The analysis of some economical variables effect on the electrical energy consumption function in Bahrain state and predict its consumption in the future

تحليل تأثير بعض المتغيرات الاقتصادية في دالة استهلاك الطاقة الكهربائية في دولة البحرين والتنبوء باستهلاكها في المستقبل

خلود موسى عمران
مركز دراسات الخليج العربي
جامعة البصرة

حسين علي احمد
كلية الإدارة والاقتصاد
جامعة البصرة

ريسان عبد الإمام زعلان
كلية الإدارة والاقتصاد
جامعة البصرة

الخلاصة :

تعتبر الطاقة الكهربائية البنية التحتية الأساسية للنهوض بالمجتمع وتطوير الاقتصاد ، حيث أصبحت حاجة ملحة لجميع المواطنين وتنوعت استخداماتها خاصة في منطقة تتميز بمناخ صحراوي . حيث شهدت دولة البحرين توسعات سريعة وكبيرة بمختلف المجالات ومنها مجال أنتاج واستهلاك الطاقة الكهربائية ومن خلال دراسة دالة استهلاك الطاقة الكهربائية نجد أن هناك تفاوتا كبيرا بين القطاعات إذ احتل القطاع المنزلي المرتبة الأولى ومن ثم القطاع التجاري وأخيرا القطاع الصناعي وهذا يؤكد حرص الدولة على توفير الرفاهية الاقتصادية للفرد البحريني. كما بين البحث إلى أن أهم المتغيرات التي تؤثر على استهلاك الطاقة الكهربائية في البحرين تتمثل بمتوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي وعدد السكان. ويعطي البحث صورة للقارئ المتخصص والعادي عما يجري من توسع في بناء الطاقة الكهربائية في مملكة البحرين وتشخيص واقع الطلب على الطاقة الكهربائية في البحرين لمعرفة مدى التقدم الحاصل في هذا المجال ثم بناء توقع لما ستكون عليه الحال في الطلب لغاية سنة 2014 استنادا إلى بعض المتغيرات الاقتصادية.

Abstract

The electrical energy consumption is considered the most important aspect of development and civilization , also it is a measure for rise and welfare in any society because it introduce magnificent services. The state of Bahrain is hritnessed a big development in all fields and especially in the production and consumption of electrical energy. The electrical energy consumption in Bahrain is effected by some economical variables as population , individuals income. These variables led to disparity in electrical energy consumption between sectors. The paper deals with the following topics :

1. The development of electrical energy sector in Bahrain.
2. The development of the relationship between generating capability and the maximum demands on electrical energy.
3. The development of produced electrical energy amount from the stations in Bahrain state.
4. The development of consumed electrical energy in sectors.
5. The effect of some economical variables on electrical energy consumption function in Bahrain.
6. The estimation of consumption function of electrical energy in Bahrain.

المقدمة :

تشهد مملكة البحرين تطوراً ملحوظاً ومتنامياً في مختلف المجالات وعلى كافة الأصعدة ، كما أنها انتهجت نهجاً تنموياً بهدف توسعة القاعدة الصناعية ، إضافة إلى التوسع العمراني وارتفاع معدل النمو السكاني ، الأمر الذي شكل تحدياً كبيراً فيما يتعلق بتوفير الخدمات الأساسية واللازمة لتنمية المشاريع بصفة عامة ومرفق الكهرباء بشكل خاص حيث يتطلب من هذا المرفق مواكبة جميع هذه التطورات من خلال رفع الكفاءة الإنتاجية وتوسيع حجم شبكة الإنتاج و النقل والتوزيع وتحديثها .لقد حققت مملكة البحرين تطورات ايجابية كبيرة في مجال الطاقة الكهربائية خلال العقود الأربعة الماضية وذلك بسبب رغبة الحكومة في تقديم أفضل الخدمات للمواطنين وللاقتصاد الوطني فضلا عن جهودها في رفع مستويات المعيشة لتحقيق مستوى متقدم من التنمية البشرية . أن هذه التحولات في التنمية البشرية كانت تتطلب تحولا ملموسا في مجال استخدام الطاقة الكهربائية وتشكل الطاقة الكهربائية احد أهم مصادر الطاقة في الدولة، وهي تمثل احد الدعائم الأساسية للنمو كما أنها تعتبر أساسا لاستمرار الحياة ، ولقد شهد قطاع الكهرباء قفزات نوعية على مستوى مملكة البحرين ، ويتضح ذلك من خلال تطور القدرات المركبة والحمل الأقصى ونمو الاستهلاك والتحول في محطات الكهرباء من نظام الدورة البسيطة إلى الدورة المركبة.

هدف البحث: يهدف البحث إلى تشخيص واقع الطلب على الطاقة الكهربائية في مملكة البحرين لمعرفة مدى التقدم الحاصل في هذا المجال وتحليل تأثير بعض المتغيرات الاقتصادية في دالة استهلاك الطاقة الكهربائية في مملكة البحرين.

الفرضية: تنص فرضية البحث على أن الطلب على الطاقة الكهربائية في مملكة البحرين يزداد بوتيرة معتدلة تتناسب والتنمية البشرية فيها وان الطلب في تزايد مستمر.

مشكلة البحث: تزداد الحاجة إلى استخدام أوسع للطاقة الكهربائية في مملكة البحرين مع تزايد السكان والنمو المتواصل في الاقتصاد البحريني، ونتيجة لذلك فان الحكومة ملزمة ببناء مشاريع جديدة لتوليد الطاقة الكهربائية وتطوير تقنياتها لتلبية الطلب المحلي ولكافة الاستخدامات.

مدة البحث: يعد سبب اختيار المدة (1995-2008) لكون البيانات الخاصة بالبحث متوفرة للمتغيرات المؤثرة في استهلاك الطاقة الكهربائية بشكل عام لذا لم يتم استخدام المتغيرات الأخرى المؤثرة في الاستهلاك حسب نوع قطاع الاستهلاك، فضلا عن إن هذه المدة شهدت زيادة كبيرة في جميع المتغيرات الاقتصادية و بالأخص استهلاك الطاقة الكهربائية ولجميع أصناف الاستهلاك.

متغيرات البحث: تتضمن متغيرات البحث متغير استهلاك الطاقة الكهربائية ومتغير السكان ومتغير متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي وسعر وحدة الطاقة.

الطرق الإحصائية: تم استخدام الصيغ الدالية التالية في عملية التقدير والاختبار الاحصائية:

1. الصيغة الخطية.
2. الصيغة اللوغاريتمية المزدوجة.
3. الصيغة النصف لوغارتمية.
4. الصيغة الاسية.

كما تناول البحث المحاور التالية:

أولا: تطور قطاع الطاقة الكهربائية في مملكة البحرين.
ثانيا: تطور العلاقة بين الاستطاعة التوليدية والطلب الأقصى على الطاقة الكهربائية.
ثالثا: تطور كمية الطاقة الكهربائية المنتجة من المحطات في مملكة البحرين.
رابعا: تطور كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة في القطاعات الاقتصادية.
خامسا:مشروع الربط الكهربائي الخليجي.
سادساً: تأثير بعض المتغيرات الاقتصادية على دالة استهلاك الطاقة الكهربائية في البحرين.
سابعاً: تقدير دالة استهلاك الطاقة الكهربائية في مملكة البحرين.
ثامناً:توقعات الطلب على الطاقة الكهربائية في مملكة البحرين.

أولا: تطور قطاع الطاقة الكهربائية في مملكة البحرين:

تعد دراسة تاريخ تطور الطاقة الكهربائية في البحرين هي الوجه الآخر لدراسة التطور الاقتصادي والاجتماعي والسياسي والثقافي. فقد بدأت الحكومة بإقامة محطة صغيرة في راس رمان بالمنامة في الأربعينات من القرن المنصرم بمولدات ديزل صغيرة تكفي لإنارة الدوائر الحكومية الحديثة النشأة، بالإضافة إلى بعض البيوت للأسر الثرية أو من الأسرة الحاكمة، فقد كانت الكهرباء ترفاً لا يمكن أن يصل إلى بيوت الغالبية العظمى من سكان البحرين في تلك الفترة. ومع التطور الاقتصادي والاجتماعي لم تعد الاستخدامات الأولية للكهرباء - كالإنارة واستخدامها للراديو والمراوح الكهربائية - ترفاً لغالبية الناس، بل تحولت إلى ضرورات، بينما بقيت المكيفات أو البرادات المنزلية ترفاً في الخمسينات، فالمروحة كانت بديلاً عن المكيف واعتبرت في حد ذاتها تطوراً كبيراً في بعض البيوت. تزايد الاستهلاك على الطاقة الكهربائية بعد الحرب العالمية الثانية ، ولم تعد تلك المحطة الصغيرة قادرة على تلبية الطلب المتزايد، فأقيمت المحطة الأخرى في أم الحصم من أربع مولدات ديزل قدرة كل واحد منها ميكاواط واحد فقط [1]. مما اعتبر قفزة كبيرة في الخمسينات. لكن التطور السريع والكبير قد فرض جلب مولدات تستخدم طاقة أخرى تم اكتشاف كميات كبيرة منها، هي الغاز الطبيعي ، خاصة بعد أن بدأت تقارير شركات التنقيب تشير بوضوح إلى إن الاحتياطي النفطي يتناقص، ولم تنفع كل جهود التفتيش عن مناطق نفطية جديدة لزيادة الاحتياطي، مما دفع الحكومة إلى التحول إلى استيراد المولدات الغازية التي تولد كل منهما قرابة خمس ونصف ميكاواط من الشركات السويسرية ، واعتبر ذلك تحولاً كبيراً في القدرة الإنتاجية خاصة بعد استكمال المحطة الثانية ذات الخمس مولدات. مما يعني انه كان لدى البحرين في بداية الستينات قدرة إنتاجية تصل إلى ما يقرب 30 ميكاواط. وبدأ التوجه لاستيراد مولدات أكبر (25 ميكاواط) مع منتصف الستينات، حيث شيدت المحطة الثالثة في أم الحصم . لقد حدثت الطفرة الكبيرة في قطاع الكهرباء خلال فترة السبعينات حيث شكل ارتفاع أسعار النفط منذ العام 1972 حتى وصل ذروته في نهاية 1973 منعطفاً في الإنتاج الكهربائي، إذ شهدت البحرين وكل دول الخليج طفرات مالية كبيرة ساعدت على وضع خطط تنموية ضخمة كانت الكهرباء عنوان قدرة كل بلد على الاستفادة من هذه الطفرة أو مواكبتها واللحاق بها. ومن هنا كان من الضروري إقامة محطة الرفاع والاستفادة من إمكانيات شركة ألمنيوم البحرين (ألبا) في أنتاج الكهرباء وتحلية المياه ثم أقامة محطة الحد. ونظرا للتزايد المستمر في الطلب على الطاقة الكهربائية في فترة السبعينات والثمانينات بسبب زيادة عدد السكان وتطور مستوى المعيشة وإنشاء صناعات ومنشآت صناعية متعددة أدى إلى عملية التحول في استخدام الوحدات الإنتاجية لتوليد الكهرباء من مولدات ذات الطاقة المنخفضة متمثلة بالديزل إلى مولدات ذات طاقة مرتفعة متمثلة بالنوع البخاري والغازي بهدف استغلال الغازات المهدورة في الجو [2] وبالتالي إقامة محطات مركزية بدلا من المحطات الصغيرة المتعددة من اجل تقليل كلفة التشغيل إلى جانب ذلك ضرورة إنشاء شبكات نقل وتوزيع عالية الجودة. وقد شهد قطاع الطاقة الكهربائية في عقد السبعينات والثمانينات زيادة كبيرة في الطلب على الحمل الأقصى والاستهلاك ونتيجة لذلك فقد أزداد أنتاج الطاقة الكهربائية من (2637) كيكاواط. ساعة في عام 1985 ليصل إلى 4824 كيكاواط. ساعة في عام 1995 وأستمر الإنتاج بالتزايد ليلاحق الزيادة بالطلب في الفترات اللاحقة حتى وصل الإنتاج إلى حوالي11657 كيكاواط. ساعة في العام 2008 [6] . وبلغ معدل النمو السنوي لاستهلاك الكهرباء حوالي 6.23 % في السنة للمدة من 1985 إلى 2008 بينما بلغ معدل النمو السنوي لإنتاج الكهرباء بالبلاد خلال نفس المدة حوالي 6.13 %[4] * .

وتمتاز مملكة البحرين بكون المنظومات الكهربائية فيها تعتمد على الطاقة الحرارية، كما إن للطاقة الكهربائية أهمية خاصة ، نظرا للظروف المناخية من ناحية واعتمادها على عدد من الصناعات كثيفة الاستخدام للطاقة
الكهربائية من ناحية أخرى مثل صناعة تكرير النفط والحديد والصلب وصناعة الألمنيوم والبتر وكيمياويات

---

*استخدمت الطريقة التالية في حساب معدل النمو السنوي $(\sqrt[n]{Q1/Q0}-1)\times 100$
حيث إن :
R : معدل النمو السنوي
Q0 :سنة الأساس
Q1: سنة المقارنة ، n : عدد السنوات

والأسمدة. حيث يعتمد توليد الطاقة الكهربائية فيها أساسا على استخدام المشتقات النفطية والغاز الطبيعي في معظم المحطات الكهربائية. حيث تستخدم البحرين الوحدات الغازية بصورة مكثفة اذ تشكل قدرات التوليد الغازية كل قدرة التوليد الحراري المركبة تقريبا وتساهم التوربينات الغازية بقدر كبير من مجمل القدرة التوليدية ويرجع ذلك إلى توفر الغاز الطبيعي اللازم كوقود لهذه الوحدات بالإضافة إلى إمكانية وضع هذه الوحدات في الخدمة في غضون فترة سنتين مقارنة بحوالي خمس سنوات في حالة الوحدات البخارية. وقد بذلت المملكة جهودا منظمة لاستخدام احتياطيها الوفير من الغاز لمقابلة احتياجاتها المستقبلية في مجال الطاقة الكهربائية. واستمر الاهتمام بهذا القطاع لكونه عصب الحياة لكثير من القطاعات، وقد وضعت له عدة استراتيجيات للنهوض به ومواكبة التطور خلال فترة الثمانينات إذ تم التركيز بالدرجة الأولى على إنشاء المحطات الكهربائية ذات النوع الغازي ومن ثم المحطات البخارية بالإضافة إلى أنشاء وتطوير شبكات النقل والتوزيع بهدف تلبية الطلب المتزايد على الطاقة الكهربائية في مختلف مناطق الدولة. والى جانب توليد الكهرباء من المنشات الحكومية تقوم بعض الشركات الخاصة بتوليد طاقة كهربائية من مصادر حرارية وهي تزود الشبكة الوطنية بقدرة توليد حرارية عبر مصنع ألمنيوم البحرين " ألبا" المربوطة بالشبكة الكهربائية وتقوم الحكومة البحرينية بشراء حوالي 1100 كيكا.واط . ساعة سنويا لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة في الشبكة[5] .

جدول (1)
المحطات الكهربائية في مملكة البحرين

اسم المحطة	الحد	المنامة	المحرق	الرفاع	سترة	مستورد من(البا)
نوع الوحدات المستخدمة	وحدات غازية	وحدات غازية وديزل	وحدات غازية وديزل	وحدات غازية	وحدات بخارية وغازية	غازية

المصدر : وزارة الكهرباء والماء ، مملكة البحرين

وتعتبر الكهرباء أحدى أهم القوى المحركة للصناعة ، إذ أن الكثير من الصناعات تعتمد على توفر مصدر رخيص نسبيا للكهرباء وفي البحرين هناك العديد من الصناعات مثل صناعة الألمنيوم وصناعة الأسمدة وتكرير النفط ، حيث استفادت البحرين من توفر الغاز الطبيعي باستخدامه في توليد الكهرباء لتصنيع الألمنيوم الأولي ويجري حاليا تنفيذ عدة مشاريع لتوليد الطاقة الكهربائية، حتى وصل الإنتاج إلى أكثر من2736ميكاواط في العام 2008 [6] . ولا يزال الطلب يتزايد مع تزايد حركة البناء والعمارات الضخمة وتطوير الكثير من المرافق، إضافة إلى مشاريع المدن السكنية الكبرى.

ثانيا: تطور العلاقة بين الاستطاعة التوليدية والطلب الأقصى على الطاقة الكهربائية:

لغرض التعرف على طبيعة التطور الحاصل بالطاقة الكهربائية في دولة ما ، ينبغي التعرف أولاً على الاستطاعة التوليدية للمحطات الكهربائية في الدولة ، وتعرف الاستطاعة التوليدية Installed Capacity بأنها قدرة المحطات الكهربائية المقامة في دولة ما على أنتاج الطاقة الكهربائية مقاسه بالكيلوواط أو أية وحدة من وحدات القدرة [7]. وكما يطلق عليها أيضا الاستطاعة المركبة أو التصميمية. وقد عرفها أيضا بعض المختصين في مجال الطاقة الكهربائية بأنها معدل القيام بالعمل أو معدل استعمال الطاقة خلال زمن معين. وعليه فإذا قلنا إن استطاعة محطة توليد هي 400 كيلو واط فأن ذلك يعني إن هذه المحطة تقدم طاقة قدرها 400 كيلو واط في الساعة الواحدة.[8].لذا فأنه من الضروري توفير قدر من الاستطاعة التوليدية الاحتياطية لأي نظام كهربائي كفوء وذلك لتعويض النقص الذي يحصل نتيجة التوقف الاضطراري لإحدى وحدات التوليد بسبب الحالات الطارئة أو التوقف المبرمج لأحدى هذه الوحدات لأجراء الصيانة الوقائية اللازمة لها.أما فيما يخص الطلب الأقصى فيقصد به درجة الانتفاع من النظام الكهربائي ، أي بمعنى آخر انه يمثل كفاءة الطاقة المهيأة لإغراض الاستخدام النهائي [9]. ويحصل الطلب الأقصى خلال ساعات اليوم أو الشهر أو السنة وذلك عندما يعمل عدد كبير من الأجهزة الكهربائية في آن واحد حيث أن استخدام الكهرباء لا يستمر بنفس وتيرة أقصى طلب طيلة ساعات اليوم أو الشهر أو السنة وإنما يتحقق الطلب الأقصى خلال ساعات معينة. يتضح مما تقدم أن العلاقة بين الاستطاعة التوليدية والطلب الأقصى هي علاقة طردية، أي انه كلما ارتفع الطلب الأقصى على الطاقة الكهربائية كلما تطلب زيادة الاستطاعة التوليدية للمحطات الكهربائية ، فتشير البيانات المبينة بالجدول رقم (2) ، بأن قطاع الكهرباء في مملكة البحرين شهد تطورا كبيرا من خلال التطور الحاصل في العلاقة بين الاستطاعة التوليدية والطلب الأقصى أي بمعنى آخر زادت الوحدات التوليدية للمحطات بنسب كبيرة اذ ارتفعت الاستطاعة التوليدية من 990 ميكاوات في سنة 1995 إلى 2736 ميكاواط في عام 2008 بمعدل نمو سنوي بلغ 7.4% ، في الوقت الذي ازداد فيه الطلب الأقصى من 952 ميكاوات في عام 1995 إلى 2314 ميكاوات في سنة 2008 بمعدل نمو سنوي مقداره 6.3 % . يتضح من ذلك اتساع الفجوة بين الاستطاعة التوليدية والطلب الأقصى إذ ارتفعت من 38 ميكا وات في عام 1995 إلى 422 ميكاوات في عام 2008، بمعدل نمو سنوي بلغ 10.1 %. وهذا يدل على أن الدولة تمتلك احتياطي في الطاقات التوليدية يفوق الاحتياجات لكل عام. ويعود السبب الرئيس في ذلك إلى التوسع الذي حصل في قطاع الكهرباء من خلال بناء المحطات التوليدية الجديدة الذي يعكس مدى اهتمام الدولة بتوفير الاحتياطي من الطاقة الكهربائية للحالات الطارئة، ومنع حدوث أنقطاعات في التيار الكهربائي.

الجدول (2) :تطور الاستطاعة التوليدية والطلب الأقصى لدولة البحرين للمدة 1995 -2008

السنة	الاستطاعة التوليدية ميكاواط	معدل النمو %	الطلب الأقصى ميكاواط	معدل النمو %
1995	990	/	952	/
1996	1138	14.9	1050	10.3
1997	1286	13.0	1044	-0.6
1998	1219	-5.2	1159	11.0
1999	1207	7.2	1217	5.0
2000	1399	7.0	1307	7.4
2001	1409	0.7	1376	5.3
2002	1559	10.6	1459	6.0
2003	1609	3.2	1535	5.2
2004	1849	14.9	1632	6.3
2005	1860	0.6	1713	5.0
2006	1890	1.6	1730	1.0
2007	2287	1.2	2136	1.2
2008	2736	1.19	2314	1.08
متوسط معدلات النمو السنوية للمدة 1995-2008		% 7.4		% 6.3

المصادر:

العمودين 1 ,3 المدة 1995 -1999 الأمانة العامة لجامعة الدول العربية وآخرون، تقرير الاقتصادي العربي الموحد، أيلول ، 2000 ، ابو ظبي ، دولة الأمارات العربية المتحدة ، ص 292.

المدة 2000-2008 الأمانة العامة لمجلس التعاون لدول الخليج العربي ، مركز المعلومات ، إدارة الإحصاء ، www. cio . gov.bh/ default.asp

العمود 2 ، 4 تم حسابهما باستخدام الصيغة التالية:

$$R = \frac{Pn - Po}{Po} * 100$$

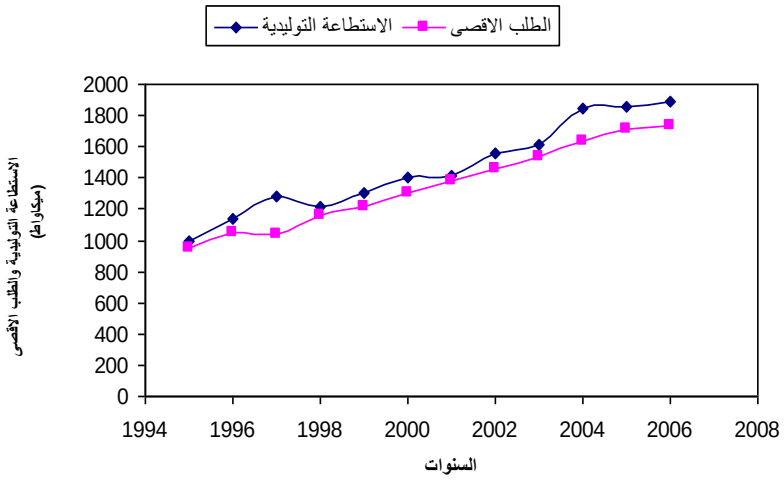
حيث R = معدل النمو السنوي، P n = سنة المقارنة ، Po = سنة الأساس

$$AR = \frac{\sum R}{n}$$

حيث AR = متوسط معدلات النمو السنوية ، $\sum R$ = مجموع معدلات النمو السنوية،n = عدد السنوات

ويمكن توضيح تطور الاستطاعة التوليدية والطلب الأقصى للمدة(1995-2008) بالشكل(1).

الشكل (1)
تطور الاستطاعة التوليدية والطلب الأقصى للطاقة الكهربائية في البحرين
للمدة(1995 – 2008) (ميكاواط)



المصدر: رسم من قبل الباحثين بالاعتماد على بيانات الجدول (2)

يتضح من الشكل البياني أعلاه بان مملكة البحرين أصبحت تمتلك استطاعة توليدية تفوق الطلب الأقصى في العام 2003 وما تلاها مما يعني نجاح هذه الدولة في الاحتفاظ بجزء من الاستطاعة التوليدية في محطاتها للحالات الطارئة أو غير المتوقعة التي قد تحصل في المستقبل لتقليل آثار عدم القدرة على تخزين الكهرباء فضلا عن توقع اتساع الفجوة خلال السنوات القليلة القادمة.

ثالثا: تطور كمية الطاقة الكهربائية المنتجة من المحطات في مملكة البحرين.

تختلف عمليات إنتاج الطاقة الكهربائية بين دول العالم تبعا لاختلاف مصادر أنتاجها، إذ يتم إنتاج الطاقة الكهربائية في مملكة البحرين من مصادر الوقود الأولي (التقليدي) المتمثل بالنفط والغاز الطبيعي ، ويمكن تقسيم المحطات الكهربائية في البحرين إلى أربعة أنواع تبعا لتوافر مصادر أنتاجها وهي المحطات الغازية والمحطات البخارية ومحطات الدورة المركبة ومحطات الديزل . إذ تبلغ نسبة مساهمة المحطات الغازية في إجمالي الإنتاج بحدود 46.93 % بينما المحطات البخارية بحدود 34.26 % تليها محطات الدورة المركبة بنسبة 15.87% أما محطات الديزل فهي بحدود 2.9 % **[10]**، وهذا يدل على أن المحطات الغازية تعد المصدر الأساسي في عملية الإنتاج للدولة وتحتل المرتبة الأولى من بين باقي مصادر الطاقة الأخرى. ولقد ازداد الاهتمام بالمحطات الغازية في معظم الدول التي لها احتياطات غازية ، لذا فهي تعد من أكثر الأنواع نجاحا في توليد الطاقة الكهربائية، ويرجع سبب ذلك إلى سرعة وسهولة تشغيلها فضلا عن ارتفاع كفاءتها، إذ يستخدم هذا النوع في تغذية الطلبات القصوى عند حدوث زيادة في الطلب ، ويمتاز هذا النوع من المحطات بما يلي: **[11]**

1. سرعة التشغيل ، إذ تصبح الوحدة الإنتاجية جاهزة لتزويد الإنتاج خلال 15 دقيقة.
2. انخفاض نفقات الصيانة والأجور فضلا عن انخفاض نسبة استهلاكها من الوقود واعتمادها بالدرجة الأولى على الغاز الطبيعي.
3. انخفاض كلفة البناء والإنتاج مقارنة بالمحطات البخارية.
4. لا تحتاج إلى المياه مما يجعلها ملائمة لكثير من المناطق التي تعاني من شحة المياه، وخاصة دول مجلس التعاون الخليجي، كما أنها تقلل من كمية الغازات المنبعثة إلى الجو ، وبالتالي تعد من أفضل أنواع مصادر الطاقة في حماية البيئة مقارنة بأنواع مصادر الطاقة التقليدية الأخرى.
5. انخفاض فترة البناء ، إذ تقدر فترة البناء بحدود 6 – 10 أ شهر.

اما النوع الثاني من المحطات فهي البخارية والتي تحتل المرتبة الثانية في عملية الإنتاج وتعتمد على النفط والغاز معا، ويمتاز هذا النوع من المحطات بالاتي:**[12]**

1. طول فترة التشغيل اذ تصبح الوحدة الإنتاجية جاهزة لتزويد بالأنتاج خلال 7 ساعات أو أكثر.
2. طول فترة البناء ، إذ تقدر فترة البناء بحدود 4 -5 سنوات فضلا عن ارتفاع كلفتها.
3. تحتاج إلى المياه ، مما يجعلها ملائمة لكثير من المناطق التي تتواجد فيها المياه.
4. تستخدم بصورة رئيسية في تغذية الطلبات الاعتيادية للمنظومة الكهربائية.

وتحتل محطات الدورة المركبة المرتبة الثالثة وقد تم تحويل عدد كبير من محطات التوليد الغازية إلى محطات تعمل بنظام الدورة المركبة وذلك بإضافة مبادلات حرارية ووحدات توليد غازية نظرا لان كفاءة محطات التوليد التي تستخدم الدورة المركبة تبلغ حوالي 55 – 60 % مقارنة بحوالي 30-40 % في حالة المحطات التي تعمل على نظام الدورة البسيطة. إن التوليد المشترك يعني إنتاج شكلين متتابعين أو أكثر من أشكال الطاقة (كهرباء وحرارة أو كهرباء وماء) باستخدام احد أنواع الوقود المعروفة. ويمكن لأنظمة التوليد المشترك الحديثة أن تحقق كفاءة حرارية تصل إلى 82%، مما يجعلها أفضل بكثير من الدورة التقليدية لتوليد الكهرباء والتي تصل كفاءتها إلى 40% كحد أقصى [13] .ومع ارتفاع تكلفة الوقود ، تزداد الجدوى الاقتصادية للتوليد المشترك كما انه وفي نفس الوقت يمكن تطبيق الشروط البيئية كنتيجة لاستخدام وقود اقل . لقد لجأت البحرين مع اغلب دول مجلس التعاون الخليجي مؤخرا إلى بناء محطات بدورة مركبة، للاستفادة من عملية البخار المتولد من التوربينات الغازية لإنتاج الكهرباء عن طريق مولدات بخارية، دون الحاجة إلى حرق وقود إضافي لتدوير التوربينات البخارية، إضافة إلى سعيها إلى إقامة المشاريع المشتركة لتوليد الكهرباء وتحلية المياه، كما قامت بتحويل محطات غازية لتعمل بنظام الدورة المركبة، وذلك لاستغلال الكفاءة المرتفعة لتلك المحطات لتخفيض تكلفة الوقود[14] . ومن الجدير بالذكر إن التطور في حجم وحدات التوليد، وفي خصائصها التكنولوجية فضلا عن زيادة استخدام الدورة المركبة قد أديا إلى حدوث تحسن مواز في الكفاءة الحرارية لمحطات التوليد. مما يجعل للاستفادة من وحدات التوليد الأكثر كفاءة ذات مردود اقتصاديا مجزي [15]. ومن شأن ربط الشبكات الكهربائية ، مع تحسين كفاءة التوليد بتقليل فقدان الحرارة والبخار وتنظيم الأحمال الكهربائية والتخفيف من استعمال وقود الديزل اللازم لتشغيل التوربينات الغازية التي تستعمل لمواجهة أحمال الذروة ، من شأن كل ذلك أن يرفع من كفاءة التوليد ويخفض من متوسط الاستهلاك النوعي للمحطات. وان تحسين كفاءة أنظمة الطاقة الكهربائية تؤدي إلى تقليل الاستهلاك من النفط والغاز. وتبلغ الطاقة المركبة في المملكة لعام 2008 حوالي 2736 ميكاواط منها1630كيكاواط اوما يعادل 59% تعمل بنظام التوليد المشترك.أما محطات الديزل فتحتل المرتبة الرابعة في عملية الإنتاج فهي تعتمدعلى الكازويل وتبلغ مساهمتها بالانتاج نسبة ضئيلة جدا.

جدول (3) : كمية الطاقة المنتجة من المحطات الكهربائية بدولة البحرين للمدة 1995 -2008

السنوات	كمية الطاقة المنتجة (ميكاواط.ساعة)	معدل النمو % 2
1995	4611920	/
1996	5016070	8.7
1997	5040450	0.4
1998	5773300	14.5
1999	5955730	3.15
2000	6297380	5.7
2001	6779390	7.6
2002	7278130	7.3
2003	7767580	6.7
2004	8267300	6.4
2005	8269530	0.027
2006	8453249	2.22
2007	10689000	1.26
2008	11657000	1.09

ومن خلال ملاحظة بيانات جدول رقم (3) يتبين إن كمية الطاقة الكهربائية المنتجة في مملكة البحرين قد حققت تطورات متزايدة خلال المدة (1995 -2008) إذ ارتفعت الطاقة المنتجة من 4611920 ميكاواط . ساعة في عام 1995الى 11657000 ميكاواط . ساعة في عام 2008 ، أي بمعدل نمو سنوي قدره6.7%.

رابعا: تطور كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة في القطاعات الاقتصادية:

تفيد الإحصائيات بالزيادة المطردة في استهلاك الكهرباء بالمملكة وخصوصاً خلال فصل الصيف في التكييف الحراري للمباني والمنشات ، وهذا المنحى سيظل في زيادة مطردة مع زيادة النمو السكاني آذ بلغ معدل النمو السكاني 2% للمدة (1985-2008) [16] ونصيب الفرد المتزايد من استهلاك الطاقة والذي بلغ في العام 2008 حوالي (8653) كيلوواط. ساعة.ونظرا للنمو المتزايد في الناتج المحلي الإجمالي لدولة البحرين وارتفاع متوسط دخل الفرد البحريني وتقدم معدلات نمو التنمية البشرية والاقتصادية فقد ارتفع استهلاك وحدات الطاقة الكهربائية في مختلف القطاعات في دولة البحرين من 4304000 ميكاواط . ساعة في عام 1995 إلى 9718000 ميكاواط . ساعة في عام 2008 أي بمعدل نمو سنوي مقداره 5.8 % ، كما بلغ متوسط معدلات النمو السنوية لإجمالي

استهلاك الطاقة الكهربائية في البحرين حوالي 6.03 % خلال مدة الدراسة. وهذا المتوسط أقل من متوسط معدلات النمو السنوية لإجمالي الطاقة المنتجة البالغ 6.7 %، وهذا مؤشر ايجابي على مدى الانتشار الواسع للطاقة الكهربائية في مختلف المجالات والذي أدى بدوره إلى انتعاش ونهوض الاقتصاد البحريني في كافة مجالات الحياة كما يدل على قدرة دولة البحرين في الاستمرار بإمداد الطاقة الكهربائية على المدى المتوسط والطويل. أن التطور الاقتصادي وزيادة الطاقة الصناعية وتسارع النمو السكاني إضافة إلى زيادة دخل الفرد تؤدي إلى زيادة الطلب على الطاقة الكهربائية ونتيجة لذلك فقد أزداد أنتاج وتوزيع الكهرباء خلال السنوات الماضية بشكل متواصل.

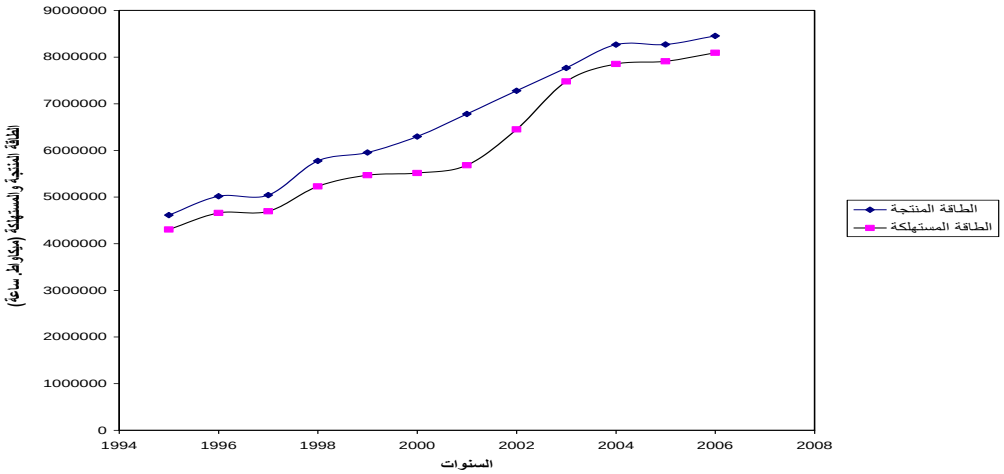
الجدول(4) : **استهلاك الكهرباء حسب القطاعات في البحرين (كيكاواط.ساعة)**

السنة	القطاع المنزلي	%	القطاع التجاري	%	القطاع الصناعي	%	القطاعات الاخرى	%	الاجمالي
1995	2609	60	1227	28	468	10.8	28	0.64	4332
1996	2651	56.9	1241	26.6	654	14	112	2.4	4658
1997	2673	56.9	1252	26.6	656	13.9	114	2.42	4695
1998	2984	57	1307	25	804	15.4	121	2.319	5216
1999	3091	56	1489	27.2	854	15.6	35	0.63	5469
2000	3095	56	1525	27.6	862	15.6	34	0.616	5516
2001	3161	55	1607	28.3	878	15.4	34	0.59	5680
2002	3525	54	1710	26.5	1179	18.27	36	0.558	6450
2003	3846	51	2038	27.2	1459	19.5	134	1.792	7477
2004	3935	50	2157	27.5	1592	20	167	2.127	7851
2005	4060	51	2160	27.3	1520	19	170	2.15	7910
2006	4160	51	2190	26.9	1590	19.5	198	2.4	8138

المصدر: الأمانة العامة لمجلس التعاون لدول الخليج العربي ، مركز المعلومات ، إدارة الإحصاء . **www.cio.gov.bh/ default . aps** .
(الأعمدة 3،**5**،7،9،11 تم احتسابها من قبل الباحثين)

ومن ملاحظة بيانات الجدول رقم (4) يتبين إن القطاع المنزلي قد ساهم بالنصيب الأكبر من بين القطاعات خلال المدة 1995 - 2006 إذ حقق القطاع المنزلي متوسط نسبة مئوية 54.8 % من مجموع الطاقة الكهربائية المستهلكة, يليه القطاع التجاري بمعدل27.1 % ثم القطاع الصناعي بمعدل 16.47% تليها القطاعات الأخرى بمعدل 1.6%. أي إن معظم الطاقة الكهربائية تستهلك للأغراض المنزلية والتجارية، لذا فان تطور النشاط الخدمي قد اثر تأثيرا كبيرا على رفع كمية الكهرباء المستهلكة في الدولة. اذ جاء ارتفاع الاستهلاك في القطاع المنزلي متزامنا مع زيادة متوسط نصيب الفرد فضلا عن زيادة نسبة التحضر واستخدام الطاقة الكهربائية في الأدوات والأجهزة المنزلية الحديثة. بينما احتل قطاع الصناعة المرتبة الثالثة في استهلاك الطاقة الكهربائية اذ تم استخدامها في المشاريع الصناعية المختلفة مثل صناعة الألمنيوم والأسمدة وتكرير النفط. وأخيراً احتلت القطاعات الأخرى المرتبة الرابعة والأخيرة في استهلاك الطاقة الكهربائية فقد استخدمت الطاقة الكهربائية في مجالات متعددة مثل الزراعة و استخدامها في المستشفيات ودور العبادة والدوائر الحكومية والوزارات الأخرى. ويمكن توضيح الطاقة المنتجة والمستهلكة في البحرين بيانياً بالشكل(2).

الشكل (2)
الطاقة الكهربائية المنتجة والمستهلكة في البحرين



المصدر: رسم من قبل الباحثين بالاعتماد على بيانات الجدولين (3)و (4)

ويتضح من الشكل البياني رقم (2) بان منحنى الطاقة المنتجة يعلو منحنى الطاقة المستهلكة ، وهذا يؤكد وجود فائض بكمية الطاقة المنتجة إذ يهدف هذا الفائض إلى تحقيق الرفاهية الاقتصادية لدى الفرد البحريني وبالتالي يؤدي إلى رفع مستوى الرفاهية للمجتمع. ولمواجهة النمو في الطلب على الطاقة الكهربائية فأن مملكة البحرين بحاجة لإنشاء محطات توليد جديدة إضافة إلى الحاجة لتوسعة شبكات النقل والتوزيع التابعة لها لمواكبة الزيادة في الطلب على الكهرباء، ونتيجة لذلك فقد أزداد عدد محطات التحويل الرئيسية في المملكة ، كما أن عملية التحديث والتطوير والتوسعة مستمرة لشبكة التوزيع الكهربائية فتم استحداث شبكة نقل رئيسية 220 كيلوفولت وشبكتي نقل ثانويتين ، إحداها بجهد 66 كيلوفولت والأخرى بجهد 33 كيلوفولت ، لنقل الطاقة المولدة من محطات الإنتاج إلى محطات النقل المشيدة في مراكز الأحمال ، وتخرج من هذه المحطات شبكة توزيع ذات جهد 11 كيلوفولت لتغذي محطات التوزيع الفرعية المنتشرة في مدن وقرى مملكة البحرين. ونتيجة لزيادة الطلب على الكهرباء إضافة إلى ارتفاع نسبة الفاقد في شبكات النقل والتوزيع بسبب ارتفاع نسبة التحميل عليها، حيث تشير الإحصائيات إلى إن النسبة المئوية للطاقة الكهربائية المفقودة في قطاعات التوليد والنقل والتوزيع بلغ 8.9% في مملكة البحرين لعام 2006 [17]، حيث أصبح من الضروري خفض النفقات الرأسمالية وتأجيلها من خلال تنفيذ برامج لحفظ الطاقة الكهربائية على جانبي العرض والطلب والى أشراك القطاع الخاص في تمويل التوسعات ، من خلال تنفيذ ترتيبات البناء والتملك والتشغيل ونقل الملكية BOT ، إضافة إلى ربط الشبكة الكهربائية من خلال مشروع الربط الخليجي كأحد الوسائل الأكثر فعالية لزيادة كفاءة وموثوقية الطاقة الكهربائية والحفاظ عليها. كما لجأت المملكة إلى بناء محطات بدورة مركبة كأحد الحلول لتحسين الإنتاج ، وتم التحول من مولدات الديزل إلى التوربينات الغازية والبخارية، واستغلال الطاقة الحرارية المهدورة من غازات العوادم الناتجة من احتراق الوقود بتركيب محطات مزدوجة (توليد وتحلية)، و إقامة محطات مركزية بدلاً من المحطات الصغيرة المتعددة بهدف تقليل كلفة التشغيل إلى جانب أنشاء شبكات نقل وتوزيع عالية الجودة.

خامسا : مشروع الربط الكهربائي الخليجي:

قطاع الكهرباء يحظى بالكثير من الاهتمام والمتابعة من قبل المسؤلين في مملكة البحرين وقد تمثلت احد مشاهد هذهِ الرعاية الخاصة بالتوجه لربط المنظومة الكهربائية الخليجية . وتقدر التكاليف الإجمالية لمشروع الربط الكهربائي الخليجي بنحو ملياري دولار أمريكي [18].ويتكون المشروع من ثلاث مراحل تربط الأولى كل من السعودية والكويت وقطر والبحرين بخط على الجهد 400 كيلو فولت وبطول إجمالي قدرة 990 كم يصل بين محطة الزور في الكويت وغوتان في السعودية ثم إلى الجسرة في البحرين والى سلوى ثم إلى الدوحة في قطر ثم إلى طارف في دولة الأمارات .وان تكاليف المرحلة الأولى تبلغ 1.92 مليار دولار حيث أن حكومات الدول الأربعة تعهدت بتأمين 35% من إجمالي التكاليف مقابل 65% سيتم تأمينها عن طريق القروض المصرفية [19]. أما المرحلة الثانية فتقوم بربط شبكتي كهرباء دولة الأمارات العربية المتحدة وسلطنة عُمان بخط كهربائي من دائرتي جهد 220 كيلو فولت. أما المرحلة الثالثة فسيتم في هذهِ المرحلة ربط المرحلة الأولى مع المرحلة الثانية . وتتمثل المنافع الاقتصادية التشغيلية لمشروع الربط الكهربائي في الوفورات في تكاليف الوقود والتشغيل والصيانة لوحدات التوليد وفي الفائدة المترتبة على زيادة اعتما دية الشبكة بتقدير الخسارة في الاقتصاد ككل من جراء توقف التيار وبصفة خاصة في قطاع الصناعة وتقدر هذهِ الوفورات الناتجة من مشروع الربط الخليجي بحوالي 22.0 مليون دولار سنوياً[20]. وقد تم حسابها على أساس دولار/ك.و.س من الطاقة غير المزودة سوف تشكل خطوط الربط قدرة توليد

إضافية للدول المرتبطة فعلى سبيل المثال سوف تشكل القدرة التي يمكن لمملكة البحرين الحصول عليها من خلال الربط حوالي (10.4 %) من تلك القدرة عام 2028 لتلبية أحمال الذروة [21].ونظراً لأن الحمل الأقصى في الدول الست يقع خلال فصل الصيف وفي أيام متقاربة فأن الفوائد الرئيسية للمشروع تتمثل في تخفيض قدرات التوليد المركبة نتيجة للمشاركة في الاحتياطيات ما بين الأنظمة الكهربائية وما يتبعها من انخفاض في نفقات التشغيل والصيانة.

سادسا : تأثير بعض المتغيرات الاقتصادية على دالة استهلاك الطاقة الكهربائية في البحرين:

تؤكد معظم كتب التنمية والنظرية الاقتصادية على أهمية الاستهلاك بعده المحدد الأول للنشاط الاقتصادي في الدولة لان أي نشاط إنتاجي هدفه النهائي خلق وتقديم السلع والخدمات للمستهلكين بشكل مباشر أو غير مباشر.لذا تعد دالة الاستهلاك من أهم النماذج المستخدمة في معظم الدراسات الاقتصادية، كما أكدت نظريات عديدة على إن حجم المتغيرات في دالة الاستهلاك بالنسبة لأي سلعة هي مستوى الأسعار وحجم السكان ودخل المستهلك أي إن دالة الاستهلاك تأخذ الصيغة التالية [22]:

$$C = B_o + B_1 Y + B_2 N + B_3 P + u_1 \quad .....(1)$$

إذ إن **B0** تمثل المقطع الصادي وتمثل الاستهلاك المستقل (حد الكفاف) و **Y** يمثل دخل المستهلك و **N** تمثل عدد السكان و **P** تمثل مستوى أسعار الطاقة و (B_1, B_2, B_3) تمثل معاملات المتغيرات المستقلة في المعادلة ، و u_1 المتغير العشوائي.وهناك نماذج قياسية تناولت دالة الاستهلاك على المستوى الكلي ومن هذه النماذج نموذج كليفن القياسي ويتلخص بالاتي [23] :

$$C_t = B_o + B_1 \prod_t + B_2 (w + w^-)t + B_3 \prod_{t-1} + u_2 \quad .....(2)$$

إذ إن **C** تمثل الاستهلاك ، و **w** تمثل الأجور في القطاع الخاص ، و w^- يمثل الأجور في القطاع العام ، و$\prod$ يمثل الربح ، و **t** تمثل الزمن، و **u** المتغير العشوائي. أي إن هذا النموذج تناول تأثير كل من الأجور في القطاع الخاص والعام والربح على متغير الاستهلاك. أما فيما يخص تأثير بعض المتغيرات الاقتصادية في دالة استهلاك الطاقة الكهربائية في مملكة البحرين فيمكن توضيحها من خلال الجدول رقم (**5**) .

جدول (5): متغيرات كمية استهلاك الطاقة الكهربائية وعدد السكان ومتوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي للمدة 1995-2008

السنة	كمية الطاقة المستهلكة ميكاواط.ساعة	عدد السكان (ألف نسمة)	متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي (ألف دولار)
1995	4332000	587	9965
1996	4658000	574	10230
1997	4695000	589	10986
1998	5216000	605	11348
1999	5469000	621	11240
2000	5516000	638	12493
2001	5680000	655	12105
2002	6450000	672	12635
2003	7477000	690	14127
2004	7851000	708	15869
2005	7910000	889	18521
2006	8138000	960	21223
2007	9486000	1039	24151
2008	9718000	1123	21672

المصدر: 1)الأمانة العامة لمجلس التعاون لدول الخليج العربي ، مركز المعلومات ، إدارة الإحصاء **. www.cio.gov.bh/ default aps** ، 2) المصدر للعمود السادس: صندوق النقد الدولي **www.amf.org.ae**

إذ تشير بيانات الجدول(5) إلى إن معدل النمو السنوي لإجمالي سكان البحرين بلغ 5.12 % خلال المدة (1995 – 2008) في الوقت الذي بلغ فيه معدل النمو السنوي لإجمالي الكهرباء المستهلكة حوالي **6.03** % خلال مدة الدراسة.إن

تسارع النمو السكاني إضافة إلى زيادة دخل الفرد تؤدي إلى زيادة الطلب على الطاقة الكهربائية وهذا يدل على إن متغير السكان يؤثر على دالة استهلاك الطاقة الكهربائية لهذا يمكن صياغة معادلة الاستهلاك بالصيغة التالية:

$$C = Bo + B_1 N + u_3 \quad .....(3)$$

حيث C تمثل إجمالي الاستهلاك للطاقة الكهربائية و (N) تمثل إجمالي السكان و u تمثل المتغير العشوائي.أما متغير نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي فيلاحظ من بيانات الجدول رقم (5) بأنه قد ارتفع من 9965 دولار في عام 1995 إلى 21672 دولار في عام 2008 أي بمعدل نمو سنوي مقداره 5.6% . وقد أكدت اغلب الدراسات الاقتصادية على أن المستهلك يتأثر بمقدار دخله المتاح أو القابل للتصرف ، أي إن العلاقة بين دخل المستهلك ومقدار استهلاكه من الكهرباء علاقة طردية إلى حد ابعد مما تصوره انجل من خلال قانونه المعروف والذي ينص على أن نسبة ما يخصصه الفرد من دخله للأنفاق على السلع والخدمات الضرورية يتناقص مع زيادة الدخل ، وبالتالي فان الطلب على الكهرباء هو طلب مشتق من الطلب على الاجهزة والأدوات والمعدات التي تستند في عملها استهلاك الكهرباء وبكميات كبيرة. لذا فان متغير نصيب الفرد من الناتج المحلي البحريني يؤثر على معادلة استهلاك الطاقة الكهربائية ، لهذا يمكن صياغة معادلة الاستهلاك بالصيغة التالية:

$$C = Bo + B_1 Y^* + u_4 \quad .....(4)$$

C تمثل الاستهلاك ، و $\mathbf{Y^*}$ (*) متوسط نصيب الفرد البحريني من الناتج المحلي الإجمالي و **u** المتغير العشوائي .أما فيما يخص تأثير المتغيرات الاقتصادية الأخرى كأسعار الوحدات الكهربائية المباعة إلى القطاعات وأسعار الوقود المستخدمة في توليد الطاقة الكهربائية فقد تم استبعادها من دالة استهلاك الطاقة الكهربائية باعتبار إن متغير السعر من الناحية النظرية يتميز بضعفه لمجموع استخداماته في المدى الطويل ، ولكون الطاقة الكهربائية سلعة ضرورية لايمكن للمستخدم التنازل عنها واعتماده الكبير عليها في انجاز الكثير من الأعمال الإنتاجية والاستهلاكية بكفاءة عالية ويساعد في ذلك عدم وجود بدائل قريبة منها وبالمزايا نفسها الاقتصادية والفنية والبيئية، لهذا فان تحديد أسعار الطاقة الكهربائية يكون بعيدا عن تفاعل قوى العرض والطلب (الية السوق)بل تعتمد على التكلفة الحدية لإنتاج الكيلوواط . ساعة في الأجل الطويل والحال كذلك لبدائل الطاقة الكهربائية نفسها(النفط الخام ومشتقاته والغاز الطبيعي والفحم) [24] ، لهذا تم استبعاد متغير السعر من دالة استهلاك الطاقة الكهربائية بوصف تأثيره ضعيف جدا لكونه مدعوما من قبل الدولة، إذ لم يتجاوز سعر التعريفة للوحدة الكهربائية في جميع القطاعات 16 فلسا للكيلووات . ساعة كذلك الحال بالنسبة إلى تأثير متغير سعر الوقود المستخدم في الإنتاج وهو تأثير ضعيف لكونه مدعوم من قبل الدولة. لذا فقد تم استبعاد هذين المتغيرين من معادلة استهلاك الطاقة الكهربائية.

سابعا: تقدير دالة استهلاك الطاقة الكهربائية في مملكة البحرين:

من خلال الدراسات السابقة تبين إن أهم المتغيرات التي تؤثر على استهلاك الطاقة الكهربائية **y** هي المتغيرات التالية:

X1: عدد السكان

X2: متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي

X3: الأسعار

وان تأثير هذه المتغيرات يكون خطيا.

وبما إن الأسعار ثابتة لكافة السنوات فانه تم اخذ متغيري عدد السكان ومتوسط نصيب الفرد من الدخل لتحديد أي المتغيرات التي توثر في استهلاك الطاقة الكهربائية بالبحرين.

حيث تم دراسة تأثير كل متغير على استهلاك الطاقة الكهربائية على حدة ثم بعد ذلك تم دراسة تأثير المتغيرات المؤثرة معا على دالة استهلاك الطاقة الكهربائية وكما يأتي:

1- إيجاد معادلة تقدير متغير عدد السكان مع متغير استهلاك الطاقة الكهربائية

$$Y = B_0 + B_1 X_1 \quad .....(5)$$

وكانت النتائج موضحة في الجدول (6).

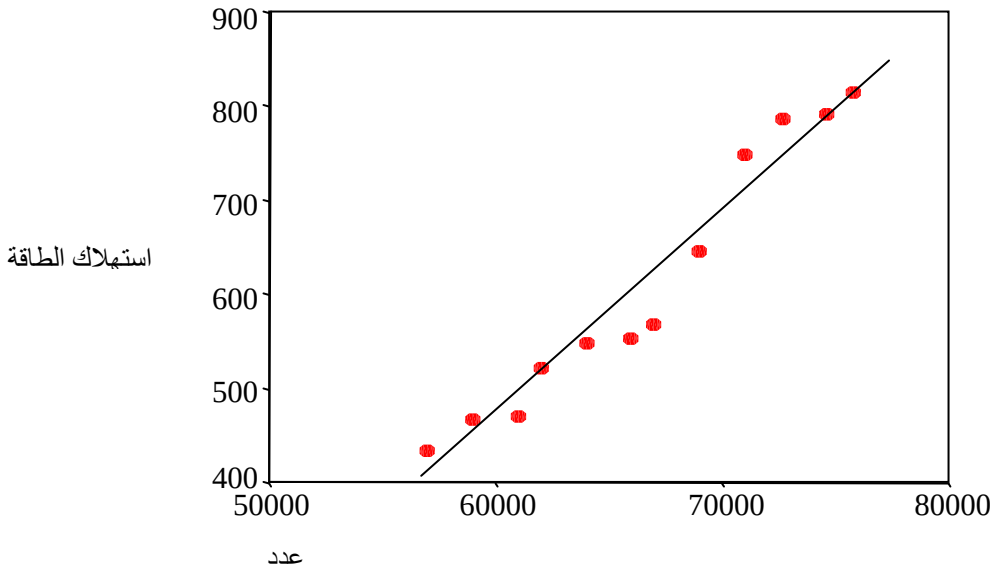
الجدول (6) معادلة تقدير عدد السكان مع متغير استهلاك الطاقة

معادلة التقدير	$\bar{R}^2$	F	t	D - w
Y^ = -8.199780+21.94 X1	0.95	195.424	13.979	1.015

من خلال الجدول (**6**) نلاحظ بان العلاقة الخطية بين استهلاك الطاقة الكهربائية وعدد السكان معنوية وذلك بمقارنة قيمة **F** المحتسبة مع قيمة **F** الجدولية والبالغة (4.96) وبمستوى معنوية (0.05) وكذلك نلاحظ معنوية المعلمة $\hat{B}_1$ خلال مقارنة (**t**) المحتسبة مع (**t**) الجدولية والبالغة (2.228) وبمستوى معنوية (0.05).وهذا دليل على تأثير متغير السكان على متغير استهلاك الطاقة الكهربائية وان إشارة المعلمة $\hat{B}_1$ الموجبة تتفق مع النظرية الاقتصادية التي تنص على أن العلاقة بين عدد السكان واستهلاك الطاقة الكهربائية طردية (موجبة)، وان هذه العلاقة قوية جدا من خلال قيمة معامل التحديد المعدلة $\bar{R}^2$ والتي قيمتها (0.95) حيث إن (0.95) من قيمة استهلاك الطاقة الكهربائية يشرحها ويحددها متغير عدد السكان والباقي يعود إلى المتغير العشوائي. ونلاحظ ذلك من خلال رسم الانتشار في الشكل (3) والذي يبين العلاقة الخطية بين عدد السكان واستهلاك الطاقة الكهربائية.

Y* : يمثل متوسط دخل الفرد من الناتج المحلي الإجمالي وبالتالي فهو يمثل جميع النشاطات الاقتصادية داخل حدود الدولة سواء تمت بواسطة المقيمين الأجانب أم المحليين ، لذا نجد انه من الضروري اعتماد متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي بدلا من متوسط نصيب الفرد من الدخل القومي في معادلة استهلاك الطاقة الكهربائية.

الشكل (3) رسم الانتشار لتوضيح العلاقة الخطية بين عدد السكان **x1** واستهلاك الطاقة الكهربائية **Y**



2 - ايجاد تقدير معادلة متوسط نصيب الفرد مع استهلاك الطاقة الكهربائية

$$\hat{Y}_1 = \hat{B}_0 + \hat{B}_1 X_2 \quad .....(6)$$

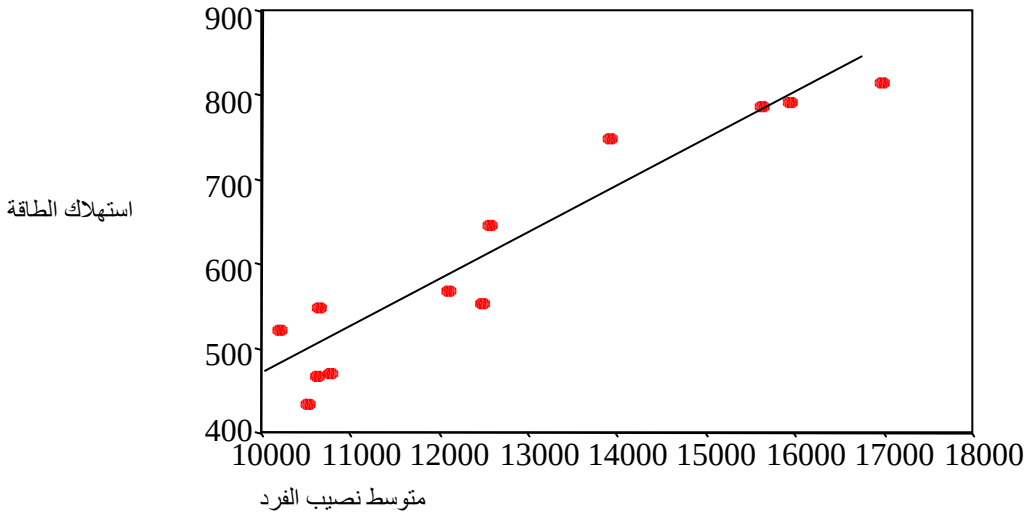
وكانت النتائج موضحة في الجدول (**7**)

الجدول (**7**) **معادلة تقدير متوسط نصيب الفرد مع استهلاك الطاقة الكهربائية**

معادلة التقدير	$\bar{R}^2$	F	t	D - w
Y^ = -932697+554.312 X2	0.89	90.884	9.533	1.286

من خلال الجدول (**7**) نلاحظ بان العلاقة الخطية بين استهلاك الطاقة الكهربائية ومتوسط نصيب الفرد من الدخل معنوية وذلك بمقارنة قيمة **F** المحتسبة مع قيمة **F** الجدولية والبالغة (4.96) بمستوى معنوية **0.05** وكذلك نلاحظ معنوية المعلمة $\hat{B}_1$ من خلال مقارنة (**t**) المحتسبة مع (**t**) الجدولية والبالغة (2.228) وبمستوى معنوية (0.05) . وهذا دليل على تأثير متغير متوسط نصيب الفرد من الدخل على متغير استهلاك الطاقة الكهربائية وان إشارة المعلمة $\hat{B}_1$ موجبة وبالتالي تتفق مع النظرية الاقتصادية التي تنص على أن العلاقة بين متوسط نصيب الفرد واستهلاك الطاقة الكهربائية طردية(موجبة). وان هذه العلاقة قوية جدا من خلال قيمة $\bar{R}^2$ المعدلة التي قيمتها (**0.89**) حيث أن (**0.89**) من قيمة استهلاك الطاقة الكهربائية يشرحها ويحددها متغير متوسط نصيب الفرد من الدخل والباقي يعود إلى المتغير العشوائي، ونلاحظ ذلك من خلال رسم الانتشار في الشكل (**4**) الذي يبين العلاقة الخطية بين متوسط نصيب الفرد من الدخل واستهلاك الطاقة الكهربائية.

الشكل (4) رسم الانتشار لتوضيح العلاقة الخطية بين متوسط نصيب الفرد من الدخل **x2** واستهلاك الطاقة الكهربائية**Y**



بعد ان تأكدنا من وجود علاقة خطية بين كل من السكان ومتوسط نصيب الفرد من الدخل مع استهلاك الطاقة الكهربائية تم تقدير معادلة استهلاك الطاقة الكهربائية بالاعتماد على كلا المتغيرين وكالتالي:

$$\hat{Y} = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 \quad .....(7)$$

حيث تم تقدير المعادلة وكما في الجدول (**8**).

الجدول (**8**) **معادلة تقدير الصيغة الخطية للسكان و متوسط نصيب الفرد مع استهلاك الطاقة الكهربائية**

معادلة التقدير	**المعلمة**	t	$\bar{R}^2$	F	D - w
Y^ = 664005+ 16.06 X1+ 162.39 X2	B0 B1 B2	-4.07 3.613 1.43	0.95	108.96	1.286

نلاحظ من الجدول (**8**) بان العلاقة الخطية جيدة وذلك من خلال مقارنة قيمة **F** المحتسبة مع قيمة **F** الجدولية والبالغة (4.26) بمستوى معنوية **0.05** وكذلك نلاحظ معنوية المعلمة $\hat{B}_1$ من خلال مقارنة (**t**) المحتسبة مع (**t**) الجدولية والبالغة (2.262) وبمستوى معنوية (0.05) .

وهذا دليل على تأثير متغير السكان على متغير استهلاك الطاقة الكهربائية أما المعلمة $\hat{B}_2$ غير معنوية من خلال عدم معنوية **t** المحتسبة وهذا يعني عدم وجود تأثير لمتغير متوسط نصيب الفرد من الدخل **X2** على متغير استهلاك الطاقة الكهربائية وهذا يناقض ما تم التوصل أليه عندما تم اخذ متغير متوسط نصيب الفرد مع إجمالي استهلاك الطاقة الكهربائية لوحده والذي كان معنوي بدرجة عالية وبعد التحقق تبين بان السبب هو مشكلة التعدد الخطي حيث وجد بان هناك علاقة قوية تربط بين عدد السكان ومتوسط نصيب الفرد من خلال إيجاد قيمة معامل الارتباط البسيط والتي بلغت قيمتها **0.94** وهذا شيء منطقي لان المتغيرات الاقتصادية تميل للتحرك معا خلال الزمن وهذا واضح من خلال ملاحظة قيمة المتغيرين . لذا تم اللجوء إلى صيغ أخرى وكما يأتي :

1- الصيغة اللوغاريتمية المزدوجة:

$$\mathbf{Ln\ Y = Ln\ B_0 + B_1\ Ln\ X_1 + B_2\ Ln\ X_2 \quad .....(8)}$$

حيث تم تقدير المعادلة وكانت النتائج كما موضحة بالجدول(**9**).

الجدول (**9**) **معادلة تقدير الصيغة اللوغاريتمية المزدوجة للسكان و متوسط نصيب الفرد مع استهلاك الطاقة الكهربائية**

معادلة التقدير	المعلمة	t	$\bar{R}^2$	F	D - w
Y^ = -13.37+ 2.04 X1+ 0.194X2	B0 B1 B2	-3.378 4.605 0.857	0.96	120.123	1.516

حيث نلاحظ بقاء عدم معنوية **X2** إذا أخذت مع **X1** معا وحسب قيمة **t** الخاصة بالمعلمة **B2**^ الغير معنوية.

2- الصيغة الاسية :

Ln Y = B0 + B1 X1 + B2 X2 ……(9)

حيث تم تقدير المعادلة وكانت النتائج كما موضحة بالجدول(**10**).

الجدول (**10**) **معادلة تقدير الصيغة الاسية للسكان و متوسط نصيب الفرد مع استهلاك الطاقة الكهربائية**

معادلة التقدير	المعلمة	t	$\bar{R}^2$	F	D - w
Y^ = 13.279+ 0.0000034 X1+ 0.000084X2	B0 B1 B2	54.194 5.135 0.376	0.96	129.235	1.480

حيث نلاحظ بقاء **B2** غير معنوية من خلال مقارنة قيمة **t** المحتسبة مع **t** الجدولية الخاصة بالمعلمة **B2**^ .

3- الصيغة النصف لوغارتمية

Y = Ln B0 + B1 Ln X1 + B2 Ln X2 ……(10)

حيث تم تقدير المعادلة وكانت النتائج كما موضحة بالجدول(**11**)

الجدول (**11**) **معادلة تقدير الصيغة النصف لوغاريتمية للسكان و متوسط نصيب الفرد مع استهلاك الطاقة الكهربائية**

معادلة التقدير	المعلمة	t	$\bar{R}^2$	F	D - w
Y^ = Ln -0.000000015+ 9506665Ln X1+ 2725296X2	B0 B1 B2	-5.4 3.19 1.771	0.95	97.835	1.480

حيث نلاحظ من الجدول (**11**) بقاء المعلمة **B2**^ غير معنوية .

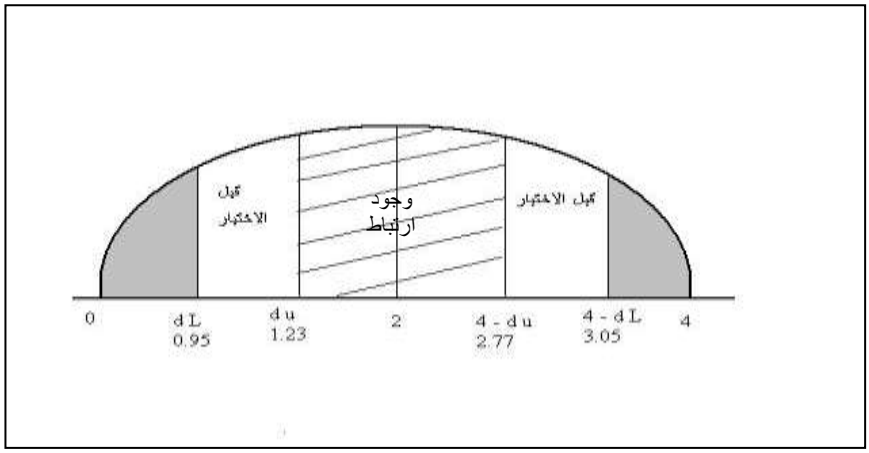
وعليه تم اعتماد وقياس استهلاك الطاقة الكهربائية بالاعتماد على تأثير **X1** (عدد السكان) فقط لأنه أقوى علاقة خطية من **X2** (متوسط نصيب الفرد من الدخل) مع متغير استهلاك الطاقة الكهربائية وحسب قيمة معامل التحديد المقدرة ولمعرفة أفضل الصيغ لتقدير الطاقة الكهربائية بالاعتماد على **X1** تم وضع الصيغ المستخدمة بالتقدير بالجدول (**12**).

الجدول (**12**) **معادلة تقدير متغير السكان مع استهلاك الطاقة الكهربائية بصيغ دالية مختلفة**

نوع الصيغة	معادلة التقدير	t	$\bar{R}^2$	F	D - w
الخطية	Y^ = - 8499780 + 21.94 X1	13.98	0.95	195.424	1
الاسية	Ln Y^ = 13.206+ 0.0000036 Ln X1	16.810	0.96	282.581	1.405
النصف لوغارتمية	Y^ = - 190000000 + 14000000 X1	12.596	0.94	158.655	0.881
اللوغارتمية المزدوجة	Ln Y^ = - 16.264 + 2.317 Ln X1	15.686	0.96	246.055	1.26

حيث نلاحظ إن أفضل صيغة من حيث معنوية العلاقة ككل ومعنوية المعلمات وقيمة معامل التحديد هي الدالة الاسية وهذا يتفق مع المنطق من حيث إن البيانات في تزايد عبر الزمن. ولغرض التأكد من إن متغير السكان أفضل المتغيرات في قياس تأثير الطاقة الكهربائية تم تقدير العلاقة بين متوسط نصيب الفرد والطاقة الكهربائية بالصيغ الأربعة إلا انه لم نجد أي معادلة أفضل من نموذج المعادلة الاسية التي تم الحصول عليها في الجدول (**12**). حيث نلاحظ خلو النموذج المقدر من مشكلة الارتباط الذاتي وذلك لوقوع قيمة ديربن واتسون (**D-W**) بين **d u** و **4 – d u** وكما موضح بالشكل (**5**).

الشكل رقم (**5**) رسم الانتشار



ثامنا : توقعات الطلب على الطاقة الكهربائية في مملكة البحرين

من اجل التنبوء بتوقعات الطلب على استهلاك الطاقة الكهربائية في دولة البحرين لا بد ان نقدر المعادلة الاخيرة بدلالة عدد السكان فقط :

$\ln Y_1^{\wedge} = 13.206 + 0.0000036\, X1$ .....(11)

حيث يجب التنبوء بعدد السكان للسنوات القادمة من اجل تعويضها في هذه المعادلة. لذا تم التنبوء بعدد السكان بدلالة الزمن باستخدام الدالة الاسية والتي كانت أفضل صيغة من بين الصيغ الأخرى من حيث المعنوية وقيمة معامل التحديد وكالتالي:

$\ln X_1^{\wedge} = 554530.3 + 17136.36\, t$ .....(12)

وبعد التعويض عن قيم متغير الزمن تم التنبوء بقيم عدد السكان للسنوات الخمس القادمة (2009- 2013) وكما موضح بالجدول (13)، وبعد ذلك تم تعويض قيم التنبوء بعدد السكان في معادلة استهلاك الطاقة الكهربائية الأخيرة للحصول على توقعات الطلب على استهلاك الطاقة الكهربائية وكما موضح بالجدول (14).

الجدول (13) توقعات عدد السكان في البحرين للسنوات (2009-2014)

السنوات	عدد السكان المتوقع ^ X1
2009	777303
2010	794439
2011	811575
2012	828712
2014	845848

المصدر: إعداد الباحثين بالاعتماد على معادلة رقم 12

الجدول(14) توقعات الطلب على الطاقة الكهربائية في دولة البحرين للسنوات(2009-2014)

السنوات	الطلب المتوقع على الطاقة الكهربائية ^Y1 (كيكاواط. ساعة)
2009	8931.07
2010	9499.386
2011	10103.87
2012	10746.81
2014	11430.67

المصدر: إعداد الباحثين بالاعتماد على معادلة 12 وجدول رقم (13)

الاستنتاجات:

1- حقق البحث ما تنبأت بهِ الفرضية من (إن الطلب على الطاقة الكهربائية في مملكة البحرين يزداد بوتيرة معتدلة تتناسب والتنمية البشرية فيها وان الطلب في تزايد مستمر), إذ يلاحظ من الجدولين رقم (4) و(14) هذا النمو المعتدل وتلك الزيادة في الطلب. فقد كان الطلب (5516) كيكا وات/ساعة في سنة 2000 ثم سيكون (8931.07) كيكا وات/ساعة في العام 2009 ثم يتحول إلى (11430.67) كيكا وات/ساعة في العام 2014.

2- حققت مملكة البحرين إنجازات مهمة في مجال توليد الطاقة الكهربائية لتوفير الاحتياجات المتزايدة للسكان ومتطلبات التطور الاقتصادي والاجتماعي.

3- إن قطاع الكهرباء في مملكة البحرين يحظى بالكثير من الاهتمام والمتابعة من قبل المسؤولين في الدولة وقد تمثلت إحدى مشاهد هذا الاهتمام بالتوصية لربط المنظومة الكهربائية الخليجية مما يساهم في تقديم أفضل الخدمات في المجال الكهربائي للمواطنين. وتعزيز تنمية مختلف القطاعات الاقتصادية . وان هذا الربط هو مشروع إستراتيجي يخدم المنطقة ويوفر الكثير من الجهد والمال ويدفع مسيرة التعاون في قطاع الكهرباء بين أقطار المجلس إلى مجالات أرحب و اشمل عما هو عليه في الأساس.

4- إن زيادة الطلب على الكهرباء في المملكة ولغاية سنة 2014 وبمعدلات مستقرة تعكس حالة الاستقرار الاقتصادي في الدولة وكفاءة الأداء الاقتصادي. خاصة وان الاقتصاد في اغلب دول مجلس التعاون الخليجي بدء يدخل في مشروعات اقتصادية هدفها تقليل الاعتماد على النفط كمصدر وحيد للدخل، مثل قطاع السياحة وقطاع الخدمات الداعم للقطاعات السلعية فضلا عن المشروعات الصناعية الجديدة.

5- إن زيادة الطلب على الكهرباء وقيام المملكة بتوسعة مشاريع الكهرباء يعكس الفكر الاقتصادي والاجتماعي للحكومة والقائم على مواصلة نظام الرفاهية الاجتماعية بهدف إيجاد حالة من الاستقرار السياسي والاقتصادي والاجتماعي.

6- إن احد مؤشرات الرفاهية المنبثقة من معايير التنمية البشرية هو التمتع بالخدمة التي تقدمها الدولة لمواطنيها ولذلك يبدو من الجدول (4) الخاص باستهلاك الطاقة الكهربائية، ان الاستهلاك المنزلي للكهرباء هو الذي يستحوذ على الحصة الأكبر ولعل احد أسباب ذلك هو تدني سعر الوحدة الكهربائية المستهلكة. مما يعني انه لاتوجد مشكلة لدى المواطن في زيادة الاستهلاك.]إن لمستويات أسعار الوحدات الكهربائية المستهلكة أثرا مهما على الاستهلاك ، ولذلك فأن تدني سعر الوحدة الكهربائية قد فتح الأبواب على سعتها لزيادة الطلب على الكهرباء في دول مجلس التعاون الخليجي. وإذا ما بقيت هذه الأسعار على معدلاتها أو زادت قليلا فأن ذلك لن يحد من زيادة الطلب على الكهرباء أو زيادة الاستهلاك .

7- فيما يخص تطور أحمال الذروة في المستقبل، فمن المتوقع أن تتأثر هذه بتطور هيكل الصناعات وتطور أنماط الاستهلاك للطاقة الكهربائية، وكذلك جهود الدولة في تنظيم الأحمال الكهربائية. وتشكل الصناعة عامة الحمل الأساسي أما الاستهلاك المنزلي فهو الذي يحدد أحمال الذروة.

التوصيات:

1- يجب إن يتم تطوير إنتاج الطاقة الكهربائية في المملكة من خلال الاستعانة بتقنيات التوليد المشترك ومشاريع الربط الكهربائي والاستعانة بمصادر الطاقة المتجددة.

2- إن الطاقة الكهربائية عنصر حيوي للتنمية الاقتصادية والتقدم لابد من توفيره ويمكن الاستعانة بالقطاع الخاص لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة الكهربائية في المملكة.

المصادر :

1. عبد الله سعد الحويحي ،" انبلاج النور– قصة الكهرباء في البحرين"، مطبعة البحرين، 2008،ص 12.
2. وزارة الكهرباء والماء في مملكة البحرين، " موجز الورقة القطرية لمملكة البحرين"، مؤتمر الطاقة العربي الثامن ، عمان ، مايو 2006، ص .47
3. الأمانة العامة لمجلس التعاون لدول الخليج العربي ، مركز المعلومات إدارة الإحصاء www.cio.gov.bh/ default . aps
4. منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول اوابك ، التقرير الإحصائي السنوي لاوابك 2007، جدول 92 ص137.
5. جامعة الدول العربية، التقرير الاقتصادي العربي الموحد ، سبتمبر(أيلول) ،2000، ، ص .72
6. منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول اوابك ، مصدر سابق ، ص 137.
7. د. عباس علي التميمي ،"النمو الصناعي في الوطن العربي"، الموصل ، جامعة الموصل، 1985، ص 83.
8. د. مظفر شعبان ، "الطاقة الكهربائية في الدول النامية" ، مجلة النفط والصناعة، العدد 370، العام 32، تموز 2001، أبو ظبي للطباعة والنشر ، ص 17.
9. ر. مهندسين محمد جواد عبد الله ،" وسائل تعزيز إنتاج وتوزيع الطاقة الكهربائية في المنطقة الجنوبية"،ندوة متخصصة في كلية الهندسة جامعة البصرة، البصرة، 2000،ص 48.
10. منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول اوابك ، التقرير الإحصائي السنوي لاوابك 2007، ، ، جدول 89، ص133.
11. رشا أبو راس ،" التوربينات الغازية مولدات الكهرباء المستقبلية"، مجلة النفط والتعاون العربي، المجلد 19، العدد 68، كانون الأول 1994، ص 26.
12. جبار عجمي عبيد ،" تقييم أداء المحطات البخارية ، البصرة، محطة كهرباء الهارثة الحرارية" ، 1998، ص 8.
13. مرفت بدوي، " قطاع الكهرباء في الوطن العربي والربط الكهربائي"، مجلة النفط والتعاون العربي ، الكويت،المجلد الثالث والعشرون، العدد الثاني والثمانون،1997، ص 16-17.
14. محمد بن عائد دشاش ورفعت محفوظي، " الحفاظ على الطاقة باستخدام تقنية التوليد الكهربائي المشترك وربط الشبكات" مجلة النفط والتعاون العربي، الكويت ، المجلد الثلاثون ، العدد 111، خريف 2004، ص 30.
15. محمد فرحات" التعاون العربي في مجال الربط الكهربائي:الانجازات والمعوقات وتطلعات المستقبل" مجلة النفط والتعاون العربي، الكويت ، منظمة اوابك ، المجلد الثاني والثلاثون، العدد117، ربيع2006 ، ص 31 .
16. منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول اوابك ، التقرير الإحصائي السنوي لاوابك 2006، ص372.
17. منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول اوابك، مصدر سابق ، ص 138
18. جامعة الدول العربية، التقرير الاقتصادي العربي الموحد ، سبتمبر(ايلول) ،2005، ، ص .359
19. جامعة الدول العربية، مصدر سابق ،2005 ، ص .180
20. جامعة الدول العربية، مصدر سابق، 2005 ، 183.
21. جامعة الدول العربية، مصدر سابق،2005، 181.
22. د. محمود حسين الوردي وآخرون،" الاقتصاد الجزئي تحليل نظري وتطبيقي" ،عمان ، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة ، 2007، ص 66.
23. د. وليد إسماعيل السيفو ،" المدخل إلى الاقتصاد القياسي" ، كلية الإدارة والاقتصاد ، جامعة الموصل ، دار الكتب للطباعة والنشر ، 1988، ص 376.
24. مازن سلطان عزيز ،"إنتاج الطاقة الكهربائية لتلبية الطلب الكلي في العراق"، دراسة تحليلية للمدة 1970 – 1999 ، رسالة دكتوراه غير منشورة ، قسم الاقتصاد ، كلية الإدارة والاقتصاد ، جامعة البصرة ، 2007، ص 42.