تقييم طرق ترشيد الطاقة الكهربائية في المساجد بدولة الكويت

خالد عبد الجبار الكندري[1] و منصور السيد أبوجميلة[2] و أحمد يوسف عبد الله[3]

[1] قطاع المساجد، وزارة الأوقاف والشؤون الاسلامية، محافظة مبارك الكبير، الكويت

[2] برنامج إدارة التقنية، كلية الدراسات العليا، جامعة الخليج العربى، المنامة، مملكة البحرين

[3] قسم الهندسة الميكانيكية، كلية الهندسة، جامعة البحرين، المنامة، مملكة البحرين

الملخص

تعتبر أزمة الطاقة وزيادة استهلاك الكهرباء من الأزمات التي تعاني منها دول العالم بشكل عام ودولة الكويت بشكل خاص. وفي ظل التطور الصناعي والتوسع العمراني أصبحت الحاجة أكثر للطاقة الكهربائية. ومع انخفاض سعر تعريفة الكيلوواط ساعة (2 فلس) للأفراد والمؤسسات الحكومية بدولة الكويت بالنسبة للتكلفة الفعلية (40 فلس)، ومع قلة الوعي وعدم مبالاة كثير من المستهلكين، تفاقم معدل الاستهلاك ليصل إلى ذروته في كثير من أيام الصيف. تم اختيار ثلاثة مساجد كعينة للدراسة لاختيار أفضل الطرق في ترشيد الاستهلاك من خلالها، وذلك كون المساجد منتشرة في جميع مناطق الكويت وتعمل في فترات وأوقات محددة. تبين من خلال الدراسة الأثر الشديد لزيادة درجات الحرارة وكذا النشاط الممارس على معدل استهلاك الطاقة داخل المساجد محل الدراسة، وأن زيادة معامل كفاءة الطاقة للتكييف يؤدى إلى تقليل استهلاك الطاقة. أوضحت النتائج أن هناك إمكانية لتقليل حمل التكييف بنسبة قد تصل إلى 10% عن طريق تركيب تقنية منظم الحرارة القابل للبرمجة خاصة إذا علمنا أن المستهلك الأكبر للطاقة في المساجد محل الدراسة هو التكييف والذي قد يرتفع معدل الاستهلاك بسببه إلى 51%. كذلك بينت الدراسة أن هناك عدة طرق ممكن أن يتم اختيارها واتباعها لتقليل حمل التكييف كاستبدال المصابيح المتوهجة بالمصابيح الموفرة للطاقة والتي تؤدي إلى وفر في الطاقة بنسبة تصل إلى 32%، وكذلك تقليل التسريب عن طريق غلق الأبواب والنوافذ والذي قد يقلل حمل التكييف بنسبة 34.7%، إضافة إلى تظليل المكثف الخارجي 6%. توصى الدراسة بضرورة تطبيق الطرق والتقنيات الحديثة واتخاذ الاجراءات الفنية والتنظيمية التي تساهم في ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها، وبالتالي المساهمة في تقليل ظاهرة الاحتباس الحراري والملوثات.

الكلمات المفتاحية: أحمال التكييف، أنظمة التكييف، ترشيد استهلاك الكهرباء، منظم الحرارة.

المقدمة

ذكرت وزارة الكهرباء والماء الكويتية (2009) أن ارتفاع درجة الحرارة في أشهر الصيف والتي تصل إلى 48 درجة وأحيانا 50 درجة مئوية في الظل يؤدى إلى زيادة الطلب في أحمال التكييف القصوى والقوة الكهربائية اللازمة إلى أرقام غير اعتيادية للمحافظة على درجات الحرارة بالداخل. فعلى سبيل المثال بلغ الحمل الأقصى 10872 ميجاوات من أصل 11000 في تاريخ 2010/6/14 عند درجة حرارة الجو خمسين درجة مئوية حسبما جاء في موقع وزارة الكهرباء والماء بالكويت، لذا جاء هذا البحث كمساهمة في علاج هذه المشكلة.

ذكر الحمدي (2004) في دراسته على بعض المساجد في المملكة العربية السعودية بأنه قد حدث تغير ملحوظ في تصميم معظم مساجد الرياض تختلف عن النموذج النبوي للمسجد، وذلك باختفاء الصحن. حيث لم يقف تغير تصميم المسجد باختفاء الفناء، بل استخدمت مواد بناء بديلة عن الطين والخشب كاستخدام الخرسانة المسلحة والطوب الأسمنتي والرخام والألمونيوم مما جعل التوجه أكثر في استخدام أجهزة التكييف والتدفئة والإضاءة الكهربائية من أجل توفير الراحة الحرارية والإضاءة المطلوبة للمصلين داخل المسجد. ونتيجة لهذا التغير ارتفعت معدلات استهلاك الطاقة الكهربائية. تكمن مشكلة البحث أن الجانب الفني والتقني بالكويت لم يأخذ حظه من الدراسة في قضية ترشيد الكهرباء كما حدث في البلدان الصناعية، خاصة وأن هناك إفراط في استهلاك الكهرباء على جميع الأصعدة سواء الحكومية أو على مستوى الأفراد، وعدم استخدام الطرق التقنية والفنية الحديثة والوسائل المتاحة في ترشيد الاستهلاك في كثير من المساجد وخاصة فيما يتعلق بالتكييف والإضاءة، مما يؤدي إلى زيادة الطلب على الطاقة.

يهدف البحث إلى حساب ومقارنة أحمال التكييف المختلفة واختيار أفضل الطرق لترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية في المساجد بدولة الكويت، وذلك من خلال:

أ. دراسة تفصيلية لأحمال التكييف أثناء ظروف التشغيل المختلفة وتحديد أهم الظروف المؤثرة عليها ومعرفة المسببات الرئيسية لارتفاع معدلات الاستهلاك الكهربائية.

ب. دراسة وتحليل تأثير التقنيات ونظم وطرق الترشيد المختلفة وفاعليتها على أحمال التكييف وعلى تقليل الحمل للمساجد محل الدراسة.

ج. اقتراح الحلول التقنية والوسائل (المباشرة والغير مباشرة) المناسبة لترشيد استهلاك الكهرباء واختيار أنسبها لظروف وطبيعة المساجد وتوسيع هذه الحلول العملية لتشمل المرافق العامة الأخرى للدولة.

تأتي أهمية هذه الدراسة في حيوية موضوعها والمساهمة في تقليص الأزمة التي تعاني منها دول العالم ومنها الكويت سواء فى نقص الكهرباء أو معدل التلوث الناتج من الاستخدام الزائد لتوليد الطاقة. وتم اختيار المساجد لأن عدد المساجد القائمة بالكويت التى تقام بها الصلاة حسب إحصائية 2008 قد وصل إلى 1377 تزداد سنويا مع زيادة التوسع العمراني. وهذا الرقم يشير إلى أهمية الدراسة وأهمية الوزارة كمستهلك أساسي في توفير وترشيد استهلاك الطاقة، بالإضافة إلى سهولة الحصول على البيانات المتعلقة بها وإمكانية تطبيق التجارب العملية عليها أكثر من غيرها من المرافق ولا يعني بالضرورة اعتبارها أكثر المرافق استهلاكا للكهرباء، خاصة إذا علمنا بأن:

أ. كثيرا من المساجد في دولة الكويت تعتمد على التكييف المركزي، وذلك من أجل استمرار تحقيق الراحة الحرارية.

ب. المساجد تتميزعن غيرها من المباني بتشابه تصاميمها واتصافها بالتشغيل المتقطع والمحددة بالصلوات الخمس، حيث يمكن أن يتم التشغيل لهذه المساجد في لحظة زمنية معينة مرتبطة بوقت الصلاة، وهذا يساعد في إمكانية تطبيق بعض التقنيات لتقليل الاستهلاك.

ج. الفوائد ستكون عظيمة في حال تنفيذ وتطبيق التقنيات واستخدام الطرق التي تقلل من استهلاك الكهرباء والتي ستعود منفعتها على الدولة ووزارة الأوقاف كناحية مادية في تخفيض قيمة فاتورة الاستهلاك، وعلى وزارة الكهرباء كتقليل وخفض الأحمال الزائدة على المحطات المنتجة للكهرباء وبالتالى الاستفادة من الميزانية الموفَّرة بسبب الترشيد في مشاريع تنموية أخرى.

د. ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية يؤدي إلى تقليل استهلاك الوقود الأحفوري والذي ينتج عن احتراقه ملوثات غازية بالإضافة إلى غازات الاحتباس الحراري .

الدراسات السابقة

أشارت دراسة (Maheshwari *et al.*, 2001) أن الكويت من البلدان التي تواجه صيفا طويلا وتتميز بوجود مناخ وحار، حيث أن درجة الحرارة تصل إلى معدلات مرتفعة خاصة في شهرى يوليو وأغسطس وقد تبلغ الحرارة 50 درجة مئوية في أوقات كثيرة مما يجعل استخدام أجهزة التكييف أمرا ضروريا في معظم فصول السنة والتي تستهلك 70% من الطاقة الكلية المستهلكة خاصة في ساعات الذروة. وأظهرت الدراسة أن تبريد المبانى يستهلك 40% من الاستهلاك السنوي العام للكهرباء لذا تعتبر المبانى عاملا رئيسيا لاستهلاك الطاقة وذات تأثير كبير بالنسبة لظاهرة الاحتباس الحراري، ومما لا شك فيه أن الطاقة الكهربائية المستهلكة صيفاً ستزيد خاصة في حال عدم الاهتمام بكمية الحرارة المكتسبة للبناء والتي تسمى بحمل التبريد.

تطرقت دراسة (Al-Homoud *et al.*, 2005) لاستهلاك الكهرباء فى المساجد، حيث خلصت الدراسة بالتعريف بالمساجد واعتبارها متميزة عن أنواع المباني الأخرى بوظيفتها التي تتصف بالتشغيل المتقطع والمرتبط بأوقات الصلاة، حيث يتم تشغيل المساجد في نفس الوقت، الأمر الذي ينعكس على طلب استخدام الطاقة. أظهرت الدراسة أن تحليل البيانات المتوفرة في فواتير استهلاك الطاقة الكهربائية مدخلا مفيدا في استنباط اتجاه وزمن استخدام الطاقة وأيضا لتقدير الاستهلاك السنوي الكلي للطاقة الكهربائية في المساجد. عرضت هذه الدراسة تحليلا لبيانات فواتير استهلاك

الطاقة الكهربائية في خمس سنوات متتالية لخمسة مساجد نموذجية في المناخ الحار الرطب للمنطقة الشرقية بالمملكة العربية السعودية. أظهرت الدراسة أن معدل استهلاك التكييف في مسجدين من مساجد المملكة العربية السعودية بلغ 70% و79% من إجمالي استهلاك الكهرباء السنوي للمسجدين محل الدراسة. وخلصت الدراسة إلى أن نظام التكييف ومن ثم الإضاءة يعتبرا السببان الرئيسيان في الاستهلاك. لذا يجب الاهتمام الجيد في جانب تصميمهما بما يوفر الراحة الحرارية من غير الزيادة في الاستهلاك. أوصت الدراسة بأهمية التصميم المتكامل للمسجد بما يضمن الاستفادة من المصادر الطبيعية كالتهوية وخاصة في فصل الشتاء أو الفصول التي تنخفض فيها درجة الحرارة، كما أوصت الدراسة بتقييم طاقة المساجد ودراسة البدائل المتاحة عن طريق المحاكاة لوضع الاستراتيجيات المستقبلية.

تنتشر في معظم مباني الكويت منظم الحرارة للحيزأو الغرفة الذي يقوم على أساس تشغيل وإطفاء الضاغط بواسطة المنظم (الثرموستات) عندما يتم ضبط درجة حرارة الغرفة على درجة حرارة محددة، وقد تكون هذه الأداة مناسبة للمباني التي يتم شغلها بشكل متواصل خاصة التي تعمل خلال الأربع وعشرين ساعة. تقوم فكرة منظم الحرارة القابل للبرمجة على برمجة منظم الحرارة لكي يقوم بضبط درجة حرارة مكان الحيز في أوقات مختلفة من اليوم وخاصة في الأوقات التي لا يتم فيها شغل المكان مما يمكن ضواغط التكييف من التوقف عن العمل. أشار (Maheshwari *et al.*, 2001) بأنه قبل التوصية باستخدام المؤقت يجب دراسة التأثيرات المرتبطة بإغلاق التكييف على الديكور مثلا والأجهزة الداخلية على المدى الطويل، وما هي الطاقة اللازمة لإعادة تبريد المكان بعد إطفاء التكييف خاصة بعد ارتفاع درجة الحرارة بسبب إغلاق التكييف. وتطرقت الدراسة إلى أهمية الوقت الذي يمكن فيه السيطرة على درجة الحرارة الداخلية للحيز من أجل الحفاظ على استهلاك الطاقة، وتقييم الأثر السلبي عند الرغبة فى إعادة تبريد المكان، وأهمية استخدام منظم الحرارة للمباني التجارية والمؤسساتية وربطها بساعات العمل التي تتم فيهما،

خاصة إذا علمنا بأن البنايات تستخدم في أوقات معينة خلال اليوم. وتمت الدراسة على روضة أطفال ومسجد ومستوصف للعلاج في دولة الكويت. وبينت نتائج الدراسة أن نسبة الترشيد بلغت 46% و37% و25% على التوالي في حالة استخدام منظم الحرارة القابل للبرمجة. وأوصت الدراسة باستخدام منظم الحرارة القابل للبرمجة في الأماكن التي لا تعمل بشكل مستمر. ومن الطرق المعينة على الترشيد وتقليل الاستهلاك ضبط منظم الحرارة على درجة معتدلة ولتكن 24 درجة مئوية حيث سيقلل ذلك من ساعات تشغيل الضاغط، ويشير الخرسانى (2003) بأن هذه الدرجة هي درجة الحرارة التصميمية الداخلية الصيفية لتزود الراحة الحرارية لشخص يلبس ثياب عادية خلال فصل الصيف فى منطقة الخليج العربى.

عرض الحمدى (2004) مقارنة تحليلية بين معدلات استهلاك الطاقة الكهربائية في عينة من فئتين لمساجد مدينة الرياض ومسجد الرحمانية بمدينة سكاكا بالمملكة العربية السعودية، وذلك من خلال تحليل مفصل لاستهلاك الطاقة الكهربائية في تلك المساجد بالاعتماد على متغيرات تؤثر في هذه المعدلات، مثل أحوال المناخ و نوع أجهزة التكييف. أظهرت نتائج البحث أن معدل استهلاك الطاقة الكهربائية لعينة من مساجد الرياض يزيد مع زيادة درجة حرارة البيئة المحيطة، ويعود سبب ذلك إلى تصميم وتشييد معظم مساجد مدينة الرياض بما لا يتناسب مع البيئة الطبيعية، وبالتالي تساعد على انتقال الحرارة وليس الحد من انتقالها إلى داخل المباني، فلذلك اعتمدت على استخدام أجهزة التبريد والتدفئة والإضاءة الكهربائية من أجل توفير الراحة الحرارية والإضاءة المطلوبة للمصلين. كما أظهرت أن معدلات استهلاك الطاقة الكهربائية في مساجد الرياض عالية مقارنة بمسجد الرحمانية. كذلك أظهرت الدراسة أن الإضاءة الصناعية في جميع المساجد تستهلك كمية كبيرة من الطاقة الكهربائية، بالرغم من أنه يمكن استغلال الإضاءة الطبيعية من الشمس عبر النوافذ طول العام.

يعتبرالتكييف المستهلك الرئيسي للكهرباء فمن الممكن أن تبدأ عملية الترشيد من مرحلة التصميم حيث تكون المرحلة الأولى هي حساب الأحمال الحرارية للمسجد

ومن ثم تحديد المكائن المطلوبة والتي ستفي بتبريد المكان. ويجب الحرص على اقتناء الأجهزة ذات معامل أداء مرتفعة وهي التي تعطي برودة عالية باستهلاك أقل للكهرباء، وقد أشار العجمي (2004) إلى أن معامل كفاءة الطاقة (Energy Efficiency Rating) هو مقياس لتحديد أداء جهاز التكييف والذي يجب تحسينه، حيث سيؤدي ذلك إلى تخفيض كمية الطاقة الكهربائية اللازمة إلى أقل قدر ممكن دون المساس أو التأثير على جودة الخدمة المقدمة. وأشار (Akbari, 2003) إلى أنه في عام 1975 كان معامل أداء الطاقة (EER) لأجهزة التكييف في الولايات المتحدة الأمريكية يقدر بـ7، وفي هذه الأيام فإن وحدات التكييف المتطورة والمتوفرة في السوق لديها معامل كفاءة الطاقة أكثر من 11، وقد قامت هيئة مقاييس التكييف الفيدرالية في الولايات المتحدة الأمريكية برفع معامل كفاءة الطاقة إلى 9 حيث سيساهم رفع معامل كفاءة الطاقة من 7 إلى 9 في تقليل الحمل الأقصى في الولايات المتحدة الأمريكية بمقدار 22 %، كما أن المقاييس الحديثة (EER=11) في حال تطبيقها سوف تساهم في تقليل الحمل الأقصى بمقدار 18% تضاف إلى الـ 22% السابق ذكرها (أورد في العجمي: 2004)

يمثل استهلاك الطاقة في الإنارة أحد أكبر الاستهلاكات في قطاع الأبنية، فضلا عما يترتب عليه من زيادة في الحمل الحراري اللازم للتكييف. تناولت دراسة (Joseph *et al.*, 2006) تأثير الإضاءة بالمصباح الحراري ذي الفتيل (المتوهج) على أحمال التبريد والتدفئة في المناخات المختلفة في الصين، حيث أشارت إلى أن التغير في حمل كثافة الإضاءة لا يؤثر فقط على استعمال الطاقة الكهربائية للإضاءة بل يؤثر على الطاقة المطلوبة لتبريد أو تدفئة الحيز.

وجاء في تقرير الإسكوا (2002) أن استخدام أجهزة عالية الأداء يؤدي إلى خفض استهلاك الكهرباء لكل من الإنارة والتكييف معا، مما يساعد في تخفيض أحمال الذروة ويحد من الحاجة إلى إدخال محطات التوليد الاحتياطية ذات الأداء الأقل كفاءة في الخدمة. ومن المعلوم أنه تتوفر حاليا مصابيح إنارة موفرة تستهلك كمية طاقة أقل مع القدرة على الحفاظ على ذات المستوى في الإنارة المطلوبة ويمكنها تحقيق وفر في

الكهرباء المستهلكة يتراوح بين 35% - 82%، وذلك على حسب نوع المبنى (سكني أو تجاري)، ونوع المصابيح التي يتم استخدامها.

وبين مهنا وأبو الخير (2008) "أن استخدام المصباح الفلوروسنت الصغير بقدرة 18 واط يصدر ضوءاً مماثلاً لضوء مصباح متوهج عادي بقدرة 70 واط ويخفض كلفة الإنارة بنسبة 80% في البيوت والمكاتب، وإذا ما طبقت تلك التقنيات على ملايين المصابيح في بلد ما أو على مليارات المصابيح الموجودة في العالم فيمكن تقدير مدى الاقتصاد الكبير في الطاقة والتخفيف من التلوث". والأمر سيكون أكثر فعالية لو كانت هناك إدارة كفئة لمعدات الإنارة حيث جاء في تقرير الإسكوا (2002) أنه تتعدد أساليب إدارة الطلب على الإنارة والتحكم بها، من أنماط سلوكية في الاستخدام، مثل إطفاء المصابيح في الأماكن الغير المستخدمة، واستخدام الإنارة الطبيعية من خلال الفسحات السماوية والنوافذ، وأساليب تقنية للتحكم في توزيع الإضاءة، عن طريق إعادة النظر بتمديدات المفاتيح (المقابس) لتوفير أكثر من مستوى إنارة في مساحة محددة، ووصولا إلى التحكم الآلي في تشغيل معدات الإنارة وعلى الأخص في المباني التجارية، وذلك عن طريق تركيب مؤقتات زمنية واستخدام حساسات الإشغال والخلايا الضوئية للتحكم بالإنارة.

أثبتت دراسة (Ihm *et al.*, 2009) أثر ضوء النهار في توفير الطاقة المرتبطة بكهرباء الإضاءة الصناعية. حيث تمت الدراسة على مباني مختلفة في التصميم وفي نوعية وقياس النوافذ في الولايات المتحدة وأماكن أخرى. أشار الأشول (2008) في دراسته أن الإنارة الطبيعية تؤدى لتقليل استهلاك الطاقة وانخفاض الأحمال الداخلية للإنارة وبالتالي أحمال تبريد أقل. يمكن التوصل إلى الدمج الفعال للإنارة الطبيعية مع الصناعية عندما يكون هناك إمكانية للتحكم في مستويات الإنارة الصناعية من خلال التعرف على مستويات الإنارة الطبيعية الواصلة إلى سطح العمل في الفراغ الداخلي. يكون الحل التصميمي الأمثل بتصميم نوافذ بحيث يكون هناك اتزان بين

متطلبات الإنارة الطبيعية والأحمال الحرارية مما يؤدي إلى استهلاك أقل للطاقة الكهربائية في المبنى.

أشارت كثير من الدراسات إلى أثر تقليل الاستهلاك عن طريق تظليل مكثف التكييف الخارجي أو تظليل التكييف بشكل عام، حيث تقوم الفكرة على أساس تقليل الأشعة الساقطة مباشرة على المبنى والتي من ضمنها منطقة التكييف، إذ قد يكون هذا التظليل بواسطة زراعة أشجار حول المبنى أو بواسطة تظليل مبنى على مبنى آخر مجاور له. ومما أشار إليه (Akbari, 2002) أن التظليل يوفر مزايا في الحد من الطلب على تكييف الهواء للمبنى ويقلل من أشعة الشمس الغير مرغوب فيها.

أثبتت الدراسات جدوى استعمال وسائل العزل الحراري في خفض الأحمال الحرارية المكتسبة أو المتسربة للمبنى وذلك بمنعه وتقليله من انتقال الحرارة، وكذا بالنسبة للتكلفة الإنشائية سواء كان ذلك بالنسبة لدخل الأفراد أو بالنسبة للدخل القومي حيث يمكن تخفيض الأحمال القصوى المطلوبة للتكييف والقدرة الكهربائية اللازمة وتصغير حجم المعدات والتركيبات في المدى القصير بالإضافة إلى تخفيض استهلاك الطاقة على المدى الطويل مع ضمان ربح اقتصادي مؤكد للمبالغ المستثمرة (وزارة الكهرباء والماء، 2009). بين ونوس (2004) أن النوافذ هي المسار الأكثر فعالية الذي من خلاله تدخل الحرارة الشمسية إلى البناء. ومن هنا جاءت أهمية مراعاة تصميم المبنى من حيث اختيار حجم الفتحات للنوافذ والأبواب ومواقعها في واجهات المبنى بما يسهل التحكم في كميات الحرارة الشمسية الداخلة إليه صيفا وشتاء بما يؤدي إلى تخفيض الأحمال الحرارية للمبنى (الاسكوا، 2002). ويجب على المصمم قدر الإمكان السعي إلى تصميم الواجهة بحيث يبقى الزجاج في الظل خلال معظم ساعات النهار الحارة، واستبدال الزجاج العادي المفرد الشفاف بأفضل أنواع الزجاج المزدوج والتي قد يصل معامل الانتقال الحراري لها إلى 0.33 وحدة حرارية بريطانية / قدم مربع.ف.ساعة والذي يؤدى إلى تخفيض أحمال التبريد والكهرباء القصوى بنسبة 14%.

يعتبر تسرب الهواء والتهوية من مسببات كسب الحرارة للمبنى، حيث يعبر عن التهوية كما يشير لها الخرسانى (2003) بأنها هي العمليات التي تحدث عندما يدخل الهواء الخارجي المتسرب إلى المبنى عندما تكون الأبواب مفتوحة أو من خلال الشقوق حول الأبواب أو النوافذ أو أي فتحات أخرى. بينما تعرف التهوية بأنها العملية الحرارية الحاصلة عند إدخال الهواء الخارجي إلى البناء بهدف تجديد الهواء الداخلي للبناء وتزويده بهواء منعش (وزارة الكهرباء والماء، 2009).

تعتبر الحرارة التي يولدها شاغلوا المكان من منابع الحرارة الداخلية، وتعتمد الحرارة المنبعثة من الجسم كما أشار إليها ونوس (2004) على درجة الحرارة والرطوبة ومستوى حركة الهواء وعلى مستوى النشاط. لذلك ينبه الخرسانى (2003) على أهمية معرفة العادات اليومية للأفراد وأعدادهم.

وحيث أن درجة الحرارة في دولة الكويت تكون مرتفعة جدا في فصل الصيف، تزداد الحرارة المكتسبة للبناء والتي تمثل معدل اكتساب الأماكن للحرارة من مصادرهاالخارجية والداخلية. لذا كان من المناسب الحديث عن أحمال التبريد والتي أشارت إليه المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني (2001) بأنها معدل الحرارة التي يجب إزالتها من الحيز المراد تكييفه والحفاظ على درجة الحرارة والرطوبة.

منهجية البحث

استندت الدراسة إلى المنهج الوصفي التحليلي والدراسة الميدانية في تحقيق أغراضها، وحيث أن أغلب مساجد الكويت متشابهة تقريبا في مواصفاتها الفنية مما يعطي فرصة لتعميم نتائج الدراسة، فقد شملت الدراسة عينة من ثلاثة مساجد تابعة لوزارة الأوقاف والشؤون الإسلامية، وتم اختيار محافظة الأحمدي لتطبيق هذه الدراسة، وذلك من أجل أن تكون بيئة الدراسة الخارجية متماثلة نوعا ما، مع مراعاة اختلافها في الجانب التصميمي والعمر، كما شملت عينة البحث مراعاة وجود صلاة جمعة وأنشطة في بعضها وعدم وجودها في البعض الآخر. وكانت خطوات الدراسة كالتالي:

أ. إجراء دراسة حالة لثلاثة مساجد متماثلة قدر الإمكان في البيئة الخارجية ومختلفين في التصميم، ودراسة تأثير نظم الترشيد والوسائل والتقنيات وفاعليتها على أهم العوامل المؤثرة على حمل التبريد من خلال الاختبار العملي كاستخدام منظم الحرارة القابل للبرمجة وتقنيات الإضاءة الحديثة والاستفادة من الإضاءة الطبيعية وغيرها من الوسائل وطرق الترشيد المباشرة والغير مباشرة. كما تم الأخذ في الاعتبار الاختلاف في مساحة المسجد والتصميم وسنة البناء أو الترميم، والمساجد هي مسجد بدرية المغيصيب ومسجد الردهان ومسجد العريفان. الجدول (1) يوضح بعض المواصفات الخاصة بالمساجد الثلاثة محل الدراسة طبقا لمخططات المساجد الثلاثة.

جدول رقم (1)

بعض المواصفات العامة للمساجد الثلاثة محل الدراسة

المسجد	المساحة (m2)				عدد النوافذ ونوعيتها	عدد الأبواب المعرضة للمحيط الخارجي	الإضاءة المستخدمة	التكييف المستخدم طن التبريد الفعلي
	الحرم	الحوش	النساء	المجموع				
مسجد الردهان (تأسس في 1910 وأعيد بناؤه في 1986)	186.6	122.4	34.44	343.4	7 زجاج مفرد	3	الفلوريسنت	تكييف مركزي 29 طن EER≈7
مسجد بدرية المغيصيب (2004)	330.6	106	73.5	510.1	13 زجاج مزدوج	6	الفلوريسنت+ الفلوريسنت المدمجة	تكييف مركزي 43 طن EER≈7
مسجد العريفان (2009)	1158				18 زجاج مزدوج	7	الفلوريسنت المدمجة	تكييف مركزي 86 EER≈8

ب. تسجيل البيانات المتعلقة بالأحمال لفترة محددة للمساجد الثلاثة.

ج. تحليل ومناقشة نتائج الدراسة ومعرفة أثر استخدام هذه الوسائل والتقنيات على تقليل الاستهلاك.

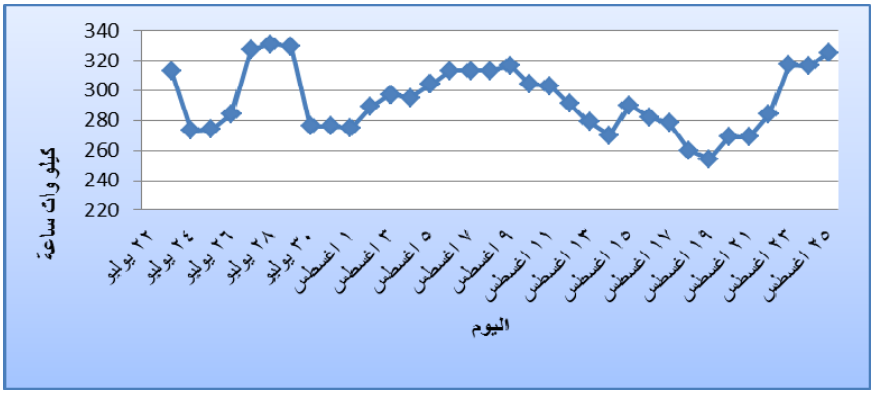
د. صياغة خلاصة الدراسة من خلال اقتراح بعض التوصيات التقنية والمعمارية، واقتراح بعض الطرق والوسائل الملائمة للترشيد في استهلاك الطاقة الكهربائية في مباني المساجد القائمة والمزمع إنشائها مستقبلا.

النتائج والمناقشة

مسجد بدرية المغيصيب

الحالة الأولى: برمجة منظم الحرارة القابل للبرمجة (Programmable thermostat)

تمت برمجة منظم الحرارة للمساجد الثلاثة قيد الدراسة في الحالة الأولى على أربعة مراحل مختلفة، حيث تم ضبط منظم الحرارة القابل للبرمجة على درجة حرارة (28) درجة مئوية من الساعة التاسعة مساءً إلى الساعة الثالثة فجرا، وعلى درجة حرارة (22) درجة مئوية من الساعة الثالثة فجرا إلى الساعة الخامسة صباحا، وعلى درجة حرارة (28) درجة مئوية مرة ثانية من الساعة الخامسة صباحا إلى الساعة العاشرة صباحا، وأخيرا على درجة حرارة (22) درجة مئوية من الساعة العاشرة صباحا إلى الساعة التاسعة مساءً، وتم أخذ القراءات في صيف 2009 للمساجد الثلاثة ما بين الساعة (12– 2) ظهرا يوميا بالإضافة إلى قراءات أشهر الصيف وما قبلها لسنة 2010 لمسجد المغيصيب. استغرق تسجيل البيانات فى الحالة الأولى 35 يوما فى صيف 2009. الشكل (1) يوضح متوسط الاستهلاك خلال فترة الدراسة لمسجد بدرية المغيصيب. يوضح الشكل أن أعلى معدل للاستهلاك خلال هذه الفترة بلغ 331 كيلووات ساعة بينما أقل معدل استهلاك في حالة البرمجة بلغ 254 كيلووات ساعة، ومن الجدول (2) نجد أن متوسط معدل الاستهلاك في الثلاثة الأيام الأولى من شهر رمضان (8/23 - 8/25) تزيد بمعدل 27.7 (ك و س) وبنسبة 9.5% عن متوسط معدل الاستهلاك خلال فترة دراسة هذه الحالة.



شكل (1): معدل الاستهلاك اليومي للكهرباء لمسجد المغيصيب – الحالة الأولى

جدول رقم (2)

مقارنة بين متوسط معدل الاستهلاك لأيام محددة في الحالة الأولى (البرمجة)

وجه المقارنة	التاريخ	
	2009/8/22 - 7/22	2009/8/25 - 23
النشاط	اعتيادي	رمضان
متوسط درجة الحرارة (^{o}C)	46.3	47.8
متوسط الاستهلاك (ك و س)	291.3	319

من خلال الجدول (2) نجد أن هناك تغيرا في متوسط معدل الاستهلاك خلال الفترة المختارة ويرجع السبب في ذلك إلى التغير الحاصل بسبب زيادة درجة الحرارة والنشاط الحاصل في المسجد وهو زيادة عدد المصلين بسبب دخول شهر رمضان ووجود صلاة التراويح والتي تكون عادة بعد العشاء مما يجعل المكوث في المسجد أطول من الأيام العادية، ومما لا شك فيه أن فترة الأكل بعد صلاة المغرب له أثر في زيادة حرارة المكان، حيث بين خرساني (2003) أن جسم الإنسان يولد حرارة ورطوبة، وتنتج الحرارة خلال عملية الهضم وحرق الأكسجين في الدم وتطرح هذه الحرارة عن طريق الجلد، أما الرطوبة فتنتج عن الجسم خلال عملية التنفس والتعرق.

وفي حال مقارنة معدل الاستهلاك لأيام متقاربة في درجات الحرارة مع الأيام الأولى من رمضان (4-8/6) لمعرفة تأثير النشاط على معدل الاستهلاك نجد أن متوسط معدل الاستهلاك زاد بمقدار 15 (ك و س) عند نفس درجة الحرارة وبنسبة 5٪ عن المعدل العام كما هو موضح في الجدول (3) مما يعطي مؤشرا إلى أن النشاط مؤثر في استهلاك الطاقة.

جدول رقم (3)

مقارنة متوسط معدل الاستهلاك لأيام مختلفة في ظروف حرارية متقاربة

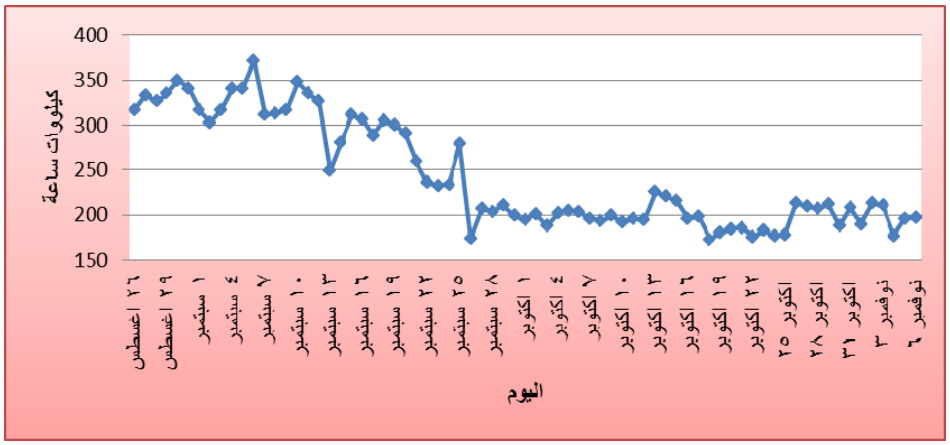
وجه المقارنة	التاريخ والأيام	
	2009/8/6 - 4	2009/8/25 - 23
	الثلاثاء، الأربعاء، الخميس	الأحد، الاثنين، الثلاثاء
النشاط	اعتيادي	رمضان
متوسط درجة الحرارة (^{o}C)	47.6	47.8
متوسط الاستهلاك (ك و س)	304	319

الحالة الثانية

تم تقسيم الحالة الثانية لمسجد بدرية المغيصيب إلى ثلاثة مراحل على أساس تثبيت وبرمجة منظم الحرارة القابل للبرمجة، حيث تم تثبيت منظم الحرارة على درجة 20 درجة مئوية من تاريخ 8/25 إلى تاريخ 9/24، ثم تم إعادة البرمجة الأصلية لمنظم الحرارة كما في الحالة 1 من تاريخ 9/25 إلى تاريخ 10/11، وأخيرا تم تثبيت منظم الحرارة على درجة 22.5 درجة مئوية من تاريخ 10/12 إلى تاريخ 2009/11/6 كما هو موضح فى الشكل (2).

يتبين من الشكل (2) للحالة الثانية بمراحلها الثلاثة أن معدل الاستهلاك يعتبر مرتفعا في المرحلة الأولى عند تثبيت منظم الحرارة على 20 درجة مئوية، وقل معدل الاستهلاك في المرحلة الثانية باستخدام نظام البرمجة وبسبب الانخفاض في درجة الحرارة، بينما يعتبر التغيير في معدل الاستهلاك بسيطا في المرحلة الثالثة عند تثبيت

منظم الحرارة على درجة 22.5 درجة مئوية وتركيب التظليل على المكثف الخارجي للتكييف المركزي.



شكل (2): معدل الاستهلاك اليومي للكهرباء لمسجد المغيصيب - الحالة الثانية

أثر استخدام منظم الحرارة القابل للبرمجة

من خلال ملاحظة الشكل (2) نجد أن معدل الاستهلاك اليومي في المرحلة الأولى من الحالة الثانية قد زاد بنسبة كبيرة عند تثبيت منظم الحرارة على درجة 20 درجة مئوية، حيث بلغ معدل الاستهلاك 350 (ك و س) في تاريخ 8/30 عند درجة حرارة 46 درجة مئوية، بينما لم يتجاوز معدل الاستهلاك عند نفس درجة الحرارة في الحالة الأولى وعند مزاولة نفس النشاط (الصلوات الخمس + صلاة التراويح) 316 (ك و س) في تاريخ 8/24، بنسبة زيادة هي 10.8%، أى أن الوفر اليومى 34 (ك و س) كما هو موضح في الجدول (4). ولمعرفة الأثر الإقتصادى لذلك، وطبقا للنتائج فإن استخدام منظم الحرارة القابل للبرمجة يؤدى إلى تقليل الاستهلاك الشهرى بمعدل 1020 (ك و س)، وبمعلومية أن تكلفة تزويد الكهرباء بالنسبة للكويت 40 (فلس/ ك و س)، ينتج أن استخدام منظم الحرارة يوفر التكاليف بقيمة 41 دينارا كويتيا شهريا تقريبا. وبمعلومية أن تكلفة منظم الحرارة القابل للبرمجة يبلغ 200 دينار تقريبا، ينتج أن هذا المبلغ يمكن استرداده خلال 5 شهور على الأكثر، ولذا برزت إهمية استخدام منظم الحرارة القابل للبرمجة.

جدول رقم (4)

مقارنة معدل الاستهلاك في حالة البرمجة وثبات منظم الحرارة لإحدى الأيام

وجه المقارنة	التاريخ	
	2009/8/24	2009/8/30
الحالة	الحالة الأولى (برمجة)	الحالة الثانية – المرحلة الأولى (ثابت 20)
النشاط	الصلوات الخمس + صلاة التراويح	الصلوات الخمس + صلاة التراويح
درجة الحرارة (^oC)	46	46
معدل الاستهلاك (ك و س)	316	350

وعند مقارنة متوسط الاستهلاك في الحالة الأولى شكل (1) في حالة استخدام البرمجة نجد أن متوسط معدل الاستهلاك 293.7 (ك و س)، بينما متوسط معدل الاستهلاك للحالة الثانية في المرحلة الأولى عند تثبيت درجة حرارة المنظم 307.7 (ك و س)، بنسبة زيادة 4.8%، مع الأخذ بعين الاعتبار أن متوسط درجات الحرارة في الحالة الأولى 46.4 درجة مئوية بينما متوسط درجة الحرارة في الحالة الثانية – المرحلة الأولى 44.2 درجة مئوية كما هو موضح في الجدول (5). يتضح من الجدول أن متوسط درجة الحرارة في الحالة الأولى أعلى من متوسط درجة الحرارة في المرحلة الأولى من الحالة الثانية، بينما استهلاك الطاقة في الحالة الأولى أقل من المرحلة الأولى في الحالة الثانية وهذا يدل على أن استخدام منظم الحرارة أفضل من تثبيت الحرارة من ناحية تقليل الاستهلاك.

جدول رقم (5)

مقارنة متوسط معدل الاستهلاك في حالة البرمجة وثبات منظم الحرارة

وجه المقارنة	التاريخ	
	2009/8/25 - 7/22	2009/9/24 - 8/26
الحالة	الحالة الأولى (برمجة)	الحالة الثانية - المرحلة الأولى (ثابت 20)
متوسط درجة الحرارة (^oC)	46.4	44.2
متوسط معدل الاستهلاك (ك و س)	293.7	307.7

أثر اختلاف درجات الحرارة في معدل الاستهلاك:

عند مقارنة معدل الاستهلاك في حالة البرمجة نجد أن متوسط معدل الاستهلاك في الحالة الأولى شكل (1) يصل إلى 293.7 (ك و س) وبمتوسط درجة حرارة 46.4، بينما نجد أن متوسط معدل الاستهلاك في المرحلة الثانية من الحالة الثانية يبلغ 202.5 (ك و س) وبمتوسط 39.1 درجة مئوية كما هو موضح في الجدول (6). يتضح من خلال المقارنة تأثير درجة حرارة الجو حيث أن نسبة الزيادة لمعدل الاستهلاك بلغ 45% عندما ارتفعت درجة الحرارة بنسبة 18.6%.

جدول رقم (6)

أثر درجة الحرارة على معدل الاستهلاك

الحالة	الأولى	الثانية - المرحلة الثانية
النشاط	اعتيادي	حلقات
درجة الحرارة (^{o}C)	46.4	39.1
معدل الاستهلاك (ك و س)	293.7	202.5

أثر الأبواب على معدل استهلاك الكهرباء

من التجارب التي تمت على المسجد تثبيت درجة الحرارة على درجة 22.5 درجة مئوية وفتح جميع أبواب المسجد من الساعة 8 صباحا إلى الساعة 11 قبل الظهر، ومن الساعة 12.15 ظهرا إلى الساعة 2.15 ظهرا، أي بمعدل خمس ساعات لمدة ثلاثة أيام (13-2009/10/15) كما هو موضح فى الشكل (2) في المرحلة الثالثة من الحالة الثانية. أوضحت النتائج أن معدل الاستهلاك في الوضع الطبيعي للأبواب 194 (ك و س) يوم 12 أكتوبر، 196 (ك و س) يوم 16 أكتوبر، بينما قفز معدل الاستهلاك وازداد بنسبة تتراوح من 10% إلى 13% ليصل ما بين 216 - 226 (ك و س) في أثناء فتح الأبواب، وهذا مؤشر على أهمية مراعاة الأبواب لتقليل الفاقد والذي يحدث بسبب التسرب ودخول الهواء الخارجي إلى البناء، لذا يفضل أن تعمل الأبواب آليا عند الدخول والخروج.

أثر درجة حرارة الجو واستخدام التكييف على معدل الاستهلاك العام للمسجد

ينخفض معدل الحرارة بشكل كبير في فصل الشتاء إذ يتم فيه الاستغناء عن تشغيل التكييف المركزي، تم أخذ القراءات في الفترة ما بين 2009/12/1 إلى 2009/12/10 ومقارنتها مع معدل الاستهلاك لأول عشرة أيام من شهرى أغسطس ونوفمبر لرؤية أثر التكييف على إجمالي الاستهلاك وكانت القراءات كما هي موضحة في الجدول (7).

جدول رقم (7)

مقارنة بين معدل الاستهلاك للأيام العشر الأوائل من أشهر أغسطس، نوفمبر، ديسمبر

اليوم	أغسطس - 2009			نوفمبر - 2009			ديسمبر - 2009		
	درجة الحرارة (°C)	القراءة (ك و س)	الاستهلاك (ك و س)	درجة الحرارة (°C)	القراءة (ك و س)	الاستهلاك (ك و س)	درجة الحرارة (°C)	القراءة (ك و س)	الاستهلاك (ك و س)
1	45.3	240609		33	264434		20	269089	
2	45.4	240898	289	34	264647	213	20	269239	150
3	46.3	241195	297	34	264858	211	20	269386	147
4	47.9	241490	295	33	265035	177	21	269534	148
5	47.4	241794	304	32	265231	196	23	269685	151
6	47.6	242107	313	34	265428	197	24	269822	137
7	46.9	242420	313	34	265591	163	22	269965	143
8	48.4	242733	313	33	265760	169	20	270109	144
9	48.4	243049	316	32	265925	165	19	270255	146
10	47.5	243353	304	31	266058	133	17	270409	154
المتوسط	47.1		304.88	33		180.44	20.6		146.66

من خلال الجدول (7) يمكن ملاحظة أن متوسط معدل الاستهلاك في شهر ديسمبر قد قل بنسبة 51.8% عنه في شهر أغسطس والسبب يعود إلى انخفاض درجات

الحرارة وعدم استخدام التكييف وتزيد هذه النسبة في حال عدم استخدام التدفئة في المسجد وسخانات الماء في دورة المياه في فصل الشتاء، وهذا يعطي مؤشر على أثر استخدام التكييف ودرجات الحرارة المرتفعة في زيادة المعدل العام للاستهلاك، بينما بلغت نسبة النقص في شهر ديسمبر 18.7% مقارنة مع شهر نوفمبر، حيث أن التكييف خلال نوفمبر يعمل على حسب درجة حرارة المكان حيث أن منظم الحرارة مثبت على درجة 22.5 درجة مئوية.

أثر تظليل المكثف الخارجي للمكيف المركزي على معدل الاستهلاك

تم تظليل المكثف الخارجي لوحدة التكييف المركزي لمسجد المغيصيب لرؤية أثر التظليل على معدل الاستهلاك. وحيث أن الوقت الذي تم به تركيب التظليل للمكثف لم يكن من أوقات درجات الحرارة العظمى، فقد تم أخذ القراءات في صيف 2010 بوجود التظليل للمكثف ومقارنتها مع قراءات صيف 2009 في الفترة التي لم يظلل فيها المكثف وكانت النتائج كما هي موضحة في الجدول (8).

جدول رقم (8)

مقارنة معدل الاستهلاك لصيفي 2009 و 2010 بوجود تظليل المكثف

التاريخ	منظم الحرارة	النشاط		درجة الحرارة (مئوية)		الاستهلاك (ك و س)	
2009 2010	2009 2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
22 يوليو	برمجة	اعتيادي	حلقة قرآن	47.2	48		
23 يوليو	برمجة	اعتيادي	حلقة قرآن	47.6	47	313	304
24 يوليو	برمجة	اعتيادي	حلقة قرآن	47.8	48	273	295
25 يوليو	برمجة	اعتيادي	حلقة قرآن	46.9	47	274	288
26 يوليو	برمجة	اعتيادي	حلقة قرآن	46.1	47	284	291
27 يوليو	برمجة	اعتيادي	حلقة قرآن	46.6	45	327	299
28 يوليو	برمجة	اعتيادي	حلقة قرآن	46.7	47	331	304
29 يوليو	برمجة	اعتيادي	حلقة قرآن	46	47	329	304
30 يوليو	برمجة	اعتيادي	حلقة قرآن	43.6	47	276	245
31 يوليو	برمجة	اعتيادي	حلقة قرآن	45.3	46	276	290

تابع جدول رقم (8):

التاريخ	منظم الحرارة	النشاط		درجة الحرارة (مئوية)		الاستهلاك (ك و س)	
2009 2010	2009 2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
1 أغسطس	برمجة	اعتيادي	حلقة قرآن	45.3	47	275	279
2 أغسطس	برمجة	اعتيادي	حلقة قرآن	45.4	47	289	269
3 أغسطس	برمجة	اعتيادي	حلقة قرآن	46.3	48	297	260
4 أغسطس	برمجة	اعتيادي	حلقة قرآن	47.9	45	295	284
5 أغسطس	برمجة	اعتيادي	حلقة قرآن	47.4	45	304	267
6 أغسطس	برمجة	اعتيادي	حلقة قرآن	47.6	45	313	271
7 أغسطس	برمجة	اعتيادي	حلقة قرآن	46.9	46	313	260
8 أغسطس	برمجة	اعتيادي	حلقة قرآن	48.4	46	313	273
9 أغسطس	برمجة	اعتيادي	حلقة قرآن	48.4	47	316	278
المتوسط				46.6	46.7	299.88	281.167

من خلال الجدول (8) نجد أن الفترة التي تمت فيها المقارنة هي من تاريخ 7/22 إلى 8/9 لسنتي 2009 و 2010، وتم أخذ هذه الفترة كون أن متوسط درجات الحرارة لهذه الأيام لسنتي 2009 و 2010 متساويتين تقريبا ولم يدخل فيهما شهر رمضان. نلاحظ من خلال مقارنة متوسط الاستهلاك لصيفي 2009 و 2010 أن معدل الاستهلاك لصيف 2010 أقل منه في صيف 2009 بنسبة انخفاض 6%، مع العلم أن متوسط درجات الحرارة متساوية ومنظم الحرارة فى وضع البرمجة فى الحالتين، وكذا صيف 2010 يحتوي على نشاط في فترة العصر لم تكن موجودة في صيف 2009. والأمر الآخر أن منظم الحرارة في صيف 2009 للحرم والحوش ومصلى النساء كان في وضع البرمجة، بينما بسبب الخلل الذي أصاب منظم الحرارة التابع لمصلى النساء فقد تم استبداله بمنظم الحرارة العادي وضبطه على درجة 19 مئوية على مدار اليوم وخلال هذه الفترة، وبسبب هذين المتغيرين (النشاط + عمل أحد منظمات الحرارة بشكل مستمر) في صيف 2010 كان من المفترض والمنطق أن يرتفع معدل الاستهلاك، إلا أنه على حسب النتائج وجد أن معدل الاستهلاك في صيف 2010 أقل منه في صيف 2009. من هذه

المؤشرات يمكن أن نستخلص بأن هناك بعض الدلالات التي تشير إلى أثر التظليل في تقليل الاستهلاك وأن متوسط معدل الاستهلاك قد قل نسبيا.

أثر حمل الإضاءة على طن التبريد الكلي

قامت وزارة الكهرباء والماء بتحديد القيمة 30 (w/m^2) كحد أقصى للتصميم بالنسبة للإضاءة في المساجد، والجدول (9) يبين نوعية وكمية الإضاءة الحقيقية المستخدمة في مسجد المغيصيب (وزارة الأوقاف والشؤون الإسلامية، 2009).

جدول رقم (9)

كمية ونوعية الإضاءة المستخدمة في مسجد المغيصيب

نوعية الإضاءة	القدرة الكهربائية للمصباح (و س)	عدد المصابيح	مجموع القدرة (و س)
الفلوريسنت (الأنبوب)	18	160	2880
كومباكت فلوريسنت	25	196	4900
المجمـــــوع		356	7780

ومن الممكن للمهندس المختص بتوزيع الإضاءة أن يقلل من القيمة 30 (w/m^2) وذلك بتقليل استهلاك الإضاءة الكلى واعتبارها في التصميم من خلال استخدام الإضاءة الأكثر توفيرا. وبالتالي تقليل إجمالي أحمال التبريد ، فعلى سبيل المثال عندما تم عمل محاكاة لعملية التبريد باستخدام برنامج الهاب التابع لشركة كاريير، تم إدخال بيانات تقريبية جدا لبيانات المسجد المغيصب. ومن ثم تم فرض قيمة الإضاءة 30 (w/m^2) وهي القيمة القصوى. ووجد أن إجمالي أحمال التبريد يساوي 35.9، لكن عندما تم اعتبار واط الإضاءة الكلي الفعلي الموجود في المسجد (7780 واط) وتم إدخاله في البرنامج أصبح إجمالي أحمال التبريد 33.1 ، مما يعني أن إجمالي أحمال التبريد قل بنسبة 7.7% بسبب استخدام الإضاءة الموفرة للطاقة كما هو موضح في الجدول (10).

جدول رقم (10)

أثر تغيير قيمة واط الإضاءة على طن التكييف الكلي

نوعية المصباح	الرقم المعتبر في البرنامج	قيمته	حمل التبريد		نسبة الوفر (%)
			(TR)	Kw	
-	كود الوزارة	30 w/m^2	35.9	126.1	-
كومباكت وفلوريسنت	الفعلي	7780 واط	33.1	115.5	7.7

ولتحري أثر المصابيح الموفرة للطاقة تم افتراض استبدال مصابيح الفلوريسنت والمدمج بالمصابيح المتوهجة ذات القدرة (100 واط) في البرنامج، وجد أن حمل التكييف الإجمالي للمصابيح المتوهجة بلغ 154.1 كيلوواط بنسبة زيادة 22% عن كود الوزارة و32% عن المصابيح الموفرة للطاقة. كذلك يتبين أهمية اعتبار الرقم الفعلي للقدرة المقننة (بالواط) على الرقم المعتمد من قبل الوزارة بشرط ألا يتجاوز الواط الكلي رقم الوزارة المعتمد وذلك من أجل حسابات أحمال التكييف الفعلية وعدم تحميل المكان أحمال تكييف أكثر من المطلوب وبالتالي يعتبرهدراً في استهلاك الكهرباء. والجدول (11) يوضح الجدوى الاقتصادية لاستخدام مصابيح الإنارة الموفرة للطاقة مقارنة مع مصابيح الإنارة المتوهجة على افتراض عدم تبديل أي منهما خلال السنة.

جدول رقم (11)

مقارنة التكلفة المتوقعة من استخدام المصابيح المتوهجة والمصابيح الموفرة للطاقة

نوعية المصباح	المتوهجة	الموفرة للطاقة
عدد المصابيح	356	356
حمل التكييف الكلي (طن)	43.8	33.1
سعر المصباح (فلس)	100	500
القيمة السنوية لأسعار المصابيح (د ك)	35.6	178
سعر طن التكييف حسب مواصفات جدول الأسعار لوزارة الأوقاف (2009) (د ك)	290	
التكاليف السنوية الكلية (د ك)	12,737.6	9,777

من خلال المقارنة في الجدول (11) نجد أن التكلفة السنوية للمصابيح المتوهجة أقل بنسبة 80% عن تكلفة المصابيح الموفرة للطاقة حيث أن التكلفة السنوية لسعرالمصباح الموفر للطاقة أعلى من المصابيح المتوهجة بمقدار 142.4 دينار كويتي، بينما زادت تكلفة طن التكييف الكلي للمصابيح المتوهجة عن المصابيح الموفرة بنسبة 32%. لذا عند مقارنة التكاليف الكلية فإن المصابيح الموفرة للطاقة أقل تكلفة من المصابيح المتوهجة بمقدار 2960.6 دينارا كويتيا بنسبة 30.3% مما يشير إلى أهمية المصابيح الموفرة للطاقة في تقليل الحمل الكلي للتكييف وبالتالي تقليل التكلفة المادية.

مسجد الردهان

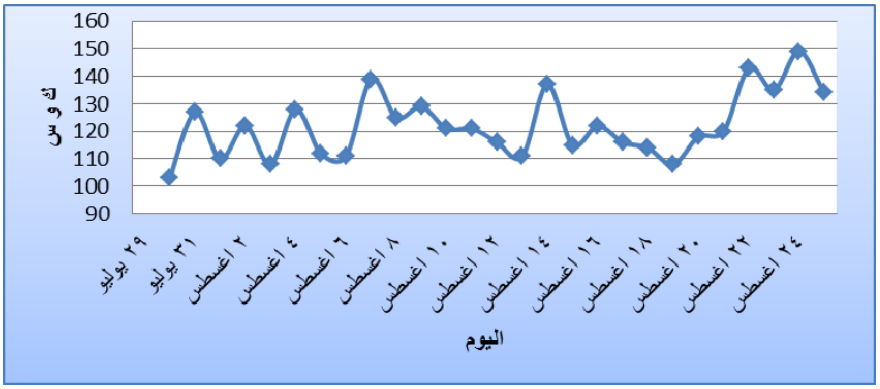
الحالة الأولى: برمجة منظم الحرارة القابل للبرمجة (Programmable thermostat)

تم أخذ القراءات في الحالة الأولى لهذا المسجد لمدة 28 يوما وضبط منظم الحرارة القابل للبرمجة على وضعية البرمجة التي أشرنا لها فى الحالة الأولى لمسجد بدرية المغيصب. تم أخذ القراءات كما هي موضحة في الشكل (3). بلغ متوسط الاستهلاك خلال هذه الفترة 122 (ك و س) عند متوسط درجة حرارة 46.3 درجة مئوية.

أثر عدد الأشخاص والنشاط الممارس على معدل استهلاك الكهرباء

يتضح لنا من خلال القراءة التحليلية للبيانات في الشكل (3) أن أقل معدل للاستهلاك قد بلغ 103 (ك و س) عند درجة حرارة 43.6 درجة مئوية يوم (2009/7/30)، بينما كان أعلى معدل للاستهلاك قد بلغ 149 (ك و س) عند درجة حرارة 48.4 درجة مئوية يوم (2009/8/24)، أي بنسبة زيادة في معدل الاستهلاك 44.7%، وهي كبيرة بالنسبة لعدد الأيام القليلة، ويرجع السبب بالدرجة الأولى إلى فرق درجة الحرارة ومن ثم النشاط القائم في المسجد والمرتبط بعدد الأشخاص والذي يؤثر على معدل الاستهلاك. يتميز مسجد الردهان كما أشرنا سابقا بوجود صلاة جمعة فيه على عكس المساجد الأخرى قيد الدراسة، وعند تتبع القراءات في الشكل (3) نجد أن معدل الاستهلاك في يوم الجمعة أكبر من غيره في باقي الأيام، فعلى سبيل

المثال نجد أن متوسط معدل الاستهلاك بلغ 132 (ك و س) في أيام الجمع من تاريخ 2009/8/1 إلى 2009/8/21 وكان متوسط درجة الحرارة لهذه الجمع 46.4 درجة مئوية، بينما وصل متوسط معدل الاستهلاك لنفس الفترة (2009/8/21-1) للأيام العادية ومن غير الجمع إلى 117 (ك و س) ومتوسط درجة حرارة 46.2 درجة مئوية كما هو موضح في الجدول(12).



شكل (3): معدل الاستهلاك اليومي لمسجد الردهان في الحالة الأولى

جدول رقم (12)

أثر النشاط الممارس (الجمعة) وعدد الأفراد على معدل الاستهلاك

الفترة	7، 14، 2009/8/21	2009/8/21-1
	أيام الجمع	من غير الجمع
النشاط	صلاة الجمعة	اعتيادي
درجة الحرارة (^{o}C)	46.4	46.2
معدل الاستهلاك (ك و س)	132	117

من خلال الجدول (12) نجد أن نسبة الزيادة في متوسط معدل الاستهلاك وصل إلى 12.8% عند ثبات متوسط درجة الحرارة وهذا يدل على أثر الزيادة في العدد والنشاط على معدل الاستهلاك. وتكرر الأمر كذلك عند دخول شهر رمضان الكريم، حيث أنه قبل رمضان لم يتجاوز متوسط معدل الاستهلاك للأيام العادية

كما أشرنا سابقا 117 (ك و س) عند 46.2 درجة مئوية بينما قفز متوسط معدل الاستهلاك للأيام العادية في رمضان (22 - 2009/8/25) ليصل إلى 140.25 (ك و س) بنسبة زيادة 16.5% عند متوسط درجة حرارة 47.7 درجة مئوية بفارق درجة ونصف مئوية زيادة عن الأيام العادية كما في الجدول (13).

جدول رقم (13)

أثر النشاط الممارس (رمضان) وعدد الأفراد على معدل الاستهلاك

الفترة	2009/8/21-1	2009/8/25-22
	من غير الجمع	رمضان
النشاط	اعتيادي	تراويح + زيادة مكث في المسجد
درجة الحرارة (^{o}C)	46.2	47.7
معدل الاستهلاك (ك و س)	117	140.25

عند مقارنة متوسط معدل الاستهلاك لأيام الجمع جدول (12) نجده أقل من متوسط معدل الاستهلاك لأيام رمضان جدول (13)، مع أن العدد في الجمعة غالبا ما يكون أكثر، والسبب في ذلك يرجع إلى الحماسة المتوقعة من الناس في بداية رمضان لارتياد المسجد والصلاة فيه، وزيادة فترة مكوث المصلين تكون أطول مع عدم إغفال الحركة الزائدة في التراويح من قيام وركوع وسجود وخروج الحرارة من الجسم بسبب عملية الهضم وحرق الأكسجين في الدم الحاصلة بعد الفطور وطرحه عن طريق الجلد. ينتج من ذلك أن نوعية النشاط الحاصل في المكان من قبل الأشخاص ولو كانوا قلة له تأثير أكبر في معدل الاستهلاك من عدد الأشخاص المرتادين للمكان. الجدول (14) يبين الزيادة في متوسط الاستهلاك للفترة من 1 /8 - 8/18 لسنتي 2009 و 2010 حيث يتضح من الجدول أن متوسط الاستهلاك في 2009 أقل منه في 2010 بنسبة 18% وذلك بسبب دخول رمضان في صيف 2010 أثناء هذه الفترة مما يعني زيادة النشاط وأيضا عدد الأفراد داخل المسجد.

جدول رقم (14)

مقارنة بين متوسط الاستهلاك في صيفي 2009 و2010

الفترة	وضع منظم الحرارة	متوسط درجة الحرارة (^oC)		متوسط الاستهلاك (ك و س)	
		2009	2010	2009	2010
2009/8/18 – 2009/8/1 2010/8/18 – 2010/8/1	برمجة	46.4	45.9	119.8	146.2

الحالة الثانية

استغرق أخذ القراءات لهذا المسجد مدة 72 يوم، وتم تقسيم الحالة الثانية لخمسة مراحل، حيث تم تثبيت منظم الحرارة القابل للبرمجة على درجة 22 درجة مئوية من الفترة 8/26 - 2009/9/25 تخللها شهر رمضان، ثم تم برمجة المنظم من الفترة 9/26 -2009/10/2 على نفس برمجة الحالة الأولى، وفي هذه الحالات كانت هناك إحدى مكائن التكييف خارجة عن نطاق العمل، ثم أعيد تصليحها وعمل صيانة لجميع وحدات العمل وأعيد تثبيت درجة حرارة منظم الحرارة على درجة 22 مئوية من الفترة 10/3 - 2009/10/12، وتم زيادة المنظم درجة مئوية واحدة ليصل إلى 23 درجة مئوية من الفترة 10/13 - 2009/10/21، وأخيرا تم تثبيت المبرمج على درجة 24 درجة مئوية من الفترة 10/22 - 2009/11/6 مع ملاحظة وجود أنشطة خاصة بالوزارة داخل المسجد خلال هذه الفترة.

مقارنة الحالة الأولى مع المرحلة الأولى من الحالة الثانية

بقراءة تحليلية لنتائج الجدول (15)، نجد أن متوسط معدل الاستهلاك في المرحلة الأولى من الحالة الثانية عند تثبيت منظم الحرارة على درجة 22 درجة مئوية قد بلغ 135 (ك و س) عند متوسط 44.1 درجة مئوية بمعدل زيادة 10.7% عن الحالة الأولى عند وجود البرمجة، حيث كان متوسط معدل الاستهلاك 122 (ك و س) بمتوسط 46.3 درجة مئوية، بما يؤكد أن للمبرمج أثر في تخفيض الاستهلاك مع أن الحالة الأولى

أكبر في متوسط درجة الحرارة وأقل نشاطا كما هو موضح في الجدول (15). يمكن استنتاج أنه في حالة تساوي درجات الحرارة فإن نسبة الخفض في الاستهلاك أكبر بكثير عند استخدام منظم الحرارة المبرمج.

جدول رقم (15)

مقارنة بين متوسط معدل الاستهلاك في وضع البرمجة وثبات الحرارة لمسجد الردهان

الحالة	الأولى 2009/8/25 - 7/29	الثانية - مرحلة أولى 2009/9/25 - 8/26
النشاط	(19) اعتيادي + (4) جمع (4) تراويح	(4) اعتيادي + (27) نشاط متداخل تراويح - تهجد - جمع - عيد
وضع الثرموستات	برمجة	ثابت 22
درجة الحرارة (^oC)	46.3	44.1
معدل الاستهلاك (ك و س)	122	135.1

مقارنة تأثير الحرارة في فترة من الحالة الأولى مع المرحلة الثانية من الحالة الثانية:

يوضح الجدول (16) أثر درجة الحرارة في حال البرمجة على معدل الاستهلاك عند مقارنة متوسط معدل الاستهلاك للحالة الأولى للفترة 1-2009/8/7 مع متوسط معدل الاستهلاك للحالة الثانية في المرحلة الثانية، حيث قل معدل الاستهلاك بنسبة 25.5% والسبب يعود لانخفاض درجة الحرارة في الحالة الثانية – المرحلة الثانية.

جدول رقم (16)

أثر التغير في درجة الحرارة على معدل الاستهلاك لمسجد الردهان

الحالة	الحالة الأولى 2009/8/7-1	الحالة الثانية – مرحلة ثانية 2009/10/2 - 9/26
النشاط	اعتيادي + جمعة	اعتيادي + جمعة
وضع الثرموستات	برمجة	برمجة
درجة الحرارة (^oC)	46.3	39.1
معدل الاستهلاك (ك و س)	122	90.8

أثر التغيير في درجات حرارة المنظم على معدل الاستهلاك

يوضح الجدول (17) مقارنة بين معدل الاستهلاك في حال تغيير منظم الحرارة درجة مئوية واحدة. يتضح من الجدول أن هناك تقاربا في متوسط درجات الحرارة بين المراحل الثلاثة الأخيرة من الحالة الثانية، وخاصة بين المرحلة الثالثة والرابعة. يتبين من خلال المقارنة أن متوسط معدل الاستهلاك للمرحلة الرابعة قل بنسبة 17% عنه في المرحلة الثالثة، وهذا مؤشر على أثر اختلاف الدرجة الواحدة للمنظم في رفع معدل الاستهلاك بالنسبة لحالة مسجد الردهان. عند مقارنة المرحلة الرابعة مع الخامسة نجد أن معدل الاستهلاك تقريبا متساوي، مع وجود اختلاف في درجة حرارة المنظم درجة مئوية واحدة ووجود اختلاف بمتوسط درجة الحرارة. يمكن تفسير هذا الأمر بوجود نشاط من قبل الوزارة لمرتادي المسجد في المرحلة الخامسة وعدم وجود مثل هذا النشاط في الفترة الرابعة مما يؤدي إلى زيادة فتح وغلق الأبواب وبالتالي زيادة التسريب ومن ثم زيادة معدل الاستهلاك.

جدول رقم (17)

مقارنة بين معدل الاستهلاك في حال تغيير منظم الحرارة درجة مئوية واحدة

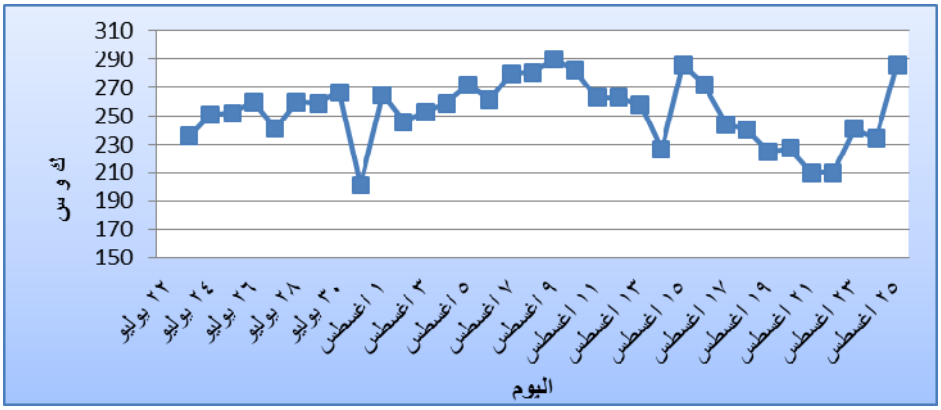
	المرحلة الثالثة	المرحلة الرابعة	المرحلة الخامسة
	10/11-5	10/19-13	10/28-22
الثرموستات	ثابت 22	ثابت 23	ثابت 24
متوسط الحرارة (^oC)	39	38.7	34.2
معدل الاستهلاك (ك و س)	219	181.1	181.7

مسجد العريفان

الحالة الأولى: برمجة منظم الحرارة القابل للبرمجة (Programmable thermostat)

يعتبر مسجد العريفان من المساجد الكبيرة والجديدة مقارنة مع مسجد المغيصيب والردهان. تم جمع القراءات على مدار 35 يوم وكانت القراءات كما هي موضحة في الشكل (4). من خلال تحليل النتائج يتبين أن متوسط معدل الاستهلاك اليومي في حال برمجة منظم الحرارة القابل للبرمجة هو 252.97 (ك و س) وبمتوسط درجة حرارة 45.1

درجة مئوية. بلغ أعلى معدل للاستهلاك 290 (ك و س)، وبلغ أقل معدل للاستهلاك 201 (ك و س) خلال هذه الفترة.



شكل (4): معدل الاستهلاك اليومي لمسجد العريفان – الحالة الأولى

والملاحظ في هذه الحالة أن متوسط معدل الاستهلاك في بداية رمضان (2009/8/25-23) لم يتجاوز أعلى معدل للاستهلاك مقارنة مع بعض الأيام العادية قبل رمضان (2009/8/10-8) مع أن درجة الحرارة متقاربة نوعا ما كما هو واضح في الجدول (18)، حيث من المتوقع أن يزداد معدل الاستهلاك بسبب نشاط رمضان، لكن الواقع هو أن عدد المصلين يعتبر شبه ثابت، حيث أن هذا المسجد قد أنشئ حديثا وأن كثيرا من الناس لم يسكنوا بعد، لذلك فإن النشاط القائم بالمسجد يكون متماثلا في أغلب الأيام وليس لنشاط رمضان تأثير يذكر في مثل هذه الحالة. من ناحية أخرى فإن تأثير ارتفاع درجة حرارة الجو مع معدل استهلاك الطاقة واضح جدا، فبالرغم من انخفاض درجة الحرارة بمقدار 0.3 درجة فقط، إلا أن ذلك أدى إلى انخفاض الاستهلاك بمقدار 30.7 (ك و س) أي بنسبة 10.8%.

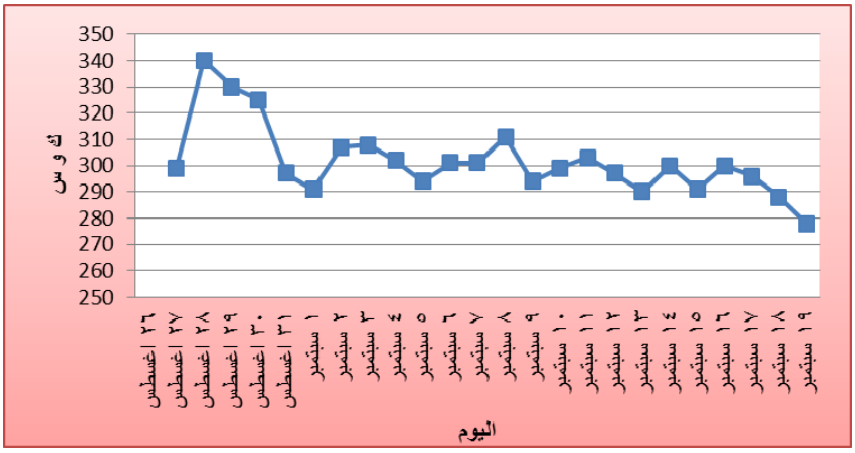
جدول رقم (18)

مقارنة معدل الاستهلاك لمسجد العريفان في الحالة الأولى

الأيام	2009/8/10-8	2009/8/25-23
النشاط	اعتيادي	رمضان
وضع الثرموستات	برمجة	برمجة
درجة الحرارة (^{o}C)	48.1	47.8
معدل الاستهلاك (ك و س)	284.3	253.6

الحالة الثانية: أثر درجة حرارة الجو وتثبيت المنظم على معدل الاستهلاك

تم تثبيت درجة حرارة المنظم على درجة 20 مئوية وكان معدل الاستهلاك اليومى كما هو موضح فى الشكل (5). في هذه الحالة وعند تثبيت برمجة منظم الحرارة وعند درجة حرارة 42.7 درجة مئوية نجد أن متوسط معدل الاستهلاك اليومي هو 301.75 (ك و س) بزيادة في معدل الاستهلاك عن الحالة الأولى بمقدار 19.2%، مع أن درجة الحرارة في الحالة الأولى أكبر منها في الحالة الثانية، وفي هذه الحالة وجد أن أقل معدل للاستهلاك قد بلغ 278 (ك و س)، بينما بلغ أعلى معدل للاستهلاك 340 (ك و س).



شكل(5): معدل الاستهلاك اليومي لمسجد العريفان – الحالة 2

الحالة الثالثة: أثر النوافذ على معدل الاستهلاك

تم في هذه الحالة تثبيت منظم الحرارة على درجة 23 درجة مئوية، وتم فتح نوافذ المسجد لمدة خمس ساعات موزعة قبل الظهر وبعده خلال أربعة أيام وذلك من أجل رؤية أثر النوافذ على معدل الاستهلاك للمسجد. في قراءة تحليلية لجدول (19) نلاحظ أن الاستهلاك في الوضع الطبيعي يتراوح بين 117 (ك و س) في يوم 23-2009/10/24 و124 (ك و س) في يوم (2009/10/18)، بينما تراوح معدل الاستهلاك في حال فتح النوافذ بين 145 (ك و س) في يوم 2009/10/22 و186 (ك و س) في 2009/10/20، وبمقارنة متوسط الاستهلاك ومتوسط درجة الحرارة نجد أن نسبة الزيادة وصلت إلى 34.7% بسبب فتح النوافذ. ومن خلال المقارنة يتضح لنا أهمية إغلاق النوافذ وأثر ذلك على تقليل الاستهلاك، ففي بعض الأحيان يلاحظ قيام بعض الأفراد بفتح النوافذ بالرغم من أن أجهزة التكييف تعمل، والضرر في ذلك دخول كميات من الهواء الساخن إلى الداخل مما يؤدي إلى زيادة الأحمال التبريدية وبالتالي زيادة استهلاك الكهرباء. ويزداد هذا التأثير في حالة وجود رياح والتي تساعد على دخول كميات أكبر من الهواء الساخن إلى الداخل.

جدول رقم (19)

أثر النوافذ على معدل الاستهلاك في مسجد العريفان

الأيام	18، 23، 24 /2009/10	19-2009/10/22
النشاط	اعتيادي	فتح النوافذ
وضع الثرموستات	ثابت 23	ثابت 23
متوسط درجة الحرارة (^oC)	35.5	37.3
متوسط معدل الاستهلاك (ك و س)	119.3	160.7

مقارنة معدل الاستهلاك بين المساجد الثلاثة

للمقارنة بين معدل الاستهلاك للمساجد الثلاثة محل الدراسة تم اختيار الفترة من 2009/7/30 إلى 2009/8/19، حيث أن منظم الحرارة في وضع البرمجة كما هو موضح في الجدول (20).

جدول رقم (20)

مقارنة معدل الاستهلاك بين المساجد الثلاثة

التاريخ الميلادي	التاريخ الهجري	اليوم	النشاط	قراءة عداد الكهرباء (ك و س)			درجة الحرارة(^{o}C)
				العريفان	المغيصيب	الردهان	
30	8	الخميس	اعتيادي	267	276	103	43.6
31	9	الجمعة	صلاة جمعة	201	276	127	45.3
1 أغسطس	10	السبت	اعتيادي	265	275	110	45.3
2	11	الأحد	اعتيادي	246	289	122	45.4
3	12	الاثنين	اعتيادي	253	297	108	46.3
4	13	الثلاثاء	اعتيادي	259	295	128	47.9
5	14	الأربعاء	اعتيادي	272	304	112	47.4
6	15	الخميس	اعتيادي	261	313	111	47.6
7	16	الجمعة	صلاة جمعة	280	313	139	46.9
8	17	السبت	اعتيادي	281	313	125	48.4
9	18	الأحد	اعتيادي	290	316	129	48.4
10	19	الاثنين	اعتيادي	282	304	121	47.5
11	20	الثلاثاء	اعتيادي	263	303	121	44.9
12	21	الأربعاء	اعتيادي	263	291	116	44.8
13	22	الخميس	اعتيادي	258	279	111	45.8
14	23	الجمعة	صلاة جمعة	226	270	137	47
15	24	السبت	اعتيادي	286	290	115	45.5
16	25	الأحد	اعتيادي	272	282	122	46
17	26	الاثنين	اعتيادي	244	278	116	45.8
18	27	الثلاثاء	اعتيادي	240	260	114	45.7
19	28	الأربعاء	اعتيادي	225	254	108	44.7
المتوسط				258.7	289.4	118.8	46.2
طن التبريد الفعلي				86	43	29	
طن التبريد / م2				0.074	0.08	0.08	
متوسط الاستهلاك بالنسبة للمساحة (ك وس/ م2)				0.22	0.56	0.35	

من خلال الجدول (20) يمكن ملاحظة ما يلي:

- متوسط معدل الاستهلاك أصغر ما يكون في مسجد الردهان (118.8 ك و س) مقارنة مع مسجدي المغيصيب (289.4 ك و س) والعريفان (258.7 ك و س) واللذان يكبرانه في المساحة وأحمال التبريد وهذا أمر طبيعي.
- بقسمة طن التبريد الإجمالي على مساحة المسجد نجد أن طن التبريد للمتر المربع متساوية لمسجدي المغيصيب والردهان (0.08 طن تبريد/م2)، بينما تبلغ (0.074 طن تبريد/م2) بالنسبة لمسجد العريفان، ويلاحظ أن متوسط معدل الاستهلاك لمسجد المغيصيب (289.4 ك و س) أكبر منه في مسجد الردهان بنسبة 58.9%، مع أن مسجد الردهان فيه نشاط أكثر من النشاط الموجود في مسجد المغيصيب، يعود ذلك لاختلاف المساحة واختلاف الطن التبريدي حيث تعتبر مساحة وطن التبريد لمسجد المغيصيب أكبر منه من مسجد الردهان.
- عند المقارنة بين مسجدي المغيصيب والعريفان نجد أن متوسط معدل الاستهلاك لمسجد المغيصيب يزيد بنسبة 10% عن متوسط معدل الاستهلاك لمسجد العريفان، مع أن مساحة مسجد العريفان وطن التبريد تعتبر ضعف مسجد المغيصيب وأيضا عدد النوافذ في مسجد العريفان أكثر منه في مسجد المغيصيب.
- عند مقارنة متوسط استهلاك كل مسجد بالنسبة لمساحته كما هو موضح في الجدول (20) نجد أن (ك و س/م2) للمغيصيب هو الأعلى ويليه الردهان ثم العريفان.

يتضح من النتائج أن هناك زيادة فى الإستهلاك في مسجدي المغيصيب والردهان مقارنة مع مسجد العريفان، حيث يرجع هذا إلى عدة عوامل منها قدم التصميم الإنشائي والعمر التاريخي لمسجدي الردهان والمغيصيب مقارنة مع مسجد العريفان. كذلك زيادة معامل كفاءة الطاقة للتكييف (EER) لمسجد العريفان بسبب حداثته وقلة سنوات التشغيل (2009) مقارنة مع مسجدي المغيصيب (2004) والردهان (1986) كما هو موضح في الجدول (1). كذلك يمكن اعتبار معدل التسرب الحاصل للهواء

في مسجد المغيصيب أحد الأسباب الرئيسية في زيادة معدل الاستهلاك خاصة إذا علمنا أن أبواب الخروج في مسجد المغيصيب معرضة مباشرة للبيئة الخارجية على عكس مسجد العريفان والردهان والذي تم فيه وضع باب ثاني خارجي مما يتيح تشكيل حيز يقلل من الفاقد .كما تجدر الإشارة إلى وجود عوامل أخرى تؤدي إلى تقليل معدل الاستهلاك بالنسبة للمساحة في مسجد العريفان مقارنة بالمسجدين الآخرين، منها النشاط الأكثر الحاصل في مسجدى المغيصب والردهان والمتمثل بصلاة الجمعة وعدم وجودها في مسجد العريفان، وأيضا قلة تشغيل الإضاءة في الحرم الداخلي لمسجد العريفان وذلك بسبب الصلاة في الحرم الخارجي (الحوش).

الخلاصة والتوصيات:

يتضح من خلال البحث أهمية عملية الترشيد على تقليل حمل التبريد للمساجد من خلال إتباع الطرق المختلفة للترشيد سواء في المباني القائمة أو المباني قيد الإنشاء والترميم، ومن خلال الدراسة التطبيقية تبين الآتي:

- أن أكثر عناصر الاستهلاك في المساجد القائمة هي أجهزة التبريد ومن ثم نوعية الإضاءة، حيث بينت الدراسة الميدانية أن متوسط معدل الاستهلاك في شهر ديسمبر قل بنسبة 51% عنه في شهر أغسطس بسبب استعمال أجهزة التكييف.
- أن تقنية منظم الحرارة القابل للبرمجة مناسبة لطبيعة المساجد التي تعمل على فترات محددة ومعلومة، لذا يمكن توسعة دائرة التطبيق لتشمل الأماكن التي تستخدم في فترات محددة كالوزارات والمدارس، حيث بينت الدراسة التطبيقية أن لمنظم الحرارة القابل للبرمجة القدرة على خفض الاستهلاك بنسبة قد تصل إلى 10%.
- أن هناك تناسبا طرديا بين ارتفاع درجة الحرارة وزيادة معدل الاستهلاك، حيث وجد أن نسبة الزيادة لمتوسط معدل الاستهلاك بلغ 45% عندما ارتفعت درجة الحرارة بنسبة 18.6% كما تم توضيحه في الجدول (6) وأن تأثير ارتفاع حرارة الجو أكثر تأثيرا من النشاط الحاصل على معدل الاستهلاك.

- هناك تناسبا طرديا بين النشاط الحاصل بمسجد الردهان وزيادة معدل استهلاك الكهرباء، بلغت نسبة الزيادة في متوسط معدل الاستهلاك بسبب صلاة الجمعة 12.8% عند مقارنتها مع مجموعة من الأيام العادية.
- إن تظليل المكثف الخارجي لأجهزة التكييف المركزية يؤدي إلى تقليل الأشعة الساقطة والمباشرة عليه وبالتالي تقليل حمل التبريد الإجمالي بنسبة تصل إلى 6%.

المراجع

الإسكوا. 2002. ترشيد استهلاك الطاقة في قطاع الأبنية. مؤتمر القمة العالمي للتنمية المستدامة (8/26- 2002/9/4)، اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، الأمم المتحدة، جوهانسبرغ.

الأشول، نجيب. 2008. تصميم النوافذ في المباني الإدارية مع مراعاة ترشيد إستهلاك الطاقة الكهربائية من خلال الدمج بين الانارة الطبيعية و الصناعية في المباني الإدارية. رسالة ماجستير، جامعة الملك فهد للبترول والمعادن، الظهران، المملكة العربية السعودية.

الحمدي، ناصر بن عبد الرحمن. 2004. استراتيجيات ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية في مباني المساجد. دراسة تحليلية لمساجد مدينة الرياض ومسجد الرحمانية بمدينة سكاكا، مجلة جامعة الملك سعود، م17، العمارة والتخطيط (1)، ص177- 209، الرياض، المملكة العربية السعودية.

الخرساني، سعيد. 2003. التدفئة، التهوية، تكييف الهواء. دار دمشق للطباعة والنشر والتوزيع، دمشق، سوريا.

العجمي، عبد الله. 2004. تقويم البدائل التكنولوجية لإدارة الطلب على الطاقة الكهربائية في القطاع الحكومي بدولة الكويت. رسالة ماجستير، برنامج إدارة التقنية، جامعة الخليج العربي، مملكة البحرين.

المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني. 2001. تطبيقات الحاسب الآلي في التبريد والتكييف. الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، المملكة العربية السعودية.

عبده، سعيد. 1999. جغرافية الطاقة: مفهومها، مجالها، ومناهجها. المجلةالجغرافية العربية، العدد 34، الجزءالثاني، الجمعية الجغرافية المصرية، مصر.

قطاع المساجد. 2009. أعمال الترميم والإنشاءات الصغيرة بمواقع مختلفة لمساجد محافظة الأحمدي (المنطقة الأولى) بوزارة الأوقاف والشؤون الإسلامية. المستند 3، جدول الأسعار، رقم المناقصة أ.ف. 17– 2009/2008، وزارة الأوقاف والشؤون الإسلامية، الكويت.

قطاع المساجد. 2009. أعمال الترميم والإنشاءات الصغيرة بمواقع مختلفة لمساجد محافظة الأحمدي (المنطقة الأولى) بوزارة الأوقاف والشؤون الإسلامية. المستند 3، الشروط الفنية، رقم المناقصة أ.ف. 17 – 2008 / 2009، وزارة الأوقاف والشؤون الإسلامية، الكويت.

مخطط بناء دورة مياه جديدة وسكن إمام لمسجد الردهان. 1994. قسم الأرشيف، إدارة الشؤون الهندسية، قطاع المساجد، وزارة الأوقاف والشؤون الإسلامية، الكويت.

مخطط مسجد بدرية المغيصيب. 2005. قسم الأرشيف، إدارة الشؤون الهندسية، قطاع المساجد، وزارة الأوقاف والشؤون الإسلامية، الكويت.

مخطط مسجد عبد العزيز العريفان. 2008. قسم الأرشيف، إدارة الشؤون الهندسية، قطاع المساجد، وزارة الأوقاف والشؤون الإسلامية، الكويت.

معلومات مناخية. 2008. مراقبة المناخ. إدارة الأرصاد الجوية، الإدارة العامة للطيران المدني، الكويت.

معلومات مناخية. يناير- سبتمبر 2009. مراقبة المناخ. إدارة الأرصاد الجوية، الإدارة العامة للطيران المدني، الكويت.

مهنا، مقداد وأبو الخير، محمد هاشم. 2008. اقتصاد الطاقة. منتدى المهندسين العرب.

وزارة الأوقاف والشؤون الإسلامية، الكويت. 2008. إدارة الشؤون الهندسية، قطاع المساجد، فواتير الكهرباء والماء للمساجد 2004-2008.

ونوس، يوسف عبدو. 2004. المرجع الكامل في تدفئة وتكييف المباني. شعاع للنشر والعلوم، حلب، سوريا.

إدارة الأرصاد الجوية الكويتية (www.met.gov.kw, Access on 20/8/2010).

الإدارة العامة للطيران المدني – الكويت (www.kuwait-airport.com.kw, Access on 15/8/2010).

وزارة الأوقاف والشؤون الإسلامية – الكويت. www.islam.gov.kw, Access on (5/6/2009).

وزارة الكهرباء والماء – الكويت (www.energy.gov.kw, Access on 8/7/2010).

Akbari, H. 2003. World Energy Outlook and Potential of energy Efficiency. Energy Conservation in building Workshop, Kuwait, December 2003.

Akbari, H. 2002. Shade trees reduce building energy use and CO2 emissions from power plant. Environmental pollution, 116(1):119-126.

Alanzi, A., Seo, D. and Krarti, M. 2009. Impact of building shape on thermal performance of office building in Kuwait. Energy Conversion and Management, 50(3): 822-828.

Al-Homoud, M. S., Abdou, A. A. and Budaiwi, I. M. 2009. Assessment of monitored energy use and thermal comfort condition in mosques in hot-humid climates. Energy and Building, ENB-2558.

Al-Homoud, M. S., Abdou, A. A. and Budaiwi, I. M. 2005. Mosque Energy Performance, Part1: Energy audit and use trends based on the analysis of utility billing data. JKAU: Eng. Sci., 16(1): 165-184, Dhahran, Saudi Arabia.

Ihm, P., Nemri, A. and Krarti, M. 2009. Estimation of lighting energy saving from day lighting, Building and Environment. 44(3): 509-514.

Joseph, C. Lam, Tsang, C.L. and Liu Yang. 2006. Impact of lighting density on heating and cooling loads in different climates in China. Energy Conversion and Management, 47(13-14): 1942 –1953.

Maheshwari, G., Al-Taqi, H., Al-Murad, R. and Suri, R. 2001. Programmable thermostat for energy saving. Energy and Building, 33(7): 667-672.

Ministry of electricity and water. 2009. Energy conservation program. General guide for the application of thermal insulation in buildings, MEW R-5, second edition.

Assessing the Methods of Rationalize Electrical Energy in the Mosques in the State of Kuwait

Khaled A. Al-Kandari[(1)], Mansour E. Abou-Gamila[(2)] and Ahmed Y. Abdulla[(3)]

(1) Mosques Sector, Ministry of Awqaf and Islamic Affairs, Mubarak Al-Kabeer Province, Kuwait
(2) Technology Management Program, College of Graduate Studies, Arabian Gulf University, Manama, Kingdom of Bahrain
(3) Departemet of Mechanical engineering, College of Engineering, Bahrain University, Manama, Kingdom of Bahrain

Abstract

The energy crisis, specifically electricity consumption, is a crisis that plagues the world in general and Kuwait in particular. Under industrial development and urbanization, more energy has become a demand. With the low price of kilowatt hours (2 fils) for individuals and government organisations, compared with the actual cost (40 fils), plus the lack of awareness and carelessness of many consumers, the rate of consumption reaches its peak on many summer days. This research came about as a possible solution to this problem. Three mosques were selected as a sample to find the best way to conserve energy since these mosques are located in separate areas of Kuwait and operate simultaneously. The results showed the severe impact of the increase in temperature, as well as activity exerted on the rate of energy consumption within mosques. Also, the increase of energy efficiency of air conditioning systems, leads to reduce energy consumption. This study found a solution to reduce cooling load up to 10% by installing programmable thermostat technology, as it is known that the largest consumption of electric energy at the study mosques is air conditioning, at 51%. The study also showed that replacing incandescent bulbs with energy-saving bulbs, closing doors and windows and shading external condensers will reduce cooling load by 32%, 34.7% and by 6% respectively. The study recommends to use the advanced technologies, methods and organizational measures to conserve energy, thus reducing global warming and pollution.

Key Words: Air conditioning system, Cooling load, Programmable Thermostat, Rationalization of electricity Consumption.