E

الأمم المتحدة

Distr.
LIMITED

E/ESCWA/ENR/2001/WG.2/11
8 October 2001
ORIGINAL: ARABIC

ESCWA

اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا

اجتماع فريق خبراء بشأن استخدام الطاقة لأغراض التنمية المستدامة في دول الإسكوا: استخدام الطاقة بكفاءة والحد من غاز الدفيئة
بيروت، ٨-١١ تشرين الأول/أكتوبر ٢٠٠١

LIBRARY & DOCUMENTATION SECTION

العزل الحراري للغلاف الخارجي للأبنية، والإنارة الموفرة للطاقة
خيارات ذات أولوية لترشيد استهلاك الطاقة في قطاع الأبنية في دول الإسكوا

ملاحظة: طبعت هذه الوثيقة بالشكل الذي قدمت به ودون تحرير رسمي.

المحتويات

الصفحة

أولا: أنماط استهلاك الطاقة في قطاع الأبنية والعوامل المؤثرة فيها..... ١

ثانيا: فرص ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في قطاع الأبنية في دول الإسكوا..... ٢

ألف- فرص ترشيد استهلاك الطاقة في قطاع الأبنية من خلال البناء نفسه..... ٣

باء - فرص ترشيد استهلاك الطاقة في قطاع الأبنية يتعلق بالأجهزة والنظم والمعدات المستهلكة للطاقة والمستخدمة في هذا القطاع..... ٣

جيم- فرص ترشيد استهلاك الطاقة في قطاع الأبنية ترتبط بالإنسان الذي يستثمر أو يقطن البناء.... ٣

ثالثا: العزل الحراري للغلاف الخارجي للأبنية..... ٤

ألف- المواد العازلة للحرارة التي تستخدم في عزل الأبنية..... ٤

باء - تطبيقات استخدام مواد العزل الحراري في الأبنية..... ٦

جيم- الوفر في الطاقة من جراء العزل الحراري للأبنية..... ٦

رابعا: الترشيد باستخدام الإنارة الموفرة للطاقة في قطاع الأبنية..... ٩

ألف- المصابيح الكهربائية المستخدمة في الإنارة..... ١٠

باء - استخدام الإنارة الموفرة للطاقة في الأبنية الحديثة..... ١١

جيم- تحسين كفاءة طاقة الإنارة في الأبنية القائمة..... ١٢

دال- اقتصاديات الإنارة..... ١٢

هاء- تحسين كفاءة استخدام الطاقة في إنارة الأبنية السكنية..... ١٢

واو- تحسين كفاءة إستخدام الطاقة في إنارة الأبنية التجارية..... ١٦

خامسا:النتيجة والمقترحات

ألف- النتيجة..... ٢١

باء - الإقتراحات..... ٢١

المـــــراجـــــع ٢٢

فرص وأولويات تحسين كفاءة استخدام الطاقة في قطاع الأبنية في دول الإسكوا

أولا- أنماط استهلاك الطاقة في قطاع الأبنية والعوامل المؤثرة عليها

تستهلك الطاقة في قطاعات الاستهلاك النهائي في دول الإسكوا إما على شكل طاقة كهربائية أو على شكل مشتقات بترولية. ويبين الجدول (١) ملخصا لهذا الاستهلاك

الجدول ١. توزع الاستهلاك القطاعي للطاقة الكهربائية والمشتقات البترولية في دول الإسكوا لعام ١٩٩٩

		قطاع الأبنية	قطاع الصناعة	قطاع النقل	قطاع الزراعة والقطاعات الأخرى	توليد الكهرباء	الإجمالي
الطاقة الكهربائية	ج.و.س	١٦٧٠٢٨	٨٢١٢٧	-	٥٧٦٥٥	-	٣٠٦٨٠٩
	%	٥٤ر٤	٢٦ر٨	-	١٨ر٨		١٠٠
المشتقات البترولية	مليون طن م.ن	٢٢ر١٨٧	٢٠ر٦٨٩	٥٥ر٣٧٥	٤ر٦٩٣	٢٤ر١٦٢	١٠٦ر١٢٧
	%	١٧ر٤	١٦ر٣	٤٣ر٦	٣ر٧	١٩	١٠٠

واستهلك قطاع الأبنية في عام ١٩٩٩ في دول الإسكوا ما يزيد عن ١٦٧ مليار ك.و.س. من الطاقة الكهربائية ويمثل ذلك نسبة ٥٤ر٤ في المائة من مجمل الاستهلاك القطاعي للطاقة الكهربائية، وكان معدل نمو استهلاك الطاقة الكهربائية بين عامي ١٩٩٨ و١٩٩٩ في هذا القطاع ١١ر٥ في المائة. كما استهلك هذا القطاع بحدود ٢٢ر١٩ مليون طن م.ن. من المشتقات البترولية، ويمثل ذلك نسبة ١٧ر٤ في المائة من إجمالي الاستهلاك القطاعي للمشتقات البترولية، وكان معدل نمو استهلاك المشتقات البترولية بين عامي ١٩٩٨و١٩٩٩ في هذا القطاع ٢ر٧ في المائة مما يدل على أن معدل نمو استهلاك الطاقة الكهربائية في دول الإسكوا أكبر بكثير من معدل استهلاك المشتقات البترولية. وتفاوتت نسبة ومقدار استهلاك الطاقة الكهربائية والمشتقات البترولية في هذا القطاع من دولة إلى أخرى. كما يوضح ذلك الجدول(٢).

ويظهر على استهلاك الطاقة في قطاع الأبنية في معظم دول الإسكوا طابع الإسراف في الاستهلاك إلى درجة التبذير وذلك لأسباب متعددة قد يكون أهمها توفر هذه الطاقة، والدعم المقدم للمستهلكين من قبل معظم الحكومات مما يؤدي إلى رخص أسعارها. ويتأثر استهلاك الطاقة في قطاع الأبنية بعدة عوامل أهمها:

المنـــاخ المسيطر على موقع البناء **والوضع الطبوغرافي** له ومدى ارتفاع مكانه عن سطح البحر، وموقعه على جبل أو تلة أو هضبة أو في السهل، **والظروف البيئية المحيطة بالبناء**، وما يجاوره من أبنية، أو أشجار أو شوارع، **والعوامل الاجتماعية**، ومنها متوسط حجم الأسرة/الأسر التي تقطن البناء، ومعدل نمو عدد السكان، ووجود البناء في الريف أم في المدينة، وارتباط البناء بالشبكة الكهربائية الوطنية، **والعوامل الاقتصادية** إذ يتأثر استهلاك الطاقة كما ونوعا بمتوسط دخل الأسرة، وقدرتها على تحمل أعباء استهلاك الطاقة، ومقدرتها على الشراء واقتناء التجهيزات والأدوات الكهربائية المنزلية بمختلف أنواعها وخدماتها.

جدول ٢. استهلاك الطاقة الكهربائية والمشتقات البترولية في قطاع الأبنية ونسبة كل منهما من الاستهلاك القطاعي في عام ١٩٩٩ ومعدل النمو بين عامي ١٩٩٨ و١٩٩٩

اسم الدولة	استهلاك الطاقة الكهربائية في قطاع الأبنية (١٩٩٩)		معدل النمو[٣] ١٩٩٨/١٩٩٩	استهلاك المشتقات البترولية(*) في قطاع الأبنية (١٩٩٩)		معدل النمو[٤] ١٩٩٨/١٩٩٩
	ج.و.س.	% [١]		ألف طن م.ن.	% [٢]	
المملكة الأردنية الهاشمية	٢٥٥٥	٠ر٤٤	٦ر٣	٩ر٨٩١	٩ر١٨	١ر٤
الإمارات العربية المتحدة *	١٥٢٦٤	٣ر٦٠	٠ر٥	١ر٧٤٩	٤ر٥	٦ر٧
دولة البحرين*	٤٥٨٢	٢ر٨٢	٠ر٤	٨ر٩٧	٣ر١٠	٥ر٣٢
المملكة العربية السعودية	٦١٥٦٩	٣ر٥٨	٧ر١٢	٥ر٥٠٨١	٨ر١٣	٥ر٢
الجمهورية العربية السورية	٧٨٠٣	٢ر٤٠	٣ر٩	٨ر٢١٣٤	٤ر٢٢	٥ر٢
جهورية العراق	١٤٢٠٣	٠ر٤٥	٠ر٢	٤ر٤٣٤٦	٦ر٢٨	٥ر٢
سلطنة عمان	٤٧٥٦	١ر٧٣	٤ر٦	٤ر٣٢٤	٣ر١٦	٠ر٤
فلسطين	١٣٨٥	٠ر٦٠	٠ر٣	٨ر٨٨	٢ر٤٤	١ر٣
دولة قطر*	٥٢٧٤	٦ر٦٢	٠ر١٠	١ر١١٨	٧ر١١	٠ر٩
دولة الكويت	٢٠٨٤٠	٧ر٦٩	٨ر١٥	٥ر٢٧٨	٩ر٣	٨ر٢
الجمهورية اللبنانية	٤١١١	٠ر٣٨	٥ر٨	٧ر٧٣٩	٨ر١٣	٤ر٥
جمهورية مصر العربية	٢٣٢٠٠	٠ر٤١	٣ر١٣	٣٣٣٨ (*)	٥ر١٤	٥ر٤
الجمهورية اليمنية *	١٤٨٦	٤ر٧٧	٩ر٤	٤ر٥٩٠	٣ر٣٧	١ر٢
إجمالي دول الاسكوا	١٦٧٠٢٨	٤ر٥٤	٥ر١١	٢٠٨٨٧	٦ر١٦	٧ر٢

المصادر: المجموعة الإحصائية للإسكوا لعام ٢٠٠٠؛ التقرير السنوي ١٩٩٩، وزارة الطاقة والثروة المعدنية، المملكة الإردنية الهاشمية؛ والطاقة الكهربائية في المملكة العربية السعودية، وزارة الصناعة والكهرباء لعام ١٤١٩ هجرية؛ والنشرة الاحصائية السنوية ١٩٩٩، المؤسسة العامة لتوزيع واستثمار الطاقة الكهربائية، وزارة الكهرباء الجمهورية العربية السورية؛ الكتاب الإحصائي السنوي (أغسطس ٢٠٠٠) وزارة الاقتصاد الوطني، سلطنة عمان؛ معلومات رسمية موثقة واردة من الجهات المعنية في دولة الكويت؛ معلومات رسمية صادرة عن الجهات المعنية في لبنان؛ والطاقة في مصر ١٩٩٨/١٩٩٩، جهاز تخطيط الطاقة – جمهورية مصر العربية

(*) قيم تقديرية لاستهلاك قطاع الأبنية من المشتقات البترولية

ثانيا– فرص ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في قطاع الأبنية في دول الإسكوا

تصنف دول الاسكوا إلى صنفين: **الصنف الأول**: دول تحتاج إلى تكييف لهواء الأبنية صيفا ولا تحتاج إلى تدفئة تذكر شتاء. **والصنف الثاني**: دول تحتاج إلى تدفئة للأبنية شتاء ولا تحتاج إلى تكييف صيفا. ومن اجل تحقيق الهدف الكامل من ترشيد استهلاك الطاقة في الأبنية، فانه من المهم اعتبار البناء، أو (المسكن)، هو نظام طاقة متكامل يجب تحقيق ترشيد الطاقة في مختلف عناصره. فعند تركيب أي جهاز جديد، أو أي تعديل للجهاز القديم الموجود، لا بد من دراسة الفوائد الناتجة من ذلك من خلال التصميم المتكامل من اجل تخفيض الحمل الطاقي المطلوب لهذا الجهاز قبل شرائه أو تعديله. ممثلاً أن نصف حمل التبريد في بناء غير كفوء للطاقة يحصل من الكسب الحراري الشمسي ومن نظام الإنارة غير الكفوء.

إن التصميم الأفضل للبناء واستخدام التجهيزات الكفوءة يؤدي إلى تحسين أداء البناء وتحقيق الارتياح المطلوب وزيادة الإنتاجية. ومن ناحية أخرى، تعتمد زيادة كفاءة الطاقة في الأبنية وخاصة التجارية منها على الإجراءات والتصرفات التي يقوم بها مستخدمو هذه الأبنية وإدارة الطاقة فيها إضافة إلى تحسين أداء البناء وشراء التجهيزات المناسبة الموفرة للطاقة.

من كل ما تقدم ذكره تظهر أهمية البحث عن الفرص المناسبة لترشيد استهلاك هذه الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في هذا القطاع والتي يمكن تصنيفها وفق ثلاثة محاور هي:

ألف- فرص ترشيد استهلاك الطاقة في قطاع الأبنية تتعلق بالبناء نفسه

ويتم ذلك من خلال: (١) تصميم البناء وفق أساليب التصميم المعماري البيئي الذي يراعي مواءمة البناء للظروف البيئية، والطبوغرافية، والمناخية المحيطة ومتغيرات الطاقة الشمسية، بما يرفع كفاءته الحرارية. إذ يتم دراسة موقع البناء وتأثير كل ما يحيط به، وتحديد شكله (المقطع الأفقي، والارتفاع الطابقي، وعدد الطوابق)، وتوجيهه بالشكل المناسب لرفع كفاءته الحرارية صيفاً وشتاءً وبالتالي تخفيض حمله الحراري، واختيار حجم الفتحات (الأبواب والنوافذ) ومواقعها في واجهات البناء؛ و(٢) تنفيذ البناء وخاصة غلافه الخارجي واستخدام مواد العزل الحراري فيه، والمواد المناسبة لجدرانه وسقفه وأبوابه ونوافذه بما فيها استخدام الزجاج المضاعف بهدف تخفيض الحمل الحراري اللازم له، ومراعاة الدقة في التنفيذ، إضافة إلى استخدام الألوان المناسبة للجدران الخارجية والسطح الأخير.

باء- فرص ترشيد استهلاك الطاقة في قطاع الأبنية تتعلق بالأجهزة والنظم والمعدات المستهلكة للطاقة والمستخدمة في هذا القطاع

إن الأجهزة والمعدات والنظم المستهلكة للطاقة والمستخدمة في الأبنية هي: (١)أجهزة الإنارة، و(٢) أجهزة ونظم التدفئة، و(٣) أجهزة ونظم التكييف والتهوئة، و(٤) أجهزة تسخين مياه الاستخدام، و(٥) أجهزة التبريد والتجميد، و(٦) أجهزة الغسيل والتجفيف، و(٧) أجهزة الطبخ، و(٨) المحركات الكهربائية، و(٩) أجهزة الراديو والتلفاز، و(١٠) أجهزة كوي الملابس، و(١١) الأدوات الكهربائية المنزلية الأخرى، و(١٢) التجهيزات الكهربائية المكتبية.

جيم- فرص ترشيد استهلاك الطاقة في قطاع الأبنية ترتبط بالإنسان الذي يستثمر أو يقطن البناء

ويتم ذلك من خلال الإجراءات الواجب اتباعها من قبل قاطني الأبنية أو مستخدميها (أي بتعبير آخر الإدارة الكفوءة لاستهلاك الطاقة في البناء) وذلك تجنبا للإسراف في استهلاك الطاقة في الأبنية وذلك من خلال اعتماد التدابير والتعليمات والنصائح اللازمة من اجل إدارة أفضل للطاقة في الأبنية، ووضع برامج التوعية المناسبة واعتماد التمويل اللازم لها ورفع مستوى تأهيل الفنيين ومتخذي القرار في مجال الترشيد، وإصدار التشريعات القانونية والمالية اللازمة، إضافة إلى التشجيع على الاستثمار بهذا المجال لأنه ذو جدوى اقتصادية.

وأثناء إعداد دراسة "تحسين كفاءة استخدام الطاقة في قطاع الأبنية في دول الإسكوا"، تمت عدة زيارات ميدانية لعدد من دول الإسكوا بهدف لقاء المعنيين والحوار معهم من أجل تحديد الأولويات والخيارات التي يجب بحثها واعتمادها في تلك الدراسة وقد تبين وجود إجماع لدى جميع المعنيين الذين تم الحوار معهم على أهمية العزل الحراري للأبنية من أجل تخفيض الحمل الحراري اللازم للتكييف وللتدفئة فيها. ونوه جميع المعنيين وخاصة في دول مجلس التعاون الخليجي إلى أن أحد أهم أسباب ارتفاع استهلاك الطاقة الكهربائية في قطاع الأبنية في هذه الدول هو الحاجة الماسة إلى تكييف هذه الأبنية لفترة طويلة من السنة.

كما تم التأكيد على أهمية استهلاك الطاقة في الإنارة في جميع دول الإسكوا، بالإضافة إلى خدمات الطاقة الكهربائية المنزلية والتجارية والمكتبية المطلوبة.وبناء على ذلك فقد تم تحديد الأولويات التالية التي ستدرس بالتفصيل في الفقرات المقبلة.

العزل الحراري للغلاف الخارجي للأبنية: وقد تم اعتماد هذا الخيار نظرا لما يعكسه من تخفيض للحمل الحراري اللازم سواء لتكييف وتهوية الأبنية و أو لتدفئتها ورفع كفاءتها الحرارية لتحقيق الراحة في استخدامها، كما انه خيار يمكن تطبيقه على جميع الأبنية، القائم منها والذي يبنى حديثا.

استخدام أجهزة إنارة ذات كفاءة عالية: وذلك لما للإنارة من دور هام في ترشيد استهلاك الطاقة وتخفيض الطلب عليها في قطاع الأبنية في جميع دول الإسكوا إذ تمثل الإنارة أحد العوامل الهامة والمؤثرة على حياة الإنسانية وتطورها، وهي إحدى الاستخدامات الأساسية للكهرباء وتدخل في مختلف أنشطة الناس ليلا ونهارا وتستخدم من قبل جميع المستهلكين.

الإدارة الكفوءة لاستهلاك الطاقة في الأبنية: وذلك تجنبا للإسراف في استهلاكها من خلال عدد من السياسات والخيارات والإجراءات الواجب اتخاذها بشكل دوري للمحافظة على الاستهلاك الأدنى للطاقة مع استمرار نفس مستوى الخدمة المطلوبة للإنارة في البناء.

ثالثا- العزل الحراري للغلاف الخارجي للأبنية

للعزل الحراري للغلاف الخارجي للأبنية دور هام وأساسي يمكن أن يلعبه في ترشيد الطلب على الطاقة في جميع دول الإسكوا وذلك من خلال تخفيض الحمل الحراري اللازم لتكييف و/أو لتدفئة هذه المباني. ويستخدم لعزل الغلاف الخارجي للأبنية حراريا، مواد عازلة للحرارة تعمل على تقليل انتقال الطاقة الحرارية **بالنقل (بالتوصيل)**، و**بالحمل** و**بالإشعاع**، خلال أجزاء البناء وعناصره الخارجية سواء أكان من داخل البناء إلى خارجه (فقدان أو تسرب حراري في فصل الشتاء) أو من الخارج إلى داخله (كسب حراري في فصل الصيف) بهدف تحسين البيئة الداخلية بالإضافة إلى الوفر في الطاقة الحرارية المكتسبة أو المتسربة عبر العناصر الإنشائية المختلفة.

ألف- المواد العازلة للحرارة التي تستخدم في عزل الأبنية

إن أهم ما يميز المادة العازلة للحرارة موصليتها الحرارية (وات/م^{0} س) وناقليتها (مواصلتها) الحرارية (وات/م^{2} ^{0}س) ومقاومتها الحرارية R (م^{2} ^{0}س/وات) بالإضافة إلى الكثافة ونفاذية بخار الماء وتأثير العوامل الجوية. يبين الجدول (٣) خواص عدد من العوازل الحرارية التي يمكن استخدامها في عزل الأبنية ومنها:

البوليسترين: ويسمى تجارياً "الستيريوبور" وله نوعان البوليسترين الممدد وتتراوح كثافته بين٢٢و٢٨ كغ/م^{3} والبوليسترين المشكل بالبثق وتتراوح كثافته بين ٣٠ و٣٥كغ/م^{3} وينصح بحماية ألواح البوليسترين عند استخدامها داخل العناصر الإنشائية للبناء بين طبقات غير قابلة للاحتراق. تتراوح الموصلية (الناقلية النوعية) الحرارية لألواح البوليسترين الممدد بين ٠٫٣٣ر٠ و٠٫٤١ر٠ واط/م.^{0}س، ولألواح البوليسترين المبثوق بين ٠٫٣٢ر٠ و٠٫٣٧ر٠ واط/م. ^{0}س[1].

---

[1] من كل ١م٢ من البوليستيرين ينتج ٢٥ م٢ من ألواح البوليستيرين سماكة ٣ سم و٢٠م ٢ من ألواح البوليستيرين سماكة ٥ سم، وكلفة المتر المكعب من البوليستيرين الممدد الذي كثافته ٢٦-٢٨ كغ/م٢ ٨٠دولار للمادة و ٢٠ دولار للتركيب، والبوليستيرين المبثوق الذي كثافته ٣٠-٣٥ كغ/م٢ ١٣٠ دولار للمادة و٢٠ دولار للتركيب.

البوليوريثين: ويوجد منه نوعان "البوليوريثين الجاسئ" و"البوليوريثين المرن". ويتم إنتاج البوليوريثين إما بطريقة الألواح المغلفة، أو بطريقة القولبة أو بالحقن، أو بالرش بالموقع. الموصلية الحرارية للبوليوريثين بحدود ٠٫٠١٧ واط/م°س (عند درجة حرارة ١٠°س) وقت الإنتاج تصبح ٠٫٠٢٣ واط/م°س بعد مرور عام على الإنتاج، و٠٫٠٢٦ بعد عامين و٠٫٠٢٧ بعد خمسة أعوام . ويستعمل البوليوريثين المرن لعزل أنابيب التدفئة والتبريد والعزل الصوتي.

الصوف الصخري: ينتج الصوف الصخري من صخور البازلت ومواد أولية أخرى، وتكون المادة المنتجة بشكل نهائي على شكل ألواح أو لفائف أو فرشات أو مقاطع مغلفة للأنابيب. ويمكن أن يغلف أحد سطوح اللفائف أو كليهما شبك من الأسلاك المعدنية. وتستعمل اللفائف في عزل السطوح الحارة والباردة وأجهزة التبريد وتتراوح موصليته الحرارية بين ٠٫٠٥ و ٠٫٠٣٦ (وات/م. °س).

الصوف الزجاجي: ينتج الصوف الزجاجي من الرمل والصودا وبعض المكونات الأخرى. وتكون المادة المنتجة بشكل نهائي على شكل لفائف أو فرشات. وتختلف الموصلية الحرارية للصوف الزجاجي باختلاف الأصناف والكثافات حيث تتراوح بين ٠٫٠٣٥ و٠٫٠٤٥ (واط/م °س) عند درجات الحرارة العادية.

الجدول (٣) خواص عدد من العوازل الحرارية

	الصوف الصخري	الألياف الزجاجية	البوليستيرين	البوليوريثين	البوليوريثين المنفذ بالرش	الخرسانة العازلة الخفيفة الوزن
الوصف	ألواح أو فرشات نسيجية	ألواح أو فرشات أو لفائف	ألواح بيضاء	ألواح بنية مصفرة	رغوة تنفذ بالموقع*	بلاطة خرسانية مسامية قاسية
المقاومية الحرارية(١) (وات/ م° س)	٢٠ – ٢٨	١٦ – ٣٢	٢٥ – ٣٣	٣١ – ٥٠	٢٧ – ٤٢	٠٫٨٤ – ١٫٧
الكثافة، (كغ /م٣)	١٠٠–٢٠٠	١٠ – ١٥٠	١٥ – ٣٥	٢٥ – ٦٤	١٥ – ٤٠	٤٤٠ – ١٤٤٠
نفاذية بخار الماء (٢) (غرام.متر/م.ن.ث)	٠٫١٩	٠٫١٩	٠٫٠٠٢ – ٠٫٠٠٦	٠٫٠٠١٦– ٠٫٠٠٧٣	٠٫٠٠٣– ٠٫٠٠٦	٠٫٠٢–٠٫٠٤
امتصاص الماء (%)	+٢ % من الوزن	عالي	٢ – ٥ % من الحجم	٤ % من الحجم	١٠ % من الحجم	٣٠ % من الحجم
تأثير العوامل الجوية	تتأثر قليلا بالأشعة فوق البنفسجية	تتأثر بالأشعة فوق البنفسجية	تتأثر بالأشعة فوق البنفسجية	تتأثر بالأشعة فوق البنفسجية	تتأثر بالأشعة فوق البنفسجية	لا تتأثر بالعوامل الجوية
الاحتراق	غير قابلة للاحتراق	غير قابلة للاحتراق	قابلة للاحتراق	قابلة للاحتراق	قابلة للاحتراق	غير قابلة للاحتراق
أقصى درجة حرارة تشغيل (°س)	٣٧٠ – ٨٠٠	١٣٠	٧٥	١٠٠		٥٠٠

المصدر: كودة العزل الحراري، مجلس البناء الوطني الأردني، وزارة الأشغال العامة والإسكان/الأردن

(*)تحتوي على مادتي أساس عند حقنهما معا داخل تجويف أو رشهما معا على سطح ما يتفاعلان ليكونا رغوة تأخذ شكل التجويف أو شكل السطح وتتصلب في ما بعد التنفيذ بفترة قصيرة.

(١) المقاومية الحرارية أو المقاومة النوعية الحرارية وهي عكس الموصلية الحرارية. (٢) غرام.متر/ميغا نيوتن.ثانية.

الخرسانة الخفيفة تنتج بطرق ووسائل متنوعة وتستعمل في الأغراض الإنشائية كما في العزل الحراري وتتراوح كثافة الخرسانة الخفيفة المستعملة في العزل الحراري بين ٢٤٠ و١٤٤٠ كغ/م٣ والموصلية الحرارية لها بين ٠٫٠٦٥ و٠٫٤٣ (واط/م. °س). وتتراوح كثافة الخرسانة الخفيفة المستعملة للأغراض الإنشائية بين ١٤٠٠ و١٩٢٠ كغ/م٣، في حين تكون كثافة الخرسانة العادية بين ٢٢٤٠و٢٥٠٠ كغ/م٣، والتي تتراوح موصليتها الحرارية بين ١٫٤ و١٫٨ (واط/م°س).

باء- تطبيقات استخدام مواد العزل الحراري في الأبنية

يمكن تطبيق العزل الحراري في جميع الأبنية التي تصنف إلى أبنية ستقام حديثا وأبنية قديمة قائمة.

ففي الأبنية التي ستقام حديثا يمكن أن تتعاظم كفاءة العزل الحراري فيها من خلال تكاملها مع كافة الإجـراءات الأخرى التي يمكن تحقيقها في البناء مثل التخطيط البيئي السليم للمنطقة التي سيقام البناء فيها، حيـث يـتم توزيع مواقع الأبنية، ويراعى فيها الحد الأقصى للارتفاع، والبعد فيما بينها، وعرض الشوارع واتجاهاتها، بما يحقق التوجيه المناسب للأبنية. يلي ذلك التصميم المعماري المناسب الذي يحقق أقل كمية من الإشعاع الشمسي الساقط على واجهاته صيفاً، وأكبر كمية إشعاع شمسي شتاءً إضافة إلى اختيار أماكن وأبعاد المـناور والفـتحات (الـنوافذ والأبواب والبلكونات)، وتصميم الواجهات واستخدام الجدران المزدوجة التي تسـتخدم فـيها مواد العزل الحراري. ويتم تحقيق العزل الحراري وسقوف الأبنية الحديثة في جدرانها من الداخل أو من الخارج أو في الوسط حسب الضرورة التصميمية وطبيعة البناء.

أمـا في الأبنية القائمة يمكن تحقيق عزل الجدران من الخارج بإكسائها بمواد إكساء عازلة للحرارة مـثل الـبلاط المكون من الايبوكسي والبوليستيرين، أو من الرخام والبوليستيرين، أو من الحجر الصناعي والبوليستيرين، أو باستخدام أنواع من الخرسانة الخلوية. ويمكن تطبيق العزل الحراري في وسط الجدران إذا كانـت الجـدران الخارجـية مكونـة مـن طبقتين بينها فراغ من الهواء فيتم عندها حقن مادة عازلة من البوليوريثين أو حبيبات البوليستيرين في الفراغ لملئه وتحسين الأداء الحراري للبناء. كما يمكن تطبيق العزل الحـراري لهـذا النوع من الأبنية من الداخل وذلك بتلبيس جدران الغلاف الخارجي للبناء من جهة الداخل بطبقة عازلة من البوليستيرين أو البوليوريثين التي يجب حمايتها من الداخل بالأسلوب المناسب.

جيم- الوفر في الطاقة من جراء العزل الحراري للأبنية

يعـد العزل الحراري في الأبنية (حديثة أم قائمة) استثمارا اقتصاديا مربحا ، إذ أنه يؤدي إلى توفير الطاقـة، وتخفيض استهلاك الأجهزة وتكاليف الصيانة، إضافة إلى ما يحققه من متطلبات ضرورية للسكن الصحي المريح وحماية البناء من التأثيرات الضارة مما يرفع من القيمة السكنية للبناء ويزيد من عمره.

١- تحسين الوضع الحراري للعناصر الإنشائية للأبنية باستخدام العزل الحراري

يبيـن الجدول (٤) الانتقالية الحرارية للجدران والسقوف غير المعزولة، والمعزولة بانواع وسماكات مختلفة من العوازل الحرارية. إذ يتكون كل جدار من طبقة داخلية وخارجية من المونة الإسمنتية سماكة كل مـنها ٢سم، وطبقة داخلية وخارجية من الحجر أو الطوب (البلوك) سماكة كل منها ٥ر١٢سم، وطبقة عازلة في الوسط.

يتبين من هذا الجدول:

١- ان أفضل مادة للجدار غير المعزول هي الطوب الطفلي المفرغ يليها الحجر الجيري.

الجدول (٤) الانتقالية الحرارية للجدران والسقوف غير المعزولة والمعزولة حسب نوع الحجر أو الطوب (البلوك) والعازل المستخدم

(U Value = س وات/م^{2} ^{0})

نوع المادة العازلة	سماكة العزل	جدار (١)	جدار(٢)	جدار(٣)	جدار (٤)	جدار (٥)	السقف(٦)
بدون عزل	٠	٢ر٠٥	١ر٥٧	٢ر٦٥	٢ر٤٩	٢ر٣٧	٢ر٥٢
العازل فراغ من الهواء وسماكة ٥سم*	٥	١ر٥٢	١ر٢٤	١ر٨٣	١ر٧٥	١ر٦٩	-
نسبة الإنتقالية منها بدون عزل		٧٤%	٧٩%	٦٩%	٧٠%	٧١%	
بوليستيرين ممدد	٢ر٥	٠ر٨٦	٠ر٧٦	٠ر٩٥	٠ر٩٢	٠ر٩١	٠ر٩٣
نسبة الإنتقالية منها بدون عزل		٤٢%	٤٨%	٣٦%	٣٧%	٣٨ر٤%	٣٧%
بولستيرين ممدد	٥	٠ر٥٤	٠ر٤٩	٠ر٥٨	٠ر٥٧	٠ر٥٦	٠ر٥٧
نسبة الإنتقالية منها بدون عزل		٢٦%	٣١%	٢٢%	٢٣%	٢٣ر٦%	٢٢ر٦%
بولستيرين مبثوق سماكة	٢ر٥	٠ر٧٦	٠ر٦٨	٠ر٨٣	٠ر٨١	٠ر٨٤	٠ر٨١
بولستيرين مبثوق سماكة	٥	٠ر٤٧	٠ر٤٤	٠ر٤٩	٠ر٤٨	٠ر٤٩	٠ر٤٨
بوليوريثين سماكة	٢ر٥	٠ر٧١	٠ر٦٤	٠ر٧٧	٠ر٧٥	٠ر٨	٠ر٧٥
نسبة الإنتقالية منها بدون عزل		٣٤ر٦%	٤٠ر٨%	٢٩%	٣٠%	٣٣ر٨%	٣٠%
بوليوريثين سماكة	٥	٠ر٥٥	٠ر٣٩	٠ر٤٥	٠ر٤٥	٠ر٤٨	٠ر٤٤
نسبة الإنتقالية منها بدون عزل		٢٦ر٨%	٢٥%	١٧%	١٨%	٢٠%	١٧ر٥%

المصدر: مستنبط من المرجع (٣). (*) المقاومة الحرارية للهواء في فراغ مغلق١٧ر٠(م^{2} ^{0}س/وات)

في الجدار (١) حجر جيري، في الجدار (٢) طوب طفلي مفرغ، في الجدار (٣) طوب اسمنتي مفرغ، في الجدار(٤) طوب رملي مفرغ، في الجدار (٥) طوب اسمنتي مصمت. (٦) يتكون السقف من طبقة بلاط إسمنتي سماكتها ٢سم، ومونة إسمنتية سماكتها ٢سم، وطبقة رمل سماكتها ٣ سم، وعازل رطوبة سماكته ٥ر٠سم ، وعازل حراري، وخرسانة مسلحة سماكتها ١٢سم وطبقة طينة إسمنتية داخلية سماكتها ٢ سم.

٢- تنخفض الانتقالية الحرارية في الجدار المكون من طبقتين بينهما فراغ من الهواء بسماكة ٥ سم عنها عندما يكون الجدار لا يحوي طبقة الهواء، إلى ٧٤ في المائة في الجدار ذو الحجر الجيري، والى ٧٩ في المائة في الجدار ذو الطوب الطفلي المفرغ والى ٦٩ في المائة في الجدار ذو الطوب الإسمنتي المفرغ، والى ٧٠ في المائة في الجدار ذو الطوب الرملي المفرغ، والى ٧١ في المائة في الجدار ذو الطوب الإسمنتي المصمت.

٣- تنخفض الانتقالية الحرارية، في الجدار المكون من طبقتين بينهم عازل حراري من البوليستيرين الممدد الذي سماكته ٥ر٢ سم او ٥ سم عنها عندما يكون الجدار غير معزول وذلك على الترتيب، إلى ٤٢ في المائة و ٢٦ في المائة في الجدار ذو الحجر الكلسي، والى ٤٨ في المائة و ٣١ في المائة في الجدار ذو الطوب الطفلي المفرغ والى ٨ر٣٥ في المائة و ٢٢ في المائة في الجدار ذو الطوب الاسمنتي المفرغ، والى ٣٧ في المائة و٢٣ في المائة في الجدار ذو الطوب الرملي المفرغ والى ٤ر ٣٨ في المائة و٦ر٢٣ في المائة في الجدار ذو الطوب الاسمنتي المصمت.

٤- تنخفض الإنتقالية الحرارية عند استخدام البوليستيرين المبثوق إلى ٨٥-٨٨ في المائة من قيمتها عندما يكون البوليستيرين ممددا أيا كان نوع الطوب المستخدم في الجدار المكون من طبقتين.

٥- تنخفض الانتقالية الحرارية، في الجدار المكون من طبقتين فيهما عازل حراري من البوليستيرين الممدد الذي سماكته ٥ر٢سم أو ٥ سم عنها عندما يكون العازل فراغا من الهواء سماكته ٥ سم وذلك

على الترتيب، إلى٥٦ في المائة أو٥ر٣٥ في المائة في الجدار ذو الحجر الكلسي، وإلى٦١ في المائة و٥ر٣٩ في المائة عندما يكون الجدار من الطوب الطفلي المفرغ، والى ٥٢ في المائة و٧ر٣١ في المائة في الجدار ذو الطوب الإسمنتي المفرغ والى ٩ر٥٢ في المائة و٦ر٣٢ في المائة في الجدار ذو الطوب الرملي المفرغ، والى ٨ر٥٣ في المائة و٣٣ في المائة في الجدار ذو الطوب الإسمنتي المصمت.

٦- تنخفض الإنتقالية الحرارية، في الجدار المكون من طبقتين فيهما عازل حراري من البوليورثيين سماكة ٥ر٢سم و ٥سم عنها عندما يكون الجدار غير معزول وذلك على الترتيب، إلى٦ر٣٤ في المائة و٨ر٢٦ في المائة في الجدار ذو الحجر الجيري، والى ٨ر٤٠ في المائة و٢٥ في المائة في الجدار ذو الطوب الطفلي المفرغ، والى ٢٩ في المائة و١٧ في المائة في الجدار ذو الطوب الإسمنتي المفرغ، والى ٣٠ في المائة و١٨ في المائة في الجدار ذو الطوب الرملي، والى ٨ر٣٣ في المائة و٢٠ في المائة في الطوب الإسمنتي المصمت.

٧- تنخفض الإنتقالية الحرارية للسقف المعزول حراريا عنها في السقف غير المعزول حراريا إلى ٣٧ في المائة و ٦ر٢٢ في المائة عندما يكون العازل ٥ر٢سم و٥ سم من البوليستيرين الممدد، والى ٣٢ في المائة و١٩ في المائة عندما يكون العازل ٥ر٢سم و٥ سم من البوليستيرين المبثوق، والى ٣٠ في المائة و٥ر١٧ في المائة عندما يكون العازل ٥ر٢سم و٥ سم من البوليوريثين.

وفيما يلي عدد من الأمثلة التي تبين الوفر في استهلاك الطاقة من جراء استخدام مواد العزل الحراري.

٢- الوفر في الطاقة الحرارية المكتسبة والمتسربة من شقة سكنية مكونة من طابق واحد

يفرض وجود شقة سكنية مكونة من طابق واحد أبعادها ١٢م x ٨م، وارتفاع ٣م ودرجة الحرارة الخارجية ٣٧°س والداخلية ٢٥°س، وأن الجدران الخارجية مبنية بطبقة من الطوب الرملي سماكتها ٢٥سم، مطينة (مبيضة) من الخارج والداخل بطبقة طينية سماكتها ٢سم، والسقف من الخرسانة المسلحة بسماكة ١٢سم، للشقة ٨ نوافذ ذات إطار خشبي وزجاج مفرد مساحة كل منها ١م^{٢}، وانتقاليتها الحرارية (٤ر٣ وات/م^{٢} °س)، ولها باب مساحته ٢م^{٢} وانتقاليته الحرارية(٥ر٣وات/م^{٢}°س)،ومساحة السطح المعرض للجو الخارجي ٨٦م٢يراد تحسين الوضع الحراري لهذه الشقة السكنية فيتم عزل جدرانها بسماكة ٣سم، وسقفها بسماكة ٥سم من مادة عازلة موصليتها الحرارية (٠ر٠٢٦ وات/م°س). ويستخدم زجاج مضاعف للنوافذ لتصبح انتقاليتها الحرارية (٥ر٢ وات/م^{٢}°س). يبين الجدول (٥) نتائج الحسابات الحرارية لهذه الشقة السكنية والمتمثلة بالانتقالية الحرارية للعناصر الإنشائية للشقة والقدرة الحرارية اللازمة لها قبل العزل وبعده.

الجدول (٥). نتائج الحسابات الحرارية لحالة شقة سكنية قبل وبعد العزل

	الانتقالية الحرارية الكلية					القدرة الحرارية
	للجدران (وات/م^{٢}°س)	للسقف (وات/م^{٢}°س)	للنوافذ (وات/م^{٢}°س)	للباب (وات/م^{٢}°س)	للشقة بكاملها (وات/م^{٢} °س)	اللازمة للشقة كيلوات
قبل العزل	٢ر٦٥	٣ر٧٠	٤ر٣	٥ر٣	٣ر١٢٢	٩ر٠٥
بعد العزل	٠ر٦٥٣	٠ر٤٥٦	٢ر٥	٣ر٥	٠ر٦٦٩	١ر٤٩
نسبة الانخفاض بعد العزل (%)	٧٥ر٤	٨٧ر٧	٤١ر٩	٠	٧٨ر٦	٨٣ر٥

المصدر: مستنبط من المرجع (٣)

يتضـــح من الجدول أن الانتقالية الحرارية تنخفض من الجدران بنسبة ٤ر٧٥ في المائة ومن السقف بنسبة ٧ر٨٧ في المائة ومن النوافذ بنسبة٩ر٤١ في المائة. وتنخفض الانتقالية الحرارية الكلية للشقة السكنية بعـــد العـــزل بنسبة ٦ر٧٨ في المائة والوفر المحقق في القدرة الحرارية اللازمة أو المتسربة للشقة السكنية يساوي ٥ر٨٣ في المائة.

٣- تحسين الوضع الحراري للعناصر الإنشائية في شقة سكنية في مبنى طابقي

يفرض وجود شقة سكنية مساحتها ١٢٠ م^2 في مبنى طابقي، يوجد فيها جداران خارجيان معرضان للعوامـــل الجويـــة الخارجية مساحتهما ٥ر٥٢م^2 وفيها نوافذ في الجدارين مساحتهم ٥ر١٣ م^2 وباب خارجي واحـــد مساحته ١ر٢ م^2 يبين الجدول (٦) المقاومة الحرارية الكلية للعناصر الإنشائية المختلفة في الشقة قبل وبعد العزل. إذ يحســـب من هذا الجدول متوسط الانتقالية الحرارية الكلية لهذه الشقة (UValue) قبل العزل وبعـــده مـــن العلاقة (U= ΣAU/ ΣA) فقد كانت الانتقالية الحرارية الكلية تساوي(١٢٨ر٢وات/م^2°س) قبل العـــزل وأصـــبحت تساوي بعد العزل (٣١١ر١ وات/م^2°س)، أي تصبح ٦ر٦١ في المائة من قيمتها بدون تحسين، أي ينخفض حملها الحراري الكلي اللازم بمقدار ٤ر٣٨ في المائة.

الجدول ٦. المقاومة الحرارية والانتقالية الحرارية الكلية قبل وبعد العزل الحراري للعناصر الإنشائية لشقة سكنية في الطابق الأخير من مبنى طابقي

الوصف	قبل العزل		بعد العزل		زيادة المقاومة الحرارية (بعد العزل)
	المقاومة الحرارية للعنصر R1 (م٢ °س/وات)	الانتقالية الحرارية الكلية AU1 (وات/ °س)	المقاومة الحرارية للعنصر R2 (م٢ °س/وات)	الانتقالية الحرارية الكلية AU2 (وات/ °س)	R2/R1 (ضعف)
الجدران الخارجية (١)	٠ر٤٦٨	١١٢ر١٨	١ر١٢١	٤٦ر٨٣	٢ر٣٩
النوافذ (٢)	٠ر١٨١٨	٧٤ر٢٦	٠ر٣٥٥٦	٣٧ر٩٦	١ر٩٥
الأبواب (٣)	٠ر٢٨٦	٧ر٣٤	٠ر٢٨٦	٧ر٣٤	–
السقف المعرض (٤)	٠ر٤٨٨	٢٤٥ر٩	١ر٢٤٩	٩٦ر٠٨	٢ر٥٦
الأرض (٣)	٠ر٥٥٦	٢١٥ر٨٣	٠ر٥٥٦	٢١٥ر٨٣	–
مجموع الشقة		٦٥٥ر٥١		٤٠٤ر٠٤	

المصدر: مستنبط من المرجع(٣) ΣA=308 m^2

(١)الجـــدران قـــبل العـــزل مكونة من طبقة من الطوب (البلوك) الطفلي سماكتها ٢٥ سم مع طبقة لياسة (طينة) سماكتها ٢ سم من الداخل والخارج وبعد العزل يضاف له طبقة بلاط عازلة للحرارة من الخارج سماكتها ٣ سم.

(٢)النوافذ قبل العزل ذات اطار خشبي وزجاج مفرد سماكته٤ مم وبعد العزل يصبح الزجاج مضاعفا سماكة كل منه ٤مم مع طبقة هواء فاصلة بينها.

(٣)الأبواب والأرض لم تتغير قبل وبعد العزل.

(٤)الســـقف، قبل العزل هو بلاط اسمنتي ورملي ثم بلاطة السقف من الاسمنت المسلح وطبقة طينة من الداخل، وبعد العزل استبدل البلاط الاسمنتي ببلاط عازل للحرارة سماكته ٣سم.

ملاحظة: عند حساب المقاومة الحرارية للعنصر حسبت المقاومة السطحية الخارجية ٠ر٠٥٥ والمقاومة السطحية الداخلية ٠ر١٢٣ (م٢ °س/وات).

رابعا- الترشيد باستخدام الإنارة الموفرة للطاقة في قطاع الأبنية

للإنـــارة دور أساســـي وهام يمكن أن تلعبه في ترشيد الطلب على الكهرباء في جميع دول الاسكوا. وذلـــك من خلال تخفيض استهلاك الطاقة الكهربائية اللازمة للإنارة باستخدام أجهزة إنارة موفرة للطاقة من ناحـــية، وتحســـين الإدارة والـــتحكم بالإنارة من ناحية أخرى. ويمكن أن يتم ذلك من خلال زيادة المعرفة

والوعي حول تقنيات ونظم الإنارة الموفرة للطاقة والإدارة الجيدة والاستخدام الأمثل لها واستخدام المواصفات المعيارية العالمية (IS) المعتمدة في هذا المجال.

ألف- المصابيح الكهربائية المستخدمة في الإنارة

١- المصابيح الكهربائية العادية (المعيارية)

ومنها المصابيح المتوهجة ومصابيح التنغستين هالوجين ومصابيح الفلوريسنت المعيارية ومصابيح بخار الزئبق ذات الضغط العالي والمصابيح المختلطة ومصابيح الهاليد المعدني ومصابيح بخار الصوديوم ذات الضغط المنخفض ومصابيح بخار الصوديوم ذات الضغط العالي.

٢- المصابيح الكهربائية الموفرة للطاقة ومتمماتها:

لقد ظهرت في الأسواق أجهزة إنارة موفرة للطاقة مع حفاظها على مستوى الإنارة المطلوب، وقد تم تطويرها لتعطي آثارا ضوئية محببة، يبين الجدول (٧) بعض أنواع المصابيح الموفرة للطاقة والمتوفرة في الأسواق. وأهم هذه الأجهزة:

مصابيح الفلوريسنت المدمجة: وهي مصابيح ذات لون جيد وكفاءة ممتازة، وصممت لتكون صغيرة ووضاءة وبحيث تأخذ مكان المصابيح المتوهجة ذات الكفاءة المنخفضة دون أي تغيير. وتعمل إما بملف خانق تقليدي أو بملف خانق إلكتروني. كما تتوفر مصابيح الفلوريسنت المدمجة بقاعدة (دواة) نحيفة، لتلائم مصابيح الشمعة المتوهجة المستخدمة في الثريات (النجف). وتستهلك المصابيح الموفرة للطاقة حوالي ربع القدرة الكهربائية التي تستهلكها المصابيح المتوهجة التي تصدر نفس الفيض الضوئي، وتنخفض هذه الحاجة إلى الخمس عند استخدام ملفات خانقة (كابحات تيار) إلكترونية، ومتوسط عمر مصباح الفلوريسنت المدمج يساوي ١٠ أضعاف عمر المصباح المتوهج.

مصابيح الفلوريسنت الأنبوبية الموفرة للطاقة: ومنها مصابيح فلوريسنت أنبوبية موفرة للطاقة يرمز لها بالرمزTLD أو T8 ومصابيح فلوريسنت أنبوبية ذات كفاءة عالية ويرمز لها بالرمزTL5 أو T5 ومصابيح فلوريسنت دائرية موفرة للطاقة ومصابيح فلوريسنت عل شكل حرف U ومصابيح فلوريسنت مستقيمة نحيفة بقطر ١٦ مم أو ٧ مم موفرة جدا للطاقة.

مصابيح الانفراغ ذات الكثافة العالية HID: وهي مناسبة للإنارة النقطية، والإنارة الصناعية، وإنارة الشوارع ويوجد ثلاثة أنواع منها: مصابيح هاليد المعدنية المدمجة ومصابيح بخار الصوديوم ذو الضغط العالي؛ ومصابيح بخار الزئبق.

الملفات الخانقة (كابحات التيار) الموفرة للطاقة (Ballasts): يتوفر في الأسواق العديد من الملفات الخانقة التي تستخدم مع كل نوع من مصابيح الفلوريسنت ومصابيح الإنفراغ عالي الكثافة. ومنها الملفات الخانقة الكهرومغنطيسية والملفات الخانقة الإلكترونية التي تعمل عند تردد ٢٥-٣٥ كيلوهرتز والتي تستهلك قدرة أقل منها مما يؤدي إلى تحسين أداء المصباح وارتفاع معامل قدرته.

العواكس اللامعة: إن استخدام العواكس اللامعة تزيد من كفاءة أجهزة الإنارة النمطية مما يمكن إعادة النظر في تخفيض عدد نقاط الإنارة اللازمة.

الجدول ٧. بعض أنواع المصابيح الكهربائية الموفرة للطاقة المتوفرة في الأسواق

نوع المصباح		قدرة المصباح (وات)	الفيض الضوئي للمصباح (لومن)	فعالية المصباح (لومن/وات)	متوسط عمر المصباح[1] ساعة
مصابيح فلوريسنت مدمجة موفرة للطاقة (شك)		٩	٦٠٠	٧٥	٦٠٠٠
		١١	٩٠٠	٨٢	٦٠٠٠
		١٨	١٢٠٠	٦٧	٦٠٠٠
مصابيح فلوريسنت مدمجة	مصابيح فلوريسنت مدمجة موفرة للطاقة (لولب)	١١	٦٠٠	٥٤	٦٠٠٠
		١٥	٩٠٠	٦٠	١٢٠٠٠
		١٨	١٢٠٠	٦٠	٦٠٠٠
		٢٠	١٢٠٠	٦٠	١٢٠٠٠
		٢٣	١٥٠٠	٦٥	١٢٠٠٠
	مصابيح فلوريسنت مدمجة نحيفة (لولب)موفرة للطاقة نوع Slim-Line	٦	٢٠٠	٣٣	٦٠٠٠
		٩	٤٠٠	٤٤	٦٠٠٠
		١١	٦٠٠	٥٤	٦٠٠٠
مصابيح فلوريسنت أنبوبية	فلوريسنت ستاندرد TLD Standard	١٥	٩٦٠	٦٤	٦٠٠٠
		١٨	١١٥٠	٦٤	٦٠٠٠
		٣٦	٢٨٥٠	٧٩	٦٠٠٠
	فلوريسنت TLD Super	١٥	١٠٠٠	٦٦	١١٠٠٠
		١٨	١٣٥٠	٧٥	١١٠٠٠
		٣٦	٣٣٥٠	٩٣	١١٠٠٠
	فلوريسنت (١) ذو كفاءة عالية TL5	١٤	١٣٥٠	٩٦	١٦٠٠٠
		٢١	٢١٠٠	١٠٠	١٦٠٠٠
		٢٨	٢٩٠٠	١٠٤	١٦٠٠٠
		٣٥	٣٦٥٠	١٠٤	١٦٠٠٠
مصابيح بخار الصوديوم ذات الضغط العالي		١٠٠	١٠٥٠٠	١٠٥	
		٢٥٠	٣٢٠٠٠	١٢٨	
		٤٠٠	٥٥٠٠٠	١٣٨	

المصدر: Philips Lighting Catalogue 1999 - 2000 (المرجع٦)

(١)متوسط عمر المصباح هو العمر الذي يبدأ بعده ٥٠ في المائة من المصابيح بالتعطل. (٢)جيل جديد لمصابيح الفلوريسنت الموفرة للطاقة يستخدم في التصاميم الحديثة

إذ أنها لا تستبدل بدلا من مصابيح الفلوريسنت القديمة العادية فهي ذات أطوال مختلفة عنها.

باء- استخدام الإنارة الموفرة للطاقة في الأبنية الحديثة

يمكن تطبيق كل متطلبات الإنارة الموفرة للطاقة لدى تصميم الإنارة في الأبنية الحديثة أو يتم اختيار أجهزة الإنارة الموفرة للطاقة، وتوزيعها حسب طبيعة ووظيفة المكان الذي سوف تركب فيه هذه الأجهزة. وهناك اعتبارات كثيرة في تصميم إنارة الأبنية، بعضها اعتبارات وظيفية وبعضها اعتبارات تزينية من أجل خلق الأجواء المناسبة للعمل. إلا أن لكل بناء هويته الخاصة التي يعالج على ضوئها، إنما أهم ما يجب أخذه في الاعتبار أثناء تصميم الإنارة شدة الإنارة التي يجب أن تحدد حسب نوع البناء واستخدامه؛ وتوزيع الضوء في الفراغ المنار من أجل الحصول على إنارة كافية مع الإحساس بالراحة وعدم الإحساس بالبهر؛ واختيار أجهزة الإنارة المناسبة تبعا لطبيعة استخدام الفراغ المنار. يبين الجدول (٨) شدة الإنارة المقترحة في عدد من الأبنية السكنية والتجارية والصناعية المراجع (٤و٥)

جيم- تحسين كفاءة طاقة الإنارة في الأبنية القائمة

تتوفر فرص جيدة لتحقيق الوفر في استهلاك طاقة الإنارة في الأبنية القائمة في دول الاسكوا إذ أن نسبة كبيرة من الأبنية القائمة قديمة وقد تم تصميم نظم الإنارة فيها بأيد غير أخصائية وعندما كانت أسعار الطاقة المستخدمة في الإنارة رخيصة، كما استخدمت فيها مصابيح إنارة رخيصة وغير كفوءة، وتم تنفيذها من قبل عمال كهربائيين دون مخططات مدروسة للإنارة.

وأول خطوة لتحسين كفاءة طاقة الإنارة في الأبنية القائمة هي تدقيق طاقة الإنارة وذلك بهدف تحديد مجالات وفر الطاقة الممكنة فيها. والذي يتضمن: إجراء مسح للإنارة (عد نقاط الإنارة وقياس مستوياتها) ، وإجراء موازنات الطاقة، ومقارنة ذلك مع المعايير القياسية، ثم تحديد فرص الوفر في طاقة الإنارة ووضع التوصيات اللازمة لتحقيق لذلك. ولا بد من التأكيد على أنه لا قيمة لتدقيق الإنارة ما لم يتم تنفيذ توصياتها واقتراحاتها. ومن المهم الأخذ بعين الاعتبار مشاكل التنفيذ. ولما كان تنفيذ هذه التوصيات يجب أن يحقق وفرا مباشرا في استهلاك الطاقة. فإن إدارة الطاقة هي التي تؤكد تحقيق هذا الوفر في الاستهلاك من خلال برنامج لإدارة الطاقة في البناء يتضمن: المراقبة الشهرية لاستهلاك الطاقة الكهربائية في الإنارة، ووضع برنامج محدد للصيانة، واستخدام التقنيات الحديثة الموفرة للطاقة.

دال- اقتصاديات الإنارة

تعتمد طريقة تحديد الأهمية الاقتصادية لمشاريع تغيير أجهزة الإنارة العادية بأجهزة موفرة للطاقة على فترة استرداد رأس المال Payback Period وما دامت هذه الفترة قصيرة لمعظم هذه المشاريع فليس هناك ضرورة لإجراء تحليل مفصل للتكاليف مثل إجراء حساب القيمة الصافية الحالية، أو حسابات معدل العائد الداخلي Internal Rate of Return (IRR) وتستخدم طريقة دورة العمر (العمر التشغيلي) خاصة عند مقارنة مصابيح ذات فترات عمر مختلفة. إن الجانب المهم من اقتصاد الإنارة هو العلاقة بين التكلفة التأسيسية (السعر وأجور التركيب) وتكلفة التشغيل (ثمن الطاقة والصيانة). إذ إن التكلفة التأسيسية في المصابيح الموفرة للطاقة عالية إلا أن تكلفة التشغيل منخفضة، مما يؤدي إلى فترة قصيرة لاسترداد راس المال المستثمر بشراء أجهزة الإنارة الموفرة، وبالتالي إلى عائد اقتصادي جيد. مما يتيح إقناع المستثمرين الراغبين في الاستثمار في مجال الإنارة بأن ذلك المجال اقتصادي ويعطي عائد أفضل من الاستثمار بمجالات أخرى.

هاء- تحسين كفاءة استخدام الطاقة في إنارة الأبنية السكنية

١- تغيير مصابيح الإنارة العادية بمصابيح موفرة للطاقة:

يبين الجدول ٩ أمثلة للوفر المحقق من جراء تغيير مصابيح الإنارة العادية بمصابيح موفرة للطاقة. بفرض أن عدد ساعات التشغيل السنوية ٢٥٠٠ ساعة وأن تعريفة الكهرباء ٥ سنت/ك.و.س حيث يتضح أن فترة استرداد رأس المال تتراوح بين أقل من سنتين ونصف، عند استبدال مصباح بخار زئبق ٢٥٠ وات قدرته الفعلية ٢٨٨ وات بمصباح بخار صوديوم ضغط منخفض ٩٠ وات قدرته الفعلية ١٠٦ وات، وبحدود نصف سنة عند استبدال ١٠ مصابيح متوهجة ٢٠٠ وات ب ١٤ مصباح فلوريسنت أنبوبي موفر للطاقة قدرته الفعلية ٤٤ وات، وتساوي سنة فقط عند استبدال مصباحين متوهجين ٢٠٠ وات بمصباح بخار صوديوم ضغط عالي ٧٠ وات قدرته الفعلية ٨٥ وات.

الجدول (٨) شدة الإنارة المقترحة في الأبنية السكنية والتجارية والصناعية (لوكس)

	نوع الأبنية	شدة الإنارة لوكس	نوع الأبنية	شدة الإنارة لوكس
	الأبنية السكنية		**المكاتب والمستشفيات**	
	- غرف النوم	٢٠٠-٥٠	- مكاتب عامة، مكاتب نسخ، غرف حاسبات	٥٠٠
	- غرف الجلوس العامة، والحمامات	١٠٠	- مكاتب عامة مخططات دقيقة، مكاتب رسم	٧٥٠
	- غرف جلوس للقراءة والحياكة	٥٠٠	- قاعات محاضرات	٥٠٠
الأبنية	- المطبخ، ومكان العمل فيه	٥٠٠-٣٠٠	- أماكن عامة وأماكن استعراض العمليات	٧٥٠-١٥٠
			- غرف العمليات في المستشفيات	٢٠٠٠٠
	الفنادق والمدارس		**المحلات، المخازن، محلات العرض، ودور العرض**	
السكنية	- قاعات الاستقبال، أماكن التزيين	٣٠٠	- المحلات التقليدية	٣٠٠
	- المطاعم، غرف النوم	٢٠٠	- محلات الخدمة الذاتية، ومحلات العرض	٥٠٠
والتجارية	- المطبخ	٥٠٠	- محلات السوبر ماركت	٧٥٠
	- غرف الصف،والمدرجات	٥٠٠-٣٠٠	- محلات العرض	٥٠٠
	- المخابر، المكتبات، غرف القراءة	٥٠٠	- قاعات دور السينما	٥٠
	- السبورة	١٥٠	- غرف العرض للسينما والمسرح والمتاحف	٢٠٠-١٥٠
			- المسرح، والموسيقى (قاعات المسرح)	١٠٠
	مصانع الجلد		**مصانع بخ الدهانات**	
	- صالة الدباغة	٣٠٠	- مكان مزج الدهان	٣٠٠
الأبنية	- صالة التحضير/التلميع	٧٥٠	- مكان بخ دهان عادي	٥٠٠
	- صالة تجهيزات الخياطة	١٠٠٠	- مكان بخ دهان دقيق	٧٥٠
	مصانع الحديد والصلب والملابس		**أعمال الطباعة ، ومصانع النسيج**	
	- صالة الإنتاج الآلي والدائم	٣٠٠-١٠٠	- صالة آلات الطباعة، وتجميع وقراءة وتغليف الكتب	٧٥٠-٥٠٠
الصناعية	- صالة التحكم والاختيار والمراقبة	٥٠٠	- صالة التصحيح والروتشة	١٠٠٠
	-صالة الكوي وصالة الخياطة	٧٥٠-٥٠٠	- صالات خلط وتصنيف البالات، وصالات الغزل	٥٠٠-١٥٠
	- صالة الفحص والمراقبة	١٠٠٠	- صالات الخياطة والتفنيش	١٠٠٠
	ورش النجارة والمفروشات		**محطات القدرة الكهربائية**	
	- طاولة التفصيل	٣٠٠- ٢٠٠	صالات المراجل، صالة التوربينة	١٥٠
	- طاولة التجميع	٥٠٠ -٢٠٠	صالة التحكم الصغيرة	٣٥٠
	- طاولة الإنهاءات	٧٥٠ -٥٠٠	صالة التحكم الكبيرة	٥٠٠

المصادر : ١- High Energy Efficiency, Energy Conservation and Efficiency Project المرجع ( )

٢- د.م. كاميليا يوسف محمد ، الإضاءة وتوفير الطاقة، شركة توزيع كهرباء الإسكندرية.المرجع ( )

الجدول (٩) أمثلة للوفر المحقق من جراء تغيير المصابيح العادية بمصابيح موفرة للطاقة

بفرض أن عدد ساعات العمل السنوية ٢٥٠٠ ساعة وأن كلفة الكهرباء ٥ سنت/ك و س

عدد المصابيح الحالية المراد تغييرها	نوع و قدرة المصباح الحالي		فيضه الضوئي (لومن)	نوع وقدرة المصباح الجديد		فيضه الضوئي (لومن)	كلفة المصباح الجديد (دولار)	عدد المصابيح الجديدة	مقدار الوفر السنوي للطاقة (ك.و.س)	الوفر السنوي (دولار/سنة)	فترة استرداد رأس لمال (سنة)
	النوع	القدرة (وات)		النوع	القدرة الفعلية (وات)						
١	متوهج ٦٠	٦٠	٩٢٠	١١ وات فلوريسنت مدمج	١٥	٩٠٠	٨	١	٥ر١١٢	٥ر٦٣	١ر٤٢
١٠	متوهج ٢٠٠	٢٠٠	٣٤٥٠	٣٦ وات فلوريسنت أنبوبي	٤٤	٢٥٠٠	٦	١٤	٣٤٦٠	١٧٣	٠ر٤٩
٢	متوهج ٢٠٠	٢٠٠	٣٤٥٠	بخار صوديوم ضغط عالي ٧٠ وات	٨٥	٦٠٠٠	٤٠	١	(١) ٥ر٧٨٧	٤ر٣٩	١ر٠١
٢	زئبق مختلط	٢٥٠	٥٥٠٠	بخار صوديوم ضغط عالي ١٥٠ وات	١٧٥	١٣٥٠٠	٥٧	١	(٢) ٥ر٨١٢	٦٣ر٤٠	١ر٤
٣	زئبق مختلط	١٦٠	٣١٠٠	بخار صوديوم ضغط منخفض ٣٥ وات	٤٣	٤٨٠٠	٣٢	٢	٩٨٥	٢٥ر٤٩	١ر٣
١	بخار زئبق ٢٥٠	٢٨٨	١١٧٥٠	بخار صوديوم ضغط منخفض ٩٠ وات	١٠٦	١٣٥٠٠	٥٧	١	٤٥٥	٧٥ر٢٢	٥ر٢

المصدر: مستنبط من المرجع (٥).

(١) مصباح بخار الصوديوم ضغط عالي يعطي فيضا ضوئيا يعادل مصباحين متوهجين تقريبا وأكثر من مصباحين زئبق مختلط

٢- تحسين كفاءة استخدام الطاقة في إنارة شقة سكنية نموذجية:

تتكون هذه الشقة التي يمكن أن تكون في أي دولة من دول الإسكوا من ثلاث غرف للنوم وغرفة جلوس وغرفة استقبال (صالون للضيوف) وغرفة طعام ومطبخ وحمامين وموزع (ممر). ويتوفر خياران لإنارة هذه الشقة السكنية النموذجية، يستخدم في احدهما المصابيح المتوهجة وفي الثاني مصابيح فلوريسنت مدمجة موفرة للطاقة وفق ما يلي:

نوع الغرفة	الخيار الأول	الخيار الثاني
كل من غرفة الاستقبال وغرفة الطعام	ثريا (نجفة) ذات خمس مصابيح شمعة نحيفة متوهجة ٦٠ وات	ثريا ذات خمس مصابيح موفرة للطاقة نحيفة ١١ وات
كل من غرف النوم وغرفة الجلوس والمطبخ	مصباح متوهج ١٠٠ وات	مصباح فلوريسنت مدمج موفر للطاقة ١٨ وات
في كل حمام	مصباح متوهج ٧٥ وات	مصباح فلوريسنت مدمج موفر للطاقة١٤ وات
في الممر (الموزع)	مصباح متوهج ٦٠ وات	مصباح فلوريسنت مدمج موفر للطاقة ١١ وات

افترض أن فترة العمل اليومي للإنارة ٤ ساعات في كل من غرفة الاستقبال والطعام، و٦ ساعات في غرف الجلوس، و٣ ساعات في كل من غرف النوم والحمامات، و٨ ساعات في الموزع(الممر). وأن فترة المقارنة للخيارات الثلاثة ٤ سنوات، وأن تعريفة الكهرباء المطبقة هي ٥ سنت/ك.و.س. فتبين أن مجموع تكاليف إنارة هذه الشقة السكنية خلال فترة المقارنة ١٢ر٤٤٤ دولار في الخيار الأول، و٢٩٣ دولار في الخيار الثاني الموفر للطاقة مما يعني أن وفرا ماليا يساوي ١٢ر١٥١ دولار أي تنخفض التكلفة إلى ٧ر٤٢في المائة من قيمتها، ونسبة الوفر ٣ر٥٧ في المائة كما يتضح ذلك فيما يلي يوضح المرفق(٤) تفاصيل هذه الحسابات.

	الخيار الأول	الخيار الثاني
كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة سنويا ك.و.س/سنة	١٩٨٢	٣٥٥
كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة خلال فترة المقارنة	٧٩٢٨	١٤٢٠
أ- كلفة الطاقة الكهربائية خلال فترة المقارنة	٣٩٦	١٠٧
ب-الكلفة التأسيسية (ثمن المصابيح) (دولار)	٧ر٦٤	١٦٨
جـ -كلفة تغيير المصابيح خلال فترة المقارنة	٤٠ر٤٨	١٨
مجموع التكاليف	١٢ر٤٤٤	٢٩٣
الوفر المحقق خلال أربع سنوات (دولار)	١٢ر١٥١	
كمية الطاقة الكهربائية الموفرة خلال فترة المقارنة	٦٥٠٨	
كمية غاز الكربون الموفر إنبعاثه		

٣ - دراسة مقارنة لترشيد طاقة الإنارة في الأبنية السكنية:

تعرض هذه الدراسة٦ نماذج لوحدات سكنية: النموذجان الأول والثاني هما نموذجان لوحدات سكنية شعبية، والنموذجان الثالث والرابع هما نموذجان لوحدات سكنية طابقية عالية الجودة، والنموذجان الخامس والسادس هما نموذجان لسكن إفرادي عالي الجودة (فيلات). يتكون **النموذج الأول** من غرفة نوم وصالون ومطبخ وحمام وموزع، **والنموذج الثاني** من غرفتي نوم وصالون ومطبخ وحمام وموزع، **والنموذج الثالث** من غرفتي نوم وصالون وغرفة طعام ومطبخ وحمامين وموزع، **والنموذج الرابع** من غرفتي نوم وغرفة جلوس وصالون وغرفة طعام ومطبخ وحمامين وموزع، **والنموذج الخامس** من ثلاث غرف نوم وغرفة جلوس وصالونان وغرفة طعام ومطبخ وحمامين وموزع، **والنموذج السادس** من أربع غرف نوم وغرفة جلوس وصالونان وغرفة طعام ومطبخ و٣ حمامات وموزع.

تعتمد هذه الدراسة نوعان من الإنارة النوع الأول الإنارة العادية ويستخدم فيه مصابيح إنارة متوهجة في غرف النوم والجلوس والمطبخ والحمامات والموزع، بينما يستخدم مصابيح شمعة متوهجة في الصالونات وغرف الطعام، العمر التشغيلي لهذه المصابيح ١٠٠٠ ساعة. والنوع الثاني للإنارة يسمى الإنارة الموفرة للطاقة ويستخدم مصابيح فلوريسنت مدمجة بدلا من المصابيح المتوهجة ومصابيح فلوريسنت نحيفة مدمجة بدلا من مصابيح الشمعة المتوهجة والعمر التشغيلي لهذه المصابيح ٦٠٠٠-٧٠٠٠ ساعة. استخدم في سكن الشعبي مصابيح متوهجة ٧٥ وات لغرف النوم والمطبخ،و٦٠ وات للحمام والممر و٥ مصابيح شمعة متوهجة ٤٠ وات في الصالون. يقابلها مصابيح فلوريسنت مدمجة موفرة ١٤ وات، و١١ وات، و٥ مصابيح فلوريسنت نحيفة مدمجة موفرة ١١ وات على الترتيب.

واستخدم في السكن عالي الجودة، طابقي أو إفرادي (فيلات)، مصابيح متوهجة ١٠٠ وات لغرف النوم والمطبخ و ٧٥ وات للحمام، و٦٠ وات للموزع، و٥ مصابيح شمعة متوهجة ٦٠ وات في الصالونات وغرف الطعام يقابلها مصابيح فلوريسنت مدمجة ١٨ وات، و١٤ وات و١١ وات ومصابيح فلوريسنت نحيفة

مدمجة ١١ وات على الترتيب. وافترض ان تكلفة المصباح المتوهج ٣٣ر٠ دولار، ومصباح الشمعة المتوهج ٥ر٠ دولار ومصباح الفلوريسنت المدمج ٦ دولار ومصباح الفلوريسنت النحيف المدمج ١٢ دولار، وان فترة المقارنة ٤ سنوات وان تعريفة الكهرباء هي ٥ سنت امريكي/ك.و.س.

يوضح الجدول(١٠) نتائج مقارنة الإنارة العادية والإنارة الموفرة للطاقة في النماذج الستة إذ يتبين أن الوفر السنوي لاستهلاك طاقة الإنارة الكهربائية، باستخدام أجهزة إنارة موفرة للطاقة تساوي ٦ر٧٧ و١ر٧٨ في المائة في نماذج أبنية السكن الشعبي و٧ر٨١ في نماذج أبنية السكن عالي الجودة، ونماذج السكن الافرادي عالي الجودة.

وأن الوفر المحقق في إجمالي التكاليف خلال فترة المقارنة (٤ سنوات) تساوي ٢ر٣٠ و٥ر٣١ في المائة في أبنية السكن الشعبي و٥ر٤٠ و٣ر٤٢ في المائة في نماذج السكن عالي الجودة و ٦ر٣٥ و١ر٤٢ في المائة في نماذج السكن الافرادي عالي الجودة (فيلات). وان فترة استرداد تكاليف التأسيس تساوي ٢٨ شهر و٣ر٢٧ شهر في نماذج السكن الشعبي و٤ر٢٣ شهر و٢٢ شهر تقريبا في نماذج السكن عالي الجودة و ٢٦ شهر و٤٤ر٢٢ شهر في الأبنية الإفرادية.

واو- تحسين كفاءة إستخدام الطاقة في إنارة الأبنية التجارية

تستهلك الإنارة في الأبنية التجارية ما بين ٤٠ إلى ٥٠ في المائة من الكهرباء المستهلكة فيها وأن معظم هذه الإنارة فائضة وتؤدي إلى ارتفاع الحرارة في المكان المنار وبالتالي زيادة طاقة التكييف وارتفاع فاتورة الكهرباء إضافة إلى تلوث الهواء. ويمكن توفير كميات كبيرة من الطاقة في الأماكن التي فيها إنارة فائضة، وذلك بالتحول من أجهزة الإنارة ذات مصابيح الفلوريسنت المعيارية إلى أجهزة ذات كفاءة عالية. إضافة إلى استخدام عواكس خاصة، تركب للإفادة من توزيع الإنارة الناتجة من جهاز الإنارة بشكل أفضل.

إضافة إلى ما تقدم هناك فوائد جمة من جراء استخدام أجهزة الإنارة الموفرة للطاقة في الأبنية التجارية فهي تخفض من الوهج (البهير) الذي يؤثر على عيون العاملين ويخفض إنتاجيتهم. كما أن استخدام الملفات الخانقة (البالاست) الإلكترونية يحسن من أداء جهاز الإنارة فلا ينتج وميضا أو رعشات(no flicker) و لا ضجيجا (no hum) كما أن مصابيح الفلوريسنت الرفيعة الموفرة للطاقة تنتج ضوءا طبيعيا أكثر، مما يزيد من إمكانية وضوح الواجهات التجارية ويساهم في زيادة المبيعات.

١- دراسة حالة تحسين كفاءة استخدام الطاقة في إنارة مجمع تجاري[٢]

يتكون المجمع التجاري من ثلاثة طوابق: طابق أرضي فيه مدخل رئيسي وطبق أول وطابق ثاني، مساحته بحدود ٦٠٠٠ م^{٢} ويحتوي على أقسام: للألبسة الجاهزة، والأدوات المنزلية، والألبسة الداخلية، والألعاب، والمفروشات إضافة إلى سوبرماركت. يستخدم في كل من المدخل الرئيسي وكل طابق من الطوابق الثلاثة ثريات كبيرة (نجفات)، وتستخدم للإنارة مصابيح متوهجة، ومصابيح فلوريسنت ذات ملفات خانقة (كابحات تيارBallasts) كهرومغناطيسية، ومصابيح بخار الصوديوم. لقد افترض أن عدد ساعات العمل اليومي١٠ ساعات وان عدد أيام العمل السنوية ٣١٣ يوما، وأن تعريفة الكهرباء ٥ سنت/ك.و.س.

---

[2] إن هذه الحالة يمكن أن تطبق على أي مجمع تجاري في أي دولة من دول الإسكوا وينطبق العديد من المعطيات المستخدمة في هذه الدراسة على دراسة فرص ترشيد استخدام الطاقة والحد من التلوث في الكاربت سيتي (فرع الإبراهيمية) شركة كهرباء الإسكندرية، المرجع (٨)

الجدول (١٠) نتائج مقارنة الإنارة العادية والإنارة الموفرة للطاقة في نماذج السكن الشعبي والسكن عالي الجودة والسكن الإفرادي عالي الجودة (فيلات)

نوع الشقة السكنية	النموذج الأول		النموذج الثاني		النموذج الثالث		النموذج الرابع		النموذج الخامس		النموذج السادس	
	إنارة عادية	إنارة موفرة	إنارة عادية	إنارة موفرة	إنارة عادية	إنارة موفرة	إنارة عادية	إنارة موفرة	إنارة عادية	إنارة موفرة	إنارة عادية	إنارة موفرة
١.قدرة الإنارة(وات)	٤٧٠	١٠٥	٥٤٥	١١٩	١١١٠	٢٠٣	١٢١٠	٢٢١	١٦١٠	٢٩٤	١٧٨٥	٣٢٦
٢.متوسط ساعات العمل السنوي (ساعة)	١٧٥٢	١٧٥٢	١٦٤٣	١٦٤٣	١٥٥١	١٥٥١	١٦٢٢	١٦٢٢	١٥٦٠	١٥٦٠	١٤٨٨	١٤٨٨
٣. الطاقة الكهربائية السنوية المستهلكة(ك.و.س)	٨٢٣	١٨٤	٨٩٥	١٩٦	١٧٢٢	٣١٥	١٩٦٣	٣٥٨	٢٥١٢	٤٥٩	٢٦٥٦	٤٨٥
٤.الوفر في استهلاك الطاقة %	٧٧ر٦		٧٨ر١		٨١ر٧		٨١ر٨		٨١ر٧		٨١ر٧	
٥. الطاقة المستهلكة خلال فترة المقارنة (ك.و.س)	٣٢٩٢	٧٣٦	٣٥٨٠	٧٨٤	٦٨٨٦	١٢٦٠	٧٨٥٢	١٤٣٢	١٠٠٤٨	١٨٣٦	١٠٦٢٤	١٩٤٠
٦. مقدار الوفر في الطاقة المستهلكة	٢٥٥٦		٢٧٩٦		٥٦٢٦		٦٤٢٠		٨٢١٢		٨٦٨٤	
٧.التكلفة التأسيسية (دولار)	٣ر٨٢	٨٤	٤ر١٥	٩٠	٦ر٩٨	١٥٦	٧ر٣١	١٦٤	١٢ر٦٤	٢٤٨	١٣ر٣	٢٤٠
٨. تكلفة تغيير المصابيح خلال فترة المقارنة (دولار)	٢١ر٧٤	١٢	٢٣ر٠٦	١٢	٣٦ر٨٨	١٢	٣٩ر٥٢	١٨	٤٠ر٨٤	١٨	٦٨ر٤٨	١٨
٩. تكلفة الطاقة المستهلكة خلال فترة المقارنة (دولار)	١٦٤ر٦	٣٦ر٨	١٧٩	٣٩ر٢	٣٤٤ر٣	٦٣	٣٩٢ر٦	٧١ر٦	٥٠٢ر٤	٩١ر٨	٥٣١ر٢	٩٧
١٠. مجموع التكاليف (٧+٨+٩) (دولار)	١٩٠ر١٦	١٣٢ر٨	٢٠٦ر٢١	١٤١ر٢	٣٨٨ر٢	٢٣١	٤٣٩ر٤٣	٢٥٣ر٦	٥٥٥ر٨٨	٣٥٧ر٨	٦١٢ر٩٨	٣٥٥
١١. نسبة الوفر المحقق في التكاليف خلال فترة المقارنة %	٣٠ر٢		٣١ر٥		٤٠ر٥		٤٢ر٣		٣٥ر٦		٤٢ر١	
١٢. فترة إسترداد راس المال (سنة) (شهر)	٢ر٣٣ ٢٨		٢٨ر٢ ٢٧ر٣		١ر٩٥ ٢٣ر٤		١ر٨٣ ٢١ر٩٥		٢ر١٧ ٢٦ر٠٤		١ر٨٧ ٢٢ر٤٤	

(١٢) حسبت فترة استرداد رأس المال بتقسيم فرق الكلفة التأسيسية على إجمالي الوفر بالسنة (وفر استهلاك الطاقة ووفر استبدال مصابيح الإنارة خلال السنة).

(أ) تجهيزات الإنارة المستخدمة في المجمع التجاري:

تستخدم في الإنارة المصابيح الكهربائية التالية:

– مصابيح متوهجة بقدرة ١٠٠ وات	٢٠٠ مصباح
– مصابيح فلوريسانت ١٨ وات	٢١٠٠ مصباح
– مصابيح شمعة متوهجة (Candle Lamps) للثريات ٤٠ وات	٣٠٠ مصباح
– مصابيح بخار صوديوم ٢٥٠ وات	١٠ مصابيح
– العمر التشغيلي للمصابيح المتوهجة ومصابيح الشمعة	١٠٠٠ ساعة وسطيا
– الفيض الضوئي من مصباح الإنارة المتوهج ١٠٠ وات	١٣٦٠ لومن
ومن مصباح الشمعة المتوهج ٤٠ وات	٧٢٠ لومن
– فعالية المصباح المتوهج	٦ر١٣ لومن/وات
– فعالية مصباح الشمعة المتوهج	٢ر١٢ لومن/وات
– إجمالي القدرة الكهربائية للإنارة	**٣ر٧٢ ك.و.**

(ب) فرص ترشيد إستهلاك طاقة الإنارة في المجمع التجاري:

يتم استبدال المصابيح المتوهجة بمصابيح فلوريسنت مدمجة موفرة للطاقة، ومصابيح الفلوريسنت العادية باخرى موفرة للطاقة إضافة إلى استخدام عواكس مناسبة، وكذلك استبدال الملفات الخانقة (كابحات التيار) الكهرومغناطيسية بملفات خانقة إلكترونية ذات تردد عال.

فرص ترشيد الطاقة من خلال استبدال أجهزة الإنارة: يوضح الجدول (١١) إمكانية ترشيد استهلاك الطاقة بتبديل مصابيح الإنارة في المجمع التجاري. إذ يتضح أن تبديل مصابيح الإنارة المتوهجة ومصابيح الفلوريسنت العادية بمصابيح فلوريسنت حديثة موفرة للطاقة تحقق وفرا كبيرا في استهلاك الطاقة. فبعد أن كان استهلاك الطاقة في الإنارة ٢١٨٤٧٤ ك.و.س/سنويا، أصبح ١٠٢٦٦٤ ك.و.س. أي تم تحقيق وفر نسبته ٥٣في المائة مما كان عليه الاستهلاك قبل تبديل المصابيح. وتختلف فترة استرداد رأس المال المستثمر في المصابيح الجديدة حسب نوع المصباح الحالي والمصباح الجديد المقترح. إذ تبين أن فترة استرداد رأس المال لدى تغيير المصابيح المتوهجة التي قدرتها ١٠٠ وات بأخرى فلوريسنت مدمجة قدرتها ٢٣ وات تساوي ١٠ أشهر (أي أقل من سنة). بينما لدى تغيير مصابيح الشمعة المتوهجة ٤٠ وات بمصابيح فلوريسنت ١٥ وات، تصبح فترة استرداد رأس المال ٣ سنوات.
ولدى تغيير مصابيح الفلوريسنت العادية التي قدرتها ١٨ وات بمصابيح فلوريسنت ذات كفاءة عالية قدرتها ١٤ وات، تصبح فترة استرداد رأس المال ٥ر٤ سنة. إلا أنه إذا اعتبرنا أن المشروع متكامل وأن الوفر المحقق من توفير الطاقة الكهربائية في الإنارة يساوي٥٣٩٧ دولار سنويا وأن إجمالي تكاليف المصابيح الجديدة المطلوب تغييرها يساوي ١١٤٦٥ دولار تكون فترة استرداد هذا المبلغ أكثر من السنتين بقليل.

ترشيد الطاقة باستخدام ملفات خانقة (كابحات تيار) إلكترونية: إن كل ملف خانق الكترومغناطيسي يعمل مع مصباحي فلوريسنت، وان الملف الخانق الإلكتروني يعمل مع أربعة مصابيح فلوريسنت وان عدد الملفات الخانقة الإلكترونية ٥٢٥ ملف كلفتها ٦٨٢٥ دولار (١٧ دولار/للملف الخانق)، والوفر في استهلاك الطاقة الكهربائية سنويا يساوي ٤٦٠١١ ك.و.س كلفتها ٥٥ر٢٣٠٠ دولار مما يعني إن فترة استرداد تكاليف الملفات الخانقة الإلكترونية تساوي ٩٦ر٢ سنة أي أقل من ٣ سنوات (فترة عمر الملف الخانق ١٥ سنة).

الجدول ١١. ترشيد استهلاك الطاقة بتبديل مصابيح الإنارة في المجمع التجاري بفرض أن عدد ساعات العمل اليومي ١٠ ساعات، وأن عدد أيام العمل السنوي ٣١٣ يوم

		المصابيح الحالية	المصابيح الجديدة	المصابيح الحالية	المصابيح الجديدة	المصابيح الحالية	المصابيح الجديدة
	النوع	مصابيح متوهجة	مصابيح فلوريسنت مدمجة	مصابيح شمعة متوهجة ذات فتيل	مصابيح فلوريسنت نحيفة مدمجة	مصابيح فلوريسنت	فلوريسنت ذات كفاءة عالية
١	العدد	٢٠٠	١٨٠	٣٠٠	٢٤٠	٢١٠٠	١٧٩٠
٢	القدرة (وات)	١٠٠	٢٣	٤٠	١٥	١٨	١٤
٣	الفيض الضوئي (لومن)	١٣٦٠	١٥٠٠	٧٢٠	٩٠٠	١١٥٠	١٣٥٠
٤	الفعالية (لومن/وات)	١٣٫٦	٦٥	١٢٫٢	٦٠	٦٤	٩٦
٥	العمر التشغيلي	١٠٠٠	١٢٠٠٠	١٠٠٠	٦٠٠٠	٥٠٠٠	١٦٠٠٠
٦	الطاقة المستهلكة خلال فترة المقارنة (ك.و.س)	٢٤٠٠٠٠	٤٩٦٨٠	١٤٤٠٠٠	٤٣٢٠٠	٦٠٤٨٠٠	٤٠٠٩٦٠
٧	كلفة الطاقة المستهلكة (دولار)	١٢٠٠٠	٢٤٨٤	٧٢٠٠	٢١٦٠	٣٠٢٤٠	٢٠٠٤٨
٨	كلفة المصباح (دولار)	٠٫٣	١٠٫٢٥	٠٫٣	١٠٫٢٥	٠٫٨	٤
٩	عدد المصابيح اللازمة خلال فترة المقارنة	٢٠٠×١٢	١٨٠×١	٣٠٠×٦	٢٤٠×١	٢١٠٠×٣	١٧٩٠×١
١٠	كلفة المصابيح اللازمة (دولار)	٧٢٠	١٨٤٥	٥٤٠	٢٤٦٠	٥٠٤٠	٧١٦٠
١١	إجمالي الكلفة (دولار) (٧+١٠)	١٢٧٢٠	٤٣٢٩	٧٧٤٠	٤٦٢٠	٣٥٢٨٠	٢٧٢٠٠
١٢	الوفر المحقق خلال فترة المقارنة (دولار)	٨٣٩١		٣١٢٠		٨٠٨٠	
١٣	الوفر السنوي (دولار)	٢١٨٩		٨١٤		١٥٨٠	
١٤	فترة استرداد رأس المال (١٠÷١٣)	٠٫٨٤ سنة = ١٠ أشهر		٣ سنة		٤٫٥ سنة	

(١) اعتمد عدد المصابيح الجديدة ليعطي نفس الفيض الضوئي الذي كانت تعطيه المصابيح القديمة زيادة أم نقصانا حسب مواصفة المصابيح الجديدة

(٥) تعطي الشركة الصانعة العمر التشغيلي للمصباح للفترة التي تبدأ بعدها نسبة ٥٠ في المائة من المصابيح بالانهيار مما يعني أن ٥٠ في المائة من المصابيح يمكن أن تستمر لفترة أطول من العمر المقترح وهذا يعتمد على عدد مرات استعمال المصباح وفترة استمرار الأشغال.

(٦) اعتمدت فترة المقارنة هي مدة العمر التشغيلي للمصباح الحديث.

(٧) افترض أن سعر الكهرباء = ٥ سنت/ك.و.س. وسوف يتم الحساب فيما بعد وفق التعريفة الكهربائية في كل دولة.

(١٣) يحسب الوفر السنوي بتقسيم الوفر المحقق على عدد أيام عمل المصباح (العمر التشغيلي ÷ ١٠ ساعات في اليوم، ثم ضرب النتيجة بـــ عدد أيام العمل السنوي ٣١٣ يوم)

(ج) ترشيد طاقة الإنارة المحقق في المجمع التجاري في أي من دول الإسكوا:

يبين الجدول (١٢) إمكانية ترشيد استهلاك الطاقة المحققة (في إنارة المجمع) الذي يمكن أن يوجد في أية دولة من دول الإسكوا، وذلك بالاعتماد على التعريفة الكهربائية المستخدمة لديها.

الجدول (١٢)إمكانية ترشيد استهلاك الطاقة المحققة في إنارة مجمع تجاري يمكن أن يكون في أية دولة من دول الاسكوا وفق تعريفة الطاقة الكهربائية الموجودة في كل دولة

اسم الدولة		الطاقة الكهربائية المستهلكة	سعر الكهرباء سنت/ك.و.س	كلفة الطاقة دولار	كلفة المصابيح دولار	إجمالي الكلفة دولار	الوفر المحقق سنويا دولار	فترة استرداد رأس المال سنة
المملكة الأردنية الهاشمية	أ-	٢٤٠ ٠٠٠	٧ر٧٣	١٨٥٥٢	٧٢٠	١٩٢٧٢	٣٥٤٤	٠ر٥
	ب-	٤٩٦٨٠	٧ر٧٣	٣٨٤٠	١٨٤٥	٥٦٨٥		
الإمارات العربية المتحدة	أ-	٢٤٠ ٠٠٠	٢ر٠ (١)	٤٨٠٠	٧٢٠	٥٥٢٠	٦٩٩	٢ر٦
	ب-	٤٩٦٨٠	٢ر٠ (١)	٩٩٤	١٨٤٥	٢٨٩٣		
دولة البحرين	أ-	٢٤٠ ٠٠٠	٤ر٣	١٠٣٢٠	٧٢٠	١١٠٤٠	١٨٤١	١ر٠
	ب-	٤٩٦٨٠	٤ر٣	٢١٣٦	١٨٤٥	٣٩٨١		
المملكة العربية السعودية	أ-	٢٤٠ ٠٠٠	٤ر٠	٩٦٠٠	٧٢٠	١٠٣٢٠	١٦٩٢	١ر١
	ب-	٤٩٦٨٠	٤ر٠	١٩٨٧	١٨٤٥	٣٨٣٢		
الجمهورية العربية السورية	أ-	٢٤٠ ٠٠٠	٣ر٠	٧٢٠٠	٧٢٠	٧٩٢٠	١١٩٥	١ر٥
	ب-	٤٩٦٨٠	٣ر٠	١٤٩٠	١٨٤٥	٣٣٣٥		
جهورية العراق	أ-	٢٤٠ ٠٠٠						
	ب-	٤٩٦٨٠						
سلطنة عمان	أ-	٢٤٠ ٠٠٠	٥ر٢	١٢٤٨٠	٧٢٠	١٣٢٠٠	٢٢٨٨	٠ر٨
	ب-	٤٩٦٨٠	٥ر٢	٢٥٨٣	١٨٤٥	٤٤٢٨		
فلسطين	أ-	٢٤٠ ٠٠٠	٩ر٦	٢٣٠٤٠	٧٢٠	٢٣٧٦٠	٤٤٧٢	٠ر٤
	ب-	٤٩٦٨٠	٩ر٦	٤٧٦٩	١٨٤٥	٦٦١٤		
دولة قطر	أ-	٢٤٠ ٠٠٠	١ر٦٥ (٢)	٣٩٦٠	٧٢٠	٤٦٨٠	٥٢٦	٣ر٥
	ب-	٤٩٦٨٠	١ر٦٥	٨٢٠	١٨٤٥	٢٦٦٥		
دولة الكويت	أ-	٢٤٠ ٠٠٠	٠ر٦٥	١٥٦٠	٧٢٠	٢٢٨٠	٢٩	٦٣ر٠
	ب-	٤٩٦٨٠	٠ر٦٥	٣٢٣	١٨٤٥	٢١٦٨		
الجمهورية اللبنانية	أ-	٢٤٠ ٠٠٠	١٤ر٠	٣٣٦٠٠	٧٢٠	٣٤٣٢٠	٦٦٥٦	٢٧ر٠
	ب-	٤٩٦٨٠	١٤ر٠	٦٩٥٥	١٨٤٥	٨٨٠٠		
جمهورية مصر العربية	أ-	٢٤٠ ٠٠٠	١٠ر٧٥	٢٥٨٠٠	٧٢٠	٢٦٥٢٠	٥٠٤٣	٣٧ر٠
	ب	٤٩٦٨٠	١٠ر٧٥	٥٣٤١	١٨٤٥	٧١٨٦		
الجمهورية اليمنية	أ-	٢٤٠ ٠٠٠	٧ر٨	١٨٧٢٠	٧٢٠	١٩٤٤٠	٣٥٧٩	٥ر٠
	ب-	٤٩٦٨٠	٧ر٨	٣٨٧٥	١٨٤٥	٥٧٢٠		

(١)هذا السعر في دولة الإمارات للمواطنين ، أما لغير المواطنين سعر الكهرباء ١ر٤ سنت/ك.و.س.

(٢)هذا السعر في دولة قطر لغير المواطنين ، أما المواطنين فهم معفيين من دفع ثمن الكهرباء.

أ- مصابيح الإنارة الحالية وعددها ٢٠٠ مصباح متوهج قدرة كل منها ١٠٠ وات وفيضه ١٣٦٠ لومن وعمره ١٠٠٠ ساعة والطاقة الكهربائية المستهلكة ٢٤٠٠٠٠ ك.و.س خلال فترة المقارنة وكلفة المصابيح اللازمة خلال فترة المقارنة ٧٢٠ دولار.

ب- مصابيح الإنارة الجديدة وعددها ١٨٠ مصباح فلوريسانت مدمج قدرته ٢٣ وات وفيضه ١٥٠٠ لومن وعمره ١٢٠٠٠ ساعة والطاقة الكهربائية المستهلكة ٤٩٦٨٠ ك.و.س وكلفة المصابيح اللازمة ١٨٤٥ دولار.

خامساً- النتيجة والمقترحات

ألف- النتيجة

إن قطاع الأبنية (بشقيه الأبنية السكنية والأبنية التجارية) هو قطاع مستهلك للطاقة بشكل كبير في دول الإسكوا، فقد استهلك ٤ر٥٤ في المائة من إجمالي الاستهلاك القطاعي للطاقة الكهربائية، و٤ر١٧ في المائة من إجمالي الاستهلاك القطاعي للمشتقات البترولية. ويخرج ترشيد استهلاك الطاقة في القطاع المنزلي عن دائرة الاهتمام اليومي للأسرة فيما عدا فاتورة الطاقة التي تدفعها شهرياً، فإذا كانت هذه الفاتورة قليلة أصلاً (في معظم دول الإسكوا) كونها مدعومة، فلا تأبه الأسرة لإجراءات الترشيد. وتتوفر العديد من الخيارات لترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في قطاع الأبنية سواء من خلال الأبنية نفسها، أو من خلال التجهيزات والنظم والأدوات الكهربائية المستهلكة للطاقة فيها. أو من خلال الإدارة الكفوءة للطاقة في البناء. ويعد خيار استعمال المواد العازلة للحرارة لعزل الغلاف الخارجي للأبنية والمنشآت من أهم الوسائل الاقتصادية المتبعة لتخفيض الاستهلاك المتنامي للطاقة في قطات الأبنية إذ يمكن توفير ما يقرب من نصف كمية الطاقة اللازمة لتدفئة وتكييف هذه الأبنية، إضافة إلى تأمين شروط الراحة الحرارية الضرورية للإقامة والعمل طيلة أيام السنة. كما يعد خيار الإنارة الموفرة للطاقة من أهم الخيارات التي تحقق وفراً لاستهلاك الطاقة في الأبنية السكنية والتجارية معاً.

باء- الاقتراحات

١- إدخال مفهوم ترشيد الطاقة ضمن سلوك الأسرة

- إطفاء أجهزة الإنارة عند مغادرة الغرف أو المكان المنار وتعويد أفراد الأسرة على ذلك وخاصة الأطفال، وكذلك توعية الموظفين على إطفاء أجهزة الإنارة والأجهزة الكهربائية الأخرى في المكاتب عند الانتهاء من العمل، وعدم استخدام الإنارة الكهربائية إذا كان ضوء الشمس كافياً؛ والتعود على إطفاء الأجهزة الكهربائية مثل التلفزيون والراديو والكمبيوتر والفيديو حال الانتهاء من استعمالها؛ وتوعية الناس لاستعمال المواد العازلة للحرارة لعزل بيوتهم من أجل تخفيض كمية الطاقة المستهلكة فيها وخاصة تلك التي تحتاجها للتدفئة والتكييف، بهدف تخفيض قيمة فاتورة الطاقة التي باتت تشكل عبئاً متزايداً على المواطن في العديد من دول الإسكوا؛ وتعيير فترة الإنارة الخارجية للأسوار في الأبنية بواسطة مؤقت زمني (Timer) أو بواسطة خلية ضوئية (Photocell) كي لا تبقى مضاءة نهاراً؛ تنظيف المصابيح الكهربائية بانتظام لزيادة كفاءة الإضاءة؛ وإسدال الستائر أو الأباجورات (shutters) على النوافذ نهاراً لمنع حرارة الشمس من النفاذ إلى داخل المنزل صيفاً، وإجراء العكس أيام الشتاء؛ والإفادة من فترات سطوع الشمس خلال أيام السنة لتجفيف الغسيل بدلاً من استخدام المجففات التي تعمل بالطاقة الكهربائية والتي وجدت أصلاً للمناطق التي لا تسطع فيها الشمس؛ وتعويد أفراد الأسرة وخاصة ربة المنزل على إجراء الأعمال التي تستهلك طاقة كهربائية كبيرة في المنزل، خارج فترة الذروة (مثل: الغسيل، والطهي، وتسخين مياه الخدمات باستخدام الطاقة الكهربائية).

٢- البرامج الإعلامية وبرامج التوعية

التأكيد على أهمية ترشيد استهلاك الطاقة في البيت والمدرسة والنادي والشارع وفي جميع وسائل الإعلام وتوضيح السبل والإجراءات التي تحقق ذلك؛ ووضع الكتيبات والنشرات والإرشادات الخاصة بترشيد استهلاك الطاقة وتوزيعها وحث الجميع على الاطلاع عليها وتطبيقها؛ وتشجيع طلبة وطالبات المدارس والجامعات على إعداد مواضيع تخص ترشيد استهلاك الطاقة، وإجراء دراسات نموذجية تتعلق بتدقيق

استهلاك الطاقة واقتراح برامج لترشيد استهلاكها؛ والقيام بحملات إعلامية منظمة ودورية لترشيد استهلاك الطاقة في جميع وسائل الإعلام المقروءة والمسموعة والمرئية، وتصميم شعارات تلفزيونية لفترات قصيرة تعرض في المحطات التلفزيونية الوطنية مرات متعددة يومياً وبأوقات مناسبة تحض على ترشيد استهلاك الطاقة من خلال الممارسات اليومية.

٣- وضع المواصفات وإصدار التشريعات المناسبة

وضع وإصدار المواصفات القياسية لأجهزة الإنارة الموفرة للطاقة وللتجهيزات والمعدات الكهربائية عالية الكفاءة؛ ووضع وإصدار المواصفات المعيارية والأدلة المناسبة للعزل الحراري وتضمينها في قوانين البناء، وتحديد الشروط المتعلقة بالعزل الحرارير في التصميم والتنفيذ؛ ووضع وإصدار المواصفات القياسية لنظم التدفئة والتكييف والتهوية المركزية ولأجهزة التدفئة والتكييف الفردية التي تحقق الأداء الأمثل والاستهلاك الأقل للطاقة؛ وتسمية جهة مؤسساتية مستقلة مجهزة بشكل جيد ومزودة بالكادر الفني المدرب: للتأكد من صحة وتطبيق المواصفات والأدلة؛ ولاختبار التجهيزات والمعدات خلال وقت مناسب وبطرق مناسبة وإعطاء شارة المطابقة لهذه التجهيزات والمعدات؛

إصدار التشريع اللازم للتأكيد على ضرورة تزويد التجهيزات والمعدات المستهلكة للطاقة باللوحات الاسمية الملصقة عليها في مكان واضح والتي تبين أهم مواصفات هذه المعدات ومنها استهلاك الطاقة؛ وإصدار التشريعات اللازمة لاعتماد عدادات كهربائية متعددة الأغراض لقياس الاستهلاك ووقته بحيث يمكن إدخال التعرفة الليلية والنهارية وأخرى عند الذروة؛ ووضع التشريعات الضريبية والجمركية المحفزة للتقنيات المرشدة للطاقة؛ وإصدار التشريعات والقوانين اللازمة للتقيد بشروط ومتطلبات عزل حراري محددة في الأبنية، سواء كانت سكنية أم تجارية، وإيجاد التشريعات التي تقدم التسهيلات المالية لتطبيق تقنيات ترشيد استهلاك الطاقة.

المراجع

١. ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في قطاع الأبنية: تحليل الخيارات في دول مختارة أعضاء في الإسكوا. اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (إسكوا)، دراسة قيد الطباعة.

٢. كودة العزل الحراري. مجلس البناء الوطني الأردني، وزارة الأشغال العامة والإسكان، المملكة الأردنية الهاشمية، الطبعة الأولى ١٩٩٠

٣. مواصفات بنود أعمال العزل الحراري (اشتراكات أسس التصميم والتنفيذ) وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية، مركز بحوث الإسكان والبناء، جمهورية مصر العربية، الطبعة الأولى ١٩٩٨

٤. كاميليا يوسف الإضاءة وتوفير الطاقة، شركة توزيع كهرباء الإسكندرية

٥. Efficiency Project Energy Conservation and High Efficiency Lighting US.AID Project no. 263-0140

٦. Philips Lighting Catalogue 1999-2000

٧. شوقي البطل. تصميم الشبكات الكهربائية. جامعة دمشق، ١٩٨٥.

٨. دراسة فرص ترشيد استخدام الطاقة والحد من التلوث في الكاربت سيتي (فرع الإبراهيمية)، شركة كهرباء الإسكندرية.