد داشت و یا اثرات آن قابل شناسایی نمی باشد	1

7-3-4- اقدامات کنترلی (شاخص های کنترلی – معیارهای کنترلی):

در زمینه طرح ایمنی آب، یک اقدام کنترلی هرگونه اقدام یا فعالیتی است که می‌تواند برای پیشگیری یا محدودکردن یک مخاطره یا کاهش آن به یک سطح قابل قبول انجام گیرد. بنابراین، هرگونه فعالیت مدیریت ریسک در یک سیستم تأمین آب آشامیدنی به عنوان یک اقدام کنترلی در نظر گرفته می‌شود. مثال‌هایی از اقدامات کنترلی در شبکه توزیع آب تأمین فشار مثبت در شبکه، شبکه توزیع سالم و بدون نقص (بدون نشت)، وسایل و ابزارهایی برای پیشگیری از جریان برگشتی در مخازن و ... می‌باشد.

اقدامات کنترلی به واسطه در نظر گرفتن رخدادهایی که می توانند به طور مستقیم یا غیرمستقیم سبب آلوده شدن آب شوند و فعالیت‌هایی که می‌توانند اثرات ریسک‌ها ناشی از آن مخاطرات را کاهش دهند، شناسایی شوند. مثال‌هایی از اقدامات کنترلی در سیستم‌های توزیع آب آشامیدنی عبارتند از:

- در نظر داشتن و انجام اقدامات نگهداری در شبکه توزیع
- دردسترس بودن سیستم‌های پشتیبان (به عنوان مثال منبع تأمین برق)
- میزان کافی و مناسب دز باقمانده ماده گندزدا در آب
- وجود وسایل و شیرآلاتی برای جلوگیری از بروز جریان برگشتی
- استفاده همزمان از شبکه و مخازن ذخیره در شبکه توزیع (صرفاً شبکه از لوله‌ها تشکیل نشده باشد)
- دردسترس بودن دستورالعمل‌هایی شامل روش‌های مناسب و نیز دستورالعمل گندزدایی شبکه بعد از تعمیر
- نگه‌داشتن سیستم در فشار مناسب
- فراهم کردن شرایط امنیتی مناسب برای جلوگیری از عملیات خرابکارانه

در شناسایی اقدامات کنترلی، معیار عملیاتی (بهره‌برداری) برای تمیز دادن عملکرد قابل قبول از عملکرد غیرقابل قبول لازم می‌باشد. این معیارها که به محدودیت‌های عملیاتی[7] (بهره برداری) تعبیر می‌شود، متغیرهایی از اقدامات کنترلی هستند که بصورت مستقیم و یا غیرمستقیم قابل اندازه‌گیری و یا فاکتورهایی هستند که قابل مشاهده می‌باشند. مثال‌هایی از متغیرهای قابل اندازه‌گیری شامل حداکثر و حداقل میزان pH، کلر باقیمانده و فشار هیدرولیکی سیستم در محل‌های استراتژیکی از سیستم توزیع می‌باشد. یک مثال ساده از فاکتوری که مربوط به شرایط ظاهری سیستم می‌باشد و قابل مشاهده هستند، توری‌هایی است که برای جلوگیری از ورود حیوانات و جانوران در مثلاً هواکش‌های مخازن نصب می‌گردد. دانش و تجربیات کنونی (شامل استانداردهای صنعتی و داده‌های فنی) و داده‌ها و سوابق قبلی، منابع مناسبی برای استفاده در زمان مشخص کردن این محدودیت‌ها می‌باشند. در حالت ایده‌آل، محدودیت‌های عملیاتی (بهره‌برداری) ویژگی‌های ذیل را دارا می‌باشند:

- آن‌ها قابل تعریف و پایش می‌باشند. (هم بصورت مستقیم و هم غیرمستقیم به واسطه پارامترهای جایگزین – پارامترهای جایگزین پارامترهایی هستند که در حقیقت نمایانگر شاخص اصلی می باشند و نماینده آن می‌باشند).

[7] Operational Limits

- یک واکنش از پیش تعریف شده (مانند اقدامات اصلاحی که در بخش 7-3-5 توضیح داده می‌شود) زمانی که پایش‌ها مشخص کردند که شرایط از حالت نرمال و معیار انحراف پیدا کرده است، قابل پیاده سازی و اجرا می‌باشند.
- اقدام کنترلی به واسطه بازگردان شرایط به محدوده قابل قبول و یا لزوم به انجام اقدامات کنترلی بیشتر، ایمنی آب را تأمین و ارتقاء می‌دهند.
- فرایند شناسایی انحراف از محدوده قابل قبول و واکنش به آن، به حد کافی سریع می‌باشد که شرایط ایمنی آب برهم نمی‌خورد.

اقدامات کنترلی که قابل تعریف نمی باشند، اما الزامات لیست شده در بالا را تأمین می کنند، کماکان با اهمیت می باشند و می‌توانند بخشی از طرح‌های ایمنی آب را تشکیل دهند.

7-2-5) پایش با هدف پشتیبانی از مدیریت ریسک:

در مدیریت سیستم‌های آب آشامیدنی 3 نوع پایش وجود دارد: عملیاتی (بهره برداری)، اعتبار فرایند و تأیید (تصدیق)

هر کدام از این پایش‌ها برای یک هدف خاص می‌باشد که در جدول 3 به آن‌ها اشاره شده است. در این بخش پایش عملیاتی (بهره‌برداری) مورد بحث خواهد گرفت و در بخش 7-3-6 پایش با هدف اعتبار فرایند و تأیید (تصدیق) بررسی خواهد شد.

جدول 3- انواع روش‌های پایش در مدیریت سیستم های توزیع

نوع پایش	هدف
عملیاتی (بهره‌برداری)	پشتیبانی مدیریت عملکرد سیستم برای اطمینان از ایمنی و اطمینان از مؤثر بودن اقدامات کنترلی
تأیید فرایند	اثبات اینکه اقدامات کنترلی توانایی سیستم را در تأمین خروجی‌های مورد انتظار را ارتقاء داده است.
تصدیق	یک بررسی نهایی از عملکرد صحیح و درست کل سیستم تأمین آب

پایش عملیاتی و انتخاب پارامترهای کنترل عملیاتی (بهره برداری):

پایش عملیاتی (بهره‌برداری) شامل یک سری مشاهدات یا اندازه‌گیری‌های پشت سر هم و پیوسته برای ارزیابی میزان تأمین اهداف عملیاتی به واسطه پیاده سازی اقدامات کنترلی در یک نقطه می‌باشد. پایش مؤثر به موارد ذیل وابسته است:

- چه چیزی باید پایش گردد؟
- چگونه باید پایش گردد؟
- چه زمانی باید پایش گردد؟
- توسط چه کسی باید پایش گردد؟

در بسیاری مواقع پایش‌های عملیاتی (بهره‌برداری) روتین براساس مشاهدات یا آزمایشات جایگزین ساده خواهد بود. مثلاً آزمایش کدورت آب یا بررسی یکپارچگی سازه‌ای بجای آزمایش های میکروبی یا شیمیایی پیچیده. (البته این آزمایش‌های پیچیده می‌توانند بخشی از تأیید اعتبار فرایند و تصدیق باشند)

یکی از ضرورت‌های اصلی پایش عملیاتی (بهره‌برداری)، توانایی ارزیابی عملکرد سیستم در یک حالت بهنگام و بموقع و قضاوت در مورد اینکه آیا یک اقدام کنترلی مؤثر بوده است یا نه، می‌باشد. پارامترهای میکروبی (مثلاً باکتری‌های شاخص) استفاده محدودی برای این اهداف دارند. زیرا روند زمانی لازم برای فرایند و آنالیز نمونه های آب بسیار آهسته است. عموماً پایش عملیاتی برای شاخص‌های کنترلی مانند فشار و یا سطوح آب با اینکه همیشه ضروری نیستند، اما می‌توانند بصورت آنلاین و بهنگام باشند.

اگر پایش‌ها تجاوز از محدوده قابل قبول در مورد عملکرد سیستم را نشان دادند، پتانسیل این وجود دارد که آب غیرایمن گردد. هدف از این کار پایش اقدامات کنترلی براساس یک طرح نمونه‌برداری آماری دقیق و در یک روند منظم از نظر زمانی برای پیشگیری از رسیدن هرگونه آب غیرایمن به مردم می‌باشد. از کلیه مراحل پایش باید بصورت مستمر مستندات لازم تهیه و نگهداری گردد. به عنوان مثال اگر از گندزدایی به وسیله کلر به عنوان یک اقدام کنترلی برای شبکه توزیع آب آشامیدنی استفاده می‌گردد، پارامتری که

پایش می‌گردد مثلاً کلر باقیمانده در نقاط خاصی از سیستم می‌باشد. در این حالت دامنه‌ای از مقادیر مجاز برای هر پارامتر تعیین و در سیستم تله‌متری وارد می‌گردد تا اگر پارامتر اندازه‌گیری شده خارج از محدوده باشد، سیستم هشدار دهد. از آنجاییکه pH و کدورت در اثربخش بودن کلرزنی نقش مستقیم دارند، این پارامترها باید پایش شوند. زمانیکه سیستم تله‌متری نشان داد که شاخص کنترلی گندزدایی در دامنه قابل قبول نمی‌باشد، یک سیستم پیجر می‌تواند برای هشدار دادن به پرسنل بخش کیفیت آب بکار گرفته شود. بعد از این هشدار، پرسنل مربوطه برای بررسی میزان تجاوز از حالت معیار و برگرداندن شرایط به قبل از زمان هشدار، اقدامات اصلاحی مناسب که از قبل تعریف شده را باید انجام دهند.

ایجاد اقدام اصلاحی برای انحرافاتی که ممکن است در سیستم رخ دهد

یک اقدام اصلاحی، اقدامی است که در زمان خارج شدن از شرایط و دامنه نرمال نتایج حاصل از پایش یک پارامتر مشخص در یک نقطه کنترلی، انجام گیرند. به عنوان مثال، توانایی برای سوییچ موقتی سیستم به منابع آب جایگزین با اینکه همیشه مطرح و امکان‌پذیر نمی‌باشد، یکی از مؤثرترین اقدامات اصلاحی می‌باشد. اقدامات اصلاحی باید خاص و منحصر به فرد و تا جاییکه که امکان‌پذیر است، از پیش تعریف شده باشند تا بتوان آن‌ها را به سرعت به کار بست. برای رخدادهای پیش‌بینی نشده که اقدام اصلاحی خاصی برای آن‌ها از پیش تعریف نشده است، یک طرح کلی حادثه و طرح‌ریزی واکنش در شرایط اضطراری باید تدوین شده باشد تا حداقل یک چارچوب حداقلی برای واکنش وجود داشته باشد. تمام این فعالیت‌ها، مواردی هستند که ایمنی روند تأمین آب را ارتقاء می دهند.

موارد ذیل از اقدامات اصلاحی ممکنی است که می‌تواند زمانی که مثلاً پایش‌های آنلاین خارج شدن از محدوده را برای کلر نشان دادند، انجام گیرند. (این اقدامات توسط پرسنل بر خط (on call) یا پرسنل شیفت و یا مسئولین کنترل کیفیت انجام می‌گیرد):

- اطمینان از اینکه سیستم تله‌متری به درستی کار می‌کند و پیغام به اشتباه فرستاده نشده است.
- بررسی یا تنظیم دامنه کلر باقیمانده و در صورت لزوم بالا بردن دز کلر تزریقی

- تخلیه هرگونه آب ضدعفونی نشده از خطوط اصلی
- انجام هرگونه تعمیرات لازم یا تغییر پارامترهای کنترلی عملیاتی

ارتباطات، یک جزء تعیین‌کننده از اقدامات اصلاحی است. بنابراین یک دستورالعمل برای اطلاع‌رسانی به مشترکین خاص (مثلاً بیمارستان‌ها) باید در ضمن اقدامات اصلاحی وجود داشته باشد. به عنوان مثال، شناسایی و اطلاع از شرکت‌های آب بطری موجود در محدوده، لازم وضروری می باشد تا حداقل در زمانیکه شبکه آبرسانی دچار اختلال می‌شود، آب دست کم برای آشامیدن تهیه گردد.

7-3-6- تأیید و تصدیق[8]

این مرحله آخرین چک و بررسی برای تأیید ایمنی آب است که در واقع تأیید عینی و نهایی از ایمنی سراسری سیستم می‌باشد. به عنوان مثال، اقدامات تأیید بیوفیزیکی[9] مانند پایش میکروبی و شیمیایی، باید در شبکه توزیع انجام گیرد. همچنین ممیزی و بررسی طرح ایمنی آب نیز مشمول گذراندن مرحله تأیید می‌باشند که در این مرحله مطلوبیت و تطبیق با دستورالعمل‌های بهره‌برداری باید بررسی گردد.

پایش با هدف تأیید و تصدیق شامل استفاده از روش‌ها، دستورالعمل‌ها یا آزمایشاتی مستقل از آن‌هایی که در عملیات پایش عملیاتی از آن‌ها بهره‌گیری شده، می‌باشد. این نوع پایش برای تعیین موارد ذیل در مورد طرح ایمنی آب می‌باشد:

- تطابق و همسویی با اهداف تعیین شده در برنامه کیفی آب
- نیاز به اصلاح و تأیید مجدد
- آیا مخاطرات و خطرات شناخته شده، کنترل شده است؟

[8] Verification
[9] Biophysical verification

پایش با هدف تأیید تناوب کمتری نسبت به پایش‌های عملیاتی دارد. به عنوان مثال، پایش‌های عملیاتی باید به صورت آنلاین (و به تبع آن پیوسته) و متصل به سیستمی مانند تله‌متری باشند، در حالیکه پایش تأییدی (با هدف تأیید) از مخازن ذخیره و رزروارها می‌تواند 2 هفته یکبار انجام گیرد.

شاخص‌ها یا همان اندیکاتورهای باکتریایی مانند E.coli متداول‌ترین شاخصی است که برای تأیید نهایی کیفیت میکروبیولوژیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. با وجود اینکه پایش میکروبی می تواند در روند تأیید به عنوان بررسی نهایی مورد استفاده قرار گیرد، آزمایش‌های در نقطه نهایی (آزمایش‌های مرحله آخر) نباید فقط روی کنترل‌های عملیاتی متکی باشد، زیرا تا جواب این آزمایش‌ها مشخص گردد، آب در شبکه توزیع و توسط مردم مصرف شده است.

بررسی تطابق و همسویی با طرح‌های ایمنی آب، شکل دیگری از تأیید تصدیق می‌باشد. هدف از این بررسی ارزیابی این است که مشخص شود آیا طرح در عمل نیز اجرا می شود. این بررسی هم توسط ممیزان داخلی و هم توسط ممیزان خارجی ممکن است انجام گیرد و می تواند شامل بررسی و مرور اقدامات مهم مربوط به ایمنی آب مانند تطابق با دستورالعمل های بهره‌برداری، دادن آموزش‌های مربوطه به کارکنان و انجام به موقع کالیبراسیون تجهیزات می‌باشد. مثالی از برنامه زمانبندی تأیید در جدول 4 ارائه شده است.

جدول 4 – مثالی از برنامه زمانبندی تأیید برای کالیبراسیون تجهیزات

فعالیت	شرح	تناوب	فرد مسئول	رکوردها
کالیبراسیون تجهیزات	آنالیز و آزمایش تجهیزاتی که عملیات نگهداری و کالیبراسیون براساس برنامه زمانبندی در مورد آن‌ها باید انجام گیرد.	براساس برنامه زمانبندی نگهداری	تکنسین‌های آزمایشگاهی، اپراتورها	رکوردهای کالیبراسیون آزمایشگاهی

تأیید فرایند:

تأیید فرایند شامل احراز و بدست آوردن مدارک یا مشاهداتی دال بر مؤثر بودن طرح ایمنی آب می‌باشد. مثلاً یک اقدام کنترلی که در محدوده عملکردی خود فعالیت می‌کند، مخاطره مربوطه را کنترل می‌نماید. (مخاطره‌ای که برای کنترل آن وضع شده است) تأیید و تصدیق می‌تواند براساس دامنه گسترده‌ای از منابع مانند مستندات فنی، نظرات انجمن‌های صنفی، قوانین و مقررات، داده‌ها و سوابق قبلی، هیأت‌های متخصص و فنی و حتی تأمین‌کنندگان تجهیزات باشد.

تأیید و تصدیق برای هر سیستم آب یا فاضلاب منحصر به فرد می‌باشد که باید انجام شود. زیرا متغیرها و معیارهایی که برای طراحی هر سیستم در نظر گرفته شده است تأثیر زیادی روی اثربخش بودن شاخص‌های کنترلی مشخص دارد. بنابراین، یک شاخص کنترلی که مثلاً برای یک شبکه توزیع در نظر گرفته شده است ممکن است برا شبکه‌ای دیگر تأثیر چندانی نداشته باشد. مثال‌هایی از تأیید فرایند عبارتند از:

- مدل‌سازی مسیرهای جریان در مخازن ذخیره برای اطمینان از اختلاط مناسب (بخصوص در زمان‌هایی که آب مخازن از چند منبع مانند چند چاه تأمین می‌گردد)
- اندازه گیری میزان ماده گندزدای باقیمانده در شرایط مختلف برای اطمینان از اثربخش بودن فرایند گندزدایی
- اندازه‌گیری پارامترهای میکروبی مانند باکتری‌های هتروتروف و کلی‌فرم‌ها (اندازه‌گیری این پارامترها از طریق برخی روش‌ها زمانبر است که در بحث‌های ایمنی آب نباید از آن روش‌ها استفاده گردد.)

طرح ایمنی آب باید براساس مقاطع از پیش تعیین شده مورد بازنگری قرار گیرد تا اطلاعات جدیدی که دردسترس قرار می‌گیرند در آن گنجانده شوند و از تداوم توانایی طرح برای کنترل مخاطرات اطمینان حاصل گردد.

7-3-7- برنامه های پشتیبانی و دستورالعمل های مدیریتی

رساندن آب ایمن به واسطه اجرای طرح ایمنی آب شامل مدیریت مردم و فرایندها می‌باشد. از اینرو، برنامه‌های پشتیبانی کافی و مناسب مانند برنامه‌های آموزشی، اطمینان از کیفیت تأمین‌کنندگان تجهیزات و اقدامات بهداشتی مناسب بخش مهمی از طرح می‌باشد. برنامه‌های پشتیبانی فعالیت‌هایی هستند که از یک سو برای عملکرد مؤثر اقدامات و شاخص‌های کنترلی لازم و ضروری می‌باشند و از سوی دیگر به طور غیرمستقیم پشتیبانی‌کننده طرح‌های ایمنی آب هستند. اقدامات ضروری برای عملکرد سیستم براساس طرح ایمنی آب بصورت دستورالعمل‌های مدیریتی مانند دستورالعمل‌های عملکرد استاندارد[10] باید تدوین گردند. دستورالعمل‌های مدیریتی باید برای هم شرایط عادی و هم برای شرایط اضطراری تعریف گردند.

7-3-8- مستندسازی

برای بررسی پیاده‌سازی طرح های ایمنی آب و اطمینان از کفایت آن‌ها، رکوردها لازم و ضروری می باشند. 4 نوع رکورد می تواند ثبت و نگهداری شود که عبارتند از:

- مستندسازی پشتیبان برای تدوین و پیشبرد طرح های ایمنی آب
- رکوردهایی که به واسطه اجرای طرح ایمنی آب تولید شده اند.
- مستندسازی روش ها و دستورالعمل های مورد استفاده
- رکوردهای مربوط به برنامه های آموزشی کارکنان

برای انجام اقدامات مربوط به تأیید و تصدیق، رکوردهایی که مشخص کننده تبعیت از طرح های ایمنی آب باشند، لازم می باشد. در کوتاه مدت، در دسترس بودن این رکوردها به اپراتورها و حتی مدیران این امکان را می دهد تا روند عملیاتی در محدوده تعریف شده و مجاز می باشد یا نه. در بلند مدت، بررسی دوره ای رکوردها منجر به شناسایی رفتار و الگوی عملکردی سیستم می شود که از این طریق اقدامات مناسب می تواند برای اطمینان از ارتقاء پیوسته و مداوم، تعیین و به‌کار گرفته شود.

[10] Standard Operating Procedures (SOP's)

مستندسازی یکی از بخش های مهم و ضروری پیاده‌سازی طرح‌های ایمنی آب می‌باشد. به دلیل اینکه با پیاده‌سازی این چنین طرح‌هایی اطلاعات در دسترس، قابل ردیابی و شفاف می‌باشد، دیگر مشخص می‌شود که آیا تأسیسات و مسئولین مربوطه به وظایف خود عمل نموده‌اند یا نه.

7-5- خلاصه‌ای از محتویات طرح‌های ایمنی آب

در جدول 5 خلاصه ای از محتویات سودمند یک طرح ایمنی آب آورده شده است. برخی از این عناصر، مواردی هستند که الزاماً در طرح باید وجود داشته باشند (Must Contain)، برخی از آنها مواردی می باشند که باید در طرح وجود داشته باشند (Must Contain) و در نهایت برخی از آن‌ها مواردی می‌باشند که می‌توانند در طرح وجود داشته باشند (May Contain):

جدول 5- خلاصه‌ای از الزامات طرح‌های ایمنی آب

مواردی که الزاماً می‌بایست در طرح وجود داشته باشند:
• نقشه‌های و دیاگرام‌های جریان شامل شناسایی شاخص‌ها و اقدامات کنترلی • شناسایی مخاطرات • مستندات طرح ایمنی آب • شناسایی تیم مربوط به طرح ایمنی آب • توصیف روند تأمین آب، مصرف مورد نظر و آسیب‌پذیری‌ها • طرح‌های احتمالی مستندسازی شده
مواردی که باید در طرح وجود داشته باشند:
• مستندات مربوط به قرارداد همکاری 2 جانبه با تأمین‌کنندگان مختلف. • مشخصات جزئی مواد شیمیایی و موادی که در روند تأمین مورد استفاده می‌باشد. • مشترکین خاص سیستم و نوع فعالیت آن‌ها • طرح‌های اقدامات اصلاحی برای زمان‌هایی که انحراف از حالت نرمال پیش می‌آید • دستورالعمل‌های ثبت و نگهداری رکوردها • داده‌های تأیید • دستورالعمل‌های تأیید و ویرایش طرح

مواردی که می‌تواند در طرح وجود داشته باشند:

- مجموعه‌های راهنمای مربوطه مانند راهنمای شستشو و ضدعفونی خطوط، نگهداری‌های پشگیرانه [11] و کالیبراسیون تجهیزات
- شرح مسئولین هر کدام از کارکنان
- برنامه‌های آموزشی و رکوردهای مربوط به کلیه کارکنان
- یافته‌های حاصل از ممیزی‌های قبلی و اقدامات اصلاحی که در مورد آن‌ها انجام گرفته است. (شامل دستورالعمل‌های تأیید)
- دستورالعمل و سیاست‌های رسیدگی به شکایت مصرف‌کنندگان

مترجم : علیرضا اسددخت

[11] Preventive Maintenance (PM)