

## تقييم هشاشة قطاع الطاقة تجاه التغيرات المناخية وإجراءات التكيف المحتملة في سورية



الفعالية المتعلقة بالدراسة:

برامج تسهيل التكيف مع التغيرات المناخية

اسم المشروع:

نشاطات التمكين من أجل إعداد بلاغ سورية الوطني الأول الخاص باتفاقية الأمم المتحدة  
الإطارية للتغيرات المناخية (رقم المشروع: 00045323 / برنامج الأمم المتحدة الإنمائي).

وزارة الإدارة المحلية والبيئة بالتعاون مع برنامج الأمم المتحدة الإنمائي  
ومرفق البيئة العالمي

البلاغ الوطني الأول للجمهورية العربية السورية  
الخاص باتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن التغيرات المناخية

"Enabling activities for Preparation of Syria's initial National  
Communication to UNFCCC", (Project Nr.00045323).

## تقييم حساسية قطاع الطاقة تجاه التغيرات المناخية وإجراءات التكيف المحتملة

(INC-SY\_V&A\_Energy -Ar)

المدير الوطني للمشروع  
الدكتور يوسف مسلماني

[info@inc-sy.org](mailto:info@inc-sy.org)

آذار / مارس 2009

© حقوق الطبع والنشر محفوظة:

يسمح بالنسخ والنقل عن هذا التقرير للاستخدام الشخصي بشرط الإشارة إلى المرجع، أما النسخ والنقل لأهداف تجارية فغير مسموح بهما إلا بموافقة خطية من إدارة المشروع.

Copyright © 2009 \_ INC-SY\_V&A\_Energy -Ar, United Nation Development Programme (UNDP) / GCEA.

## فريق الدراسة:

الدكتور يوسف مسلماني  
الدكتور علي حينون  
المدير الوطني للمشروع.  
عضو فريق تدابير التكيف / هيئة الطاقة الذرية السورية

## اللجنة التوجيهية للمشروع:

برئاسة المهندس هلال الأطرش وزير الإدارة المحلية و البيئة، وعضوية كل من:

السيد إسماعيل ولد الشيخ أحمد	الممثل المقيم لبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي في سورية
الدكتور تيسير رداوي	رئيس تخطيط الدولة
المهندس عماد حسون	معاون الوزير / نقطة الاتصال الوطنية لمرفق البيئة العالمي
المهندسة عبير زينو	رئيس فريق الطاقة والبيئة في برنامج الأمم المتحدة الإنمائي
المهندس هيثم نشواتي	المنسق الوطني للمشروع / وزارة الدولة لشؤون البيئة
الدكتور يوسف مسلماني	المدير الوطني للمشروع

## اللجنة الفنية للمشروع:

تتألف من المدير العام للهيئة العامة لشؤون البيئة، ورئيس فريق الطاقة والبيئة في برنامج الأمم المتحدة الإنمائي، والمدير الوطني للمشروع، والمنسق الوطني للمشروع، وممثلين عن كل من: وزارة الدولة لشؤون البيئة، و هيئة تخطيط الدولة، و وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، و وزارة الري، و وزارة الصناعة، و وزارة الكهرباء/مركز بحوث الطاقة، و وزارة الإسكان والتعمير، و وزارة النقل، و وزارة النفط والثروة المعدنية، و المديرية العامة للأرصاد الجوية، والجامعات ومراكز البحث العلمي، والجمعيات الأهلية.

تم المصادقة على هذا التقرير بالإجماع من قبل اللجنة الفنية، خلال ورشة العمل الفنية التي جرت بتاريخ 24/03/2009، في فندق ديبيمان - تدمر.

## الفهرس

4	..... الملخص
5	..... مدخل
6	..... لمحة عامة عن سورية
8	..... مصادر الطاقة الحالية واستخداماتها
9	..... البنية المؤسساتية لقطاع الطاقة في سورية
10	..... ملامح السياسة الطاقية في سورية
10	..... الاستهلاك النهائي للطاقة
11	..... استهلاك الكهرباء
13	..... الطاقة الأولية ومصادرها
14	..... قائمة مصادر غازات الدفيئة
18	..... إصدارات قطاع الكهرباء
19	..... القطاعات الفرعية الأكثر حساسية للتغيرات المناخية
20	..... قابلية قطاع الطاقة لمواجهة التغيرات المناخية
22	..... سياسات وإجراءات التأقلم المحتملة لتخفيف آثار التغيرات المناخية
23	..... سيناريو التزود المرجعي
24	..... سيناريو الطاقات المتجددة (سيناريو التزود البديل)
25	..... مقارنة نتائج السيناريو المرجعي والمتجدد
27	..... مقارنة انبعاثات غازات الدفيئة للسيناريوهين
30	..... المراجع

## الملخص

في إطار مشروع برنامج الأمم المتحدة الإنمائي حول "نشاطات التمكين من أجل إعداد بلاغ سورية الوطني الأول الخاص باتفاقية الأمم المتحدة الإطارية للتغيرات المناخية (UNFCCC)" سيجري تحليل وتقييم ضعف/ هشاشة قطاع الطاقة في سورية تجاه التغيرات والتحولت المناخية. يغطي هذا التقرير مجموعة من القضايا المتعلقة بالتأثر بين قطاع الطاقة وانبعاثات غاز الدفيئة (GHG). حيث يتضمن توصيفاً لنظام الطاقة السوري الحالي وفق قطاعات الاستهلاك وعلى مستويي الطلب والتزود. ومن ثم يعرض في إطار سيناريو مرجعي للتطور المستقبلي طويل المدى للطلب على الطاقة النهائية وفقاً للتطورات الاجتماعية-الاقتصادية والتقنية المتوقعة لغاية عام 2030. ولمواجهة الطلب المتوقع على الطاقة جرت صياغة سيناريو تزود مرجعي أمثل يحقق تكلفةً أدنى للنظام مع مراعاة توفر مصادر الطاقة الوطنية وتنوع خيارات التزود. ولأجل سيناريو التزود الطاقى المرجعي جرى حساب انبعاثات غازات الدفيئة وعرضها وفق قطاعات الاستهلاك ونمط الفعاليات.

ونظراً لهشاشة قطاع الطاقة تجاه التغيرات المناخية الناجمة عن زيادة انبعاث غازات الدفيئة، فقد جرى تطوير سيناريو تزود بديل يعكس إجراءات التكيّف وخيارات التخفيف الأكثر احتمالاً والتي يمكن أن تقود بشكل واقعي إلى الحد من انبعاثات غازات الدفيئة. وتعتمد منهجية الدراسة المستخدمة على حساب وتقييم كميات الانبعاثات من خلال التغيير الموجه في نمط تقانات التحول الطاقية لنظام التزود الطاقى المستقبلي لاسيما في قطاع توليد الكهرباء. في هذا السياق وتماشياً مع إرشادات بروتوكول كيوتو بخصوص توظيف آلية التطور النظيف (CDM) لخفض الانبعاثات في الدول النامية، جرى التركيز على دور الطاقات المتجددة إضافة للخيار النووي في نظام توليد الكهرباء المستقبلي. وبمقارنة نتائج السيناريو البديل مع السيناريو المرجعي يمكن تقييم فاعلية وتأثير إجراءات التخفيف على الهيكلية المستقبلية لقطاع الطاقة ومن ثم إظهار قابلية هذا النظام للتكيّف مع التغيرات المفروضة.

وقد بينت نتائج المقارنة بين السيناريوهين أن السيناريو البديل ستبدأ جدواه بعد عقد من الآن حيث سيصل مقدار خفض الانبعاثات إلى حوالي 3 مليون طنناً عام 2020 ثم ينمو ليصل عام 2030 لحوالي 7.5 مليون طنناً مكافئاً من CO2 وهو ما يقابل خفضاً قدره 4.5% من مجمل الإصدار المتوقع عام 2030.

كما يمكن من جهةٍ أخرى تحليل إمكانية تكيّف قطاع الطاقة على مستوى الطلب من خلال تقييم قابلية مستهلكي الطاقة للتأقلم مع متطلبات التخفيف عبر سيناريو يتضمن فرض أسعار أعلى على

الخدمات الطاقية ومراعاة إجراءات ترشيد وحفظ الطاقة. في هذا السياق تتطلب فرضيات السيناريو المفترض ضرورة مراعاة الظروف الوطنية على المستويين الاقتصادي والتقني بما يتماشى مع النمو المستقبلي المتوقع لحصة الفرد من الناتج المحلي الإجمالي ومدى تطور تقانات التحول الطاقية ومعدلات تغلغها في نظام الطاقة المستقبلي.

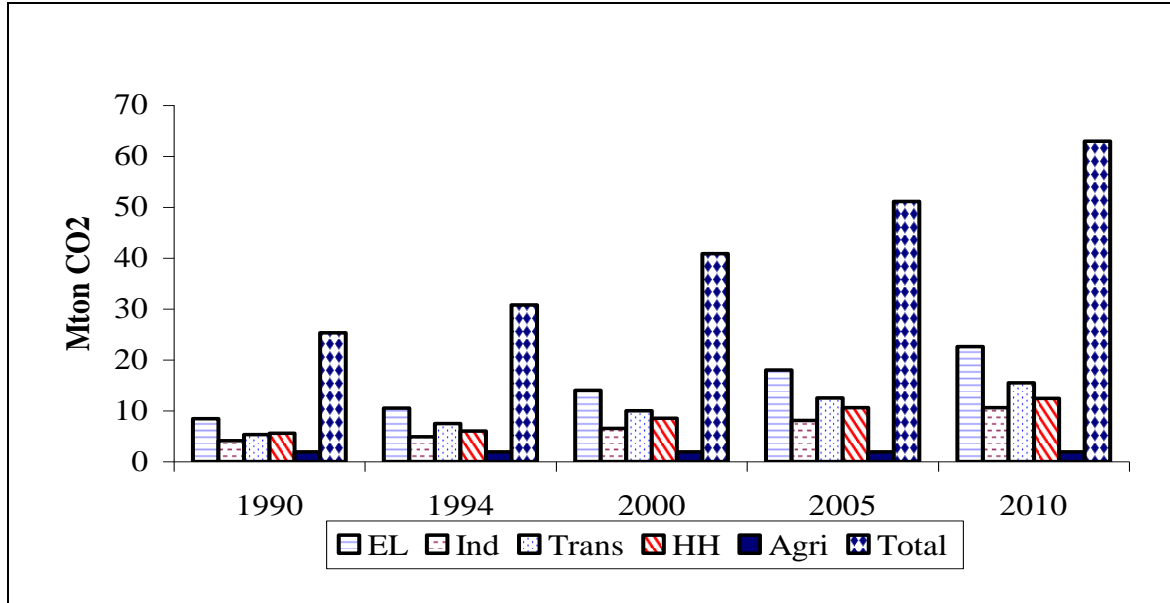
## مدخل

وفاءً بالتزاماتها الدولية فقد صادقت سورية على اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية للتغيرات المناخية (UNFCCC) في نيسان 1996 وبروتوكول كيوتو في عام 2005. وقامت بتأسيس كلٍ من مجلس حماية البيئة والهيئة العامة لشؤون البيئة اللذين أنيطت بهما الواجبات التالية:

- إدخال البعد البيئي في التشريعات والسياسات الوطنية،
- إيقاظ الوعي لدى الجهات الاعتبارية والجمهور تجاه القضايا البيئية،
- تطوير وبناء الخبرات والكوادر الوطنية للوفاء بالتزامات سورية تجاه،
- المتطلبات الدولية المرتبطة بقضايا البيئة،
- صياغة الخطط والاستراتيجيات الوطنية لحماية البيئة،
- تأسيس شبكة وطنية للمراقبة البيئية.

يجري إعداد البلاغ الوطني الأول للتغيرات المناخية بما فيها تقدير انبعاثات غاز الدفيئة في إطار مشروع تعاون بين الهيئة العامة لشؤون البيئة وبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي للفترة 2007-2009. وتتمثل خطة تنفيذ المشروع بما يلي:

- إعداد القائمة الوطنية لحصر انبعاثات غازات الدفيئة من خلال تجميع وتحليل بيانات الانبعاثات اعتباراً من عام 1994،
- تحليل الإجراءات المحتملة وخيارات التخفيف للحد من انبعاث غازات الدفيئة،
- تقييم التأثيرات المحتملة للتغير المناخي في سورية وإجراءات التكيف معها والحد منها،
- تمكين الحكومة السورية للقيام بشكل مستقل بتقويم تأثير التغيرات المناخية واتخاذ إجراءات التكيف المناسبة لاسيما لدى وضع السياسات في مختلف المناخي التنموية،
- تحضير تقرير البلاغ الأول وتقديمه لمؤتمر الأطراف لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ.



الشكل رقم (1): كميات انبعاثات غازات الدفيئة المتوقعة للفترة 2010-1990 (القيم مقدرة بمكافئ ثاني أكسيد الكربون).

تمثلت المساهمة الوطنية الأولى حول انبعاثات غازات الدفيئة والتغيرات المناخية بدراسة وطنية أنجزت عام 1998 نتيجة مشروع تعاون بين مركز البحوث البيئية (في حينه) وهيئة التعاون التقنية الألمانية (GTZ). وتمثلت أهداف الدراسة بإعداد قائمة حول حصر انبعاثات غازات الدفيئة والمصارف لعامي 1990 و 1994، وبناء سيناريو أساسي حول الانبعاثات المستقبلية، و تقديم الاقتراحات حول الخيارات التقنية وغير التقنية لخفض الانبعاثات.

بينت نتائج الدراسة بخصوص تقويم مساهمة القطاعات المختلفة في مجمل الانبعاثات الوطنية للعامين 1990 و 1994 أن قطاع الطاقة قد ساهم بمفرده بحوالي 88% تبعه القطاع الصناعي ثم النفايات بنسبة 9% و 3% على التوالي. ويوضح الشكل 1 التقديرات الأولية لهذه الدراسة عن كميات الانبعاثات لغاية عام 2010. وتبين هذه التقديرات أن الانبعاثات ستزداد بمعدل 2.3 و 2.88 مرة في السنوات 2005 و 2010 انطلاقاً من كمية الانبعاثات المسجلة عام 1990 والبالغة 25.3 مليون طن مكافئ من CO2 [Jabbour, 2005].

## لمحة عامة عن سورية

تقع الجمهورية العربية السورية على الساحل الشرقي للبحر الأبيض المتوسط. تتجاور مع تركيا من الشمال والعراق من الشرق وفلسطين والأردن من الجنوب ولبنان والبحر المتوسط من الغرب. و تبلغ المساحة العامة لسورية حوالي 185 ألف كم2 منها حوالي 32% أراضي زراعية والباقي جبال وبادية. وتتميز البادية السورية بأنها صالحة لإنبات الأعشاب وتستعمل كمراع عند هطول كميات

كافية من الأمطار. وتقسّم سورية جغرافياً إلى المنطقة الساحلية والمنطقة الجبلية والمنطقة الداخلية أو منطقة السهول ومنطقة البادية. ويسود في سورية بشكل عام المناخ المميّز لمنطقة البحر الأبيض المتوسط والذي يتصف بشتاء ممطر وصيف جاف يتخللهما فصلان انتقاليان قصيران. وتقسّم سورية مناخياً إلى أربع مناطق تتطابق مع المناطق الجغرافية الأنفة الذكر، حيث تتصف المنطقة الساحلية بأمطار غزيرة شتاءً ودرجة حرارة متوسطة ورطوبة عالية صيفاً، أما المنطقة الداخلية فتتصف بهطول الأمطار شتاءً وبصيفٍ حارٍ وجافٍ و تغيراتٍ يومية كبيرة في درجات الحرارة، أما المنطقة الجبلية التي يزيد ارتفاعها عن 1000 متر فتتهطل فيها الأمطار بغزارة وقد تزيد عن 1000 ميليمتر خلال فصل الشتاء، ويكون الطقس فيها معتدلاً صيفاً، أما منطقة البادية فتتصف بأمطار قليلة خلال فصل الشتاء وبصيفٍ حارٍ وجافٍ [Hainoun, 2004].

بلغ عدد سكان القطر العربي السوري عام 1960 حوالي 4.565 مليون نسمة فقط ! وقد تضاعف هذا العدد خلال العقدين اللاحقين ليصل عام 1981 إلى حوالي 9 مليون نسمة. ثم تنامي هذا العدد في السنوات اللاحقة ليصل وفقاً لتعداد السكان الأخير عام 1994 إلى حوالي 13.782 مليون نسمة. ووفقاً للتعدادات السكانية للمكتب المركزي للإحصاء لعامي 1981 و 1994 فقد بلغت نسبة نمو السكان الوسطية آنذاك حوالي 3.3% وهي واحدة من أعلى معدلات النمو في العالم. ونتيجة لمجموعة من المتغيرات الاجتماعية والاقتصادية (زيادة مستوى الوعي وتغير نمط الحياة وتأخر سن الزواج إضافة لدخول المرأة ميادين العمل وعدم تفرغها للمنزل والإنجاب) فقد شهد معدل النمو السكاني تراجعاً مضطرباً. ويقدر المكتب المركزي للإحصاء معدل النمو السكاني للفترة 2000-2006 بحوالي 2.33%. ووفقاً للإحصاء السكاني لعام 2004 فقد وصل عدد السكان في ذلك العام إلى 17.9 مليون نسمة، وتعطي التقديرات الرسمية لعام 2007 عدد السكان بحوالي 19.17 مليون نسمة [CBS, 2007].<sup>1</sup>

في الجانب الاقتصادي فقد سجل الاقتصاد السوري بعد الأزمة الاقتصادية للفترة (1985-1990) نمواً سنوياً معتبراً وصل إلى حوالي 8% للفترة 1990-1996 وذلك بفعل زيادة إنتاج النفط والدعم الخارجي إثر حرب الخليج الثانية وقانون الاستثمار رقم 10 لعام 1991 الذي شجع الاستثمارات الخارجية ودور القطاع الخاص إضافة لمجموعة من الإجراءات المالية. وقد ساعد الوضع الاقتصادي الجديد في تطور بعض الفروع الصناعية كصناعة المنسوجات والأدوية والأغذية وبعض الصناعات الخفيفة. كما نما إثرها قطاع السياحة. وخلال الفترة الأخيرة 2000-2006 وصل معدل النمو الوسطي إلى حوالي 4.7% حيث نما خلالها الناتج المحلي الإجمالي من 904 إلى 1193 مليار

<sup>1</sup> According to Human Development Report 2000 (Table 19, page 225), population growth rate in Syrian Arab Republic (SAR) was 3.2% per annum during the period 1975-1998. This report predicts 2.3% p.a. population growth rate during the period 1998-2015 for the Syria. Total population of SAR will be 22.6 million by the year 2015 of which 62.1% will be in urban areas and 3.5% above the age of 65 years.



ل.س. وتوسعى الحكومة السورية لتحقيق معدل نمو بحدود 7% نهاية العقد الحالي. ويبين الجدول 1 بعض المؤشرات الاقتصادية والسكانية (الديموغرافية) لسورية. و وفق المعطيات الرسمية فقد نمت خلال الفترة 2006-2000 حصة الفرد من الناتج المحلي الإجمالي من 1108 إلى 1250 دولاراً أمريكياً محققاً معدل نمو سنوي قدره 2.4%.

الجدول رقم (1): المؤشرات الاقتصادية والديموغرافية لسورية للفترة 2006-2000 [CBS,2007].

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Growth rate %
GDP(B.SP) <sup>2</sup>	903.9	950.2	1006.4	1017.6	1086	1134.9	1192.7	4.7
GDP (\$)	17.7	18.6	19.7	20.0	21.3	22.3	23.4	4.7
Population <sup>3</sup> (Millions)	16.3	16.7	17.13	17.5	17.9	18.27	18.7	2.3
GDP per Capita (SP)	55386.0	56830.1	58750.7	57982.9	60599.3	62121.6	63722.8	2.4
GDP per Capita (\$)	1107.8	1122.6	1142.4	1156.1	1200.2	1206.4	1250.2	2.4

## مصادر الطاقة الحالية واستخداماتها

وفقاً للإحصاءات الدولية يتميز نظام الطاقة السوري بمعدلات استهلاك منخفضة للفرد. ويبين الجدول 2 بعض مؤشرات قطاع الطاقة الوطني مقارنةً مع بعض المناطق الأخرى لعام 2004. ويلاحظ أن حصة الفرد من الطاقة الأولية قد بلغت في سورية حوالي 0.99 طناً مكافئاً نفطياً مقارنة مع 1.77 و 2.64 طناً مكافئاً نفطياً للمعدل الوسطي العالمي ولمنطقة الشرق الأوسط 4. بالمقابل يلاحظ أن معدل إصدار غاز ثاني أكسيد الكربون قريب من المتوسط العالمي.

الجدول رقم (2): بعض مؤشرات قطاع الطاقة في سورية مقارنة بالقيم العالمية لعام 2004.

	Primary Energy (toe/capita)	Final Electricity Consumption (kWh/capita)	CO2-Emission (tCO2/toe)	CO2-Emission (tCO2/capita)
Syria	0.99	1317	2.59	2.57
Middle East	2.64	2881	2.47	6.51
Asia	0.63	617	1.94	1.22
Africa	0.67	547	1.39	0.93
World Average	1.77	2516	2.37	2.57

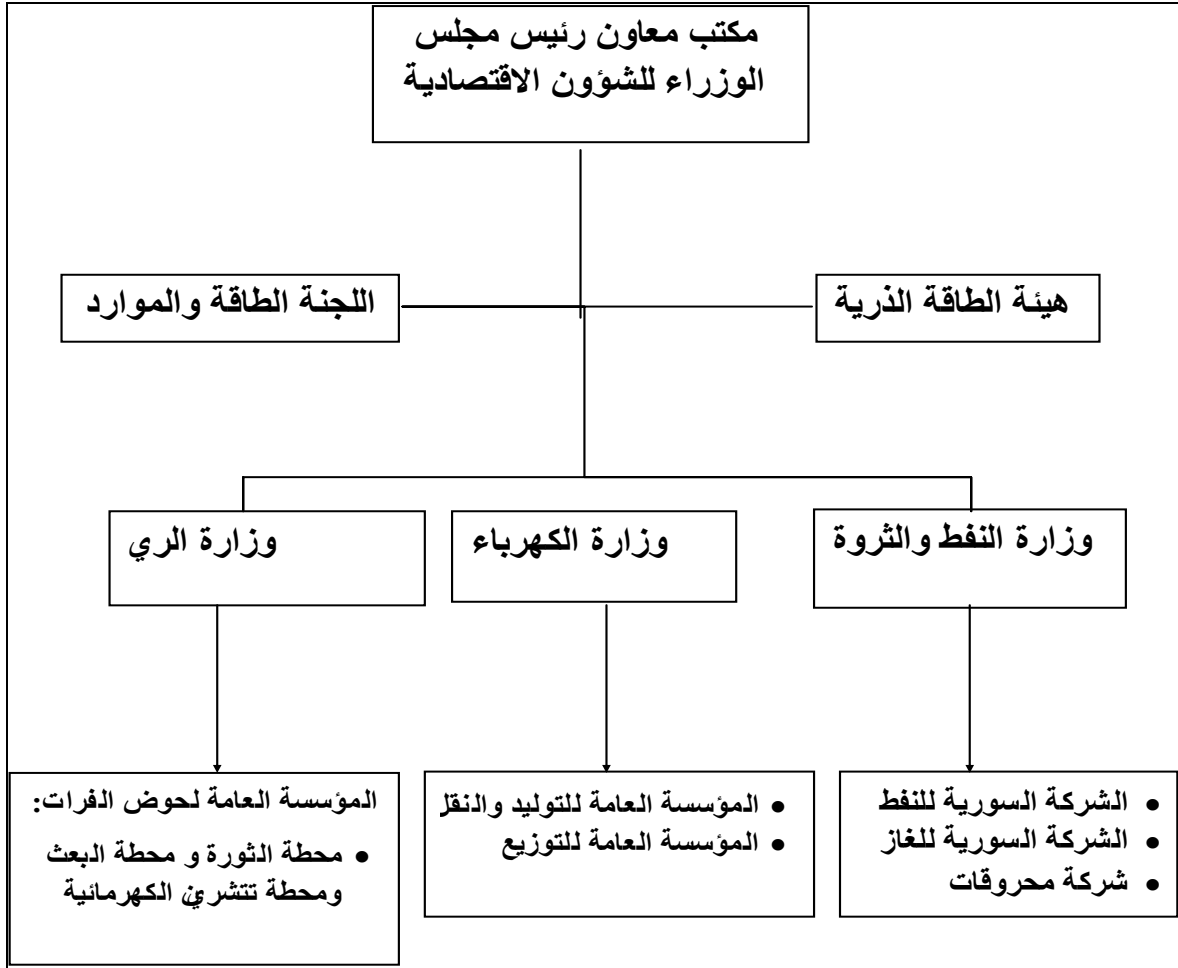
<sup>2</sup> Using market prices of the year 2000 and assuming that 1\$ equals to 51 Syrian Pound (SP)

<sup>3</sup> Estimated in the mid year for all years except 2004 when the general census was performed.

<sup>4</sup> IEA statistics, [www.iea.org](http://www.iea.org)

## البنية المؤسساتية لقطاع الطاقة في سورية

يمثل قطاع الطاقة جزءاً من الفعاليات الاقتصادية التي تدار من قبل مكتب نائب رئيس مجلس الوزراء للشؤون الاقتصادية. وتتوزع فعالية هذا القطاع على وزارة النفط والثروة المعدنية و وزارة الكهرباء و وزارة الري وهيئة الطاقة الذرية السورية [Hainoun, 2004].



الشكل رقم (2): الهيكلية المؤسساتية لقطاع الطاقة في سورية

تمثل وزارة النفط والثروة المعدنية الجهة الحكومية المسؤولة عن تخطيط واستغلال الثروات الباطنية كالنفط والغاز وكل المعادن ومصادرها كالفوسفات والجرانيت والرخام و... الخ. وتتبع لها الشركة السورية للنفط المسؤولة عن إنتاج ونقل وتوزيع النفط والغاز، التي تشرف في إطار مسؤولياتها الخدمية على معالجة النفط الموجه للاستهلاك النهائي الداخلي من خلال مصفاةي حمص وبانياس اللتين تنتجان ما يزيد عن 200 ألف برميلاً من النفط المكافئ يومياً.

بينما تمثل وزارة الكهرباء الجهة المسؤولة عن سياسات توليد الطاقة الكهربائية واستثمارها وتسعيرها ، حيث تقوم بإدارة هذا القطاع عبر المؤسسة العامة للكهرباء التي تقسم بدورها إلى المؤسسة العامة

لتوليد ونقل الطاقة الكهربائية والمؤسسة العامة لتوزيع الطاقة الكهربائية. تضطلع المؤسسة الأولى بمسؤولية التوليد والنقل على مستويات التوتر 400 kV و 230 kV و بالتالي يتبع لها المستهلكون على هذه المستويات وهي بشكل أساسي الصناعات الكبيرة والري بينما تشرف الثانية على التوزيع على بقية المستهلكين.

تقوم وزارة الري بمهمة تنمية واستغلال وإدارة المصادر المائية وتتبع لها محطات توليد الكهرباء المائية، وتشرف بشكل رئيسي من خلال المؤسسة العامة لحوض الفرات على المحطات الكهرمائية الثلاث المقامة على نهر الفرات وفروعه وهي الثورة والبعث و تشرين.

تمثل هيئة الطاقة الذرية السورية الجهة الرسمية المعنية بجميع الفعاليات البحثية والتطبيقية المتعلقة بالاستخدام السلمي للطاقة الذرية، وهوما يتضمن تنفيذ الفعاليات المتعلقة بتحليل نظام الطاقة الوطني ودراسة آفاق تطوره باستخدام منهجيات علمية متقدمة تسمح من بين أهدافها بتبيان دور الطاقة النووية كمصدر رديف للمصادر الطاقة الأخرى.

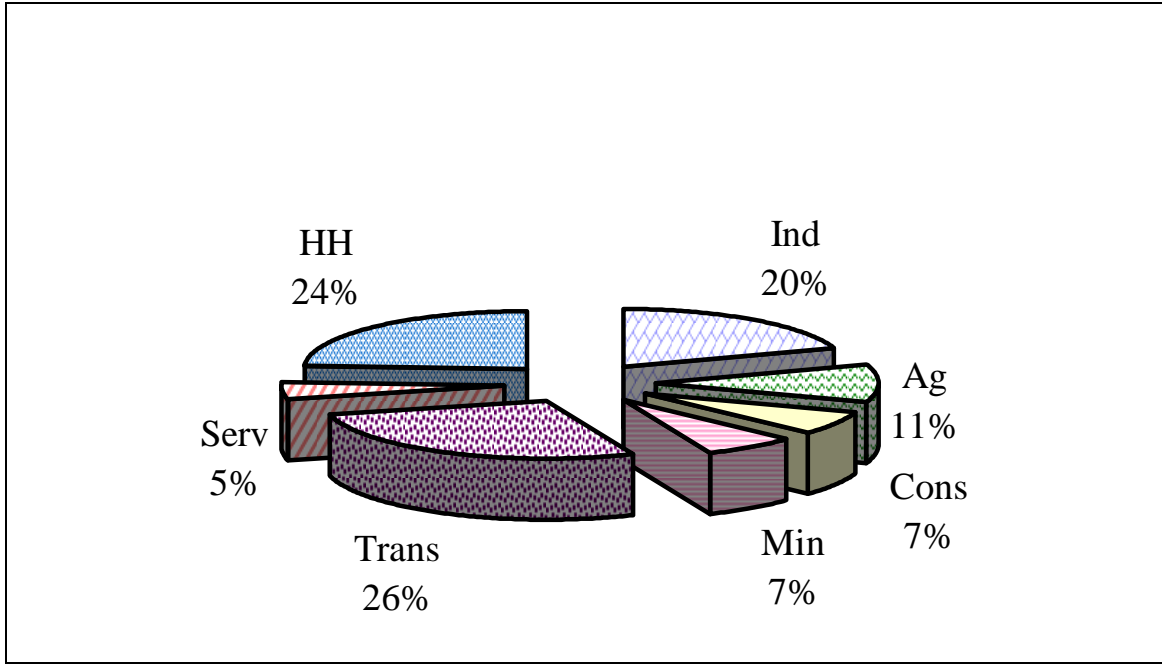
## ملاح السياسة الطاقة في سورية

يتمثل الهدف الرئيسي للسياسة الطاقة في سورية في تحقيق أمن التزود من خلال تأمين الخدمات الطاقة لمختلف فعاليات المجتمع بتكلفة فعليه وأسعار واقعية بما يتلاءم مع الظروف الاقتصادية الوطنية. ولتحقيق ذلك تواجه سياسة الطاقة في سورية تحديات عدة أهمها تطوير قطاع الغاز من حيث الإنتاج والنقل، والحفاظ على مستوى إنتاج النفط الحالي وتطوير إستطاعة التوليد الكهربائية مع تحسين وتحديث شبكة النقل والتوزيع. ويعول لتحقيق ذلك على:

- ↳ تخفيض الضياعات الفنية والاستمرار غير المشروع،
- ↳ تحسين كفاءة استخدام الطاقة،
- ↳ تبني سياسة تسعير متوازنة تكفل تخفيض الدعم الحكومي تدريجياً،
- ↳ تطوير استثمار مصادر الطاقات المتجددة،
- ↳ الحفاظ على النفط لأغراض التصدير واستبداله بالغاز حيثما أمكن،
- ↳ تشجيع الاستثمارات الخارجية في مجمل قطاعات الطاقة.

## الاستهلاك النهائي للطاقة

يسيطر الوقود الأحفوري على نمط الاستهلاك مع غياب دور الطاقات المتجددة وانخفاض كفاءة تقانات التحول الطاقوي وتقدم الكثير منها. ويبين الشكل 3 توزيع استهلاك الطاقة النهائية حسب قطاعات الاستهلاك لعام 2005 [Hainoun, 2005].

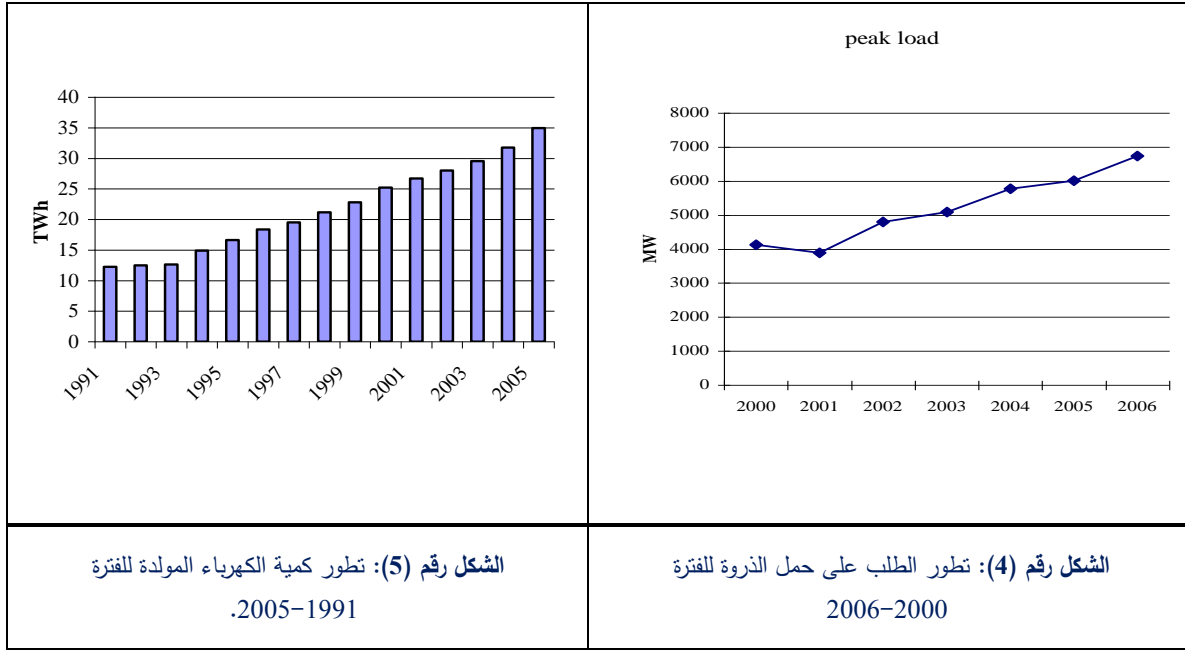


الشكل رقم (3): توزيع الطاقة النهائية في سورية حسب قطاعات الاستهلاك لعام 2005.

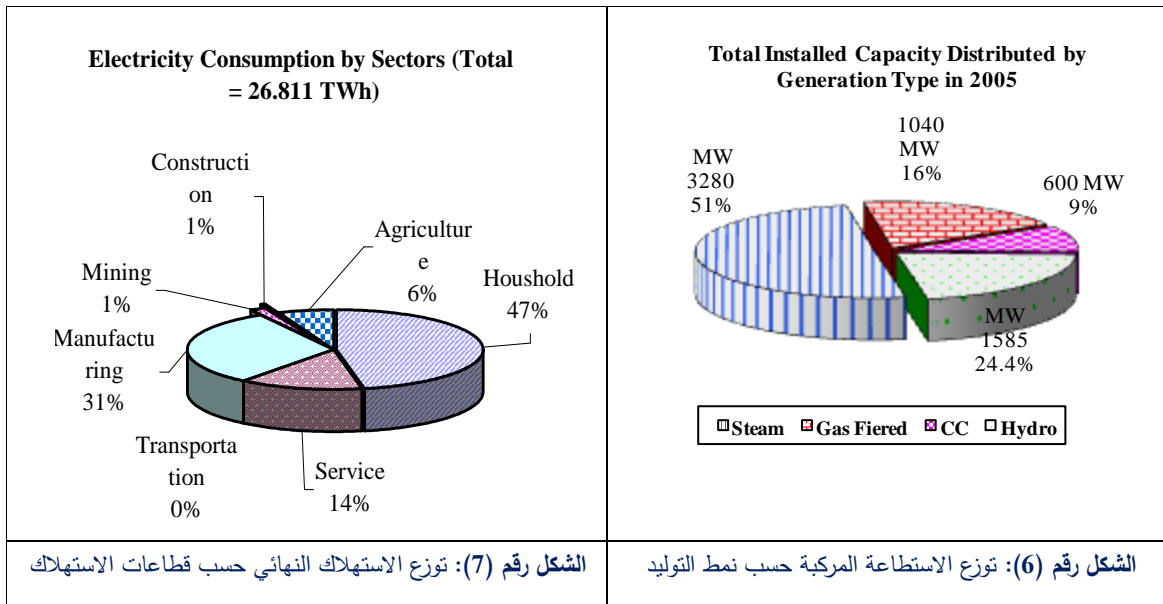
وقد بلغت كمية الطاقة النهائية الكلية 14.4 مليون طنّاً من النفط المكافئ؛ توزعت بنسبة 26% لقطاع النقل، 24% للقطاع المنزلي و 20% للصناعة. أما قطاعات الزراعة والبناء والصناعة الاستخراجية والقطاع الخدمي فقد بلغت حصصها 11%، 7%، 7%، و 5% على التوالي. وقد توزع هذا الاستهلاك حسب نمط الوقود بنسبة 72% للمشتقات النفطية، 10% للغاز الطبيعي، 2.6% للوقود التقليدي و 15% للكهرباء.

## استهلاك الكهرباء

وفق المعطيات الرسمية لوزارة الكهرباء فقد نما الطلب على حمل الذروة من 5770 MW عام 2004 إلى 6008 MW عام 2005 وهو ما يقابل نسبة نمو سنوية قدرها 4.12% مقارنةً مع نسبة نمو وسطية قدرها 7.8% للفترة 2000-2005 (الشكل 4). وتبعاً لأهمية الكهرباء في العملية التنموية فقد نمت كمية الكهرباء المولدة من 12.2 تيرا واطاً ساعياً عام 1991 إلى حوالي 34.8 تيرا واطاً ساعياً عام 2005، أي حوالي ثلاثة أضعاف (الشكل 5). وهو ما يقابل معدل نمو سنوي وسطي يقرب من 7.8% [AER, 2006]. وقد نمت خلال ذلك حصة الفرد الوسطية من مجمل الكهرباء المولدة من 1545 كيلو واطاً ساعياً عام 2000 إلى 2000 كيلو واطاً ساعياً عام 2006.



يبين الشكل 6 توزيع استطاعات التوليد لعام 2005 حسب نمط التوليد. وقد وصلت الاستطاعة الكلية المركبة إلى 7160 MW والمتاحة للتشغيل إلى حوالي 6008 MW عام 2005، توزعت بنسبة 24% للمحطات الكهرومائية و 76% للمحطات الحرارية. ويجدر التنويه إلى أن حوالي 76% من الاستطاعة الكلية المولدة لعام 2005 والبالغة 34.8 TWh قد أتيح للاستهلاك النهائي (أي حوالي 26.8 TWh) والباقي توزع ضياعات فنية واسترجار وتصدير واستهلاك ذاتي للمحطات. ويبين الشكل 8 توزيع الاستهلاك النهائي حسب قطاعات الاستهلاك. حيث يلاحظ استئثار القطاع المنزلي بنسبة الاستهلاك الأكبر البالغة 47%.



## الطاقة الأولية ومصادرها

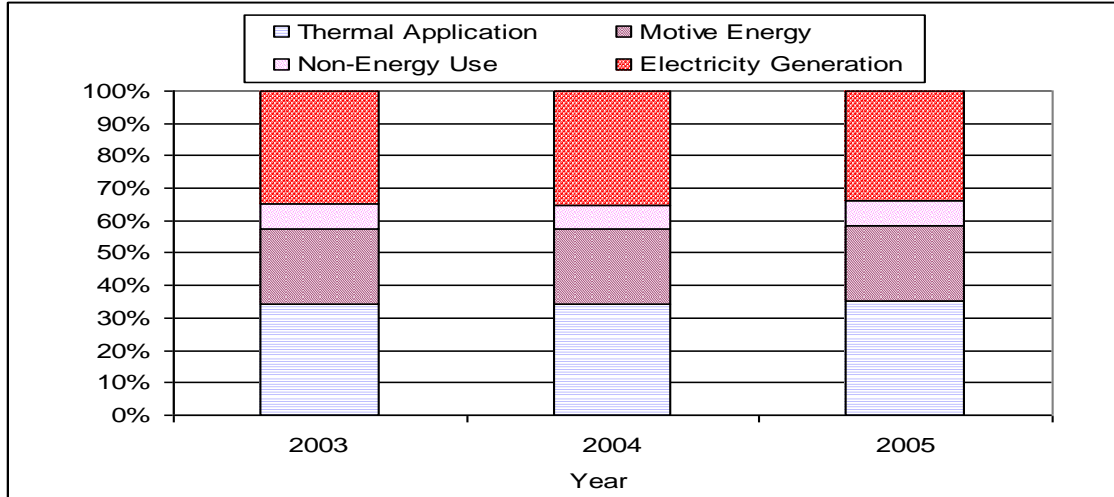
يضم هذا المستوى مجمل الطاقة المستهلكة داخلياً والتي تشمل المشتقات النفطية، والغاز الطبيعي، والطاقة المتجددة والوقود التقليدي. حيث تستهلك حوامل الطاقة إما مباشرة من قبل المستهلك النهائي أو تذهب لقطاع التوليد الكهربائي لتوليد الكهرباء. ويبين الجدول 3 توزيع الطاقة الأولية حسب نمط الوقود (قبل عمليات توليد الكهرباء)<sup>5</sup> للفترة 2003-2005. ويلاحظ أن الطلب على الطاقة الأولية جرت تغطيته من قبل المشتقات النفطية (بمساهمة رئيسية للديزل) والغاز الطبيعي مع مساهمة متواضعة للطاقة المتجددة ممثلة بالطاقة المائية.

الشكل رقم (3): توزيع استهلاك الطاقة الأولية حسب نمط الوقود للفترة 2003-2005

2005	2004	2003	
33.0%	32.2%	32.3%	ديزل
6.9%	6.8%	6.9%	بنزين
24.7%	25.3%	23.2%	فيول
4.5%	4.4%	4.4%	غاز منزلي
21.6%	22.1%	23.1%	غاز طبيعي
3.6%	3.6%	3.7%	أسفلت
2.2%	2.2%	2.3%	مشتقات ثقيلة
2.4%	2.5%	3.1%	طاقة مائية
1.0%	1.0%	1.0%	وقود تقليدي
19.41	19.00	18.13	المجموع الكلي (Mtoe)

يوضح الشكل 7 توزيع الطاقة الأولية حسب نمط الاستهلاك الذي يشمل الطاقة الحرارية، والطاقة المحركة، والاستخدامات اللاطاقية وتوليد الكهرباء. ويلاحظ أن حوالي 35% قد ذهب لتوليد الكهرباء و34.5% للاستخدامات الحرارية و 23% للطاقة الحركية و 7.5% للاستهلاكات الأخرى.

<sup>5</sup> يعرف عادة مستوى إضافي يسمى الطاقة الثانوية يلحظ تحويل النفط والغاز الأوليين إلى مشتقات نفطية. وقد أهمل هذا التفصيل بهدف التبسيط.



الشكل رقم (8): توزيع الطاقة الأولية حسب نمط الاستهلاك للفترة 2003-2005.

## قائمة مصادر غازات الدفيئة

تتضمن مصادر غازات الدفيئة قطاع الطاقة المعتمد على حرق الوقود وقطاع العمليات الصناعية غير الاحتراقية والزراعة والغابات وإدارة النفايات وغيرها.

❖ يتطلب تقييم خيارات التخفيف وإجراءات الحد من الانبعاثات وتأثيرها المتوقع على القطاعات الاقتصادية المختلفة جرد وتقدير مصادر انبعاثات غازات الدفيئة. وتعتمد عملية التقدير على منهجية الحساب المتبناة من قبل اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية للتغيرات المناخية (UNFCCC) والهيئة الدولية للتغيرات المناخية (IPCC). وانطلاقاً من عام 2005 الذي اعتمد كسنة أساس تماشياً مع الدراسات الوطنية الجارية حول تحليل الطلب المستقبلي على الطاقة وخيارات التزود [Hainoun, 2005]، [Hainoun, 2008] - فقد جرى جرد مصادر غازات الدفيئة وتقدير كمية انبعاثاتها المستقبلية على المدى المتوسط والبعيد من خلال إجراء تحليل شامل لآفاق التطور المستقبلي لقطاع الطاقة على مستويي الطلب والتزود اللذين يشملان قطاعات استهلاك الطاقة (صناعة، نقل، منزلي وخدمي) ومصادر التزود بها (استخراج، مصافي، محطات توليد..). علماً أن الدراسة تركز بشكل أساسي على قطاع توليد الكهرباء لأنه يمثل المصدر الرئيسي للإصدارات [IPCC, 2006]. وتتضمن الدراسة تحليل سناريوهي تزود أحدهما مرجعي والآخر بديل بما يتيح إمكانية تقييم مدى فاعلية إجراءات التكيّف وخيارات التخفيف الأكثر احتمالاً والتي يمكن أن تقود بشكل واقعي إلى الحد من انبعاثات غازات الدفيئة لقطاع الطاقة.

## ❖ قطاع الطاقة:

تعتمد تكنولوجيات التحول الطاقية الحالية بشكل رئيس على حرق الوقود الأحفوري، حيث يتم في هذه العملية تحول المركبات الهيدروكربونية إلى ثاني أكسيد الكربون والماء وتحويل الطاقة الكيميائية المخزنة في الوقود إلى طاقة حرارية. وتستخدم الحرارة المتشكلة إما بشكل مباشر لأغراض مختلفة أو لتوليد طاقة ميكانيكية أو كهربائية. وفقاً لذلك يتضمن قطاع الطاقة نمطين من تقنيات الاحتراق الأولى مستقرة (stationary) والأخرى متحركة (transportation).

الاحتراق المستقر

يساهم الاحتراق المستقر بحوالي 70% من مجمل إصدارات غازات الدفيئة في قطاع الطاقة<sup>6</sup>. ويتضمن هذا النمط جميع الفعاليات المستهلكة في قطاع الطاقة عدا قطاع النقل. وتستحوذ نشاطات صناعة الطاقة ممثلةً بقطاع التوليد والمصافي على حوالي 50% من مجمل إصدارات هذا النمط من الاحتراق. ويشتمل مصدر الاحتراق المستقر على الفعاليات التالية:

- صناعة الطاقة ممثلةً باستخراج وإنتاج وتحويل الطاقة، متضمنةً قطاع توليد الكهرباء ومصافي إنتاج النفط،

- قطاع التصنيع والتشييد متضمناً إنتاج الحديد والفولاذ والصناعات الكيميائية وصناعة الورق والأغذية والمياه والتبغ، إلخ..
- القطاع المنزلي والخدمي ..

الاحتراق المتحرك

يمثل قطاع النقل الذي ينتج بدوره حوالي 25% من مجمل إصدارات قطاع الطاقة [ IPCC, 2006].

## ❖ قطاع العمليات الصناعية غير الاحتراقية

يتضمن هذا النمط من المصادر الصناعة المنتجة لثاني أكسيد الكربون من العمليات اللااحتراقية كتكليس الجير في صناعة الإسمنت وتخفيض الرمل في الحديد في صناعة الفولاذ ونحو ذلك.

❖ الزراعة: وتتضمن المنتجات الحيوانية (المباقر ومنتجات الألبان) والنشاطات الرعوية.

❖ الغابات: وتتضمن عمليتي إزالة وزراعة الحراج.

❖ إدارة النفايات: وتتضمن التخلص من النفايات الصلبة ومعالجة مياه الصرف.

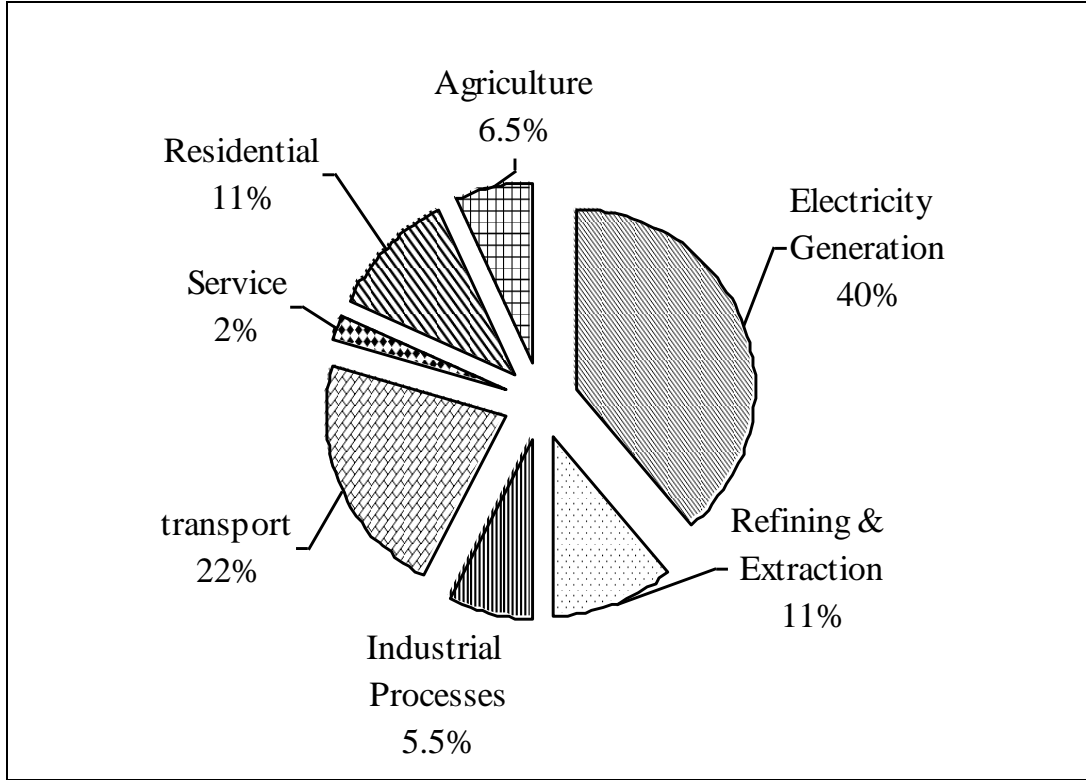
<sup>6</sup> 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories.



ويُلخص الجدول 4 معدل الإصدارات السنوية لغازات الدفيئة مصنفةً حسب مصادر الانبعاثات ومحسوبةً وفق منهجية الهيئة الدولية للتغيرات المناخية (IPCC guidelines) انطلاقاً من كميات الوقود المحروقة ومعاملات الإصدار النوعية للوقود السوري.

الجدول رقم (4): قائمة الإصدارات الوطنية لغازات الدفيئة لعام 2005.

N <sub>2</sub> O (kton)	CH <sub>4</sub> (kton)	CO <sub>2</sub> per toe (ton)	CO <sub>2</sub> emissions (Mt)	كمية الطاقة المستهلكة (Mtoe)	
0.492	12.25	2.7	51.91	20.9	❖ قطاع الطاقة (عمليات الحرق)
0.139	0.810	2.9	27.797	9.44	1. صناعة الطاقة
0.11	0.62	3.0	21.7	7.14	- الكهرباء
0.03	0.19	2.7	6.12	2.3	- الاستخراج والمصافي
0.015	0.067	1.7	4.12	2.37	2. التصنيع والتشييد
0.13	1.72	2.7	12.35	4.53	3. النقل
0.157	7.396	5.2	7.62	3.06	4. قطاعات أخرى
0.012	0.196	2.8	1.24	0.44	- الخدمي
0.145	7.2	2.4	6.38	2.62	- المنزلي
-	-	-	3.25	0.43	❖ العمليات الصناعية (العمليات اللاحتراقية)
-	-	-	2.47	-	- المنتجات المعدنية
-	-	-	0.78	0.43	- الصناعات الكيماوية
0.05	2.26	2.5	3.82	1.50	❖ الزراعة
-	-	-	-	-	❖ إدارة النفايات
-	-	-	-	-	❖ الغابات
0.492	12.25	-	58.98	21.33	المجموع الكلي



الشكل رقم (9): توزع إصدارات غازات الدفيئة حسب نوع المصدر

يبين الجدول 4 أن كمية إصدارات ثاني أكسيد الكربون CO<sub>2</sub> (المهيمن على إصدارات غازات الدفيئة) قد وصلت عام 2005 إلى حوالي 59 مليون طنًا. وقد نجمت هذه الكميات بشكل رئيسي عن عمليات الاحتراق في قطاع الطاقة بنسبة تقرب من 88% في حين ساهمت الزراعة والعمليات الصناعية الاحتراقية (صناعة الإسمنت والأسمدة) بحوالي 12% من مجمل الإصدارات. ويلاحظ أنه مقارنة مع معدل إصدارات عام 1990 (انظر الشكل 1) فإن معدل نمو الإصدارات الوسطي للفترة 1990-2005 قد وصل إلى حوالي 5.4% سنوياً.

ويوضح الجدول 4 والشكل 9 أن صناعة الطاقة (الكهرباء والاستخراج والمصافي) تنتج بمفردها حوالي 48% من مجمل إصدارات CO<sub>2</sub>، ويعود ذلك إلى عمليات الحرق التي تستهلك حوالي 45% من مجمل الطاقة الأولية المتاحة لعام 2005. بالمقابل أنتج قطاع النقل حوالي 12 مليون طنًا من CO<sub>2</sub> بنسبة 21% من مجمل الإصدارات تلاه القطاع السكني والعمليات الصناعية والزراعة والخدمات بحصص بلغت 11%، 7%، 7%، و2% على التوالي.

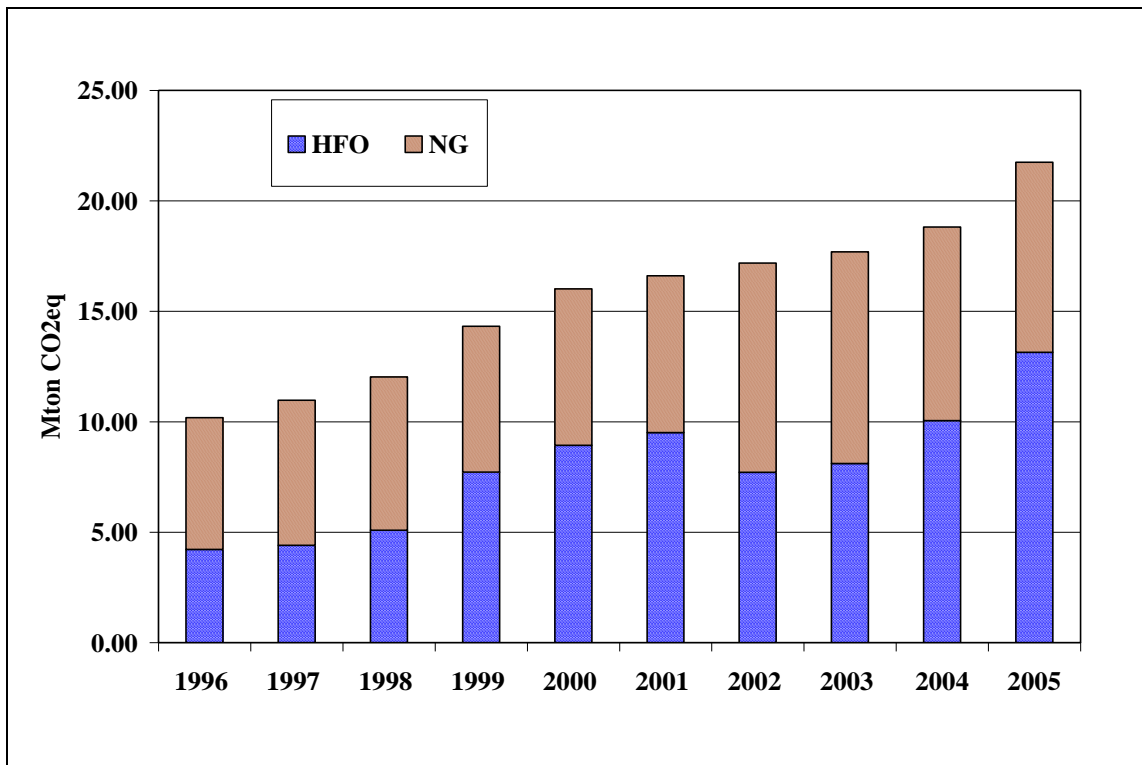
أما مساهمة بقية غازات الدفيئة ممثلة بالميثان CH<sub>4</sub> و N<sub>2</sub>O فقد بلغت على التوالي 187 و 136 كيلو طنًا مكافئ ل CO<sub>2</sub>. وقد نتجت إصدارات الميثان عن القطاع المنزلي والخدمي تلتها الزراعة ثم النقل بنسبة 60%، 14% و 18% على التوالي. بالمقابل ساهمت العمليات

الصناعية بأقل من 8%. وفيما يتعلق بإصدار N2O فإن قطاع النقل يستحوذ على المساهمة الأكبر بنسبة تفوق 33%.

بشكل عام تتعلق إصدارات CO2 بمواصفات الوقود والمحتوى الحراري بينما تتعلق إصدارات CH4 و N2O بعمليات الاحتراق والشروط الحدية (تكنولوجية الاحتراق، المردود، إجراءات الحرق اللاحقة ..). لذلك فإن النسبة الأكبر لهذه الإصدارات تنجم عن التطبيقات السكنية كالمداقي الصغيرة وعمليات الحرق المفتوحة وقطاع النقل.

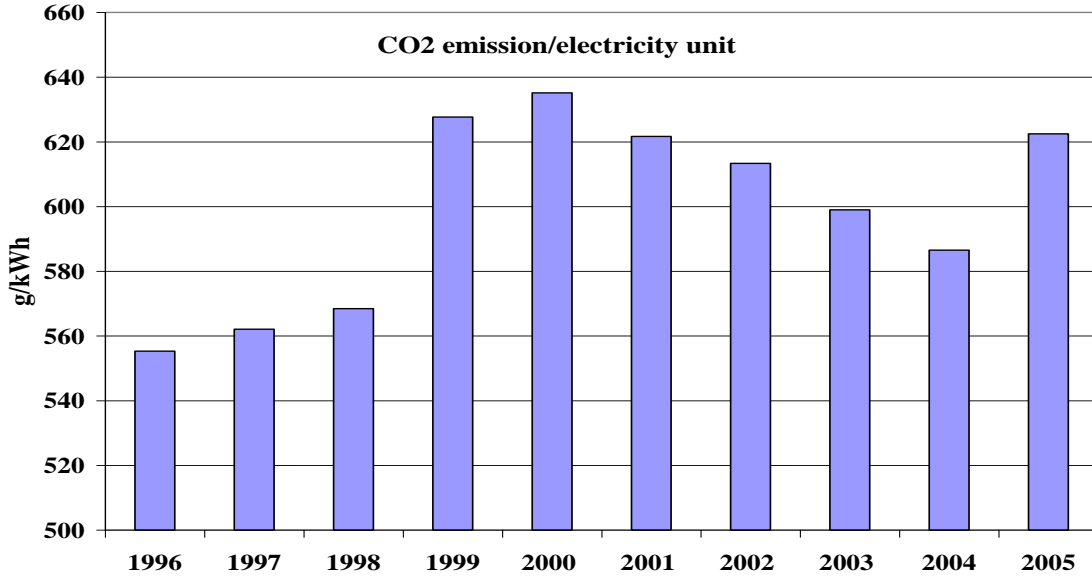
## إصدارات قطاع الكهرباء

يشكل قطاع توليد الكهرباء المصدر الأول لغازات الدفيئة بنسبة وصلت عام 2005 إلى حوالي 40% من مجمل الإصدارات (الشكل 10). واعتمد هذا القطاع على عمليات الاحتراق المستمر حيث استهلك حوالي 4152 كطن من الفيول وحوالي 3727 مليون م3 من الغاز الطبيعي وهو ما يقابل 78% و 68% من مجمل كميات الفيول والغاز الطبيعي المستهلك في سورية [FEB, 2006]. ويبين الشكل 8 التطور الزمني لكميات إصدارات غازات الدفيئة (محسوبة بمكافئ CO2) لقطاع الكهرباء حسب نمط الوقود للفترة 1996-2005. ويوضح هذا التطور أن إصدارات هذا القطاع قد نمت بنسبة سنوية وسطية تقرب من 8.8% انطلاقاً من 10.7 ووصولاً إلى 21.7 مليون طناً مكافئاً CO2.



الشكل رقم (10): التطور الزمني لإصدارات غازات الدفيئة (محسوبة بمكافئ CO2) لقطاع توليد الكهرباء حسب نمط الوقود.

ويبين الشكل 11 تطور معدل الإصدار النوعي لغازات الدفيئة حيث يلاحظ أنه نما خلال الفترة 1996-2000 من حوالي 555 g/kWh إلى حوالي 630 g/kWh ثم تراجع بعد ذلك ليعاود النمو من جديد عام 2005 وصولاً إلى 622 g/kWh. ويعزى هذا التراجع إلى تغير نسبة الفيول والغاز الطبيعي المحروق في عمليات التوليد حيث يقابل التراجع زيادة نسبة الغاز الطبيعي المستهلك في قطاع التوليد.



الشكل رقم (11): تطور معدل الإصدار النوعي لغازات الدفيئة.

### القطاعات الفرعية الأكثر حساسية للتغيرات المناخية

نظراً للتأثير الشمولي للتغيرات المناخية على مجمل النشاطات الاجتماعية والاقتصادية فإنه من المتوقع أن ينعكس هذا التغير على مجمل قطاعات استهلاك الطاقة التي تشمل القطاع السكني (المنزلي والخدمي) وقطاعات النقل والزراعة والصناعة. إلا أن القطاع السكني سيكون أكثر حساسية للتغيرات المتوقعة. من جهةٍ أخرى يبدو قطاع توليد الكهرباء والتزود بالماء أكثر القطاعات المنتجة حساسية للتغيرات المتوقعة. وفيما ما يلي بعض التبريرات للتقديرات المتوقعة.

- ❖ **قطاع توليد الكهرباء:** يعتمد هذا القطاع في سورية على الوقود الأحفوري بنسبة تصل لأكثر من 80%، وسيواجه هذا القطاع تحديات كبيرة في تخفيض هذا الاعتماد بهدف تخفيف انبعاثات غازات الدفيئة. ويمكن أن يعتمد هذا القطاع على الإجراءات التالية للوصول إلى هذا الهدف:
  - تحسين المستوى التقني للمحطات بهدف رفع المردود إضافة لخيار تقانات التقاط ثاني أكسيد الكربون (CO2 capture technology)

- زيادة مساهمة التقانات النظيفة من خلال زيادة الاعتماد على الطاقات المتجددة والطاقة النووية.

ولما كان كلا الإجراءين يتطلبان استثمارات كبيرة فإن النتيجة ستكون زيادة كبيرة في أسعار الطاقة الكهربائية.

- ❖ **قطاع المياه:** سيؤدي التراجع المستمر والملاحظ حالياً في كميات المياه العذبة المتاحة للاستخدامات المختلفة إلى إلحاق الضرر بالكثير من الفعاليات الإنتاجية (زراعة، صناعة، توليد كهرباء..). والاستهلاكية (القطاع السكني) التي تعتمد بشكل أساسي على توفر كميات كافية من المياه. من جهة أخرى تظهر البنية التحتية الحالية تزايد التأثير بين قطاعي المياه وتوليد الكهرباء. ويتجلى اعتماد قطاع التوليد على توفر المياه من خلال كميات المياه الضخمة التي تحتاجها عمليات التبريد في محطات التوليد. بالمقابل تزايد اعتماد قطاع المياه على الكهرباء في عمليات الضخ والنقل والتوزيع، إضافة لتوقع تزايد هذا الاعتماد مستقبلاً مع دخول محطات لتحلية المياه إلى نظام التزود. وبالنظر للتزايد المتوقع في أسعار الكهرباء تماشياً مع إجراءات تخفيف الانبعاثات فإن توفير المياه بأسعار مقبولة لشرائح المجتمع المختلفة سيصبح تحدياً تنموياً صعباً.
- ❖ **القطاع السكني:** تمثل الكهرباء والمياه إحدى أهم المتطلبات الحيوية للقطاع السكني. ولما كانت كلتا الخدمتين ستواجهان تحديات جمة بفعل حساسيتهما للتغيرات المناخية كما اتضح أعلاه، فإن القطاع الخدمي سيعاني بشكل كبير تحت وطأة التغيرات المناخية وآثارها المتوقعة. وستعاني شرائح المجتمع الفقيرة بشكل أكثر حدة من غيرها لأن النتائج المباشرة ستكون ارتفاع تكاليف خدمات المياه والكهرباء التي لن يتحقق توفيرها بأسعار معقولة لجميع شرائح المجتمع.

## قابلية قطاع الطاقة لمواجهة التغيرات المناخية

في مجابهة التغيرات المناخية المتوقعة يبدي قطاع الطاقة العديد من خيارات التغيير والتأقلم المستقبلية المحتملة. ويحتاج التثبيت من جدوى الخيار/ أو الخيارات المرشحة إلى إجراء تقويم وفق متطلبات التنمية المستدامة لقطاع الطاقة في أبعادها الاجتماعية والاقتصادية والبيئية والمؤسسية. وهو ما يعني أن تكفل استراتيجية التزود المستقبلية المقترحة تأمين خدمات التزود بالطاقة لجميع شرائح المجتمع بشكل وافٍ وموثوقٍ وفعالٍ وبطريقة ملائمة بيئياً عند مستوى تكلفة يتناسب مع الشروط المحلية. وفقاً لهذه المتطلبات يبدي قطاع الطاقة في سورية إمكانياتٍ واسعة للتعامل مع التغيرات المناخية المتوقعة. وتتراوح مقدرة قطاع الطاقة لمواجهة التغيرات المناخية بين إجراءات الترشيد وتحسين كفاءة التجهيزات وصولاً لتخفيف الاعتماد على الوقود الأحفوري الذي تصل حصة

مساهمته الحالية لأكثر من 95% من مجمل الطاقة الأولية في سورية. ويمكن تصنيف الخيارات المحتملة لقطاع الطاقة في مواجهة التغيرات المناخية حسب الآتي:

#### ○ قطاع الكهرباء:

- تحسين الكفاءة بزيادة الاعتماد على الدارة المركبة لمحطات التوليد،
- استبدال الفيول بالغاز الطبيعي،
- تبني خيار الطاقات المتجددة والطاقة النووية ورفع مساهمتها بشكل مضطرد في نظام التوليد المستقبلي،
- تخفيض الضياعات الفنية والاستقرار غير المشروع في مجال التوزيع.

#### ○ قطاع النقل:

- التحول نحو وسائل النقل الجماعية الحديثة كالقطارات والمترو،
- التحول نحو نقل البضائع بالقطارات عوضاً عن الشاحنات،
- زيادة وتيرة استبدال السيارات القديمة بأخرى حديثة ذات كفاءة عالية مع عدم إهمال الدور الواعد لنمط السيارات الهجينة (hybrid cars).

#### ○ قطاع الصناعة:

- رفع مردود العمليات الصناعية لاسيما في التطبيقات الحرارية،
- إعادة تأهيل وتحديث الفروع الصناعية ذات الكثافة الطاقية العالية كصناعة الإسمنت.

#### ○ قطاع الزراعة:

- تحسين كفاءة عمليات ضخ المياه،
- تبني سياسات حكيمة في إدارة الطلب على المياه،
- تحديث آليات العمليات الزراعية،
- الحد من أنماط الزراعات ذات الكثافة المائية العالية كزراعة القطن،

#### ○ القطاع السكني:

- تفعيل إجراءات الترشيد السلوكية في جميع مناحي القطاع السكني،
- تفعيل إجراءات الترشيد التقنية بخصوص زيادة عزل الأبنية،
- تبني تقنيات تدفئة جديدة عوضاً عن المدافئ التقليدية ذات الكفاءة المتدنية،
- رفع حصة الطاقة الشمسية في تسخين المياه والتدفئة،
- تحسن كفاءة أجهزة التكييف والتبريد.

وتوضح الخيارات أعلاه أن قابلية قطاع الطاقة لمواجهة التغيرات المناخية ترتبط إلى حد كبير بمقدرة هذا القطاع على اجتياز التغيرات التقنية والبنوية المطلوبة. فعلى المستوى التقني يبدو خيار زيادة الاعتماد على الطاقات النظيفة واعداداً وواقعياً. كذلك الأمر بالنسبة لقابلية قطاع الطاقة لاجتياز التغيرات البنوية المطلوبة لتحديثه نظراً لأن الكثير من التقانات الطاقية الحالية (في معظم القطاعات الاستهلاكية) في وضع متقدم.

تبدو العقبات والأعباء المتوقعة في تحقيق ما تقدم في البعدين التمويلي والإداري. فقد بينت النتائج الأخيرة لاستراتيجية التزود المستقبلية أن خيار الطاقات المتجددة والطاقة النووية بيدوان واعدن [Hainoun, 2008]. لكن زيادة حصة الطاقات المتجددة (طاقة الرياح بشكل أساسي) يتطلب استطاعات تركيبية عالية - بسبب تدني معامل إتاحة العنفات الريحية - تصل إلى ضعف ما هو عليه الحال في محطات الوقود الأحفوري وهو ما يعني تكاليف إنشاءً عالية.

### سياسات وإجراءات التأقلم المحتملة لتخفيف آثار التغيرات المناخية

لتخفيف الآثار المتوقعة للتغيرات المناخية على قطاع الطاقة يمكن تقويم العديد من السياسات وإجراءات التأقلم. ويتطلب تقويم جدوى السياسة أو الإجراء المعتمد التركيز على التكلفة والكفاءة الزمنية. فكلما كانت تكلفة الإجراء أدنى والتأثير الزمني أسرع كلما كان الإجراء أكثر جدوى في خفض الانبعاثات وتخفيف آثارها. ويمكن مراعاة الإجراءات والسياسات التالية في سورية:

- تشجيع خيار الطاقات المتجددة والطاقة النووية ورفع مساهمتها بشكل مضطرد في نظام التوليد المستقبلي،
- تبني إجراءات الترشيد (السلوكية والتقنية)،
- تشجيع إدخال التكنولوجيات النظيفة في جميع عمليات التحول الطاقية لاسيما توليد الكهرباء،
- إدخال تقنيات تخفيف الانبعاثات بما فيها النقاط وتخزين ثاني أكسيد الكربون،
- إزالة الدعم عن قطاع الطاقة مما سينعكس في خفض الاستهلاك وتسريع دخول التجهيزات والآلات ذات الكفاءة العالية،
- إمكانية فرض قيودٍ على انبعاثات CO2 (ضرائب أو غرامات).

ولتقييم أثر الإجراءات المتبناة في سياسة التزود الطاقية المستقبلية على تخفيض انبعاثات الغازات جرى تحليل سيناريو تزد بالطاقة ضمناً إضافةً لسيناريو التزود المرجعي سيناريو تزد بديل يعتمد على فرض حصة مرتفعة للطاقات المتجددة. ويمثل ذلك الإجراء الأول المبين في لائحة الخيارات أعلاه وقد يكون أكثرها نجاعةً في المساهمة في تخفيف إصدارات غازات الدفيئة.

## سيناريو التزود المرجعي

تعتمد معطيات هذا السيناريو على فرضيات ونتائج استراتيجية التزود المثلى المطورة في المرجع [Hainoun, 2008]. وقد جرى حساب كمية إصدار ثاني أكسيد الكربون لقطاع الطاقة لهذا السيناريو واعتمادهما كقيم مرجعية مقارنة (base-line) لموازنة نتائج السيناريوهات البديلة الأخرى بها بخصوص تخفيف الانبعاثات. وفي حالة قطاع الكهرباء تعتمد كمية الانبعاثات للسيناريو المرجعي على خليط التقانات الطاقية المعتمد لتغطية الطلب المستقبلي على الكهرباء. ويبين الجدول 5 التطور المستقبلي المتوقع للطلب على الطاقة النهائية موزعة حسب نمط الاستهلاك. علماً أن هذه المعطيات تركز إلى نتائج دراسة وطنية معمقة حول تطور الطلب النهائي على الطاقة للحالة المرجعية باعتماد منهجية الاستهلاك النهائي [Hainoun, 2004].

الجدول رقم (5): تطور الطلب النهائي على الطاقة حسب نمط الاستهلاك [Mtoe]

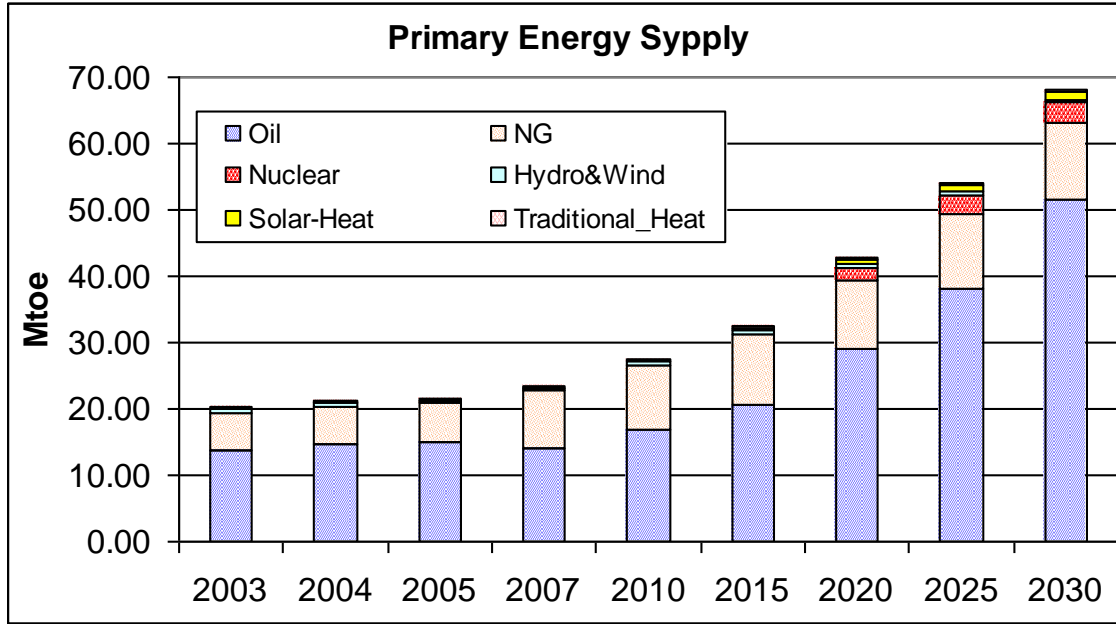
المجموع	الاستخدامات اللطاقية		وقود المحركات	الاستخدامات الحرارية	الكهرباء		السنة
	أسفلت <sup>7</sup>	مواد لقيمة <sup>8</sup>			Mtoe	MWyr	
13.233	0.308	0.672	4.212	6.218	1.823	2420	2003
13.825	0.316	0.692	4.372	6.512	1.933	2567	2004
14.446	0.323	0.713	4.538	6.822	2.050	2722	2005
15.853	0.343	0.756	4.979	7.508	2.267	3010	2007
18.235	0.375	0.826	5.723	8.673	2.637	3501	2010
23.237	0.421	0.958	7.337	11.114	3.408	4524	2015
29.714	0.486	1.111	9.493	14.197	4.427	5878	2020
37.918	0.581	1.288	12.286	18.010	5.753	7638	2025
48.359	0.777	1.493	15.870	22.699	7.520	9985	2030

ولمواجهة التطور المستقبلي للطلب على الطاقة المبين في الجدول 5 جرى تطوير سيناريو تزود مرجعي يحقق أمن التزود عند تكلفة دنيا للنظام خلال فترة الدراسة. في هذا السيناريو جرى استثمار مصادر الطاقة الوطنية وتقانات التحول الطاقية المتاحة بشكل متوازن، كما روعيت إمكانيات الاستيراد والتصدير لتغطية الطلب [Hainoun, 2008]. ويبين الشكل 12 التطور المستقبلي للطلب على الطاقة الأولية للسيناريو المرجعي والذي يتضح منه أن نظام الطاقة في سورية سيواصل اعتماده على المصادر الأحفورية بشكل رئيسي لتأمين التزود بالطاقة الأولية.

<sup>7</sup> Asphalt data not included in MAED results. The data up to the year 2010 refer to official estimation, for the following years an annual growth rate of 3% has been assumed.

<sup>8</sup> For fertilizer and petrochemical industry





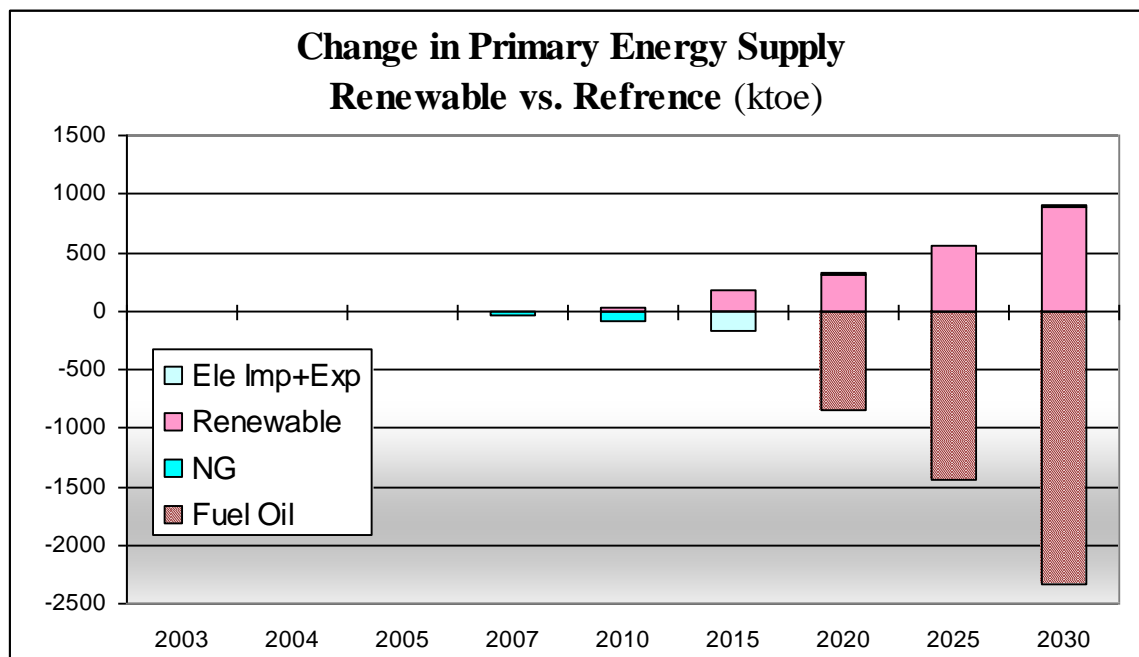
الشكل رقم (12): التطور المستقبلي للطاقة الأولية حسب نمط الوقود لسيناريو التزود المرجعي.

### سيناريو الطاقات المتجددة (سيناريو التزود البديل)

يعتمد هذا السيناريو على تبني سياسة أكثر مراعاة للمتطلبات البيئية، ويهدف من خلال زيادة مساهمة الطاقة المتجددة في سياسة التزود المستقبلي إلى تحليل إمكانية تحسين أمن التزود من خلال تقليص الاعتماد الوطني على الوقود الأحفوري، والحد من انبعاثات غازات الدفيئة في قطاع الطاقة. ويوفر هذا السيناريو وسيلة ناجعة لتقدير تكاليف خفض الانبعاثات من خلال مقارنة التكلفة الكلية لنظام التزود في حالة هذا السيناريو مع السيناريو المرجعي. وقد اعتمدت في هذا السيناريو خيارات العنقات الريحية والخلايا الضوئية في عمليات توليد الكهرباء والمجمعات الشمسية في التطبيقات الحرارية. وتمثل الفرضيات الرئيسية لهذا السيناريو بما يلي:

- زيادة حصة الطاقة المتجددة في توليد الكهرباء من 1% عام 2010 إلى 10% عام 2030.
- رفع مساهمة الطاقة الشمسية بشكل مضطرد وصولاً إلى 10% من مجمل في التطبيقات الحرارية عام 2030.

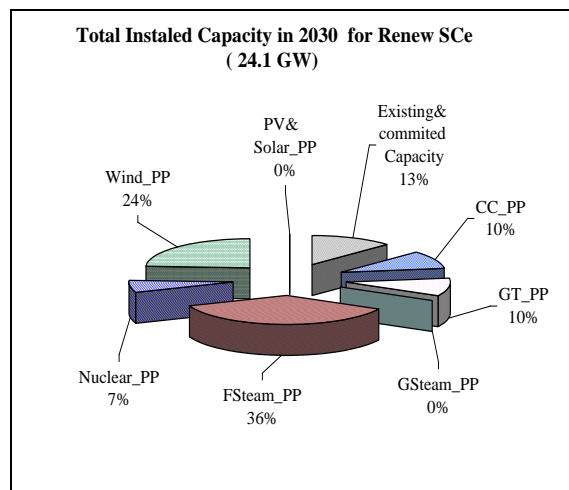
ويبين الشكل 13 تأثير زيادة حصة الطاقة المتجددة في توليد الكهرباء على تطور الاستهلاك المستقبلي للوقود، حيث يلاحظ أن الوصول إلى توليد 10% من الطاقة الكهربائية بالتقانات المتجددة سيساعد في توفير ما يقرب من 2.5 مليون طنًا مكافئًا من الفيول عام 2030.



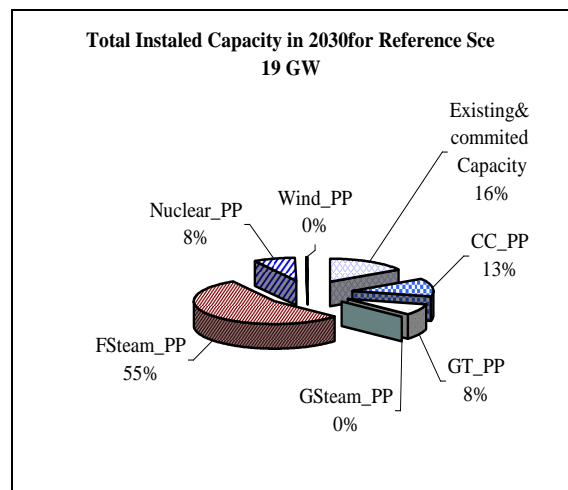
الشكل رقم (13): تطور الفرق بين الطاقة الأولية لسيناريو الطاقات المتجددة والسيناريو المرجعي.

### مقارنة نتائج السيناريو المرجعي والمتجدد

تركز هذه المقارنة بشكل أساسي على قطاع توليد الكهرباء نظراً لدوره المحوري في نظام التزود الطاقوي وكذلك دوره كمصدر رئيسي لانبعاثات غازات الدفيئة. ويبين الشكل 14 والشكل 15 بنية نظام التوليد الكهربائي المستقبلي عام 2030 للسيناريوهين.



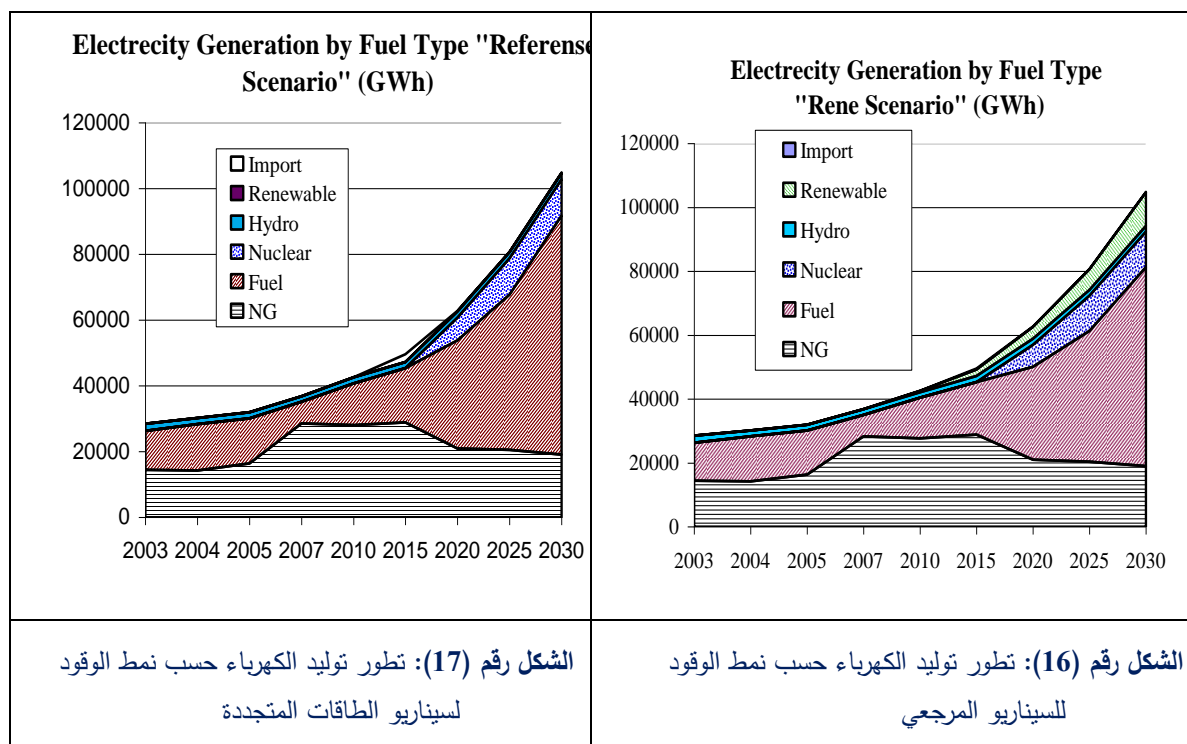
شكل رقم (15): توزيع الاستطاعة الجديدة المركبة عام 2030 لسيناريو الطاقات المتجددة حسب نمط المحطة.



شكل رقم (14): توزيع الاستطاعة الجديدة المركبة عام 2030 للسيناريو المرجعي حسب نمط المحطة.

وصلت الاستطاعة المركبة للسيناريو المرجعي عام 2030 إلى حوالي MW 19000. وقد بلغت الاستطاعات الجديدة المضافة خلال فترة الدراسة إلى MW 16040 توزعت بمعدل MW 2400 للدارة المركبة، و MW 1500 للعنفات الغازية، و MW 10400 للعنفات البخارية العاملة على الفيول و MW 1600 للمحطات النووية إضافة لـ MW 40 عنفات ريحية. ولم يجر اختيار الخلايا أو المزارع الشمسية في نظام التوسع الأمثل رغم ترشيحها وذلك نظراً لتكاليف إنشائها العالية جداً. بالمقابل يظهر سيناريو الطاقة المتجددة أن الاستطاعة الكلية المركبة ستصل إلى MW 24000 عام 2030، وهو ما يعني أن رفع مساهمة الطاقات المتجددة إلى 10% من مجمل الكهرباء المولدة عام 2030 يتطلب زيادة الاستطاعة المركبة بمقدار MW 6000 عن السيناريو المرجعي. وتساهم طاقة الرياح بالحصة الأكبر حيث ستزيد مساهمتها من MW 240 عام 2010 إلى MW 5850 عام 2030 ( أي ما يقابل 24% من الاستطاعة الكلية المركبة). وستولد الطاقات المتجددة عام 2030 أكثر من 10 TWh. وليس هناك من شك في أن بناء هذه السعات الكبيرة من العنفات الريحية سيغير بنية نظام التوليد حيث ستقوم المحطات الريحية باستبدال المحطات الأكثر تكلفة والمتمثلة بالعنفات العاملة على الفيول في حالة السيناريو المرجعي.

من جهةٍ أخرى ستزداد الاستطاعة المركبة للعنفات الغازية من MW 1500 للسيناريو المرجعي مقارنةً مع MW 2400 لسيناريو الطاقات المتجددة؛ في حين ستبقى مساهمة الدارة المركبة والمحطات النووية ذاتها في السيناريوهين. وبين الشكلان 16 و 17 تطور توليد الطاقة الكهربائية خلال فترة الدراسة حسب نمط الوقود لكلا السيناريوهين. يلاحظ أن الطلب على الكهرباء نما من 28.5 TWh عام 2003 إلى حوالي 104.8 TWh عام 2030 (بما يقابل معدل وسطي سنوي يقرب من 5%) وقد تنامت حصة الوقود الأحفوري للسيناريو المرجعي في المرحلة الأولى من حوالي 92% إلى 96% ثم تراجعت بعدها لتصل في نهاية الدراسة إلى حوالي 87.5% (نظراً للدور المتنامي للخيار النووي بعد عام 2020). بالمقابل ستراجع حصة الوقود الأحفوري لسيناريو الطاقات المتجددة وصولاً إلى 78% نهاية الدراسة. ويعود ذلك إلى استبدال المحطات العاملة على الفيول بمحطات ريحية.



ويظهر الجدول 6 مقارنة لتطور كميات الفيول والغاز المستهلكة في توليد الكهرباء للسيناريوهين. ففي حين بقيت كميات الغاز الطبيعي ذاتها تحقق وفضراً في كميات الفيول المستهلك للسيناريو المتجدد مقارنة مع المرجعي بلغت 850 ktoe عام 2020 وصولاً إلى 2338 ktoe عام 2030.

الجدول رقم (6): مقارنة استهلاك الفيول في توليد الكهرباء للسيناريو المرجعي والمتجدد (ktoe)

NG		HF		HF Sveing	
Ref_Sc	Ren_Sc	Ref_Sc	Ren_Sc		
3255	3255	2704	2704	0	2003
3208	3208	3229	3229	0	2004
3194	3194	3150	3150	0	2005
5117	5078	1501	1501	0	2007
4656	4576	2891	2891	0	2010
4576	4576	3771	3771	0	2015
3296	3296	7433	6582	850	2020
3210	3210	10688	9253	1436	2025
3020	3020	16432	14094	2338	2030

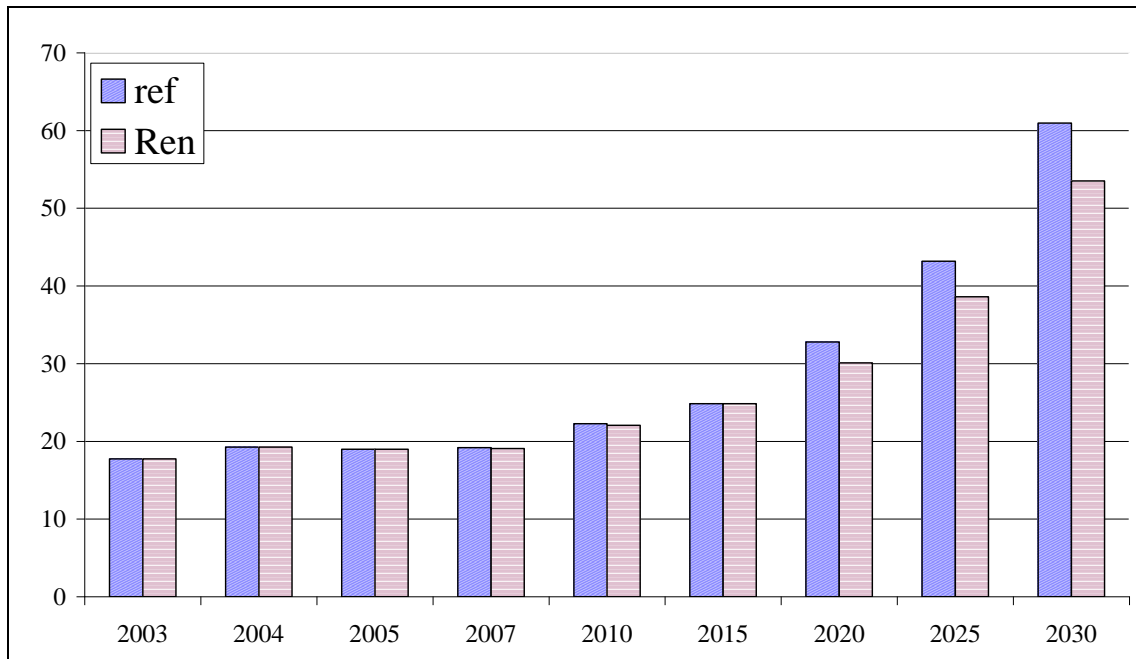
### مقارنة انبعاثات غازات الدفيئة للسيناريوهين

تظهر المقارنة تراجع كميات انبعاثات غازات الدفيئة (CO2) للسيناريو المتجدد مقارنة مع المرجعي، حيث يلاحظ أن كمية الانبعاثات قد تراجعت بمعدل 2.8 مليون طنناً من ثاني أكسيد الكربون عام 2020 ثم تزايدت لتصل إلى 7.5 مليون طنناً من ثاني أكسيد الكربون عام 2030 وهو ما يقابل خفض قدره 4.5 % من مجمل الانبعاثات لهذا العام.

الجدول رقم (7): مقارنة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون للسيناريو المرجعي والمتجدد ومعدل انخفاض الإصدارات في قطاع الكهرباء.

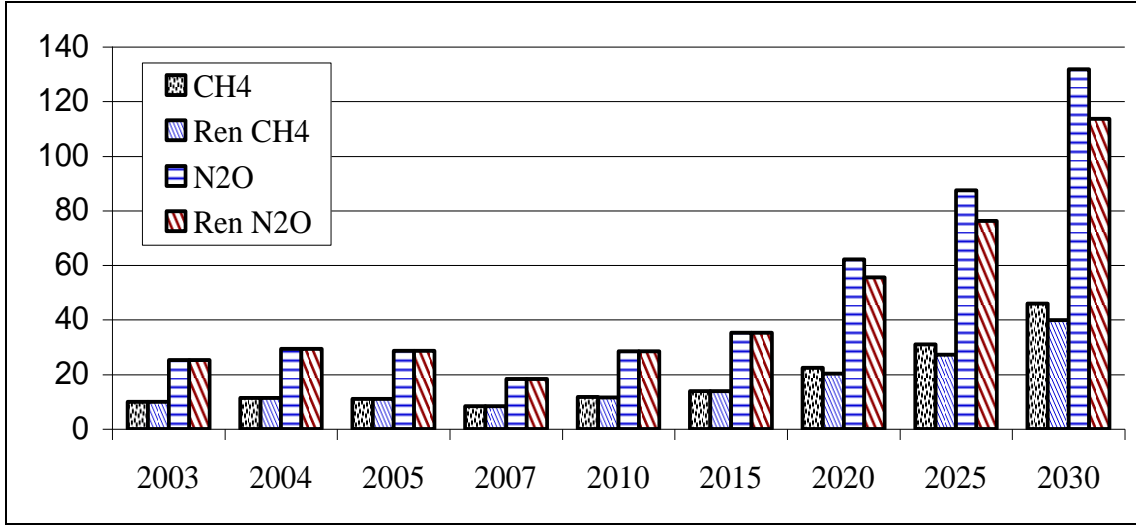
2030	2025	2020	2015	2010	2007	2005	2003	كمية الإصدارات (Mton)
168.2	127.4	99	77.3	63.5	55	51.7	47.8	السيناريو المرجعي
160.7	122.8	96.2	77.3	63.3	55	51.7	47.8	السيناريو المتجدد
-7.5	-4.6	-2.8	0	-0.2	0	0	0	تراجع إصدارات CO2

وصلت كمية انبعاثات قطاع الطاقة عام 2003 إلى حوالي 18 مليون طنناً CO2 نتجت بنسبة 52% و 48% عن حرق الغاز والفيول على التوالي. ويوضح الشكل 16 تطور معدل الإصدارات خلال فترة الدراسة حيث يلاحظ أن تأثير دخول الطاقات المتجددة بدأ بالظهور عام 2020. ويبين السيناريو المرجعي أن كمية الإصدارات خلال فترة الدراسة ارتفعت بمعدل 3 مرات مقارنةً مع 3.4 مرة للسيناريو المرجعي انطلاقاً من 18 مليون طنناً ووصولاً إلى 54 مليون طنناً و 61 مليون طنناً للسيناريو المتجدد والمرجعي على التوالي (الشكل 18). وستبلغ كمية الانبعاثات الكلية خلال فترة الدراسة 895 مليون طنناً للسيناريو المتجدد و 970 مليون طنناً للسيناريو المرجعي وهو ما يعني إمكانية خفض الانبعاثات تصل لحوالي 75 مليون طنناً (أو ما يقابل 7.7% من مجمل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون).



الشكل رقم (18): تطور معدل إصدارات ثاني أكسيد الكربون لقطاع الكهرباء خلال فترة الدراسة للسيناريو المرجعي والمتجدد (مليون طنناً).

أما بالنسبة للانبعثات الأخرى لقطاع الكهرباء فيبين الشكل 19 تطور إصدار (CH<sub>4</sub>&N<sub>2</sub>O) لكلا السيناريوهين خلال فترة الدراسة. ويلاحظ أنه بالإمكان إهمال هذه الانبعثات في قطاع الكهرباء مقارنةً مع إصدارات ثاني أكسيد الكربون حيث لا تتجاوز حصتها 1% من مجمل انبعثات هذا القطاع. ويبين الشكل 19 أن وتيرة تزايد إصدار هذه الغازات في السيناريو المتجدد أدنى منها في السيناريو المرجعي حيث ستترجع بمعدل 61 و 180 كيلوطناً CO<sub>2</sub>eq لكل من CH<sub>4</sub> و N<sub>2</sub>O على التوالي.



الشكل رقم (19): مقارنة لتطور إصدارات CH<sub>4</sub> & N<sub>2</sub>O في قطاع الكهرباء خلال فترة الدراسة للسيناريو المرجعي والمتجدد (كيلو طن مكافئ لـCO<sub>2</sub>).

## المراجع

1. AER, 2006. *Annual Electricity Report, Ministry of Electricity, Damascus.*
2. CBS, 2007. *Statistical Abstract 2007, Central Bureau for Statistic, Damascus*
3. FEB, 2005. *Final Energy Balance for the year 2005, Ministry for Electricity.*
4. Hainoun, A., Seif-Eldin, M. K., Alkhatib, A., Almoustafa, S. 2004. *Analysis of Energy and Electricity Demand Projection and Identifying the Optimal Expansion Strategy of Electric Generation System in Syria (Covering the period 1999-2030), AECS-NE/FRSR 316*
5. Hainoun, A., Seif-Eldin, M. K., Almoustafa, S. 2005. *Analysis of the Syrian Long-Term Energy and Electricity Demand Projection Using End-Use Methodology, Energy Policy.*
6. Hainoun, A., Seif-Eldin, M. K., Almoustafa, S. 2008. *Formulating an Optimal Long-term Energy Supply Strategy for Syria using MESSAGE Approach, under publication.*
7. IPCC, 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*
8. Jabbour, R., Suliman Issa, A., 2005, *Green House Gases and Mitigation Policy Options in Syria, ESC, CDM project development in the Mediterranean, 3rd regional workshop, Syria, Damascus.*
9. Meslmani, Y., (2007): *Inception Report of Syria's Initial National Communication, (INC-SY\_ Inception Report); United Nation Development Programme (UNDP) / GCEA. Damascus, Syria. December 2007.*
10. Meslmani, Y., Maya, R., Saker, A., Khalil, I., Eido, M., Mawed, K., and Alwanous, N., (2008): *National Circumstances of Syria's Initial National Communication, (INC-SY\_V&A\_ National Circumstances); June 2008. United Nation Development Programme (UNDP) / GCEA. Damascus, Syria. June 2008.*
11. Meslmani, Y., Mawed, K., Khaleel, I., and Eido, M., (2009): *Vulnerability Assessment and Adaptation of Climate Sector in Syria. (INC-SY\_V&A\_ Climate); United Nation Development Programme (UNDP) / GCEA. Damascus, Syria. March, 2009.*
12. Meslmani, Y., and Eido, M., (2008): *Climate-Changes-and-the-Mediterranean-Environmental-and-societal-impacts. (INC-SY\_ Climate Changes and the-Mediterranean); United Nation Development Programme (UNDP) / GCEA Damascus, Syria. June 2008.*
13. TSR, 2006. *Technical Statistical Report, Ministry of Electricity, Damascus.*