مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره پانزدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۱، صفحات ۷۰۱ تا ۷۱۴

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir

مقاله پژوهشی

ارزیابی جامع ریسک سیستم آبرسانی شهر بستان آباد براساس برنامه ایمنی آب

سمیرا شیخی[۱]، آران مشیری[۱]، حسن اصلانی[۲*]، شمس الدین علیزاده[۳]

۱- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
۲- مرکز تحقیقات سلامت و محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران
۳- گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۰۹
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۳۰
تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۱۲/۲۴

واژگان کلیدی: ارزیابی ریسک، برنامه ایمنی آب، سیستم تامین آب، شهر بستان‌آباد

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
haslani@tbzmed.ac.ir

چکیده

زمینه و هدف: با توجه به اینکه یکی از راه‌های اصلی انتقال بیماری‌ها آب آشامیدنی است، ایمنی آب آشامیدنی موضوعی مهم برای مصرف‌کنندگان و تامین‌کنندگان آب و همچنین بهره‌برداران سامانه‌های آبرسانی و مسئولین بهداشتی ناظر بر این سامانه‌ها محسوب می‌شود. این مطالعه با هدف شناسایی و ارزیابی نیمه کمی و اولویت‌بندی ریسک‌های موجود در سیستم تامین آب شرب شهر بستان‌آباد انجام گردید.

روش بررسی: براساس راهنمای برنامه ایمنی آب سازمان جهانی بهداشت و انجمن بین‌المللی ایمنی آب و همکاری تیم WSP، سیستم تامین آب شهر بستان‌آباد مورد بازرسی و توصیف قرار گرفت. برای ارزیابی و مستندسازی عناصر کلیدی WSP و شناسایی مراحل نیازمند ارتقاء از ابزار تضمین کیفیت برنامه ایمنی آب (نرم‌افزاری تحت عنوان WSP-QA TOOL) استفاده شد.

یافته‌ها: براساس یافته‌های این مطالعه مشخص شد که امتیاز نهایی برحسب درصد اجرای برنامه ایمنی آب در سیستم آبرسانی شهر از ۸/۳۸ در سال ۹۷ به امتیاز نهایی ۵۵ در سال ۹۹ رسیده است و این نشان دهنده ارتقاء اجرای برنامه ایمنی آب در طی دو سال است. در مجموع تعداد ۱۴۷۴ عنوان ریسک شناسایی شد که از این میان بیشترین تعداد ریسک (۵۰۸ عنوان ریسک) مربوط به منابع تامین آب خام و کمترین تعداد ریسک (۵۲ مورد) مربوط به واحد گندزدایی و مخازن ذخیره بوده است.

نتیجه‌گیری: تأسیسات آبی بستان‌آباد تحت تاثیر تهدیدات بالقوه شناسایی شده، آسیب پذیر بوده و نیازمند اصلاحات، کنترل و نظارت جدی و آموزش و مهارت افزایی به‌روز و مکرر کارکنان است.

Please cite this article as: Sheikhi S, Moshiri A, Aslani H, Alizadeh Sh. Comprehensive risk assessment of water supply system in Bostan Abad based on water safety plan. Iranian Journal of Health and Environment. 2023;15(4):701-14.

Copyright © 2023 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-01-22]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.4.7.2]

مقدمه

تامین آب سالم و بهداشتی از نیازهای اساسی افراد در هر اجتماع است. علی‌رغم تمام تلاش‌هایی که جهت تامین آب آشامیدنی سالم صورت می‌گیرد، بیماری‌های منتقله توسط آب به‌عنوان یکی از مهمترین دغدغه‌های بهداشتی در تمام جهان محسوب می‌گردد (۱). آب آشامیدنی باید عاری از هر گونه عامل بیماری‌زا بوده و به مقدار نیاز در دسترس باشد، در غیر این صورت آشامیدن آب غیر سالم تاثیرات سوئی بر سلامتی انسان‌ها خواهد داشت (۲). از این‌رو ایمنی آب آشامیدنی موضوعی مهم برای مسئولین و تامین‌کنندگان آب، بهره‌برداران سامانه‌های آب‌رسانی و مسئولین بهداشتی ناظر بر این سامانه‌ها و همچنین مصرف‌کنندگان محسوب می‌شود. ارزیابی محصول نهایی به تنهایی نمی‌تواند به عنوان نماینده کیفیت آب در نظر گرفته شود، زیرا بخش بسیار کوچکی از حجم کل آب، مورد آنالیز میکروبی و شیمیایی قرار می‌گیرد. همچنین محدودیت‌هایی نیز برای ارزیابی محصول نهایی شناسایی شده است که عبارتند از: عدم دسترسی به نتایج دقیق نمونه‌گیری زمانی که آب تحویل و مصرف شده است، احتمال آلودگی آب توسط باکتری‌ها، ویروس‌ها، پروتوزوئرها، قارچ‌ها، جلبک‌ها و نیز عوامل فیزیکی و شیمیایی و احتمال تغییر کیفیت آب بین دو بازه نمونه‌برداری به خصوص در منابع کوچک که فاصله زمانی نمونه‌برداری‌ها بیشتر است (۳). با شناخت این محدودیت‌ها، تمایل حرکت به سمت ارزیابی خطر و رویکرد مدیریت ریسک برای کنترل کیفیت آب آشامیدنی افزایش می‌یابد.

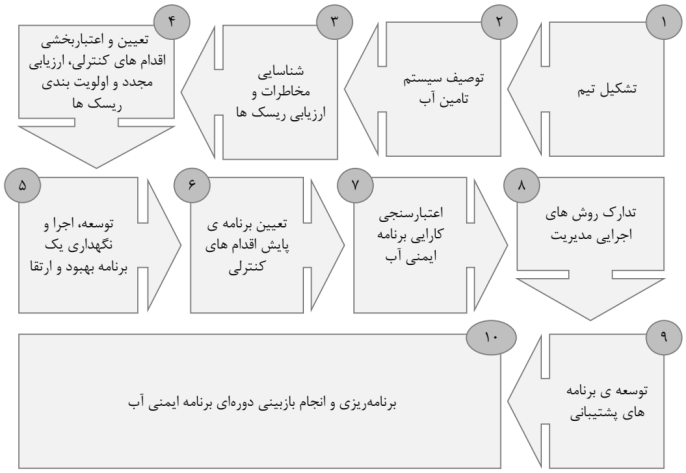
برنامه ایمنی آب (Water Safety Plan (WSP)) به عنوان رویکرد جدید سازمان بهداشت جهانی(WHO) برای تضمین سلامت آب آشامیدنی ارائه شده است. رویکرد این برنامه براساس ارزیابی و مدیریت ریسك شامل پیشگیری از آلودگی منابع آب آشامیدنی، تصفیه آب برای کاهش یا حذف آلودگی برای رسیدن به استانداردها و پیشگیری از آلودگی مجدد آب در مدت ذخیره سازی، توزیع و مصرف است. گستره اجرای برنامه ایمنی آب شامل حوضه آبریز، سامانه تصفیه، سامانه انتقال، سیستم ذخیره سازی و توزیع و درنهایت مصرف کننده است (۴، ۵). شکل ۱ ده گام اساسی در اجرای برنامه ایمنی آب را به صورت شماتیک نشان می‌دهد. اجرای موثر WSPs به حفظ بهداشت عمومی، بهبود مقبولیت سیستم تامین آب و بهبود کارایی راهبری سیستم تامین آب کمک می‌کند. همچنین مطالعات نشان داده است که اجرای برنامه ایمنی آب یا معادل آن در سیستم‌های تامین آب می‌تواند باعث رعایت استانداردهای زیست‌محیطی، کاهش بروز موارد بالینی اسهال، رضایت بیشتر مشتری، مدیریت بهتر دارایی‌ها و درنهایت منجر به صرفه‌جویی مالی و منابع در طولانی مدت شود. چنین فوایدی تنها از طریق اجرای پایدار و مستمر WSP تحقق می‌یابد. برای این منظور نیاز به توسعه ساز و کارهایی است که به موجب آن، تامین کننده آب می‌تواند به طور واقعی اجرای WSP را ارزیابی کند و نقاط پیشرفت و مناطق نیازمند ارتقا را شناسایی نماید (۶، ۷). اجرای WSP نیاز به روش‌های عملیاتی استاندارد (Standard Operating Procedures (SOPs)) دارد که شامل اقدامات پاسخگویی، نظارت عملیاتی، مسئولیت‌های سیستم تامین آب، پروتکل‌های ارتباطی و استراتژی‌ها، بازنگری و برنامه‌ریزی، جزئیات فعالیت‌های کارکنان و پیاده‌سازی رویه‌ها است. مطالعات نشان داده که SOPs به وسیله اطمینان از شناخت نقش هر یک از پرسنل در قبال سیستم، درک حوادث احتمالی را افزایش داده و درنتیجه باعث کاهش خطاها و کاهش خطرات بالقوه می‌شود (۸). در ضمن بهبود مستمر WSP در نتیجه بررسی و بازبینی سالانه، اپراتورها را از هر گونه تغییر یا بروزرسانی در سیستم مطلع می‌کند. اگرچه پیاده‌سازی WSP می‌تواند به عنوان یک عمل روزمره در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته به شمار رود، ولی در کشورهای در حال توسعه با مشکلات فراوانی مواجه است (۶، ۹).

در سال ۲۰۱۹ میلادی Ferrero و همکاران با انجام یک مطالعه مروری در زمینه WSP عنوان کردند که با وجود پذیرش سریع WSP توسط کشورهای مختلف، هنوز ظرفیت‌های لازم

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-01-22]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.4.7.2]

برای اجرای این برنامه در برخی از کشورها وجود ندارد. بسیاری از کشورها و مناطق فاقد الزامات قانونی و منابع آموزشی برای اجرای برنامه ایمنی آب هستند که مربوط به کمبود ظرفیت در بخش تامین آب است. همچنین یافته‌ها حاکی از آن است که اهمیت آموزش برای گروه‌های هدف براساس زبان محلی و شرایط محیطی بسیار بالا است (۱۰). در مطالعه دیگری Setty و همکاران با ارزیابی مزایای کاربرد WSP در جنوب غربی فرانسه عنوان کردند که تکرار چرخه‌ای برنامه ایمنی آب می‌تواند به بهبود کیفیت آب کمک کند. همچنین نتایج نشان داد که ایجاد ثبات بیشتر در شاخص‌های ارزیابی WSP در سراسر سایت‌های پیاده‌سازی برنامه ایمنی می‌تواند به هم‌افزایی و تسهیل ارزیابی‌های پیشرفت در مقیاس بزرگ‌تر کمک کند (۱۱). بررسی کیفیت آشامیدنی در شبکه توزیع عمومی شهر گرمسار تحت کنترل برنامه ایمنی آب توسط Abolli و همکاران در سال ۲۰۱۹ گواه آن است که بیشتر پارامترهای فیزیکی و شیمیایی مورد سنجش در محدوده مطلوب و حداکثر مجاز بوده‌اند اما میانگین میزان فلوراید در دو فصل بهار و تابستان پایین‌تر از استاندارد بوده است (۱۲). مطالعه Masoumbeigi و همکاران (۲۰۲۲) در مورد شناسایی و ارزیابی ریسک در تأسیسات آب شرب شهر هشتگرد به روش FMEA نشان داد که بالاترین عدد ریسک به ترتیب متعلق به انتخاب نامناسب محل چاه آب، احتمال حملات فیزیکی به مخازن و بالا بودن عمر ایستگاه پمپاژ و شبکه توزیع آب است. آنها نتیجه گرفتند کل تأسیسات آبی هشتگرد تحت تاثیر تهدیدات بالقوه بحرانی شناسایی شده، آسیب پذیرند (۱۳). Sheykhali و همکاران (۲۰۲۰) آسیب پذیری تأسیسات آبرسانی شهر تهران را با روش تلفیقی AHP و RAMCAP مورد ارزیابی قرار دادند و نتایج آنها نشان داد که سد لتیان بر مبنای معیارهای قابلیت کشف و شناسایی، قابلیت دسترسی به هدف، قابلیت بازسازی، شاخص آسیب‌های ثانویه، شاخص اثرات هم‌افزا و دارا بودن عدد آسیب پذیری ۰/۰۸۵۸، آسیب پذیرترین نقطه در بین سایر تأسیسات آبرسانی شهر تهران است (۱۴). Eslami و همکاران (۲۰۱۷) با ارزیابی ریسک سیستم آبرسانی شهر سرایان با روش WSP نشان دادند که سیستم آبرسانی شهر سرایان از سطح ایمنی متوسطی برخوردار است و پیشنهاد کردند که می‌توان با تمرکز بیشتر روی مراحل تعیین و اعتبار بخشی معیارهای کنترلی، توصیف سیستم و پایش راهبری، پتانسیل ایجاد آلودگی‌های مختلف در سیستم آبرسانی را به حداقل رساند و انعطاف پذیری سیستم را برای تغییر رویکرد فعلی مدیریت کیفی به برنامه ایمنی آب، بیشتر کرد (۱۵). مطالعه حاضر نیز با هدف ارزیابی ریسک و تعیین میزان انطباق سیستم آبرسانی شهر بستان آباد با برنامه ایمنی آب ارائه شده توسط سازمان بهداشت جهانی انجام شد. نتایج این مطالعه می‌تواند به مدیریت سیستم‌های تامین آب شهری کمک قابل توجهی کند.

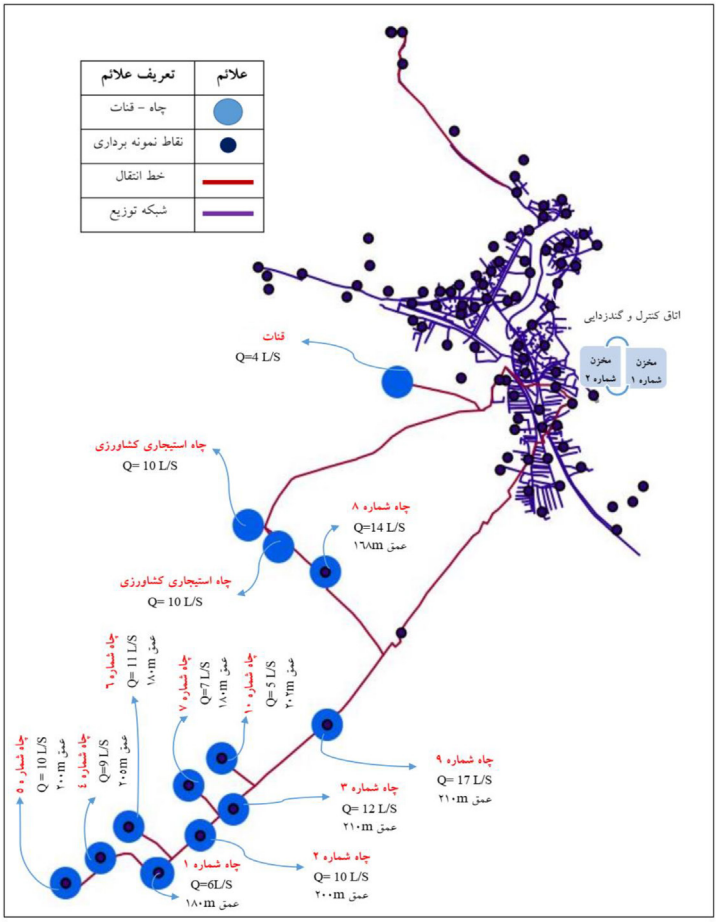


شکل ۱- ده گام اساسی در اجرای برنامه ایمنی آب

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-01-22]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.4.7.2]

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی بوده که به منظور ارزیابی ریسک و تعیین میزان انطباق سیستم آبرسانی شهر بستان آباد (۴۶/۸۳ طول شرقی و ۳۷/۸۴ عرض شمالی) با برنامه ایمنی آب صورت گرفت. شهر بستان آباد در منطقه‌ای کوهستانی و سردسیر و ارتفاع ۱۷۲۲ m از سطح آزاد دریا واقع شده است. حوزه آبریز این شهر به مساحت ۲۵۷ km^2 و منابع تامین آب آن شامل ۱۲ حلقه چاه عمیق و یک مورد قنات است. سیستم تامین آب شهر بستان آباد شامل ۱۲ km خطوط انتقال آب، ۳ ایستگاه پمپاژ، ۳ مخزن ذخیره و ۱۰۵ km شبکه توزیع آب است. شکل ۲ نقشه سیستم تامین و توزیع آب شهر بستان آباد را نشان می‌دهد.



شکل ۲- نقشه سیستم تامین و توزیع آب شهر بستان آباد

در این مطالعه ۱۸۰ مورد نمونه‌برداری کلرآزاد باقیمانده و pH، ۱۸۰ مورد نمونه‌برداری میکروبی در دو مرحله از ۹۰ نقطه مصرف، ۳۰ مورد نمونه‌برداری میکروبی در دو مرحله از منابع تامین آب خام، ۴۲ مورد نمونه‌برداری در دو مرحله از ۲۱ نقطه جهت آزمایشات فیزیکوشیمیایی و درنهایت ۶ مورد نمونه‌برداری جهت انجام آزمایشات مربوط به تری‌هالومتان‌ها از شبکه توزیع انجام شده است. تعیین حجم نمونه و نقاط نمونه‌برداری براساس اطلاعات موجود در اداره آب و فاضلاب شهرستان، مرکز بهداشت شهرستان و درنهایت نظر اعضای تیم برنامه ایمنی آب شرب شهر بستان‌آباد انجام شده است. نمونه‌های برداشت شده جهت آنالیزهای مربوطه به آزمایشگاه‌های معتبر و مرجع مختلف ارجاع داده شد تا اطمینان حاصل شود که در

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-01-22]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.4.7.2]

نتایج بدست آمده از آزمایشات حداقل خطا وجود دارد.

در مطالعه حاضر از نرم افزار تضمین کیفیت برنامه ایمنی آب (WSP-QA TOOL) که در مراحل مختلف اجرای برنامه ایمنی آب کاربرد دارد و همچنین راهنمای برنامه ایمنی آب سازمان بهداشت جهانی جهت ارزیابی سیستم آبرسانی شهر بستان آباد استفاده گردید. بخش مربوط به وارد کردن اطلاعات در نرم افزار شامل ۱۲ جدول است که در هر جدول تعداد مشخصی سوال و گزینه وجود دارد و هر سوال دارای راهنمای چگونگی پاسخگویی است. در این برنامه سیستم امتیازدهی، ۵ نمره‌ای (از ۰ تا ۴) است که هر مرحله می‌تواند گستره‌ای از 'آغاز نشده' تا 'به‌طور کامل انجام شده' داشته باشد. نمره صفر به مراحلی از برنامه داده شد که هنوز آغاز نشده بودند. نمره یک به مراحلی داده شد که به تازگی آغاز شده بودند. نمره دو به مراحلی که اجرای آن تا حدی تکمیل و مستند شده بود، نمره سه به مرحله‌ای از برنامه که بطور قابل ملاحظه‌ای تکمیل و مستند شده بود و نمره چهار به مراحلی که بطور کامل تکمیل و مستند شده بودند و شواهد اجرای آن به آسانی قابل دسترس بود، داده شد. همچنین برای برخی سوالات علاوه بر امتیازهای فوق، یک درجه بندی با عنوان 'غیر قابل کاربرد' نیز در نظر گرفته شده است. پس از تکمیل فرآیند ارزیابی، نتایج بعد از تجزیه و تحلیل داده‌های ورودی به صورت نمودار و جدول‌هایی ارائه شد. این جدول‌ها و نمودارهای خلاصه شده، در شناسایی آسان مکان‌هایی که باید جهت بهبود وضعیت سیستم تلاش بیشتری انجام شود، نقاطی از سیستم که نیاز به منابع بیشتری جهت ارتقاء دارند و نیز مناطقی که در آنها پیشرفت‌هایی صورت گرفته است، کمک می‌کند (۱۶-۱۸).

جهت امتیازدهی و اولویت بندی ریسک‌ها در قسمت‌های مختلف سیستم آبرسانی شهر بستان‌آباد در ابتدا از ماتریس ریسک ۵×۵ از ویرایش سوم کتاب راهنمای WHO توسط تیم WSP استفاده شد ولی در ادامه مشخص شد که این ماتریس علی‌رغم مفید بودن برای امتیازدهی ریسک‌ها دارای مشکلاتی در رتبه‌بندی آنها است. درنهایت با تصمیم اعضای تیم از ماتریس امتیازدهی ریسک که جدول ۱ ارائه شده است جهت تعیین نمرات و رتبه‌بندی ریسک‌ها استفاده شد (۱۹).

جدول ۱- ماتریس امتیازدهی ریسک

پیامد / احتمال		آب سالم و بدون خطر	اثرات کوتاه مدت یا موضعی نه از نقطه نظر موضوعات زیبایی‌شناختی یا مقبولیت	اثرات گسترده زیبایی‌شناختی یا دراز مدت نه از نقطه نظر مقبولیت و مرتبط با سلامت	اثرات بالقوه طولانی مدت بر سلامت	بیماری بالقوه
		غیر مهم	ضعیف	متوسط	مهم	فاجعه آمیز
		۱	۲	٤	۸	۱٦
در گذشته روی نداده است و به احتمال زیاد در آینده رخ نخواهد داد	خیلی غیرمحتمل	۱*	۲*	٤*	۸*	۱٦**
احتمال رخ‌دادن آن وجود دارد و به طور کامل نمی‌توان از آن جلوگیری نمود	غیرمحتمل	۲*	٤*	۸*	۱٦**	۳۲***
احتمال رخ دادن آن وجود دارد و تحت شرایط معینی می‌توانند به وقوع بپیوندند	قابل پیش بینی	۳*	٦*	۱۲**	۲٤***	٤۸***
در گذشته رخ داده است و امکان بالقوه روی دادن مجدد را دارا است	خیلی محتمل	٤*	۸*	۱٦**	۳۲***	٦٤***
در گذشته رخ داده است و می‌تواند مجددا روی دهد	تقریبا قطعی	۵*	۱۰**	۲۰***	٤۰***	۸۰***

*** ریسک بالا ** ریسک متوسط * ریسک پایین

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-01-22]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.4.7.2]

یافته‌ها

_اجرای ابزار تضمین کیفیت برنامه ایمنی آب

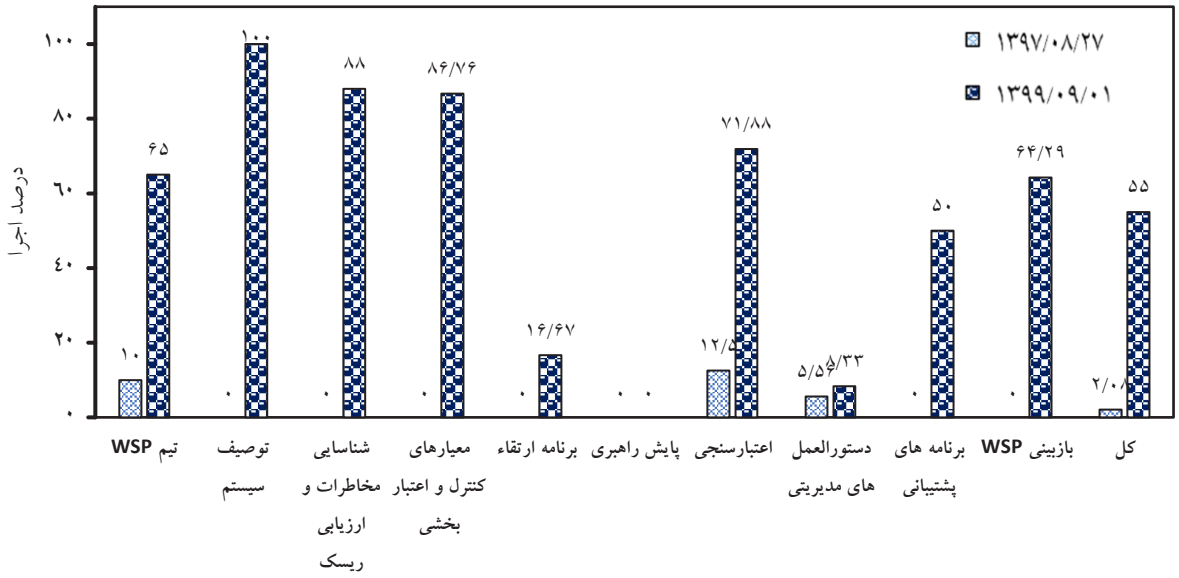
جهت شناسایی نقاط ضعف و نقاطی که لازم است تقویت شوند و همچنین درک بیشتر از کل سامانه و چگونگی راهبری هر یک از اجزاء، پس از استخراج سوالات جداول دوازده گانه ابزار تضمین کیفیت برنامه ایمنی آب، ترجمه به فارسی و تهیه جدول گردآوری اطلاعات، با مراجعه حضوری به امور آب و فاضلاب شهرستان و همکاری مدیریت امور و رئیس اداره توسعه و بهره‌برداری نسبت به استخراج اطلاعات اقدام شد. جدول ۲، ارزیابی کلی از تمامی مراحل برنامه ایمنی آب را به تفکیک هر مرحله و امتیاز کسب شده نشان می‌دهد. این نتایج مربوط به استخراج اطلاعات در سال ۹۷ است. امتیاز نهایی برحسب درصد اجرای برنامه ایمنی آب در سیستم آبرسانی بستان آباد ۸/۳۸ است.

جدول ۲- نتایج ارزیابی مراحل WSP سیستم آبرسانی بستان آباد قبل از اجرای برنامه

عنوان	تعداد کل سوالات	کل نمره خام ممکن	(درصد اجرا امتیاز کسب شده شده)
تشکیل تیم WSP	۵	۲۰	۲/۲۰ (۱۰)
توصیف سیستم	۲	۸	۰/۸۰ (۰)
شناسایی مخاطرات و ارزیابی سیستم	۷	۱۰۰	۰/۱۰ (۰)
معیارهای کنترل و اعتباربخشی	۵	٦٨	۰/٦٨ (۰)
برنامه ارتقاء	۳	٤٨	۰/٤٨ (۰)
یایش راهبری	٤	٦٤	۰/٦٤ (۰)
اعتبارسنجی	۸	۳۲	٤/۳۲ (۱۲/۵۰)
دستورالعمل‌های مدیریتی	۳	۳٦	۲/۳٦ (۵/٥٦)
برنامه‌های پشتیبانی	۲	۸	۰/۸۰ (۰)
بازبینی WSP	۵	٥٦	-
کل	٤٤	٤٤٠	۸/۳۸ (۲/۰۸)

جهت بررسی و آنالیز نتیجه ارتقاء برنامه ایمنی آب در سیستم تامین و توزیع آب شرب شهر بستان آباد، اطلاعات لازم براساس جداول دوازده گانه ابزار تضمین کیفیت برنامه ایمنی آب در سال ۹۹ نیز استخراج گردید. نمودار ۱ پیشرفت برنامه ایمنی آب را در مراحل مختلف اجرای برنامه ایمنی آب نشان می‌دهد.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-01-22]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.4.7.2]



نمودار ۱- پیشرفت برنامه ایمنی آب در مراحل مختلف اجرای برنامه

براساس اطلاعات جدول ۳ با استفاده از روش ارزیابی ریسک WSP برای سامانه آب شرب شهر بستان‌آباد، در مجموع تعداد ۱۴۷۴ مورد ریسک شناسایی گردید. جدول ۴ نیز ریسک‌های شناسایی شده در قسمت‌های مختلف سیستم آبرسانی بستان آباد را ارائه می‌دهد.

جدول ۳- تعداد ریسک‌های شناسایی شده در اجزای عمده سیستم آبرسانی بستان آباد

ریسک ها	حوزه آبریز	منابع تامین آب خام	خط انتقال	واحد گندزدایی و مخازن ذخیره	شبکه توزیع و نقطه مصرف	کل سیستم
میانگین امتیاز کلی منطقه	۱٤/۹٤	۱۵/۸۸	۸/۷۲	۲۰/٦۳	۱۱/۵	۱٤/۳٤
سطح ریسک کلی منطقه	متوسط	متوسط	پایین	بالا	متوسط	متوسط
تعداد کل ریسک‌های منطقه	۳۵۸	۵۰۸	۷۹	۵۲	٤۷۷	۱٤۷٤
تعداد جزء دارای ریسک بالا	٤۲	۵۲	۳	۱٤	۳۷	۱٤۸
تعداد جزء دارای ریسک متوسط	۱۷۵	۲۸۳	۱۹	۱۲	۱٤۸	٦۳۷
تعداد جزء دارای ریسک پایین	۱٤۱	۱۷۳	۵۷	۲٦	۲۹۳	٦۹۰

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-01-22]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.4.7.2]

جدول ۴- ریسک‌های شناسایی شده در قسمت‌های مختلف سیستم آبرسانی بستان آباد

میزان ریسک	حوزه آبریز	منابع تامین آب خام	خط انتقال	واحد گندزدایی و مخازن ذخیره	شبکه توزیع و نقطه مصرف	کل سیستم
جزء دارای کمترین امتیاز ریسک	بافت زمین‌شناسی و جنس لایه‌های زمین اراضی یکی از روستاها	پمپ چاه شماره ۱	لوله سیمانی چاه شماره ۵ به سه‌راهی چاه شماره ٤	کف اتاقک پمپاژ	کنتور انشعابات یکی از محلات	بافت زمین‌شناسی و جنس لایه‌های زمین اراضی یکی از روستاها
عنوان ریسک جزء دارای کمترین امتیاز ریسک	خطر آلودگی فیزیکوشیمیایی ناشی از نوع بافت و جنس لایه‌های زمین	خطر فیزیکی تغییرات تدریجی در کمیت آب ناشی از عدم کارایی پمپ با ظرفیت اسمی در پمپ چاه شماره ۱	اتصال دو لوله سیمانی به هم	خطر فیزیکی ناشی از پاکیزه نبودن کف اتاقک	خرابکاری	خطر آلودگی فیزیکوشیمیایی ناشی از نوع بافت و جنس لایه‌های زمین
جزء دارای بیشترین امتیاز ریسک	رودخانه فصلی یک روستای دیگر	محوطه قنات مورد بررسی	اتاقک ایستگاه پمپاژ جنب جاده یکی از روستاها	تانکر آماده‌سازی محلول گندزدایی	لوله اصلی شبکه توزیع	تانکر آماده‌سازی محلول گندزدایی
عنوان ریسک جزء دارای بیشترین امتیاز ریسک	خطر ورود آلودگی بیولوژیکی ناشی از هدایت آلودگی‌ها توسط رودخانه فصلی منتهی به قنات مورد بررسی	خطر ورود آلودگی بیولوژیکی ناشی از عمق کم لوله‌های مشبک فولادی از سطح بستر رودخانه، عدم شیب بندی استاندارد و جاگذاری غیر اصولی لوله مشبک در بستر رودخانه	خطر آلودگی میکروبی ناشی از عدم رعایت آیتم‌های بهسازی و بهداشتی اتاقک مخزن پمپاژ	خطر آلودگی بیولوژیکی و شیمیایی ناشی از نقص تجهیزات مخزن آماده‌سازی و عدم آماده‌سازی صحیح محلول کلر	خطر ورود آلودگی میکروبی ناشی از قطع آب و ایجاد فشار منفی در لوله‌های اصلی شبکه توزیع به علت کمبود آب	خطر بیولوژیکی ناشی از نقص تجهیزات واحد گندزدایی

بحث

با توجه به جدول ۲، تشکیل تیم WSP، اعتبارسنجی و دستورالعمل‌های مدیریتی نسبت به پارامترهای دیگر بیشترین امتیاز را داشتند. از آنجایی‌که برنامه ایمنی آب در سیستم آبرسانی شهر به طور کامل اجرا نشده است سایر پارامترها امتیازی کسب نکردند. براساس نتایج نشان داده شده در نمودار ۱ می‌توان گفت که امتیاز نهایی برحسب درصد اجرای برنامه ایمنی آب در سیستم آبرسانی شهر از ۸/۳۸ در سال ۹۷ به امتیاز نهایی ۵۵ در سال ۹۹ رسیده است و این نشان دهنده ارتقاء اجرای برنامه ایمنی آب در

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-01-22]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.4.7.2]

طی دو سال است. نتایج اطلاعات مربوط به سال ۹۹ نشان می‌دهد که توصیف سیستم، شناسایی مخاطرات و ارزیابی ریسک و معیارهای کنترل و اعتباربخشی به ترتیب دارای بیشترین امتیاز بوده‌اند. به غیر از پارامتر پایش راهبری تمامی پارامترهای دیگر نسبت به دو سال قبل ارتقاء چشمگیری داشتند.

براساس جدول ۳ تعداد ریسک‌های با اولویت بالا، متوسط و پایین به‌ترتیب ۱۴۸، ۶۳۷ و ۶۹۰ مورد برآورد گردید. با توجه به نتایج بدست آمده براساس تعداد کل ریسک شناسایی شده، منابع تامین آب، شبکه توزیع و نقطه مصرف، حوزه آبریز، خط انتقال و درنهایت واحد گندزدایی و مخازن ذخیره به ترتیب بیشترین تا کمترین تعداد ریسک را شامل می‌شوند. ترتیب اشاره شده برای تعداد ریسک‌های پایین نیز صدق می‌کند ولی برای تعداد ریسک‌های بالا به‌ترتیب عبارتند از: منابع تامین آب، حوزه آبریز، شبکه توزیع و نقطه مصرف، واحد گندزدایی-مخازن ذخیره و درنهایت خط انتقال. تعداد ریسک‌های متوسط شناسایی شده نیز از بیشترین تا کمترین تعداد به ترتیب عبارتند از: منابع تامین آب، حوزه آبریز، شبکه توزیع و نقطه مصرف، خط انتقال و درنهایت واحد گندزدایی-مخازن ذخیره. براساس جدول ۴، جزء دارای کمترین امتیاز ریسک، بافت زمین‌شناسی و لایه‌های زمین اراضی یکی از روستاهای مورد مطالعه با عنوان ریسک خطر آلودگی فیزیکوشیمیایی ناشی از نوع بافت و جنس لایه‌های زمین است. همچنین جزء دارای بالاترین امتیاز ریسک از بین ۱۴۷۴ جزء شناسایی شده، تانکر آماده‌سازی محلول کلر با عنوان ریسک خطر بیولوژیکی ناشی از نقص تجهیزات واحد گندزدایی تعیین گردید.

با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان گفت که در بخش حوزه آبریز به ترتیب بافت زمین‌شناسی یکی از روستاهای مورد بررسی به دلیل خطر آلودگی فیزیکوشیمیایی ناشی از جنس لایه‌های زمین و رودخانه فصلی یک روستای دیگر به دلیل خطر آلودگی بیولوژیکی ناشی از هدایت آلودگی توسط رودخانه دارای کمترین و بیشترین میزان ریسک بوده‌اند. همچنین در بخش منابع آب خام پمپ چاه شماره ۱ (به علت خطر فیزیکی تغییرات تدریجی در کمیت آب ناشی از عدم کارایی پمپ با ظرفیت اسمی) و محوطه قنات مورد بررسی (به علت خطر ورود آلودگی بیولوژیکی ناشی از عمق کم لوله‌های مشبک فولادی از سطح بستر رودخانه، عدم شیب بندی استاندارد بستر رودخانه و جاگذاری غیر اصولی لوله مشبک در بستر رودخانه) به ترتیب کمترین و بیشترین امتیاز ریسک را بدست آوردند. در بخش خط انتقال، چاه شماره ۵ به دلیل اتصال دو لوله سیمانی به هم کمترین و اتاقک ایستگاه پمپاژ در جاده یکی از روستاها به دلیل خطر آلودگی میکروبی ناشی از عدم رعایت آیتم‌های بهسازی و بهداشتی اتاقک مخزن پمپاژ، بیشترین ریسک را داشته‌اند. در واحد گندزدایی و مخازن ذخیره نیز کف اتاقک پمپاژ مخزن به دلیل خطر فیزیکی ناشی از پاکیزه نبودن کف اتاقک و تانکر آماده سازی محلول به دلیل خطرآلودگی بیولوژیکی و شیمیایی ناشی از نقص تجهیزات مخزن آماده‌سازی و عدم آماده‌سازی صحیح محلول کلر به ترتیب کمترین و بیشترین امتیاز ریسک را کسب کرده‌اند. همچنین با توجه به نتایج می‌توان چنین برداشت کرد که در بخش شبکه توزیع و نقطه مصرف، کمترین ریسک را کنتور انشعاباتیکی از محلات (به علت خرابکاری) و بیشترین ریسک را لوله اصلی شبکه توزیع (به دلیل خطر ورود آلودگی میکروبی ناشی از قطع آب و ایجاد فشار منفی در لوله‌های اصلی شبکه توزیع به علت کمبود آب) داشته‌اند. در یک نتیجه‌گیری کلی برای کل سیستم می‌توان گفت که بافت اراضی یکی از روستاها و تانکر آماده سازی محلول گندزدایی به ترتیب کمترین و بیشترین امتیاز ریسک را در روش ارزیابی WSP بدست آوردند. قابل ذکر است خطر بیولوژیکی ناشی از نقص تجهیزات واحد گندزدایی، خطر بیولوژیکی ناشی از ایجاد مکش و فشار منفی در شبکه توزیع به علت قطع آب ناشی از افزایش میزان آب مصرفی

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-01-22]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.4.7.2]

به تولیدی و خطر بیولوژیکی ناشی از قطع و وصل تامین آب به صورت متناوب به ترتیب سه علت اصلی ریسک‌های سطح بالای شناسایی شده با روش ارزیابی WSP هستند. بررسی نتایج بدست آمده در این مطالعه نشان می‌دهد که بالاترین عدد ریسک برای دارایی‌های موجود در سیستم آب شرب مربوط به منابع تامین آب، شبکه توزیع و واحد گندزدایی و ذخیره است که باید مورد توجه قرار بگیرند و قبل از وقوع بحران با استفاده از راهکارهایی این میزان آسیب پذیری را کاهش داد. ارزیابی پیاده سازی برنامه ایمنی آب برای مدیریت ریسک آب آشامیدنی در منطقه مورتارا در ایتالیا توسط Sorlini و همکاران در سال ۲۰۱۷ میلادی انجام گرفت و رویدادهای خطرناک بالقوه و خطرات مرتبط در هر قسمت از سیستم تامین آب شناسایی شد. نتایج نشان داد که اجرای WSP برای مورتارا نه تنها به عنوان یک رویکرد کاهش خطر، بلکه به عنوان یک ابزار مقرون به صرفه برای تامین کنندگان آب نیز است. درنهایت برخی اقدامات کنترلی جدید توسط تیم WSP پیشنهاد شد (۲۰). Mortazavi و همکاران (۲۰۱۹) با ارزیابی ایمنی مدیریت تأمین و توزیع آب آشامیدنی شهر تربت‌جام با استفاده از برنامه ایمنی آب گزارش کردند که تنها ۳۶/۱۴ درصد مطابقت بین رویکرد موجود در سیستم آبرسانی شهر تربت‌جام با رویکرد ارائه شده توسط سازمان جهانی بهداشت وجود دارد. همچنین نتیجه‌گیری کردند که پتانسیل ایجاد آلودگی‌های مختلف در سامانه آبرسانی به خصوص از طریق نقاط آسیب پذیر سیستم وجود دارد (۲۱). Nakhai و همکاران (۲۰۱۷) ریسک سامانه‌های آبرسانی شهری را به روش RAMCAP مطالعه و تهدیدات مربوط به آن را شناسایی کردند و درنهایت ایستگاه پمپاژ، تصفیه خانه‌های آب و چاه‌ها را به عنوان واحدهای آسیب پذیر معرفی کردند (۲۲). Golami و همکاران (۲۰۲۰) در شهرستان خوی به بررسی ایمنی آب آشامیدنی پرداختند. در این راستا جداولی تهیه و توسط نرم افزار تضمین کیفیت ایمنی آب آنالیز داده‌ها صورت گرفت.

این بررسی نشان داد که با توجه به میزان پایین درصد بکارگیری کلی فازهای مختلف WSP (۱۷/۵ درصد) و نیز عدم توجه سازمان تامین کننده آب به برخی از پارامترهای کلیدی مانند ارزیابی خطر و مدیریت آبگیر، سیستم تامین آب بررسی شده از ایمنی کافی برخوردار نبوده و رویکرد کنترلی حاکم کارایی لازم برای مدیریت یکپارچه سیستم تامین آب آشامیدنی را ندارد و ضرورت تغییر آن احساس می‌شود (۲۳). در مطالعه حاضر نیز با توجه به نتایج بدست آمده نقاط ضعف و قابل ارتقاء سیستم آبرسانی شهر بستان آباد کاملا مشهود است و پیشنهاد می‌شود اصلاحات، کنترل، نظارت جدی و آموزش و مهارت افزایی به روز و مکرر کارکنان در دستور کار مسئولین مربوطه قرار گیرد. البته در مطالعه به دلیل فقدان سیاست‌گذاری مشخص و متمرکز در بحث برنامه ایمنی آب و اجرای آن، موانع اقتصادی و کمبود وقت، تدوین اقدامات اصلاحی برای مواردیکه از حدود بهره برداری خارج بودند امکان پذیر نبود.

نتیجه‌گیری

تقویت امنیت و انعطاف پذیری زیرساخت‌های حیاتی مانند تاسیسات آبی که بخشی از مراکز حیاتی شهرها بوده نقش بسیار مهمی در کاهش آسیب پذیری در شرایط بحرانی دارد. ارزیابی ریسک می‌تواند کمک موثری به کنترل وضع موجود و ارتقاء عملکرد سامانه‌های آبی نماید. WSP به عنوان رویکرد جدید سازمان جهانی بهداشت برای تضمین سلامت آب آشامیدنی، با انواع و اندازه‌های مختلف سیستم‌های تامین آب سازگار بوده و می‌تواند به طور موثر در شرایط مختلف اجتماعی و اقتصادی استفاده شود. با بکارگیری این روش ارزیابی در مجموع تعداد ۱۴۷۴ عنوان ریسک شناسایی شد که از این میان بیشترین تعداد ریسک (۵۰۸ عنوان ریسک) مربوط به منابع تامین آب خام و

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-01-22]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.4.7.2]

کمترین تعداد ریسک (۵۲ مورد) مربوط به واحد گندزدایی و مخازن ذخیره بوده است. همچنین آسیب پذیرترین بخش شناسایی شده توسط این روش نیز واحد گندزدایی و مخازن ذخیره به دلیل خطرآلودگی بیولوژیکی و شیمیایی ناشی از نقص تجهیزات مخزن آماده‌سازی و عدم آماده‌سازی صحیح محلول کلر است. در یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که تأسیسات آبی در منطقه مورد مطالعه تحت تاثیر تهدیدات بالقوه بحرانی شناسایی شده، آسیب پذیر بوده و نیازمند اصلاحات، کنترل و نظارت جدی و آموزش و مهارت افزایی به روز و مکرر کارکنان است. انجام اصلاحات به خصوص برای منابع تامین آب، شبکه توزیع و واحدگندزدایی و مخازن ذخیره توصیه می‌شود.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. کد اخلاق این مقاله IR.TBZMED.REC.1398.119 است.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل بخشی از پایان‌نامه با عنوان "ارزیابی جامع ریسک سیستم تامین آب آشامیدنی شهر بستان آباد براساس برنامه ایمنی آب (WSP)" در مقطع کارشناسی ارشد در سال ۱۴۰۱ است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی تبریز اجرا شده است.

References

1. Englehardt JD, Ashbolt NJ, Loewenstine C, Gadzinski ER, Ayenu-Prah Jr AY. Methods for assessing long-term mean pathogen count in drinking water and risk management implications. Journal of Water and Health. 2012;10(2):197-208.
2. Mahmud S, Shamsuddin SAJ, Ahmed MF, Davison A, Deere D, Howard G. Development and implementation of water safety plans for small water supplies in Bangladesh: benefits and lessons learned. Journal of Water and Health. 2007;5(4):585-97.
3. Parker A, Youlten R, Dillon M, Nussbaumer T, Carter RC, Tyrrel SF, et al. An assessment of microbiological water quality of six water source categories in north-east Uganda. Journal of Water and Health. 2010;8(3):550-60.
4. Summerill C, Smith J, Webster J, Pollard S. An international review of the challenges associated with securing buy-in for water safety plans within providers of drinking water supplies. Journal of Water and Health. 2010;8(2):387-98.
5. Magtibay B, Anarna MS, Fernando A. An assessment of drinking-water quality post-Haiyan. Western Pacific Surveillance and Response Journal: WPSAR. 2015;6(Suppl 1):48.
6. Summerscales IM, McBean EA. Incorporation of the Multiple Barrier Approach in drinking water risk assessment tools. Journal of Water and Health. 2011;9(2):349-60.
7. Goodwin D, Raffin M, Jeffrey P, Smith HM. Applying the water safety plan to water reuse: Towards a conceptual risk management framework. Environmental Science: Water Research & Technology. 2015;1(5):709-22.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-01-22]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.4.7.2]

8. Baum R, Amjad U, Luh J, Bartram J. An examination of the potential added value of water safety plans to the United States national drinking water legislation. International Journal of Hygiene and Environmental Health. 2015;218(8):677-85.
9. Wolf J, Bonjour S, Prüss-Ustün A. An exploration of multilevel modeling for estimating access to drinking-water and sanitation. Journal of Water and Health. 2013;11(1):64-77.
10. Ferrero G, Setty K, Rickert B, George S, Rinehold A, DeFrance J, et al. Capacity building and training approaches for water safety plans: A comprehensive literature review. International Journal of Hygiene and Environmental Health. 2019;222(4):615-27.
11. Setty K, O'Flaherty G, Enault J, Lapouge S, Loret J, Bartram J. Assessing operational performance benefits of a Water Safety Plan implemented in Southwestern France. Perspectives in Public Health. 2018;138(5):270-78.
12. Abolli S, Alimohammadi M, Zamanzadeh M, Yaghmaeian K, Yunesian M, Hadi M, et al. Survey of drinking water quality of household water treatment and public distribution network in Garmsar city, under the control of water safety plan. Iranian Journal of Health and Environment. 2019;12(3):477-88. (in Persian)
13. Masoumbeigi H, Sadat RM, Ghanizadeh G. Risk Identification and Assessment in Drinking Water Supply System in Taleghan Using the Failure Modes and Effects Analysis Method in 2020. 2022.
14. Sheykhali M, Asadollahfardi G, Emamzadeh SS. Evaluation of the vulnerability of water supply facilities using the AHP and RAMCAP combined methods. Amirkabir Journal of Civil Engineering. 2020;52(5):201-205.(in Persian)
15. Eslami A, Barikbin B, Ghaffari M, Fanaei F. Assessment of water safety plan (WSP) implementation and risk management in Sarayan city. Zanko Journal of Medical Sciences. 2017; summer: 81-94.
16. Water Safety Portal. available at: www.wsportal.org.
17. WHO . Guidelines for drinking-water quality, 4th ed. Geneva, World Health Organization. 2011.
18. Gholami M, Badaghi S. User manual water safety plan quality assurance tool2013.
19. Pascarella G, Rossi M, Montella E, Capasso A, De Feo G, Botti G, et al. Risk analysis in healthcare organizations: Methodological framework and critical variables. Risk Management and Healthcare Policy. 2021:2897-911.
20. Sorlini S, Biasibetti M, Abbà A, Collivignarelli MC, Damiani S. Water Safety Plan for drinking water risk management: the case study of Mortara (Pavia, Italy). Revista Ambiente & Água. 2017;12:513-26.
21. Mortazavi M, Shahryari T, Fanaei F, Barikbin B. Safety Assessment of Supply and Distribution Management of Drinking Water in Torbat Jam Using WSP-QA TOOL Software. Journal of Research in Environmental Health. 2019; 5(3): 230-8. (in Persian)
22. Nakhai, J., Bitarafan, M., Junidi, M., Sattari, F. Assessing the risk of urban water supply systems in the country against threats using the RAMCAP method. Water and Wastewater Journal. 2017; 28(4): 10-20. (in Persian)
23. Golami M, Badaghi S, Babalu A. Safety

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-01-22]
[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.4.7.2]

assessment of drinking water supply in Khoy city based on the new approach of step-by-step risk management in 2019. Iran 2020: Proceedings of the 14th national environmental health conference.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-01-22]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.4.7.2]

Available online: https://ijhe.tums.ac.ir

Orginal Article

Comprehensive risk assessment of water supply system in Bostan Abad based on water safety plan

Samira Sheikhi[1], Aran Moshiri[1], Hassan Aslani[2,*], Shamseddin Alizadeh[3]

1- Department of Environmental Health Engineering, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran
2- Health and Environment Research Center, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran
3- Department of Occupational Health Engineering, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 30 November 2022
Revised: 13 February 2023
Accepted: 19 February 2023
Published: 15 March 2023

Keywords: Risk assessment, Water safety plan, Water supply system, Bostan Abad city

***Corresponding Author:**
haslani@tbzmed.ac.ir

ABSTRACT

Background and Objective: One of the main ways of transmitting diseases is drinking water, so the safety of drinking water is an important issue for consumers, water suppliers, operators, and health officials. This study was conducted to identify and semi-quantitative evaluation and prioritization of risks in the drinking water supply system of Bostan Abad city.

Materials and Methods: In order to evaluate and document the key elements of WSP and identify the steps that need improvement, the quality assurance tool of the water safety plan (WSP-QA TOOL software) was used, and then based on the guide of the water safety plan from the WHO and the International Association Water safety, WSP team formed. Then the water supply system of Bostan Abad city from the farthest point of the basin to the last consumption point was inspected and described.

Results: The results showed that the highest number of risks are in the water supply sources, distribution network, and point of consumption, respectively. Also, the most vulnerable part of the system was identified as the disinfection unit and storage tanks due to biological and chemical contamination caused by equipment failure and improper preparation of chlorine solution.

Conclusion: In summary, it can be said that carrying out the necessary reforms can play an effective role in reducing the risk potential in times of crisis, which should be given serious attention by water industry officials.

Please cite this article as: Sheikhi S, Moshiri A, Aslani H, Alizadeh Sh. Comprehensive risk assessment of water supply system in Bostan Abad based on water safety plan. Iranian Journal of Health and Environment. 2023;15(4):701-14.

Copyright © 2023 Iranian Association of Environmental Health, and Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Noncommercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from ijhe.tums.ac.ir on 2025-01-22]

[DOR: 20.1001.1.20082029.1401.15.4.7.2]