الطاقة الشمسية والتنمية المستدامة
مجلة علمية مُحكّمة نصف سنوية تصدر عن مركز بحوث ودراسات الطاقة الشمسية

إستراتيجية تطبيق برامج معايير وملصقات كفاءة الطاقة لأجهزة التكييف المنزلي في ليبيا

صلاح العباني [1] ابراهيم الهادي الطويل [2]

مركز بحوث و دراسات الطاقة الشمسية . طرابلس – ليبيا.

بريد إلكتروني: smmbr2003@yahoo.com[1], ibrahim.h.tawil@csers.ly [2]

الملخص: شهد القطاع السكني في ليبيا خلال العقد الماضي نمواً في عمارة المباني السكنية نظراً لتزايد عدد السكان، كما أن إرتفاع مستوى دخل الفرد ساهم في زيادة اقتنائه للأجهزة الكهربائية المنزلية، الأمر الذي يترتب عليه زيادة الطلب على الطاقة، حيث بلغ استهلاك الطاقة في هذا القطاع 13% من إجمالي استهلاك الطاقة خلال سنة 2010 م، وقد كانت حصة أجهزة تكييف الهواء في هذا القطاع تستهلك 53.81%. ولتقليل نسبة استهلاك الطاقة و تحسين كفاءة الطاقة في هذا القطاع ينبغي النظر في سياسات لتطبيق برامج معايير وملصقات كفاءة الطاقة على أجهزة الكهربائية المنزلية، لأنها تعتبر واحدة من انجح البرامج المستخدمة في العالم، حيث تنفذ الدول مثل هذه البرامج لتقليل استهلاك الطاقة في القطاع المنزلي. هذه الورقة تعرض إمكانية تطبيق برامج معايير وملصقات كفاءة الطاقة لأجهزة التكييف المنزلي في ليبيا و التعريف بأهميتها، فالحسابات اللازمة لتصميم مثل هذه البرامج تبين التوفير في الطاقة التي يمكن تحقيقها خلال أحمال التبريد في فترة الصيف التي تبلغ 4 أشهر (يونيو،يوليو،أغسطس،سبتمبر)، وقد تم وضع خطة إستراتجية لمدة عشر سنوات خلال الفترة 2020 – 2030م و ذلك لتقدير الوفرات المتوقعة في استهلاك الطاقة، وتحديد العوائق والصعوبات المحتملة، و ذلك برفع نسبة كفاءة الطاقة لأجهزة التكييف المنزلية تدريجياً على مرحلتين، حيث ترفع قيمتها من EER10 إلى EER11 في المرحلة الأولى ثم ترفع إلى EER12 كمرحلة ثانية.

الكلمات الدليلة: القطاع السكني، كفاءة الطاقة، معايير و ملصقات كفاءة الطاقة، أجهزة تكييف الهواء المنزلية.

The Strategy of Implementing Energy Efficiency Standards and Labels for Domestic Air Conditioners in Libya

Salah M. Alabani[1] and Ibrahim H. Tawil[2],

Centre for Solar Energy Research and Studies, Tripoli, Libya

Abstract: The residential sector in Libya has grown over the past decade in the construction of residential buildings due to the increase in the population. Moreover, the increase in the level of income has contributed to the increase in the purchase of household appliances, which leads to increased demand for energy. Energy consumption in the household sector accounted for 31% of total energy consumption during 2010, and the

share of air conditioners in this sector consumed 18.35%. To reduce energy consumption and improve energy efficiency in this sector, policies should be considered to apply energy efficiency standards and markers to household electrical appliances, as they are considered one of the most successful programs used in the world. Countries are implementing such programs to reduce energy consumption in the domestic sector. This paper presents the possibility of implementing such programs to introduce the importance of energy efficiency standards and labeling programs for home appliances in Libya. The calculations required to design such programs show the energy savings that can be achieved during cooling loads in the summer period of 4 months July, August, September). A strategic plan has been developed during 10-year (2020-2030) to estimate the expected savings of energy consumed and to identify possible obstacles and difficulties by gradually increasing the energy efficiency ratio for comestic air conditioners in two stages, from EER10 to EER11 in the first stage is then raised to EER12 as the second stage.

Keywords: residential sector, energy efficiency, energy efficiency standards and labels, home air conditioners.

1. مقدمة

يعتبر تحسين كفاءة الطاقة للأجهزة الكهربائية المنزلية من إحدى الطرق المجدية اقتصادياً و بيئياً، و ذلك بتطبيق برامج معايير وملصقات كفاءة الطاقة، حيث أصبحت من أهم البرامج المستخدمة حول العالم لتقليل استهلاك الطاقة بشكل عام، والقطاع السكني بشكل خاص، وقد تم تطبيق هذه البرامج في العديد من دول العالم المتقدمة وبعض الدول النامية، لما لها من أهمية وقدرة على تقليل استهلاك الطاقة في هذه الأجهزة، وقد ازداد عدد برامج معايير وملصقات كفاءة الطاقة من 12 برنامج إلى أكثر من 60 برنامج على مستوى العالم خلال 15 سنة من سنة 1990م إلى 2005، و يعبر نجاح نمو هذه البرامج على فاعليتها وقدرتها على تقليل استهلاك الطاقة وتقليل الآثار البيئية المتمثلة في انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) في القطاع السكني، و قد أظهرت الدراسات في أمريكيا على سبيل المثال إن تطبيق قوانين و برامج معايير كفاءة الطاقة للأجهزة الكهربائية من المتوقع أن يساهم في تقليل استهلاك الطاقة في القطاع السكني بمقدار 8-9% بحلول عام 2020، كما إن السياسات المتبعة في كل بلدان منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية (OECD) من المتوقع أن تخفض من استهلاكها للطاقة بمقدار 12.5% من عام 2003 إلى عام 2020، بينما تظهر الدراسات أن إجمالي الوافرات من استخدام برامج ملصقات كفاءة الطاقة على مستوى العالم من المتوقع أن تبلغ حوالي 1,339 (ت.و.س) من الكهرباء، وحوالي 3,888 (ت.و.س) من الوقود المستخدم سنوياً بحلول عام 2020، و 3,860 (ت.و.س) من الكهرباء وحوالي 1,041 (ت.و.س) من الوقود بحلول عام 2030، و سوف تؤثر برامج ملصقات كفاءة الطاقة على تقليل انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) حوالي21.3 (جيجا طن) من سنة 2010 وحتى سنة 2030 وهو ما يعادل حوالي 58% من إجمالي الانبعاث المتعلقة بالطاقة المتوقعة في العام 2005 م [1].

إن نسبة كفاءة الطاقة الموسمية (SEER) وتصنيف نسبة كفاءة الطاقة (EER) لمكيفات الهواء عمومًا ينخفضا بنسبة تتراوح من 2% إلى 8% تقريبًا لكل طن مع زيادة سعة التبريد، ويتم التحكم في معظم مكيفات الهواء السكنية والتجارية في الولايات المتحدة بنسبة تتراوح من 25 إلى 50%، و قد بينت الدراسات الميدانية المنشورة وفقاً للبرامج الرائدة في المناخات الحارة أن الوفورات في الطلب على الطاقة بلغت من 0.4 إلى 1.6 (ك.و) لكل وحدة من مكيفات الهواء ذات الحجم المناسب، و يمثل استهلاك الكهرباء في مجال التكييف السكني والتجاري في الولايات المتحدة 54% من متوسط حمل يوم الذروة في الصيف، و يمثل 13% من إجمالي استخدام الكهرباء، كما تقدر الوفورات المحتملة من أجهزة تكييف الهواء ذات الحجم المناسب بـ 37.2 ± 2.2 (ج. و)، و يمثل الحد من انبعاث ثاني أكسيد الكربون بمقدار 10.2 ± 1.8 طن/ساعة في السنة و 6.6 +\- 1.1 مليون طن متري سنويًا، و تقدر الوفورات الاقتصادية من حيث محطات الطاقة التي يتم تجنبها ومعدات التكييف غير الضرورية ما بين 61 إلى 122 مليار دولار [2].

تم تطبيق بطاقة كفاءة طاقة مناسبة لمنظومات تكييف الهواء في بلاد بروناي دار السلام بناءً على استطلاع عبر الإنترنت، وذلك لمقارنة كفاءة أنظمة تكييف الهواء لدى المستهلكين و توجيههم وتشجيع الشركات المصنعة على تحسين كفاءة استخدام الطاقة في أنظمتها المستقبلية، و ذلك للحد من الاستهلاك الكلي للطاقة في البلاد، و ذلك نظراً لما شهدت البلاد من زيادة في استهلاكها للكهرباء بمعدل سنوي متوسط قدره 3 % من عام 2011 إلى 2015، حيث يساهم استهلاك الكهرباء من أنظمة تكييف الهواء في جزء كبير من هذا استهلاك الكهرباء مثل غيرها من البلدان النامية ذات المناخات المدارية [3].

إن كفاءة الطاقة للأجهزة المنزلية في الصين تأخذ اتجاهاً تصاعدياً، ولكن أساس استهلاك الطاقة القائم على موارد الفحم من الصعب تغييره على المدى القصير، لذلك يحتاج إلى ضبط وتحسين استهلاك الطاقة بشكل أكبر، وزيادة جهود تطوير الطاقة المتجددة للغاز الطبيعي والكهرباء، بالإضافة إلى ذلك تغيير بسيط في كفاءة تحويل منتجات الطاقة، و الحاجة إلى زيادة المدخلات العلمية والتكنولوجية، وتسريع التحول التكنولوجي وتجديد المعدات، وتعزيز التكنولوجيا الموفرة للطاقة و تطبيق الإدارة الصناعية لتحسين كفاءة الطاقة لمنتجات الأجهزة المنزلية، كما إن معظم علامات كفاءة استخدام الطاقة للأجهزة المنزلية تعتبر هي المؤشر للحد من

استهلاك الطاقة للأجهزة المنزلية، فهي أول تطور اقتصادي منخفض الكربون بتطبيق ملصق كفاءة استخدام الطاقة. [4].

إن استهلاك الطاقة في مكيفات الهواء المنزلية يعتمد إلى حد كبير على مناخ البلاد والمنطقة المناخية، حيث يعبر عن كفاءة مكيف الهواء بمعامل الأداء (COP) أو نسبة كفاءة الطاقة (EER) وهي نسبة قدرة التبريد إلى الطاقة المستهلكة، و قد أصبحت مكيفات الهواء في السوق الآن متقدمة للغاية في التكنولوجيا بحيث وصل بعضها إلى EER 13، وهذا أكثر كفاءة بنسبة 40 % من المنتج الشائع تركيبه في ماليزيا، لذا فإن وضع معايير كفاءة استخدام الطاقة لهذا الجهاز يمكن أن يسهم بشكل كبير في خفض استهلاك الكهرباء في القطاعات السكنية في هذا البلد، فمن المحتمل أن تكون الإستراتيجيات الخاصة بخفض النمو في الطلب على الكهرباء السكنية ذات فائدة أكبر للبلاد، و تشير الدراسات في البلدان المتقدمة إلى أن معيار كفاءة الأجهزة المنزلية يمكن أن يحقق تخفيضات في الطاقة تبلغ حوالي 20 % إلى 40% أو أكثر، استنادا إلى تجربة البلدان الأخرى، لذلك فإن العديد من القطاعات في ماليزيا ستحصل على فوائد هائلة عند تطبيق معيار كفاءة الطاقة للأجهزة المنزلية في أقرب وقت ممكن، بحيث سيدفع المستهلكون أسعار شراء أعلى للأجهزة لكنهم سيحصلون على فاتورة كهرباء أقل، فمعيار كفاءة الطاقة يقلل أيضًا من نفقات صرف العملات الأجنبية على إنشاء محطة توليد الكهرباء مستقبلاً [5].

في ماليزيا أجريت دراسة لمحاولة التنبؤ بحجم الطاقة التي يتم توفيرها في القطاع السكني من خلال تطبيق الحد الأدنى من معايير كفاءة استخدام الطاقة لمكيفات هواء الغرف، و قد أجريت الحسابات بناءً على نمو بيانات إمتلاك مكيفات الهواء، حيث ازداد عدد مكيفات هواء الغرف من 13,251 وحدة في عام 1970 إلى 399,253 وحدة في عام 1991 ومن المتوقع أن يبلغ عددها حوالي 1,511,276 وحدة في عام 2020، لذا فإن تحسين الكفاءة لهذا الجهاز المحدد تأثير كبير على مستقبل استهلاك الكهرباء في ماليزيا، علاوة على ذلك، فقد وجد أن معايير كفاءة استخدام الطاقة لمكيفات هواء الغرف يوفر فوائد كبيرة للمستهلكين والحكومات وكذلك حماية البيئة [6].

أجريت دراسة في الهند باستخدام بيانات الاختبارات القياسية من الشركات المصنعة بتحليل مكيف هواء تقليدي لمقارنة قيم EER و SEER في درجات حرارة محيط مختلفة و تأثيرها على أداء مكيف الهواء، و قد أشارت نتيجة الاختبار إلى أن قيم SEER تكون أكثر اتساقاً، حيث يعتمد في الهند معيار الحد الأدنى لأداء الطاقة (MPES) على نسبة كفاءة الطاقة (EER) التي يحددها مكتب كفاءة استخدام الطاقة، حيث يتم حساب EER القياسي عند درجة حرارة 35 درجة مئوية، و لا تعتبر الظروف الجوية المختلفة سائدة على مدار موسم واحد، لذا توفر نسبة كفاءة الطاقة الموسمية (SEER) تمثيلًا أفضل لكفاءة أجهزة التكييف لأنها تأخذ في الاعتبار التغيرات في درجات الحرارة الموسمية[7] .

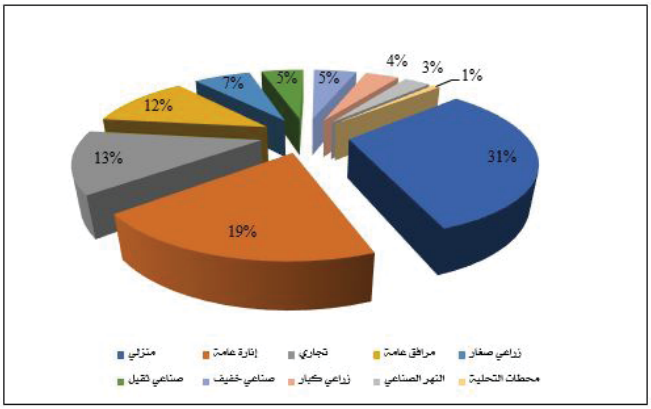
تم إعداد دراسة عن إمكانية تحقيق نسبة أعلى من كفاءة استخدام الطاقة (EER) لمكيفات هواء الغرف (RACs) التي تتوافق مع معايير كفاءة استخدام الطاقة في السعودية وتلبي متطلبات الحفاظ على الطاقة في قانون البناء السعودي (SBC)، و قد تناولت دراسته العديد من خيارات التصميم لتحسين أداء وكفاءة مكيفات هواء الغرف، و ذلك بالمقارنة مع وحدات تكييف الهواء الأساسية التي تصنعها شركة الزامل بالمملكة العربية السعودية، و تتضمن خيارات التصميم هذه عدد المكثفات وصفوف المبخر وكثافة الزعانف والمنطقة الأمامية وأنواع الضاغط وأنواع المبردات، و من خلال اختبار الوحدات وفقًا لمعايير ASHRAE-16 القياسية فإن النتائج التجريبية تشير إلى فاعلية زيادة عدد صفوف المكثف مقارنة بخيارات التصميم الأخرى التي تم أخذها في الاعتبار لتحقيق معدل كفاءة أعلى (EER) لمكيفات هواء الغرف [8]. كما تم إجراء تحليلاً اقتصادياً وبيئياً يبين أن تحسين معدل استهلاك الطاقة في وحدات تكييف الهواء في الفلل بنسبة 15 % من شأنه أن يؤدي إلى انخفاض كبير في الاستهلاك السنوي للطاقة الكهربائية في المملكة العربية السعودية بنحو 7.68 (ت.و.س)، وسيؤدي ذلك أيضًا إلى انخفاض كبير في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون سنويًا (4.67 مليون طن)، و علاوة على ذلك، فإن الـ 16 سنة الأولى من تنفيذ الخطة من شأنه أن يقلل من استهلاك الطاقة الكهربائية في المملكة العربية السعودية بنحو 291.7 (ت.و.س)، و بتكلفة توفير للطاقة الكهربائية قدرت بنحو 20.22 مليار دولار بناءً على تعريفة الشركة السعودية للكهرباء وحوالي 59.12 مليار دولار بناءً على التعريفة الكهربائية الأوروبية، بالإضافة إلى توفير حوالي 486 مليون برميل من النفط الخام وحوالي 83.34 مليار متر مكعب قياسي من الغاز الطبيعي والتي تبلغ قيمتها حوالي 38.9 مليار دولار و 25.11 مليار دولار من النفط والغاز الطبيعي على التوالي، حيث يمكن استخدام هذه التكلفة الموفرة لبناء محطات توليد الطاقة الكهربائية جديدة لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة الكهربائية في المملكة، علاوة على ذلك فإن الطاقة الكهربائية الموفرة سيكون لها بالتأكيد تأثير إيجابي على البيئة بسبب تخفيض ثاني أكسيد الكربون بنحو 177.21 مليون طن على مدار الـ 16 سنة الأولى من تنفيذ الخطة [9].

يقدر إجمالي استهلاك الكهرباء السنوي بواسطة مكيفات الهواء في أوروبا بأكثر من (40 ت.و.س)، و في الصين ب (200 ت.و.س)، و تعد أنظمة تكييف الهواء الأكثر فاعلية هي المكيفات المنفصلة بمحرك متغير التردد (VFD)، و من العوامل الرئيسية لتعزيز مكيفات الهواء عالية الكفاءة هو تطبيق مؤشرات نسبة الكفاءة الموسمية (SEER)، ومتطلبات دقيقة للحد الأدنى من الكفاءة، ووضع ملصقات فعالة للطاقة، حيث تؤدي نتائج SEER المرتفعة جدًا وفقًا للمعايير الأوروبية المستقبلية إلى توقع أن العديد من مكيفات الهواء ستصل بالفعل إلى فئة (A^{+++}) العلامة الجديدة للطاقة [10].

إن تطبيق منظومات ملصقات الطاقة على المعدات المختلفة المستهلكة لها يعد من أبرز الطرق وأكثرها نجاحاً، و ذلك لمجابهة الاحتياج المتزايد للطاقة، و لترشيد استهلاكها، و لتقليل الهدر في الموارد الطبيعية الآيلة للنضوب، والحفاظ على البيئة من الملوثات الناجمة عن عمليات استغلال الطاقة، كما بين الباحث معالجة لهذا الموضوع، مبيناً أبعاده وآفاقه وأهميته وآليات تطبيقه وتوطينه وما يتطلبه ذلك، وتحديد الصعاب والمشاكل المتوقعة، وسبل التغلب عليها، للمساهمة الفاعلة في ترشيد استهلاك الطاقة في ليبيا [11].

2 ـ دوافع تطبيق برنامج معايير وملصقات كفاءة الطاقة

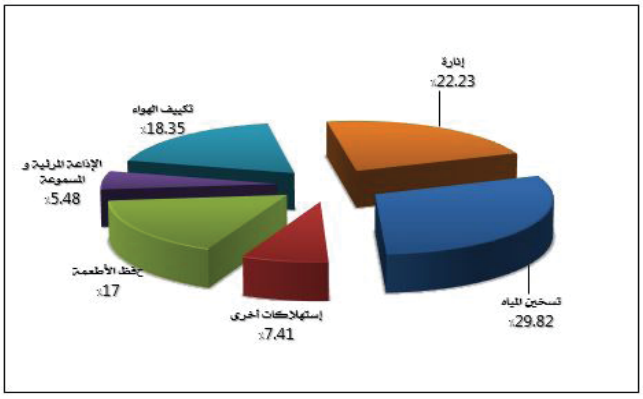
شهد قطاع الطاقة في ليبيا نمواً متزايداً في الفترة الأخيرة، حيث ازداد إنتاج الطاقة من 18,943 (ج.و.س) في سنة 2003 إلى 32,558 (ج.و.س) في سنة 2010، كان نصيب القطاع السكني منها 31 % في عام 2010 وهي أعلى نسبة في استهلاك الطاقة بين جميع القطاعات كما هو في الشكل (1) [12]، وغالبا ما يكون استهلاك هذه الطاقة عن طريق الأجهزة الكهربائية المنزلية، كما يوضح الشكل (2) توزيع استهلاك الطاقة في القطاع السكني في ليبيا، حيث تستهلك أجهزة التكييف 18.35 % والثلاجات حوالي 17 % و الإنارة حوالي 22.23 %



[13].

الشكل (1): توزيع كميات الطاقة الكهربائية المباعة في ليبيا

ونظراً للطلب المتزايد على الطاقة في السنوات القادمة في القطاع السكني وفقاً للنمو السكاني المتوقع، أصبح من الضروري الاهتمام بموضوع تحسين كفاءة الطاقة بشكل عام، ويمكن زيادة كفاءة الطاقة لهذه الأجهزة عن طريق استخدام برامج معايير وملصقات كفاءة الطاقة، حيث تحدد هذه المعايير الحد الأدنى لكفاءة الطاقة المسموح به لهذه الأجهزة والمعدات الكهربائية لدخولها السوق سوى كانت مصنعة محليا أو دوليا، و توضح الملصقات مستوى كفاءة الطاقة لكل منتج، و ذلك لتمكين المشتري من مقارنته مع نظرائه من المنتجات واتخاذ قرار الشراء الصحيح، هذا وقد أصبحت الحاجة ماسة لمثل هذه البرامج لما لها من تأثير كبير في خفض الاستهلاك العام للطاقة، وتقليل الآثار البيئية على استهلاك الطاقة المتزايد، إلا أن مثل هذه البرامج لا تزال جديدة في ليبيا، ولهذا تهدف هذه الورقة على التعريف ببرامج معايير وملصقات كفاءة الطاقة، وسياسات تطبيقها وتطويرها، ومدى نجاحها، في العديد من دول العالم، والخطوات اللازمة لتصميم مثل هذه البرامج والعوائق التي يمكن أن تحول دون تطبيقها في ليبيا.



الشكل (2): توزيع الطاقة الكهربائية حسب الاستخدام المنزلي في ليبيا.

3. متطلبات برنامج برامج معايير وملصقات كفاءة الطاقة

لتطبيق برنامج معايير و ملصقات كفاءة الطاقة لمنتج معين يجب توفر المتطلبات التالية لنجاح البرنامج:

- الموثوقية: هي طريقة الاختبار النموذجية والمتكررة و الموثوقة لأداء الطاقة للمنتج.
- منهجية ترتيب أداء الطاقة للمنتج.
- تصنيف أداء الطاقة للمنتجات على مدرج أداء الطاقة حسب عدد الدرجات المصممة على الملصق.
- وسائل إيصال مفهوم أداء الطاقة للمنتجات في السوق من حروف و رموز.

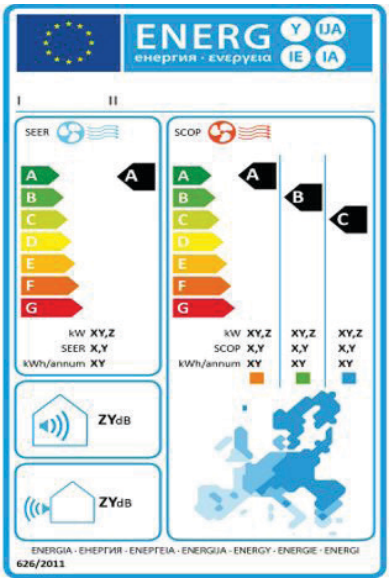
4. أنواع برامج معايير و ملصقات كفاءة الطاقة ومحتوياتها

1.4. أنواع برامج معايير و ملصقات كفاءة الطاقة

هناك ثلاث أنواع رئيسية لبرامج معايير وملصقات كفاءة الطاقة وهي [1]:

- معايير الحد الأدنى لأداء الطاقة (MEPS): تعمل معايير الحد الأدنى على تحرك توزيع نماذج المنتجات ذات كفاءة الطاقة العالية المباعة في السوق تصاعديا من خلال القضاء على النماذج الأقل كفاءة في السوق.
- برنامج ملصقات كفاءة الطاقة للمقارنة (Comparative labels): تعمل الملصقات على تحرك توزيع نماذج منتجات كفاءة الطاقة تصاعديا من خلال توفير المعلومات التي تساعد المستهلكين في السوق على اتخاذ قرار الشراء الصحيح وتحفيز المصنعين لتصميم منتجات تحقق درجات كفاءة أعلى من الحد الأدنى للمعايير.

برنامج ملصقات كفاءة الطاقة للمصادقة (Endorsement): هي ملصقات تحدد المنتجات التي اجتازت مستوى كفاءة استهلاك الطاقة المحدد مثل برنامج نجمة الطاقة الأمريكي.



الشكل (3): يوضح طراز الملصق الأوروبي [13].

2.4. محتوى ملصقات كفاءة الطاقة:

ملصق كفاءة الطاقة (المقارنة) هي بطاقة توعوية تمنح المستهلك طرق موثوقة للمقارنة بين الأجهزة والمعدات الكهربائية من نفس النوع حسب كفاءتها في استهلاك الطاقة، ومن أحد نماذج الملصقات في العالم على سبيل المثال هو نمط الملصق الاتحاد الأوروبي كما هو مبين بالشكل (3)، وهو عبارة عن مستطيل عمودي به أشرطة متفاوتة الطول و اللون بها أحرف تتدرج بين ((A كأعلى مستوى لكفاءة الطاقة إلى G)) كأدنى مستوى لكفاءة الطاقة، حيث يشار إلى درجة كفاءة المنتج بعلامة السهم الأسود الموجود بجوار الشريط المناسب، ويتم استخدام هذه الملصقات في جميع أنحاء أوروبا الغربية وفي أجزاء من أوروبا الشرقية وإيران والبرازيل.

5. خطوات تطبيق برنامج معايير وملصقات كفاءة الطاقة في ليبيا

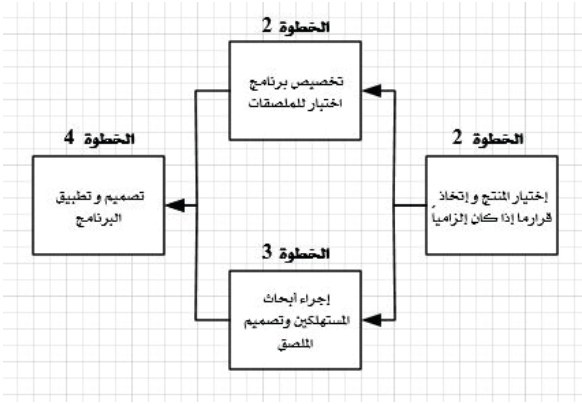
هناك بشكل عام أربع خطوات رئيسية كما هي موضحة بالشكل (4) لتصميم برنامج ملصقات كفاءة الطاقة [14].

الخطوة الأولى: قبل أن يتم تصميم برنامج وضع الملصقات، يجب على الجهات المعنية اتخاذ قرار بتحديد المنتجات التي ينبغي أن تكون مدرجة في برنامج ملصقات كفاءة الطاقة، و من أهم المنتجات التي يمكن أن تدرج في البرنامج هي المنتجات التي تستهلك كمية كبيرة من الطاقة و يكون لها انتشار واسع، و تقبل تطبيق تقنية كفاءة استهلاك الطاقة، و تباع عن طريق تجار التجزئة.

الخطوة الثانية: هي تخصيص برنامج اختبار الموصفات، حيث برنامج وضع ملصقات كفاءة الطاقة لا يكون فاعلا ما لم يكن هناك برنامج اختبار لمواصفات المنتج الذي سيتم وضع الملصق عليه.

الخطوة الثالثة: إجراء أبحاث المستهلكين وتصميم الملصق حيث إن ملصق كفاءة الطاقة هو الملصق الذي يراه المستهلك على الأجهزة والمنتجات المعروضة للبيع ومن المهم المحافظة على نمط أو شكل الملصق العام على مختلف أنواع المنتجات مع مراعاة الاختلاف في بعض التفاصيل والبيانات المعروضة حسب وظيفة كل منتج، لتسهيل فهم هدف الملصق والتفاصيل والبيانات المعروضة عليه مع اختلاف نوع المنتج.

الخطوة الرابعة: هي مرحلة تأسيس وإعلان النظم و الإجراءات الخاصة بالبرنامج والتي تتضمن التشاور مع الجهات ذات العلاقة لترتيب الأدوار فيما بينها، وضمان الميزانية المخصصة لتطبيق وصياغة التوجهات التدرجية للبرنامج، والانتهاء من المواصفات التقنية، وإعلانها وتوزيعها على الجهات ذات العلاقة، و جدولة كيفية تطبيق البرنامج.



الشكل رقم (4): يوضح خطوات تصميم برنامج الملصقات [14]

6. العوائق المتوقعة لتطبيق برنامج ملصقات كفاءة الطاقة

- سوء تنظيم الأسواق والتشوهات في الأسعار تحول دون تقدير الكلفة الحقيقية المترتبة على إضافة ميزة كفاءة الطاقة على الأجهزة الكهربائية.
- عدم فهم دور برنامج ملصقات كفاءة الطاقة في تقليل الطاقة المستهلكة بالأجهزة الكهربائية، و خشية الزيادة في قيمة رأس المال للمنتج على حساب ميزة رفع كفاءة الطاقة.
- عدم كفاية المعلومات المتوفرة في القطاع الصناعي أو عند تجار التجزئة والمستهلكين، مما قد يسبب في تصميم برنامج ملصقات غير ناجح بالشكل المطلوب.
- اهتمام المصنعون بتحسين الإنتاجية دون رفع التكاليف التشغيلية للمنتج المتضمنة تحسين كفاءة المنتج، مما يقلل هذا الأمر حماسهم لتطبيق هذا البرامج.
- قلة الوعي لدى المستهلكين عند اتخاذ قرار الشراء قد يقلل من تأثير برنامج الملصقات بشكل عام .
- النقص في الموظفين المتدربين في الهيئات الحكومية المعنية بالاختبار والمصادقة والرقابة يقلل من مصداقية البرنامج.
- عدم توفر تشريعات وأنظمة خاصة لكفاءة استهلاك الطاقة.
- عدم وجود مؤسسة أو هيئة تترأس وتشرف على خطط و برامج كفاءة الطاقة.

7. تحسين معدلات كفاءة الطاقة لأجهزة التكييف في القطاع المنزلي.

1.7. طرق قياس معدل أداء كفاءة الطاقة لأجهزة التكييف.

توجد العديد من الطرق لقياس معدل أداء الكفاءة لأجهزة التكييف منها:

1.1.7. معامل الأداء لأجهزة التكييف (COP)

تتم عملية قياس الأداء عن طريق مقارنة كمية القدرة التبريدية على القدرة الكهربائية الداخلة لنفس الجهاز.

$$COP = \frac{\text{power output(cooling cacity)}}{\text{Power Input (actual electrical power used)}} \quad \ldots\ldots (1)$$

2.1.7. نسبة كفاءة الطاقة (EER)

هي النسبة بين سعة التبريد الكلية و يعبر عنها بالوحدات الحرارية البريطانية (BTU) إلى الطاقة الكهربائية الداخلة للجهاز بالوت ساعة (Wh).

$$EER = \frac{\text{Output Cooling Energy (BTU)}}{\text{Input Electrical Power (Wh)}} \quad \ldots\ldots (2)$$

3.1.7. نسبة كفاءة الطاقة الفصلي (SEER)

نسبة كفاءة الطاقة الفصلي هي النسبة بين سعة التبريد الخارجة من الجهاز بالوحدات الحرارية البريطانية (BTU) إلى الطاقة الكهربائية الداخلة للجهاز بالوت ساعة (Wh) خلال فصل كامل لقياس سلوك وحدة التكييف خلال هذا الفصل في ظل تغير درجة الحرارة الخارجية خلال هذا الفصل.

$$SEER = \frac{\text{Output Cooling Energy in BTU (Over a season)}}{\text{Input Electrical Power Wh (During the same season)}} \quad (3)$$

في هذه الدراسة سيتم الاعتماد على SEER في تقدير الفورات الناتجة عن تحسين نسبة كفاءة الطاقة لوحدة تكييف منزلي. وقد قامت بعض الدول بوضع قوانين لتحديد معايير لمعدل الكفاءة الطاقة (EER) أو (SEER) وبرنامج ملصقات كفاءة الطاقة لتوضيح معدلات الكفاءة لهذه الأجهزة عند عملية الشراء و منع دخول الأجهزة التي يقل مستوى الكفاءة على قيمة محددة الجدول (1) يوضح معايير الحد الأدنى و المستويات المستهدفة في المستقبل في بعض مناطق العالم.

جدول (1) معايير نسبة كفاءة الطاقة لبعض مناطق و دول العالم

المنطقة	نسبة كفاءة الطاقة				
	الحد الأدنى		أعلى مستوى مستهدف		السنة
	w/w	Btu/h/w	w/w	Btu/h/w	
بلدان المحيط الهادئ منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية البلدان OAP [1]	3.85		5.81		2020
أمريكا الشمالية MAN [1]	3.37		3.37		2020
أوروبا الغربية WEU ، أوروبا الوسطى والشرقية EEU ، الاتحاد السوفيتي السابق USF [1]	2.80		4.00		2020
أمريكا اللاتينية MAL [1]	2.64		4.00		2020
التخطيط المركزي لآسيا APC [1]	2.60		4.00		2020
جنوب آسيا SAS، وغيرها من آسيا والمحيط الهادئ SAP [1]	2.55		4.00		2020
المملكة السعودية [9]		7.5		>11	
مصر		9		-	

8. خطة تقدير وافرات من تطبيق برامج رفع نسبة كفاءة الطاقة لأجهزة التكييف المنزلي من 2010 ـ 2030.

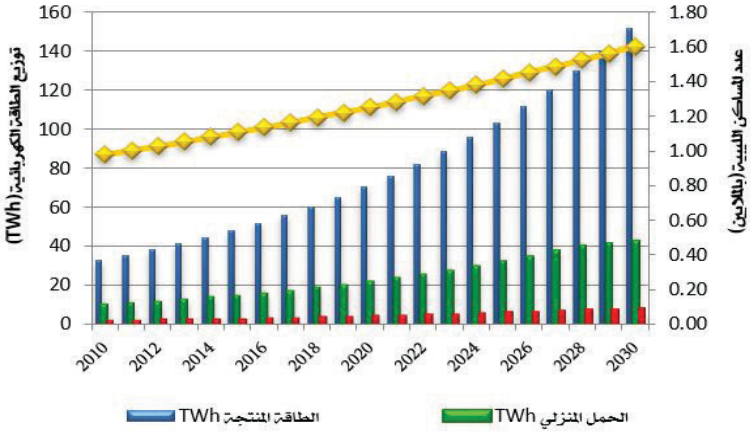
1.8. تقديرات استهلاك الطاقة لأجهزة التكييف في القطاع المنزلي

لمعرفة كمية الطاقة المستهلكة لأجهزة التكييف في القطاع السكني خلال فصل الصيف، يتم أولاً خصم الفقد الفني حيث كان الفقد الفني 16 % من كمية الطاقة المنتجة لسنة 2010، والتي بلغت حوالي 32,558,000 (م.و.س)، وبذلك أصبحت الطاقة المستهلكة 27,349 (ج.و.س)، وبناءً على البيانات المنشورة في التقرير السنوي للشركة العامة للكهرباء فإن نسبة الاستهلاك السكني 31.18 % لسنة 2010م [12]، أي ما يعادل 8,527.33 (ج.و.س) من الطاقة المنتجة لتلك السنة، و كانت نسبة استهلاك التكييف في القطاع السكني 18.35% [15،16]، أي حوالي 1,564,765.22 (م.و.س)، وهذه الكمية هي الاستهلاك لأجهزة التكييف والتي سيتم الاعتماد عليها لحساب الوافرات المترتبة من تحسين نسبة كفاءة الطاقة (EER) لهذه الأجهزة وفقاً للطرق التالية:

1. تقدير الاستهلاك لكل منزل بالاعتماد على نسبة القطاع السكني من إجمالي توزيع الطاقة المباعة في القطاعات المبينة بشكل (1)، و نسب توزيع الطاقة الكهربائية حسب الاستخدام المنزلي الموضحة بالشكل (2)، بالإضافة إلى عدد المنازل في ليبيا و المقدر بـ 921,642 منزل [15]، وبذلك يكون استهلاك كل منزل هو 1,697.801 (ك.و.س)، وبما أن تركيز استخدام أجهزة التكييف يكون في أشهر يونيو، يوليو، أغسطس وسبتمبر، وبقسمة استهلاك قيمة كل منزل على أربعة أشهر، و باعتبار كل شهر 30 يوماً يكون الاستهلاك اليومي لأجهزة التكييف لكل منزل هو 14.148 (ك.و.س) في اليوم.
2. كما يمكن تقدير الاستهلاك اليومي لأجهزة التكييف لكل منزل حسابياً و ذلك بافتراض أن كل منزل يملك مكيف بقدرة تبريدية18,000 (BTU) وبنسبة كفاءة طاقةEER9.7 ، أي إنه يستهلك 1,855.5 وات ولمدة تشغيل يومي 7.5 ساعة، و بذلك يستهلك 14 (ك.و.س) في اليوم، وهي نفس القيمة التقديرية تقريباً.

و في هذه الدراسة و لوضع خطة مستقبلية لتحسين نسبة كفاءة الطاقة لأجهزة التكييف في القطاع المنزلي حتى سنة 2030 م،

تم اعتبار أن الوضع الحالي لنسبة كفاءة الطاقة لأجهزة التكييف المنزلية هو EER10، و وفقاً للنمو السكاني بليبيا (بمعدل نمو 2.5 %)، حيث بلغ تعداد السكان 5,868,500 نسمة سنة 2010 [16،17]، حيث يمكن تقدير عدد المساكن بليبيا باعتبار أن متوسط عدد الأسر الليبية هو 6 أفراد [15،18]، لذا يمكن تقدير الطلب على الطاقة الكهربائية لتغطية حمل أجهزة التكييف المنزلية، و ذلك اعتمادا على النمو المستقبلي للطاقة المنتجة حتى سنة 2030، و بمعدل نمو يصل 7.7 % [16]، حيث يوضح بالشكل (5)، تزايد الطاقة الكهربائية المستهلكة في القطاع المنزلي بنسبة ثابتة من إجمالي استهلاك القطاعات كما هي مذكورة سابقاً، و بتطبيق برنامج معايير و ملصقات كفاءة الطاقة على كافة المساكن الليبية فإنه يمكن تقدير وفرات الطاقة و المال الذي يعود على الدولة على مدى 10 سنوات باعتبار سنة الأساس هي 2020، حيث من المقدر أن يصل إستهلاك الطاقة في القطاع المنزلي حتى سنة 2030 م إلى 42.373 (ت.و.س)، و بذلك فإن حمل تكييف الهواء في القطاع المنزلي من المقدر أن يصل 7.775 (ت.و.س).



شكل (5). استهلاك الطاقة لأجهزة التكييف في القطاع المنزلي وفقاً للنمو السكاني و الطاقة المنتجة

2.8. الوافرات في الطاقة المستهلكة وفقاً لتحسين نسبة كفاءة الطاقة في أجهزة التكييف المنزلية

يبين الشكل (6) الطاقة المستهلكة في أجهزة التكييف المنزلي خلال فترة التبريد عند تطبيق معاملات كفاءة مختلفة لأجهزة التكييف، حيث نلاحظ أنها أعلى ما يمكن بتطبيق نسبة كفاءة الطاقة EER10 وهو الوضع الحالي لأجهزة التكييف المنزلية في ليبيا، و من المتوقع أن يصل مقدار الطاقة المستهلكة في هذا القطاع إلى 2,446 (ج.و.س) و ذلك لو استمر تطبيق نسبة كفاءة الطاقة هذه حتى سنة 2030 م، و لغرض خفض استهلاك الطاقة يتم تحسين كفاءة أجهزة التكييف المنزلية وفقاً لسيناريو خلال 10 سنوات، حيث يرفع نسبة كفاءة الطاقة EER تدريجياً إلى EER11 كمرحلة أولى خلال الفترة (2025-2020) م حيث يبلغ استهلاك الطاقة 1,966 (ج.و.س) في نهاية المرحلة، بينما يرفع نسبة كفاءة الطاقة إلى EER12 في المرحلة الثانية (2026 – 2030) حيث تنخفض الطاقة المستهلكة في نهاية هذه المرحلة لتبلغ 2,039 (ج.و.س).

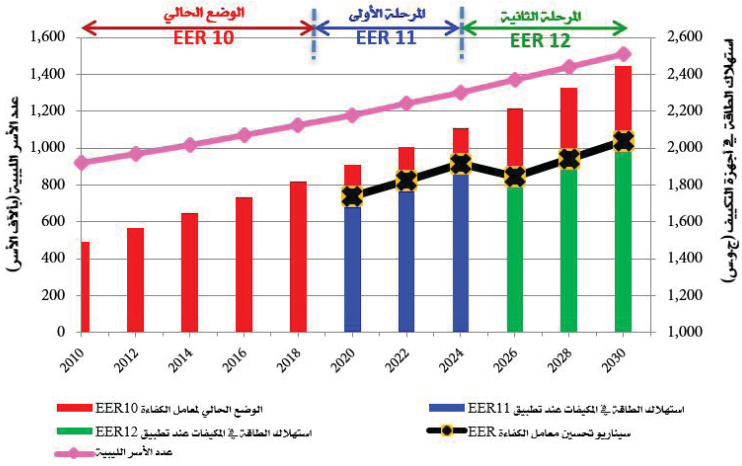
إن وفر الطاقة الكهربائية وفقاً للسيناريو المقترح لرفع EER تدريجياً كما هو مبين بالشكل (7) من المقدر أن يبلغ في نهاية المرحلة الأولى سنة 2025 م مقدار 427.073 (ج.و.س)، و يبلغ 483.194 (ج.و.س) حتى نهاية سنة 2030 م، و قد أدرج ملخص النتائج في الجدول (2) .

3.8. الأثر البيئي بتطبيق برنامج معايير و ملصقات كفاءة الطاقة

يمكن تقدير كمية غاز CO_2 الضارة بالبيئة المرتبطة بتوليدِ الطاقة الكهربائية مِن الوقود الأحفوري باستخدام المعادلة الرياضية (4) التالية [19] :

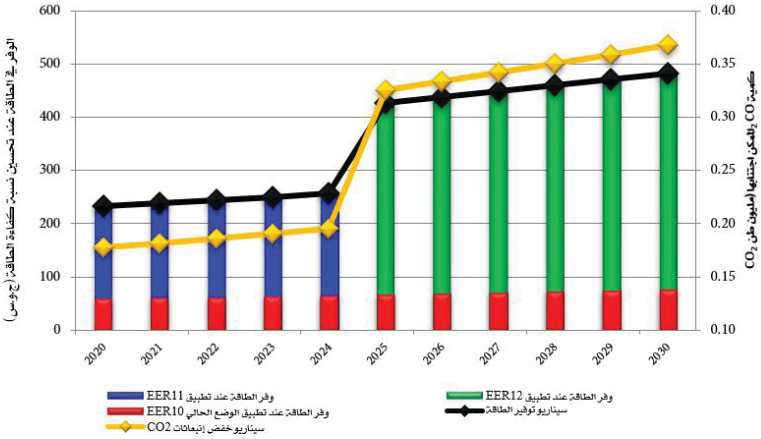
الكمية المتوقع انتاجها من غاز (CO_2)= كمية الطاقة المتوقع توفيرها × معامل انبعاث (CO_2) لكل (ك.و.س) ..... (4)

حيث إن معامل انبعاث غاز CO_2 الناتجة عن توليد الطاقة الكهربائية = 0.762 (كجم CO_2/ (ك.و.س)) [16،19].



شكل (6) إستراتيجية تحسين نسبة كفاءة الطاقة (EER) لأجهزة التكييف المنزلية

تبين هذه الدراسة كمية غاز ثاني أكسيد الكربون CO2 الممكن اجتنابها تبعاً لتوفير استهلاك الطاقة بتحسين نسبة كفاءة الطاقة EER لأجهزة التكييف المنزلية، حيث يبين الشكل (7) مقدار اجتناب انبعاث غاز CO2 وفقاً للسيناريو المقترح، حيث تصل كمية غاز ثاني أكسيد الكربون المقدر اجتنابها حتى نهاية المرحلة الأولى 325,430 (طن CO2) خلال سنة 2025 م بتطبيق نسبة كفاءة الطاقة EER11، بينما من المقدر اجتناب 368,194 (طن CO_2) خلال سنة 2030 بتطبيق نسبة كفاءة الطاقة في المرحلة الثانية EER12، كما هو مدرج بالجدول (2) أدناه.

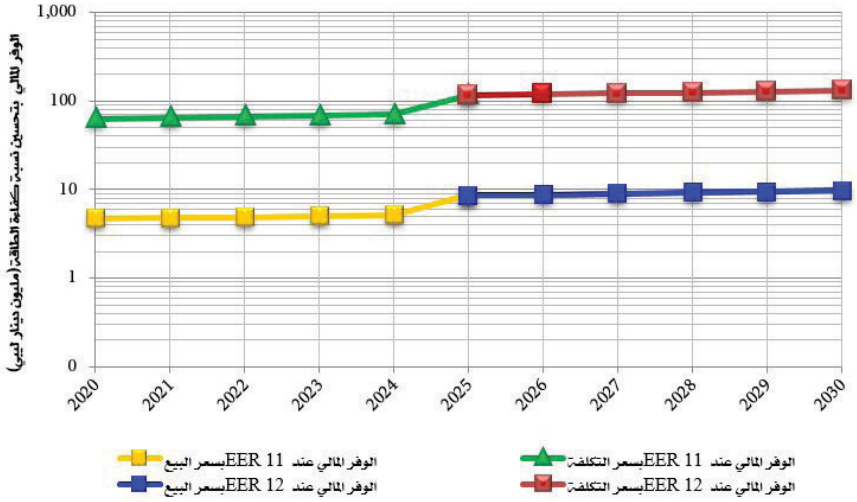


شكل (7) سيناريو توفير الطاقة و خفض انبعاث CO_2 بتطبيق نسب مختلفة لكفاءة الطاقة.

4.8. الوافرات المالية

أن تقدير الوافرات المالية من تطبيق برامج معايير وملصقات كفاءة الطاقة يصعب تقديرها بشكل دقيق، بحيث أنها ترتبط بوافرات مباشرة مثل وفرات الطاقة المالية، وغير مباشرة مثل الوافرات الناتجة من تقليص انبعاث غاز CO2، وكذلك الوافرات الناتجة من استخدام منتجات ذات جودة عالية (كوافرات الصيانة مثلا)، و يبين الشكل (8) الوافرات المالية خلال فترة الصيف، حيث تم تقدير

هذه الوافرات برفع نسبة كفاءة الطاقة من الوضع الحالي EER10 إلى EER11، ثم إلى EER12 لكل منازل ليبيا و ذلك باعتبار سعر التكلفة الحقيقي (271 درهم) لسنة 2013م [16]، و كذلك سعر البيع (20 درهم)، و بما أن هذه الدراسة تهدف إلى عرض المنافع العامة التي تعود على الدولة بتطبيق برنامج لتحسين نسبة كفاءة الطاقة، و بما أن الوفر المالي للدولة هو العائد المالي باعتبار سعر الطاقة هو سعر التكلفة، لذلك فإن الوفر المالي عند تطبيق EER11 بسعر تكلفة إنتاج الطاقة من المقدر أن يبلغ 115.74 مليون دينار ليبي خلال سنة 2025 م، و يبلغ 130.94 مليون دينار ليبي حتى نهاية 2030م بتطبيق نسبة كفاءة الطاقة EER12.



شكل (8) الوفرات المالية وفقاً لسيناريو تحسين نسبة كفاءة الطاقة

جدول (2) ملخص نتائج تحسين نسبة كفاءة الطاقة

تحسين EER	فترة التنفيذ	وفر الطاقة في نهاية الفترة (ج.و.س)	الوفرات المالية في نهاية المرحلة (دينار ليبي)		وفرات CO_2 (طن CO_2)
			بسعر التكلفة	بسعر البيع	
الوضع الحالي EER10	2019 - 2010	232.680	63,056,108.18	4,653,587.32	43,809.42
المرحلة الأولى EER11	2025 - 2020	427.073	115,736,846.2	8,541,464.66	325,430
المرحلة الأولى EER12	2030 -2026	483.194	130,945,618.4	9,663,883.27	368,194

9. الخاتمة

أن إعداد الدراسات اللازمة لتصميم برنامج لمعايير وملصقات كفاءة الطاقة للأجهزة الكهربائية المنزلية أصبح من الأمور المهمة والملحة، التي يجب أن تأخذ في الاعتبار ضمن خطط التطوير المستقبلية في ليبيا، و الإسراع في إعداد خطة وطنية لكفاءة الطاقة بشكل عام، حيث عرضت هذه أهمية تطبيق برنامج معايير وملصقات كفاءة الطاقة للأجهزة الكهربائية المنزلية و ذلك بعرض توفير استهلاك الطاقة، و الوفرات المالية و كمية غاز CO_2 المتوقع اجتنابها سنوياً و ذلك بتحسين نسبة كفاءة الطاقة لأجهزة التكييف المنزلية، و هذا يتطلب رفع كفاءة أجهزة التكييف الموردة و الموجودة في السوق الليبي بشكل تدريجي وفقاً للسيناريو المقترح، واستصدار التشريعات اللازمة و المشجعة في مجال كفاءة استهلاك الطاقة بشكل عام، و البدء في تطبيق برامج معايير وملصقات كفاءة الطاقة بشكل خاص، حيث إن التكاليف المترتبة عن رفع نسبة كفاءة الطاقة تتمثل في زيادة تكلفة شراء أجهزة التكييف كلما زادت كفاءتها، و هذا مما يعيق المواطنين من إستبدال أجهزة التكييف القديمة المركبة في منازلهم بأخرى جديدة ذات نسبة كفاءة أعلى.

كما بينت هذه الدراسة نتائج لخطة إستراتيجية مقترحة لرفع نسبة كفاءة الطاقة لأجهزة التكييف المنزلية على مرحلتين، حيث يطبق EER11 كمرحلة أولى و لمدة 5 سنوات، ثم يرفع إلى EER12 لمدة 5 سنوات أخرى كمرحلة ثانية.

10. المراجع

[1]-Michael A. McNeil, Virginie E. Letschert, Stephane de la Rue du Can. "Global Potential of Energy Efficiency Standards and Labeling Programs" 2008.

[2]-Robert Mowris and Ean Jones. "Peak Demand and Energy Savings from Properly Sized and Matched Air Conditioners". ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings. pp:196-208. 2008.

[3]-A.E. Pg Abas, T.M.I. Mahlia. "Development of energy labels based on consumer perspective: Room air conditioners as a case study in Brunei Darussalam". Elsevier Ltd. Energy Reports. Vol(4). pp: 671-681. 2018.

[4]-Tibin Liu, Jiao Lu, Honglian Xie. "Study on the appliances energy efficiency label and multi-dimensional thinking under low-carbon economic development". Elsevier Ltd. Energy Procedia. Vol (5). pp: 577-580. 2011.

[5]-Masjuki H.H, T. M. I. Mahlia, I. A. Choudhury, and Saidur. R. "A literature review on energy efficiency standards and labels for household electrical appliances". IEEE. pp: II-103 - II-107. 2000.

[6]-H.H. Masjuki, T.M.I. Mahlia, I.A. Choudhury. "Potential electricity savings by implementing minimum energy efficiency standards for room air conditioners in Malaysia". Energy Conversion and Management. Vol (42). pp: 439-450. 2001.

[7]-Anil Kumar, Vijay Kumar, Balkar Singh. "Methods of improving energy efficiency for domestic air conditioning systems". International Journal of Engineering Sciences & Research Technology. Vol (6). No (8). pp: 239-244. 2017.

[8]-Abdullah M. Al-Shaalan. "EER Improvement for Room Air-Conditioners in Saudi Arabia". Energy and Power Engineering. Vol(4). pp: 439-446. 2012.

[9]-Esmail M. A. Mokheimer. "On the need for energy labeling for villa air conditioners in Saudi Arabia and its economic and environmental impact". Energy & Environment. Vol. 23. No. 1. pp: 51-73. 2012.

[10]-Anette Michel, Eric Bush, Jürg Nipkow, Conrad U. Brunner, Hu Bo. "Energy efficient room air conditioners - best available technology (BAT)". EEDAL Conference. Copenhagen. 2011.

[11]-نجمي محمود التائب و فائزة محمد القنين. «نحو تطبيق نظام ملصقات الطاقة لترشيد الاستهلاك وتوفير الموارد في ليبيا». الطاقة الشمسية والتنمية المستدامة - المجلد (5)، العدد (1)، ص: 29-18، 2016.

[12]-«التقرير السنوي» الشركة العامة للكهرباء، 2010.

[13]-New EU ENERGY LABEL. http://www.newenergylabel.com/uk/labelcontent/air _ conditioners/air _ conditioners _ reversible.

[14]-Stephen Wiel, James E .McMahon. " Energy Efficiency Labels and Standards" 2nd Edition. February 2005.

[15]-M.I.R. Abdunnabi, M. A. Musa. "Towards Strategic Plan for Wide Spreading of Solar Water Heaters in Libya". Journal of Solar Energy and Sustainable Development , JSESD. Vol (2). No (1)CSERS. 2013.

[16]-إبراهيم الهادي الطويل، خيري قاسم آغا. «إمكانية تسخين المياه المنزلية بالطاقة الشمسية في تحسين إدارة الطلب على الطاقة في ليبيا». الطاقة الشمسة والتنمية المستدامة - المجلد (6)، العدد (1)، ص: 30-18، 2017.

[17]-الكتاب الإحصائي 2010. مصلحة الأعداد و الإحصاء ليبيا.

[18]-http://www.bsc.ly/downloars _ file.php?Id=12

[19]-Zakariya Rajab, Mohammad Zuhier, Ashraf Khalil and Abdulhafed S. El-Faitouri. " Techno-Economic Feasibility Study of Solar Water Heating System in Libya". The 8th International Renewable Energy Congress (IREC 2017).

[20]-علي شتوان، الصديق ابعوة، إبراهيم بادي. إدارة جانب الطلب على الطاقة الكهربائية للقطاع السكني بليبيا. المجلة الدولية المحكمة للعلوم الهندسية وتقنية المعلومات المجلد (3)، العدد (2)، يونيو 2017.