التأثيرات الصحية والبيئية للبترول ومصادر الطاقة الأخرى

د . محمد فاروق أحمد

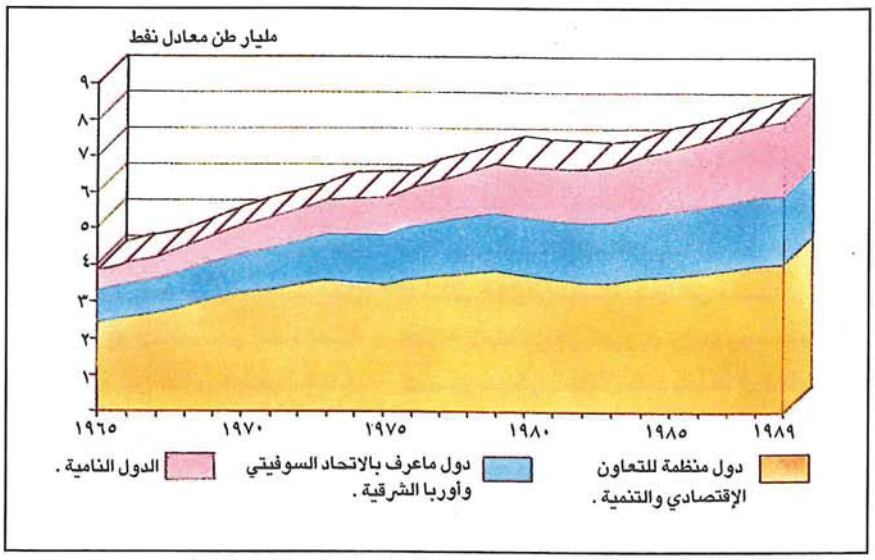
تتزايد حاجة العالم للطاقة وتسعى الدول إلى توفير مصادرها لمواجهة الطلب المتنامي عليها . ومنذ الستينيات إرتفع الإستهلاك العالمي للطاقة إرتفاعاً ملحوظاً بسبب تزايد معدل النمو الإقتصادي والسكاني للمجتمع الدولي ، ويقدر مجلس الطاقة العالمي إحتياجات العالم من الطاقة عام ٢٠٠٠ بمقدار ١٠٢٥٩ مليار طن معادل ليقفز إلى ١٣٥٢٥ مليار طن معادل عام ٢٠٢٠ م .

يستعرض شكل (١) كيفية نمو الإستهلاك العالمي للطاقة بين عامى ١٩٦٥، ١٩٨٩م في أقاليم العالم الثلاث وهى دول منظمة التعاون الإقتصادي والتنمية ، ودول ما كان يعرف بالاتحاد السوفيتي وأوربا الشرقية ودول العالم النامية .

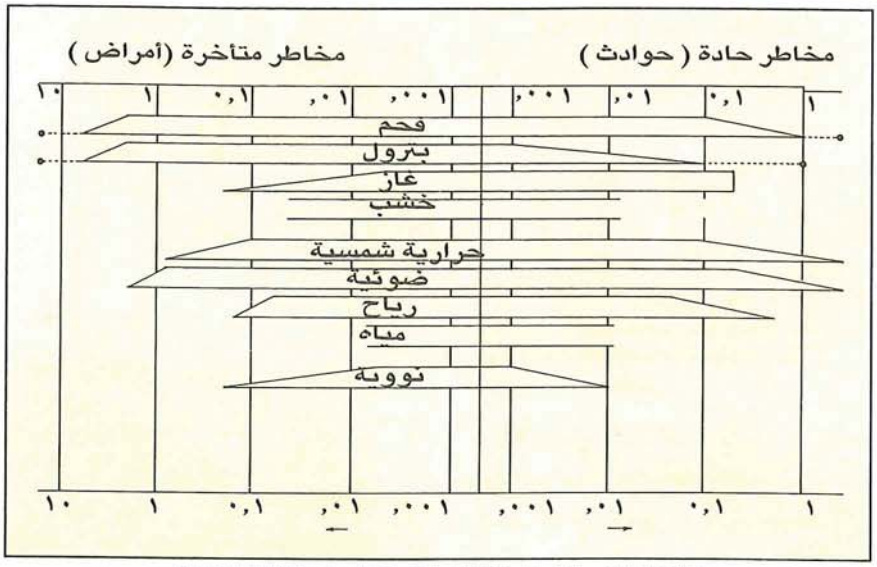
تتغير مصادر الطاقة المستخدمة فى العالم تبعا لتواجدها ولعوامل أخرى كثيرة . فبعد أن كان الفحم هو المصدر الأساس للطاقة حتى الستينيات أصبح النفط الآن المساهم الأكبر في الطاقة على المستوى العالمي . ومن مصادر الطاقة الرئيسة فى عالمنا المعاصر هى النفط والفحم والغاز الطبيعي والطاقة المائية (طاقة مساقط المياه) والطاقة النووية . ويبين جدول (١) إسهام هذه المصادر الخمس فى توليد الطاقة على المستوى العالمي في عامى ١٩٦٠ ، ١٩٨٩ ، أما مصادر الطاقة الأخرى والمعروفة باسم الطاقة الجديدة والمتجددة فلم تتجاوز نسبة إسهامها فى الطاقة العالمية ١٪ حيث أن كفاءة توليد الطاقة من هذه المصادر مازالت محدودة فضلا عن تكاليفها الإقتصادية الباهظة . ومن أهم مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة الطاقة الشمسية التى تحول أشعة الشمس إلى طاقة كهربائية باستخدام الخلايا الفوتوفولتية أو تستغل أشعة الشمس في التسخين المباشر أو تستغل حرارة الأرض أو فرق درجات الحرارة بين المياه السطحية للمحيطات ومياه الأعماق في توليد الكهرباء . كذلك تمثل طاقة المد والجزر وطاقة الموج البحري وطاقة الرياح

المصدر	الإسهام في الطاقة العالمية (٪)	
	عام ١٩٦٠ م	عام ١٩٨٩م
فحم	٤٧	٢٨
نفط	٣٤	٣٨
غاز طبيعي	١٣	٢١
مائية	٦	٧
نووية	-	٦

● جدول (١) إسهام المصادر المختلفة في توليد الطاقة .



● شكل (١) نمو استهلاك الطاقة في العالم (١٩٦٥-١٩٨٩م) .



● شكل (٢) مخاطر الوفيات المهنية من المصادر المختلفة للطاقة .

مصادر متجددة للطاقة .

ينجم عن مصادر الطاقة الرئيسة تأثيرات سلبية على الإنسان والبيئة . وقد ترتب على تنامي الوعى البيئي البحث عن أفضل الأساليب لخفض التأثيرات البيئية السلبية لكافة مصادر الطاقة . وإهتمت الدوائر المعنية بالبيئة وحمايتها في العالم أجمع بدراسة وتقويم كافة أنواع المخاطر المترتبة على إستخدام المصادر المختلفة للطاقة وأجرت المقارنات بين تأثيراتها الصحية والبيئية . وبرز إلى الوجود منذ بداية السبعينيات التقويم المقارن لمصادر الطاقة ، ولعب هذا التقويم دورا متزايد الأهمية في تخطيط مستقبل الطاقة وفي تزويد صانعي القرار بالمعلومات والمعطيات اللازمة لتوجيه وصياغة قراراتهم .

ويتطلب التقويم المقارن للمخاطر الصحية والبيئية لمصادر الطاقة ، وعلى رأسها النفط ، توفر مجموعة متجانسة من المعايير المحددة للمصادر الخاضعة للمقارنة فضلا عن ضرورة تنفيذ تحليل كمي ونوعي لمخاطر كل مصدر من مصادر الطاقة ، بإستخدام وحدة معيارية . وقد اتُفِقَ بهذا الخصوص على استخدام وحدة الجيجا واط (ألف مليون واط) من الكهرباء المولدة فى سنة واحدة من مصادر الطاقة المختلفة أساسا للمقارنة .

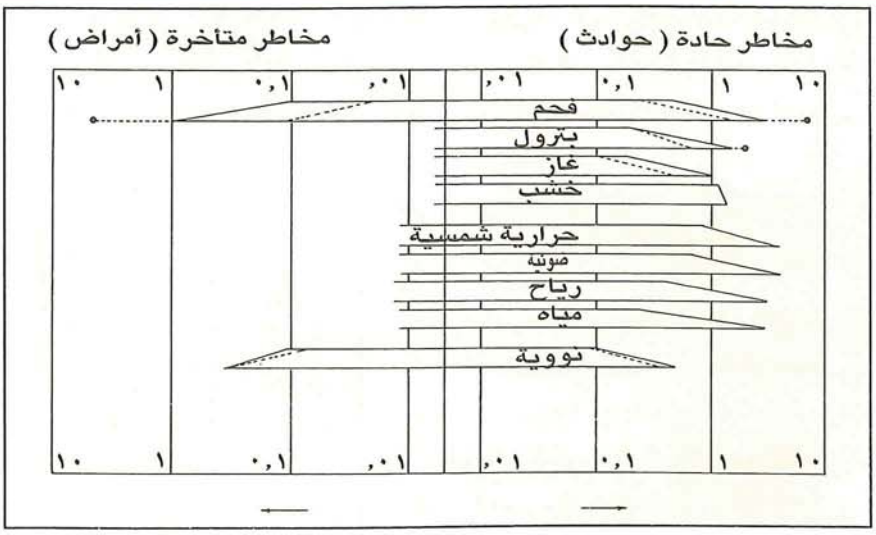
وللحكم بموضوعية وإلتزام الحياد التام عند إجراء التقويم المقارن للمخاطر الصحية والبيئية لمصادر الطاقة المختلفة يجب أن تدرس مخاطر الدورة الكاملة لكل مصدر بدءً من عمليات البحث والتنقيب ومرورا بالإستخراج والنقل ثم بالإستخدام وانتهاءً بالمخلفات والنفايات المتولدة عن ذلك المصدر .

كذلك يجب ألا تقتصر المقارنات على التأثيرات المعروفة وإنما يجب أن تتسع لتشمل جميع التأثيرات المحسوسة وتلك التى يحتمل حدوثها . وللحقيقة فإنه يجب القول بأن هناك كثيرا من المصاعب التي تكتنف التقويم المقارن نظراً لإختلاف المعايير المطبقة بإختلاف الأطر التقنية والإقتصادية والإجتماعية في المناطق المختلفة ، ولأن جزءً كبيراً من مصادر الطاقة لا يتحول إلى كهرباء وإنما يستخدم كمصدر مباشر للطاقة مثلما يحدث في قطاع النقل ، وفي جميع الحالات يجب تضمين كافة المخاطر المرتبطة بالمصدر كتلك المخاطر الناجمة عن التشغيل الروتيني أو التى تنتج عن الحوادث الصغيرة والعنيفة ، كما يجب أن تتضمن المخاطر جميع التأثيرات المهنية التي يتعرض لها العاملون المهنيون في جميع حلقات الدورة ، والتأثيرات الواقعة على عامة الجمهور بما فيها مخاطر الوفيات والإصابات بالأمراض المختلفة ، كذلك يجب إدراج المخاطر العاجلة والآجلة التى قد لا تظهر إلا بعد سنوات طويلة قد تمتد لعشرات بل ربما لمئات السنين ، وكذلك المخاطر المحلية والإقليمية والعالمية .

التأثيرات الصحية

تتمثل التأثيرات الصحية لمصادر الطاقة فى حدوث وفيات مباشرة وعاجلة ، تنتج عن حوادث في أي من حلقات دورة المصدر المعين كالإستخراج أو النقل أو الإستخدام وأخيرا عن النفايات المتخلفة من هذا المصدر ، وفي وفيات آجلة وغير مباشرة تمت عن تعرض لأي من حلقات المصدر المعين بشكل مزمن يؤدي إلى حدوث الوفاة بعد فترة قد تمتد لعشرات السنين . كذلك تتضمن التأثيرات الصحية ، حالات المرض المزمن والعجز الناتج عن الحوادث أو عن التعرض المزمن وغير المباشر لحلقات المصدر المختلفة .

ويتم تقويم المخاطر الصحية بالنسبة للعاملين المهنيين أو لعموم الجمهور بإستقراء التأثيرات من خلال دراسات أجريت عند مستويات كبيرة من التعرض وإستخدام نماذج رياضية لهذا الإستقراء . ويفترض وجود علاقة خطية دائما بين الجرعة الكيميائية أو الإشعاعية وبين التأثير . الجدير بالذكر أن بعض القيم الخاصة بالحوادث والضحايا قيم مؤكدة وموثقة إلا أن هناك بعض القيم الواردة في تقويم التأثيرات الصحية تقوم على فرضيات مثل إطلاقات الكبريت عند إحراق الفحم أو النفط . ويتم التعبير عن المخاطر لمصادر الطاقة المختلفة بعدد حالات الوفيات



● شكل (٣) مخاطر الوفيات بين الجمهور من المصادر المختلفة للطاقة .

الناجمة عن كل جيجا واط سنة من الكهرباء المولدة من المصادر المختلفة .

وهناك آثار صحية غير مباشرة يجب تضمينها ضمن التأثيرات الصحية مثل التأثيرات المرتبطة بترسب الأحماض وزيادة بعض العناصر الثقيلة في الماء والتربة والنبات مثل ترسب الزئبق في المياه الحمضية وتجمعه في الأسماك التي يتغذى عليها الإنسان .

وللمقارنة بين المخاطر الصحية لمصادر الطاقة المختلفة بأسلوب ميسر وذلك للمهنين وعموم الجمهور ، شكلي (٢) و (٣) ، نورد ما يلي : ـ

الفحم

تتمثل المخاطر الصحية المهنية لدورة الفحم في الآتي : ـ

* حوادث مميتة بسبب إنهيار مناجم الفحم .
* أمراض عمال المناجم بسبب التعرض للغبار متمثلة فى أمراض الرئة والإلتهابات الشعبية وضيق الأوعية الدموية وغيرها .
* الوفيات والإصابات بسبب نقل الفحم بطرق النقل المختلفة .
* إصابات العاملين في المحطات العاملة بالفحم لأمراض الجهاز التنفسي بسبب غبار الفحم والأسبستس والمواد الأخرى .

أما المخاطر التي يتعرض لها عموم الجمهور فتتمثل فى عدد من التأثيرات يمكن إيجازها في الآتي : ـ

* مخاطر ناتجة عن إنبعاث ثاني أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون .
* المخاطر الناتجة عن تلوث المياه السطحية والمياه الجوفية التى يستخدمها الجمهور .
* المخاطر الناتجة عن نفايات الفحم المتكونة بأحجام كبيرة .

النفط

تتمثل المخاطر الصحية المهنية للعاملين فى مجال النفط فى مجموعة آثار منها ما يلي : ـ

* حوادث مميتة أثناء عمليات الإستخراج .
* أمراض ناتجة عن التعرض للغازات العضوية مثل البنزين والكربوهيدرات الفطرية متعددة الحلقات .
* حوادث في معامل التكرير والمعالجة .
* حوادث النقل .

أما بالنسبة لمخاطر النفط على عموم الجمهور فتتمثل في : ـ

* أمراض الجهاز التنفسي بفعل التعرض للغازات العضوية والكربوهيدرات العضوية .
* ضحايا حوادث نقل النفط من الجمهور .
* بعض التأثيرات الناتجة عن التخلص من بعض المخلفات الصلبة للبترول .

الغاز الطبيعي

تتمثل المخاطر الصحية لدورة الغاز الطبيعي على المستوى المهني فى مخاطر محدودة للغاية عند مرحلة الإستخراج ، أما المخاطر بالنسبة للجمهور بسبب الغاز الطبيعي فتتمثل في : ـ

* مخاطر محدودة ناتجة عن إنبعاث أكاسيد النيتروجين وهي مخاطر ضعيفة بالمقارنة بمصادر الطاقة الأخرى خاصة الفحم .
* حوادث الحرائق والإنفجارات أثناء التخزين والنقل .

الوقود النووي

تتمثل المخاطر المهنية الناتجة عن إستخدام الطاقة النووية في : ـ

* المخاطر المرتبطة بحوادث إستخراج الخامات النووية من باطن الأرض .
* مخاطر إصابة العاملين في مجال الإستخراج أو التصنيع أو تشغيل محطات القوى النووية بأمراض السرطان نتيجة لتعرضهم للإشعاع .
* مخاطر الحوادث النووية المرتبطة بتشغيل محطات القوى النووية ووحدات معالجة وتصنيع الوقود .
* مخاطر التعرض للإشعاع في المرحلة الأخيرة المرتبطة بإدارة النفايات المشعة .

أما بالنسبة لعموم الجمهور فتتمثل المخاطر الصحية للطاقة النووية في الآتي : ـ

المصـــدر	أخطار مهنية		أخطار الجمهور	
	فوريـــة	آجلة	فوريـــة	آجلة
الفحم				
(تحت الأرض)	٠,٤ ـ ٣,٢	٠,١٣ ـ ١,١	٠,١ ـ ١,١	٢,٠ ـ ٦,٠
نفط				
من الأرض	٠,٢٠ ـ ٠,٨٥	ـــ	٠,٠٠١ ـ ٠,١	٢,٠ ـ ٦,٠
من الشاطىء	٠,٢٢ ـ ١,٣٥	ـــ	٠,٠٠١ ـ ٠,١	٢,٠ ـ ٦,٠
غاز طبيعي				
من الأرض	٠,١٠ ـ ٠,٥٠	ـــ	٠,٢	٠,٠٠٤ ـ ٠,٢
من الشاطىء	٠,١٧ ـ ١,٠٠	ـــ	٠,٢	٠,٠٠٤ ـ ٠,٢
نووية				
مناجم أرضية	٠,٠٩ ـ ,٥٠	٠,١٣ ـ ٠,٣٧	٠,٠٠١ ـ ٠,٠١	٠,٠٠٥ ـ ٠,٢
مناجم سطحية	٠,٠٧ ـ ٠,٤٠	٢,٠٧ ـ ٠,٣٣	ـــ	ـــ

جدول (٢) الوفيات بسبب مصادر الطاقة المختلفة عن كل جيجا واط سنة .

* التعـــرض لمستويات الإشعاع المنخفضة الناتجة عن الإطلاقات الروتينية للمواد المشعة من محطات القوى النووية ومصانع معالجة الوقود وإدارات النفايات المشعة .

* تعرضات عالية للإشعاع بسبب الحوادث النوويـــة في أي من مرافـــق الصناعات النوويـــة .

الطاقـــة المائيـــة

تتمثل أهم الأخطار المهنية للطاقة المائية في الحوادث الناتجة أثناء تشييد المرفق . أما بالنسبة للمخاطر التي يتكبدها عموم الجمهور من الطاقة المائية فتتمثل في : ـ

* الإصابات الناتجة عن أمراض بسبب تغير البيئـــة ونمـــو بعض الطفيليـــات والحشرات كالبعوض الذي ينشر الملاريا .

* حدوث فيضانات قاتلة بسبب إنهيار السدود والخزانات .

يبين جدول (٢) مقارنة للمخاطر الصحية الناجمة عن مصادر الطاقة المختلفة حيث يعـــرض الجدول معدل الوفيات لكل جيجا واط كهرباء سنة من مختلف مصادر الطاقة . وتجدر الإشارة إلى أن هذا الجدول لا يتضمن بعض الأخطار الصحية الهامة مثل الأخطار المترتبة عن حوادث إنطلاق النويدات المشعة في الحوادث النـــووية أو من جـــراء إستخدام الفحم كمصدر للطاقة .

التأثيـــرات البيئيـــة

تصنف المخاطر البيئية لمصادر الطاقة المختلفة على أساس مدى هذه المخاطر محلياً وإقليمياً وعالمياً ، كذلك تصنف المخاطر البيئية على أساس فترة ظهورها إلى تأثيرات قصيرة ومتوسطة وطويلة الأجل ، ومن بين التأثيرات طويلة الأجل تدمير البيئة وغطاء التربة في بعض عمليات الإستخراج

المصـــدر	التأثيرات البيئية الأساس
الفحم	ـ تلوث المياه السطحية والجوفية . ـ إضطراب وتغيرات في إستخدام الأراضي وتخريب بعيد المدى للنظام البيئي ـ إنبعاثات من غازات ثاني أكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين . ـ تلوث سطح التربة بالغازات الثقيلة وبمخلفات الرماد والخبث وبكميات محدودة من المواد المشعة . ـ تغيرات عالمية في المناخ بسبب إنبعاث ثاني أكسيد الكربون والغازات الحابسة للحرارة . ـ زيادة الحموضة في مياه الأمطار وفي البحيرات وخسائر مادية نتيجة لترسب الأحماض . ـ تلوث البحار والمحيطات .
النفط	ـ تلوث البحار والشواطىء بسبب كميات النفط المتسربة . ـ إنبعاثات من غازات ثاني أكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت والنيتروجين . ـ تلوث المياه السطحية والجوفية بالنفط .
الغاز الطبيعي	ـ تغير المناخ العالمي بسبب إنبعاث الغازات الحابسة للحرارة . ـ إنبعاثات من غازات ثاني أكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت والنيتروجين . ـ تغير المناخ العالمي بسبب إنبعاث الغازات الحابسة للحرارة .
الطاقة المائية	ـ تلف الأراضي وتغيرات في المياه وفي الحياة البحرية . ـ اضطراب وتغيرات في إستخدام وتعديل في الترسيب . ـ تدمير سريع للأنظمة الإيكولوجية ونقص في تباين الأنواع . ـ تهجير للسكان .
الطاقة النووية	ـ تلوث سطح الأرض والمياه الجوفية بالملوثات المشعة بسبب التعدين . ـ إمكانية تلوث الأرض والمياه بالمواد المشعة خاصة عند وقوع الحوادث النووية . ـ تهجير السكان وتخريب النظم الإيكولوجية عند وقوع الحوادث . ـ تغيرات في إستخدام الأرض وتدمير لبعض النظم البيئية .

● جدول (٣) : أهم التأثيرات البيئية لمصادر الطاقة المختلفة .

لمصادر الطاقة من باطن الأرض وانقراض بعض الأجناس الأحيائية .

وتنتج غالبية التأثيرات البيئية من إنطلاق عدد كبير من المواد الكيميائية أو المشعة أو غيرها إلى البيئة ، تنتقل عبر مسالك لتصل إلى سطح التربة فتؤثر على الإنسان والحيوان ، ويتناسب مقدار ما يصل للإنسان أو للحيوان مع طبيعة هذه المسالك ومع قيمة الإنطلاقات .

وعموما تتضافر عدد من الصعوبات في إعاقة تقويم ومقارنة الآثار البيئية من مختلف مصادر الطاقة حيث لا يوجد مقياس موحد للمقارنات ، ويصعب في حالات كثيرة تحديد الإرتباط بين ونوع التلف الحادث . وعلى سبيل المثال يمكن أن تكون التأثيرات التى تصيب أو تهلك أنواعا من الحيوانات أو النباتات تأثيرات مستديمة حتى لو كان الإضطراب البيئي الحادث إضطرابا مؤقتا . لهذا السبب ولأسباب أخرى كثيرة فإنه يصعب إجراء تقويم كمي للتأثيرات البيئية لمصادر الطاقة المختلفة ، وسوف يُكتفى فى هذا الصدد بذكر أهم تلك التأثيرات لمصادر الطاقة المختلفة والتي يوجزها جدول (٣) .

هناك ثلاث فئات رئيسة للملوثات ، الأولى تتكون من غازات وجسيمات دقيقة تبقى عالقة بالهواء مدة طويلة ، مثل غاز ثاني أكسيد الكربون ، وتأثير مثل هذه الغازات يكون عالميا . وتشمل الفئة الثانية جزيئات أو جسيمات ذات فترة بقاء أقصر مثل ثاني أكسيد الكبريت الذي يؤدي إلى الترسبات الحمضية ويكون تأثيره إقليميا أو قاريا . أما الفئة الثالثة فتتكون من الهيدروكربونات الثقيلة وتترسب عادة خلال ساعات محدودة ويكون تأثيرها محليا وفى حدود عدة مئات من الكيلو مترات .

مخاطر مصادر الطاقة

تتميز جميع مصادر الطاقة بمخاطر صحية وبيئية متفاوتة ، وفيما يلي مقارنة موجزة بين أهم مصادر الطاقة الخمس : -

● الفحم

يمثل الفحم من حيث المخاطر الصحية والبيئية أخطر مصادر الطاقة على الإطلاق حيث تتخلف عنه كميات هائلة من النفايات الصلبة والسائلة الضارة بالإنسان والبيئة ، وتنطلق عند إحتراقه كميات ضخمة من الغازات الملوثة والحابسة للحرارة فضلا عن إنطلاق كميات من النويات المشعة الطبيعية تسهم في التلوث الإشعاعي للبيئة . كذلك تسهم الحوادث العنيفة الناتجة عن إستخراج واستخدام الفحم بأكبر نصيب فى معدل الوفيات لوحدة الطاقة بعد مصادر الطاقة المائية . ويبين جدول (٤) الوفيات بسبب الحوادث العنيفة من المصادر الخمس للطاقة خلال الفترة من عام ١٩٦٩ وحتى عام ١٩٨٦ .

● النفط

تنخفض المخلفات الصلبة والسائلة بالنسبة للنفط إنخفاضا هائلا يبلغ عدة آلاف من المرات مقارنة بالفحم . كذلك تنخفض كمية الغازات الحابسة للحرارة والمسببة للأمطار الحمضية والمنطلقة عن إحتراق النفط إنخفاضا كبيرا حيث ينخفض ثاني أكسيد الكربون المنطلق عن النفط لتوليد نفس الطاقة . وفضلا عن ذلك يتفوق النفط على نظيره الفحم لتوليد نفس الطاقة وكذلك المخاطر الصحية المهنية وعلى عموم الجمهور حيث تنخفض مخاطر النفط إنخفاضا ملحوظا ولا يتعدى إسهام الحوادث العنيفة الناجمة عن إستخدام النفط ثلث إسهام الفحم لتوليد نفس كمية الطاقة .

● الغاز الطبيعي

يتفوق الغاز الطبيعي على النفط من حيث قلة مخاطره الصحية والبيئية بسبب قلة المخلفات الصلبة والسائلة ومعدل إطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين . وعلى الرغم من أن معدل

المصدر	عدد الحوادث	عدد الوفيات من - إلى	إجمالي الوفيات الفورية	نسبة الوفيات إلى الطاقة المتولدة وفاة / جيجا واط سنة
فحم كوارث مناجم فقط	٦٢	١٠ _ ٤٣٤	٣٦٠٠	٠,٣٤
نفط				
غرق سفن	٦	٦ _ ١٢٣	—	—
حريق مصفاه	١٥	٥ _ ١٤٥	٤٥٠	٠,٠٢
حوادث نقل	٤٢	٥ _ ٥٠٠	١٦٢٠	٠,٠٨
غاز طبيعي حريق / انفجار	٢٤	٦ _ ٤٥٢	١٤٤٠	٠,١٧
طاقة مائية	٨	١١ _ ٢٥٠٠	٣٨٣٩	١,٤١
طاقة نووية	١ (تشرنوبل)	٣١	٣١	٠,٠٣

● جدول (٤) الوفيات الفورية العالمية بسبب الحوادث العنيفة لمصادر الطاقة (١٩٦٩ حتى ١٩٨٦م) .