تأثير تحسن كفاءة استخدام الطاقة على الطلب المستقبلي على الطاقة في ليبيا حتى آفاق عام 2020*

د . عبد الله عمار بلوط * د . محمد أخلاط ** م . ضو احمد زهمول *
م . عز الدين ابو راس ** م . حدود عبد النبي ** م . سمير كمال ***

1 ـ مقدمة

تتوقع بعض الدراسات المتعلقة بالطلب المستقبلي على الطاقة في ليبيا [1 ، 2] بان الطلب على الطاقة الأولية قد يفوق 200 مليون برميل مكافىء نفط بحلول عام 2020 . إلا أن معظم هذه الدراسات لم تأخذ في الاعتبار تأثير الحفاظ على الطاقة والتحسن الممكن على كفاءة الاستخدام النهائى للطاقة ، وذلك باستثناء بعض التحاليل الأولية المتعلقة بإدخال محطات الدورة المزدوجة لتوليد الكهرباء . كما أنها إستندت على معدلات نمو اقتصادية منخفضة نسبيا وبالتالي فإن تحقيق معدلات نمو أكبر (وهو ما ينادى به معظم خبراء الاقتصاد) يعني ازدياد الطلب المستقبلي على الطاقة بشكل كبير خصوصا في حالة عدم تطبيق إجراءات الحفاظ على الطاقة . ومن هنا فإنه كان من الأهمية بمكان دراسة ليس فقط تأثير تحقيق معدلات نمو إقتصادية أكبر ، وإنما كذلك تأثير تحسن كفاءة استخدام الطاقة ودوره في تحسن الاداء الاقتصادي بصفة عامة .

عليه فإن هذه الورقة تتطرق الى نتائج الدراسة التى تمت في إطار برنامج عمل اللجنة الوطنية للطاقة وتتعلق بتأثير النمو الاقتصادي من جهة والحفاظ على الطاقة من جهة ثانية ، على مستوى الطلب المستقبلي على الطاقة في ليبيا . وقد تم فى سبيل ذلك إتباع منهجية من خطوتين . تم في الخطوة الأولى إستخدام نموذج المحاكاة الرياضي (MEDEE — S) [3] لدراسة هذين التأثيرين على الطلب النهائى على الطاقة وهو نموذج تقني اقتصادي يستخدم فى دراسات تخطيط الطاقة على المدى الطويل ، ويتميز بالقدرة على دراسة تأثير سياسات الحفاظ على الطاقة . تم الإستناد على ثلاثة سيناريوهات إقتصادية (منخفض ، متوسط ، ومرتفع) مع اعتبار سيناريوهين طاقيين . السيناريو الطاقي الأول يعكس إستمرار انماط استهلاك الطاقة السائدة بينما يعكس السيناريو الطاقي الثاني تأثير اتباع سياسات تشجيع الاستخدام العقلاني للطاقة والحفاظ عليها في مختلف القطاعات الاقتصادية . اما فى الخطوة الثانية فقد تم تحليل الطلب على الطاقة الأولية مع التركيز على قطاع الكهرباء وذلك باستخدام نموذج المحاكة الرياضي (WASP) المختص بايجاد التطور الأمثل

* ورقة مقدمة إلى المؤتمر السابع عشر لمجلس الطاقة العالمي ، هيوسن ـ الولايات المتحدة 13ـ18/09/1998

لقدرات توليد الكهرباء [4] . تم تحليل عدة قضايا مثل ادخال تقنيات الدورة المزدوجة ، وتحسين كفاءة محطات الطاقة الحالية ، وتطبيق برامج ادارة الطلب على الطاقة ، وتخفيض فاقد النقل والتوزيع .

2 ـ محاكاة الطلب النهائي على الطاقة

يستخدم النموذج الرياضي (MEDEE — S) لمحاكاة الطلب النهائي على الطاقة على المدى الطويل وذلك من خلال تعريف المحددات الديموغرافية والاقتصادية والاجتماعية والفنية للطلب النهائي على الطاقة قطاعيا وحسب نوع الاستخدام ، وذلك لسنة أساس معينة (سنة مرجعية) يتوفر لها ميزان طاقة متكامل ، ومن ثم محاكاة تطور تلك المحددات فى المستقبل من خلال حسابات نموذجية أومن خلال متغيرات وسيناريوهات خارجية . وبالنسبة للتحسن فى كفاءة استخدام الطاقة وتأثير برامج الحفاظ على الطاقة فيتم ذلك من خلال مؤشرات لتطور مختلف أدلة كفاءة الطاقة حيث تحدد قيم هذه المؤشرات بواحد صحيح لسنة الاساس ، وتعطي قيما مناسبة لسنوات المحاكاة فى المستقبل .

2 . 1 النموذج (MEDEE — S) الليبى

النموذج (MEDEE — S) الليبى يتكون من خمسة قطاعات إقتصادية هي الصناعة ، والمنزلي ، والخدمي ، والنقل ، والزراعة وقد أخذ عام 1995 كسنة أساس وعام 2020كحد أقصى لأفق الدراسة . تم تعريف الخواص الاساسية للقطاعات الاقتصادية المحاكاة في النموذج على النحو التالي :-

● تقسيم قطاع الصناعة إلى ثلاثة قطاعات فرعية هي : صناعة الحديد الصلب ، الصناعات الأكثر استهلاكا للطاقة ، وبقية الصناعات . بالنسبة للصناعات الأكثر استهلاكا للطاقة أخذت الصناعات التالية في الاعتبار : الاسمنت ، الميثانول ، الامونيا ، واليوريا ، واسالة الغاز الطبيعى . كما أخذت أربعة انواع من الطاقة في الحسبان هي : الغاز الطبيعى ، زيت الوقود الثقيل ، الديزل ، والكهرباء .

● تم محاكاة القطاع المنزلى كوحدة واحدة دون تمييز بين المدن والارياف على اعتبار ان انماط الحياة تكاد تكون متشابهة فيما بينها وحيث إن اكثر من 80 بالمائة من السكان يقطنون المدن أو المناطق المتاخمة لها . الوقود الاساسي لهذا القطاع يتكون من غاز البترول المسال ، الكيروسين المنزلي ، والكهرباء .

● تم تحليل القطاع الخدمي على أساس انه يتكون من خدمات عامة ، وخدمات أخرى واعتبار الكهرباء وغاز البترول المسال والكيروسين كأنواع وقود اساسية بهذا القطاع .

● تمت محاكاة قطاع النقل بصفة إجمالية ، بمعنى عدم التفريق بين نقل المدن ونقل الارياف كما أخذ نوعان فى الاعتبار هما النقل البري والنقل الجوي ، وبالنسبة للنقل البري فقد جرى التحليل وفقا لطبيعة النقل (مسافرون أو بضائع) ووفقا لنوع وسائط النقل (سيارات ، حافلات ، وشاحنات) . الأنواع الاساسية للوقود في هذا القطاع كانت البنزين ، الديزل ، وكيروسين الطيران .

● تم تحليل قطاع الزراعة كقطاع موحد دون تجزئته الى قطاعات فرعية وتمت محاكاة متطلباته من الطاقة المتمثلة في الغاز المسال والديزل والكهرباء على اساس القيمة المضافة .

2 . 2 ـ تعريف السيناريوهات

2 . 2 . 1 ـ السيناريو الديموغرافي

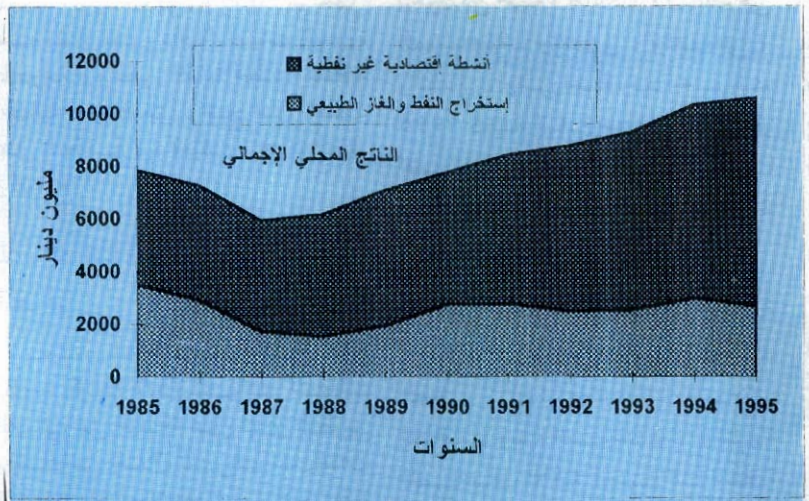
مقارنة بالدراسات السابقة [1 ، 2 ، 5] التي اعتمدت على تعداد 1984 للسكان في اعداد التوقعات الديموغرافية فإن هذه الدراسة استخدمت أحدث تعداد للسكان تم خلال 1995 وذلك بهدف تعديل وتحديث التوقعات السابقة بالنسبة للسكان وعدد الاسر ونسبة الحضر الى الارياف . الجدول رقم (1) يلخص النتائج التى تم التوصل إليها .

جدول رقم (1) الفرضيات الديموغرافية

السنة	1995	2000	2010	2020
السكان بالالاف	5155	6034	7575	9234
نسبة الحضر ٪	80	85	87	89
فرد/منزل (حضر)	6.44	6.30	5.60	5.00
فرد/منزل (ريف)	6.44	6.30	5.60	5.00

2.2.2 ـ السيناريوهات الاقتصادية

يعد قطاع النفط أحد أهم المكونات في الناتج المحلي الاجمالي للبلاد إلا ان حصته أخذت في التناقص خلال السنوات الماضية . وقد شهدت الفترة 1985 ـ 1995 تذبذباً ملحوظا في معدل نمو الناتج المحلي الاجمالي وذلك لعدة أسباب منها عدم استقرار اسواق النفط ، وحالة الاقتصاد العالمي . الشكل رقم (1) يلخص هذه الملاحظات . وللتمكن من القيام باعداد توقعات نمو الناتج المحلي الاجمالي فى المستقبل تم تحليل التغيرات التي طرأت خلال الفترة السالفةالذكر خصوصا التغيرات خلال 1990 ـ 1995 في ضوء الظروف المؤثرة في الاقتصاد الليبى . وبناء عليه فقد ارتؤى تبني ثلاثة سيناريوهات إقتصادية تغطي معظم الاحتمالات هي : سيناريو اقتصادي منخفض ، سيناريو اقتصادى متوسط ، وسيناريو اقتصادي مرتفع . السيناريو الاقتصادي المنخفض يعكس المشكوكية التى يمكن أن تعرقل التنمية الاقتصادية



شكل رقم (1) تطور الناتج المحلي الإجمالي خلال الفترة 1985-1995

وتحد من الاداء الاقتصادى السليم ومن ثم فإن هذا السيناريو يمكن ان ينظر اليه على انه سيناريو «أسوأ حالة» ، السيناريو الاقتصادى المتوسط يستند على الاداء الاقتصادى المحقق منذ 1990 ويفترض إستمرار ذلك حتى عام2000 مع الانخفاض التدريجى فيما بعد . ويمكن ان ينظر الى هذا السيناريو على انه السيناريو الأكثر احتمالا أو"السيناريو المرجعى" . وأخيرا ، يفترض السيناريو الاقتصادي المرتفع إمكانية تحقيق معدلات نمو مماثلة لما تحقق في البلدان النامية بجنوب شرق رسيا فى أوائل التسعينات وبالتالى يمكن اعتبار هذا السيناريو المتفائل على انه سيناريو "أفضل حالة" أوسيناريو "الحالة القصوى" . الجدول رقم (2) يعطى ملخصا لهذه السيناريوهات كما انه يوضح التغيرات المفترضة فى هيكلية القطاعات للمنظومة الانتاجية .

جدول رقم (2) الفرضيات الإقتصادية

(بليون دولار)

السيناريو الاقتصادى		1995	2000	2010	2020
منخفض		29.80	34.50	44.00	53.60
متوسط بنسبة الزيادة	٪		3.00	2.50	2.00
متوسط		29.80	41.80	61.90	83.20
متوسط بنسبة الزيادة	٪		7.00	4.00	3.00
مرتفع		29.80	52.50	94.00	139.10
متوسط بنسبة الزيادة	٪		12.00	6.00	4.00
الزراعة	٪	6.40	6.00	4.90	3.90
الانشاءات	٪	10.70	10.00	10.00	10.00
الخدمات	٪	48.40	50.00	50.00	55.00
الصناعات التحويلية	٪	9.30	10.60	13.80	12.60

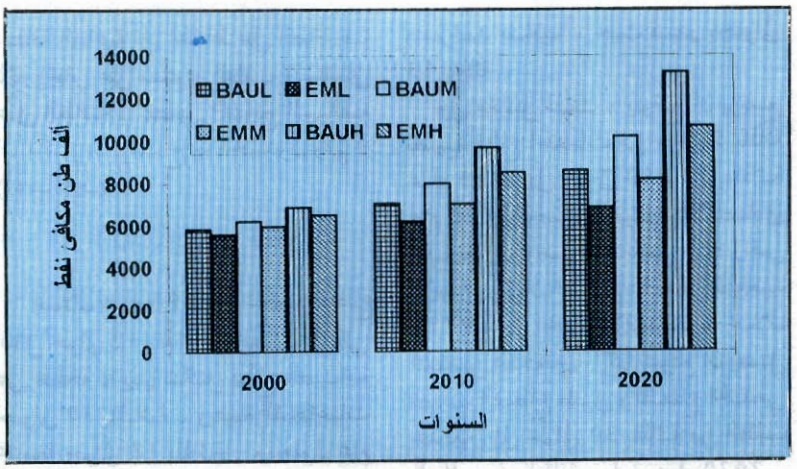
2 . 2 . 3 ـ السيناريوهات الطاقية

ثم افتراض سيناريوهين طاقيين بالنسبة لكل سيناريو من السيناريوهات الاقتصادية التي سبق التطرق إليها . السيناريو الطاقي الأولى يفترض استمرار انماط استهلاك الطاقة السائدة فى الماضي مع انعدام أومحدودية تدخل الجهات المسئولة . هذا السيناريو يعكس مايسمى "الاعمال كالمعتاد" (BAU) ، أو السيناريو الطاقى الاعتيادى . هذا السيناريو يفترض عدم حدوث انخفاض فى كثافة الطاقة بقطاع الصناعة مع احتفاظ المنتجات النفطية بمكانتها كوقود بمختلف القطاعات الاقتصادية وثبات استخدام الغاز الطبيعى عند معدلاته الحالية مع دور محدود جدا للطاقات المتجددة . في المقابل يفترض السيناريو الطاقى الثانى إمكانية تحقيق توفير ملموس فى إستهلاك الطاقة وذلك نتيجة الجهود والسياسات فى ميدان تخطيط الطاقة والحفاظ عليها . وبالتالي فهو يعكس مايمكن أن يسمى سيناريو "إدارة الطاقة" (EM) أو السيناريو الطاقى المرشد ، وفى هذا الصدد فقد كان للنتائج التي تم التوصل اليها فى دراسة موازية [6] قيمة كبرى فى اعداد هذا السيناريو .

3 ـ توقعات الطلب النهائي على الطاقة

بحسب السيناريو المفترض فإن توقعات الطلب النهائى على الطاقة (باستثناء الاستخدامات غير الطاقية) كانت كما يلى :ـ

- **بالنسبة للسيناريو الطاقى الاعتيادى ، يتوقع أن يصل الطلب الى حوالى 8590 ، 10180 ، 13195 ألف طن مكافىء نفط بالنسبة للسيناريو الاقتصادى المنخفض ، المتوسط ، والمرتفع على التوالى .**
- **بالنسبة للسيناريو الطاقى المرشد . يتوقع أن يكون الطلب فى حدود 6833 ، 8156 ، 10644 ألف طن** مكافىء نفط بالنسبة للسيناريو الاقتصادي المنخفض ، المتوسط ، والمرتفع على توالي أي بإنخفاض يناهز 20 بالمائة مقارنة بالسيناريو الطاقى الاعتيادى .



شكل رقم (2) الطلب النهائي على الطاقة

جدول (3 – أ): ملخص للطلب النهائي على الطاقة حسب القطاع ونوع الوقود

(السيناريو الاقتصادي المنخفض)

(ألف طن مكافئ نفط)

القطاع		سنة الاساس	السيناريو الطاقي الاعتيادي			السيناريو الطاقي المرشد		
		1995	2000	2010	2020	2000	2010	2020
الصناعة		1499	1769	1933	2062	1717	1807	1859
	%	30.35	30.31	27.42	24.02	30.66	29.17	27.21
المنزلي		461	593	890	1290	589	881	1265
	%	9.33	10.16	12.62	15.02	10.52	14.22	18.51
الخدمي		263	377	546	782	319	441	572
	%	5.33	6.46	7.74	9.10	5.70	7.12	8.37
النقل		2554	2921	3498	4276	2799	2882	2959
	%	51.71	50.05	49.61	49.79	49.98	46.52	43.30
الزراعة		162	176	184	178	176	184	178
	%	3.28	3.02	2.61	2.07	3.14	2.97	2.61
الاجمالي		4939	5836	7051	8589	5600	6195	6833
	%	100	100	100	100	100	100	100
تفصيل حسب نوع الوقود								
بنزين		1676	1929	2453	3128	1862	1928	1976
ديزل		848	963	1013	1101	910	938	960
وقود طيران		80	92	118	144	83	88	93
زيت وقود		296	367	419	488	347	377	433
كيروسين		89	103	146	227	99	132	165
غاز مسال		244	273	379	538	272	372	493
غاز طبيعي		922	1047	1069	1075	988	965	918
كهرباء		784	1062	1454	1888	1032	1359	1680
طاقة شمسية		-	-	-	-	7	36	115

الشكل رقم (2) يلخص هذه النتائج والتي تؤكد ليس فقط على العلاقة الوثيقة بينها وبين الافتراضات المستخدمة ، وإنما تؤكد كذلك أن فكرة تطبيق سياسات

الطاقة الداعية الى الحفاظ على الطاقة لها تأثير إيجابي على مستوى الطلب المستقبلي على الطاقة . تفصيل النتائج السالفة الذكر موضح بالجدول رقم 3 (أ، ب، جـ) .

3 . 1 ـ الطلب النهائي قطاعيا

خلال عام 1995 ، شكل قطاع النقل حوالى 52 بالمائة من الطلب النهائي على الطاقة ، بينما شكل قطاع الصناعة حوالى 30 بالمائة ، وبقية القطاعات مجتمعة حوالى 18 بالمائة . وبحلول عام 2020 ، وكما هو موضح بالجدول رقم(3)، يمكن أن تتغير هذه الصورة نسبيا بحسب السيناريو المفترض.وعموما يتوقع ان ينخفض نصيب قطاع النقل فى جميع السيناريوهات إلا أن اكبر إنخفاض سيكون فى السيناريو الاقتصادي المرتفع ـ والمرشد طاقيا ، حيث قدر بحوالى 13 بالمائة .

وفى مقابل ذلك ، يتوقع أن يرتفع نصيب قطاع الخدمات من حوالى 5 بالمائة عام 1995 إلى حوالي 10 ـ 15 بالمائة عام 2020 بحسب السيناريو الاقتصادى المفترض ، وهو مايعكس الافتراض الاساسي بأن القطاع الخدمى سيلعب دورا أكبر فى الحياة الاقتصادية خلال العقدين القادمين . كما يتوقع أن يصل نصيب القطاع المنزلى والقطاع الخدمي مجتمعين إلى حوالي 30 بالمائة من الطلب النهائي على الطاقة بحلول عام 2020 . ويمكن ان تعزى الزيادة فى نصيب القطاع المنزلى الى التطور الديموغرافى المفترض

فى النموذج وإلى التحسن المضطرد فى مستوى الأمر الذى يؤدى إلى زيادة استهلاك الطاقة الكهربائية .

جدول (3 – ب): ملخص للطلب النهائي على الطاقة حسب القطاع ونوع الوقود

(السيناريو الاقتصادي المتوسط)

(ألف طن مكافئ نفط)

القطاع	سنة الاساس	السيناريو الطاقي الاعتيادي			السيناريو الطاقي المرشد		
	1995	2000	2010	2020	2000	2010	2020
الصناعة	1499	1820	2085	2305	1773	1964	2099
%	30.35	29.16	26.14	22.64	29.77	28.01	25.74
المنزلي	461	627	1011	1562	624	1001	1537
%	9.33	10.04	12.67	15.35	10.48	14.27	18.85
الخدمي	263	456	765	1208	378	595	840
%	5.33	7.31	9.59	11.87	6.35	8.48	10.30
النقل	2554	3126	3860	4828	2967	3196	3405
%	51.71	50.08	48.38	47.44	49.82	45.57	41.75
الزراعة	162	213	257	275	213	257	275
%	3.28	3.41	3.22	2.70	5.58	3.67	3.37
الاجمالي	4939	6242	7978	10178	5955	7013	8156
%	100	100	100	100	100	100	100
تفصيل حسب نوع الوقود							
بنزين	1676	1946	2498	3204	1880	1972	2047
ديزل	848	1142	1315	1550	1056	1201	1326
وقود طيران	80	112	165	222	100	124	144
زيت وقود	296	373	434	515	352	390	452
كيروسين	89	116	182	306	111	164	219
غاز مسال	244	289	422	626	287	410	555
غاز طبيعي	922	1047	1069	1075	988	965	918
كهرباء	784	1217	1893	2680	1171	1732	2328
طاقة شمسية	–	–	–	–	10	55	167

3 . 2 ـ الطلب النهائي حسب نوع الطاقة

يبدو الدور البارز للمنتجات النفطية جليا في منظومة الطاقة كما هو موضح بالجدول رقم (3) وذلك بالرغم من بعض الانخفاض من حوالى 65 بالمائة عام 1995 إلى حوالى 55 ـ 60 بالمائة عام 2020 بالنسبة للسيناريو الاقتصادى المرتفع فى الحالتين (EM , BAU) وسينمو نصيب الكهرباء من حوالى 16 بالمائة عام 1995 الى حوالى 22 ـ 23 بالمائة عام 2020 بحسب السيناريو المفترض . أما بالنسبة للغاز الطبيعي المستخدم بصفة أساسية في قطاع الصناعة ، فسيظل الطلب النهائي على نفس المستوى المحقق عام 1995 حيث لم يتم افتراض أي استخدامات جديدة له .

4 ـ توقعات الطلب على الطاقة الأولية

إن ترجمة توقعات الطلب النهائى على الطاقة الى طاقة أولية تتطلب أولا وقبل كل شيء تعريفا مناسبا لمنظومة توليد الطاقة الكهربائية القادرة على تلبية الطلب النهائي على الطاقة الكهربائية الموضح في الجدول 3 (أ ، ب ، جـ) وذلك بعد الأخذ في الاعتبار الفاقد أثناء النقل والتوزيع ، وحساب أحمال الذروة المناظرة بإستعمال معامل الحمل السنوى .

ويعتبر تحديد منظومة توليد الطاقة الكهربائية المثلى من الناحية الاقتصادية(المنظومة الأقل كلفة) من الأمور المعقدة نسبيا . ولمعالجة هذه المسألة تستخدم برامج حاسوب متطورة تعتمد على تطبيق طرق مثل طريقة «المحاكاة الاحتمالى» «وطريقة البرمجة الديناميكية» أو«البرمجة الكلية» للتوصل إلى المسارات المثلى للتوسع في توليد الكهرباء . وفي هذه الدراسة تم استخدام برنامج (WASP) الشائع

جدول (3 - جـ): ملخص للطلب النهائي على الطاقة حسب القطاع ونوع الوقود
(السيناريو الاقتصادي العالي)

(ألف طن مكافئ نفط)

القطاع	سنة الاساس	السيناريو الطاقي الاعتيادي			السيناريو الطاقي المرشد		
	1995	2000	2010	2020	2000	2010	2020
الصناعة	1499	1897	2367	2779	1858	2255	2566
%	30.35	27.65	24.52	21.06	28.63	26.60	24.11
المنزلي	461	681	1234	2093	677	1225	2067
%	9.33	9.92	12.78	15.86	10.43	14.45	19.42
الخدمي	263	577	1171	2037	466	873	1348
%	5.33	8.41	12.14	15.44	7.18	10.30	12.66
النقل	2554	3438	4487	5823	3220	3730	4200
%	51.71	50.10	46.48	44.13	49.63	44.00	39.46
الزراعة	162	269	394	463	269	394	463
%	3.28	3.92	4.08	3.51	4.14	4.65	4.35
الاجمالي	4939	6862	9653	13195	6490	8477	10644
%	100	100	100	100	100	100	100
تفصيل حسب نوع الوقود							
بنزين	1676	1975	2581	3354	1906	2050	2181
ديزل	848	1418	1835	2346	1273	1646	1966
وقود طيران	80	141	253	374	127	189	243
زيت وقود	296	381	465	566	360	415	488
كيروسين	89	135	247	462	131	224	325
غاز مسال	244	313	397	794	310	481	676
غاز طبيعي	922	1047	1069	1075	988	965	918
كهرباء	784	1452	2706	4224	1380	2410	3563
طاقة شمسية	-	-	-	-	15	97	284

الاستعمال في دراسات تخطيط منظومات توليد الكهرباء . حيث يهدف هذا البرنامج الى تحديد منظومة توليد الكهرباء القادرة على تلبية الطلب على الكهرباء بإقل تكلفة . وتتم المقارنة بين منظومات التوليد المختلفة على أساس القيمة الحالية لاجمالى التكاليف التى تشمل التكاليف الاستثمارية ، تكاليف التشغيل والصيانة ، تكاليف الوقود ، وتكاليف الطاقة غير المباعة . وتشمل القيود المستخدمة حدود هامش الاحتياطى واحتمال فقدان الحمل التى يتعين على مختلف أنظمة التوسع فى التوليد المتنافسة الإلتزام بها ، وكذلك الحدود الدنيا والقصوى لعدد الوحدات أو المشروعات لكل خيار ، والتى يتعين اضافتها كل عام . ويتطلب برنامج (WASP) إدخال معلومات تتعلق بمنحى الحمل ، وخصائص منظومة توليد الكهرباء القائمة ، وخصائص وحدات التوليد المقترح إضافتها لكل احتمال لفقدان الحمل .

4 . 1 ـ خصائص منظومة الكهرباء القائمة

فى الأونة الاخيرة طرأت تغيرات أساسية على منظومة توليد الكهرباء الليبية القائمة فقد تم ربط كل من شبكتي طرابلس في الشمال وسبها في الجنوب خلال عام 1991 . وخلال عام 1995 . تم ربط شبكتي طرابلس وبنغازى وذلك عن طريق خطوط نقل 220 كيلو فولت . وتعتبر المنطقة الغربية أكبر مركز للأحمال الكهربائية وتمثل حوالى 43 بالمائة من إجمالي الحمل الأقصى لعام 1995 . وتمثل المنطقة الشرقية حوالى 24 بالمائة بينما تمثل المنطقة الوسطى والمنطقة الجنوبية مجتمعتين حوالى 33 بالمائة من إجمالى حمل عام 1995 . وقد بلغ الحمل الأقصى لعام 1995 حوالى 2000 ميجاوات بينما بلغت القدرة المركبة لنفس العام حوالى 3300 ميجاوات مكونة من حوالى 1760 ميجاوات وحدات بخارية(حوالى 51 بالمائة) ومن حوالى 1630 ميجاوات وحدات غازية(حوالى 49 بالمائة) . الجدول رقم 4 يعطى ملخصا للخصائص الاساسية لمنظومة توليد الكهرباء الليبية القائمة والتى تمثل مدخلات برنامج (WASP) .

4 . 2 ـ استراتيجية التوسع في توليد الكهرباء

عند المفاضلة بين منظومات التوليد المختلفة والمتكونة أساسا من محطات التوليد البخارية ومحطات الدورة المزدوجة فان برنامج (WASP)يختار محطات الدورة المزدوجة كجزء من الحل الأمثل . ويمكن اجبار برنامج (WASP)على اعتبار المحطات البخارية اذا اختار المستخدم ذلك . ولغرض المقارنة تمت دراسة الاسلوبين حيث أن الشركة الليبية العامة للكهرباء قررت ادخال وحدات التوليد البخارية كجزء من مخططها العام للتوسع فى قدرات التوليد حتى عام 2010 . أما بعد ذلك وحتى عام 2020 فيتم تبنى الحل الأمثل الذى يتوصل اليه برنامج(WASP).وبالنسبة للوقود فقد تم دراسة خليط من الوقود مكون من زيت الوقود الثقيل ، وزيت الوقود الخفيف ، والغاز الطبيعى مع احلال تدريجى للغاز الطبيعى محل زيوت الوقود اعتبارا من عام 2000 .

4 . 3 ـ نتائج التوسع في توليد الكهرباء

بناء على ماورد سابقا فقد تم تحليل 12 حالة دراسية وذلك باستخدام نتائج

جدول رقم (4) نظام التوليد الحالي بالشركة العامة للكهرباء

النوع	عدد الوحدات	سنة التركيب	حجم الوحدة (م. و. س.)	القدرة المتاحة (م. و. س.)
بخارية	4	1982- 1981	120	480
غازية	4	1995- 1994	150	480
بخارية	5	1976- 1975	65	200
بخارية	2	1980	120	200
بخارية	6	1990- 1989	85	480
غازية	5	1995	100	400
غازية	6	1982	15	90
غازية	3	1995	150	360
بخارية	2	1985	65	130
بخارية	2	1971	15	30
بخارية	2	1985	65	130
بخارية	1	1977	20	20
غازية	4	1994	50	160
غازية	5	1980- 1975	15	75
غازية	3	1985	25	72

الطلب النهائى على الطاقة الكهربائية التى تم التوصل اليها باستخدام برنامج (MEDEES)وفق السيناريوهات الاقتصادية والطاقية والمبينة بالجدول رقم(3) . خصصت ستة من الحالات الدراسية للتوسع الامثل فى قدرات التوليد وفق منهجية برنامج (WASP) ، بينما خصصت الحالات الدراسية الستة الأخرى لدراسة مخطط الشركة العامة للكهرباء المعتمد والمقارنة بينه وبين التوسع الامثل . اضافة الى ذلك فقد تم تحليل 4 حالات دراسية أخرى بهدف تقدير التكلفة المترتبة عن عدم تحقيق قدر هام من الاحلال للغاز الطبيعى محل زيوت الوقود بعد عام 2000 وقد تم اجراء هذا التحليل لنتائج السيناريو الاقتصادى المتوسط (المرجعى) ، ولكل من السيناريوهين الطاقيين الاعتيادى والمرشد مع الاخذ فى الاعتبار مخطط التوليد المعتمد من قبل الشركة العامة للكهرباء .

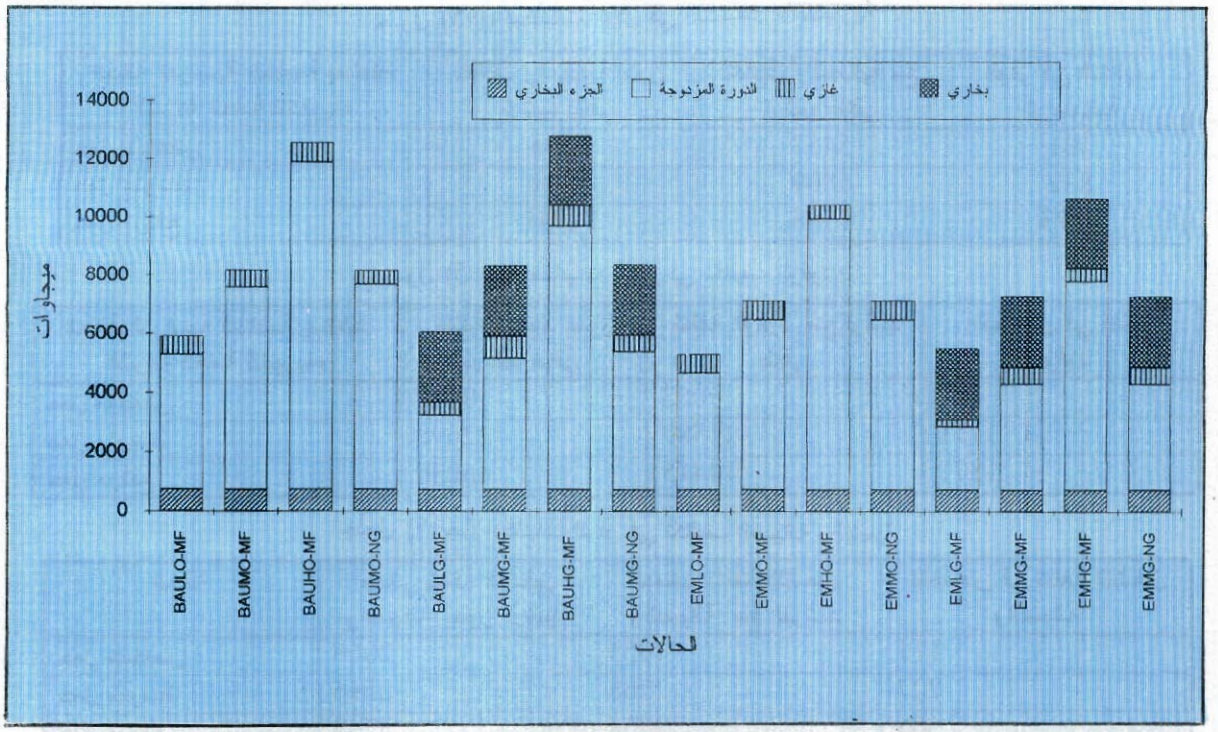
ولغرض تبسيط عرض نتائج الحالات الدراسية السالفة الذكر فقد تم ترميز هذه الحالات بحروف تدل على مختلف السيناريوهات المعروفة فعلى سبيل المثال يبدأ الاسم فى كل حالة اما بالاحرف BAUأو EMللتدليل على السيناريو الطاقى متبوعاً بالحرف O أو G للتدليل على نوع الحل الذى توصل اليه برنامج WASP (حل أمثل أو الحل وفق مخطط الشركة العامة للكهرباء) وأخيرا يستخدم الحرفان MF للدلالة على الحالات الدراسية التى يستخدم فيها خليط من الوقود مع اعتبار الغاز الطبيعى كوقود استراتيجى ، بينما تستخدم الاحرف NAG للدلالة على عدم اتباع سياسة لاحلال الغاز الطبيعى محل زيوت الوقود . تم القيام بتحاليل التوسع والتوليد لجميع الحالات لفترة حتى عام 2020 وكانت الاسعار المستخدمة هى أسعار عام 1995 . وكانت أهم البارمترات المستخدمة : يوما واحدا لكل ثلاث سنوات بالنسبة لاحتمالية فقدان الحمل ، معدل الحسم السنوى 8 بالمائة ، 20 عاما بالنسبة لعمر الوحدات الغازية ، 35 عاما بالنسبة لعمر الوحدات البخارية .

الشكل رقم(3) يلخص نتائج التحاليل بالنسبة للقدرات التى يتعين اضافتها خلال فترة الدراسة بالنسبة لكل حالة من الحالات التى تمت دراستها . من هذا الشكل يمكن ملاحظة أن مخطط الشركة العامة للكهرباء للتوسع فى التوليد لا يختلف كثيرا عن التوسع وفق الحل الامثل لبرنامج (WASP) ، كما يمكن ملاحظة أن محطات الدورة المزدوجة تشكل الجزء الاكبر من قدرة التوليد المضافة فى جميع الحالات . وتتراوح القدرة المضافة خلال فترة الدراسة بالنسبة للحالة الدراسية الخاصة بمخطط الشركة العامة للكهرباء السيناريو الاعتيادى من حوالى 6000 ميجاوات فى السيناريو الاقتصادى المنخفض الى حوالى 13000 ميجاوات فى السيناريو الاقتصادى المرتفع .

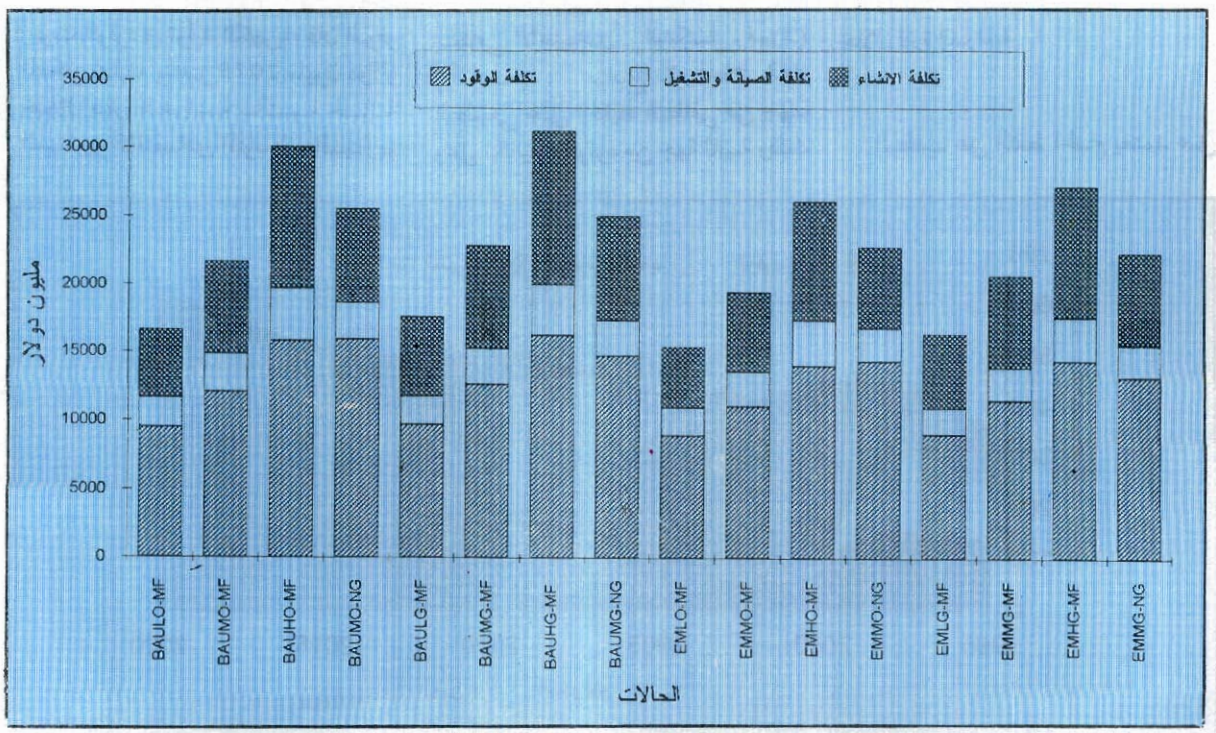
وبالنسبة للسيناريو الطاقى المرشد ستنخفض قدرات التوليد المطلوب إضافتها الى حوالى 5500 ميجاوات فى السيناريو الاقتصادى المنخفض والى حوالى 10600 ميجاوات فى السيناريو الاقتصادى المرتفع .

وفيما يتعلق بتكاليف المنظومة (التكاليف الرأسمالية ، تكاليف التشغيل والصيانة ، وتكاليف الوقود) فان **الشكل** رقم(4) يعطى ملخصا بذلك . وقد قدرت الاستثمارات المطلوبة للقدرات الاضافية بالنسبة لحالة مخطط الشركة العامة للكهرباء 5457 و 11240 مليون دولار بحسب السيناريو المفترض . وفى حالة السيناريو الطاقى المرشد فان الوفر الممكن فى الاستثمارات يتراوح مابين 440 و 1700 مليون دولار خلال كامل فترة الدراسة وبحسب السيناريو الاقتصادى المفترض . وهناك وفر مماثل بالنسبة لتكاليف التشغيل والصيانة وتكاليف الوقود كما هو موضح بالجدول رقم(5) (أ ، ب ، جـ) .

وفى حالة احلال الغاز الطبيعى محل



شكل رقم (3) نتائج التوسع في إنتاج الطاقة الكهربائية – القدرات المضافة



شكل رقم (4) نتائج التوسع في إنتاج الطاقة الكهربائية – التكاليف

جدول (5-أ) إمكانيات الوفر في التكاليف الاستثمارية

الحالة الدراسية الخاصة بمخطط الشركة العامة للكهرباء	تكاليف رأسمالية بدون ترشيد طاقي	تكاليف رأسمالية مع ترشيد طاقي	الوفر في التكاليف الرأسمالية
حمل منخفض	5858	5457	401
حمل متوسط	7641	6809	832
حمل مرتفع	11241	9568	1673

جدول (5-ب) إمكانيات الوفر في تكاليف الوقود

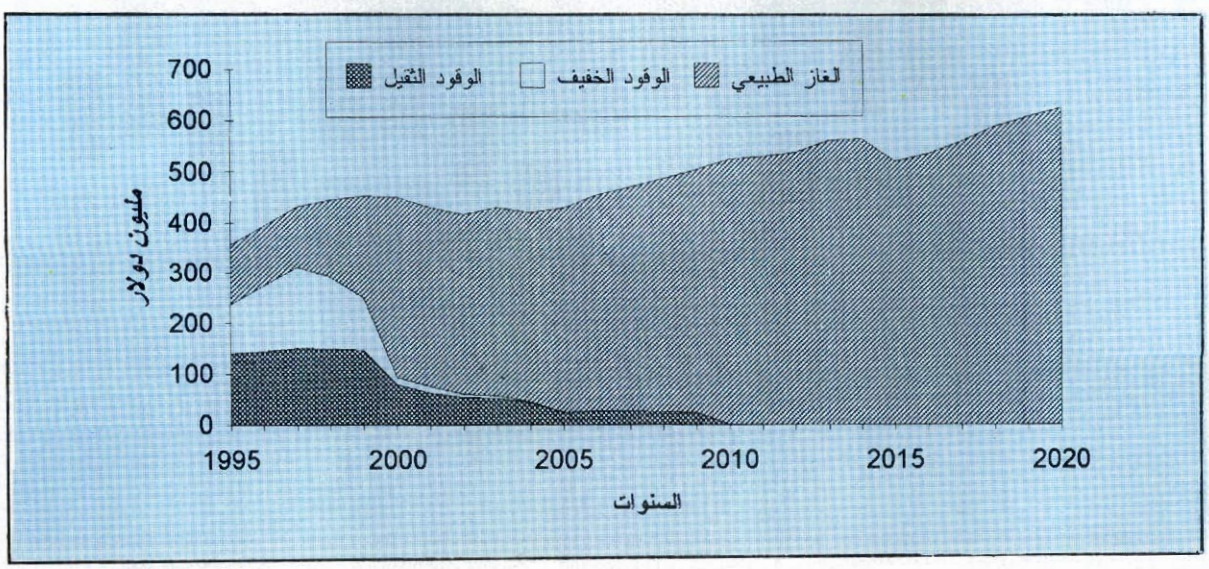
الحالة الدراسية الخاصة بمخطط الشركة العامة للكهرباء	تكلفة الوقود بدون ترشيد طاقي	تكلفة الوقود مع ترشيد طاقي	التخفيض في تكلفة الوقود
حمل منخفض	9754	9053	701
حمل متوسط	12698	11587	1111
حمل مرتفع	16286	14415	1871

جدول (5-جـ) إمكانيات الوفر في تكاليف الصيانة والتشغيل

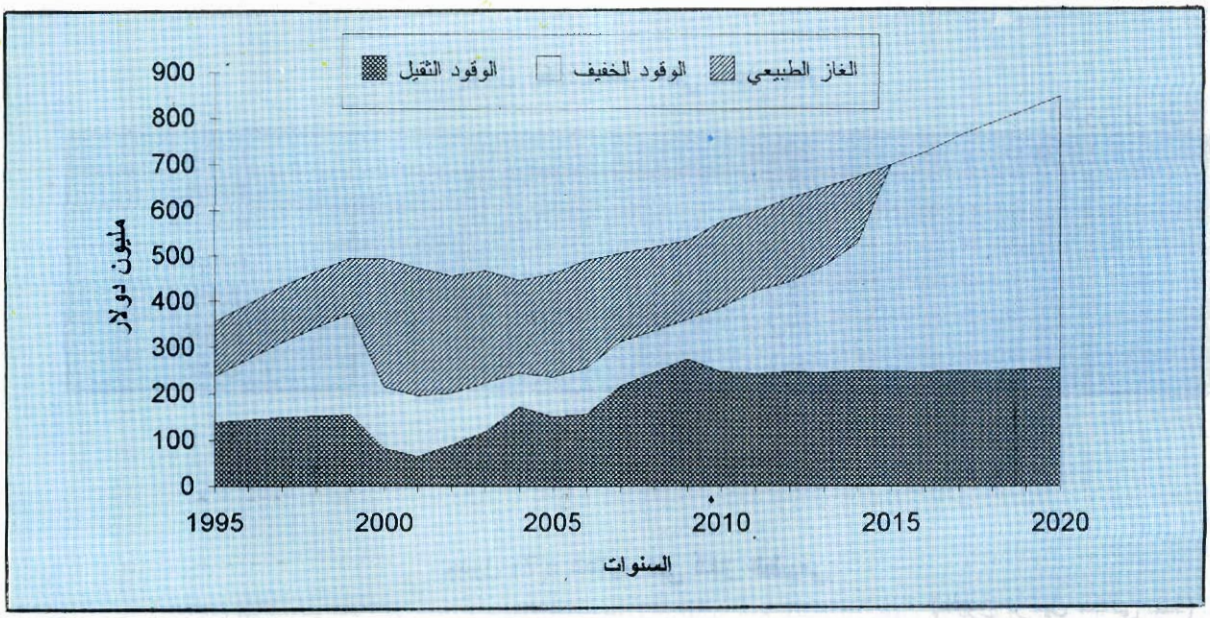
الحالة	اجمالي تكلفة التشغيل والصيانة بدون ترشيد	اجمالي تكلفة التشغيل والصيانة مع الترشيد	التخفيض في تكلفة التشغيل والصيانة
حمل منخفض	2066	1955	111
حمل متوسط	2595	2368	227
حمل مرتفع	3763	3258	505

زيوت الوقود فى توليد الكهرباء فان الوفر الممكن تحقيقه يناهز 2075 مليون دولار خلال فترة الدراسة بالنسبة لحالة السيناريو الاقتصادى المتوسط ـ السيناريو الطاقى الاعتيادى . الشكل رقم(5) (أ ، ب) يوضح تأثير احلال الغاز الطبيعى على الخليط الطاقى من جهة وعلى تكاليف الوقود من جهة ثانية وذلك خلال فترة الدراسة .

الطلب على النفط الخام يعتمد على



شكل رقم (5-أ) تكلفة الوقود بالتوسع في إستخدام الغاز الطبيعي



شكل رقم (5-ب) تكلفة الوقود بدون التوسع في إستخدام الغاز الطبيعي

الطلب الاجمالى على المنتجات النفطية وهو ما يعنى اجمالى الطلب على المنتجات النفطية من قبل القطاعات الاقتصادية المختلفة وفق تقديرات برنامج (MEDE-S) بالاضافة الى الطلب على المنتجات النفطية من قبل قطاع الكهرباء والتى قدرت باستخدام برنامج (WASP) . وعليه فانه حسب السيناريو المفترض ، تم الحصول على النتائج الواردة بالجدول رقم(6) والتى توضح بجلاء أن الطلب على النفط الخام يمكن أن يصل الى 150 مليون برميل فى عام 2020 فى السيناريو الاقتصادى المرتفع - السيناريو الطاقى الاعتيادى ويمكن أن تنخفض هذه الكمية الى حوالى 119 مليون برميل فى حالة تطبيق سياسات الحفاظ على الطاقة .

4 . 5 الطلب على الغاز الطبيعى

مثلما تم بالنسبة للطلب على النفط الخام فإن الطلب على الغاز الطبيعى سيعتمد على طلب القطاعات الاقتصادية وطلب قطاع الكهرباء . الجدول رقم(7) يبين النتائج التى تم التوصل اليها بجمع الطلب على الغاز الطبيعى للاغراض الطاقية وغير الطاقية الذى تم التحصل عليه من برنامج (MEDEE-S) مع الطلب على الغاز الطبيعى لتوليد الكهرباء كما توقعها برنامج (WASP) . وبحسب السيناريو المفترض فان الطلب على الغاز الطبيعى فى عام 2020 سيكون فى حدود 48 - 100 مليون برميل مكافىء نفط (8 . 6 - 2 . 14 بليون متر مكعب) حيث سيكون هناك وفر هام فى حالة تطبيق برامج ادارة الطاقة . الجدير بالملاحظة هنا أن معظم الطلب على الغاز الطبيعى هو نتيجة لاتباع سياسة احلال الغاز الطبيعى محل زيوت الوقود فى توليد الكهرباء

4 . 6 - اجمالى الطلب على الطاقة الاولية

يبدو واضحا من الجدولين(5)و(6) أن اجمالى الطلب على الطاقة الاولية للنفط الخام والغاز الطبيعى مجتمعين يمكن أن يتجاوز 250 مليون برميل مكافىء فى عام 2020 فى حالة حالة السيناريو الاقتصادى المرتفع على افتراض سيناريو طاقى اعتيادى أى عدم تطبيق برامج وسياسات الحفاظ على الطاقة . ويمكن تحقيق وفر هام قدره 50 مليون برميل مكافىء نفط فى حالة اقرار سياسات ادارة الطاقة وترشيد استهلاكها .

5 - الاستنتاج

سيعتمد الطلب المستقبلى على الطاقة فى ليبيا بدرجة كبيرة على الأداء الذى سيحققه اقتصادها . وفى حالة تحقق سيناريو النمو الاقتصادى المرتفع فان الطلب على الطاقة الاولية عام 2020 يمكن أن يفوق 250 مليون برميل مكافىء نفط اذا لم يتم تطبيق سياسات ترشيد استهلاك الطاقة ، 150 مليون برميل منها نفط والباقى غاز طبيعى . وبامكان تطبيق سياسات الحفاظ على الطاقة وترشيد استهلاكها أن تحقق خفضا هاما يناهز 50 مليون برميل مكافىء نفط عام 2020 .

كذلك ، فان متطلبات البلاد من

جدول (6): الطلب على النفط الخام

(مليون برميل)

السيناريو	2000	2010	2020
BAUL	57.95	70.83	83.85
BAUM	64.49	87.77	108.04
BAUH	71.45	109.54	150.67
EML	55.88	62.41	66.95
EMM	61.51	77.02	85.70
EMH	65.82	96.62	119.00

جدول (7): الطلب على الغاز الطبيعي

(مليون برميل مكافئ نفط)

السيناريو	2000	2010	2020
BAUL	46.04	50.36	53.58
BAUM	50.36	62.77	70.53
BAUH	54.05	76.92	99.88
EML	44.80	46.83	47.75
EMM	48.53	57.49	60.84
EMH	50.20	70.48	83.88

قدرات توليد الطاقة الكهربائية يمكن تخفضيها بنسبة هامة اذا ما حققت القطاعات الاقتصادية تحسنا فى كفاءة استخدام الطاقة حيث يقدر ذلك بحوالى 2160 ميجاوات بحلول عام 2020 ، وهو ما يكافىء وفرا فى الاستثمارات يناهز 170 مليون دولار فى حالة السيناريو اقتصادى المرتفع والسيناريو الطاقى برشد . بالاضافة الى هذا يمكن تحقيق وفر قدره 1900 مليون دولار فى تكاليف الوقود وذلك خلال كامل فترة الدراسة . كما أن استبدال زيوت الوقود بالغاز الطبيعى من شأنه أن يساهم فى توفير حوالى 2000 مليون دولار اضافية خلال نفس الفترة ●

المراجـــــع

1. Ben-Omran, A. and Ballut, A., "Long Term Energy Planning for Libya: Case of a Net Oil and Gas Exporter", Proceedings of the World Energy Council 16th Congress, Section 1.2, Pages 67 - 85, Tokyo, 1995.
2. "Future Demand for Libya for the Year 2020", Unpublished report, Bureau of Energy Data and Studies, 1996.
3. "MEDEE-S Energy Demand Model for Developing Countries", Report published by UNDP in collaboration with the commission of European Communities, 1989.
4. "Wien Automatic System Planning: Version III", Manual, IAEA, 1990.
5. "Load Forecast for General Electricity Company of Libya", Report, Hydro-Quebec International, Canada, Ceptember 1995.
6. "Energy Planning in the Arab Maghreb Union", Report published by the Maghreb Commission for General Energy Planning and Management in collaboration eith the European Commission, 1997.