

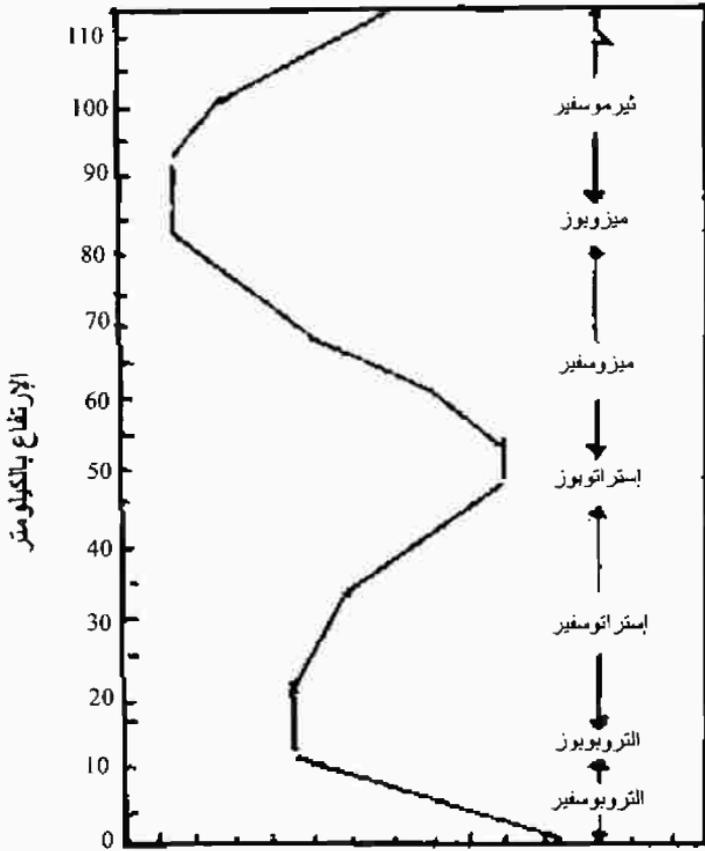
الفصل الأول

الغلاف الجوى والإشعاع الشمسى

أولاً: بناء الغلاف الجوى:

الغلاف الجوى له أربع مناطق محددة من درجات الحرارة المتباينة، والذي 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).



شكل (١): تغير درجة الحرارة في طبقات الغلاف الجوي الأربع.

مختلف المناطق الجوية وخصائصها تسم تلخيصه فى
الجدول الأتى:

جدول (١): المناطق الرئيسية للغلاف الجوى.

م	المنطقة	الإرتفاع بالكيلومتر	درجة الحرارة °م من إلى	التغير فى درجة الحرارة مع الارتفاع	الكيمويات 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	التيرموسفير 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 حوالي ٨ كيلو مترات فوق القطبين، حيث يكون الهواء بارداً وكثيفاً. نظراً لأن الجاذبية تعمل على قرب معظم جزيئات 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 في الهواء ولذلك فإنه ذو علاقة وطيدة بالمناخ.

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

٢- الإستراتوسفير:

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

مع عدم وجود بخار الماء غالباً وزيادة في غاز الأوزون بما يقرب من ألف ضعف.

في الإستراتوسفير تزداد درجة الحرارة مع زيادة الارتفاع في هذه المنطقة، وعند ارتفاع ٥٠ كيلو متراً عن سطح البحر تصل درجة الحرارة إلى أقصاها عند -٢٠م. هذا الميل إلى الدفاء في 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 في الإستراتوسفير يحمى الحياة على سطح الأرض. الإستراتوسفير يختلف عن التروبوسفير في أنه هادئ نسبياً. يوجد خلط قليل في الإستراتوسفير حيث الملوثات بفعل الإنسان أو الرماد البركاني 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 تراكيز منخفضة للغازات التي تمتصها الأشعة فوق البنفسجية وخاصة الأوزون. أبرد منطقة انتقال للميزوسفير (-92°م) تعرف بالميزوبوز (Mesopause)، والتي هي في الواقع أبرد منطقة في الغلاف الجوي. الميزوسفير يحتوي على مواد كيميائية في 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 الشمسي فوق البنفسجي يؤين الغازات وخاصة غاز الأكسجين وأكسيد النيتريك. الكيماويات التي وجدت في هذه المنطقة هي NO^+ , O_2^+ , O^+ ... إلخ.

المنطقة فوق الإستراتوسفير في مجال الارتفاع من ٥٠ إلى ١٠٠ كيلو متر تعرف بالأيونوسفير (Ionosphere) والتي تحتوى أساساً على كيماويات مؤينة.

٥- الغلاف الجوى الخارجى:

الغلاف الجوى الخارجى أعلى من ٥٠٠ كيلو متر، ويسمى الإكسوسفير (Exosphere) وهو يقع فوق النيرموسفير 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 ثاني 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 بالتدرج كطاقة حرارية ذات نوعية أقل؛ فمثلاً المباني تمتص الطاقة التى فى شكل ضوء الشمس، وتعيد انبعاثها فى شكل حرارة.

الأشعة الشمسية تتكون من الآتى: شكل (٢)

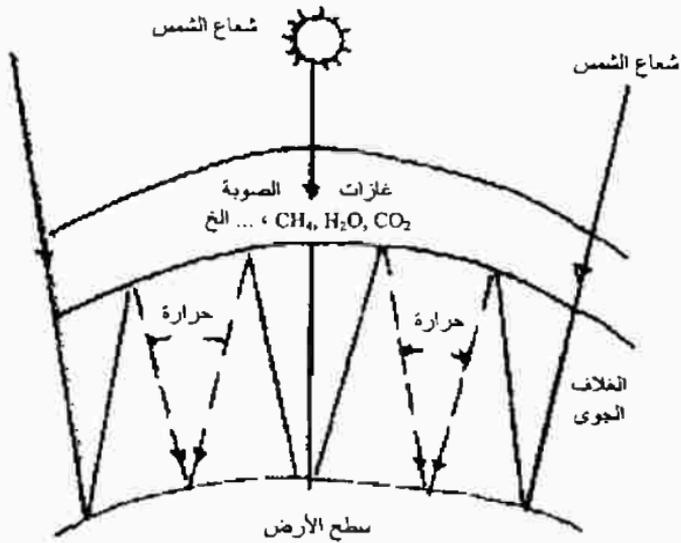
- ١- الأشعة فوق البنفسجية (UV)
- ٢- الضوء المرئى (VL)
- ٣- الأشعة تحت الحمراء (IR)



شكل (٢): مكونات الأشعة الشمسية.

طبقة الأوزون على ارتفاع حوالي 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 المرئي والقريبة من تحت الحمراء) وتبعث الإشعاعات طويلة الموجة تحت الحمراء. الغازات العديدة مثل CO_2 ، بخار الماء، الميثان الخ، والتي تعتبر ناقلة للأشعة قصيرة الموجة القادمة ولكنها معتمة للأشعة المنعكسة طويلة الموجة، وبالتالي تحجب جزءاً كبيراً من الإشعاع المنبعث من الأرض. لذلك فإن الأشعة التي تمتص وتحجب بواسطة CO_2 والغازات الأخرى يتم إعادة انبعاثها جزئياً إلى سطح الأرض، والنتيجة النهائية هي أن سطح الأرض يحدث له الدفء بالظاهرة التي تسمى ظاهرة الدفنيات أو الاحتباس الحراري أو الصوبة.

لذلك فإن الصوبة أو الدفنيات أو البيت الزجاجي (Green House) هو الجسم الذى يسمح بالأشعة قصيرة الموجه القادمة باختراقه، ولكن لايسمح بخروج الأشعة طويلة الموجهة 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 وثنائى أكسيد الكربون الموجود فى الغلاف الجوى، حيث يتم إعادة انبعاثها نحو سطح الأرض، وبذا تستمر حرارة الأرض عند حوالى 17°C ، الأمر الذى يحافظ على استمرار الحياة على كوكب الأرض.

ثالثاً: غازات الصوبة (الاحتباس الحرارى) ومصادرها:

الغازات المسببة لتأثير الصوبة (الاحتباس الحرارى) هى الآتى:

ثنائى أكسيد الكربون، وبخار الماء، غاز الميثان، أوزون التروبوسفير، والكلوروفلوروكربونز (CFC'S).

المصادر والمساهمة النسبية لتلك الغازات كما فى الجدول الآتى:

(جدول ٢): مساهمات الغازات المسببة لتأثير الصوبة
ومساهماتها.

المصادر الرئيسية	نسبة المساهمة في تأثير الصوبة (ارتفاع درجة الحرارة)	الغازات
الوقود الحفري (الفحم، البترول، الغاز) حرائق الغابات، التنفس، التخمير.	%٤٩	CO ₂
الأسمدة، الأراضي الرطبة، التحلل اللاهوائي للمخلفات العضوية.	%١٨	الميثان CH ₄
الثلاجات، أجهزة التكييف، صناعة القوم، الإيروسولات.	%١٧	CFC'S
الأسمدة، التربة الرطبة، حرق المخلفات، الوقود الحفري.	%٦	N ₂ O أكسيد النيتروز
التفاعل الكيميائي الضوئي في الاستراتوسفير، والانتشار في التروبوسفير.	%٨	O ₃ الأوزون
عمليات تبخير المياه.	%٢	بخار الماء

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

مكونا الهواء الاثنى الرئيسيين، هما: النيتروجين (٧٨%)، الأوكسجين (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 والتي 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.

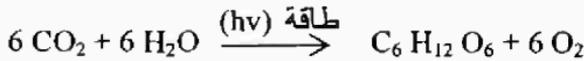
١- ثانى أكسيد الكربون:

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

(ولا يتحلل إلى مكوناته الأصلية) لمدة تزيد عن قرن من الزمان. يكون الانخفاض في تركيز CO_2 إما بسبب امتصاصه في المحيطات والبحار، والتي تذيب حوالي ٢٥% من CO_2 وتحوله إلى ملح الكربونات.



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



تلك الانخفاضات تمثل ٥٠% من محتوى الغلاف الجوى من غاز CO_2 ، ويقوم ثانى أكسيد الكربون بدور مهم فى تغيير 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 الذي ينطلق مع ارتفاع درجة حرارة كوكب الأرض، حيث تطلق البحار والمحيطات وجميع المسطحات المائية بخار الماء.

٣- غاز الميثان:

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

٤- الكلوروفلوروكاربونز وسادس فلوريد الكبريت (SF_6)، تلك الغازات التي 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 التوالي.

CO₂ هو أهم أسباب تغير المناخ؛ ذلك لأنه يتحلل إلى عناصر بعد ما يزيد عن مائة عام، ولذلك فإن ما يطلق في الغلاف الجوى كل عام يزيد من تركيزاته باستمرار.

الأنشطة البشرية تطلق ما يقرب من ٣٠ مليار طن من CO₂ كل عام، بمتوسط محتوى من الكربون بمقدار ٨ مليار طن كل عام، حيث يؤخذ منها حوالي ٣ مليارات طن بالنظم البيئية الأرضية (النباتات.. الخ)، وحوالي ٢ مليار طن تمتص بواسطة المحيطات والبحار، وتصل الزيادة السنوية في الجو من الكربون بمقدار ٣ مليارات طن. في حالة الاستمرار على هذا النحو. فإن تركيزات CO₂ يمكن أن تصل إلى ما يزيد عن ٥٠٠ جزء في المليون بما يقرب من ضعف مستوى ما قبل الأزمنة الصناعية ذات المستوى ٢٨٠ جزءاً في المليون، وذلك بنهاية القرن الواحد والعشرين.

١- مقدار غازات الصوية في الهواء الآن:

الغلاف الجوى يحمل ٣٠٠٠ جيجا طن من CO₂ (الجيجا طن هو مليار طن مترى) والذي يقدر بحوالى ٨٠٠ جيجا طن من الكربون، والذي هو أكبر وجود لغاز صوية 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 جراماً 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 .

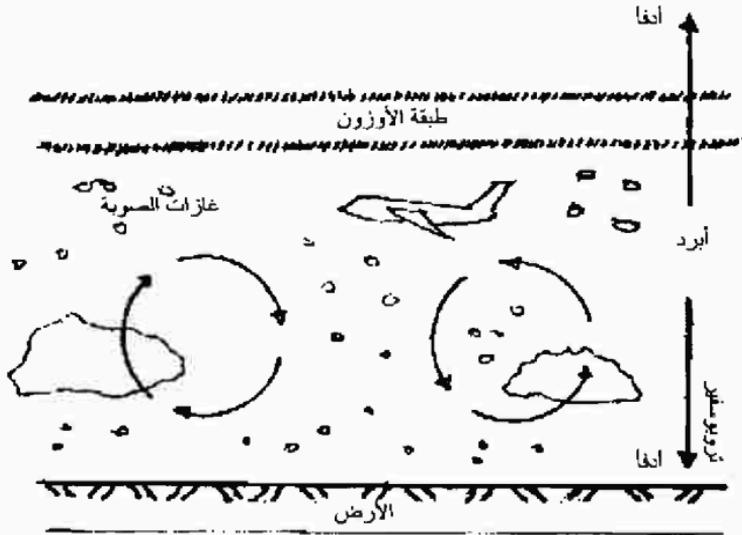
٢- الأوزون:

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

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

٣- الطائرات النفاثة الأسرع من الصوت (Supersonic)

تطير في منطقة الإستراتوسفير أعلى منطقة التروبوسفير على ارتفاع حوالي ٣٠ ألف قدم أو يزيد، وذلك لتفادي مقاومة الغازات في منطقة الغلاف الجوي السفلى - التروبوسفير. هذه الطائرات تنتج ما يزيد عن ٩ ملايين طن من الكربون المكافئ في عام ٢٠٠٥ في المملكة المتحدة، هذا بالإضافة إلى أن السحب التي تنتجها تلك الطائرات تساهم كذلك في دفاء الأرض، شكل (٤).



شكل (٤): طبقة الأوزون والطائرات النفاثة.

٤ - البلاد ذات المسؤولية الأكبر في انبعاثات الكربون:

ربما تكون الحقائق المهمة حول استهلاك الوقود الحفري هو أن أغنى ٢٠ دولة في العالم تستهلك ٨٠% من الغاز الطبيعي، 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 الحفري. فمثلاً، الولايات المتحدة وكندا رغم أن عدد

سكانهما حوالي ٥% من سكان العالم، إلا أن استهلاكهما من الوقود الحفري يزيد عن ربع الاستهلاك العالمي.

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