مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (37) العدد (1) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (37) No. (1) 2015

إمكانية ترشيد استهلاك الوقود وحماية البيئة عند تسخين الماء

الدكتور هيثم سعيد حسن*

(تاريخ الإيداع 12 / 10 / 2014. قُبِل للنشر في 8/ 1 / 2015)

□ ملخّص □

يهدف هذا البحث إلى محاولة ترشيد استهلاك الوقود وحماية البيئة عند تسخين الماء، عن طريق مقارنة أساليب الاستعمال الأكثر انتشاراً لحوامل الطاقة الأولية والنهائية في بلدنا، على سبيل المثال تسخين الماء بواسطة الكهرباء المولدة بالفيول والغاز، أو الاستخدام المباشر للغاز والمازوت في تسخين الماء، وتم حساب كلفة تسخين مياه الاستخدام المنزلي بالطرق المختلفة لإيجاد الطريقة الأقل كلفة وتجنب ألإضرار بالبيئة.

بلغ في هذا البحث مقدار ترشيد استهلاك الطاقة الأولية للازمة لتسخين الماء عند استخدام المراجل العاملة على الغاز والمازوت بحوالي 4 أضعاف أكثر بالمقارنة مع أسلوب استخدام الكهرباء المولدة بالغاز والفيول، نتيجة لذلك كانت كلفة تسخين الماء باستخدام موقد الغاز أقل بحوالي 4 أضعاف ، بينما كانت كلفة تسخين الماء باستخدام مرجل الغاز أقل بحوالي 10 أضعاف مقارنة مع كلفة التسخين بالكهرباء، كما أظهر هذا البحث أن استخدام الوقود الغازي هو الطريقة الأفضل لتسخين الماء بما يتعلق بترشيد استهلاك الوقود وحماية البيئة.

الكلمات المفتاحية: تسخين الماء – ترشيد استهلاك الوقود – حماية البيئة–– حوامل الطاقة الأولية– حوامل الطاقة النهائية.

* أستاذ مساعد – قسم هندسة القوى الميكانيكية – كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية – جامعة البعث – حمص – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (37) العدد (1) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (37) No. (1) 2015

Fuel Conservation Opportunities and Environment Protection in Water Heating

Dr. Haitham Saeed hasan*

(Received 12 / 10 / 2014. Accepted 8 / 1 / 2015)

□ ABSTRACT □

The research aims to reach fuel conservation opportunities and environment Protection while heating the water, by comparing the most common uses of primary and secondary energy carriers in our country . For example, water heating using electricity generated by fuel oil and gas, or the direct use of gas and diesel oil for water heating.

The coast of heating the water domestic uses was calculated by various ways, in order to find a low coast method and to avoid environmental damage.

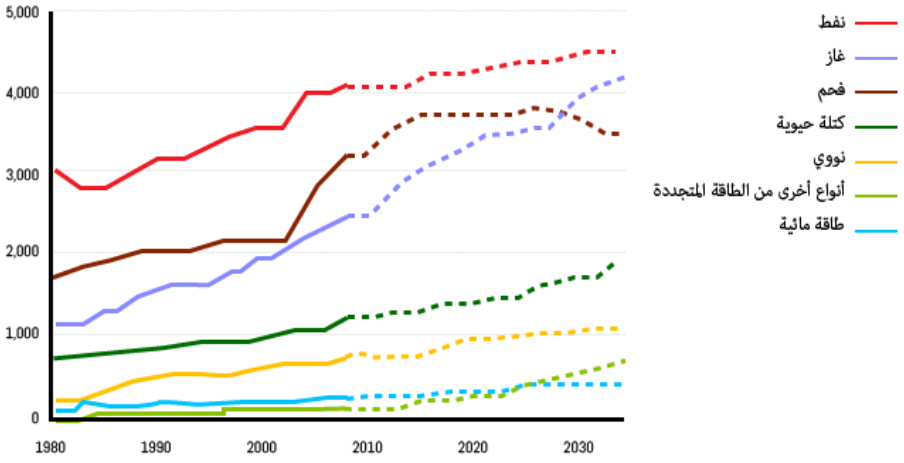
In this research ,the conservation of primary energy for water heating while using gas and diesel oil boilers, was 4 times larger compared to the use of electricity generated by gas and fuel oil .As a result, the coast of water heating using gas burner was 4 times lower, while the coast of water heating using gas boiler was 10 times lower, compared to the coast of electricity heating method. this research also showed, that the use of gas fuel , is the best water heating method, concerning fuel conservation and environment Protection.

Key Word: water heating - fuel conservation - environment Protection - primary energy carriers - secondary energy carriers

***Associate Professor, Department of Mechanical Power Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Al-Baath University, Homs, Syria.**

مقدمة:

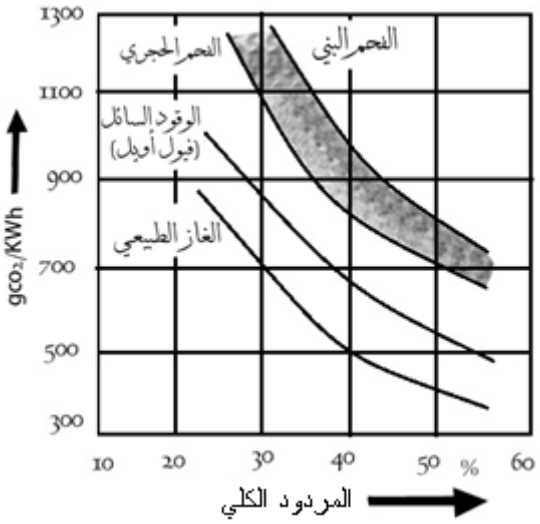
نتيجة الطلب المتزايد على الطاقة وانخفاض الاحتياطات العالمية من الوقود الأحفوري ، توجب علينا ترشيد استهلاك الطاقة واستخدام مواردها المتوفرة بشكل أمثل دون المساس بمعدلات النمو الاقتصادية والاجتماعية المطلوبة ، حيث أن ترشيد استهلاك الطاقة لا يعني تقليل الاستهلاك وإنما الاستخدام الأمثل والوصول إلى الهدف المطلوب دون هدر أو ضياعات [1] لذلك تولي الدول في مختلف إنحاء العالم أهمية بالغة لهذا الموضوع بالإضافة إلى التهديدات البيئية التي تواجه كوكبنا كظاهرة الاحتباس الحراري بشكل خاص والتلوث البيئي بشكل عام ، حيث يعتبر حرق الوقود الأحفوري السبب الرئيس لها، حيث تبلغ مساهمة غاز ثاني أكسيد الكربون في نشوء ظاهرة الاحتباس الحراري بحوالي 61% كما أن الغازات الأخرى الناتجة عن احتراق الوقود تؤدي بشكل متفاوت حسب نوع الوقود وطريقة حرقه إلى تلوث الهواء والماء والتربة، وتؤثر بشكل مباشر على هواء التنفس وماء الشرب والغذاء، وعلى الإنسان والحيوان والنبات على حد سواء ، كما تضر بالمنشآت الهندسية والمدنية والأثرية أيضا"[2]. تتوقع بعض الدراسات المهتمة بالطاقة بأن تصاعد استهلاك الطاقة في عام 2060 قد يتضاعف بمقدار 4 مرات على ما هو عليه الآن وبذلك ستزداد مشاكل تأمين الطاقة الحالية وعواقب الانحباس الحراري بنفس المعدل ، وستتجه مصادر الوقود الأحفوري بسرعة نحو النفاذ [3]



الشكل (1) متطلبات الطاقة العالمية الرئيسية حتى عام 2035 مقدرة بمليون طن وقود مكافئ[1]

تهتم الدراسات والأبحاث العلمية التي تعنى بترشيد استهلاك الطاقة بالتحويل من نوع وقود إلى آخر، حيث يعتمد ذلك على نوع الوقود المتوفر وعلى سعره وقيمته الحرارية، ومن ثم يتم المفاضلة من حيث كمية الطاقة الفعلية المستهلكة ومردود النظام الحالي قبل تبديل الوقود وبعد استخدام الوقود الجديد، ومن ثم مقارنة الكلفة الحالية للوقود المستخدم والكلفة المتوقعة للوقود الجديد وعليه يتم الاختيار[4] .كما يتم في الوقت الحاضر إدخال عاملا" جديدا" يتعلق بتأثير حرق الوقود على البيئة حيث يجب عند اختيار نوع الوقود المستخدم الأخذ بعين الاعتبار التأثيرات البيئية لكل نوع من أنواع الوقود المتوفرة بالإضافة إلى العوامل الأخرى المعتبرة ، كما أن زيادة مردود معدات وأجهزة حرق الوقود تؤدي إلى تخفيض استهلاك الوقود وبالتالي تخفيض التأثيرات البيئية السلبية بنفس المعدل[5]. يظهر الشكل(**2**) انه

بالإمكان تخفيض انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون عند توليد الطاقة الكهربائية عن طريق رفع مردود محطات توليد الطاقة الكهربائية ، والاستعاضة عن وقود معين بوقود آخر، حيث نلاحظ أنه من أجل الوقود الغازي تكون الأنبعاثات أصغريه مقارنة بأنواع الوقود الأخرى كالوقود السائل(الفيول) والفحم الحجري حيث يعتبر الفحم البني النوع الأسوأ في هذا المجال لذلك يمتلك الوقود الغازي نقاطا" ايجابية في هذا المجال عند مقارنته بالأنواع الأخرى [2]



الشكل(2) الإصدار النوعي CO_2 لمحطات توليد الطاقة الكهربائية وعلاقته بالمردود الكلي ونوع الوقود[2]

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلى محاولة ترشيد استهلاك الوقود وحماية البيئة عند تسخين الماء عن طريق مقارنة طرق استعمال حوامل(أشكال) الطاقة الأولية الأكثر استخداما" في بلدنا، كالفيول والغاز لتوليد الكهرباء واستخدام الغاز والمازوت بشكل مباشر من أجل تسخين المياه، وحساب كلفة تسخين مياه الاستخدام المنزلي بالطرق المختلفة وإيجاد الطريقة الأفضل التي تحقق الوفر الاقتصادي وتحافظ على سلامة البيئة من التلوث ، حيث أن ترشيد استهلاك الوقود بشكل عام ووقود التدفئة والاستخدامات المنزلية للطاقة بشكل خاص يقلل من انبعاث الغازات الضارة بالبيئة، عند حرق الوقود الأحفوري ويحقق الوفر الاقتصادي في ظل ارتفاع أسعار حوامل الطاقة.

تكمن أهمية البحث في محاولة ترشيد استهلاك الوقود نظراً لارتفاع أسعاره، وتطبيق إجراءات وقائية لحماية البيئة، وتأمين احتياجات الإنسان من الطاقة دون هدرها ، وتخفيض الضياعات عند استخدام الوقود الاحفوري .

طرائق البحث وموارده:

إجراء مقارنة تحليلية لمصادر مختلفة للوقود وأساليب متعددة تستعمل في تسخين مياه الاستخدام المنزلي، وتقييم حوامل الطاقة الأولية والنهائية اقتصاديا" وبيئيا"، ثم إجراء الحسابات المتعلقة بالمردود والحسابات الاقتصادية المساعدة في تحديد المصدر الأفضل للطاقة والأسلوب المناسب في حرق الوقود المختار ، الذي يراعي المتطلبات البيئية ويؤمن توفيرا" في الكلفة عند تسخين المياه.

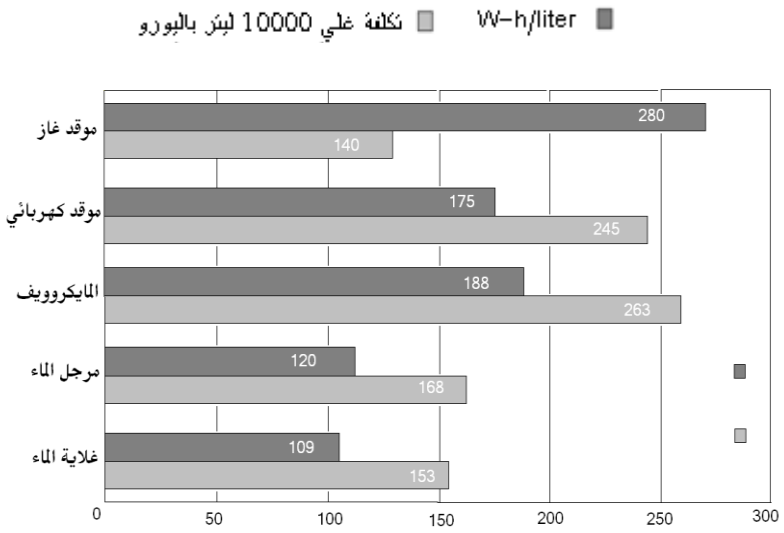
النتائج والمناقشة:

تم إجراء هذا البحث في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة البعث وبالتعاون مع محطة الزارة الحرارية لتوليد الكهرباء ،حيث تم مقارنة استعمال حوامل(أشكال) الطاقة الأولية والنهائية الأكثر استخداما" في بلدنا ، كالفيول والغاز لتوليد الكهرباء واستخدام الغاز والمازوت بشكل مباشر في المواقد والمراجل، من أجل تأمين الماء الساخن لعائلة مؤلفة من أربعة أشخاص كنموذج يمكن تعميمه. تعتبر الطاقة بشكلها الأساسي قبل جعلها جاهزة للاستخدام أولية كالفحم والأشعة الشمسية والرياح ...أما الطاقة النهائية فتكون بالشكل الذي تقدم فيه للمستهلك كالغاز والكهرباء والبخار... أما الطاقة المفيدة فهي الطاقة بالشكل الذي يستفيد منه المستهلك كالإضاءة وحرارة التدفئة والتسخين.. الجدول (1)

الجدول (1) مراحل تحول الطاقة

المفهوم	التعريف	أشكال الطاقة أو حوامل الطاقة
الطاقة الأولية	الطاقة بشكلها الأساسي قبل جعلها جاهزة للاستخدام بطريقة هندسية	النفط الخام ، الفحم ، يورانيوم، الأشعة الشمسية الرياح
الطاقة النهائية	الطاقة بالشكل الذي تقدم فيه للمستهلك	الغاز الطبيعي،الوقود السائل ، الكهرباء ، البخار (للتدفئة)
الطاقة المستفاد منها	الطاقة بالشكل الذي يستفيد منه المستهلك	الإضاءة ،حرارة التدفئة ، طاقة تشغيل الآلات والمركبات.

أجريت أبحاث عديدة بهدف الوصول إلى الاستخدام الأمثل لموارد الطاقة[7] [6] حيث أظهرت الدراسة[3] التي شملت مقارنة الأجهزة الكهربائية المختلفة عند حساب كلفة غلي الماء بالطرق المختلفة ، بالإضافة إلى التسخين بموقد الغاز المنزلي كما في الشكل(3) حيث يظن أن كلفة استهلاك الطاقة عند استخدام موقد الغاز هي الأكبر بالرغم من أن وقود الغاز هو الأرخص ثمنا ، ويعود سبب ذلك إلى الخلط بين أنواع الطاقة التي تمت مقارنتها حيث أن كمية الحرارة اللازمة لغلي الماء هي الطاقة المفيدة التي يستفيد منها المستهلك، والقيم المذكورة في الشكل هي الطاقة النهائية وتمت المقارنة بين استخدام الغاز والكهرباء اعتمادا" عليها ، لأنه تصعب مقارنة الأشكال الأولية للطاقة. فمن أجل توليد الكهرباء التي تعتبر طاقة نهائية يستخدم الوقود السائل أو الصلب أو الغازي ، وهي طاقة أولية أما في حالة غلي الماء بالغاز فهو الطاقة الأولية والنهائية؛ لذلك سنقوم في بحثنا بمقارنة حوامل(أشكال) الطاقة التقليدية اعتمادا" على استهلاك الطاقة الأولية عند تسخين المياه.



الشكل(3) كلفة غلي الماء وكمية الطاقة اللازمة[3]

يحتاج الشخص وسطيا" بين40−70 لتر من الماء الساخن لمختلف الاستخدامات يوميا" عند درجة حرارة 60 °C وقد اخترنا في البحث الحد الأدنى ويمكننا بواسطة العلاقة (1) حساب كمية الحرارة اللازمة لتأمين الماء الساخن للعائلة المدروسة في بحثنا يومياً [8]:

$$Q = m\,C\,(T_2 - T_1) = 33.44 \quad MJ/day \ldots\ldots (1)$$

حيث: $-T_1$ درجة حرارة الماء البارد (10 °C) ، $-T_2$ درجة حرارة الماء الساخن (60 °C)

$-C$ السعة الحرارية للماء ($4.18\ \frac{KJ}{Kg\cdot K}$) $-m$ كتلة الماء المستهلكة يومياً (160 Kg)

قمنا من أجل تأمين هذه الكمية من الطاقة باستخدام أساليب مختلفة للتسخين وأنواع متعددة من الوقود، كالسخان الكهربائي وموقد الكهرباء المولدة بالفيول والغاز وباستخدام موقد الغاز والمراجل العاملة على الغاز والمازوت. تبين الأشكال (4÷ 9) تسلسل عمليات تحول الطاقة الأولية حتى الوصول إلى الطاقة المفيدة في الحالات المدروسة لتسخين الماء باستخدام: 1− موقد الغاز المنزلي(غاز البوتان) الشكل(4)

2− موقد الكهرباء التي تم الحصول عليها من محطات توليد الكهرباء العاملة على الغاز الشكل(5)

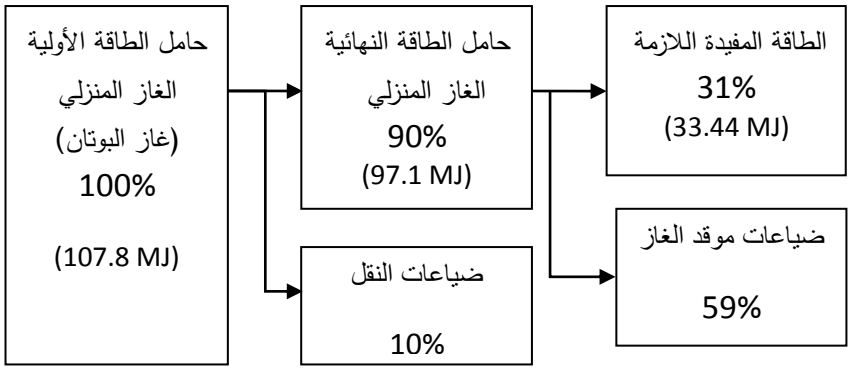
3− موقد الكهرباء التي تم الحصول عليها من محطات توليد الكهرباء العاملة على الفيول الشكل(6)

4− المرجل العامل على المازوت الشكل(7)

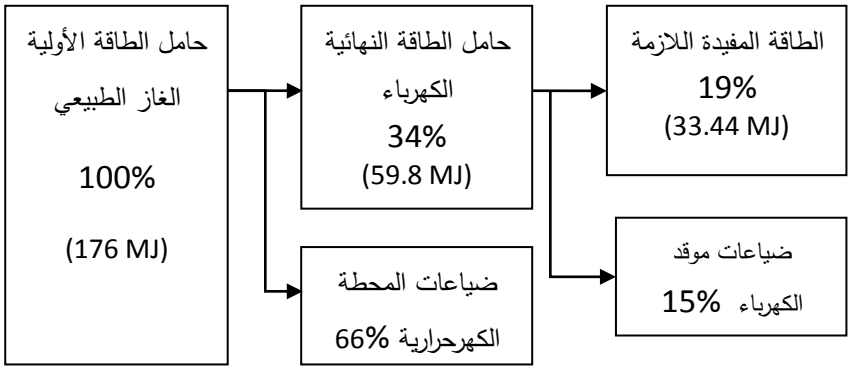
5− المرجل العامل على الغاز المنزلي(غاز البوتان) الشكل(8)

6− سخان الكهرباء التي تم الحصول عليها من محطات توليد الكهرباء العاملة على وقود الغاز الشكل(9)

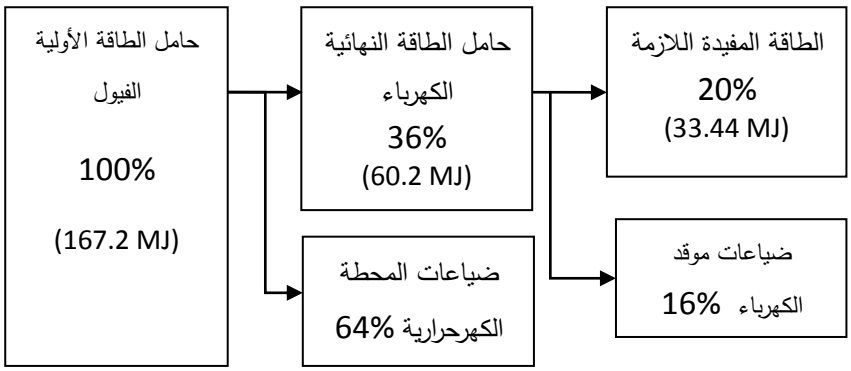
تظهر الأشكال (4÷ 9) قيم الطاقة الأولية والنهائية اللازمة لتسخين كمية الماء المطلوبة وكمية الطاقة المفيدة حيث نلاحظ أن الاختلاف بينها يعود إلى اختلاف الضياعات ، وبالتالي مردود عملية تحويل الطاقة الأولية إلى نهائية ثم مفيدة، لذلك نلاحظ انخفاض كمية الطاقة الأولية اللازمة عند استخدام المراجل العاملة على المازوت والغاز لارتفاع مردودها 70÷80 في حين نلاحظ ارتفاع كمية الطاقة الأولية اللازمة لتوليد الكهرباء، ويعود ذلك لانخفاض مردود محطات توليد الكهرباء العاملة على الفيول والغاز والتي تتراوح وسطيا" 36÷34



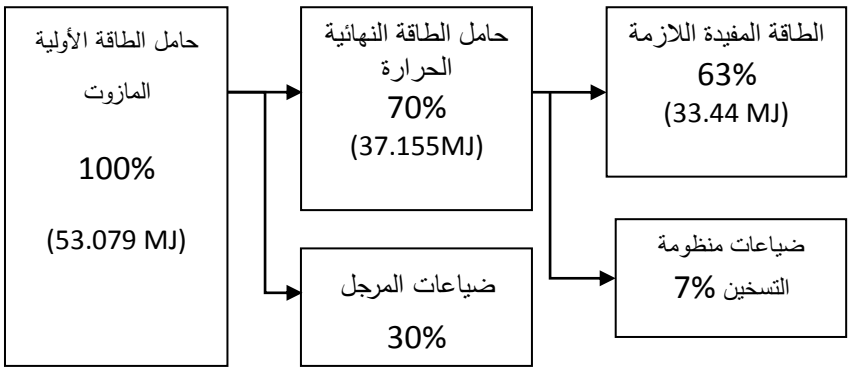
الشكل(4) تسخين الماء بواسطة موقد الغاز المنزلي(غاز البوتان)



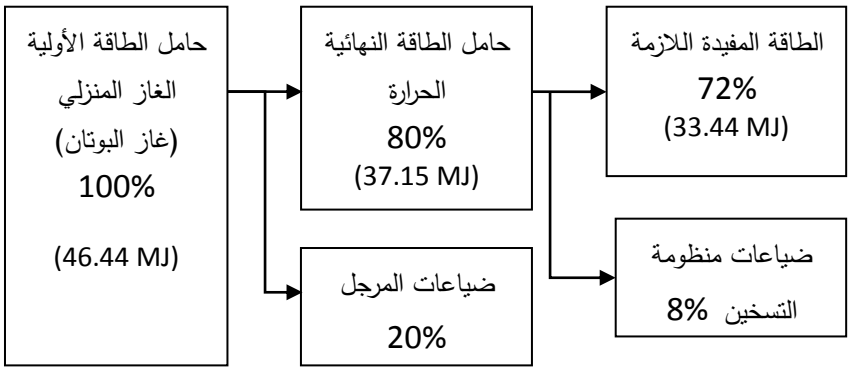
الشكل(5) تسخين الماء بموقد الكهرباء التي تم الحصول عليها من محطات توليد الكهرباء العاملة على الغاز



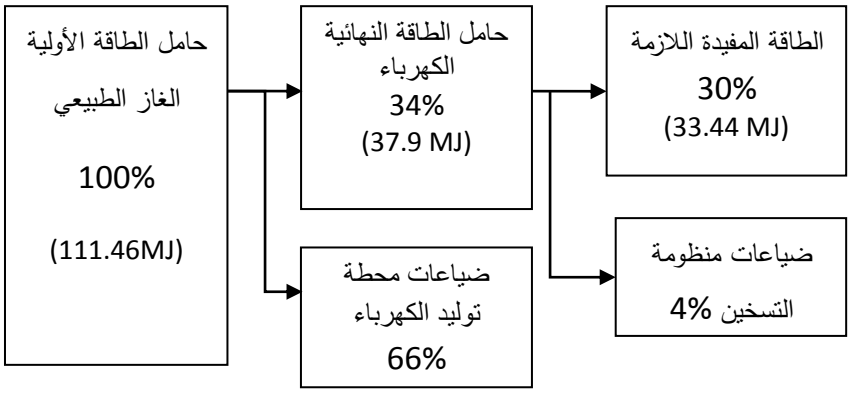
الشكل(6) تسخين الماء بموقد الكهرباء التي تم الحصول عليها من محطات توليد الكهرباء العاملة على الفيول



الشكل(7) تسخين الماء بواسطة المرجل العامل على المازوت



الشكل(8) تسخين الماء بواسطة المرجل العامل على الغاز المنزلي(غاز البوتان)



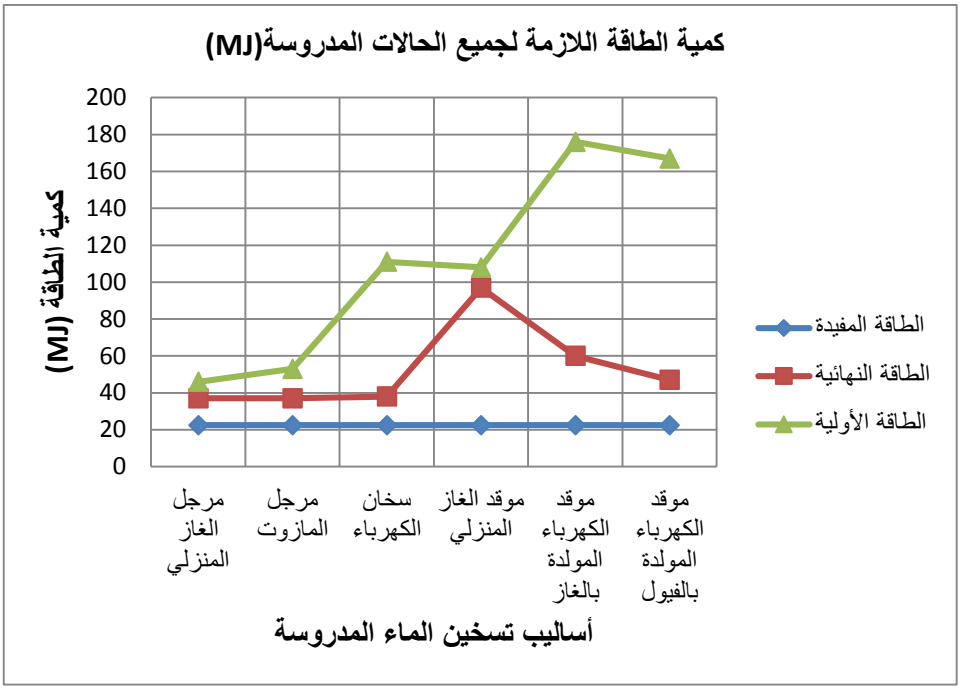
الشكل(9) تسخين الماء بسخان الكهرباء التي تم الحصول عليها من محطات توليد الكهرباء العاملة على الغاز

يبين الجدول(2) القيم الحسابية لمقادير الطاقة الأولية والنهائية والمفيدة من أجل الحالات المدروسة عند استخدام الأساليب المختلفة لتسخين الماء.

الجدول(2) القيم الحسابية لمقادير الطاقة الأولية والنهائية والمفيدة والكلفة من أجل الحالات المدروسة

أسلوب التسخين ونوع الوقود	الطاقة الأولية اللازمة للتسخين MJ	الطاقة النهائية اللازمة للتسخين MJ (kw–h)	الطاقة المفيدة اللازمة للتسخين MJ	كلفة الطاقة الأولية ل.س	كلفة الطاقة النهائية ل.س
مرجل الغاز المنزلي(غازالبوتان)	46.44	37.15	33.44	15	12
مرجل التسخين بالمازوت	53.08	37.15	33.44	118	83
سخان الكهرباء المولدة بالغاز	111.46	37.89 (10.52)	33.44	204	74
موقد الغاز المنزلي(غازالبوتان)	107.87	97.1	33.44	35	31
موقد الكهرباء المولدة بالغاز	176	59.84 (16.62)	33.44	322	116
موقد الكهرباء المولدة بالفيول	167.2	60.2 (16.72)	33.44	232	116

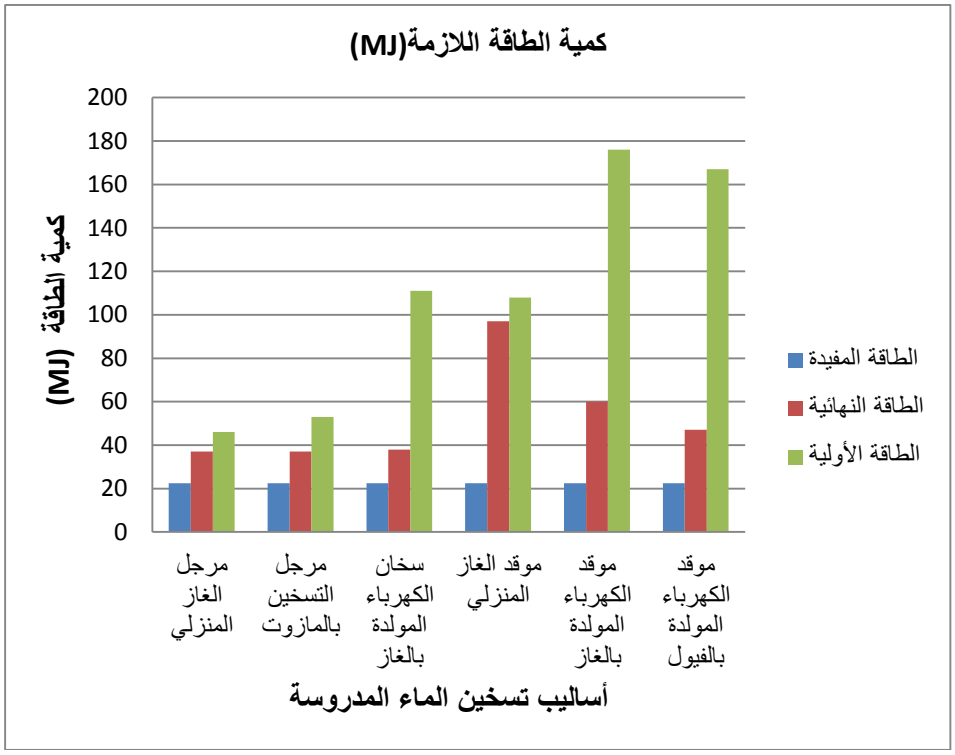
يبين الشكل (10) كميات الطاقة اللازمة لجميع الحالات المدروسة، حيث نلاحظ أن كمية الطاقة النهائية اللازمة لعملية تسخين الماء في دراستنا منخفضة ومتقاربة ، من أجل المعدات والوسائل المستخدمة ذات المردود المرتفع كمرجل الغاز والمازوت وسخان الكهرباء ، في حين تكون مرتفعة بالنسبة لموقد الغاز ومتوسطة بالنسبة لموقد الكهرباء ؛ إلا أن هناك اختلافاً كبيراً بين الطاقة الأولية والنهائية اللازمة لعملية التسخين المطلوبة ، وخصوصاً عند استخدام الكهرباء(حولي ثلاثة أضعاف) نظراً لانخفاض مردود عملية تحويل الوقود الأولي (الفيول، الغاز) إلى نهائي (كهرباء)، في حين نلاحظ تقارب كمية الطاقة الأولية والنهائية اللازمة لعملية التسخين المطلوبة من أجل الوقود الغازي لعدم وجود عمليات تحويل للطاقة، حيث أن الغاز هو الوقود الأولي والنهائي. لذلك يجب تقييم مصادر حوامل الطاقة على أساس الطاقة الأولية الضرورية وليست النهائية، حيث يظهر للوهلة الأولى من الشكل (10) عند مقارنة حوامل الطاقة النهائية أنها متشابهة في حين تظهر الاختلافات مع حوامل الطاقة الأولية بشكل كبير.



الشكل (10) كمية الطاقة اللازمة لجميع الحالات المدروسة

يظهر الشكل (11) كميات الطاقة اللازمة لجميع الحالات المختلفة التي تم دراستها، من أجل سهولة مقارنتها ونلاحظ أن زيادة ترشيد استهلاك الطاقة يتوافق مع أسلوب التسخين ذي المردود العالي، ومع استخدام الطاقة الأولية كطاقة نهائية دون عمليات تحويل.

نلاحظ أيضاً من الشكل(11) أن هناك اختلافاً بين كمية الطاقة المفيدة وكمية الطاقة النهائية، ويظهر الاختلاف جلياً مع كمية الطاقة الأولية نظراً لاختلاف مردود المعدات والأساليب المستعملة في دراستنا، حيث نلاحظ أنه كلما انخفض المردود ازدادت كمية الطاقة الأولية اللازمة لتأمين كمية الطاقة المفيدة المطلوبة، حيث يصل الاختلاف إلى خمسة أضعاف بالنسبة لاستخدام الكهرباء المولدة بالفيول والغاز بينما يكون ثلاثة أضعاف من أجل موقد الغاز المنزلي. يبلغ مقدار ترشيد استهلاك الطاقة الأولية اللازمة لتسخين المياه في حالتنا المدروسة عند استخدام المراجل العاملة على الغاز والمازوت بأكثر من ثلاثة أضعاف مقارنة بأسلوب استخدام الكهرباء الذي يتم توليده بالغاز والفيول.



الشكل (11) مقارنة كميات الطاقة اللازمة لجميع الحالات المدروسة

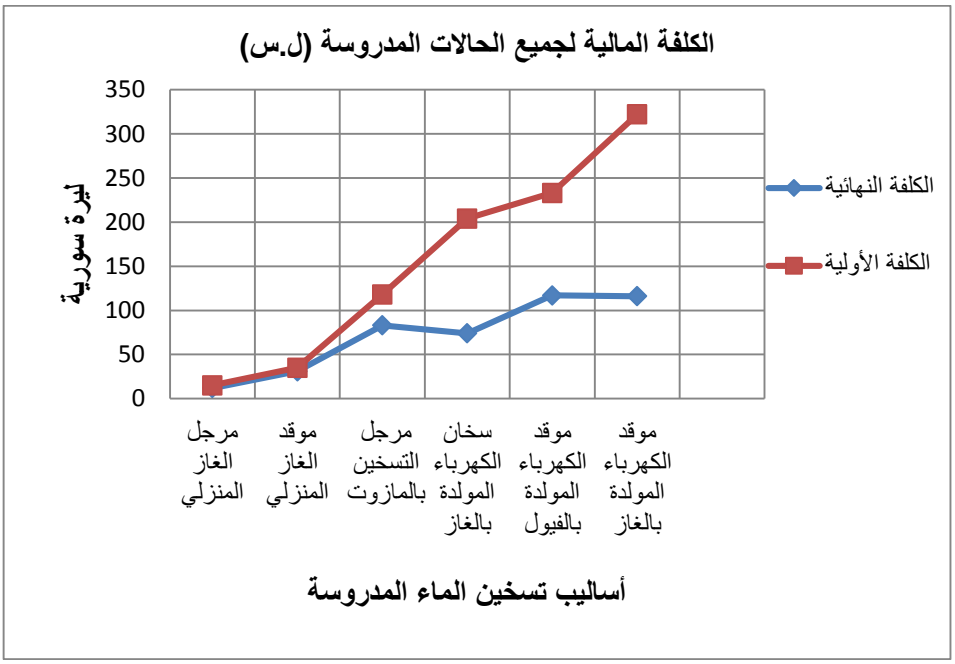
تم حساب الكلفة الاستثمارية اللازمة لكافة الحالات المدروسة من أجل المقارنة الاقتصادية، ويبين الشكل (12) الكلفة المحسوبة وفق الأسعار المحلية المتداولة حاليا"؛ حيث سعر الكيلو غرام من الفيول 50 ليرة سورية وسعر المتر المكعب من الغاز الطبيعي 75 ل.س ، في حين سعر المتر المكعب من الغاز المنزلي (غاز البوتان) 40 ل.س أما سعر لتر المازوت 80 ل.س ، في حين حسب سعر الكيلوواط الساعي بسبع ليرات سورية وفق نشرة وزارة الكهرباء(تجدر الإشارة هنا إلى أنه لم تؤخذ أسعار الشرائح الأقل لتسعيرة الكهرباء لأنه عند استخدام الكهرباء في تسخين المياه سنصل إلى الشريحة الأغلى) يبين الشكل(12) كلفة تسخين الماء في حالتنا المدروسة وفق الأساليب المختلفة ولأنواع حوامل الطاقة المتعددة، حيث نلاحظ أنه من أجل سعر الكلفة المحسوبة على أساس كمية الطاقة النهائية اللازمة لعملية التسخين متقاربة ماعدا الوقود الغازي ، في حين يزداد الفارق بشكل كبير من أجل الكلفة المحسوبة بالنسبة لكمية الطاقة اللازمة الأولية(حوالي ثلاثة أضعاف) كما يستثنى من ذلك وقود الغاز المنزلي أيضاً، بينما كانت كلفة تسخين الماء باستخدام مرجل الغاز أقل بحوالي 10 أضعاف مقارنة مع كلفة التسخين بالكهرباء، ويظهر ذلك بوضوح على الشكل(13) ويعود سبب ذلك إلى انخفاض سعر الغاز المنزلي مقارنة بأنواع الوقود الأخرى وقيمته الحرارية المرتفعة ، والتي تبلغ ثلاثة أضعاف القيمة الحرارية للغاز الطبيعي كما هو مبين في الجدول (3) لذلك يفضل حساب سعر وحدة الحرارة للوقود عوضاً عن سعر وحدة الحجم أو الوزن، عند مقارنة الأنواع المختلفة للوقود أثناء حساب الكلفة الاستثمارية. يمكننا اعتماداً على ما سبق اعتبار الوقود الغازي هو الأفضل من وجهة النظر الاستثمارية و البيئية لرخص ثمنه وارتفاع قيمته الحرارية كما رأينا، ولأن آثاره السلبية على البيئة هي الأقل مقارنة مع حوامل الطاقة الأخرى، وذلك نتيجة تركيبه الكيميائي الذي يتكون من الكربون والهيدروجين، حيث يحتوي على عدد ذرات قليلة من

الكربون التي تتحول إلى غاز CO_2 عند الاحتراق، وعدد أكبر من ذرات الهيدروجين التي تتحول إلى بخار الماء H_2O، كما أن الوقود الغازي لا يحتوي عادة على الكبريت أو المركبات الأخرى التي تضر بالبيئة[9].

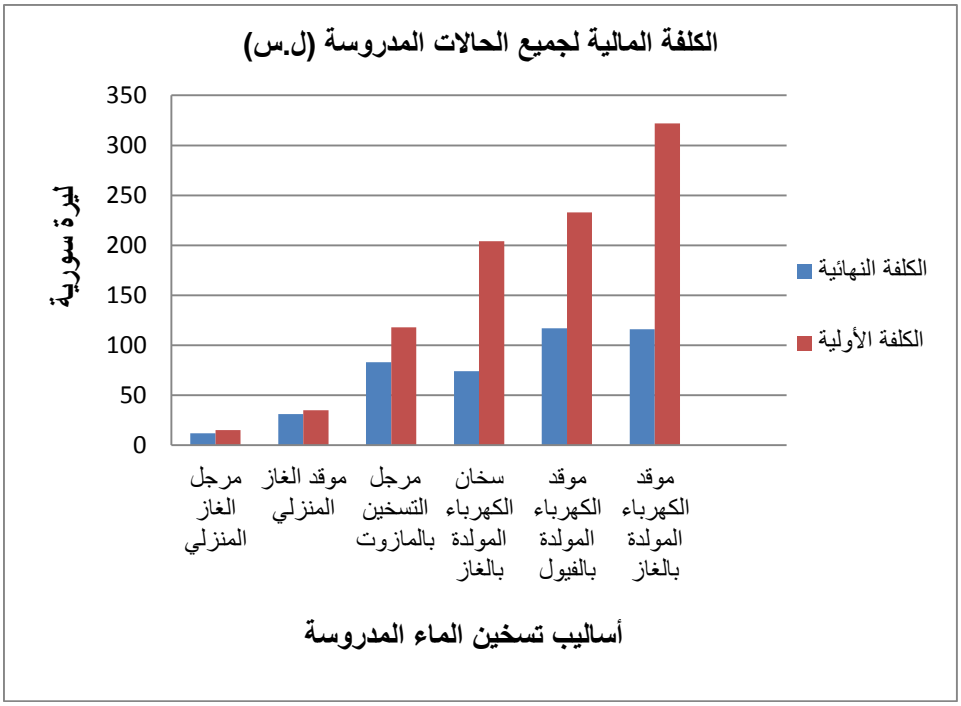
الجدول(3) القيم الحرارية الدنيا لأنواع الوقود المدروسة وأسعارها

نوع الوقود	الغاز المنزلي (غاز البوتان)	الغاز الطبيعي	الفيول	المازوت
القيمة الحرارية الدنيا	123.8 (MJ/m^3)	39.8 (MJ/m^3)	35.93 (MJ/kg)	36 $(MJ/liter)$
السعر (ليرة سورية)	40 ل.س $/m^3$	75 ل.س$/m^3$	50 ل.س$/kg$	ل.س $80/liter$

تجدر الإشارة هنا إلى أن حساب الكلفة الاقتصادية لطرق تسخين الماء المختلفة ولأنواع الوقود المستخدمة ليس دقيقا"، لأن أسعار المشتقات النفطية وحوامل الطاقة ليست ثابتة، وتلقى دعما" حكوميا" بنسب متفاوتة ولا تعكس الواقع والحقيقة دائماً ، وانخفاض أسعارها لا يعني ضرورة الاعتماد عليها كليا" وزيادة استهلاكها بل ترشيدها.



الشكل (12) كلفة تسخين الماء لجميع الحالات المدروسة



الشكل (13) مقارنة كلفة تسخين الماء لجميع الحالات المدروسة

الاستنتاجات والتوصيات:

1-بلغ مقدار ترشيد استهلاك الطاقة الأولية اللازمة لتسخين الماء في حالتنا المدروسة عند استخدام المراجل العاملة على الغاز والمازوت بحوالي 4 أضعاف مقارنة بأسلوب استخدام الكهرباء الذي يتم توليده بالغاز والفيول؛ نظراً لانخفاض مردود عملية تحويل الوقود الأولي (الفيول، الغاز) إلى نهائي (كهرباء)

2-كانت كلفة تسخين الماء في حالتنا المدروسة وفق طرق متعددة للتسخين ولأنواع مختلفة لمصادر الطاقة أقل بالنسبة لاستخدام الغاز بالموقد بحوالي4 أضعاف وفي المرجل بحوالي 10 أضعاف مقارنة مع استخدام الكهرباء التي تم توليدها بواسطة الغاز، حيث تم حساب الكلفة وفق الأسعار المحلية والمتداولة حاليا".

3- بينت الدراسة أن استخدام الوقود الغازي هو الأفضل من أجل حالتنا المدروسة، عند مقارنة مصادر الطاقة التقليدية المختلفة، والأساليب المتعددة لتسخين الماء من وجهة النظر الاقتصادية والبيئة، نظراً لانخفاض سعره مقارنة بأنواع الوقود الأخرى وقيمته الحرارية المرتفعة ولأن آثاره السلبية على البيئة هي الأقل مقارنة بمصادر الطاقة الأخرى، وبذلك يمكننا ترشيد استهلاك الوقود وحماية البيئة في آن واحد.

4-تحديد تكاليف الأضرار البيئية والصحية الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري صعب ومحل خلاف، ولكن ترشيد استهلاك الوقود سيقلل تلك الأضرار بنفس المقدار الذي تم فيه ترشيد استهلاك الطاقة، كما نعلم استهلاك وقود أقل يعني انبعاث مواد ضارة أقل والعكس صحيح .

5-لا تعتبر الطاقة الكهربائية نظيفة بيئيا" كما يعتقد، لأنها غير موجودة في الطبيعة بشكل حر ولا بد من عمليات تحويل للطاقة الأولية كالنفط والفحم والغاز للحصول عليها كطاقة نهائية وبتكلفة اقتصادية أكبر وتلويث للبيئة بشكل كبير ولكنه غير مباشر.

اعتمادا" على الاستنتاجات التي تم التوصل إليها في هذا البحث نوصي بما يلي:

1-اعتماد كمية الطاقة الأولية اللازمة(الفيول، الغاز،..) بشكل عام ولتسخين المياه بشكل خاص كمعيار عند اختيار الأسلوب الأفضل وليس كمية الطاقة النهائية(الكهرباء على سبيل المثال) لأن ذلك سيعطيننا نتائج اقتصادية وبيئية غير صحيحة.

2- استخدام حوامل الطاقة الأولية بشكل مباشر في عمليات تسخين المياه كالوقود الغازي مثلا" دون اللجوء إلى وسائل وسيطة أخرى ذات مردود منخفض.

3- يجب الانتباه إلى أن أسعار المشتقات النفطية وحوامل الطاقة تلقى دعما" حكوميا" ولا تعكس الواقع والحقيقة وانخفاض أسعارها لا يعني بالضرورة الاعتماد عليها كليا" وزيادة استهلاكها بل ترشيدها والاتجاه قدر المستطاع نحو توسيع استخدام الطاقات المتجددة[10] الذي يحقق المصلحة الشخصية للفرد ويوفر أموالا" طائلة لخزينة الدولة تنفق في مجالات أخرى ، مما يعني إتباع سياسة إنفاق رشيدة تأخذ بعين الاعتبار المؤشرات الاقتصادية والبيئة، وعدم النظر إلى هذا الموضوع من زاوية المصلحة الشخصية والتوفير الاقتصادي على مستوى الفرد وإنما المجتمع ككل.

4- العمل على زيادة مردود معدات وتجهيزات تحويل الطاقة الأولية إلى النهائية مما يؤدي إلى ترشيد استهلاك الطاقة وحماية البيئة من التلوث.

5- إجراء دراسات تتعلق بتقييم الكلفة التأسيسية والاستثمارية معاً لأنظمة التسخين المختلفة.

المراجع :

1-OECD,E-*World Energy Outlook*. International Energy Agency, France, 2011,127p

2-خارتشينكو، نيكولاي، ترجمة د.بسام حمود، *الطاقة وسلامة البيئة*، المركز العربي للتعريب والترجمة والنشر دمشق،2000,475.

3-VOLKER, QUASCHNING. *Regenerative Energiesysteme*, Carl Hanser, Germany,2003,314p.

4- باكير، محمد عبدة، *ترشيد استهلاك الطاقة*، منشورات، جامعة البعث،2013,392.

5-PAWAN,K.*Training Manual On Energy Efficiency*, Asian Productivity Organization, India, 2010,127 p.

6-SPAISHER,B.*Increasing effectiveness of using Gas and Fuel oil in Power Station*, Energy, Moscow, 1997,208p.

7- CHATTOPADHYAY, P.P. *Boiler Operation Engineering*, Second Edition, McGraw – Hill, New York, 2001, 1377p.

8- CKANABU,A. *Heating*, Energy, Moscow, 1999,736p.

9-BOLUKOV,A.H. *Gas and Liquid Fuel Combustion in boilers* , Nedra, Moscow, 1998,160p.

10-JOHN,W.*Renewable Energy Resources*, E&F Spoon ,London,2001,390p.