مجلة جامعة الملك عبدالعزيز : العلوم الهندسية ، م١١، ع٢ ، ص ص ٣ - ٢٠ (١٤١٩هـ/ ١٩٩٩م)

تقسيمات الطاقة الكهربائية في المباني السكنية السعودية

سعيد عبدالرحيم سعيد

استاذ مشارك ، كلية الهندسة ، جامعة البحرين

مدينة عيسى - البحرين

المستخلص . لاشك أن ترشيد استهلاك الطاقة صار من أولويات السياسة العامة للمملكة العربية السعودية ، فقد دلت الإحصاءات على أن المباني في المملكة العربية السعودية تستهلك أكثر من ٥٠٪ من جملة الطاقة الكهربائية التي يتم توليدها . لقد أدى توفر الكهرباء وانخفاض تكلفتها بالنسبة لدخل السكان بالمملكة إلى الإعتماد عليها وبشكل أساسي خاصةً في مجالات التحكم في المناخ الداخلي (للتبريد والتدفئة)، والإضاءة وتسخين الماء . إن تحديد معدلات استهلاك الكهرباء في الأنشطة المختلفة قد يساعد العاملين والمسئولين في القطاعين العام والخاص ، والمهندسين من جميع التخصصات ، والمستعملين للمباني السكنية في وضع اللوائح والقوانين ، والأسس والمعالجات التي من شأنها أن تؤدي إلى ترشيد الاستهلاك .

إعتمدت الدراسة على عنصرين هما :

١- جمع وتصنيف وتحليل المعلومات التي تعكس نمط استعمال الأجهزة والمعدات داخل الوحدات السكنية بواسطة الساكنين ، وذلك من أجل تقدير استهلاك الكهرباء بواسطة المعدات والأجهزة المنزلية المختلفة .

٢- تصنيف وتحليل المعدلات الفعلية لاستهلاك الكهرباء لجميع

الوحدات السكنية بمجمع إسكان جامعة الملك سعود بالدرعية والبالغ عددها ٤٦١ وحدة سكنية . وكذلك دراسة العلاقة بين التباين في درجات الحرارة ومعدلات استهلاك الكهرباء .

ومن أهم نتائج الدراسة :

١- أن معدلات استهلاك الكهرباء بواسطة الوحدات السكنية بمدينة الرياض تُعتبر عالية جداً بالمقارنة لمعدلات الاستهلاك للوحدات السكنية المماثلة في كلٍ من أستراليا والمملكة المتحدة والولايات المتحدة الأمريكية .

٢- أن الإضاءة الاصطناعية تستهلك كميات كبيرة من الكهرباء مقارنةَ ببعض الدول الغربية وأستراليا على الرغم من الإمكانات الهائلة والمتوفرة للاستفادة من الإضاءة الطبيعية بمدينة الرياض .

٣- أن معدلات استهلاك الكهرباء بواسطة أجهزة التكييف من أ جل التبريد تأتي في المرتبة الأولى ، يليها استهلاك الثلاجات ، ثم الإضاءة ، ثم غسل وتجفيف وكي الملابس .

١ - المقدمـــــة

توصل الخبراء في السنوات الأخيرة إلى قناعة تامة بالنقص الحاد الذي تواجهه البشرية فيما يختص بمخزون الطاقة . وتقع على العلماء والباحثين والعاملين في مجال الطاقة مسئولية البحث عن إيجاد الوسائل الفعّالة التي تساعد في ترشيد الاستهلاك ، وكذلك إيجاد المصادر البديلة لإنتاج الطاقة . ونتيجةً للزيادة في عدد السكان يتضاعف معدل استهلاك الطاقة في العالم كل ١٤ سنة . وقد أثبتت الدراسات أن أكثر من ٥٠٪ من الطاقة المستهلكة في قطاع المباني في المملكة المتحدة يتم استهلاكها بواسطة المباني السكنية ، ومن جملة الطاقة المستهلكة بواسطة المباني السكنية فإن ٦٤٪ من هذه الطاقة يتم استهلاكها للتدفئة ، و١٦٪ لتسخين الماء ، و١١٪ لطبخ الطعام ، و٣٪ للإضاءة والتلفار ، و٢٪ للثلاجات ، و٤٪ للأغراض الأخرى[١] . كذلك أثبتت الدراسات الخاصة بالمباني السكنية في الولايات المتحدة الأمريكية أن ٥٧٪ من جملة الطاقة يتم

استهلاكها للتدفئة ، ٠ , ٤٪ للتبريد ، ١٥٪ لتسخين الماء ، و٦٪ يتم استهلاكها بواسطة ثلاجات حفظ الطعام ، و٣٪ بواسطة الإضاءة ، و٥٪ لطبخ الطعام ، و١٠٪ للأنشطة الأخرى[٢،٣] . أما بالنسبة للمملكة العربية السعودية ، فقد دلت الإحصاءات الخاصة بالشركة السعودية الموحدة لكهرباء المنطقة الوسطى أن ٦ , ٦٠٪ من إجمالي الطاقة الكهربائية تستهلكها المباني السكنية ، و٦ , ٢٩٪ يتم استهلاكها بواسطة القطاع العام ، و٧ , ٤٪ يتم استهلاكها بواسطة القطاع الصناعي ، و٠ , ٣٪ يتم استهلاكها بواسطة القطاع التجاري ، و ١ , ٢٪ يتم استهلاكها بواسطة القطاع الزراعي[١] . وقد دلت الدراسات التي قامت بها وزارة الصناعة والكهرباء عام ١٩٨٨م على أن ٥٩٪ من الطاقة التي تم إنتاجها في المنطقة الوسطى تم استهلاكها بواسطة المباني السكنية ، و٦ , ٢٪ تم استهلاكها بواسطة المرافق التجارية ، و٤ , ٤٪ تم استهلاكها بواسطة القطاع الصناعي ، و٨ , ٢٪ تم استهلاكها بواسطة القطاع الزراعي ، و٤ , ٢٩٪ تم استهلاكها بواسطة القطاع الحكومي و٨ , ١٪ تم استهلاكها بواسطة القطاع الصحي[٤] . ولاشك أن هذه الدراسات والإحصاءات تعكس المعدلات العالية من الطاقة التي يستهلكها القطاع السكني .

إن تحديد معدلات استهلاك الكهرباء بواسطة الأجهزة الكهربائية المختلفة داخل المباني السكنية قد يساعد في وضع الأولويات والأسس العلمية التي من شأنها أن تؤدي إلى ترشيد الاستهلاك . ويتطلب ترشيد استهلاك الكهرباء تضافر جهود كل العاملين في مجال الطاقة ، والمسؤلين في القطاع العام من خلال وضع اللوائح وتوعية المستهلكين ، والعاملين في القطاع الخاص من خلال تطوير صناعة مواد البناء والمعدات والأجهزة الكهربائية ، والمعماريين من خلال التصميم المعماري المدروس الذي يأخذ في الإعتبار خصائص مناخ الموقع ويستفيد من التقنية الحديثة وتكاملها مع التصميم.

٢- النمـــاذج المختـــارة

تم إختيار الوحدات السكنية المنفصلة والخاصة بأعضاء هيئة التدريس بجامعة الملك سعود بالدرعية كعينة لهذه الدراسة . ويحتوى المجمع السكني على ٤٦١ وحدة

سكنية ، تم تصنيفها إلى أربعة نماذج من حيث الحجم . بشكل عام يحتوي الطابق الأرضي للوحدات السكنية على استقبال رجال ، وصالة طعام ، وجلوس نساء وغرفة نوم الضيف ، بالإضافة إلى الحمامات . ويحتوي النموذج الأول (أ) على غرفتي نوم ، والنموذج الثاني (ب) يحتوي على ثلاث غرف نوم ، والنموذج الثالث (ج) يحتوي على أربع غرف نوم ، والنموذج الرابع (د) يحتوي على خمس غرف نوم . وقد أظهرت نتائج تصنيف الوحدات السكنية أن النموذج الأول يتكون من ١٠١ وحدة سكنية ، والنموذج الثاني يتكون من ١٣٨ وحدة سكنية ، والنموذج الثالث يتكون من ١٢٥وحدة سكنية ، والنموذج الرابع يتكون من ٩٧وحدة سكنية . أما بالنسبة لأجهزة التكييف فقد تم تزويد كل وحدة سكنية بجهازي تكييف منفصل ، أحدهما بقوة ٨,٨٦كيلواط للطابق الأرضي ، والثاني بقوة ٩,٧٥ كيلواط للطابق العلوي . وكذلك تم تزويد جميع النماذج بسخان مركزي للماء بسعة ١٢٠جالون . أما بالنسبة لأجهزة الإضاءة فقد تم تزويد استقبال الرجال وصالة الطعام بأربعة وثلاثين لمبة قُدرة كلٍ منها ٠,٠٢٥ كيلواط . أما بالنسبة لمجلس النساء فقد تم تزويده بسبع لمبات ، وكل غرفة من غرف النوم بخمس لمبات ، والمطبخ بخمس لمبات ، والحوش بلمبتين ، وغرفة الخادمة بلمبتين ، وغرفة السائق بلمبتين قدرة كلٍ منها ٠,٠٤كيلواط .

ولاشك أن نسبة المسطحات الزجاجية والحوائط المعرضة للمناخ الخارجي والخصائص الفيزيائية – الحرارية (thermo-physical properties) لها أثرها الفعّال في تحديد معدلات انتقال الحرارة وبالتالي معدلات استهلاك الكهرباء من أجل التحكم في المناخ الداخلي . ويوضح الجدول (١) المساحة الكلية للحوائط الخارجية والمسطحات الزجاجية للنماذج الأربعة .

جدول (١) مساحة الحوائط والزجاج الخارجي للنماذج الأربعة بالمتر المربع

العنصـــــر	نموذج أ	نموذج ب	نموذج جـ	نموذج د
مساحة الحوائط	٢٤٧	٢٥٧	٢٧٦	٣٢٢
مساحة الزجاج	٥٢	٥٦	٦٣	٧٣
نسبة الزجاج إلى الحوائط	٪٢١	٪٢٢	٪٢٣	٪٢٢

وقد تم تشييد الحوائط من طبقتين من الخرسانة المسلحة سابقة التجهيز ، سمك الطبقة الخارجية = ٠ , ٢٠سم ، وسمك الطبقة الداخلية = ٠ , ١٠سم ، وبينهما طبقة للعزل الحراري من البوليورثين سمكها ٥ , ٧سم . وقد تم تشييد السقف من الخرسانة سابقة التجهيز سمكها ٥ , ١٧سم وعليها عازل حراري من البوليورثين بسمك ٠ , ٥سم وطبقة من الحصى سمكها ٠ , ٥سم . أما المسطحات الزجاجية فتتكون من طبقتين ، الطبقة الخارجية من الزجاج العادي المطلي بطلاء خفيف من اللون البني بسمك ٦ مليمترات ، والطبقة الداخلية من الزجاج العادي بسمك ٦ مليمترات . لقد أظهرت الحسابات أن معامل انتقال الحراري الكلي (U-value) للحائط = ١٧٦ , ١ واط/ متر مربع – درجة مئوية ، وللسقف = ١٦٣ , ١واط/ متر مربع – درجة مئوية ، وللزجاج = ٠٥ , ٤واط/ متر مربع – درجة مئوية ، في حين أن لائحة العزل الحراري لدول المجلس التعاون الخليجي قد حددت معامل انتقال الحرارة الكلي للحائط بـ ٧٤١ , ٠واط/ متر مربع – درجة مئوية ، وللسقف بـ ٥٧ , ٠ واط/ متر مربع – درجة مئوية [٥] .

٣ – نمط استعمال الأجهزة الكهربائية

لقد تم جمع المعلومات الخاصة بنمط استعمال الأجهزة والمعدات المنزلية التي تستهلك الطاقة الكهربائية بواسطة استبانة تم توزيعها على الساكنين في شهر يوليو ١٩٩٣م الذي تم إختياره لأنه يمثل أحد شهور الصيف الحار ، حيث يتواصل تشغيل أجهزة التكييف من أجل التبريد . وبما أن جميع الساكنين أعضاء في هيئة التدريس بجامعة الملك سعود فقد شارك معظمهم في تعبئة الاستمارة على الرغم من العدد الكبير من الأسئلة التي تحتاج إلى صبر وتأن في استيعابها والإجابة عليها . واحتوت الاستمارة على تسع فقرات ، تفاصيلها كالتالي :

١ – الفقرة الأولى خاصة بالمعلومات العامة لتحديد رقم الوحدة السكنية ، ورقم الشارع وذلك بهدف تصنيف الوحدات السكنية على حسب الحجم .

٢ – الفقرة الثانية خاصة بتحديد عدد الساعات اليومية أو الأسبوعية أو الشهرية

التي يتم خلالها تشغيل الإضاءة الاصطناعية .

٣- الفقرة الثالثة خاصة بتحديد عدد الساعات اليومية أو الأسبوعية أو الشهرية التي يتم خلالها تشغيل أجهزة التكييف للتبريد أو التدفئة .

٤- الفقرة الرابعة خاصة بتحديد عدد الساعات اليومية أو الأسبوعية أو الشهرية والتي يتم خلالها تشغيل معدات غسل وتجفيف وكي الملابس .

٥- الفقرة الخامسة خاصة بتحديد عدد ونوع أجهزة حفظ الطعام وتبريد الماء . وكذلك اشتملت هذه الفقرة على المعلومات الخاصة بتحديد عدد ساعات تشغيل الطباخ الكهربائي أو عدد أنابيب الغاز التي يتم استهلاكها في الشهر .

٦- الفقرة السادسة خاصة بتصنيف وتحديد نوعية وعدد أجهزة الترفيه كالتلفاز ، والفيديو ، وأجهزة الاستقبال الفضائي وعدد ساعات تشغيلها .

٧- الفقرة السابعة خاصة بتحديد ساعات تشغيل سخان الماء .

٨- الفقرة الثامنة خاصة بتحديد عدد ساعات تشغيل المكنسة الكهربائية .

٩ - الفقرة التاسعة خاصة بتحديد عدد ونوعية الأجهزة الكهربائية المختلفة كأجهزة الحاسب الآلي الشخصي ، وماكينات الحياكة ، وماكينات التصوير والطباعة . . . الخ وعدد ساعات تشغيلها .

وقد بلغ مجموع الاستمارات التي تم توزيعها على الساكنين ٤٥٠ استمارة تم استرداد ٣٨٦ استمارة . وبعد مراجعة الاستمارات التي تم استردادها اتضح أن ٣٤ استمارة كانت ناقصة المعلومات وبالتالي تم استبعادها . ومن ثم تمّ تحليل المعلومات التي احتوتها الاستمارات المكتملة وعددها ٣٥٢ استمارة بواسطة برنامج الحاسب الآلي إكسل . وقد اتضح من التحليل أن ٢٩٪ من الساكنين الذين شاركوا في الاستبانة يسكنون في وحدات سكنية تحتوي على غرفتي نوم ، و٤٢٪ يسكنون في وحدات سكنية تحتوي على ثلاث غرف نوم ، و٢٤٪ يسكنون في وحدات سكنية تحتوي على أربع غرف نوم ، و٥٪ يسكنون في وحدات سكنية تحتوي على خمس غرف نوم .

كذلك أثبتت نتائج تحليل البيانات أن ٤٣,٤٪ من الأسر التي شملتها الدراسة لديها خادمة وسائق ، ١٤,٦٪ لديها خادمة فقط ، و١١,٨٪ لديها سائق فقط ، في حين أن ٣٠,٢٪ لم تتضمن وجود أي شخص إضافي من خارج الأسرة . كذلك أظهرت النتائج أن ٩٦٪ من الذين شاركوا في الاستبانة يستعملون الغاز في طبخ الطعام ، وأن المتوسط الشهري هو ٢ أنبوبة غاز سعة ٢٥ رطل . كذلك أثبتت النتائج أن ٨٤٪ من الوحدات السكنية تحتوي على ثلاجة واحدة بسعة تتراوح من ١٤-١٨قدم مكعب ، ومجمد واحد بسعة تتراوح من ١٦-٢٠قدم مكعب ، و١٤٪ تحتوي بالإضافة للثلاجة والمجمد على مبرد للماء . أما فيما يختص بأجهزة الترفيه ، فقد أظهرت النتائج أن ٢٠٪ من الوحدات السكنية تحتوي على تلفاز واحد ، و٦٤٪ تحتوي على تلفازين و١٤٪ تحتوي على ثلاثة تلفازات ، و٢٪ تحتوي على أربعة تلفازات . وقد أثبتت النتائج أن ٥٦٪ من الوحدات السكنية التي شملتها الدراسة تحتوي على جهاز فيديو واحد ، و٩٪ تحتوي على جهازي فيديو ، و٤٪ تحتوي على ثلاث أجهزة فيديو . وقد أظهرت النتائج أن حوالي ٣٪ فقط من الوحدات السكنية تحتوي على جهاز للاستقبال الفضائي.

كذلك أثبتت نتائج الاستبانة أن ٣٥٪ من الوحدات السكنية احتوت على حاسب آلي شخصي ، وأن معدل استعماله حوالي ١١٠ ساعات في الشهر . كذلك أثبتت نتائج الدراسة أن ٧,٥٪ من الوحدات احتوت على ماكينة حياكة ، و٣,٢٥٪ احتوت على ماكينة تصوير المستندات ، و١,٥٪ احتوت على آلة كاتبة ، و١,٢٥٪ احتوت على جهاز لعرض الشرائح . وكذلك أثبتت نتائج الدراسة أن ٣,٥٪ من الساكنين الذين شاركوا في الاستبانة قاموا بتركيب مراوح لزيادة سرعة الهواء والاستفادة من التبريد بواسطة تبخر العرق عندما تكون درجات الحرارة عالية والرطوبة منخفضة .

ومن البيانات التي تم الحصول عليها من الشركة الموحدة للكهرباء والتي توضح عدد وحدات استهلاك الكهرباء للمعدات والأجهزة المنزلية المختلفة ، ومن نتائج تحليل الاستبانة التي تم بموجبها تحديد المتوسط العام لعدد ساعات تشغيل الأجهزة ، تم تقدير الاستهلاك السنوي للأنشطة اليومية المتكررة للنموذج (ب) . ويوضح الجدول (٢) معدلات استهلاك الكهرباء بواسطة لمبات الإضاءة . والجدول (٣) يوضح استهلاك

جدول (٢) المتوسط السنوي لاستهلاك الإضاءة بالكيلوات – ساعة

	مجلس الرجال	مجلس النساء	النوم الرئيسية	نـــوم (١)	نـــوم (٢)	المطبخ	الحـــوش	غرفة الخادمة	غرفة السائق
ساعات الشهر	٨٨	٢٥٠	١٦٠	٢٢٠	٢٢٠	٣٢٠	١٢٥	١٩٠	٢٤٠
عدد اللمبات	٣٤	٧	٥	٥	٥	٥	٢	٢	٢
كيلواط – ساعة	٠,٠٢٥	٠,٠٤	٠,٠٤	٠,٠٤	٠,٠٤	٠,٠٤	٠,٠٤	٠,٠٤	٠,٠٤
استهلاك الشهر	٧٥	٧٠	٣٢	٤٤	٤٤	٦٤	١٠	١٥	١٩
استهلاك السنة	٩٠٠	٨٤٠	٣٨٤	٥٢٨	٥٢٨	٧٦٨	١٢٠	١٨٠	٢٢٨

الاستهلاك الكلي = ٤٤٧٦ كيلواط – ساعة .

جدول (٣) المتوسط السنوي لاستهلاك الأجهزة والمعدات الكهربائية بالكيلوات – ساعة

	الملابس			حفظ الطعام		تسخين	المكنسة	الترفيه			الإضاءة
بيان الأجهزة*	١	٢	٣	٤	٥	الطعام		٦	٧	٨	
عدد ساعات الشهر	٤٨	٣٧		٦٦	٤٥٠	٣٠	٦٠	٢٧٣	١٧٣	١٨٠	
وحدة الاستهلاك كيلواط – ساعة	٤	٢	١	١	١	١,٥	٠,٦	٠,١٢	٠,١٢	٠,٠٢	
الاستهلاك الشهري	١٩٢	٧٤	٦٦	٤٥٠	٢٢٥	٤٥	٣٦	٣٣	٢١	٣٦	
الاستهلاك الشهري	٣٢			٦٧٥		٤٥	٣٦	٩٠			
الاستهلاك السنوي	٣٩٨٤			٨١٠٠		٥٤٠	٤٣٢	١٨٠			٤٤٧٦

* بيان الأجهزة الكهربائية : ١ – مغسلة الملابس . ٢ – مجفف الملابس . ٣ – المكواة . ٤ – الثلاجة .
٥ – المجمد . ٦ – التلفاز الأول . ٧ – التلفاز الثاني . ٨ – الفيديو .

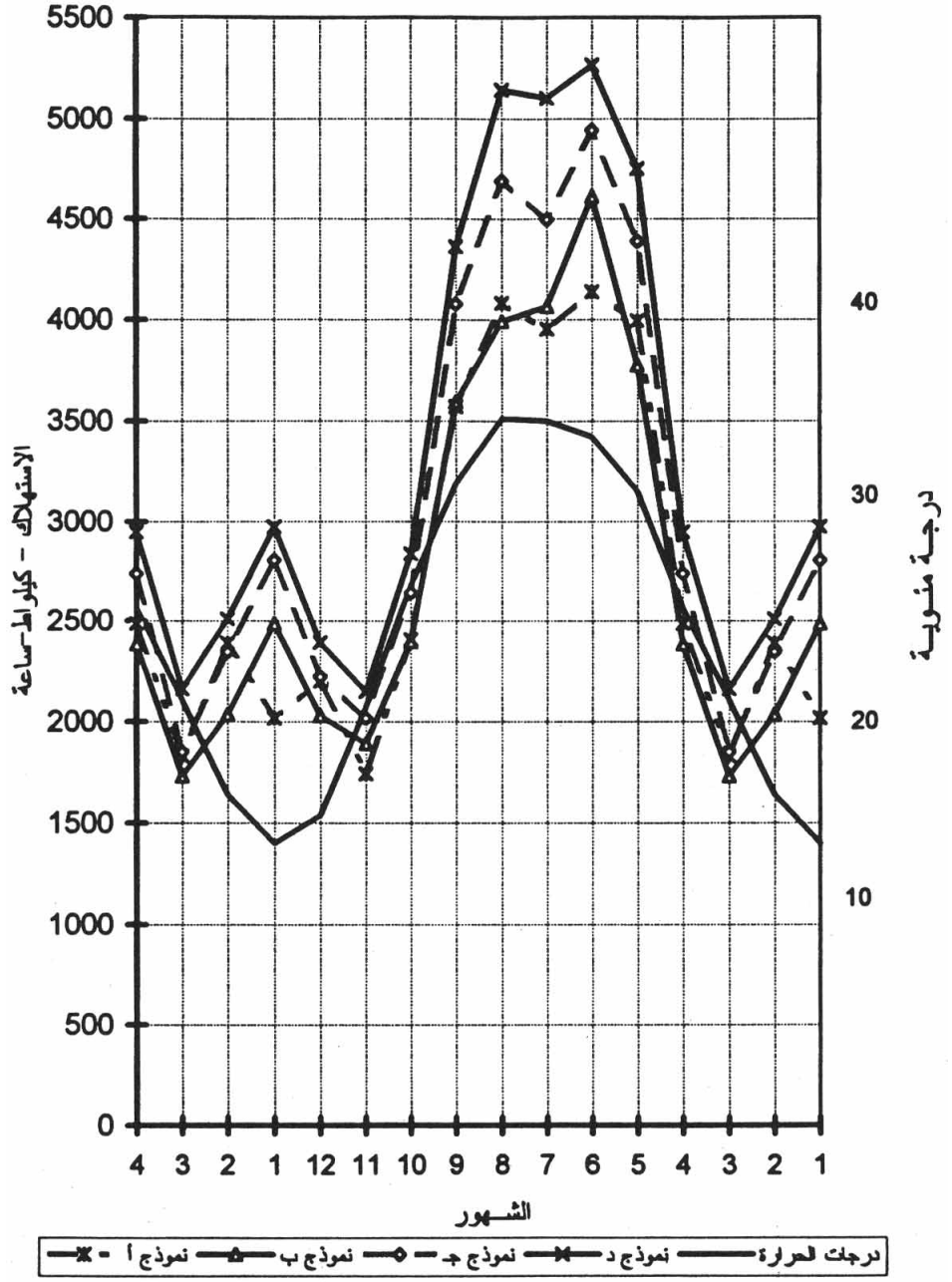
الكهرباء بواسطة الأجهزة الأخرى . وقد تمّ الحصول على معدلات الاستهلاك الفعلي للطاقة الكهربائية لجميع الوحدات السكنية المنفصلة بالمجمع السكني لجامعة الملك سعود بالدرعية والبالغ عددها ٤٦١ وحدة من الشركة الموحدة لكهرباء المنطقة الوسطى ، جدول(٤) . ويوضح الشكل (١) المتوسط العام للاستهلاك الشهري للنماذج الأربعة وكذلك المنحنى البياني الذي يمثل درجات الحرارة لمدينة الرياض[٥] . المنحنيات البيانية التي تمثل معدلات استهلاك الكهرباء حيث تنخفض معدلات الاستهلاك إلى أدنى

مستوىً لها خلال شهري مارس ونوفمبر حينما يكون الجو معتدلاً ، ولاتكون هنالك ضرورة لتشغيل أجهزة التكييف من أجل التدفئة أو التبريد ، وبالتالي يكون استهلاك الكهرباء فقط لتغطية متطلبات الأنشطة اليومية المتكررة كالإضاءة والترفيه وحفظ وطبخ الطعام وغسل وتجفيف وكي الملابس ... الخ . وبعد شهر مارس ترتفع درجة الحرارة ويقابلها ارتفاع تدريجي في معدلات الاستهلاك نتيجةً لتشغيل أجهزة التبريد خاصةً وقت الظهيرة . ويستمر الارتفاع في معدلات الاستهلاك ليصل إلى أعلى مستوياته خلال فصل الصيف الحار (يونيو - أغسطس) . وبعدها تنخفض درجات الحرارة ويقابلها انخفاض في معدلات استهلاك الكهرباء لتصل إلى أدنى مستوىً لها في شهر نوفمبر . وتواصل درجات الحرارة الانخفاض وتكون دون المستوى المطلوب للراحة

جدول (٤) متوسط الاستهلاك الشهري الفعلي للنماذج الأربعة ، (كيلواط - ساعة)

الشهور	نموذج (أ) ١٠١ وحدة	نموذج (أ) استهلاك التكييف*	نموذج (ب) ١٣٨ وحدة	نموذج (ب) استهلاك التكييف*	نموذج (ب) ١٢٥ وحدة	نموذج (جـ) استهلاك التكييف*	نموذج (د) ٩٧ وحدة	نموذج (د) استهلاك التكييف*	درجات الحرارة (مئوية)
يناير	٢٠١٩	٣١٤	٢٤٨٨	٧٦٥	٢٨٠٧	٩٥٦	٢٩٧١	٩١٠	١٤,٠
فبراير	٢٣٨٩	٦٨٤	٢٠٣٥	٣١٢	٢٣٤٥	٤٩٤	٢٥١١	٤٥٠	١٦,٤
مارس	١٨٣٠	١٢٥	١٧٣٢	٩	١٨٥١	٠٠٠	٢١٦١	١٠٠	٢١,١
إبريل	٢٤٨٦	٧٨١	٢٣٨٤	٦٦١	٢٧٣٩	٨٨٨	٢٩٤٥	٨٨٤	٢٥,٧
مايو	٣٩٩٣	٢٢٨٨	٣٧٧٥	٢٠٥٢	٤٣٨٩	٢٥٣٨	٤٧٥١	٢٦٩٠	٣١,٥
يونيو	٤١٣٧	٢٤٣٢	٤٦١١	٢٨٨٨	٤٩٤٤	٣٠٩٣	٥٢٦٧	٣٢٠٦	٣٤,٢
يوليو	٣٩٥٣	٢٢٤٨	٤٠٦٣	٢٣٤٠	٤٤٩٧	٢٦٤٦	٥١٠٢	٣٠٤١	٣٥,٠
أغسطس	٤٠٨٢	٢٣٧٧	٣٩٩٠	١٣٣٣	٤٦٩١	٢٨٤٠	٥١٤٤	٣٠٨١	٣٥,١
سبتمبر	٣٥٦٩	١٨٦٤	٣٥٩٣	١٨٧٠	٤٠٧٧	٢٢٢٦	٤٣٦٢	٢٠٦١	٣١,٩
أكتوبر	٢٤٠٧	٧٠٢	٢٣٩٧	٦٧٤	٢٦٤٣	١٥٨٧	٢٨٣٨	٧٧٧	٢٦,٨
نوفمبر	١٧٠٥	٠٠٠	١٧٢٣	٠٠٠	١٩٢٠	٦٩	٢٠٦١	٠٠٠	٢٠,٧
ديسمبر	٢٢٠٠	٤٩٥	٢٠٢٩	٣٠٦	٢٢٢٢	٣٧١	٢٣٩٢	٣٣١	١٥,٤

* استهلاك التكييف = الاستهلاك الشهري - استهلاك الأنشطة اليومية المتكررة .



شكل (١) الاستهلاك الفعلي للكهرباء للنماذج الأربعة والتباين في درجة حرارة الهواء .

الحرارية خلال شهور الشتاء (ديسمبر - فبراير) ونتيجةً لذلك ترتفع معدلات الاستهلاك نتيجةً لتشغيل أجهزة التدفئة . من هذه المنحنيات يتضح أن أدنى معدلات الاستهلاك للنماذج الأربعة (أ ، ب ، جـ ، د) هي ٢٠٤٦٠ و ٢٠٦٧٦ و ٢٢٢١٢ و٢٤٧٣٢ كيلواط - ساعة على التوالي . ومن هذه البيانات تم حساب معدلات استهلاك الأجهزة الكهربائية من أجل التبريد والتدفئة للنماذج الأربعة ، جدول (٥) . لقد أظهرت الحسابات أن مجموع الاستهلاك الكلي للأنشطة المتكررة (١٨٦١٢ كيلواط - ساعة) يزيد بمقدار ٢٠٦٤ كيلواط - ساعة عن الاستهلاك الذي تم تقديره من المعدلات الفعلية للوحدة السكنية المماثلة في الحجم والتي تتمثل في النموذج (ب) . هذا الفرق يمكن الإفتراض بأنه يمثل استهلاك الأجهزة الكهربائية الأخرى كماكينات الحياكة والحاسب الآلي والطابعات ومرواح السقف وأجهزة المطبخ الأخرى ..الخ . وقد تم حساب النسبة المئوية للأنشطة المختلفة ومن ثم تم تقدير معدلات الاستهلاك لهذه الأنشطة للنماذج الأربعة ، جدول (٦) . وبعد إضافة معدلات استهلاك الكهرباء بواسطة أجهزة التكييف من أجل التبريد والتدفئة والتي تم تقديرها من الاستهلاك الفعلي (جدول ٥) إلى معدلات الاستهلاك للأنشطة اليومية المتكررة التي تم حسابها (جدول ٦) يمكن إعطاء صورة متكاملة عن الاستهلاك السنوي للنماذج الأربعة ، جدول (٧) . وقد تم إظهار تقسيمات استهلاك الكهرباء لجميع الأنشطة للنماذج الأربعة في الشكل (٢) . أما الجدول رقم (٨) فيعطي تقديرات استهلاك الكهرباء لوحدات سكنية مخصصة لأسرة مكونة من أربعة أشخاص في كل من أستراليا والمملكة المتحدة والولايات المتحدة الأمريكية[٨] ، وكذلك استهلاك الكهرباء للنموذج (أ) والذي يمثل أصغر وحدة سكنية

جدول (٥) معدل الاستهلاك السنوي للتبريد والتدفئة والأنشطة المتكررة (كيلواط-ساعة)

النموذج	التبريد	التدفئة	الأنشطة المتكررة	الاستهلاك الكلي
أ	١٢٨١٧	١٤٩٣	٢٠٤٦٠	٣٤٧٧٠
ب	١٢٧٦١	١٣٨٣	٢٠٦٧٦	٣٤٨٢٠
جـ	١٥٠٢٣	١٨٩٠	٢٢٢١٢	٣٩١٢٥
د	١٦٠٨٢	١٦٩١	٢٤٧٣٢	٤٢٥٠٥

جـــدول (٦)

معدلات استهلاك الكهرباء بواسطة الأنشطة اليومية المتكررة (الكيلواط-ساعة)

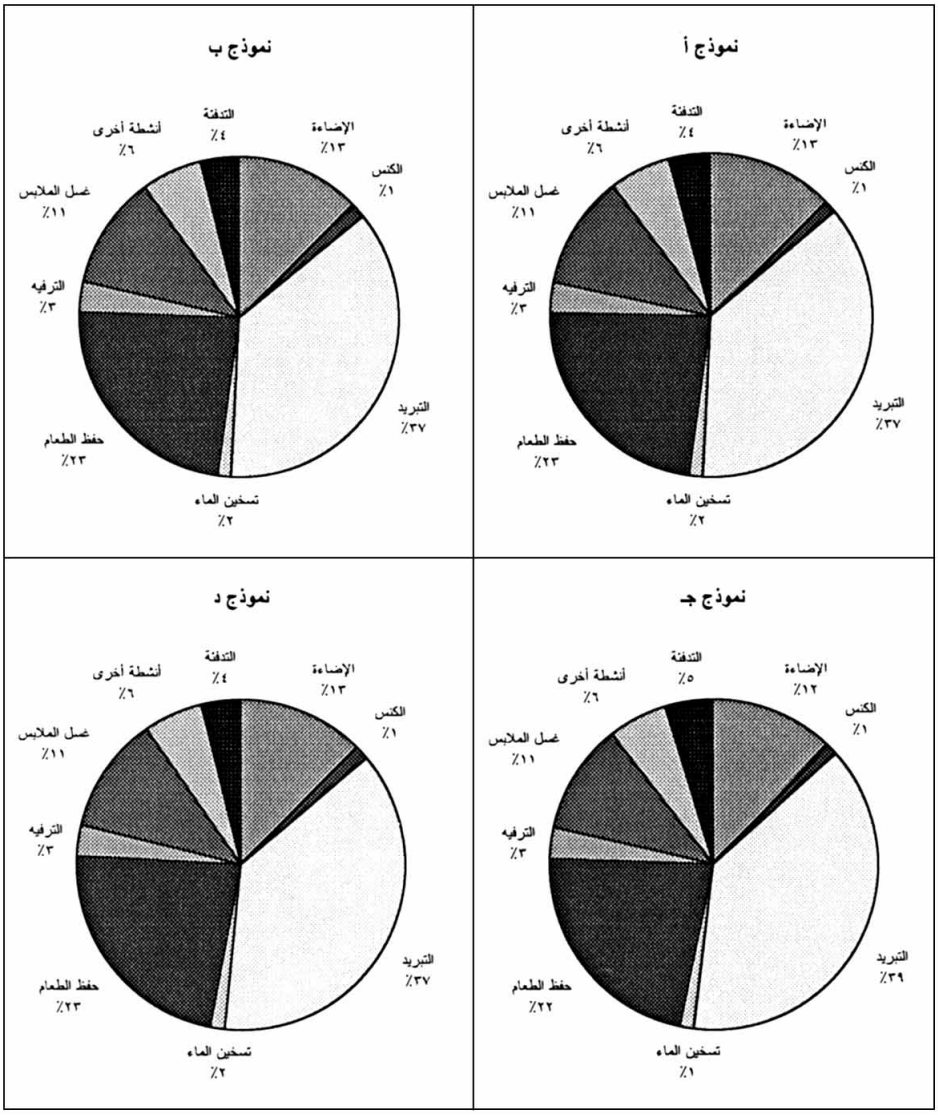
	الإضاءة	حفظ الطعام	غسل الملابس	تسخين الماء	الترفيه	الكنس	أنشطة أخرى	الاستهلاك الكلي
الاستهلاك المحسوب*	٤٤٧٦	٨١٠٠	٣٩٨٤	٥٤٠	١٠٨٠	٤٣٢	٢٠٦٤	٢٠٦٧٦
النسبة	٪٢١,٦	٪٣٩,٢	٪١٩,٣	٪٢,٦	٪٥,٢	٪٢,١	٪١٠,٠	٪١٠٠
نمـــوذج (أ)	٤٤١٩	٨٠٢٠	٣٩٤٩	٥٣٢	١٠٦٤	٤٣٠	٢٠٦٤	٢٠٦٧٦
نمـــوذج (ب)	٤٤٧٦	٨١٠٠	٣٩٨٤	٥٤٠	١٠٨٠	٤٣٢	٢٠٦٤	٢٠٦٧٦
نمـــوذج (جـ)	٤٧٩٨	٨٧٠٧	٤٢٨٧	٥٧٨	١١٥٥	٤٦٦	٢٢٢١	٢٢٢١٢
نمـــوذج (د)	٥٣٤٢	٩٦٩٥	٤٧٧٣	٦٤٣	١٢٨٦	٥٢٠	٢٤٧٣	٢٤٧٣٢

* استهلاك المحسوب للنموذج (ب) والذي يأتي في المرتبة الأولى من حيث عدد الوحدات السكنية والاستمارات التي تم استردادها .

جـــدول (٧)

الاستهلاك السنوي للكهرباء بواسطة جميع الأجهزة والمعدات الكهربائية بالكيلواط-ساعة

النموذج	التبريد	التدفئة	الإضاءة	حفظ الطعام	الملابس	تسخين المـاء	الترفيه	الكنس	أنشطة أخرى	الاستهلاك الكلي
أ	١٢٨١٧	١٤٩٣	٤٤١٩	٨٠٢٠	٣٩٤٩	٥٣٢	١٠٦٤	٤٣٠	٢٠٤٦	٣٤٧٧٠
النسبة	٪٣٦,٩	٪٤,٣	٪١٢,٧	٪٢٣,٠	٪١١,٤	٪١,٥	٪٣,١	٪١,٢	٪٥,٩	٪١٠٠
ب	١٢٧٦١	١٣٨٣	٤٤٧٦	٨١٠٠	٣٩٨٤	٥٤٠	١٠٨٠	٤٣٢	٢٠٦٤	٣٤٨٢٠
النسبة	٪٣٦,٦	٪٤,٠	٪١٢,٩	٪٢٣,٣	٪١١,٤	٪١,٦	٪٣,١	٪١,٢	٪٥,٩	٪١٠٠
جـ	١٥٠٢٣	١٨٩٠	٤٧٩٨	٨٧٠٧	٤٢٨٧	٥٧٨	١١٥٥	٤٦٦	٢٢٢١	٣٩١٢٥
النسبة	٪٣٨,٤	٪٤,٨	٪١٢,٢	٪٢٢,٢	٪١١,٠	٪١,٥	٪٣,٠	٪١,٢	٪٥,٧	٪١٠٠
د	١٦٠٨٢	١٦٩١	٥٣٤٢	٩٦٩٥	٤٧٧٣	٦٤٣	١٢٨٦	٥٢٠	٢٤٧٣	٤٢٥٠٥
النسبة	٪٣٧,٩	٪٤,٠	٪١٢,٦	٪٢٢,٨	٪١١,٢	٪١,٥	٪٣,٠	٪١,٢	٪٥,٨	٪١٠٠



شكل (٢). تقسيمات استهلاك الكهرباء للنماذج الأربعة .

جدول (٨) معدل استهلاك الكهرباء لوحدة سكنية مخصصة لأربعة أشخاص بالكيلواط- ساعة

الأجهزة المنزلية	أستراليا [٢]		المملكة المتحدة[٢]		الولايات المتحدة[٢]		السعودية	
	كيلواط - ساعة	النسبة المئوية ٪	كيلواط - ساعة	النسبة المئوية ٪	كيلواط - ساعة	النسبة المئوية ٪	كيلواط - ساعة	النسبة المئوية ٪
التدفئة	٦٠٧٠	٤٧٪	١٢٠٠	٦٤٪	١٣١١٠	٥٧٪	١٤٩٣	٤,٣٪
التبريد	٤٣٠	٣٪	–	–	٩٢٠	٤٪	١٢٨١٧	٣٦,٩٪
تسخين الماء	٣٠٠٠	٢٣٪	٣٠٠٠	١٦٪	٣٤٥٠	١٥٪	٥٣٢	١,٥٪
طبخ الطعام	١٠٣٠	٨٪	٢٠٠٠	١١٪	١١٥٠	٥٪	*	*
الإضاءة	٣٠٠	٣٪	٥٠٠	٣٪	٦٩٠	٣٪	٤٤١٩	١٢,٧٪
الثلاجات	١٠٢٠	٨٪	٣٥٠	٢٪	١٣٨٠	٦٪	٨٠٢٠	٢٣,٠٪
غسل وكي الملابس	–	–	–	–	–	–	٣٩٤٩	١١,٤٪
الترفيه	–	–	–	–	–	–	١٠٦٤	٣,١٪
الكنس	–	–	–	–	–	–	٤٣٠	١,٢٪
أغراض أخرى	١١٥٠	٩٪	٦٥٠	٤٪	٢٣٠٠	١٠٪	٤٥٠٢	١٣,٠٪
الاستهلاك الكلي	١٣٠٠٠	١٠٠٪	١٨٥٠٠	١٠٠٪	٢٣٠٠٠	١٠٠٪	٣٤٧٧٠	١٠٠٪

تضمنتها عينة الدراسة ، وهي أيضًا مخصصة لأربعة أشخاص وذلك من أجل المقارنة . من هذه الإحصاءات يتضح أن الوحدات السكنية في المملكة العربية السعودية تستهلك كميات كبيرة من الكهرباء مقارنةً بالوحدات السكنية المماثلة لها في الحجم وعدد أفراد الأسرة في الدول الثلاث ، أستراليا ، والمملكة المتحدة ، والولايات المتحدة الأمريكية . والمتوسط العام لاستهلاك الكهرباء في المملكة العربية السعودية يزيد بنسبة ٦٣٪ عن معدلات الاستهلاك في أستراليا وبحوالي ٤٧٪ عن معدلات الاستهلاك في المملكة المتحدة ، وبحوالي ٣٤٪ عن معدلات الاستهلاك في الولايات المتحدة الأمريكية . كذلك يتضح أن التحكم في المناخ الداخلي بواسطة التكييف (تبريد وتدفئة) يحتل المركز الأول في معدلات استهلاك الكهرباء في الدول الأربع ، إذ تقدر النسبة المئوية لاستهلاك التكييف في المملكة العربية السعودية بحوالي ٤١٪ وفي المملكة المتحدة

بحوالي ٦٤٪ أما معدلات استهلاك الكهرباء بواسطة لمبات الإضاءة للوحدات السكنية في المملكة العربية السعودية فقد كانت عالية جداً مقارنةً بمعدلات استهلاك الإضاءة في الدول الثلاث على الرغم من أن مناخ المملكة العربية السعودية يوفر إمكانات غير محدودة للاستفادة من الإضاءة الطبيعية . إن العادات والتقاليد الأسرية في المملكة العربية السعودية تحتم تخزين كميات كبيرة من المواد الغذائية في الثلاجة والمجمد والذي انعكس في المعدل الكبير في استهلاك الكهرباء بواسطة الثلاجات والمجمدات مقارنةً بالدول الثلاث الأخرى . إن غسل وتجفيف وكي الملابس يمثل واحداً من أهم الأنشطة اليومية المتكررة بالنسبة للأسرة السعودية وبالتالي فهو يستهلك كميات كبيرة من الكهرباء . أما بالنسبة للطبخ فقد أظهرت النتائج أن حوالي ٩٦٪ من الساكنين الذين شملتهم الاستبانة يستعملون الغاز .

٤- الاستنتاجات والتوصيات

١- أثبتت هذه الدراسة أن الوحدات السكنية المنفصلة بمنطقة الرياض تستهلك كميات كبيرة جداً من الطاقة الكهربائية مقارنةً بمعدلات استهلاك الوحدات السكنية المشابهة لها في أستراليا والمملكة المتحدة والولايات المتحدة الأمريكية . فلقد دلت الإحصاءات على أن معدل الاستهلاك السنوي للفرد في مدينة الرياض حوالي ٦١٩٢ كيلواط - ساعة في حين يقدر معدل الاستهلاك السنوي للفرد في كل من أستراليا والمملكة المتحدة والولايات المتحدة الأمريكية ٣٢٥٠ ، ٤٦٢٥ و ٥٧٥٠ كيلواط - ساعة على التوالي[٢] .

٢- استهلاك الكهرباء من أجل التبريد في المركز الأول ، يليه استهلاك الإضاءة ، ثم ثلاجات حفظ الطعام ، ثم غسل وتجفيف وكي الملابس .

٣- إن معدلات الطاقة المستهلكة للتبريد خلال فصل الصيف كانت عالية جداً على الرغم من أن الوحدات السكنية عينة الدراسة قد تم تصميمها بعناية ، وتم تزويدها بمواد العزل الحراري وكاسرات الشمس لحماية الفتحات والمسطحات الزجاجية من

أشعة الشمس المباشرة . ولاشك أن وجود العازل الحراري في الوحدات السكنية قد ساعد كثيراً في ترشيد الاستهلاك . لقد أظهرت البيانات أن معدل الاستهلاك السنوي للنموذج (ب) ، والذي يحتوى على ثلاث غرف نوم كان حوالي ٣٤٨٢٠ كيلواط – ساعة وفي المقابل كان استهلاك وحدة سكنية مماثلة في الحجم وتفتقر إلى العزل الحراري حوالي ٤٢٠٠٠ كيلواط – ساعة ، أي بزيادة ٢٠,١٪ .

٤- اتضح أن معظم الساكنين في مساكن الجامعة يعتمدون على الإضاءة الاصطناعية ولفترات طويلة أثناء النهار . ولاشك أن مناخ مدينة الرياض يوفر فرصًا جيدة للاستفادة من الإضاءة الطبيعية والتي يمكن الاستفادة منها من خلال التصميم المدروس .

٥- لاشك أن مناخ مدينة الرياض يتميز بسطوع الشمس طيلة العام فهو بالتالي يوفر فرصة جيدة للاستفادة من الطاقة الشمسية في تسخين الماء وفي التدفئة وفي أغراض أخرى .

٦- كذلك يتميز مناخ مدينة الرياض خلال الفترة الحارة ، (يونيو – أغسطس) بمعدلات منخفضة من الرطوبة النسبية ، تتراوح من ١٣٪ إلى ٣٢٪ وهذا بدوره يساعد في الاستفادة من التبريد بواسطة التبخر واحلال المكيف الصحرواي محل المكيف الفريوني والذي يساعد في تخفيض استهلاك الكهرباء[٥] .

شـــكر وتقـــــدير

الشكر والتقدير إلى سعادة عميد كلية العمارة والتخطيط وإلى المسئولين في إدارة الجامعة وإدارة المشاريع وإدارة مكتب الإسكان الفرعي للسكن الجامعي بالدرعية لمساعدتهم في توزيع وجمع الاستمارات . والشكر موصول لإدارة الشركة الموحدة لكهرباء المنطقة الوسطى لمساعدتهم في توفير المعلومات الخاصة بمعدلات استهلاك الكهرباء ، وإلى أعضاء هيئة التدريس بجامعة الملك سعود لمشاركتهم الفعّالة في تعبئة الاستبانة الخاصة بالدراسة .

المـــراجـــــع

(١) **الراشد ، سعود عبدالمحسن** ؛ مفاهيم ونظم وأسباب ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية " ، *ندوة ترشيد استهلاك الطاقة في المباني* ، الشركة السعودية الموحدة للكهرباء بالمنطقة الوسطى ، (٧-٨ ربيع الثاني ١٤١٠هـ ، الموافق ٥-٦ نوفمبر ١٩٨٩م) ص ص ١ - ١١ .

(٢) **Szokolay, S.V.,** *Environmental Sciene Handbook for Architects and Builders,* The Construc-tion Press, Lancaster, London, New York, p. 418, 1980.

(٣) **Helvin H. Chiogioji,** *Energy Conservation in Commercial and Residential Buildings,* Marcel Dekke, Inc. New York, p. 90, 1982.

(٤) **النعيم ، عبدالحميد عبدالله** ، « الإستخدام الأمثل للأجهزة الكهربائية » *ندوة ترشيد استهلاك الطاقة في المباني* ، الشركة السعودية الموحدة للكهرباء بالمنطقة الوسطى ، ص ص ١ - ٣٦ ، (٧-٨ ربيع الثاني ١٤١٠هـ ، ٥-٦ نوفمبر ١٩٨٩م) .

(٥) **المؤسسة العامة للكهرباء** ، *العزل الحراري وفوائده في توفير الطاقة سواءًا على المستهلك أو المنتج* ، الرياض ، ص ص ٢- ٤ ، (١٩٨٦م) .

(٦) **وزارة الدفاع والطيران المدني ، مصلحة الأرصاد** ، *« مناخ الرياض »* ، الرياض، (١٩٨٣م) .

Categorization of Electric Energy Consumption in Saudi Arabian Residential Buildings

SAEED ABDEL RAHIM SAEED
Associate Professor, College of Engineering
University of Bahrain, Isa Town – Bahrain

ABSTRACT. The Saudi family depends totally on electrical energy for carrying out its daily activities at home. The main objective of this study is to define the amount of energy needed for each activity. The study consists of two main parts:

1. Collecting, classifying and analyzing the data concerning the use of electrical appliances usually available in contemporary Saudi houses. These data help in estimating the amount of energy consumed by each appliance category.

2. Collecting , classifying and analyzing the data reflecting actual energy consumption for the housing complex to assess the variations in energy consumption due to changes in the climatic conditions. Also studying the influence of Riyadh climate on the rates of energy consumption in residential buildings.

The main conclusions and findings could be summarized as follows:

- Electrical energy consumption by residential buildings in Riyadh is very high when compared with the consumption of similar residential units in Australia, U.K. or U.S.A.

- Electrical energy consumption by artificial lighting is greater than the estimates for other countries, despite the fact that Riyadh climate provides considerable opportunities for the utilization of natural lighting.

- The maximum electrical energy is consumed by air-conditioning during the hot season, followed by refrigerators, artificial lighting and clothes washing, drying and ironing.