

تقدير السعة الفعلية لطاقة الرياح في ليبيا *

د. وداد الأسطى، آمال يعقوب، يوسف خليفة *

د. محمد خلاط ، عز الدين أبو راس **

1. مقدمة

تعتمد الجماهيرية على النفط (الوقود الأحفوري) اعتماداً كلياً لتوليد الطاقة الكهربائية. وتغطي الشبكة العامة للكهرباء 96% من الاحتياج السكاني. وقد كانت أقصى قدرة لمحطات القوى الكهربائية 2650 ميغاوات لسنة 2000. وتشهد ذروة الطلب نمواً متزايداً بمعدل 8 - 6 % سنوياً، وستصل ذروة الطلب في الجماهيرية إلى حوالي 4200 ميغاوات سنة 2005 وإلى حوالي 6000 ميغاوات سنة 2010 وحوالي 9800 ميغاوات سنة 2020. وستتصاعد تكاليف تغطية هذا الطلب من الوقود التقليدي، ناهيك عن الضغط الكبير الذي سيفرضه ذلك على البيئة والصحة العامة.

فهي تقل أساساً بزيادة نسبة المساهمة. كما أن الانتشار الجغرافي يؤثر على القدرة الفعلية حيث يعمل على تحسين القدرة الفعلية للرياح. ومن أهم العوامل المؤثرة على القدرة الفعلية، متوسط سرعة الرياح في الموقع ومطابقة نمط الرياح بنمط أحمال الشبكة المطلوبة.

ومن المعروف أن لطاقة الرياح قيمة حتى عندما تكون التنبؤات أو توقعات الرياح ليست دقيقة. فمحطات توليد القدرة بالرياح قيمة جيدة عند مساهمتها في استبدال جزء من الطاقة التقليدية خلال فترة من الزمن إذا أمكن الاعتماد على القدرة المولدة من الرياح كقيمة ثابتة ولمدة عدة ساعات مما

بالرغم من أن طاقة الرياح تعتبر متقطعة وغير مستقرة، إلا أنه يمكنها تأمين نسبة معينة من القدرة والتي قد تسهم في تعويض جزء من الساعات أو القدرات المولدة من المصادر التقليدية. وتختلف محطات طاقة الرياح عن المحطات الحرارية التقليدية، حيث أنها تتوقف على سرعات الرياح المتقلبة باستمرار فصعباً وعلى المدى اليومي. وبالمثل فإن المحطات التقليدية هي أيضاً قد تتوقف نتيجة لخصائص توقف الحطة عن العمل خلال أعمال الصيانة المجرية. إن القيمة الفعلية للقدرة (capacity credit) من محطات قوى الرياح أيضاً تتغير بتغيير نسبة مساهمة طاقة الرياح (penetration level) (كنسبة مئوية من الحمل الأقصى لمنظومة الكهرباء).

2 - نمذجة الطاقة المنتجة من الرياح

تم نمذجة طاقة الرياح باستخدام أنواع مختلفة من التوربينات الريحية في مواقع مختلفة تم اقتراحها لتركيب محطات قوى الرياح بما تشمل المعلومات اللازمة لهذا الغرض مثل: خشونة السطح والتغير فيها، والعوائق في محطات الأرصاد، التي أخذت منها بيانات الرياح، ومواقع التوربينات الريحية وكذلك مواصفات التوربينات الريحية. ولقد تم إتباع الخطوات التالية في عملية نمذجة الطاقة المنتجة من الرياح:-

1. اختيار المواقع الملائمة.
2. اختيار محطة الأرصاد المناسبة والتي تشمل نفس النطاق المناخي للموقع.
3. اختيار التوربينات الريحية.
4. حساب سرعة الرياح عند ارتفاع أبراج التوربينات الريحية.
5. حساب إمكانات الجهد النظري والفني لطاقة الرياح. تتضمن أساليب نمذجة إنتاج طاقة الرياح الخطوات التالية باستخدام برنامج الحاسوب WASP (برنامج تحليل معلومات الرياح وإعداد أطلس الرياح).

1.2 - اختيار مواقع التوربينات الريحية

تقع المواقع المختارة في وسط الساحل الليبي بين منطقتي بنينة ومصراثة، كما هو موضح في الشكل (1). قُدر متوسط سرعة الرياح عند ارتفاع 50 متراً فوق سطح الأرض وعند خشونة سطح بتصنيف (I)، حسب تصنيف برنامج (WASP)، بقيمة تتراوح بين 5.4 م/ث و 8.9 م/ث [1]. وأجريت التحليلات على طول المساحات الموضحة لتلك

يُمكن من تفادي بدء تشغيل محطات القدرة الحرارية وبالتالي إحلال محطات طاقة الرياح محل تلك المحطات.

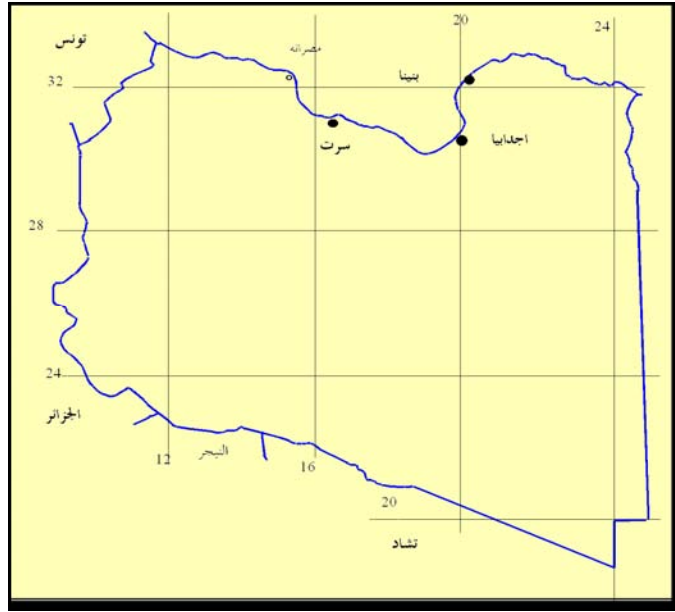
في أي خطط لاستخدام محطات الطاقات المتجددة بشكل عام وإدخالها في الخليط الطاقوي المحلي، فإنه من المهم تقييم تلك المصادر. وفي الدراسات السابقة لتقدير إمكانات طاقة الرياح في ليبيا أخذ في الاعتبار تقييم مصدر الرياح من خلال إيجاد العديد من المتغيرات الإحصائية والطاقة المتاحة للرياح [1-3]. كما، تم إعداد أطلس الرياح للمناطق الساحلية [4]. الهدف الأساسي من هذه الدراسة هو اختيار المساحات والمناطق الملائمة لإنشاء محطات توليد الكهرباء بطاقة الرياح (مزارع الرياح)، واختيار المناطق ذات إمكانات طاقة الرياح المناسبة، وتصميم مزارع الرياح المقترحة وحساب الإمكانات أو الجهد النظري والفني لطاقة الرياح باستخدام أحجام مختلفة من التوربينات الريحية، وكذلك تخمين أو تقدير القيمة الفعلية لطاقة الرياح وكذلك (Capacity Credit) من خلال التوفير في القدرة، وكذلك التوفير في الوقود و المزايا البيئية الأخرى من خلال تحويلها إلى قيمة مالية.

أعدت هذه الورقة بغرض تقييم الإمكانات الجهد النظري والفني لطاقة الرياح على الساحل الليبي وبالتحديد دراسة المنطقة الوسطى منه. كما تم حساب القدرة الفعلية لطاقة الرياح عند نسب مختلفة لمساهمة طاقة الرياح .

وُقسم العمل في هذه الدراسة إلى مرحلتين ، المرحلة الأولى تهم بنمذجة الطاقة المنتجة من الرياح والثانية بنمذجة الطاقة الكهربائية والتي تتوقف أو تعتمد على المرحلة الأولى.

لقدره دوائر القطع، كما يجب توفر محطة خفض /رفع الجهد وشبكة التوزيع في المنطقة القريبة والمجاورة لمزرعة الرياح.

- عدم وجود عوائق في المواقع المختارة لتجنب إعاقة الرياح السائدة.
- مواصفات ملائمة للتربة، والتي تؤثر بدورها على تكلفة إنشاء القواعد.
- العوامل الأخرى والتي منها، الضجيج، وتأثير التربينات على الطيور والحيوانات الأخرى، وأيضاً تشوه المناظر الطبيعية، و كذلك تأثير تداخل الموجات في رادارات الإذاعات المرئية وأجهزة الإرسال. و هذه العوامل يصعب تقديرها مادياً.



شكل (1) مواقع محطات الأرصاد موضوع الدراسة.

2.2.2 تخطيط مزرعة الرياح

تتمتع ليبيا بمساحة شاسعة (تبلغ حوالي 1.8 مليون كيلومتراً مربعاً) وتبلغ كثافة السكان حوالي 2.9 شخص /كم². بالتالي لا توجد أي محدودية من ناحية توفر الأراضي. ولتقدير الطاقة المنتجة من التوربينات الريحية رتبت التوربينات الريحية في مزارع الرياح المقترحة بحيث تكون المسافة بين عمود وآخر حوالي 5 أضعاف قطر العضو الدوار وبمسافة تبلغ 8 أضعاف القطر بين كل صف وآخر.

3.2.2 وصف المساحات تحت الدراسة

بصفة عامة تتميز التضاريس لجميع المواقع موضوع الدراسة بأنها مستوية ومفتوحة وذلك بمسافة تتجاوز 2 كم من

المواقع وتمتد إلى الداخل بمسافة قدرها 2 كم من الساحل.

1.2.2 معايير اختيار الموقع

تم مسح مناطق الساحل من خلال الخرائط الطبوغرافية المتوفرة بمقياس رسم 1:50,000 و 1:250,000 بغرض اختيار المواقع الملائمة وقد تم إتباع المعايير التالية :

- البعد عن المدن الكبرى والمناطق المزدحمة.
- البعد عن المناطق السياحية والمناطق العسكرية.
- توفر الرياح الملائمة. (متوسط سرعة الرياح لا يقل عن 5 م/ث عند ارتفاع 10م).
- سهولة المناولة والتنقل وسهولة تحرك الروافع والتركيب في الموقع.
- وجود شبكة قوية وجيدة (طبقاً لسعة مزرعة الرياح ويجب أن تتوفر في الشبكة الكهربائية متطلبات معينة

إدارة الطاقة

زاوية خط الطول ودائرة العرض) والارتفاع عن مستوى سطح الأرض وكذلك الفترة الزمنية للبيانات المستخدمة في هذه الدراسة.

3.2 اختيار حجم التوربينات الريحية

لقد تم اختيار خمسة أحجام من التوربينات الريحية بقدرتها اسمية قدرها 500, 750, 1000, 2000, 1500 كيلو وات، وهي تمثل الأحجام المتاحة حالياً للتوربينات الريحية حالياً في الأسواق العالمية. ويوضح الجدول (2) المواصفات الرئيسية لتلك التوربينات.

4.2 نمذجة سرعة الرياح عند ارتفاع الصرة

(ارتفاع مركز العضو الدوار للتوربينة الريحية)

تقاس سرعة الرياح في محطات الأرصاد عادة عند ارتفاع يتراوح ما بين 7 و 10 متر فوق مستوى سطح الأرض، ولقراءة كل ثلاث ساعات. وحيث أن مواقع التوربينات الريحية تختلف في مواضعها عن مواضع محطات الأرصاد من ناحية خشونة السطح والعوائق، فإنه من

الساحل، حيث توجد بها شجيرات قليلة صغيرة وبعض النباتات الصحراوية. وأيضاً يوجد بها بعض أشجار النخيل. وتتغير نوعية التربة من أراضي رملية وبعض الحجارة الصغيرة في بعض الأجزاء إلى بعض الصخور الجافة في الأجزاء الأخرى. وتنتشر الأراضي السبخية في بعض الأماكن الأخرى. وتبعد المدن الواقعة في هذه المنطقة مسافة حوالي 5-20 كم عن الساحل. ونلاحظ أن معظم المساحات القريبة من الساحل تعتبر مفتوحة وملائمة، وأيضاً فإنها بعيدة عن المدن مما يجعلها مشجعة لإنشاء محطات قوى ريحية (مزارع رياح) لتوليد الكهرباء وتوصيلها بالشبكة الكهربائية.

2.2 اختيار محطات الأرصاد

تم اختيار ثلاث محطات أرصاد على الساحل وهي (بنينا، وأجدابيا، وسرت) وهي تمثل النطاق الجغرافي لتلك المناطق. وقد تم استخدام بيانات الرياح لقراءة كل 3- ساعات ولفترات تتجاوز عشر سنوات. ويوضح الجدول (1) المعلومات التفصيلية لتلك المحطات متضمناً الموقع الجغرافي)

الجدول (1) بعض البيانات الخاصة بمحطات الأرصاد موضوع الدراسة

المحطة	الفترة الزمنية	الارتفاع (م.ف.م.س.ب)	زاوية خط الطول (° شرقاً)	دائرة العرض (° شمالاً)
بنينا	79 - 88	132	16 20	05 32
أجدابيا	79 - 88	6	16 20	43 30
سرت	79 - 88	13	16 35	12 31

جدول (2) المواصفات الرئيسية للتوربينات الريحية المختارة

نوع التوربينة	قطر النوار (م)	ارتفاع الصرة (م)	القدرة الاسمية (ك. وات)
Gamma2	63	66	2000
Gamma60	60	66	1500
WTG-1MW	52	60	1000
WindMaster75	40	51	750
WindMaster50	33	44	500

مزرعة الرياح.

يتطلب حساب الطاقة المنتجة معرفة المواصفات التفصيلية للموقع (سرعة الرياح وتوزيعها التكراري) ومواصفات التوربينات الريحية (منحنى القدرة). ولقد استخدم برنامج الواسب لحساب الطاقة المنتجة من توربينة واحدة وعممت النتائج بعد ذلك على المزرعة المقترحة بكاملها.

6.2 حساب معامل القدرة (Capacity Factor)

يعرف معامل القدرة بأنه النسبة بين الطاقة المتوقع إنتاجها سنويا من التوربينة الريحية إلى الطاقة الكلية المنتجة من التوربينة على أساس عملها عند قدرتها الاسمية على مدار السنة. بناء عليه تم حساب معامل القدرة للمواقع الثلاثة وباستخدام التوربينات الريحية المختلفة التي تم اختيارها.

3- نمذجة الطاقة الكهربائية المنتجة

لتعيين القدرة الفعلية (Capacity Credit)

تعرف القدرة الفعلية بأنها القدرة الممكن استبدالها من الطاقة

الضروري إيجاد طريقة لتحويل بيانات الرياح من محطات الأرصاد إلى مواقع التوربينات الريحية وكذلك عند ارتفاعات تضاهي ارتفاع البرج (أو ارتفاع مركز العضو الدوار للتوربينة الريحية) لذلك استخدم برنامج الواسب لإنجاز هذه المهمة، حيث أنه يستخدم لاستقراء بيانات الرياح في موقع محطة الأرصاد وتحويلها إلى مواقع التوربينات عند الارتفاعات المطلوبة وكذلك حساب الطاقة الناتجة من التوربينات الريحية إضافة إلى حسابات أخرى ذات علاقة وذلك بمسافات أفقية تتراوح ما بين 50 إلى 100 كم.

5.2 حسابات الطاقة المنتجة من الرياح

يتطلب حساب وتقدير الطاقة المنتجة من التوربينات الريحية سنوياً، هذا وجود خرائط تفصيلية للموقع (إلى مسافة أكثر من 3 كم في الاتجاه السائد للرياح) لذا استخدمت خرائط طوبوغرافية بمقياس رسم 1 : 50,000 لكل من بنيه وأجدابيا وخرائط بمقياس رسم 1 : 250,000 لمنطقة سرت بغرض تحديد المواصفات التفصيلية للمواقع المقترحة لإنشاء

إدارة الطاقة

فإن الاعتمادية الكلية لمنظومة توليد الكهرباء تتحسن. وهذا يعوض النقص في السعة التقليدية. ويعتبر هذا النقص من القدرة المركبة للتوليد مقياساً لقيمة السعة الفعلية لطاقة الرياح أو القدرة الفعلية لطاقة الرياح.

إن الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تقدير أو تعيين قيمة القدرة من التوربينات الريحية بالميجاوات اللازمة لإحلال قدرة معينة مولدة من محطات القدرة التقليدية (التوربينات الغازية مثلاً) عند دمج محطات قدرة ريحية في الشبكة الكهربائية، بشرط أن تعمل المنظومة التقليدي لتوليد الكهرباء بنفس الاعتمادية، أي أن دمج منظومات الرياح لن يقلل من اعتمادية منظومة الكهرباء التقليدية.

وبسبب طبيعة الرياح المتقلبة فقد تم استخدام مفهوم الأحمال السالبة لحساب معامل القدرة الفعلية لطاقة الرياح. حيث أستخدم برنامج الحاسوب WASP المصمم لغرض الحصول على أفضل سياسة للتوسع في منظومة توليد كهربائية فعالة. وقد تم استخدامه حسب الخطوات التالية:

- تشغيل محاكي لمنظومة توليد قدرة باستخدام التوقعات المستقبلية للطلب على الطاقة والأحمال المخططة والمعلومات الخاصة بكل المولدات.
- تشغيل البرنامج لتعيين أفضل توليد لفترة أحمال محدودة والمحافظة على الاعتمادية عند مستويات محددة ومقبولة (الحالة المرجعية).
- إدارة أو تشغيل محاكي منظومة التوليد الكهربائية باستخدام الطلب على الأحمال المحسن (المتحصل عليه بطرح القدرات الخارجة من التوربينات الريحية). تعاد الخطوة الثانية ويعين أفضل توسع في التوليد باستخدام الطلب على الأحمال المحسن.



التقليدية بطاقة الرياح دون التأثير على اعتمادية النظام أو المنظومة. وعند تقييم منظومة إمداد قدرة كهربائية، فإن اعتمادية المنظومة تعتبر من المعايير الهامة. ويمكن حساب الاعتمادية بطرق إحصائية ويمكن التعبير عنها بطريقة أو نموذج احتمالية فقد القدرة وتوضح بكمية تسمى احتمالية فقد الحمل Loss Of Load Probability، وتعطى هذه القيمة بيوم واحد لكل ثلاث سنوات بالنسبة لشبكة الكهرباء الليبية. ووضعت معايير مقبولة لاحتمالية فقد القدرة تجعل بالإمكان تقييم اعتمادية نظام التوليد ومواعمه لمنظومة الطاقة وذلك من أجل الحصول على الاعتمادية المطلوبة لمنظومة التوليد الكهربائي. وعند إضافة منظومات طاقة الرياح إلى منظومة الطاقة الكهربائية،

استقصاء بيانات الرياح لكل محطة من محطات الأرصاد الثلاث إلى المناطق المجاورة لها والمقترحة لبناء محطات قوى رياح (مزارع ريحية)، بالأخذ في الاعتبار خشونة السطح، والتغير فيها والعوائق في كل من محطة الأرصاد والمواقع المقترحة. هذا وقد تم توضيح المواصفات الأساسية للتوربينات الريحية المستخدمة في هذه الدراسة بغرض تقييم إمكانيات طاقة الرياح في الجدول (2).

ويوضح الجدول (3) والشكل (2) كل من المتوسط الشهري لسرعة الرياح والقدرة المتاحة عند ارتفاع 10 متر فوق مستوى سطح البحر (ف.م.س.ا) لثلاثة محطات أرصاد. أما الشكل (3) فيبين النمط اليومي لنفس الفترة.

- في الحالة المرجعية، يتم إضافات في القدرة بغرض المحافظة على نفس الاعتمادية للنظام.
- بعدها يتم حساب قيمة القدرة بالاختلاف بين قدرة التوليد البديلة والحالة المرجعية والחסنة.
- يُعاد إجراء الخطوات السابقة عند كل مستوى مساهمة لطاقة الرياح.

4 - المناقشة والنتائج

أجريت التحليلات لبيانات الرياح لكل من محطة أرصاد سرت، أجدابيا وبنينا، للفترة 1979-1989 ، وقد تم

جدول (3) المتوسط الشهري لسرعة الرياح والقدرة المتاحة عند 10 متر (ف.م.س.ا)

سرت (6.1, 340)		أجدابيا(102, 3.3)		بنينا (4.7, 154)		المحطة
ق (وات/م ²)	ع (م/ث)	ق (وات/م ²)	ع (م/ث)	ق (وات/م ²)	ع (م/ث)	الزمن
555	7	141	2.2	128	4.4	أي النار
621	7.2	84	2.6	175	4.8	النوار
357	5.7	105	2.7	212	5	الربيع
253	4.9	94	2.8	242	5.5	الطير
220	4.3	113	2.9	198	5.4	الماء
271	4.9	37	2.2	156	5.2	الصيف
388	6.8	16	1.7	161	5.2	ناصر
321	6.4	14	1.6	132	4.7	هانيبال
259	5.6	21	1.5	105	4.3	الفتاح
150	4.3	34	1.5	117	4.1	التمور
527	6.8	34	1.5	111	4.1	الحرث
597	7.2	51	2	113	4.2	الكاتون

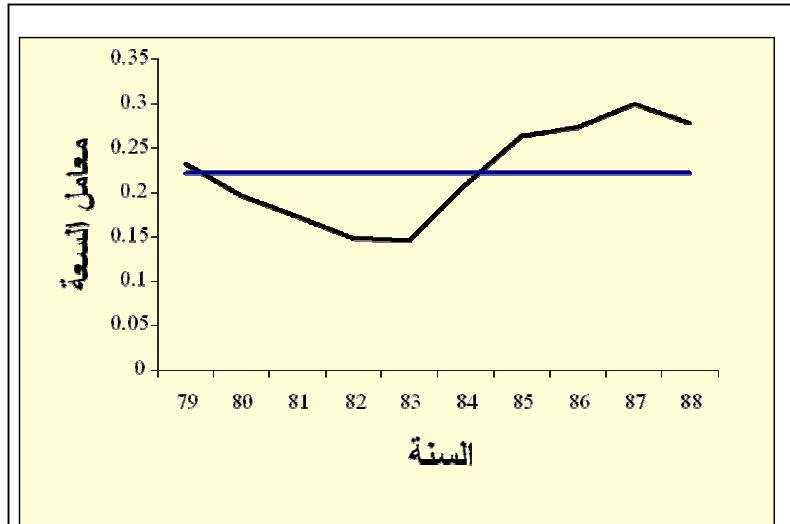
إدارة الطاقة

جدول (4) النمط اليومي لسرعة الرياح والقدرة المتاحة عند 10 متر (ف.م.س.ا)

بنينا (4.7, 154)		درنة (6.1, 340)		أجدابيا (3.3, 102)		الخطة
ق (وات/م ²)	ع (م/ث)	ق (وات/م ²)	ع (م/ث)	ق (وات/م ²)	ع (م/ث)	الزمن
95	3.7	375	5.9	62	2.1	00
105	3.7	365	5.9	51	2	03
133	4.1	371	6.1	59	2.1	06
175	5.2	337	6.3	118	3.6	09
211	5.9	372	6.6	146	4.6	12
207	5.9	3.5	6.3	200	5.2	15
142	4.6	292	5.8	92	3.5	18
104	3.8	279	5.5	51	2.4	21

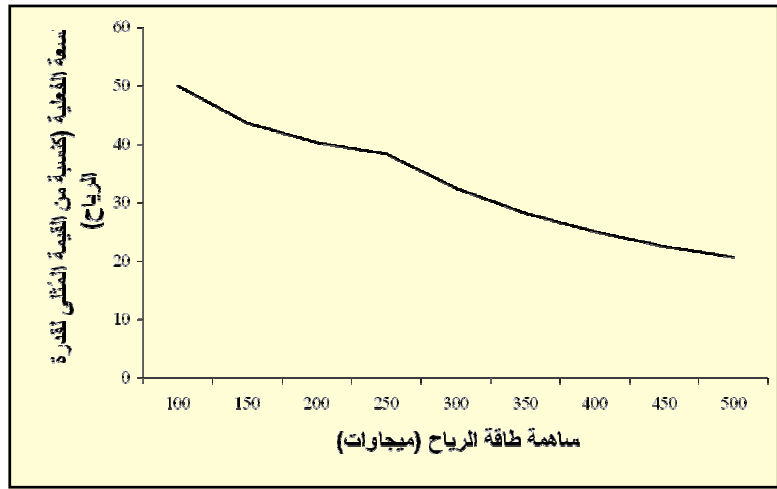
لقد أوضحت النتائج أن متوسط سرعة الرياح في بنينه بلغ 5.2 م/ث لخشونة سطح بتصنيف (I) وعلى ارتفاع 10 أمتار فوق سطح الأرض وبلغت 8 م/ث عند 50 متراً (ف.م.س.ا) وبلغ متوسط معامل السعة 22% (في حالة تركيب مروحة بقدرة 1ميغاوات). وفي أجدابيا وعند نفس درجة الخشونة بلغ متوسط سرعة الرياح 4 م/ث عند 10 م (ف.م.س.ا) و6.5 م/ث عند 50 م (ف.م.س.ا) وبلغ متوسط معامل القدرة 14%. بينما في سرت بلغ متوسط سرعة الرياح 5.5 م/ث عند 10 متر (ف.م.س.ا) و8.8 م/ث عند ارتفاع 50 متراً (ف.م.س.ا) وبلغ

ويوضح الجدول (4) الطاقة المتوقعة إنتاجها لكل منطقة من المناطق تحت الدراسة.



شكل (2) معامل القدرة للسنوات (1988-1979) وقيمة متوسط معامل القدرة

متوسط معامل القدرة 28 % .
يوضح الجدول (5) متوسط الطاقة المنتجة للتوربينات مختلفة لكل منطقة والمساحات المتاحة والمقترحة لإنشاء مزارع الرياح. والجدول (6) يبين متوسط معامل القدرة الفعلية ونفس المناطق ونفس التوربينات الريحية. ويمكن ملاحظة أن أقل قيمة لمعامل السعة كانت في منطقة أجدابيا، وأن أعلى قيمة كانت في منطقة سرت.



شكل (3) معامل القدرة الفعلية لنسب مختلفة لمساهمة طاقة الرياح

كما سبق يمكننا ملاحظة أن إمكانيات

1246.3 ميغاوات ساعة / سنة بمساحة تبلغ 241.3 كم²، طاقة الرياح تتراوح في منطقة بنينه بين 699.6 إلى

جدول (5) الطاقة المتوقعة إنتاجها (جيجاوات ساعة/سنة) من محطات طاقة الرياح المقترحة في ثلاثة مواقع

2MW	1.5 MW	1 MW	0.75MW	0.5 MW	A (km ²)	المنطقة
1246.28	1144.9	1121.3	865.42	699.60	241,300	بنينا
0551.59	0482.7	0475.1	370.40	302.87	126,500	أجدابيا
5635.90	5089.7	4801.95	3713.8	3022.4	771,100	سرت

جدول (6) معامل السعة المتوقع لثلاثة مناطق مختلفة ولتوربينات ريحية مختلفة

2MW	1.5 MW	1 MW	0.75MW	0.5 MW	المنطقة
0.16	0.20	0.22	0.18	0.18	بنينا
0.11	0.13	0.14	0.12	0.12	أجدابيا
0.21	0.25	0.28	0.24	0.24	سرت

إدارة الطاقة

وذلك حسب حجم التوربينات الريحية، كما هو موضح في الجدول (5). ويتغير معامل القدرة الفعلية من 0.16 إلى 0.22 % لنفس الحالات السابقة وكما هو موضح في الجدول (6).

بينما في المناطق المحيطة بأجدابيا، فتتغير الطاقة المنتجة من 302.87 إلى 551.6 ميجاوات. ساعة/سنة لمساحة بلغت 1265.5 كم² ويتراوح متوسط معامل القدرة من 0.11 إلى 0.13. بينما تتراوح الطاقة المنتجة ما بين 3022.416 و 5635.9 ميجاوات ساعة/سنة ومساحة قدرها 771 كم² بالنسبة لمنطقة سرت معامل قدرة يتراوح من 0.21 إلى 0.28 %. بينما في المناطق المحيطة بأجدابيا، فتتغير الطاقة المنتجة من 302.87 إلى 551.6 ميجاوات. ساعة/سنة لمساحة بلغت 1265.5 كم² ويتراوح متوسط معامل القدرة من 0.11 إلى 0.13. بينما تتراوح الطاقة المنتجة ما بين 3022.416 و 5635.9 ميجاوات ساعة/سنة ومساحة قدرها 771 كم² بالنسبة لمنطقة سرت ومعامل قدرة يتراوح من 0.21 إلى 0.28 %.

إن المساحة الكلية لمناطق الدراسة المستخدمة في تقدير إمكانيات طاقة الرياح النظرية بلغت 1138.9 كم² وهي

تمثل فقط 0.063 % من المساحة الكلية من ليبيا. وبلغت الطاقة الكلية المتوقع إنتاجها من تلك المساحة 4.024.91 ميجاوات ساعة /سنة في حالة استخدام توربينات ربحية بقدرة 0.5 ميجاوات و 7433.77 ميجاوات ساعة /سنة في حالة استخدام توربينات بقدرة 2 ميجاوات، حيث تمثل هذه القيمة حوالي 46% من الطاقة الكهربائية المنتجة من محطات التوليد التقليدية في عام 2001 (16.015 ميجاوات ساعة)

وتتراوح القدرة الفعلية لطاقة الرياح لمحطات قوى الرياح (مزارع الرياح) بين 50% عند نسبة تغلغل قدرها 30.46% و 20% عند نسبة تغلغل 12.28% من حمل الذروة.

ويوضح الجدول (7) القدرة الفعلية المتوقعة لطاقة الرياح في الجماهيرية لثلاث مستويات تغلغل مختلفة من طاقة الرياح كنسبة من حمل الذروة وقد لوحظ أن القدرة الفعلية لطاقة الرياح تقل بزيادة مستوى التغلغل. وهذه النتائج تتوافق مع دراسات أخرى أجريت خارج الجماهيرية [8,9]. ومن أهم العوامل الرئيسية التي قد تؤثر على السعة الفعلية أو القدرة

جدول (7) القدرة الفعلية المتوقعة لمحطات طاقة الرياح عند نسب تغلغل مختلفة

معامل القدرة الفعلية (% من القدرة الاسمية)	معامل القدرة الفعلية (ميجا وات)	نسبة التغلغل (% من الحمل الأقصى)	الطاقة المركبة (ميجاوات)
50.0	50	3.46	100
38.4	96	8.64	250
20.6	103	12.28	500



الفعالية هي: معامل السعة أو القدرة، مستوى مساهمة قدرة الرياح والانتشار الجغرافي لمنظومات تحويل طاقة الرياح. وكذلك نوع محطات القدرة المستخدمة في الخليط الطاقوي، وقيمة أقصى طلب على الشبكة الكهربائية ومتطلبات مستوى الاعتمادية في الشبكة الكهربائية المحلية.

5 - الخلاصة

تعرض هذه الورقة نتائج لدراسة تقدير وتقييم إمكانيات طاقة الرياح للمنطقة الوسطى من الساحل الليبي. وتوضح النتائج إمكانية استغلال طاقة الرياح في ليبيا لتطبيقات عدة وخاصة لتوليد الطاقة الكهربائية كمحطات قدرة مركزية وربطها بالشبكة العامة للكهرباء.

كما توضح النتائج أن القيمة الفعلية لسعة الرياح تقل مع

زيادة نسبة المساهمة لقدرة الرياح (كنسبة من الحمل الأقصى). ونوصي من خلال هذه الدراسة بالآتي:-

1. إجراء حملات لقياس سرعة الرياح بحيث يتم تغطية كافة المناطق في الجماهيرية، وتمهيداً لإعداد أطلس الرياح.

2. إجراء دراسات الجدوى الاقتصادية لاستخدام طاقة الرياح بالجماهيرية في توليد الطاقة الكهربائية.

3. إجراء دراسات حول تأثير إدخال منظومات طاقة الرياح على الشبكة العامة للكهرباء.

4. إجراء الدراسات المتعلقة بأقصى نسبة مساهمة لطاقة الرياح (كنسبة من الحمل الأقصى) يمكن أن تسهم بها طاقة الرياح في الشبكة الكهربائية المحلية.

5. دراسة تأثير التوزيع الجغرافي لمحطات قدرة الرياح على القدرة الفعلية لطاقة الرياح.

- cations, OWEMES'97, 10-11 April 1997, Sardinia, Italy.
5. Yagoub, A. S., Evaluation of Capacity Credit of Wind Power Plants on the Libyan National Network, M.Sc. Thesis, Aero. Eng. Dept., Al-Fateh University, Libya, July 2003.
 6. Mortensen, Niels G., Wind Atlas Analysis and Application Program (WASP), R isoe National Laboratory, Denmark, Jan. 1993.
 7. Kahlifa, Y. M., Wind Atlas for The Coastal Region of Jamahiria, M.Sc. Thesis, Mech. Eng. Dept., Al-Fateh University, Libya, March 1998.
 8. Wijk, Ad van, Wind Energy and Electricity Production, Ph D. Thesis, Un. Of Utrecht, Ni., June 1990.
 9. Milligan, M.R., Modelling Utility – Scale Wind Power Plants, Part 2: Capacity Credit, Wind Energy, John Wiley & sons Ltd., Vol. 3, pp167-2006, 2000.
1. El-Osta, W.B., et al., "Wind Energy Potential in Libya", The National Solar Energy Conference, SOLAR 90, ASES Annual Conf., March 19-22, 1990, Austin Texas, American Society Inc. 1990.
 2. El-Osta, W.B., and Taher, A., "Forecast for Wind Energy Potential in Libya", EWEC'91, 14-17 Oct., 1991, Amsterdam, The Netherlands.
 3. El-Osta, W.B., .. et al. "Evaluation of Wind Energy Potential in Libya", Applied Energy , Special Issue Proceedings, 5th Arab Int. Solar Energy Conf., Bahrain, 13-16 Nov. 1995, pp. 675- 684, Elsevier Applied Science, 1995.
 4. El-Osta, W.B., .. et al, "Wind Atlas for the Northern Coast of Libya", Proceedings of OFFSHORE WIND ENERGY IN THE MEDITERRANEAN AND OTHER EUROPEAN SEAS: Technology and Potential Appli-

ملخص

تستعرض هذه الورقة نتائج دراسة أجريت لتقييم إمكانات طاقة الرياح في المناطق الوسطى من الساحل الليبي. تمت دراسة عدة مواقع بغرض اختيار أفضل المواقع لإنشاء مزارع ريفية. وقد تم اختيار أحجام مختلفة للتوربينات الريحية لتقدير إمكانات طاقة الرياح، وذلك بناءً على تطور الأسواق الحالية والمستقبلية لمنظومات الرياح، ولتحقيق السمات الاقتصادية والبيئية. وتم اختيار المواقع بناءً على المعايير المتعارف عليها عالمياً بما يشمل حالة الشبكة الكهربائية المحلية وحالات الأحمال.

وقد استخدمت بيانات الرياح من ثلاث محطات أرصاد في المنطقة المقترحة بغرض تقييم إمكانات طاقة الرياح. حيث تم استقراء بيانات الرياح من محطات الأرصاد إلى المواقع المختارة باستخدام برنامج WASP (برنامج تطبيق أطلس الرياح)، والمعد من قبل معامل ريزو RISO الوطنية الدنمركية. بغرض تقدير الطاقة المنتجة من محطات قدرة الرياح المقترحة. قُدرت إمكانات طاقة الرياح بناءً على مواصفات أو خصائص المواقع أي الأخذ في الاعتبار كل من؛ خشونة السطح، والتغيير فيها والعوائق لكل من محطة الأرصاد والمواقع المختارة، إضافة إلى مواصفات وخصائص التربينات الريحية وكذلك الاستعانة ببعض الافتراضات.

كما تم استخدام برنامج WASP، لإنجاز الحسابات الخاصة بتوليد الطاقة الكهربائية من المحطات التقليدية في الشبكة العامة للكهرباء ولحساب التوفير في الطاقة التقليدية (القدرة الفعلية) كنتيجة لتركيب التوربينات الريحية. وقد أوضحت النتائج أن القدرة الفعلية تتراوح من 20% إلى 50% بحسب نسب مساهمة طاقة الرياح التي تم افتراضها في هذه الدراسة.