

## إطار مقترح لتحليل تكاليف استخدام مصادر الطاقة المتجددة بغرض تحسين بيئة صناعة الأسمنت المصرية وتحقيق التنمية المستدامة

أحمد نبيل سيد محمد السيد<sup>(١)</sup> - محمد عبد العزيز<sup>(٢)</sup> - وائل فوزي<sup>(٣)</sup>  
طارق محمد عبد الحميد عواد<sup>(٣)</sup>

(١) طالب دراسات عليا، كلية الدراسات والبحوث البيئية، جامعة عين شمس (٢) كلية التجارة،  
جامعة عين شمس (٣) كلية البنات، جامعة عين شمس

### المستخلص

تحتل الطاقة المتجددة أولوية ضمن السياسة الاقتصادية لكل الدول، بسبب اعتماد الدول على الطاقة الأحفورية مما أدى إلى نضوبها وخلق مشاكل بيئية، ولذلك كان لا بد من البحث عن طاقة بديلة ونظيفة وصديقة للبيئة لاستخدامها في المشاريع الاقتصادية ومنها مشاريع البناء وذلك لتحقيق مبدأ التنمية المستدامة. تقدم هذه الدراسة الأهمية الاقتصادية لاستخدام مصادر الطاقة المتجددة (طاقة الكتلة الحيوية - الطاقة الشمسية) في توفير الطاقة التقليدية (الفحم-المازوت-الغاز الطبيعي) اللازمة لإنتاج الأسمنت في مصر، ويرجع ذلك إلى أن صناعة الأسمنت تعتبر من الصناعات كثيفة الاستخدام للطاقة، فاستخدام الطاقة المتجددة يؤدي إلى توفير تكلفة شراء ودعم الوقود الأحفوري (الطاقة التقليدية المستخدمة في صناعة الأسمنت) التي تصل إلى ملايين الدولارات، ومقدار الوفرة في تكاليف الطاقة الكلية عند استخدام الطاقة المتجددة. وقد ناقشت هذه الدراسة تكاليف الطاقة اللازمة لإنتاج الأسمنت من عام (٢٠١٢-٢٠١٦) باستخدام الوقود التقليدي والمقارنة باستخدام مصادر الطاقة المتجددة، وقد أظهرت النتائج أهمية استخدام الطاقة المتجددة لكفاءتها في صناعة الأسمنت وانخفاض التكاليف اللازمة لتوفير الطاقة لهذه الصناعة وتحقيق منافع اقتصادية وبيئية، ولذا فقد اعتمد الباحثون على المنهج الاستقرائي والاستنباطي ليتماشى مع الطبيعة العلمية للبحث.

### وقد توصلت الدراسة الى النتائج الآتية:

- (١) يوجد إثر اقتصادي وبيئي ذات دلالة احصائية عند استخدام بدائل الطاقة في صناعة الاسمنت المصرية تتعكس على التكاليف، فنجد ان الاثر الاقتصادي تمثل في تقليل تكلفة انتاج الاسمنت بسبب استخدام مصادر الطاقة المتجددة حيث بلغت قيمة (ت) ٤٤,٧٥ عند مستوى معنوية اقل من ٠,٠٥، وتمثل الاثر البيئي في استخدام الكتلة الحيوية حيث منع ذلك تكديس المخلفات مما قد تسبب اضرار بيئية ضخمة.
  - (٢) توجد فروق ذات دلالة احصائية في تكلفة الطاقة المتوفرة من استخدام الكتلة الحيوية وتكلفة الطاقة التقليدية في انتاج طن الاسمنت خلال الفترة من (٢٠١٢-٢٠١٦) لمزيج الطاقة المصري وتمثل ذلك في انخفاض تكلفة انتاج الاسمنت بسبب استخدام الكتلة الحيوية حيث بلغ قيمة (ت) ٥,٤٦٥ عند مستوى معنوية اقل من ٠,٠٥.
  - (٣) توجد فروق ذات دلالة احصائية بين تكلفة الطاقة المستخدمة من الكتلة الحيوية وتكلفة الطاقة التقليدية في انتاج الاسمنت خلال الفترة من (٢٠١٢-٢٠١٦) لمزيج الطاقة الأوربي حيث بلغ قيمة (ت) ٦,٤٣٦ عند مستوى معنوية اقل من ٠,٠٥.
  - (٤) توجد فروق ذات دلالة احصائية بين تكلفة انتاج الاسمنت عند استخدام الطاقة الشمسية وتكلفة انتاج الاسمنت عند استخدام الكهرباء التقليدية خلال الفترة من (٢٠١٢-٢٠١٦) حيث بلغ قيمة (ت) ٣,٧٠٧ عند مستوى معنوية اقل من ٠,٠٥.
- كلمات مفتاحية:** (صناعة الأسمنت-طاقة الكتلة الحيوية -الطاقة الشمسية - التنمية المستدامة)

### التوصيات

- ١- يوصى الباحثون بإدخال برامج التعليم عن بعد في مجال تكنولوجيات الطاقة المتجددة لتمكين كافة المهتمين بالمجال باكتساب الخبرة والمعرفة اثناء عملهم.
- ٢- الاهتمام بالتعليم الفني وتحديث مناهج التعليم وتضمينها مواضيع الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة وقضايا تغير المناخ.
- ٣- تشجيع القطاع الخاص على الاستثمار في مجالات الطاقة المتجددة من خلا وضع حزمة من التشريعات والحوافز كإعفاء بعض المعدات المستوردة التي ليس لها مثيل محلي من الجمارك وضريبة المبيعات وتوفير مدخلات الإنتاج والخبرات اللازمة لصناعة تكنولوجيات الطاقات المتجددة.

- ٤- فرض الضرائب البيئية على الصناعات والشركات بما يساهم في الحد من استخدام الوقود المستخرج من باطن الأرض ويؤدي ذلك الى تغيير استثماراتها الى قطاع الطاقة المتجددة.  
٥- تحديد المصانع التي سوف تستخدم الوقود البديل وتطوير خطوط انتاجها لتعمل بالوقود البديل.

### مقدمة الدراسة

تعد صناعة الاسمنت في مصر من أقدم الصناعات حيث يرجع تاريخ انشاء اول مصنع اسمنت في مصر الى العشرينات من القرن الماضي، وتمثل صناعة مواد البناء والتشييد حصة كبيرة من الاقتصاد القومي تصل بنحو (٦%-٨,٨%) من الإجمالي، وتعتبر من الصناعات ذات كثافة عمالية عالية، وهي احدى المحركات الرئيسية لصناعة التشييد ومواد البناء وتساهم صناعة الاسمنت وحدها بحوالي (١%) من الناتج المحلي وحوالي (١٠%) من الانتاج القومي الإجمالي للصناعة المصرية، تعد عدد الشركات العاملة في مصر (١٨ شركة) والقدرة الانتاجية المملوكة للدولة نحو (١٨,٥) مليون طن مع (١٠) خط انتاج، والقدرة الانتاجية المملوكة للقطاع الخاص نحو (٦٤) مليون طن مع (٣٧) خط انتاج، ونسبة الاستثمارات الاجنبية نحو (٥٧%) من مجموع الطاقة الانتاجية (Askar, Yasser, et al,2010).

تعتبر صناعة الاسمنت من الصناعات كثيفة الاستخدام للطاقة والموارد، ويرتبط تصنيع الأسمنت بالعديد من القضايا البيئية مثل (الاحتباس الحراري، وتلوث الهواء، ونضوب الموارد)، إلى جانب ذلك تم تحديد أن حوالي (٤٠%) من انبعاثات الغازات الدفيئة العالمية تأتي من استهلاك الطاقة من قبل قطاع البناء، ويشار الى أن قطاع صناعة الأسمنت وحده يستهلك ما يقرب من (١٢-١٥%) من إجمالي استخدام الطاقة الصناعية وهو مسؤول عن حوالي ٧% من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون البشرية في العالم، حيث يتم انبعاث حوالي نصف ثاني أكسيد الكربون أثناء إزالة الكربون من الحجر الجيري (عملية التكليس) ويأتي

النصف الآخر من استخدامات الطاقة مثل (الوقود الأحفوري والكهرباء) (Morsali، 2016).  
(S).

مع مشكلات التدهور البيئي والمخاطر البيئية العالمية واستنزاف موارد النفط بشكل كبير والتي أصبحت تهدد النمو والاستقرار الاقتصادي الدولي، ومع تزايد معدلات استهلاك النفط وارتفاع اسعار الطاقة الملحوظ الناتج عن ارتفاع معدل الاستهلاك العالمي، كل ذلك جعل العالم من دول ومنظمات دولية حكومية وغير حكومية وشركات دولية حريصة على إيجاد خيارات بديلة مستقبلية في مجال الطاقات المتجددة تقادياً لتداعيات الاخطار البيئية وتحقيقاً للنمو الاقتصادي المستدام وتقليل نسبة الاستهلاك العالمي للنفط، وبالرغم من سيطرة النفط ومشتقاته في الوقت الراهن الا ان هناك اهتماماً وتنافساً دولياً واضحاً لإيجاد بديل يدفع بالدول نحو استثمارات الطاقات المتجددة وتطوير برامج الطاقة البديلة وتكنولوجياها بغية التحول الى الاقتصاد الأخضر (Ozturk, Ilhan, and Ali Acaravci، 2011).

تعتبر التنمية المستدامة هي الهدف الأسمى والأساسي للعالم اجمع دولاً ومؤسسات إقليمية ودولية، ولا ينكر أحد ان الطاقة هي المحرك الأساسي لكل نمو وتنمية فتعتبر العنصر الأساسي لكافة قطاعات الاقتصاد ورفيقة حياة الانسان، والطاقات المستخدمة في العالم اجمع هي طاقة تقليدية غير مستدامة وايضاً ملوثة للبيئة وتسبب انبعاثات ضارة، وتقوم التنمية المستدامة في المقام الأول على حماية البيئة وضمان الاستخدام الأمثل للموارد والتوزيع العادل للموارد بين الجيل الحالي والاجيال القادمة (Dincer, Ibrahim، 2000).

وتعرض هذه الدراسة الأهمية الاقتصادية من استخدام مصادر الطاقة المتجددة كوقود لتوليد الطاقة الحرارية اللازمة لتجهيز الأسمنت لتوفير الاحتياجات منه بتكاليف منخفضة ومناسبة لتدعيم صناعة التشييد والبناء وذلك لدخول جمهورية مصر العربية في مرحلة المشروعات العملاقة اللازمة لزيادة التنمية واتساع الحيز العمراني والإنشاءات، وتقليل الآثار

البيئية التي تنتج من استخدام الوقود التقليدي، فللطاقات المتجددة أهمية بالغة في حماية البيئة باعتبارها طاقة غير ناضبة وتوفر عامل الأمان البيئي، ومطلب ضروري للتطوير الاقتصادي والاجتماعي المستدام وبالتالي تحقيق التنمية المستدامة.

### مشكلة الدراسة

تظهر مشكلة الدراسة في ارتفاع تكاليف إنتاج الأسمنت على المستوى المحلي كنتيجة لارتفاع أسعار الوقود الأحفوري، ومع تطور صناعة الأسمنت حتي اصبحت أولى الصناعات التي حظيت باهتمام المسؤولين في جمهورية مصر العربية، حيث حققت نمواً وازدهاراً ونجاحاً حتى أصبحت تُسد معظم حاجة البلاد، وصناعة البناء لها تأثير كبير على البيئة، حيث تستهلك ما يقرب من (٤٠%) من الموارد الطبيعية في جميع أنحاء العالم مما أدى لاحقاً إلى تلوث بيئي وأضرار بيولوجية من أنشطة استخراج هذه الموارد (Gursel, Aysegul, 2014). (Petek).

مع مشكلات التدهور البيئي والمخاطر البيئية العالمية واستنزاف موارد النفط بشكل كبير والتي أصبحت تهدد النمو والاستقرار الاقتصادي الدولي، ومع تزايد معدلات استهلاك النفط وارتفاع اسعار الطاقة الملحوظ الناتج عن ارتفاع معدل الاستهلاك العالمي، كل ذلك جعل العالم من دول ومنظمات دولية حكومية وغير حكومية وشركات دولية حريصة على إيجاد خيارات بديلة مستقبلية في مجال الطاقات المتجددة تفادياً لتداعيات الاخطار البيئية وتحقيقاً للنمو الاقتصادي المستدام وتقليل نسبة الاستهلاك العالمي للنفط، وبالرغم من سيطرة النفط ومشتقاته في الوقت الراهن الا ان هناك اهتماماً وتنافساً دولياً واضحاً لإيجاد بديل يدفع بالدول نحو استثمارات الطاقات المتجددة وتطوير برامج الطاقة البديلة وتكنولوجياها بغية التحول الى الاقتصاد الأخضر. (سهام عقل عبد الله على، ٢٠١٧)

لذلك كان لابد من البحث عن مصادر جديدة للطاقة لتغطية الاحتياجات المتزايدة في تطبيقات الحياة المطورة التي يعيشها الانسان، ولكن بعض مصادر الطاقة معروفة بنضوبها وتكلفة استغلالها المرتفعة وتأثير استخدامها السلبي علي البيئة، وادى ذلك الى تنبه الانسان الى إمكانية الاستفادة من حرارة الشمس والتي تتصف بانها طاقة متجددة ودائمة لا تتضب شأنها في ذلك شان الطاقة التي يمكن الحصول عليها من الرياح ومن الظواهر الطبيعية التي يمكن انتاج الطاقة منها، وادراك العالم للخطر الكبير الذى يسببه استخدام الوقود الأحفوري في تلوث البيئة وتدميرها جعل الطاقة المتجددة الخيار الأفضل على الطلاق ولهذا أصبحت الطاقات المتجددة دخلاً قومياً لكثير من البلدان، وتتميز الطاقة المتجددة بتوفرها في جميع انحاء العالم ومن الممكن ان تؤمن اضعاف معدل الاستهلاك الحالي للطاقة في العالم اذا ما تم استغلالها بشكل صحيح (محمود حنفي محمود، ٢٠١٩).

وتبرز الدراسة ايضاً الدور الذي تؤدي اليه الخطط والسياسات الوطنية في تحقيق اهدافها التنموية للطاقة المتجددة، وزيادة كفاءة الطاقة وترشيد استهلاكها حتى تتكامل مع الاستراتيجيات والخطط التنموية لتحقيق النمو الاقتصادي المستدام وتسعى العديد من الدول في الوقت الحالي الى زيادة الاهتمام بتطوير مصادر الطاقة المتجددة لما لها من اثار هامة في حماية البيئة، ولذلك فان التحول الى استخدام مصادر الطاقة المتجددة أصبح من الاهداف الرئيسية للعديد من الدول فقد أصبح تحول حتمي وليس خياراً (احمد عبد العليم العجمي، ٢٠١٧).

## أسئلة الدراسة

- يمكن عرض مشكلة الدراسة من خلال الإجابة على السؤال الرئيسي التالي والذي يمثل جوهر المشكلة وهو: " ما الآثار الاقتصادية لاستخدام مصادر الطاقة المتجددة في صناعة الأسمنت وتحقيق التنمية المستدامة؟"
- ويُستمد من هذا السؤال عدة أسئلة، منها:
- الى أي مدى يمكن استخدام مصادر الطاقة المتجددة في صناعة الأسمنت؟
  - الى أي مدى يمكن تحقيق التنمية المستدامة عند استخدام مصادر الطاقة المتجددة في صناعة الاسمنت المصري؟
  - الى أي مدى يمكن تخفيض تكاليف صناعة الاسمنت باستخدام مصادر الطاقة المتجددة؟

## أهداف الدراسة

- من خلال ما تم عرضه من مشكله الدراسة يمكن تحديد الهدف الرئيسي من الدراسة، وهو: " تحديد الآثار الاقتصادية لاستخدام مصادر الطاقة المتجددة في صناعة الأسمنت وتحقيق التنمية المستدامة."
- ويتحقق هذا الهدف من خلال مجموعه من الأهداف الفرعية التالية:
- تحديد مصادر الطاقة المتجددة التي يمكن استخدامها في صناعة الأسمنت.
  - تحقيق التنمية المستدامة عند استخدام مصادر الطاقة المتجددة في صناعة الاسمنت المصري.
  - تخفيض تكلفة صناعة الاسمنت باستخدام مصادر الطاقة المتجددة.

## أهمية الدراسة

تكمن أهمية هذه الدراسة في تقديم التوصيات لمصانع الأسمنت في أنها تتناول الآثار الاقتصادية لاستخدام مصادر الطاقة المتجددة في صناعة الأسمنت وتحقيق التنمية المستدامة، وتأثير استخدام مصادر الطاقة المتجددة على تكلفة صناعة الأسمنت، بالإضافة إلى العائد الاقتصادي والبيئي من استخدامها من خلال الأهمية العملية والعلمية.

**الأهمية العملية:** تكمن أهمية هذه الدراسة في تزايد الطلب على الطاقة في الوقت الذي ينخفض فيه العرض من مصادر الطاقة التقليدية بسبب محدودية الاحتياطيات المتوفرة من هذه المصادر، لذلك كان لابد من البحث عن مصادر طاقة متجددة وتكون بتكلفة اقل من الطاقة التقليدية ويعتبر هذا النوع من الطاقة طاقة نظيفة وغير ملوثة للبيئة مما يكسبها أهمية كبيرة في تحقيق التنمية المستدامة ونرجو ان تساهم هذه الدراسة في رصيد المعرفة الموجود وتحقق الغرض منها.

**الأهمية العلمية:** تساعد هذه الدراسة في تقديم التوصيات لمصانع الأسمنت وذلك لمعرفة الطريقة التي تساعد في خفض تكاليف صناعة الأسمنت من خلال استخدام الطاقة المتجددة بدلاً من استخدام الوقود الأحفوري غير المتجدد، مما يحقق منفعة اقتصادية وبيئية وتحقيق التنمية المستدامة.

## فروض الدراسة

تم صياغة الفروض التالية كأسباب محتملة للمشكلة محل الدراسة كالتالي:

- **الفرض الأول:** يوجد إثر اقتصادي وبيئي ذات دلالة احصائية لبدائل الطاقة في صناعة الاسمنت المصرية تتعكس على التكاليف.



- **الفرض الثاني:** توجد علاقة ذات دلالة احصائية بين تكلفة انتاج طن الاسمنت عند استخدام الكتلة الحيوية وتكلفة انتاج طن الاسمنت عند استخدام الطاقة التقليدية خلال الفترة من (٢٠١٢-٢٠١٦) لمزيج الطاقة المصري.
- **الفرض الثالث:** توجد علاقة ذات دلالة احصائية بين تكلفة الطاقة المستخدمة من الكتلة الحيوية وتكلفة الطاقة التقليدية في انتاج طن الاسمنت خلال الفترة من (٢٠١٢-٢٠١٦) لمزيج الطاقة الأوربي.
- **الفرض الرابع:** توجد علاقة ذات دلالة احصائية بين تكلفة انتاج الاسمنت عند استخدام الطاقة الشمسية وتكلفة انتاج الاسمنت عند استخدام الكهرباء التقليدية خلال الفترة من (٢٠١٢-٢٠١٦).

### الدراسات السابقة

(١) وضحت دراسة (Murray A, Price L, 2008) استخدام طاقة الكتلة الحيوية لإنتاج الأسمت في البلدان الأوروبية مثل هولندا وألمانيا حيث تم استبدال الوقود الأحفوري بنسبة تصل إلى ٧٠٪ بوقود بديل آخر، وتختلف أنواع الكتلة الحيوية المتاحة باختلاف المواسم، مما يجعل الإمداد طوال السنة مستحياً فعلى سبيل المثال يتم إنتاج الكتلة الحيوية مثل قشر القهوة وقشر القطن فقط خلال أشهر معينة من السنة ولذلك من أجل منع نقص إمدادات توليد الطاقة المتجددة من الكتلة الحيوية ينبغي أن يتم الجمع والتخزين خلال موسم الإنتاج، وثمة خيار آخر يتمثل في التناوب بين المصادر المختلفة للكتلة الحيوية المستخدمة لتوليد الطاقة، بحيث يكون هناك إمدادات مستمرة من الطاقة المتجددة، ولكن اختلاف القيم الحرارية للطاقة لمختلف مصادر الكتلة الحيوية قد يشكل تحدياً إذ يتعين تحديد الكمية المناسبة لكل نوع من أنواع الكتلة الحيوية.

(٢) قدمت دراسة (Dennis, K., and Others,2016) دور الطاقة المتجددة في تقليل الانبعاثات المرتبطة بتصنيع الأسمنت والتي تقدر بحوالي (٢,٢) جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون في السنة)، و يمكن تصور الإزالة الكاملة أو شبه الكاملة للانبعاثات بما في ذلك انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عنها عن طريق التحليل الكهربائي للكربونات المنصهرة لتدفقات ثاني أكسيد الكربون الكثيفة، أو التحليل الكهربائي المباشر للحجر الجيري المذاب و يمكن أن يؤدي استخدام المنتجات المشتركة الكربونية مثل الميثانول أو الأنابيب النانوية الكربونية إلى جعل صناعة الأسمنت الخالي من الانبعاثات أكثر ربحية من التصنيع التقليدي.

(٣) تعرضت دراسة (Maheshwari, Zeel, and Rama Ramakumar, 2017) إلى دور الطاقة المتجددة في تحقيق البعد الاجتماعي للتنمية من خلال توفير أنظمة الطاقات المتجددة في المجتمعات التي تستخدمها يوفر الحس بالملكية الجماعية المشتركة وقيمتها ويعزز من التنمية المستدامة، التقليل من نسبة الفقر من خلال توفير كافة الموارد لجميع سكان العالم، أنظمة الطاقات المتجددة توفر فرص عمل جديدة وتكون نظيفة ومنتطورة تكنولوجياً، وبالتالي تكون أفضل من أنظمة الطاقة التقليدية التي تحتاج إلى توافر رأسمال كبير، تحتاج مشاريع البنية التحتية كالمستشفيات والمرافق الصحية خاصة في المناطق الصحراوية إلى مصادر تمويلية ضخمة، لذلك إذا تم تصميمها بتقنيات البناء الخضراء حيث تستمد طاقاتها من مصادر الطاقة المتجددة كالطاقة الشمسية فمن شأن ذلك تخفيض تكاليف الربط بالطاقة وصيانة الاسلاك، ويساهم في تحفيز الاستثمار في هذا المجال.

(٤) تعرضت دراسة (نشأت أدوار ناشد، ٢٠١٧) إلى أهمية تعدد مصادر الطاقة المتجددة وإمكان استخدامها في كافة القطاعات الإنتاجية فالمقومات الاقتصادية للطاقة المتجددة اعتمد على توافر البيانات والمعلومات وفرص العمل المتاحة والمحافظة على البيئة وتيسير

إجراءات الاستثمار في الطاقة، فالتخطيط للتنمية من الطاقة المتجددة يحتاج الى الاهتمام بوسائل متعددة منها الانضمام الى المؤسسات الدولية المتخصصة زيادة فرص الاستثمار وتشجيع البحث العلمي في هذا المجال لخلق فرص عمل للشباب.

(٥) تطرقت دراسة (Abo-Elyousr, and Others,2018) إلى دور الطاقة المتجددة في تحقيق البعد البيئي للتنمية المستدامة من خلال مواجهة التهديدات البيئية والاقتصادية للتغير المناخي، كما أنه في عام ١٩٨٣ تشكلت الهيئة الدولية للبيئة والتنمية بمبادرة يابانية، والتي بُنيت مبادئها على ثمانية مبادئ كان من بينها المبدأ الذي نصّ على ضرورة المحافظة على الموارد الأولية وتعزيزها مثل موارد المياه العذبة والغابات والتربة وكذلك لتحسين استخدام تلك الموارد، ويمكن الإشارة الى مبادرات الأمم المتحدة والمنظمات الدولية التي دعت الي إحلال الطاقة المتجددة محل الطاقة التقليدية للحد من الكوارث التي تسببها تلك الطاقات الناضبة عند استخدامها من قبل البشر.

(٦) تعرضت دراسة، (على العيسى، ٢٠١٨) الى القاء الضوء على أهمية اللجوء الى الطاقات المتجددة باعتبارها بديلاً للطاقة التقليدية الناضبة، وسيتم دراسة ذلك من خلال التطرق الى أربعة محاور أساسية أولها مصادر الطاقة التقليدية وتأثيرها على البيئة وثانياً ماهي مصادر الطاقة المتجددة ومصادرها وتكنولوجياها وثالثاً تطور مؤشرات الطاقة المتجددة لعام ٢٠٣٠ كبديل استراتيجي للطاقة غير المتجددة ورابعاً كيفية التحول الطاقوي نحو استخدام مصادر الطاقة المتجددة.

(٧) عرضت دراسة (Oberschelp, Christopher, et al.,2019) الجدوى الاقتصادية لمشروعات الطاقة المتجددة، فعلى الرغم من أن تركيب أنظمة الطاقة المتجددة يتطلب استثمارات كبيرة مسبقاً، إلا أنها رخيصة الثمن في تشغيلها، فعلى سبيل المثال تتمتع الصين والهند باستهلاك مرتفع للطاقة الأولية ونمو في الطلب، وبالتالي اتبعت

استراتيجيات التحول من الوقود الأحفوري الى الطاقة المتجددة وادى ذلك الى إبطاء تغير المناخ وتجنب الخسائر الاقتصادية المحتملة، وهناك العديد من الأسباب التي تجعل استخدام الطاقة المتجددة بدلاً من الوقود الأحفوري مفيداً، ونتيجة لذلك أعلنت العديد من البلدان اتباعها هذه السياسات على نطاق واسع وبأن لديها القدرة على تغيير أنماط الطلب الخاصة بها.

٨) تعرضت دراسة، (Strielkowski, Wadim, *et al* , 2021) إلى دور الطاقة المتجددة في تحقيق البعد الاقتصادي للتنمية المستدامة من خلال المساهمة في التنمية البشرية وتغيير أنماط الاستهلاك والإنتاج الغير مستدام والقضاء على الفقر، تحسين الصحة العامة ورفع مستوى التعليم، وتمكين المرأة وخلق فرص اقتصادية، تشجيع السياسات الاقتصادية وسياسات التنمية القطاعية في خلق مبادرات اقتصادية جديدة تتماشى مع التنمية المستدامة عن طريق الحوافز التي تعزز أنماطاً أكثر استدامة من الاستهلاك والإنتاج على الصعيد الوطني، كما يمكن أن تساهم في تشجيع القطاعات الجديدة غير الملوثة، خاصة خدمات وإنتاج المنتجات الملائمة للبيئة، والبحث عن البدائل الطاقوية غير التقليدية في تحويل توجه الأنشطة الاقتصادية باتجاه استحداث الوظائف في القطاعات المستدامة بيئياً .

**الفجوة البحثية:** ومن الملاحظ أن معظم الدراسات السابقة لم تتطرق للتأثير الاقتصادي لصناعة الأسمنت باستخدام مصادر الطاقة المتجددة أو إلى كيفية استخدام مصادر الطاقة المتجددة المتمثلة في (طاقة الكتلة الحيوية والطاقة الشمسية) في صناعة الأسمنت وعائده الاقتصادي من خلال تقليل نسب الدعم على الوقود التقليدي الذي يستهلك ملايين الدولارات لشرائه، بالإضافة إلى كيفية تحقيق التنمية المستدامة من استخدام مصادر الطاقة المتجددة.

## حدود الدراسة

**أولاً: الحدود الزمنية:** ما يخص الإطار الزمني فقد تم تحديد سنة (٢٠٠٤ - ٢٠١٧) كأساس لهذه الدراسة لمعرفة واقع الممارسات العملية والممارسات المستقبلية لموضوع الدراسة ويرجع سبب اختيار هذه الفترة نظراً لتوفر مصادر البيانات والمعلومات الإحصائية عن تلك الفترة، والتي شملت التقلبات في أسعار الوقود المستخدم والذي أدى إلى التأثير على سعر طن الأسمنت.

**ثانياً: الحدود المكانية:** إمكانية تطبيق هذه الدراسة في قطاع صناعة الأسمنت بجمهورية مصر العربية.

## الإطار النظري

تناولت الدراسة مجموعة من المفاهيم بالتوضيح أهمها (الاسمنت، الطاقة، الطاقة الحرارية، الوقود الأحفوري، الطاقة المتجددة، طاقة الكتلة الحيوية، الطاقة الشمسية، التنمية المستدامة)

**(١) الأسمنت:** عبارة عن مسحوق جاف ناعم، لديه القدرة على التصلب عند إضافة الماء، مما يمنحه خصائص تماسكيه وتلاصقيه، تمنحه القدرة على ربط مكونات الخرسانة مع بعضها البعض، وهو مادة ناتجة عن طحن وتنعيم ناتج حرق المادة الجيرية المحتوية أساساً على كربونات الكالسيوم والمادة الطينية المحتوية على أكاسيد السيليكون والألومنيوم وخالبة بصفة خاصة من الأكاسيد الملونة مثل أكسيد الحديد، ويتم خلط هذه المواد خلطاً جيداً بنسب معينة حسب خواص المواد قبل عملية الحرق، وتضاف لنواتج المواد المحروقة (الكلنكر) مادة الجبس (كبريتات الكالسيوم المائية أو مشتقاتها)، يعتبر الأسمنت المكون الرئيسي للخرسانة، وهو أيضاً أكثر المواد التي صنعها الإنسان على نطاق واسع للمباني

والبنية التحتية في العالم، ويرتبط إنتاجها واستهلاكها على أساس اقتصاد كل دولة (نامية او متقدمة)، وصناعة الأسمنت أيضاً تخلق فرص عمل وتوفر فوائد اقتصادية للقطاعات ذات الصلة (Devi KS, Lakshmi VV, Alakanandana A,2017).

يجب عدم الخلط بين الخرسانة والأسمنت، فالأسمنت يشير إلى المسحوق الجاف المستخدم في ربط المواد الكلية للخرسانة، وللاسمنت المستخدم في البناء نوعان هما الأسمنت المائي والأسمنت غير المائي، وتعتبر صناعة الأسمنت من الصناعات الاستراتيجية وهي مع ذلك صناعة بسيطة مقارنة بالصناعات الكبرى، وتعتمد على توفير المواد الخام اللازمة لذلك.

**٢) الطاقة:** تعرف الطاقة بأنها القدرة التي تملكها المادة لإعطاء قوى قادرة على انجاز عمل معين، كما انها المقدرة التي يمتلكها نظام ما لإنتاج الفاعلية او النشاط الخارجي، وهي كيان مجرد لا يعرف الا من خلال تحولاته، وتعرف ايضاً بأنها كمية فيزيائية يتم التعبير عنها بوحدة الجول في النظام العالمي للوحدات ( Dincer, Ibrahim, and Marc A. ) (Rosen,1999).

**٣) الطاقة الحرارية:** تعتبر من الصور الأساسية للطاقة التي يمكن أن تتحول كل صور الطاقة إليها، فهي طاقة تنشأ من حركة الذرات ويمكن اعتبارها الطاقة المتعلقة بالحرارة فعند تشغيل الآلات المختلفة باستخدام الوقود، تكون الخطوة الأولى هي حرق الوقود والحصول على طاقة حرارية تتحول بعد ذلك إلى طاقة ميكانيكية أو إلى نوع من أنواع الطاقة.

ويوجد أنواع أخرى للطاقة مثل (الطاقة الشمسية، الطاقة النووية، الطاقة الكيميائية، الطاقة الضوئية ومن أمثلتها الاشعة السينية وأشعة جاما)

**٤) الوقود الأحفوري:** يحتوي الوقود الأحفوري على نسبة عالية من الكربون ويشمل الفحم والغاز والنفط، وهو مركبات عضوية تنتج من عمليات البناء الضوئي، حيث أن المواد

العضوية من نبات أو حيوان والتي لم تتحلل بشكل كامل في باطن الأرض لملايين السنين وبفعل عوامل الضغط والحرارة، نتج هذا الوقود والذي يحتوي على طاقة كيميائية نشأت أصلاً من الطاقة الشمسية التي قامت عليها النباتات بواسطة عملية التمثيل الضوئي منذ ملايين السنين.

(٥) **الطاقة المتجددة:** هي الطاقة التي لا تنضب ولأنتفد، ويكون مصدرها أحد الموارد الطبيعية، كالرياح والمياه والشمس، وأهم ما يميزها انها تكون صديقة للبيئة، ولأنخلف غازات ضارة كثاني أكسيد الكربون ولا تؤثر على مستوى درجة الحرارة وتعتبر مصادر الطاقة المتجددة متناقضة تماماً عن الطاقة الغير متجددة لأنها لا تؤدي الى الاحتباس الحراري ولا ينبعث من استخدامها الغازات الدفيئة.

(٦) **طاقة الكتلة الحيوية:** تستمد الطاقة الحيوية مما يسمى بالكتلة الحيوية، وهي عبارة عن مادة عضوية تعمل على تخزين الأشعة الشمسية، ثم تحولها الى طاقة كيميائية، وقد تكون هذه المصادر عبارة عن خشب او سمد او قصب السكر، وتعتبر مصادر الطاقة الحيوية مشابهة للوقود الأحفوري.

(٧) **الطاقة الشمسية:** تعتبر الأشعة الصادرة من الشمس وما تحملها معها من حرارة وضوء مصدراً للطاقة الشمسية، وتم استخدام الطاقة الشمسية في توليد الطاقة الكهربائية من خلال المحركات الحرارية والواح الخلايا الضوئية

(٨) **التنمية المستدامة:** يمكن تعريف التنمية المستدامة على انها الحفاظ على كمية الموارد التي يستخدمها المجتمع لاحتياجات اليوم على مستوى لا يجرم الأجيال القادمة من احتياجاتهم من هذه الموارد، ومن هذا التعريف يتضح ان للتنمية المستدامة ثلاثة أبعاد (بعد اقتصادي وبعد اجتماعي وبعد بيئي) لهذا السبب أصبح من الضروري توفير الحاجة المتزايدة للطاقة من أجل تحقيق التنمية المستدامة، وتحسين مستويات معيشة الأفراد،

وتحقيق الإنتاج الضروري للمجتمع، مع الأخذ في الاعتبار تقليل نسبة تلوث الموارد المستخدمة في هذه العمليات(Ozturk, Ilhan, and Ali Acaravci,2011).

### منهجية الدراسة

أولاً: أسلوب الدراسة: تستمد هذه الدراسة أهميتها من الموضوع ومدى ضرورته في ظل ارتفاع تكاليف صناعة الأسمنت نتيجة ارتفاع أسعار الطاقة التقليدية المستخدمة في تلك الصناعة، وبالتالي عدم القدرة على تلبية احتياجات السوق منه والذي أدى إلى استيراده من الخارج بتكلفه أقل، وقد اعتمد الباحث علي المنهج الاستقرائي والمنهج الاستنباطي والأسلوب التحليلي (الكمي) وذلك من خلال:

المنهج الاستقرائي: والذي يعتمد على الدراسات المكتبية في استقراء بعض الكتب والدوريات العربية والأجنبية، بالإضافة إلى الأبحاث والمقالات الموثقة والمنشورة والتي يمكن من خلالها الوصول الي بدائل الطاقة المثلّي، وذلك لتحقيق عائداً اقتصادياً بأقل تكلفة لإنتاج الطاقة اللازمة لإنتاج الأسمنت مما ينعكس بدوره في تقليل الأثار البيئية الناتجة عن هذه الصناعة وبالتالي تحقيق ابعاد التنمية المستدامة.

المنهج الاستنباطي والأسلوب التحليلي (الكمي): تستخدم الدراسة المنهج الاستنباطي من خلال ربط النظريات الاقتصادية بالواقع واثبات مدي انطباقها بالواقع، وسوف يقوم الباحث ببناء إطار متكامل لأبعاد مشكلة الدراسة وأهدافها في إطار علمي من خلال تحليل البيانات وإجراء العمليات الحسابية والإحصائية لتحديد الآتي:

- تحديد كمية الإنتاج السنوي لصناعة الأسمنت والطاقة اللازمة للإنتاج.
- احتياج طن الأسمنت من الطاقة الحرارية
- حساب الطاقة الحرارية المتولدة من الكتلة الحيوية من عام(٢٠١٢-٢٠١٦).



- تحديد كمية الطاقة الكهربائية المتولدة من الطاقة الشمسية من عام (٢٠١٢-٢٠١٦).
- القدرة الإنتاجية لطاقة الكتلة الحيوية والطاقة الشمسية كوقود بديل في صناعة الأسمت.

### إجراءات الدراسة

يستعرض الباحثون دورة حياة صناعة الاسمنت وخطوات عملية تصنيع الاسمنت وهم (التعدين، تكسير وتكديس واستخلاص المواد الخام، تجفيف وطحن ومجانسة الخليط الخام، تصنيع خام الاسمنت الكلنكر، طحن وتخزين الاسمنت، التعبئة)، وطرق تصنيع الاسمنت والفرق بين الطريقة الجافة والطريقة الرطبة، ومصادر الطاقة التقليدية المستخدمة في صناعة الأسمت والمتمثلة في الوقود الأحفوري (الغاز الطبيعي -البترو-الفحم) غير المتجددة وادى ارتفاع تكلفته الى ارتفاع أسعار الاسمنت بصورة ملحوظة ما بين عام (٢٠١٠-٢٠١٧) فقد ارتفعت أسعار الاسمنت من (٤٠٠-٨٥٠) جنيه وبعد إزالة الدعم عن هذا الوقود الأحفوري فسوف يؤدي ذلك الى ارتفاع أسعار الاسمنت لان نسبة استخدام الوقود في صناعة الاسمنت تمثل ٦٠% من جملة تكاليف الصناعة لان صناعة الاسمنت من الصناعات كثيفة الاستخدام للوقود لإنتاج الطاقة اللازمة لصناعة الاسمنت.

وتم التطرق وعرض نظرة عامة عن مفهوم الطاقة وانواعها وأنواع الطاقات المتجددة التي يمكن استخدامه في صناعة الاسمنت ثم تم التركيز على نوعين فقط وهم طاقة الكتلة الحيوية والطاقة الشمسية، ومساهمة الطاقات المتجددة في امدادات الطاقة ويوضح الجدول رقم (١) نمو القدرات الكهربائية من عام ٢٠٠٩ الى عام ٢٠٣٥ باستخدام مصادر الطاقة المتجددة.

الجدول (1): نمو القدرات الكهربائية من عام ٢٠٠٩/٢٠٣٥ باستخدام مصادر الطاقة المتجددة  
(الوحدة: جيجاوات)

نوع مصدر الطاقة	٢٠١٠/٢٠٠٩	٢٠٢٢/٢٠٢١	٢٠٣٠/٢٠٢٩	٢٠٣٥/٢٠٣٤
طاقة مائية	٢,٨	٢,٨	٢,٩	٢,٩
طاقة الرياح	٠,٥	١٣,٣	٢٠,٦	٢٠,٦
الطاقة الحيوية	٠	٣	٢٢,٩	٣١,٧٥
طاقة شمسية	٠	٠,١	٤,١	٨,١
الإجمالي	٣,٣	١٩,٢	٥٠,٥	٦٢,٦

المصدر: التقرير السنوي للشركة القابضة لكهرباء مصر ٢٠١٥/٢٠١٦، تطوير مشاريع الطاقة المتجددة، دليل لتحقيق النجاح في الشرق الاوسط

ويوضح الجدول (1) مساهمة الطاقة المائية عام ٢٠٠٩ / ٢٠١٠ بنحو ٢,٨ جيجا وات بينما المتوقع ان تزيد المساهمة عام ٢٠٣٤/٢٠٣٥ الى ٢,٩ بينما طاقة الرياح تساهم بنحو ٠,٥ عام ٢٠٠٩/٢٠١٠ بينما المتوقع ان تزيد بنحو ٢٠,٦ عام ٢٠٣٤/٢٠٣٥ وهكذا مع بقية مصادر الطاقة ومن الملاحظ زيادة نسبة مساهمة مصادر الطاقة المتجددة عام ٢٠٣٤/٢٠٣٥ بنحو ١٩ مرة عن عام ٢٠٠٩/٢٠١٠ وسوف يؤدي ذلك الى تقليل نسبة التلوث والانبعاثات وتقليل نسبة ثاني أكسيد الكربون.

وكيفية استخدام طاقة الكتلة الحيوية في صناعة الاسمنت حيث تستخدم الطاقة المستمدة من الوقود الأحفوري أساسا في عملية تسخين المواد الخام في إنتاج الأسمنت، وعند استبدالها بالطاقة الحيوية سيؤدي إلى انخفاض كبير في كمية الوقود الأحفوري المستخدم وثاني أكسيد الكربون المنبعث من صناعة الاسمنت والخرسانة بشكل عام، ولاستبدال نوع من الوقود مع آخر فمن الضروري النظر في قيمة السرعات الحرارية، وهذه الخاصية تعطي مؤشرا على كمية الطاقة التي يمكن أن تولدها كمية محددة من الوقود، ويمكن قياسها من خلال كمية الحرارة

المتولدة عندما يتم احتراق كمية معينة من الوقود، وايضاً التعرف على كيفية استخدام الطاقة الشمسية الحرارية في صناعة الاسمنت وايجابيات وسلبيات استخدام الطاقة الشمسية. وتم التطرق الى مفهوم التنمية المستدامة والفرق بين التنمية الاقتصادية والنمو الاقتصادي وخصائص التنمية المستدامة واهداف التنمية المستدامة وابعاد التنمية المستدامة (البعد البيئي والاقتصادي والاجتماعي)، ومؤشرات التنمية المستدامة التي يتم من خلالها تقييم مدى مضى الدول والمؤسسات وتساهم في تحقيق اهداف التنمية المستدامة بصورة فعالة، ويقوم صناعات السياسة العامة باستخدامها في عمليات صنع القرار، كما ان مؤشرات التنمية المستدامة هي التي تحدد مدى تحقيق الدول لأهداف التنمية المستدامة وتقوم بإظهار المشكلات قبل وقوعها.

اظهار دور الطاقة المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة من خلال دورها في تحقيق البعد الاقتصادي ومساهمتها في التنمية البشرية حيث تتجسد العلاقة بين الطاقات المتجددة والتنمية البشرية في الارتباط القوي بين متوسط استهلاك الفرد من الطاقة ومؤشر التنمية البشرية، ويوجد علاقة طردية بين توفير مصادر الطاقة وارتفاع مستوى خدمات التعليم والصحة وبالتالي ارتفاع مستوى المعيشة، وتلعب مصادر الطاقة المتجددة دوراً بارزاً في استحداث فرص عمل دائمة، ودور الطاقة المتجددة في تحقيق البعد الاجتماعي للتنمية المستدامة.

يركز البعد الاجتماعي للتنمية المستدامة على ان الانسان يشكل جوهر التنمية وهدفها النهائي من خلال الاهتمام بالعدالة الاجتماعية ومكافحة الفقر وتوفير الخدمات الاجتماعية الى جميع المحتاجين لها بالإضافة الى ضمان الديمقراطية من خلال مشاركة الشعوب في اتخاذ القرار بكل شفافية، وإظهار دور الطاقة المتجددة في تحقيق البعد البيئي للتنمية المستدامة حيث تلعب الطاقة المتجددة دوراً رئيسياً في إمدادات الطاقة العالمية وذلك لمواجهة

التحديات البيئية والاقتصادية للتغير المناخي، كما أنه في عام ١٩٨٣ تشكلت الهيئة الدولية للبيئة والتنمية بمبادرة يابانية، والتي بُنيت مبادئها على ثمانية مبادئ كان من بينها المبدأ الذي نصّ علي ضرورة المحافظة على الموارد الأولية وتعزيزها مثل موارد المياه العذبة والغابات والتربة وكذلك لتحسين استخدام تلك الموارد، ويمكن الإشارة الى مبادرات الأمم المتحدة والمنظمات الدولية التي دعت الي إحلال الطاقة المتجددة محل الطاقة التقليدية للحد من الكوارث التي تسببها تلك الطاقات الناضبة عند استخدامها من قبل البشر.

وتم اجراء بعد العمليات الحسابية والاحصائية لتحديد كمية الإنتاج السنوي لصناعة الأسمت والطاقة اللازمة للإنتاج، وحساب الطاقة الحرارية المتولدة من الكتلة الحيوية والطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية (بدائل الطاقة)، تحديد كمية الكتلة الحيوية المتولدة سنويا والطاقة الكهربائية المتولدة من الطاقة الشمسية سنوياً، احتياج طن الأسمت من الطاقة الحرارية والكهربائية، القدرة الإنتاجية للكتلة الحيوية والطاقة الشمسية كوقود بديل في صناعة الأسمت.

**الطاقة الحرارية وتكلفة انتاج الاسمنت باستخدام الوقود التقليدي:** يستهلك انتاج الاسمنت نحو (٦-٤,٥) مليون وحدة حرارية علي حسب العملية الانتاجية ويتراوح سعر المليون وحدة حرارية ما بين (١٠,٩٨-٢,١٣) دولار من الوقود التقليدي (غاز طبيعي -فحم -مازوت) ويوضح الجدول رقم (٢) الفرق في تكلفة انتاج الاسمنت من الطاقة الحرارية في الفترة من (٢٠١٢-٢٠١٦) طبقاً لمزيج الطاقة المستخدم

**الجدول (٢):** الفرق في تكلفة إنتاج الاسمنت من الطاقة الحرارية في الفترة من (٢٠١٢-٢٠١٦) طبقاً لمزيج الطاقة المستخدم (الوحدة: مليون جنيه)

مستوى الدلالة	قيمة ت	مزيج الطاقة الاوروبي		مزيج الطاقة المصري		
		الانحراف المعياري	المتوسط	الانحراف المعياري	المتوسط	
٠,٠٠٥	٥,٧٤٣	٥٧,٨٠	١٦٣,٦١	١٥٦٥,٤٥	٤١٨٦,٧٩	الغاز الطبيعي
٠,٠٠٢	٤,٦٠٩	٥٧٦,٥٣	١٤٦٢,٦٩	٣٤٤١,٢٥	٨٦٥٤,٨٣	المازوت
٠,٠٠١	٨,٣٢٨	٩٩٧,٣٨	٣٨٠٤,٨٣	٢٤,٨٦	٨٩,٢٢	الفحم
٠,٠١٢	٣,٢٥٧	١٤٩٢,٤١	٥٤٣١,١٣	٤٩٢٧,٤٠	١٢٩٣٠,٨٣	الإجمالي

المصدر: مخرجات التحليل الإحصائي SPSS في ضوء تحليل بيانات الدراسة

يتضح من بيانات الجدول رقم (٢) وجود فرق دال احصائياً في تكلفة إنتاج طن الاسمنت من الطاقة الحرارية في الفترة من (٢٠١٦-٢٠١٢) بالمليون جنيه طبقاً لمزيج الطاقة المستخدم (المصري / الأوربي)، حيث تراوحت قيم (ت) بين (٣,٢٥٧، ٨,٣٢٨) عند مستوى دلالة أقل من ٠,٠٥، وان المزيج الطاقة الاوربي أقل تكلفة من مزيج الطاقة المصري ويوضح الجدول رقم (٣) الفرق في التكلفة المتوفرة من الطاقة التقليدية عند استخدام الكتلة الحيوية في إنتاج الاسمنت في الفترة من ٢٠١٢ - ٢٠١٦ طبقاً لمزيج الطاقة المستخدم.

**الجدول (٣):** الفرق في التكلفة المتوفرة من الطاقة التقليدية عند استخدام الكتلة الحيوية في انتاج الاسمنت في الفترة من ٢٠١٢ - ٢٠١٦ طبقاً لمزيج الطاقة المستخدم (الوحدة: مليون جنيه)

مستوى الدلالة	قيمة ت	مزيج الطاقة الاوروي		مزيج الطاقة المصري		
		الانحراف المعياري	المتوسط	الانحراف المعياري	المتوسط	
٠,٠٠٥	٥,٦٦٧	١٨٢,٦١	٤٨١,٣٠	٤٨٣٤,٩٥	١٢٧٤٣,٧٧	الغاز الطبيعي
٠,٠٠٢	٤,٥٥٢	١٧٥٥,٣١	٤٤٦٥,٣٠	١٠٥٦٤,٤٨	٢٦٢٦٨,١٣	المازوت
٠,٠٠٢	٧,٥١٤	٣١٩٥,٧٢	١١٠١٤,٤٢	٧٨,٩٥	٢٧١,٨٩	الفحم
٠,٠٢٣	٣,٢٦٥	٤٩٩٧,١٣	١٥٩٦١,٠١	١٥١٧٢,٨١	٣٩٢٨٣,٧٩	الإجمالي

المصدر: مخرجات التحليل الإحصائي SPSS في ضوء تحليل بيانات الدراسة  
يتضح من بيانات الجدول رقم (٣) وجود فرق دال احصائياً في التكلفة المتوفرة من الطاقة التقليدية عند استخدام الكتلة الحيوية في انتاج الاسمنت في الفترة من ٢٠١٢ - ٢٠١٦ طبقاً لمزيج الطاقة المستخدم (المصري / الأوربي)، حيث تراوحت قيمة ت بين (٣,٢٦٥، ٧,٥١٤) عند مستوى دلالة أقل من ٠,٠٥.

### نتائج الدراسة ومناقشتها

**أولاً: نتائج الدراسة التطبيقية:** يستعرض الباحث فيما يلي أهم النتائج التي توصل اليها من خلال الدراسة التطبيقية لتحليل تكاليف استخدام مصادر الطاقة المتجددة بغرض تحسين بيئة صناعة الاسمنت المصرية وتحقيق التنمية المستدامة، ويمكن تقسيم هذه النتائج الى البنود الآتية:

بعد دراستنا التفصيلية لمصادر الوقود المختلفة لصناعة الاسمنت (التقليدية والبديلة التي يمكن استخدامها) تمكنا من التوصل الى النتائج الآتية:

- ١- تحقيق التنمية سواء كانت اقتصادية او مستدامة يتطلب توفير خدمات الطاقة بالشكل الكافي.
- ٢- يعد استخدام أنواع الوقود البديلة في مصانع الأسمنت عنصراً هاماً من عناصر السياسة السليمة لإدارة النفايات، وتشجع هذه الممارسة على إعادة إنتاج المواد وإعادة تدويرها بقوة وذلك تمشياً مع المبادئ الأساسية لتسلسل إدارة النفايات (منع، تعافي تصرف).
- ٣- تتمتع مصر بتوافر العديد من مصادر الطاقة المتجددة والتي أهمها الطاقة الكهرومائية والطاقة الشمسية وطاقة الرياح وطاقة الكتلة الحيوية.
- ٤- تستغل الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء من خلال أحد النظامين (النظم الشمسية الحرارية CSP)، (استخدام تكنولوجيا الخلايا الشمسية الفوتو فلتية PV) وتعتبر تكنولوجيا الطاقة الشمسية أكثر التكنولوجيا تطوراً وانتشاراً.
- ٥- تركز التنمية المستدامة على ثلاثة أبعاد متكاملة ومتراصة فيما بينها وهم (البعد الاقتصادي، الاجتماعي والبيئي)

#### ثانياً: النتائج الخاصة باختبارات الفروض:

اختبار صحة الفرض الأول: ينص الفرض الأول على: " يوجد إثر اقتصادي وبيئي ذات دلالة احصائية لبدائل الطاقة في صناعة الاسمنت المصرية تنعكس على التكاليف"، وفقاً لتحليل تكاليف بدائل الطاقة ونتائج هذا التحليل وفقاً للجدول رقم (٤)

جدول (٤): الفرق في كمية إنتاج الاسمنت عند استخدام بدائل الطاقة التقليدية  
الإنتاج: (مليون طن) الطاقة الحرارية: مليون (مليون وحدة حرارية)

السنة	الكتلة الحيوية		الطاقة التقليدية		قيمة ت	مستوى الدلالة
	تكلفة الطاقة الحرارية	إنتاج الاسمنت	تكلفة الطاقة الحرارية	إنتاج الاسمنت		
٢٠١٢	٣٢٢٩٨,٠٤	١٤٤,٤	١١١١٣,٠١٧	٤٩,٧١٠	٤٤,٧٥	٠,٠٠٠
٢٠١٣	٣٣٩٨٣,١٨	١٣٥,٤٩	١١١٠٦,٤٢٦	٤٤,٢٨١		
٢٠١٤	٣٩٣٠١,٤٢	١٤٠,٧٢	١٣٣٤٧,١٧١	٤٧,٧٩٠		
٢٠١٥	٢٥٨١٣,٣٤	١٣٧,٧٣	٨٠٢٠,٤٥	٤٢,٧٩٤		
٢٠١٦	٦٥٠٢٢,٩٩	١٣٦,٢٨	٢١٠٦٧,١	٤٤,١٥٤		
المتوسط	٣٩٢٨٣,٧٩	١٣٨,٩٢	١٢٩٣٠,٨٣	٤٥,٧٤٦		
الانحراف المعياري	١٥١٧٢,٨١	٤٥,٧٥	٤٩٢٧,٤٠	٢,٨٨٥		

المصدر: مخرجات التحليل الإحصائي SPSS في ضوء تحليل بيانات الدراسة

يتضح من بيانات الجدول رقم (٤) وجود فرق دال احصائياً بين إنتاج الاسمنت الناتج عند استخدام الكتلة الحيوية والإنتاج الفعلي للأسمنت خلال الفترة من ٢٠١٢ - ٢٠١٦، حيث بلغت قيمة ت ٤٤,٧٥ عند مستوى دلالة أقل من ٠,٠٥، فنجد ان كمية الاسمنت المنتجة من الطاقة الحرارية المتولدة من الكتلة الحيوية تكفي لتعطي كمية الاسمنت المنتج خلال الفترة من ٢٠١٢ - ٢٠١٦، حيث أنه

- في سنة ٢٠١٢ كان إنتاج الاسمنت ٤٩,٧١٠ وعند استخدام الكتلة الحيوية كوقود نستطيع ان ننتج ١٤٤,٤ مليون طن من الاسمنت اي أكثر من الكمية المنتجة. وبهذا تصبح تكلفة الوقود ضئيلة جدا

- في سنة ٢٠١٣ كان إنتاج الاسمنت ٤٤,٢٨١ وعند استخدام الكتلة الحيوية كوقود نستطيع ان ننتج ١٣٥,٤٩ مليون طن من الاسمنت اي أكثر من الكمية المنتجة. وبهذا تصبح تكلفة الوقود ضئيلة جدا



- في سنة ٢٠١٤ كان انتاج الاسمنت ٤٧,٧٩٠ وعند استخدام الكتلة الحيوية كوقود نستطيع ان ننتج ٤٠,٧٢ مليون طن من الاسمنت اي أكثر من الكمية المنتجة وبهذا تصبح تكلفة الوقود ضئيلة جدا
- في سنة ٢٠١٥ كان انتاج الاسمنت ٤٢,٧٩٤ وعند استخدام الكتلة الحيوية كوقود نستطيع ان ننتج ١٣٧,٧٣ مليون طن من الاسمنت اي أكثر من الكمية المنتجة وبهذا تصبح تكلفة الوقود ضئيلة جدا
- في سنة ٢٠١٦ كان انتاج الاسمنت ٤٤,١٥٤ وعند استخدام الكتلة الحيوية كوقود نستطيع ان ننتج ١٣٦,٢٨ مليون طن من الاسمنت اي أكثر من الكمية المنتجة.
- القرار:** "قبول صحة فرض الدراسة القائل يوجد إثر اقتصادي وبيئي ذات دلالة احصائية لبدائل الطاقة في صناعة الاسمنت المصرية تنعكس على التكاليف، فنجد ان الاثر الاقتصادي تمثل في تقليل التكلفة، وتمثل الاثر البيئي في استخدام الكتلة الحيوية حيث منع ذلك تكبد المخلفات مما قد تسبب اضرار بيئية ضخمة".
- اختبار صحة الفرض الثاني: ينص الفرض الثاني على:** " توجد فروق ذات دلالة احصائية بين تكلفة طن الاسمنت عند استخدام الكتلة الحيوية وتكلفة طن الاسمنت عند استخدام الطاقة التقليدية خلال الفترة من (٢٠١٢-٢٠١٦) لمزيج الطاقة المصري".
- وفقاً لتحليل الفرق بين تكلفة الطاقة من استخدام الكتلة الحيوية وتكلفة الطاقة التقليدية في انتاج طن الاسمنت خلال الفترة من (٢٠١٢-٢٠١٦) لمزيج الطاقة المصري وفقاً للجدول (٥).

جدول (٥): الفرق بين تكلفة الطاقة من استخدام الكتلة الحيوية وتكلفة الطاقة التقليدية في إنتاج طن الاسمنت خلال الفترة من (٢٠١٢-٢٠١٦) لمزيج الطاقة المصري

مستوى الدلالة	قيمة ت	تكلفة الطاقة		مجموعة المقارنة
		الانحراف المعياري	المتوسط	
٠,٠٠٩	٥,٤٦٥	١١٣,٣٦	٢٨٣,٦٤٢	استخدام الطاقة التقليدية
		١,٧١	٦,٥٩١	استخدام الكتلة الحيوية

المصدر: مخرجات التحليل الإحصائي SPSS في ضوء تحليل بيانات الدراسة  
يتضح من بيانات الجدول رقم (٥) وجود فرق ذات دلالة احصائية بين تكلفة الطاقة المستخدمة من الكتلة الحيوية وتكلفة الطاقة التقليدية في إنتاج طن الاسمنت خلال الفترة من (٢٠١٢-٢٠١٦) لمزيج الطاقة المصري عند مستوى دلالة أقل من ٠,٠٥، حيث بلغت قيمة ت (٥,٤٦٥). ويتضح انخفاض تكلفة الاسمنت عند استخدام الكتلة الحيوية.  
القرار: "قبول صحة فرض الدراسة القائل بوجود فروق ذات دلالة احصائية في تكلفة الطاقة المتوفرة من استخدام الكتلة الحيوية وتكلفة الطاقة التقليدية في إنتاج طن الاسمنت خلال الفترة من (٢٠١٢-٢٠١٦) لمزيج الطاقة المصري."  
اختبار صحة الفرض الثالث: ينص الفرض الثالث على: "توجد فروق ذات دلالة احصائية بين تكلفة الطاقة المستخدمة من الكتلة الحيوية وتكلفة الطاقة التقليدية في إنتاج الاسمنت خلال الفترة من (٢٠١٢-٢٠١٦) لمزيج الطاقة الأوربي"  
وفقاً لتحليل الفرق بين تكلفة الطاقة من استخدام الكتلة الحيوية وتكلفة الطاقة التقليدية في إنتاج طن الاسمنت خلال الفترة من (٢٠١٢-٢٠١٦) لمزيج الطاقة الأوربي وفقاً للجدول رقم (٦)

جدول (٦): الفرق بين تكلفة الطاقة من استخدام الكتلة الحيوية وتكلفة الطاقة التقليدية في إنتاج طن الاسمنت خلال الفترة من (٢٠١٢-٢٠١٦) لمزيج الطاقة الأوربي

مستوى الدلالة	قيمة ت	تكلفة الطاقة		مجموعة المقارنة
		الانحراف المعياري	المتوسط	
٠,٠٠٠	٦,٤٣٦	٣٧,٧١	١١٥,٢٤	استخدام الطاقة التقليدية
		١,٧١	٦,٥٨	استخدام الكتلة الحيوية

المصدر: مخرجات التحليل الإحصائي SPSS في ضوء تحليل بيانات الدراسة  
يتضح من بيانات جدول (٦) وجود فرق ذات دلالة احصائية بين تكلفة الطاقة المستخدمة من الكتلة الحيوية وتكلفة الطاقة التقليدية في إنتاج الاسمنت خلال الفترة من (٢٠١٦-٢٠١٢) لمزيج الطاقة الأوربي عند مستوى دلالة أقل من ٠,٠٥، حيث بلغت قيمة ت (٦,٤٣٦). ويتضح انخفاض تكلفة الاسمنت عند استخدام الكتلة الحيوية.  
القرار: "قبول صحة فرض الدراسة القائل توجد فروق ذات دلالة احصائية في تكلفة الطاقة المتوفرة من استخدام الكتلة الحيوية وتكلفة الطاقة التقليدية في إنتاج طن الاسمنت خلال الفترة من (٢٠١٦-٢٠١٢) لمزيج الطاقة الأوربي"  
اختبار صحة الفرض الرابع: ينص الفرض الرابع على: "توجد فروق ذات دلالة احصائية بين تكلفة إنتاج الاسمنت عند استخدام الطاقة الشمسية وتكلفة إنتاج الاسمنت عند استخدام الكهرباء التقليدية خلال الفترة من (٢٠١٦-٢٠١٢)".  
وفقاً لتحليل الفرق بين تكلفة الطاقة من استخدام الطاقة الشمسية وتكلفة الطاقة الكهربائية التقليدية في إنتاج الاسمنت خلال الفترة من (٢٠١٦-٢٠١٢) وفقاً للجدول (٧)

جدول (٧): الفرق بين تكلفة الطاقة من استخدام الطاقة الشمسية وتكلفة الطاقة الكهربائية التقليدية في إنتاج الاسمنت خلال الفترة من (٢٠١٢-٢٠١٦)

مستوى الدلالة	قيمة ت	تكلفة الطاقة		مجموعة المقارنة
		الانحراف المعياري	المتوسط	
٠,٠٢١	٣,٧٠٧	١٦٦,٨٣	٢٦٤١,٩٦	استخدام الكهرباء
		٩١٠,٢١	٢٢٢٩,٩١	استخدام الطاقة الشمسية

المصدر: مخرجات التحليل الإحصائي SPSS في ضوء تحليل بيانات الدراسة  
يتضح من بيانات الجدول رقم (٧) وجود فرق دال احصائياً بين تكلفة الطاقة المستخدمة من الطاقة الشمسية وتكلفة الطاقة الكهربائية في إنتاج الاسمنت خلال الفترة من (٢٠١٢-٢٠١٦) عند مستوى دلالة أقل من ٠,٠٥، حيث بلغت قيمة ت (٣,٧٠٧).  
القرار: " قبول صحة فرض الدراسة القائل بوجود فروق ذات دلالة احصائية بين تكلفة إنتاج الاسمنت عند استخدام الطاقة الشمسية وتكلفة إنتاج الاسمنت عند استخدام الكهرباء التقليدية خلال الفترة من (٢٠١٦-٢٠١٢) ".

### مراجع الدراسة

- احمد عبد العليم العجمي "الطاقة المتجددة: الواقع-التحديات-السياسات"، مجلة مصر المعاصرة - مصر، مجلد ١٠٨، عدد ٥٢٥، ص ٧-٨، ٢٠١٧.
- سهام عقل عبد الله على "محددات استخدام الطاقة الشمسية كأحد مصادر الطاقة المتجددة في مصر"، مجلة مركز صالح عبد الله جامعة الأزهر - مصر، مجلد ٢١، عدد ٦١، ص ٣٧٩-٣٨٠، ٢٠١٧.
- على العبسي "الطاقات المتجددة كخيار استراتيجي للطاقة التقليدية"، مجلة الدراسات الاقتصادية والمالية - جامعة الشهيد حما لخضر الوادي، مجلد ١١، عدد ١، ص ٢، ٢٠١٨.

محمود حنفي محمود "دور استثمارات الطاقة الجديدة والمتجددة في تحقيق التنمية المستدامة"،  
المجلة العلمية للاقتصاد والتجارة كلية التجارة جامعة عين شمس - مصر،  
مجلد ٤، عدد ٤، ص ٥٧-٥٨، ٢٠١٩.

نشأت ادوارد ناشد "المقومات الاقتصادية المصرية في التخطيط للتنمية من الطاقة المتجددة"،  
مجلة الافاق للدراسات الاقتصادية - جامعة العربي التبس تبسة، مجلد ٢،  
عدد ٢، ص ٢، ٢٠١٧.

التقرير السنوي للشركة القابضة لكهرباء مصر ٢٠١٦/٢٠١٥، تطوير مشاريع الطاقة  
المتجددة، دليل لتحقيق النجاح في الشرق الأوسط.

Abo-Elyousr, Farag K., and Ahmed Elnozahy. "Bi-objective economic feasibility of hybrid micro-grid systems with multiple fuel options for islanded areas in Egypt." *Renewable Energy*, vol. 128, pp. 37-56, 2018.

Askar, Yasser, *et al.* (2010.): "The cement industry in Egypt: Challenges and innovative cleaner production solutions." *Applied Sciences*,

Dennis, K., K. Colburn and J. Lazar, "Environmentally beneficial electrification: The dawn of 'emissions efficiency.'" *The Electricity Journal*, Vol. 29, pp. 52-58, 2016.

Devi KS, Lakshmi VV, Alakanandana A.( 2017): "Impacts of cement industry on environment—an overview." *Asia Pac J Res I (LVII)* p.157.

Dincer, Ibrahim, and Marc A. Rosen. "Energy, environment and sustainable development." *Applied energy*, Vol.64, Issues.1-4, pp.427-440, 1999.

Dincer, Ibrahim. "Renewable energy and sustainable development: a crucial review." *Renewable and sustainable energy reviews*, vol 4, Issue 2, pp.158-159, 2000.

- Gursel, Aysegul Petek. (2014): "Life-cycle assessment of concrete: decision-support tool and case study application." University of California, Berkeley.
- Maheshwari, Zeel, and Rama Ramakumar. "Smart integrated renewable energy systems (SIREs): A novel approach for sustainable development." *Energies*, vol. 10, issue.8, pp.1-5 2017.
- Morsali S. "Emissions from Portland cement production using life cycle assessment inventory and method." *Environmental and Energy Economics*, vol. 1, issue.1pp.1-8, 2016.
- Murray A, Price L. (2008): "Use of alternative fuels in cement manufacture: analysis of fuel characteristics and feasibility for use in the chinese cement sector." Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA, LBNL-525E.
- Oberschelp, Christopher, *et al.* "Global emission hotspots of coal power generation." *Nature Sustainability*, vol. 2, issue.2, pp. 113-121, 2019.
- Ozturk, Ilhan, and Ali Acaravci. "Electricity consumption and real GDP causality nexus: Evidence from ARDL bounds testing approach for 11 MENA countries." *Applied energy*, vol. 88, Issue. 8, pp.2887-2888, 2011.
- Strielkowski, Wadim, *et al.* "Renewable Energy in the Sustainable Development of Electrical Power Sector: A Review." *Energies*, vol 14, Issue 24, 2021.

**A PROPOSED FRAMEWORK FOR ANALYZING THE  
COSTS OF USING RENEWABLE ENERGY SOURCES  
IN ORDER TO IMPROVE THE ENVIRONMENT OF  
THE EGYPTIAN CEMENT INDUSTRY AND  
ACHIEVE SUSTAINABLE DEVELOPMENT**

**Ahmed N. S. Mohamed<sup>(1)</sup>; Mohammed Abdel Aziz<sup>(2)</sup>;  
Wael Fawzy<sup>(2)</sup> and Tarek M. A. Awaad<sup>(3)</sup>**

- 1) Faculty of Graduate Studies and Environmental Research, Ain Shams University 2) Faculty of Commerce, Ain Shams University  
3) Faculty of Girls, Ain Shams University

**ABSTRACT**

Renewable energy is a priority within the economic policy of all countries, because states rely on fossil energy, which has depleted them and created environmental problems, so alternative, clean and environmentally friendly energy had to be sought for use in economic projects, including construction projects, in order to achieve the principle of sustainable development.

This study presents the economic importance of using renewable energy sources (biomass energy - solar energy) in providing conventional energy (coal - diesel - natural gas) needed for cement production in Egypt, due to the fact that the cement industry is considered one of the energy-intensive industries, so the use of energy Renewable energy leads to savings in the cost of purchasing and subsidizing fossil fuels (the traditional energy used in the cement

industry) amounting to millions of dollars, and the amount of savings in total energy costs when using renewable energy.

This study discussed the energy costs needed to produce cement from the year (2012-2016) using conventional fuels and the comparison with the use of renewable energy sources. The results showed the importance of using renewable energy for its efficiency in the cement industry and the low costs needed to provide energy for this industry and achieve economic and environmental benefits.

**The study reached the following results:**

- 1) There is an economic and environmental impact of statistically significant energy alternatives in the Egyptian cement industry that reflects on costs.
- 2) There are statistically significant differences between the cost of a ton of cement when using biomass and the cost of a ton of cement when using conventional energy during the period (2012-2016) for the Egyptian energy mix.
- 3) There are statistically significant differences between the cost of energy used from biomass and the cost of conventional energy in cement production during the period (2012-2016) for the European energy mix.
- 4) There are statistically significant differences between the cost of cement production when using solar energy and the cost of cement production when using conventional electricity during the period (2012-2016).

**Key Words:** (Cement industry - biomass energy - solar energy - sustainable development).