الطاقة والتعاون العربي

مؤتمر الطاقة العربي العاشر

أبوظبي - دولة الإمارات العربية المتحدة

21 – 23 كانون الأول / ديسمبر 2014

الأوراق الفنية

فرص المحافظة على الطاقة في الصناعة البترولية

مؤسسة البترول الكويتية

دولة الكويت

فرص المحافظة على الطاقة في الصناعة البترولية *

مقدمة

يزداد الطلب العالمي على الطاقة بشكل مطرد بهدف تلبية متطلبات واحتياجات النمو السكاني والتطورات الاجتماعية والاقتصادية، فقد ارتفع الطلب على الطاقة من 50,651 مليون برميل نفط مكافئ في عام 2000 إلى 63,667 مليون برميل في العام 2013 وذلك وفقاً لتقارير إدارة الطاقة الأمريكية [1].

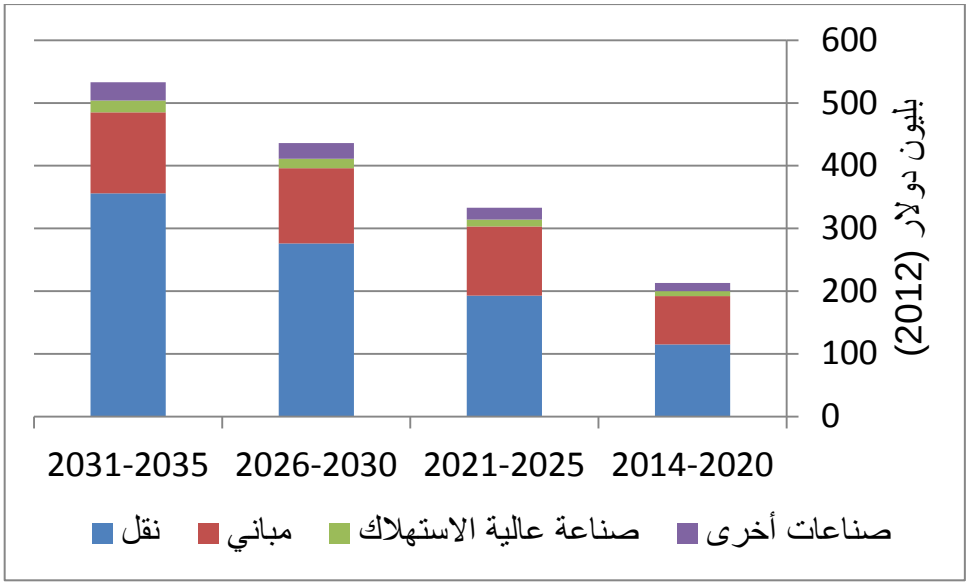
ويتم تلبية هذه المتطلبات المتزايدة من مصادر طاقة أولية مختلفة أهمها النفط والغاز الطبيعي اللذان سيظلان من المصادر الرئيسة لعدة عقود قادمة. ووفقاً لتقارير الوكالة الدولية للطاقة [2] وكذلك تقارير "أوبك" [3] ذات الصلة باستشراف مستقبل الطاقة فان النفط والغاز سيساهمان في توفير أكثر من 55% من احتياجات الطاقة العالمية إلى عام 2035. وبما أن صناعة النفط والغاز تلعب دوراً رئيسياً في التطور الاجتماعي والاقتصادي العالمي، فإن ارتفاع الطلب على الطاقة الأحفورية يعد من التحديات الرئيسة الذي يواجه العالم من حيث استدامة إمداد الطاقة والحد من تأثيراتها البيئية السلبية. وتشير تقارير إدارة الطاقة الأمريكية لعام 2013 إلى أن احتياطيات النفط الخام والغاز الطبيعي المؤكدة تقدر بحوالي 1,646 مليار برميل و 6,850 تريليون قدم مكعب على التوالي [1]؛ وبالتالي يمكننا القول ان النفط وفقاً

*تم إعداد الورقة بمشاركة كل من شركة نفط الكويت وشركة البترول الوطنية الكويتية وشركة صناعة الكيماويات البترولية ومعهد الكويت للأبحاث العلمية وجامعة الكويت. وأسهم في كتابتها السيد محمد الشطي والسيد فهد نوري ود. خالد المزيدي والسيد يوسف عبد الرحمن ود. سعاد الرضوان والسيد ناصر العنزي ود. هيثم لبابيدي ود. سرور العتيبي ود. أسامة الصايغ ود. مأمون عبسي حلبي

لتلك التقديرات ومعدلات الاستهلاك الحالية قد ينضب خلال 150 إلى 200 عام؛ كما ان الغاز الطبيعي قد ينضب خلال 50 الى 70 عام. إلا أن انبعاثات غاز ثاني اكسيد الكربون قد تصل الى 40 مليار طن بحلول العام 2035؛ لذلك فان الحفاظ على الطاقة وكذلك تطبيق معايير كفاءة استهلاكها أصبحا امراً ضرورياً لدعم استدامة نظام الطاقة العالمي.

إن الحفاظ على الطاقة والكفاءة في استخدامها من أهم العوامل الأساسية في استدامتها، كونه يساعد على تقليل استهلاك الطاقة، ويدفع نحو النمو الاقتصادي، وخلق وظائف جديدة وفرص استثمار ويقلل من انبعاثات الغازات الدفيئة وملوثات الهواء، ويخفض نفقات الوقود ويعزز أمن الطاقة [4]. وبالرغم من أن استهلاك الطاقة يدخل في كافة مناحي الحياة العصرية، فإن فرص الحفاظ عليها ما زالت غير محددة بشكل جيد، وتمتاز بتنوعها لكونها تغطي مجموعة واسعة من القطاعات والتكنولوجيات، ويتطلب تنفيذها عدد كبير من المشاريع غالباً ما تكون صغيرة نسبياً وتحتاج إلى جهود إضافية لإبراز أهميتها والفوائد المرجوة منها، كالعائد على الاستثمار وفوائدها البيئية. وتكمن الصعوبة في قياس العوائد في الكثير من الأحيان لعدم وجود المرجع أو خط الأساس الذي يمكن من خلاله قياس فعالية طرق وتكنولوجيات الحفاظ على الطاقة. إلا أن كافة المعنيين في قطاع الطاقة يدركون بشكل متزايد مدى وجود الفرص الغير مستغلة والتكنولوجيات المتاحة لتحسين كفاءة استخدام الطاقة. وقد أبرز تقرير صدر مؤخراً عن وكالة الطاقة الدولية حول الاستثمار في مجال الطاقة دور الحفاظ على الطاقة والاستثمارات المتوقعة في هذا المجال مما يعكس أهميتها [4]. وقدر التقرير أن الاستثمارات السنوية في تكنولوجيا وممارسات الحفاظ على الطاقة والكفاءة في استغلالها وصلت في حدود 130 مليار دولار أمريكي. كما

قدرت الوكالة أن هذا الاستثمار سيصل إلى 530 مليار دولار أمريكي إذا ما تم تبني سياسات جديدة للحفاظ على الطاقة بحلول 2035 كما هو واضح من الشكل (1)، أي بزيادة أكثر من أربعة أضعاف مما ينفق حالياً. ويصل نصيب الحفاظ على الطاقة في القطاع الصناعي من هذه الاستثمارات إلى 9%. تؤكد حجم تلك الاستثمارات مدى جدية العالم في تبني تكنولوجيات الحفاظ على الطاقة وتطبيق ممارسات كفاءة استغلال الطاقة لما له الأثر المباشر والغير مباشر على الاقتصاد والبيئة.



الشكل (1). متوسط الاستثمارات السنوية المتوقعة لتحسين كفاءة استهلاك الطاقة موزعة على القطاعات المختلفة (المصدر: [4]).

تستعرض هذه الورقة الفرص الممكنة والمتاحة للحفاظ على الطاقة في الصناعة النفطية، وتنقسم إلى ستة أقسام؛ حيث يقدم القسم الأول نظرة عامة على استهلاك الطاقة وبشكل خاص استهلاك النفط والغاز في الدول العربية،

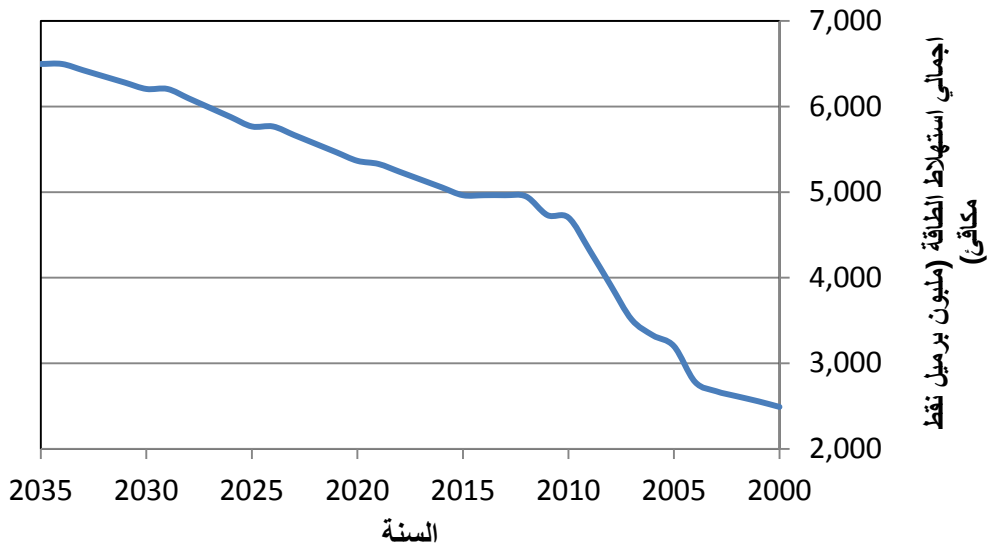
ويوضح القسم الثاني الاجراءات والعمليات اللازمة لتعزيز كفاءة استخدام الطاقة والمحافظة عليها في قطاع النفط والغاز، أما القسم الثالث فيلقي الضوء على الفوائد الاقتصادية والبيئية الخاصة بمعايير كفاءة استخدام الطاقة في القطاع النفطي، ويعرض القسم الرابع بعض البيانات حول جهود الصناعة النفطية في دولة الكويت في مجال الحفاظ على الطاقة، ويختتم القسم الخامس والسادس الورقة بعدد من الاستنتاجات والتوصيات الهامة.

1. الوضع العام للطاقة في الدول العربية

1.1. مصادر الطاقة وأنماط استهلاكها وفق القطاعات

لازال النفط والغاز من أهم المصادر الرئيسية الأولية للطاقة في الدول العربية؛ إذ لا تتعدى الطاقة الكهرومائية نسبة 0.25% فقط من اجمالي انتاج الطاقة [10]. كما أن استهلاك الدول العربية للنفط في ازدياد مستمر، فقد استهلكت في العام 2000 حوالي 5.0% من اجمالي استهلاك الطاقة العالمي والذي يعادل 2,485 مليون برميل نفط مكافئ، وارتفع معدل هذا الاستهلاك الى 7.4% في العام 2011 بما يعادل 4,740 مليون برميل نفط مكافئ.

ويوضح الشكل (2) أن الطلب على الطاقة ارتفع بسرعة في الدول العربية في الفترة ما بين العام 2000 الى العام 2035؛ ويعود السبب في هذا الارتفاع الحاد إلى عدة عوامل رئيسية منها انخفاض تكلفة الطاقة على المستهلك نتيجة للدعم المالي وتطور القطاعات الاجتماعية والاقتصادية خصوصاً في الدول العربية المصدرة للنفط، إضافةً الى نقص الممارسات المثلى لإدارة الطاقة.



الشكل (2). اجمالي استهلاك الطاقة في الدول العربية – الماضي والمستقبل المتوقع [10].

ومع إستمرار ارتفاع الطلب على الطاقة في الدول العربية، فإنه من المتوقع ان ينخفض النمو السنوي للطلب على الطاقة من 6% - كما كان في الفترة من العام 2000 إلى العام 2012 – إلى حوالي 3% خلال الفترة بين العام 2015 و العام 2035، ومن المتوقع أن يصل الطلب على الطاقة إلى نحو 6,460 مليون برميل نفط مكافئ بحلول العام 2035، وذلك وفقاً لتقرير لشركة (BP) [5]. وأهم الأسباب المتوقعة لهذا الانخفاض النسبي في نمو الطلب على الطاقة خلال العقدين القادمين هو التراجع في مشاريع تنمية البنية التحتية وازدياد الوعي حول ضرورة رفع كفاءة استخدام الطاقة والتقليص التدريجي للدعم المالي المقدم من الحكومات للطاقة.

ومن الملاحظ أن القطاع الصناعي في الدول العربية يستهلك النسبة الأعلى من الطاقة اذ بلغ هذا الاستهلاك حوالي 44% خلال الـ 10 سنوات الماضية.

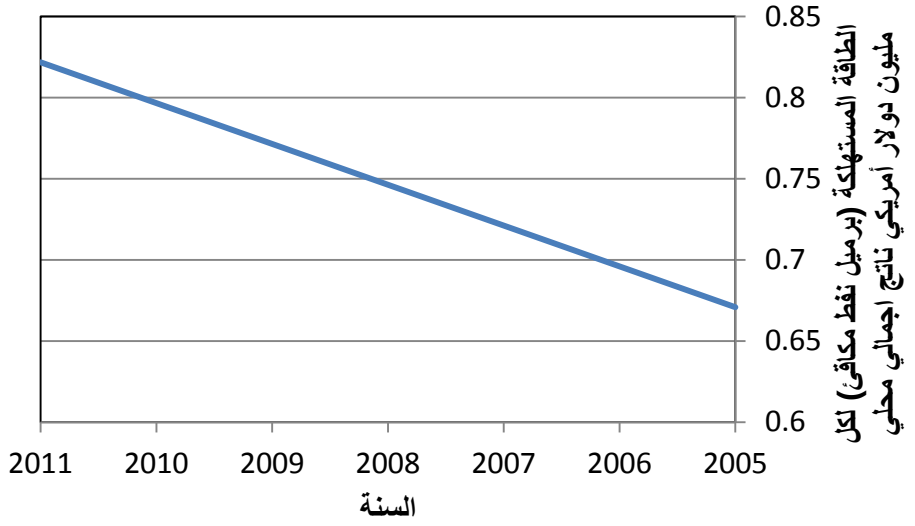
ويشمل هذا القطاع صناعات الحديد والصلب والكيماويات والبتروكيماويات والمعادن الغير صلبة بالإضافة لمعدات النقل والتعدين والأغذية والورق والبناء والنسيج والجلود وغيرها من النشاطات الصناعية. ويأتي قطاع النقل والمواصلات في المرتبة الثانية بنسبة تقدر بحوالي 31% من استهلاك الطاقة، ويليه القطاع السكني بنسبة وقدرها حوالي 17%. أما القطاع التجاري وخدمات القطاع العام أو الحكومي فتقدر نسبة إستهلاكه للطاقة الأولية بحوالي 4%، ويأتي القطاع الزراعي والقطاعات الأخرى في المرتبة الأخيرة بمعدل استهلاك يعادل 2%.

وتشير التقارير ان استهلاك الطاقة في قطاع الصناعة في الدول العربية ارتفع من 708 مليون برميل نفط مكافئ في العام 2000 إلى حوالي 1262 مليون برميل نفط مكافئ في العام 2011 وقد لوحظ أن معدل النمو السنوي للطلب على الطاقة الخاصة بالصناعة خلال الفترة بين العام 2005 الى العام 2011 كان تقريباً نفس معدل النمو خلال الفترة بين العام 2000 الى العام 2005.

أما فيما يخص قطاع النقل فإنه يعد من المؤشرات الاساسية على التقدم في النواحي الاجتماعية والاقتصادية؛ فقد تطور هذا القطاع في الدول العربية بشكل ملحوظ؛ حيث ارتفع استهلاك الطاقة في قطاع النقل من 512 مليون برميل نفط مكافئ عام 2000 الى 841 مليون برميل نفط مكافئ في عام 2011. كما ارتفع ايضاً معدل نمو الطلب على وقود النقل من 22% خلال الفترة بين العام 2000 والعام 2005 الى 34% خلال الفترة بين العام 2005 والعام 2011. أما معدلات نمو الطلب على الطاقة الخاص بالقطاع السكني والتجاري والحكومي فقد اختلفت بشكل واضح. فعلى سبيل المثال وصل معدل نمو الطلب على الطاقة في القطاع السكني الى 24% خلال الفترة بين

العام 2000 إلى العام 2005 ثم انخفض الى 18% خلال الفترة بين العام 2005 والعام 2011. ومن أسباب هذا التراجع تحسين كفاءة المواد المستخدمة في البناء وإجراءات إدارة الطلب على الطاقة التي تبنتها بعض الدول العربية وقامت بتطبيقها. وأخيراً ظل معدل نمو الطلب على الطاقة للقطاعين التجاري والحكومي على نفس مستوياته تقريباً للفترة الزمنية بين العام 2000 والعام 2011.

ويوضح الشكل (3) معدل الطاقة المستهلكة بالنسبة للناتج المحلي، والذي يستنتج منه أنه لم تظهر أي إشارات إيجابية خلال السنوات الـ 10 الماضية فيما يتعلق بتحسين معدلات كفاءة استهلاك الطاقة، فحجم استهلاك الطاقة ارتفع طردياً وبشكل خطي مع ارتفاع مجموع الناتج الاجمالي المحلي بما يعادل 0.75 برميل نفط مكافئ لكل مليون من الناتج المحلي الاجمالي من العام 2000 الى العام 2011.

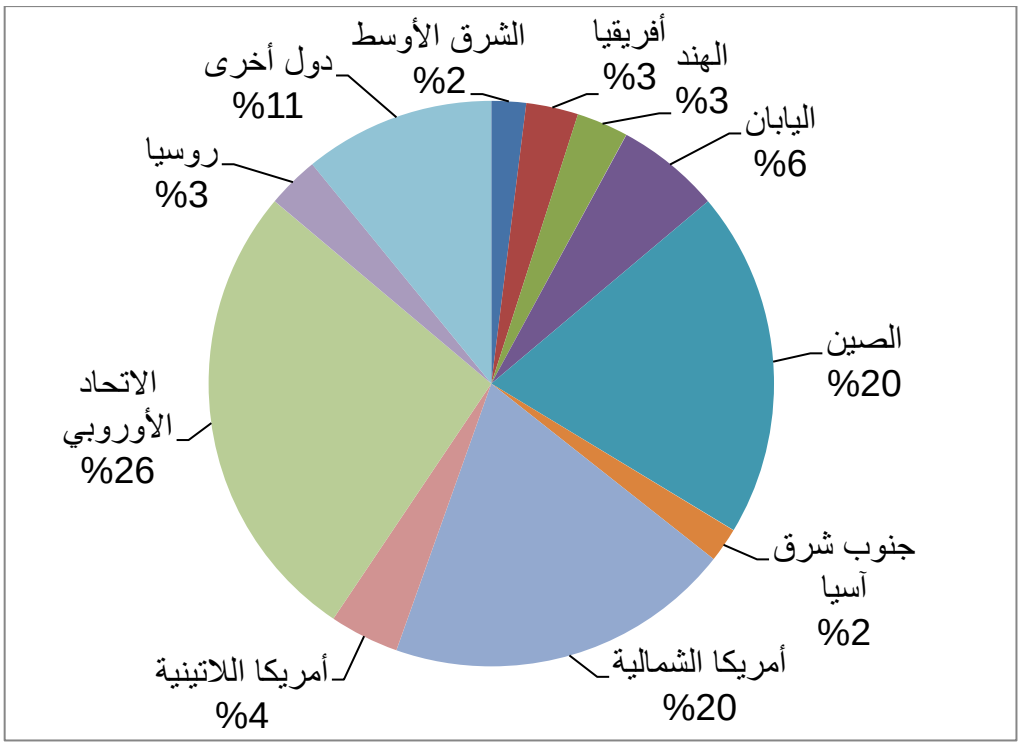


الشكل (3) معدل الطاقة المستهلكة في الناتج الاجمالي المحلي في الدول العربية [6].

وبمقارنة معدل استهلاك الطاقة للدول العربية مع دول منظمة التنمية والتعاون الاقتصادي، كما هو موضح في الجدول (1)، يتضح أن ارتفاع معدلات الطاقة المستهلكة تعد أحد أهم التحديات الرئيسية التي تواجه الدول العربية، والتي يتم بذل الجهود حولها لتطوير الاليات المناسبة لترشيدها ورفع كفاءتها. وقد وصلت الاستثمارات في تكنولوجيا الحفاظ على الطاقة وكفاءة استغلالها في الدول العربية، وبالتحديد منطقة الشرق الأوسط، إلى ما يقارب 2.6 مليار دولار أمريكي سنوياً. ويمثل حجم هذا الاستثمار 2% من الاستثمار العالمي في هذا المجال كما هو موضح في الشكل (4) [4]. ويقدر نصيب الاستثمارات للحفاظ على الطاقة في القطاع الصناعي بحوالي 234 مليون دولار أمريكي سنوياً.

الجدول (1). حجم استهلاك الطاقة بالنسبة للناتج المحلي الاجمالي للدول العربية ودول منظمة التنمية والتعاون الاقتصادي [6]

حجم الطاقة المستهلكة بالنسبة للناتج المحلي الاجمالي (برميل نفط مكافئ لكل مليون دولار أمريكي)		
السنة	الدول العربية	دول منظمة التنمية والتعاون الاقتصادي
2005	0.671	-0.015
2011	0.822	- 0.020



الشكل (4). توزيع استثمارات الحفاظ على الطاقة للأعوام 2014-2035 على المناطق المختلفة من العالم (المصدر: [4]).

2.1. أنماط استهلاك الطاقة في صناعة انتاج النفط وتكريره والصناعات البتروكيماوية

1.2.1. توزيع الاستهلاك وفق القطاعات: الانتاج والتكرير والنقل والبتروكيماويات

قدرت إدارة الطاقة الأمريكية الطاقة المستهلكة عالمياً في صناعة النفط والغاز بحوالي 3850 مليون برميل نفط مكافئ وذلك في العام 2009 أي ما نسبته 8% من اجمالي الإنتاج العالمي من النفط والغاز [1]. وتتوزع هذه الطاقة المستهلكة على كافة مراحل الصناعة. ويختلف معدل استهلاك الطاقة

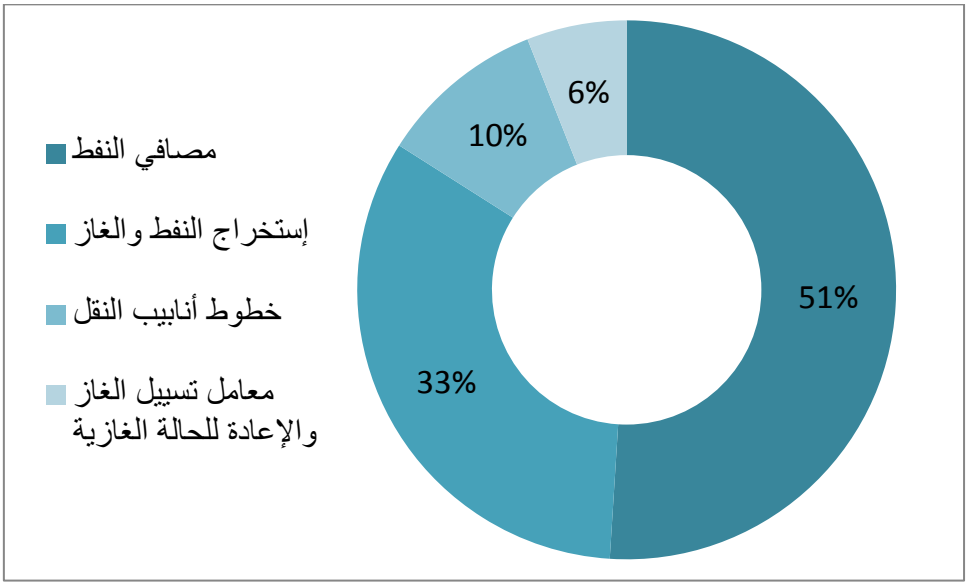
في عمليات استخراج النفط والمصافي وعمليات نقل المنتجات البتروكيماوية وفقاً لعدة عوامل أهمها:

- العمق الجيولوجي للمكمن وخواصه (مسامية، نفاذية، نوعية النفط....).
- عمر المكمن ونضوجه والتكنولوجيا المستخدمة (انتاج ذاتي, حقن غازات أو مياه أو بخار, رفع صناعي.....).
- بعد مركز الإنتاج والتجميع ومصافي النفط عن المستهلكين والأعمال اللوجستية مثل التخزين وطرق الإمداد.
- نوعية وجودة النفط الخام المنتج.
- مواصفات المنتجات البترولية النهائية كمحتوى الكبريت والأوكتان.
- عمليات الادارة، مثل خطط الانتاج ومعايير كفاءة استخدام الطاقة وكذلك الصيانة الدورية.

يتضح من الشكل (5) ان مصافي النفط تستحوذ على النسبة الأكبر من استهلاك الطاقة اذ تبلغ أكثر من 50% [9]، تليها عمليات استخراج النفط والغاز اذ تستهلك أكثر من 30%؛ بينما يستهلك كل من النقل وتسييل الغاز حوالي 15%. ويوضح الجدول (2) نسبة الطاقة المستهلكة لإنتاج وتكرير برميل نفط واحد.

بالنسبة لعمليات استخراج النفط والغاز، تستهلك غالبية الطاقة في عمليات الاستكشاف ومعالجة النفط الخام والغاز؛ ففي مجال الاستكشاف تستهلك معظم الطاقة في تشغيل أبراج الحفر. أما في مجال معالجة النفط الخام

فتستهلك معظم الطاقة في تسخين النفط الخام المنتج لمعالجته وفي تشغيل المضخات وضواغط الغاز وأجهزة التحكم والحماية الكاثودية.



الشكل (5) نسب استهلاك الطاقة في القطاع النفطي [9]

الجدول (2) نسبة الطاقة المستهلكة لانتاج وتصنيع برميل نفط واحد [9]

العملية الإنتاجية	نسبة الطاقة المستخدمة لبرميل نفط مكافئ منتج
استخراج النفط/الغاز	2.6
التكرير	4.1
تسييل الغاز	0.5
النقل عبر خطوط الأنابيب	0.8

وتختلف كمية الطاقة اللازمة للإنتاج باختلاف نوعية النفط المنتج وخواص المكمن ونضوجه. فالنفط الخام الخفيف الذي تبلغ معامل كثافته أعلى من 25 API° في حقل حديث الإنتاج يتطلب كمية طاقة قليلة لإنتاج النفط ومعالجته،

أما النفوط الثقيلة والتي يبلغ معامل كثافتها بين 10-20 °API، فنظراً لارتفاع كثافتها ولزوجتها، يتطلب إنتاجها غالباً عمليات رفع اصطناعية مثل عمليات الرفع بالغاز أو الضخ بواسطة مضخات كهربائية غاطسة عن طريق حقن بخار بضغط مرتفع بهدف خفض اللزوجة ودفع النفط للسطح. يضاف إلى هذا ما يتبع ذلك من عمليات معالجة حرارية لفصل النفط الثقيل عن المياه المرافقة وإزالة الأملاح.

وللحفاظ على مستوى الانتاج من بعض المكامن النفطية التقليدية، يتم الاستعانة بإعادة حقن جزء أو كل الغاز المنتج أو الماء المرافق والمفصول على السطح ثانيةً في الطبقات الحاملة للنفط بهدف المحافظة على ضغط المكمن وبالتالي المحافظة على مستويات الإنتاج. وقد يتم اللجوء إلى حقن غازات غير مرافقة مثل غاز ثاني اكسيد الكربون أو النيتروجين في مراحل لاحقة ويتم أيضاً اللجوء أحياناً لمعالجة وضخ مياه البحر في بعض مكامن النفط بهدف زيادة نسبة الإنتاج أو المحافظة عليها. وتتطلب هذه الطرق من الانتاج المعزز للنفط كميات كبيرة من الطاقة وكلما ازداد نضوج الآبار انخفض مستوى إنتاج المواد الهيدروكربونية وزاد انتاج المياه المرافقة وبالتالي زادت كميات الطاقة المستهلكة. ويوضح الجدول (3) متوسط تكلفة استكشاف وإنتاج النفط في عام 2009 في عدد من المناطق المختلفة في العالم والتي تتضمن تكلفة الطاقة المستهلكة. وتعود اسباب الاختلاف في التكلفة بين هذه المناطق إلى الأسباب التي تم ذكرها أعلاه.

ويعد الغاز الطبيعي والديزل والكهرباء من أهم المصادر المستخدمة حالياً في صناعة استكشاف وانتاج ومعالجة النفط والغاز. وحيث أن الغاز الطبيعي متوفر داخل الحقل النفطي على شكل غاز مصاحب أو غاز حر وبالتالي يتم

استخدامه في عمليات توليد الطاقة الحرارية بينما يتم نقل الديزل للحقل لتوليد الكهرباء وبالأخص اذا كان حقل النفط يقع في مناطق معزولة بعيداً عن الشبكة الكهربائية.

الجدول (3) تكلفة استكشاف وإنتاج النفط في عام 2009 [7]

المنطقة	التكلفة (دولار أمريكي للبرميل)
الولايات المتحدة (حقول برية)	31.38
الولايات المتحدة (حقول بحرية)	51.60
كندا	24.76
أوروبا	53.37
روسيا ودول الاتحاد السوفياتي سابقاً	20.96
أفريقيا	45.32
الشرق الأوسط	16.88
دول أخرى شرقية	16.56
دول أخرى غربية	26.64
المتوسط العالمي	29.31

إضافةً الى ذلك فإن عملية نقل النفط والغاز المستخرجة من الآبار إلى مراكز التجميع والمصافي وموانئ التصدير، تتطلب ايضاً استهلاك كميات من الطاقة ناهيك عن الطاقة المستهلكة من قبل ناقلات النفط والغاز من الدول المنتجة إلى المستهلكة.

أما عمليات تكرير النفط فتستحوذ على النسبة الأعلى من استهلاك الطاقة المستخدمة في الصناعة النفطية كما ذكرنا سابقاً إذ أنها تقدر بنصف كمية

الطاقة المستهلكة. ويعد الغاز الطبيعي والكهرباء من المصادر الرئيسية للطاقة المستخدمة في المصافي (شكل (5)). وتختلف مصافي النفط بشكل كبير من حيث طاقاتها الإنتاجية ومستوى تعقيد عمليات التكرير التي تتضمنها، إذ ترتبط عمليات التكرير والمعالجة التي تحتويها المصافي بشكل رئيسي على نوعية وجودة النفط الخام المستخدم كـلقيم كما يعتمد على كميات وأنواع وخصائص المنتجات البترولية التي تنتجها المصافي لتلاءم متطلبات أسواقها. ويوضح الجدول (4) مقدار الطاقة المستهلكة لبعض تكنولوجيات التكرير المستخدمة في مصافي النفط تم استخلاصها من بيانات لمصافي النفط الأمريكية [8].

الجدول (4) الطاقة المستهلكة لبعض عمليات التكرير في مصافي النفط [8]

عمليات التكرير	ميجا جول للبرميل	النسبة من إجمالي الطاقة المستهلكة في التكرير
التقطير الجوي	196 - 86	22%
التقطير الفراغي	119 - 53	8.3%
التكسير الحفزي	220	15.5%
التكسير الهيدروجيني المحفز	339 - 168	3%
التفحيم	242 - 120	4.2%
التهذيب المحفز	360 - 224	11.5%
الألكلة	359 - 269	3.6%
المعالجة الهيدروجينية المحفزة	173 - 64	15.3%
إنتاج الهيدروجين	167 - 66	10%

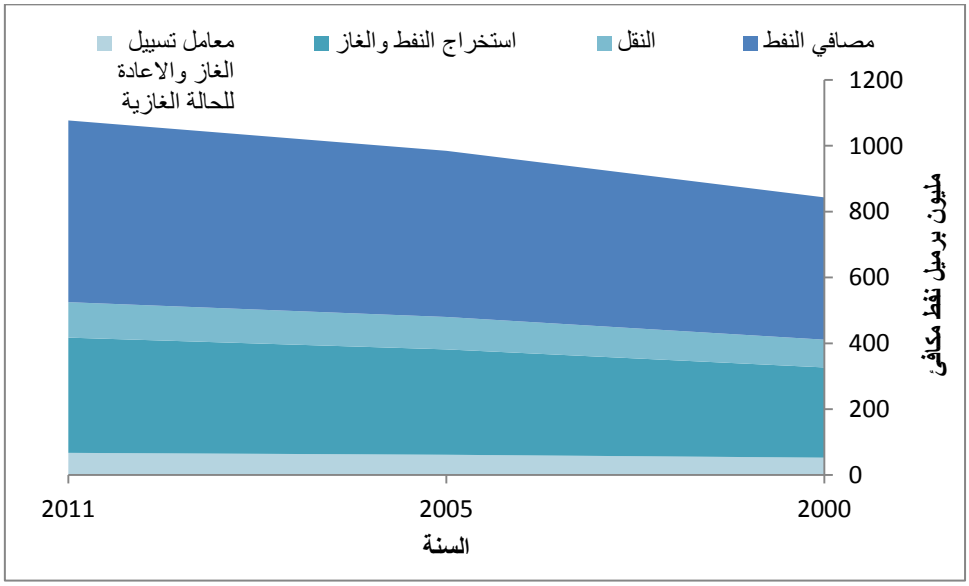
ويتضح من خلال البيانات المذكورة في الجدول (4) أن كمية الطاقة المستهلكة لمعظم العمليات تتراوح بين قيمتين صغرى وكبرى ويعود سبب ذلك إلى عوامل عديدة أهمها تصميم الوحدة ومدى التزام التصميم بمعايير كفاءة استهلاك الطاقة وخواص اللقيم المكرر.

وبشكل عام فإن البيانات الفعلية حول الطاقة المستهلكة في مجال صناعة التكرير شحيحة، وبالتالي من الصعب التوصل إلى استنتاجات قطعية حول كمياتها والعوامل المؤثرة فيها وسبل زيادة كفاءتها. إلا أن هناك عدد قليل من التقارير ذات الصلة تم نشرها عن بعض الدول؛ فعلى سبيل المثال بلغ استهلاك الولايات المتحدة الامريكية للطاقة في مجال التكرير في عام 2005 وفقاً لأحد التقارير ما مقداره 79.7 مليون طن نفط مكافئ وذلك لتوفير احتياجات المصافي من الطاقة الحرارية والكهرباء لتكرير حوالي 780 مليون طن من النفط الخام ، وأن مصادر الطاقة الرئيسية التي تم استخدامها كانت الغاز الطبيعي بنسبة 22% وغاز المصافي بنسبة 45% وفحم الكوك من عمليات التكسير الحفزي بنسبة 17% والكهرباء التي تم الحصول عليها من الشبكة الكهربائية بنسبة 12% [8].

وكنتيجة لبيانات الاستهلاك في الشكل (5) والجدول (2)، يبين الشكل (6) اجمالي استهلاك الطاقة التقريبي السنوي في القطاع النفطي في الدول العربية. وفي عام 2011 وصل استهلاك الطاقة في قطاعات استخراج النفط والغاز والتكرير وتسييل الغاز والنقل الى حوالي 350 و552 و 67 و108 مليون برميل نفط مكافئ على التوالي.

أما فيما يتصل بالبتروكيماويات والتي تشمل إنتاج الإيثلين والبروبيلين الذان يستخدمان كمادة أولية في صناعة الراتنجات البلاستيكية والبوتادين والذي

بدوره يستخدم في صناعة المطاط الصناعي بالإضافة الى مادة البنزين ومادة التوليوين المستخدمة في العديد من الصناعات الكيماوية، والأمونيا المستخدمة



الشكل (6) اجمالي استهلاك الطاقة السنوي في القطاع النفطي في الدول العربية [9]

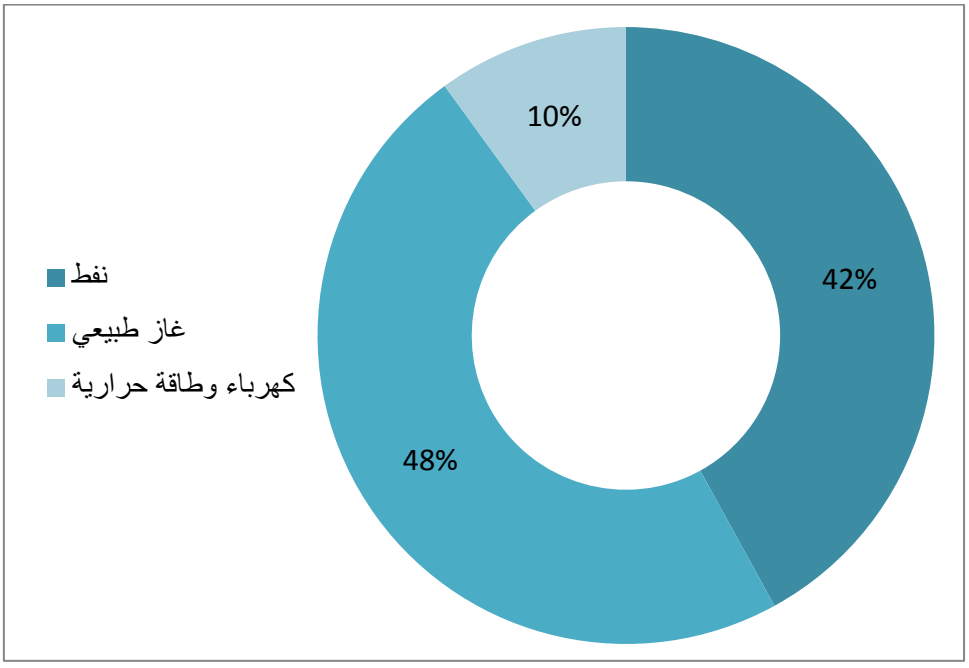
في صناعة الاسمدة والميثانول وغيرها، فوفقاً لتقارير وكالة الطاقة الدولية فان صناعة البتروكيماويات استهلكت حوالي 2,635 مليون برميل نفط مكافئ في العام 2011 [1]. وفي نفس العام وصل استهلاك الدول العربية للطاقة في الصناعة البتروكيماوية الى حوالي 55 مليون برميل نفط مكافئ والذي يعادل 2% من اجمالي الاستهلاك العالمي في هذه الصناعة.

2.2.1. مصادر وأشكال الطاقة المستهلكة

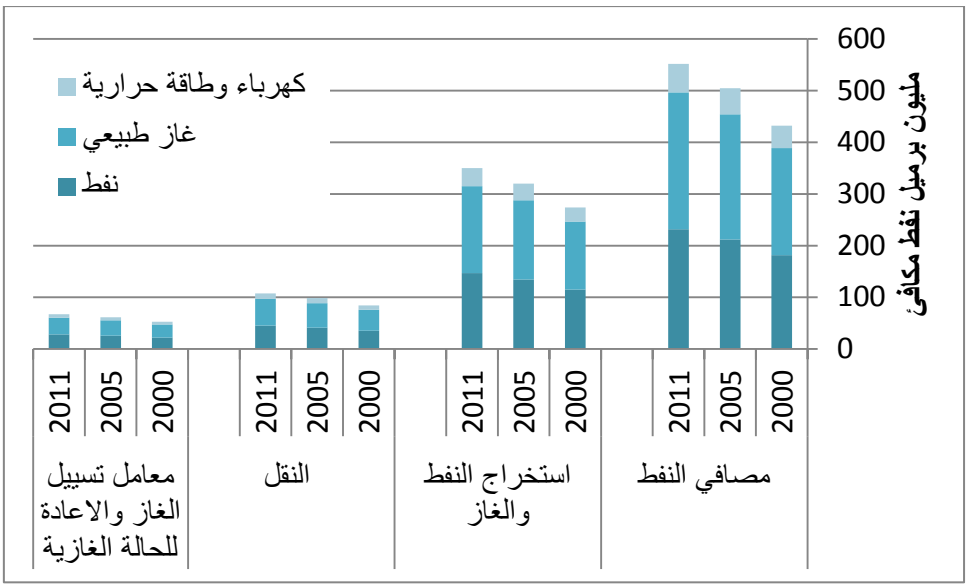
يتم توفير الطاقة المستهلكة في الصناعة النفطية من مصادر متنوعة بما فيها النفط والغاز ومنتجات النفط والكهرباء. ويعد الغاز الطبيعي المصدر الرئيس

للطاقة حيث أن نسبة استهلاكه تصل الى 50%؛ بينما نسبة استهلاك النفط والمنتجات النفطية تصل الى 40% بينما تصل نسبة استهلاك الكهرباء الى 10% من اجمالي استهلاك الطاقة في مجال الصناعة النفطية [11].

وتعد الطاقة الحرارية الشكل الرئيسي لاستخدام الطاقة اذ تستهلك حوالي أكثر من 90% كوقود مباشر في العمليات التي تتطلب درجات حرارة عالية مثل عمليات إنتاج الهيدروجين وتسييل الغاز وعملية التسخين المباشر للقيم المصافي؛ بالإضافة الى الكهرباء التي تستخدم بشكل رئيسي لتشغيل المضخات وأجهزة التحكم والضواغط وغيرها. ويوضح الشكل (7) نسب انواع الطاقة المستهلكة في القطاع النفطي كما يوضح الشكل (8) كمية وأنواع الطاقة المستهلكة في القطاعات النفطية المختلفة في الدول العربية [11].



الشكل (7) نسب انواع الطاقة المستهلكة في القطاع النفطي [11].



الشكل (8) كميات انواع الطاقة المستهلكة في القطاعات النفطية المختلفة في الدول العربية [11].

2. الاستخدام الامثل للطاقة في صناعة النفط والغاز –الممارسات المثلى

يتوجب على القائمين على صناعة النفط والغاز ان يضعوا نصب أعينهم هدف الاستخدام الأمثل للطاقة كأولوية قصوى في العمليات التشغيلية اليومية إذ أن هذا التوجه يساعد على تحقيق العديد من الفوائد الاقتصادية والاجتماعية. ففضلاً عن توفير الطاقة فان تحسين وتطوير كفاءة استخدام الطاقة يساعد على تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة والعديد من الملوثات التي لها آثار سلبية على الصحة العامة.

وتوجد العديد من فرص الاستغلال الأمثل للطاقة في مجال صناعة النفط والغاز من خلال الممارسات المثلى وتطبيق التكنولوجيا المتاحة في هذا المجال. ففي الكثير من الحالات تتصف مشاريع تحسين استهلاك الطاقة بأنها

ذات مردود قليل من الوفر المحقق في تكلفة الطاقة على المدى القصير، ولكنها ذات فوائد عديدة على المدى البعيد، ومنها على سبيل المثال تقليل عمليات الصيانة وتكاليفها على المدى الطويل.

وتوفير الطاقة يكون إما من خلال استخدامها بشكل أكثر كفاءةً أو من خلال استخدامها بشكل أقل. من هنا فإن مبادرات تحسين استهلاك الطاقة تضع تعريفاً للتفريق بين "كفاءة استخدام الطاقة" و"الحفاظ على الطاقة"؛ فمصطلح كفاءة استخدام الطاقة يشير الى النسبة بين الطاقة المدخلة والمتمثلة على سبيل المثال في الوقود الأحفوري او ناقل للطاقة مثل الكهرباء او الهيدروجين، ومخرجات الطاقة مثل الضوء والحرارة والحركة. بينما مصطلح الحفاظ على الطاقة أو ترشيدها يعني استخدام كميات أقل منها عن طريق الاستغناء عن الأنشطة غير الضرورية والتحكم بالعوامل الاخرى التي تؤدي الى تبديد الطاقة، مثل غلق الاضاءة عند مغادرة الحجرة او إيقاف المحركات عند انتفاء الحاجة.

ومن شأن تحسين كفاءة استخدام الطاقة تعزيز أمن الطاقة وتخفيف الاضرار البيئية التي تنتج من انتاج ونقل واستهلاك الطاقة؛ كما أنه يمكن تعزيز كفاءة استخدام الطاقة ايضاً من خلال تطبيق التكنولوجيا الحديثة التي تستخدم نسبة أقل من الطاقة وزيادة في المخرجات. فعلى سبيل المثال، استبدال المحطات الحرارية التقليدية بمحطات غاز توربيني يؤدي إلى وفر كبيرفي الطاقة المستهلكة في محطات توليد الكهرباء.

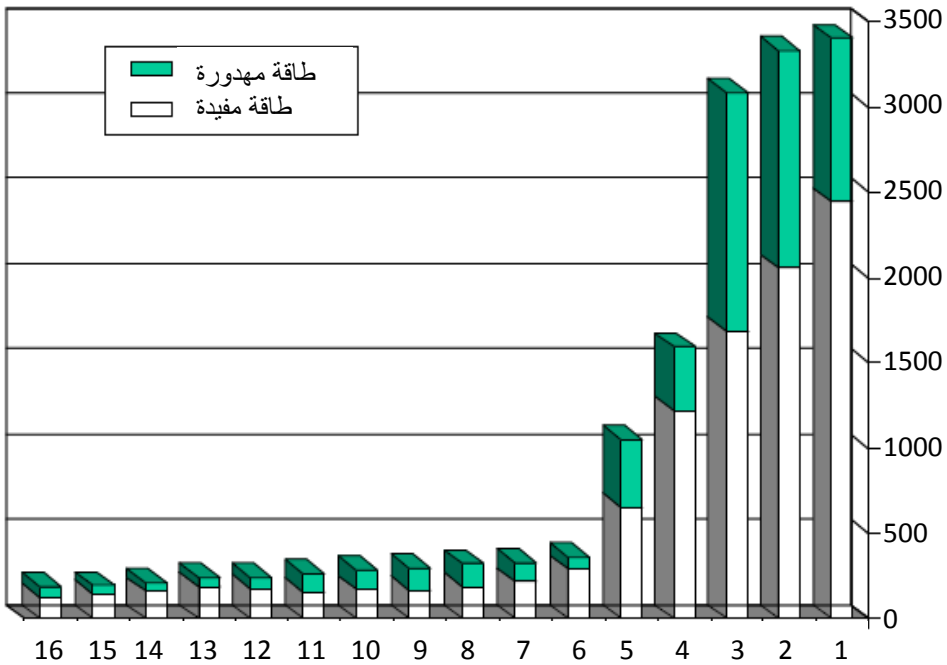
1.2. فرص تحسين كفاءة استخدام الطاقة

تطرقت العديد من الدراسات لفرص تحسين كفاءة استخدام الطاقة في العمليات الصناعية. وبما أن الصناعة النفطية تعتبر من أكثر الصناعات

استهلاكاً للطاقة، فقد خضعت هذه الصناعة للكثير من المراجعة والتمحيص وذلك فيما يتعلق بتحسين كفاءة استخدام الطاقة. ويظهر الشكل (9) نتائج تقييم أجرته شركة إينرجيتيكس (Energetics, Inc.) لصالح وزارة الطاقة الأمريكية حول الصناعات في الولايات المتحدة الأمريكية في العام 2004 [12]. وقد توصلت هذه الدراسة إلى أن كلاً من صناعات تكرير البترول والصناعات الكيماوية تستهلك ما يقرب من 6500 تريليون وحدة حرارة BTU، وأن هناك فرص لتوفير ما يزيد عن 2200 تريليون BTU.

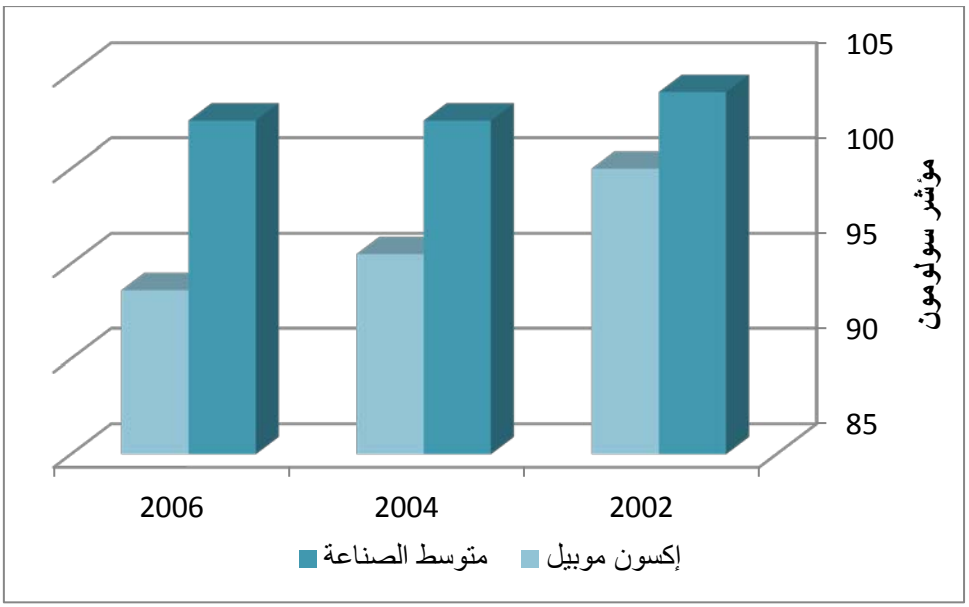
وقد اتخذت بالفعل العديد من شركات النفط والغاز العالمية إجراءات لتحسين استخدامها للطاقة إلى المستوى الأمثل خلال العقد الماضي. فعلى سبيل المثال، تمكنت شركة ExxonMobil من تحديد فرص لتحسين كفاءة استخدام الطاقة في مرافق التكرير والكيماويات الخاصة بها بما يصل إلى 15-20% باستخدام نظام إدارة الطاقة العام GEMS [12]. وكانت القوة الدافعة لجهود الشركة متمثلة بكل من الأسباب الاقتصادية وكذلك خفض انبعاثات الغازات الدفيئة. فقد كانت كلفة الطاقة في مرافق التكرير والكيماويات الخاصة بـشركة إكسون موبيل (ExxonMobil) في عام 2009 تقترب من 10 مليار دولار أمريكي، أي ما يعادل 50% من التكاليف الإجمالية [12]. وبناءً على النتائج التي توصلت إليها الشركة، فإن ما يقارب 80% من فرص تحسين استهلاك الطاقة التي تم تحديدها ودراستها كانت مجدية اقتصادياً حيث توزعت وبشكل متساو فيما بين العمليات والمعدات ونظم المرافق، وقد تمكنت الشركة من تحقيق هدفها المتمثل بتحسين كفاءة استخدام الطاقة في مرافق التكرير والكيماويات بـمعدل 10% على الأقل في العام 2012. وأظهر مؤشر سولومون (Solomon Index) للطاقة الخاص

بمصافي الشركة تحسناً ملحوظاً (الشكل (10)) خلال الفترة من العام 2002 إلى العام 2006 [13].



(1) تكرير النفط؛ (2) الكيماويات؛ (3) منتجات غابات؛ (4) الحديد زالصلب؛ (5) غذائية؛ (6) أسمنت؛ (7) منتجات معدنية؛ (8) معدات نقل؛ (9) أقمشة؛ (10) تعدين؛ (11) لدائن ومطاط؛ (12) ألمنيوم؛ (13) زجاج؛ (14) معدات ثقيلة؛ (15) منتجات سكب؛ (16) كومبيوتر وإلكترونيات.

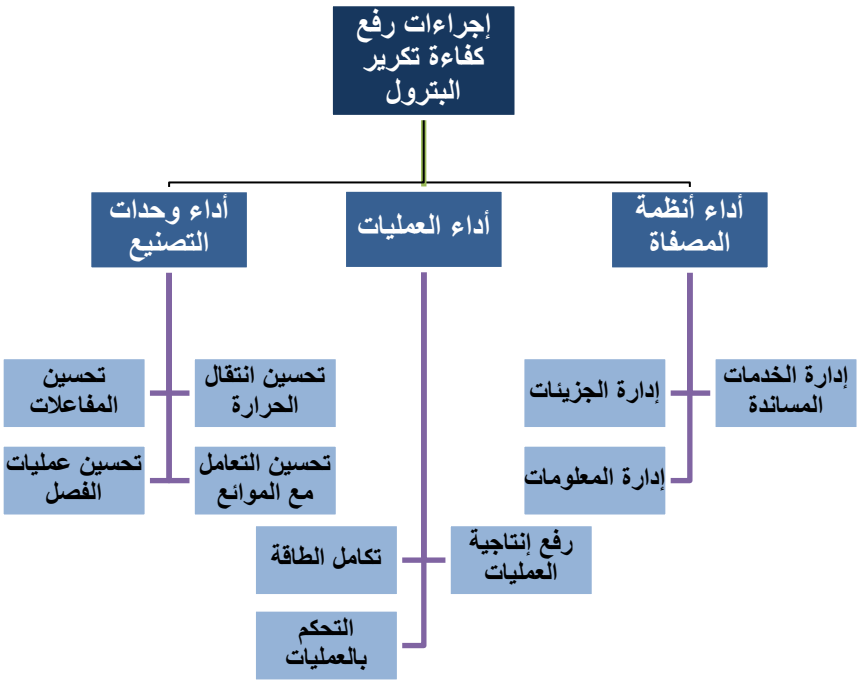
الشكل (9). استهلاك القطاعات الصناعية للطاقة وكمية الطاقة المهدورة في الموقع (أنظمة إنتاج البخار والاحتراق والتبريد والمحركات) [12]



الشكل (10). التغيرات في مؤشر سولومون لمصافي شركة إكسون موبيل [13].

وقام مؤخراً مورو وآخرون [14، 15] بتقديم تقرير حول عملية تحليل وتحديد فرص تعزيز كفاءة استخدام الطاقة في مصافي البترول الأمريكية. ويظهر الشكل (11) العناصر الأساسية التي يتوجب دراستها عند إجراء مثل هذا التحليل. وبشكل أساسي، يغطي التقييم كل الجوانب المتعلقة بأداء وحدة التصنيع (Unit Performance)، يتبعه أداء العمليات (Process Performance) وأخيراً أداء المصفاة كنظام متكامل (System Refinery Performance). ولكل من فئات الأداء الثلاث هذه، يتم تقييم أمور محددة لتحسين كفاءة استخدام الطاقة. ويمكن اتباع نهج مماثل لمرافق الإنتاج في مختلف الصناعات الكيماوية.

هناك العديد من الخطوات التي يمكن اتخاذها والتي من شأنها تحسين كفاءة استخدام الطاقة تنضوي تحت ما يسمى الادارة المثلى والفعالة لاستهلاك الطاقة حيث ان فوائدها تتعدى التقليل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون



الشكل (11) العناصر التي يتوجب تقييمها لتحديد فرص رفع كفاءة استخدام الطاقة [14].

والغازات الدفيئة الأخرى الى التحسين النوعي في كفاءة وأداء المنشآت الصناعية مع ما يوفره هذا الاداء المثالي من طاقة. وسيؤدي تطبيق خطوات تحسين كفاءة استخدام الطاقة حتماً الى النتائج الآتية:

- خفض تكاليف التشغيل، خاصةً تلك المرتبطة بضريبة الكربون وخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.
- زيادة وفرة الغاز عبر خفض استهلاك غاز الوقود.
- خفض تكلفة الطاقة الكهربائية وتنويع مصادرها.

إن كفاءة تصميم استهلاك الطاقة لأي مشروع استثماري سينعكس ايجاباً على عوائد هذا المشروع وذلك من خلال وضع حلول للمشاكل التشغيلية التي

تؤدي بدورها الى التقليل من فترات الصيانة والزيادة في فترات الانتاج. وفي الحقيقة إن عوائد أي فرصة استثمارية في مجال إدارة الطاقة تكون مجزية خاصة عندما تؤدي إلى حل مشكلة تشغيلية أو تحقق زيادة في الإنتاج. كما أن بإمكان المشاريع المتعلقة بإدارة الطاقة معالجة كل من مرحلة التصميم والتشغيل على حد سواء.

وفيما يلي استعراض لثلاثة من الفرص الهامة والتي من شأنها المساهمة في تحسين كفاءة استخدام الطاقة، وهي:

- التصميم الأمثل للعمليات الصناعية ومعدات التشغيل
- استخدام عمليات ومحفزات عالية الكفاءة
- تعزيز تكامل العمليات الصناعية

1.1.2. التصميم الأمثل للعمليات الصناعية و معدات التشغيل

لتحقيق كفاءة مثلى للطاقة في المرافق الصناعية، يتعين أن يوضع استخدام الطاقة في الحسبان بدءاً من مراحل التصميم الأولى، والتأكد من ملائمة العمليات الصناعية وظروف التشغيل لفرص وتكنولوجيات الحفاظ على الطاقة، مع ضرورة إجراء مراجعات دورية بعد ذلك خلال فترة التشغيل. وتتمثل أهمية مراجعة تصميم الطاقة (Energy Design Review)، خلال كافة مراحل تصميم أو تطوير أي مشروع صناعي، في تقييم خيارات استخدام الطاقة بشكل دقيق والتركيز على فرص خفض الطاقة المبددة بشكل أفضل، كما تحدد مراجعة تصميم الطاقة المعدات التي تستخدم كميات كبيرة من الطاقة للتأكد من أنه سيتم التحكم بها بشكل جيد وخضوعها للصيانة الدورية عند التشغيل. كما أن إجراء المراجعة في المراحل الأولى من

التصميم قد ينتج عنها تقييم أمور أخرى؛ كاستخدام أساليب الطاقة المتجددة والتوليد المشترك للكهرباء والطاقة الحرارية، بالإضافة إلى إستخدام التقنيات والعمليات والمعدات الأعلى كفاءة من حيث استهلاكها للطاقة. ويمكن من خلال مراجعة تصميم الطاقة تحقيق توفير يبلغ 35-40% في الطاقة.

أما بالنسبة لعمليات إنتاج النفط، فهناك احياناً حاجة لإعادة تصميم مرفق ما استجابةً للتغييرات اما في نمط إنتاج النفط او تطبيق تقنيات جديدة من شأنها تحسين استخدام الطاقة. فعلى سبيل المثال، حققت شركة أرامكو في المملكة العربية السعودية وفورات جيدة في الطاقة المستهلكة في أحد الحقول عن طريق بناء خطوط أنابيب تصل ما بين مرافق فصل النفط/الغاز القريبة من بعضها وتحسين إدارة مياه الحقول النفطية. حيث ساهمت شبكة خطوط الأنابيب هذه في خفض عدد ضاغطات الهواء التي يجب تشغيلها، كما تم تحقيق تحسين ملموس في إدارة المياه عبر نمط تشغيل دوري لآبار النفط التي تستخدم كمية كبيرة من المياه [16].

2.1.2. استخدام عمليات ومحفزات عالية الكفاءة

قام نيليس وآخرون [17] بتحليل بيانات استهلاك الطاقة في صناعات التكرير والكيماويات تعود لعام 2000، ووجدوا أن إجمالي الطاقة المبددة من الناحية النظرية تقدر بحوالي 1894 بيكوجول (PJ). وقد خلصت الدراسة إلى أن فرص توفير الطاقة سنوياً تقدر بـنحو 10-50%، وأن هناك نوعين من هذه الفرص، وهي:

1) رفع الإنتاجية وتحسين الانتقائية نحو المنتجات المطلوبة، وبالتالي خفض تبديد الطاقة في إنتاج المنتجات الثانوية. ومن الفرص المتاحة لهذه الفئة استخدام مواد حفازة أكثر انتقائية وكفاءة، واعتماد طرق

معالجة متطورة، واستخدام تكنولوجيات إنتاج جديدة مثل مفاعلات التبادل الحراري ومفاعلات الأغشية. ويبرز سنوياً عدد من الفرص الجديدة لتوفير الطاقة. فعلى سبيل المثال، هناك فرص كبيرة لتخفيض إستهلاك الطاقة في عمليات فصل خليط يحتوي على مكونات متعددة، من خلال دراسة الخيارات المتاحة لإختيار تكنولوجيا متطورة لفصل المكونات وتصميم أبراج تقطير عالية الكفاءة بالنسبة للطاقة، بالإضافة إلى إستخدامها تكوينات استخلاص أكثر فاعلية ومجدية اقتصادياً. وبتطبيق هذه التقنيات على عمليات تكرير النفط الخام، هناك دراسات تحدد أكثر من 70 مكونً إستخلاصً يمكنها أن تساهم في خفض استهلاك الطاقة بمقدار 5-48% [18].

2) إدخال تحسينات تهدف للحد من الاستخدام المفرط للطاقة. ويشمل ذلك العمل على تخفيض فترات توقف الإنتاج بسبب أعمال الصيانة لإحدى الوحدات والتي تتطلب إبقاء باقي وحدات المصفاة جاهزة للإنتاج.

3.1.2. تعزيز تكامل العمليات الصناعية

بالنسبة لمعظم الدول العربية المنتجة للنفط والغاز، تحتفظ صناعة النفط والغاز الوطنية لنفسها بمسؤولية الوفاء بحاجات البلد من الطاقة. ويشمل هذا توفير أنواع الوقود المختلفة، كالجازولين والديزل ووقود الطائرات، وتلبية احتياجات توليد الطاقة الكهربائية، والوفاء باحتياجات القطاعين التجاري والصناعي من الطاقة، هذا بجانب دورها في إنتاج ونقل وتسويق النفط الخام والغاز، والمنتجات البترولية المكررة والبتروكيماويات إلى الأسواق العالمية. وهذه المسؤولية الواسعة لصناعة النفط والغاز الوطنية توفر فرصة فريدة للصناعة لتحقيق كفاءة أفضل لاستخدام الطاقة عبر تكامل متطلبات الطاقة في

مجمل سلسلة العمليات الصناعية التي تسيطر عليها. وقد قامت معظم صناعات النفط والغاز العربية بالتطبيق الفعلي لتكامل سلسلة العمليات الصناعية وإن بشكل محدود خلال العقود الخمسة الماضية. فعلى سبيل المثال، تم توجيه قسم هام من الغاز المصاحب نحو الاستخدام الفعال سواء كوقود للوفاء بحاجات توليد الطاقة أو الصناعات الناشئة، أو كلقيم بتروكيماوي. كما بذلت بعض الجهود من أجل التكامل بين صناعة تكرير البترول والصناعات البتروكياوية لتوفير اللقيم الملاءم. ومع ذلك، فإن الجهود السابقة في هذا المجال كانت تهدف في المقام الأول لتحسين استغلال الموارد الهيدروكربونية المتاحة.

وبسبب زيادة تكلفة الطاقة والمخاوف من الأثر البيئي للوقود الأحفوري خلال العقدين السابقين، فإن موضوع التكامل بين مختلف الأنشطة الصناعية المتعلقة بالنفط والغاز، وكذلك أنشطة توليد الطاقة الكهربائية، ربما ينبغي مقاربته من منظور تحسين كفاءة استخدام الطاقة عبر تكامل شرائح الصناعة المختلفة .

2.2 تحسين كفاءة استخدام الطاقة في صناعة النفط والغاز

توجد إمكانية كبيرة لتحسين كفاءة استهلاك الطاقة في صناعة النفط والغاز، تقدر ما بين 10 و 20% بحسب نوع وحجم العمليات، والتي تترجم إلى وفورات كبيرة في الطاقة المستهلكة والتكاليف التشغيلية، بالإضافة إلى عدد من الفوائد الأخرى كضمان الإنتاجية أو تحسينها في المرافق، والانخفاض الكبير في الانبعاثات والملوثات.

وقد تم إدراج فرص تحسين كفاءة استخدام الطاقة في كل من قطاعات إنتاج النفط وصناعة التكرير والصناعات البتروكيماوية في الجدول (5)، وسيتم تقديم شرح موجز لعدد من الفرص المختارة التي تناسب الدول العربية.

1.2.2. فرص تحسين كفاء الطاقة في إنتاج النفط والغاز

تستدعي الزيادة المطردة في استخدام الطاقة لإنتاج النفط والغاز بذل الجهود لتحسين كفاءة العمليات الصناعية المختلفة المتعلقة بعمليات إنتاج النفط والغاز. وفي الآونة الأخيرة تم التركيز والعمل على تكامل العمليات التشغيلية، بما في ذلك الاستخدام المتزايد للتوليد المشترك للطاقة الكهربائية والبخار. وهناك العديد من المبادرات التي تهدف الى الاستغلال الامثل للطاقة في الصناعة النفطية منها:[19]:

- فعالية الاستكشاف: إن استخدام الطاقة المرتبط باستكشاف النفط والغاز في انخفاض، وذلك كنتيجة للتطورات التكنولوجية والمعدلات الكبيرة في نجاح عمليات الحفر، والتي تعود بشكل رئيسي إلى التقدم في تكنولوجيا المسوحات الزلزالية، وتقنيات الحفر.
- خفض حرق الغاز الطبيعي المرافق. حيث تم خفض الحرق من خلال الاستثمار في البنية التحتية لمعالجة وتوزيع الغاز بهدف الاستفادة المادية من الغاز.
- تحسين عمليات التشغيل واختيار مضخات وتوربينات ومعدات أخرى ذات كفاءة عالية. فهناك توجه نحو استخدام متزايد للمحركات عالية الكفاءة الأكثر تقدماً والتي تتسم بكفاءة تصل إلى 85-95%، مقارنةً بكفاءة لا تتجاوز 60-70% بالنسبة للعديد من المحركات الأقدم التي لا تزال مستخدمة.

الجدول (5). فرص كفاءة استهلاك الطاقة في الصناعات البترولية [19]

مجالات كفاءة الطاقة	الفرص المتاحة لكفاءة إستهلاك الطاقة
1. إدارة وضبط الطاقة	أ) نظم وبرامج إدارة الطاقة
	ب) نظم التحكم الآلي ومراقبة العمليات
	ج) التحسين على جميع مرافق المنشأة الصناعية
2. استعادة الطاقة	أ) استعادة غاز الشعلة
	ب) استعادة القوى
	ج) إدارة الخدمات المساندة (Utility)
3. توليد وتوزيع البخار	أ) المراجل
	ب) توزيع البخار
4. مبادلات الحرارة وتكامل العمليات	أ) الحد من انتقال الحرارة بسبب الترسبات
	ب) تكامل العمليات
5. إدارة واسترجاع الهدروجين	أ) تكامل الهدروجين
	ب) استرجاع الهدروجين
	ج) إنتاج الهدروجين
6. أداء الوحدات	أ) مسخنات العمليات
	ب) التكرير
7. تحديث/استبدال المعدات	أ) الصيانة
	ب) المحركات
	ج) المضخات
	د) الضاغطات والهواء المضغوط
	هـ) المراوح
	د) الإضاءة
8. توليد الطاقة	أ) توليد الطاقة والحرارة المشترك (CHP)
	ب) توربينات غازية
	ج) توربينات بخارية

	د) توليد الطاقة والحرارة المشترك تحت حرارة عالية
	هـ) التحويل إلى غاز
9. البحث العلمي والتطوير	

- أنابيب النقل عالية الضغط، والتي تتطلب طاقة أقل لكل وحدة من الغاز/النفط المنقول لكل كيلومتر.
- التوليد المشترك للحرارة والطاقة واسترجاع الحرارة المبددة من وحدات الإنتاج باستخدام مبادلات الحرارة.

2.2.2. فرص تحسين كفاءة استخدام الطاقة في عمليات التكرير

أدرك القيمون على مصافي النفط منذ زمن أهمية تحسين كفاءة استخدام الطاقة كون تكرير البترول من الصناعات العالية الاستهلاك للطاقة. ومن التحديات الكبرى التي تواجهها مصافي النفط الحاجة لمعالجة نفوط خام أثقل وذات محتوى كبريتي أعلى، والوفاء في الوقت ذاته بالطلب المتزايد على منتجات بترولية خفيفة ومتوسطة وأعلى جودة. ومع ذلك، فإن كمية الطاقة المستخدمة لكل برميل مكرر في انخفاض ملحوظ، وذلك بسبب الاستثمارات الهائلة في عمليات تتميز بكفاءة أكبر من حيث استهلاكها للطاقة، وتبني ممارسات فعالة للحد من هدر الطاقة ورفع مستوى التكامل بين المصافي ووحدات التكرير من جهة وبين عمليات التصنيع اللاحقة كصناعة البتروكيماويات من جهة أخرى. كما أن التكامل المحسن للعمليات، بما في ذلك الاعتماد المتزايد على التوليد المشترك للطاقة الكهربائية والحرارة وتركيب نظم استرجاع للحرارة على وحدات المعالجة، ساهم كثيراً بهذا التحسين حيث أصبحت المصافي أكثر منهجية في مراجعة كفاءة عملياتها،

وتحسين ممارسات الصيانة وإجراء تقييم وتدقيق دوري لأداء الطاقة في المنشآت الصناعية [11].

ولأهمية هذا الموضوع قامت منظمة الأوابك بنشر كتاب حول خيارات ترشيد استهلاك الطاقة في صناعة التكرير [20]. ومن أهم مجالات تحسين كفاءة استخدام الطاقة في عمليات المصافي تلك المتعلقة بالخدمات المساندة (utilities) بنسبة 30% يليها المسخنات (20%) وتحسين كفاءة العمليات (15%) ومبادلات الحرارة (15%) والمحركات وتطبيقاتها (10)% [19]. وتلقى الخدمات المساندة ومبادلات الحرارة والمسخنات اهتماماً أكثر وذلك لأنها تتطلب استثمارات أقل من غيرها، بالإضافة إلى توفر التكنولوجيا والخبرات المطلوبة. إلا أنه أظهرت تجارب شركات النفط المختلفة أن معظم الاستثمارات في رفع الكفاءة متواضعة نسبياً. ونظراً إلى أن مثل هذه المشاريع تتطلب تكاليف رأسمالية وموارد هندسية إضافية لتطوير وتنفيذ أساليب رفع كفاءة استهلاك الطاقة، فإن الاختيار الأكثر تفضيلاً ينبغي أن يتخذ بناءً على وضع وطبيعة العمليات الصناعية للمرفق.

3.2.2. فرص تحسين كفاءة استخدام الطاقة في الصناعات الكيماوية والبتروكيماوية

توجد العديد من الفرص ضمن الصناعات الكيماوية والبتروكيماوية لخفض استهلاك الطاقة مع الحفاظ على إنتاجية المرفق أو تحسينها. ومن أهم فرص تحسين كفاءة استخدام الطاقة في العمليات الصناعية تلك التي قد ينتج عنها فوائد مشتركة تتجاوز بكثير توفير تكاليف الطاقة، كأن تؤدي إلى خفض هائل في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والانبعاثات الأخرى المرتبطة بحرق الوقود. ولذلك فإن الفرص المتوفرة في الخدمات المساندة ومبادلات الحرارة والمسخنات تعتبر جذابة إذ تتطلب إستمارات أقل من غيرها ولكن، ومع

الطيف الواسع والتنوع في المنتجات، يمثل كل مصنع بتروكيماوي حالة مختلفة عن غيرها وينبغي دراسة الحالات واختيار استراتيجيات كفاءة استخدام الطاقة الأنسب للمنشأة الصناعية.

فعلى سبيل المثال، قد ينتج عن اختيار مواد أفضل لأنابيب التكسير في المراجل والتوليد المشترك باستخدام عادم المرجل توفير بمقدار 20% من الخفض الإجمالي للطاقة [21]. كما أن تقنيات الفصل والضغط المطورة (مثل تقنيات الامتصاص من أجل الفصل) قد تساهم بنسبة تصل إلى 15% من خفض الطاقة الإجمالي [22]. وبدلاً من التكسير البخاري، فقد تم تطوير عمليات بديلة لتحويل الميثان في الغاز الطبيعي إلى أولفينات. ومع ذلك، فيعتبر التكسير البخاري للنافثا المتقدم أكثر كفاءة من هذه العمليات [23]. وهناك فرص أخرى متعددة لرفع كفاءة استخدام الطاقة نلخصها في الجدول (6) لعدد من المنتجات البتروكيماوية الأساسية.

4.2.2. الفرص في مجال النقل

يمكن إيجاز فرص خفض متطلبات الطاقة لأنابيب نقل النفط والغاز والممتدة لمسافات طويلة إضافةً لشبكات الغاز المحلية بما يلي:

- تطوير واستخدام مضخات وضواغط أكثر كفاءة مع استخدام أنابيب نقل الغاز عالية الضغط. وتستطيع ضواغط الغاز الحديثة عالية الكفاءة المستخدمة في ضغط الغاز الطبيعي تحقيق كفاءة حرارية تصل إلى 40% [11]. ويتيح الضغط الأعلى زيادة مماثلة في قدرة النقل مرتبطة بقطر الإنبوب. كما أن استهلاك الطاقة لكل متر مكعب من الغاز المنقول يقل بمقدار يتراوح بين 20% إلى 35% عند استخدام خط أنابيب لنقل 15-30 مليار متر مكعب في السنة، هذا الانخفاض في استهلاك الطاقة ناتج عن الحاجة لعدد اقل من محطات تعزيز

الضغط على طول خط الانابيب علاوة عن خفض الضغط الضائع بسبب الاحتكاك .

الجدول (6): ملخص فرص تحسين كفاءة استخدام الطاقة في الصناعة البتروكيماوية [21]

العملية/ المنتج	فرص لرفع كفاءة استهلاك الطاقة
1. الإيثلين	▪ ملفات للأفران ذات خاصية الإنتقاء ▪ تحسين مبادل خط النقل ▪ مبادل خط نقل ثانوي ▪ زيادة كفاءة أفران التكسير ▪ زيادة درجة الحرارة في قاع مجزئ الكازولين ▪ تحسين استرجاع الحرارة ▪ تقليل موسع اضافي على عامل فصل غاز الميثان ▪ الاسترجاع البارد ▪ تعظيم استخدام البخار وميزان القوة ▪ تحسين الضواغط
2. العطريات	▪ تحسين نظم استرجاع المنتجات
3. البوليمرات	▪ استرجاع بخار الضغط المنخفض ▪ ناقل للمضخة لتبديل مكون المعادن ▪ اعادة استخدام المذيبات
4. اكسيد الايثلين والإيثلين جلايكول	▪ زيادة عامل الانتقاء ▪ جهز تبخير متعدد التأثير ▪ استرجاع ومبيعات المنتج المصاحب لغاز ثاني اكسيد الكربون ▪ عملية الدمج
5. الايثلين ديكلورايد	▪ تعظيم حلقات اعادة التدوير

	▪ معالجة الايثلين بالكلورايد
6. الاسترين	▪ استرجاع المكثف وعملية الدمج

- كفاءة الوقود لناقلات النفط يمكن تحسينها بشكل كبير مع الاستعاضة عن نظم الدفع التي تعتمد على المراجل البخارية بمحركات الديزل الأعلى كفاءةً والأقل تلويثاً. وتتميز الناقلات التي دخلت الخدمة حديثاً بمحركات ديزل معدلة، ذات نظام وقود مزدوج، وقادرة على حرق كل من الديزل والغاز.
- يكمن خفض خسائر النفط والغاز الطبيعي والمنتجات المكررة الناتجة عن التسرب والانسكاب أثناء النقل والتخزين عبر تقديم مجال واسع من التقنيات، بما في ذلك الصمامات المتطورة، ووحدات استرجاع البخار، والناقلات مزدوجة البدن، وخزانات التخزين الواقعة تحت الأرض في محطات الوقود وتقنيات منع التآكل المحسنة.

3. الفوائد الاقتصادية والبيئية من رفع كفاءة استخدام الطاقة في صناعة النفط

خلال العقود الأربعة الماضية، زادت المخاوف بشأن تأثير الوقود الأحفوري على البيئة. في البداية، كان التركيز على أكسيد الكبريت وأكسيد النتروجين وتأثيرهما المباشر كملوثات بيئية. وقد استطاعت صناعة الطاقة أن تتأقلم مع هذه المشكلة، كما تم تطوير تقنيات فعالة ومدروسة لإنتاج منتجات نفطية فائقة النظافة وخالية من النتروجين والكبريت عملياً. بالإضافة إلى ذلك، تم تطوير تقنيات لتنظيف غازات المداخن، وخفض انبعاثات الغازات الحمضية والجسيمات المعلقة. ومؤخراً، أصبح التركيز منصباً على تأثير غازات ثاني

أكسيد الكربون الناتجة عن استخدام الوقود الأحفوري على الاحتباس الحراري. بناءً على البيانات المتوفرة والاعتماد المستمر على الطاقة الأحفورية كمصدر أساسي للطاقة في العالم، استنتجت وكالة الطاقة الدولية أن كمية انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ستزيد بما يقارب 40% خلال العقدين القادمين. وستزيد انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من 31.2 مليار طن في 2011 إلى ما يقرب من 44.1 مليار طن بحلول .2035 وهذه الزيادة في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وكذلك الزيادة في الغازات الدفيئة الأخرى، ستزيد مستوى الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي لما يزيد عن 1000 جزء في المليون من مكافئات ثاني أكسيد الكربون. وهذه الزيادة في الغازات الدفيئة لمستوى 1000 جزء في المليون تعتبر غير مقبولة. ومن المتوقع أن يزيد متوسط الحرارة العالمي بما يقارب 6 درجات مئوية [24]. وبهدف حصر الاحتباس الحراري لزيادة درجات الحرارة بمقدار لا يتجاوز درجتين مئويتين، ينبغي خفض الانبعاثات الحالية بشكل كبير, وقد تركت هذه المخاوف آثارها على ساحة الطاقة من خلال عدد من الإجراءات لحماية البيئة، على الصعيدين المحلي والعالمي، والتي أثرت على سوق الوقود الأحفوري بشكل عام، وعلى الصناعة النفطية بشكل خاص. وتضع بعض الاتفاقيات، مثل بروتوكول كيوتو (واتفاقية كوبنهاغن الأحدث حول التغيرات المناخية)، حدوداً على مستويات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وتحاول صناعات النفط والغاز والفحم التأقلم مع المشكلة عبر تطوير تقنيات لحصر وتخزين ثاني أكسيد الكربون. ومع ذلك، فإن هذه التقنيات لا تزال مكلفة وتتطلب المزيد من البحث. وأحد الخيارات لتغطية الكلفة هي استخدام تقنية حقن ثاني أكسيد الكربون في الطبقات النفطية لتعزيز استخراج النفط. كما أن الصناعة تواجه التحدي عبر تقديم الوقود الحيوي.

ولكن الأثر البيئي الأقل الذي تدعيه بعض أنواع الوقود الحيوي هذه لا يزال موضع جدل [25].

إن هذه النظرة الوجيزة حول حالة الطاقة في العالم، من حيث العرض والطلب، وأثر مصادر الطاقة الرئيسية التقليدية على البيئة تظهر المشاكل المعقدة التي يواجهها العالم بشكل عام، ومزودي الطاقة بشكل خاص فيما يتعلق بمستقبل الطاقة. فالعديد من بلدان العالم تقترب من ذروة الإنتاج النفطي، ونموها الاقتصادي يرتبط بشكل كبير باستهلاك الطاقة. لذلك، فإن استدامة الطاقة كانت ولا تزال تثير اهتماماً عالمياً وتخضع لدراسة مستمرة. وبناءً على ذلك، يمر العالم في العقود الأخيرة بفترة انتقالية للطاقة يتم خلالها تطوير نظم طاقة جديدة وفعالة وتحويل الخدمات والصناعات والنقل عبر إدارة فعالة للعرض والطلب على الطاقة، وكذلك استغلال موارد الطاقة المتجددة. ولتحقيق إدارة أفضل للموارد المتاحة، يجب دراسة وتقييم كل إمكانية لتحسين استخدام موارد الطاقة وإيصالها للمستوى الأمثل [26-28].

4.دراسات الحالة

4.1 خفض حرق غاز الشعلة

يعتبر حرق الغاز الطبيعي طريقة آمنة وفعالة للتخلص من الغاز المصاحب لإنتاج النفط، ولكنه بلا شك يهدر مورداً قيماً للطاقة النظيفة ويتسبب بانبعاثات أكسيد الكربون، وهو غاز دفيء. ويبلغ الحرق السنوي حوالي 150 مليار متر مكعب من الغاز الطبيعي، وهذا يكافئ 25% من استهلاك الغاز في الولايات المتحدة الأمريكية، أو 30% من استهلاك الغاز في الاتحاد الأوروبي. وبالإضافة إلى هذا، فإن كمية الغاز المحروق السنوية التي تصل إلى 35 مليار

متر مكعب في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى فقط وهذه الكمية كافية لإنتاج نصف احتياجات القارة الافريقية من الطاقة الكهربائية [29].

كما أن لحرق الغاز أثراً عالمياً على التغيرات المناخية من خلال إضافة ما يقرب من 400 مليون طن من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون السنوية. وهذا يساوي كل تخفيضات الانبعاثات السنوية الممكنة تقريباً من المشاريع الخاضعة لآليات اتفاقية كيوتو حالياً.

وبالرغم من أن حرق الغاز المرافق يعتبر العامل الأهم من عوامل هدر الطاقة في صناعة النفط، فإن الجهود المبذولة للحد من هذا الحرق تعتبر متواضعة بل ليست من أولويات صناعة النفط، وذلك للأسباب الرئيسة التالية [30]:

أ. الغاز المحروق هو منتج مصاحب وبكميات قليلة نسبياً إذا ما قورنت مع كمية إنتاج النفط،

ب. لإنتاج النفط أولوية على إنتاج الغاز دوماً،

ج. عدم وجود الدقة في الكميات المنتجة تؤثر سلباً على جاذبية السوق، فكميات الغاز المصاحب تختلف مع حجم إنتاج النفط،

د. نقص البنية التحتية (والتي تحتاج في العادة للالتزام بنقل الغاز إلى المستهلك)،

ه. غالباً ما يتم انتاج الغاز في مناطق نائية و بالتالي فان معالجته و نقله غير مجدي اقتصادياً في بعض الاحيان ،

و. تسعى الحكومات لتجنب التأثير على عائدات النفط ، بالإضافة إلى

ز. القيود الفنية (مثل مخاطر إعادة الحقن، مشاكل الضغط، إلخ.).

وتقوم مجموعة الشراكة العالمية لخفض غاز الشعلة (GGFR)، وهي مبادرة يقودها البنك الدولي، بتسهيل ودعم الجهود الوطنية لاستخدام الغاز الذي يتم حرقه حالياً عبر تشجيع أطر تنظيمية فعالة وحل القيود على استغلال الغاز،

وخاصة في الدول النامية [31]. إلا أن الحواجز التي يجب التغلب عليها من أجل خفض حرق غاز الشعلة، وخاصة في الدول النامية، هي:

- التكلفة العالية لحصر واستخدام الغاز المصاحب الذي يتم حرقه حالياً.
- أسواق الغاز المحلية غير المتطورة والفرص المحدودة للوصول للأسواق العالمية.
- نقص التمويل اللازم لإنشاء البنية التحتية اللازمة.
- نظم تسعير الغاز غير الفعالة (غالباً بسبب الدعم الحكومي).

ومن الواضح أن الجهود المبذولة لخفض حرق غاز الشعلة عبر مبادرة GGFR تأتي بثمارها. فالتقدير العالمي لحرق الغاز نقص من 172 مليار متر مكعب في العام 2005 إلى 134 مليار متر مكعب (22%) في العام 2010. وسجلت أهم الانخفاضات من حيث الحجم في روسيا (40%) و نيجيريا (29%).

وعادة ما يرتبط الحرق بنقص الطرق الفعالة اقتصادياً لاستغلال الغازات المحروقة. ويظهر الجدول (7) قائمة لكميات الغازات المحروقة لبعض الدول العربية للسنوات 2005، 2009 و 2011.

1.1.4. خفض حرق الغاز المصاحب في شركة نفط الكويت KOC:

تعتبر دولة الكويت ومنذ العام 2008 مستورداً للغاز الطبيعي، حيث ان استهلاكها من الغاز الطبيعي يفوق ما تنتجه وهي بالتالي تعاني من شح كمية الغاز اللازمة لمواكبة الطلب المتزايد على الكهرباء. وبهدف حل مشكلة العجز المتنامي في كمية الغاز قامت شركة نفط الكويت بوضع استراتيجية شاملة تهدف الى الاستغلال الامثل للغاز المرافق وذلك عبر التركيز بشكل رئيسي على تجميع و معالجة هذا الغاز عوضاً عن هدره وحرقه.

و في هذا الصدد فان الإدارة المثلى لاستغلال الغاز المصاحب تعتبر هدفاً رئيسياً في خطط الشركة المستقبلية والتي تهدف الى استغلال هذا المورد

الهام بطريقة علمية وعملية هادفة تفضي بالنهاية الى الاستفادة من هذا المورد اضافة لحماية البيئة من نتائج حرق او تحرير هذا الغاز الى الغلاف الجوي مع ما يترتب على ذلك من اضرار بيئية، وعليه فقد تم اعتماد استراتيجية هدفها التقليل من حرق الغاز والوصول الى حرق أقل من 1% من اجمالي كمية الغاز المصاحب المنتج وذلك بنهاية العام 2017.

الجدول (7): كمية الحرق المقدرة من بيانات الأقمار الاصطناعية للدول العربية صنفت ضمن أعلى 20 [32، 33]

الدولة	الترتيب	بيانات 2011 (مليار متر مكعب)*	
		الإنتاج	الحرق
العراق	4	0.9	9.4
الجزائر	6	82.7	5.0
السعودية	9	92.3	3.7
ليبيا	13	7.9	2.2
قطر	16	145.3	1.7
عمان	19	26.5	1.6
مصر	20	61.4	1.6
سوريا		7.1	
الإمارات العربية المتحدة		52.3	
اليمن		9.4	
الكويت		13.5	1.2
البحرين		13.3	0
ليبيا		7.9	
مجموع الدول العربية		512.5	25.2
الإجمالي العالمي		3287.7	145

*(1 مليار متر مكعب = 38.2-41.4 بيتاجول (1.06 × 10^{10} – 1.15 × 10^{10} كيلوواط) من الطاقة

و للوصول الى هذا الهدف، فان الشركة تقوم بالمراجعة الدورية لخطة العمل تشمل مراقبة خط سير انتاج و معالجة الغاز المرافق وصولا الى نقطة الاستهلاك مع استكشاف اي تقنية أو فرصة من شانها تخفيض نسبة الحرق, هذه الخطة و نتائجها يتم مراقبتها و بشكل لصيق من قبل الادارة العليا في شركة نفط الكويت.

وقد نجحت شركة نفط الكويت حتى الآن في خفض حرق الغاز المرافق من 3.98% في الفترة 2008-2009 إلى 1.2379% في الفترة 2013-2014, و هذا لم يكن ليتحقق لولا تضافر الجهود والالتزام بما يلي:

- الالتزام الجاد على كافة مستويات الشركة باعتبار ان مبادرة خفض حرق الغاز المصاحب كمشروع يتمتع بالأولوية.
- استثمار مالي كبير في المعدات وتطبيق احدث التقنيات في عمليات المعالجة و التشغيل.
- التعاون التام فيما بين ادارات و أقسام شركة نفط الكويت وشركات الصناعات اللاحقة وكذلك العملاء بهدف التغلب على أي ظروف أو معوقات غير متوقعة والعمل على تذليلها اضافة للعمل الدؤوب لخفض زمن الحرق.

2.1.4. استرجاع غاز الشعلة في شركة البترول الوطنية الكويتية KNPC

بدأت شركة البترول الوطنية الكويتية KNPC مشروعاً لاسترجاع الغازات التي تحرق حالياً في مصفاة ميناء الأحمدي عن طريق تركيب وحدة

استرجاع غاز الشعلة (FGRU) للإستفادة من الغازات المبددة من مصدرين للغاز في المصفاة، كبديل عن حرقها. ويتم تحويل الغازات المبددة المسترجعة لتلبية متطلبات الطاقة الحرارية لوحدات المعالجة في المصفاة، ولتحل محل الغاز الطبيعي كوقود. وتقوم وحدة استرجاع غاز الشعلة باستعادة الغازات من ثلاث مداخن شعلة هيدروكربونية ومدخنتي شعلة حامضية، مما يساوي كمية 4000 متر مكعب عادي من الغازات الهيدروكربونية والحامضية، والتي كانت تهدر من خلال حرقها في الشعلة.

وبالنتيجة فإن هذا المشروع سيؤدي لخفض انبعاثات الغازات الدفيئة السنوية بحوالي 70 ألف طن مكافئ لثاني أكسيد الكربون (tCO2e)، ووفر مالي سنوي ناتج عن خفض استهلاك الوقود الأحفوري بما يعادل 20 مليون دولار أمريكي.

وقد تم إرسال مشروع وحدة استرجاع غاز الشعلة إلى اتفاقية الأمم المتحدة حول تغير المناخ (UNFCCC) كأول مشروع ساهمت به دولة الكويت ضمن بروتوكول كيوتو.

2.4. نظم إدارة الطاقة

في مصافي النفط، كما هو الحال في أغلب صناعات المعالجة الأخرى، فإن كفاءة استخدام الطاقة تكون نتيجة لعدد من العوامل، والتي من أهمها دعم إدارة الشركة وتوفير الاستثمارات اللازمة. وأول لبنة لتحقيق أداء طاقة جيد هو تطوير وتطبيق مجموعة متناغمة من التدابير التنظيمية، والنظم، والعمليات والإجراءات المخصصة لمراقبة وقياس وخفض استهلاك الطاقة. وتعرف مثل هذه الخطوات الإجرائية بنظم إدارة الطاقة (EMS). وقد تم

وصف بنية ومواصفات EMS في المعيار العالمي ISO 50001:2011، والمبني على أساس دورة التحسين المستمرة "Plan/Do/Check/Act".

واعتماد نظام إدارة طاقة على مستوى الشركة ضروري لصناعة النفط. وهي توفر طريقة منهجية لمراقبة وإدارة خفض استخدام الطاقة وانبعاثات الكربون، كما تخلق صورة واضحة لوضع استخدام الطاقة الحالي، وتساعد في وضع أهداف مستقبلية وإعطاء الأولوية لتطبيق تقنيات وتدابير جديدة ذات كفاءة من حيث استخدام الطاقة، كما توفر توجيهاً حول كيفية مقارنة وقياس وتوثيق ووضع التقارير حول استخدام المؤسسات للطاقة.

وتشمل العناصر الرئيسية المطلوبة لإدارة الطاقة وتحسين كفاءتها؛ سياسة مؤسسية لإدارة وكفاءة الطاقة، وإحصائيات مرجعية لاستخدام الطاقة، وأهداف وخطط لتقييم وتحسين العمل، ومراجعات دورية لكفاءة الطاقة، وكذلك التقييم الدوري لمدى التقدم. والمعيار العالمي ISO 50001 يتعامل بشكل مثالي مع هذه العناصر [34].

وقد اعتمدت معظم شركات النفط نظم إدارة الطاقة. ففي مصافي KNPC، يتم التعامل مع إدارة الطاقة عبر خلية إدارة الطاقة (EMC). وتتضمن واجباتها ومسؤولياتها ما يلي:

- مراقبة معدلات استخدام الطاقة اليومية لكل وحدات العمليات.
- تحليل وحل مشاكل حالات البخار الفائض LP.
- تحديد وقيادة وفر الطاقة المتعلقة بالنشاطات من العمليات.
- ضبط عامل التشغيل الذي يؤثر على استهلاك الوحدة للطاقة في ضوء موازنة بخار المصفاة.
- مراجعة وتنفيذ تقنيات من أجل تحسين الطاقة التي تتوفر من خارج الشركات والاستشاريات المتخصصة بالطاقة.

- التنفيذ الناجح لمحسن الزمن الحقيقي، (Visual Mesa) لمصفاة ميناء عبدالله الخاصة بـ KNPC مع فريق المصنع (من يوليو 2011 إلى يونيو 2012).

وفي عام 2012، اعتمدت KNPC نظام إدارة الطاقة في الزمن الحقيقي (Real-Time Energy Management System (RTEMS))، في مصافيها الثلاث. بالإضافة إلى هذا، يتم استخدام (محلل نظم الطاقة الوحداتي) VisualMesa لتوفير سبل للمراقبة والتحسين والتخطيط للحالات الممكن حدوثها (What-if?)، وكذلك الدفع نحو تدقيق ومحاسبة أفضل والتحقق من صحة المعطيات باتجاه استهلاك طاقة إجمالي أمثل. وقد نتج عن تنفيذ RTEMS توفير سنوي يقدر بحوالي 4 مليون دولار أمريكي لمصفاة ميناء الأحمدي، ومليون دولار أمريكي في مصفاة الشعيبة.

3.4. المراقبة والتحكم

يمكن أن تلعب نظم المراقبة والتحكم بالعمليات دوراً هاماً في خفض استخدام الطاقة. ويقود تطبيق نظم تحكم متقدمة إلى تحقيق إنتاجية أعلى، وزيادة عائد المنتجات الأكثر قيمة، والتغلب على تدني جودة المنتج، وكذلك خفض استهلاك الطاقة وزمن إعادة المعالجة وزيادة استقرار العمليات. و يتم احتساب المنافع الناتجة عن خفض استهلاك الطاقة من خلال خفض فائض الأكسجين في الأفران وموازنة الحرارة في السخانات، مما يعني كفاءة أكبر وخفض استهلاك الوقود. وقد قام لبابيدي وآخرون [35] بتحديد كم الفوائد التي تجنى من تطبيق استراتيجيات تحكم متقدمة مختلفة في وحدات المصافي، والتي ينتج عن تطبيقها عائد استثمار عال واسترداد في أقل من سنة، وتوصلوا إلى أن وحدة استخلاص الخام تتميز بأعلى الفوائد، يليها وحدة المعالجة الهيدروجينية للنفثا ووحدة التهذيب المحفز.

وقد ينتج عن تحسين الطاقة في كافة المواقع زيادة في تبادل تدفقات الطاقة بين المرافق في أحد المواقع، وتحسين تدفقات المنتجات الوسطى والهيدروجين والبخار والوقود واستخدام الكهرباء، بالتكامل مع نظام إدارة الطاقة والتحكم بها. وقد تتضمن هذه النظم كذلك التوليد المشترك للطاقة واستعادتها وتخصيص الحمل الأمثل للمراجل، بالإضافة إلى اختيار توربينات البخار أو المحركات الكهربائية لتشغيل ضاغطات الهواء.

4.4 استرجاع الطاقة

والمقصود بها الحرارة الصناعية المهدورة والتي يتم توليدها في العمليات الصناعية دون استخدامها عملياً. ويتطلب استرجاع الحرارة المهدورة ثلاث مكونات رئيسية: 1) مصدر حرارة مبددة يمكن الوصول إليه، 2) تقنية استرجاع الحرارة المهدورة، و 3) مجال لاستخدام الطاقة المستردة.

تتضمن مصادر الحرارة المهدورة غازات الاحتراق الساخنة التي تنطلق إلى الغلاف الجوي، والمنتجات الساخنة الناتجة عن العمليات الصناعية، والانبعاث الحراري من أسطح المعدات الساخنة. وقد تبين نتيجة لدراسات متعددةأن ما بين 20-50% من استهلاك الطاقة في النشاطات الصناعية يطلق في النهاية كحرارة مهدورة.

وبإمكان تقنيات استرجاع الحرارة المهدورة تحسين كفاءة استخدام الطاقة عبر استعادة الحرارة المهدورة وإعادة استخدامها للتسخين أو لتوليد طاقة كهربائية أو ميكانيكية. وتتوافر العديد من تقنيات الاسترجاع المتطورة والتي اثبتت فعاليتها. ومع ذلك، هناك تطبيقات عديدة لا يمكن فيها استعادة الحرارة بسبب مجموعة من العوائق التقنية وبعض العوائق المتعلقة بالجدوى الاقتصادية لهذه التطبيقات.

وقد توجد فرص هامة لتحسين كفاءة استخدام الطاقة الصناعية عبر استعادة الحرارة المهدورة. فمن الممكن إعادة استخدام الحرارة المهدورة ضمن نفس العملية التي تم استعادتها منها أو نقلها إلى عملية أخرى. وإحدى طرق إعادة الاستخدام المنتشرة محلياً هي استخدام غازات الاحتراق في التسخين المسبق لهواء الاحتراق أو مياه التغذية في المراجل الصناعية. ويمكن استخدام مبادل حراري لنقل الحرارة من غازات الاحتراق إلى الهواء الساخن الذي تحتاجه المراجل، مما يزيد كفاءة الأفران بما يصل إلى 50%.

ومثل هذه الطرق لاستعادة الحرارة المهدورة يمكن أن تساعد المرافق بشكل كبير لخفض استهلاك الوقود الأحفوري، وكذلك خفض التكاليف التشغيلية المرتبطة بذلك والانبعاثات الملوثة.

وبالإمكان تصنيف فرص استرجاع الحرارة المهدورة عبر تقسيم مجالات الحرارة إلى منخفضة (أقل من 450 °م)، متوسطة (450 إلى 1200 °م) وعالية (أكثر من 1200 °م).

بالنسبة لصناعة النفط، فإن مصادر الحرارة العالية المهدورة هي الأفران (1200 °م) ومرافق الهيدروجين (650-980 °م). وتتضمن هذه المصادر بعض المزايا مثل ارتفاع جودة الطاقة مما يمكن من استخدامها في طيف واسع من المجالات، وتوليد طاقة بكفاءة عالية وكذلك معدل نقل حرارة مرتفع لكل مساحة وحدة. ومن العوائق زيادة الإجهاد الحراري والتآكل على أسطح التبادل الحراري. كما تشمل تقنيات الاسترجاع المستخدمة للحرارة العالية: التسخين المسبق لهواء الاحتراق، توليد البخار، التسخين المسبق لحمل المراجل ونقل المصدر إلى عمليات حرارة منخفضة أو متوسطة.

تتضمن مصادر الحرارة المبددة المتوسطة الاعتيادية مراجل البخار (230-480 °م) وغازات عوادم توربينات الغاز (370-540 °م). وهي أكثر ملائمة لمواد نقل الحرارة ومناسبة عملياً لتوليد الطاقة الكهربائية. ومن تقنيات الاسترجاع الخاصة بالمصادر المتوسطة التسخين المسبق لهواء الاحتراق، توليد الطاقة بالبخار، التسخين المسبق لحمل المراجل ونقل الطاقة إلى عمليات حرارة منخفضة.

وعلى الرغم من وجود كميات كبيرة من الحرارة المنخفضة (أقل من 250 °م) في الكثير من خطوط الإنتاج، مثل غازات العوادم (70-230 °م)، البخار المكثف (50-90 °م) ومياه التبريد (30-50 °م)، فإن فرص استرجاع الحرارة منها محدودة وأكثر صعوبة. وعادة ما تستخدم مضخات حرارة لزيادة حرارة المنتج ليتلاءم مع متطلبات الاستخدام النهائي. وبالنسبة لعوادم الاحتراق، فإن استعادة الحرارة المنخفضة غير عملية بسبب التكثف الحامضي.

5. الاستنتاجات

تشير هذه الدراسة حول الحفاظ على الطاقة في صناعة النفط إلى عدد من الاستنتاجات، أهمها:

أ. تستهلك الصناعة النفطية ما يقارب 10% من إنتاجها من النفط والغاز في العمليات المختلفة المرتبطة بإنتاج وتكرير النفط، وبالتالي فإن هذه الصناعة والصناعات البتروكيماوية اللاحقة تصنف على أنها من الصناعات الأعلى استهلاكاً للطاقة.

ب. إن موضوع الحفاظ على الطاقة في الصناعة النفطية وصناعة البتروكيماويات أصبح من المواضيع الهامة خلال العقد الماضي فقط،

ويعود السبب الرئيسي لذلك ارتفاع أسعار النفط والغاز والذي أثر بشكل سلبي على الوضع المالي للصناعة.

ج. إضافة للفوائد المالية التي يمكن جنيها من الحفاظ على الطاقة، هناك مردود بيئي إيجابي يتمثل في خفض معدلات انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون والغازات الملوثة الأخرى الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري.

د. يمكن الاستفادة من الطاقة الحرارية المهدورة و استرجاعها عن طريق تطبيق تقنيات حديثة مجدية اقتصاديا"

ه. يمكن التقليل من حرق الغاز المرافق للنفط من خلال تضافر جهود العاملين في القطاع النفطي علاوة عن وضع خطة استراتيجية طويلة الامد للاستثمار الامثل للغاز المرافق.

و. هناك العديد من الممارسات الصحيحة سواء اكانت في عمليات انتاج النفط والغاز او العمليات اللاحقة من شأنها الوصول الى الاستهلاك الامثل للطاقة.

6. التوصيات

أ. يجب القيام ببحث مفصل ضمن صناعة النفط والغاز العربية لتحديد فرص الحفاظ على الطاقة وذلك باتباع منهجية مماثلة لتلك التي استخدمتها دول أخرى.

ب. نظراً لكون تكنولوجيات الحفاظ على الطاقة من التكنولوجيات المستجدة نسبياً، يتوجب التعاون بين الدول العربية في هذا المجال عبر إقامة ورشات عمل وندوات متخصصة يتم من خلالها تبادل الخبرات والمعلومات حول التطبيقات الحقلية.

ج. يتوجب عند التخطيط لمشاريع التوسعة والمشاريع المستجدة في الصناعة النفطية إجراء دراسات مستفيضة حول استهلاك هذه المشاريع للطاقة وفرص زيادة كفاءة استخدامها وإجراء دراسات الجدوى الاقتصادية بناءً على الأسعار المستقبلية المتوقعة للطاقة.

د. يتوجب تكثيف الأبحاث العلمية لتطوير التكنولوجيات التي تسهم في خفض معدلات استهلاك الطاقة في الصناعة سواءً تلك المتعلقة بالعمليات الصناعية أو تلك المرتبطة بتأويج الإنتاج وزيادة الانتقائية.

ه. تحديد الفرص المتاحة لاستخدام الطاقات المتجددة عوضاً عن الوقود الأحفوري بما يتلاءم مع وفرة بعض موارد الطاقة المتجددة في المنطقة العربية ومبادئ زيادة كفاءة استخدام الطاقة والحفاظ عليها.

و. السعي إلى التكامل بين مختلف مراحل الصناعة النفطية فيما يتعلق بتلبية احتياجاتها من الطاقة لتقليص نسبة الطاقة المبددة.

المراجع

[1]. EIA. 2013. International Energy Statistics, Energy Information Administration, USA. http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/

[2]. IEA. 2011. World Energy Outlook 2011. International Energy Agency, Paris, France.

[3]. OPEC. 2013. World Oil Outlook 2013. Organization of the 45 Petroleum Exporting Countries, Vienna, Austria.

[4]. IEA. 2014. World Energy Investment. International Energy Agency, Paris, France.

[5]. BP. 2014. BP Energy Outlook 2035, January 2014

[6]. Lahn, G., Stevends, P. and Preston, F. 2013. Saving Oil and Gas in the Gulf. Chatham House Report, The Royal Institute of International Affairs, Chatham House, London, UK.

[7]. U.S. Energy Information Administration. Performance Profiles of Major Energy Producers 2009. Report No. DOE/EIA-0206(09). Office of Energy Statistics, U.S. Department of Energy, Washington. http://www.eia.gov/finance/performanceprofiles/pdf/020609.pdf

[8]. Pellegrino J, Brueske S, Carole T, and Andres H. 2007. Energy and Environmental Profile of the U.S. Petroleum Refining Industry. US Department of Energy, Industrial Technologies Program. http://energy.gov/eere/amo/downloads/itp-petroleum-refining-energy-and-environmental-profile-us-petroleum-refining

[9]. IPIECA. 2012. Energy efficiency: improving energy use from production to consumer, April 2012. The global oil and gas industry association for environmental and social issues (IPIECA), London, UK.

[10]. OAPEC. 2013. Annual Statistical Report. Organization of Arab Petroleum Exporting Countries, Kuwait.

[11]. IPIECA. 2007. Saving energy in the oil and gas industry. International Petroleum Industry Environmental Conservation Association, London, UK. http://www.ipieca.org/publications/publications_home.php.

[12]. Energetics, Inc. 2004. Technology Roadmap - Energy Loss Reduction and Recovery in Industrial Energy Systems. Prepared

for the U.S. Department of Energy Office of Energy Efficiency and Renewable Energy Industrial Technologies Program.

[13]. Bailey, D.P. 2009. Energy Efficiency and the Oil Industry. Presented at the 2009 Energy Efficiency Global Forum and Exposition, 27-29 April, 2009, Paris, France.

[14]. Morrow W.R., J. Marano, J. Sathaye, A. Hasanbeigi, T. Xu. 2013. Assessment of Energy Efficiency Improvement in the United States Petroleum Refining Industry. LBNL-6292E. Energy Analysis and Environmental Impacts Department, Environmental Energy Technologies Division, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA USA, June 2013

[15]. Eidt, B.D. 2012. Global Energy Management System. Carbon Management Technology Conference, Orlando, Florida, 7-9 February 2012.

[16]. Al-Shuwaikkhat, H.I., M.H. Al-Buali, A.M. Al-Shehri, M.H. Al-Eid, Z.R. Al-BenSaad, H.M. Al-Marri. 2010. Energy Conservation and Oil Production Opportunities in the Oil Field. SPE 132363, SPE Western Regional Meeting, Anaheim, California, 27-29 May.

[17]. Neelis, M.L., M.K. Patel, P.W. Bach, W.G. Haije. 2005. Analysis of energy use and carbon losses in the chemical and refinery industries. Report No. ECN-I-05-008, Utrecht University, Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation, Department of Science, Technology and Society, The Netherlands.

[18]. Shah, V.H., R. Agrawal. 2010. Multicomponent Distillation Configurations with Large Energy Savings. In Distillation Absorption 2010 Proceedings, A.B. de Haan, H. Kooijman and A. Górak (Editors), 12-15 September 2010, Eindhoven, The Netherlands

[19]. Worrell, E., C. Galitsky. 2005. Energy efficiency improvement and cost saving opportunities for petroleum refineries, An ENERGY STAR Guide for Energy and Plant Managers. Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA.

[20]. أوابك. 2012. خيارات ترشيد استهلاك الطاقة في صناعة تكرير النفط. تموز/يوليو 2012. منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول، الكويت دولة الكويت.

[21]. IPCC. 2007. Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).Cambridge University Press, Cambridge, UK.

[22]. Neelis, M., E. Worrell, E. Masanet. 2008. Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Petrochemical Industry, An ENERGY STAR Guide for Energy and Plant Managers. Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA.

[23]. Ren, T., M. Patel, K. Blok. 2006. Olefins from conventional and heavy feedstocks: Energy use in steam cracking and alternative processes. Energy, 31: 425- 451.

[24]. IEA. 2012. World energy outlook 2012. International Energy Agency, Paris, France; 2012.

[25]. Bringezu S., H. Schütz, M. O´Brien, L. Kauppi, R.W. Howarth, J. McNeely. 2009. Towards sustainable production and use of resources: Assessing biofuels. United Nations Environmental Program, Nairobi, Kenya.

[26]. Meltzer J., N. Hultman, C. Langley. 2014. Low-Carbon Energy Transitions in Qatar and the Gulf Cooperation Council Region. Global Economy and Development program, Brookings Institution, Feb. 2014.

[27]. IEA. 2009. Energy Technology Transitions for Industry. International Energy Agency, September 2009.

[28]. Larsson Mats. 2009. Global Energy Transformation, Palgrave Macmillan Publishers Limited, NY, USA.

[29]. GGFR. 2010. Global Gas Flaring Reduction: Improving Energy Efficiency, World Bank Issue Brief, Global Gas Flaring Reduction Partnership (GGFR), World Bank, www.worldbank.org/ggfr.

[30]. Hamso Bjorn. 2013. Global Gas Flaring Reduction Partnership (GGFR), World Bank, www.worldbank.org/ggfr.

[31]. GGFR. 2011. Improving Energy Efficiency & Mitigation Impact on Climate Change, Global Gas Flaring Reduction Partnership (GGFR), World Bank, www.worldbank.org/ggfr.

[32]. GGFR. 2014. Estimated Flared Volumes from Satellite Data, 2007-2011. Global Gas Flaring Reduction Partnership.

http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/TOPICS/EXTOGMC/EXTGGFR/0,,contentMDK:22137498~menuPK:3077311~pagePK:64168445~piPK:64168309~theSitePK:578069,00.html

[33]. BP. 2012. BP Statistical Review of World Energy June 2014. BP p.l.c., 1 St James's Square, London. http://www.bp.com/.

[34]. HKEIA. 2013. "Guidebook for ISO 50001 Energy Management System", The Hong Kong Electronic Industries Association (HKEIA), Tsim Sha Tsui East, Hong Kong.

[35]. Lababidi, H.M.S., S.B. Kotob and B. Yousuf. 2002. Refinery advanced process control planning system, Computers and Chemical Engineering, 26, 1303–1319.

مؤتمر الطاقة العربي العاشر
الطاقة والتعاون العربي
2014
2014
Energy & Arab Cooperation
TENTH ARAB ENERGY CONFERENCE