

## Evaluation of Chlorination and Residual Chlorine Measurement in Drinking Water Distribution System of Ilam City in 2015

Sadeghi O<sup>1</sup>, Mozaffary A<sup>1</sup>, Weisi K<sup>2</sup>, Abbasi M.H<sup>1</sup>, Mazlomi S<sup>2</sup>, Nourmoradi H<sup>2</sup>

1. Student Research Center, Ilam University of Medical Sciences, Iran.

2. Department of Environmental Health, School of Health, Ilam University of Medical Sciences, Iran.

\* **Corresponding author.** Tel/Fax: +988432235733, E-mail: Ilam\_nourmoradi@yahoo.com

Received: Dec 15, 2016      Accepted: Mar 1, 2017

### ABSTRACT

**Background & objectives:** Supplying healthy drinking water is one of the important goals in societies and achieving to development depends on the health of society members. Therefore, the current study examined the chlorination and residual chlorine measurement in drinking water distribution system of Ilam city.

**Methods:** In this descriptive cross-sectional study, 40 stations were determined on the water distribution network map and the sampling was then routinely conducted in the view of free residual chlorine, combined chlorine and the total chlorine in eight stages throughout Ilam city. Sampling and measuring were done in accordance to the standard methods. Analysis of results was performed using Kruskal–Wallis and Wilcoxon statistical tests.

**Results:** The results of Kruskal–Wallis nonparametric test showed no significant difference between free residual chlorine and combined chlorine levels in 40 different sampling stations ( $\text{sig} \geq 0.05$ ). But, there was a significant difference between average total chlorine in different locations of the city ( $\text{sig}=0.034$ ). The Wilcoxon test showed a significant difference between average free residual chlorine values reported by health service network and measured onsite ( $\text{sig}=0.00$ ).

**Conclusion:** With regard to the direct connection between society health and water quality, implementing appropriate measures can reduce the numbers of undesired residual chlorine in water distribution network of Ilam. In order to do so, monitoring water disinfection by health center experts seems to be necessary.

**Keywords:** Ilam; Drinking Water; Chlorimetry; Chlorination; Water Distribution System.

## بررسی وضعیت کلر سنجی و کلر زنی در شبکه توزیع آب شهر ایلام در سال ۱۳۹۴

امید صادقی<sup>۱</sup>؛ علی مظفری<sup>۱</sup>؛ کیوان ویسی<sup>۲</sup>؛ محمد حسن عباسی<sup>۱</sup>؛ سجاد مظلومی<sup>۲</sup>؛ حشمت اله نورمرادی<sup>۲\*</sup>

۱. کمیته تحقیقات دانشجویی، دانشگاه علوم پزشکی ایلام، ایلام، ایران

۲. عضو هیئت علمی گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایلام، ایلام، ایران

\* نویسنده مسئول. تلفکس: ۰۸۴۳۲۳۵۷۳۳ ایمیل: Ilam\_nourmoradi@yahoo.com

### چکیده

**زمینه و هدف:** تأمین آب آشامیدنی سالم یکی از اهداف مهم در جوامع بشری است و دستیابی به توسعه و پیشرفت در سایه سلامت افراد جامعه امکان پذیر است. لذا در این مطالعه به بررسی وضعیت کلر سنجی و کلر زنی در شبکه توزیع آب شهر ایلام پرداخته شد.

**روش کار:** در این مطالعه توصیفی- مقطعی، در ابتدا با تعیین نقاط ایستگاه‌ها بر روی نقشه‌های شبکه توزیع آب (۴۰ نقطه)، نمونه برداری و اندازه گیری‌های متعددی بر روی پارامترهای کلر آزاد باقی‌مانده، کلر ترکیبی و کل کلر در محل اندازه گیری به صورت منظم و ۸ مرحله‌ای در کل سطح شهر ایلام انجام شد؛ روش نمونه برداری و اندازه گیری متغیرها مطابق با روش‌های استاندارد انجام پذیرفت. تجزیه و تحلیل نتایج بدست آمده از طریق آزمون آماری کروسکال والیس و ویلکاکسون صورت گرفت.

**یافته‌ها:** در این مطالعه نیز نتایج حاصل از آزمون ناپارامتری کروسکال والیس بیانگر این است که بین میزان کلر آزاد باقی‌مانده و ترکیبی در نقاط مختلف شهر ایلام (۴۰ نقطه) اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید ( $\text{sig} \geq 0/05$ ). این در حالی است که در این آزمون اختلاف معنی‌داری بین میانگین کل کلر در نقاط شهر ایلام مشاهده شد ( $\text{sig} = 0/034$ ). همچنین آزمون ویلکاکسون تفاوت معنی‌داری را برای میانگین کلر آزاد باقی‌مانده گزارش شده توسط شبکه بهداشت و مقدار واقعی اندازه گیری شده در محل نشان داد ( $\text{sig} = 0/00$ ).

**نتیجه گیری:** با توجه به اینکه سلامت جامعه ارتباط مستقیمی با آب سالم و بهداشتی دارد، بایستی با اقدامات مدیرانه و مدیریت صحیح و سازماندهی مناسب، درصد نامطلوب کلر باقی‌مانده در شبکه آبرسانی شهر ایلام به صفر تقلیل یابد. در این راستا، نظارت مداوم کارشناسان مراکز بهداشتی و درمانی بر گندزدایی آب لازم بنظر می‌رسد.

**واژه های کلیدی:** ایلام، آب آشامیدنی، کلر سنجی، کلر زنی، شبکه توزیع آب

پذیرش: ۹۵/۱۲/۱۱

دریافت: ۹۵/۹/۲۵

### مقدمه

بررسی‌ها نشان داده است شبکه توزیع آب آشامیدنی نیز به دلایل گوناگون می‌تواند عامل تنزل کیفیت آب باشد (۴-۲). گندزدایی آب آشامیدنی با گندزداهایی نظیر کلر انجام می‌شود. در صنعت تصفیه آب، استفاده از کلر در گندزدایی مؤثر و از بین بردن میکروب‌های بیماری‌زا سابقه‌ای طولانی دارد. کلر به عنوان گندزدایی مناسب، بسیاری از بیماری‌های انسانی همچون وبا و تیفوئید را حذف کرده است (۵). از میان گندزداهای موجود، کلر نسبت به سایر مواد کاربرد بیشتری دارد،

تأمین آب آشامیدنی سالم یکی از اهداف مهم در جوامع بشری است و دستیابی به توسعه و پیشرفت در سایه سلامت افراد جامعه امکان پذیر است و واضح است که سلامتی افراد در گرو تأمین آب شرب مطلوب است (۱). سازمان جهانی بهداشت در تأمین آب آشامیدنی، کیفیت میکروبی را در اولویت اول قرار داده است. آلودگی‌های میکروبی ناشی از آب از طریق منابع و یا در شبکه توزیع آب اتفاق می‌افتد.

زیرا از نظر اقتصادی مقرون به صرفه بوده و دسترسی، ساخت و کاربرد آن آسان است. همچنین کلر در آب از خود باقی مانده بر جای می گذارد و میزان آن را بطور مداوم می توان کنترل نمود. از دیگر محاسن کلر این است که در غلظت بکار رفته برای ارگانیزم های بیماریزای موجود در آب، دارای سمیت زیادی است؛ ولی در این غلظت برای انسان سمی نیست. کلر مورد نیاز آب ها متغیر و بستگی به خصوصیات آب و درجه آلودگی آن دارد. ازدیاد بیش از حد کلر نیز مشکلات زیادی را برای مصرف کننده در پی دارد؛ لذا کلرزنی صحیح آب از اهمیت بسزایی برخوردار است (۶،۷). حضور کلر باقی مانده در آب مصرفی مشترکان، ضامن سالم بودن آب مصرفی است (۸). در استاندارد آب آشامیدنی ایران مقدار مطلوب کلر آزاد باقی مانده در هر نقطه از شبکه بعد از نیم ساعت زمان تماس در شرایط عادی  $0.2$  تا  $0.8$  میلی گرم در لیتر با توجه به pH می باشد (۹). بنابراین پایش میزان کلر آزاد باقی مانده در شبکه توزیع به طوری که غلظت در تمامی نقاط شبکه در بازه مشخص شده باشد قابل تامل می باشد (۱۰). سالانه بیش از ۲۵۲ میلیون نفر به بیماری های مرتبط با آب آلوده مبتلا می شوند که به مرگ ۵ الی ۱۲ میلیون نفر در سال منجر می گردد (۱۱).

اصل هاشمی و همکاران در مطالعه خود بر روی تاسیسات آب مناطق روستایی استان ایلام بیان کردند که در ۳۶ درصد روستاهای موجود؛ موارد نامطلوب کلرزنی مشاهده گردیده است و توصیه کردند که در آینده این موارد بایستی اصلاح شوند (۱۲). در پژوهشی که معصوم بیگی و همکاران بر روی آب آشامیدنی ۱۸۲ مرکز نظامی در سطح کشور داشتند، علت صفر بودن کلر باقی مانده آب (بعنوان یکی از مهم ترین مولفه های کنترل کیفیت آب آشامیدنی) در ۵۰ درصد از کلرسنجی ها، نقص فنی و فرسودگی دستگاه کلرزنی و بهره برداری غلط از این تاسیسات بیان شد (۱۳). استانیک و همکاران در مطالعه خود،

بالاترین رابطه منفی معنادار آماری را میان مقدار کلر باقی مانده و جمعیت میکروبی مشاهده نمودند (۱۴). الماسی و همکاران در بررسی خود که با استفاده از داده های جمع آوری شده از خانه های بهداشت و مراکز بهداشتی درمانی استان کرمانشاه انجام گرفت، میزان مطلوبیت آب از نظر کلر آزاد باقی مانده را در روستاهای دارای شبکه  $84/3$  درصد و در روستاهای فاقد شبکه  $69/56$  درصد گزارش دادند و لزوم برخورداری از شبکه تامین آب آشامیدنی کلرزنی شده برای افزایش کیفیت آب شرب را در این مطالعه بیان کردند (۱۵). نصرالهی عمران و همکاران در بررسی خود که پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و باکتریولوژیک آب شهر گرگان را مورد تحقیق قرار دادند، دریافتند که میزان کلر باقی مانده در آب  $0.6 \text{ mg/l}$  و در حد استاندارد ملی می باشد (۱۶).

در پژوهش حاضر میزان کلر آزاد و ترکیبی باقی مانده و کل کلر باقی مانده در نقاط مختلف شبکه توزیع آب شهر ایلام اندازه گیری شد و با استناد به آن ها، مقایسه وضعیت کلرزنی انجام گرفته توسط اداره آب و فاضلاب شهر ایلام با استانداردهای موجود و همچنین مقایسه مقادیر اندازه گیری شده با گزارشات ارائه شده توسط مراکز بهداشت سطح شهر، مورد بررسی قرار گرفت.

### روش کار

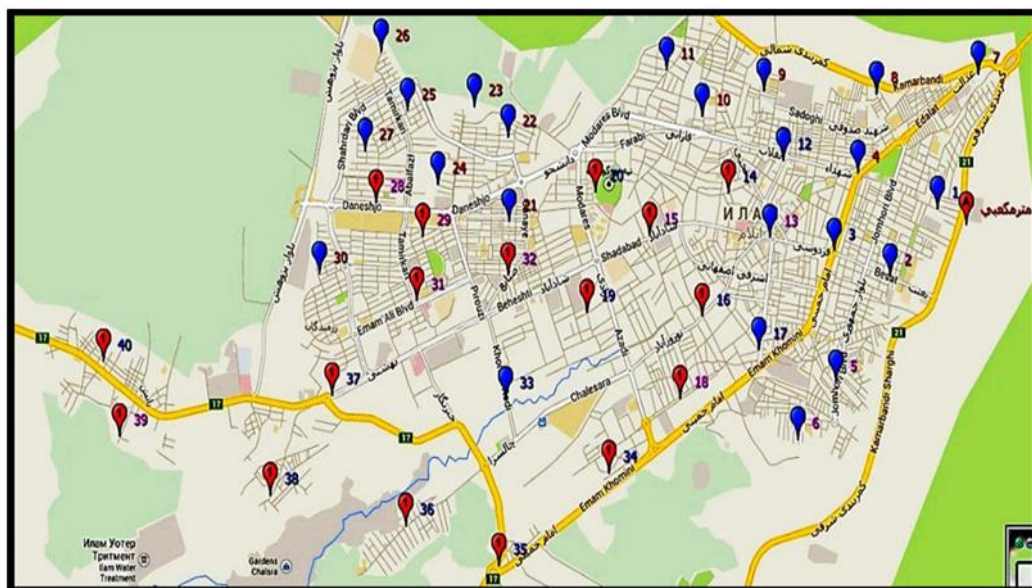
مطالعه حاضر از نوع بررسی توصیفی می باشد که به صورت مقطعی و بر روی شبکه توزیع آب شرب شهر ایلام در سال ۱۳۹۴ انجام گرفت. شهر ایلام به دلیل توپوگرافی خاص خود و قرار گرفتن میان رشته کوه های اطراف، حالت کاسه ای مانند پیدا کرده است و در انتخاب ایستگاه های نمونه برداری سعی بر توزیع یکنواخت در کل شبکه توزیع آب گردیده است. منبع اصلی تامین کننده آب شرب شهر ایلام سد مخزنی ایلام می باشد که توسط خطوط انتقال آب به تصفیه خانه شهر ایلام در شرق شهر انتقال داده

شامل مطالعه میدانی سطح کل شبکه به طول تقریبی ۵ کیلومتر و عرض ۳ کیلومتر و مطالعه کتابخانه‌ای کیفیت آب شهرستان و نیز داده‌های کلر سنجی ثبت شده توسط مراکز بهداشت شهری بود.

در بخش دیگری از مطالعه، داده‌های برداشت شده برای کلر باقی مانده با داده‌های گزارش شده از سوی مراکز بهداشت شهری ایلام مقایسه گشته است. جهت تجزیه و تحلیل آماری در این پژوهش از SPSS-16 استفاده شد. برای ارزیابی نرمال بودن داده‌ها از دو آزمون کولموگروف اسمیرنوف و شاپیروویلک و برای بررسی میزان تغییرات پارامترهای کلر آزاد باقی مانده، کلر ترکیبی باقی مانده و کل کلر باقی مانده از آزمون کروسکال والیس استفاده شد. در نهایت برای بررسی وجود عدم وجود اختلاف معنادار بین مقادیر کلر اندازه گیری شده در این مطالعه و آنچه از سوی شبکه بهداشت شهر ایلام گزارش شده بود، از آزمون آماری ویلکاکسون استفاده گردید.

می شود پس از انجام تصفیه متداول و کلر زنی نهایی، آب تصفیه شده وارد مخزن ۱۰۰۰۰ مترمکعبی می شود که اولین نقطه نمونه برداری در این منطقه می باشد. سپس در راستای پخش آب در شبکه ۱۹ نقطه در نظر گرفته شد تا الگوی پخش کلر در شبکه مشخص گردد. در شبکه توزیع آب شهر ایلام علاوه بر تصفیه خانه نامبرده، در ۵ منطقه از منابع آب زیرزمینی به عنوان آب شرب استفاده می گردد که در خروجی این چاه ها با استفاده از دستگاه کلریناتور گازی عمل کلر زنی انجام می گیرد. سایر نقاط کلر سنجی به شکلی انتخاب گشت که پوشش دهنده بخش هایی از شبکه باشد که از این چاه ها تغذیه می شوند. بدین منظور ۲۰ نقطه برای این بخش از شبکه در نظر گرفته شده است. بدین ترتیب همانطور که در شکل ۱ مشاهده می گردد، مجموعاً ۴۰ ایستگاه اندازه گیری در نقاط مختلف شهر ایلام مشخص شد. برای اندازه گیری میزان کلر باقی مانده از دستگاه پرتابل دیجیتالی (مدل Lovibond Scuba، ساخت کشور آلمان) استفاده گردید.

تواتر نمونه برداری بصورت هفتگی و در طول ۲ ماه در فصل پاییز سال ۱۳۹۴ بود. جامعه مورد مطالعه

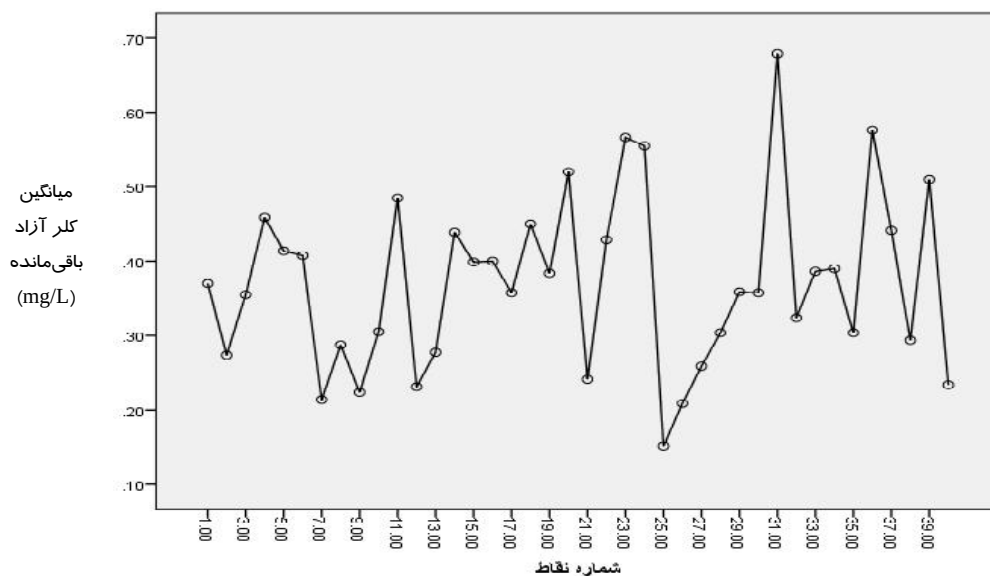


شکل ۱. محل قرارگیری ایستگاه های نمونه برداری در شهر ایلام

## یافته‌ها

شماره ۲۵ شرایط بحرانی را دارا می‌باشد و مقدار کلر آن کمتر از ۰/۲ می‌باشد. در بقیه نقاط وضعیت کلر به طور متوسط در بازه استاندارد قرار دارد.

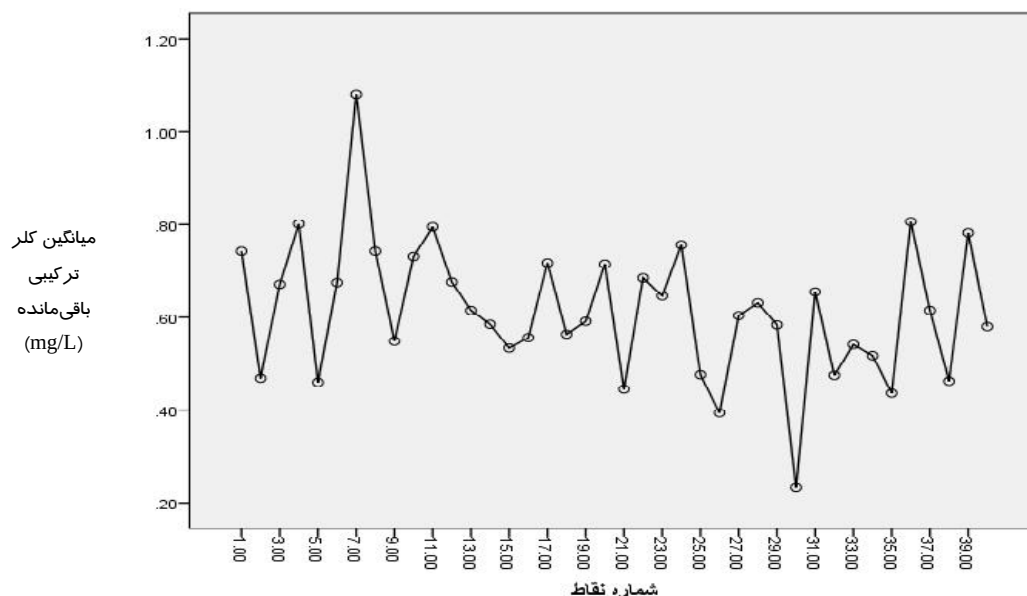
نتایج اندازه‌گیری کلر آزاد باقی‌مانده در نمودار ۱ آمده است. همانطور که معلوم است فقط نقطه



نمودار ۱. میانگین کلر آزاد باقی‌مانده در مناطق مختلف

ترکیبی به ترتیب بیشتر و کمتر از بازه مذکور می‌باشد و نیز این دو نقطه دارای مقادیر حداکثری و حداقلی هستند.

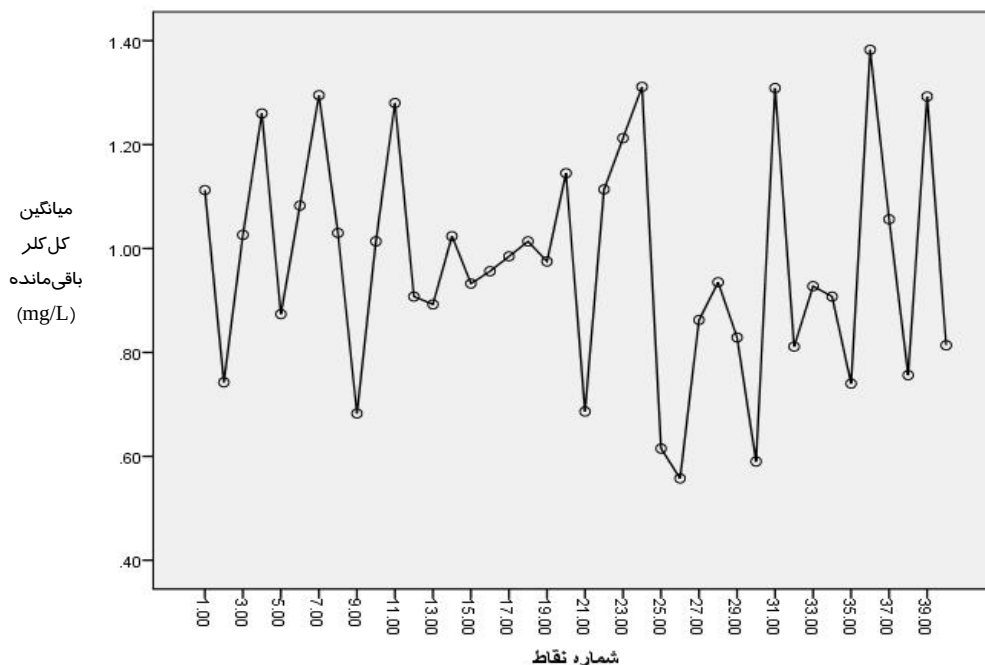
بنابر نتایج اندازه‌گیری کلر ترکیبی باقی‌مانده که در نمودار ۲ به خوبی مشخص است مقدار این پارامتر به طور کلی در تمام نقاط در بازه ۰/۴ الی ۰/۸ می‌باشد. البته در نقاط شماره ۷ و ۳۰ مقدار کلر



نمودار ۲. میانگین کلر ترکیبی باقی‌مانده در مناطق مختلف

میانگین مقادیر اندازه گیری شده کل کلر با نوساناتی در بین نقاط مختلف شبکه توزیع آب شهری ایلام همراه است و به طور کلی می توان گفت این پارامتر

در هیچکدام از محلات شهر مقدار متوازن و یکنواختی را ندارد.



نمودار ۳. میانگین کلر باقی مانده در مناطق مختلف

### بحث و نتیجه گیری

در پژوهش حاضر میزان کلر آزاد و ترکیبی باقی مانده و کل کلر باقی مانده در نقاط مختلف شبکه توزیع آب شهر ایلام اندازه گیری شد. در مطالعه حاضر گزارش مقادیر صفر برای کلر آزاد باقی مانده و ترکیبی می تواند ناشی از مشکلات متعدد در بهره برداری و نگهداری از تاسیسات کلر زنی آب شرب شهری باشد.

در بحث کلر آزاد باقی مانده کمتر از مقدار استاندارد، این مشکل بیشتر در نقاط انتهایی شبکه و با فاصله بسیار زیاد از تصفیه خانه مانند نقطه شماره ۲۵ در این پژوهش و یا در مناطق دارای بافت شهری فرسوده وجود داشت.

عدم آگاهی بهره برداران از غلظت مورد نیاز کلر تزریقی به آب و یا میزان کلر باقی مانده و در نتیجه کاربرد غلط پر کلرین مصرفی، گزارش بیش از ۵۰

درصد کلر سنجی های با کلر باقی مانده صفر و مشکل انسداد دیافراگم هیپو کلریناتورها، همگی نشانگر ضرورت اجرای دوره های آموزشی متناوب برای بهره برداران از دستگاه های کلر زنی در خصوص نظارت و کنترل بر کیفیت آب شرب و انجام عملیات کلر زنی و کلر سنجی می باشد (۱۷).

اکورو<sup>۱</sup> و همکاران در بررسی کاهش کلر باقیمانده و آلودگی های کلیفرمی در شبکه آب شهر کامپالا<sup>۲</sup> اوگاندا، دریافتند که رنگ و کدورت به وجود آمده در شبکه مربوط به شرایط ضعیف نگهداری و سن بالای مخازن آب بوده که منجر به جمع شدن گل، لای، کف و مواد لزج در کف مخازن گردیده و موجب مصرف بالای کلر می گردد که احتمال آلودگی مجدد شبکه توزیع را بالا می برد (۱۸). در این مطالعه

<sup>۱</sup> Ecuru

<sup>۲</sup> Kampala

نیز در مناطق دارای بافت شهری فرسوده میزان کلر باقی مانده کمتر از سایر نقاط شهر ایلام بود و دور از ذهن نیست شبکه توزیع آب در آن مناطق به دلیل قدمت زیاد دچار فرسودگی شده باشد و آلودگی‌های مختلفی را وارد آب نماید. با توجه به اینکه برخی مناطق شهری در این مطالعه از حد مطلوب کلر برخوردار نبودند، بررسی علت و رفع نواقص احتمالی و بهبود کیفیت آب آشامیدنی این مناطق ضروری است. افزایش فاصله از نقاط کلر زنی در شبکه و زمان ماند آب در شبکه می‌تواند موجب رشد جمعیت میکروبی در شبکه توزیع آب شهری گردد (۱۸). شمسایی و همکاران در بررسی اثرات زمان ماند بر روی کیفیت آب در سیستم شبکه‌های بزرگ توزیع آب دریافتند که فاصله و زمان ماند طی شده در شبکه منجر به بالارفتن زمان ماند آب، بالارفتن شمار باکتری‌های هتروتروف (HPC)، بالارفتن مصرف کلر و تغییرات هیدرولیکی می‌گردد (۱۹). با وجود اینکه تزریق کلر در چند نقطه مختلف صورت می‌گیرد اما به دلیل رفتارهای دینامیکی خاص کلر و عوامل مداخله کننده همچون شرایط توپوگرافی شهر، سن شبکه توزیع، فصل سال، فشار آب، وجود نقاط پرمصرف و کم مصرف به صورت همگن و یکسان در کل شبکه توزیع پخش نمی‌گردد، در نتیجه موجب به وجود آمدن نقاط بحرانی با کلر باقی مانده بالاتر و یا کمتر از حد استاندارد می‌گردد که این خود می‌تواند موجب به وجود آمدن یکسری مشکلات بهداشتی خاص برای مصرف کنندگان گردد. از آنجایی که سلامت جامعه ارتباط مستقیمی با آب سالم و بهداشتی دارد بایستی با اقدامات مدیرانه و مدیریت صحیح و سازماندهی مناسب، درصد نامطلوب کلر باقیمانده در شبکه آبرسانی شهر ایلام به صفر تقلیل یابد. در این راستا بکارگیری نیروهای آموزش دیده، نظارت مداوم کارشناسان مراکز بهداشتی و درمانی بر کیفیت آب شرب و همکاری آن‌ها با شرکت‌های آب و فاضلاب، آموزش همگانی

از طریق رسانه‌های گروهی و عمومی جهت افزایش سطح آگاهی توده مردم در خصوص نگهداری تاسیسات تامین آب شرب و اعلام به موقع شکستگی‌های پیش آمده برای لوله‌های شبکه توزیع آب به شرکت‌های آب و فاضلاب و نیز گندزدایی آب در شرایط بحرانی و غیر عادی پیشنهاد می‌گردد. همچنین پیش‌بینی و برآورد میزان کلر مصرفی مورد نیاز و تهیه آن طبق برنامه مدون، پیگیری و بررسی علت ایجاد مقادیر غیرمطلوب کلر باقی مانده در شبکه توزیع شهر ایلام و اصلاح آن، بازدید و کنترل مداوم تاسیسات کلر زنی آب شرب شهر ایلام و رفع مشکلات احتمالی قطعاً به بهبود وضعیت کیفی آن کمک می‌کند. قابلیت تامین آب شهر ایلام از چندین نقطه و پرهیز از تک‌منبعی با ایجاد و استقرار مخازن ذخیره آب در نقاط مختلف شهر نیز می‌تواند مسافت انتقال آب از منبع تا رسیدن به دست مصرف کننده‌ها را کاهش داده و سبب حفظ کیفیت آن شود. البته در محل آن مخازن نیز به طور مداوم کلر زنی در حد مطلوب می‌بایست انجام گیرد. استقرار سامانه گندزدایی برای مناطق با کلر کمتر از حد استاندارد و تعمیر و نوسازی قسمت‌هایی از شبکه که دارای فرسودگی و عمر بالا هستند، از دیگر راهکارهای ممکن برای بهبود کیفیت آب شرب شهر ایلام می‌باشد.

### تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از معاونت محترم تحقیقات دانشگاه علوم پزشکی ایلام به جهت حمایت‌های مالی در جهت انجام این پژوهش کمال تشکر را داشته باشند. همچنین از همکاری معاونت محترم بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی ایلام تشکر و قدردانی می‌گردد.

## References

- 1- Zazouli MA, Blark D, Mahdavi Y, Karim Nejad F. A survey on satisfaction rate of drinking water quality in sari county in 2013. Tabriz university of medical sciences, 2013.
- 2- Khazaei M, Nourian AM, Water treatment and pathogen control. Fanoose Andisheh Publication, 1st edition. 2009.
- 3- Water S, WHO. Water, sanitation and hygiene links to health: facts and figures. 2004.
- 4- WHO. Guidelines for Drinking-Water Quality: World Health Organization, Distribution and Sales, Geneva 27, CH-1211 Switzerland, 2004.
- 5- Samadi MT, Nasser S, Mesdaghinia A, Alizadefard MR.. A Comparative Study on THMs Removal Efficiencies from Drinking Water Through Nanofiltration and Air Stripping Packed-Column. Journal of Water & Wastewater. 2006; 57:14-21.
- 6- Burton FL, Stensel HD, Tchobanoglous G. Wastewater engineering: treatment and reuse. McGraw Hill; 2003.
- 7- Clark RM, Clark DA. Drinking water quality Management. 1<sup>st</sup> Edition. CRC Press.1995.
- 8- Tabesh M, Zabihi, M. Effects of qualitative constraints on water distribution network optimization. 4<sup>th</sup> Congress on Civil Engineering, Tehran University, Tehran. 2008.
- 9- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Physical and Chemical Properties of Drinking Water. No. 1053, 4<sup>th</sup> Edition. 1997.
- 10- Boccelli DL, Tryby ME, Uber JG, Rossman LA, Zierolf ML, Polycarpou MM. Optimal scheduling of booster disinfection in water distribution systems. Journal of water resources planning and management. 1998;124(2):99-111.
- 11- Ashbolt NJ. Risk analysis of drinking water microbial contamination versus disinfection by-products (DBPs). Toxicology. 2004;198(1):255-62.
- 12- Asle Hashemi A, Amarlouei A. Investigating the status of chlorination in water facilities in rural areas of Ilam. Journal of Ilam University of Medical Sciences. 2010;44:46-52.
- 13- Masoum Beigi H, Karimi Zarchi AS. Exploring the use of chlorination devices as the only method of disinfecting drinking water at military centers. Military medicine. 2005; 7(3):257-260.
- 14- Habuda-Stanić M, Santo V, Sikora M, Benković S. Microbiological quality of drinking water in public and municipal drinking water supply systems in Osijek-Baranja County, Croatia. Croatian Journal of Food Science and Technology. 2013;5(2):61-69.
- 15- Almasi A, Asadi F, Sharafi K, Atafar Z, Mohammadi A. The effect of existence of drinking water distribution network on the level of utility of microbial quality and its chlorination status in small communities. Case study: villages in Kermanshah province. Journal of Shahid Beheshti University of Medical Sciences. 2013;1(2):17-21.
- 16- Nasrallahi Imran A, Bay A, Poorshamsian Kh, Karimi Kh, Hashemi M, Maghsoodlo B. Determination of physical, chemical and bacteriological parameters of drinking water in Gorgan city in 2010. Journal of Laboratory Sciences. 2011;5(1):13-17.
- 17- Srinivasan S, Harrington GW, Xagorarakis I, Goel R. Factors affecting bulk to total bacteria ratio in drinking water distribution systems. Water research. 2008 Jul 31;42(13):3393-404.
- 18- Ecura J, Okot-Okumu JA, Okurut TO. Monitoring residual chlorine decay and coliform contamination in water distribution network of Kampala, Uganda. Journal of Applied Sciences and Environmental Management. 2011;15(1):167-173.
- 19- Shamsaei H, Jaafar O, Basri NE. Effects residence time to water quality in large water distribution systems. Engineering. 2013;5(04):449-457.