الفصل الأول

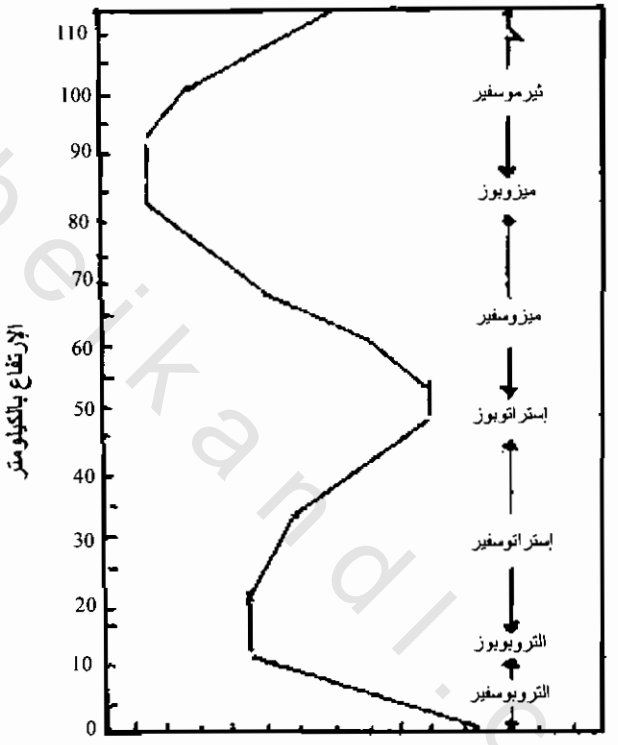
الغلاف الجوى والإشعاع الشمسى

أولاً: بناء الغلاف الجوى:

الغلاف الجوى له أربع مناطق محددة من درجات الحرارة المتباينة، والذى يسبب الفرق فى امتصاص أشعة الشمس.

الامتداد العلوى للغلاف الجوى من الصعب تأكيده – الغلاف الجوى الممتد حتى ٥٠٠ كيلو متر من سطح البحر يمكن تقسيمه إلى أربعة أقسام رئيسية على أساس درجة الحرارة، والظواهر الأخرى ذات العلاقة شكل (١).

obeikandl.com



شكل (١): تغير درجة الحرارة فى طبقات الغلاف الجوى الأربع.

obeikandl.com

مختلف المناطق الجوية وخصائصها تم تلخيصه فى الجدول الآتى:

جدول (١): المناطق الرئيسية للغلاف الجوى.

م	المنطقة	الإرتفاع بالكيلومتر	درجة الحرارة °م من إلى	التغير فى درجة الحرارة مع الارتفاع	الكيماويات المهمة
١	التروبوسفير Troposphere	صفر – ١٢ كم	من ١٥°م إلى –٥٦°م	بالسالب (–)	N_2, O_2, CO_2, H_2O
٢	الإستراتوسفير Stratosphere	١١ – ٥٠ كم	من – ٥٦°م إلى – ٢°م	بالموجب (+)	O_3
٣	الميزوسفير Mesosphere	من ٥٠ إلى ٨٥ كم	من – ٢°م إلى – ٩٢°م	بالسالب (–)	NO^+, O_2^+
٤	الثيرموسفير Thermosphere	٨٥ – ٥٠٠ كم	من – ٩٢°م إلى ١٢٠٠°م	بالموجب (+)	NO^+, O^+, O_2^+

١ – التروبوسفير:

طبقة الهواء الملاصقة لسطح الأرض مباشرة تسمى التروبوسفير. خلال طبقة التروبوسفير هذه يدور الهواء فى تيارات الحمل الحرارى الرأسية والأفقية الكبيرة، وذلك بشكل

مستمر؛ حتى يتم إعادة توزيع الحرارة والرطوبة حول الكرة الأرضية. التروبوسفير يتراوح عمقه ما بين ١٨ كيلو متراً فوق خط الاستواء إلى حوالى ٨ كيلو مترات فوق القطبين، حيث يكون الهواء باردا وكثيفا. نظرا لأن الجاذبية تعمل على قرب معظم جزئيات الهواء قريباً من سطح الأرض، فإن التروبوسفير يكون أكثر كثافة عن الطبقات الأخرى. التروبوسفير يحتوى على ٧٥% من كل كتلة الغلاف الجوى، ويحتوى على معظم بخار الماء والسحب والجسيمات العالقة فى الهواء ولذلك فإنه ذو علاقة وطيدة بالمناخ.

مع الارتفاع عن سطح الأرض تنخفض درجة الحرارة بانتظام تقريباً (حوالى ٦°م كل كيلومتر)، حيث تصل درجة الحرارة إلى حوالى -٦٠°م عند قمة التروبوسفير. الانعكاس المفاجئ للتدرج فى درجة الحرارة هذه يخلق حاجزاً يسمى التروبوبوز (Tropopause) والذى يحد من الخلط بين التروبوسفير والمناطق الأخرى.

٢- الإستراتوسفير:

الاستراتوسفير يمتد من التروبوبوز حتى حوالى ٥٠ كيلو متراً وهو أخف كثيرا عن التروبوبوز، وهو الطبقة الباردة على قمة التروبوبوز. مكونات الإستراتوسفير مشابهة للتروبوسفير،

مع عدم وجود بخار الماء غاليا وزيادة فى غاز الأوزون بما يقرب من ألف ضعف.

فى الإستراتوسفير تزداد درجة الحرارة مع زيادة الارتفاع فى هذه المنطقة، وعند ارتفاع ٥٠ كيلو متراً عن سطح البحر تصل درجة الحرارة إلى أقصاها عند -٢°م. هذا الميل إلى الدفء فى الإستراتوسفير يعود إلى امتصاص الأشعة فوق البنفسجية بواسطة الأوزون.

هذه الطاقة الممتصة تجعل الغلاف الجوى أكثر سخونة عند قمة الإستراتوسفير، ونظراً لأن الأشعة فوق البنفسجية تتلف الأنسجة الحية، فإن امتصاصها بواسطة الأوزون فى الإستراتوسفير يحمى الحياة على سطح الأرض. الإستراتوسفير يختلف عن التروبوسفير فى أنه هادئ نسبياً. يوجد خلط قليل فى الإستراتوسفير حيث الملوثات بفعل الإنسان أو الرماد البركانى قد تظل عالقة لسنين عديدة.

٣- الميزوسفير:

الميزوسفير أو الطبقة المتوسطة تبدأ عند حوالى ٥٠ كيلو متراً فوق سطح البحر، ثم تمتد إلى أعلى حتى ٨٥ كيلو متراً، وهذه الطبقة تكون فوق الإستراتوبوز (Stratopause) (وهى

الطبقة الفاصلة بين الإستراتوسفير والميزوسفير. درجة الحرارة تنخفض مع زيادة الارتفاع. توجد تركيزات منخفضة للغازات التى تمتصها الأشعة فوق البنفسجية وخاصة الأوزون. أبرد منطقة انتقال للميزوسفير (-٩٢°م) تعرف بالميزوبوز (Mesopause)، والتى هى فى الواقع أبرد منطقة فى الغلاف الجوى. الميزوسفير يحتوى على مواد كيماوية فى حالة تأين.

٤- الثيرموسفير:

الثيرموسفير يقع فوق طبقة الميزوسفير، ويمتد إلى أعلى حتى ٥٠٠ كيلو متر. درجة الحرارة تزداد مع الارتفاع، حيث تصل إلى ١٢٠٠°م.

الإشعاع الشمسى فوق البنفسجى يؤين الغازات وخاصة غاز الأكسجين وأكسيد النيتريك. الكيماويات التى وجدت فى هذه المنطقة هى O^+, O_2^+, NO^+... إلخ.

المنطقة فوق الإستراتوسفير فى مجال الإرتفاع من ٥٠ إلى ١٠٠ كيلو متر تعرف بالأيونوسفير (Ionosphere) والتى تحتوى أساساً على كيماويات مؤينة.

٥- الغلاف الجوى الخارجى:

الغلاف الجوى الخارجى أعلى من ٥٠٠ كيلو متر، ويسمى الإكسوسفير (Exosphere) وهو يقع فوق الثيرموسفير إلى ارتفاع حتى ١٦٠٠ كيلو متر. فى هذه المنطقة يوجد الهيدروجين والهيليوم بكثرة، وهو يعرف كذلك بالفراغ الخارجى (Out Space). الأكسوسفير له درجة حرارة عالية بسبب الإشعاع الشمسى.

لا يوجد حد معين لتعيين نهاية الغلاف الجوى. الضغط والكثافة تقل مع المسافة من الأرض حتى تصبح لا يمكن تمييزها فى الفراغ بين النجوم.

ثانياً: الإشعاع الشمسى على كوكب الأرض:

الشمس تمد الأرض بكمية هائلة من الطاقة، ولكن تلك الطاقة لا يتم توزيعها بانتظام فوق الكرة الأرضية. الإشعاع الشمسى أو الإشماس (Insolation) يكون أكثر قوة عند خط الاستواء عنه عند خطوط العرض البعيدة (High Latitudes). من بين الطاقة الشمسية التى تصل إلى الغلاف الجوى الخارجى

ينعكس حوالى الربع بالسحب والغازات الجوية، والربع الآخر يمتص بواسطة ثانى أكسيد الكربون وبخار الماء والأوزون والميثان وغازات أخرى. هنا يعمل الامتصاص للطاقة على دفء الأرض قليلاً. يصل إلى سطح الأرض حوالى نصف الإشعاع الشمسى القادم. معظم هذه الطاقة يكون فى شكل ضوء أو طاقة حرارية تحت الحمراء.

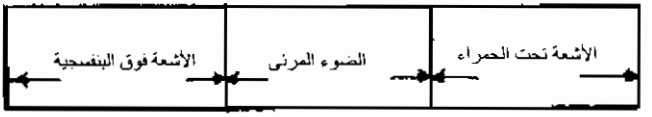
بعض من هذه الطاقة ينعكس بواسطة الأسطح اللامعة، والباقى يتم امتصاصه بسطح الأرض والماء. الطاقة الممتصة تسخن سطح الامتصاص، وتعمل على تبخير الماء وتوفير الطاقة اللازمة لعملية التمثيل الضوئى للنبات. الطاقة الممتصة يعاد انبعاثها ثانياً بالتدريج كطاقة حرارية ذات نوعية أقل؛ فمثلاً المبانى تمتص الطاقة التى فى شكل ضوء الشمس، وتعيد انبعاثها فى شكل حرارة.

الأشعة الشمسية تتكون من الآتى: شكل (٢)

١- الأشعة فوق البنفسجية (UV)

٢- الضوء المرئى (VL)

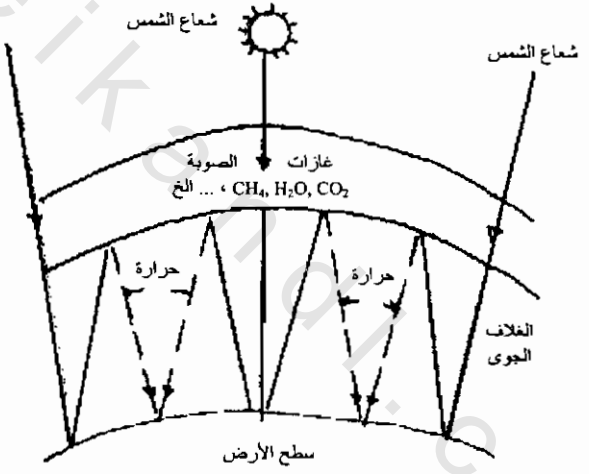
٣- الأشعة تحت الحمراء (IR)



شكل (٢): مكونات الأشعة الشمسية.

طبقة الأوزون على ارتفاع حوالى ٣٠ كيلو متراً من سطح البحر تمتص الأشعة فوق البنفسجية، وتسمح بمرور الأشعة تحت الحمراء والمرئية خلالها نحو الأرض. الأرض تمتص معظم الأشعة قصيرة الموجة (المتسربة من الأشعة فوق البنفسجية والضوء المرئى والقريبة من تحت الحمراء) وتبعث الإشعاعات طويلة الموجة تحت الحمراء. الغازات العديدة مثل CO_2، بخار الماء، الميثان الخ، والتى تعتبر ناقلة للأشعة قصيرة الموجة القادمة ولكنها معتمة للاشعة المنعكسة طويلة الموجة، وبالتالى تحجب جزءًا كبيرًا من الإشعاع المنبعث من الأرض. لذلك فإن الأشعة التى تمتص وتحجب بواسطة CO_2 والغازات الأخرى يتم إعادة انبعاثها جزئيا إلى سطح الأرض، والنتيجة النهائية هى أن سطح الأرض يحدث له الدفء بالظاهرة التى تسمى ظاهرة الدفئيات أو الاحتباس الحرارى أو الصوبة.

لذلك فإن الصوبة أو الدفئيات أو البيت الزجـــاجى (Green House) هو الجسم الذى يسمح بالأشعة قصيرة الموجه القادمـــة باختراقه، ولكن لايسمح بخـــروج الأشـــعة طويلـــة الموجـــة ويحجزها شكل (٣).



شكل (٣): تأثير غازات الصوبة.

هذه الطاقة الأرضية توفر الدفء فى الغلاف الجوى السفلى، حيث يتم امتصاص الأشعة تحت الحمراء المنبعثة من سطح الأرض بواسطة بخار الماء وثانى أكسيد الكربون الموجود فى الغلاف الجوى، حيث يتم إعادة انبعاثها نحو سطح الأرض، وبذا تستمر حرارة الأرض عند حوالى ١٧°م، الأمر الذى يحافظ على استمرار الحياة على كوكب الأرض.

ثالثاً: غازات الصوبة (الاحتباس الحرارى) ومصادرها:

الغازات المسببة لتأثير الصوبة (الاحتباس الحرارى) هى الآتى:

ثانى أكسيد الكربون، وبخار الماء، غاز الميثان، أوزون التروبوسفير، والكلوروفلورو كاربونز (CFC'S).

المصادر والمساهمة النسبية لتلك الغازات كما فى الجدول الآتى:

(جدول٢): مساهمات الغازات المسببة لتأثير الصوبة ومساهماتها.

الغازات	نسبة المساهمة فى تأثير الصوبة (إرتفاع درجة الحرارة)	المصادر الرئيسية
CO_2	%٤٩	الوقود الحفرى (الفحم، البترول، الغاز) حرائق الغابات، التنفس، التخمر.
الميثان CH_4	%١٨	الأسمدة، الأراضى الرطبة، التحلل اللاهوائى للمخلفات العضوية.
CFC'S	%١٧	الثلاجات، أجهزة التكييف، صناعة الفوم، الإيروسولات.
N_2O أكسيد النيتروز	%٦	الأسمدة، التربة الرطبة، حرق المخلفات، الوقود الحفرى.
O_3 الأوزون	%٨	التفاعل الكيمائى الضوئى فى الاستراتوسفير، والانتشار فى التروبوسفير.
بخار الماء	%٢	عمليات تبخير المياه.

من الجدول السابق نرى أن احتراق الوقود الحفرى له تأثير كبير على محتوى الغلاف الجوى من ثانى أكسيد الكربون، وعلى الكثير من غازات الاحتباس الحرارى الأخرى.

مكونا الهواء الاثنين الرئيسيين، هما: النيتروجين (٧٨%)، الأكسجين (٢٠%)، وهما غير مناسبين لامتصاص الإشعاع من الأرض، وذلك لأن بناءهما من ذرتين (Diatomic). ولكن بعض الغازات الأخرى لها ثلاث ذرات أو أكثر، والجزئيات المتشعبة لتلك الغازات يتفوق اقتناصها للطاقة وقدرتها على حجزها على نسبة وجودها المتواضع، وتلك هى غازات الدفئيات والتى تحافظ على الحياة على سطح الأرض وإن كانت تبدو المسببة لزيادة سخونة أو دفء الأرض.

معظم غازات الدفئيات تكون مخلوطة خلال التروبوسفير، وهى أدنى طبقة سفلية فى الغلاف الجوى (من ٨-١٦ كم). بخار الماء هو الاستثناء لكونه الأكثر تركيزاً قرب مستوى الأرض.

١- ثانى أكسيد الكربون:

ثانى أكسيد الكربون هو المسبب الرئيسى للاحترار، وتركيزه حوالى ٣٨٠ جزءًا فى المليون فى الهواء. هذا التركيز يزداد كل عام. ثانى أكسيد الكربون يظل محمولا فى الهواء

(ولايتحلل إلى مكوناته الأصلية) لمدة تزيد عن قرن من الزمان. يكون الانخفاض فى تركيز CO_2 إما بسبب امتصاصه فى المحيطات والبحار، والتى تذيب حوالى ٢٥% من CO_2 وتحوله إلى ملح الكربونات.

$$CO_2 + Ca^{+2} + 2OH^- \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$

أو يسبب استخدام النباتات الحية الخضراء لـ CO_2 فى عملية التمثيل الضوئى لإنتاج الكربوهيدريت.

$$6\,CO_2 + 6\,H_2O \xrightarrow{\text{طاقة (hv)}} C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2$$

تلك الانخفاضات تمثل ٥٠% من محتوى الغلاف الجوى من غاز CO_2، ويقوم ثانى أكسيد الكربون بدور مهم فى تغير المناخ لكوكب الأرض، ولكن دونه كانت الأرض بدرجة البرودة مثل القمر. لذلك فإن تأثير الصوبة نعمة وليس نقمة طالما أن تركيز تلك الغازات يظل عند أفضل مستوى. ولكن مع التطور السريع فى الأنشطة الصناعية والتنموية زادت تركيزات ثانى أكسيد الكربون إلى المستوى الذى له تأثيرات ضارة على المناخ على كوكب الأرض والمسبب لارتفاع درجة الحرارة (الدفء الكوكبى).

٢- بخار الماء:

بخار الماء الزائد الذى ينطلق مع ارتفاع درجة حرارة كوكب الأرض، حيث تطلق البحار والمحيطات وجميع المسطحات المائية بخار الماء.

٣- غاز الميثان:

غاز الميثان يمكن أن يمكث فى الجو لمدة تقل عن عقد من الزمان وبعدها يتحلل إلى عناصره الاصلية. جزئ الميثان يمتص ما يزيد عن ٢٠ إلى ٣٠ ضعف من الطاقة تحت الحمراء مقارنة بجزئ ثانى أكسيد الكربون، وذلك رغم أن نسبته أقل من ٢ جزء فى المليون فى الغلاف الجوى.

٤- الكلوروفلوروكاربونز وسادس فلوريد الكبريت (SF6)، تلك الغازات التى تطلق الكلور والفلور المسببة لإتلاف طبقة الأوزون.

٥- الغازات من أكاسيد النيتروجين (N_2O).

رابعاً: مصادر غازات الصوبة:

منذ ما قبل الأزمنة الصناعية قفزت تركيزات غازات الصوبة (CO_2, N_2O, CH_4) إلى ما يزيد عن ٣١%، ١٥١%، ١٧% على التوالى.

CO_2 هو أهم أسباب تغير المناخ؛ ذلك لأنه يتحلل إلى عناصر بعد ما يزيد عن مائة عام، ولذلك فإن ما يطلق فى الغلاف الجوى كل عام يزيد من تركيزاته باستمرار.

الأنشطة البشرية تطلق ما يقترب من ٣٠ مليار طن من CO_2 كل عام، بمتوسط محتوى من الكربون بمقدار ٨ مليار طن كل عام، حيث يؤخذ منها حوالى ٣ مليارات طن بالنظم البيئية الأرضية (النباتات.. الخ)، وحوالى ٢ مليار طن تمتص بواسطة المحيطات والبحار، وتصل الزيادة السنوية فى الجو من الكربون بمقدار ٣ مليارات طن. فى حالة الاستمرار على هذا النحو. فإن تركيزات CO_2 يمكن أن تصل إلى ما يزيد عن ٥٠٠ جزء فى المليون بما يقترب من ضعف مستوى ما قبل الأزمنة الصناعية ذات المستوى ٢٨٠ جزءًا فى المليون، وذلك بنهاية القرن الواحد والعشرين.

١- مقدار غازات الصوبة فى الهواء الآن:

الغلاف الجوى يحمل ٣٠٠٠ جيجا طن من CO_2 (الجيجا طن هو مليار طن مترى) والذى يقدر بحوالى ٨٠٠ جيجا طن من الكربون، والذى هو أكبر وجود لغاز صوبة أنتجه الإنسان.

كذلك فإن الغلاف الجوى يحتفظ بحوالى ٤ جيجا طن من الكربون فى شكل الميثان الذى يزيد فى قوته كثيراً عن ثانى أكسيد الكربون كغاز الصوبة، ولكن عمره قصير. فى عام ٢٠٠٦ تم وضع ما يقرب من ٣١ جيجا طن من CO_2 فى الجو بزيادة ١٥ جيجا طن عما كان عليه الحال عام ١٩٧٠.

تقدر مساهمة الإنسان فى وضع CO_2 بحوالى ٤,٦ جيجا طن كل عام فى الهواء؛ بمعنى آخر أن الفرد الذى يزن ٦٨ كيلو جرامًا يضع المكافئ لوزنه من CO_2 فى ستة أيام.

بالنسبة لغاز الميثان يقدر بحوالى ٠,٣ إلى ٠,٤٥ جيجا طن فى العام. أكسيد النيتروز (N_2O) منتج صناعى ثانوى، ولكن تأثيره يصل إلى ٣٠٠ ضعف تأثير CO_2.

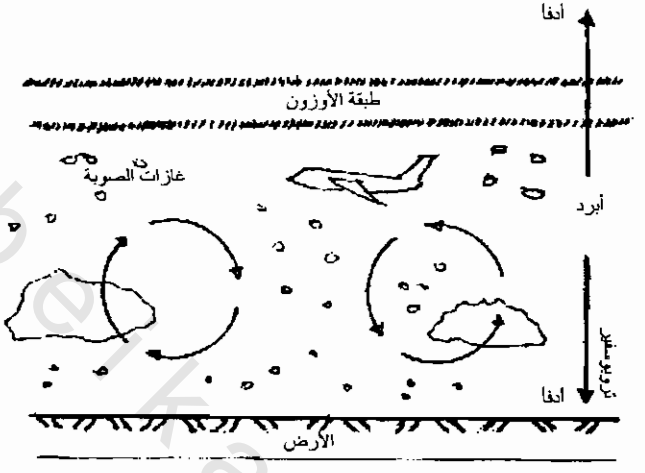
٢- الأوزون:

الأوزون فى مجال الدفيئات عامل وسيط فقط. وبدلا من انبعاثه عند حرق الوقود الحفرى، فإن الأوزون يتكون عند تصادم ضوء الشمس مع الملوثات الأخرى فى وجود الأكسجين. وجوده يمكن أن يصل إلى المستويات غير الصحيه، عند حدوث ركود للهواء لعدة أيام قريبًا من مستوى سطح

الأرض، حيث تمارس الكائنات الحية حياتها وتتنفس. لحسن الحظ، فإن الأوزون يبقى أيامًا قليلة فقط فى التروبوسفير. طبقة الأوزون الطبيعية التى تساعد فى حماية الأرض من الأشعة فوق البنفسجية الضارة، تسبب الدفء للاستراتوسفير.

٣- الطائرات النفاثة الأسرع من الصوت (Supersonic)

تطير فى منطقة الإستراتوسفير أعلى منطقة التروبوسفير على ارتفاع حوالى ٣٠ ألف قدم أو يزيد، وذلك لتفادى مقاومة الغازات فى منطقة الغلاف الجوى السفلى – التروبوسفير. هذه الطائرات تنتج ما يزيد عن ٩ ملايين طن من الكربون المكافئ فى عام ٢٠٠٥ فى المملكة المتحدة، هذا بالإضافة إلى أن السحب التى تنتجها تلك الطائرات تساهم كذلك فى دفء الأرض، شكل (٤).



شكل (٤): طبقة الأوزون والطائرات النفاثة.

٤- البلاد ذات المسئولية الأكبر فى انبعاثات الكربون:

ربما تكون الحقائق المهمة حول استهلاك الوقود الحفرى هو أن أغنى ٢٠ دولة فى العالم تستهلك ٨٠% من الغاز الطبيعى، ٦٥% من البترول، ٥٠% من الفحم كل عام، وذلك رغم أن تلك الدول الغنية لا تمثل أكثر من ٢٠% من سكان العالم، إلا أنها تستهلك ما يزيد عن نصف مصادر الطاقة من الوقود الحفرى. فمثلاً، الولايات المتحدة وكندا رغم أن عدد

سكانهما حوالى ٥% من سكان العالم، إلا أن استهلاكهما من الوقود الحفرى يزيد عن ربع الاستهلاك العالمى.

يصل مقدار الاستهلاك السنوى للطاقة فى العالم فى المتوسط فى الولايات المتحدة وكندا ما يزيد عن ٣٠٠ جيجا جول (GJ) للفرد فى العام، والذى يكافئ ٦٠ برميلاً من زيت البترول، مقارنة بالدول الفقيرة فى العالم مثل نيبال وأثيوبيا فإن استهلاكها لا يزيد عن واحد جيجا جول للفرد فى العام، وهذا يعنى أن متوسط استهلاك الفرد فى الولايات المتحدة وكندا يوميًا يعادل استهلاك الفرد فى الدول الفقيرة فى عام.

obeikandl.com