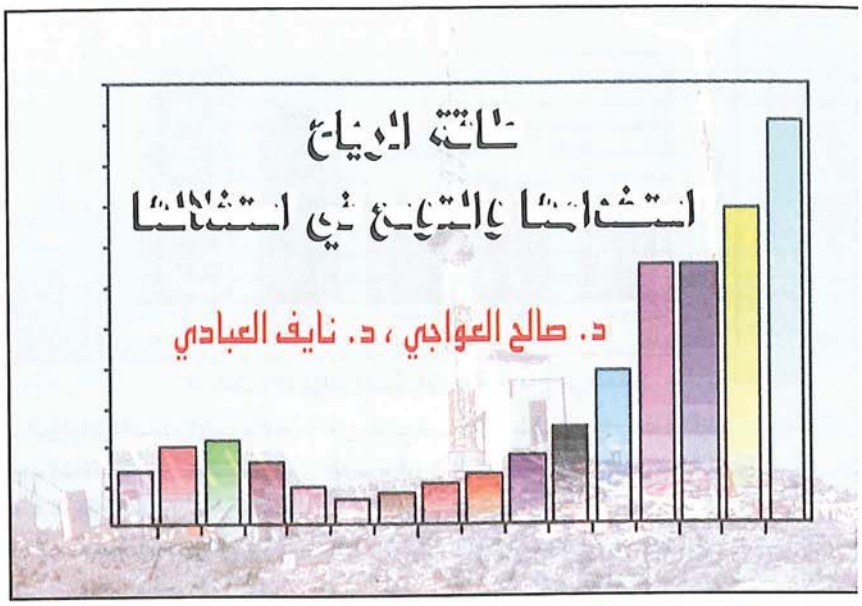


تعد طاقة الرياح من أقدم مصادر الطاقة التي عرفها الانسان واستخدمها في مجالات عدة كالنقل والري وغير ذلك ، وكان الاستخدام التقليدي لطاقة الرياح هو استغلالها مباشرة كطاقة ميكانيكية، حيث كانت الطواحين (الدواليب) الهوائية تستخدم في أوربا في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر الميلاديين في: طحن الحبوب، وضخ المياه، وتكرير السكر، وغير ذلك من الصناعات الخفيفة. وفي نهاية القرن الثامن عشر الميلادي كان هناك مايزيد عن عشرة الآف طاحونة هوائية تعمل في هولندا وحدها ، وهي تعد الآن من الدول التي تشهد استغلالاً واسعاً لطاقة الرياح ، قد تقلص استغلال طاقة الرياح بعد الثورة الصناعية وظهور الفحم ثم النفط كمصادر طاقة ، غير أن الاهتمام باستغلالها أخذ في الازدياد مرة أخرى مع بداية الثمانينيات الميلادية لهذا القرن بعد ارتفاع أسعار الطاقة وظهور تأثيرات التلوث البيئي.

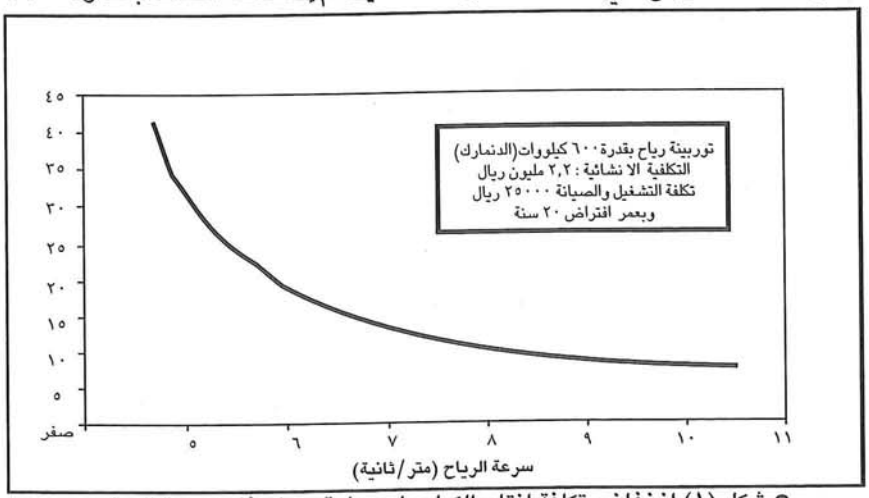
يستلزم استغلال الرياح كطاقة يكانيكية وجود التوربينات الهوائية بجوار قل التطبيق مما يحد من الاستفادة منها . ا عند استخدام التوربينات لتدوير مولد كهرباء، ومن ثم نقل الطاقة الكهربائية ولدة إلى مسافات طويلة فإنه يؤدي إلى يادة الاستفادة منها، وقد تستخدم توربينات أيضا في أنظمة توليد الطاقة ختلطة (المركبة) بهدف زيادة الاعتمادية تقليل التكاليف ، ومن أمثلة ذلك الأنظمة كونة من توربينات هوائية ومولدات ديزل خلايا شمسية وغيرها ، وتساهم مثل هذه ي توفير استهلاك وقود الديزل نتيجة ستخدام التوربينات الهوائية والخلايا كهروضوئية في التكاليف الإنشائية تقليل التلوث ، كما يمكن استخدام الأنظمة ختلطة كمصادر مستقلة لتغذية مناطق زولة ونائية عن شبكات الكهرباء المركزية، كما هو الحال في بعض الدول النامية، أو عن طريق تغذيتها لشبكات الكهرباء العامة .

معوقات استغلال طاقة الرياح

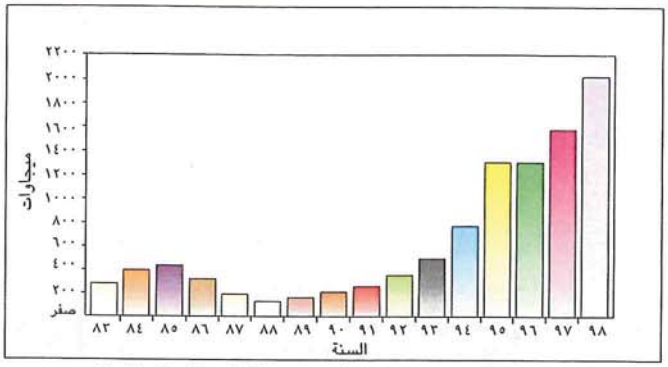
يعتمد الاستغلال الموثوق لطاقة الرياح على نشاط الرياح في المنطقة المراد استغلال طاقة الرياح فيها ، حيث أن الطاقة الممكن استخلاصها من الرياح تتناسب طردياً مع مكعب سرعة الرياح ، أي أنه لو تضاعفت سرعة الرياح لتضاعفت الطاقة الممكنة استخلاصها من الرياح إلى ثمانيةأضعاف ، ولكي يكون استغلال طاقة الرياح مجدياً اقتصادياً يشترط توفر سرعات رياح مناسبة لتصميم التوربينة المستخدمة ، فعلى سبيل المثال تحتاج الأنظمة ذات القدرات الصغيرة (أقل من ١٠ كيلووات) إلى سرعة في حدود ٤-٦ متر/ثانية لتكون ذات جدوى اقتصادية ، ولذلك فانه من الضروري إجراء مسح محلي شامل لسرعات الرياح واستمرار هبوبها على مدار اليوم ، ويوضح الشكل (١) العلاقة بين تكلفة انتاج وحدة الطاقة "الكيلووات ساعة" وسرعة الرياح باستخدام توربينة هوائية حديثة تعمل بالدنمارك بقدرة ٦٠٠ كيلووات/ساعة ، حيث يلاحظ انخفاض تكلفة انتاج وحدة الطاقة إلى ٧ هللات عند سرعة رياح ١٠متر/ثانية على ارتفاع ٥٠ متر والذي يمثل ارتفاع محور مروحة توربينة عن سطح الارض.

تطور استغلال طاقة الرياح

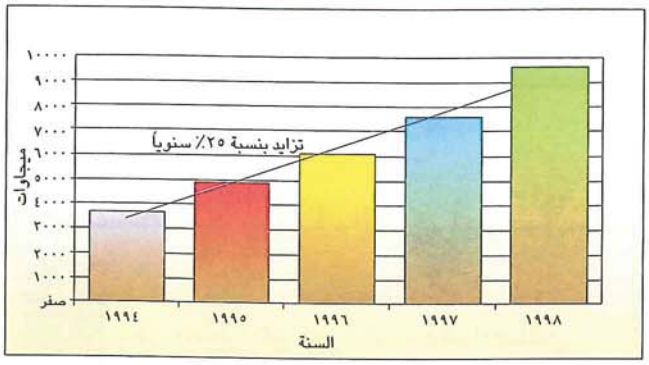
شهد استغلال طاقة الرياح خلال الأربع سنوات الماضية توسعاً ملحوظا يعد أسرع مصادر الطاقة المتجددة نموا ، وتقدر الزيادة في قدرة الأنظمة المركبة خلال عام ١٩٩٨م حوالي ٣٥٪ حسب تقدير معهد مراقبة العالم (World Watch Institute) ، حيث تم إضافة أنظمة بقدرة ٢١٠٠



● شكل (١) انخفاض تكلفة انتاج الكيلووات ساعة مع ارتفاع سرعة الرياح.



● شكل (٢) تطور مبيعات أنظمة طاقة الرياح في العالم.



● شكل (٣) تزايد استخدام طاقة الرياح في العالم.

ميجاوات لتصبح القدرة الاجمالية في العالم ٩٦٠٠ ميجاوات ، أي مايعادل ضعفي القدرة المركبة قبل ثلاث سنوات ، وتعد هذه القدرة كافية لإنتاج حوالي ٢١ مليون كيلووات ساعة من الطاقة الكهربائية في السنة تكفي لامداد ٣,٥ مليون منزل من منازل ضواحي مدن الولايات المتحدة الأمريكية ، ويمثل الشكل (٢) نمو قدرة أنظمة الرياح المضافة سنوياً في العالم خلال الخمس عشرة سنة الماضية ، من جانب آخر، يقدر معدل النمو للطاقة الإجمالية المركبة خلال السنوات الخمس الماضية (١٩٩٤- ١٩٩٨م) حوالي ٢٥٪ سنويا ، كما هو موضح بالشكل (٣) .

ومن الجدير بالذكر أن مبيعات أنظمة طاقة الرياح بلغت في عام ١٩٩٨م - لأول مرة - أكثر من ٣ بلايين دولار، ويعزى هذا التزايد إلى أسباب منها: برامج الدعم المعتمدة من قبل الحكومات في بعض الدول الأوربية ، وتطور تصاميم الأنظمة ، وانخفاض تكلفة انتاج وحدة الطاقة (الكيلووات ساعة) .

وقد كانت الولايات المتحدة الأمريكية خلال الثمانينيات الميلادية أكبر الدول استغلالاً لطاقة الرياح ، حيث تمثل قدرة الأنظمة العاملة فيها حينذاك حوالي ٩٥٪ من إجمالي القدرة في العالم ، وتنتشر مزارع الرياح بشكل كبير في ولاية كاليفورنيا ، أما في الوقت الحالي فقد انخفضت هذه النسبة إلى حوالي ٢٠٪ ، بسبب توقف بعض الأنظمة لتقادمها وتوسع التطبيق في دول العالم الأخرى ،

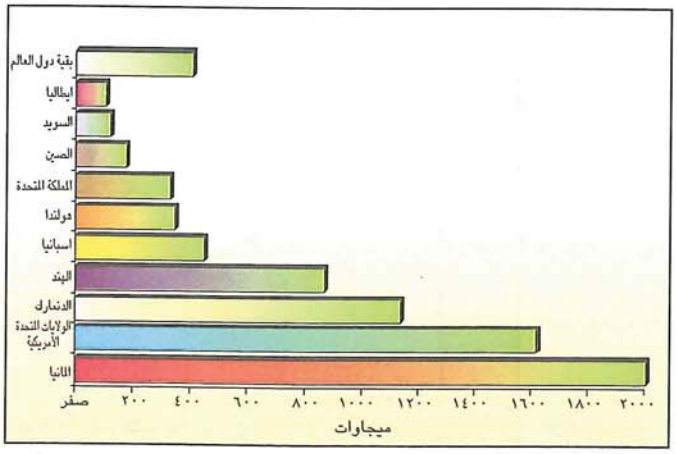
وفي عام ١٩٩٨م تم إضافة حوالي ٢٣٠ ميجاوات مما يعد مؤشراً على بدء تنامي استغلال طاقة الرياح في الولايات المتحدة الأمريكية مرة أخرى.

شهدت ألمانيا خلال الأعوام القليلة الماضية تنامياً ملحوظاً في استغلال طاقة الرياح حيث تصدرت دول العالم في القدرة الاجمالية المركبة فيها وبلغت بنهاية عام ١٩٩٨م حوالي ٢٨٠٠ ميجاوات كما قدرت مبيعات أنظمة طاقة الرياح فيها بحوالي ١ بليون دولار أمريكي .

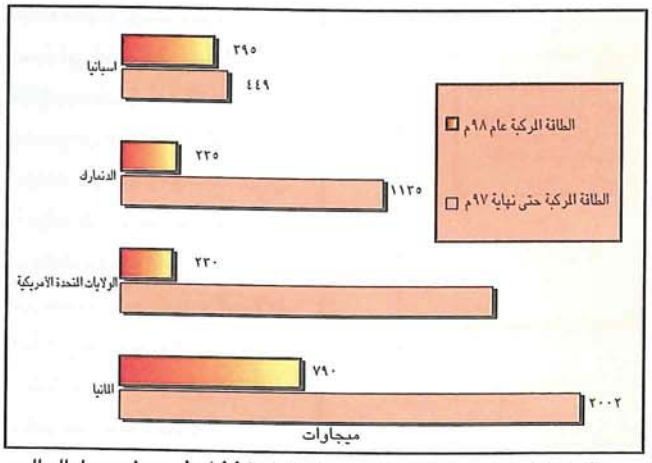
وتتصدر أسبانيا والدنمارك دول العالم في حجم استغلال طاقة الرياح حيث بلغت القدرة المركبة في أسبانيا خلال ١٩٩٨م حوالي ٣٩٥ ميجاوات بزيادة قدرها ٨٦٪ لتبلغ اجمالي القدرة حوالي ٨٥٠ميجاوات، وفي الدنمارك بلغت القدرة المركبة خلال العام نفسه حوالي ٢٣٥ ميجاوات لتصبح القدرة ١٣٥٠ ميجاوات ، واستمرت الدنمارك المنتج الأول لأنظمة طاقة الرياح بين دول العالم.

ويوضح الشكل (٤) القدرة الإجمالية لأنظمة طاقة الرياح العاملة في دول العالم المختلفة ، كمايوضح الشكل (٥) القدرة المضافة خلال عام ١٩٩٨م في كل من أسبانيا والدنمارك والولايات المتحدة الامريكية وألمانيا مقارنة بكمية القدرة المركبة حتى نهاية عام ١٩٩٧م حيث يلاحظ من الشكل التوسع الملحوظ لإستغلال طاقة الرياح في هذه الدول .

وقد خلصت دراسة دنماركية نشرت في العام الماضي إلى أنه يتوقع أن تسهم أنظمة طاقة الرياح في توليد نسبة ١٠٪ من إحتياج العالم من الكهرباء بنهاية العقدين



● شكل (٤) قدرات طاقة الرياح المركبة في العالم لعام ١٩٩٧م.



● شكل (٥) تزايد استخدام طاقة الرياح لعام ١٩٩٨م في بعض دول العالم.

لقادمين ، وفي دراسة أخرى لمعهد مراقبة لعالم السالف الذكر أنه في حالة استمرار لتوسع في الإستغلال بنفس المعدل خلال لسنوات القليلة الماضية ، فيتوقع أن تفوق ساهمة طاقة الرياح في انتاج الكهرباء ساهمة المساقط المائية والتي تسهم في لوقت الحالي بحوالي ٢٢٪ من إنتاج العالم ن الكهرباء .

وتتوقع كثير من الهيئات العالمية لمعنية بالطاقة كهيئة الطاقة العالمية International Energy Agency) والهيئة لدوليه للطاقة الذرية أن تصبح طاقة الرياح نافساً اقتصادياً لمصادر الطاقة التقليدية لأحفورية والطاقة النووية على مستوى عالم في غضون العشر سنوات القادمة ، حيث تحظى حالياً بجدوى اقتصادية عالية ي مناطق محددة من العالم تتسم بتوفر ياح بسرعات عالية ، وعلى إفتراض أن عدل تزايد قدره ٢٠٪ سنويا فستصل مية القدرة المضافة إلى حوالى ٦٠٠٠ يجاوات بحلول عام ٢٠٠٤م كما هو وضح في الشكل (٦).

تكلفة انتاج الكهرباء بطاقة الرياح

تنخفض تكلفة وحدات الطاقة الكيلووات ساعة " المنتجة من الرياح مع يادة سرعة الرياح ، إلا أنه لاتوجد تكلفة ابتة للإنتاج .

ويمكن تقدير تكلفة إنتاج وحدة الطاقة متمادا على تكاليف الانشاء وتكاليف

القدرة (كيلووات)	التكاليف (الآف الريالات)
٢٠٠	٧٨٠-٦٤٠
٤٠٠	١٤٠٠-١٠٠٠
٦٠٠	١٩٠٠-١٤٠٠

● جدول (١) تغير تكاليف التوربينات بالنسبة لقدرتها

التشغيل والصيانة ، حيث تشمل تكاليف الإنشاء تكلفة التوربينة الهوائية، وتخزين الطاقة، وإعداد الموقع، ومد الطريق، وإقامة المنشآت المساندة، وتمديد خطوط نقل الطاقة، وتعتمد تكلفة التوربينة على قدرتها، حيث تتراوح بين ٢٥٠٠-٤٠٠٠ ريال /كيلووات ، ويمثل الجدول (١) تغير تكاليف توربينات دنماركية حديثة (موصولة بالشبكة المركزية) بالنسبة لقدرة الإنتاج، ويعزى هذا التغير في التكاليف إلى اختلاف ارتفاع الأبراج وقطر المراوح المستخدمة.

وتقدر تكاليف الإنشاء بحوالي ٣٠٪ من قيمة التوربينة ، وتصمم التوربينات الحديثة لتعمل حوالي ١٢٠,٠٠٠ ساعة خلال عمر افتراضي يقدر بحوالي ٢٠ سنة، وتقدرتكلفة الصيانة السنوية للتوربينات ذات التصاميم الحديثة بحدود ١,٥-٢٪ من قيمة التوربينة ، وأحياناً يفضل استخدام تكلفة ثابتة للصيانة والتشغيل لكل وحدة طاقة منتجة ، وتقدر هذه التكلفة بحوالي ٤ هللات /كيلووات ساعة .

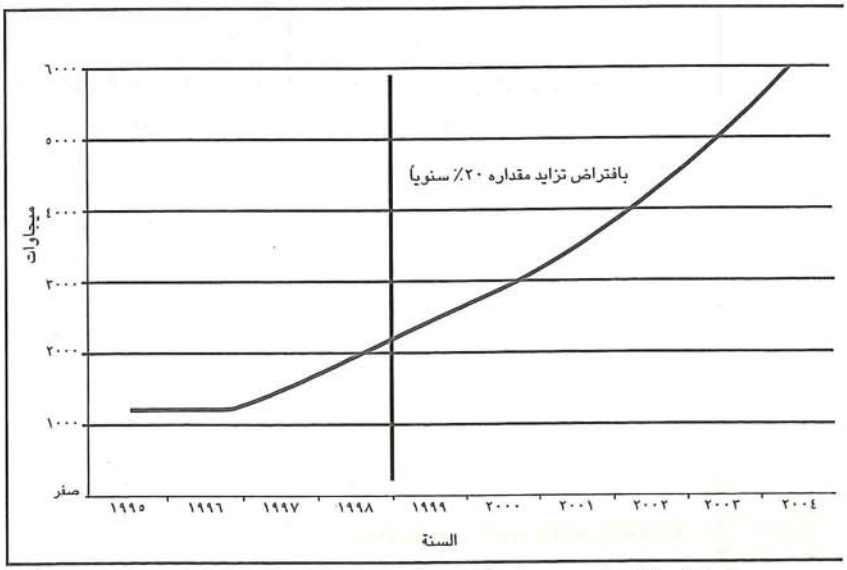
واعتماداً على الوضع الحالي لمبيعات أنظمة طاقة الرياح فإن جمعية طاقة الرياح الأمريكية (American Wind Energy Association) تقدر التكلفة الكلية لإنتاج وحدة الطاقة " شاملة جميع التكاليف على مدى العمر الافتراض" بحوالي ١٥-٢٣هللة/كيلووات ساعة، ويوضح الجدول (٢) مقارنة بين تكلفة إنتاج وحدة الطاقة من أنظمة طاقة الرياح وبعض مصادر الطاقة الأخرى.

تعتمد تكلفة انتاج وحدة الطاقة من محطات طاقة الرياح - إضافة إلى اعتمادها على سرعة الرياح كما هو موضح في الشكل (١) - على معدل الفائدة (Interest Rate) ، حيث أن محطات طاقة الرياح تتميز بأنها تقنية ذات رأسمال عالي ولاتشمل تكاليف وقود ، ولذلك فتكاليف تصنيع الأنظمة وإنشائها تمثل نسبة عالية من تكلفة إنتاج وحدة الطاقة ، ولذا تتأثر تكلفة الإنتاج وبشكل ملحوظ بارتفاع معدل الفائدة، ويقدر أن تنخفض التكلفة حوالي ٤٠٪ في حالة احتساب معدل فائدة مماثل لمعدل الفائدة المستخدم في حساب تمويل محطات انتاج الكهرباء الغازية .

يعد إنتاج الكهرباء من طاقة الرياح من التقنيات الجديدة ، ولذا فإن تكاليف إنتاجها سوف يشهد انخفاضا سريعاً مقارنة بتكاليف الإنتاج من المحطات التقليدية، وقد شهدت العشر سنوات الماضية إنخفاضاً لتكاليف الإنتاج في المحطات الغازية بمقدار ٣٣٪، بينما يقدر إنخفاض تكاليف طاقة الرياح بحوالي ٢٠٪ خلال الثمانينيات الميلادية ، ويتوقع استمرار إنخفاضها بنسبة ٣٥-٤٠٪ بحلول عام ٢٠٠٦م.

الوقود	التكلفة (هلله/كيلووات ساعة)
فحم	١٨,٠-٢١,٠
غاز طبيعي	١٥,٠-١٦,٥
مساقط مائية	١٩,٠-٢٤,٤
طاقة الكتلة الحية	٢٢,٠-٤٣,٥
الطاقة النووية	٤١,٥-٥٤
طاقة الرياح	١٥,٠-٢٢,٥

● جدول (٢) تكلفة انتاج وحدة الطاقة من المصادر المختلفة (هيئة كاليفورنيا للطاقة ١٩٩٦م).



● شكل (٦) تطور مبيعات أنظمة طاقة الرياح السنوية المتوقعة.