



جامعة البصرة للنفط والغاز، كلية الإدارة الصناعية للنفط والغاز، مجلة ادارة و اقتصاديات الطاقة



الوقود الأحفوري بين الدور المحوري لإمدادات الطاقة وتأثيرات تطور البدائل

نصيف جاسم العبادي^{*1}

¹ كلية الإدارة الصناعية للنفط والغاز، جامعة البصرة للنفط والغاز، قسم إدارة وتسويق النفط والغاز، البصرة، العراق، Nasef.alebady@buog.edu.iq

* نصيف جاسم العبادي، Nasef.alebady@buog.edu.iq

استلم في: 01 آذار 2025 / قبل في: 20 تموز 2025

الخلاصة – يعيش العالم صراعات ونزاعات مستمرة، يكون في أغلبها موضوع الطاقة حاضرا وبشكل مباشر أو غير مباشر، وذلك بسبب أهمية موضوع الطاقة ودوره البارز في تحقيق الرفاهية من خلال دعم عملية التنمية، ومن يستحوذ على مصادر الطاقة يمتلك عصا السبق في موضوع التنمية والرفاهية، إذ يشهد العالم تطورات هائلة في مجال الطاقة، وبدأ العالم يتجه نحو إيجاد بدائل متنوعة للطاقة تنافس الوقود الأحفوري، الذي يحتل المرتبة الأولى بلا منازع لما يتمتع به الوقود الأحفوري سواء أكان النفط أم الغاز أو الفحم من مميزات، وخاصة تلك التي ترتبط بالتكاليف الإنتاجية ومرونة عمليات الإنتاج والنقل والخزن. إلا أن حالة التلوث والمخلفات التي أثرت بشكل كبير على التغيرات المناخية وعلى الطبيعة بشكل عام، مما انعكس على الحياة وسبب اختلالا طبيعيا تسبب الأمراض وارتفاع معدل الوفيات، فضلا عن الاحتباس الحراري، يضاف لذلك تراجع كميات الاحتياطي من مصادر الطاقة الأحفورية وانخفاض الكميات المكتشفة مما عزز من المخاوف من عملية النضوب المتسارع، هذه الأسباب دفعت المختصين في التفكير للتوجه نحو بدائل أخرى للطاقة أقل ضررا، مما دفع المراكز البحثية والعلمية إلى تركيز الجهود نحو إيجاد بدائل متجددة ونظيفة أي صديقة للبيئة، مما أدى إلى إيجاد بدائل منافسة للوقود الأحفوري الذي يلعب دورا محوريا وأساسيا في ميزان الطاقة العالمي. وهذا البحث يناقش أمر في غاية الأهمية، وهو المنافسة بين الوقود الأحفوري وبدائل الطاقة المختلفة، وانطلاقا من المنطق الاقتصادي الذي يؤكد على وجود علاقة عكسية بين الوقود الأحفوري بشكل عام وبين بدائل الطاقة الأخرى، فكلما حدثت تطورات أسهمت في زيادة استخدام تلك البدائل، وزاد الإنتاج وتراجع التكاليف ومن ثم الأسعار مما يؤدي إلى تراجع الطلب وتراجع أسعار الوقود الأحفوري، وتم تقسيم البحث إلى ثلاثة مباحث تم تخصيص المبحث الأول لمناقشة الوقود الأحفوري، بشكل مفصل ومركز، في حين تطرق المبحث الثاني، إلى بدائل الطاقة ودورها المستقبلي والعقبات والتحديات التي تواجهها، أما المبحث الثالث فتركز على المنافسة بين تلك المصادر وإمكانية إحلال البدائل للطاقة المتجددة بدلا من الوقود الأحفوري واستشراف المستقبل والإجابة على التساؤل. هل يمكن أن تحتل البدائل في الزمن القريب مرتبة موازية للنفط أو الغاز على سبيل المثال؟ وفي نهاية البحث توصل الباحث إلى مجموعه من الاستنتاجات من بينها، أن كل بدائل الطاقة المتجددة لا يمكن في المدى القريب أو المتوسط أن تحتل مكانة الوقود الأحفوري، كونها تواجه عقبات فنية واقتصادية ترتبط بارتفاع التكاليف ومرونة الاستخدامات والخزن والنقل وفي ضوء تلك الاستنتاجات قدم البحث مجموعة من المقترحات المناسبة.

الكلمات الرئيسية – الوقود الأحفوري، إمدادات الطاقة، الطاقة المتجددة، النفط والغاز، بدائل الطاقة، طاقة الرياح.

1. المقدمة

يتركز البحث عن المصادر المتجددة الصديقة للبيئة لتحل محل المصادر الأحفورية، والذي تعتمد عليه أغلب الدول الصناعية الكبرى في إنتاج السلع والخدمات والصناعات الإستراتيجية، فضلا عن القطاعات الاقتصادية كقطاع النقل والمواصلات وقطاع الكهرباء والصناعات البتروكيمياوية والألمنيوم، وغير ذلك وتأثير التطورات الحاصلة في استخدام البدائل المتنوعة للطاقة، والتي قطع البحث العلمي شوطا كبيرا في الدراسة والتحليل والاستخدام العلمي والاقتصادي، وهذه التطورات سوف تنعكس على استخدامات الوقود الأحفوري وتقليل الاستخدام بمرور الزمن ويركز البحث على بيان دور هذا التأثير العكسي بشكل عام على مصادر الطاقة، وعمليات الإنتاج والتصدير والحركة التجارية والاقتصادية بشكل خاص.

a. أهمية البحث

ترتبط أهمية البحث بدراسة تأثير إيجاد بدائل للطاقة الأحفورية، وعمليات التحول للمصادر البديلة، وانعكاس ذلك على عمليات الإنتاج والتصدير عالميا لمصادر الطاقة التقليدية.

b. مشكلة البحث

تكمن مشكلة البحث في عملية الاستخدام المفرط للطاقة الأحفورية، والذي أسهم في تراجع الاحتياطيات المتاحة وترك آثارا بيئية كبيرة تسببت في

بعد الإضرار التي أحدثتها كثافة استخدام الوقود الأحفوري في العقود الأخيرة من القرن العشرين في البيئة، وانعكاس ذلك على صحة الإنسان من خلال الانبعاثات الناتجة عن تلوث الهواء والماء، وكذلك الضرر بالمياه الجوفية والأرض مما جعل العالم يعيش حالة التحدي، والبحث عن بدائل أقل ضررا بالبيئة وأقل تأثيرا على الحياة بشكل عام، كون العالم يعتمد بشكل كبير جدا على مصادر الطاقة الأحفورية، المتمثلة بالنفط والفحم والغاز، وإن التقنيات المستخدمة تعتمد بشكل كامل على استخدام تلك المصادر، وعملية التحول تحتاج لجهود استثنائية ورؤوس أموال كبيرة لتغذية استثمارات التحول نحو البدائل. ومن الأمور التي دعت للبحث عن البدائل هي: ما لحق بالبيئة من أضرار تمثلت بالتلوث والاحتباس الحراري والتغيرات المناخية الأخرى، مما انعكس على الحياة بشكلها العام والحياة البشرية بشكل خاص، ويعود السبب إلى اختلال عناصر البيئة، ويمكن أن يضاف لذلك نظريات النضوب التي ظهرت على السطح، والتي تؤكد على أن مصادر الطاقة الأحفورية قابلة للنضوب، كونها مواد غير متجددة، وقد تضع العالم أمام تحدٍ كبير، حول التحول إلى مصادر أخرى ومن بين تلك النظريات نظرية (هيوبرت) و(هوتلنك) التي وضعت سقفا زمنيا لنفاذ أحد المصادر الأحفورية وهو النفط، وبينت أن النفاذ بات قريبا مع الأهمية الكبيرة التي يحتلها، يضاف لذلك الأسباب السياسية والصراع من أجل الطاقة وخطوط الإمدادات لها، وتركز مصادر الطاقة في بعض المناطق دون غيرها، كل ذلك دفع العالم للبحث عن مصادر بديله ومنافسة، وبذلك

دراسة ITTEJournCumair Shazad-Riphan International University 2012)The Need For Renewable Energy Sources. قامت الدراسة بتحليل أسباب الحاجة للطاقة المتجددة إذ يعد النمو السكاني تحد أمام المعنيين لتوفير الطاقة، أمام تراجع المصادر الأحفورية في المستقبل البعيد، ولابد من الاستعداد للتحويل للمصادر البديلة غير النافذة، وتوصلت الدراسات أن يكون هناك استخدام مزيج من الطاقة حسب مصادرها لتخفيض أسعارها وتوفيرها بشكل دائم ومستقر، وأوصت الدراسة بأهمية ترشيد الاستهلاك.

3. المبحث الأول: الوقود الأحفوري: المفهوم والمصادر

يعد الوقود الأحفوري الذي يشمل الفحم والنفط والغاز الطبيعي الأساس في مصادر الطاقة العالمية المستخدمة، وهي من قاد ويقود المحاور الاقتصادية نحو التنمية الاقتصادية وتوجيه مسار الحضارة الإنسانية، إذ تلعب دورا محوريا في تزويد القطاعات الاقتصادية كالنقل والكهرباء والصناعة بما تحتاج من الوقود، ولكن آثارها السلبية المؤثرة على البيئة، دعت إلى الاهتمام بالبحث عن بدائل، لأن الغازات الدفينة المنبعثة أثرت على تغيرات مناخية مختلفة، وبدأ التنافس بين البدائل أو ما يسمى بالطاقة المتجددة مع الوقود أو المصادر الأحفورية، إلا أن هناك تحديات وعقبات تعترض عملية تطوير المصادر البديلة تتمثل بالحاجة لاستثمارات كبيرة، لأن عملية التحويل تحتاج إلى تغيرات جذرية في التقنيات المستخدمة، فضلا على الصعوبات الفنية المتمثلة بالتخزين والنقل، مما يتطلب جهودا وتعاوناً مشتركاً بين الدول من أجل معالجة العقبات وإيجاد حلولاً لتلك التحديات.

1. مفهوم وتعريف الوقود الأحفوري

يرى البعض أن الوقود الأحفوري يقصد به المواد التي تتكون من بقايا الكائنات القديمة المدفونة تحت الأرض منذ ملايين السنين، وبفعل الحرارة والضغط على طبقات الأرض والتفاعلات الكيميائية أصبحت بعد إجراء عدة عمليات مواد قابلة لاستخدامها كمصدر للطاقة، ويطلق على تلك المواد بالموارد الناضبة، لأن الاستخدام المستمر لها يؤدي إلى نفاذها وصعوبة عملية التجدد، لأنها تحتاج لوقت طويل وظروف طبيعة مناسبة حتى تتكون، ويخزن الوقود الأحفوري الطاقة على شكل أواصر ذرية بين جزيئاته ويتم تحرير هذه الجزيئات من الأواصر بعد حرق الوقود الأحفوري، وبذلك تتولد الطاقة وتحتوي هذه المصادر على الكربون كمكون أساس، وعند احتراقه يتولد تفاعل كيميائي بينه وبين الأوكسجين ويتكون غاز ثاني أوكسيد الكربون ومواد أخرى، انبعثت الطاقة على شكل حرارة يتم استخدامها لأغراض مختلفة. وهناك رأي آخر يرى أن المواد العضوية المشقة من العوالق النباتية أحادية الخلية هي المصدر الرئيسي للنفط مثل الديانومات والطحالب والأحياء الأخرى، التي كانت تعيش في البيئة المائية ويعود تاريخ تكوين النفط إلى ثلاث مليارات سنة أي قبل وجود الإنسان حسب النظريات الحديثة، ولم يكن استخدامه متعارفاً مع أن الحضارات الفرعونية وحضارة وادي الرافدين والهنود الحمر استخدموه للعلاج وتضميد الجراح وطلاء النفس [1].

1. نظريات تكوين النفط

هناك جدل حول أصل تكوين النفط لأن النظريات المختلفة التي ظهرت لتفسير نشأت النفط لم تستطع أن توضح كل الحقائق، وتم توجيه انتقادات لكل النظريات، ويعود ذلك إلى عدم وجود نظرية متكاملة تعطي تفسيراً مقبولا لجميع الجيوبولوجيين، ويتم هنا الإشارة لأهم النظريات المفسرة لنشأت النفط [2].

2. النظرية العضوية

على وفق هذه النظرية فإن مادة المصدر الأولية للنفط التي تسمى البترتوبترول كانت عضوية وأنها تكونت من بعض الكائنات الحية الحيوانية والنباتية، وخاصة الأحياء البحرية الدقيقة التي تجمعت مع بقايا كائنات أخرى يعد موتها في قيعان البحار والمحيطات واختلطت بالرمال والرواسب الأخرى، ومنها المواد العضوية الغنية بالكربون والهيدروجين وهما العنصران الأساسيان في تركيب النفط وأن النفط يحتوي على

الضرر بالحياة البشرية والطبيعية بشكل مباشر، وبذلك يستلزم دعم التوجه نحو مصادر طاقة بديلة تكون صديقة للبيئة وللحياة بشكل عام وأقل تكاليف.

3. فرضية البحث

ينطلق البحث من فرضية مفادها أن هناك علاقة عكسية بين التطورات الحاصلة في إنتاج بدائل الطاقة، واستخدامات الوقود الأحفوري، وهذه العلاقة العكسية تعتمد شدتها على سرعة التطورات وتقليل التكاليف لاستخدام البدائل المتجددة.

4. أهداف البحث

يهدف البحث إلى تسليط الضوء على أهمية ودور الطاقة الأحفورية عالمياً في مختلف المجالات، والتركيز على ضرورة إيجاد بدائل أقل ضرراً على البيئة، وتطورات استخدامها وتأثير تلك التطورات على دور الوقود الأحفوري.

5. منهجية البحث

يستخدم البحث المنهج الوصفي التحليلي للبيانات المستخدمة من مصادرها الرسمية واستخلاص النتائج الاقتصادية والاستناد لأراء المختصين وتحليل تلك الآراء بما ينطبق بالنظرية الاقتصادية.

2. الدراسات السابقة

دراسة أحمد ولد أحمدو، من جامعة نواكشوط العصرية، ومنصف مقاييب، ويحيى دريب من جامعة العربي التيسي في عام 2021، والمنشورة في مجلة روى اقتصادية تحت عنوان "التحول نحو الاستثمار في الطاقات المتجددة كبديل عن الوقود الأحفوري"، تقويم تجربتي الجزائر وموريتانيا في مجال التحول الطاقوي وتهدف الدراسة إلى تحليل ظاهرة التحول من الطاقة الأحفورية إلى الطاقة البديلة، وتوصلت الدراسة من خلال تحليل البيانات المتاحة إلى أن هناك اتساع في التحول العالمي نحو الطاقة المتجددة، وزيادة الاستثمارات فيها وكذلك زيادة التجارة والاستخدامات في الدول النامية والمتقدمة على حد سواء.

بحث (محمد رشدي إبراهيم، جامعة جنوب الوادي ورشا أحمد حسن جامعة المنوفية المنشورة عام 2021 في مجلة الدوريات المصرية تحت عنوان واقع الطاقة المتجددة في مصر ودورها في تحقيق التنمية المستدامة. وتضمنت الدراسة أهمية الوقود الأحفوري في مصر، وأن نسبة استخدام (96.06%) مقارنة بالأنواع الأخرى عام 2015، وتنقسم الاستخدامات، على النفط (47.28%) والغاز (51.87%) والفحم بنسبة (1%) في حين أن الطاقة المتجددة تمثل (3.94%) من الاستخدامات المختلفة وبين البحث سعي مصر لتغيير مزيج الطاقة من أجل تحسين البيئة والتقليل من الاحتباس الحراري، وهناك عقبات أمام استخدام البدائل منها ارتفاع التكاليف، والحاجة للاستثمارات العالية وتوصلت الدراسة إلى أن الوقود الأحفوري هو المصدر الرئيسي للطاقة عالمياً، ومصادرها مهددة بالانحسار والانقراض، ومع وجود آثار سلبية كبيرة لها و دعا الباحثين العالم الى التحرك باتجاه بدائل أخرى وتخفيض تكاليف إنتاجها لتكون منافسة للوقود الأحفوري.

دراسة (Patrick Moriarty and damonitonnerymonash university 2015 canrenewable energy power the future). والبحث يهدف للتحقق من إمكانيات المستقبلية للطاقة المتجددة في سد فراغ النقص في المصادر الأحفورية، كونها تتجه للنفاد واتضح من خلال البحث أن المصادر الأحفورية تمتاز بانخفاض التكاليف وسهولة النقل والخزن على عكس المصادر الأخرى، التي تواجه صعوبة الخزن والتكاليف المرتفعة وبينت الدراسة، إن أهم مصادر الطاقة المتجددة هو الطاقة الشمسية والرياح، مع أنها طاقة متقلبة في تواجدها وتوصلت الدراسة إلى أن أغلب دول العالم الصناعية تسعى لإيجاد بدائل وزيادة الاستثمار في المصادر المتجددة والتنويع بتلك المصادر واستخدامها في إنتاج الكهرباء لأن هناك تحد في استمرار الطاقة الأحفورية منها الظروف السياسية والظروف المناخية.

11	دول خارج أوبك	43.8	62.3
----	---------------	------	------

المصدر: الاوبك التقرير الاحصائي السنوي 2023 الكويت، صفحة 65.

يلاحظ من الجدول أعلاه أن روسيا والسعودية هي الدولة الأكبر إنتاجاً في العالم، وإنتاجهما معا يشكل بنسبة (27%) من إنتاج العالم ويشكل إنتاج دول منظمة أوبك نسبة (37.7%) من إنتاج العالم.

b. إنتاج دول خارج أوبك

وتمثل حصة هذه الدول (62.3%) وأهم هذه الدول روسيا الولايات المتحدة والصين والمكسيك والنرويج وكندا والبرازيل، ومن أهم مناطق الإنتاج خارج الأوبك حقول سيبيريا والتي تمثل أكثر من نصف إنتاج النفط، والتي إنتاجها (11%) من إجمالي العالم وبحود (9.65) مليون برميل يوميا، وكذلك الحقول ألاسكا في الولايات المتحدة وحقول بحر الشمال في النرويج والدنمارك وشرق المملكة المتحدة وألمانيا وهولندا وبلجيكا، وكذلك منطقة بحر قزوين.

الجدول 2: الاحتياطي النفطي المؤكد لدول بحر الشمال 2022 مليار برميل [6]

ت	الدولة	كمية الاحتياطي	النسبة إلى العالم
1	النرويج	5.366	0.45
2	الدنمارك	0.805	0.05
3	ألمانيا	0.367	0.025
4	هولندا	0.100	0.007
5	المملكة المتحدة	2.800	0.19

المصدر: statistical Bulletin 2018.p22opec Annual

II. أنواع الوقود الأحفوري

i. الفحم

الفحم الحجري عبارة عن صخور رسوبية لونها أسود أو بني وهو له قابلية على الاحتراق، وينتج عنه حرارة عالية لأنه يتكون من بقايا النباتات والمواد المعدنية الأخرى، ويتواجد على شكل طبقات مع الأنواع الأخرى من الصخور الرسوبية مثل الحجر الرملي والحجر الطيني، ويوجد فيه من بقايا أوراق وأغصان النباتات، ويعد المحرك الأساسي لعجلة الإنتاج قبل وأثناء الثورة الصناعية، واستخدمه في مجالات عديدة بعد اكتشاف المحرك البخاري وبعدها استخدم في توليد الطاقة والنقل والمواصلات والتدفئة وغير ذلك، ويعد الفحم من أكثر المصادر تلوثاً للبيئة، إذ تشكل نسبة الكربون (70%) ونسبة الرماد المتطاير (20%)، ويؤدي إلى تلوث كبير في مناطق التعدين والاستخدام ويؤثر على البيئة بشكل كبير، ومع أن الفحم يصنف على أنه الأكثر توفراً بين الوقود الأحفوري، لكنه أيضاً يواجه إنتاجه بعض المشاكل كظروف المناجم والعاملين فيه وعمليات الحرق الناتجة عنه تولد انبعاثاً منها ثاني أكسيد الكربون والمطر الحامضي.

ويصنف الفحم على الأنواع التالية:

- 1- الانتراسيت وهو النوع المفضل ويكون لونه لامعاً صلباً ويحتوي على قليل من المواد المتطايرة لا تتجاوز (10%).
- 2- الفحم الصلب ترتفع نسبة المواد المتطايرة منه من (10% - 45%) وينقسم هذا النوع على أصناف عديدة حسب نسبة الكربون، إذ إن التصنيف الأمريكي يقيمه إلى الفحم البيتوميني وهو الغني بالكربون وتحت البيتوميني الذي يحتوي نسبة أقل من المواد المتطايرة.
- 3- فحم اللغنايت أو البني: وهو من الأنواع الرديئة لارتفاع المواد المتطايرة منه كان الفحم يسهم بنسبة (79%) من إجمالي الطاقة المستهلكة في العالم عام 1920 لكنه تراجع إلى (25%). (نبيل المرسومي، 2017:336). يعد استخدامه في إنتاج الطاقة الكهربائية هو الأكثر وينتج منه مقدار (8803) مليون طن عام 2022 ويبلغ الاحتياطي العالمي من الفحم (861) مليار طن عام 2012 ويبلغ الانتراسيت إلى ما يصل إلى (44.8%) من الاحتياطي العالمي.

البورفيرين والنتروجين المتواجدة في المواد العضوية وبعد تعرض المواد العضوية إلى الضغط الشديد وحرارة عالية في باطن الأرض، وحركة في قشر الطبقات الأرضية تكون النفط الخام والغاز الطبيعي وما يدعم هذه النظرية:

- 1- وجود النفط الخام في الطبقات الرسوبية التي تكونت بفعل جرف السيول والأمطار ويتواجد (90%) من النفط الخام والغاز في الصخور الرسوبية.
- 2- وجود مادة البورفيرين والنتروجين في النفط الخام وهي مواد متواجدة في خلايا الكائنات الحية النباتية والحيوانية.
- 3- جميع الصخور التي تعد مصدر للنفط الخام والغاز تتكون بالقرب من شواطئ البحار أو قيعانها مثل الخليج العربي وبحر الشمال.

b. النظرية غير العضوية

يعتقد أصحاب هذه النظريات أن المواد الهيدروكربونية المخزونة في الصخور في باطن الأرض لا يمكن أن يكون مصدرها المواد العضوية فقط، وذلك لوجود كميات كبيرة من الغازات الهيدروكربونية في الغلاف المحيط لكوكب الأرض والكواكب الأخرى، وخروج غازات كربونية مع المياه الجوفية والبراكين ووجود رواسب صلبة للنفط على شكل عروق في بعض الصخور الغازية، إن سهوله تحضير مركبات الإيثان والميثان والاستلين والبنزين في المختبرات ومن مواد عضوية، وكانت هذه النظرية سائدة في القرن التاسع عشر والتي فسرت أن النفط يتكون بحكم التفاعلات كيميائية بشكل واسع في باطن الأرض، بين العناصر اللاعضوية مثل الهيدروجين مع الكربون أو كبريتيد الحديد مع الماء أو مع العناصر الأخرى [3].

c. النظرية المعدنية

ترى هذه النظرية بأن النفط يعود لأصل معدني يتكون نتيجة تعرض بعض كبرديات الغازات الموجودة في باطن الأرض ليخار الماء، لأن كبريد الكالسيوم يتفاعل مع الماء مكوناً الهيدروكربون غير المشبع (الاستلين) ولكن الندرة الشديدة لرواسب الكبريتيدات يصعب معها تصور أنها موجودة في كميات كافية، كخاصية لتكوين كميات كبيرة من النفط الموجودة حالياً والمستخرجة سابقاً، ويضاف لذلك أن النفط لا يوجد في الصخور البركانية وإنما يوجد فقط في الصخور الرسوبية. ويتواجد النفط بكميات كبيرة في مناطق العالم دون أخرى لأسباب جيولوجية وتستخدم طرائق متعددة لاستكشاف النفط لرفع كميات الاحتياطي الموجود لسد الطلب المتزايد ويتم المسح على الأرض وفي باطنها، ومن خلال حفر الآبار الاستكشافية وهذه العملية ذات تكاليف عالية وخاصة في المناطق النائية وفي البحار [4].

ii. المناطق الرئيسية لإنتاج النفط في العالم

a. إنتاج أوبك

يمكن تقسيم المنتجين للنفط في الأسواق العالمية إلى منتجي أوبك وتبلغ حصتهم (37.7%) من إجمالي إنتاج العالم ومن أهم الدول المنتجة هي السعودية وإيران وفنزويلا والإمارات والكويت والعراق ونيجيريا وليبيا وقطر والجزائر.

الجدول 1: أهم البلدان المنتجة للنفط الخام في العالمى 2023 مليون برميل/ يوم [5].

ت	الدولة	الإنتاج	النسبة من العالم
1	روسيا	10	13.7
2	السعودية	10	13.7
3	الولايات المتحدة	6.5	13.3
4	الصين	4	5
5	إيران	3.7	8.3
6	فنزويلا	2.8	5.6
7	المكسيك	2.5	3.8
8	الكويت	2.9	3.4
9	العراق	2.9	3.5
10	مجموعة أوبك	32.4	37.7

صخرية تحت سطح الأرض، و يشابه في تكوينه النفط والفحم، ويتواجد المواد المكونة للنفط والغاز (المياه البحرية والمياه العذبة) وخلال الحقبة القديمة التي كانت منذ حوالي (542) مليون عام، وأدى إلى طمر بقايا الكائنات في الطبقة المسامية، مما أسهم في الحفاظ عليها وتحولت إلى مواد عضوية ويطلق عليها البروتوبترليوم وبفعل الضغط لينتج مايعرف بالبترول الخام [10].

وبذلك يعرف الوقود الأحفوري على أنه الطاقة الناتجة عن مواد مستخرجة من باطن الأرض، ويطلق عليه الأحفوري لأن الحصول عليه يتم من خلال الحفر والتنقيب في باطن الأرض، وتعني بالمقام الأول الفحم والنفط والغاز الطبيعي.

c. محددات الطلب المستقبلي على الغاز

من المتوقع أن يتم التحول عن النفط والفحم كمصادر مهمة للطاقة إلى الغاز الطبيعي بسبب الاعتبارات البيئية وكذلك التطورات التكنولوجية وأغلب الدول تحتاج بشكل مستمر ومتزايد لمصادر الطاقة النفطية والأقل تكلفة وسيصبح الغاز الطبيعي المصدر الأبرز في الاقتصاد العالمي وأن تنامي معدلات نمو السكان في العالم سيؤدي إلى زيادة الطلب على الطاقة ولتعدد الاستخدامات الغاز وخاصة في مجال توليد الطاقة الكهربائية سيزداد إلى معدلات كبيرة ففي عام 2022 شكل ما يقارب (6.336) تيرا واط وأن (22%) من استخدام الغاز هو لتوليد الطاقة. مع أن الحرب بين روسيا وأوكرانيا أسهمت في إيقاف سلاسل توريد مما جعل بعض دول أوروبا إعادة النظر في خطوط الإمداد وتعد الولايات المتحدة أبرز المنتجين للغاز وبعدها روسيا ثم إيران ثم الصين [11].

الجدول 3: أكثر الدول في إنتاج الغاز الطبيعي 2020/ بليون متر مكعب [12]

ت	الدولة	كمية الإنتاج
1	الولايات المتحدة	978.6
2	روسيا	618.4
3	إيران	259.4
4	الصين	221.8
5	كندا	185

المصدر: الجدول من عمل الباحث بالاعتماد على منظمة الاوابك تقرير الأمين العام السنوي، 2020، الكويت.

يلاحظ من الجدول أن الولايات المتحدة هي الأكثر إنتاجا للغاز عالميا ومن بعدها روسيا في المرتبة الثانية وكندا تأتي في المرتبة الخامسة في حين هناك دول أخرى بدأت بتطوير صناعة الغاز وزادت كميات الإنتاج بشكل كبير ومنها دولة قطر.

III. واقع احتياطي الوقود الأحفوري في العالم

تعد الكميات الموجودة في باطن الأرض من النفط والغاز أو الفحم احتياطيات والتي يمكن استخراجها والاستفادة منها اقتصاديا من خلال عمليات الاستكشاف والإنتاج، ويمكن تقسيم الاحتياطي إلى ثلاثة أقسام استنادا لنظام إدارة المخاطر وهو الاحتياطي المؤكد وهي لكميات المستكشفة والتي يمكن استخراجها بالظروف الطبيعية، وهناك احتياطي المحتمل والذي يتوقع الحصول عليه نتيجة المقارنات والظروف المشابهة، وهناك نوع آخر يسمى بالاحتياطي الممكن وهو الذي بالإمكان الحصول عليه من خلال تكثيف الجهود وزيادة عمليات البحث والتنقيب واستخدام تقنيات أكثر تطوراً. ومن الجدير بالذكر أن الاحتياطيات المؤكدة تتغير بمرور الوقت من خلال الإنتاج أو استخدام التقنيات الحديثة، إما بالزيادة أو النقص، فعندها تتم اكتشافات جديدة يزيد من الاحتياطي وعندما يزداد الإنتاج بمعدلات أعلى يتراجع حجم الاحتياطي. والجدول أدناه يوضح أهم الدول في كميات الاحتياطي النفطي.

الجدول 4: أهم الدول في كميات الاحتياطي النفطي المؤكدة عام 2021 مليار برميل

ت	الدولة	الاحتياطي المؤكد
1	فنزويلا	302.300

وتتركز أكبر احتياطيات الفحم في العالم في الولايات المتحدة الأمريكية، إذ تبلغ حصتها بحدود (27.6%) من الاحتياطي العالمي ثم الاتحاد السوفيتي السابق بنسبة (26.5%) ثم الصين بنسبة (13.3%) ثم أستراليا بنسبة (9%) والهند بنسبة (7%) وتعد الصين أكبر منتج للفحم، إذ تنتج بحدود (48%) من إنتاج العالم وبمقدار (3650) مليون طن من الإنتاج العالمي ثم الولايات المتحدة (922) مليون طن أي مايعادل (13%) [7].

ii. النفط

كلمه النفط أو البترول (Petroleum) مشتقة من أصل لاتيني وتتكون من مقطعين مشتقة من أصل لاتيني وتتكون من مقطعين (Petra) وتعني الصخر و(oleum) وتعني الزيت وتعني زيت الصخر أو الزيت الخام لغرض التمييز عن الزيوت الأخرى كزيوت الخضروات وشحوم الحيوانات. وتطلق كلمة بترول على جميع المواد الهيدروكربونية التي تتكون بصورة طبيعيه وفي بعض الأحيان يطلق مصطلح النفط الخام على المواد السائلة ومصطلح الغاز الطبيعي على المواد الغازية ومصطلح البيتومين أو الأسفلت على المواد الصلبة وتختلف الخواص الطبيعية للنفط الخام باختلاف أنواعه فهناك النوع الثقيل للزج وهناك الخفيف وله رائحة خاصة ولونه عاده أسود يميل إلى اللون الأخضر وبعض الأنواع يكون اللون بنيا أو أخضر داكنا كما تختلف درجة الوزن النوعي للنفط من خام إلى آخر وكذلك تختلف نسبة الكبريت التي يحتويها ويتكون النفط من عنصرين أساسيين هما الكربون يشكل نسبة (87- 88%) والهيدروجين الذي يشكل (11%) و (1%) من الاوكسجين في باطن الأرض بأعماق تتراوح من 1000 - 6000 متر وعند درجات حرارة تتراوح بين 60 - 150 درجة مئوية يتكون النفط بأعماق أكثر يتكون الغاز ويعد غاز الميثان أكبر غاز يشكل الغاز أو يمثل نسبة (80%) والبروبان والبيوتان بالإضافة إلى هيدروكربونات قابلة للاشتعال ويكون الغاز إما مصاحبا أو هو يكون مع النفط أو يكون حرا ويكون في حقول مستقلة وبعد التطور في مجال الصناعة تم التوصل إلى عمليات تسهيل الغاز أي تحويله إلى سائل لتسهيل عملية النقل ويتم نقل الغاز إما عن طريق الأنابيب أو بالناقلات وتتميز أسعار الغاز باختلافها من إقليم لآخر مع أن الكميات الداخلة في التجارة محدودة [8].

iii. الغاز الطبيعي

a. أهمية الغاز الطبيعي

يأتي الغاز الطبيعي بالمرتبة الثانية من مصادر الطاقة النظيفة بعد النفط، وكان لايشكل إلا نسبة قليلة من مصادر الطاقة حيث لاتتجاوز (0.3%) عام 1938، ارتفعت إلى (26%) عام 2023 وتراجعت حصة الغاز المتواضعة في الماضي إلى عده أسباب ومنها الفنية والاقتصادية ، مثل توفر النفط بكميات كبيرة وأسعار منخفضة مقارنة بالغاز الطبيعي الذي يحتاج إلى رؤوس أموال كبيرة، والسبب يعود إلى صعوبة السيطرة على الغاز ولذلك يتم حرقه ولكن التطور التكنولوجي الهائل انعكس على الغاز من حيث النقل والإنتاج وزيادة الاستخدامات في الصناعات الأخرى المختلفة، كمادة أولية في صناعة الأسمدة والبتر وكيميائيات، ويضاف لذلك آثاره السلبية والقليلة على البيئة وارتفاع كميات الاحتياطي، وبذلك احتل الغاز الطبيعي دورا متزايدا في تأمين احتياجات العام من الطاقة في السنوات الأخيرة ومن المتوقع أن يستمر الطلب العالمي بالارتفاع من (280.0) مليار متر مكعب عام 2004 إلى (4700) مليار متر مكعب عام 2030 بمعدل نمو (2%) سنويا، وهو أكبر من نمو الطلب على النفط والفحم والطاقة النووية ومن بين الأسباب التي أدت إلى زيادة الاستهلاك العالمي من الغاز [9].

- 1- معدلات نمو الاقتصاد العالمي.
- 2- الأسعار المرتفعة للنفط مقابل الأسعار المنخفضة للغاز الطبيعي.
- 3- زيادة الاهتمام بالبيئة والتلوث الذي خلفته المصادر الأخرى.
- 4- التوجه العالمي لتنوع مصادر الطاقة.

b. تركيب الغاز الطبيعي وأنواعه

هو غاز عديم اللون والرائحة وقابل للاشتعال، وهو عبارة عن مزيج من المواد الهيدروكربونية وغير الهيدروكربونية التي تتواجد في مكامن

- 2- تتناسب مع إمكانيات الدول النامية من الناحية البشرية والتكنولوجية والاقتصادية.
- 3- تمنح مستخدميها استقلالية بعيدة عن الشبكات المركزية ومن أبرز مصادر الطاقة المتجددة.

II. أنواع الطاقة المتجددة

i. الطاقة الشمسية

زاد الاهتمام بالطاقة الشمسية بعد ارتفاع أسعار النفط، وتمتاز بأنها لا تؤثر لها على البيئة عند الإنتاج، واستطاعت الكثير من الدول من استخدامها في التدفئة والتبريد وفي توليد الحرارة للكهرباء وتحمية المياه وتستخدم أشعة الشمس لغرض توليد الطاقة، وتعد ألمانيا واليابان في مقدمة الدول ومن أبرزها، ويواجه توليد الطاقة الشمسية تحديات ارتفاع التكاليف الأولية لاستثمار وتكاليف تصميم الخلايا وعملية التخزين، وهناك توجه لاستخدام التخزين الكيميائي للاستفادة منها في الليل والأيام الغائمة، وبعد هذا النوع من مصادر الطاقة الأكثر نمواً لسهولة عمليات التشغيل وتعدد استخداماتها وعدم توليدها للضوضاء وتكون تكاليف الصيانة منخفضة، وتطورت بعض الشركات المتخصصة في إنتاج الطاقة الشمسية وسيطرت (15) شركة على (49%) من السوق العالمية عام 2020 ومنها شركات صينية، وتنقسم تكنولوجيا الطاقة المتجددة والطاقة الشمسية إلى أنواع [2]:

- 1- التقنية الشمسية الكهروضوئية (Solar Photovoltaic) وهو الذي يستخدم تحويل ضوء الشمس مباشرة إلى كهرباء باستخدام الخلايا الشمسية.
- 2- التقنية الحرارية الشمسية (Solar Thermal) والتي تستخدم حرارة الشمس باستخدام الألواح الحرارية الشمسية.
- 3- التقنية الشمسية المركزة (Solar Concentrators) من خلال تركيز ضوء الشمس على منطقة صغيرة باستخدام مرايا وعدسات عاكسة مما يولد حرارة عالية، وتقوم بإنتاج بخار يحرك التوربينات.

ii. طاقة الرياح

أول من استخدم طاقة الرياح هي (روسيا) الاتحاد السوفيتي سابقاً عام 1930 حيث أنشأت محطة تجريبية، ثم الولايات المتحدة عام 1941 ويتم استخدام حركة الرياح باستخدام دواليب متحركة لتدوير التوربينات في محطات الكهرباء. تتولد الرياح نتيجة لامتصاص سطح الأرض والبحار لأشعة الشمس بنسب متفاوتة، ويتأثر الغلاف الجوي ويسخن الهواء مما يؤدي إلى انتقال تيارات هواء الساخن بعد تمددها إلى مناطق أقل حرارة وعلى أثر ذلك يستغل هذا الأمر لتحريك التوربينات، وتعمل التوربينات من خلال تدويرها أي تحويل الطاقة الميكانيكية إلى كهربائية، وهناك أنواع للتوربينات منها الأفقي المحور، والعمودي المحور، وهناك توربينات الرياح البرية، وتوربينات الرياح البحرية ومن المشاكل التي تواجهها طاقة الرياح (اللبايدى، 2006:35):

- 1- عدم انتظام الرياح لأنها تخضع لعوامل حيوية طبيعية
- 2- صعوبة نقل التكنولوجيا إلى الدول النامية
- 3- قلة التخصيص المالي وضعف الاستثمارات الأجنبية لارتفاع التكاليف
- 4- تؤثر في الحياة البرية وتوليد الضجيج

iii. الوقود الحيوي

هو الطاقة المستمدة من الكائنات الحية النباتية والحيوانية، وقد استخدمت بعض المحاصيل الزراعية مثل الذرة وفول الصويا في الولايات المتحدة، وكذلك القمح في أوروبا، وقصب السكر في البرازيل، وزيت النخيل في جنوب شرق آسيا، ويتم الحصول على الوقود الحيوي من التحليل الصناعي للمزروعات والفضلات وبقايا الحيوانات، التي يمكن استخدامها مثل القش والخشب والسماد وتحلل النفايات ومخلفات الأغذية، ويتم تصنيف الكتلة الحيوية المستخدمة كوقود إلى أنواع عديدة تبعا للنفايات المستخدمة كالحوانية والخشبية والعشبية [16]:

- 1- الغاز الحيوي

2	المملكة العربية السعودية	266.200
3	كندا	170.500
4	إيران	157.200
5	العراق	148.800
6	الكويت	101.500
7	الإمارات العربية المتحدة	97.800
8	روسيا	80.000
9	ليبيا	48.360
10	نيجيريا	37.450

المصدر: الجدول من عمل الباحث بالاعتماد على [13]

يلاحظ من الجدول أن فنزويلا هي الأكثر احتياطا في العالم، وتزايدت كميات الاحتياطي بعد الاكتشافات المتزايدة في السنوات الأخيرة، وأن كميات الاحتياطي متباينة بشكل كبير بين الدول وهي تتجه للتصاعد بسبب الاكتشافات وكذلك الإنتاج من النفط الصخري مع أن النمو الحاصل متصاعد لكن بشكل بطيء فضلا عن تأثيرات الظروف السياسية والأسعار والطلب.

1- الطلب: هو مجموع الكميات المطلوبة في الأسواق النفطية وبمختلف الاستخدامات، وهو غير مستقر تبعا للظروف الجوية والأسعار وغير ذلك من الظروف المؤثرة على الأسواق. ويتوقع المختصون أن هناك تراجعاً في الطلب على الوقود الأحفوري وهذا الواقع ناتج عن التحولات في مجالات استخدام الطاقة. وتقرير أفاق الاقتصاد العالمي لسنة 2023 (STEPS) يشير إلى تراجع الطلب مقارنة بتقرير أفاق الاقتصاد العالمي لسنة 2022، وهذا التراجع ناتج عن توجه العالم نحو استخدام مصادر طاقة بديلة وصديقة للبيئة وتقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري، ويضاف لذلك العقبات والمشاكل السياسية الناتجة عن حرب إمدادات الطاقة [14].

2- السعر: يعد السعر من العوامل المؤثرة على الطلب بشكل كبير بعلاقة عكسية، مع أن الطلب على النفط هو طلب غير مرن لأهميته، لكن وجود كميات الخزائن الاستراتيجية أصبح عاملاً مهماً في التأثير على الأسعار وأن ارتفاع الأسعار يسهم في زيادة الإنتاج وتشجيع شركات الإنتاج للنفط الصخري من الدخول في العملية، مما يسهم في زيادة العرض وبالتالي تراجع الأسعار، ولذلك تشهد أسعار النفط تنديب مستمر وياخذ بشكل الموجه شكل دوري فإن الطلب في فصل الشتاء يزداد وترتفع الأسعار بالعكس في فصل الصيف وهذا ينطبق على الوقود الأحفوري بشكل عام [15].

4. المبحث الثاني: الطاقة المتجددة الأنواع والتحديات

في العقود الزمنية الأخيرة تعالت الأصوات المطالبة بتقليل الانبعاثات والتحول في الاستخدام مصادر صديقة للبيئة من أجل تقليل الآثار الضارة الناتجة عن التلوث من جراء استخدام الوقود الأحفوري، ومع الدور الكبير الذي يلعبه النفط الغاز وكذلك الفحم في عمليات التنمية الاقتصادية ودفع عجلة النمو الاقتصادي للأمام، إلا أنها تواجه تحدياً كبيراً يتمثل بالتوجه العالمي نحو مصادر طاقة بديلة أو يطلق عليها المصادر المتجددة، يضاف لهذا سعي الدول المستهلكة لتقليل الواردات النفطية وتعزيز أمن الطاقة.

I. مفهوم وتعريف الطاقة المتجددة

يشير مفهوم الطاقة المتجددة إلى الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية التي تتجدد باستمرار وتعد مستدامة بيئياً على العكس من الوقود الأحفوري، وتسهم الطاقة المتجددة بنسبة (18%) من حجم الاستهلاك العالمي عام 2022 مقارنة بعدد السبعينات كانت تمثل (1.5%) من إجمالي الطاقة العالمية، وتحلل الصين وألمانيا والولايات المتحدة وإسبانيا والهند قائمة الدول الأكثر استخداماً لهذا النوع من الطاقة، وزاد التوسع في الطاقة المتجددة من خلال زيادة الاستثمارات ودعم الدول المانحة لتمويل مثل تلك المشاريع وتتميز الطاقة المتجددة ببعض المميزات ولذلك فهي أي مصدر طاقة قابل للتجدد ومستمد من الطبيعة، وتعد طاقة محلية ومتوفرة في أغلب الدول وخاصة في الدول الأقل تطوراً. (الهيبي، 2000:34)

- 1- عديمة التأثير السلبي في البيئة

2- الايثانول

3- الديزل الحيوي

vii. الأنواع الأخرى

هناك أنواع أخرى من مصادر الطاقة مثل طاقة المد والجزر، والأمواج من خلال الاستعانة بحركة المياه والأمواج كمصدر للطاقة، من خلال بناء سدود والتحكم بحركة جريان الماء لتوليد الكهرباء، من خلال تدوير التوربينات، وهي من الأنواع النظيفة لكن غير متواجدة في كل البلدان، وعدم إمكانية نقل الطاقة المتولدة إلى مسافات بعيدة [3].

III. تحديات تطوير الطاقة المتجددة

مع تنوع البدائل النظيفة أو الصديقة للبيئة أو المتجددة للطاقة وزيادة المستثمرين في مجال الطاقة المتجددة، ولم تعد محتكرة في بعض البلدان بل توجهت الشركات إلى دول وأسواق أخرى، وبدأت بزيادة توسيع الاستثمارات لكن مع هذا لازال هناك صعوبات وتحديات ومعوقات تقلل من نموها ومن أبرز تلك الأسباب وبشكل مختصر:

- 1- هيمنة الوقود الأحفوري وانخفاض تكاليف إنتاجه مما يصعب عملية تسويق البدائل.
- 2- المشاكل الفنية والتقنية المرتبطة بإنتاج الطاقة المتجددة غير متاح بشكل تام وفي أغلب الدول وخاصة النامية.
- 3- تمويل الاستثمارات للطاقة المتجددة كونها تحتاج إلى استثمارات عالية وهذا ما تفقر إليه بعض الدول وخاصة ذات الكثافة العالية بالسكان.
- 4- عمليات التحول إلى مصادر البديلة تحتاج إلى تغييرات شاملة في المحركات والمعدات المستخدمة حاليا وهذا أمر ليس بالسهل في هذا العصر.
- 5- تغيير نمط الطاقة المستخدم يحتاج إلى ثقافة خاصة وأسلوب حياة يختلف ولا بد من تثقيف المجتمعات ومنذ الصغر للبدء بتطبيق عمليات التغيير وأغلب المصادر البديلة لازالت في طور البحث والتطوير ولم ترتق لمنافسة الوقود الأحفوري [7].

5. المبحث الثالث: آثار الطاقة المتجددة على الوقود الأحفوري

رغم كل الدعوات المطالبة بالتوجه نحو مصادر طاقة بديلة، ومهما كانت أسباب تلك الدعوات سواء أكانت الاقتصادية أم البيئية أو السياسية، يبقى الوقود الأحفوري يلعب دورا محوريا في تلبية الطلب العالمي للوقود، وهو لازال مرتبط بشكل وثيق بالبنية التحتية وتكوين البنى الاقتصادية، مع أن الاعتماد على الوقود الأحفوري يثير قلق حول التلوث البيئي وتغييرات المناخ فضلا عن عملية استنزاف الموارد يحرم الأجيال المستقبلية من منافع تلك الموارد.

I. إمكانية إحلال مصادر الطاقة البديلة محل مصادر الطاقة التقليدية

a. بدائل عن النفط

يعد النفط الخام المصدر الأساس في تلبية احتياجات العالم من الطاقة إذ تصل نسبته إلى (38%) في عام 2020 في حين تستحوذ المصادر الأخرى على النسب المتبقية بمعدلات متباينة. والنفط في مناطق إنتاجه الرئيسية في العالم الأقل تكلفة مقارنة مع المصادر الأخرى، وينعكس ذلك على تكاليف الوحدة المنتجة من السلع والخدمات مما يزيد من القدرة التنافسية في سوق الطاقة، مع أن التطور التكنولوجي أسهم في تخفيض تكاليف إنتاج السلع التي ترتبط وتعتمد على أنواع الوقود الأخرى غير الأحفورية، لكن لازالت الفجوة واسعة بين تكاليف إنتاج النفط الخام وتكاليف إنتاج المصادر البديلة [4].

b. بدائل عن الغاز

الغاز الطبيعي هو البديل الأمثل للنفط فهو يحترق بشكل نظيف أكثر من النفط والفحم لاحتوائه على نسبة قليلة من الكربون لذلك فهو ينتج عند احتراقه ملوثات أقل ويتولد عنه طاقة عالية ومتعددة الاستعمال، وبشكل

وتعتمد طريقة التخدير للمحاصيل الزراعية (الذرة الصفراء، القمح، الكاكاو والقهوة وقصب السكر) ويتم تحويله إلى الايثانول الذي يستخدم كوقود للسيارات، وهناك طريقة أخرى باستخدام تحويل الزيت النباتي والديزل الحيوي إلى البنزين، ويعد الوقود الحيوي وقودا نظيفا ولا ينتج عنه مخلفات ضارة بالبيئة، ومن الجدير بالذكر أن الوقود الحيوي لا يمكن استخدامه إلا بعد إجراء تغييرات وتعديلات على المحركات الحالية، لأنه يعمل على تآكل بعض أجزاء المحركات وزاد الإنتاج للوقود الحيوي في القرن الواحد وعشرين، واتجهت بعض الدول إلى اتباع برامج محلية لتشجيع إنتاجه وتنمية أسواقه، ومن التحديات التي تواجه الوقود الحيوي أن زيادة الطلب عليه تؤدي إلى رفع أسعار المنتجات الزراعية لاستخدامها في إنتاج الوقود الحيوي [17].

iv. طاقة الهيدروجين

يتم إنتاج الهيدروجين عن طريق تحليل الماء كهربائيا، ويخزن على شكل سائل مضغوط وهو وقود نظيف ولكن استخلاص جزيئات الهيدروجين من الماء يتطلب كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية، ويحضر استخدام الطاقة الهيدروجينية فقط في السيارات، وهناك تخطيط لتعميمها في الصناعات الأخرى، وهي من المصادر النظيفة ومن التحديات المخاطر الناتجة عن سرعة الالتهاب والانفجار وصعوبة الخزن والنقل لمسافات طويلة وتعد التكاليف العالية هي التحدي الأكبر [8].

v. الطاقة النووية

استخدام الطاقة النووية للأغراض السلمية زاد خلال الفترة السابقة، إلا أن تشغيل المفاعلات النووية يشكل خطرا كبيرا سواء أكان على البشر المجاورين أم العاملين، وكذلك الأراضي والنباتات والحيوانات ويتم الإجراءات المشددة المتخذة ووسائل الحماية من مخاطر الإشعاع، فضلا عن مخاطر الانفجار كما حدث في مفاعل تشيرنوبل في روسيا، مما ولد اعتراضات كبيرة على استخدام هذه الطاقة، وعملية التخلص من المخلفات والنفايات النووية تحد كبير لارتفاع التكاليف وتحتاج لاستثمارات كبيرة، ورغم ذلك يرى بعض المختصين أن الطاقة النووية يمكن أن تؤدي دورا مهما في مصادر الطاقة الأخرى للأسباب التالية:

- 1- متوفرة بشكل غير محدود لأن عملية التزود بالوقود النووي لكن في حال استخدام المفاعلات تخصب سريعة لإنتاج البلوتونيوم، الذي يعد من المواد السامة ويستخدم في صناعة الأسلحة النووية.
- 2- إنها طاقة نظيفة كونها لا تبعث أي كمية من غاز ثاني أكسيد الكربون والفضلات الناتجة صغيرة، ويمكن معالجة ذلك إن وجدت مخازن دائمة لكن استخراج طاقات اليورانيوم وتكريرها لجعلها قابلة للاشتعال تسبب تلوثا كبيرا.
- 3- إنها طاقة عملية لأنها طاقة عالية الكثافة [2].
- 4- يمكن أن تكون طاقة آمنة بتطوير التكنولوجيا المتطورة.
- 5- ومع كل ذلك لا يمكن استخدام الطاقة النووية كبديل للنفط لأسباب فنية وتقنية كثيرة، لكن مع ذلك استخدام الطاقة النووية أسهم في تقليل استخدام الوقود الأحفوري في بعض المجالات ولو بنسبة قليلة.

vi. طاقة المياه الجوفية

وهي الطاقة المستمدة من حرارة جوف الأرض والتي تكون على شكل ماء أو بخار، ومن المعروف أن تحت القشرة الأرض درجات حرارة تصل إلى (200-1000) درجة مئوية، وتستخدم في بعض الدول في تدفئة المنازل وأحواض السباحة وبعض الاستخدامات الأخرى، وتسهم حاليا بنسبة (8.3%) من إجمالي الطاقة المتجددة، وتعد الولايات المتحدة والسويد وسويسرا أكثر البلدان إنتاجا للحرارة الجوفية، واستخدمت في توليد الطاقة الكهربائية عام 1958 في نيوزلندا وهناك (28) معمل تستخدم الحرارة الجوفية في كاليفورنيا، وتمتاز بانخفاض التكاليف التشغيلية لكن عملية استخدام حرارة الأرض قد يستنفذ خلال (40-100) سنة تدريجيا للحقول الجوفية لنفاذ الغازات المرافقة التي تسهم في الحرارة والضغط [9].

منخفضة، ويضاف لذلك عملية تنويع مصادر الدخل وتقليل الاعتماد على مصدر ثابت واحد الذي غالبا ما يكون محفوف في الكثير من المخاطر [1].

III. المنافع البيئية للطاقة المتجددة

يعد البعد البيئي من أهم المتغيرات التي تم إدخالها في مفهوم التنمية الاقتصادية المستدامة وبالتالي فإن عملية استمرار عملية التنمية بوتيرة متصاعدة يتطلب أن يكون الاهتمام بالجانب البيئي، وتقليل الضرر المؤثر عليها وتقليل الانبعاثات أو الغازات الدفينة، وكذلك المحافظة على حصة الأجيال القادمة من الموارد المتاحة وكذلك البيئة إطار متكامل ولا بد من الاستغلال العقلاني للموارد، لأن ذلك يحافظ على نظام بيئي مستقر ومنع الانعكاسات السلبية على المناخ، ويمكن اعتبار موارد الطاقة المتجددة هي الأقل ضررا على البيئة، والتي لا تترك ملوثات ومخلفات ضارة ولا تؤدي إلى اختلال في عناصر البيئة، فضلا عن أنها مصادر متجددة طبيعيا، على العكس من المصادر الأحفورية التي خلفت الاحتباس الحراري وأدت إلى تأثيرات ضارة في البيئة وعلى مستويات مختلفة، لذلك يمكن القول أن هناك منافع كبيرة وانعكاسات إيجابية في استخدام مصادر الطاقة المتجددة على خلاف المصادر الأحفورية. تسير نحو ارتفاع أسعار النفط الغاز المستقبلية [20]

IV. مستقبل تطوير الطاقة المتجددة وتأثيرها على الوقود الأحفوري

الأحداث التي يشهدها العالم من مشاكل وحروب يعد السبب الأساس لها من الطاقة فإن أغلب تلك المشاكل يعد موضوع الطاقة حاضرا بشكل مباشر أو بشكل غير مباشر، فضلا عن عملية استنزاف الموارد وحرمان الأجيال الأخرى من الاستفادة من آثار مؤثرة في البيئة، هذه الأمور تجعل من الضروري التوجه نحو بدائل أخرى تسهم في توفير مصادر طاقة أخرى تكون متجددة ونظيفة وتعالج مشاكل التي تحتويها الطاقة الأحفورية وسيتم توضيح مختصر لهذا العوامل:

a. أمن الطاقة

تتخوف الدول من مخاطر توقف إمدادات الطاقة كونها تعتمد بنسبة كبيرة على الدول النامية المنتجة للنفط بعد أن بدأت تلك الدول بالتحكم بالأسعار والتجهز، و تنامت حركات التحرر والابتعاد عن سيطرة السعر الرخيص للنفط، وتشكيل كتلات للمنتجين يمنع تدهور الأسعار لضمان حقوق الدول المنتجة، وأغلب الدول تنبعت لاستنزاف المواد الأحفورية ونظرية النضوب التي أعطت مؤثرات بتراجع الاحتياطي مستقبلا واستنادا لذلك يرى بعض المختصين أن الأمور تسير نحو ارتفاع أسعار النفط الغاز المستقبلية [7].

b. تغيرات المناخ

يعد خطر المناخ التغيرات الناتجة في التلوث وارتفاع درجات الحرارة وتغيرات الظروف الجوية كالأمطار وارتفاع مياه البحار وغير ذلك، سببا مهما للبحث عن بديل يحافظ على البيئة ويقلل معدلات التلوث للأرض والهواء والمياه لأن عملية التلوث أثرت بشكل كبير على العمليات الإنتاجية الزراعية وغيرها، بل حتى على صحة الإنسان وبدا عمليات الإنفاق من أجل تقليل الفجوة الكبيرة التي حدثت بسبب الوقود الأحفوري، مما رفع تكاليف الاجتماعية بشكل كبير.

c. التطور التكنولوجي

يعد التطور التكنولوجي حافزا مهما للبحث عن بدائل، إذ إن عمليات التطور العلمي الذي يشهده العالم يتطلب العديد من المشاريع والاستثمارات المالية الكبيرة، تتطلب مصادر طاقة كبيرة لسد الطلب المتنامي، فضلا عن الحاجة إلى تخفيض التكاليف بكل كبير لرفع التنافسية بين الدول، لذلك تبحث الدول عن مصدر للطاقة منخفض التكاليف وبليبي الحاجة ويقلل التلوث البيئي وترى التوقعات أن هناك تناميا للمصادر البديلة للطاقة.

استخدامه نسبة (26%) من إجمالي الطاقة المستخدمة، وتستخدم نسبة (17%) من الغاز المستخرج في إنتاج الطاقة الكهربائية ويستخدم الغاز في عمليات التدفئة والصناعات البتر وكيميائية وغيرها، إلا أن أحد التحديات الكبيرة أمام الغاز هو عملية الاستنفاد التي يتعرض لها بسرعة أكبر من النفط، ولذلك لا يمكن أن يكون بديلا عن النفط، فضلا عن صعوبات ومشاكل عمليات النقل والخزن، مما يؤثر على الإمدادات غير المستقرة في الأسواق، وتذبذب الطلب عليه بين الصيف الحاجة الكبيرة للكهرباء وحاجة التدفئة في الشتاء مما يجعل حاله عدم الاستقرار في الأسواق، وجعل تجارة الغاز الطبيعي ليست شائعة كما هي الحال للنفط، ولذلك فإن إمكانية إحلال البدائل محل الغاز احتمال وارد، وهو ما تسعى إليه الكثير من البلدان لكن يتطلب الأمر استثمارات كبيرة لزيادة إنتاج الطاقة النظيفة وتقليل تكاليفها، وهذا الأمر ممكن على المدى البعيد وليس المستوى القريب [17].

c. بدائل الفحم

يعد الفحم من أكثر أنواع الوقود الأحفوري وفرة وهو منخفض التكاليف ولا يتطلب استثمارات كبيرة، مقارنة بالمصادر الأخرى؛ إلا أن إنتاج واستخدام الفحم يترك آثارا كبيرة على البيئة، وهناك مخاطر متعددة منها انبعاثات المناجم على العاملين والتي تصل إلى (1%) وإن أغلب العاملين لا تتعدى أعمارهم 40 سنة، والتلوث بالحوامض المذابة وثاني أكسيد الكربون والكبريت والنتروجين والتي تشكل نسبة (70%) من مكونات الفحم، ويضاف لذلك التلوث بالإشعاعات الحرارية والذرات الملوثة بعناصر الراديوم والتريوم وأثر ذلك على صحة العاملين، والمناطق المجاورة للمناجم ولذلك فإن إنتاج واستخدام الفحم تواجه تلك الصعوبات والمشاكل، وعملية التقدم التكنولوجي تمنع من تقدم الفحم على المصادر الأخرى والمجال الوحيد الذي استمر باستخدام الفحم هو إنتاج الطاقة الكهربائية كونه مصدرا رخيصا. أما بالنسبة للطاقة الكهرومائية فهي تعد مصدرا مهما للطاقة، وسوف تستمر كذلك في السنوات القادمة، ولكن بعض الدول مثل الولايات المتحدة الأمريكية بدأت بالنفاذ، وكذلك في بعض الدول، أما طاقة الهيدروجين فهي تختلف بشكل كبير من ناحية البنى التحتية مع النفط والغاز والفحم، تحديدا في الشائعة الاستخدام حاليا وتحتاج إلى وقت وجهد واستثمارات في حين طاقة المد والجزر والأمواج طاقة محددة تؤمن الطاقة للمجتمعات الصناعية في المستقبل، ولكن دورها ضعيف والنظرة المستقبلية متشائمة [9].

II. الأثر الاقتصادي للطاقة المتجددة

ترتبط عملية التنمية والتطور الاقتصادي بشكل مباشر بمدى توفر مصادر التمويل وكذلك مصادر الثروة، وتعد مصادر الطاقة أهم مصادر الثروة للكثير من البلدان، فهناك دول تعتمد بشكل كبير على تمويل عملية التنمية على الإيرادات النفطية والغاز والفحم لوجود طلب عالمي وأسعار مناسبة، لذلك نرى تلك الدول التي تمتلك المصادر الأحفورية قد قطعت شوطا كبيرا في عملية التنمية، وعلى سبيل المثال دول الخليج العربي إذ حققت وفورات مالية كبيرة وزادت من مستوى الرفاهية في بلدانها ويعود ذلك إلى توفر مصدر الثروة [18].

ولنفس النظرة يمكن لبعض الدول أن تحقق وفورات اقتصادية لو استطاعت أن تستثمر في مجال الطاقة المتجددة، وكحظوة أولى أن وفرت مصادر الطاقة وانخفاض تكاليفها سينعكس بشكل مباشر على أسعار السلع والخدمات، لأن تكاليف الطاقة في الإنتاج دائما تكون الأكبر، فلو تراجعت تلك التكاليف سوف يزيد من التنافسية لتلك البلدان، وكذلك عملية تأمين الطاقة في العالم يشهد توترات ومشاكل بسبب في توقف سلاسل التوريد للطاقة بشكل أو بآخر، وقد يرفع من أسعار الطاقة لرفع مبالغ التامين والنقل والمخاطر، كما يحدث جراء الحرب الأوكرانية، مما يرفع حق التكاليف السلع والخدمات وبعض الأحيان يؤثر حتى على الخدمات المقدمة للمجتمع كالكهرباء والتدفئة وغيرها، لذلك فإن الأثر الاقتصادي كبير للطاقة المتجددة على البلدان التي تتوفر فيها مصادر الطاقة المتجددة وذلك على دفع عجلة التنمية والتطوير الاقتصادي، وبحقق البلد وفورات اقتصادية واستقرار مستمر في تأمين الطاقة وبالتالي زيادة معدلات النمو الاقتصادي محليا وعالميا فضلا عن مكاسب أخرى قد تتحقق من خلال توفير فرص العمل وتقليل الاستيراد للمحروقات من خارج البلد، فضلا عن سهولة تطوير أغلب القطاعات الاقتصادية إذ ما توفرت الطاقة المتجددة وبأسعار

الجدول 5: التوقعات المستقبلية المساهمة دور الطاقة البديلة عالميا 2022-2050

مصدر الطاقة	السنة			
	2050	2040	2030	2022
طاقة الرياح	71	42	17	7
الطاقة الشمسية	109	62	23	7
الطاقة المائية	25	16	24	19
الوقود الأحفوري	88	59	74	65
الغاز الطبيعي	137	153	155	160
النفط	110	177	146	175
الفحم	67	160	112	148

المصدر: الجدول من عمل الباحث بالاعتماد على [21]

ويلاحظ من الجدول أن هناك تزايدا في مساهمة طاقة الرياح فمن المتوقع أن ترتفع من (7) الى (17) ثم إلى (71) وكذلك الطاقة الشمسية والأنواع الأخرى، وبالمقابل يتوقع أن تتراجع استخدامات المصادر الأحفورية، إذ سيتراجع استخدام النفط من (177) إلى (110) وكذلك الغاز والفحم.

6. الاستنتاجات والتوصيات

6.1 الاستنتاجات

- 1- من خلال مجريات البحث يمكن إثبات فرضية البحث التي مفادها، إن هناك علاقة عكسية بين التطورات الحاصلة في إنتاج بدائل الطاقة، واستخدامات الوقود الأحفوري، وهذه العلاقة العكسية تعتمد شدتها على سرعة التطورات وتقليل التكاليف لاستخدام البدائل المتجددة.
- 2- هناك تنوع في مصادر الطاقة المتجددة وتختلف من حيث الأهمية والدور الذي تلعبه وفقا للمنطقة الجغرافية ويسهم هذا التنوع في إيجاد حلول للطاقة أكثر مرونة من المصادر الأحفورية مع زيادة الوعي البيئي الدولي والسير باتجاه الاستدامة ويمكن أن تشكل السياسات الداعمة للطاقة المتجددة فرصة لتوسيعها.
- 3- يشهد قطاع الطاقة المتجددة إقبالا واسعا في السنوات الأخيرة وتوظيف التكنولوجيا الحديثة لتخفيض التكاليف مما يعطي مؤشرا إيجابيا للمستقبل واتساع رقعة الاستخدام حسب التنوع الجغرافي مما يقلل من المشكلات العالمية وسلاسل التوريد وأمن الطاقة.
- 4- تراجع استخدامات الوقود الأحفوري لصالح المصادر المتجددة على الرغم من بطئ خطوات الانتقال، سيؤدي ذلك للتقليل من التلوث البيئي وتراجع التأثيرات السلبية على البيئة بشكل عام.
- 5- هناك اتفاق على أن مصادر الوقود الأحفوري بكل أنواعه هي مصادر ناضبة مع أنها ستبقى المصادر الرئيسة في تجهيز العالم بالطاقة وتلعب الدور المحوري للمدة الزمنية القادمة (50 سنة) وقد تؤدي التطورات التقنية والفنية الى تقليص هذه المدة ويتم التحول للمصادر البديلة.
- 6- الصراعات السياسية والاقتصادية التي سببت القتال بين الدول للاستحواذ على مصادر الطاقة الأحفورية كالنفط والغاز سيؤدي إلى خطوات تسريع التوجه نحو بدائل الطاقة الأحفورية المتمثلة بالمصادر المتجددة.

6.2 التوصيات

- 1- لأهمية التوجه العالمي لزيادة الاستثمارات في مصادر الطاقة المتجددة لأن ذلك يسرع عملية التحول من المصادر الأحفورية وبالتالي تقليل مشاكل التلوث البيئي وتقليل التنمية المستدامة، لذا على الشركات المتخصصة رفع نسبة الاستثمارات في قطاع الطاقة المتجددة.
- 2- ضرورة الاهتمام بالبحث العلمي المتخصص في ميدان الطاقة وفتح آفاق التعاون العلمي بين الدول في هذا المجال وتفعيل دور المراكز البحثية لإيجاد طرائق تقلل تكاليف إنتاج الطاقة المتجددة بكافة أنواعها.
- 3- تطوير حركة التحول نحو الوقود المتجدد من خلال زيادة إنتاج السلع التي تعتمد على الوقود المتجدد حسب تواجده في البلدان لغرض

- 4- تقليل عملية التلوث وتخفيض استخدام الوقود الأحفوري لأقل ما يمكن.
- 4- يعد قطاع النقل من أهم القطاعات التي تستهلك كميات كبيرة من الوقود الأحفوري لذلك يستلزم البدء بهذا القطاع في عملية الانتقال باستخدام بدائل لوسائط النقل التقليدية التي تستخدم النفط والغاز ومشتقاتها.
- 5- السعي لتغيير ثقافة استهلاك الوقود الأحفوري وتوجيه وتنقيف المجتمعات على التوجه نحو استخدام مصادر الطاقة البديلة رغم ارتفاع تكاليف الأخيرة، وذلك للحفاظ على البيئة النظيفة والتوجه نحو معايير البيئة المستدامة.
- 6- عقد المؤتمرات الدولية المشتركة لتفعيل التعاون المشترك في تطوير البنى الأساسية للمصادر المتجددة في البلدان وإيجاد فرص للتكامل العالمي في مجال الطاقة لخلق سوقا مستقرا للطاقة بعيدا عن الصراعات والاحتكار.

المصادر

- [1] الهيبي، أحمد حسين علي. (2000). اقتصاديات النفط، الموصل، دار الكتب للطباعة والنشر.
- [2] المرسومي، نبيل جعفر عبد الرضا. (2017).، اقتصاد الطاقة، الطبعة الأولى، دار الكتاب الجامعي، بيروت.
- [3] تركي حمش. (2008). ملامح تطور تقنيات حفر ابار النفط، النفط والتعاون العربي، المجلد 34، العدد 126، الكويت.
- [4] حسن، يحيى حمود. (2002). أسواق النفط العالمية وانعكاساتها على السياسة النفطية العراقية، أطروحة دكتوراه غير منشورة جامعة البصرة، كلية الإدارة والاقتصاد.
- [5] الاوابك، التقرير الإحصائي السنوي. (2023). الكويت.
- [6] Opec, Annual statistical bullent(2022).
- [7] ايان بانون وبول كولبير. (2005). الموارد الطبيعية والنزاعات المسلحة، ترجمة فؤاد سروجي، الطبعة الاولى، عمان الأهلية للنشر والتوزيع.
- [8] السيد، عبد المقنن عبد العزيز. (2008). البترول وطرق اكتشافه، الأردن، دار الفجر للنشر، 2008.
- [9] التركي، فهد . (2013). مستقبل إنتاج النفط والغاز من المصادر غير التقليدية. جندوى للاستثمار، بيروت.
- [10] N.Ameli,s.Kothari and M.G,Rub(2021) Misplaced Expectations from climate Disclosure Initiatives , Institute for sustainable Resources university college London.
- [11] Bloomberg NEF(2023) Energy Transition Investment Trends(2023)
- [12] الاوابك، تقرير الأمين العام السنوي. (2020). الكويت.
- [13] الاوابك، التقرير الإحصائي السنوي. (2021). الكويت.
- [14] الاوابك، تقرير الأمين العام السنوي. (2023). الكويت
- [15] اللبابدي، محمد مختار. (2006). المصادر الطبيعية للطاقة في الوطن العربي، مجلة النفط والتعاون العربي، المجلد 32، العدد 119.

- [16] عمر ، محمد إسماعيل.(2007). صناعة وتكرير البترول ، القاهرة ، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع .
- [17] شابريلي ، ماري فرانسواز ، الغاز الطبيعي الوقود المختار لعقود قادمة ،مجلة النفط والتعاون العربي،المجلد 31 ،العدد 115. 2015.
- [18] ادوارد موريس وآخرون .(2007). النفط والاستبدال،ترجمة معهد الدراسات الاستراتيجية ،الطبعة الاولى بغداد،.
- [19] شيلي،توبي . (2020). النفط-السياسة والفقر والكوكب ،ترجمة دينا الملاح،السعودية ،شركة مكتبة العبيكان .
- [20] هاينبرغ،ريتشارد.(2023).سراب النفط، ترجمة انطوان عبد الله ،ط1 بيروت،الدار العربية للعلوم.
- [21] REN21, 2023, Renwables Global Status Report(2023), Energy Supply Module, Paris. 18

Fossil fuels, between the pivotal role of energy supply and the impact of developing alternatives

Nassif Jassim Ali Al-Abadi^{1,*}

¹College of Industrial Management for Oil and Gas, Basra University for Oil and Gas, Basra, Iraq, sami.mohammed@uobasrah.edu.iq

*Nassif Jassim Ali Al-Abadi, Nasef.alebady@buog.edu.iq

Received: 01 March 2025 / Accepted: 20 July 2025

Abstract—The world is experiencing ongoing conflicts and disputes, most of which involve energy, directly or indirectly. This is due to the importance of energy and its prominent role in achieving prosperity through supporting the development process. Whoever controls energy resources holds the upper hand in achieving development and prosperity. The world is witnessing tremendous developments in the energy sector, and the world has begun to move towards finding diverse energy alternatives that compete with fossil fuels, which currently hold the unrivaled position due to their advantages, whether oil, gas, or coal, particularly those related to production costs and the flexibility of production, transportation, and storage processes. However, the state of pollution and waste has greatly affected climate change and nature in general, which has been reflected in life and caused a natural imbalance that has led to diseases and a high death rate, in addition to global warming. This is in addition to the decline in the quantities of fossil energy reserves and the decrease in the quantities discovered, which has increased fears of the process of accelerated depletion. These reasons have prompted specialists in thinking to move towards other, less harmful energy alternatives, which has prompted research and scientific centers to focus efforts towards finding renewable and clean alternatives, i.e. environmentally friendly, which has led to the creation of competitive alternatives to fossil fuels, which play a pivotal and essential role in the global energy balance. This research discusses a crucial issue: competition between fossil fuels and various energy alternatives. Based on economic logic, which emphasizes the inverse relationship between fossil fuels in general and other energy alternatives, the more developments occur, the more they contribute to increased use of these alternatives. Production increases, costs decline, and subsequently prices decline, leading to a decline in demand and a decline in fossil fuel prices. The researcher reached a number of conclusions, including that all renewable energy alternatives cannot replace fossil fuels in the near or medium term, as they face technical and economic obstacles related to high costs and flexibility of use, storage, and transportation. In light of these conclusions, the research presented a set of appropriate proposals.

Keywords—Fossil fuel, energy supply, renewable energy, oil and gas, energy alternatives, wind energy.