مجلة حولية المنتدى
Hawlyat Al-Montada
I. S. S. N. Print :1998 - 0841 I. S. S. N. onlie :2958 - 0455 Doi 10.35519 /0828

استراتيجيات التخفيف من أسباب التغير المناخي

Climate change mitigation strategies

م.د. رزاق حسين هاشم العميدي
اختصاص جغرافية المناخ
وزارة التربية/ مديرية تربية محافظة النجف الاشرف

Dr. Razzaq Hussein Hashim Al-Ameedi
alameedi1972@gmail.com

تاريخ الإستلام: 2025/12/1 تاريخ القبول: 2025/12/8 تاريخ النشر: 2026/1/1
Recevied: 1 / 12 / 2025 Accepted: 8 / 12 / 2025 Published: 1 / 1 / 2026

المستخلص:

يعد موضوع التغير المناخي من المواضيع المهمة والجديدة التي حازت على اهتمام العديد من الباحثين في العقود الاخيرة من القرن الماضي وخلال القرن الحالي, حيث كان الاعتقاد السائد قديما ان المناخ ثابت, لذلك قال البعض ان الدورة المناخية التي امدها (٣٠-٣٥) سنة تعطي معدلات ثابتة للمناخ, ولكن لوحظ بعد تطور المعرفة وزيادة الاكتشافات المناخية ان المناخ ابعد ما يكون عن الثبات وان ثمة تغيرات تطرأ عليه باستمرار .

من هنا جاء الاهتمام باستراتيجيات وإجراءات التخفيف من اسباب التغيرات المناخية والتي من شئنها تخفف من قابلية التأثير بتغير المناخ الذي يهدد العديد من دول

العالم ومنها منطقتنا العربية التي تواجه حاليا هذه المخاطر.
ان الخيارات المطروحة بشأن التخفيف من تأثير التغيرات المناخية متعددة وكثيرة, فبعضها يمكن تطبيقها بسهولة, والبعض الاخر يحتاج الى قرار سياسي من القيادات العليا للبلاد والى فترات طويلة واموال طائلة, كما ان بعض الحلول تعتبر خيالية تعبر عن اراء بعض العلماء والمختصين. وقد جاء هذا البحث من أجل عرض بعض خيارات التخفيف التي من شأنها تقلل من ظاهرة التغيرات المناخية على مستوى العالم.
الكلمات المفتاحية: (استراتيجيات, التخفيف, أسباب, التغير المناخي).

Abstract:
Climate change is an important and emerging topic that has captured the attention of many researchers in the last decades of the last century and throughout the current century. The prevailing belief in the past was that the climate was stable, so some argued that the climate cycle, which lasts 30-35 years, provides stable climate conditions. However, with the advancement of knowledge and increased climate discoveries, it has been observed that the climate is far from stable.
Hence, interest in mitigation strategies and measures that would reduce the vulnerability to climate change, especially in many countries, including our Arab region, which is currently facing these risks.
The options proposed for mitigating the impact of climate change are numerous and varied. Some can be easily implemented, while others require a political decision from the country's top leadership, long periods of time, and enormous sums of money. Some solutions are considered imaginary and reflect the opinions of some scientists and specialists. This research aims to present some mitigation options that would reduce the phenomenon of climate change globally.
Keywords: (strategies, mitigation, causes, climate change).

المقدمة:

يعد موضوع التغير المناخي من المواضيع المهمة والجديدة التي حازت على اهتمام العديد من الباحثين في العقود الاخيرة من القرن الماضي وخلال القرن الحالي, حيث كان الاعتقاد السائد قديما ان المناخ ثابت, ولكن لوحظ بعد تطور

المعرفة وزيادة الاكتشافات المناخية ان المناخ ابعد ما يكون عن الثبات. فالتغيرات المناخية ظاهرة حقيقية تواجه مناخ الارض وقد جلبت اهتمام الباحثين والسياسيين وصناع القرار في العالم للسيطرة عليها والحد من انتشارها, فقد شهدت كندا مثلا في صيف ٢٠٢٢ درجة حرارة بلغت ٤٩,٥م°, وهو البلد المعروف بطقسه البارد وشهدت سيبيريا ايضا درجة حرارة ٣٨م°, في ٢٠٢٠/٦/٢٠, وهي أعلى درجة على الاطلاق في منطقة القطب الشمالي, في المقابل شهدت اسبانيا وامريكا واليونان وتركيا حرائق مهولة, يضاف الى ذلك موجات الجفاف الغير معهودة التي مست بلدان مطيرة مثل اسبانيا وفرنسا وكندا وغيرها.

لقد ادى تطور الانسان وما حققه من نجاحات كبيرة في مجال الزراعة والصناعة الى استنزاف واستخدام الكثير من الموارد الطبيعية والبشرية من أجل تحقيق وتأمين احتياجاته في كل المجالات معتمدا بصورة اساسية على استهلاك كميات كبيرة من مصادر الطاقة الاحفورية وبمختلف انواعها غير مبالي بحالة المناخ, وبمرور الزمن اصبح مناخ العالم في تغير, وبدأت تظهر التأثيرات المرتبطة بتراكم الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي في متوسط درجات الحرارة وتزايد كثافة أحداث الطقس المتطرف التي تحدث حاليا وسوف تزداد في المستقبل.

من هنا جاء الاهتمام بإجراءات التخفيف والتي من شئنها تخفف من قابلية التأثير بتغير المناخ سيما في العديد من البلدان التي تواجه حاليا هذه المخاطر. لقد حاول الانسان ومنذ البداية ان يسيطر على اسباب التغيرات المناخية وذلك لتفادي اخطارها, وربما قد نجح في بعض الحالات وفشل في اخرى.

مشكلة البحث: تتحدد مشكلة البحث بسؤالين وكما يلي:

١- ما الاستراتيجيات والاجراءات التي يمكن اتباعها للتخفيف من أسباب التغير المناخي الذي يشكل خطرا كبيرا على العالم بشكل عام وعلى منطقتنا العربية بشكل خاص؟

٢- ما هي الجهات المسؤولية والمعنية بتنفيذ هذه الاستراتيجيات والاجراءات؟

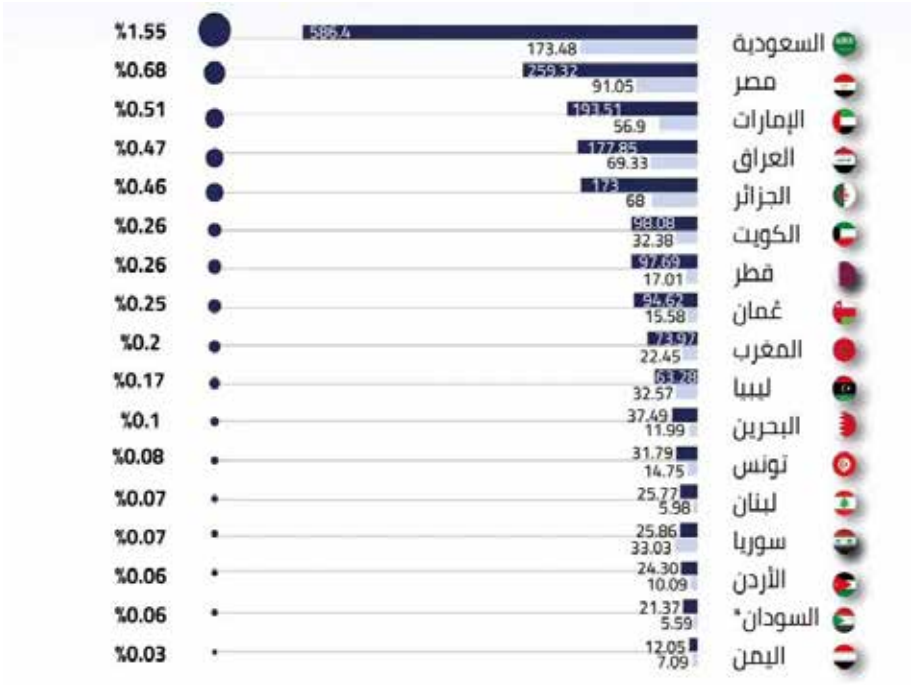
فرضية البحث: يمكن الاجابة عن تساؤلات مشكلة البحث بما يلي:

١- توجد هناك بعض الاستراتيجية والاجراءات التي من خلالها يمكن السيطرة او التخفيف من الاسباب التي تسبب او تزيد من ظاهرة التغير المناخي,

٢- تقع على حكومات الدول المتقدمة والصناعية واصحاب القرار في العالم تنفيذ كافة هذه الاستراتيجيات والاجراءات.

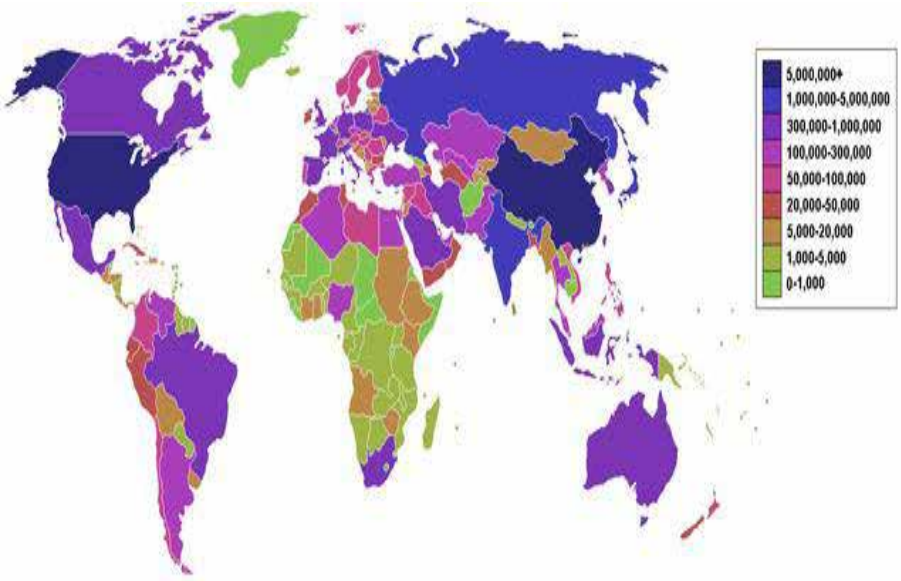
هدف البحث: يهدف البحث الى تحديد ومعرفة الاستراتيجيات التي من شئنها التخفيف من اسباب التغير المناخي الذي أخذ يلقي بضلاله على العالم ومنه الدول العربية وإن كانت لا تشارك الا بنسبة ٥٪ من الانبعاثات العالمية (جدول١),(خريطة١), الا انها تظل من بين الدول الاكثر هشاشة على مستوى التأقلم والصمود والتخفيف من وقع التغير المناخي وتداعياته المحدقة وبروز علاقة(متلازمة) بين التغير المناخي وبين النزاعات والمشكلات الاقتصادية.

جدول(١) انبعاثات ثاني أوكسيد الكاربون (مليون طن) من الدول العربية



المصدر: https://www.zawya.com/ar

خريطة(١) الدول الاكثر انبعاثا لثاني أوكسيد الكاربون في العالم



المصدر: https://www.google.com/search

المبحث الاول: التخفيف (مفهومة, استراتيجيته, ركائزه)

اولا: مفهوم التخفيف:

التخفيف هو تدخل بشري للحد من مصادر الغازات الدفيئة او لتقليل انبعاثاتها, او هو إجراء تتخذه الحكومات والمجتمعات والشركات والافراد لتقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري او منعها) ١,ص ١٦٩(.

والتخفيف الفعال لا يتحقق اذا سعت الدول الى تعزيز مصالحها الاقتصادية على حساب النظام المناخي, فتغير المناخ يتسم بخصائص المشكلة التي تستلزم عملا جماعيا في النطاق العالمي, لأن معظم الغازات الدفيئة تتراكم بمرور الوقت وتمتزج عالميا بحيث تؤثر الانبعاثات من دول ما على دول اخرى.

لذا «فإن التعاون الدولي مطلوب للتخفيف من انبعاثات الغازات الدفينة وللتصدي للمسائل الأخرى المتعلقة بتغير المناخ، كتبادل الأثر المعرفي لأعمال البحث والتطوير الداعمة للتخفيف، ومن الممكن

أن يـؤدي التعـاون الـدولي دورا بنـاء في تنميـة المعرفـة والتكنولوجيـات السـليمة»)٢.ص٤).

ثانيا: استراتيجية التخفيف:

أوجـد التدخـل البـشري في النظـام المناخـي اشـكاليات كثـيرة وهـذا ادى الى حـدوث آثـار عديـدة والتـي انتجت مجموعـة مـن المخاطـر عـلى النظـام البـشري والطبيعـي, وهـذه المخاطـر تتبايـن حسـب نـوع التأثـير, وتنصـب الجهـود في الوقـت الحـاضر مـن قبـل الحكومـات والمنظـمات الدوليـة والهيئـات الحكوميـة والمجتمعيـة الى الكيفيـة التـي بهـا الحـد مـن الاثـار والمخاطـر المتعلقـة بتغـير المنـاخ وادارتهـا مـن خـلال انجـاز بعـض الاجـراءات ومنهـا التخفيـف.

ان تطبيـق سياسـات التخفيـف يعنـي اتخـاذ تدابـير الترشـيد والاسـتدامة في قطاعـات محـدودة وكيفيـة الاسـتخدام للطاقـة مثـل الكهربـاء والمبـاني والزراعـة والصناعـة والنقـل ومـع ذلـك فـإن المـضي قدمـا في هـذه التحـولات قـد ينطـوي عـلى صعوبـات عديـدة, فمنطقـة الخليـج العـربي والتـي نحـن مـن ضمنهـا مثـلا, معرضة لتأثـير تغـير المنـاخ نظـرا لموقعهـا الجغـرافي ومناخهـا الجـاف واعتمادهـا عـلى الوقـود الاحفـوري وبحلـول عـام ٢٠٧٥مـن المتوقـع ان تصبـح غـير صالحـة للسـكن بسـبب ارتفـاع درجـات الحـرارة بمقـدار (٤م°), كـما ان البحريـن وقطـر والامـارات والعـراق واليمـن مـن الـدول المعرضة بشـكل خـاص لموجـات الحـر وارتفـاع درجـات الحـرارة(٣,ص٤٩).

لـذا أصبـح مـن الـضروري ان تسـخر كافـة الجهـود باتجـاه تقليـل انبعاثـات الغـازات الدفيئـة وذلـك للحـد مـن معـدل وحجـم تغـير المنـاخ الـذي يسـبب خطـراً عـلى الأنظمـة الاجتماعيـة والاقتصاديـة والسياسـية, وبالرغـم مـن ان تحقيـق منافـع إجـراءات التخفيـف مـن حيـث تفادي تغـير المنـاخ قـد يسـتغرق عقـودا فـأن القيـام بأعـمال التخفيـف في الاجـل القريـب مـن شـأنها ان تخفـض معـدل تغـير المنـاخ وتقلـل مـن متطلبـات التكيـف مسـتقبلاً)٤,ص١٣٠).

تشـير الدراسـات المصممـة مـن أعـلى الى أسـفل والدراسـات المصممـة مـن أسـفل الى أعـلى الى توافـق مرتفـع وأدلـة كثـيرة عـلى أمكانيـات ضخمـة لتخفيـف انبعاثـات الغـازات الدفيئـة عـلى مسـتوى العـالم وللعقـود القادمـة)٥,ص٤٥(.

ثالثا: ركائز نجاح استراتيجية ا لتخفيف :

هناك ثلاث ركائز أساسية تكفل نجاح استراتيجية التخفيف وهي) ٤,ص ١٠٢):-

١- تسعير الانبعاثات الكربونية: لدى ادوات السوق دور محوري يمكن أن تلعبه في خلق الحوافز، التي تلفت نظر رجال الصناعة والمستهلكين إلى أن ثمة قيمة مستفادة بإمكانهم جنيها من وراء خفض الانبعاثات وأن قدرة الأرض على استيعاب ثاني أكسيد الكربون لازالت شحيحة، والخيارات من اجل تسعير هذه الانبعاثات تشمل فرض الضرائب وفرض نظام الالتزام بحد أعلى من الانبعاثات.

ان سعر الكاربون هو جزء مهم من تدابير التخفيف, مع ارتفاع أعلى لسعر الكاربون وبتكنولوجيات الطاقة الجديدة المنخفضة الكاربون, لذا يقترح رفع الضرائب على انتاج واستخدام الفحم لجعل استخدامه مكلف نسبيا بالمقارنة بالطاقة المتجددة او الطاقة النظيفة(٦,ص١٥٧).

٢- التخفيف هو تغير السلوك بأوسع معانيه، فالتخفيف الناجح يتطلب من المستهلكين والمستثمرين تحويل الطلب إلى مصادر الطاقة منخفضة الكربون، وهنا للحكومات دور حيوي يمكن أن تلعبه في تشجيع التغير السلوكي لدعم الانتقال إلى اقتصاد منخفض لإنتاج الكربون حيث تشكل وضع المعايير وتوفير المعلومات وتشجيع الأبحاث والتنمية وكذلك ومتى أمكن تقييد الخيارات التي تضر بالجهود الرامية لمعالجة قضية تغير المناخ جميعها مكونات أساسية من آلية التنظيم. وينبغي ان يشمل تغير السلوك الزيادة السكانية الكبيرة الغير مخطط لها في العالم والتي تؤدي الى مشاكل اقتصادية وخدمية وبيئية كبيرة تعجز الكثير من البلدان النامية والفقيرة في ايجاد حلول مناسبة لها, حيث تواجه البشرية في الوقت الحاضر مشكلة تنامي وتضاعف عدد سكان كوكب الارض ويسبب هذا التزايد ارتفاعا ملحوظا في استهلاك مصادر الطاقة وخاصة الوقود الاحفوري مما يؤدي الى انبعاث كميات اكبر من الغازات الملوثة للهواء والمسببة لظاهرة التغير المناخي(٦,ص١٥٩).

٣- التعاون الدولي ويعد من الركائز

الأساسية للتخفيف إذ ينبغي أن تأخذ البلدان الغنية بزمام القيادة في التعامل مع تغير المناخ الخطير وذلك بخفض انبعاثاتها بشكل كبير ومبكر. إلا أن أي إطار عمل دولي لا يحقق اجماع من الدول الكبرى بخصوص إصدار انبعاثات غازات الاحتباس الحراري سيمنى بالفشل حيث تتطلب عملية تجنب تغير المناخ الخطير انتقالا إلى انبعاث منخفض للكربون في الدول النامية, كذلك وأمام التعاون الدولي فرصة المساهمة في تسهيل عملية الانتقال تلك وبما يضمن عدم تضرر التنمية البشرية والنمو الاقتصادي بمسار الانبعاث المنخفض.

المبحث الثاني: خيارات التخفيف

اولا- خيارات وتطبيقات تكنلوجيا احتجاز(CO_2) وتخزينه:

ان احتجاز ثاني أكسيد الكربون (Co_2) وتخزينه من ممكن ان يؤدي إلى تقليل كميات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) المنبعثة في الجو بصورة كبيرة. سيما ان هناك معرفة للتكنولوجيات اللازمة لفصل ثاني أكسيد الكربون من الغازات الأخرى وعزله. ولكن هناك حاجة إلى المزيد من التقدم في تقنيات احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه على نطاق أكبر. فعند حرق الوقود الأحفوري من الفحم الحجري او النفط او الغاز فإننا بذلك نزيد من تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو. ويبلغ تركيز ثاني أكسيد الكربون في الوقت الراهن ٣٧٩ جزءا في المليون. وهو ما يمثل زيادة كبيرة لم يسبق لها مثيل على مدى ٦٠٠٠٠٠ عام مضت. ويتفق أخصائيو علم المناخ على أن تلك الزيادة تعد مسئولة، ولو جزئيا في أقل الأحوال، عن زيادة درجة الحرارة العالمية. ومن بين الطرق التي من شأنها تقليل كمية ثاني أكسيد الكربون المتصاعد في الجو، هو زيادة الاعتماد على مصادر الطاقة النظيفة التي لا تنتج ثاني أكسيد الكربون. وتشمل تلك المصادر الطاقة الكهرومائية، وطاقة الرياح، والطاقة الشمسية، والطاقة النووية، وطاقة الحرارة الأرضية، وطاقة المد والجزر. ولكل من تلك الأنواع محدوديتها، كما سيكون من الصعوبة بمكان القيام بنقلة سريعة من استخدام الوقود الأحفوري إلى استخدام تلك المصادر الأخرى بوقت قصير. ولكن ماذا لو لم يصل ثاني أكسيد الكربون المتصاعد نتيجة حرق

الوقود الأحفوري إلى الجو؟ فبدلا من السماح لثاني أكسيد الكربون بالانطلاق من المداخن إلى الهواء، يمكننا احتجازه ووضعه في مكان ما. «وتسمى هذه العملية باحتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه. وتجري هذه العملية في الوقت الحاضر على نطاق ضيق جدا. ولكنها تحمل بين طياتها إمكانيات إحداث فارق كبير في كمية ثاني أكسيد الكربون التي نطلقها في الجو. فهي تتألف من مرحلتين. يتمثل التحدي الأول في احتجاز ثاني أكسيد الكربون بدلا من تركه ينطلق من المداخن. بعد ذلك، يجب أن يخزن أو يعزل بطريقة آمنة ولمدة طويلة. وتعتبر فكرة عزل ثاني أكسيد الكربون لتقليل الكمية التي تتخلل الجو حديثة نوعا ما, لكن هناك تطور كبير في التكنولوجيا اللازمة للقيام بذلك «, وهناك ثلاث استراتيجيات للعزل هي)٧,ص١٣٧):

١. فصل ثاني أكسيد الكربون بعد الاحتراق.

٢. إزالة الكربون من الوقود قبل الاحتراق إذ نقوم فقط بحرق الهيدروجين وإنتاج الماء فقط.

٣. حرق الوقود الأحفوري في وجود الأكسجين بدلا من الهواء مما ينتج عنه ثاني أكسيد الكريون المركز.

ومن الممكن استخدام المحاليل الكيميائية لإذابة ثاني أكسيد الكربون في الوقت الذي تمرر فيه الغازات الأخرى إلى الجو. وهذا الأسلوب المستخدم على نطاق واسع اليوم يستعمل مجموعة من المركبات تدعى الأمينات. تمتص الأمينات ثاني أكسيد الكربون عن طريق تكوين روابط كيميائية خاصة في وجود ضغط عالي ودرجة حرارة منخفضة. ويطلق على تلك العملية (الغسل). يتم بعد ذلك تسخين المحلول الكيميائي الناتج وتقليل الضغط عليه، مما يؤدي إلى إطلاق ثاني أكسيد الكاربون المركز, وهناك مذيبات أخرى لإذابة ثاني أكسيد الكربون بدون إنشاء روابط كيميائية. ويتم في عملية الامتصاص الفيزيائي تلك إذابة ثاني أكسيد الكربون تحت الضغط، ويتم بعد ذلك إزالته من المذيب عن طريق تقليل الضغط. ومن ثم يمكن إعادة استخدام المذيب. ومن الاستراتيجيات الأخرى لاحتجاز ثاني أكسيد الكربون, تبريد غازات المداخن إلى النقطة التي يصبح فيها

ثاني أكسيد الكربون سائلا. وتتطلب تلك العملية طاقة ضخمة للتبريد. ومن مزايا تلك العملية سهولة نقل السائل بواسطة الناقلات أو مركبات الشحن. وكذلك ايضا يمكن فصل الغازات باستخدام طبقات رقيقة تدعى (الأغشية).

بعد عملية احتجاز ثاني أكسيد الكربون المركز، تأتي الخطوة التالية والتي تتمثل في تخزينه في مكان ما. وتتمثل في الخيارات التالية (٧,ص١٣٨):-

١- التكوينات الجيولوجية:

يعد التخزين في التكوينات الجيولوجية من أكثر الخيارات الواعدة لعزل ثاني أكسيد الكربون على نطاق واسع ولأمد طويل. ويجري حاليا العمل بها في بعض المشاريع. فمن أجل ان قليل من غازات الاحتباس الحراري وزيادة درجة الحرارة على كوكب الأرض، يجب الاحتفاظ بثاني أكسيد الكربون المخزن بعيدا عن الجو لمئات أو آلاف السنين. وهناك مستودعات للنفط والغاز، والخزانات الجوفية للمياه المالحة العميقة، وطبقات الفحم الرقيقة بقيت ملايين السنين، ولم يحدث فيها سوى تغير تدريجي قليل جدا. وهناك أدلة قوية على أن تلك التكوينات، إن أحسن إدارتها، من الممكن أن تكون مخزنا طويل الامد لثاني أكسيد الكربون.

٢- مستودعات النفط والغاز الناضبة:

يعتقد البعض من الناس خطأ أن النفط والغاز يوجدان في كهوف كبيرة تحت الأرض ولكن الحقيقة ليست كذلك. بل العكس، تتواجد تلك الهيدروكربونات في صخور منفذة ومسامية مثل الحجر الرملي. وتحتوي تلك الصخور على فراغات ميكروسكوبية تدعى المسام، تمتلئ بالسوائل وقد تكون تلك السوائل مياه أو نفطا أو غازا. وبالتالي تشابه مستودعات النفط والغاز قطعة الأسفنج أكثر مما تشبه الزجاجة. كما يؤدي استمرار إنتاج حقل النفط والغاز لفترة طويلة إلى إزالة جزء كبير من تلك الهيدروكربونات وبالتالي تتوفر مساحة تخزين ثاني أكسيد الكاربون. وبما أن النفط والغاز ظلا معزولين في مثل تلك التكوينات لملايين السنين، فإن ذلك يعني أن ثاني أكسيد الكربون يمكنه أن يبقى كذلك أيضا.

٣- التخزين في المحيطات:

تمثل احد الخيارات الممكنة لتخزين (CO_2) عن طريق حقن هذا الغاز حقنا مباشرا في المحيطات على عمق يزيد على ١٠٠م حيث يعزل معظمه عن الغلاف الغازي لعدة قرون, ويمكن تحقيق ذلك بنقل ثاني اوكسيد الكاربون عن طريق خطوط الانابيب او السفن الى موقع تخزين في المحيطات, حيث يحقن عمود مياه المحيط او في قاع البحر, وسوف يصبح(CO_2) المنحل والمتناثر جزء من دورة الكاربون العالمية, ولم يستخدم التخزين في المحيطات لحد الان بصورة عملية الا انه على مستوى تجريبي في تجارب حقلية صغيرة, ودراسات نظرية ومختبرية على طوال ٢٥ عام على التخزين المعتمد في المحيطات(٨,ص٤٤١).

٤- الخزانات الجوفية:

يوجد العديد بما يسمى (المصائد الجيولوجية) محكمة الصيد تحت سطح الأرض، والتي لا تحتوي مطلقا على أي نفط أو غاز وتكون مسامها مملوءة بالمياه. ويطلق عليها الخزانات الجوفية وهذه الخزانات الجوفية الموجودة في أعماق تحت سطح الأرض هي الأكثر ملائمة لتخزين ثاني أكسيد الكربون. ولانها تمتلئ بالمياه المالحة، فبالتالي تعد غير مناسبة لإمداد أو تخزين المياه العذبة الصالحة للاستخدام البشري. ومن الممكن أن يذوب ثاني أكسيد الكربون جزئيا في المياه الموجودة بتلك الخزانات الجوفية او في بعض انواع الصخور المحيطة بها ربما يتفاعل مع المعادن مكونا رواسب مستقرة من الكربونات. وهذت كله يؤدي إلى حبس ثاني أكسيد الكربون بصفة دائمة فيها.

٥- طبقات الفحم الحجري:

«من بين وسائط التخزين الممكنة أيضا هي ترسبات الفحم الحجري الموجودة على أعماق بعيدة إذ يصعب تعدينها واستخراجها. ويتكون الفحم الحجري بصورة رئيسية من الكربون. وسيمتص ثاني أكسيد الكربون ويقوم بحبسه بصفة دائمة وعادة ما تحتوي ترسبات الفحم الحجري على الميثان. وعندما يتم ضخ ثاني أكسيد الكربون في الفحم الحجري، فإنه سيتم امتصاصه على حساب الميثان، الذي سيتم إطلاقه لاحقا. وكما هو الحال مع عمليات الاستخلاص المعزز للنفط، ستؤدي تلك العملية إلى إنتاج وقود نافع

وفي نفس الوقت عزل ثاني أكسيد الكربون . إلا أن هناك مشكلة تكتنف تلك الطريقة وتتمثل في أن الفحم الحجري سينتفخ نتيجة امتصاص ثاني أكسيد الكربون. وسيؤدي ذلك إلى تقليص المنافذ التي يمكن أن يتدفق الغاز خلالها، مما ينتج عنه الحد من سعة التخزين»(٧,ص١٣٥-١٤٢)

ثانيا-أهم القطاعات التي تشمل استراتيجية التخفيف:

(١)-الطاقة: وتتضمن هذه الاستراتيجية تقنيات رفع كفاءة الوقود الاحفوري والتحويل الى وقود احفوري بمحتوى كاربوني اقل وازاحة الكاربون من غازات الاحتراق ومن الوقود وتخزين ثاني اوكسيد الكربون, والتحويل الى الطاقة النووية والطاقات المتجددة النظيفة الخالية من اصدارات CO2, ولكل من هذه البدائل خائصها المميزة التي تحدد مدى كفاءتها الاقتصادية وقبولها الاجتماعي والسياسي, ويمكن للطاقات المتجددة على المدى البعيد ان تلبي حاجة العالم للطاقة الكافية, ولا تصدر هذه الانواع الا كميات محدودة من الغازات الدفيئة, او انها عديمة الاصدار(٩,ص١٤٤). جدول (٢) يشير الى انواع الطاقات المتجددة والبديلة وكلف استخراجها, ومن المتوقع ان تنخفض هذه الكلف بالمستقل اذا ما تحقق التوجه لذلك.

جدول(٢) كلف أنواع الطاقة المتجددة والبديلة

نوع الطاقة	متوسط الكلفة(سنت/ك واط ساعي)
الطاقة المائية	٢-٥
الطاقة النووية	٣-٤
طاقة الفحم الحجري	٤-٥
طاقة الغاز الطبيعي	٤-٥
طاقة الرياح	٤-١٠
الطاقة الجوفية	٥-٨
طاقة الكتلة الحيوية	٨-١٢
طاقة خلايا الوقود	١٠-١٥
الطاقة الشمسية	١٥-٣٢

المصدر: سعد الدين خرفان, تغير المناخ ومستقبل الطاقة المشاكل والحلول, ص١١٦.

تتضمن تقنيات تخفيف الانبعاثات من قطاع الطاقة على ما يلي:-

ا- الاستخدام أكفأ للوقود الأحفوري:

بصورة عامة تعد التقنيات الجديدة باستخدام أكفأ للوقود الاحفوري. على سبيل المثال يمكن رفع كفاءة إنتاج الكهرباء من ٣٠٪ إلى ٦٠٪ على المدى الطويل . وكذلك رفع توليد الحرارة والكهرباء بشكل مشترك حيث يتوفر ذلك سواء لاستخدام الحرارة في العمليات الصناعية أو في التدفئة او التبريد من كفاءة استخدام الطاقة. ويؤدي تكامل تحويل الطاقة من درجة حرارة عالية الى درجة حرارة منخفضة والذي يسمى بالتسلسل الحراري إلى كفاءة أعلى .

ب- التحويل إلى وقود أحفوري ذي محتوى كربوني اقل:

يمكن لتحويل الاستخدام من الفحم إلى النفط ومن النفط إلى الغاز ، تخفيض إصدار ثاني اوكسيد الكربون. ويصدر الغاز الطبيعي أقل كمية من CO_2 بالنسبة لوحدة طاقة، إذ تبلغ (١٥ كغ كربون/غيغا جول) ، بينما يصدر النفط (٢٠ كغ كربون / غيغا جول)، و يصدر الفحم (٢٥ كغ كربون/ غيغا جول).

ومن الممكن أيضا تحويل الوقود بكاربون أقل وأكثر كفاءة .

ج- التحويل الى الطاقة النووية:

«يمكن للطاقة النووية أن تحل محل الوقود الأحفوري في إنتاج الحمل الأساسي من الكهرباء، في عدد من دول العالم، إذا قدمت أجوبة مقبولة على التساؤلات حول أمن المفاعلات، ونقل النفايات المشعة والتخلص منها بامان، وعدم انتشار السلاح النووي. وتختلف كلفة إنتاج الطاقة النووية في دول عدة من ٢,٥ إلى ٦ سنت / كيلو وات ساعي. وتتراوح الكلفة للوحدات الجديدة، بما في ذلك التخلص من النفايات، وكلفة إزالة المنشأة من ٢,٥ إلى ٤,٥ سنت/ كيلو وات ساعي بفائدة ٥٪، و٤,٠-٧,٧ سنت / كيلو وات ساعي بفائدة ١٠٪, وتشير كلفة إنتاج الحمل الأساسي من الكهرباء من الطاقة النووية ، إلى أنها ستظل خيار « قويا في عدد من دول العالم في المستقبل»)١٠,ص٧٩٠(.

د- التحويل الى الطاقة المتجددة:

«يمكن للطاقات المتجددة على المدى البعيد أن تلبي حاجة العالم للطاقة ولا تصدر هذه الطاقات الا كميات محدودة من الغازات الدفيئة، أو

أنها عديمة الإصدار تماما . وهناك بعض الإصدارات من استخدام الكتلة الحيوية بشكل غير مستدام. ويمكن للكتلة الحيوية أن تساهم بقدر كبير في إنتاج الكهرباء, وفي انتاج الوقود الحيوي, إذا عولجت مشكلة تأمين الغذاء، والتأثير على التنوع الحيوي, ويمكن للطاقات المتجددة أن تخفض الغازات الدفينة بشكل كبير جدا، مقارنة بالوقود الاحفوري، إذا استمر تحسن أداءها وإذا لم تكن هناك مشاكل في اختيار مواقعها»(٩,ص١١٢(.

هـ- الطاقة المائية:

تقدر الإمكانية التقنية لتوليد الكهرباء بالطاقة المائية ب(١٤٠٠٠ تيرا وات ساعي / السنة). ويمكن استغلال حوالي (٦٠٠٠ - ٩٠٠٠ تيرا وات ساعي / السنة) منها بشكل اقتصادي على المدى البعيد، مع الاخذ بنظر الاعتبار العوامل البيئية والجيولوجية والاجتماعية والكلفة الاقتصادية. ويمكن عن الطريق إحلالها محل الفحم الحجري، تخفض الطاقة المائية الغازات الدفيئة بمعدل (٠,٩- ١,٧) غيغا طن كربون ، ومحل الغاز الطبيعي(٠,٤-٠,٩) غيغا طن كربون. لقد بلغت كلفة الكهرباء المولدة بالطاقة المائية في ٧٠ دولة في العالم عام ١٩٩٠ بحدود ٧,٨ سنت / كيلو وات ساعي . ويمكن أن تكون الطاقة المائية الصغيرة هامة واقتصادية في المستقبل في بعض المناطق في العالم، بينما قد يكون لإنشاء مثل هذه المشاريع المائية الكبيرة عواقب اجتماعية، وتأثيرات بيئية مباشرة وغير مباشرة، مثل تحويل مجرى النهر ، وتعديل الانحدار ، وتهيئة الخزانات، وبناء مرافق لليد العاملة، وتهديد النظم البيئية المائية، والتأثير سلبا على صحة الإنسان وإعادة توطين المهجرين جراء تلك الاعمال، والتأثير المتذبذب على الاقتصاد.

و- الكتلة الحيوية:

تتمثل طاقة الكتلة الحيوية بالفضلات الصلبة والمخلفات الصناعة والزراعة والغابات ونباتات الطاقة, ويعتمد مردود هذا النوع من الطاقة وتكلفته على العوامل المحلية، كتوفر الأراضي والمخلفات النباتية وعلى تقنيات الانتاج, وقياسيا فإن نسبة الطاقة الداخلة الى الخارجة للمحاصيل الغذائية ذات النوعية العالية منخفضة مقارنة بالمحاصيل الطاقية التي تتجاوزها

غالبا ب١٠ مرات. وتختلف تقديرات كلفة إنتاج الكتلة الحيوية بمقدار كبير, ومن المتوقع ان يكلف توليد الكهرباء من الكتلة الحيوية في الدول المتقدمة في المستقبل حوالي (٢دولار/ غيغا جول).

ز- طاقة الرياح:

«يمكن لطاقة الرياح التي تغذي شبكة كهربائية بشكل متقطع وتساهم ب١٥(- ٢٠٪)من الإنتاج السنوي للكهرباء، بدون ترتيبات خاصة كالتخزين وإدارة الدعم والتحميل, واذا ما استخدمت هذه الطاقة عوضا عن الوقود الاحفوري دون اعتبار الكلفة, فأن هذا سيخفف إصدار ثاني اوكسيد الكربون ب(٠,١- ٠,٢ غيغا طن كربون/السنة), وستكون منافسا تجاريا للطاقة النووية وحتى الاحفورية, ويمكن خفض التكاليف اكثر في المزارع الريحية الكبيرة وفي المستقبل يتوقع ان تنخفض الكلفة الى (٣,٢ سنت/كيلو وات ساعي) في مواقع جيدة وعند تحميلها فائدة (٦٪). ويعارض السكان في بعض المناطق تركيب العنفات بسبب الضجيج, وتشويه المناظر الطبيعية وتأثيرها على الحياة البرية»(٩,ص١١٦).

ح- الطاقة الشمسية:

يمكن تحويل أشعة الشمس مباشرة إلى كهرباء وحرارة بواسطة الخلايا الضوئية PV، و بالتقانة الحرارية. وتعتبر الخلايا الضوئية الآن منافسا للأنواع الاخرى من الطاقة, خصوصا إذا كان الموقع بعيدا عن الشبكة الكهربائية، لكنها غير منافسة لتطبيقات كبيرة مرتبطة بالشبكة . وعلى الرغم من انخفاض كلفتها الاستثمارية في السنوات الماضية، الا إنها لا تزال بحدود (٧٠٠٠- ١٠٠٠٠ دولار / كيلو وات)، وكلفة الكهرباء الناتجة بحدود(٢٣-٣٣ سنت / كيلو وات ساعي). ومن المتوقع أن تستمر كلفة الخلايا الضوئية PV بالانخفاض نتيجة تقدم البحث والتطوير المستمر و ايضا بسبب الإنتاج الضخم.

ط- الحرارة الجوفية:

تقدر كلفة توليد الكهرباء ب (٤ سنت / كيلو وات ساعي)، وتوليد الحرارة ب ٢(سنت / كيلو وات ساعي). وينتج الكهرباء من الحرارة الجوفية حاليا في (٢١) دولة من العالم وتقوم حوالي (٤٠) دولة أخرى باستثمار المياه الجوفية

الحـارة في أراضيهـا، بينـما تمتلـك (١٤) دولـة منهـا امكانيـات اكـبر مـن (١٠٠ ميغـا وات). وتسـتخدم التقنيـات المتقدمـة الدائـرة المغلقـة ولـذا فـأن اصداراتهـا قليلـة, وتقـدر إمكانيـة الحـرارة الجوفيـة عـام ٢٠٢٠-٢٠٢٥ بحـدود ٤EJ , وتعتـبر الصخـور الجوفيـة الجافـة والحـارة مـوردا اخـر للحـرارة الجوفيـة. وبشـكل عـام فـأن بالرغـم مـن اهميـة الحـرارة الجوفيـة للاقتصـاد عـلى المسـتوى المحـلي, الا ان إمكانيتهـا في خفـض الاصـدارات الكربونيـة ضئيلـة جـدا.

(٢) الصناعة:

في عـام (٢٠١٠) كان قطـاع الصناعـة مسؤولا عن نحـو (٢٨٪) من اسـتخدام الطاقـة الكليـة، وعـن انبعـاث (١٣) غيغاطـن مـن ثـاني أوكسـيد الكاربـون بمـا في ذلـك الانبعاثـات المبـاشرة وغـير المبـاشرة انبعاثـات العمليـات الصناعية، ومـن المتوقـع أن تزيـد الانبعاثـات بنسـبة تـتراوح مـن (٥٠-١٥٠٪) بحلـول عـام (٢٠٥٠), إلا إذا تسـارعت وتـيرة إدخـال تحسـينات في كفـاءة الطاقـة تسـارعا كبـيرا، وتبنـت الـدول المتقدمـة تقنيـات وتجهيـزات صناعيـة كفـؤة ونـشر أفضـل التكنولوجيـات المتاحـة, أمـا في البلـدان التـي لا تسـتخدم فيهـا تلـك التكنولوجيـا والـدول الناميـة التـي في طـور الانتقـال فـأن مـن الممكـن تحقيـق تخفيضـات إضافيـة في كثافـة الطاقـة تبلـغ نحـو (٢٠٪) مـن خـلال التطويـر والابتـكار، وان العقبـات التـي تحـول دون تحقيـق كفـاءة الطاقـة تتعلـق إلى حـد كبـير بتكاليـف الاسـتثمار الأولي و عـدم توافـر المعلومـات وخيـارات التنميـة وطريقـة إعـادة تشـكيل الصناعـة, وتمثـل البرامـج الإعلاميـة نهـج شـائع لترويـج كفـاءة الطاقـة تليهـا الأدوات الاقتصاديـة، والنهـج التنظيمـي والإجـراءات الطوعيـة(٢,ص٢٢-٢٤). وان مـن اهـم التقنيـات لتخفيـف الانبعاثـات الصناعيـة هـي مـا يـلي:-

أ- إدخال تقنيات و عمليات جديدة:

«عـلى الرغـم مـن أن كفـاءة العمليـات الصناعيـة قـد ازدادت كثـيرا خـلال العقديـن الماضيـين، تبقـى التحسـينات في كفـاءة الطاقـة، الوسـيلة الأهـم لإنقـاص الإصـدارات . وتقـع الإمكانيـة الأكـبر في الـدول ذات الاقتصـاد الانتقـالي، والـدول الناميـة، حيـث تبلـغ كثافـة اسـتخدام الطاقـة في الصناعـة (٢-٤) مـرات مثيلتهـا في الـدول المتقدمـة. وقـد حصـل أكـبر قـدر مـن توفـير الطاقـة في الـدول

المتقدمة في الصناعات الكيميائية، وصناعات الفولاذ والألمنيوم والورق والبترول. ويشجع هذا أنه من السهل تحقيق وفورات أكبر في الطاقة في هذه الصناعات في الدول النامية و **الانتقالية**»(**١١**,ص١١٠).

ب- تبديل الوقود:

يؤدي التحول إلى وقود أقل كثافة بالكاربون مثل الغاز الطبيعي، إلى خفض الإصدارات بطريقة اقتصادية، وهو ما معمول به في كثير من دول العالم. ومع ذلك يجب الاحتياط من أن لا تؤدي التسريبات من خطوط نقل الغاز الطبيعي إلى ضياع هذه الميزة. ويمكن للاستخدام الكفوء للكتلة الحيوية من التوليد المشترك للبخار والكهرباء، والذي يساهم في خفض الانبعاثات كما في انتاج الورق وبعض الصناعات الزراعية كقصب السكر .

ج. النقل الحراري والتوليد المشترك:

ان لزيادة النفل الحراري والتوليد المشترك أهمية في تخفيض الإصدارات الوقود الأحفوري و الوقود الحيوي من ثاني أوكسيد الكاربون، وفي الغالب فإن الجمع بين الحرارة والطاقة أو النقل الحراري يحقق جدوى اقتصادية كبيرة كما في العديد من الدول المتقدمة, كما تمتلك الصناعة التي تعتمد على الفحم الحجري بشكل كبير إمكانية خفض إصدار ثاني اوكسيد الكاربون إلى النصف تقريبا وبدون تغيير الوقود عن طريق التوليد المشترك. ويتطلب النقل الحراري الذي يتضمن الاستفادة من الحرارة المنخفضة، وإعادة استخدامها، لأغراض صناعية مناسبة تربط عددا من العمليات الصناعية بالتدفئة المنزلية، وتسخين المياه.

د- تطوير العمليات الصناعية:

تبلغ كمية الطاقة الأولية المستخدمة في الصناعة حوالي (١٦٪) من المواد الداخلة في الصناعة، ويتحول معظمها إلى ثاني اوكسيد الكاربون، والذي يؤدي الى إبدال الغاز الطبيعي كمصدر للهيدروجين بهيدروجين من الكتلة الحيوية، أو بهيدروجين من تحليل الماء بطاقة غير كربونية، إلى خفض الإصدارات الكربونية في صناعة الأمونيا والكيميائيات الأخرى. وينبغي تنسيق عملية إنتاج الهيدروجين الرخيص كوقود للصناعة مع إنتاج الهيدروجين كوقود للنقل. ويمكن للتطور المرتجى في العمليات

الصناعية أن يخفض الإصدارات الكاربونية أو تلغيها تماما.

هـ- استبدال المواد المتسببة:

إن استبدال المواد المتسببة بإصدار غازات الدفيئة، بمواد أخرى تقوم بالمهمة ذاتها بإصدارات أقل, على سبيل المثال الإسمنت الذي يولد(٠,٣٤)طن كربون لكل طن أسمنت (٦٠٪من الطاقة المستخدمة في الإنتاج و ٤٠٪ من غاز العمليات). كما يمكن التحويل إلى مواد بناء أخرى غير الاسمنت. إذ تحتوي ارضية من الاسمنت المسلح على (٢١) مرة من الطاقة مقارنة أخرى من الخشب, وتقوم شركات الأخشاب الكبيرة حاليا بإنتاج مواد كيميائية للتغليف إضافة إلى إنتاج الورق والخشب. ويؤدي التغليف الخفيف على سبيل المثال إلى إصدارات أقل. ولكن في هذه الحالة يصعب إيجاد المواد البديلة المناسبة، لأن ذلك يعتمد على تحديد المواد البديلة ونوعيتها وندرتها.

و- تدوير المواد:

«يؤدي تدوير المواد وإعادة استخدامها إلى توفير كبير في الطاقة، وخفض إصدار الغازات الدفيئة. إذ تطلق المواد الأولية حوالي ٤ مرات CO_2 الذي يطلق من مواد مسترجعة في الفولاذ والنحاس والزجاج والورق. أما بالنسبة للألمنيوم فالرقم أكبر بكثير، ويقدر أن تؤدي زيادة التدوير بمقدار(١٠٪) في الدول المتقدمة ، إلى خفض الإصدارات ب (٢٩) ميغا طن كربون. ويتطلب التدوير الناجح الى إعادة المواد إلى وظيفتها السابقة أو تخفيضها لاستخدامات أقل قيمة. وهناك حاجة لتطوير التقنيات اللازمة لإعادة تدوير المواد واستخدامها»(١٢,ص١٢٠).

(٣) الزراعة:

إن قطاع الزراعة والحراجة }الحراجة هي: نهج متكامل لاستخدام المزايا التفاعلية من الجمع بين الاشجار والشجيرات مع المحاصيل والماشية لخلق انتفاع بالأرض اكثر تنوعا وانتاجية وربحية واستدامة, بينما يعد التعريف الضعيف للحراجة الزراعية هو الاشجار في المزارع{,والاستخدامات الاخرى للأراضي مسؤول عن نحو(١٠) غيغاطن من غاز ثاني أوكسيد الكاربون سنوية الانبعاثات الصافية من الغازات الدفيئة البشرية ونتيجة إزالة الغابات, وتشير أحدث

التقديرات إلى حدوث انخفاض في تدفقات ثاني أوكسيد الكاربون من الزراعة والاستخدامات الأخرى للأراضي، نتيجة إلى حد كبير لانخفاض معدلات إزالة الغابات وزيادة الزراعة، وتوجد أوجه عدم يقين إضافية بشان الانبعاثات الصافية في المستقبل، ومن المتوقع أن تنخفض انبعاثات ثاني أوكسيد الكاربون السنوية الصافية التي قطاعات الزراعة والحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي، مع احتمال أن تصبح تلك الانبعاثات الصافية أقل من نصف المستوى الذي كانت عليه في عام (٢٠١٠) بحلول عام (٢٠٥٠) ومع احتمال أن تصبح هذه القطاعات مصرفاً صافيا وبالوعة صافية لثاني أوكسيد الكاربون قبل نهاية القرن.

تؤدي الزراعة والحراجة والاستخدامات الأخرى للأراضي دورة مركزية في الأمن الغذائي والتنمية المستدامة، وأكثر خيارات التخفيف فعالية من حيث التكلفة في مجال الحراجة هي زرع الغابات والإدارة المستدامة للغابات والحد من إزالة الغابات مع وجود فروق كبيرة في أهميتها النسبية بين المناطق، «وتبلغ السياسات التي تحكم الممارسات الزراعية وحفظ الغابات وإدارتها أقصى درجات فعاليتها عندما تشمل التخفيف والتكيف على حد سواء، ومن الممكن أن تؤدي الطاقة الأحيائية دورا بالغ الأهمية في التخفيف، ولكن هناك مسائل يجب النظر اليها من قبيل استدامة الممارسات وكفاءة نظم الطاقة الأحيائية»(٢,ص٢٥-٢٧). وان من جملة التقنيات لتخفيف الانبعاثات في قطاع الزراعة هي ما يلي(٩,ص١٣٢-١٣٧):-

أ- التخفيف من إصدار CO2:

ويشمل تخفيف الإصدار من ثاني اوكسيد الكاربون، وإيجاد مصارف كفؤة له وتخزينه. إذ تتمثل الخيارات بزيادة دور الأرض الزراعية كمصرف للكربون وتخزينه في تربة مدارة جيدا»، وبعد إعادة تأهيل الأراضي الزراعية إلى البيئة الطبيعية. ومع ذلك فلتخزين الكاربون في التربة استطاعة محدودة على مدى (٥٠-١٠٠ عام)، مع تأسيس مستويات توازن جديدة للمادة العضوية في التربة كما ان هناك مزايا إضافية لتخزين الكربون في التربة مثل تحسين الإنتاجية، وتعزيز استدامة

أنظمة الإنتاج الزراعي، ويمكن عن طريق تخصيص(١٥٪) من مساحة الأراضي الزراعية، تخزين حوالي (١,٥-٣) غيغا طن كربون من الإصدارات، على مدى (٥٠-١٠٠ عام). ويبقى إعادة زراعة الغابات ممكن فقط إذا توفر الغذاء والطاقة والأخشاب من الأراضي المتبقية. وهذا ما يحصل في الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي من خلال الزراعة المكثفة. و تساهم حاليا» نصف الغابات الاستوائية فقط المحولة إلى الزراعة بزيادة الأراضي المنتجة. ان الطريقة الوحيدة للخروج من هذه الدائرة المغلقة, هي باستخدام تقنيات حديثة لتطوير المزارع الحالية, وحماية البيئية من التدهور.

ب- تخفيض الإصدارات من غاز الميثان:

«يأتي معظم إصدار غاز الميثان في الزراعة من تربية الحيوانات، و إنتاج الأرز المستمر بمعدلاته الحالية على الأقل لتلبية الطلب المتزايد على الغذاء. تنتج حقول الأرز المغمورة بالماء غاز الميثان. ويمكن تخفيض الإصدار بتحسين طريقة إدارة هذه الحقول ويعتمد التطبيق الناجح لتقنيات التخفيف المتاحة لغاز الميثان على»)١٣,ص٧١١(:

١- عدم قلة مردود الأرز بل زيادته.

٢- توفر اليد العاملة و المياه وتكاليف الإنتاج .

٣- أن يكون الرز الناتج عن هذه التقنيات مقبولا» للمستهلك.

«يمكن تخفيض إصدار الميثان من الماشية بتحسين نظام الرعي واستخدام مراع بنوعية أعلى، لأن الرعي على مراع فقيرة يطلق كمية أكبر من غاز الميثان بالنسبة لوحدة غذائية, ويمكن التغذية الحيوانات في الحظائر أن تخفف من إصدار الميثان، باعتمادها على وجبات متوازنة، تتحكم بهضم أغذية مرتفعة الطاقة, غير أن هذا يزيد من إصدار غاز CO_2 المنطلق جراء استخدام الطاقة، لإنتاج هذه الأغذية ونقلها. ويمكن تخفيض إصدار الميثان من مخلفات فضلات الحيوانات في المزارع وذلك بتحويل هذه الفضلات إلى طاقة، بدلا من انطلاق الميثان إلى الجو»)١٤,ص٣).

ج- تخفيض إصدار أكاسيد الآزوت:

يعد الأزوت عنصر أساسي لغذاء النبات، لكنه يدخل في تركيب بعض أكثر المركبات انتقالا» في التربة والماء والجو وهناك قلق

متزايد من زيادة استخدام الأسمدة الأزوتية في الزراعة. ويشكل توازن الازوت اساس سياسات تحسين إدارته في الزراعة وتربية الماشية و التخفيف من تأثيره البيني . وبالإمكان عن طريق الإدارة الجيدة تخفيض النتروجين المنطلق إلى الجو على شكل أمونيا ضائعة او اكاسيد الأزوت أو المتغلغل في التربة إلى المياه الجوفية. ويأتي هذا التخفيض أيضا من تقليل كمية الأسمدة المستخدمة، أو من زيادة مردودها ، باستخدام الكمية نفسها. وتاتي المصادر الرئيسة للنتروجين في التربة من الأسمدة الآزوتية اللاعضوية، وبقايا المحاصيل البقولية، ومخلفات الحيوانات. ويتسرع انتقال هذه المركبات التربة نتيجة لحالتها السيئة. ويصدر بعض الأكاسيد الآزوتية أيضا» من جراء حرق الكتلة الحيوية. ويؤدي تطوير التقنيات الزراعية كالتحكم بإصدار الأسمدة ، ومثبطات النترجة وتحديد مواعيد تطبيق الأسمدة وإدارة المياه إلى تحسين كفاءة استخدام النتروجين وقلة تشكل أكسيد النتروز. اما الإجراءات التي يمكن أن تخفض من إصدار الغازات الدفيئة في قطاع الزراعة بشكل كبير فهي ما يلي :-

١- البرامج المبنية على أساس السوق (مثل فرض ضرائب على استخدام الأسمدة الأزوتية وتخفيض سياسات الدعم للزراعة وإصلاحها، ودعم إنتاج الطاقة الحيوية، وتشجيع استخدامها).

٢- إجراءات تشريعية (مثل واشتراط دعم الزراعة بتطبيق الأهداف البيئية وضع قيود على استخدام الأسمدة الأزوتية).

٣- الاتفاقات الطوعية (مثل إدارة التربة لزيادة مخزونها من الكربون).

٤ - البرامج الدولية (مثل دعم نقل التقنيات الزراعية في ما بين الدول).

«لا تنحصر الاهداف الرئيسة للعديد من هذه الإجراءات بقضايا تغير المناخ فقط، بل تهدف ايضا إلى تخفيف التلوث، والحد من تدهور الموارد الطبيعية. ويمكن للحكومات أن تطور استخداما أفضل للأسمدة بتغيير المواد للسماح بمرونة اكثر، ولتشجع المزارعين على زراعة محاصيل صديقة للبيئة وتبني إجراءات تعتمد بشكل أقل على الأسمدة المصنعة. إن دعم الإجراءات الإدارية لخفض تدهور التربة والحد

من التلوث البيني، سيكون متسقا مع إجراءات التخفيف من إصدار الغازات الدفيئة. ويمكن لإجراءات تشجيع استخدام الأراضي بشكل أكفأ أن يزيد من تخزين التربة للكربون»)١٥,ص٣).

(٤) النقل:

كان قطاع النقل مسؤولا عن (٢٧٪) من استخدام الطاقة النهائية و عن (٦,٧)غيغاطن من انبعاثات ثاني أوكسيد الكربون المباشرة في عام(٢٠١٠) مع توقع أن تتضاعف تقريبا انبعاثات ثاني اوكسيد الكربون بحلول عام (٢٠٥٠) وهذه الزيادة في انبعاثات ثاني أوكسيد الكاربون ناجمة عن تزايد نشاط الركاب والشحن على صعيد العالم ويمكن أن تقابل جزئية تدابير التخفيف المستقبلية التي تشمل إدخال تحسينات بشان كاربون الوقود وكثافة الطاقة وتطوير الهياكل الأساسية وتغيير السلوك وتنفيذ سياسات شاملة وعلى وجه الإجمال، يمكن أن تتحقق في عام (٢٠٥٠) تخفيضات في الانبعاثات الكلية لثاني أوكسيد الكاربون في النقل تتراوح من (١٥-٤٠٪) مقارنة بما هو موجود الان، وتتباين خيارات التخفيف في قطاع النقل من بلد لأخر فالعقبات المؤسسية والقانونية والمالية والثقافية تشجع الأخذ بالتكنولوجيا المنخفضة الكاربون في بعض البلدان سيما تلك ذات معدلات النمو الحضري المرتفعة.

«ان استراتيجيات الحد من كثافة الكربون في الوقود ومعدل خفض كثافة الكربون تقيدها التحديات المرتبطة بتشغيل الطاقة والانخفاض النسبي لكثافة الطاقة التي تتسم بها أنواع وقود النقل المنخفضة الكاربون والدراسات المتكاملة والقطاعية تجمع بوجه عام على وجود فرص للتحول إلى وقود منخفض الكاربون في الأجل القريب، على أن تلك الفرص ستزيد بمرور الوقت، ومنها تزايد حصته غاز الميثان في ما يتعلق بمركبات الطرق والمركبات المائية، وتنطوي الكهرباء التي تنتج من مصادر منخفضة الكاربون على إمكانات زيادة استخدامها بالسكك الحديدية الكهربائية مع إمكانية استخدام الحافلات والسيارات الكهربائية، وتشكل أنواع الوقود الهيدروجيني المستمدة من مصادر منخفضة الكاربون إضافة إلى أنواع الوقود الأحيائي السائلة

والغازية المتاحة تجارية التي توفر فوائد مصاحبة إلى جانب خيارات التخفيف التي يمكن زيادتها بواسطة أوجه التقدم التكنولوجي والحد من الانبعاثات من النقل (بما في ذلك الكاربون الأسود) وأوزون التروبوسفير (بما في ذلك أكاسيد النيتروجين) ويحقق فوائد تمس صحة الإنسان»(٢,ص٢٠-٢٢).

هناك خيارات محدودة لتقليل الطاقة المستخدمة في النقل في الاجل القصير وما لا ينطوي على تكاليف اقتصادية او اجتماعية او سياسية ملموسة فلم تظهر الحكومات لحد الان, أي سياسات يمكن ان تقلل من الطلب العام على الحركة بل ان جميع الحكومات تجد ان من الصعب عليها سياسيا التفكير في اجراء من هذا النوع, ومن المرجح حدوث تحسينات اضافية ملموسة في كفاءة الطاقة المستخدمة في الطائرات عن طريق سياسة تزيد من سعر الطائرات وبالتالي تقلل من حجم الانبعاثات, وفي المجال التطبيقي قامت شركة(Cosan) البرازيلية والتي تعد الاولى في العالم في انتاج الايثانول المستخرج من قصب السكر بديلا عن النفط, وتعد البرازيل اكبر دولة في العالم في انتاج الايثانول الحيوي حيث بلغ انتاجها نحو٤,٥ مليون غالون سنويا, حيث بدأت بإنتاجه منذ اوائل الثمانينيات)٨,ص٤٤٠).

(٥)- الغابات:

تشكل الغابات مصدرا» لغاز CO_2 ومصرفا» له في نفس الوقت. تمتص الغابات الكربون خلال عملية التمثيل الضوئي ، ولكنها تصدره من خلال تحلل النباتات، واحتراق الأشجار طبيعيا» أو حرقها من قبل الإنسان . ويمكن زيادة قدرة هذه الغابات على امتصاص الكربون والاحتفاظ به عن طريق الإدارة الجيدة لها من قبل المعنيين، وبالتالي التخفيف من تركزه في الغلاف الجوي. وعلى الرغم من أن بعض الأراضي المتدهورة لا تصلح كغابات إلا أنه يمكن عن طريق تطوير إدارة هذه الغابات الاحتفاظ بالكربون وتخزينه. تغطي الغابات حاليا ٣,٤غيغا هكتار في العالم منها ٥٢٪ في خطوط العرض السفلى و٣٠٪ في العليا و ١٨٪ في الوسطى . تخزن الغابات في العالم ٣٣٠ غيغا طن من الكربون في نباتات حية وميتة فوق الأرض وتحتها ، وكذلك ٦٦٠ غيغا طن كربون في التربة . وتوجد

كمية غير محددة من الكربون في منتجات كالأخشاب والبيوت والأثاث والورق. وتعتبر الغابات في خطوط العرض العليا والوسطى مصرفاً للكربون بمعدل ٠,٧غيغا طن كربون / العام، بينما تشكل الغابات في خطوط العرض السفلى مصدراً للكربون بمعدل (١,٦ غيغا طن) كربون العام . ويكون هذا ناجم بشكل كبير من تدهور الغابات وإزالتها من قبل الإنسان في تلك المناطق. ويمكن مقارنة هذه الأرقام مع إصدار الكربون من حرق الوقود الأحفوري والمقدرة ب ٦ غيغا طن كربون عام ١٩٩٠. اما تقنيات التخفيف من الاصدارات في قطاع الغابات فيمكن تقسيمها إلى ٣ أقسام وهي كالاتي:-

أ - إدارة الحفاظ على الكربون.

ب - إدارة تخزين الكربون.

ج - إدارة تعويض الكربون.

«تتضمن المحافظة على الكربون إجراءات مثل التحكم بإزالة الغابات، وحمايتها في المحميات وتغيير نظم حصادها، والتحكم بالعوامل البشرية مثل الحرائق، وانتشار الحشرات . ويتضمن التخزين توسيع مساحة الغابات، وزيادة الكتلة الحيوية فيها، ورفع كثافة الكربون في التربة، سواء في الغابات الطبيعية أو الاصطناعية، وزيادة التخزين في خشب قابل للبقاء. أما إجراءات التعويض فتهدف إلى زيادة تحويل كربون الكتلة الحيوية للغابات إلى منتجات، بدلا من استخدام طاقة الوقود الأحفوري، أو الاسمنت ومواد بناء أخرى غير خشبية، وهناك حوالي ٧٠٠ مليون هكتار من الأراضي الصالحة لتخزين الكربون في العالم. ويمكن للغابات الاستوائية أن تخزن الكمية الكبرى من الكربون (٨٠٪) ثم المناطق المعتدلة (١٧٪) و المناطق الشمالية (٣٪). ويمثل الاسترجاع الطبيعي والمساعد، وإزالة الغابات البطيء، أكثر من نصف الكمية للغابات الاستوائية. وتساهم زراعة الغابات والمزج بين الغابات والزراعة النصف المتبقي للغابات الاستوائية. لقد أظهرت السيناريوهات أن المعدل السنوي للحفاظ على الكربون وتخزينه من الإجراءات التي ذكرت، يزداد مع الوقت. وعلى مستوى العالم تتحول الغابات من مصدر إلى مصرف, اما في ما يخص إجراءات خفض الإصدارات في قطاع الغابات فهي

كالاتي»)١١,ص١١٢) :

أ- إزالة الغابات وإعادة زراعتها :

يراد من إزالة الغابات هو تهيئة الأرض للزراعة، و استخراج الخامات منها، وبناء السدود، وقطعها للحصول على الخشب. وقد تفقد الأرض المهيئة للزراعة خصوبتها، وتصبح صالحة للرعي فقط. وهناك عملية استغلال الغابات مباشرة والذي يشمل تأجير الارض وتطويرها, من خلال ازالة الغابات وبناء المستوطنات والسدود واستخراج المعادن وتحويل الارض الى مزارع.

إن حوالي(٦٥٪) من إجمالي إمكانية التخفيف من إصدار الغازات الدفيئة يكمن في الغابات, يأتي حوالي (٥٠٪) منها عن طريق تقليل الإصدارات الناجمة عن إزالة الغابات. ويؤثر التغير المناخي على إمكانية التخفيف في قطاع الغابات، حيث يتباين هذا التاثير من منطقة لأخرى ووقت لاخر, ويكون التخفيف عن طريق الغابات ليتناسب مع عملية التكيف. إن الإجراءات المتخذة للتقليل من الإتبعاثات في مجال الغابات عديدة نذكر منها: زيادة المساحات المزروعة وإعادة تأهيل الغابات وإدارة الغابات بشكل جيد للحفاظ عليها مع الحصول على الأخشاب، والعمل على وقف التصحر، واستخدام الفضلات المتولدة من الغابات في توليد الوقود الحيوي. ومن التقنيات الواعدة هي زيادة كفاءة الأشجار في تخزين الكربون، وزيادة كمية الكتلة الحيوية، واستخدام الاستشعار عن بعد لإدارة الغابات، و تخطيط استخدام الأراضي بشكل مستدام.

ب- زراعة الغابات:

«تؤدى زراعة الغابات إلى زيادة كمية الكاربون المخزون في النباتات (فوق الأرض أو تحتها) وفي المواد العضوية الميتة، وفي المنتجات الخشبية ذات العمر الطويل والقصير . وتتعلق العملية بإعادة غرس الأشجار في مناطق أزيلت منها منذ فترة قريبة (أقل من ٥٠ عاما)، أوغرسها في مناطق لم تكن غابة لمدة طويلة (أكثر من ٥٠ عاما») . وفي المناطق عند خطوط العرض العليا فإن معدل إعادة زرع الغابات عادة مرتفع. ومنذ الحرب العالمية الثانية زرعت فرنسا(٣,١٥مليون) هكتار ودعت إلى زراعة (٣٠٠٠٠) هكتار /

العام من عام ١٩٩٨ . وسيقوم هذا بعزل وتخزين ٧٩ إلى ٨٩ مليون طن من الكربون على مدى ٥٠ عاما».

وتحاول الهند تشجيع زراعة شجر التيك الذي يستخدم في مواد البناء والأثاث من قبل القطاع الخاص .

ج- إدارة التعويض:

تشكل إدارة التعويض عن الوقود الأحفوري بمنتجات أخرى من الغابات أكثر إمكانية للتخفيف من اصدار غازات دفيئة على المدى الطويل. وتنظر هذه الإدارة إلى الغابات على أنها موارد متجددة ، وتركز على تحويل كربون الكتلة الحيوية إلى نواتج تحل محل الوقود الأحفوري أو تقليله, ومن المحتمل أن يكون استبدال الوقود الأحفوري بمنتجات خشبية قليلة طاقة أكثر فاعلية للتخفيف من الإصدارات من زرع الغاليات على اراضي متدهورة على المدى الطويل. ويؤدي إبدال الفحم الحجري بالخشب لتوليد الكهرباء إلى تخفيف الإصدارات الى (٤ مرات) من إزاحة الكاربون بالنباتات.

إن توليد الوقود الحيوي والكهرباء الحيوية أكثر تعقيد, لأن وضعهما في الاستثمار تجاريا اصعب ويجب التغلب على عوائق التسويق، وفرق اسعار الطاقة. وتتميز أنظمة الكتلة الحيوية في الريف بتشغيلها لليد العاملة، وإعادة تأهيل الاراضي المتدهورة. ويمكن تحويل التدفئة المركزية إلى أخرى تعتمد على الكتلة الحيوية، لتزويد الحرارة والكهرباء في المناخ البارد»)١١,ص١١٤).

(٦) المباني والمساكن والتخطيط المكاني:

«إن التحضر يمثل اتجاه عالميا ويرتبط بحدوث زيادات في الدخل، وزيادة الدخل في الحضر يرتبط به ارتفاع استهلاك الطاقة وارتفاع انبعاثات الغازات الدفيئة جراء ذلك, ففي عام (٢٠١١) كان أكثر من (٥٢٪) من سكان العالم يعيشون في مناطق حضرية وفي عام (٢٠٠٩) كانت المناطق الحضرية مسؤولة عن نسبة من استهلاك الطاقة تتراوح من (٧٩-٧٩٪) وكانت مسؤولة عن نسبة تتراوح من (٧١-٧٩٪) من انبعاثات ثاني أوكسيد, ويتيح العقدان القادمان فرصة للتخفيف في المناطق الحضرية، لأن نسبة كبيرة من مناطق العالم الحضرية ستصبح متقدمة النمو في أثناء هذه الفترة ووفقا لاتجاهات تدني كثافة

السكان، واستمرار النمو الاقتصادي والسكاني»(٤,ص١١٣).

في عام (٢٠١٠) كان قطاع المباني مسؤولا عن نحو (٣٢٪) من استخدام الطاقة النهائية وعن انبعاثات لثاني أوكسيد الكاربون بلغت (٨,٨) غيغاطن، بما يشمل الانبعاثات المباشرة وغير المباشرة، ومن المتوقع أن يتضاعف الطلب على الطاقة وأن تزيد الانبعاثات بنسبة تتراوح من (٥٠-١٥٠٪) بحلول منتصف القرن، وهذه الزيادة في الطلب على الطاقة تنتج عن حدوث تحسنات في الثروة، وتغيير في أسلوب الحياة، والحصول على خدمات الطاقة الحديثة وعلى إسكان ملائم وتحضر، وهناك مخاطر انحباس كبيرة مرتبطة بطول مدد أعمار المباني وما يتصل بها من هياكل أساسية، وهذه المخاطر هامة على وجه الخصوص في المناطق التي توجد فيها معدلات تشييد مرتفعة. تشير الدراسات والابحاث إلى أن تغيير أسلوب الحياة والسلوك يمكن أن يقلل الطلب على الطاقة بما يصل إلى (٢٠-٥٠٪) من المستويات الحالية بحلول منتصف القرن الحالي، أما في البلدان النامية فعلى العكس من ذلك، يذكر ان لمعظم خيارات التخفيف المتعلقة بالمباني فوائد مصاحبة كبيرة ومتنوعة إضافة إلى وفورات تكلفة الطاقة وتشمل هذه الفوائد التحسينات في أمن الطاقة، والصحة، وقد اسهمت في بعض البلدان المتقدمة النمو في تثبيت أو خفض الطلب الكلي على الطاقة في المباني من خلال تعزيز القوانين واعتمادها المزيد من القوانين، وتوسيع نطاقها بحيث تمتد إلى مزيد من انواع المباني والأجهزة وهي أمور ستمثل عاملا رئيسيا في بلوغ الأهداف المناخية المنشودة. وهناك استراتيجيات لتخفيف اصدارات الغازات الدفيئة في السكن ولكن يصعب تطبيقها في الدول النامية, لعدم امتلاكها للتقنيات وعدم توفر الامكانات المادية والبشرية المؤهلة لها. ومن هذه الاستراتيجيات: استخدام الانارة الطبيعية, او الانارة الاكفأ. واستخدام الموانع بديلة عن الكلوروكربون في التبريد, واسترجاع غار الفلور واستخدام أجهزة التبريد والتكييف والانارة والطبخ أكفأ في خفض الانبعاثات, واستعمال العزل الجيد للحرارة وكذلك الاستفادة من الطاقة الشمسية في تصميم المساكن

للتدفئة والتبريد.

من الممكن خفض زهاء ٣٠٪ من الانبعاثات الاساسية المتوقعة في قطاع الاسكان والتجارة والتي تمثل اعلى معدل بين جميع القطاعات التي درستها الهيئة الدولية المعنية بتغير المناخ بحلول ٢٠٣٠ مع تحقيق فائدة اقتصادية صافية, فمن الممكن خفض استهلاك الطاقة عن طريق زيادة استخدام التكنولوجيات القائمة من قبل التصميم الشمسي السالب والاضاءة والاجهزة ذات الكفاءة العالية, ونظم التهوية العالية, وسخانات المياه التي تعمل على الطاقة الشمسية والعزل, ومواد البناء التي تعكس حرارة الشمس الى حد كبير ومن الممكن ان توفر السياسات الحكومية المتعلقة بمعايير الاجهزة والامدادات الطاقة الخاصة بالمباني مزيدا من الحوافز والمعلومات لاتخاذ تدابير تجارية في هذا المجال(٨,ص٤٤٠).

(٧) ادارة النفايات:

ان الخيارات الهامة في ما يتعلق بالتخفيف في سياق إدارة النفايات في الحد من النفايات الذي يعقبه إعادة استعمالها وإعادة تدويرها واسترجاع الطاقة, تتضمن تقنيات تحويل النفايات الى مصدر من مصادر الطاقة كما في اليابان وعدد من الدول الاوربية مما يساهم في تقلص غاز الميثا)١٦,ص٩٥). وقد كانت النفايات والمياه العادمة مسؤولة عن انبعاثات بلغت (١,٥) غيغاطن من غاز ثاني أوكسيد الكاربون في عام (٢٠١٠) وبالنظر إلى أن حصة المواد المعاد تدويرها أو المعاد استعمالها ما زالت منخفضة (مثلا، يعاد تدوير نحو (٢٠٪) من النفايات الصلبة الخاصة بالبلديات) من الممكن أن تسفر تكنولوجيات معالجة النفايات واسترجاع الطاقة للحد من الطلب على الوقود الأحفوري عن تحقيق انخفاضات مباشرة كبيرة في الانبعاثات من التخلص من النفايات.

«ومن الطرق الاخرى المستخدمة لتقليل الإنبعاثات الحفاظ على المواد الخام، وتقليل الفضلات و استرجاعها، وإعادة تدويرها. وقد استخدم استرجاع الميثان من مناطق الطمر الصحي منذ عام ١٩٧٥, ويتجاوز حاليا (١٠٥)ميغا طن CO مكافئ، وقد نجحت الإصدارات من الفضلات في الدول المتقدمة لاسترجاع غاز الميثان، واستخدام تقانات أخرى

بدلا من ملء الأراضي. وفي المقابل يزداد الإصدار من الدول النامية, بسبب زيادة استخدام طريقة ملء الأراضي بالنفايات كطريقة للتخلص منها. ويمكن خفض هذه الإصدارات في هذه الدول بإتباع تقنيات أخرى، أو باسترجاع غاز الميثان. او يتم التحكم بمعالجة مياه الصرف الصحي لتقليل اصدار الغاز. ومن التقنيات الحديثة استخدام الأغطية والمرشحات البيولوجية، التي تقوم بأكسدة غاز الميثان. كما يمكن حرق الفضلات والاستفادة من الحرارة الناجمة منها في التسخين أو توليد الكهرباء. ويحرق حاليا» أكثر من (١٣٠) مليون طن من الفضلات في العام في أكثر من (٦٠٠) موقع في العالم . إن حرق الفضلات مع التخلص من الغازات الملوثة تقنية مجربة وموثوقة، لكنها في نفس الوقت أكثر كلفة من ملء الأراض بالنفايات واسترجاع غاز الميثان»(١٧,ص١٤١(.

(٨) خيارات أخرى:

ان مسألة تخفيض الانبعاثات الحرارية او ما يسمى بغازات البيوت الزجاجية, نجد فيها حلولا تقنية مختلفة من قبيل إعادة عكس ضوء الشمس مجددا عن طريق ضخ جزيئات عاكسة دقيقة الى الفضاء الخارجي, أي تصميم منظما حراريا كونيا, وفي نفس المجال قدم العالم (وود) مجموعة من الافكار لضبط مناخ الارض بما في ذلك اقامة بحر قطبي جليدي ليكون بمنزلة مكيف هواء للكوكب من اجل امتصاص السخونة من وسط ممر للحرارة, وعد ذلك بأنه اسلوب علمي مثير, وان ذلك سوف يتحقق باستخدام مدافع ثقيلة لإطلاق ما يصل الى ملايين الاطنان من كبريتات الهباء الجوي ذات العاكسية العالية او جزيئات بالغة الدقة مصممة خصيصا للقطب الشمالي لتعكس اشعة الشمس. واقترح عالم الفضاء (روجل انجل) وضع عدد كبير من المرايا في مدار فضائي لتحويل مسار الاشعاع الشمسي القادم الى الارض, بتكلفة تصل الى بضعة ترليونات من الدولارات, اما عالم الغلاف الغازي(جون لاثام) والمهندس (ستيف سالتر) فقد حاولوا تسويق فكرتهما بخلق سحب بحرية اكثر كثافة وعاكسيه عن طريق ضرب مياه المحيط لخلق زبدة ورغوة باستخدام مضحات وخلاطات بيض

عملاقة(٨,ص٤٤٣).

نتائج البحث:

١- ترتكز استراتيجية التخفيف على ثلاث محاور وهي اولا تسعير الانبعاثات الكربونية, وثانيا تغير السلوك بأوسع معانيه, وثالثا تعاون المجتمع الدولي.

٢- تنقسم خيارات التخفيف للحد من الانبعاثات الى قسمين الاول, تطبيقات احتجاز co_2 وتخزينه, والثاني التقنيات والإجراءات التي من شأنها تخفيف انبعاث الغازات المسببة للتغير المناخي في مختلف القطاعات.

٣- هناك تقنيات حديثة ومتعددة للتخفيف في مجال الطاقة منها الاعتماد على طاقة الرياح, والمساقط المائية, والطاقة الشمسية, والكتلة الحيوية, والطاقة النووية وغيرها من التقنيات النظيفة في مجال انتاج الطاقة.

٤- وجود فرص متعددة لتفعيل جملة من الاجراءات التي تخفف من اصدار الغازات الدفية في مختلف القطاعات.

٥- يوجد عدد كبير من التقنيات والاجراءات في مجال الصناعة من الممكن اتباعها لتخفيف الانبعاثات الصناعية الى اقصى ما يمكن.

٦- التخفيف في مجال الزراعة يتضمن ايضا جملة من التقنيات والاجراءات التي تؤدي الى تقليل الانبعاثات المسببة لتغير المناخ.

٧- يمكن التخفيف في مجال قطاع النقل والحد من كثافة الوقود ومعدل خفض الكاربون باستعمال الطاقة المتجددة بدلا من المشتقات النفطية.

٨- تحويل الغابات من مصدر للانبعاثات الكربونية الى مصرف لها, وذلك بإتباع جملة من التقنيات والاجراءات التي من شأنها التخفيف من الانبعاثات.

٩- تخطيط المساكن والمباني يدخل ايضا في مجال التخفيف باعتماده على جملة من القوانين والانظمة التي تحقق تخفيضات من استخدام طاقة التدفئة والتبريد بنسبة ٥٠-٩٠٪.

١٠- تعتبر إدارة النفايات من الخيارات المهمة التي تحقق التخفيف, وذلك بعد تحويلها الى مصدر من مصادر الطاقة, والسيطرة على انبعاثات غاز الميثان,

١١- هناك خيارات اخرى متعددة

تستند الى عكس ضوء الشمس عن طريق ضخ جزيئات عاكسة دقيقة الى الغلاف الخارجي, او جلب بحر جليدي ليكون بمثابة مكيف للهواء يعمل على التقليل من الاحتباس الحراري, وخفض درجة الحرارة.

المصادر:-

١- عائشة كعبي, التأثيرات المستقبلية لتغيرات المناخ في الموارد المائية في الوطن العربي واستراتيجيات التكييف والتخفيف, كتاب استشراف للدراسات المستقبلية, العدد الثامن,٢٠٢٣.

٢- التخفيف من تغير المناخ, ملخص لصانعي السياسات, طبعته الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ في آيار,٢٠١٤.

٣- رشيد البزيم, مستقبلا سياسة التخفيف من اثار التغيرات المناخية في المنطقة العربية, كتاب استشراف للدراسات المستقبلية, العدد الثامن,٢٠٢٣.

٤- تقرير التنمية البشرية, تجنب المناخ الخطر, استراتيجيات التخفيف,٢٠٠٨,٢٠٠٧.

٥- تغير المناخ التقرير التجميعي, ملخص لصانعي السياسات, طبعته الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ,٢٠٠٧.

٦- علي محمد عبد الله, التغيرات المناخية (آثارها.التكيف.الحلول), وكالة الصحافة العربية, ٢٠١٨.

٧- يوسف محمد علي الهذال و سلام هاتف احمد, التغير المناخي بين الماضي والحاضر والمستقبل, دار احمد الدباغ للطباعة, ٢٠١٤.

٨- رافد عبد النبي ابراهيم, التقليل من الاحتباس الحراري, مجلة البحوث الجغرافية, جامعة الكوفة, العدد(١٣), ٢٠١١.

٩- سعد الدين خرفان, تغير المناخ

ومستقبل الطاقة المشاكل والحلول.
١٠- الموقع الرسمي للوكالة الدولية للطاقة الذرية:
(IAEA), https://www.iaea.org/ar/almawadie/ alhdu-min- ainbieathat-ghazat- aldafiya
11- Worrell, E., Bernstein, L., Roy, J., Price, L., & Harnisch, J. (2008). Industrial energy efficiency and climate change mitigation. Energy Efficiency, 2, 109–123. https://doi.org/10.1007/s12053-008-9032-8 .
12- Rehfeldt, M., Worrell, E., Eichhammer, W., & Fleiter, T. (2020). A review of the emission reduction potential of fuel switch towards biomass and electricity in European basic materials industry until 2030. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 120, 109672. https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109672
13- Qian, H., Zou, J., Chen, N., Yang, J., & Linquist, B. (2023). Greenhouse gas emissions and mitigation in rice agriculture. Nature Food, 4(8), 711–724. .
14- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2023). Methane Emissions in Livestock and Rice Systems: Sources, quantification, mitigation and metrics. Rome, Italy: FAO. .
١٥- تقرير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ واستراتيجيات التخفيف:
(ipcc), https://www.ipcc.ch/languages-2/arabic/publications-arabic
١٦- علي صاحب الموسوي, مثنى فاضل الوائلي, التغيرات المناخية في الغلاف الجوي وتأثيراتها الحيوية على الكائنات الحية النباتية والحيوانية, مجلة البحوث الجغرافية, العدد(١١), ٢٠٠٩.
17- Bogner, J , Waste Management, In Climate Change 2007; Mitigation, Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.