إدارة الطلب على مياه الشرب " دراسة تجريبية حقلية لإحدى الشبكات لضبط المياه غير المرصودة (الفواقد) "

الدكتور المهندس أمجد زينو[1]

الملخص

إحدى أهم وسائل إدارة الطلب على مياه الشرب هي ضبط المياه غير المرصودةUnaccounted- for-Water (الفواقد) في شبكات التوزيع، لما لها من آثار سلبية مالية وصحية. والواقع أنه لا يمكن خفض هذه الفواقد دون معرفة مكوناتها وسبب حدوثها.

يتضمن هذا البحث دراسة تهدف إلى تطبيق بعض الحلول المستدامة قليلة الكلفة لضبط الفواقد في شبكات مياه الشرب. وقد تمت الدراسة التنفيذية على شبكة مياه إحدى القرى في سورية. وتم التوصل إلى نتائج مهمة يمكن الاستفادة منها في جميع شبكات مياه الشرب وخاصة ذات الإمداد المتقطع، وهو حال أغلب شبكات المناطق الريفية في سورية.

[1] قسم الهندسة المائية– كلية الهندسة المدنية– جامعة دمشق.

1. مقدمة

تعدُّ الموارد المائية في مقدمة الموارد التي تؤثر بشكل مباشر في مختلف جوانب النمو الاقتصادي والاجتماعي، نظراً لما لها من دور مباشر في تزويد المجتمعات السكنية بالماء الصالح للشرب وكذلك لاستعمالاتها المختلفة في الزراعة والصناعة. وإن كانت مختلف مجالات استعمال الموارد المائية ذات انعكاسات إيجابية في جانبها الظاهر المباشر نظراً لما توفره من غذاء وتنمية وعمران ومرافق، إلا أن تعبئة هذه الموارد واستغلالها بشكل غير صحيح وغير مدروس قد يسبب تأثيرات سلبية تظهر في المجال البيئي الذي تستعمل فيه أو في الوسط المائي نفسه.

وقد ساد الاعتقاد في البداية أن الموارد المائية هي موارد طبيعية غير محدودة وغير قابلة للاستنزاف ويمكن استعمالها دون ضوابط تشريعية أو علمية، وبناءً عليه احتلت المياه دوراً ثانوياً في حساب عمليات التنمية. إلا أن النمو السكاني وازدياد استهلاك المياه في مختلف القطاعات التنموية التي شهدت تطوراً سريعاً أدت إلى تغيير واضح في المفاهيم المتعلقة بموارد المياه. فنشأت تصورات جديدة ما فتئت أن تحولت تدريجياً إلى قناعات راسخة مفادها أن الموارد المائية محدودة وقابلة للاستنزاف، وأنه لابد من إدارة متكاملة للموارد المائية [1].

وبسبب محدودية الموارد المائية ولما شهدته دول منطقة الشرق الأوسط [2] ومنها القطر العربي السوري من تطور الأنماط الاجتماعية وتغير في عدد السكان ونمط المعيشة، فإن الطلب على الموارد المائية قد ازداد بنسب عالية استجابة لحاجات التنمية، وأدى ذلك إلى استنزاف العديد من الطبقات الحاملة الجوفية. والدراسات [3] تؤكد أن العجز المائي في القطر العربي السوري قد بدأ فعلاً بعد عام 1997، لذلك لابد من اتخاذ جميع الإجراءات والحلول في إدارة الطلب على المياه في جميع القطاعات المستهلكة لها ومنها مياه الشرب.

2. إدارة الطلب على مياه الشرب

يقصد بإدارة الطلب على مياه الشرب: تأمين مياه الشرب بنوعية جيدة للمستهلك، بأقل ما يمكن من الفواقد في الشبكة، آخذين بالحسبان تحقيق التوازن بين الاستهلاك والمتاح من هذه المياه. أما سبل إدارة الطلب على مياه الشرب فيمكن أن يتم باستخدام [4]:

أولاً: الوسائل غير الاقتصادية

– تخفيف الفواقد في شبكات المياه.

– الترشيد في استخدام المياه عن طريق حملات التوعية.

– تنظيم الأسرة عن طريق خفض معدلات النمو السكاني.

ثانياً: الوسائل الاقتصادية

– استرداد كلفة تشغيل المشاريع وصيانتها.

– استخدام سياسة الشرائح التصاعدية المرتفعة للاستهلاكات الكبيرة.

– الأسواق والخصخصة: يرى العديدون أن السعر العادل للمياه هو السعر الذي تحدده السوق شريطة أن تكون السوق خالية من أي ممارسات غير عادلة. أما الخصخصة فإنه الأسلوب الأكثر نجاحاً في العالم وهو أن تبقى المياه ملكاً للدولة، في حين يسمح للقطاع الخاص بتقديم خدمات المياه [5]. وتحتفظ الحكومة بحق تنظيم قطاع المياه لضمان الحصول عليها بشكل عادل والتأكد من الحفاظ على مستويات الجودة.

– جمعيات مستخدمي المياه.

3. المياه غير المرصودة في شبكات المياه "الفواقد أو الهدر"

المياه غير المرصودة (UFW) Unaccounted-for-water هي كمية المياه التي لايتم رصدها بالعدادات بالمنزلية، ومن ثَمَّ لا تتم المطالبة بها وتدعى أيضاً بالفواقد [6]. وتحسب نسبة UFW من العلاقة:

$$UFW\% = \frac{P - C}{P}$$

حيث إنَّ:

- P : كمية المياه المنتجة المرصودة بالعداد عند المصدر المائي أو مركز الإنتاج.
- C : كمية المياه المسجلة أو المرصودة بالعدادات المنزلية.

تتألف هذه الفواقد بمجملها العام من:

فواقد فيزيائية: وهي تمثل التسربات من أنابيب الشبكة ووصلاتها. وتعدُّ الفواقد الفيزيائية من أسوأ أنواع الفواقد لأن المياه تهدر في باطن الأرض على شكل تسربات دون أن يستفيد منها المواطن، ودون أن تستفيد من ثمنها الجهة المستثمرة للمشروع. كما أن ارتفاع نسبة التسرب يزيد احتمال حصول تلوث في الشبكة، وخاصة في إمداد المياه المتقطع، بسبب تشكل ضغط سلبي في الشبكة في أثناء فترة فراغها، وهذا هو حال أغلب التجمعات السكنية الريفية في سورية. وهذه الفواقد تنتج بشكل أساسي عن قدم الشبكة، وسوء تنفيذها، وسوء صيانتها وتشغيلها. وهي تتعلق بنوع الأنابيب وقطرها وعمرها الزمني والضغط المطبق فيها وبنظام التشغيل المطبق.

فواقد غير فيزيائية: وهي كمية الماء التي يستفيد منها المواطن، ولكن لا تستفيد من ثمنها الجهة المستثمرة للمياه (أي يحصل عليها المواطن مجاناً). وهذه الفواقد بشكل رئيسي تمثل:

- أخطاء تسجيل العدادات المنزلية وتعطلها.
- تعدي على الشبكة (الوصلات غير الشرعية) من قبل المواطنين.

4. هدف البحث

الوسيلة الأهم في إدارة الطلب على مياه الشرب هي ضبط الفواقد في شبكات التوزيع لما لها من آثار سلبية متعددة وخاصة في المناطق ذات الموارد المائية المحدودة ومنها منطقتنا. والواقع أنه لا يمكن خفض هذه الفواقد دون معرفة مكوناتها وسبب حدوثها، لذلك يجب حساب هذه الفواقد بشكل دقيق وتحديد نسب مكوناتها المختلفة. ويجري عادة تقييم أداء شبكة المياه اعتماداً على نسبة الفواقد، وفي كثير من الحالات يتم تغيير

الشبكة بالكامل أو أجزاء منها عندما تكون نسبة الفواقد هذه مرتفعة دون الدخول في تفاصيل مكوناتها.

يهدف هذا البحث إلى تطبيق بعض الأساليب لضبط المياه غير المرصودة (الفواقد) في شبكات مياه الشرب، من خلال مجموعة من الخطوات والحلول المستدامة القليلة الكلفة. وستطبق هذه الدراسة على شبكة مياه إحدى القرى التي تقع في محافظة حمص.

ويمكن تطبيق نظام ضبط الفواقد من خلال:

1- وضع نظام تشغيل مناسب من منطلق أن قسماً من UFW يحصل بسبب سوء التشغيل، يعتمد على الإمداد المنطقي لمياه الشرب لجميع المشتركين في الشبكة، بما يتناسب مع وضع المصدر المائي المتاح وعدد المستفيدين من الشبكة وفترة التزويد من السنة.

2- معايرة العدادات المنزلية المعطلة أو القديمة واستبدالها والتي تحتوي على أخطاء كبيرة، لأن ذلك سيقلل من كمية الفواقد غير الفيزيائية في الشبكة.

3- إنشاء مجموعة من غرف التحكم عند نقاط التفرعات الرئيسة للشبكة، وتركيب عدادات وسكور، وذلك لحصر الأجزاء من الشبكة التي تحتوي على تسربات كبيرة، ليتم البحث عنها واستبدال ذلك الجزء من الشبكة فقط. إن هذا الإجراء دون شك سيخفض من كلفة الاستبدال.

5. مشروع نموذجي للدراسة

5-1. الشبكة المدروسة

تم اختيار شبكة مياه قرية تل النبي مندو كمشروع نموذجي للدراسة. وهي قرية تقع على نهر العاصي إلى الغرب من مدينة القصير وعلى بعد 10 كم منها، وتبعد عن نبع عين التنور 3 كم. ويبلغ عدد سكانها زهاء 1200 نسمة، وعدد المشتركين في الشبكة 97 مشتركاً.

وكانت مبررات اختيار شبكة هذه القرية هي:

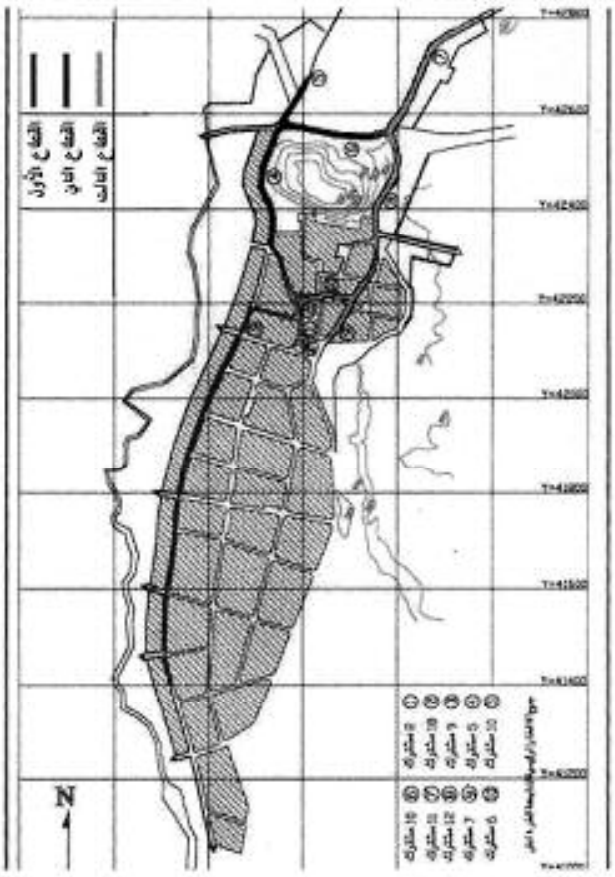
1- نسبة الفواقد في الشبكة مرتفعة بحدود 50%. 2- شبكة المياه تعدُّ غير قديمة نسبياً حيث نفذت عام 1984، وحصلت عليها بعض التوسعات. 3- في أثناء دراسة نظام تشغيل الشبكة المعتمد يظهر أن هذا النظام بحاجة إلى تعديل، ويمكن من خلال تطبيق نظام آخر يعتمد على التزويد بما يتناسب مع الاستهلاك أن نخفض كمية المياه المهدورة.

5-2. المصدر المائي

المصدر المائي لمياه شرب الشبكة المدروسة هي بئر بعمق 150 متراً. يتم الضخ من هذه البئر إلى خزان بيتوني دائري ارتفاعه عن سطح الأرض 15 م وسعته 150 م^3 عن طريق مضخة غاطسة يقع بالقرب منه. وتقاس كمية المياه المضخوخة من البئر بعداد قطر 100 مم مركب على الأنبوب الواصل بين المضخة والخزان.

5-3. شبكة المياه

مدت شبكة مياه الشرب للقرية المدروسة في عام 1984، وقد ضم مشروع مياه الشرب إلى الوحدة الاقتصادية في القصير التابعة لمؤسسة مياه حمص في 1997. أقطار الأنابيب الرئيسة المستخدمة في الشبكة هي 100 مم مصنوعة من الأسبيستوس. يبين الشكل (1) مخططاً للشبكة المدروسة.



الشكل (١). مخطط شكية المياه المدروسة – تجزئتها إلى ثلاثة قطاعات

5-4. نظام التشغيل المتبع قبل بداية تنفيذ الدراسة

درس في البحث نظام التشغيل القديم المعتمد من قبل الوحدة الاقتصادية، وفيه يضخ يومياً 110 م^{3}بشكل ثابت صيفاً وشتاء على حد سواء، ويتم الضخ على فترتين: 70 م^3 صباحاً و 40 م^3 مساء. أما السكر الموجود على أنبوب الإسالة الخارج من للخزان فهو مفتوح دوماً، حيث يتم الضخ للخزان من البئر وتجري المياه بالإسالة إلى الشبكة.

بينت دراسة تغير كمية المياه المنتجة والمستهلكة خلال عام كامل في ست دورات (الدورة تصدر كل شهرين) [7]، كما هو في الشكل (2)، لاحظنا تقريباً ثبات كمية المياه المنتجة وتغير كمية المياه المستهلكة من دورة إلى أخرى. ولوحظ أن الفاقد من الشبكة غير ثابت وإنما يتغير من دورة إلى أخرى أيضاً كما هو موضح في الشكل (3). إن الفواقد في الشبكة يمكن أن تعزى إلى:- تسربات من الشبكة.- أخطاء في العدادات المنزلية.- وصلات غير شرعية.

يلاحظ بشكل واضح من الشكلين (2،3) أن نسبة الفواقد تكون بأعلى قيمة في الدورتين الأولى (كانون الثاني + شباط) والسادسة (تشرين الثاني + كانون الأول) أي في الأشهر الأكثر برودة، في حين تكون أقل ما يمكن في الدورتين الثالثة (أيار + حزيران) والرابعة (تموز + آب) أي في الأشهر الدافئة والحارة. أي أن الفواقد تزداد في الأشهر التي يقل فيها الاستهلاك في حين تقل في الأشهر التي يزداد فيها الاستهلاك، ويعتقد أن ذلك يعود إلى جملة الأسباب الآتية:

- توجد بعض التسربات من الشبكة. وهذا ما يفسر ارتفاع نسبة الفواقد في الدورتين الأولى والسادسة بسبب انخفاض معدل الاستهلاك اليومي ومن ثَمَّ ازدياد زمن مكوث المياه في الشبكة وازدياد كمية المياه المتسربة في الأرض.
- يزداد خطأ العدادات المنزلية عندما تزداد فترة إمداد الشبكة بالمياه بسبب انخفاض معدل التدفق من العداد المنزلي، لأن معظم المشتركين يستهلكون المياه من خزانات منزلية على السطوح.

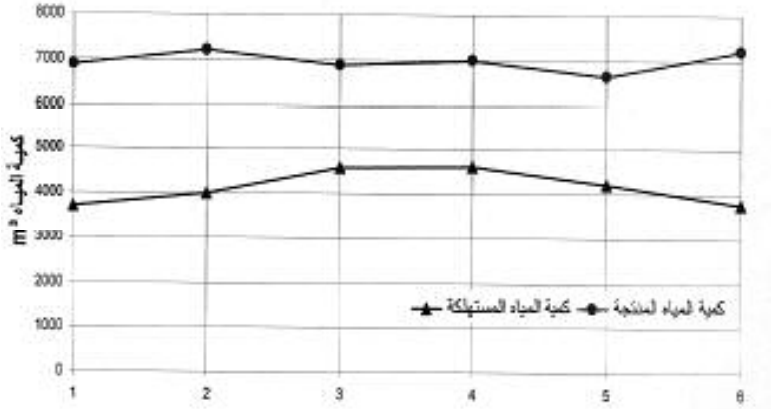
6. الإجراءات التنفيذية للدراسة

تركزت الإجراءات التنفيذية للمشروع في دراسة ثلاثة محاور يعزى إليها ارتفاع الفواقد في الشبكة. درس في البحث كل محور على حدة بالتسلسل لإظهار مقدار تأثيره والخروج بنتائج عامة مفيدة. والمحاور التي درست هي:

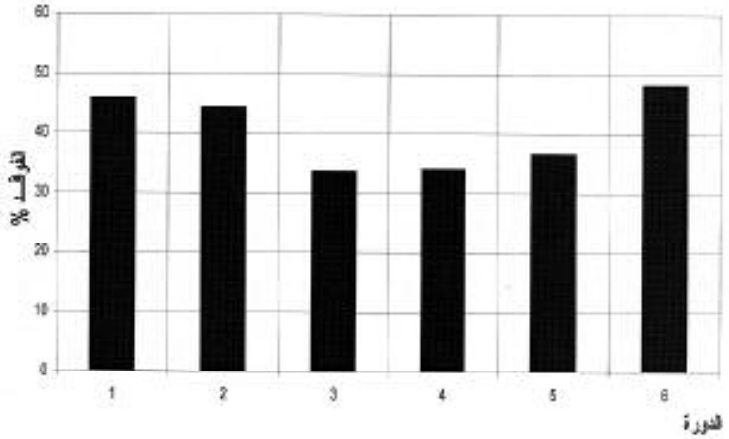
أولاً: تأثير نظام التشغيل.

ثانياً: خطأ العدادات المنزلية.

ثالثاً: حصر التسربات في الشبكة.



الشكل (٢). تغير كمية المياه المستهلكة والمنتجة في الشبكة المدروسة وفق نظام التشغيل المتبع قبل الدراسة



الشكل (٣). تغير نسبة الفواقد في الشبكة المدروسة وفق نظام التشغيل المتبع قبل الدراسة

تأثير نظام التشغيل

لدراسة تأثير نظام التشغيل في معدل الفواقد أجريت الخطوات الآتية:

1- قبل البدء بأي إجراء تنفيذي في الشبكة، حددت نسبة الفواقد الكلية في الشبكة، وذلك بتزويد الشبكة بـ 110 $م^3$ / يوم، وهي الكمية نفسها التي كانت تزود حسب نظام التشغيل القديم المتبع. وأجريت قراءتان متتاليتان للعدادات المنزلية للمشتركين كافة خلال فترة زمنية كافية (أربعة أسابيع)، وحسبت الفواقد في الشبكة فكانت بحدود 53%.

2- بعد ذلك تم تعديل نظام التشغيل، بحيث أصبح كما يأتي:

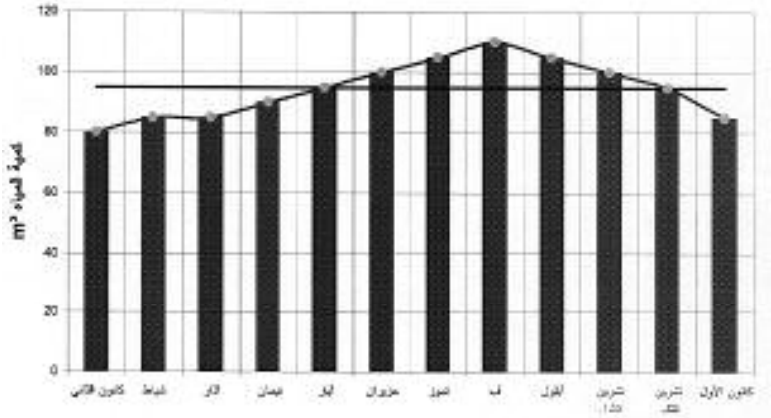
- تغيير كمية المياه المنتجة بما تتناسب مع الفترة من السنة. إن نظام التشغيل القديم المتبع والذي يعتمد على تزويد الشبكة بكمية ثابتة من المياه بغض النظر عن الفترة من السنة أدى إلى ارتفاع الفواقد في الأشهر قليلة الاستهلاك للأسباب التي ذكرناها سابقاً. لذلك تم وضع برنامج يعتمد على تغيير كمية المياه المزودة بما يتناسب مع الاستهلاك حسب الفترة من السنة. وقدرت كميات المياه الواجب تزويدها بناء على دراسة معدلات الاستهلاك للمشتركين من الشبكة، وبناء على دراسات لشبكات ريفية أخرى. وقد أجريت دراسة دقيقة لمعرفة العدد الوسطي لأفراد الأسرة الواحدة في القرية، اعتمدت على استمارات وزعت على جميع الأسر المشتركة التي تستفيد من شبكة المياه، فوجد أن العدد الوسطي للأسرة الواحدة هو 7.85 شخصاً. وإذا علمنا أن عدد المشتركين 97 مشتركاً، فهذا يعني أن عدد المستهلكين من الشبكة 761 شخصاً. بفرض أن معدل استهلاك الفرد اليومي الوسطي من المياه المنتجة بحدود 125 ل/يوم (الرقم المنطقي الوسطي لحصة الفرد في المناطق الريفية والمعتمد من قبل العديد من الدراسات في وزارة الإسكان والمرافق ومؤسسات المياه هو 125 ل/يوم). هذا يعني أن معدل الإنتاج الوسطي اليومي يجب أن يكون

بحدود 95 م^3/يوم. وقد وزعت المياه المنتجة وفق معامل عدم الانتظام k كما في الجدول الآتي:

الشهر	كانون2	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين1	تشرين2	كانون1
k	0.85	0.9	0.9	0.95	1	1.05	1.11	1.16	1.11	1.05	1	0.95

يبين الشكل (4) التوزع المقترح لكمية المياه المنتجة على مدار العام.

- من الضروري الانتباه إلى أنه عند تزويد المياه إلى الشبكة ومن أجل وصول الماء إلى المشتركين كافة بضغط جيد، يجب أن يكون الجريان في الشبكة مضغوطاً، ولذلك يجب إملاء خزان القرية أولاً، ومن ثم فتح السكر الموجود على خط الإسالة. إن هذا الإجراء سيؤدي إلى تقليل خطأ قراءة العدادات المنزلية، كما يؤدي إلى خفض كمية الهواء الداخلة إلى الشبكة وما يرافقها من مشاكل، كما سيؤدي إلى زمن تماس كاف لعملية الكلورة. كذلك يجب التأكد أن السكر الموجود على خط الإسالة يعمل بإحكام كامل.



الشكل (٤). توزع كمية المياه المنتجة على مدار العام وفق نظام التشغيل المقترح في الشبكة المدروسة

3- أجريت تجربة أولية، بحيث خفضت كمية المياه المنتجة إلى 95 م^3/يوم ثم أُجريت قراءة بعد أسبوعين، فتبين أن الفوقد قد انخفضت إلى 46%، وكان المتوقع أن تنخفض

الفواقد أكثر من ذلك. وعند البحث عن سبب ذلك تبين أن السكر المركب على خط الإسالة غير محكم بشكل كامل عند إغلاقه. إن تسرب المياه من السكر في أثناء فترة إملاء الخزان تزيد من نسبة الفواقد بسبب مرور المياه المتسربة في عدادات بعض المشتركين (المشتركين القريبين من الخزان فقط) بكمية قليلة جداً مما يؤدي إلى زيادة خطأ العداد.

4- استبدل السكر الموجود على خط الإسالة، وطبق برنامج تزويد المياه المقترح، بحيث خفضت كمية المياه إلى 90 م^3/يوم، ثم بعد فترة زمنية أجريت قراءة جديدة للعدادات المنزلية لدى المشتركين فوجد أن الفواقد قد انخفضت إلى 36.7%.

5- للتأكد من النتيجة التي تم الحصول عليها، أعيدت قراءة العدادات المنزلية بعد أسبوعين من أجل كمية المياه المنتجة نفسها 90 م^3/يوم، وتم الحصول على النتيجة نفسها إذ بلغت الفواقد 36.2%.

يمكن الاستنتاج أن لنظام التشغيل تأثيراً كبيراً في الفواقد من الشبكة. إذْ بتعديل نظام التشغيل استطعنا أن نحصل على الإنجازات الآتية:

- خفض الفواقد من 53% في بداية الدراسة إلى 36%. أي أن سوء نظام التشغيل كان يسهم بحدود 32% من الفواقد الكلية.
- تخفيض كمية المياه المنتجة وسطياً بحدود 15%.

العدادات المنزلية

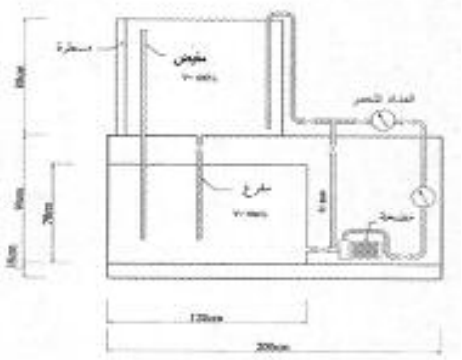
توجد ثلاثة أنواع من عدادات المياه المنزلية المستخدمة في شبكة مياه تل النبي مندو، وهذا هو الحال في جميع شبكات المياه في سورية:

- العداد الأصفر النحاسي القديم من إنتاج مؤسسة معامل الدفاع نوع DORIS. وهو يمثل الكمية الأكبر لدى المشتركين في الشبكة.
- العداد الجديد ذو اللون الأزرق من إنتاج مؤسسة معامل الدفاع امتياز صيني نوع I.E.D. ويوجد عند المشتركين الجدد ولا تتجاوز نسبته بالنسبة للعدد الكلي للعدادات

5%. حيث تقوم مؤسسات المياه في سورية بتركيب هذا النوع من العدادات المنزلية حالياً.

- العداد النمساوي الرطب نوع EWT.ELIN. وهو يستخدم بكميات قليلة، ويوجد منه عدادان فقط في القرية.

في أثناء قراءة العدادات المنزلية مرات عديدة لوحظ أن هناك جزءاً منها ذو استهلاكات قليلة. وقد صممت منصة خاصة لمعايرة العدادات المنزلية (الشكل 5). هذه المنصة تعتمد على مبدأ المعايرة الحجمية من خلال إمرار كمية من المياه في العداد وحجز هذه الكمية في خزان ذي حجم معروف. بمقارنة كمية المياه المحجوزة في الخزان مع كمية المياه المارة والمرصودة في العداد نستطيع أن نحدد نسبة خطأ العداد. وتمّت معايرة بعض عدادات المشتركين وخاصة القديمة منها والتي من خلال القراءات الدورية تبين أنها لا تعمل، أو كانت كميات المياه المرصودة فيها قليلة لا تتناسب مع عدد أفراد الأسرة التي تستهلك من هذا العداد. كان عدد العدادات المعايرة بالمنصة 30 عداداً، وتمت معايرتها عند الغزارة الاسمية للعداد، وبعد المعايرة تم استبدال العدادات التي تحتوي على أخطاء أكثر من 5% بعدادات جديدة من نوع I.E.D. وبلغ عدد العدادات المستبدلة 15.



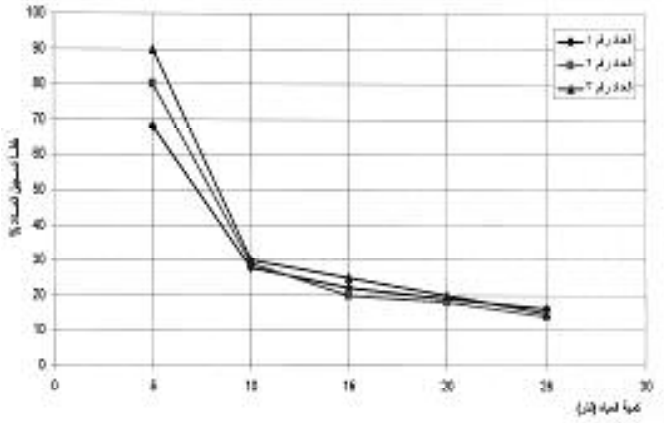
الشكل (٥). منصة لمعايرة العدادات المنزلية

ونتيجة استبدال العدادات المنزلية التي تحتوي على أخطاء تزيد على 5% تم تحفيض نسبة UFW من 37% إلى 27%. أي أن خطأ تسجيل العدادات كان يسهم بحدود 19% من الفواقد الكلية.

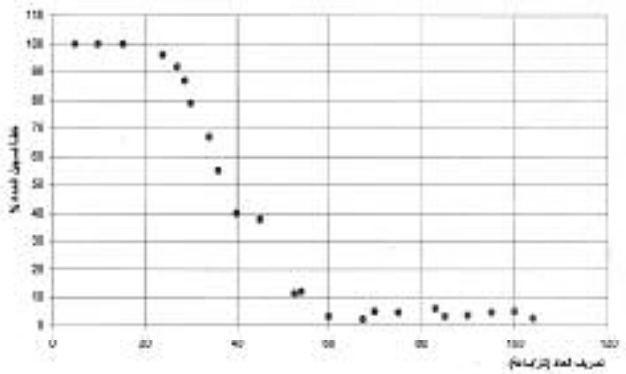
وقد أجريت دراسة أولية لإظهار تأثير كمية المياه المسحوبة من الخزانات المنزلية في خطأ العدادات (كمية المياه المرصودة فعلاً بالعداد). ودرس خطأ العدادات في حال الإمداد المستمر من الشبكة، بمعنى عندما يتم السحب من الخزان المنزلي يتم تعويض الكمية المسحوبة من الشبكة عن طريق الفواشة المركبة في الخزان. وقد درست ثلاثة عدادات معايرة جديدة من نوع I.E.D، وهي من العدادات التي يتم تركيبها حالياً لجميع المشتركين في مؤسسات المياه في القطر العربي السوري، وتم سحب المياه من خزان سعته 1م^3 ومساحة سطحة 1م^2 وهي الخزانات التي تستخدم في أغلب المنازل، وكانت الفواشة وسكرها جديدين. وقد تمت مقارنة كمية المياه المسحوبة فعلاً من الخزان المنزلي والمقيسة بالطريقة الحجمية مع كمية المياه المرصودة بالعداد والمركب على الأنبوب الوارد للخزان. وبينت هذه الدراسة الأولية أن كمية المياه المستهلكة فعلاً هي أكبر من كمية المياه المرصودة بالعداد المنزلي. لأن كمية المياه المسحوبة من الخزان المنزلي يتم تعويضها بفترة زمنية أطول وهذا سيؤدي إلى انخفاض الغزارة المارة في العداد وزيادة الخطأ. مثلاً: لو استهلكنا من الخزان 10 لترات خلال فترة زمنية قصيرة سينخفض مستوى الماء فيه 1 سم فقط وستهبط الفواشة بمقدار هبوط مستوى الماء، إن هذا الهبوط القليل سوف يؤدي إلى فتح سكر الفواشة بشكل جزئي وسيتم التعويض عن كمية المياه 10 ل بفترة زمنية أطول وسوف يزداد خطأ العداد بشكل أكبر. أظهرت الدراسة أنه كلما ازدادت كمية المياه المسحوبة من الخزان قل الخطأ، لأن معدل التصريف في العداد يزداد. يبين الشكل (6) العلاقة التي تربط بين كمية المياه المسحوبة من الخزان المنزلي في حالة الإمداد المستمر وبين خطأ العداد. إن النتيجة السابقة تؤكد أن الفواقد في شبكات المياه ترتفع عندما

تزداد فترة إمداد الشبكة بالمياه (بسبب امتلاء الخزانات المنزلية بشكل كامل). وهذا ما فسر أيضاً ارتفاع الفواقد في الشبكة المدروسة في الأشهر الباردة ذات الاستهلاكات القليلة عند استمرار المياه في الشبكة لفترات أطول.

ولتأكيد النتيجة عن خطأ تسجيل العدادات عند التصاريف المنخفضة، ولإظهار علاقة خطأ تسجيل العداد مع التصريف المار من خلاله، أجريت تجربة على أحد العدادات المختبرة في الدراسة السابقة. وذلك بإمرار تصاريف مختلفة في العداد، وسجلت كمية المياه المرصودة بالعداد وقورنت بالكمية الفعلية المارة المقيسة بالطريقة الحجمية. ورسم منحني العلاقة الذي يربط بين التصريف المار في العداد وخطأ التسجيل كما مبين في الشكل (7). يتضح من المنحني أن خطأ العداد يزداد بنقصان معدل التدفق فيه، كما نستنتج أيضاً أن العداد لا يتحسس نهائياً على التصاريف أقل من 20 ل/ساعة، كذلك يمكن الاستنتاج أن خطأ العداد يصبح ضمن القيم المنطقية له أي أقل من 5% عندما يزيد معدل التدفق على 60 ل/سا.



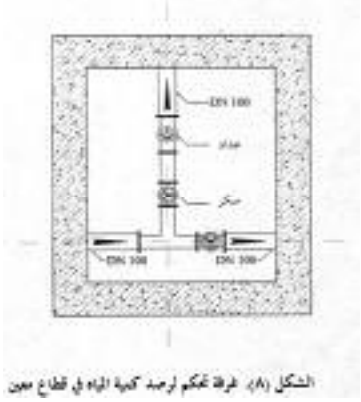
الشكل (٦). العلاقة بين خطأ تسجيل العداد المنزلي وكمية المياه المستهلكة من الخزان المنزلي في حالة الإمداد المستمر للمياه من الشبكة



الشكل (٧): العلاقة بين خطأ تسجيل العداد الآلي والتصريف الذي تعالجه

حصر التسرب في الشبكة

من أجل حصر التسرب في الشبكة قسمت إلى مجموعة من القطاعـــات أو الأجـــزاء بلغت ثلاثة (انظر الشكل 1). وركب عداد في بداية التفريعة المؤدية إلى ذلك القطاع، وبهذه الطريقة ومن خلال مقارنة كمية المياه المـــسجلة بهـــذا العـــداد والمرصـــودة بالعدادات المنزلية في ذلك الجزء من الشبكة، يمكن معرفة الفاقد ومن ثم التحري عن سببه، إذْ يمكن أن يكون السبب هو تسرباً من الأنابيب أو تعدّياً على الشبكة في الجزء المدروس. وتم وضع العدادات بغرف تحكم مناسبة تم تصميمها لهذا الهدف(الشكل 8).



الشكل (٨): غرفة تحكم لرصد كمية المياه في قطاع معين

بعد إنشاء غرف العدادات حصرت نسبة الفاقد في كل قطاع من القطاعات الثلاثة، من خلال مقارنة الكمية المارة من خلال العداد الذي يغذي كل قطاع من الشبكة مع كمية المياه المرصودة في العدادات المنزلية للقطاع المعني. وتوزعت نسب المياه الضائعة (27% في الشبكة ككل) في القطاعات الثلاثة كما يأتي: 64% في القطاع الأول، 20% في القطاع الثاني، 16% في القطاع الثالث. وباعتبار أن العدادات المنزلية التي تحتوي على أخطاء كبيرة قد استبدلت، لذلك فإن كميات المياه الضائعة في أي قطاع هي على الأغلب إما تسرب أو تعدٍ على الشبكة. إن كمية المياه الضائعة في كل من القطاعين الثاني والثالث هي ضمن الحدود المقبولة، أما كمية المياه الضائعة في القطاع الأول فتعدُّ كبيرة. ولدى التحري عن أسباب الفاقد في هذا القطاع تبين أنه توجد وصلة غير شرعية واحدة، وباقي الفواقد تسربات. وبالفعل أجريت تجربة حيث أغلقت جميع السكورة المؤدية إلى المستهلكين من القطاع الأول وكانت الشبكة مملوءة بالمياه، فتبين أن هناك كمية من المياه تمر عبر العداد الفرعي المركب عند بداية التفريعة المؤدية إلى ذلك القطاع مما يؤكد حصول تسربات فيه. وسيتم الكشف عن التسرب باستخدام جهاز خاص موجود لدى مؤسسة المياه، ليتم إصلاح الجزء المعطل أو استبداله.

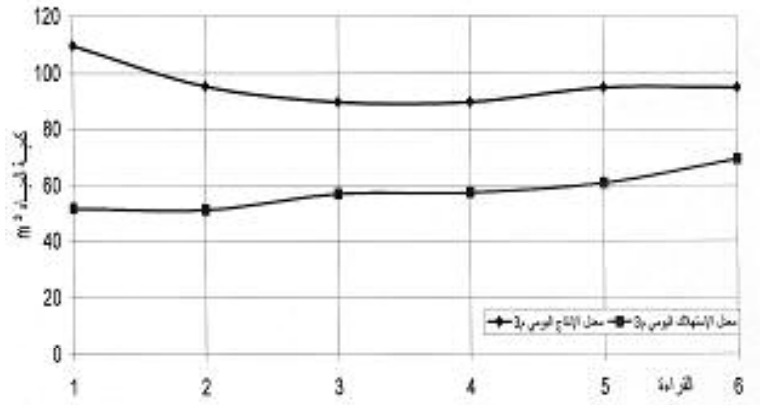
إن تجزئة الشبكة إلى قطاعات ومراقبتها عن طريق العدادات طريقة سهلة وفعالة وتساعد على كشف القطاعات التي يحصل فيها فاقد كبير، وهذا الأسلوب اقتصادي لأنه يمكننا من إصلاح أو استبدال ذلك الجزء من الشبكة الذي يحتوي تسربات كبيرة بدلاً من استبدال كامل الشبكة، كما هو أسلوب مناسب لكشف التعديات على الشبكة والوصلات غير الشرعية.

7. النتائج المباشرة التي تم الحصول عليها من الدراسة الحقلية للشبكة

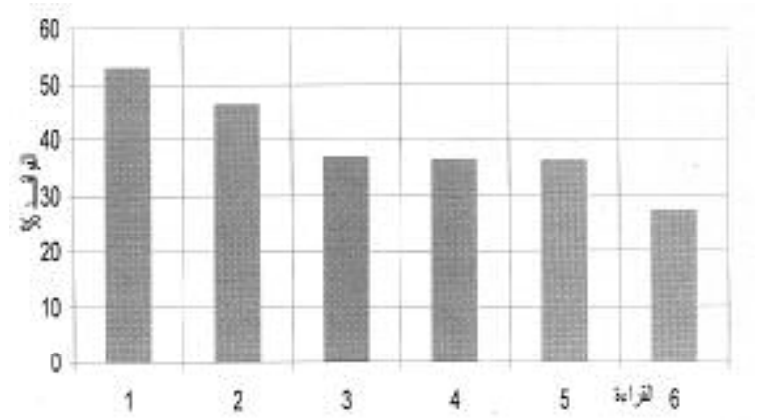
إن الإجراءات التي اتبعت في الشبكة المدروسة هي للتحري عن الفواقد وتحديد نسب مكوناتها المختلفة من أجل ضبطها وتخفيضها إلى الحد الأدنى الممكن. والنتيجة الكبيرة التي تم الحصول عليها والتي يجب أن يستفاد منها في شبكات عديدة هي أن لنظام التشغيل دوراً كبيراً في خفض الفواقد في الشبكة، خاصة عندما تحتوي الشبكة على بعض التسربات. كذلك يؤثر خطأ العدادات المنزلية في نسبة الفواقد الكلية، وطبعاً لا ننسى أيضاً التسربات من أنابيب ووصلات الشبكة. بالتأكيد خفض الفواقد وتقليل كمية المياه المنتجة بشكل يتناسب مع الاستهلاك سوف ينعكس على خفض كلفة إنتاج المياه ويحقق شيئاً من مبدأ استرداد الكلفة.

إن أهم النتائج التي تم الحصول عليها من خلال تعديل نظام التشغيل واستبدال بعض العدادات وتجزئة الشبكة إلى مجموعة قطاعات هي (الشكل 9,10):

- خفضت الفواقد من 53% إلى 27% أي إلى النصف تقريباً وهذا إنجاز كبير سينعكس بشكل مهم على استرداد الكلفة.
- خفضت كمية المياه المنتجة بشكل وسطي بنسبة 15% أي من 110 م^3/ يوم إلى 95 م^3 يومياً بفضل تعديل نظام التشغيل. وهذا سيساعد في خفض كلفة المياه المنتجة وفي عدم استنذاف المياه الجوفية.
- رفع معدل الاستهلاك اليومي وذلك اعتماداً على القراءات المسجلة بالعدادات المنزلية بنسبة 34%.
- حددت نسب التسرب في القطاعات المختلفة للشبكة وحدد القطاع الذي تحصل فيه أكبر التسربات. وهذا سيساعد في استبدال الجزء الذي يعاني من التسربات فقط دون استبدال كامل الشبكة، وسيوفر ذلك نفقات إضافية.



الشكل (٩). تغير كمية المياه المنتجة والمستهلكة في الشبكة المدروسة خلال فترة تنفيذ الدراسة



الشكل (٩). تغير نسبة المياه غير المرصودة في الشبكة المدروسة خلال فترة تنفيذ الدراسة

8. النتائج والتوصيات

يعتقد أن الحلول المتعلقة بضبط الفواقد في شبكة المياه المدروسة يمكن تطبيقها في معظم شبكات مياه الشرب في القطر العربي السوري خاصة الريفية منها. ومن ثَمَّ ستكون النتائج التي تم الحصول عليها من الدراسة هي نتائج عامة. فيما يأتي أهم النتائج و التوصيات:

1 – يجب أن تحدد نسبة الفواقد التي تحصل في الشبكة بشكل دقيق، كما يجب تحديد مكونات هذه الفواقد لمعرفة سبب المشكلة والسيطرة عليها. ويمكن أن يتم ذلك من خلال:

- حصر الأماكن من الشبكة التي تحصل فيها فواقد كبيرة. ويتم ذلك بتقسيم الشبكة إلى أجزاء، وتركيب عداد قياس في بداية كل جزء. وهذا الأسلوب يمكننا من كشف الجزء من الشبكة الذي يحتوي على تسربات كبيرة أو تعديات.
- استخدام المعايرة للتحري عن العدادات المنزلية التي تحتوي على أخطاء تسجيل كبيرة. لذلك يقترح أن يوجد في كل وحدة اقتصادية منصة بسيطة لمعايرة العدادات المنزلية وفق خطة مدروسة، وخاصة معايرة العدادات التي تم تركيبها منذ أكثر من خمس سنوت.
- تسهم في زيادة الفاقد التدفقات القليلة المارة في العدادات المنزلية فئة B المستخدمة حالياً، لذلك يفضل استخدام عدادات فئة C دقتها أعلى. كما يمكن الاستفادة من التجربة التونسية في هذا المجال، حيث يتم استبدال عدادات السرعة المشابهة للعدادات المستخدمة في سورية بعدادات حجمية ذات دقة أعلى خاصة عند التدفقات القليلة.
- يتم حساب الفواقد في الشبكة على أساس كمية المياه المنتجة والمستهلكة، لذلك تعتمد دقة حساب الفواقد على تقدير كمية المياه المنتجة بشكل صحيح. من أجل هذا يجب أن تكون العدادات المركبة في محطات الضخ ومراكز الإنتاج ذات أداء جيد، وأن تركب بشكل صحيح بعيدة عن الأكواع ونقاط التفرعات. كما يجب معايرتها كل سنة مرة واحدة لضمان وثوقية النتائج. يبين الشكل (10) صورة لعداد مركب بأسلوب مغلوط " مباشرة بعد الكوع" في محطة ضخ مياه شرب.

- إن صحة تركيب العداد المياه المنزلي من أهم الشروط لكفاءة أدائـــه. لأنَّ تركيبـــه بطرائق غير صحيحة سيؤثر في دقته وعمره الافتراضي. لذلك يجـــب أن يكـــون بعيداً عن الأجواء الخارجية (مطر – شمس – كسر)، وغير معـــرض للتلـــوث. والصحيح أن يركب ضمن علبة معدنية معزولة قابلة للإغلاق. يبيُّن الـــشكل (11) صورة لأحد العدادات المنزلية المركبة بصورة ســـيئة وتكـــون عرضـــة للتلـــف والتلوث.
- لوحظ أن نظام التشغيل له تأثير في الفواقد خاصة في الشبكات التي تحتوي علـــى بعض التسربات. لذلك يجب أن يوضع لكل مشروع مياه شرب نظام تشغيل يعتمـــد على تزويد المياه بصورة تتناسب مع الاستهلاك، لتحاشي مكوث المياه لفترة طويلة في الشبكة.
- استخدام الأجهزة التي تساعد على الكشف عن الأماكن التي تحدث فيها تسربات من الشبكة.
- يجب أن يضخ الماء إلى الخزان حتى يتم إملاؤه بكمية المياه اللازمة المخصصة، ومن ثم يفتح السكر الموجود على أنبوب الإسالة إلى الشبكة. كما تجـــب صـــيانة السكور بشكل دائم لكي تكون محكمة تماماً عند إغلاقها. كل ذلك يـــضمن تـــوفر ضغط في الشبكة ويقلل من كمية الهواء الداخل إليها، ويقلل من خطـــأ العـــدادات المنزلية.

2- ضرورة تخفيف الاستهلاكات الكبيرة من الشبكة من خلال:

- فرض رسوم عالية على الاستهلاكات الكبيرة.
- نشر الوعي على مستوى المدارس ووسائل الإعلام ودور العبادة في ترشيد استخدام المياه.
- فرض عقوبات رادعة على المواطنين الـــذين يعتـــدون علـــى الـــشبكة، وعلـــى المستهترين بهدر المياه وتبديدها بشكل غير مسؤول.

3- يجب أرشفة جميع المعلومات المتعلقة بمشروع المياه التابع للوحدة على الحاسوب (إنتاج مياه الشرب–الاستهلاك–الفواقد في الشبكة على مستوى العام والدورة–تـــسجيل جميع المعلومات المتعلقة بالصيانة والتشغيل)، بحيث تتشكل لدى الوحدة قاعدة بيانات.

4- لابد من تطوير القدرات الفنية للمسؤولين عن إدارة المياه وتوزيعها في مجال إدارة

الطلب على مياه الشرب والاستخدامات المنزلية، وذلك عن طريـــق دورات تدريبيـــة وبرامج.

5- لا يجوز اعتبار مياه الشرب سلعة مجانية على الدولة تأمينها. وإنما يجب تـــسعير المياه وفقاً لمبدأ استرداد كلفة الصيانة والتشغيل.

الشكل (١٠)
عداد مياه مركب في محطة ضخ بصورة مغلوطة

الشكل (١١)
عداد مولى مركب بأسلوب غير صحيح

المراجع

[1]- H.H.G.Savanije. Water Resources Management Concepts and Tools. International Institute for Infrastructural, Hydraulic and Environmental Engineering. Holland. 1995.

[2]- Overview of Middle East Water Resources. U.S.Geological Survey. 1998.

[3]– الوضع الراهن واتجاهات تطور الطلب المستقبلي على المياه لغاية 2015 في القطر العربي السوري.جورج صومي،معن داوود وآخرون. 2001.

[4]. K.Asit.Beswas. Water Management in Islam. IDRC. 2002.

[5]. K.Z. Privatization in Water Sector. Jordan. 2001.

[6]. Hannes Buckle, and other. Water Demand Management Country Study-Namibia. IUCN. 1998.

[7]– معطيات من مؤسسة مياه حمص.

تاريخ ورود البحث إلى جامعة دمشق 2004/7/22.