------ مجلة علوم الرافدين، المجلد 20، العدد 1، ص173-186، 2009 ------

دور غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من حرق النفط في الاحتباس الحراري ورفع درجة حرارة الأرض*

بسام محمود مصطفى

قسم الفيزياء

كلية العلوم

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2008/7/16 ؛ تاريخ القبول 2009/1/5)

الملخص

تشكل ظاهرة الاحتباس الحراري إحدى المشاكل الكبرى وهى إحدى إفرازات عـصر التكنولوجيـا وتتعلق بآلية تبادل الطاقة بين الأرض ومحيطها. إن تزايد استهلاك الوقود الاحفوري من مشتقات نفطية وفحم حجري في النصف الثاني من القرن العشرين والقرن الحالي أدى إلـى تزايـد نـسب غـاز CO_2 المقذوفة إلى الجو. إن جزيئات CO_2 لها مستويات طاقة ضمن ترددات الإشعاعات المنبعثة مـن الأرض مما يؤدى إلى إعاقة تسرب الطاقة الحرارية من الأرض إلى الفضاء ويؤدي بالتالي إلى رفع درجة حرارة الأرض. وقد تم التوصل إلى مجموعة من المعادلات التي تربط بين معدلات التزايد في غاز ثاني أكـسيد الكربون مقارنة مع استهلاك النفط , كما تم التوصل إلى معادلات لحساب المعدل السنوي للزيادة في غاز ثاني أكسيد الكربون وكتلة تلك الزيادة, وبما أن الزيادة هي زيادة تراكمية لذلك ستؤدي بالنتيجة إلى ارتفاع درجة الحرارة وقد تم تقدير مقدار الارتفاع في درجة حرارة الأرض, ووجد انه يـساوي 0.37 درجـة تقريبا في نهاية العقد الحالي عما كانت عليه في عام 1900.

---

*تم إلقاءه بالمؤتمر العلمي الأول للكيمياء المنعقد بتاريخ 22-23 نيسان 2008 فى قسم الكيمياء / كلية العلوم/ جامعة الموصل

The Role of CO_2 from Oil Burning in the Green House Effect and the Rise in Earth Temperature

Bassam M. Mustafa
Department of Physics
College of Science
Mosul University

ABSTRACT

The Green House Effect nowadays forms one of the major problems, and is one of the side effects of technology. This effect is related to the mechanism of exchange of energy of earth with its environment. The increase in consumption of petroleum products in the 2nd half of the 20th century; and is continuing in the current century; leads to the increase of CO_2 concentration. The CO_2 molecules have energy levels in the range of frequencies of the radiation from the earth this will prevent such frequencies from leaving earth, and as a result, effecting a temperature raise. A set of equations were postulated relating the increase in CO_2 concentration with the increase of oil consumption. These equations enabled the calculation of the annual increase in the mass of CO_2. This increase is of an accumulation character, and leads to increase of temperature. The rise of earth temperature up to 2008 was calculated and it was about 0.37 degrees Celsius in comparison with 1900.

المقدمة

يقصد بالاحتباس الحراري Global warming (Ramanathan, 1988) ونعني بها سخونة الأرض وهي ظاهرة ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية بسبب تراكم غاز CO_2 بدرجة رئيسية وهناك غازات أخرى أشد تأثيرا ولكن تركيزها أقل بدرجة ملحوظة. إن ارتفاع درجة حرارة الكرة الأرضية سوف يؤدي إلى نتائج كارثية تهدد بغرق مساحات شاسعة من الكرة الأرضية

أو انتشار ظاهرة التصحر بآثارها الاقتصادية المدمرة, أو (Peltier and Tushingham, 1989) حدوث تغيرات مناخية دراماتيكية لا تعرف نتائجها (Henderson and McGuffie, 1986). استخدم مصطلح البيوت الخضراء أول مرة من قبل العالم الفرنسي فوريه عام 1827, حيث توصل إلى أن الفراغ خارج الأرض بارد جدا وان الغلاف الجوي هو الذي يحمينا من التجمد كما تفعل البيوت الزجاجية مع النباتات في الشتاء. في عام 1850 قام العالم الإنكليزي جون تندل (Weiner, 1990) بتحليل غازات الهواء ليرى, من المسئول عن ظاهرة البيوت الزجاجية, ووجد أن الغاز الرئيسي المؤثر هو غاز ثاني أكسيد الكربون. في عام 1897 أكد العالم السويدي الكبير اريينيوس (حاصل على أول جائزة نوبل في الكيمياء) أن النشاط الصناعي يؤدي إلي إطلاق ملايين الأطنان من غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يؤدي

إلى ظاهرة البيوت الخضراء. في عام 1954 قام باحث شاب هو جاراس كيلـنج بـأجراء سلـسة مـن التجارب لقياس نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في بخار الماء والهواء. وقد قادته سلسلة تجاربه إلـى أن نسبة الكربون في تزايد مع تزايد النشاط الصناعي (Weiner, 1990).

يهدف البحث إلى دراسة دور غاز ثاني أكسيد الكربون في ظاهرة الاحتباس الحراري وبناءا علـى ذلك سوف يتم حساب التزايد في غاز ثاني أكسيد الكربون بالمقارنة مع استهلاك النفط, والتوصـل إلـى معادلات لحساب المعدل السنوي للزيادة في غاز ثاني أكسيد الكربون, وكتلة تلك الزيادة وتأثيرهـا فـي ارتفاع درجة حرارة الأرض. كذلك سيناقش البحث الفعل التراكمي لغاز ثاني أكسيد الكربـون حيـث أن زيادة تراكم الغاز دون زيادة مقابلة في استهلاكه سوف يخل بتوازن دورة هذا الغاز في الكرة الأرضـية ويؤدي إلى زيادة درجة حرارة الأرض وسنحاول حساب هذه الزيادة وفق هذا النموذج.

الجانب النظري

تستمد الأرض طاقتها من الشمس, ويمكن حساب متوسط الطاقة الساقطة على وحدة المساحة بوحدة الزمن. فلو رسمنا منظومة الأرض والشمس (شكل 1) لوجدنا أن الجزء المقابل للأرض ds يشع فيض طاقة مقداره $d\phi$ بوحدة الزمن t بقدرة E والتي تسمى الانبعاث الطاقي.

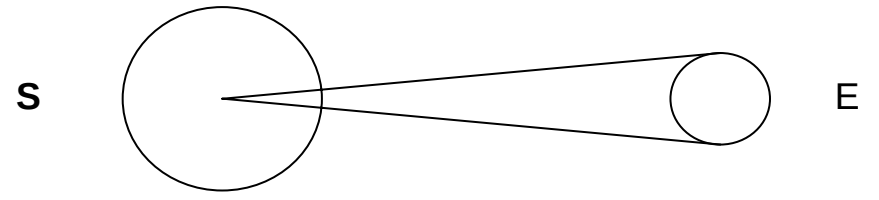
$$E = \frac{d\phi}{dt} \quad \text{watt / m} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

وقيمة الانبعاث الطاقي من الشمس يحكمها قانون ستيفان - بولتزمان

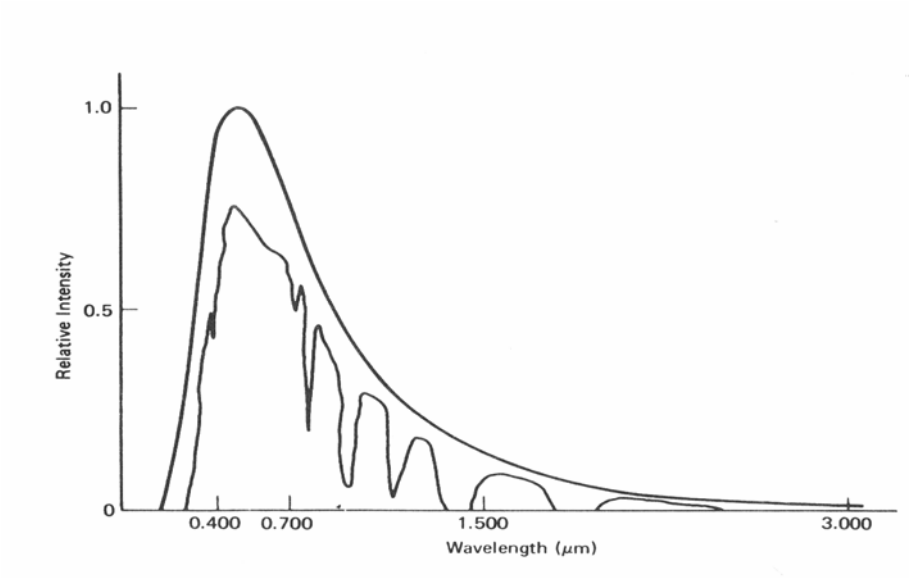
$$E = \sigma . T^4 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

فإذا اعتبرنا أن قطر الشمس هو D ونصف قطر الأرض R و L هو البعد بين الأرض والـشمس فإن الطاقة الساقطة من الشمس S على وحدة المساحة في وحدة الزمن هي:

$$S = 6 \times 10^8 T^4 \pi D^2 \, {}^{1}\!/_{4L^2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$



الشكل 1: تبادل الطاقة بين الشمس والأرض.



الشكل 2: الطيف الشمسي إلى الأرض بعدم وجود الهواء AMO المنحنـى العلـوي وبوجـوده .AM1 المنحنى السفلي.

إن الطاقة التي يشعها الجزء المقابل للأرض Ds بوحدة الزمن يسمى الانبعاث الطاقي وتكون قيمة S 1.9 كيلو واط /م^2 عندما يكون الجو من نوع AMO ويعني ذلك أن لدينا غلاف غازي قيمته صـفر. أما بوجود الغلاف الغازي فإن آليات الامتصاص والانعكاس تعمل في جو قيمته واحد AM1 عند ذلـك يختلف مقدار S ليصبح 1.4 كيلو واط /م^2. وتعتبر هذه الطاقة هي وسيلة إدامـة الحيـاة علـى الأرض وتزويدها بالدفء وإنارتها. وتقوم الأرض بإشعاع الطاقة الفائضة بمقدار محدد من خلال الغلاف الجـوي الذي يعمل كفلتر (حيث يسمح لأطوال موجية معينة بالنفوذ ويمنع الأطوال الموجية الأخرى) وبذلك تحتفظ الأرض بمعدل معين لدرجات الحرارة يؤمن الحياة للكائنات الحية في بيئاتها.

وهكذا تعمل الأرض عمل ماكنة حرارية عكوسة, إن الزيادة الهائلة باستخدام المحروقـات بـدأت تودي إلى حدوث خلل في عمل هذه الماكنة الحرارية وظهور الاحتباس الحراري (مصطفى, 2008).

الغلاف الجوي

يتألف الغلاف الجوي من المكونات التالية: 21 بالمائة أوكـسجين، 78 بالمائـة نيتـروجين و 0.9 بالمائة أركون و 0.03 بالمائة من ثنائي أو كسيد الكربون.

كما أن هناك نسبة قليلة من بخار الماء وجسيمات صلبة وذرات غبار وذرات جليدية وغيرها، كما توجد نسبة ضئيلة من غاز الأوزون في طبقات الجو العليا.

إن التفاعل بين الغلاف والأشعة يشكل نمطا من التفاعلات الرائعة والتي لولاها لانعـدمت الحيـاة على سطح الأرض وتشمل هذه الآليات الانعكاس والاستطارة والامتصاص (Riehl, 1978).

آليات الانعكاس والاستطارة

تلعب الاستطارة دورا أساسيا في تشتيت الضوء وجعله متجانسا على سطح الأرض ولولاه لكانت الشمس قرصا اصفرا حارقا والظل اسود غامقا والنجوم تبدوا أثناء النهار والاستطارة فعالة فقط للأطوال الموجية القصيرة بالذات وهي مسئولة عن لون السماء الزرقاء.

أما من ناحية الانعكاس فهناك أربعة آليات أساسية لعكس الموجات القادمة مع الأشعة الشمسية وهي: 1 ـ الانعكاس من الغبار والأملاح. 2 ـ الانعكاس من السحب. 3 ـ الانعكاس من سطح الأرض. 4 ـ الانعكاس بواسطة جزيئات الهواء.

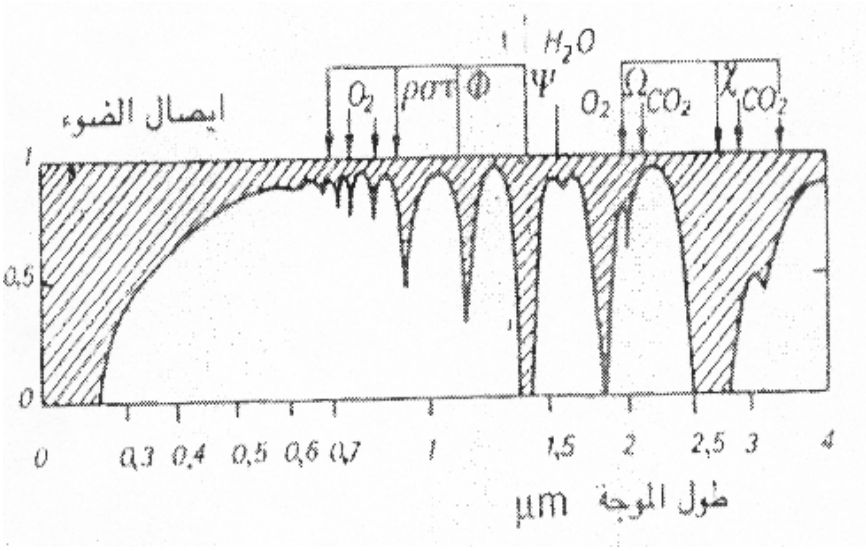
ونستطيع القول أن الانعكاس والاستطارة بفعل العوامل السابقة تعيد إلى الفضاء حوالي 31 بالمائة مما يأتي من الطاقة الشمسية إلى الأرض (Riehl, 1978).

آليات الامتصاص

كما ذكرنا قبل قليل فإن المتبقي من الطاقة الساقطة هو 69 بالمائة. إن 3 بالمائة من (69 % من الطاقة الكلية الساقطة) تمتصها طبقة الأوزون, ويقوم ثاني أو كسيد الكربون والماء بامتصاص 19 بالمائة منها (أي من الطاقة الكلية) أيضا. وربما نتساءل كيف يكون للمكونات السابقة كل هذا التأثير رغم نسبها الواطئة. لا بل أن دورها الأكبر يتمثل في احتجاز الطاقة الحرارية الأرضية والقيام بدور العازل الحراري وإلا لكان متوسط درجة الحرارة على الأرض دون الصفر بكثير. فيما أن النسبة العليا من الهواء يشكلها النتروجين. يعود السبب إلى توفر صفتين أساسيتين لهذه الجزيئات. فالصفة الأولى تعود إلى البنية الهيكلية للجزيئات السابقة حيث تكون بشكل (dumbbell shaped). حيث أن كل من جزيئات الأوزون, وثنائي أكسيد الكربون والماء, هي جزيئات ثلاثية الذرات (وللتبسيط أعطيت بشكل خطي في أدناه)

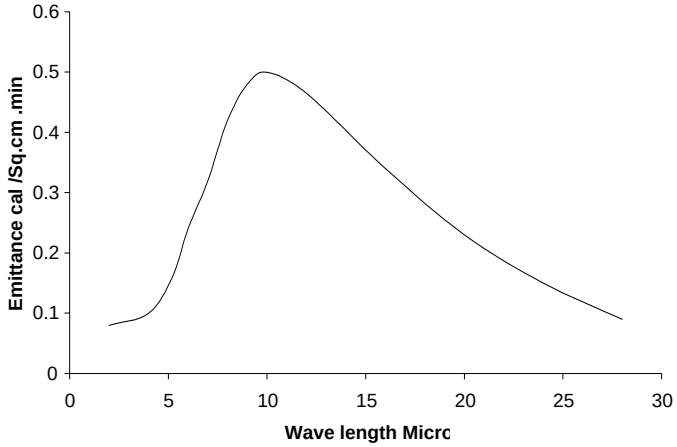
(O – O – O , H –O – H , O – C – O)

وبذلك يكون اهتزاز الذرات فيها على طرفي الذرة المركزية وبتردد معين يمكن أن يتوالف مع موجات الطيف الشمسي الكهرومغناطيسية, والصفة الثانية التي تجعل لهذه الجزئيات كل هذا التأثير هي صفة الاستقطاب الكهربائي والتي تسهل تفاعلها مع الموجات الكهرومغناطيسية إن توافر هاتين الصفتين يجعل هذه الجزيئات في حالة رنين مع الأطوال الموجية الكهرومغناطيسية المتوفرة في الطيف الشمسي. أما جزيئه N_2 فهي مؤلفة من ذرتين فقط ولا تمتلك الصفتين أنفتي الذكر وبذلك فهي شفافة للطيف الشمسي (Weiner, 1990).



الشكل 3: الطيف الشمسي ومناطق الامتصاص للإشعاع الشمسي, المحور الـصادي يمثـل كـسر الطاقة الشمسية النافذ إلى الأرض من الطاقة الكلية القادمة إلى الأرض.

يتضح من الشكل 3 أن الطاقة الشمسية تنفذ إلي الأرض من خلال النوافذ بين حـزم الامتـصاص ويتركز معظمها في المنطقة المرئية وتحت الحمراء القريبة. إن الغلاف الجوي يحتوي على كميات قليلـة ومتغيرة من بخار الماء وكذلك كميات قليلة من ثاني أوكسيد الكربون ورغـم أن مجموعهـا لا يتجـاوز خمسة بالمائة من المائة من الكتلة الهوائية فإنهما يلعبان دورا مهما بالتوازن الحراري بين الجو والأرض والسبب بذلك هو أنهما شفافان في الأمواج القصيرة ولكنهما معتمان للأمواج الطويلة (الأرضية) أي عندما تعمل الأرض كجسم اسود وكما في الشكل 4.



الشكل 4: الأرض عندما تعمل كجسم اسود (Riehl, 1978).

إن الفعل المشترك لثاني أوكسيد الكربون وبخار الماء في الاحتفاظ بالحرارة الأرضية يسمى ظاهرة البيوت الخضراء. فالبيوت الخضراء تسمح لضوء الشمس وحرارتها بالدخول إليها وتمنع الحـرارة مـن

الخروج. إن ثاني أوكسيد الكربون وبخار الماء يقومان بنفس الدور في الجزء المظلم من الأرض عندما تبدأ الأرض بفقد حرارتها وتشع كجسم اسود بأطوال موجية في المنطقة تحت الحمراء, والسبب هو حزم الامتصاص القوية في المنطقة تحت الحمراء لثاني أوكسيد الكربون وبخار الماء. وبذلك تحصل ظاهرة البيوت الخضراء على الأرض وهكذا فمن بين (1.9 سعرة /سم^2.دقيقة) تحتفظ الأرض بحوالي (1 سعرة /سم^2.دقيقة) منها (Riehl, 1978).

الاحتباس الحراري

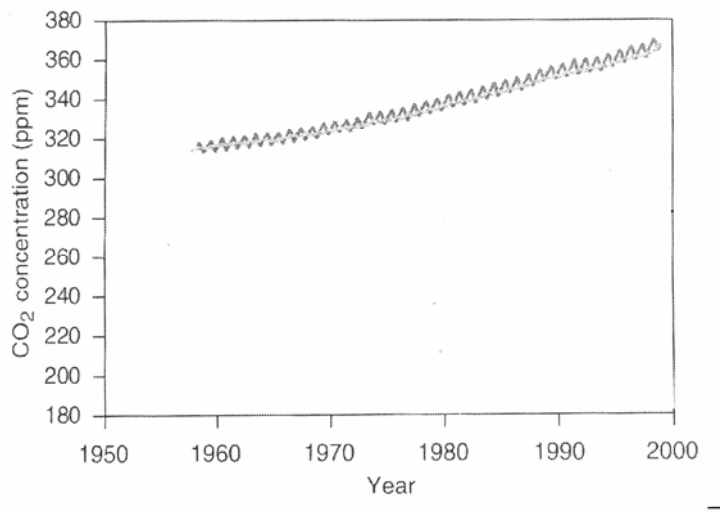
يلعب غاز ثاني أوكسيد الكربون دورا أساسيا في حبس الحرارة في جو الأرض رغم الكميات القليلة منه في هذا الجو. وهنا تكمن خطورة الدور الذي يلعبه هذا الغاز مع كل من بخار الماء والأوزون. فهذه الغازات تشترك في مجموعة من التفاعلات المعقدة مع الأشعة الكهرومغناطيسية القادمة من الشمس وكذلك فيما بينها لتقوم بالدور الطبيعي المناط بها. إن عملية التمثيل الضوئي وبالتالي توفير الغذاء والطاقة للكرة الأرضية هي جزء من هذا الدور. كذلك هناك دور أساسي للأوزون وبخار الماء, فالأوزون ينتج فيفي منطقة الستراتوسفير على ارتفاع يزيد عن عشرين كيلومتر فوق سطح البحر الجو بفعل تجزؤ الأكسجين من خلال تفاعل هذه الجزئيات مع الأشعة فوق البنفسجية القصيرة لينتج الأكسجين الذري. والذي يتفاعل بدوره مع جزيئه أكسجين أخرى ليتولد الأوزون. إن الخلل الذي أحدثه الإنسان من خلال استعماله لغازات (Fluorochlorocarbon CFC 's) أدى إلى تدخل هذه الغازات في دورة الأوزون الطبيعية. حيث أن هذه المركبات تتفكك بفعل الأشعة فوق البنفسجية في منطقة الستراتوسفير مكونة جذور كلوريدية حرة تقوم بدورها بمهاجمة الأوزون وتفكيكه إلى أوكسجين وحسب المعادلات التالية:

$$CFC \rightarrow Cl^{*} + {}^{\bullet}Cl$$

$$Cl^{\bullet} + O_3 \rightarrow ClO + O_2$$

وهذا حدث لفترات طويلة مما أدى إلى استنزاف طبقة الأوزون وظهور ثقب الأوزون.

المهم جدا أن هذه المواد والتي تشكل المادة الأساسية قي التوازن الحراري على الأرض رغم تركيزها القليل فهي تلعب الدور الأساسي في عملية تبادل الطاقة مع الشمس ومع الأرض. وكما أشرنا فإن شارلس كيلنج (Bacastow, R., C. D. Keeling, 1985) اثبت من خلال دراساته الطويلة التي كان يقيس بها نسبة غاز ثاني أوكسيد الكربون في الجو. أن هذه النسبة في تزايد مع تزايد النشاط الصناعي, ومع الاستخدام المبذر للطاقة وكما نرى في الشكل 5. حيث نرى هنا تزايدا باطراد في تركيز غاز ثاني أوكسيد الكربون في الجو مع مرور السنين.



الشكل 5: تغير نسبة CO_2 مع الزمن حيث نرى التزايد مع الزمن (Keeling and Piper, 2000).

من خلال دراسة مثل هذه المنحنيات تبين لكلينج التزايد غير الطبيعي لغاز ثاني أوكسيد الكربـون. وقد وجد أن التزايد خلال الفترة من 1960 إلى 2000 مستمر (Keeling and Piper, 2000) هو كمـا يبدوا في الشكل 5. علما أن هذه الفترة وكما نرى في الشكل 6 هي الفترة التي شهدت طفرة هائلـة فـي استخدام النفط.

وسوف نحاول فيما يلي أن نتتبع هذا التأثير:

لنفرض أن المعدل الزمني لتزايد غاز ثاني أوكسيد الكربون هو $\frac{dM}{dt}$. وهذا المقدار يتناسـب مـع مقدار ما تطلقه المحروقات النفطية B.

وأن معدل تناقص غاز ثاني أوكسيد الكربون هو يتناسب مع مقدار ما يمتصه الغطاء الأخـضر G من هذا الغاز بفعل زيادة التمثيل الضوئي.

$$\frac{dM}{dt} \propto +B - G \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

ولكي نحول التناسب إلى مساواة :

$$\frac{dM}{dt} = +\beta B - \gamma\, G \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

إن ثوابت التناسب γ و β تمثل النقصان والزيادة في الغاز الأول يتعلق بعمليات التركيب الضوئي والامتصاص في المحيطات (Houghton *et al.*, 2001) وبالتالي عمليات نقصان غاز ثـاني أوكـسيد الكربون, أما الثابـت الثاني فيتعلق بعمليات حـرق الـوقود وبالتالي زيادة نسبـة هذا الغاز. إن الثابـت الثانـي يأخذ قيمـة موجبـة, أما الأول فيأخـذ إشارة موجـبة أو سالبـة تبـع النـشـاط الإنـسـاني وقدرتـه على زيـادة أو إنقاص المسـاحـة الخضـراء على الأرض والامتصـاص في المحيطـات

(Terrestrial and ocean uptake). لإيجاد مقدار الزيادة السنوية في كمية غاز ثاني أوكسيد الكربون. نقوم بحل المعادلة التفاضلية السابقة وذلك باستخدام التكامل لهذه المعادلة:

$$\int_{M1}^{M2} dM = \int_{t1}^{t2} (+\beta B - \gamma\ G)dt \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6)$$

بعد إجراء التكامل, نحصل على المعادلة التالية التي تحدد كتلة غاز ثاني أوكسيد الكربـون M_{CO_2} بفعل حرق المشتقات النفطية:

$$M_{CO_2} = (+\beta B - \gamma\ G)(t_2 - t_1) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

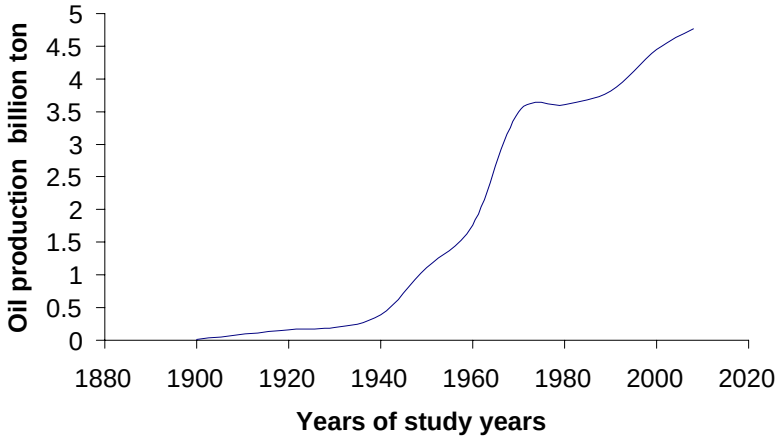
$$M_{CO_2} = M_{CO_{2+}} - M_{CO_{2-}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

الفترة الزمنية $t_2 - t_1$ هي الفترة الزمنية من 1900 إلى 2008 وهي فتـرة الدراسـة. إن $M_{CO_{2+}}$ تمثل التزايد في كتلة غاز ثاني أوكسيد الكربون التي يطلقها احتراق المشتقات النفطية ويمكن أن تحـسب كما يلي:

بشكل عام نستطيع القول أن كتلة غاز ثاني أوكسيد الكربون الناتجة عن حرق كمية معينة من النفط تشكل حوالي 12 بالمائة من كتلة الهواء اللازمة لحرق كمية مكافئة من الوقود. علمـا أن كميـة الهـواء اللازمة لحرق كتلة من النفط هي حوالي 15 ضعف تلك الكتلة. إذن فإن كتلة غاز ثاني أوكسيد الكربـون $M_{CO_{2+}}$ بفعل حرق كتلة M_H من المشتقات النفطية تساوي:

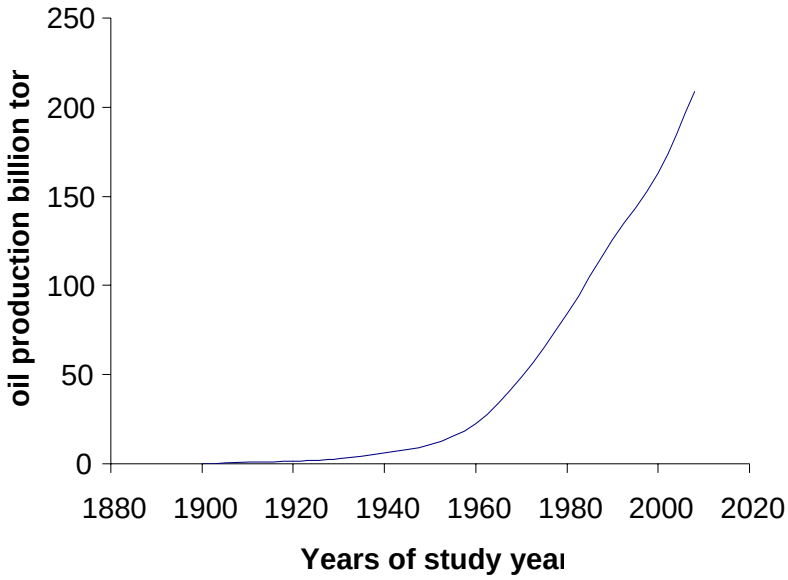
$$M_{CO_{2+}} = M_H \times 15 \times \frac{12}{100} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (9)$$

وفي الشكل 6 مبين المعدل السنوي للنفط المستهلك للفترة الزمنية من 1900 إلى 2008 وهي فترة الدراسة.



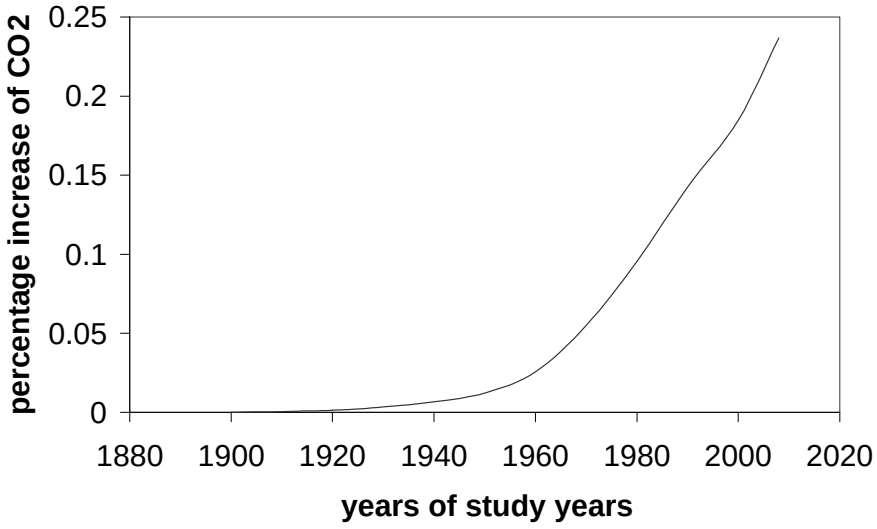
الشكل 6: الرسم يمثل المعدل السنوي لإنتاج النفط خلال سنوات الدراسة للفترة الزمنية مـن 1900 إلـى 2008 المصدر الإنترنت:

(http://people.hofstra.edu./geotrans/eng/ch5en/appl5en/worldoilresvesevol.html)



الشكل 7: الكمية الكلية للنفط المنتج ابتدئا من 1900 ولغاية ولأية سنة من سنوات الدراسـة بمليـارات الأطنان ولغاية 2008.

باستخدام المعادلة 8 تم حساب كتلة ثاني أكسيد الكربون الذي ينتجه استهلاك النفط



الشكل 8: الزيادة النسبية في حجم ثنائي أكسيد الكربون خلال القرن الماضي والحالي والناتجة عن حرق النفط.

إن الكمية M_{CO_2+} والتي تمثل الزيادة في نسبة غاز ثاني أوكسيد الكربون وكما مبين في الـشكل 8. إن هذه الزيادة سوف تودي بالنتيجة إلى تزايد قدرة حجب الغلاف الجوي للأرض وبالتالي يشير إلى مقـدار تأثير غاز ثاني أوكسيد الكربون على الطاقة المحتبسة في الأرض. حيث أن الطاقة الإضـافية المحتبـسة

تتناسب مع الكتلة الكربونية المتزايدة. إن السبب الأساسي في زيادة نسبة غاز ثاني أوكسيد الكربون في الجو, وكما سنرى من نتائج هذا البحث هو الاستهلاك الهائل للمشتقات النفطية وخصوصا بعد النصف الثاني من القرن العشرين, ولكن هناك بالتأكيد مصادر أخرى لغاز ثاني أوكسيد الكربون تأتي من الزيادة الكبيرة في تصنيع واستخدام الإسمنت والفحم الحجري وحرائق الغابات وتقلص المساحات الخضراء وازدياد سكان الأرض وغيرها.

ويرينا الشكل (8) النسبة المئوية لازدياد غاز ثاني أوكسيد الكربون خلال سنوات الدراسة وهي تمثل الحد الأول من المعادلة 8. وتشير تقديرات كل من (Bolin *et al.*, 2000) و (Schimel *et al.*, 1996) في تقارير منظمة IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) أن المحيطات والفعاليات الأرضية (Terrestrial and ocean uptake) تقتطع نصف مقدار الزيادة في غاز ثاني أوكسيد الكربون

$$M_{CO_2-} = \frac{1}{2} M_{CO_2+} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

أي أن :

$$M_{CO_2} = \frac{1}{2} M_{CO_2+} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (11)$$

إن هذه الزيادة سوف تنعكس على مقدار الطاقة المحتبسة, وكما يلي:

$$\Delta Q \propto M_{CO_2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (12)$$

إن الدور المتفرد لغاز ثاني أوكسيد الكربون وتأثيره الكبير على حبس الطاقة الحرارية. ولو تذكرنا أن نسبة الغاز القليلة تلك تحتفظ بحوالي 50 بالمائة من الطاقة الساقطة Q إذن:

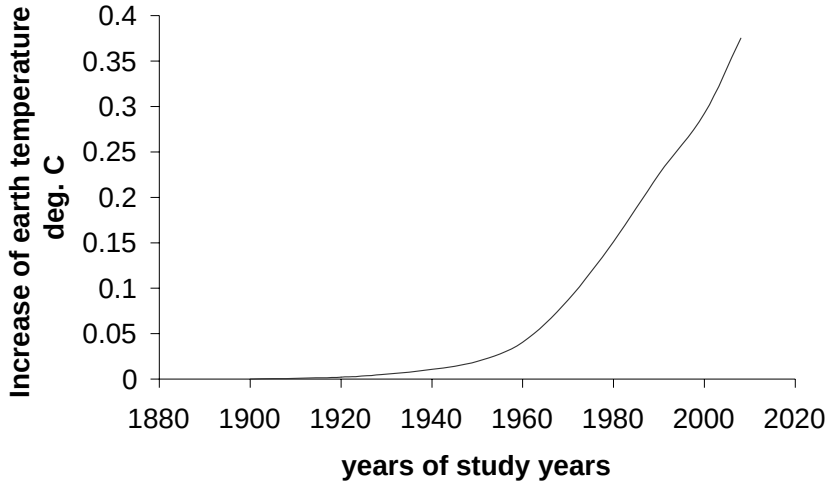
$$\Delta Q = \frac{M_{CO_2}}{M_H} \times 50Q \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (13)$$

إن المعادلة السابقة تشير إلى مقدار الطاقة الإضافية المحتجزة بفعل الزيادة في غاز ثاني أوكسيد الكربون. إن هذه الزيادة سوف تودي إلى زيادة درجة الحرارة:

$$\Delta Q = M_{atm} C_p \Delta T \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (14)$$

حيث أن M_{atm} تمثل الكتلة الهوائية الكلية وC_P تمثل السعة الحرارية النوعية للهواء. إن مقارنة المعادلتين 13 و14 تؤشر حدوث احتباس متزايد للطاقة الحرارية. وهذه الزيادة ستودي إلى زيادة الطاقة الحرارية الأرضية بسبب ثبات الحجم, مما سيودي بالتأكيد إلى ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض, فلو اعتبرنا أن الإشعاع من الأرض يتم عند 20 درجة مئوية.

فاستنادا إلى المعادلات السابقة وبمقارنة الزيادة في نسبة غاز CO_2 حسبنا الارتفاع في درجة حرارة الأرض وكما في الشكل 9 وهذا يتفق مع كثير من التوقعات حول هذا الموضوع وهي تقريبا تساوي 0.36 درجة مئوية في نهاية العقد الحالي بالنسبة إلى سنة 1900.



الشكل 9: مقدار الزيادة التقريبية في درجة حرارة الجو الأرضي بفعل المحروقات الهيدروكاربونية النفطية.

إن مقارنة الزيادة في درجة الحرارة والتي تسمى التسخين الأرضي (world warming) والتي توصلنا أليها تشير إلى مساهمة المحروقات النفطية في التسخين الأرضي مع النماذج العالمية الحديث مثل نموذج CRU (Climate Research Unit UK) والذي صيغ من قبل (Jones *et al*., 2001) يشير إلى حدوث زيادة في درجة الحرارة بمقدار 0.60 درجة مئوية وهذا النموذج يدعم استنتاجات البحث حيث حسبنا مساهمة حرق النفط فقط. أما نموذج GISS (Goddard Institute for Space Studies USA) والذي صيغ من قبل (Peterson *et al*., 1999) فيشير إلى حدوث زيادة في درجة الحرارة بمقدار 0.58 درجة مئوية وهذا النموذج يدعم استنتاجات البحث وقريب جدا من استنتاجات بحثنا هذا بإمكانياتنا المتواضعة. وهناك نموذج أخر وهو قديم نسبيا مقارنة مع النماذج الأخرى فهو نموذج NCDC (National Climate Data Center USA) والذي صيغ من قبل (Peterson and Vose, 1997) فيشير إلى حدوث زيادة في درجة الحرارة بمقدار 0.87 درجة مئوية وهو بعيد نوعا ما عن استنتاجات البحث.

إن هذا النموذج المبسط والذي قدمناه في هذا البحث استطاع أن يقدم نتيجة قريبة جدا للزيادة في درجة الحرارة والذي يركز على العامل الأساسي لهذه الزيادة وهو حرق النفط (والذي نتمنى أن يقدم مساهمة متواضعة جدا للجهد العالمي والذي يشغل مراكز البحوث بإمكانياتها الكبيرة).

الاستنتاجات

1- البحث قدم نموذجا مبسطا يركز على النفط ويعتبره العامل الحاسم في سخونة الأرض (وليس العامل الوحيد) حيث أستعين بإحصائيات 2008 للإنتاج النفطي العالمي للفترة 1900 - 2008 وحسبت كمية الزيادة النسبية في غاز ثاني أوكسيد الكربون ومن ثم حسبت الزيادة في درجة الحرارة من خلال الحجب الذي يسببه غاز ثاني أوكسيد الكربون للطاقة المشعة من قبل الأرض.

2- قيمة الزيادة النسبية في غاز ثاني أوكسيد الكربون والتي حسبت اعتمادا على النموذج السابق للفترة 1900 - 2008 أقل بمقدار معقول جدا من قيمة الزيادة النسبية في غاز ثاني أوكسيد الكربون والمحسوبة تجريبيا لمثل هذه الفترة.

3- توصل البحث إلى أن الاستهلاك النفطي بالمعدلات الحالية سيودي إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض حوالي 0.37 درجة مئوية عن المعدل في عام 2008 وهي نتيجة قريبة جدا من أخر التوقعات التجريبية CRU في 2001 وGISS في 1999 والنتيجة التي توصل إليها البحث منطقية جدا وهي تشير إلى الدور الحاسم للنفط ولكنه ليس العامل الوحيد (فالزيادة في درجة الحرارة أقل من القياسات التجريبية مما يشير إلى اشتراك عوامل أخرى في رفعها). إن ارتفاع درجة الحرارة سيقود بالتأكيد للاحتباس الحراري بنتائجه الكارثية.

4- إن النتائج التي توصل أليها البحث توصي بالتأكيد على الاستخدام العقلاني للنفط واستخدام الطاقات البديلة خاصة المتجددة منها كطاقة البحار وطاقة الرياح والطاقة الشمسية إن استخدام الطاقات البديلة يمكن أن يبدد الطاقة الزائدة, وأن تودي إلى إزالة هذه الظاهرة.

المصادر العربية

مصطفى, بسام محمود, 2008. الماكنة الحرارية الأرضية والاحتباس الحراري, مجلة هندسة الرافدين, المجلد 19, العدد 5.

المصادر الأجنبية

Bacastow, R., and C.D. Keeling, 1985. Seasonal Amplitude Increase in Atmospheric CO_2 Concentration at Mauna Lao, Hawaii, 1959 –1982. Journal of Geophysical Research, 90: pp. 10, 529– 10, 540.

Bolin, B.; Sukumar, R.; P., Ciais; W., Cramer; P., Jarvis; H., Kheshhgi; C., Nobre; S., Semenov, and W., Steeffen, 2000. Global Perspective, In IPCC, Land Use, Land-Use Change and Forestry. A Special Report of the IPCC, [Watson, R.T., I. R. Noble, B. Bolin, N.H. Ravindranath, D.J. Verardo and D.J. Dokken (eds.)] Cambridge University Press, UK.

Henderson-Sellers and K., McGuffie, 1986. The Threat from Melting Ice Caps. New Scientist, June, pp.24-25.

Houghton, J.T.; Y., Ding; D.J., Griggs; M., Noguer; P.J., van der Linden; X., Die; K., Maskel, and C.A., Johson, 2001. Climate Changes 2001. The Scientific Basis, Cambridge University Press, UK.

(http://people.hofstra.edu./geotrans/eng/ch5en/appl5en/worldoilresvesevol.html)Oil production data from 1900 to 2008.

Jones, P.D.; T.J., Osborn; K.R., Briffa; C.K., Folland; E.B., Horton; L.V., Alexander; D.E., Parker, and N.A., Rayner, 2001. Adjusting for Sampling Density in Grid Box Land and Ocean Surface Temperature Time Series. J. Geophys. Res., 106: pp.3371–3380.

Keeling, C.D., and S.C., Piper, 2000. International Variations of Exchanges of Atmospheric CO_2 and $^{13}CO_2$ with the Terrestrial Biosphere and Ocean from 1978 to 2000. III. Simulated Sources and Sinks. Scripps Institution of Oceanography Reference No.00-14 University of California San Diego. 68p.

Peltier, W.R., and A.M., Tushinggham, 1989. Global Sea Level and the Greenhouse Effect; Might they be Connected?. Science 244: pp.806-810.

Peterson, T.C., and R.S., Vose, 1997. An Overview of the Global Historical Climatology Network Temperature Data Base, Bull. Am. Met. Soc., 78: pp.2837–2849.

Peterson, T.C.K.P., Gallo, J., Livermore; T.W., Owen; A., Huang, and, D.A., McKittrick, 1999. Global and Temperature Trends. J. Geophys. Res. Lett., 26: pp.329–332.

Riehl, H., 1978. Introduction to the Atmosphere. McGraw–Hill, Inc., New York.

Schimel, J.P., and F.S., Chapin, 1996. Tundra plant Uptake of Amino Acid and NH4+ Nitrogen in Situ: Plant Compete well for Amino Acid N. Ecology. 77: pp.2142–2147.

Weiner, J., 1990. The Next one Hundred Years. Bantam Books, New York.