الفاقد المائي في شبكات توزيع المياه

(حالة دراسة الفاقد المائي (UfW) في الجزيرة الثانية بتجمع دمر)

م. سونيا الحبوس*

د. محمد بشار المفتي** د. أمجد زينو***

الملخص

تعدُّ الفواقد المائية من شبكات التوزيع واحدة من أكبر المشكلات التي تواجه مؤسسات المياه، ليس فقط في الدول النامية وإنما في الدول المتقدمة أيضاً، فهي مسألة مرتبطة بشكل مباشر بتكاليف التشغيل والصيانة والحفاظ على المصادر المائية وتوفير المياه.

يتضمن هذا البحث تطبيق دراسة تجريبية لتحديد قيمة الفاقد المائي من شبكة مياه الجزيرة الثانية بمنطقة تجمع دمر وتحديد مكوناته الفيزيائية وغير الفيزيائية. كما يتطرق البحث أيضاً إلى تقييم فعالية تدابير وإجراءات مكافحة الهدر المتخذة من قبل المؤسسة العامة لمياه الشرب والصرف الصحي في مدينة دمشق في منطقة مشروع دمر عام 2005 ووضع اقتراحات وآليات لتخفيض الفاقد المائي من شبكات توزيع المياه.

الكلمات المفتاحية: الفواقد المائية، الإمداد المستمر والمتقطع، دقة العدادات، إدارة وضبط التسربات.

* أعد هذا البحث في سياق رسالة الماجستير للمهندسة سونيا الحبوس بإشراف الدكتور محمد بشار المفتي ومشاركة الدكتور أمجد زينو - قسم البيئة - كلية الهندسة المدنية ــ جامعة دمشق.

** قسم البيئة ــ كلية الهندسة المدنية ــ جامعة دمشق.

*** قسم البيئة ــ كلية الهندسة المدنية ــ جامعة دمشق.

1. مقدمة

تواجه مؤسسات مياه الشرب في أغلب دول العالم تحديات كبيرة في تأمين الاحتياجات المائية المطلوبة مع ازدياد النمو السكاني والتطور الاقتصادي وندرة المصادر المائية.

ويعدُّ الفاقد المائي (هدر المياه) من شبكات التوزيع من المشكلات البارزة التي تعاني منها هذه المؤسسات وذلك كونه يؤدي إلى ضياع المياه واستنزافها ومن ثمَّ عدم حصول المستهلكين على الكميات الكافية منها لتغطية احتياجاتهم. فضلاً عن ذلك فإن وجود الفواقد المائية في أنظمة التوزيع يسبب خسارة في العائدات المالية لشركات المياه وانخفاضاً في دخلها المادي الأمر الذي يؤدي إلى إرهاق ميزانيتها تدريجياً مما يؤثر سلباً في مستوى الخدمة المقدمة للمشتركين. فمن جهة الماء الذي لا يصل إلى المستهلك لا يستخدم ولا يدفع ثمنه، ومن جهة أخرى فإن وجود الفواقد المائية في نظام التوزيع يعني في كثير من الحالات البحث عن مصادر مائية إضافية وصرف اعتمادات مالية لاستثمارها.

ولتحسين الوضع الراهن لابدَّ لمؤسسات المياه في القطر في البحث عن الوسائل التي تحقق إدارة فعالة للطلب على المياه وتحسين الإنتاج وزيادة العائدات في الوقت نفسه. وتعدُّ برامج خفض الفواقد المائية من شبكات المياه إحدى أكثر الطرائق فعالية إذْ إنَّ نتائج هذه البرامج لا ينعكس فقط في زيادة المردود المادي وإنما في توفير المياه وحماية الصحة العامة بشكل أكثر من خلال إزالة الخطر الذي يمكن أن يسمح للملوثات بالتسلل لمياه الشرب في حال وجود شقوق وثقوب في أنابيب الشبكة ويجب الإدراك أن أي وفر في المياه هو: مورد مائي جديد وضبط لهدر النفقات المالية.

وكان من هذا المنطلق قيام المؤسسة العامة لمياه الشرب والصرف الصحي في مدينة دمشق بتنفيذ تجربة تخفيض الفاقد المائي في منطقة تجمع دمر في عام 2005 ، وذلك بهدف السيطرة على الفواقد المائية من شبكة توزيع المدينة وتخفيضها قدر الإمكان.

2. مفهوم الفاقد المائي

Unaccounted-for-water (UFW)

الفاقد المائي هو الفرق بين كمية المياه المنتجة الصافية المقدمة للشبكة وبين كمية المياه المستهلكة والمقيسة بعدادات المشتركين [1]. وتحسب الفواقد المائية كنسبة مئوية من كمية المياه المنتجة أي نسبة كمية المياه المفقودة إلى كمية المياه المنتجة والمقدمة للشبكة.

$$UFW\% = \frac{P - C}{P} \qquad (1)$$

P : كمية المياه المنتجة المرصودة بالعداد عند المصدر المائي أو مركز الإنتاج.

C : كمية المياه المستهلكة المرصودة بعدادات المشتركين.

3. مكونات الفاقد المائي

3 -1 فواقد غير فيزيائية (إدارية):

وهي كمية الماء التي يستفيد منها المواطن، ولكن لا تستفيد من ثمنها الجهة المستثمرة للمياه (أي يحصل عليها المواطن مجاناً). وتنتج هذه الفواقد أساساً عن:

- أخطاء تتعلق بالعدادات.
- الوصلات غير الشرعية (سرقة المياه).

3 - 2 فواقد فيزيائية:

وهي كمية المياه التي لا تمر عبر العدادات ولا يستفيد منها المستهلك وتنتج عن:

- التسربات أو الرشوحات من أنابيب ووصلات الشبكة الرئيسية، والشبكة الفرعية ومن الوصلات المنزلية .
- المياه التي تفيض بعد امتلاء خزانات الشبكة.

وتعدُّ الفواقد الفيزيائية من أسوأ أنواع الفواقد للأسباب الآتية:

- ❖ المياه تهدر في باطن الأرض دون أن يستفيد منها المواطن، ودون أن تستفيد من ثمنها الجهة المستثمرة للشبكة.
- ❖ احتمال حصول تلوث للمياه في الشبكة، وخاصة خلال مدة الإمداد المتقطع، وذلك بسبب تشكل ضغط سلبي في الشبكة في أثناء مدة فراغها، وهذا هو حال أغلب التجمعات السكنية في سورية.

وتنتج الفواقد الفيزيائية بشكل أساسي عن قدم الشبكة واهترائها، وسوء تنفيذها، وسوء صيانتها وتشغيلها. وهي تتعلق بنوع الأنابيب وقطرها وعمرها الزمني والضغط المطبق فيها وبنظام التشغيل المطبق.

4. هدف البحث

هدف هذا البحث إلى إجراء دراسة تجريبية لتحديد قيم الفواقد المائية في شبكة الجزيرة الثانية بمنطقة تجمع دمر وتحديد مكوناتها (الفواقد الفيزيائية وغير الفيزيائية) وبيان أسبابها، كما أنَّه تطرَّق أيضاً إلى تقييم كفاءة وفعالية الإجراءات التي اتخذت من قبل مؤسسة مياه دمشق عام 2005 لتخفيض الهدر من شبكة مياه مشروع دمر. فضلاً عن ذلك هدف هذا البحث إلى دراسة تأثير نظامي التزويد المستمر والمتقطع في الشبكة في قيم الفواقد المائية ودراسة مدى صلاحية العدادات المنزلية الموجودة في الجزيرة الثانية، من خلال إجراء تجارب مخبرية لاختبار دقة هذه العدادات .

انطلاقاً من أهمية الثروة المائية وضرورة الحفاظ عليها وتأمين خدمة مناسبة ومستدامة لأكبر عدد من المواطنين تأتي أهمية هذا البحث وغيره من البحوث[3,2] التي تسعى لبيان أسباب الهدر و أشكاله ومحاولة مكافحته والتقليل منه للحفاظ على ديمومة هذه الثروة بدءاً من المصدر المائي مروراً بأنظمة الإمداد بالمياه ووصولاً إلى الاستهلاكات بمختلف أنواعها (المنزلية - تجارية).

5. لمحة عن دراسة مؤسسة مياه دمشق لتخفيض الفاقد المائي في منطقة مشروع دمر عام 2005

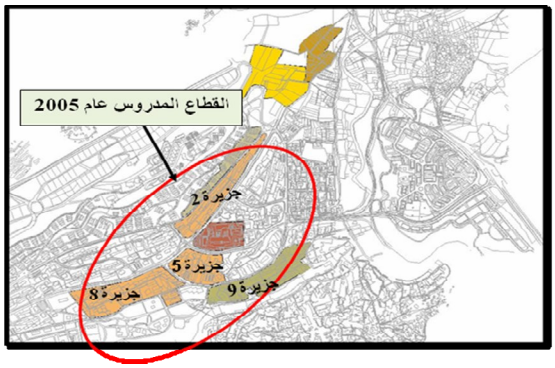
5 -1 المنطقة المدروسة:

في عام 2005 وفي سعيها لتخفيض الفاقد المائي من شبكة مياه دمشق قامت المؤسسة العامة لمياه الشرب والصرف الصحي بإجراء دراسة تجريبية لتحديد قيمة الفاقد المائي في شبكة تجمع دمر الواقعة غرب مدينة دمشق على سفوح جبل قاسيون التي تبعد عن مركز المدينة بحدود 10 كم، وقد اختير قطاع محدد من تجمع دمر لتطبيق الدراسة الحقلية وهي شريحة كاسر الضغط الأوسط وذلك بسبب كون هذه الشريحة محصورة ويمكن عزلها بسهولة.

تتألف هذه الشريحة أو القطاع من مجموعة من جزر مشروع دمر وهي الجزيرة الثانية والثامنة والتاسعة وجزء من الجزيرة الخامسة كما هو مبيّن بالشكل (1).

مصدر التغذية بالمياه لهذا القطاع هو خزان كاسر الضغط الأوسط، ذو السعة 100م^3 ويقع على ارتفاع 840م فوق

سطح البحر ويغذي القطاع بالمياه بخط إسالة بقطر 300مم.



الشكل (1) مخطط قطاع أو شريحة الكاسر الضغط الأوسط وموقع خزان التغذية

5 -2 نتائج دراسة مؤسسة مياه دمشق لعام 2005 :

من خلال التجارب الحقلية التي أجراها طاقم مؤسسة مياه دمشق في تلك المدة إذْ قورِنَتْ كمية المياه المنتجة المسجلة العداد الجماعي (القطاعي) المركب على خزان الكاسر الأوسط بالكمية المستهلكة التي سجلتها عدادات المستهلكين خلال أسبوعين كما هو واضح في الجدول (1)، تبيّن أن نسبة الفاقد المائي من شبكة مياه شريحة الكاسر الضغط الأوسط وصلت إلى **48%** وهي نسبة كبيرة وغير مسموح بها، وذلك بحسب تصنيف مؤسسة أعمال المياه الأمريكية (AWWA) لقيم الفواقد المائية[4] (جدول 2).

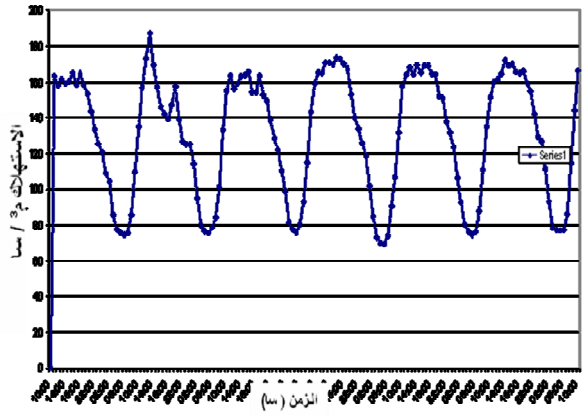
الجدول (1) كمية المياه المنتجة والمستهلكة في المنطقة المدروسة 2005

استهلاك منطقة الدراسة بحسب قراءة العداد الجماعي	7269.932 م^3 / يوم
استهلاك منطقة الدراسة بحسب قراءات العدادات المنزلية	3787.633 م^3/يوم
الهدر من شبكة منطقة الدراسة	3482.33 م^3 / يوم
نسبة الفاقد المائي	% 48

الجدول (2) القيم المعتمدة لتصنيف قيم UFW بحسب (AWWA)

قيم مقبولة. عمليات المراقبة والتحكم مطلوبة	*<10%*
قيم متوسطة، بحاجة لاتباع بعض الإجراءات لتخفيضها	*10-25%*
قيم مرتفعة، إجراءات تخفيضها ضرورية	*>25%*

وقد أظهرت نتائج تجربة قياس الاستهلاك الأصغري الليلي (MNF) وجود تسرب ليلي كبير راوح بين (16 -20 لتر/ثا) مع العلم أن الاستهلاك الوسطي هو (32 لتر/ثا) أي بنسبة 50%. ويبيّن الشكل (2) منحنى الاستهلاك الساعي للمنطقة المدروسة خلال مدة الإمداد المستمر .



الشكل (2) منحنى الاستهلاك الساعي لمشروع دمر في أثناء التجربة (2005)

وبعد قيام فريق المؤسسة بخطوات الكشف على الشبكة خلال مدة امتدت شهرين تقريباً تبيّن أن هذا الفاقد ناتج عن أسباب عدة أهمها :

- العدادات المركبة بشكل مائل والعدادات المعطلة.
- الوصلات غير النظامية من خطوط الشبكة.
- وجود تسرب من الوصلات المنزلية والخطوط الرئيسية ومن صمامات العزل لبعض الجزر.

لذلك قامت مؤسسة مياه دمشق باتخاذ التدابير اللازمة للتقليل من هذا الهدر وكان ذلك من خلال :

إصلاح التسربات جميعها - تغيير صمامات العزل المسربة بين الجزر .

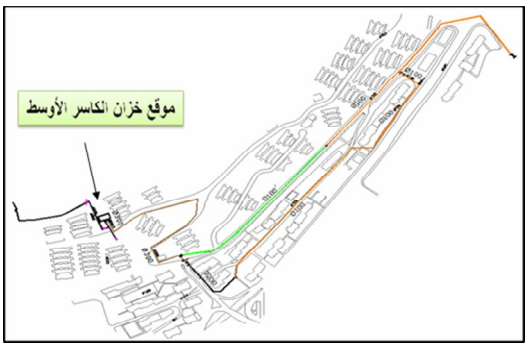
كما قامت باستبدال عدادات الجزيرة الثانية حصراً التي كانت من فئة **B** بعدادات جديدة من فئة **C** التي بلغ عددها الإجمالي 240 عداداً.

6. منطقة الدراسة الحالية للبحث

اختيرت الجزيرة الثانية وهي جزء من القطاع أو الشريحة المدروسة المعالجة سابقاً من قبل مؤسسة مياه دمشق عام 2005، وذلك نظراً إلى سهولة عزلها ومساحتها الصغيرة ولاختبار دقة العدادات المستبدلة. حيث تقع الجزيرة الثانية في الجزء الشمالي الشرقي من مشروع دمر وتبلغ مساحتها زهاء38500 م^2 أمَّا عدد سكانها التقديري فهو 1450 نسمة وعدد المشتركين بالشبكة 243 مشتركاً.

6 - 1 شبكة مياه الجزيرة الثانية:

مدت شبكة مياه الشرب لمشروع دمر بما فيها الجزيرة الثانية عام 1985، وقد ضم مشروع مياه الشرب إدارياً إلى وحدة مياه (قدسيا) التابعة لمؤسسة مياه دمشق. ولا توجد على الشبكة أي فوهات حريق أمَّا بالنسبة إلى الدوائر الحكومية الموصولة مع الشبكة المدروسة فهناك مبنى البلدية فقط، ويبيّن الشكل (3) مخطط شبكة مياه الجزيرة الثانية.



الشكل (3) مخطط شبكة مياه الجزيرة الثانية المدروسة

7.الإجراءات التنفيذية للبحث

اتّبعت إجراءات محددة للتحري عن الفواقد وتحديد نسب مكوناتها المختلفة خلال البحث وتركزت هذه الإجراءات في دراسة ثلاثة محاور إذْ درس كل محور على حدة وبشكل متتالٍ لبيان مقدار تأثيره في قيمة الفاقد المائي، والمحاور المدروسة هي:

1. تأثير نظام الإمداد (التزويد) للشبكة.
2. أخطاء العدادات المنزلية (Class C).
3. تحديد التسربات في الشبكة.

7 - 1 تأثير نظام الإمداد (المستمر والمتقطع):

أولاً: وصف التجربة:

إن موازنة كميات المياه المنتجة والمستهلكة في شبكة الجزيرة الثانية (من خلال كشوف الحسابات المائية لمؤسسة مياه دمشق) كان أمراً صعب التحقيق، وذلك لعدم وجود عداد قطاعي على مدخل الجزيرة يساعد في تحديد كمية المياه المنتجة والداخلة إليها، فضلاً عن أن عمليات حساب الفواتير في مؤسسة مياه دمشق تجري لكامل مشروع دمر، دون تحديد استهلاك كل جزيرة على حدة،

ومن ثمَّ فإنَّ تحديد كمية المياه المستهلكة من شبكة الجزيرة الثانية كان أمراً شائكاً ومعقداً .

لذلك قيست كميات المياه المنتجة والمستهلكة بالجزيرة الثانية حقلياً وعلى أرض الواقع لتحديد نسبة الفاقد المائي من الشبكة المدروسة وذلك وفق الخطوات الآتية:

- تحديد الأبنية السكنية والحكومية الموجودة في الجزيرة الثانية، حيث تضم الجزيرة 12 بناء سكنياً طابقياً وكل بناء يتألف من 4 طوابق فضلاً عن مبنى البلدية ووزِّعَ قارئو العدادات عليها .
- عزل منطقة الدراسة عن المناطق الأخرى لحصر كميات المياه الداخلة إليها .
- تركيب عداد قطاعي فوق صوتي (Ultrasonic) على الخط المغذي لها كما هو مبيّن في الشكل(4) وهو عداد قياس غزارة محمول، ويعمل بالأمواج فوق الصوتية من نوع Portaflow300.

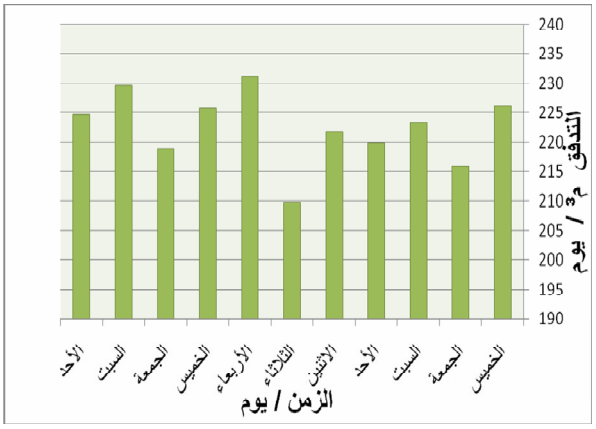
الشكل (4) تركيب العداد الفوق الصوتي (Ultrasonic) على مدخل الشبكة

- في بداية التجربة صُفِّرَ الفوق صوتي وأُخِذَتِ القراءات الأولى للعدادات المنزلية.
- أمَّا في نهاية التجربة فأُخِذَتْ قراءة العداد القطاعي وقراءات العدادات المنزلية مرة ثانية .
- من خلال حساب الفرق بين قراءة العداد الجماعي وقراءات العدادات المنزلية حُدِّدَتْ نسبة الفاقد المائي.

ثانياً: مدة الإمداد المتقطع:

لدراسة تأثير نظام التزويد المتقطع في قيمة الفاقد المائي اتّبعت الخطوات المذكورة سابقاً في سير التجربة التي أجريت في شهر أيار من عام 2010 وامتدت 12 يوماً من 19 /2010/5 حتى 31 / 5 /2010 وذلك من أجل تحديد نسبة الفواقد الكلية من شبكة الجزيرة الثانية خلال مدة التقنين

(12 ساعة يومياً)، وقد تبيّن أن نسبة الفاقد المائي من الشبكة المدروسة في أثناء مدة الإمداد المتقطع وصلت إلى حدود 19 %، ويظهر الشكل (5) مخطط الاستهلاك اليومي للجزيرة الثانية في مدة الإمداد المتقطع.

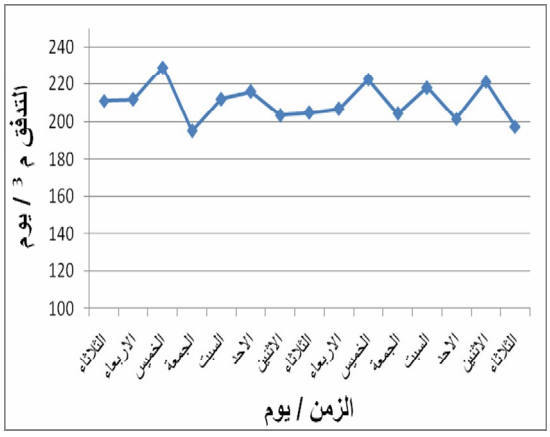


الشكل (5) منحنى الاستهلاك اليومي لمنطقة الدراسة في مدة الإمداد المتقطع

ثالثاً: مدة الإمداد المستمر:

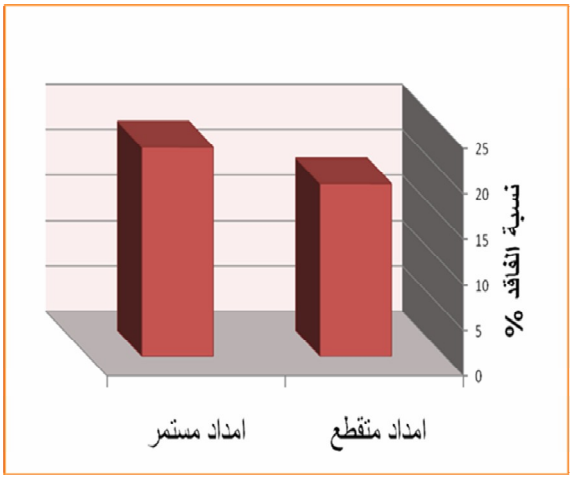
أُعيدتِ التجربة لتحديد نسبة الفاقد المائي، ولكن في مدة التزويد المستمر للشبكة في شهر نيسان من عام 2011 حيث رُكِّبَ العداد القطاعي (الفوق الصوتي) على الخط الداخل للجزيرة المدروسة وأُخذَت قراءاتان للعدادات

المنزلية في بداية التجربة ونهايتها التي استمرت 16 يوماً من 4/ 4 /2011 وحتى 20/ 4 /2011 مع أخذ قراءة العداد القطاعي، وحسبت الفواقد الكلية فكانت زهاء 23 %. ويبيّن الشكل (6) منحني الاستهلاك اليومي في أثناء التجربة في فترة الإمداد المستمر.



الشكل (6) منحنى الاستهلاك اليومي لمنطقة الدراسة في مدة الإمداد المستمر

بمقارنة نتائج التجربتين اتضح أن نسبة الفاقد المائي قد ارتفعت خلال مدة التزويد المستمر ويعود ذلك إلى انخفاض معدل الاستهلاك اليومي وارتفاع الضغط ضمن الشبكة فضلاً عن ازدياد زمن مكث المياه في الشبكة مما أدى إلى ازدياد كمية المياه المتسربة في الأرض. وهكذا فانه يمكننا الاستنتاج أن نظام تزويد الشبكة بالمياه يؤثر في قيمة الفاقد المائي منها ، إذْ إنَّ الفرق بين قيمتي الفاقد في مدتي الإمداد المتقطع والمستمر وصل إلى 4% وذلك كما يوضح الشكل (7).



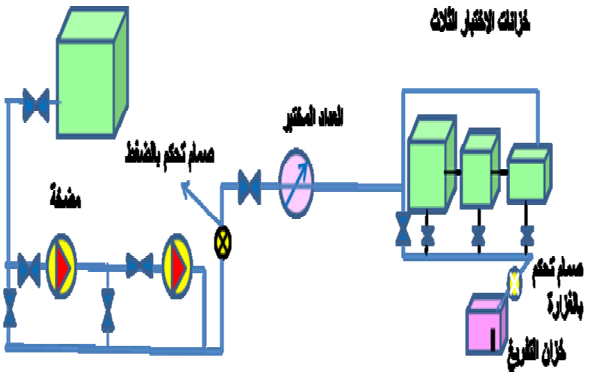
الشكل (7) تغير نسبة الفاقد المائي وفق نظام الإمداد في الشبكة

7 - 2 دراسة أخطاء العدادات المنزلية وتحليلها:

كما استعرض سابقاً، فقد قامت مؤسسة مياه دمشق في عام 2005 باستبدال عدادات الجزيرة الثانية المنزلية التي كانت من صنع معامل الدفاع ومن فئة **B** بعدادات حديثة مستوردة من فئة **C** وبلغ عدد العدادات المستبدلة حينها 240 عداداً. ولتقييم مدى كفاءة هذه العدادات وصلاحيتها، اختيرت عشرة عدادات منزلية من عدادات الجزيرة الثانية بشكل عشوائي. واختُبِرَتْ دقتها باستخدام جهاز معايرة العدادات.

ويبيّن الشكل(8) كروكياً لجهاز الاختبار الذي يتألف من مضختين نابذتين وصمام تحكم بالضغط ومنصة للعدادات وخزانات مياه بحجوم مختلفة (عدد 3) وصمام تحكم بالغزارة، وتعتمد منصة معايرة العدادات على مبدأ المعايرة الحجمية من خلال إمرار كمية من المياه في العداد وحجز هذه الكمية في خزان معروف الحجم

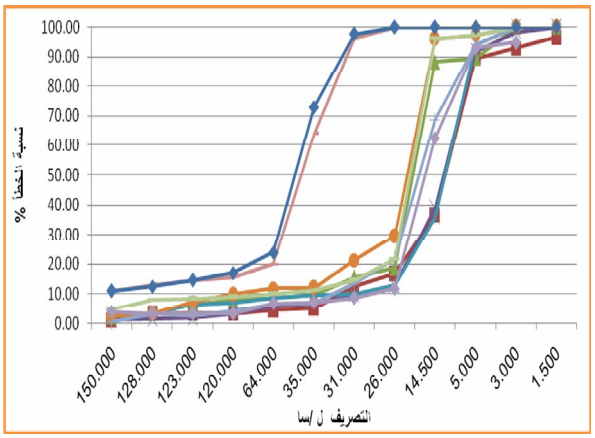
ومقارنة بكمية المياه المحجوزة بالخزان بكمية المياه المارة بالعداد تُحدَّدُ نسبة خطأ العداد.



الشكل (8) كروكي لمنصة معايرة العدادات المستخدمة

7 - 2 - 1 نتائج اختبار العدادات:

اختُبِرَتْ دقة العدادات المنزلية عند سحب المياه مباشرة من العداد وذلك لإظهار علاقة خطأ تسجيل العدادات مع التصريف المار من خلاله ، حيث سجلت كمية المياه المرصودة بالعدادات وقورنت بالكمية المارة به فعلاً التي قيست حجمياً مع تحديد الزمن اللازم لمرورها. ورُسِمَ المنحنى الذي يربط بين خطأ تسجيل العداد والتصريف المار به كما في الشكل (9).



الشكل (9) العلاقة بين خطأ تسجيل العداد والتصريف المار به

ويتضح من هذا المنحنى أن خطا تسجيل العداد يزداد بنقصان معدل التدفق المار به، كما نستنتج أن معظم العدادات لا تتحسس نهائياً لتصاريف أقل من 15 / سا كما أنه يمكن الاستنتاج أن خطأ العداد يصبح ضمن قيم الخطأ المنطقية له أي أقل من 5 % [6] - عندما يزيد معدل التدفق على 35 / سا .

ويتبيّن من الشكل السابق أن هناك عددين شاذين من أصل عشرة عدادات مختبرة وأخطاء تسجيلهما عالية مقارنة بالعدادات الأخرى إذْ نجد أن خطأ العدادين أكبر بمقدار مرتين تقريباً من الخطأ المتوقع للعدادات الأخرى من أجل قيم التصريف نفسها. ومن ثمَّ يمكن الاستنتاج أن 20% تقريباً من العدادات المنزلية المركبة بالجزيرة الثانية هي عدادات ذات دقة منخفضة بشكل كبير.

7 - 3 تحديد التسربات في شبكة مياه الجزيرة الثانية:

تعدُّ طريقة قياس التدفق الليلي الأصغري (MNF) من أهم الطرائق المتبعة لتحديد نسبة التسربات في قطاع ما من الشبكة، إذْ يكون الضاغط خلال الليل أعظمياً والاستهلاك أصغرياً ومن ثمَّ فإن التسربات تظهر بشكل أوضح، وذلك وفق العلاقة الأسية التي تربط بين ضغط تشغيل الشبكة والتسربات منها:

$$L = L_0 * (P/P_0)^n \quad \text{علاقة (2)} \quad [5]$$

L : غزارة التسرب بعد خفض ضغط التشغيل.

L_0 : غزارة التسرب قبل خفض ضغط التشغيل.

P: ضغط الشبكة بعد خفض ضغط التشغيل.

P_0: ضغط الشبكة قبل خفض ضغط التشغيل.

n: المعامل الأسي (0.6 - 2.5) .

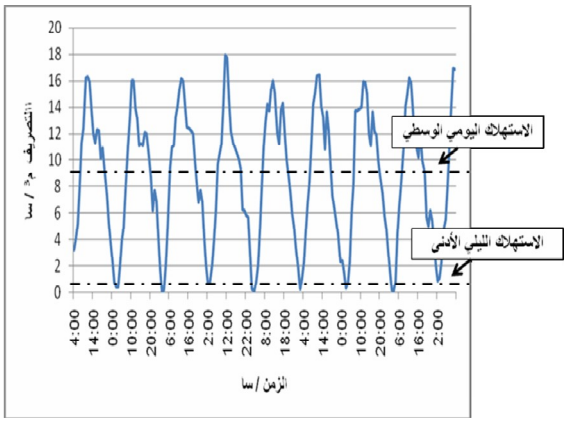
يحدث هذا التدفق في ساعات الصباح الباكر، أي تقريباً بين الساعة 12 ليلاً و5 صباحاً إذْ يجب أن تكون قيمته

أقرب إلى الصفر، لأن استهلاك المياه يكون أصغرياً في الليل، أمَّا في حال كانت قيمته كبيرة وتجاوزت حداً معيناً فيعتمد على النشاطات الموجودة في المنطقة (معامل ومستشفيات والخ ..) فهذا مؤشر على وجود تسرب من أنابيب الشبكة. ويمكننا أن نقيم حجم التسرب من خلال مقارنة التدفق الليلي بالتدفق اليومي الوسطي [7] كما يأتي:

MNF<35%Qd,av ⟸ تسرب بسيط

MNF>50%Q d,av ⟹تسرب كبير

وقد أظهر منحنى الاستهلاك الساعي لمنطقة الدراسة في مدة الإمداد المستمر الذي قيسَ خلال البحث في المد الممتدة بين(4 20 /4/ 2011) المبيّن بالشكل (10)، أن الاستهلاك الليلي الأدنى صغير جداً وهو يساوي وسطياً 0.4 م^3 / سا ونسبته من قيمة التدفق الساعي الوسطي الذي يعادل(8.8) م^3/سا نحو 4.5%، لذا يمكن الاستنتاج أنه لا يوجد تسرب ملحوظ من أنابيب الشبكة، ويمكن أن يقتصر الأمر على رشوحات بسيطة من الوصلات المنزلية، ومن ثمَّ فإنه يمكن إهمال أثر التسربات في نسبة الفواقد الموجودة في شبكة الجزيرة الثانية .



الشكل(10) منحنى الاستهلاك الساعي في مدة الإمداد المستمر لمنطقة الدراسة

8. نتائج البحث

حُدِّدَتْ من خلال البحث نسبة الفاقد المائي الكلي في شبكة مياه الجزيرة الثانية بدمر، وحُدِّدَتْ مكوناته (الفيزيائية والإدارية)، كما دُرسَ تأثير نظام الإمداد في قيمة الفواقد وقُيِّمتْ إجراءات مؤسسة مياه دمشق المطبقة في عام 2005 لتخفيض الفاقد المائي في منطقة مشروع دمر، وكانت النتائج كما يأتي :

1 **-** قيمة الفاقد المائي في شبكة مياه الجزيرة الثانية كانت 23 % .

2 - الفواقد الفيزيائية **:**

تبيّن من منحنى التدفق الليلي الأصغري لمنطقة الدراسة كما في الشكل (10) أن قيمة الاستهلاك الليلي صغيرة جداً وهي تساوي وسطياً 0.4 م^3 / سا ونسبته من قيمة التدفق اليومي الوسطي هي :

MNF = 4.5 % Q d,av

لذلك يمكن الاستنتاج أنه لا توجد تسربات واضحة من أنابيب الشبكة، أمَّا النسبة الصغيرة للتدفق الليلي فيمكن أن تعزى إلى استهلاكات منزلية قليلة في الليل أو رشوحات غير ظاهرة في الوصلات المنزلية، لا يمكن تحديدها أو إلى أخطاء في قراءة العدادات .

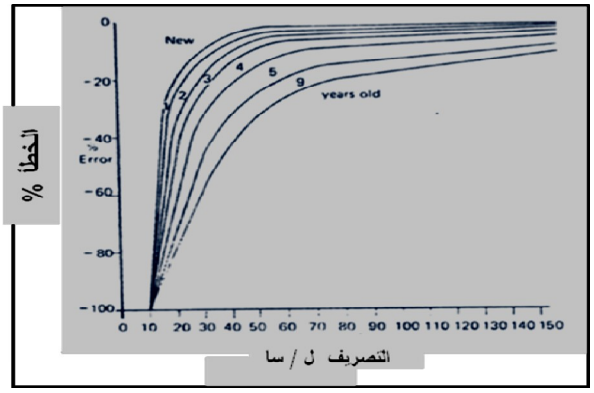
وقد تبيّن من خلال الكشف على أنابيب الشبكة في منطقة الدراسة أنَّها مُدَّتْ ضمن أنفاق خدمة وهي ليست مطمورة في التربة، وهذا ما يفسر خلوها من التشققات والتسربات على الرغم من عمرها الطويل، فهي محمية من العوامل المسببة للاهتراء والتآكل بتأثير التربة أو الكسر نتيجة لأعمال الحفريات أو الحمولات المرورية وغيرها.

3 - الفواقد الإدارية (غير الفيزيائية)

أظهر منحنى الاستهلاك الساعي للجزيرة الثانية أن قيمة الاستهلاك الساعي الوسطي خلال مدة التجربة كانت 8.8م^3/سا وعدد العدادات المنزلية الإجمالي حالياً (243 عداداً)، ومن ثمَّ فإن قيمة التدفق الساعي الوسطي المار بالعداد خلال مدة التجربة يساوي 36 /سا، ومن منحنى العلاقة الذي يربط بين التصريف المار بالعداد وخطأ تسجيله الوارد في الشكل (9)، يتضح لدينا أن 80% من العدادات كانت نسبة خطأ تسجيلها نحو 7%، و20% منها كان بنسبة خطأ 70%.

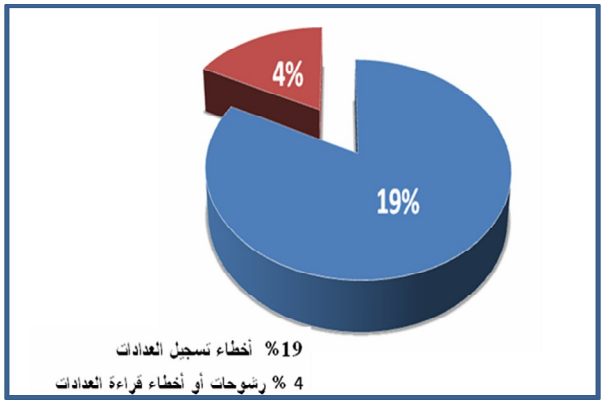
وباستخدام طريقة الوسط الموزون[8] نستنتج أن أخطاء تسجيل العدادات المنزلية تشكل 19% من قيمة الاستهلاك اليومي الوسطي. كما تبيّن من خلال مسح مسار الشبكة وفي أثناء أخذ قراءات العدادات المنزلية، عدم وجود أية تعديات أو سرقة للمياه من قبل المواطنين. وبشكل عام تعدُّ منطقة دمر من المناطق المنظمة والحديثة، وهي خالية من مناطق المخالفات، ولذلك فإن احتمال وجود وصلات غير شرعية فيها، احتمال ضئيل جداً.

4 - إن تركيب العدادات منذ خمس سنوات عام 2005 قد أسهم في زيادة أخطاء تسجيل العدادات المنزلية لتصل نسبتها إلى 19%، ويظهر الشكل (11) العلاقة التي تربط بين النسبة المئوية لخطأ العداد والتدفق المار به، وذلك من أجل أعمار تركيب مختلفة [9].



الشكل(11) تأثير زيادة عمر تركيب العداد في زيادة نسبة خطأه

5 - إن 4% من الفواقد الكلية الباقية يمكن أن تعزى إلى رشوحات من الوصلات المنزلية لا يمكن تحديدها. أو إلى أخطاء في قراءة العدادات. ويبيّن الشكل(12) كيفية توزع مكونات الفواقد الكلية في شبكة مياه الجزيرة الثانية.



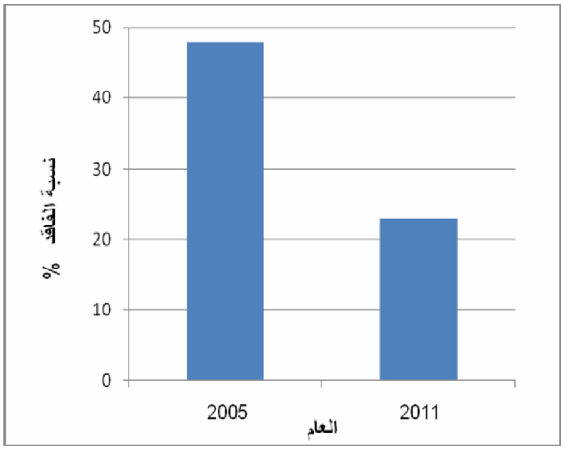
الشكل(12) توزع مكونات الفواقد الكلية في منطقة الدراسة

6 - هناك تقريباً 20% من العدادات المنزلية ذات نسبة خطأ عالية، وخطأها أكبر بمقدار مرتين تقريباً من الخطأ المتوقع للعدادات الأخرى من أجل قيمة التصريف نفسها. ويمكن أن يعزى ذلك إلى عمر تركيب العدادات منذ خمس سنوات، وهو سؤال يمكن الإجابة عنه في بحث في المستقبل .

7 - استُنتِجَ أن لنظام التزويد بالمياه تأثيراً كبيراً في قيمة الفواقد من الشبكة، فقد تبيّن من خلال البحث أن نسبة الفاقد المائي ارتفعت من 19% في مدة الإمداد المتقطع إلى 23% في مدة الإمداد المستمر.

8 - تبيّن أيضاً من خلال البحث أن إجراءات المؤسسة العامة لمياه الشرب والصرف الصحي في عام 2005 قد أسهمت إسهاماً فعالاً وكبيراً في تقليص الفاقد المائي في منطقة مشروع دمر، إذْ انخفضت نسبة الفاقد المائي من

48% إلى 23% وهي نسبة مقبولة، كما يوضح الشكل (13)، علماً أن التقييم جرى بعد مدة خمس سنوات.



الشكل(13) تغيّر نسبة الفاقد المائي قبل إجراءات مؤسسة مياه دمشق في دمر وبعدها

9.التوصيات

- ✓ يجب أن تكون عمليات التحكم بالفاقد المائي وتخفيضه عمليات مستمرة ومتكررة ولا تطبق مرة واحدة فقط.
- ✓ إجراء تقييم كامل من خلال مقارنة الفواقد المقيسة حقلياً في الجزيرة الثانية بتجمع دمر مع اختبار عينات من العدادات في المخبر ، وذلك بهدف تحديد العمر الاقتصادي للعدادات.
- ✓ وضع برنامج معين ضمن نظام حساب الفواتير في المؤسسة، لمراقبة استهلاك العدادات المنزلية وتحديد العدادات التي تبدي انخفاضاً تدريجياً في القيم التي تسجلها لاستبدالها أو تصليحها.
- ✓ تركيب عداد المياه المنزلي بطريقة صحيحة وسليمة.
- ✓ تقسيم الشبكة إلى قطاعات وتركيب عدادات قطاعية على مداخلها مما يسهل عمليات مراقبة الفاقد المائي ضمن الشبكة ، ولا يكتفى فقط بتركيب العدادات في مراكز الإنتاج ومحطات الضخ.

المراجع:

1. Prof. Zeno.2005. Management of Water Demand, Damascus University journal for Engineering Science, Bookbinder 21.
2. Eng. Marco Fantozzi.2009, Progress in Water Loss Management in Italy: results achieved.
3. Teodor POPA .2007, Water loss management in the distribution system of Brasov city, Brasov Company.
4. Saroj Sharma. 2008, Performance Indicators of Water Losses in Distribution System.
5. Julian Thornton. . 2003, Managing Leakage by Managing Pressure, A Practical Approach. The IWA Water Losses Task Force, Water 21 - Article No.3.
6. Arregui F. et Al. 2007, Integrated Water Meter Management, IWA Publishing.
7. Prof .AL Moufti .2007. Unaccounted for Water in Water Distribution Systems, Master lectures, Faculty of Civil Engineering, Damascus University.
8. Hamed .2003, Quantitative Analysis, series of Arab Countries Development, issue 20 Prof. Zeno.2006. Water Use Efficiency in Cities and Townships, Tempus Meda program.

تاريخ ورود البحث إلى مجلة جامعة دمشق 2011/8/22.