مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (29) العدد (2) 2007
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol. (29) No. (2) 2007

دراسة تركيز الكلور الحر المتبقي في شبكة مياه الشرب (حالة دراسة: حي الرمل الشمالي – مدينة اللاذقية)

الدكتور تميم عليا*

(تاريخ الإيداع 10 / 4 / 2007. قُبِل للنشر في 2007/6/12)

□ الملخّص □

تعتبر مسألة تطهير المياه إحدى أهم الإجراءات الهادفة إلى حماية الصحة العامة، إضافةً إلى ذلك فإن المطهرات التي يكون الكلور أساسياً فيها هي المطهرات التي تمتلك خواص البقاء إلى ما بعد عملية التطهير بذلك تقدم حماية مؤكدة و مستمرة للمياه بدءاً من محطة التصفية وصولاً إلى المستهلك النهائي. يرتكز البحث على دراسة جزء من شبكة توزيع المياه في مدينة اللاذقية وذلك بهدف التحقق من عوامل سلامة المياه. لقد اعتمدت الدراسة بشكل أساسي على قياس الكلور المتبقي في شبكة مياه الشرب في حي الرمل الشمالي في مدينة اللاذقية. تم إجراء تحاليل لتحديد نسبة الكلور المتبقي في المكان ليصار فيما بعد إلى توقيع أماكن الاعتيان وقيم الكلور المتبقي فيها على مخطط شبكة توزيع المياه للحي المدروس. لقد أظهرت معظم قياسات الكلور المتبقي تركيزاً أعلى من القيم المسموحة وفق المعايير القياسية السورية لمياه الشرب باستثناء بعض النقاط التي كان فيها تركيز الكلور الحر المتبقي ضمن الحدود المسموحة. لقد تمت مناقشة النتائج التي تم التوصل إليها ووضعت الإيضاحات والمقترحات الهادفة إلى الحفاظ على سلامة ونوعية مياه الشرب.

كلمات مفتاحية: مياه الشرب، التعقيم، الكلور الحر المتبقي.

* مدرس، المعهد العالي لبحوث البيئة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (29) العدد (2) 2007
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research- Engineering Sciences Series Vol. (29) No. (2) 2007

A Study of Free Chlorine Residual in the Drinking Water Distribution System: a Case study of Al- Ramil Al-Shimali Quarter-Lattakia City

Dr. Tamim Alia *

(Received 10 / 4 / 2007. Accepted 12/6/2007)

□ ABSTRACT □

Drinking water chlorination is one of the most significant advances in public health protection. Besides, chlorine-based disinfectants are the only major disinfectants with the lasting residual properties that prevent microbial regrowth and provide continual protection throughout distribution system from the treatment plant to the tap.

The research is based on a field study of one part of the distribution system in the municipality of Lattakia to ensure the safety of drinking water. Basically, the study depends on residual free chlorine (RFC) measurements of drinking water distribution system in a selected quarter in Lattakia. The procedures involve a test the RFC in- situ and putting the values on the scheme of distribution system of the mentioned quarters. Generally, the measured values of RFC are higher than maximum permitted level, which is provided by Syrian standard of drinking water, except at some points which had normal concentration of RFC. An explanation of all critical cases is given and recommendations are provided to conserve the drinking water quality and safety.

Key words: Drinking Water, Disinfection, Residual Chlorine**.**

* **Assistant Professor, Higher Institute for Environmental Researches, Tishreen University, Lattakia, Syria**

مقدمة:

من أهم المشكلات المرتبطة بمياه الشرب تلك المتعلقة بتلوث المياه السطحية والجوفية بالملوثات الكيميائية والبيولوجية، و لذلك حرص الباحثون في مجال علم المياه على إجراء الدراسات على المياه وأهم الملوثات التي تتعرض لها بفعل الأنشطة البشرية سواء أكانت زراعية أم صناعية أم خاصة[1، 2، 3]. ومن أهم التحديات التي تواجه العلماء والباحثين في مجال معالجة المياه إمكانية تخليص مياه الشرب من الأخطار الكامنة نتيجة التلوث الميكروبيولوجي والكيميائي بحيث لا تشكل مواصفات المياه بعد معالجتها خطراً على الصحة العامة [4، 5، 6].

يستخدم التعقيم بالكلور على نطاق واسع في العالم لتعقيم المياه و تخليصها من عوامل المرض البيولوجية، و ذلك لتميز الكلور بكلفتة المنخفضة و سهولة تطبيقه و فعاليته الكبيرة و قدرته على الاحتفاظ بفعاليته على تعقيم المياه حتى وصولها إلى المستهلك [6، 7، 8].

إلا أن الدراسات المتتابعة للمركبات المصاحبة لعملية التعقيم بينت في كثير من جوانبها وجود مخاطر حقيقية على الصحة العامة ناجمة عن عملية التعقيم بالكلور الأمر الذي خفف الحماس تجاه الكلور [9، 10، 11]. فقد ثبت بالعديد من الدراسات أنه عند التعقيم بالكلور تتشكل المركبات المصاحبة لعملية المعالجة بالكلور و من أهمها مركبات ثلاثي الهالوميتان المسببة لأمراض السرطان واضطرابات الخصوبة والقدرة الإنجابية [12، 13، 14، 15]. ترتبط نسب تشكلها بعوامل مختلفة منها طريقة المعالجة و درجة الحرارة و pH المياه و كمية المركبات العضوية الكلية في المياه، درجة الحرارة، جرعة الكلور المضافة، زمن التفاعل، الملوثات المختلفة الموجودة في المياه [16، 17، 18، 19].

للتخفيف من إمكانية تشكل هذه المركبات الخطرة المصاحبة لعلمية التعقيم اتجهت العديد من الدراسات للعمل على تخفيف جرعة الكلور المستخدمة بحيث تتم المحافظة على نسبة كلور متبقي في الشبكة ضمن الحدود الصغرى القادرة على المحافظة على مياه خالية من الجراثيم المسببة للأمراض، كما أجريت العديد من الدراسات استهدفت تطوير عمليات التعقيم باستخدام عمليات إعادة الكلورة لتحقيق هذه الغاية [20، 21، 22].

من هنا تأتي أهمية القيام بدراسة نسب الكلور الحر في شبكة توزيع مياه الشرب للوقوف على سلامتها وذلك من خلال قطف عينات على طول المسار الذي تقطعه المياه وتحديد تركيز الكلور الحر للتأكد من بقاء تركيز الكلور الحر فيها ضمن الحدود المطلوبة لتجنب الخطر الكيميائي بسبب زيادة نسبة الكلور، و يجب أن يكون أعلى من الحد الأدنى[3] اللازم لتجنب الخطر الجرثومي.

أهمية البحث و أهدافه:

يتطرق هذا البحث إلى دراسة تركيز الكلور الحر المتبقي في شبكة مياه الشرب في مدينة اللاذقية و تم تحديد حي الرمل الشمالي كحالة دراسة كون هذا الحي يتغذى من شبكتين؛ شبكة جديدة تم تمديدها منذ حوالي 4 سنوات و لكنها لم تدخل مجال الاستخدام بشكل فعلي حتى اليوم، أما الشبكة القديمة التي تغذي الحي فهي مختلفة و غير معروفة أو محددة تماماً بسبب فقدان كل المخططات التي استخدمت لدراستها و تنفيذها. تعاني هذه الشبكة من مشاكل عديدة حيث يشتكي المستهلكون من وصول الأوساخ و الطين والديدان و الطحالب مع المياه. كما يتميز هذا الحي

[3] لقد بينت دراسات الدكتور روبرت تارديف (الولايات المتحدة الأمريكية) ان مخاطر التعرض للمرض نتيجة الأثر الجرثومي يفوق مخاطر التعرض له نتيجة الأثر الكيميائي بحوالي مائة ألف مرة.

بتنوع في البناء بين بناء القديم و بناء الحديث مما ينعكس على طبيعة شبكة مياه الشرب في هذا الحي. و يهدف هذا البحث للوصول إلى تقييم علمي منطقي لجودة تعقيم مياه الشرب في اللاذقية من خلال دراسة تركيز الكلور الحر المتبقي في مياه الشرب في حي الرمل الشمالي من خلال إجراء قياسات ميدانية على عينات من المياه المأخوذة من مآخذ مختلفة من شبكة التوزيع و بيان تركيز الكلور الحر المتبقي فيها.

المواد و طرائق البحث:

قبل إجراء التجارب الميدانية تم الإطلاع على منظومة مياه الشرب في مدينة اللاذقية (نبع السن – الخزانات الرئيسية –خطوط الضخ والجر– خزانات التوزيع– شبكة التوزيع)، و على الطرائق المتبعة في عمليات التعقيم بالكلور. تستجر المياه من جانب البحيرة بحيث تدخل المياه إلى مجموعة حواجز معدنية و هي عبارة عن ألواح مثقبة تتناقص أبعاد فتحاتها تدريجياً، و بعدها يتم أخذ هذه المياه إلى قسم المعالجة بغاز الكلور، حيث تتم عملية معالجة مسبقة (قبل الترشيح) و تتم عملية تعقيم بالكلور بعد عملية الترشيح لتعديل كمية الكلور في المياه الناتجة بحيث يتراوح تركيز الكلور بين (0.40 – 0.60 mg/ l) و بعدها تضخ المياه إلى منظومة التوزيع التي تبدأ بثلاثة خزانات موجودة على جبل قرفيص و بعدها تساق المياه بالإسالة إلى مدينة اللاذقية.

يتم تزويد المدينة بالمياه من ثلاثة خزانات أساسية هي:

- خزان الحمام سعته $50000\ m^3$ و يتغذى من السن و هو خزان أرضي و هو يغذي بدوره حي الرمل الشمالي بمياه الشرب.
- خزان الضاحية و هو يتغذى من خزان الحمام و هو خزان عالي.
- خزان القلعة و هو خزان عالي سعته $10000\ m^3$

أجريت عمليات قياس ميدانية لتحديد نسبة الكلور الحر في مياه الشرب في محطة المعالجة في بانياس و في الخزانات الرئيسية التي تغذي شبكة الرمل الشمالي و العديد من المنازل و المحلات التجارية المختلفة في حي الرمل الشمالي و ذلك بهدف تتبع نسبة الكلور الحر في الشبكة و تحديد مدى مطابقتها للشروط المحددة في المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب.

تم قياس نسبة الكلور الحر باستخدام جهاز رقمي محمول يعمل على مبدأ الخلية الضوئية HANNA Instruments Free and total cholrine Ion specific meter (مجال القياس للكلور الحر 0.00-2.50 ppm). أظهرت العديد من القياسات قيماً مثيرة للاهتمام مما دفعنا إلى تكرار هذه القياسات اعتماداً على أجهزة شبيهة بالأجهزة التي تعتمدها مؤسسة المياه (HACH – DR – 100) و بينت النتائج أن الجهازين يعطيان تقريباً القيم نفسها للكلور الحر في مياه الشرب ضمن المجال المدروس (عندما تتراوح نسبة الكلور بين 1.00 - 0.20 mg/l). بينما كانت النتائج متفاوتة عند خروج نسبة الكلور الحر عن هذا المجال في مياه الشرب (الشكل 1). و لذلك لم تؤخذ بالاعتبار القيم التي تم الحصول عليها خارج هذا المجال، بل تمت الإشارة إليها على أنها خارج هذا المجال. تم قياس كل من درجة حرارة الجو و درجة حرارة الماء باستخدام ميزان حرارة زئبقي مدرج. كما تم تسجيل العوامل الأخرى التي يمكن أن تؤثر على نسبة الكلور الحر في مياه الشرب و هي طبيعة مكان أخذ العينة و ارتفاع الطابق و تاريخ أخذ العينة و ذلك بهدف دراسة تأثير هذه العوامل على نسبة الكلور الحر في مياه الشرب.

الشكل (1): الأجهزة المستخدمة لقياس نسبة الكلور الحر في مياه الشرب

بعد إجراء القياسات المطلوبة تم توقيع النتائج التي تم الحصول عليها على خارطة شبكة التوزيع بحيث يأخذ كل تركيز لوناً محدداً. ومن ثم تم دراسة و تحليل المعطيات إحصائياً باستخدام برنامج Minitab الإحصائي، واستخدمت طريقة توكاي للمقارنة بين المتوسطات عند درجة معنوية 95 % و 99 %.

النتائج و المناقشة:

تم قياس نسبة الكلور الحر في محطة المعالجة في بحيرة السن في منطقة بانياس و ذلك بعد إضافة الكلور مباشرة باستخدام كل من الجهازين المذكورين و كانت نتائج القياس متقاربة جداً و كانت حوالي 0.45 mg/l. في الأيام التالية بدء بقياس نسبة الكلور الحر في مياه الشرب في حي الرمل الشمالي. و في كل يوم من أيام القياس كان يتم البدء بقياس نسبة الكلور الحر في خزان الحمام، قبل إجراء أي قياس في الحي، و ذلك لتحديد نسبة الكلور الموجودة في مصدر مياه الشرب الذي يغذي هذا الحي (جدول 1).

الجدول(1): نسبة الكلور الحر في مياه الشرب الخارجة من خزان الحمام.

التاريخ شباط 2006	الساعة	حرارة الماء °C	حرارة الهواء °C	الكلور الحر المتبقي[4] mg/l
8	**9:30**	**17.5**	**13**	**0.48**
10	**10:05**	**15**	**16**	**>1**
11	**9:55**	**16**	**17**	**>1**
23	**9:17**	**17**	**18**	**>1**

من خلال الجدول رقم (1) الذي يتضمن نتائج تحليل مياه الشرب الخارجة من خزان الحمام الذي يغذي حي الرمل الشمالي نجد أن تركيز الكلور الحر في يوم 8 شباط كان ضمن الحدود المقبولة باعتباره مصدر للمياه. أما في

[4] لقد ميزت المواصفات القياسية السورية رقم (45) تاريخ 1994حالتين لتراكيز الكلور الحر في مياه الشرب: 1) – الحالة العادية والتي يكون فيها تراكيز الكلور الحر بين أول الشبكة ونهايتها –مع زمن تماس لا يقل عن النصف ساعة– بين قيمتين دنيا 0.2 mg/l وقصوى 0.4 mg/l. أما في حالات الطوارئ، فقد حددت المواصفة قيمة تركيز الكلور الحر المتبقي في نهايات الشبكة بـ 0.5 mg/l مع زمن تماس لا يقل عن النصف ساعة.

الأيام التالية فقد كان تركيز الكلور في العينات كبير جداً (تجاوز 1 mg/l) و من خلال اللون الذي كان يظهر عند إجراء القياس نعتقد بأن نسبة الكلور كانت أكبر من هذه القيمة بكثير. لا يمكن تفسير هذا الارتفاع الكبير في نسبة الكلور الحر المتبقي في المياه الخارجة من خزان الحمام سوى بإضافة نسب عالية من الكلور في الخزان أو في مصدر تغذية المياه في نبع السن.

أجريت قياسات نسبة الكلور الحر في حي الرمل الشمالي بحيث شملت القياسات تحديد نسبة الكلور الحر في 100 عينة من مياه الشرب مأخوذة من نقاط مختلفة شملت جميع الأماكن التابعة لحي الرمل الشمالي (الشكل 2). عند أخذ كل عينة تم تحديد طبيعة المكان الذي تؤخذ منه العينة و الطابق و تاريخ و ساعة أخذ العينة و درجة حرارة كل من الماء و الهواء لحظة أخذ العينة.

أظهرت النتائج ارتفاع تركيز الكلور الحر في غالبية العينات المأخوذة، بحيث تجاوزت في بعض الحالات التركيز الذي يمكن للجهاز قياسه بدقة (1.00 mg/l) (عينة رقم 28) بينما الحد المسموح هو mg/l (0.4) في حالات الاستثمار الطبيعية وقد سمحت المواصفة بالوصول إلى تركيز mg/l (0.5) في حالات الطوارئ [23] .

وباعتبار أن فترة إجراء القياسات كانت ضمن فترة الاستثمار الطبيعي للمياه نجد أن أي قيمة خارج الحد المسموح هي قيمة لا تحقق اشتراطات المواصفة السورية بهذا الخصوص. و لا نلاحظ نقص في نسبة الكلور الحر في أية نقطة من النقاط المدروسة عن النسبة الدنيا التي حددتها المواصفة القياسية السورية (0.2 mg/l). من خلال ما تقدم نجد أن إضافة الكلور تتم بجرعات كبيرة تلافياً لحدوث أية أمراض و لضمان تعقيم فعال للمياه و لكن هذا يقودنا إلى احتمال تشكل أخطار ناتجة عن التأثير السلبي لوجود كميات كبيرة من الكلور في مياه الشرب[16، 24].

الشكل (2): توزع نقاط اخذ عينات مياه الشرب في حي الرمل الشمالي

توقيع النتائج على شبكة المياه في حي الرمل الشمالي:

بعد القيام بقياس نسبة الكلور الحر في مياه الشرب في حي الرمل الشمالي تم توقيع نتائج القياسات على شبكة المياه في هذا الحي، حيث تم تمثيل النتائج بتقسيم قيم الكلور الحر إلى ستة مجالات: المجال الأول شمل القيم التي تراوح بين 040. -0.20. المجال الثاني شمل القيم التي تتراوح ضمن المجال 0.50 mg/l – 0.40، المجال الثالث 0.51 – 0.60 mg/l، المجال الرابع 070. - 0.61، المجال الخامس 0.80 mg/l – 0.71 و المجال السادس شمل القيم التي تزيد عن 0.80 mg/l. مثل كل مجال بلون مختلف على المخطط. غطت القياسات كامل أنحاء الحي (الشكل 2) مما يعطي تصور حقيقي عن نسبة الكلور الحر في مياه الشرب في هذا الحي. و لكن كان هناك تداخل بين المجالات فلم تتسم هذه المجالات بالانسيابية و التدرج بحيث تعطي فكرة عن حركة المياه في هذا الحي، فمن المعروف أن نسبة الكلور الحر تنخفض بالبعد عن مصدر المياه (مكان المعالجة بالكلور) [25، 26، 27]. و يمكن تفسير هذا التداخل بالتداخل الحقيقي في شبكة مياه هذا الحي و استخدام بعض المنازل و المحلات للشبكة الحديثة غير المستثمرة حالياً بشكل فعلي. و لم نستطع تحقيق ربط عملي لهذه القيم مع الشبكة لعدم توفر أية مخططات لشبكة المياه في هذا الحي لدى مؤسسة المياه.

التقييم الإحصائي للنتائج:

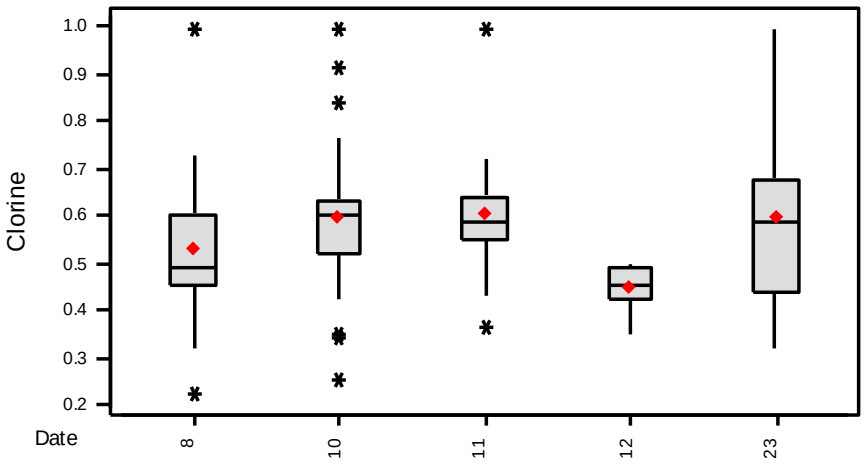
من خلال القيم التي تم التوصل إليها لنسب الكلور الحر في حي الرمل الشمالي نجد أن نسبة الكلور الحر في هذا الحي 0.56 ± 0.15 mg/l و كان أقل قيمة هي 0.22 mg/l و بينما وصلت القيم الأعلى إلى قيم تجاوزت 1.00 mg/l. من هذه القيم نجد أنه لا توجد مشكلة في الحد الأدنى لنسبة الكلور الحر المطلوب توفرها في مياه الشرب، و لكن بالمقابل نجد أن المتوسط أعلى من الحد الأعلى المسموح به لتعقيم مياه الشرب وفق المواصفة القياسية السورية [23]. و بالتالي نجد أنه توجد مشكلة حقيقية بسبب الكمية الزائدة من جرعة الكلور المستخدمة لتعقيم مياه الشرب و خاصة في ضوء ما تبين من الأبحاث المنشورة على مستوى العالم من التأثيرات الصحية الخطيرة للمركبات الضارة المصاحبة لعملية التعقيم بالكلور، و خاصة وجود بعض النقاط التي ترتفع فيها نسبة الكلور الحر إلى قيم أعلى من 1.00 mg/l، فهذا مؤشر خطير، لا بد من أخذه بعين الاعتبار [16، 17، 18]. من ناحية أخرى لا يمكن تخفيض جرعة الكلور المستخدمة في تعقيم المياه بشكل مباشر لوجود بعض النقاط التي تقترب فيها نسبة الكلور الحر من الحد الأدنى (نسبة الكلور الحر في النقطة رقم 4 هو 0.22 mg/l) و بالتالي يمكن أن تنخفض في هذه النقاط نسبة الكلور الحر إلى أقل من الحد الأدنى و نقع في مشكلة عدم التعقيم الكافي لمياه الشرب.

وجود شبكتين في حي الرمل الشمالي (جديدة وقديمة) يمكن أن يفسر التفاوت بين القياسات. فقد تبين أن عدداً قليلاً من المنازل تم تغذيتها من الشبكة الجديدة و هذا يمكن أن يزيد زمن مكوث المياه في القساطل والحؤول دون تجددها بنفس السرعة التي تتغير بها مياه الشبكة القديمة والتي مازالت معظم البيوت مرتبطة بها [25، 26، 27، 28]. كما يمكن أن يكون السبب في انخفاض نسبة الكلور الحر في بعض النقاط إلى قدم الشبكة في هذه المناطق مما يسمح بتسرب بعض الملوثات إليها و يمكن أن يساعد على ذلك انقطاع المياه لأسباب مختلفة [29].

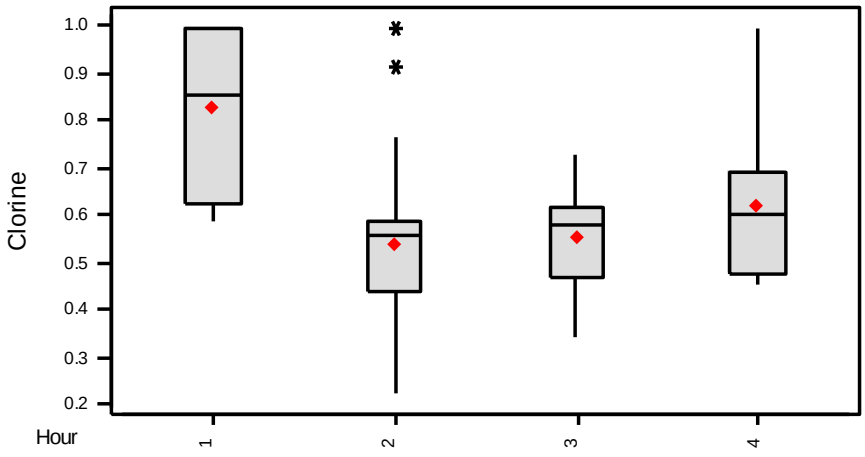
عند الدراسة الإحصائية لتغير نسبة الكلور الحر تبعاً ليوم إجراء التجربة تبين أنه لا يوجد أي فرق معنوي بين القيم تبعاً ليوم إجراء الاختبار و هذا يدل على عدم وجود تأثير ليوم الاختبار على نتائج التجربة (الشكل 5).

كما أظهرت النتائج عدم وجود أثر معنوي على نسبة الكلور الحر بارتفاع الطابق الذي تؤخذ منه العينة.

تم دراسة تأثير زمن أخذ العينة على نسبة الكلور الحر في مياه الشرب و ذلك لأن استجرار المياه يختلف وفق ساعات النهار حيث تم تقسيم فترات القياس إلى أربع فترات الأولى قبل الساعة العاشرة صباحاً، الثانية بين الساعة العاشرة و الساعة الثانية عشرة، و الثالثة بين الساعة الثانية عشرة و الساعة الثانية بعد الظهر و الرابعة بعد الساعة الثانية بعد الظهر. وجد أن نسبة الكلور الحر المقاس في الفترة الصباحية كانت هي الأعلى 0.21±0.83 ، تلتها نسبة الكلور الحر في العينات المأخوذة في الفترة الرابعة (بعد الظهر) حيث كانت قيم الكلور الحر 0.16±0.62 بينما كانت في الفترة الثانية و الثالثة على التوالي 0.16±0.54 و 0.10±0.55 (الشكل 4). من خلال هذه النتائج نجد نسبة الكلور الحر ترتفع في الفترة التي يحدث خلالها استجرار كمية كبيرة من المياه (الفترة الصباحية و بعد الظهر) و هذا متوقع بسبب تجدد المياه و وصولها من المصدر ضمن فترة أقصر.



الشكل (3): توزع نسب الكلور الحر وفقاً ليوم إجراء التجربة



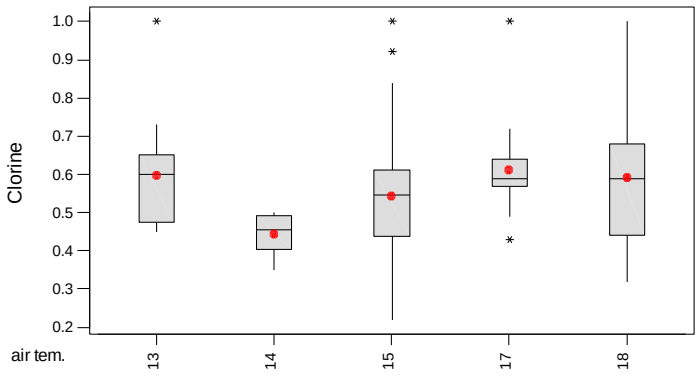
الشكل (4): نسبة الكلور الحر تبعاً لفترة أخذ العينة من النهار

و بالتقييم الإحصائي لهذه الفترات وجد أن نسبة الكلور الحر المقاس في الفترة الصباحية (قبل العاشرة صباحاً) أعلى من نسبته في كل من الفترتين الأولى و الثانية ($p<0.01$) كما أنها أعلى من متوسط نسبة الكلور الحر في الفترة الرابعة ($p<0.05$). بالمقابل لا يوجد أي فرق معنوي بين نسب الكلور الحر المقاس ضمن الفترات الأخرى (جدول 2).

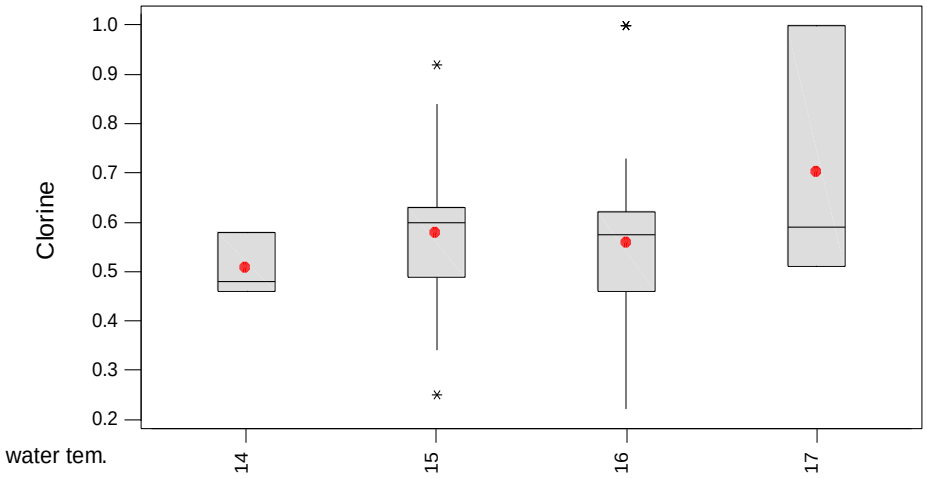
جدول (2): نتائج التقييم الإحصائي لاختلاف نسبة الكلور الحر تبعاً لفترة أخذ العينة من النهار.

$\alpha < 0.01$	$\alpha < 0.05$	الفترة
a	a	قبل الساعة 10:00
b	b	12:00 – 10:00
b	b	14:00 – 12:00
a b	b	بعد الساعة 14:00

اختلف متوسط قيم الكلور الحر في مياه الشرب بتغير كلاً من درجة حرارة الماء و درجة حرارة الهواء (الشكل 5، 6) و لكن عند إجراء التقييم الإحصائي لهذه القيم تبين عدم وجود أية دلالة معنوية على اختلاف متوسط نسبة الكلور الحر في مياه الشرب باختلاف درجة حرارة الماء أو الهواء. و هذا يعني أن قياساتنا لنسب الكلور الحر في مياه الشرب لم تتأثر بحرارة الماء أو حرارة الجو. يمكن تفسير هذه النتيجة بسبب إجراء القياسات ضمن فترة محدودة و ذات تغيرات طفيفة في درجات حرارة كل من الماء أو الهواء و بالتالي لم يكن لهذه التغيرات الطفيفة أي تأثير على هذه القياسات.



الشكل (5): توزع نسبة الكلور الحر تبعاً لدرجة حرارة الهواء (الجو) عند أخذ العينة



الشكل (6): توزع نسبة الكلور الحر تبعاً لدرجة حرارة الماء عند أخذ العينة

الاستنتاجات و التوصيات:

من خلال النتائج التي تم التوصل إليها نجد أن جرعة الكلور المستخدمة لتعقيم المياه هي أكبر بكثير من الجرعة المطلوبة (تجاوزت قيمة 1,00 mg/l) في الخزان في ثلاثة قياسات من أصل أربعة و هذا يؤدي إلى وصول الكلور الحر بتركيز كبير إلى المستهلك النهائي بما ينطوي عليه من مخاطر صحية خطيرة ، عدا عن ذلك فإن إضافة الكلور بجرعات كبيرة يساهم في رفع نسبة المركبات المصاحبة لعملية التعقيم و التي من أهمها مركبات ثلاثي الهالوميتان التي ثبت في دراسات كثيرة أثرها الخطير على الصحة من حيث تسببها بحدوث الأمراض السرطانية، و تأثيراتها الجينية و تأثيرها على الخصوبة.

من ناحية أخرى لا يمكن تخفيض جرعة الكلور المستخدمة في تعقيم المياه بشكل مباشر دون إجراء دراسة للواقع لوجود بعض النقاط التي تقترب فيها نسبة الكلور الحر من الحد الأدنى و بالتالي يمكن أن تنخفض في هذه النقاط نسبة الكلور الحر إلى أقل من الحد الأدنى و نقع في مشكلة عدم التعقيم الكافي لمياه الشرب. من هنا نجد أنه لا بد من إعادة دراسة الشبكة و تناول حالة أحياء أخرى في المدينة لمعرفة السبب وراء هذه القيم المتفاوتة من نسب الكلور الحر من أجل الوقوف على الواقع الفعلي. و بناءً على إجراء مثل هذه الدراسة يمكن اقتراح حلول مختلفة يمكن أن يكون أحدها استخدام طريقة إعادة التعقيم في مناطق محددة على ضوء ما يمكن أن تتوصل إليه هذه الدراسة. كما يمكن اقتراح طرائق تعقيم بديلة تؤدي إلى تخفيض نسبة الكلور و المركبات المصاحبة له في مياه الشرب [25، 30، 31].

كما أنه لا بد من دراسة الملوثات المختلفة في مياه الشرب و منها الملوثات الكيميائية المختلفة و منها المركبات المصاحبة لعملية التعقيم فاحتمال وجود مثل هذه الملوثات كبير في مياه الشرب المستجرة إلى مدينة اللاذقية و ذلك

لتوفر الظروف المساعدة على تشكلها و من هذه العوامل المساعدة على ذلك استخدام جرعات كبيرة من الكلور في عملية التعقيم، و توقع وجود مواد عضوية بنسبة كبيرة في مياه الشرب كون مصدر المياه سطحي و تنمو فيه الطحالب بكثرة كما وجدنا عند زيارة نبع السن، كما أنه و حتى تاريخ إعداد هذا البحث لا تتضمن محطة المعالجة سوى على مرشحات رملية مما يسمح ببقاء المواد العضوية في مياه الشرب و بالتالي تفاعلها مع الكلور المضاف بجرعات كبيرة. إضافةً إلى طبيعة الطقس الدافئ الذي يسمح بتشكل هذه المركبات بسرعة في مياه الشرب.

فلا بد من رفع جودة المياه وتحسين مواصفاتها بما ينعكس إيجابا على الصحة العامة أولا وعلى الكلف الاقتصادية التي ستنخفض نتيجة الاستخدام الأمثل للكلور في عملية التعقيم. وهنا يتحقق الهدف الرئيسي من إنشاء منظومات مياه الشرب في تأمين المياه المعقمة والصحية في آن واحد.

المراجع:

1. COVERT, T. C. ; *Salmonella. In American Water Works Association Manual of Water Supply Practices, Waterborne Pathogens*. AWWA M48. American Water Works Association, Denver, Colorado, Chapter 15,1999, 107-110.
2. CRAUN, G.F.; HAUCHMAN, F.S.; and ROBINSON D.E. (Eds.), *Microbial pathogens and disinfection byproducts in drinking water: Health effects and management of risks.* Conference Conclusions, ILSI Press, Washington, D.C., 2001, 533-545.
3. GRIFFINI, O.; BAO, M.L.; BURRINI, D.; SANTIANNI, D.; BARBIERI, C.; and PANTANI, F., *Removal of pesticides during the drinking water treatment process at Florence water supply*. Aqua, Italy, 48 (5), 1999, 177-185.
4. HUAAB, G.; and RECKHOWA, D.A., *Comparison of disinfection byproduct formation from chlorine and alternative disinfectants.* Water Research (Article in Press).
5. LE CHEVALLIER, M.W.; WELCH, N.J.; and SMITH, D.B., *Full-scale studies of factors related to coliform regrowth in drinking water*, Applied and Environmental Microbiology; 62 (7),1996, 2201-2211.
6. PAYMENT, P., *Poor efficacy of residual chlorine disinfectant in drinking water to inactivate water borne pathogens in distribution systems.* Canadian Journal of Microbiology, Canada, 45 (8), 1999, 709-715.
7. NORTON, C.D.; and LE CHEVALLIER, M.W., *A pilot study of bacteriological population changes through potable water treatment and distribution*, Applied and Environmental Microbiology, 66 (1), 2000, 268-276.
8. GORCHEV, H. G., *Chlorine in water disinfection*. Pure & App/. Chem. 68(9), 1996, 1731 -1735.
9. WANG, W.; YE, B.; YANG L.; LI Y.; and WANG Y., *Risk assessment on disinfection by-products of drinking water of different water sources and disinfection processes.* Environment International 33, 2007, 219–225.
10. GOPAL, K.; TRIPATHY, S.S.; BERSILLON, J.L.; and DUBEY, S.P, *Chlorination byproducts, their toxicodynamics and removal from drinking water*. Journal of Hazardous Materials 140, 2007, 1–6.

11. AWAD, A. R.; and ABU-ELSH'R, W., *Risk assessment for chlorinated organics in drinking water*, Colloque franco – Libanais sur L' eau et la sante', Beyrouth, Liban, 15-17 Octobre 1998, 12.
12. LE BEL, G. L.; BENOIT, F. M.; and WILLIAMS, D. T., *A one-year survey of halogenated DBPs in the distribution system of treatment plants using three different disinfection processes.* Chemosphere, 34, 1997, 2301-2317.
13. CHRISTIAN, M. S.; YORK, R. G.; HOBERMAN, A. M.; DIENER, R. M.; FISHER, L. C.; and GATES, G. A., *Biodisposition of dibromoacetic acid (DBA) and bromodichloromethane (BDCM) administered to rats and rabbits in drinking water during range-finding reproduction and developmental toxicity studies.* International Journal of Toxicology, 20, 2001, 239-253.
14. CHRISTIAN, M. S.; YORK, R. G.; HOBERMAN, A. M.; DIENER, R. M.; and FISHER, L. C., *Oral (drinking water) developmental toxicity studies of bromodichloromethane (BDCM) in rats and rabbits.* International Journal of Toxicology, 20, 2001, 225-237.
15. MOUDGAL, C. J.; LIPSCOMB, J. C.; and BRUCE, R. M., *Potential health effects of drinking water disinfection by-products using quantitative structure toxicity relationship.* Toxicology, 142, 2000, 109-131.
16. CLARK, R. M.; and SIVAGANESAN, M., *Predicting chlorine residuals and formation of TTHMs in drinking water.* J. Envir. Engrg., 124 (12), 1998, 1203-1210
17. GANG, D.; CLEVENGER, T. E.; and BANERJI, S. K., *Relationship of chlorine decay and THMs formation to NOM size.* Journal of Hazardous Materials, A96, 2003, 1–12.
18. NIKOLAOU, A. D.; LEKKAS, T. D.; and GOLFINOPOULOS, S. K., *Kinetics of the formation and decomposition of chlorination by-products in surface waters.* Chemical Engineering Journal, 100, 2004, 139–148.
19. PEDRO, M. S. M.; JOAQUIM, C. G.; SILVA, E.; and ANTUNES, M.C, *Factorial analysis of the trihalomethanes formation in water disinfection using chlorine.* Analytica Chimica Acta, (Article in Press).
20. ANON, *Water quality control division 5 CCR 1003-1.* State board of health, primary drinking water regulations, Colorado department of public health and environment, USA, 2005, 247. 16.03.2007.<http://www.cdphe.state.co.us/regulations/waterqualitycontroldivision/100301primarydrinkingwater.pdf>.
21. ZHANG, S. Y.; SHAHABIAN, H.; MOFFATT, M.; GLUS, P.; ONCIOIU, A.; FREUD, S.; and LU L., *A Practical approach to determine chlorine decay rate from naturally occurring tracer in distribution systems.* World Water Congress, Orlando, Florida, USA., May 20–24, 2001, 340.15.03.2007. < http://www.pubs.asce.org/WWWdisplay.cgi?0104739>.
22. TYAGI, A., *A method ensuring residual chlorine in water distribution system*, World Water Congress 2003, Philadelphia, Pennsylvania, USA., June 23–26, 2003, 15.03.2007.<http://scitation.aip.org/getabs/servlet/GetabsServlet?prog=normal&id=ASCECP000118040685000260000001&idtype=cvips&gifs=yes >
23. المواصفة القياسية السورية لمياه الشرب رقم 45 لعام 1994، هيئة المواصفات و المقاييس السورية، دمشق.
24. GOLFINOPOULOS, S. K.; and ARHONDITSIS, G. B., *Multiple regression models: A methodology for evaluating trihalomethane concentrations in drinking water from raw water characteristics.* Chemosphere, 47, 2002, 1007–1018.

25. NACE, A.; HARMANT, PH.; and VILLON, P., *Optimization of location and chlorine dosage of the booster chlorination in water distribution network*. World Water Congress 2001, Orlando, Florida, USA., May 20–24, 2001, 324.
26. CONSTANS, S.; BRÉMOND, B.; and MOREL, P., *Using linear programs to optimize the chlorine concentrations in water distribution networks.* Water Resources 2000, Minneapolis, Minnesota, USA, July 30 – August 2, 2000, 15.03.2006.<http://scitation.aip.org/getabs/servlet/GetabsServlet?prog=normal&id=ASCECP000104040517000208000001&idtype=cvips&gifs=yes>.
27. HALLAM, N. B.; HUA, F.; WEST, J. R.; FORSTER, C. F; and SIMMS, J., *Bulk decay of chlorine in water distribution systems.* J. Water Resour. Plng. and Mgmt.,129, (1), 2003, 78-81.
28. OZDEMIR, O. N.; and UCAK, A., *Simulation of chlorine decay in drinking-water distribution systems.* J. Envir. Engrg., 128 (1), 2002, 31-39.
29. BARBEAU, B.; RIVARD, M.; and PRÉVOST, M., *The impact of natural organic matter on free chlorine and chlorine dioxide disinfection efficacy*. Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA 55 (6), 2006, 383–390.
30. ITOH, S.; MURAKAMI, H.; FUKUHARA, M.; and NAKANO, A., *Limitations of chlorine dioxide as an alternative disinfectant in comparison with chlorine from the viewpoint of mutagenicity*. Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA, 56 (2), 2007, 95–104.
31. MUNAVALLI, G. R.; and KUMAR, M. S., *Optimal scheduling of multiple chlorine sources in water distribution systems.* J. Water Resour. Plng. and Mgmt.,129 (6), 2003, 493-504.