تأثیر جنس لوله بر رشد جمعیت میکروبی
در شبکه‌ی آبرسانی کرج

سهیل امیری* مجید قنادی** سیمین ناصری***

(دریافت۸۱/۹/۲۳ پذیرش۸۲/۵/۱۵)

چکیده

براساس اطلاعات جمعیتی سال ۱۳۸۱، کرج بزرگ با مساحتی بالغ بر ۱٦٦ کیلومتر مربع مشتمل بر شهرهای کرج، رجایی‌شهر، فردیس و مهرشهر یک میلیون و ۱۵۰ هزار نفر را در خود جای داده است. قریب به ٤٠درصد جمعیت (٤٠٧٨٩١ نفر) تنها در شهر کرج ساکن هستند. آبرسانی به این تعداد جمعیت از ٤٩ حلقه چاه و یک واحد تصفیه‌خانه با مجموع ظرفیت استحصال ۱۸۰ لیتر در ثانیه و بهره‌گیری از ۲۵ کیلومتر خط انتقال و ٥٦٧/٢٨ کیلومتر شبکه‌ی توزیع به انجام می‌رسد.

در این پژوهش تأثیر جنس‌های مختلف به کار رفته در شبکه‌ی آبرسانی کرج بر چگونگی رشد جمعیت میکروبی، ارزیابی شد. به این منظور، نمونه‌برداری میکروبی با حذف متغیرهای اثرگذار شامل مواد آلی آب، کدورت، دما و کلر باقی‌مانده‌ی آزاد در خطوط آبرسانی گالوانیزه، داکتیل و آزبست از شهریورماه سال ۱۳۸۰ تا دی ماه سال ۱۳۸۱ به انجام رسید. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که هر چند در شرایط یکسان مقادیر رشد جمعیت میکروبی در لوله‌های آزبست اندکی بیشتر است، اما تأثیر جنس شبکه بر نرخ رشد میکروبی به دلیل بالا بودن حضور کلر باقی‌مانده‌ی آزاد در ۸۳ درصد نمونه‌های مورد آزمون چندان محسوس و بارز نیست، به گونه‌یی که نمی‌توان عامل جنس شبکه را در زمره‌ی عامل‌های اثرگذار بر نرخ رشد میکروبی در شبکه‌های توزیع حاوی کلر آزاد باقی‌مانده در مقادیر بیشتر از ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر دانست.

واژه‌های کلیدی : شهر کرج، شبکه‌ی توزیع، جنس لوله، جمعیت میکروبی

The Effect of Pipe Materials on the Regrowth of Bacteria In Karaj Water Distribution Network

S, Amiri, (M.Sc.) M, Ghanadi (M.Sc.),** S, Naseri (Ph.D)****
** West of Tehran Province Water and Wastewater Company*
*** National Water and Wastewater Engineering Company*
****Tehran University of Medical Sciences*

Abstract :

According to the collected information in 2002, Karaj city with an area of more than 166km^2 and consisting of Central Karaj, Rajaeeshahr, Fardis and Mehrshahr has accommodated more than 1150000 population. Nearly 40 percent (407891 people) have just settled in Central Karaj. Water distribution to this population has been served by 49 wells and a water treatment plant with the production capacity of 180 litres per second and using a 25km transmission line and a 567.68km distribution network.

In order to determine the effect of different kinds of materials used in Karaj water distribution system on the support of bacteria population growth, sampling strategy were designed to eliminate the effective parameters such as : water organic materials, turbidity, temperature, free residual chlorine in Galvanic, Cast iron ductile, Asbestos and Plyethylene from August 2001 to December 2002. The results showed that although in a uniform condition the amount of regrowth of bacteria in asbestos pipes was a little more than other mentioned materials, but the effect of water distribution system material because of the large

*کارشناس ارشد شرکت آب و فاضلاب غرب استان تهران
** کارشناس ارشد شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور
*** استاد دانشکده‌ی بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران

amount of free residul chlorine, in 83 percent of the examined samples is not that much sensible and manifest. Howere, the effect of distribution network materials can not be mentioned as one of the effective factor on the regrowth of bacteria in a distribution system containing more than 0.2 mg/l free residal chlorine.

مقدمه

کیفیت آب از منابع تأمین تا مبادی مصرف آن در کاربری‌های گوناگون دستخوش نوسان‌های فاحشی است. از یک سو فرآیندهای تصفیه هر یک به گونه‌ای با تقلیل و یا زدایش بخشی از آلاینده‌های آب، کیفیت آن را بهبود می‌بخشند و از دیگر سو عبور آب از شبکه‌ی درهم پیچیده و طولانی خطوط انتقال و توزیع و سکون آن در مخازن، کیفیت آب را نقصان می‌دهند.

شبکه‌های توزیع به دلایل گوناگون عامل نزول کیفیت آب هستند. راهیابی مواد آلی به شبکه ناشی از شکستگی‌ها، سیفون معکوس و نشت‌های ریز، تحلیل و فقدان ماده‌ی گندزدا، ایجاد و رشد بیوفیلم در جدار لوله‌ها، تأثیر متقابل کیفیت آب با جنس لوله و پوشش داخلی آن و عواملی نظیر آن، شرایط را برای ایجاد و رشد جمعیت میکروبی در آب و تغییر ترکیب شیمیایی آن فراهم می‌آورد.

براساس مستندهای علمی، شمارش و تعیین مقدار جمعیت میکروبی در تأسیسات توزیع آب، شاخص کارآمدی برای تعیین چگونگی کارکرد آن‌ها است و به طورغیر مستقیم، عامل‌های اثرگذار بر تقلیل کیفیت را مشخص می‌کند.

جمعیت نسبتاً بالای میکروبی در شبکه‌ی توزیع، نه تنها از لحاظ تأثیرگذاری بر سلامت مصرف کننده به ویژه در گروه‌های آسیب‌پذیر مورد توجه است، بلکه تشخیص باکتری شاخص کلیفرم را نیز با خطا مواجه می‌کند [۸]. از این رو اندازه‌گیری و تعیین مقدار جمعیت میکروبی به عنوان شاخص کارآمدی تأسیسات توزیع آب مورد توجه و در مستندهای جدید علمی بر آن تأکید شده است [۲، ۳ و ٤]. اهمیت این شاخص به حدی است که سازمان جهانی بهداشت در آوریل سال ۲۰۰۲ سمینار ویژه‌ای در این خصوص برگزار کرده است.

باکتری‌های هتروتروف، مجموعه‌ای از باکتری‌های هوازی- هوازی اختیاری هستند که به جز دو جنس آن (باسیلوس، میکروکووس) گرم منفی بوده و جنس‌های Proteus، Enterobacter، Aeromonas، Citrobacter، Pseudomonas، Klebsiella، Flavobacterium، Serratia، Moraxella، Alcaligeneses، Acinietobacter را شامل می‌شوند. جنس‌های غالب این مجموعه، باکتری‌های Pseudomonas، Serratia، Enterobacter، Flavobacterium و Acinitobacter هستند. علاوه بر جنس‌های یاد شده، برخی از باکتری‌های مهم در پزشکی نظیر Mycobacterium، Staphylococcus و Serratia نیز در ترکیب باکتری‌های هتروتروف ممکن است حضور داشته باشند [۱ و ۵]. باکتری‌های هتروتروف ساکن طبیعی بدن انسان و حیوانات بوده و از طریق مدفوع دفع می‌شوند. برگ درختان، خاک، آب، قطره‌های باران و حتی بزاق دهان نیز تعداد متنابهی از این باکتری‌ها را در خود جای داده‌اند. هر اینچ مربع از پوست سالم انسان، میزبان صدها هزار باکتری هتروتروف است. این باکتری‌ها در بسترهای کربن فعال، رزین‌ها، صافی‌های ماسه‌ای و غشایی، شبکه‌های توزیع و اجزای آن، خنک کننده‌ها، مخازن تحت فشار و حتی جدار بطری‌های آب وجود داشته و اثر ناشی از تغییر جمعیت آن‌ها بر کیفیت آب و تأسیسات آبرسانی با ضریب ۱۰ تغییر می‌کند [۸ و ۱٦] تغییرات جمعیت این باکتری‌ها در شبکه‌ی توزیع، از جنبه‌های زیبایی شناختی (ایجاد طعم و بو، تغییر رنگ، ایجاد و رشد لایه‌های لزج چسبنده (Slime)، خوردگی، رسوب‌گذاری و کاهش آبدهی و سرانجام بیماری‌زایی مورد توجه است. برخی از باکتری‌های هتروتروف نظیر (E.Coli 0 157H7) بیماریزا و گروهی دیگر از آن‌ها همچون سودوموناس (عامل عفونت‌های پوستی و ریوی) و آئروموناس (عامل گاسترو آنتریت) فرصت طلب هستند [۲، ۵ و ۷] و از این رو فراوانی این باکتری‌ها در آب آشامیدنی می‌تواند سلامت افرادی را که دچار سوختگی‌های شدید شده‌اند و یا تحت درمان با کورتیکوستروئیدها قرار دارند، افراد مبتلا به بیماری سندروم نقص اکتسابی سیستم ایمنی (ایدز)، نوزادان، سالخوردگان و زنان باردار که همگی در زمره‌ی افراد آسیب‌پذیر محسوب می‌شوند را به مخاطره اندازند.

به طور کلی تعداد شمارش شده‌ی باکتری‌های هتروتروف به نوع محیط کشت، زمان و دمای انکوباسیون و سرانجام روش کشت آن‌ها وابسته بوده و با افزایش دما و زمان انکوباسیون تعداد شمارش شده‌ی آن‌ها افزایش می‌یابد. تعداد باکتری‌های هتروتروف در شبکه‌های توزیع بنا بر نظر Bitton (1999) از کمتر از ۱۰ تا بیشتر از 10^4 کلنی در هر میلی‌لیتر و بر پایه‌ی اعلام انجمن کارهای آبی ایالات متحده [۹] تا 10^5 Cfu/ml متغیر است. در شبکه‌ی توزیع آب شهر اوهایو در ایالت کلمبوس آمریکا، تعداد این باکتری‌ها تا $3/1 \times 10^7$ Cfu/ml اندازه‌گیری شده است که اغلب آن‌ها باکتری‌های احیاکننده‌ی سولفات بوده‌اند [۸].

کربن آلی قابل جذب[1] (AOC) به ویژه در غلظت‌های بیش از ۱۵ میکروگرم بر لیتر، باقی‌مانده‌ی عامل گندزدا در آب، جنس شبکه، دما، کدورت و تعداد اولیه‌ی باکتری‌هایی که از طریق تصفیه‌خانه وارد شبکه می‌شوند، عامل‌های اثرگذار بر نرخ رشد جمعیت میکروبی در خطوط آبرسانی محسوب می‌شوند [۵ و ۱۰].

شبکه‌های فلزی محیط مناسبی برای رشد باکتری‌های آهن به ویژه باکتری Gallionella است. این باکتری دارای استالک[2] پوشیده از هیدروکسید آهن است. در لوله‌های اتیلن- پروپیلن و سطوح لاستیکی، رشد باکتری‌ها بیشتر از لوله‌های PVC و یا فولادی است [۷].

انجمن کارهای آبی ایالات متحده (AWWA) شرایط مناسب برای رشد باکتری‌های هتروتروف را مقادیر بیشتر از ۵۰ میکروگرم بر لیتر AOC، دمای بالاتر از ۱۰ درجه‌ی سانتی‌گراد و کلر باقی‌مانده‌ی آزاد کمتر از ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر دانسته است. بر طبق اعلام سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده (EPA) حداکثر تعداد مجاز هتروتروف در شبکه‌ی توزیع، ۵۰۰ Cfu/ml است و در صورتی که این مقدار به ۱۵۰۰ کلنی در هر میلی‌لیتر فزونی یابد، نشانه‌ی نقص در تأسیسات آبرسانی و احتمال نیاز به شست و شوی شبکه و مخزن است [۸].

[1] Assimibible Organic Carbon

[2] Stalk

جدول ۱- مشخصات فیزیکی- شیمیایی آب شبکه‌های مورد مطالعه

ردیف	عامل	حداکثر	حداقل	میانگین	انحراف میانگین	انحراف استاندارد
۱	دما (درجه سانتی‌گراد)	۱۹/٤٦	۱٦/۷۲	۱۷/۸۲	۰/۹۷	۱/۰۸
۲	pH	۷/۸۷	۷/۵۳	۷/٦۹	۰/۱۱۲	۰/۱۲۷
۳	Ec (us/cm)	٦۸۲	۵۳۷/۵	٦۱٦/۵۵	٤۰/۹۵	۵۱/۹۹
٤	TDS (mg/l)	٤٦٤	۳٦۵	٤۱۹	۲۸/۲۵	۳۵/٦٦
۵	Total Hardness (mg/l $CaCo_3$)	۲۹۲	۲۰٦	۲۳۵/۵	۲۸/۲۵	۳۳/۲۷
٦	Ca^{++} (mg/l)	۹۲/۸	٦۵/٦	۷٦	۸/٤	۱۰/۲٤
۷	Mg^{++} (mg/l)	۱٤/۵۸	۸/۲٦	۱۰/۹۲	۱/۸۲	۲/۲۹
۸	Na^{+} (mg/l)	۵۳/۲	۲۳/۷۷	٤۱/۹۵	۹/۰۹	۱۰/٦۷
۹	K^{+} (mg/l)	۱/۳	۱/۲٤	۱/۲٦	۰/۰۱۷	۰/۰۲۱۸
۱۰	Cl^{-} (mg/l)	۵٦	۲٦	٤۲	۱۰	۱۱/۲۲
۱۱	So_4--(mg/l)	۷۲	٦۹	۷۰/۷۵	۰/۸۷۵	۱/۰۸۹
۱۲	HCO_3- (mg/l)	۲۰۱/۳	۱۵۹/۸۲	۱۷٦/۹	۱۲/۲	۱۵/۱۱
۱۳	NO_3- (mg/l)	٤۰	۲۲/٤٤	۳۱/۰۱	۵/۹۳	٦/۵۸

مواد و روش‌ها

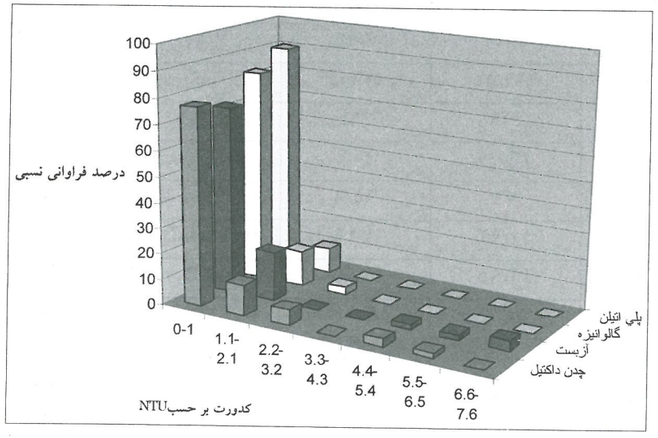
به منظور تعیین ارتباط جنس لوله‌های بکار رفته در خطوط آبرسانی کرج با رشد جمعیت میکروبی، ابتدا شبکه‌های آب با جنس‌های مختلف شامل جنس‌های آزبست، چدن داکتیل، پلی‌اتیلن و گالوانیزه که در آن‌ها حداکثر طول شبکه را داشته باشد، شناسایی گردید. سپس شبکه‌هایی که از لحاظ کیفیت آب جاری در آن‌ها مشابهت داشتند، برگزیده شد و نمونه‌برداری از شبکه‌های انتخاب شده به طور همزمان و براساس برنامه زمان‌بندی شده، به صورت هفتگی و به طور گردشی در روزهای مختلف هفته و در فاصله زمانی ابتدای دی ماه سال ۱۳۸۰ تا پایان شهریورماه ۱۳۸۱ انجام شد. در مجموع ۲۹۶ نمونه‌ی میکروبی، ۱۶۳ نمونه‌ی کدورت و ۱۶۳ مورد کلرسنجی از شبکه‌ی توزیع برداشت گردید (جدول ۱). پراکندگی و توزیع نمونه‌های برداشت شده بر حسب جنس لوله و سهم آن در شبکه‌ی توزیع متفاوت بود.

سنجش میزان کلر باقی‌مانده با استفاده از کیت کلرسنجی محتوی ارتوتولیدن انجام گرفت و کدورت با بهره‌گیری از دستگاه کدورت سنج دیجیتالی بر حسب واحد NTU اندازه‌گیری شد.

شمارش باکتری‌های هتروتروف با استفاده از محیط کشت R2A و مطابق روش توصیه شده در آخرین چاپ کتاب روش‌های استاندارد برای آزمون‌های آب و فاضلاب (روش Pour Plate) انجام شد. سایر آزمون‌های فیزیکی-شیمیایی آب نیز به روش استاندارد انجام شد [۱۱].

بحث و تفسیر نتایج

با در نظر داشتن کیفیت یکسان آب در شبکه‌های مورد بررسی، محتوای مواد آلی موجود در آب شبکه‌ها را می‌توان یکسان دانست (جدول ۱) و لذا اثر آن بر نرخ رشد جمعیت میکروبی در جنس‌های مختلف شبکه‌های مورد بررسی مشابه است. نمودار توزیع فراوانی نسبی و مقادیر میانگین، انحراف میانگین و انحراف استاندارد کدورت و کلر آزاد در جنس مختلف شبکه (شکل‌های ۱ و ۲ و جدول‌های ۲ و ۳) نشان داده شده است. براین اساس حدود ۷۳ درصد موارد آزمون کدورت آب کمتر از ۱ واحد NTU بوده است. نمودارهای توزیع فراوانی نسبی کلر آزاد باقی‌مانده در جنس‌های مختلف شبکه گویای آن است که میانگین مقدار کلر آزاد باقی‌مانده در شبکه‌های مورد بررسی بیش از ۰/۴۵ میلی‌گرم در لیتر و در بیش از ۸۳ درصد موارد، بیش از ۰/۲ میلی‌گرم بر لیتر بوده است. لذا مقادیر کلر باقی‌مانده برای تمامی شبکه‌ها به تقریب یکسان بوده است.



شکل ۱- توزیع فراوانی نسبی کدورت آب (برحسب درصد) در جنس‌های مختلف شبکه

جدول ۲- میانگین، انحراف میانگین و انحراف استاندارد کلر آزاد باقی‌مانده در جنس‌های مختلف شبکه

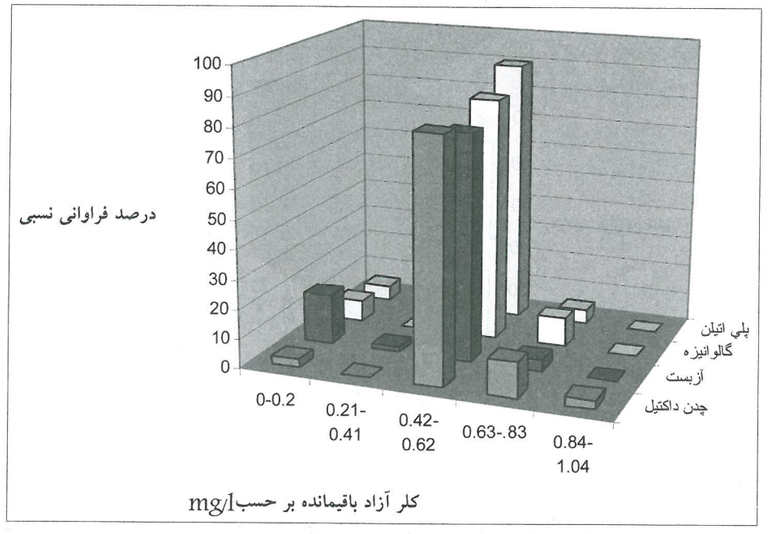
جنس شبکه	میانگین	انحراف میانگین	انحراف استاندارد
چدن داکتیل	۰/۵۵	۰/۰۷	۰/۱۲
آزبست	۰/۴۵	۰/۱۳	۰/۱۷
گالوانیزه	۰/۵۱	۰/۰۶	۰/۱۳
پلی‌اتیلن	۰/۵۱	۰/۰۴	۰/۱

جدول ۳- میانگین، انحراف میانگین و انحراف استاندارد کدورت در جنس‌های مختلف شبکه

جنس شبکه	میانگین	انحراف میانگین	انحراف استاندارد
چدن داکتیل	۱	۰/۷۸	۱/۱۷
آزبست	۱/۱۷	۰/۹۸	۱/۵۹
گالوانیزه	۰/۷۲	۰/۳۷	۰/۵۲
پلی‌اتیلن	۰/۶۱	۰/۲	۰/۳۳

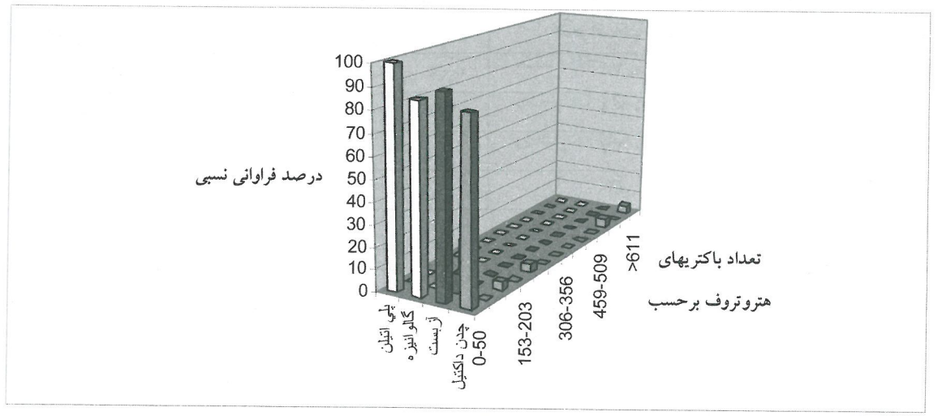
به این ترتیب اثر کدورت و کلر باقی‌مانده آزاد در شبکه‌های بررسی به دلیل یکسان بودن مقادیر نسبی آن‌ها در شبکه‌های مورد بررسی حذف شد.

با بررسی نمودارهای توزیع فراوانی نسبی و جدول مقادیر میانگین، انحراف میانگین و انحراف استاندارد تعداد باکتری‌های هتروتروف شمارش شده در جنس‌های مختلف شبکه (شکل‌های ۳ تا ۶ و جدول‌های ۴ تا ۷) در سه محدوده‌ی دمایی ۱۵-۱۱، ۲۰-۱۶، ۲۵-۲۱ درجه‌ی سانتی‌گراد و نیز تمامی بازه‌ی دمایی مورد بررسی (۲۵-۱۲ درجه‌ی سانتی‌گراد) مشابهت فراوانی در نحوه‌ی توزیع فراوانی نسبی جمعیت میکروبی وجود داشته و میانگین باکتری‌های هتروتروف در جنس‌های مختلف شبکه در

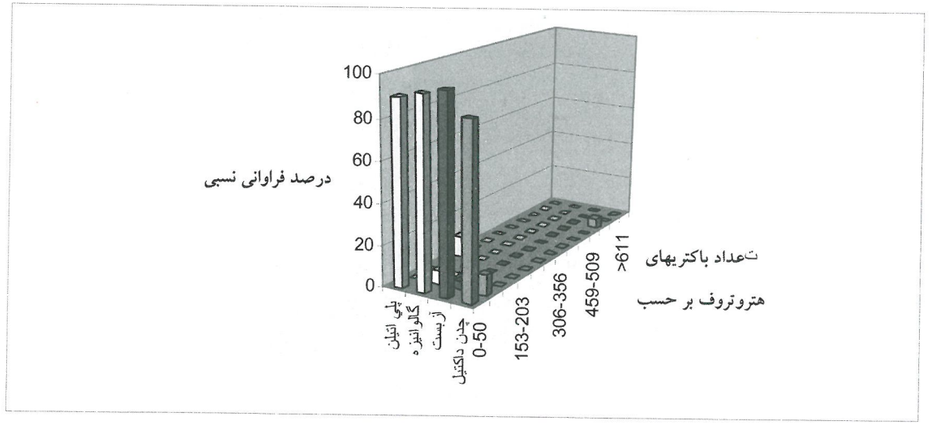


شکل ۲- توزیع فراوانی نسبی کلر آزاد باقی‌مانده (برحسب درصد) در جنس‌های مختلف شبکه

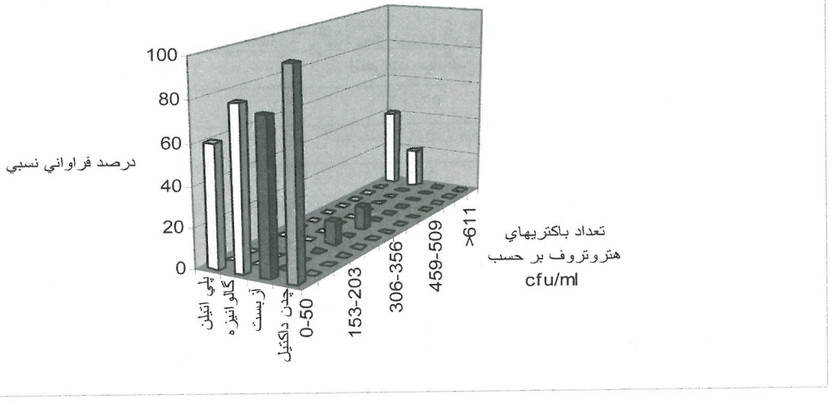
محـــدوده دمایـی ۲۵-۱۱ درجـه‌ی سانتی گراد ۹۱Cfu/ml تجاوز نکرده (جدول ۷) و در بـیش از ۸۵ درصـد مـوارد، تعداد شمارش شـده‌ی بـاکتری‌هـای هتروتـروف کمتـر از ۵۰Cfu/ml بوده است. لذا می‌توان نتیجـه گرفـت براسـاس رهنمود AWWA که حداقل باقی‌مانـده کلـر آزاد را بـرای کنترل باکتری‌های هتروتروف در جریان آب ۰/۲ میلی‌گـرم بر لیتر اعلام کرده اسـت در شـرایطی کـه شـبکه‌هـای آب دارای کلر باقی‌مانـده آزاد بـیش از ۰/۲ میلـی‌گـرم در لیتـر باشد، به دلیل نقش کنترل کنندگی و موثر کلر، باکتری‌هـای هتروتروف به شدت تحت تأثیر قرار گرفته و رشد آن‌ها در جنس‌های مختلف شبکه مشابهت پیدا می‌کند. بدیهی است که در چنـین شـرایطی نـرخ رشـد جمعیـت میکروبـی در شبکه‌های آب تابع ضعیفی از جنس شبکه‌ها بوده و ارتبـاط محسوسی با آن ندارد.



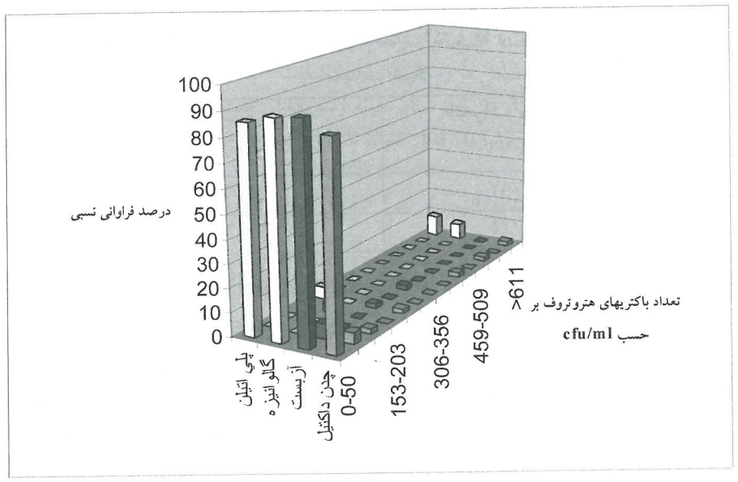
شکل ۳- درصد توزیع فراوانی نسبی تعداد باکتری‌های هتروتروف در جنس‌های مختلف شبکه در محدوده دمایی ۱۵-۱۱ درجه سانتی‌گراد



شکل ٤- درصد توزیع فراوانی نسبی تعداد باکتری‌های هتروتروف در جنس‌های مختلف شبکه در محدوده دمایی ۲۰-۱٦ درجه سانتی‌گراد



شکل ۵- درصد توزیع فراوانی نسبی تعداد باکتری‌های هتروتروف در جنس‌های مختلف شبکه در محدوده دمایی ۲۵-۲۱ درجه سانتی‌گراد



شکل ٦- درصد توزیع فراوانی نسبی تعداد باکتری‌های هتروتروف در جنس‌های مختلف شبکه در محدوده دمایی ۲۵-۱۱ درجه سانتی‌گراد

توضیح : داده‌های جدول‌های ٤ تا ۷ از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کند.

جدول ٤- میانگین، انحراف میانگین و انحراف استاندارد تعداد باکتری‌ها در دمای ۱۵-۱۱ درجه سانتی‌گراد در جنس‌های مختلف شبکه

جنس شبکه	میانگین	انحراف میانگین	انحراف استاندارد
چدن داکتیل	۸۲/۱۲	۹۵/۹٦	۱۵۵/۵۷
آزبست	۲۹/۵۹	۸/۳۵	۱٤/٦
گالوانیزه	٤٦/٤۲	۳٦/۸٤	۵۳/۰۹
پلی‌اتیلن	۲۵	۰	۰

جدول ۵- میانگین، انحراف میانگین و انحراف استاندارد تعداد باکتری‌ها در دمای ۲۰-۱۶ درجه سانتی‌گراد در جنس‌های مختلف شبکه

جنس شبکه	میانگین	انحراف میانگین	انحراف استاندارد
چدن داکتیل	۵۵/۶	۵۲/۰۲	۱۱۱/۰۳
آزبست	۲۷/۰۴	۳/۹۲	۹/۹۹
گالوانیزه	۲۸/۵۷	۶/۶۴	۱۳/۰۱
پلی‌اتیلن	۴۵/۴	۳۶/۷۲	۶۱/۲

جدول ۶- میانگین، انحراف میانگین و انحراف استاندارد تعداد باکتری‌ها در دمای ۲۵-۲۱ درجه سانتی‌گراد در جنس‌های مختلف شبکه

جنس شبکه	میانگین	انحراف میانگین	انحراف استاندارد
چدن داکتیل	۲۵	۰	۰
آزبست	۸۶	۹۳/۰۲	۱۱۱/۷۴
گالوانیزه	۱۴۷/۴	۱۹۵/۸۴	۲۴۴/۸
پلی‌اتیلن	۲۶۹/۸	۲۹۳/۷۶	۲۹۹/۸۲

جدول ۷- میانگین، انحراف میانگین و انحراف استاندارد تعداد باکتری‌ها در دمای ۲۵-۱۱ درجه سانتی‌گراد در جنس‌های مختلف شبکه

جنس شبکه	میانگین	انحراف میانگین	انحراف استاندارد
چدن داکتیل	۶۴/۲۷	۶۶/۷۶	۱۲۵/۱
آزبست	۳۸/۲۶	۲۳/۸۷	۵۱/۸۲
گالوانیزه	۷۳/۹۶	۸۷/۱۵	۱۵۷/۳۴
پلی‌اتیلن	۹۰/۲۸	۱۱۲/۲۸	۱۷۷/۵۶

منابع و مراجع

۱- قنادی. م.، (۱۳۸۱). "معیارها و رهنمودهای تحلیل کیفیت میکروبی آب آشامیدنی"، مجله‌ی آب و محیط زیست، شماره‌ی ۴۹-۴۸، صفحه‌ی ۴ تا ۱۳.

2- World Health Organization, (2002). "*Drinking Water Quality Guidelines Training Package*" WHO Geneva.

3- Environmental Protection Agencey, (2000). "*Drinking Water Standards and Health Advisories*" Office of Water, EPA, 822-B-00-001.

4- World Health Organization, (2002). "*Guideline for Recreational-Water Environment Swimming Pools Spas and Similar Recreational-Water Environment*" Final Draft for Consultation, WHO.

5- American Water Works Association, (1999). "*Waterborne Pathogens*" AWWA Manual, M 48, P.P: 83-86.

6- "*EPA and your Distribution System*" http://www.mrwa.com/aprilregs.htm 2001/09/09.

7- World Health Organization, (1996). "*Guideline for Drinking Water Quality Health Criteria Other Supporting Information*" WHO, Vol.2, Geneva, P.P: 88.

8- Bitton, G., (1999). "*Wastewater Microbiology*", Wiley-Liss, Second Edition, P.P: 128-129, 133-134.

9- American Water Works Association, (1994). "*Water Quality and Treatment*" Fourth Edition, AWWA.

10- Environmental Protection Agency, (1999). "*Guidance Manual for Compliance with the Interim Enhanced Surface Water Treatment Rule : Turbidity Provisions*" Office of Water, EPA, 5815-R-99, P.P: 7-1:7-13.

11- APHA, AWWA, WEF, (1998). "*Standard Method for the Examination of Water and Wastewater*" 20th Edition, APHA, Washington DC, USA.