Ashur Journal of Legal and political Sciences (AJLSP) is published by the Iraqi Association for Legal Sciences
ISSN: 3005-3269, Vol 3(No.3), pages: 1013 - 1047 (2026)
https://ashurjournal.com/index.php/AJLPS/about

The Future of Fossil Fuels in Light of Contemporary Challenges

Assistant Lecturer Raad Ali Obaid Al-Zubaidi

University of Diyala - College of Law and Political Science– Department of Political Science ,

raadali@uodiyala.edu.iq

ARTICLE INFORMATION

Received:1 Aug 2026
Accepted:21 Aug Mar 2026
Published:1 Sep 2026

Keywords:

- Fossil fuels
- renewable energy
- pollution
- climate change
- supply chains

ABSTRACT

Fossil fuels, namely coal, oil, and natural gas, are the primary source of energy due to their ease of transport via various means and their high energy density per unit volume. However, with their increasing strategic importance, a number of challenges have emerged that threaten the future of fossil fuels. They are the commodity most affected by political conditions, and they are a non-renewable resource that will eventually be depleted. Furthermore, they are the main cause of environmental pollution and its resulting negative phenomena, such as climate change and global warming. This has prompted countries and international organizations to call for concerted global efforts to mitigate these phenomena, which have begun to threaten the future of life on Earth by calling for a reduction in reliance on fossil fuels and moving towards the development of environmentally friendly energy sources to reduce carbon emissions and leaks that pollute the air, water and soil, in addition to the environmental goal, diversifying energy sources reduces energy dependence on countries that import traditional energy, especially in light of crises and wars that threaten supply chains. However, despite all these challenges, fossil fuels remain the main source of global energy demand as a result of the increase in this demand and the change in part of its maps towards developing countries that impose less stringent environmental restrictions than industrial countries in the OECD countries.

© 2024 , This is an open access article under the cc BY-NC-ND license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

مجلة آشور للعلوم القانونية والسياسية تصدر عن الجمعية العراقية للعلوم القانونية
المجلد الثالث (العدد الثالث)، الصفحات: 1013- 1047، (2026) ISSN: 3005-3269
https://ashurjournal.com/index.php/AJLPS/about

مستقبل الوقود الاحفوري في ظل التحديات المعاصرة

المدرس المساعد رعد علي عبيد الزبيدي

جامعة ديالى ـ كلية القانون والعلوم السياسية – قسم العلوم السياسية ، raadali@uodiyala.edu.iq

معلومات المقالة

تاريخ الاستلام : ١ اب ٢٠٢٦
تاريخ القبول :٢١ اب ٢٠٢٦
تاريخ النشر : ١ ايلول ٢٠٢٦

الملخص

يعد الوقود الاحفوري المتمثل بالفحم والنفط والغاز الطبيعي المصدر الرئيس للطاقة لاعتبارات تتعلق بسهولة النقل عبر وسائل مختلفة وكذلك كثافة الطاقة المنتجة من كل وحدة مقارنة بالحجم، مع تزايد الاهمية الاستراتيجية برزت مجموعة تحديات باتت تهدد مستقبل الوقود الاحفوري كونه السلعة الاكثر تاثرا بالظروف السياسية كما ويعد مادة غير متجددة قابلة للنضوب في المستقبل، ويعد المسبب الرئيسي للتلوث البيئي وما ترتب عليه من ظواهر سلبية كالتغيرات المناخية والاحتباس الحراري الامر الذي دفع الدول والمنظمات الدولية الى الدعوة الى تظافر الجهود العالمية للحد من هذه الظاهر التي بدأت تهدد مستقبل الحياة على كوكب الارض عبر الدعوة الى تقليل الاعتماد على الوقود الاحفوري والتوجه نحو تطوير مصادر طاقة صديقة للبيئة للحدث من الانبعاثات الكربونية والتسربات الملوثة للهواء والماء والتربة، بالإضافة الى الهدف البيئي فان تنويع مصادر الطاقة يقلل من التبعية الطاقوية للدول المستوردة للطاقة التقليدية خصوصا في ظل الازمات والحروب التي تهدد سلاسل التوريد، لكن وعلى الرغم من كل هذه التحديات يبقى الوقود الاحفوري المصدر الرئيس للطلب العالمي على الطاقة نتيجة لزيادة هذا الطلب وتغير جزء من خرائطه باتجاه الدول النامية التي تفرض قيوداً بيئية اقل تشدداً من الدول الصناعية في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية.

الكلمات المفتاحية:

- الوقود الاحفوري
- الطاقة المتجددة
- التلوث
- التغير المناخي
- سلاسل التوريد

© 2024 , This is an open access article under the cc BY-NC-ND license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

المقدمة

مثل الوقود الاحفوري الركيزة الاساسية لثورة الصناعية والتي كان الفحم الوقود الاساسي لتشغيل الآلة البخارية كما استخدم الفحم في وسائط النقل كالقطارات والسفن والتي اسهمت في تطور التجارة المحلية والدولية، احدث اكتشاف النفط تطوراً كبيرا في مجال الطاقة لما تمتلكه هذه المادة من ميزات جعلتها سلعة استراتيجية احدثت تحولات كبيرة في مراكز القوة واعادة رسم خرائط النفوذ والاهمية الجيبولتيكية للدول النفطية الامر الذي تسبب بصراعات وحروب وتسييس لهذه السلعة الاقتصادية لم تشهده سلعة اخرى ترافق مع اكتشاف النفط وجود الغاز(الغاز المصاحب) والذي كان يمثل قوة دفع تسهم في تدفق النفط من المكامن الى السطح إذ كان يتم حرقة الا ان تطور الصناعة النفطية واكتشاف حقول غاز تحتوي على احتياطيات ضخمة دفع الدول والشركات النفطية لتطوير التكنلوجيا الخاصة بالغاز الذي اصبح من المصادر الاساسية للطاقة، أحدث الاستخدام الكثيف للوقود الاحفوري الى حدوث الكثير من المشاكل والتحديات ابرزها المشاكل المتعلقة بسلاسل التوريد والمشاكل البيئية المتمثلة بالتلوث والتغير المناخي والذي تسبب بحدوث ظاهرة الاحتباس الحراري وما رافقها من تداعيات بيئية خطيرة دفعت الدول والمنظمات الدولية الى الدعوة الى تظافر الجهود الدولية لمواجهة التحديات البيئية وتقليل الانبعاثات عبر ترشيد الاستهلاك وتطوير مصادر الطاقة البديلة، لكن وبالرغم من كل هذه التحديات يبقى الوقود الاحفوري وبحسب التقديرات العالمية المصدر الرئيس للطاقة للعقود الثلاث القادمة على أقل تقدير.

اولاً/ اهمية البحث:

تنبع اهمية البحث من الدور المحوري الذي يلعبه الوقود الاحفوري في ديمومة النشاط الاقتصادي العالمي فهو المحرك الاساس الذي لا يمكن الاستغناء عنه لتدوير الآلة الصناعية، في الوقت نفسه تتكاثف الجهود الدولية للحد من استخدام هذا النوع من الوقود وتشجيع البحث والتطوير لتعزيز دور مصادر الطاقة المتجددة للحد من الآثار السلبية التي ترتبت على الاستهلاك الواسع للوقود التقليدي ومن ابرزها التلوث والذي زما ترتبت عليه من تغيرات مناخية تسببت بظواهر بيئية متطرفة كذلك التذبذب المستمر في الامدادات بسبب الحروب والازمات اسهم في تعزيز هذا التوجه العالمي لذا تسعى الدول المنتجة الى اتباع سياسات من شأنها التقليل من هذه المخاوف باتباع سياسات بيئية اكثر صرامة للحد من الانبعاثات وكذلك البحث عن طرق وادوات من شأنها المحافظة على تامين سلاسل التوريد.

ثانيا/ اهداف البحث:

يهدف البحث الى التعريف باهمية الوقود الاحفوري والاثار المترتبة على استخدامه والتحديات التي يواجهها والجهود التي تتبعها الدول للحد من الظواهر السلبية وانعكاس هذه السياسات على مستقبل الوقود الاحفوري كمصدر اساسي للطاقة التقليدية.

ثالثاً/ اشكالية البحث:

ينطلق البحث من اشكالية مفادها ان مستقبل الوقود الاحفوري يواجه تحديات حقيقية قد تسهم في تراجع دوره كمصدر اساسي للطاقة كنتيجة للتحديات البيئية وتعثر سلاسل التوريد الامر الذي دفع الدول المستهلكة للبحث عن بدائل واتباع سياسات تقلل من استهلاك الطاقة التقليدية ونحاول في هذا البحث الاجابة على مجموعة من الاسئلة:

1- أهمية الوقود الاحفوري كمصدر للطاقة ودوره في الاقتصاد العالمي.
2- ما هي ابرز الآثار السلبية للاعتماد العالمي على الوقود الاحفوري.
3- حجم التحديات البيئية التي يسببها استخدام الوقود الاحفوري.
4- ما هو دور الطاقة المتجددة كمصدر طاقة بديل للوقود الاحفوري.
5- التحديات الامنية المتمثلة بانقطاع او تراجع سلاسل التوريد وتاثيرها على الاعتماد العالمي على الوقود الاحفوري.

رابعاً/ فرضية البحث:

ينطلق البحث من فرضية مفادها ان الطلب على الوقود الاحفوري سيستمر بالزيادة على المديين المتوسط والقريب مستفيداً من زيادة الطلب العالمي على الطاقة وتحول هذه الزيادة من الغرب الى الشرق النامي الذي لا يهتم كثيراً بقضايا البيئة، الا ان النسبة الاكبر من هذه الزيادة ستكون من نصيب مصادر الطاقة المتجددة.

رابعاً/ منهجية البحث:

تحتاج كل دراسة الى اعتماد مناهج علمية للوصول الى النتائج العلمية الصحيحة لموضوع البحث ولأجل الاجابة على التساؤلات المطروحة ركز البحث على المنهج الاستقرائي والمنهج التحليلي الوصفي.

خامساً/ هيكلية البحث:

قسم البحث الى اربعة مباحث رئيسية تناول المبحث الاول مفهوم الوقود الاحفوري وانواعه، أما المبحث الثاني فكان بعنوان التحديات البيئية والتي تمثل احدى ابرز التحديات التي تهدد مستقبل الوقود الاحفوري المناخي والذي يعد الوقود الاحفوري احد ابرز مصادره، اما المبحث الثالث فقد وضحنا خلاله دور الطاقة المتجددة كبديل محتمل لمصادر الطاقة التقليدية والتي بدأ الاهتمام بها يتزايد في ظل تعثر سلاسل التوريد بسبب الحروب والازمات التي أثرت سلبا على الانتاج والامداد في حين تناولنا في المبحث الرابع مستقبل الوقود الاحفوري في ظل مجموعة التحديات آنفة الذكر.

المبحث الأول

الوقود الاحفوري

وبصفة عامة، يتفق الكثيرون على أهمية الطاقة في التحولات العالمية التي تمر بها الدول، فمع نجاح دول الحلفاء في تأمين امدادات مستقرة من مصادر الطاقة وخصوصاً النفط والذي اسهم في صمود وانتصار الحلفاء فقد أثرت محدودية موارد ألمانيا واليابان من الطاقة خلال الحرب العالمية الثانية بالسلب مما ساعد على هزيمتهما من قبل خصومهما الأكثر غنى بالموارد أيضا دفعت قضايا الطاقة الولايات المتحدة الأمريكية أن يكون لها تواجد بمناطق

توافره عقب الحرب العالمية الثانية، حتى تمنع الخصوم من الوصول إلى ثروات هذه المنطقة، فضمنت لها تفوقا استراتيجيا، كل هذه الأحداث وغيرها تشير إلى الدور الحقيقي والمؤثر للطاقة مما يجعلها أحد الأسباب الرئيسية في التحول من نظام أحادي القطبية إلى آخر متعدد الأقطاب، من هنا فإن قضايا الطاقة يتم تناولها في نطاق القضايا المحورية إذ ينظر للدولة بمدى قدرتها في التعامل مع مصادر الطاقة المتاحة لديها وقدرتها على مواكبة التطورات العالمية في أنظمة إنتاج واستهلاك الطاقة مع أخذ الجوانب البيئية بعين الاعتبار، لذا يبدو المستقبل بالنسبة للدول التي تعانى من مشاكل في توفير مصادر الطاقة أكثر قلقا، وهو ما يدفع العديد من الدول المتقدمة الواقعة أسفل خط الوفرة الذاتية نحو تنمية الابتكارات والبحث والتطوير في نظم تحسين كفاءة الطاقة وأيضا الاعتماد المتزايد على أنماط جديدة لإنتاج الطاقة وتنويع المصادر[1].

المطلب الأول

الفحم

الفحم وقود أحفوري صلب، تشكل نتيجة تحول بقايا النباتات المتجمعة بين طبقات الصخور العميقة بتأثير الضغط والحرارة لملايين السنين، ولهذا سمي بالفحم الحجري. يحتوي الفحم الحجري على نسبة عالية من الكربون، ونسبة منخفضة من الهيدروجين لا تتجاوز 5%، وهي نسبة متدنية مقارنة ببعض أنواع المنتجات البترولية، إذ تصل في الغازولين، على سبيل المثال، إلى 12.5% ، وفي وقود الطائرات إلى 14.5%، يصنف الفحم الحجري تبعاً لدرجة الصلابة إلى الليغنيت، والفحم البيتوميني، وفحم الأنثراسيت [2].

كان الفحم هو الوقود الأحفوري الذي تم استغلاله لأول مرة، وأن الأصل الجيولوجي للفحم له عدد من أوجه التشابه مع النفط والغاز الطبيعي ولكنه يختلف عنهما في جوانب اخرى، وعلى العكس من النفط والغاز الطبيعي اللذان يعود أصلهما إلى أجزاء مجهرية من المادة العضوية المشتقة أساساً من الكائنات وحيدة الخلية، فإن الفحم مشتق من نباتات خشبية أكثر تعقيداً، ففي حين أن البعض من مصادر النفط والغاز الطبيعي تأتي من البحيرات والبيئات البحرية، وعلى النقيض من ذلك فإن مصدر الفحم الخشبي العضوي هو أساساً من المستنقعات والأراض السبخة وهي بيئات أرضية، ومع تشكيل الأخير في درجات حرارة وضغوط أكبر من تلك التي تؤدي إلى الغاز الطبيعي، وبسبب مصدره العضوي الأكثر تعقيداً فإن الفحم يميل إلى احتوائه على العديد من الشوائب أكثر من تلك الموجودة في النفط أو الغاز الطبيعي، وهذا يمكن أن يجعل الفحم ملوثاً للغاية عند حرقه للطاقة. فضلاً عن ذلك فإنه في حين أن البعض من استخدامات الفحم الحديثة فعالة إلى حد ما، فإن المحرك البخاري التقليدي ليس كذلك، إذ يتطلب حرق الفحم الأكثر حداثة استثمارات رأسمالية كبيرة يتم تشغيلها في الغالب على أساس شبه مستمر لتحقيق كفاءتها[3].

المطلب الثاني

النفط

نشأ النفط خلال العصور الجيولوجية القديمة في الغابات التي كانت متكاثرة في بعض انحاء الارض والهضبات البحرية، والعوالق والنباتات المائية، وقوع تلك الموارد العضوية تحت طبقات من الارض مع زيادة الضغط

والحرارة تحولت مع مرور ملايين السنين إلى نقط، فالنفط ليس طاقه مصنعه إنما هي موجودة بمحزونات في باطن الأرض يعمل الجيولوجيين جاهدين لتحديد مكان وجود النفط ومن ثم يعمل المهندسين على استخراجه لاستغلاله في الطاقة، فهو مصدر من مصادر الطاقة الأولية الهامة طبقاً لإحصائيات الطاقة في العالم، كما يحرق هذا الزيت الخام ويستغل في انتاج الطاقة الكهربائية، وتشغيل المصانع وتحريك وسائل النقل والمركبات المعدة النفط مصدر اساسي ورئيسي للطاقة الأمر الذي قاد الكثير من الدول والتنظيمات لامتلاكه بل والهيمنة على استخراجه احيانا، إذ يضمن امتلاكه السيطرة على مقاليد السياسة الدولية فضلا عن التحكم في الاقتصاد العالمي[4].

تظل أسعار النفط المحرك الأساس للأداء الاقتصادي العالمي، إذ يؤدي ارتفاع الأسعار إلى تحويل المدخول في الدول المستوردة إلى الدول المصدرة، مما يبدل ويحول الميزان التجاري بين هذه الدول، ويعتمد هذا التأثير على مدى اعتماد الدول المنتجة والمستوردة على النفط، وعلى قدرة المستهلكين على التقنين في الاستهلاك وتخفيف الاعتماد على النفط، إذا هناك رابحون وخاسرون، فالرابحون هم الدول المنتجة والشركات العاملة في هذا القطاع، أما الخاسرون فهم الدول غير المنتجة، والمستهلكون الذين لا يجدون فرص عمل من قبل حكومات بلادهم[5].

يختلف تركيب النفط الخام من حقل إلى آخر. وتقاس كثافة النفط الخام عادة بالدرجات، وفق مقياس وضعه معهد البترول الأمريكي (API). ويصنف مؤتمر الطاقة العالمي النفط الخام الثقيل على أنه النفط الذي يكون أقل من 22 درجة API، والنفط الخام المتوسط بين 22 و 31 درجة API، والخفيف أكثر من 31 API، بعض المتكثفات يصل ثقلها إلى (60) درجة، ويعد النفط الخام الخفيف والمتوسط والثقيل خام تقليدي. ويمكن مزج درجات النفط الخام لإنتاج نوعية تناسب المصافي في حين يتم غالباً مزج المتكثف أو الغاز السائل مع نفط الغاز الثقيل لضمان عدم انسداد الأنابيب، ويباع النفط الخفيف عادة بسعر أعلى من النفط الثقيل وذلك يعود بشكل أساسي إلى أن النفط الخفيف يحتوي على كبريت وشوائب أقل وبذلك يعطي منتجات مكررة أكثر مثل الكازولين أو وقود الطائرات. ويعد نفط بحر الشمال مثل برينت وإيكوفيسك والنفط النيجيري مثل بوني لايت وأنواع النفط الأفريقي الأخرى خفيفا في حين أن معظم نفط الشرق الأوسط من الأصناف الثقيلة، والنفط الذي يكون تحت الدرجة 10 API يعرف باسم بيتومين ويتطلب معالجة خاصة. يستخرج البيتومين من الرمال أو الحجارة الرملية أو غيرها من الصخور الرسوبية، في حين يستخرج النفط التقليدي بالحفارات. ويتم الآن إنتاج أحد أنواع النفط غير التقليدي، البيتومين من رمال القطران في كندا وفنزويلا[6].

تكمن أهمية النفط في عدة نواحي، أبرزها أولاً النواحي الاقتصادية، السياسية، والحربية، مما يجعل هذا المورد يرسم الى حد كبير الخطوط الرئيسية للسياسة العالمية وتزداد أهميته سنة بعد سنة، ثانيا تظهر اهمية البترول من خاصية الاحتكار الانتاجي واحتلال مناطق محدودة للجزء الأكبر من التكوينات وتحكم عدد محدد من الشركات في الجزء الأكبر من الانتاج وفي النقل والتكرير وفي خريطة تجارة البترول، واخيرا تخضع دراسة البترول في تحديد مناطق الانتاج، ثم تنقل الدراسة الى اهمية المورد البترولي وطريقة استغلاله ومراحل الصناعات النفطية المختلفة التي تمر بها عملية الانتاج أبتداءاً من الاستكشاف حتى تصل الى يد المستهلك الاخير في صورة المشتقات والصناعات البتروكيميائية المختلفة إذ تم إنتاج أكثر من (450) مادة كيميائية مستخلصة أو مشتقة من النفط،

وتستعمل اليوم في تحضير منتوجات عديدة ومختلفة تقدر بما يزيد عن (1500) صنف، لذا يمكن القول بأن منتوجات النفط ذات ضرورة قصوى في متابعة الأعمال السلمية لرفاهية البشر[7].

المطلب الثالث

الغاز الطبيعي

ازداد اهتمام الدول بالغاز الطبيعي بعد أن كان يعامل كناتج عرضي من عمليات إنتاج النفط، فمنذ نحو عشرين عاما مضت اقتصر استخدامه على القطاعات المتميزة كالصناعة، والمنازل، والنقل، واليوم يستهدف الغاز الطبيعي بذاته في عمليات الاستكشاف والإنتاج والتطوير، فتشكلت بذلك سلسلة مترابطة من الصناعات المعتمدة عليه، وأصبح مصدراً رئيسياً من مصادر الطاقة الأولية، ونتيجة الاكتشافات التي تحققت في الحقبة الماضية والتي أثبتت وجود احتياطيات كبيرة للغاز تعزز دوره في دعم المردود الاقتصادي لاستغلاله داخليا أو تصديره على شكل غاز مسال أو عن طريق خطوط الأنابيب والصناعات البتروكيماوية، مما ترتب عليه السعي للحفاظ على تلك المصادر واستخدامها بشكل عقلاني يضمن تحقيق أهداف وبرامج عمل جميع الدول[8].

لقد ألقت الحركات البيئية التي تقودها المنظمات غير الحكومية في السبعينيات والثمانينيات من القرن العشرين الضوء على مزايا الغاز الطبيعي وفوائده بوصفه وقوداً أكثر نظافة مقارنة بالمشتقات النفطية والفحم من خلال مستويات الانبعاثات المسببة للتلوث، اذ يعد الغاز الطبيعي من أفضل أنواع الوقود المستخدم حاليا بسبب تميزه بصفات وخصائص فيزيائية تجعل إمكانية التلوث من استخدامه ضئيلة جدا، ومن ثم تقلل من المخاوف البيئية، فعلى سبيل المثال، تبلغ نسبة انبعاثات الكربون الناتجة عن احتراق كمية من الغاز نحو 40% أقل من احتراق كمية مماثلة من الفحم، ونحو 20% أقل من النفط للكمية نفسها. فضلا عن أن احتراقه التام يؤدي إلى إنتاج الماء وثاني أكسيد الكربون بدلا من غاز أول أكسيد الكربون السام، واحتوائه على كميات صغيرة جدا من الشوائب والتي يمكن فصلها بتكلفة منخفضة، وضالة كميات أكاسيد الكبريت الناتجة منه مقارنة بالمصادر الأخرى للوقود الأحفوري هذا بالإضافة إلى أنه في حالة حرق الغاز الطبيعي تحت درجة حرارة عالية جدا لإنتاج الكهرباء فإن كميات من أكاسيد النيتروجين قد تنتج ولكن في المقابل نجد التلوث الحراري قد يكون متدنيا نتيجة لكفاءة الاحتراق[9].

أصبح الغاز الطبيعي الوقود الأمثل في توليد الطاقة لكثير من دول العالم، لما حصل من تطور في الكفاءة الحرارية التي تجعل منه متفوقاً على الفحم والنفط، ولكون قاعدة هذا المورد أكثر غزارة بكثير من النفط، فضلاً عن الاعتبارات البيئية أذ يعد الغاز الطبيعي أنظف وقود أحفوري، فأن الانبعاثات التي تنتج من استخدامه النهائي الاحتراق عند مقارنتها بنواتج الاحتراق لباقي أنواع الوقود الأحفوري، فأن الغاز الطبيعي يكون الأقل انبعاثات وتلويثاً للبيئة، لذلك فهو يستخدم بفاعلية وكفاءة المجموعة كبيرة من الاستخدامات المنزلية، والتجارية. والصناعية، ونظراً لتكاليفه التنافسية عند مقارنتها مع أنواع الوقود الأخرى في أنتاج حرارة عالية وبخار وطاقة نظيفة قليلة التلوث البيئي، فقد تزايد الاعتماد عليه وبسرعة كبيرة في مختلف بلدان العالم[10].

الجدول رقم (1) معدل النمو المتوقع للطلب على الوقود الاحفوري للمدة من 2023-2050 بمليون برميل نفط مكافئ

	2023	2030	2035	2040	2045	2050	معدل النمو المتوقع 2050-2023
النفط	92.2	103.1	106	107.4	108.5	109.6	16.7
الفحم	78	71.6	66.1	60	54.4	49.1	-28.9
الغاز	69.1	75.9	80.6	84.8	87.9	89.6	20.5

- Organization of the Petroleum Exporting Countries OPEC, World Oil Outlook 2050, Vienna, 2025, P.P.252

ويبين الجدول اعلاه ان توقعات الطلب على الوقود الاحفوري تشير الى ان الطلب على الغاز يزداد بمعدل اكبر من النفط الذي سيزداد الطلب عليه بمعدل متناقص في حين ان الطلب على الفحم سيتراجع، لكن بالمجمل فان الطلب العالمي سيستمر بالزياة للعقدين القادمين على اقل تقدير.

المبحث الثاني

التحديات البيئية

إن صحة الانسان ونموه الجسدي والنفسي مرتبط بالبيئة ارتباطا وثيقاً وإن التغيرات التي تطرأ على البيئة تترك آثاراً خطيرة على الحياة وقد تركت مخلفات الانسان وأنشطته عدة تغيرات في البيئة ولم تكن التغيرات ملحوظة في الأزمان القديمة، بل أصبح تلوث البيئة واضحا في الخمسين سنة الأخيرة بسبب الانفجار السكاني والتصنيع والتمدين والاستخدام المفرط لمصادر الطاقة، ولاسيما النفط من قبل الدول الصناعية الكبرى والذي ادى الى احداث تغيرات في مكونات الغلاف الجوي للأرض وما له من تأثيرات خطيرة على مجمل جوانب الحياة في هذا الكوكب الذي اختل توازنه الطبيعي بفعل النشاطات البشرية.

المطلب الأول

التلوث

تعد مشكلة تلوث البيئة من ابرز التحديات التي تواجه عالمنا لما لها من تداعيات وانعكاسات سلبية مباشرة على حياة الناس، بسبب الزيادة الكبيرة في عدد السكان وازدياد الطلب على الموارد الطبيعية وما تخلفه هذه المنتجات من آثار سلبية على البيئة سواء كانت التربة او المياه او الهواء، ان مشكلة التلوث اصبحت ذات تاثير خطير ومتزايد على كل مفاصل الحياة رغم كل القوانين والتشريعات التي تحاول الحد منها الا ان ازدياد اعداد الناس والذي ترافق مع ازدياد حاجاتهم لوسائل الرفاهية تسبب بتدهور الوضع البيئي والذي اصبح ينذر بكوارث بيئية الامر الذي دفع المختصين الى المطالبة بسن قوانين وتشريعات اكثر صرامة لمواجهة هذه الظاهرة التي باتت تهدد مستقبل الحياة

على الكوكب، ان مواجهة التلوث هي مسؤولية تشاركية تستلزم زيادة الوعي البيئي لدى الافراد من خطورة هذه الظاهرة.

أن أهم تعريف للتلوث هو التعريف الوارد في توصيات مجلس منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية (O.E.C.D) الصادرة في 14 نوفمبر تشرين الثاني عام 1974، وبموجبه يعرف التلوث بأنه "إدخال مواد أو طاقة بواسطة الإنسان سواء بطريق مباشر أو غير مباشر، إلى البيئة، إذ يترتب عليها آثار ضارة من شأنها أن تهدد الصحة الإنسانية، أو تضر بالموارد الحية أو بالنظم البيئية أو تنال من قيم التمتع بالبيئة أو تعوق الاستخدامات الأخرى المشروعة لها[11].

أولاً/ تلوث الهواء:

يحصل تلوث الهواء جراء وجود أي مواد صلبة أو سائلة أو غازية بكميات تؤدي إلى أضرار فسيولوجية واقتصادية للانسان والبيئة التي يعيش عليها حيوية وغير حيوية، أن الهواء الذي هو مخلوط غازي يملأ جو الأرض يمثل عنصراً أساسياً من عناصر الحياة للانسان والحيوان والنبات التي لا يستطيع العيش بدونه وقد احتفظ الهواء ومنذ الازل وعبر كل العصور بتركيبة ثابتة تقدر فيها نسبة النتروجين 78% والاوكسجين (21%) ونسبة (1%) لباقي الغازات من أركون وثاني أوكسيد الكربون وبخار الماء وغازات خاملة أخرى وأن وجود الأوكسجين بنسبة خمس هذه المكونات كافٍ لتنفس الكائنات الحية ومنها الانسان إذ يدخل هذا العنصر في تكوين الخلايا الحية بنسبة تعادل ربع مجموع الذرات الداخلة في تركيبها ولذلك تقدر حاجة الانسان يومياً ب (1500) لتر هواء أي ما يوازي (16) كيلو غرام[12].

تكمن أهمية غازات الهواء الطبيعي المتوازن من تكوين الدرع الذي يحيط الحياة على سطح الارض وهو درع خفيف لا نحس له ثقلا وهو إنسيابي لا يعوق حركتنا لطيف الملمس لا يخدش أجسامنا ومع ذلك فأن تأثيره يعادل تأثير درع من الحديد الصلب سمكه عدة بوصات يحيط بالكرة الارضية فتتكسر فيه أجزاء الاشعة الشمسية القاتلة لتحمي الحياة على كوكب الارض.

ادى التدخل البشري في الطبيعة بشكل مفرط من خلال استغلال مصادر الطاقة ومنها الفحم والنفط الى إحداث اختلال في توازن مكونات الغلاف الجوي وتلوث مصادر الحياة (الهواء، الماء والتربة). وتمتاز التغيرات الناتجة عن النشاطات البشرية بأنها ذات طبيعة تراكمية مما يجعلها بمرور الزمن خطراً يهدد الحياة على كوكب الأرض، لاسيما في المرحلة التي ازداد فيه اختلال التوازن بين مكونات الغلاف الجوي (الغازات الضارة) تزداد الخطورة عندما تختلط بعض العوامل الطبيعية مع عوامل بشرية مما يؤدي الى تغيرات مناخية هائلة تؤثر بشكل فعال على الحياة، بسبب ظاهرة الاحتباس الحراري التي تنجم بفعل ازدياد نسبة الغازات المضرة في الخلاف الجوي، إذ أن المخزون الحراري للجو يؤدي الى تغير نمط الحركة العادية للكتل الهوائية، كما يؤدي الى اختلال التوازن بين انواع الطاقة في الجو مما يسبب حدوث تشنجات وحركات عصبية للغلاف الجوي تتخطى حدودها المألوفة وتتجاوز المعدلات المعروفة خلال فترات قصيرة مما يسبب ارتفاعا شديدا او انخفاضا قاسيا غير متوقع في درجات الحرارة في بعض الاماكن، كما تتولد انواع خطيرة من الاعاصير الاستوائية المدمرة بصورة غير معتادة سواء في شدتها أوفي تكرار حدوثها ، إضافة لتغيير مواقع أحزمة المطر بما يهدد بإزاحة منابع الانهار بفعل

نضوب مصادر المياه، كما تزداد شدة التبخر واستهلاك المياه في بعض المناطق الذي يؤدي الى زيادة الجفاف والتصحر، وفي نفس الوقت تزداد معدلات سقوط الامطار في مناطق اخرى وهذا ما يزيد من كوارث السيول في الكثير من دول العالم[13].

شهد عام 2025 انعكاسًا للاتجاه طويل الأجل المتمثل في انخفاض الانبعاثات في الاقتصادات المتقدمة والنمو السريع في الانبعاثات في الأسواق الناشئة والاقتصادات النامية. في الاقتصادات المتقدمة، ارتفعت الانبعاثات بنسبة 0.5٪، وهي أول زيادة سنوية منذ عام 2018 بسبب ارتفاع اسعار الغاز والذي دفع الدول الى زيادة استهلاك الفحم لتوليد الطاقة الكهربائية[14]، ويعد استهلاك الوقود الاحفوري احد اكثر المسببات لتلوث الهواء وبالتالي حدوث هذا النوع من الظواهر وذلك للكميات الكبيرة من غاز ثاني اوكسيد الكربون التي يطلقها حرق هذا النوع من الوقود.

ثانياً/ تلوث المياه:

هو أي تغير فيزيائي أو كيميائي في نوعية المياه، بطريقة مباشرة أو غير مباشرة يؤثر سلبًا على الكائنات الحية، أو يجعل المياه غير صالحة للاستخدامات المطلوبة. ويؤثر تلوث الماء تأثيرا كبيرا في حياة الفرد والأسرة والمجتمع، فالمياه مطلب حيوي للإنسان وسائر الكائنات الحية، فالماء قد يكون سبباً رئيسيًا في إنهاء الحياة على الأرض إذا كان ملوثا، تتعدد أسباب التلوث النفطي للمياه لتتضمن حوادث ناقلات النفط ومنتجاته، وحوادث استخراج النفط من الآبار البحرية، خاصة أثناء عملية فصل الماء عن الزيت فصلا كاملًا، أو نتيجة تسرب النفط من الآبار المجاورة للشواطئ البحرية، أو بسبب تلف أنابيب نقل النفط من آباره البحرية للشواطئ، وأيضًا حوادث إلقاء النفايات والمخلفات النفطية في البحر من ناقلات النفط أثناء سيرها؛ خاصةً تلك المخلوطة بالمياه التي استخدمت في غسيل خزاناتها وخاصةً تلك المصاحبة لتفريغ مياه توازن السفن أو غرق الناقلات النفطية المحملة بالنفط أو اصطدامها بالسفن الأخرى[15].

لذا فإن هناك عدداً من التأثيرات السلبية لعمليات نقل النفط براً أو بحراً ويكون تأثيرها على المياه من خلال تسرب النفط الى الماء رغم ذوبان النفط في الماء، إلا أنه ومع مرور الزمن يختلط النفط بالماء مكوناً مستحلب يختلط بمياه البحر ويمتزج بها وينتج عنه تلوث للمياه العميقة في البحر الذي يمتص الزئبق والرصاص والكادميوم من مياه البحر فيزداد بذلك تركيز هذه العناصر في المناطق المحيطة ببقعة النفط فتظهر بذلك آثارها السامة في منطقة الحادث، وقد تعمل الرياح وحركة الأمواج على اتساع رقعة التلوث باتجاه الشواطئ المقابلة فتلوث رمالها وتحولها إلى منطقة ملوثة ولا يمكن التخلص من هذا التلوث إلا بعد فترة طويلة، وكذلك بالنسبة لتلوث المياه السطحية أو الجوفية نتيجة نقل النفط بخطوط الأنابيب يؤدي إلى نفاذ النفط إلى التربة مسبباً تلوث المياه الجوفية، فعند استخدام خطوط الأنابيب لنقل النفط فإنه يتم إنشاء محطات لدفع النفط ولتغطية انخفاض الضغط داخل الأنبوب وضمان تدفق ثابت للنفط فيتطلب الامر تزويد المحطات بمضخات تعمل بمحركات الديزل أو مولدات كهربائية أو توربينات الغاز مسببة في انبعاث بعض الغازات في الهواء كذلك تصاعد بعض الغازات من بقعة النفط خاصة في حالة النفط الثقيل". إن نسبة التطاير تصل إلى نسبة (10%) من وزن النقط المكون للبقعة أما إذا كانت منتجات نفطية خفيفة فإن نسبة الغازات المتطايرة تصل إلى نسبة (75%) من وزن النفط الملوث والباقي يتسرب الى التربة

ومنها الى مصادر المياه السطحية القريبة او المياه الجوفية، وتعتبر مشكلة انسكاب وتسرب النفط من المشاكل التي تعاني منها الدول المنتجة والمستهلكة للنفط إلا أنه يحدث بطرق مختلفة وتعد عملية نقل النفط بوساطة الناقلات من المصادر الرئيسة لتلوث مياه البحار من خلال مياه التوازن بنسبة اكبر من حوادث الناقلات لذا فإن السبب الرئيس لهذا التلوث بالنفط يتمثل في تلك النفايات أو المخلفات النفطية التي تلقيها الناقلات أثناء سيرها في عرض البحر وهناك نوع آخر من التلوث يكون نتيجة التسرب من الموانئ إذ تحدث نتيجة تسربات من أنابيب النفط الخام التي يتم ربطها بالناقلات عند القيام بعملية التحميل، أما التلوث الناجم عن عملية حوادث التسرب من الناقلات الناتجة عن تصادم الناقلات فيما بينها أو الناقلات مع أرصفة الموانئ أو حوادث الغرق والذي تنتج عنه كوارث وتظهر على شكل انسكاب لكميات هائلة من النفط الخام إلى البحر، أما التلوث الناجم عن تنظيف الناقلات فيكون تأثيره بإلقاء مخلفات تنظيف من ناقلات النفط في وسط البحر وتكون تلك المخلفات تحوي منظفات وبعض المواد والمحاليل المذيبة، ولاسيما أن النفايات الناجمة عن عملية النقل والمتمثلة في الانبعاثات الغازية والتي تتضمن بصورة رئيسة أكاسيد النيتروجين وأكاسيد الكبريت وثاني أكسيد الكربون وغيرها والمركبات العضوية المتطايرة والهيدروكربونات المحترقة جزئياً[16].

وتتسبب الحوادث العرضية مثل التصادم، أو ارتطام السفينة بتضاريس قاع البحر، أو الحرائق، بأسوأ عمليات التلوث النفطي لمياه البحر طالما أن مثل هذه الحوادث تحصل غالبا بالقرب من الشواطئ، وبالتالي يمكن لآلاف براميل النفط أن تتدفق من سفن نقل النفط المنكوبة، كما أن الصدأ التدريجي الذي يصيب الخزانات المعدنية للعنابر المغمورة بالمياه يمكن أن يكون مصدر إضافي للتلوث النفطي ولسنوات عديدة بعد غرق هذه السفن، يضاف إلى ذلك أن إقامة المنشآت والتجهيزات أو المعدات الشاطئية في موانئ النقل البحري عادة ما يعقبها ظهور بقع مخيفة على سطح مياه البحر[17].

ثالثاً/ تلوث التربة:

هي تغيير الخصائص التربة الطبيعية والكيميائية والبيولوجية عن طريق إضافة مواد إليها أو نزع مواد منها أو هو تواجد أي مادة من المواد الملوثة في البيئة بكميات تؤدى بطريق مباشر أو غير مباشر وبمفردها أو بالتفاعل مع غيرها إلى الإضرار بالصحة أو التسبب في تعطيل الأنظمة البيئية إذ قد تتوقف تلك الأنظمة عن أداء دورها الطبيعي على سطح الأرض، وتعتبر التربة ملوثة بإحتوائها على مادة أو مواد بكميات أو تركيزات مسببة خطر على صحة الإنسان أو الحيوان أو النبات أو على المنشآت الهندسية أو المياه السطحية أو الجوفية، ساهم الإنسان في تلوث محيطه منذ القدم ولم يهتم بهذه المشكلة في تلك الآونة وذلك بسبب التعداد السكاني البسيط ، ولكن مع زيادة عدد السكان وتناقص إنتاجية الأرض بسبب تلوث التربة مما ساهم في تدني مستوى المعيشة فالتربة التي تعتبر مصدرا للخير هي من أكثر العناصر التي يسئ الإنسان استخدامها في هذه البيئة فهو قاس عليها لا يدرك مدى أهميتها فهي مصدر الغذاء الأساسي له ولعائلته، وينتج عن عدم الوعي والإدراك لهذه الحقيقة إهماله لها[18].

ويمكن تعريفه أيضا بأنه التدمير الذي يصيب طبقة التربة الرقيقة الصحية المنتجة إذ ينمو معظم الغذاء، وتعتمد التربة الصحية على البكتيريا والفطريات والحيوانات الصغيرة لتحليل المخلفات التي تحتويها وإنتاج المغذيات، وتساعد هذه المغذيات في نمو النباتات وقد تحد المبيدات والمواد الكيميائية المتسربة الى التربة من قدرة الكائنات

العضوية التي في التربة على معالجة المخلفات وبناءً عليه فان المزارعين الذين يفرطون في استخدام الأسمدة والمبيدات أن يعملوا على تدمير إنتاجية وقدرة التربة على تجديد نفسها[19].

إن عملية تسرب النفط في التربة و ومعدل تغلغله إلى الأعماق تتوقف على لزوجة النفط المتسرب وعلى نوع وتضاريس التربة، أي أنه إذا كان معدل تسرب النفط على سطح التربة أكبر من معدل تسربه وتغلغله في التربة فإنه يتراكم على سطح التربة بعد تشبع الطبقات العليا، إذ تزداد مساحة البقعة النفطية فوق سطح الأرض. ونظراً لتعرض النفط للهواء الجوي فإنه يبدأ في التبخر بمعدلات تتوقف على مساحة البقعة ودرجة رطوبة الجو وسرعة الرياح ونوعية المادة النفطية (ثقيل أو خفيف) وبالتالي فإن لعملية التسرب أو الانسكاب للنفط أثر كبير ومدمر على البيئة المحيطة[20].

كثيراً ما يحدث تسرب للغاز الطبيعي من الأنابيب تحت سطح الأرض، وعلي الرغم من أن هذا يمثل أحد مشاكل تلوث البيئة فإن هناك توسعا في استخدامه في المدن وضواحيها، ويؤدي تسرب الغاز في بعض الأحيان إلى قتل الأشجار في المدن بمعدل أكبر من موتها بالعوامل الطبيعية الأخرى مجتمعة، ويحتوى الغاز الطبيعي عادة علي نسبة عالية من الميثان وكميات قليلة من الإيثان بالإضافة إلي الكثير من المركبات الطيارة الأخرى، وتتكاثر البكتريا القادرة علي أكسدة الهيدروكربونات الطيارة في المنطقة المحيطة بالغاز المتسرب فتقوم باستهلاك الاوكسجين مما يعمل علي إيجاد مواقع فقيرة في الأكسجين ثم تقوم البكتريا بتخليق مركبات يكون لبعضها تأثير سام علي النباتات، ولذلك فإن تأثر النباتات المجاورة ليس نتيجة وجود الغاز الطبيعي في حد ذاته بل يكون بسبب نقص الاوكسجين وزيادة تركيز غاز ثاني اوكسيد الكربون وربما أيضاً يكون راجعاً إلى وجود المواد السامة التي أنتجتها الميكروبات[21].

وكذلك بالنسبة لتأثير نقل النفط والغاز على التربة بسبب الأنابيب التي تتدفق تحت التربة مسببه انضغاط التربة وفقدان خصوبتها وعند تشبع التربة بالضغط فأنها تكون طبقة تمنع التبادل الغازي بين الكائنات والهواء الجوي لذا فإنه يؤدي إلى موت الكائنات بسبب تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون أسفل طبقات التربة المضغوطة، تعد المعالجة البيئية احد انجح الطرق لمعالجة تلوث التربة بتسرب النفط والغاز وهي عبارة عن تقنية حيوية يمكن من خلالها بواسطة الكائنات الحية الدقيقة هضم النفط ومشتقاته الهيدروكربونية وتحويله إلى ثاني أكسيد الكربون والماء بالإضافة إلى المادة العضوية مما يؤدي إلى تحسين خواص التربة الملوثة[22].

المطلب الثاني

التغير المناخي

تعد مشكلة التغير المناخي أحد ابرز التحديات التي توجه مستقبل العالم لما لها من نتائج كارثية على حياة البشر في جميع دول العالم فالانسان منذ الازل تأقلم مع الطبيعة وحاول ان يذلل الصعوبات التي واجهته الا ان التغير المناخي احدث ارباكاً في التأقلم فارتفاع معدلات الحرارة وموجات الجفاف والفيضانات والاعاصير التي بدأت تضرب مناطق لم تشهد مثل هذه الظاهرة من قبل وذوبان القطب الجليدي والارتفاع المستمر وغيرها من الظواهر اربكت هذا النوع من التأقلم فاصبحت تهدد حياة الناس على كوكب الارض.

التغير المناخي يعني أي تغير مؤثر وطويل المدى في معدل حالة الطقس يحدث لمنطقة معينة يؤدي الى حصول تغيير في المناخ، ان معدل حالة الطقس يمكن ان تشمل معدل درجات الحرارة معدل التساقط، وحالة الرياح، هذه التغيرات يمكن ان تحدث بسبب العمليات الديناميكية للارض كالبراكين، أو بسبب قوى خارجية كالتغير في شدة الاشعة الشمسية أو سقوط النيازك الكبيرة، ومؤخراً بسبب نشاطات الإنسان، لقد أدى التوجه نحو تطوير الصناعة في الاعوام المائة وخمسون المنصرمة إلى استخراج وحرق مليارات الاطنان من الوقود الأحفوري لتوليد الطاقة الامر الذي تسبب بإطلاق غازات استقرت في الغلاف الجوي ادت الى حبس الحرارة كثاني أوكسيد الكربون وهي من أهم أسباب تغير المناخ الامر الذي تسبب برفع حرارة الكوكب إلى (1.6) درجة مئوية مقارنة بمستويات ما قبل الثورة الصناعية[23].

تعد قضية تغير المناخ من أكثر التحديات العالمية الحالية خطورة من ناحية شدة الأضرار التي قد تتسبب بها، وأكثرها صعوبة من ناحية المعالجة والتعامل معها، ويوضح الباحثان (أندرو دسلر وإدوارد بارسون) أن تغيرات المناخ التي برزت في هذا القرن أكثر بكثير من تلك التي حدثت في القرن العشرين، ومن المحتمل أن تكون تأثيراتها الإنسانية أكبر بما يتناسب مع زيادتها، ويمثل هذا التغير الكبير أو السريع في المناخ تهديدا إضافيا للقضايا البيئية الأخرى من قبيل نوعية الهواء والماء، كما يمثل خطرا على الأنظمة البيئية والتنوع البيولوجي، وتهديدا للمناطق الساحلية والحياة البحرية والأراضي الرطبة وطبقة الأوزون، ومخاطر أخرى، مثل زيادة موجات الجفاف التي ستسبب تهديدا للتغذية والصحة والموارد المائية. وتحمض مياه المحيطات وذوبان الجليد في المحيط المتجمد الشمالي[24].

يؤثر تغير المناخ بشكل مباشر على الحياة اليومية، فدرجات الحرارة الآخذة في الارتفاع، وذوبان الجليد والفيضانات المتكررة في الأعوام الأخيرة وموجات الجفاف القاسية، والعواصف المدمرة، وحرائق الغابات التي اجتاحت عددا من البلدان في السنوات الخمس الأخيرة، كتركيا ولبنان وأستراليا والولايات المتحدة الأمريكية وغيرهم، والتي تسببت في تدمير الأنظمة البيئية وهلاك الكثير من الكائنات الحية وتضرر الأبنية السكنية المحيطة بها، ففي العام (2022) شهدت (16) دولة حرائق شديدة بدرجة غير مألوفة وفقا للمرصد العالمي للغابات (Global Forest Watch). وكل ما سبق ليس سوى القليل من المخاطر المتزايدة التي يواجهها العالم اليوم، وإذا لم تتخذ الحكومات والشركات والمؤسسات خطوات سريعة وتلتزم بالاتفاقيات التي تم وضعها في إطار الحد من التغير المناخي، فمن المحتمل جدا أن تشتد حدة هذه المظاهر وتتزايد خلال العقود القادمة، ما يمثل تهديدا مباشرا للعالم ككل والمجتمعات والدول الفقيرة بشكل خاص[25].

ان الاسراف في حرق كميات كبيرة من الوقود الاحفوري و انبعاثات غازات الكلوروفلوروكربون اسهم في استنزاف جزء من طبقة الاوزون التي تحمي الارض من الاشعة فوق البنفسجية وهي جزء من الغلاف الجوي لكوكب الأرض، والذي يحتوي بشكل مكثف على غاز الأوزون وهي متمركزة بشكل كبير في الجزء السفلي من طبقة الاستراتوسفير من الغلاف الجوي للأرض وهي ذات لون أزرق يتحول فيها جزء من غاز الأوكسجين إلى غاز الأوزون بفعل الأشعة فوق البنفسجية القوية التي تصدرها الشمس وتؤثر هذه الانبعاثات في هذا الجزء من

الغلاف الجوي نظرا لعدم وجود طبقات سميكة من الهواء فوقه لوقايته الامر الذي يسمح بتسرب كميات اكثر من النسب الطبيعية لانواع مختلفة من الاشعة المضرة بصحة الكائنات الحية[26].

شهد عام 2023 تجاوز درجات الحرارة العالمية للمعدلات التاريخية المسجلة قبل العصر الصناعي بأكثر من (1.6) درجة مئوية، وذلك حسبما أكدت الدراسات العلمية المتخصصة في تغير المناخ هذا التطور يجعل تحقيق أهداف اتفاق باريس الطموحة الرامية إلى الحد من ارتفاع درجة الحرارة العالمية إلى أقل من درجتين مئويتين فوق المستويات ما قبل الصناعية، أمراً بعيد المنال من الناحية العلمية فالأرقام الحالية تشير إلى أن الزيادة المتوقعة قد تصل إلى (2.9) درجة مئوية أو أكثر بحلول عام 2100، في ظل هذه الظروف، يستمر التقدم الدولي تحت مظلة اتفاق باريس في مواجهة تحديات كبرى وقد أعرب الأمين العام للأمم المتحدة، (أنطونيو جوتيريس) عن قلقه العميق محذراً من أننا **"في طريقنا المتسارع نحو جحيم المناخ، ولا نزال نضغط على دواسة الوقود بلا هوادة"**[27].

المطلب الثالث

الاحتباس الحراري

الاحتباس الحراري هو ظاهرة عالمية تتمثل في ازدياد حرارة الغلاف الجوي للكرة الأرضية هذا الاحتباس هو نتيجة ارتفاع مفرط للغازات الدفيئة، وهي على الأرجح نتاج الثورة الصناعية، الغازات الدفيئة هي مجموعة من الغازات التي تتراكم في الغلاف الجوي إذ تقوم تلك الغازات بامتصاص جزء من الأشعة تحت الحمراء التي تنبعث من سطح الأرض كانعكاس للأشعة الساقطة على سطح الأرض من الشمس، وتحتفظ بها في الغلاف الجوي للأرض لتحافظ على درجة حرارة الأرض في معدلها الطبيعي، لكن مع التقدم في الصناعة ووسائل المواصلات منذ الثورة الصناعية وحتى الآن مع الاعتماد على الوقود الاحفوري (الفحم والنفط والغاز الطبيعي) كمصدر أساسي للطاقة ومع حراق هذا الوقود لإنتاج الطاقة واستخدام غازات الكلوروفلوركاربون والتي تستخدم في اجهزة التبريد والتكييف وفي الصناعة بكثرة انتجت غازات دفيئة بكميات كبيرة تفوق ما يحتاجه الغلاف الجوي للحفاظ على درجة حرارة الأرض، وبالتالي أدى وجود تلك الكميات الإضافية من تلك الغازات إلى الاحتفاظ بكمية أكبر من الحرارة في الغلاف الجوي وبالتالي من الطبيعي أن تبدأ درجة حرارة سطح الأرض في الزيادة، تقوم الغازات الدفينة بحبس الأشعة تحت الحمراء أو الحرارة عموماً مما يؤدي إلى ازدياد درجات الحرارة داخل الغلاف الجوي للكرة الأرضية وبعد هذا الأمر هو السبب الأبرز لظاهرة الاحتباس الحراري، فالمستوى العالي من الحرارة المنبعثة من الشمس ترجع إلى الأرض للمرة الثانية بدلاً من ذهابها خارج الغلاف[28].

وصلت انبعاثات ثاني أكسيد الكربون العالمية إلى مستوى قياسي في عام 2023 إذ نتجت الغالبية العظمى منها عن قطاع الطاقة بعد ارتفاع بنسبة (1%) في عام 2022، ارتفعت انبعاثات غاز ثاني اوكسيد الكربون العالمية المرتبطة بالطاقة بنسبة (1.3%) في عام 2023 كان استخدام الفحم المساهم الأكبر في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، إذ بلغت نسبته (15.7) جيجا طن من اجمالي (37.7) جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون المنبعث من قطاع الطاقة في عام 2023 يليه النفط (11.3) جيجا طن ومن ثم الغاز الطبيعي (7.5) جيجا طن. كما ساهم الفحم

بنحو (80%) من الزيادة في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في عام 2023. ومع ذلك، من المتوقع أن يبلغ الطلب على الوقود الأحفوري ذروته في جميع السيناريوهات بحلول عام 2030، مما يعني أن نقطة التحول في الانتقالات باتت وشيكة وقد بدا التوسع السريع في استخدام تقنيات الطاقة النظيفة، ولا سيما الطاقة الشمسية وطاقة الرياح للحد من الارتفاع المطرد لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون[29].

يعد ثاني أكسيد الكربون غاز الدفيئة المهيمن الذي يُسبب تغير المناخ العالمي اليوم، وقد كان كذلك طوال تاريخ الأرض، استمر ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي في الازدياد عام 2024، دون أي مؤشر على التباطؤ بلغ متوسط ثاني أكسيد الكربون عالميًا على سطح الأرض (423.9) جزءًا في المليون عام 2024، وتسارعت معدلات نمو ثاني أكسيد الكربون بشكل ملحوظ من متوسط (0.8) جزء في المليون سنويًا في الستينيات إلى (2.4) جزء في المليون سنويًا في العقد الممتد من 2011 إلى 2020، كرد فعل مباشر على زيادة الانبعاثات البشرية من عام 2023 إلى عام 2024، ازداد ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي السطحي العالمي بمقدار (3.5) جزء في المليون؛ وكانت هذه أكبر زيادة سنوية في سجل القياسات الحديث، متجاوزة الرقم القياسي السابق البالغ (3.3) جزء في المليون من عام 2015 إلى عام 2016، ومتجاوزة الزيادة البالغة (2.4) جزء في المليون من عام 2022 إلى عام 2023 بهامش كبير[30].

يبرز عام 2023 كأكثر الأعوام حرارة على الإطلاق بفارق كبير بسبب مزيج من تغير المناخ طويل الأجل، وظاهرة النينيو، وعوامل أخرى. استمر هذا الاتجاه في عام 2024. كان شهر يونيو حزيران 2024 الشهر الثالث عشر على التوالي الذي يشهد درجات حرارة عالمية قياسية، تحذر أحدث التوقعات من أن عامًا واحدًا على الأقل من الأعوام الخمسة المقبلة سيكون الأكثر حرارة على الإطلاق، متجاوزًا عام 2023، ففي الفترة 2023-2024، تأثرت جميع مناطق العالم تقريبًا بارتفاع درجات الحرارة لفترات طويلة[31].

ما من شك في أننا إذا أردنا أن يكون لنا أي تأثيرايجابي على ظاهرة الاحترار العالمي، فسيتعيَّن علينا جميعًا أن نغيِّر أنماط حياتنا، ونتجه نحو مجتمع يشجع ويكافئ على الاستخدام الأكثر فعالية وكفاءة للطاقة وللموارد المتاحة، إن معالجة ظاهرة الاحترار العالمي ترتبط ارتباطاً وثيقا بالاعتماد الواسع النطاق على التنمية المستدامة وبخلافه ستضع ظاهرة الاحترار العالمي نهاية للعالم الذي عهدناه عن طريق إحداث تغييرات جذرية لبيئتنا، لكن إن لم يستمر الوضع في التدهور، فلا بد أن يقدم أيضًا حافزا ودافعا لتغيير الطريقة التي نعيش بها في العالم المتقدم ليس أمامنا خيار سوى خفض استهلاك الوقود، والاستثمار في مصادر الطاقة المتجددة، وإعادة التدوير على نطاق أكبر بكثير مما عليه الحال الآن، هناك خطة بديلة مطروحة للحد من انبعاثات الغازات الدفيئة يمكنها بدء تحريك الوضع على الدرب الطويل لتحقيق تثبيت نسب تلك الانبعاثات بل والحد منها وهذه الخطة البديلة تُسمى (التقليص والتقارب)، وهي نموذج جديد من أفكار معهد المشاعات العالمية في لندن وتستند هذه الخطة البارعة على مبدأين أولهما: أنه يجب تقليل انبعاثات غازات الدفيئة، وثانيهما: أن الوسائل التي تستخدم في ذلك يجب أن تكون عادلة للجميع ولذلك تقترح نظرية التقليص والتقارب الحد من الانبعاثات على أساس نصيب الفرد وستبرم اتفاقية دولية تحدد كم الانبعاثات الذي يجب أن يلتزم به كل طرف كل عام ومن ثم تصدر تصاريح بكم الانبعاثات لكل دولة مشاركة على أساس عدد سكانها، ومن المقرر أن تكون تصاريح الانبعاثات تلك قابلة للتداول إذ يتسنى لبلدان مثل

الولايات المتحدة الامريكية وأستراليا أن تشتري تصاريح الانبعاثات التي تفيض عن حاجة البلدان النامية المكتظة بالسكان وهذه الخطة البسيطة تجذب كل يوم اهتماما متزايدًا ولها الآن مؤيدون ذوو ثقل في الأمم المتحدة وأوروبا، والصين وحتى بين البلدان النامية[32]، هذا بالإضافة الى الجهود الدولية المتمثلة بالمؤتمرات الدولية وقمم المناخ التي تبحث عن حلول لمشكلات التغير المناخي عبر تظافر جهود الدولية للحد من الانبعاثات المضرة بالبيئة بشكل عام والغلاف الجوي بشكل خاص.

المبحث الثالث

تحدي الطاقة المتجددة وسلاسل التوريد

يمثل تحديي الطاقة المتجددة وتعثر سلاسل التوريد احدى اخطر التحديات التي تواجه مستقبل الوقود الاحفوري واعادة رسم خرائط الطاقة على مستوى العالم ففي الوقت الذي تتعرض فيه سلاسل التوريد الى خطر الانقطاع بسبب الحروب والازمات السياسية يبرز دور بدائل الطاقة غير التقليدية والمتمثلة بالطاقة المتجددة كبديل اكثر استقراراً بعيداُ عن ارتهان المصالح الاقتصادية للدول بالازمات الجيوسياسية، لذلك تسعى الدول الى تطوير هذا النوع من مصادر الطاقة بادخال التحسينات التكنلوجية والتطوير المستمر الذي يضمن الاحلال التدريجي لهذه المصادر لتكون البديل المستقبلي للوقود الاحفوري حسب وجهة نظر المتفائلين بمستقبل الطاقة البديلة.

المطلب الأول

تحدي منافسة الطاقة المتجددة

الطاقة المتجددة هي عبارة عن مصادر طبيعية دائمة وغير ناضبة ومتوفرة في الطبيعة سواء كانت محدودة أو غير محدودة، أي أن مخزوناتها غير قابله للنفاذ وهي متجددة باستمرار، فضلا عن أنها نظيفة لا ينتج عنها تلوث بيئي نسبيا الا انها تحتاج إلى مستوى تكنولوجي وتطوير مستمر يخفض التكاليف لتصبح في متناول غالبية دول العالم، واهم انواعها، الطاقة الشمسية طاقة الرياح الكتلة الحيوية حرارة المحيطات والطاقة المتولدة من المياه كطاقة السدود والامواج وطاقة المد والجزر والهيدروجين[33].

في عام 2025، زادت الإضافات السنوية العالمية لقدرة الطاقة المتجددة بنسبة (16%)، لتصل إلى (800) جيجاواط على الرغم من التحديات المرتبطة بضغوط سلسلة التوريد، وتأخيرات ربط الشبكة، والضغوط المالية، والتحولات السياسية، وقد مثل هذا العام الثالث والعشرين على التوالي الذي تسجل فيه مصادر الطاقة المتجددة أرقامًا قياسية جديدة في التوسع، شكلت الطاقة الشمسية الكهروضوئية أكثر من ثلاثة أرباع الإضافات لقدرة الطاقة المتجددة الجديدة في جميع أنحاء العالم، تليها طاقة الرياح (20%). أما الحصة المتبقية فكانت من الطاقة الكهرومائية، والطاقة الحيوية، والطاقة الحرارية الأرضية، والطاقة الشمسية المركزة، والطاقة البحرية[34].

أولاً/ طاقة الرياح:

مثلت طاقة الرياح احدى اول مصادر الطاقة التي عرفها الانسان ووظفها لحركة السفن الشراعية والطواحين الهوائية وضخ المياه، وهي الطاقة المستمدة من الرياح عن طريق تحويل حركة الرياح، أي طاقتها الحركية الى شكل آخر من اشكال الطاقة سهلة الاستخدام، وبالدرجة الاساس توليد الطاقة الكهربائية والى درجة اقل في توليد

الطاقة الميكانيكية فيما يسمى بطواحين الهوائية كما تستخدم الطاقة الرياح في عدد كبير من التطبيقات من اهمها ضخ المياه باستخدام طاقة مضخات الرياح وتحريك السفن عبر دفع أشرعتها كما يمكن الاعتماد عليها كبديل جيد للوقود الأحفوري والتي تتوفر بشكل دائم ومتجدد باستمرار لذا تعد من أكثر مصادر الطاقة النظيفة والصديقة للبيئة[35]. الا ان استخداماتها الحديثة والمتمثلة بتوربينات الرياح يواجه مجموعة من التحديات ابرزها الكلفة العالية وارتفاع تكلفة صيانتها كما ان نصبها يتطلب وجود مستوى معين من الرياح لا يتوافر في جميع الاماكن الامر الذي يتطلب مد خطوط نقل للطاقة من مناطق الانتاج الى مناطق الاستهلاك الامر الذي يترتب عليه تكاليف اضافية ترفع من تكلفة انتاج هذا النوع من الطاقة.

ثانياُ/ الطاقة الشمسية:

تعد من أهم مصادر الطاقة المتجددة التي يمكن للإنسان استغلالها كونها تتميز هذه الطاقة بالاستمرارية ومتوفرة بشكل واسع ومستدام ونظيف فمصدرها الشمس التي لا تفنى ولا تزول فهي مصدر طاقة حياة الأرض إذ لولاها لما وجدت الحياة بشكلها الحالي على سطح كوكبنا ويقصد بطاقة الشمس الاشعة الكهرومغناطيسية المنبعثة (فوق البنفسجية والمرئية وتحت الحمراء القريبة والمتوسطة والحرارة المشعة، وقد استخدمها الانسان منذ عصور سواء بشكل مباشر او عبر وسائل تقنية طورها بمرور الزمن، ويمكن الاستفادة من الشمس في توليد الطاقة الحرارية والكهربائية باستخدام المحركات الحرارية، وألواح الخلايا الضوئية، والمحولات الفوتوضوئية[36].

تعد الشمس المصدر الرئيس للطاقة النظيفة ولا ينتج عنها غازات ملوثة وهو من بين المصادر البديلة للنفط والتي تعقد عليها الآمال المستقبلية، فالطاقة الشمسية المتولدة منها من قبيل انواع الطاقة المتجددة الحرارية والتي يتم تحوليها الى طاقة كهربائية، ولأن ما تبقى من عمر الشمس يقاس بملايين السنين، فان معظم العلماء يعدون الطاقة الشمسية مخزون غير ناضب ولذلك تعد الطاقة الشمسية متجددة ويمكن تحويل اشعة الشمس إلى صور أخرى للطاقة بواسطة عمليات تحويل متعددة، وهناك طريقتين لاستغلال الطاقة الشمسية الطريقة الأولى وهي تعتمد على التحويل الحراري باستعمال التوربينات الحرارية وتقوم هذه الطريقة على امتصاص الطاقة الشمسية المركزة في خزانات ذات محلول ملحي يستعمل البخار المتصاعد منه نتيجة تسخينه الى درجة حرارة عالية في تدوير التوربينات لتوليد الكهرباء أو لتكييف الهواء أو تسخين المياه أما الطريقة الثانية تعتمد التحويل الحيوي الطاقة الشمسية على التحليل الضوئي، ويولد التحويل الفوتوضوئي طاقة كهربائية عن طريق توليد تيار كهربائي عبر الالواح الشمسية نتيجة عملية ميكانيكية كمية وهذا النظام مفيد في المناطق النائية والريفية، وتصل الى الأرض حوالي (60%) من الاشعة الصادرة من الشمس وان استخدم (1%) من هذا الطاقة وبنسبة كفاءة (10%) سيكون أكبر بأربعة أضعاف قدرة العالم على توليد الكهرباء، ويتوقع ان يصل انتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية في عام 2030 الى (1721 GW)[37]، تنوعت أنظمة توليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية في وقتنا الحاضر بشكل كبير وهي بمجملها تحتاج الى مساحات واسعة من الأراضي، في المناطق التي تتوافر فيها اشعة الشمس بشكل كبير كمناطق الصحاري مثلاً، فضلا عن ضرورة توفر محطة طاقة كهربائية تقليدية بالقرب منها ومساعدة لها، كما ان هذا النوع من الطاقة يحتاج إلى تكنولوجيا عالية، فضلا عن الكلفة العالية نسبيا سواء لإنشائها أو لصيانتها او تطويرها، فضلا عن ذلك فانه يجب توفير وقود مساعد بدلا من ضوء الشمس، لاسيما في المدد الطويلة التي

يمكن أن تستمر فيها الاحوال الجوية السيئة وحجب ضوء الشمس، من اهم مميزات محطات الطاقة الشمسية البيئية هي انها تعمل في اوقات تتلاءم فيها مناخيا مع زيادة الطلب على الطاقة، و بدون كلفة بيئية، فمثلا في مند الصيف الحار يزداد الطلب على الطاقة في حين أن مدة الذروة الانتاجية هي هذا الوقت من كل عام إذ تتوفر هذه الاشعة بكثرة و عادة ما تتوافق هذه الوفرة مع أوقات الطلب القصوى للطاقة والتي تكون ايضا مدة التلوث عالية في الاستهلاك التقليدي للطاقة، لذلك فان توفر محطات الطاقة الشمسية لإنتاج الطاقة الكهربائية تعمل على تقليل نسبة هذه الانبعاثات[38].

زادت إضافات قدرة الطاقة الشمسية الكهروضوئية بأكثر من (80%) في عام 2023 لتصل إلى رقم قياسي جديد بلغ (425) جيجاواط. وزاد نشر الطاقة الشمسية الكهروضوئية بمقدار (2.5) ضعف في الصين، التي كانت مسؤولة عن أكثر من (60%) من إجمالي إضافات القدرة وأدى التوسع السريع في التصنيع في الصين إلى انخفاض تكاليف وحدات الطاقة الشمسية الكهروضوئية بنسبة (50%) منذ ديسمبر(كانون الاول) 2022، مما حسّن من القدرة التنافسية للطاقة الشمسية الكهروضوئية وعزز من فرص استخدامها واستحوذت الاقتصادات المتقدمة على معظم النمو المتبقي في عام 2023، مع إضافات قدرة بلغت حوالي (60) جيجاواط في الاتحاد الأوروبي وأكثر من (30) جيجاواط في الولايات المتحدة الامريكية وفي بقية أنحاء العالم تجاوزت إضافات قدرة الطاقة الشمسية الكهروضوئية في عام 2023 (70) جيجاواط[39].

ثالثاً/ طاقة المياه:

تعد المياه المورد الاكثر انتشاراً على الكوكب فهي تغطي ثلاثة ارباع مساحة الارض وينتج عن تدفقها انبعاث كمية كبيرة من الطاقة وتتنوع طرق توظيف المياه في توليد الطاقة فقد استخدم الانسان سرعة جريان المياه لتدوير طواحين الحبوب كما استخدمت نفس الطريقة لرفع المياه عبر النواعير لسقي المزروعات وقد ابتكرت طريق حديثة لتوظيف هذه الطاقة الكامنة في المياه عبر انشاء السدود على مجاري الانهر لانشاء بحيرات صناعية والتي يسهم تدفق المياه عبرها باطلاق طاقة كبيرة قادرة على تدوير توربينات ومولدات طاقة تعمل على تحويل الطاقة الحركية الى طاقة كهربائية تسمى الطاقة الكهرومائية.

وتعتمد الطاقة الكهرومائية بشكل عام على استمرارية هطول الأمطار، وقد تتأثر سلبًا بحالات الجفاف أو التغيرات في النظم البيئية التي تؤثر على هطول الأمطار، إذ تمثل التغيرات الموسمية في سقوط الأمطار والتغيرات طويلة الأجل مثل حالات الجفاف التحدي الأكبر لإنتاج الطاقة الكهرومائية، وبشكل عام، كلما زاد تدفق المياه زادت كمية الكهرباء التي يمكن أن تنتجها محطة الطاقة الكهرومائية تتميز محطات الطاقة الكهرومائية بكفاءة عالية في إنتاج الطاقة الكهربائية كما أنها تتميز بتكلفة منخفضة لتوليد الطاقة الكهربائية لأنها تعتمد على السدود المائية التي ربما لا تحتاج إلى تقنيات متقدمة مقارنة بالمصادر الأخرى، كما أن التكلفة التشغيلية لهذه المحطات منخفضة أيضاً نظراً لأن عمر السدود قد يستمر إلى أكثر من مائة عام يمكن أن تؤثر البنية التحتية اللازمة لتوليد الطاقة الكهرومائية على النظم البيئية بطريقة سلبية. لهذا السبب يعد الكثيرون الطاقة الكهرومائية الصغيرة النطاق خيارًا أكثر مراعاة للبيئة، يناسب بشكل خاص المجتمعات في المناطق النائية، كذلك استخدمت طاقة الامواج وكذلك المد والجزر كمصادر لتوليد الطاقة الكهربائية لكنها لاتزال في مرحلة مبكرة من التطور[40].

يتوقع بين عامي 2023 و 2030 ان يتجاوز نمو مصادر الطاقة النظيفة نمو الطلب على الكهرباء عالميا بنسبة (20%) في ظل السياسات الحالية وظروف السوق تمثل مصادر الطاقة المتجددة الغالبية العظمى من نمو الطاقة النظيفة حتى عام 2030، وتزداد استثمارات الطاقة المتجددة من حوالي (680) مليار دولار أمريكي في عام 2023 الى (850) مليار دولار أمريكي في عام 2030، مما يوفر إضافات سنوية متوسطة في القدرة تزيد عن (600) جيجاوات في الطلاق الشمسية الكهروضوئية، وحوالي (160) جيجاوات من طاقة الرياح، وحوالي (30) جيجاوات من الطاقة الكهرومائية و(12) جيجاوات من مصادر الطاقة المتجددة الأخرى إجمالا، ستزيد قدرة الطاقة المتجددة عالميا بمقدار (23) ضعف بحلول عام 2030 وفقا لخطة التحولات الاستراتيجية للطاقة المتجددة (STEPS)، ونتيجة لذلك سينخفض توليد الكهرباء من الوقود الأحفوري في المستقبل بحلول عام 2030، إذ سيعوض انخفاض توليد الطاقة من الفحم بنسبة تزيد عن 10%، والحد من توليد الطاقة من النفط بنسبة 50% مع زيادة التي ستبلغ حوالي (5%) في الغاز الطبيعي ومع ذلك، يتم السعي لتسريع وثيرة التحول بعيدا عن الوقود الأحفوري للوفاء بالتعهدات المعلنة، بما في ذلك التعهدات بمضاعفة القدرة العالمية للطاقة المتجددة العالمية ثلاث مرات بحلول عام 2030، والسعي لتحقيق صافي انبعاثات صفري بحلول عام 2050[41].

هنالك انواع اخرى من مصادر الطاقة المتجددة كطاقة باطن الارض والوقود الحيوي والهيدروجين الاخضر وغيرها من مصادر الطاقة الصديقة للبيئة الا ان مساهمتها في مجال الطاقة ما تزال في طور التحسينات التكنلوجية والتي قد تؤدي مستقبلاً الى زيادة نسبة اسهام هذه المصادر

المطلب الثاني

تحدي سلاسل التوريد

مثل النقص او الانقطاع في امدادات الطاقة التحدي الابرز والاكثر خطراً للاقتصاد العالمي في وقتنا الراهن الذي يعتمد بالدرجة الاساس على مصادر الطاقة الاحفورية (والتي يتركز انتاجها في مناطق جغرافية محدودة على مستوى العالم) من اجل استمرار عجلة الصناعة والكهرباء وتوفير الوقود لوسائل النقل وغيرها، لقد ادى نقص هذه الامدادات تاريخيا الى حدوث ازمات طاقة سميت حينها بالصدمات النفطية فالصدمة النفطية الاولى حدثت بعد حرب اكتوبر 1973 والثانية حدثت بعد الثورة الايرانية 1979، وفي وقتنا الحالي فقد مثلت الحرب الروسية الاوكرانية والحرب الاسرائيلية الاميركية على ايران وما تبعها من اغلاق لمضيق هرمز والذي يمر عبره خمس انتاج العالم من الطاقة التحدي الابرز لأمن الطاقة والذي ادى الى رفع اسعار الطاقة الى ارقام قياسية انعكست سلباً على الاقتصاد العالمي.

يشير الأمر ببساطة هو أنه بالنسبة لمعظم البشرية دون النفط لن يوجد طعام ومن ثم فالصدمات النفطية المستقبلية تمثل واحدة من أعظم المخاطر وأكثرها مباشرة في تأثيرها على الإمدادات الغذائية العالمية، خاصة في البلدان المتقدمة والمدن الكبرى، وقد تنشأ هذه الصدمات نتيجة الاستنزاف التدريجي للاحتياطيات التي يمكن الحصول عليها بسهولة من النفط الأحفوري في العالم والتي تعرف باسم «ذروة النفط» أو نتيجة الحروب وفشل الإدارة في مناطق الإنتاج الرئيسية، أو الكوارث المحلية، تحدث ذروة النفط عندما يتخطى حقل النفط أعلى نقطة

من موارده المستخرجة، ويبدأ الإنتاج بالتراجع تدريجيًا، وهو ما قد حدث مرَّاتٍ كثيرة في حقول النفط الفردية حول العالم ويحدث الآن في المناطق النفطية الرئيسية مثل المملكة العربية السعودية، دفعت الاكتشافات الأخيرة مثل اكتشافات القطب الشمالي، والمصادر غير تقليدية مثل الرمال القطرانية والنفط الصخري والتنقيب في المياه العميقة، بعض الخبراء إلى استنتاج أن العالم لا ينفد من النفط نفسه، بل من قدرته على إنتاج نفط عالي الجودة ورخيص وقابل للاستخراج اقتصاديًا عند الطلب، ومع ذلك. فإن العديد من بدائل البترول مثل الرمال القطرانية أو الإيثانول، أقل كفاءة بكثير من جهة الطاقة وقد لا تكون قادرة على إمداد الحضارة الصناعية الحديثة بما يلزمها من طاقة[42].

يشير التقرير الصادر عن المنظمة الدولية للطاقة المتجددة IRENA ان اسهام الطاقة المتجددة لم يتجاوز (9%) من الاستهلاك العالمي للطاقة الكهربائية في العام 2020 ويتوقع التقرير في ظل المعطيات المتوافرة ان هذه النسبة ستصل الى (27%) في العام 2030 نتيجة للتحديات التي يفرضها التغير المناخي والجهود الدولية الساعية للحد من هذه الظاهرة كما اشار التقرير الى ان التقدم التكنلوجي والدعم الدولي لبرامج الطاقة المتجددة المختلفة يمكن ان يزيد من نسبة اسهامها الى (53%) في العام 2050 والتي سيكون لطاقة الرياح والطاقة الشمسية النسبة الاكبر من هذه الزيادة[43].

كان هناك زيادة كبيرة في التوترات الجيوسياسية والصراعات في السنوات الأخيرة، بما في ذلك الحروب في أوكرانيا والشرق الأوسط، والاستخدام المتزايد للعقوبات والتعريفات التجارية وقد أدت هذه التوترات المتصاعدة إلى زيادة أهمية أمن الطاقة لدى العديد من البلدان يمكن أن يؤدي التركيز الأكبر على أمن الطاقة إلى عدد من التأثيرات المختلفة والمتوازنة على نظام الطاقة، بما في ذلك زيادة تفضيل الطاقة المنتجة محليًا والمرتفعة الكلفة على الطاقة المستوردة، والرغبة في تطوير سلاسل إمداد محلية أو أكثر تنوعًا لتقنيات منخفضة الكربون بدلاً من الاعتماد على الموردين الدوليين الأقل تكلفة من المرجح أن يكون لهذه التطورات آثار مختلفة على البلدان اعتمادًا على هيكل أنظمة الطاقة لديها مما يؤدي إلى تنوع أكبر في مسارات الطاقة التي تتبعها البلدان المختلفة قد يختار بعض مستوردي الطاقة زيادة وتيرة الكهرباء التي تعمل بالطاقة منخفضة الكربون (المحلية) وبالتالي تقليل اعتمادهم على الوقود الأحفوري المستورد في المقابل قد يفضل بعض منتجي الطاقة الاستمرار في استخدام الوقود الأحفوري المحلي بدلاً من زيادة اعتمادهم على التقنيات منخفضة الكربون، التي تهيمن عليها سلاسل الإمداد الدولية[44].

أدى الصراع المستمر في الشرق الأوسط إلى تعطيل إمدادات النفط والغاز العالمية بشدة، كما أدى إغلاق مضيق هرمز، فضلاً عن الهجمات المستمرة على البنية التحتية عبره، إلى التأثير بشكل أساسي على تدفقات الطاقة الدولية الرئيسية، مما أدى إلى زيادات سريعة وغير منتظمة في أسعار النفط، ستؤثر آثار هذه الأحداث في جميع الاقتصادات، وتمتد إلى ما هو أبعد من أنظمة الطاقة والنقل وسلاسل التوريد الأوسع، مما يؤثر على التضخم والنشاط الاقتصادي ومن المرجح أن تكون هذه الآثار أكثر وضوحًا بالنسبة للمجتمعات الأكثر ضعفًا في العالم، هناك مجموعة متنوعة من الإجراءات المتاحة لصناع السياسات في استجابتهم لأهم التحديات التي يطرحها الصراع الحالي والتي يمكن أن تضمن أيضًا قدرتهم على الصمود في وجه الوقود الأحفوري في المستقبل[45].

المبحث الرابع

مستقبل الوقود الاحفوري

يمتاز الوقود الاحفوري عن غيره من مصادر الطاقة بخصائص تجعل من الصعب الاستغناء عنه كونه مصدر رئيس للطاقة كما ان استخدامه لا يمتاز بالتعقيد كمصادر الطاقة الاخرى كما انه يدخل في كثير من الصناعات المهمة كمادة اولية كما في صناعة البتروكمياويات والحديد والصلب كذلك يمتاز بسهولة النقل وانخفاض التكاليف في الظروف الطبيعية الا ان هذا المصدر الطاقوي لا يخلو من تحديات تواجه مستقبله والتي تتمثل بعمره الافتراضي كونه مصدر غير متجدد وكذلك يعد الوقود الاحفوري المسبب الاول للتلوث البيئي والاحتباس الحراري العالمي كما انه يتأثر بالعوامل الجيوسياسية والتحديات الامنية اذ تستخدمه الدول كاداة من ادوات الضغط لتحقيق اهداف سياسية الامر الذي دفع الدول خصوصا المستوردة لتقليل الاعتماد على الوقود الاحفوري عبر ترشيد الاستهلاك والبحث عن بدائل يمكن ان تحل ولو جزئياً محل هذا النوع من الوقود.

المطلب الأول

تراجع النمو

على الرغم من الكثير من النقاش حول ذروة النفط، فإن العالم ليس في خطر وشيك يتمثل في نفاد النفط في حد ذاته، أو في نفاد الغاز والفحم، بل في استنزاف تلك الاحتياطيات الرخيصة وسهلة الاستغلال على المدى البعيد ووفق تقديرات الوكالة الدولية للطاقة، تقدر الاحتياطيات المؤكدة في عام 2014 بـ (142) سنة من الفحم، (64) سنة من الغاز الطبيعي و (54) سنة من النفط ومع ذلك، فيما يتعلق بالنفط على وجه الخصوص، يحتاج العالم إلى إيجاد إقليم نفطي جديد بحجم المملكة العربية السعودية كل 5 سنوات لمواكبة الطلب على النفط[46].

في دراستنا للمصادر المحتملة للطاقة المتجددة كانت السمة في جميع البدائل تقريبا كونها متقطعة، فلأن نصف العالم يكون في ظلام لنصف اليوم، فلا توجد طاقة شمسية تحصد حينها حتى لو كانت السماء صافية، وسيكون انقطاع الطاقة ملموسا أيضًا خلال ساعات النهار في الأيام الممطرة أو الغائمة، وبالمثل ستنخفض طاقة الرياح أو تنقطع تماما عندما تقل سرعة الرياح على نحو كبير أحد سبل علاج هذا النقص يتمثل في نقل الطاقة المسافات كبيرة من الأماكن التي تتوفر فيها إلى تلك الأجزاء من العالم التي تحتاج إليها، ولكن هذه الفكرة تفترض أن تكاليف النقل ليست باهظة إن الاستثمارات اللازمة في بعض المواقع لتركيب الأبراج وخطوط الكهرباء لنقل الكهرباء يمكن أن تصل إلى (5) ملايين دولار للميل الواحد، وهي تكلفة ضخمة في التقييم العملي لطواحين الهواء أو أجهزة الطاقة الشمسية التي يجب أن توضع بعيدا عن المراكز السكانية إذ تتوافر الشمس والرياح الكافيتان[47]. كذلك الحال بالنسبة للطاقة الكهرومائية فموجات الجفاف والمشاكل التي تحدث بين دول المصب والمنبع حول بناء السدود والخزانات المائية تؤثر بشكل سلبي على دور المياه كمصدر للطاقة كما يمكن ان تتسبب بتوترات يمكن ان تصل الى مرحلة الحروب بين هذه الدول وبالتالي تحولت المياه الى مصدر طاقة غير مستقر يمكن ان يتسبب بحدوث ازمات كما هو الحال حوضي دجلة والفرات وحوض النيل.

تسعى الدول والمنظمات الدولية في ظل التحديات آنفة الذكر الى تقليل الاعتماد على الفحم وفق سيناريوهات مختلفة إذ من المتوقع أن ينخفض الطلب في السنوات المقبلة في جميع السيناريوهات، لكن توقيت وسرعة انخفاضه يرتبطان ارتباطًا وثيقًا بقوة العمل الدولي حول التغيرات المناخية تتباين السيناريوهات المستقبلية التي تدرس الطلب العالمي على الوقود الاحفوري بين النمو المستمر والنمو المقيد، ففي سيناريو STEPS، تتوقع ان ينخفض الطلب على الفحم بنحو (25%) بحلول عام 2035 عن مستويات عام 2023، مع انخفاضات سريعة في الاقتصادات المتقدمة وانخفاضات طفيفة في الأسواق الناشئة والاقتصادات النامية بينما سيكون انخفاض الاستهلاك بعد عام 2035 أكثر انتشارًا إذ ينخفض بنسبة (45%) تقريبًا في عام 2050 مقارنةً بعام 2023، أما في سيناريو الطاقة البديلة يتوقع ان ينخفض الطلب بشكل أسرع اذ يتوقع ان ينخفض الى أقل بنسبة (45%) تقريبًا مما كان عليه في عام 2023 بحلول عام 2035، وأقل بنسبة (75%) بحلول عام 2050 في حين يعتقد مؤيدي سيناريو الطاقة الصفرية، ان الطلب العالمي على الفحم يمكن ان ينخفض بنحو (70%) بحلول عام 2035 وأكثر من (90%) بحلول عام 2050[48].

أما فيما يتعلق بالغاز الطبيعي فان الطلب عليه يتشكل بفعل قوتين متعارضتين هما: زيادة الطلب في الاقتصادات الناشئة مع نموها الصناعي السريع، يقابلها محاولة التحول بعيدًا عن الغاز مع ازدياد اعتماد العالم على الكهرباء النظيفة وخفض انبعاثات الكربون، وتعتمد القوة النسبية لهاتين القوتين وبالتالي توقعات الغاز الطبيعي على سرعة التحول في قطاع الطاقة، ان النمو مدفوع بالاقتصادات الناشئة في المسار الحالي يرفع الطلب على الغاز الطبيعي إلى حوالي (4700) مليار متر مكعب بحلول عام 2035، أي بزيادة تقارب (20%) عن عام 2023 ويأتي أكثر من (80%) من هذا النمو من الاقتصادات الناشئة، بقيادة الصين والهند واقتصادات آسيوية ناشئة أخرى، بالإضافة إلى الشرق الأوسط ويأتي أهم مصدر لنمو الطلب في الاقتصادات الناشئة من القطاع الصناعي وخاصة القطاع الكيميائي والصناعات الخفيفة ويقابل هذا الطلب الصناعي المرتفع بشكل عام التأثير المشترك لزيادة استخدام الغاز الطبيعي في المباني وقطاع الطاقة، تزداد تجارة الغاز الطبيعي المسال بسرعة خلال الفترة المتبقية من هذا العقد، لكن آفاق تجارة الغاز الطبيعي المسال بعد عام 2030 تعتمد على وتيرة التحول في مجال الطاقة اذ تبرز الولايات المتحدة والشرق الأوسط كمراكز رئيسية لتصدير الغاز الطبيعي المسال في المسار الحالي ستزيد صادرات الغاز الطبيعي المسال بأكثر من (60%) بحلول عام 2035. ويتم تلبية معظم هذا النمو في الطلب من قبل الولايات المتحدة والشرق الأوسط، اللذان يبرزان كمراكز الإمداد المهيمنة للغاز الطبيعي المسال العالمي إذ يمثلان أكثر من (50%) من صادرات الغاز الطبيعي المسال بحلول عام 2035 تستمر تجارة الغاز الطبيعي المسال في النمو في النصف الثاني من التوقعات اي للمدة بين عامي 2035-2050، وإن كان بوتيرة أبطأ وتستحوذ الولايات المتحدة على أكثر معدلات النمو في صادرات الغاز الطبيعي المسال العالمية بعد عام 2035، مدعومة بالقدرة التنافسية المستمرة لمواردها من الغاز الطبيعي وتراجع صادرات الغاز الروسي التي لا تزال مقيدة بالعقوبات الدولية خلال الجزء الأول من التوقعات أما ما يتعلق بالنفط فتشير التوقعات الى تراجع دوره في قطاعات محددة مثل الكهرباء والنقل[49].

تظهر مخاطر جديدة لأمن الطاقة مع تحول العالم نحو نظام طاقة يعتمد بشكل أكبر على الكهرباء ومصادر الطاقة المتجددة مما يسلط الضوء على حاجة صانعي السياسات إلى تعديل وتقييم نهجهم تجاه أمن الطاقة باستمرار ومن القضايا التي تثير قلقًا خاصًا لدى العديد من صانعي السياسات اليوم، تركز سلاسل إمداد الطاقة النظيفة في عدد قليل من البلدان، وذلك فيما يتعلق بقدرات التصنيع وتعدين ومعالجة المعادن الحيوية، تمتلك الصين نسبة كبيرة جدًا من قدرة التصنيع الحالية لتقنيات الطاقة النظيفة الرئيسية، ويشمل ذلك (85-95%) من قدرة التصنيع العالمية لمواد الكاثود والأنود للبطاريات، وأكثر من (80%) من قدرة التصنيع العالمية للخلايا الكهروضوئية الشمسية، وأكثر من (75-90%) من قدرة المعالجة العالمية للكوبالت والجرافيت وعناصر الأرض النادرة، ومع ذلك، هناك بعض الاختلافات المهمة بين المخاطر التي يتعرض لها المستهلكون والمرتبطة بالطاقة النظيفة وتلك التي تنشأ عن الوقود الاحفوري ففي حالة الوقود الاحفوري، يعني نقص الإمدادات أن المستهلكين يواجهون على الفور أسعارًا أعلى لمواصلة تشغيل المعدات الحالية مثل السيارات، أما في حالة الطاقة النظيفة، فإن نقص الإمدادات من شأنه أن يزيد من تكلفة المعدات الجديدة ولكنه لن يكون له تأثير فوري يُذكر على تكلفة استخدام المعدات الحالية[50].

يُعد عدم اليقين الجيوسياسي عاملاً مهماً في تشكيل توقعات الطاقة العالمية لهذا العام والذي من المتوقع ان يستمر في الاعوام القادمة، إلى جانب مخاوف أمن إمدادات الطاقة، وسياسات المناخ المتطورة، ومخاطر الركود، وارتفاع تكاليف الطاقة، والتعريفات الجمركية، والابتكار التكنولوجي والظروف الطارئة مثل جائحة كوفيد-19 والحرب الامريكية الاسرائيلية تجاه ايران واغلاق مضيق هرمز[51] . يشير التقرير الصادر عن منظمة الاوبك حول مستقبل الطاقة الى سيناريوهين الأول: وهو "السيناريو المدفوع بالتكنولوجيا(TDS)"، هو سيناريو تحدث فيه الاستثمارات في التقنيات المتقدمة التي تؤثر على استهلاك الطاقة بوتيرة أسرع من تلك المفترضة في الحالة المرجعية(التحول التدريجي). يبدأ هذا السيناريو بنفس الافتراضات الاجتماعية والاقتصادية الأساسية بشأن السكان العالميين والتنمية الاقتصادية حتى عام 2050 كما هو معتمد في الحالة المرجعية ومع ذلك، فإن التركيز المتزايد بمرور الوقت على زيادة الاستثمارات في التقنيات المتقدمة يعمل في اتجاهين يتعلق هذا جزئيًا بقصة استبدال الوقود، والتي تُحركها الكهرباء النظيفة إلى حد كبير ويشمل ذلك انتشارًا أسرع للسيارات الكهربائية، واستبدال الفحم والنفط والغاز بالكهرباء في العمليات الصناعية والقطاع السكني والنقل عبر السيارات الكهربائية الامر الذي يؤدي بدوره إلى زيادة الطلب على الكهرباء ويتعلق جزء مهم من هذا السيناريو بكيفية تلبية هذا الطلب المتزايد على الكهرباء اذ يفترض أن المزيد من الاستثمارات تدفع إلى توسع أسرع في الكهرباء المتجددة، وخاصة الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح، ومحطات الطاقة النووية، وتوربينات الغاز الأكثر كفاءة جزئيًا، والتي ستحل، إلى حد كبير محل توليد الكهرباء غير الفعال القائم على الفحم، اما السيناريو الثانيً: يفترض تحقيق مكاسب في الكفاءة بأوسع معانيها (دون استبدال)، بما في ذلك تكنولوجيا محركات أكثر كفاءة، وتوليد طاقة أكثر كفاءة من مختلف الأنواع، وتقدم في القطاع السكني يشمل عزل المساكن والأجهزة، بالإضافة إلى الاستخدام الصناعي للطاقة والنتيجة الصافية هي انخفاض الطلب على الطاقة، بما في ذلك الطلب على النفط، ومزيج طاقة مختلف بشكل كبير مقارنة بالحالة المرجعية[52].

تدعم أنظمة تخزين طاقة البطاريات (RESSs) وتخزين الطاقة طويلة الأمد بشكل متزايد مصادر الطاقة المتجددة المتقطعة ومن المتوقع أن تنمو السعة الى حوالي (15) ضعفًا بحلول عام 2050 مدفوعة بالتكامل في الموقع مع مشاريع الطاقة المتجددة عبر أنظمة تخزين طاقة البطاريات المستقلة التي ستوفر الطاقة لبيعها مرة أخرى في أوقات انخفاض الانتاج وارتفاع الأسعار وستلعب أدوارًا خدمية مساعدة (لاستقرار الشبكة) واحتياطي السعة ضد الانقطاعات وذروة الطلب، من المتوقع أن تمتلك الدول الآسيوية غير الأعضاء في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية أكبر سعة تخزين بحلول عام 2050، تليها الدول الأعضاء في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية[53].

وبناءً على ما تقدم يعتقد المناصرون لفكرة التخلي عن الوقود الاحفوري واستبداله بمصادر طاقة صديقة للبيئة ان المؤشرات في ظل التحديات المعقدة تشير الى توجهات عالمية نحو المزيد من الاستثمارات في مجال الطاقة البديلة وكذلك تعزيز طرق الاستخدام الامثل للموارد وتحسين كفاءة الاستخدام الامر الذي يسهم في تراجع دور الوقود الاحفوري في المستقبل.

المطلب الثاني

النمو المتزايد

بالرغم من الاهتمام العالمي الواسع بتبني سياسات وبرامج من شانها الحد من الانبعاثات المسببة للاحتباس الحراري وبالتالي التغير المناخي وفي مقدمتها الوقود الاحفوري الا ان هذه السياسات لم ترقى بعد الى المستوى الذي يهدد مستقبل الوقود الاحفوري بحسب توقعات الطاقة العالمية الصادرة عن المؤسسات المختصة في مجال الطاقة عبر ادوات من شانها الحد من الاثار السلبية عبر تحسين كفاءة الاستخدام.

إلى جانب تحسينات الكفاءة واستبدال الوقود، يفترض نموذج TDS أيضًا نشرًا أكبر لتقنيات إزالة الكربون، مثل تقنيات احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه الثابتة والمتنقلة، وتقنيات احتجاز الكربون من الهواء مباشرة، خاصة في الجزء الثاني من فترة التنبؤ اي بعد العام 2035، والتحول الأسرع نحو تبني إطار عمل الاقتصاد الدائري للكربون، جزءًا من هذا السيناريو الامر الذي يسعى للحد من انبعاثات غاز ثاني اوكسيد الكربون يوفر السيناريو الثاني، وهو "سيناريو النمو العادل" (EGS)، مسارًا يؤدي فيه منظور أكثر عدلاً مع نمو اقتصادي أعلى في البلدان النامية، إلى زيادة الطلب على الطاقة والنفط على المدى الطويل يفترض هذا السيناريو نموًا اقتصاديًا أقوى على المدى الطويل لا سيما في أفريقيا والهند والبلدان النامية في آسيا وأمريكا اللاتينية ونتيجة لذلك تشهد هذه البلدان مستويات أعلى من التصنيع والتحضر مما يؤدي بدوره إلى طبقة متوسطة أكبر وتحسين الظروف المعيشية لمليارات الأشخاص في حين أن مشكلة فقر الطاقة بمعناها الأوسع لم تُحل بالكامل في هذا السيناريو، إلا أنها تُخفف، مع توفير الحد الأدنى من إمكانية الوصول إلى الطاقة للجميع بطريقة ميسورة التكلفة وبطريقة تتجنب الآثار السلبية وبالتالي تستمر الزيادة في الطلب على مصادر الطاقة بكافة انواعها بما في ذلك الوقود الاحفوري[54].

يستمر الطلب العالمي على الطاقة في الازدياد، مدفوعًا جزئيًا بالنمو الاقتصادي السريع وارتفاع مستويات المعيشة في العديد من البلدان ذات الدخل المنخفض والمتوسط والمكتظة بالسكان، مثل الهند وإندونيسيا، والتي

يمكن أن يتضاعف ناتجها المحلي الإجمالي في السنوات الـ 25 المقبلة، اليوم يستهلك أقل من (45%) من سكان العالم أكثر من (80%) من إمدادات الطاقة العالمية ومع ذلك من المتوقع أن يتغير التوازن مع زيادة استهلاك الفرد للطاقة هذا يعني أن البلدان المكتظة بالسكان التي لديها حاليًا معدلات استهلاك منخفضة للطاقة سيكون لها التأثير الأكبر على نمو الطلب على الطاقة في المستقبل[55].

الجدول رقم (2)

نوع الوقود	2024	2030	2035	2040	2045	2050	النمو للفترة 2050-2024	نسبة الاسهام	
								2024	2050
الفحم	81.8	77.5	71.5	64.8	58.0	51.4	-30.4	26.5	13.6
النفط	94.3	103.0	107.4	109.5	111.0	112.4	18.2	30.6	29.8
الغاز الطبيعي	70.0	76.1	80.7	84.6	87.6	89.7	19.7	22.7	23.7
الطاقة المتجددة	47.4	59.0	69.5	79.6	89.3	99.4	52.0	15.4	26.3

الجدول من اعداد الباحث بالاعتماد على:

-Organization of the Petroleum Exporting Countries OPEC, World Oil Outlook 2050, Vienna, 2025, P.61.

- International Renewable Energy Agency, Global Energy Review 2026, P.40.

يتضح من الجدول اعلاه انه باستثناء الفحم سيزداد الطلب على جميع مصادر الطاقة خلال فترة التوقعات، فالطلب على الطاقة المتجددة (بما في ذلك الكتلة الحيوية والطاقة الكهرومائية) سيزداد من (47.4) مليون برميل مكافئ نفط/يوم في عام 2024 إلى ما يقرب من (100) مليون برميل مكافئ نفط/يوم في عام 2050. ويرجع هذا النمو إلى حد كبير إلى توسع مصادر الطاقة المتجددة الأخرى، أي الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، نظرًا للدعم السياسي القوي والظروف الاقتصادية المواتية في بعض المناطق. ستزداد مصادر الطاقة المتجددة الأخرى بمقدار (40.5) مليون برميل مكافئ نفط/يوم في فترة التوقعات، بينما ستكتسب الكتلة الحيوية والطاقة الكهرومائية (7.7) مليون برميل مكافئ نفط/يوم و(3.8) مليون برميل مكافئ نفط/يوم على التوالي.

يدخل العالم النصف الثاني من هذا العقد الحاسم، إذ تمارس الأطراف الموقعة على اتفاقية باريس ضغوطًا لتسريع العمل المناخي وسد الفجوات بين الطموح المناخي والتمويل في الوقت نفسه، يستمر المشهد الجيوسياسي في التعقيد، مع ما يترتب على ذلك من آثار بعيدة المدى على التعاون الدولي في هذا المجال إذ كان التطور الأبرز هو الانسحاب المتجدد للولايات المتحدة من الاتفاقيات المناخية العالمية في أوائل عام 2025، بدأت حكومة الولايات المتحدة عملية استمرت عامًا للانسحاب من الاتفاقية في أوائل عام 2026، أشارت إلى نيتها الانسحاب من مجموعة واسعة من المؤسسات بما في ذلك اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، والهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ كما يتضح من غيابها عن أحدث جلسات التفاوض وقد رافقت هذه القرارات تحولات كبيرة في السياسات الوطنية بما في ذلك إلغاء حوافز الطاقة النظيفة، وتعليق مشاريع الطاقة المتجددة، والتراجع عن اللوائح البيئية، واتخاذ خطوات لإلغاء سلطة وكالة

حماية البيئة في تنظيم انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، أثارت هذه التحولات مخاوف بشأن تداعياتها على الجهود المناخية الجماعية، والتمويل الدولي، للحد من مسببات التغير المناخي في الولايات المتحدة اذ تحولت سياسة الطاقة فيها نحو تركيز أكبر على إنتاج الهيدروكربونات المحلي، ولا سيما النفط والغاز الطبيعي والبنية التحتية المرتبطة بهما، مع تضييق نطاق الدعم الفيدرالي لبعض تقنيات الطاقة المتجددة وقد أدت الإجراءات التنفيذية إلى تسريع إصدار التصاريح وتوسيع نطاق التأجير عبر الأراضي والمياه الفيدرالية كما قدمت توجيهات جديدة للموافقة على تصدير الغاز الطبيعي المسال لسد النقص الذي تسببت به العقوبات الدولية على الغاز الروسي المنتج رقم واحد على مستوى العالم وكذلك أزمة مضيق هرمز والذي يمر عبره خمس انتاج النفط العالمي ويعتمد عليه كل من قطر وايران ثاني وثالث اكبر منتجي الغاز المسال في العالم[56].

يمكن للتقدم التكنولوجي أن يحسن كفاءة استهلاك الوقود ويدعم استبدال الوقود الاحفوري ضمن مزيج الطاقة الأوسع ومع ذلك تنطوي العديد من التقنيات البديلة على تكاليف إضافية بالإضافة إلى العديد من القيود العملية مما قد يحد من قدرتها على استبدال الوقود الاحفوري بالكامل في الوقت نفسه يمكن لبعض الابتكارات التكنولوجية أن تعزز أو حتى توسع استخدام الوقود الاحفوري ويشمل ذلك منتجات البتروكيماويات المتقدمة التي يمكنها استبدال المواد التقليدية مع خفض التكاليف الإجمالية بالإضافة إلى تقنيات احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه التي يمكنها تقليل البصمة الكربونية عبر مختلف القطاعات مما قد يدعم استمرار وتوسع دوره في نظام الطاقة العالمي[57].

تشير أغلب التقديرات التي تصدرها المنظمات والمؤسسات المتخصصة في مجال الطاقة الى ان الوقود الاحفوري سيواجه تحديات كبيرة تتعلق بالمناخ ومشكلة تامين الامدادات الأمر الذي دفع الدول لاتخاذ اجراءات احترازية لتقليل الاعتماد قدر الامكان على هذا النوع من الوقود والتوجه نحو تطوير مصادر بديلة للطاقة بحسب وفرة هذه المصادر والمكونات المادية والمعرفية لتطويرها الا ان هذه الاجراءات رغم تاثير دورها المتزايد في مجال الحد من استخدام مصادر الطاقة غير المتجددة الا انها تترافق مع زيادة في الاستهلاك العالمي للطاقة نتيجة لزيادة عدد السكان والتنافس المحموم بين الدول الصناعية الكبرى للحصول على وقود رخيص ومتعدد الاستعمالات لزيادة قدرة سلعها التنافسية، فبالرغم من استحواذ مصادر الطاقة البديلة على النسبة الاكبر من الزيادة في الطلب على الطاقة والتزام الدول خصوصا الصناعية الكبرى بتقليل انبعاثات غاز ثاني اوكسيد الكربون والذي يعد الوقود المتسبب الرئيسي في هذا التلوث الا ان الطلب على الوقود الاحفوري سيستمر بالتزايد باستثناء الفحم الذي سيشهد تراجع الطلب عليه على المديين المتوسط والقريب مستفيداً من النمو المتسارع للاقتصاديات النامية التي تتبع سياسات بيئية اقل تشدداً من تلك التي تتبعها الدول الصناعية الكبرى.

الخاتمة

مثل الوقود الاحفوري مصدر الطاقة الرئيس من بين مصادر الطاقة المختلفة وهو بذلك يشكل عصب الاقتصاد العالمي وتمثل مناطق تركزه دور القلب الذي يغذي باقي مناطق العالم بالطاقة، الامر الذي اعاد رسم مناطق النفوذ الجيوسياسية بناءً على اهميتها الطاقوية، لم يكن الوقود الاحفوري يوماً سلعة اقتصادية بقدر ما كان سلعة سياسية احدثت تحولات جوهرية في هياكل النظام العالمي بدءً من الثورة الصناعية مروراً بالحربين العالميتين الاولى والثانية وما تبعها من توترات الحرب الباردة والازمات النفطية والتي اخرها ازمة مضيق هرمز هذا بالإضافة الى الاثار البيئية، كل هذه الازمات وغيرها دفعت الدول الى السعي الحثيث الى تامين امداداتها من الطاقة عبر استراتيجيات مختلفة من بينها تقنين الاستخدام وتطوير البدائل لتخفيف اعتمادها على المصادر التقليدية، ان التحديات التي تواجه مستقبل الوقود الاحفوري لا تقتصر على الدول المستهلكة ففي الوقت الذي تطور هذه الدول حلولا لمواجهة تحديات الطاقة وتقليل استهلاكها تخسر الدول المنتجة المصدر الرئيس لدخلها القومي مما يشكل تحدياً خطيراً لاقتصاداتها الريعية.

اولاً: الاستنتاجات

1- يمثل الوقود الاحفوري مصدر طاقة سهل النقل والاستخدام ويدخل كمادة اولية في مجالات صناعية مختلفة.
2- توظف الدول وخصوصا القوى الكبرى مصادر الطاقة سياسياً كأداة من ادوات الضغط الاقتصادي لتحقيق اهداف سياسية واقتصادية دون اللجوء الى الاعمال العسكرية المباشرة.
3- يعد الوقود الاحفوري المصدر الرئيس لانبعاثات غاز ثاني اوكسيد الكربون المسبب الاول للتلوث البيئي.
4- يعد التغير المناخي احد ابرز التحديات التي تواجه مستقبل الوقود الاحفوري نتيجة للإجراءات التي تقوم بها اغلب الدول الصناعية للحد من الانبعاثات المسببة لهذه الظاهرة وعلى رأسها الوقود الاحفوري.
5- تركز الجهود الدولية وعبر المنظمات الدولية على مواجهة ظاهرة الاحتباس الحراري بتشجيع برامج ترشيد استخدام الوقود والانتقال التدريجي الى مصادر الطاقة النظيفة.
6- تحظى مصادر الطاقة المتجددة باهتمام دولي واسع لما تحويه من مميزات دفعت الدول الى توسيع الاستثمار في تطويرها كبدائل مستقبلية للوقود الاحفوري الملوث الرئيسي للبيئة.
7- تعد عملية تامين سلاسل توريد وامداد الطاقة احد ابرز التحديات المعاصرة في ظل الحروب والتوترات الجيوسياسية التي تعيق وصول الامدادات من المنتجين الى المستهلكين.
8- ان مستقبل الطلب على الوقود الاحفوري سيستمر بالنمو للعقود القادمة في ظل محدودية دور البدائل وزيادة الطلب نتيجة للنمو المتزايد من الاقتصادات النامية.

ـ الهوامش:

(1) محمد مصطفى الخياط، الطاقة لعبة الكبار، سطور الجديدة، القاهرة، 2012، ص ص 21-22.
(2) تقنية تحويل الفحم الى سوائل وانعكاساتها على صناعة تكرير النفط، منظمة الاقطار العربية المصدرة للنفط (اوابك)، الكويت، 2018، ص ص 25-26.
(3) إس دبليو كارمالت، اقتصاديات النفط، ترجمة عمار محمد سلو أحمد العبادي، دار حميثرا للنشر، القاهرة، 2023، ص 67.
(4) الصادق جمعة احمد همت وأميرة علي احمد، مستقبل النفط كمصدر للطاقة سلسلة الدراسات الاستراتيجية 5، دار اريثيريا للنشر والتوزيع، 2022، ص 6.
(5) قصي عبد الكريم ابراهيم، أهمية النفط في التجارة الدولية، الهيئة العامة السورية للكتاب، دمشق، 2010، ص ص 151-152.
(6) ريفينيو ووتش، الرقابة على النفط، معهد المجتمع المنفتح، نيويورك، 2005، ص ص37-38.
(7) بيوار خنسي، البترول أهميته مخاطره تحدياته، دار ئاراس للطباعة والنشر، أربيل، 2006، ص21
(8) محمد مصطفى الخياط، مصدر سبق ذكره، ص 72.
(9) أحمد جاسم جبار، البيئة والطاقة: مشكلات الحاضر وخيارات المستقبل، مجلة الكوت للعلوم الاقتصادية والادارية، جامعة واسط، العدد 23، 2016، ص7.
(10) عماد علي عبد الحسن و أحمد جاسم جبار، الطاقة غير التقليدية والمتجددة ودورها في ضمان الامدادات في اسواق الطاقة العالمية، دار الدكتور للعلوم ، بغداد، 2020، ص-ص 32-33.
(11) نقلاً عن طارق ابراهيم الدسوقي، الامن البيئي النظام القانوني لحماية البيئة، دار الجامعة الجديدة، القاهرة، 2009، ص 172.
(12) محمد جاسم محمد شعبان، التخطيط البيئي مشاكل البيئة وسبل معالجتها، الرضوان للنشر والتوزيع، عمان، 2014، ص 165.
(13) بيوار خنسي، مصدر سبق ذكره، ص ص 60-61.
(14) World Energy Outlook 2025, International Energy Agency, P.13.
(15) سيد عبد النبي محمد ، التلوث البيئي وباء عصر العولمة، وكالة الصحافة العربية (ناشرون)، الجيزة، 2019، ص-ص 145-159.
(16) سالم مبارك بن قديم و ليبيا عبود صالح باحويرث، دور شركات نقل النفط في تلوث البيئة في دول مجلس التعاون الخليجي: السعودية والكويت انموذجاً، مجلة الاقتصاد الخليجي، جامعة حضرموت، اليمن، العدد 30، 2016، ص- ص 88-90.
(17) محمد عبود ، التلوث النفطي، ص85.
(18) لفتة سلمان كاظم وآخرون، الجيولوجيا البيئية، نفح الطيب للطباعة والنشر، بغداد، 2016، ص 224.
(19) خليف مصطفى غرايبة، التلوث البيئي: مفهومه واشكاله وكيفية التقليل من خطورته، مجلة الدراسات البيئية، عمان، العدد3، 2010، ص 126.
(20) سالم مبارك بن قديم و ليبيا عبود صالح باحويرث، مصدر سبق ذكره، ص 85.
(21) راشد عبد الفتاح زغلول، التلوث البيئي مشكلات وحلول، مركز الهدي، القاهرة، 2019، ص 193.
(22) عبد الوهاب بن رجب هاشم، جرائم البيئة وسبل المواجهة، الاكاديميون للنشر والتوزيع، عمان، 2014، ص 179.
(23) لفتة سلمان كاظم وآخرون، مصدر سبق ذكره، ص 159.
(24) تقدير موقف التغير المناخي المظاهر والاثار وسيناريوهات الحل، المركز العالمي لدراسات العمل الخيري، الكويت، 2023، ص 5.
(25) المصدر نفسه، ص5.
(26) سيد عبد النبي محمد ، مصدر سبق ذكره، ص-ص 134-135.
(27) نقلاً عن تيجان بلين، فشل الجهود الدولية في مكافحة تغير المناخ :كيف يمكن تعزيزها؟، ترجمة وتحرير :مركز البيدر للدراسات والتخطيط، بغداد، 2024، ص1.
(28) لفتة سلمان كاظم وآخرون، مصدر سبق ذكره، ص –ص 162-163.
(29) International Energy Agency, World Energy Outlook 2024, P103.
(30) WORLD METREOROLOGICAL ORGANIZATION, WMO GREENHOUSE GAS BULLETIN, NO 21, 2025, P.1.
(31) International Energy Agency, WORLD ENERGY TRANSITIONS OUTLOOK 2023, P76.
(32) بيل ماجواير، الكوارث العالمية، ترجمة اشرف عامر، مؤسسة هنداوي، لندن، 2014، ص 56.
(33) محمد راضي جعفر وعدنان داود محمد، دراسة مقارنة بين الطاقة المتجددة والطاقة غير التقليدية العالمية، مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية، الكوفة، العدد 39، 2016، ص 32.

(34) World Energy Outlook 2025, International Energy Agency, P.32.

(35) أحمد عباس حمادي وآخرون، دور الطاقة المتجددة في تحقيق البعد البيئي للتنمية، مجلة كركوك للعلوم الادارية والاقتصادية، عدد خاص، 2020، ص –ص 6-7.

(36) أحمد عباس حمادي وآخرون، مصدر سبق ذكره، ص7.

(37) لورنس يحيى صالح وحيدر ظاهر محمد، بدائل الطاقة وامكانية الاحلال، مجلة العلوم الاقتصادية والادارية، بغداد، العدد 98، 2017، ص315.

(38) بان قدس يوسف، دور الطاقة المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة، عدد خاص بنشر بحوث مؤتمر، بغداد، العدد 3، 2024، ص-ص 344-345.

(39) World Energy Outlook 2024, International Energy Agency, P.157.

(40) أحمد سليمان، الطاقة المتجددة، صندوق النقد العربي، أبو ظبي، 2024، ص 10.

(41) World Energy Outlook 2024, International Energy Agency, P.47

(42) جوليان كريب، اجتياز القرن الحادي والعشرين، أخطر عشر تحديات تواجه البشرية وكيف يمكن التغلب عليها، ترجمة سارة طه علام، مؤسسة هنداوي، لندن، 2020، ص 188.

(43) International Renewable Energy Agency, WORLD ENERGY TRANSITIONS OUTLOOK 2023, Abu Dhabi, 2023, P.40.

(44) Bp Energy Outlook 2025 edition, 2025, P.8.

(45) International Renewable Energy Agency, FROM ENERGY CRISIS TO ENERGY SECURITY ACTIONS FOR POLICY MAKERS, Abu Dhabi, 2026, p.4.

(46) جوليان كريب، مصدر سبق ذكره، ص81.

(47) روبرت إل روثستاين ودانيال دي بيرلمتر، تحدي تغير المناخ، ترجمة احمد شكل، مؤسسة هنداوي، لندن،2015، ص133.

(48) International Energy Agency, World Energy Outlook 2024, P.149-150

(49) Bp Energy Outlook 2025 edition, 2025, P.45.

(50) World Energy Outlook 2024, International Energy Agency, P.33.

(51) McKinsey Company Global energy Perspective 2025, 2025, P.17.

(52) **Organization of the Petroleum Exporting Countries OPEC, World Oil Outlook 2050, Vienna, 2025, P.P.252.**

(53) McKinsey Company Global energy Perspective 2025, 2025, P.27.

(54) **Organization of the Petroleum Exporting Countries OPEC, World Oil Outlook 2050, Vienna, 2025, P.P.253.**

(55) McKinsey Company Global energy Perspective 2025, 2025, P.10.

(56) **Organization of the Petroleum Exporting Countries OPEC, World Oil Outlook 2050, Vienna, 2026, P.P.39-40.**

(57) **Ibid, P. 113.**

المراجع

أولاً/ الكتب:

1- أحمد سليمان، الطاقة المتجددة، صندوق النقد العربي، أبو ظبي، 2024.

2- إس دبليو كارمالت، اقتصاديات النفط، ترجمة عمار محمد سلو أحمد العبادي، دار حميثرا للنشر، القاهرة، 2023.

3- بيل ماجواير، الكوارث العالمية، ترجمة اشرف عامر، مؤسسة هنداوي، لندن، 2014.

4- بيوار خنسي، البترول أهميته مخاطره تحدياته، دار ئاراس للطباعة والنشر، أربيل، 2006.

5- تيجان بلين، فشل الجهود الدولية في مكافحة تغير المناخ :كيف يمكن تعزيزها؟، ترجمة وتحرير :مركز البيدر للدراسات والتخطيط، بغداد، 2024.

6- جوليان كريب، اجتياز القرن الحادي والعشرين، أخطر عشر تحديات تواجه البشرية وكيف يمكن التغلب عليها، ترجمة سارة طه علام، مؤسسة هنداوي، لندن، 2020.

7- راشد عبد الفتاح زغلول، التلوث البيئي مشكلات وحلول، مركز الهدي، القاهرة، 2019.

8- روبرت إل روثستاين ودانيال دي بيرلمتر، تحدي تغير المناخ، ترجمة احمد شكل، مؤسسة هنداوي، لندن،2015.

9- ريفينيو ووتش، الرقابة على النفط، معهد المجتمع المنفتح، نيويورك، 2005.

10- سالم مبارك بن قديم و ليبيا عبود صالح باحويرث، دور شركات نقل النفط في تلوث البيئة في دول مجلس التعاون الخليجي: السعودية والكويت انموذجاً، مجلة الاقتصاد الخليجي، جامعة حضرموت، اليمن، العدد 30، 2016.

11- سيد عبد النبي محمد ، التلوث البيئي وباء عصر العولمة، وكالة الصحافة العربية (ناشرون)، الجيزة، 2019.

12- الصادق جمعة احمد همت وأميرة علي احمد، مستقبل النفط كمصدر للطاقة سلسلة الدراسات الاستراتيجية 5، دار اريثيريا للنشر والتوزيع، 2022.

13- طارق ابراهيم الدسوقي، الامن البيئي النظام القانوني لحماية البيئة، دار الجامعة الجديدة، القاهرة، 2009.

14- عبد الوهاب بن رجب هاشم، جرائم البيئة وسبل المواجهة، الاكاديميون للنشر والتوزيع، عمان، 2014، ص 179.

15- عماد علي عبد الحسن و أحمد جاسم جبار، الطاقة غير التقليدية والمتجددة ودورها في ضمان الامدادات في اسواق الطاقة العالمية، دار الدكتور للعلوم ، بغداد، 2020.

16- قصي عبد الكريم ابراهيم، أهمية النفط في التجارة الدولية، الهيئة العامة السورية للكتاب، دمشق، 2010.

17- لفتة سلمان كاظم وآخرون، الجيولوجيا البيئية، نفح الطيب للطباعة والنشر، بغداد، 2016.
18- محمد جاسم محمد شعبان، التخطيط البيئي مشاكل البيئة وسبل معالجتها، الرضوان للنشر والتوزيع، عمان، 2014 .
19- محمد مصطفى الخياط، الطاقة لعبة الكبار، سطور الجديدة، القاهرة، 2012.

ثانياً/ البحوث والدراسات:

1- أحمد جاسم جبار، البيئة والطاقة: مشكلات الحاضر وخيارات المستقبل، مجلة الكوت للعلوم الاقتصادية والادارية، جامعة واسط، العدد 23، 2016.
2- أحمد عباس حمادي وآخرون، دور الطاقة المتجددة في تحقيق البعد البيئي للتنمية، مجلة كركوك للعلوم الادارية والاقتصادية، كركوك، عدد خاص، 2020.
3- بان قدس يوسف، دور الطاقة المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة، عدد خاص بنشر بحوث مؤتمر، بغداد، العدد 3، 2024.
4- خليف مصطفى غرايبة، التلوث البيئي: مفهومه واشكاله وكيفية التقليل من خطورته، ، مجلة الدراسات البيئية، عمان، العدد3، 2010.
5- لورنس يحيى صالح وحيدر ظاهر محمد، بدائل الطاقة وامكانية الاحلال، مجلة العلوم الاقتصادية والادارية، بغداد، العدد 98، 2017.
6- محمد راضي جعفر وعدنان داود محمد، دراسة مقارنة بين الطاقة المتجددة والطاقة غير التقليدية العالمية، مجلة الغري للعلوم الاقتصادية والادارية، الكوفة، العدد 39، 2016.
7- المركز العالمي لدراسات العمل الخيري، تقدير موقف التغير المناخي المظاهر والاثار وسيناريوهات الحل، الكويت، 2023.

ثالثاً/ التقارير باللغة العربية:

تقنية تحويل الفحم الى سوائل وانعكاساتها على صناعة تكرير النفط، منظمة الاقطار العربية المصدرة للنفط (اوابك)، الكويت، 2018.

رابعاً/ التقارير باللغة الانكليزية:

1- Bp, Energy Outlook 2025 edition, 2025.
2- International Energy Agency, World Energy Outlook 2024 , 2024.
3- International Energy Agency, World Energy Outlook 2025, 2025.
4- International Renewable Energy Agency, FROM ENERGY CRISIS TO ENERGY SECURITY ACTIONS FOR POLICY MAKERS, Abu Dhabi, 2026.
5- International Renewable Energy Agency, WORLD ENERGY TRANSITIONS OUTLOOK 2023, Abu Dhabi, 2023.

6- McKinsey Company, Global energy Perspective 2025, 2025.
7- Organization of the Petroleum Exporting Countries OPEC, World Oil Outlook 2050, Vienna, 2025.
8- Organization of the Petroleum Exporting Countries OPEC, World Oil Outlook 2050, Vienna, 2026.
9- WORLD METREOROLOGICAL ORGANIZATION, WMO GREENHOUSE GAS BULLETIN, NO 21, 2024.

References

First: Books

1- Ahmed Suleiman, Renewable Energy, Arab Monetary Fund, Abu Dhabi, 2024.
2- S .W. Carr, The Economics of Oil, translated by Ammar Muhammad Salou Ahmed Al-Abadi, Hamithra Publishing House, Cairo, 2023.
3- Bill Mawbar, Global Disasters, translated by Ashraf Amer, Hindawi Foundation, London, 2014.
4- -Biwar Khansi, Petroleum: Its Importance, Risks, and Challenges, Dar Naras for Printing and Publishing, Erbil, 2006.
5- -Tegan Blaine, The Failure of International Efforts to Combat Climate Change: How They Can Be Strengthened, translated and edited by: Al-Baydar Center for Studies and Planning, Baghdad, 2024.
6- Julian Craib, Navigating the 21st Century: The Ten Most Dangerous Challenges Facing Humanity and How to Overcome Them, translated by Sarah Taha Allam, Hindawi Foundation, London, 2020.
7- Rashid Abdel Fattah Zaghloul, Environmental Pollution: Problems and Solutions, Al-Huda Center, Cairo, 2019.
8- Robert I. Rostein and Daniel de Perlmutter, The Climate Change Challenge, translated by Ahmed Shekel, Hindawi Foundation, London, 2015.
9- RevenueWatch: Oil Oversight, Open Society Institute, New York, 2005.
10- Salem Mubarak Bin Qadim and Libya Aboud Saleh Bahwerth, The Role of Oil Transport Companies in Environmental Pollution in the GCC Countries: Saudi Arabia and Kuwait as Models, Gulf Economics Journal, Hadhramaut University, Yemen, Issue 30, 2016.

11- Sayed Abdel Nabi Mohamed, Environmental Pollution: The Epidemic of the Globalization Era, Arab Press Agency Publishers, Giza, 2019.

12- Sadiq Jumaa Ahmed Himmat and Amira Ali Ahmed, The Future of Oil as an Energy Source, Strategic Studies Series 5, Eritrea Publishing and Distribution House, 2022

13- Tariq Ibrahim Al-Dasouqi, Environmental Security: The Legal System for Environmental Protection, New University House, Cairo, 2009.

14- Abdul Wahab Bin Rajab, Hashem, Environmental Crimes and Ways to Confront Them, Academics for Publishing and Distribution, Amman, 2014, p. 179

15- Imad Ali Abdul Hassan and Ahmed Jassim Jabbar, Unconventional and Renewable Energy and Its Role in Ensuring Supplies in Global Energy Markets, Doctor House for Sciences, Baghdad, 2020

16- Qusay Abdul Karim Ibrahim, The Importance of Oil in International Trade, Syrian General Authority for Books, Damascus, 2010

17- Lafteh Salman Kadhim et al., Interfacial Geology, Nafh Al-Tayeb Printing and Publishing, Baghdad, 2016.

18- Muhammad Mustafa Al-Khayyat, Energy: A Game for Adults, Sotor Al-Jadeeda, Cairo, 2012.

19- Muhammad Jassim Muhammad Shaaban, Environmental Planning: Environmental Problems and Ways to Address Them, Al-Radwan Publishing and Distribution, Amman, 2014.

Second: Research and Studies:

1- Ahmed Jassim Jabbar, Environment and Energy: Present Problems and Future Options, Al-Kut Journal of Economic and Administrative Sciences, University of Wasit, Issue 23, 2016.

2- Ahmed Abbas Hammadi et al., The Role of Renewable Energy in Achieving the Environmental Dimension of Development, Kirkuk Journal of Administrative and Economic Sciences, Kirkuk, Special Issue, 2020.

3- Ban Quds Yousef, The Role of Renewable Energy in Achieving Sustainable Development, Special Issue for Publishing Conference Research, Baghdad, Issue 3, 2024.

4- Khalif Mustafa Gharaibeh, Environmental Pollution: Its Concept, Forms, and How to Reduce Its Dangers, Issue 3, 2010.

5- Lawrence Yahya Saleh and Haider Thahir Muhammad, Energy Alternatives and the Possibility of Substitution, Journal of Economic and Administrative Sciences, Baghdad ,2017, Issue 98.

6- Muhammad Radhi Jaafar and Adnan Dawood Muhammad, A Comparative Study Between Renewable Energy and Global Non-Conventional Energy, Al-Ghari Journal of Economic and Administrative Sciences, Kufa, Issue 39, 2016.

7- The Global Center for Philanthropic Studies, Assessing the Climate Change Situation: Manifestations, Effects, and Solution Scenarios, Kuwait, 2023.

Third: Report in Arabic

1- Coal-to-Liquids Technology and its Implications for the Oil Refining Industry, Organization of Arab Petroleum Exporting Countries (OAPEC), Kuwait, 2018.

Forth: Report in English:

1. Bp, Energy Outlook 2025 edition, 2025.
2. International Energy Agency, World Energy Outlook 2024 , 2024.
3. International Energy Agency, World Energy Outlook 2025, 2025.
4. International Renewable Energy Agency, FROM ENERGY CRISIS TO ENERGY SECURITY ACTIONS FOR POLICY MAKERS, Abu Dhabi, 2026.
5. International Renewable Energy Agency, WORLD ENERGY TRANSITIONS OUTLOOK 2023, Abu Dhabi, 2023.
6. McKinsey Company, Global energy Perspective 2025, 2025.
7. Organization of the Petroleum Exporting Countries OPEC, World Oil Outlook 2050, Vienna, 2025.
8. Organization of the Petroleum Exporting Countries OPEC, World Oil Outlook 2050, Vienna, 2026.

9. WORLD METREOROLOGICAL ORGANIZATION, WMO GREENHOUSE GAS BULLETIN, NO 21, 2024.