

**Technical Note:**

# Investigating the Effect of Pump and On-Site Reservoir Inside Buildings and Major Utilities on Water Quality, Case Study: Water Distribution Network in Tehran Azari District

*M. R. Bakhtiarian<sup>1</sup>, M. T. Sadatipour<sup>2</sup>, M. Rabani<sup>3</sup>, S. Eskandari<sup>4</sup>*

1. MSc in Water & Wastewater Engineering, Faculty of Marine Science and Technology, Islamic Azad University, Tehran North Branch, Tehran, Iran  
(Corresponding Author) (+98 21) 26316292 bakhtiarian110@yahoo.com
2. PhD of Marine Environment, Faculty Member of Environmental Health and Technology, Islamic Azad University, Tehran North Branch, Tehran, Iran
3. PhD of Chemistry, Faculty Member of Environmental Health and Technology, Islamic Azad University, Tehran North Branch, Tehran, Iran
4. Prof. of Environment, Faculty Member of Environmental Health and Technology, Islamic Azad University, Tehran North Branch, Tehran, Iran

(Received May 31, 2017 Accepted Aug. 7, 2017)

**To cite this article :**

Bakhtiarian, M. R., Sadatipour, M. T., Rabani, M., Eskandari, S., 2018, "Investigating the effect of pump and on-site reservoir inside buildings and major utilities on water quality, case study: water distribution network in tehran azari district." *Journal of Water and Wastewater*, (In press). Doi: 10.22093/wwj. 2017. 87981.2418 (In Persian)

**Abstract**

Requirements of the Issue Sixteen of the Iranian National Building Code demand the protection of the drinking water network inside residential buildings over 4 stories or with more than 10 units. These buildings should also be supplied by a storage tank with sufficient amount of water supplying for 12 hours of consumption. Without proper regulations, the implementation of this newly building code may create problems including degradation of on-site water quality. To address this problem partially, this research has been undertaken to evaluate the effect of: incorrect operation on water meter failures, extra repairs may be needed in the distribution network, and the quality of drinking water in storage tanks installed in high-rise buildings. To carry out the objective of this study, regular field inspection of pump and reservoir system was performed, during each in each field observation water samples were collected, and all water samples were analyzed according to the methods specified in the 2005 edition of the "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". In addition to the analytical data collected from this study, the existing water quality data from Tehran water and wastewater company were also utilized. All together, routine qualitative tests were performed on 50 on-site reservoir tanks in residential high rise buildings. The results of samples' water quality showed that: (i) about 10% of the samples had higher level of heterotrophic bacteria with standard deviation of 56%, (ii) 8% of the samples had concerned level of total Coliforms contamination. In addition, the turbidities of higher than 1 NTU in some tanks were observed that may be an indicative of an additional water quality problems. Aside from water quality problem, direct pumping was made by 4.82% of the users in which this activity significantly contributed to an increased energy costs, water meter failures, and water pressure drops. From the preliminary findings of this study, it has been concluded that there is a potential risk for microbial contamination in drinking water storage tanks and there is also potentials for pump and meter failures and as a results additional requirements for regular maintenance. Because the occurrence of these problems are inevitable, it is recommended to development a proper regulatory guidance and enforcement by Tehran's water and wastewater company in order to protect Public Health safety.

**Keywords:** National Building Code, Drinking Water Tank, Water Quality, Turbidity.



## یادداشت فنی

# ارزیابی تأثیر نصب پمپ و مخزن آب بر کیفیت آب مصرفی داخل ساختمان‌های مسکونی و مؤسسات، مطالعه موردی: شبکه توزیع آب محدوده سه راه آذری شهر تهران

محمد رضا بختیاریان<sup>۱</sup>، محمد تقی ساداتی پور<sup>۲</sup>، محمد ربانی<sup>۳</sup>، سعید اسکندری<sup>۴</sup>

۱- کارشناسی ارشد رشته مهندسی آب و فاضلاب، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد تهران شمال، تهران، ایران  
(نویسنده مسئول) ۲۶۳۱۶۲۹۲ (۰۲۱) bakhtiarian110@yahoo.com

۲- دکترای محیط زیست دریایی، هیئت علمی گروه محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد تهران شمال، تهران، ایران

۳- دکترای شیمی، هیئت علمی گروه محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد تهران شمال، تهران، ایران

۴- استاد گروه محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد تهران شمال، تهران، ایران

(دریافت ۹۶۳/۱۰ پذیرش ۹۶۵/۱۶)

برای ارجاع به این مقاله به صورت زیر اقدام بفرمایید:

بختیاریان، م. ر.، ساداتی پور، م. ت.، ربانی، م.، اسکندری، س.، ۱۳۹۷، "ارزیابی تأثیر نصب پمپ و مخزن آب بر کیفیت آب مصرفی داخل ساختمان‌های مسکونی و مؤسسات، مطالعه موردی: شبکه توزیع آب محدوده سه راه آذری شهر تهران" مجله آب و فاضلاب، (در انتظار چاپ).

Doi: 10.22093/wwj.2017.87981.2418

## چکیده

وزارت نیروی کشور ایران در حال بررسی تنظیم مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان‌های شهری است که در آن همه ساختمان‌های مسکونی بیش از چهار طبقه با بیش از ده واحد آپارتمانی ملزم به داشتن مخزن ذخیره آب با گنجایش ۱۲ ساعت مصرف آب می‌باشند. عملی شدن این مقررات در آینده ممکن است اثرات منفی در کیفیت شبکه آب آشامیدنی داشته باشد. در این پژوهش به ارزیابی تأثیر بهره‌برداری نادرست بر خرابی کنتور، تعمیرات اضافی در شبکه توزیع و کیفیت آب شرب مخازن ذخیره نصب شده در داخل ساختمان‌های بلند مرتبه پرداخته شد. برای تحقق بخشیدن به این پژوهش از روش مشاهده میدانی وضعیت سیستم پمپ و مخزن ساختمان استفاده شد. نمونه‌برداری و آنالیزهای کیفی بر اساس کتاب استاندارد متد ۲۰۰۵ صورت پذیرفت و بانک اطلاعاتی امور مشترکان و بهره‌برداری شرکت آب و فاضلاب به عنوان منبع آمار مورد استفاده قرار گرفت. آزمون‌های کیفی متداول بر روی ۵۰ مخزن نشان داد که ۱۰ درصد نمونه‌ها دارای بار باکتریایی هتروتروف کمتر از ۵۰۰ cfu/ml و ۸ درصد نمونه‌ها دارای آلودگی کل کلیفرم بود. کدورت بالاتر از ۱ NTU در برخی مخازن مشاهده شد. این مقدار کدورت هر چند از نظر استاندارد قابل قبول است، اما به کنترل‌های جدی تری نیاز دارد. ۴/۸۲ درصد مشترکان اقدام به پمپاژ مستقیم کرده بودند که افزایش قابل توجهی در هزینه، خرابی کنتور و افت فشار را در پی داشته است. بررسی کیفیت میکروبی مخازن ساختمان‌ها نشان می‌دهد که احتمال آلودگی میکروبی در آب شرب مخازن ذخیره خانگی، خرابی کنتور و ایجاد تعمیرات اضافی شبکه آبرسانی به وسیله عوامل انسانی و محیطی وجود دارد. از این رو انجام بازدیدهای دوره‌ای و پیگیری‌های قانونی برای شرکت‌های آب و فاضلاب و ادارات بهداشت امری ضروری است.

**واژه‌های کلیدی:** مقررات ملی ساختمان، مخزن آب شرب، کیفیت آب مصرفی، کدورت

## ۱- مقدمه

هر نفر در شبانه روز پیش‌بینی شود (Research Center for Roads, 2012).  
در این زمینه شرکت‌های آب و فاضلاب شهری بر اساس آئین‌نامه عملیاتی مشترکان خود توصیه‌ها و الزاماتی را همسو با

در بند چهارم مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان آمده است که به منظور حفاظت از شبکه آب شهری در ساختمان‌های مسکونی بیش از ۴ طبقه یا بیش از ده واحد آپارتمانی، ضرورت دارد مخزن ذخیره آب با گنجایش ۱۲ ساعت مصرف، بر اساس ۱۵۰ لیتر برای



بر کیفیت آب شرب مخازن ذخیره‌خانه‌ی شامل حمل و نقل، مقاومت و طول عمر، دهانه درپوش دار و قابلیت برداشت از شیر آب است (Sobsey and Water, 2002). در پژوهشی که رنجبر وکیل‌آبادی و همکاران در سال ۲۰۱۰ در ارتباط با مخازن آب شرب اتوبوس‌های پایانه مسافری بوشهر انجام داده‌اند، فاکتورهایی مانند دما، pH، کلر باقیمانده، تعداد کل کلیفرم (TC) و کلیفرم گوارشی (E.Coli) اندازه‌گیری شده است (Ranjbar Vakilabadi et al., 2012).

در سال ۲۰۰۷ در پژوهشی در نیجریه به منظور تعیین اثرات رنگ مخازن ذخیره آب روستایی بر کیفیت آب ذخیره شده، از آزمون باکتریولوژیکی کل کلیفرم و باکتری‌های هتروتروف استفاده شد (Eniola et al., 2007). در سال ۲۰۰۳ در پژوهشی اثرات طولانی مدت ذخیره آب در مخازن بر کیفیت میکربی آب در جوامع روستایی بررسی شد. در شرایطی که ۷۲ ساعت از زمان ذخیره در مخازن پلی‌اتیلنی یا استیل‌گالوانیزه شده گذشته بود، از آزمون کلیفرم گوارشی و هتروتروف پلیت کانت (HPC) استفاده شد (Momba and Natshe, 2003). در پژوهشی در سال ۲۰۱۳ عنوان شد که در آمریکای شمالی به صورت سالانه بیش از ۳ میلیون دلار برای تعمیرات در شبکه توزیع آب هزینه می‌شود. عوامل انسانی نیز در خرابی تأسیسات شبکه توزیع نقش دارند (Samba et al., 2016). در این پژوهش به‌طور مشخص به تأثیر بهره‌برداری نادرست بر خرابی کنتور و تعمیرات اضافی در شبکه توزیع به همراه ارزیابی کیفی آب شرب مخازن ذخیره پرداخته شد.

## ۲- روش کار

در این پژوهش از روش مشاهده و بازدید میدانی در محدوده شهرداری ۹ و ۱۰ شهر تهران به همراه یک لیست کنترلی حاوی ۹ پرسش، توسط مأمورین قرائت کنتور از وضعیت سیستم پمپ و مخزن ساختمان‌های جامعه آماری، استفاده شد. روش جمع‌آوری نمونه به منظور آزمون میکربی از مخازن ذخیره آب و آنالیز نمونه‌ها مطابق استاندارد متد سال ۲۰۰۵ صورت پذیرفت. همچنین از آزمون باکتریولوژیکی کل کلیفرم به روش Ready Cult و باکترهای هتروتروف به روش بشقابی<sup>۳</sup> استفاده شد. براساس گزارش نرم‌افزار

مبحث شانزدهم مقررات ملی ساختمان در نظر گرفته‌اند (Ministry of Energy, 1997).

سازمان بهداشت جهانی<sup>۱</sup> در سال ۲۰۰۲ در راستای اجرای برنامه ایمنی آب<sup>۲</sup> اعلام کرده که برای آب ساختمان‌ها علاوه بر برنامه ایمنی آب شبکه و تصفیه‌خانه‌ها، لازم است یک برنامه ویژه ایمنی آب تدوین شود (Bartram, 2004). کامپل و همکاران در سال ۲۰۱۳ عنوان کرده‌اند تقریباً یک سوم سیستم آبرسانی در آفریقا، آمریکای لاتین و بیش از نیمی از تأمین آب شرب در آسیا به صورت غیر دائم و موقت انجام می‌شود (Kumpel and Nelson, 2013).

با توجه به گزارش سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۰۴، حدود ۳/۲ درصد از مرگ و میر و ۴/۲ درصد از بیماری‌ها در سراسر جهان به بیماری‌های اسهالی ناشی از مصرف آب آلوده و عدم رعایت بهداشت و نظافت نسبت داده شده است (Nath et al., 2006). تأمین آب از نظر کیفیت، کمیت، زمان و مکان باید مورد توجه دائمی قرار گیرد زیرا نقش قابل توجهی در توسعه اجتماعی و اقتصادی جوامع بشری دارد. ماهیت نامنظم آبرسانی، ذخیره آب را به یک رویه عمومی در میان خانواده‌ها تبدیل کرده است (Eniola et al., 2007).

در پژوهشی در سال ۲۰۰۳ نشان داده شد که مدت زمان ذخیره‌سازی، کیفیت میکروبیولوژیکی آب ذخیره شده را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Momba and Notshe, 2003). آب شرب در طی مراحل جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، انتقال و مصرف در منازل آلوده می‌شود (Tambekar et al., 2008).

نگهداری ضعیف، یکی از عوامل نامطلوب شدن کیفیت آب شرب در ظروف نگهداری موقت است (Trevett et al., 2004). روش ذخیره‌سازی آب شرب در نگهداشت کیفیت میکربی آب تأثیر بسزایی دارد و جنس ظروف نگهداری در این مسئله مؤثر است (Packiyam et al., 2016).

سازمان بهداشت جهانی طی گزارشی در سال ۲۰۰۲ عنوان کرد که به دلیل امکان رشد مجدد میکروارگانیسم‌ها در اثر راکد بودن آب در شبکه توزیع آب شرب از روش آزمون HPC در کنار سایر شاخص‌ها مانند دما و کلیفرم گوارشی استفاده می‌شود. عوامل مؤثر

<sup>1</sup> World Health Organization (WHO)

<sup>2</sup> Water Safety Plan (WSP)

<sup>3</sup> Heterotrophic Plate Count (HPC)



## جدول ۱- آزمون‌های کیفی

Table 1. The quantity and quality tests performed

Water splits visited	Users's tank	Number of bacterial samples	Samples with heterotrophic bacteria	Samples with total coliform contamination	Average pH
311	232	50	10 percent	8 percent	7.6

## جدول ۲- مقایسه مقادیر پارامترهای کیفی با استاندارد ۱۰۵۳ ملی ایران

Table 2. Comparison of selective measured water quality parameters relative to the Iranian National Standard Code1053

Type of test	Average detected	Permissible concentration
Residual free chlorine	6.0 mg/L	5.0 mg/L
Turbidity	5.0 NTU	Desirable value $\leq 1$ / maximum permissible 5 NTU
Heterotrophic bacteria	Standard deviation 56	500 CFU/ml
Total coliform	8 percent	0

نیز در نحوه نگهداری مخازن آب شرب اهمیت دارد. در این پژوهش به دلیل حضور کلر باقیمانده، مقدار پارامترهای میکروبی پایین‌تر از حد مجاز بود.

نتایج آزمون باکتری‌های هتروتروف نشان داد که حداقل و حداکثر HPC به ترتیب ۳۰ و ۵۰ بر حسب CFU در میلی‌لیتر بوده است. در ۱۰ درصد نمونه‌ها، میزان کدورت بالای ۱ NTU و در بقیه موارد پایین‌تر از این مقدار بود و حداکثر کدورت ۳/۱۴ NTU بود. مطابق استاندارد ۱۰۵۳ مقدار کدورت در محدوده ۱ تا ۵ NTU مشکلی برای سلامتی ندارد. مقدار مذکور نشان دهنده تفاوت در کیفیت بهره‌برداری از مخزن است. در جدول ۲ به طور خلاصه مقایسه مقدار پارامترهای کیفی با استاندارد ۱۰۵۳ ارائه شده است. آزمون کلر باقیمانده بر اساس روش رنگ‌سنجی مقدار ۰/۶۱ میلی‌گرم در لیتر را نشان داد. وجود کلر باقیمانده آزاد در حد استاندارد، مانع آلودگی ثانویه در مخازن ذخیره شده است. اندازه‌گیری مقدار pH در ۵۰ نمونه برداشت شده به طور میانگین ۷/۶ بود.

در ۵۹/۷۴ درصد ساختمان‌ها، سیستم پمپ و مخزن نصب شده بود و در ۲۰/۵۸ درصد ساختمان‌ها سیستم پمپ و مخزن علی‌رغم الزامات مبحث ۱۶ مقررات ملی ساختمان نصب نشده بود و در ۴/۸۲ درصد پمپاژ مستقیم از شبکه توزیع صورت می‌گرفت که از بین این اشتراک‌ها ۴۰ درصد ساختمان‌ها مسبب تعمیرات اضافی بر روی اتصالات و متعلقات کنتور آب بوده‌اند و در مورد

مشترکان شرکت آب و فاضلاب، ساختمان‌هایی با بیش از ۸ واحد مسکونی که از تاریخ ۱۳۸۹/۱/۱ تا ۱۳۹۴/۱۲/۲۹ در منطقه مورد مطالعه انشعاب آب دریافت کرده‌اند، تعداد ۱۶۳۴ ساختمان بلندمرتبه در یک محدوده ۲۸۰ هکتاری به دست آمد. برای تعیین حجم نمونه از فرمول آماری شارل کوکران استفاده شد (Daneshian et al., 2013).

برای تعیین اشتراک‌های مورد بازدید از بین جامعه آماری با کمک روش منظم یا سیستماتیک ۳۱۱ اشتراک تعیین شد (Khaki, 1999). به دلیل یکسان بودن بافت فرهنگی منطقه مورد مطالعه و یکسان بودن فشار و منبع تأمین آب شبکه توزیع آب تحت پوشش، تعداد ۵۰ نمونه میکروبی با استفاده از روش مذکور انتخاب شد. آنالیز کل کلیفرم و HPC، آنالیز میکروبی، تست کلر باقیمانده به روش رنگ‌سنجی، دما، کدورت به روش نفولومتری و pH بر اساس روش‌های کتاب استاندارد متد ۲۰۰۵ صورت گرفت.

## ۳- نتایج و بحث

بررسی ۵۰ مورد از مخازن ذخیره آب شرب ساختمان‌ها نشان داد که ۱۰ درصد نمونه‌ها دارای بار باکتریایی هتروتروف کمتر از ۵۰۰ CFU/ml و ۸ درصد نمونه‌ها دارای آلودگی کل کلیفرم بوده است (جدول ۱). در سال ۲۰۱۵ در پژوهشی که در ۹۰۵ خانوار روستایی انجام شد، نشان داده شد که ۲۰ درصد خانه‌های مسکونی عادت به بستن درب مخازن آب شرب خانگی نداشته‌اند (Stocker and Mosler, 2015). این عادت‌های رفتاری مشترکان



باکتری‌های کلیفرم در مخازن آب شرب، نظارت و شستشوی دوره‌ای مخازن اهمیت زیادی دارد و این امر ایجاد یک سازوکار نظارتی در بین سازمان نظام مهندسی و ادارات بهداشت را ضروری می‌نماید. با توجه به ۶۶ درصد خرابی کنتور آب و افزایش ۴۰ درصد انجام تعمیرات اضافی شبکه، انجام بازدیدهای دوره‌ای و پیگیری‌های قانونی برای شرکت‌های آب و فاضلاب امری ضروری است و تأثیر مستقیمی بر کاهش هزینه‌های جاری شرکت‌های مذکور خواهد گذاشت.

۶۶/۶ درصد ساختمان‌ها کنتور مشترک تعویض پیش از موعد داشته است.

#### ۴- نتیجه‌گیری

بررسی کیفیت میکربی نشان می‌دهد احتمال آلودگی میکربی در مخازن ذخیره خانگی به وسیله عوامل انسانی و محیطی وجود دارد. با وجود کدورت بیش از ۱ NTU و مقدار باکتری‌های هتروتروف و امکان رشد جلبک و سایر میکروارگانیسم‌های مولد طعم و بو و حتی

## References

- Bartram, J., Cotruvo, J., Exner, M., Fricker, C. & Glasmacher, A. 2004. Heterotrophic plate count measurement in drinking water safety management: Report of an Expert Meeting Geneva, 24-25 April 2002. *International Journal of Food Microbiology*, 92(3), 241-247.
- Daneshian, B. & Pirouz, B. 2013. *Discrete event systems simulation with arena*, 1<sup>st</sup> Ed., Lahijan, Iran: Islamic Azad University of Lahijan Pub. (In Persian)
- Eniola, K.I.T., Obafemi, D.Y., Awe, S.F., Yusuf, I.I., Falaiye, O.A. & Olowe, A.O. 2007. Effects of containers and storage conditions on bacteriological quality of borehole water. *Nature and Science*, 5(4), 461-477.
- Khaki, G.R. 1991. *Research method in thesis writing publisher*, 1<sup>st</sup> Ed., Tehran: Baztab Pub. (In Persian)
- Kumpel, E. & Nelson, K.L. 2013. Comparing microbial water quality in an intermittent and continuous piped water supply. *Water Research*, 47(14), 5176-5188.
- Ministry of Energy. 1997. *Executive order regulation & the general conditions of the water & wastewater tariffs*, The Approval of Energy Ministry ; No: 43344/23/10, Tehran. (In Persian)
- Momba, M.N. & Notshe, T.L. 2003. The microbiological quality of groundwater-derived drinking water after long storage in household containers in a rural community of South Africa. *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua*, 52(1), 67-77.
- Nath, K.J., Bloomfield, S.F. & Jones, M. 2006. Household water storage, handling and point of-use treatment, A review commissioned by IFH. <<http://www.ifh-homehygiene.org>>.
- Packiyam, R., Kananan, S., Pachaiyappan, S. & Narayanan, U. 2016. Effect of storage containers on coliforms in household drinking water. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 5(1), 461-477.
- Ranjbar Wakilabadi, D., Dobaradaran, S., Kazemi Wakilabady, T., Tahmasbi, R., Ravanipur, M. & Farahmandnia, M. 2012. Bacterial quality of drinking water in Bushehr intercity buses in 2010. *Journal of Fasa University of Medical Sciences*, 2(3), 187-192. (In Persian)
- Research Center for Roads. 2012. *Sixteenth issue national regulation of building in Iran*, 3<sup>rd</sup> Ed., Tehran, Iran: Tose Pub. (In Persian)
- Saadeh, M., Beck, S. & Ngwenya, K. 2013. *Optimal design of water distribution system to minimize risk of water main breaks in western fort wayne*, Purdue University Fort Wayne, Indiana University.
- Samba, C., Baldeh, M., & Tuffour, K. 2016. Analysis of water pipeline breaks. *World Journal of Engineering and Technology*, 4(2), 220.
- Sobsey, M.D. & Water, S. 2002. *Managing water in the home: Accelerated health gains from improved water supply*, World Health Organization, USA.
- Stocker, A. & Mosler, H.J. 2015. Contextual and sociopsychological factors in predicting habitual cleaning of water storage containers in rural Benin. *Water Resources Research*, 51(4), 2000-2008.
- Tambekar, D.H., Gulhane, S.R., Jaisingkar, R.S., Wangikar, M.S., Banginwar, Y.S. & Mogarekar, M.R. 2008. Household water management: A systematic study of bacteriological contamination between source and point-of-use. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 3(2), 241-246.
- Trevett, A.F., Carter, R.C. & Tyrrel, S.F. 2004. Water quality deterioration: A study of household drinking water quality in rural Honduras. *International Journal of Environmental Health Research*, 14(4), 273-283.

