دراسة حول توربينات الرياح وإستخدامها لتوليد الطاقة الكهربائية "بالتطبيق على مدينة بورتسودان"

بحث تكميلي لنيل درجة البكلاريوس مرتبة الشرف في الهندسة الميكانيكية

إعداد الطلاب:

أبوعبيدة إدريس محمد محمد نور

القاسم محمد الماحي محمد أحمد

محمد عبد الرحيم محمد حاج

إشراف:

د/ فتح الرحمن أحمد الماحي

كلية الهندسة

جامعة الشيخ عبدالله البري

مارس٢٠٢٢م

الآية

﴿ وَهُوَ الَّذِي أَرْسَلَ الرِّيَاحَ بُشْرًا بَيْنَ يَدَيْ رَحْمَتِهِ ۚ وَأَنْزَلْنَا مِنَ السَّمَاءِ مَاءً طَهُورًا ﴾

سورة الفرقان :٤٨

الإهداء

إلى أبي :

ذلك القابض على جمر الإنتظار في صبر والذي أفنى عمره ليرانا يوما كما يتمنى ويريد ..

تأكد بأن قلوبنا مليئة بالتقدير والإحترام لك

إلى أمي :

كان لابد أن أهديك ثمرة جهدي الذي كان لك فيه القدح المعلى بصبرك وجهدك وعطفك ودعوتك التي كانت خير معين لي في مسيرتي ..

إلى أخواني الأعزاء:

الذين قدموا الغالي والنفيس ... يا قدوة المحبة والبسالة و التضحية لكم مني ... حباً ووفاءاً وعرفاناً.

إلى كل من أضاف إلى حصيلة معرفتي حرفاً منذ نعومة أظافري ... أساتذتي الأجلاء

إلى رفقاء الدرب الطويل زملائي

شكر وعرفان

الشكر أولا و أخرالله عز وجل الذي وفقنا لإتمام هذا البحث

ولابد لنا ونحن نخطو خطواتنا الأخيرة بهذه الحياة الجامعية من وقفة نعود إلى أعوام قضيناها في رحاب الجامعة مع أساتذتنا الكرام الذين قدموا لنا الكثير باذلين جهودا كبيرة في بناء جيل الغد .

وقبل أن نمضي نقدم أسمى آيات الشكر والإمتنان و التقدير و المحبة إلى الذين حملوا أقدس رسالة في الحياة.

إلى الذين مهدوا لنا طريق العلم إلى جميع أساتذنا الأفاضل

(كن عالما : فان لم تستطع فكن متعلما ، فإن لم تستطع فحب العلماء ، فان لم تستطع فلا تبغضهم)

ونخص بالتقدير و الشكر الدكتور الجليل

فتح الرحمن أحمد الماحي

الملخص

يعتبر دراسة توربينات الرياح وإستخدامها أحد الركائز الأساسية للتطوير المستقبلي لنظم الطاقة المتجددة بصفة عامة وطاقة الرياح بصفة خاصة.

من خلال الدراسات المتوفرة و الإحصائات السابقة نصل إلى حقيقة أن طاقة الرياح من أقدم أنواع الطاقات التي إستخدمها الإنسان ونجد أن الأهمية من التطبيق على مدينة بورتسودان إمداد المدينة بالتيار الكهربائي حيث تعاني المدينة نسبة عجز في الإمداد الكهربائي يصل إلى حوالي 50%.

تشهد مدينة بورتسودان طلب متزايداً على الطاقة تعتمد في مجابهته على حرق الوقود الهيدروكربوني .

تم أخذ القياسات وإتجاهات الرياح من محطة القياس لمطار بورتسودان الدولي ويمتاز ساحل البحر الأحمر برياح دائمة على مدار العام لذلك سيكون موقع المحطة على الساحل.

تم إختيار توربين من نوع فيستاس وقد وجد أنه يمكن توليد 500 كليو واط بتكلفة تبلغ حوالي 250,000 دولار .

Abstract

The study of wind turbines and their use is one of the main pillars for the future development of renewable energy systems in general and wind energy in particular.

Through the available studies and previous statistics, we arrive at the fact that wind energy is one of the oldest types of energies used by humans, and we find that the importance of applying to the city of Port Sudan is to supply the city with electric current, where it suffers from a deficit in the electrical supply of about 50%.

Port Sudan is witnessing an increasing demand for energy, which depends on burning hydrocarbon fuels.

Measurements and wind directions were taken from the measurement station of Port Sudan International Airport. The Red Sea coast is characterized by permanent winds throughout the year, so the station will be located on the coast.

A Vestas turbine was selected and it was found that it can generate 500 kilowatts at a cost of about $250,000.

فهرس المحتويات

الترقيم	المحتويات	رقم الصفحة
1	الآية	I
2	الإهداء	II
3	شكر وعرفان	III
4	المستخلص	IV
5	Abstract	V
6	فهرس المحتويات	VI
7	فهرس الجداول	IX
8	فهرس الأشكال	X
	الفصل الأول: مقدمة	
1-1	طاقة الرياح عبر العصور	1
2-1	تعريف طاقة الرياح و أسباب نشؤها ومسبباتها	1
3-1	أهم الدراسات و الأبحاث في جدوى إستغلال طاقة الرياح	3
4-1	العوامل التي تؤثر على إستخدام طاقة الرياح	3
5-1	التأثيرات البيئية لإستخدام طاقة الرياح	4
6-1	تأثير الوسط المحيط و الإرتفاع	6
7-1	مشكلة البحث	7
8-1	أهداف البحث	7

الفصل الثاني :منشآت تحويل طاقة الرياح إلى طاقة كهربائية		
1-2	**طواحين الرياح**	9
2-2	**كيفية عمل العنفات الريحية**	9
3-2	**تأثير العنفات**	12
4-2	**القدرة و الطاقة المستخلصة من العنفات**	13
5-2	**الحد من الإستطاعة و الفصل عند العواصف**	15
6-2	**الأجزاء الأساسية للتوربين**	16
7-2	**فكرة عمل توربينات الرياح**	22
الفصل الثالث: دراسة الرياح في مدينة بورتسودان		
1-3	**المناخ في مدينة بورتسودان**	24
2-3	**أنظمة الرياح في مدينة بورتسزدان**	25
3-3	**مصادر الرياح في مدينة بورتسوان**	26
4-3	**حصر مصادر طاقة الرياح**	26
5-3	**تحليل بيانات الرياح الحالية**	31
6-3	**متوسط سرعة الرياح في مدينة بورتسودان**	33
7-3	**بيانات الرياح الحالية**	34
الفصل الرابع : تركيب وصيانة توربينات الرياح		
1-4	**أهم الشركات المصنعة للعنفات الريحية في العالم**	36
2-4	**عملية تركيب وتجميع توربينات الرياح**	36
3-4	**صيانة محطات الطاقة الكهربائية بواسطة الرياح**	40

4-4	التكلفة	42
5-4	أسعار توربينات الرياح	42
الفصل الخامس: الخاتمة والتوصيات		
5.1	الخاتمة	43
5.2	التوصيات	44
5.3	المصادر و المراجع	45

فهرس الجداول

الجداول	رقم الصفحة
الفصل الثالث	
جدول رقم (3-1) : يوضح سرعات الرياح خلال الستة أعوام السابقة من مكتب الإرصاد في مدينة بورتسوان	32
جدول رقم (3-2) : يوضح إتجاهات الرياح خلال الستة أعوام السابقة من مكتب الإرصاد في مدينة بورتسودان	33
جدول رقم (3-3) : يوضح إحصائيات سرعة الرياح لعام 2021م	34

فهرس الأشكال

الشكل	رقم الصفحة
الفصل الأول	
شكل رقم (1-1) : يوضح حركة الرياح أثناء الليل والنهار بجوار البحار والمحيطات	2
الفصل الثاني	
شكل رقم (2-1):يوضح تصميم داريوس للتوربين الريحي ذو المحور الرأسي	10
شكل رقم (2-2): يوضح توربينة أفقية المحور	11
شكل رقم (2-3) : يوضح عنفات توربينة الرياح	12
شكل رقم (2-4) : يوضح منحنى القدرة للتوربينة	13
شكل رقم (2-5) : يوضح الأجزاء الأساسية والفرعية في التوربينة	16
شكل رقم (2-6): يوضح شكل العنفة	18
شكل رقم (2-7) : يوضح شكل الصرة أو المحور	18
شكل رقم (2-8): يوضح شكل البرج	19
شكل رقم (2-9) : يوضح عمود الدوران	19
شكل رقم (2-10) : يوضح شكل الجسم الخارجي	20
شكل رقم (2-11) : يوضح جهاز سيطرة الإنحراف	21
الفصل الثالث	

شكل رقم (3-1) : يوضح العلاقة بين الإرتفاع وسرعة الرياح	27
شكل رقم (3-2) : يوضح تأثير خشونة الأرض على توزيع الرياح	27
شكل رقم (3-3) : يوضح مدى تغير سرعة الرياح بتغير تضاريس الأرض	28
شكل رقم (3-4) : يوضح طريقة تحديد إتجاه الرياح قديماً	29
شكل رقم (3-5) : يوضح الإستدلال على إتجاه الرياح عن طريق رفرفة الأعلام	30
شكل رقم (3-6) : يوضح حساس سرعة وإتجاه الرياح	30
شكل رقم (3-7) : يوضح تركيب برج القياس	31
شكل رقم (3-8) : يوضح وردة الرياح	31
شكل رقم (3-9) : يوضح رسم بياني لسرعات الرياح خلال الستة أعوام السابقة من مكتب الإرصاد الجوي في مدينة بورتسودان	35
شكل رقم (3-10) : يوضح الرسم البياني لإحصائيات سرعة الرياح لعام 2021	**35**
الفصل الرابع	
شكل رقم (4-1) : يوضح توزيع أجزاء التوربينة و المعدات أثناء التركيب	37
شكل رقم (4-2) : يوضح رفع الناسيل فوق البرج	38
شكل رقم (4-3) : يوضح تجميع العنفات على الأرض و رفعها	38
شكل رقم (4-4) : يوضح رفع البرج لتركيبه على القاعدة	39
شكل رقم (4-5) : يوضح تجميع العنفة بالصرة	40
شكل رقم (4-6) : يوضح رفع الناسيل إلى قمة البرج	40

الفصل الأول

المقدمة

1-1 طاقة الرياح عبر العصور :-

من خلال الدراسات المتوفرة والإحصاءات السابقة نصل إلي حقيقة أن طاقة الرياح من أقدم أنواع الطاقات التي إستخدمها الانسان وهي أحد أنواع الطاقات المتجددة التي إستغلها الانسان منذ عصور ما قبل التاريخ .

إستخدم الانسان منذ الآف السنين طاقة الرياح وتطبيقاتها في إنتاج الحركة ودفع الاشياء فأستخدمت لتسيير السفن عبر البحار والمحيطات كما إستخدمت لإدارة الطواحين الهوائية لرفع مياه الآبار. كما إستفاد الأروبيون من الشرق في هذا المجال في تطوير الطواحين الهوائية ذات المحور الأفقي في القرن الثاني عشر للميلاد حيث بدأ في هولندا وإستخدمت في ضخ المياه وكذلك في روسيا وأنتجت الولايات المتحدة أول طاحونة ضخمة لإنتاج الكهرباء .

2-1 تعريف طاقة الرياح وأسباب نشوئها ومسبباتها:-

الرياح هي الحركة الأفقية لجزيئات الهواء وهي تمثل كمية تتألف من عنصرين يحددان خصائصها هما الإتجاه والسرعة.

الإتجاه يشير إلى الجهة القادمة منها الرياح ، وتقاس بالدرجات ، بإتجاه عقارب الساعة إبتداء من الشمال الجغرافي (صفر درجة). أما سرعة الرياح ، فهي مقياس للمسافة التي تقطعها جزيئات الهواء المتحركة أفقياً في وحدة الزمن .

إن الرياح شكل من أشكال الطاقة الشمسية (حوالي 2% من طاقة الشمس المرسلة إلى الأرض). فضوء الشمس يسقط بكميات غير متساوية علي مناطق الأرض المختلفة مما يجعل بعض أجزاء الجو أشد حرارة من الأجزاء الأخرى .

وبما أن الهواء الدافي أخف من الهواء البارد فأنه يصعد إلى طبقات الجو العليا ويحل محله الهواء البارد مما يسبب الرياح .

إن السبب الأول لنشوء الرياح هو وجود إنحدار في الضغط الجوي ، مما يقود الهواء بالتحرك من المكان الأعلي ضغطآ إلى المكان الأقل ضغطآ وتهب الرياح أيضآ في مستويات الجو العليا بشكل إنسيابي موازية لسطوح الضغط المتساوية وهي ما تعرف بإسم الرياح الجيوستروفية التي تتحكم في حركتها قوتان هما إنحدار الضغط وقوة كوريولس (إنحدار التيارات الهوائية الجوية أو المائية المحيطية نحو اليمين في النص الشمالي من الكرة الارضية ونحو اليسار في النص الجنوبي بسبب دوران الأرض حول نفسها) وتضاف اليها قوه الإحتكاك عند سطح الأرض .

وتزداد سرعة الرياح كلما إزداد إنحدار الضغط وقلت كثافة الهواء وإنخفاض الإحتكاك بسطح الأرض .

نسيم البحر (الرياح تتجه إلى الشاطيء خلال النهار) نسيم البر (الرياح تتجه إلى البحر خلال الليل)

شكل رقم(1-1) : يوضح حركة الرياح أثناء الليل والنهار بجوار البحار والمحيطات

3-1 الدراسات السابقة والأبحاث في جدوى إستغلال طاقة الرياح :-

لقد قام الباحثون بجامعة إستانفورد الأمريكية بأجراء تقييم لسرعات الرياح علي مستوى العالم وعلي إرتفاع 80 متراً من سطح الأرض وإتضح أن 13%من مساطحات العالم تمر عليها رياح بسرعات أعلي من 6.9 متر/ ثانية وهو الحد الذي يعتبر عادة أقل حد مناسب لتوليد الكهرباء من الرياح علي نحو إقتصادي ، بعد مسح المساحة الكلية علي سطح الكرة الأرضية للمناطق المناسبة لنصب توربينات الرياح فيها ، قام فريق من علماء الطاقة في عام 1991 بتقدير الإمكانيات النظرية المتاحة في العالم في هذه المناطق فكانت 2000 تيراواط – ساعة، وهذه تعادل ضعف الإستهلاك العالمي للطاقة الكهربائية في عام 1987 والذي كان 900 تيراواط - ساعة.

وبعد الأخذ في الإعتبار المحددات المختلفة التي تواجه نصب مثل هذه المنظومات توصل هذا الفريق إلى أنه يمكن نصب عنفات الرياح بسعة 450 الف ميقاواط إلى عام 2025م ، وهذه الكمية ستقوم بتوليد ما يقارب 900 تيراواط _ساعة وهو يعادل 10% من الإستهلاك الحالي العالمي للطاقة و3.5% من الإستهلاك المتوقع في عام 2020م ، طبقآ لتقدير مجلس الطاقة العالمي .

وهذه الكمية المتولدة ستمنع إنبعاثات 800 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون لو أن توليد الطاقة الكهربائية تم من المحطات التي تستخدم الفحم الحجري .

4-1 العوامل التي تأثر على إستخدام طاقة الرياح :-

من أهم العوامل التي توثر على إستخدام طاقة الرياح ما يلي :-

a - سرعة الرياح :-

تعتبر سرعة الرياح من أكثر العوامل التي توثر على إستخدام هذه الطاقة وقد أوصت الدراسات التي أجريت في هذا الصدد علي تركيب المراوح الهوائية في الأماكن التي لاتزيد عندها سرعة الرياح في المتوسط عن (12.8كيلومتر/ساعة) ولا تقل عن حد معين .

تحدد قيمة الحد الأدنى لسرعة الرياح من خلال عدة عوامل منها:-

I - حجم الجهاز المستخدم في عملية التحويل

Ii - إرتفاع المكان الذي سيركب عليه الجهاز

iii - كما يجب معرفة خصائص الرياح الأخرى في المنطقة المعينة والمتمثلة في تفاوت سرعة الرياح واتجاهاتها وفترة نشاطها خلال العام اذ أن إختلاف السرعات خلال اليوم و العام في الموقع يحدد حجم الوحدات المراد تركيبها.

b - كثافة الهواء :-

وهي علاقة طردية ويعني هذا أنه كلما كان الموقع أبرد في درجات الحرارة كلما زادت كثافة الهواء والطاقة المحتواه في الرياح المار به والعكس صحيح .

c - المساحة الدائرية التي تمر خلالها الرياح عبر التوربينة:-

أي مساحة دوران عنفات توربينة الرياح ، وهذه المساحة الدائرية تتناسب مع مربع طول عنفات التوربينة (التي تمثل نصف قطر المساحة الدائرية) وهذا يفسر لنا سبب السعي الدائم نحو تكبير أحجام التوربينات و السعي إلي زيادة أطوال عنفات التوربينات وبالتالي زياد قطر الدائرة التي تشغلها العنفات .

1- 5 التأثيرات البيئية لإستخدام طاقة الرياح :-

إن لتطور إستخدام طاقة الرياح فوائد ومحددات بيئة ، ولتوسيع إنتاج الطاقة من هذا المصدر يجب أن تكون الفوائد في حدها الأعلي بينما تكون المحددات في حدها الأدني .

a - الفوائد البيئية : -

إن لتوليد الطاقة الكهربائية من طاقة الرياح لا يتضمن إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون أو سقوط أمطار حمضية أو ملوثات أخرى.

فأستخدام طاقة الرياح يقلل الإعتماد على الوقود التقليدي والوقود النووي وبالإضافة إلى ذلك فأن العنفات الريحية لا تحتاج إلي مصادرإمداد مياه كبعض المصادر التقليدية والمتجددة .

b- المحددات البيئة المكتسبة :-

المشاكل البيئية الناتجة عن إستخدام منظومات الرياح هي :

i - ضجيج التوربين الريحي :-

يوجد نوعان للضجيج أولهما يصدر من المعدات الكهربائية والميكانيكية المستخدمة في تقنية طاقة الرياح كصندوق التروس والمولد ، وهذا ما يسمي بالضجيج الميكانيكي أما ثانيهما فهو ناتج من تداخل تيار الهواء مع العنفات ويسمي بالضجيج الإيروديناميكي .

والضجيج الميكانيكي (**mechanical noise**) هو المشكلة الرئيسية ولكن من السهل تخفيضه بإستخدام مجمع تروس أكثر هدوءاً أو وضع الأدوات الميكانيكية في هايكل معزولة لتخفيف الصوت أما الضجيج الإيروديناميكي (**aerodynamic noise**) فيعتمد علي شكل العنفة وحافة العنفة ورأسها وعلى كون العنفة تعمل أم ساكنة ، ونوع الرياح، ويزداد الضجيج الإيروديناميكي عادة مع سرعة الدوران ولهذا فأن قسماً من العنفات يكون مصمماً للدوران بسرعة قليلة عندما تكون سرعة الرياح قليلة .

ii - التداخل الكهروميغناطيسي :-

عند نصب عنفات الرياح بالقرب من المناطق التي تستخدم الراديو والتلفزيون والمرسلات والمستقبلات فأنه من المحتمل جداً أن تعكس بعض الموجات بطريقة تجعل الموجات المعكوسة تتداخل مع الموجات الأصلية قبل وصولها إلى الجهاز .

وهذا قد يتسبب تشوه في الموجة التي تصل إلى المستخدم وينشأ التداخل الكهرومغناطيسي

iii - التاثيرات البصرية :-

تحدد هذه التاثيرات بعدة عوامل مثل حجم العنفعة وتصميمها وعدد العنفات ولونها وترتيب العنفات في الحقل ويتحدد قبول المواطنين لوجود العنفات الريحية بعدة عوامل أهمها عامل الثقافة وفهم مختلف التقنيات ورأيهم في أفضل مصدر من مصادر الطاقة بواسطة الصحف والمجلات التي تنشر الأخبار عن مصادر المختلفة .

6-1 تأثير الوسط المحيط والإرتفاع :-

تقع المواقع المناسبة لتوليد الكهرباء بالرياح عادة في مناطق نائية وبعيدة عن المدن التي تحتاج إلى هذه الكهرباء .

ولابد اذاً من إنشاء شبكة لتوصيل التيار الكهربائي من حقل التوليد إلى المدينة .

غير أن إستخدام شبكات قائمة أصلا في نقل طاقة الرياح قد يساعد في تخفيض تكاليف المنشآت الضرورية إلى حد كبير .

تقاس سرعة الرياح في أكثر الأحيان عند إرتفاع (10m) وقد تتغير هذه السرعة عند الإنتقال إلى مناطق أكثر إرتفاعاً تبعد عن الأولي بعض مئات من الأمتار.

وفي المواقع التي توثر فيها الرياح بشكل رأسي يمكن توقع أن ترتفع سرعة إلى يعادل الضعف والعكس عند الجهة التي لا تواجه الرياح يمكن توقع إنخفاض واضح في سرعة الرياح .

غالبا ما يكون إرتفاع مركزالمحور(الصره) لمحطات الرياح أكثر 10متر بكثير.

بإزدياد الإرتفاع تزداد سرعة الرياح، لان عدم الإستواء على سطح الأرض يكبح الريح .

7-1 مشكلة البحث :-

تشهد مدينة بورتسودان طلباً متزايداً على الطاقة تعتمد في مجابهته على حرق المزيد من الوقود الهيدروكربوني الناضب والملوث للبيئة في حين تتمتع المدينة على ساحل البحر الاحمر بموارد ريحية مهمة تمثل مصدراً مهماً لسد العجز في الإمداد الطاقة في البلاد والحد من التلوث البيئي . يعتبر تقييم هذه الموارد الريحية أهم مرحلة من مراحل تطوير مزارع الرياح وتقديرات كمية الطاقة المنتجة تعتمد إعتمادا كليا على نتائج تقييم الموارد الريحية وتعاني مدينة بورتسودان حالياً نسبة عجز في الأمداد الكهربي يصل إلى 50% .

8-1 أهداف البحث : -

إتساقاً مع أهداف إستراتجية لتنمية قطاع الكهرباء نقترح دارسة حول توربينات الرياح وإستخدامها لتوليد الطاقة الكهربائية مع إمكانية تطبيق الدراسة على مدينة بورتسودان وذلك لتشجيع تنمية الطاقة المتجددة وفق الأهداف الاتية :-

*** أهداف أساسية :-**

سد النقص والعجز في إمداد التيار الكهربائي في مدينة بورتسودان

*** ومن خلال الهدف الأساسي يتم تحقيق أهداف ثانوية تتمثل في :-**

تعظيم إستغلال مصادر الطاقة المحلية ، وزيادة نسبة مصادر الطاقة المتجددة في توليد الكهرباء (في الشبكة الموحدة وخارجها) ، وتقليل الانبعاثات الضارة من الملوثات المحمولة جواً وغازات الإحتباس الحراري .

الفصل الثاني

منشآت تحويل طاقة الرياح إلي طاقة كهربائية

2-1 طواحين الرياح :-

تعتبر طاقة الرياح من أقدم مصادر الطاقة التي إستغلت منذ أكثر من 4000 الف عام .

وكان يعتقد أن الرياح لم تستخدم في العصور القديمة إلا لتسير القوارب الشراعية .

لكن الشواهد تؤكد أنها إستغلت لتدوير طواحين الرياح التي أستخدمت في طحن الحبوب وضخ المياه وغيرها.

إن طواحين الرياح الحديثة والتي عرفت لاحقاً بإسم توربينات الرياح تتكون من نوعين يتميزان عن الطواحين القديمة وهما التوربينات أفقية المحور (**Horizontal axis wind turbine**) والتوربينات راسية المحور (**vertical axis wind turbine**)ويستخدامان لتوليد الطاقة الكهربائية بقدرات تتراوح عشرات من الواط إلي عدة ميغا واط.

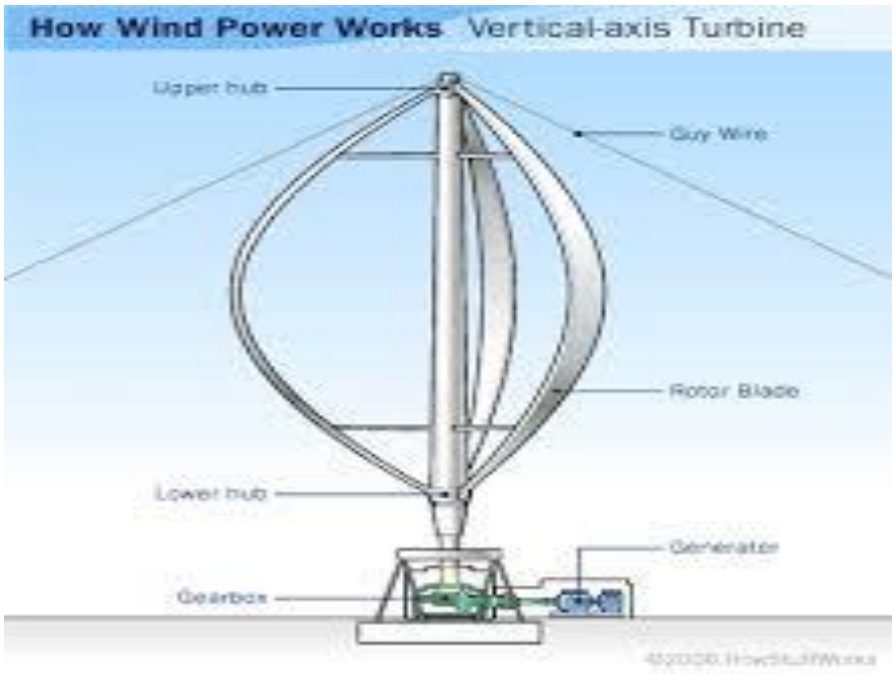
2-2 كيفية عمل العنفات الريحية :-

عندما تتحدث عن توربينات الرياح الحديثة هنالك نوعين أساسين هما:

ذات المحور الأفقي وذات المحور الرأسي .

توربينات الرياح ذات المحور الرأسي نادرة الإستخدام مثال لها توربين (داريوس)الذي تكون فيه العنفات مركبة على محور رأسي مع الأرض ، وعلى خلاف نظائره ذو المحور الأفقي التي ليس من الضروري تعديلها عندما يتغير إتجاه الرياح فإن توربينات الرياح الرأسية لا تستطيع التحرك لوحدها ،كما تحتاج لدفع من منظومة كهربائية للبدء ولديه أسلاك مشدودة للدعم بدلاً من البرج .

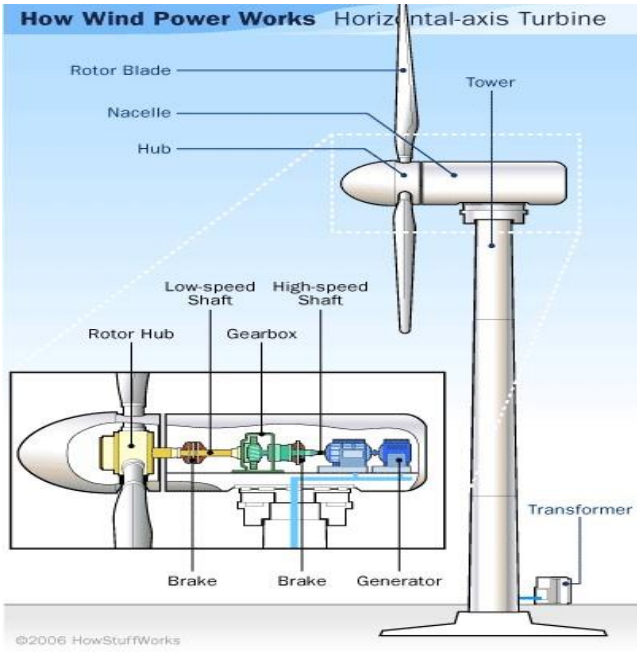
إرتفاع الدوار فيها يكون منخفض مما يعني رياح أبطىء لذا فانها أقل فعالية من التوربينات الأفقية المحور.



الشكل رقم (2-1) : يوضح تصميم داريوس للتوربين الريحي ذو المحورالرأسي

تستعمل التوربينات ذات المحور الرأسي في نطاق ضيق ولضخ الماء في المناطق الريفية البعيدة ولكن تستخدم توربينات الرياح ذات المحور الأفقي في نطاق أوسع بكثير .

إن عمود دوران التوربينات ذات المحور الأفقي مركب أفقياً ومتوازياً مع الأرض وهي تحتوي على آلية تعديل الإنحراف من أجل أن يثبت نفسه ضد الرياح ويشمل نظام الإنحراف هذا محركات كهربائية وصناديق التروس التي تقوم على تحريك كامل الدوار إلى اليسار أو اليمين بمقادير صغيرة ويقوم بتعديل موقع الدوار للإستفادة من أكبر كمية من طاقة الرياح وتعتمد التوربينات ذات المحور الأفقي على برج لرفع المكونات الأساسية للتوربين إلى أقصي أرتفاع من أجل سرعة الرياح أكبر وهي تأخذ مساحة صغيرة من الأرض في حين يبلغ طولها 260 قدم (80متر) في الهواء .



شكل رقم (2_2): يوضح توربينة أفقية المحور

تقوم العنفات الريحية الأفقية والرأسية بإستغلال قوي ديناميكا الهواء المتولدة بواسطة الصفائح الهوائية (**aero foils**) .

لإستخلاص الطاقة من الرياح وكل من هذين النوعين يستخلص الطاقة بطريقة مختلفة .

ففي العنفات الأفقية الثابتة ، ومع إعتبار محور الدوران في إتجاه واحد مع إتجاه الرياح لسرعة رياح معينة وسرعه دوران معينة تبقي زاوية الهجوم لأي وضع على العنفة ثابتة خلال فترة الدوران (تعرف زاوية الهجوم بأنها الزاوية التي يصنعها الجسم مع إتجاه سريان الهواء مقاسة على خط ثابت في الجسم) أما في العنفات الرأسية و في نفس الظروف فأن زاوية الهجوم في موقع على العنفات تتغير بشكل ثابت خلال فترة الدوران ومن خلال الشغل الإعتيادي للمحور الأفقي للجزء الدوار فأن إتجاه الرياح علي الصفيحة الهوائية يبقي ثابتآ .

وفي حالة العنفات الرأسية فأن زاوية الهجوم تتغير من الموجب إلى السالب وإلى الموجب خلال كل دورة وهذا يعني أن جانب الشطف ينعكس خلال كل دورة لضمان استخلاص الطاقة في حالتي كون زاوية الهجوم موجبة أو سالبة

3-2 تأثير العنفات :-

شكل رقم (2_3): يوضح عنفات توربينة الرياح

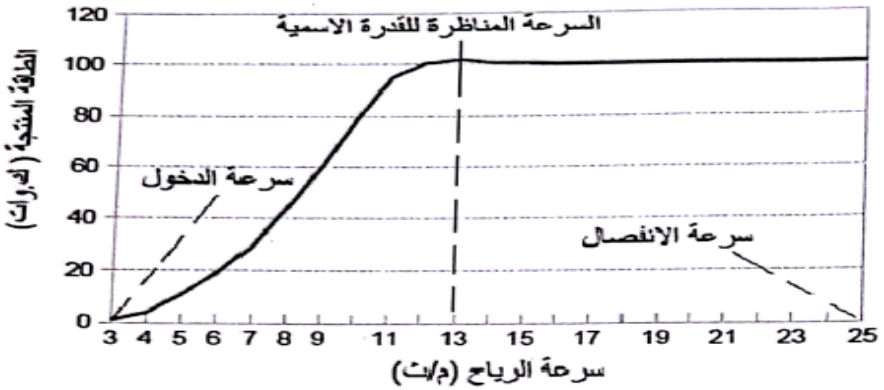
العنفات التوربينية شكلها يشبه كثيراً شكل أجنحة الطائرة حيث إستخدم بها تصميم السطح الإنسيابي أي أن سطح الشفرة يدور بعض الشي في أحد جهاتها وتكون مستوية نسبياً في باقي السطح وهي ظاهرة معقدة جداً وفي تفسير مبسط لها عندما تمر الرياح علي الجهة المائلة بإتجاه الرياح للشفرة يجب أن تتحرك بسرعة أكبر للوصول إلى نهاية الشفرة في الوقت المناسب لتقابل الريح التي تمر على القسم المسطح .

إن عوامل الحجم وأطوال عنفات التوربينة بقدر ما يمكن أن تخزن طاقة من الرياح بقدر ما يمكن أن تولد الكهرباء وبشكل عام فإن مضاعفة قطر الدوار ينتج أربعة أضعاف زيادة في إنتاج الطاقة وفي بعض الحالات في المناطق ذات سرعة رياح منخفضة يستطيع الدوار ذو القطر الأصغر أن ينتج طاقة أكثر من الدوار الأكبر لأنه إذا كان التكوين أصغر فسيأخذ طاقة رياح أقل لتدوير المولد الأصغر لذا فإن التوربين يمكنه بلوغ القدرة الكاملة تقريباً وإن إرتفاع البرج عامل رئيسي في إنتاج الطاقة أيضا فإن التوربين الأعلى قادر على الإستفادة من الطاقة أكثر لأن سرعة الرياح تزداد بزيادة

الإرتفاع وإن الإحتكاك الأرضي ومستوى الأجسام الأرضية يقطعان تدفق الريح ويخمن العلماء بأن كل مضاعفة في الأرتفاع تزيد عن 12% من سرعة الرياح .

4-2 القدرة والطاقة المستخلصة من العنفات:-

لتقدير الطاقة المنتجة من التوربينة يلزم معرفة منحنى أداء التوربينة وهو يمثل العلاقة بين سرعة الرياح والقدرة بالكيلو واط كما في الشكل رقم (2-4) حيث تبدأ التوربينة في التوليد عند قيم محددة لسرعة الرياح تسمى سرعة الدخول (إرتباط التوربينة بالشبكة الكهربائية أو نقطة القطع عند حوالي 3 متر/ثانية كما أن التوربينة لا تدور بسرعة لانهائية مع زيادة شدة الرياح فعندما تصل سرعة الرياح إلى 25 متر/ثانية لمدة 10 دقائق فإن التوربينة تتوقف عن العمل وذلك للمحافظة على التوربينة من خطورة الرياح الشديدة وتسمى هذه السرعة بسرعة الفصل ، والمنطقة التي تسبق سرعة الفصل هي المنطقة التي تثبت فيها قيمة التوليد مهما إزدادت سرعة الرياح .



شكل رقم (2-4): يوضح منحنى القدرة للتوربينة

كمية القدرة التي تنتجها عنفة الرياح تتغير مع سرعة الرياح وكل عنفة لها خصائص معينة فكمية الطاقة التي تنتجها العنفة (التوربين) تتم بمعرفة المعدل السنوي لسرعة الرياح في موقع ما فإن المعادلة أدناه يمكن إستخدامها لتقدير الطاقة التي تستطيع أن تولدها العنفة بالكيلو واط ساعة في السنة لعدد من العنفات .

الطاقة المتولدة بالكيلو واط ساعة في السنة =

$$K \times A \times T \times V^3 \quad \text{..... (1)}$$

حيث:-

الثابت k=2.5 وهو معامل يعتمد علي خصائص أداء العنفة

V= المعدل السنوي لسرعة الرياح (متر/ الثانية) في الموقع

A= المساحة التي تشغلها العنفة بالمتر المربع

T = عدد العنفات

يجب إستخدام هذه المعادلة بحذر لانها تعتمد على خصائص عنفات الرياح الموجودة حالياً وبأفتراض علاقة تقريبية بين المعدل السنوي لسرعة الرياح وتوزيع تغيرات سرعة الرياح والتي يمكن أن تكون غير دقيقة في المواقع المختلفة وأفضل طريقة لإيجاد توزيع سرعة الرياح في موقع معين هو قياس سرعة الرياح بأجهزة تسجل عدد الساعات في كل مدى لسرعات الرياح وكلما زاد عدد القياسات المسجلة كان التقدير أكثر دقة ، ولأن القدرة تتناسب مع مكعب السرعة (pav^3) فإن أي خطأ قليل في تقدير السرعة يولد خطأ كبير في حساب الطاقة المتولدة وهنالك عامل آخر يؤثر على الطاقة المتولدة وهو فقودات نقل الطاقة ، وصلاحية العنفة للعمل ، فصلاحية عمل العنفة وإمكانيتهاعلى التوليد دون مشاكل يقلل من فقودات الطاقة .

حيث:

p : كثافة الهواء وتقاس بالكيلوجرام/مترالمكعب

a : مساحة العنفة وتقاس بالمتر المربع

V : المعدل السنوي لسرعة الرياح (متر / الثانية) في الموقع

5-2 الحد من الإستطاعة والفصل عند العواصف:-

ترتبط الإستطاعة المطلوبة من المنشأة بسرعة الرياح، ولكن بعد الوصول إلى الإستطاعة الأسمية ، أي بعد تجاوز السرعة الأسمية للرياح ، فأن الإستطاعة يجب أن تظل ثابتة حتي لا يحمل المولد حمولة زائدة .

ولهذا الغرض يجب وجود وسيلة للحد من إستطاعة محطة طاقة الرياح وهنالك طريقتين:-

a - طريقة التحكم عبر الكبح (stall):-

في هذه الطريقة يتم إستخدام إنفصال خطوط التيار الهوائي عن العنفات عندما يندفع التيار الهوائي بزاوية دخول كبيرة وهكذا يضيع أثر الدفع والإستطاعة القادمة من الرياح إلي الدوار الذي يصبح محدود .

وفي محطات الرياح المضبوطة يجب المحافظة علي سرعة دوران الدوار وكذلك السرعة المحيطة بسرعة ثابتة، وهكذا فإن السرعات المرتفعة للرياح تؤدي إلى زيادة زاوية الدخول .

b - طريقة تدوير العنفة (pitch):-

عند فصل محطة طاقة الرياح بسبب العواصف فإنه يمكن معاييرة العنفة الدوارة بحيث ترفرف عليها الرياح كأنها علم.

وبهذه الطريقة يمكن الحد من الإستطاعة وتحاشي حدوث أضرار في محطة طاقة الرياح وفي المنشآت التي يتحكم فيها بواسطة إنفصال خطوط التيار الهوائي يتم دمج مكابح إيروديناميكية ،حيث يوضع رأس العنفة الدور مثلاً بحيث يكون قابلا للدوران ويستطيع هذا الرأس أن يدور بمقدار 90 درجة وأن يكبح محطة طاقة الرياح.

6-2 الأجزاء الأساسية للتوربين :-

a - العنفات (blades)

b - الصرة أو المحور(hub) .

C - عمود الدوران (axial shaft) .

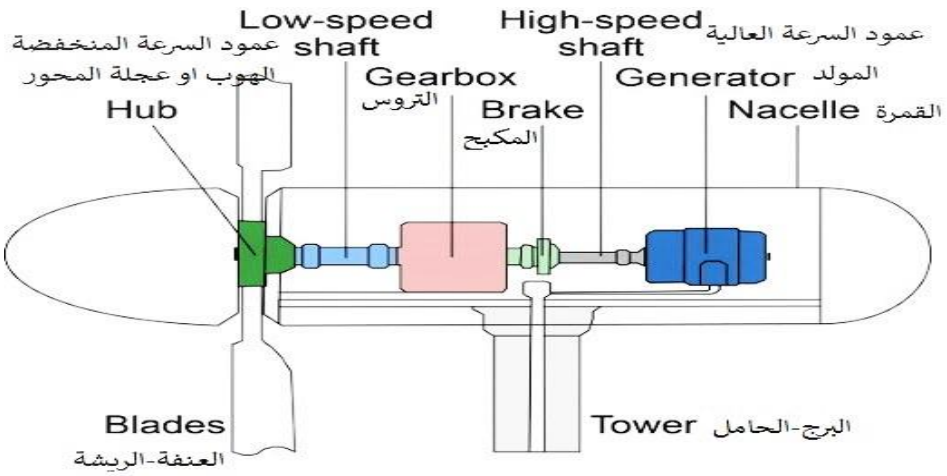
d - البرج (tower).

e - الجسم الخارجي (.outer body).

f - هيكل المحرك .

g - أجهزة كهربائية.

h - القاعدة (base).



شكل رقم (2-5): يوضح الأجزاء الأساسية و الفرعية في التوربينة

الأجزاء الأساسية :-

أولاَ: العنفات (vanes):-

تعد من أكثر الأجزاء تعرضاً للإجهادات وذلك للأسباب الآتية:

*تقع خارج جسم التوربينة لذلك هي عرضة للمؤثرات الخارجية.

* لتميز العنفة في التوربينات الكبيرة بزيادة كبيرة في الطول قد تصل إلى 60 متر .

تلك الأسباب أدت إلى الحاجة لإستخدام مواد تتميز بجسائة عالية (**rigidity**) وذات مقاومة عالية للكلال (**fatigue**)، الإنهيار (**fracture**) ،الزحف (**creep**).

فكانت المواد المستخدمة كالآتي:-

الفولاذ عالي الكربون (high carbon steel) :-

لما يتمتع به من قوة عالية ومتانة ولكن نظراً للتطلع إلى زيادة الحجم فإن النظر سوف يتوجه حول المواد الخفيفة ذات المقاومة العالية للإجهادات لان قلة التكلفة و خفة الوزن هي السبب في منافسة هذا النوع من التوربينات للأنواع الأخرى ، سوف يتم التفكير في معدن أخف وزناً وأقل تكلفة وله نفس المميزات في التصنيع مثل :-

ألياف الزجاج المقوى (GRP: glass fiber-_reinforced-_plastic):-

وهي تعد من أكثر المواد المستخدمة نظراً لخفة الوزن والمقاومة العالية للإجهادات والمقاومة ضد الكسر والتآكل و الصدأ.

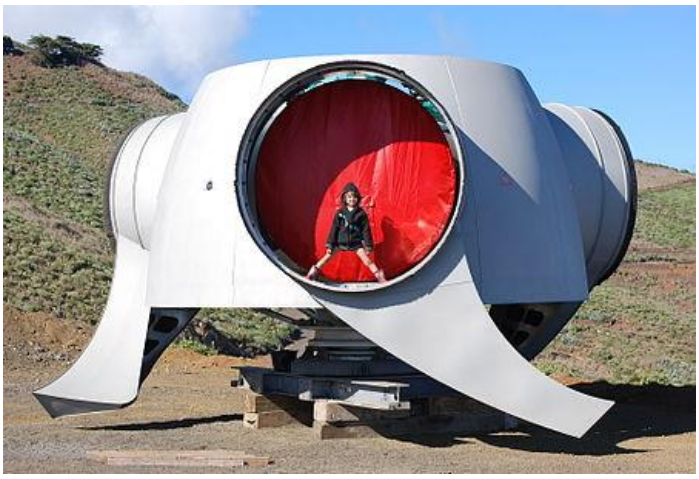
فتيل البلاستيك المقوى (CFRP: filament-reinforced-plastic) :-

تتميــز الألْيــاف الكربونيــة بمقاومــة تزيــد أربعــة مــرات عــن الفــولاذ وإنهــا أقــوى المواد المركبة وأخفها من حيث الوزن .

شكل رقم (2-6): يوضح شكل العنفات

ثانياً: الصرة أو المحور(hub):-

تعتبــر القاعــدة التــي تثبــت بهــا العنفــة وتكــون متصــلة بعمــود الــدوران ، ونظــراً لأنهــا تتــأثر بــوزن العنفــة و الحمــل المتكــرر نتيجــة الــدوران فيجــب أن تصــنع مــن مــواد شــديدة المقاومــة للإجهــادات وبســبب تعقــد الشــكل لــذلك تصــنع بالســباكة لسبائك الزهر القوية .

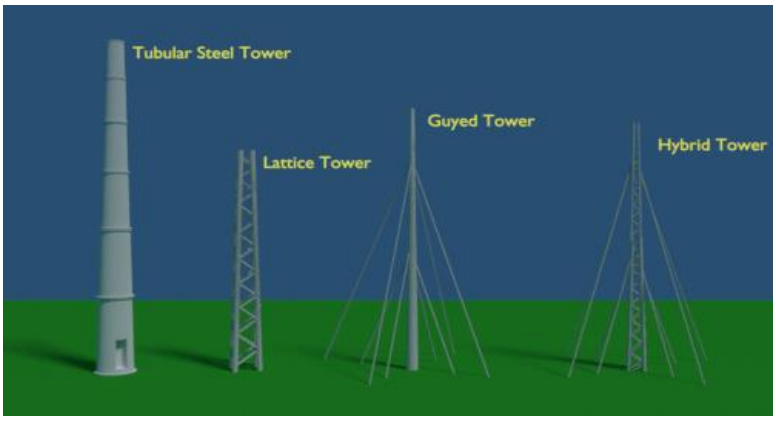


الشكل رقم (2-7): يوضح شكل الصره او المحور

ثالثا:البرج (tower):-

يمثل الدعامة التي ترتكز عليها الأجزاء العليا وهو يمثل 65% من وزن التوربينة لذلك لابد أن يصنع من مادة عالية الجساءة و المقاومة لتحمل التأثيرات الجوية والإهتزازات الناتجة ونظراً للإرتفاع والوزن الكبير فهو يصنع من أجزاء من الحديد الإنشائي أو الأنبوبي حيث تكون معرضة

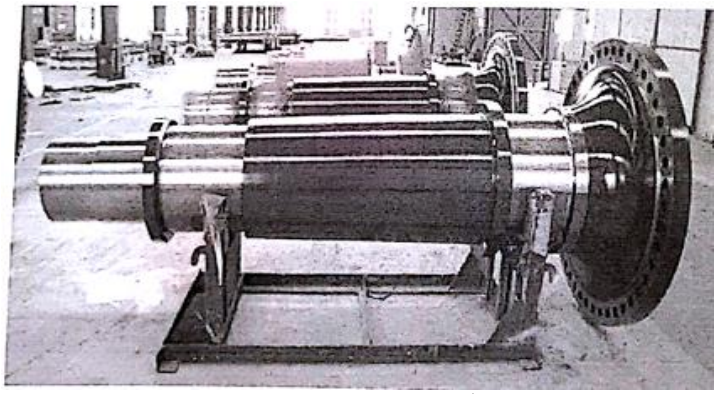
للكثير من الأحمال لذلك لابد أن تصمم من مواد ذات مقدرة عالية على تحمل الضغوط مثل الخرسانة سابقة الإجهاد.



شكل رقم(2-8): يوضح شكل البرج

رابعا: عمود الدوران (axial shaft) :-

وهو المسئول عن توصيل الحركة الناتجة عن العنفة إلى المولد لذلك يجب أن يصنع من مادة تتحمل الإجهادات الناتجة من الحمل المتكرر وتكون مقاومة للصدأ مثل الصلب المتصلد



شكل رقم(2_9): يوضح عمود الدوران

خامسا:الجسم الخارجي(outer frame):-

يجـــب أن يصـــنع مـــن مـــادة قويـــة مقاومـــة للصـــدأ والتآكـــل ويجـــب أن يكـــون خفيـــف الوزن لكي لايمثل عبء وتصنع من الياف الزجاج(fiber glass) .

شكل رقم(2-10): يوضح شكل الجسم الخارجي

سادسآ: هيكل المحرك وهو غطاء يحوي :-

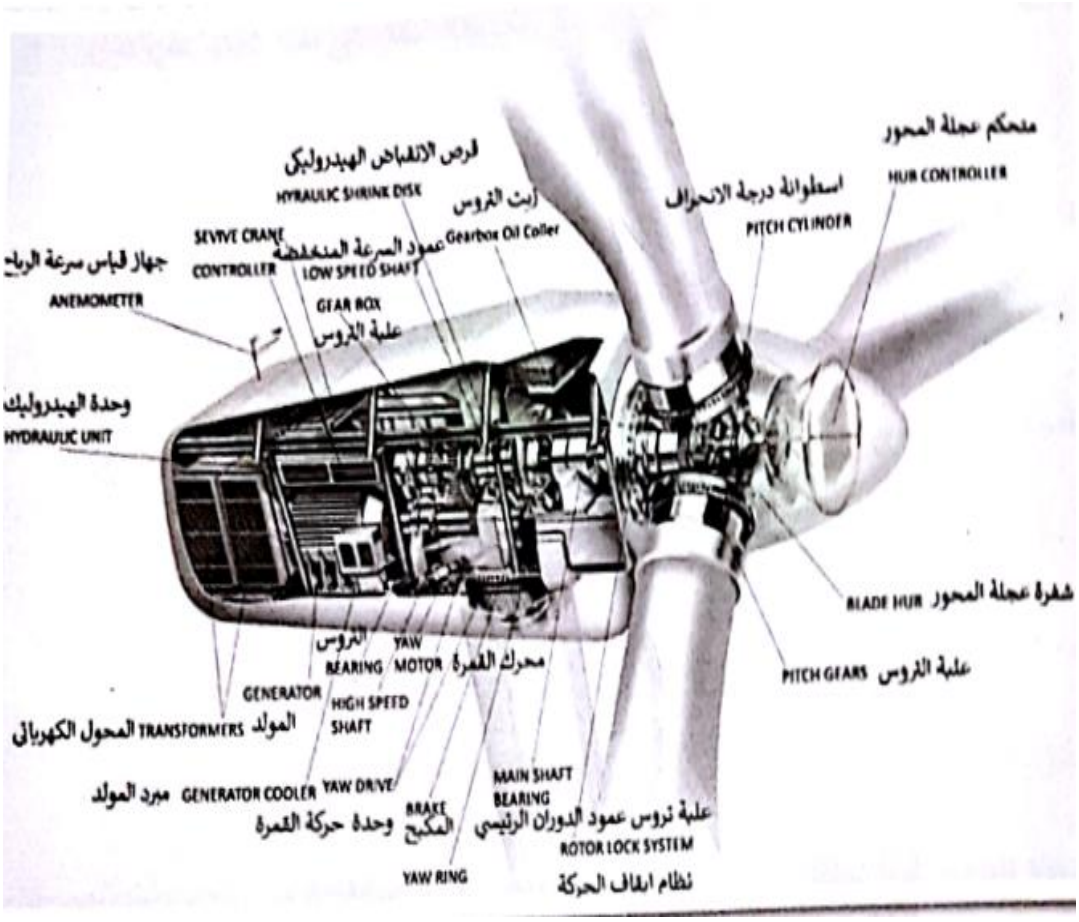
*صندوق التروس: يزيد سرعة العمود بين مركز الدوار و المولد.

*مولد : يستعمل الطاقة التدويرية من العمود لتوليد كهرباء بإستخدام الكهرومغناطيسية .

*وحدة سيطرة إلكترونية: نظام مراقبة يوقف التوربين في حال حدوث عطل ويسيطر على آلية الإنحراف .

* الكابحات : توقف دوران العمود في حال وجود طاقة زائدة أو فشل في النظام .

*جهاز سيطرة الإنحراف : إن جهاز سيطرة التوربين يراقب ناتج التوربين الكهربائي ففي سرعة الرياح التي تزيد عن 45 ميل في الساعة (39.13عقدة ، 20متر/الثانية) سيكون الناتج الكهربائي عالي جدآ وفي هذه المرحلة يقوم الجهاز المسيطر بإخبار العنفات على تعديل ميلانها لكي تصبح غير مصطفة مع الرياح وهذا يبطئ دوران التوربين .



شكل رقم(2-11): يوضح جهاز سيطرة الإنحراف

سابعآ: أجهزة كهربائية :-

تجلب الكهرباء من المولد في الأسفل خلال البرج وتسيطر على العديد من عناصر أمان التوربين .

ثامنآ: قاعدة الهيكل (base frame):-

هي الجزء الذي تثبت عليه الأجزاء الداخلية بالإضافة إلى الهيكل الخارجي لذلك لابد أن تكون من مادة قوية تتحمل الإجهادات والضغوط وبسبب تعقد الشكل تصنع بواسطة السباكة فتكون المادة المفضلة (سبائك الحديد الزهر) لما تتميز به من التحمل العالي للضغوط ، مقاومة الصدمات وكتم الإهتزازات

7-2 فكرة عمل توربينات الرياح :-

تتلخص فكرة إنتاج الطاقة الكهربائية من توربينات الرياح حيث تعمل الطاقة الحركية للرياح على إدارة العنفات المثبتة على التوربينة ، حيث نجد أن عنفات التوربينة مثبتة على صرة ترتكز على عمود الدوران الرئيسي الموصل بصندوق السرعات الذي يتولى رفع سرعات الدوران ، ثم تنتقل الحركة إلى عمود الدوران السريع فيقطع بدورانه مجال مغنطيسي داخل المولد ، مما يؤدي إلى توليد الكهرباء أما إذا إرتفعت سرعة الرياح فإن الفرامل تمنع العنفات من الدوران مخافة أن يؤدي دورانها بسرعة عالية إلى تحطمها أو تكسير الأجزاء الدوارة ، وتعرف السرعة العالية في التوربينة بأنها 25 متر/ثانية ولضمان توجيه عنفات التوربينات نحو إتجاه الرياح يوجد نظام توجيه خاص بالتوربينة يعمل علي توجيه التوربينة في إتجاه الرياح وتوجد توربينات رياح تستخدم نظام توجيه واحد يمين ويسار .

يطلق علي توربينات الرياح التي تعمل في مكان واحد إسم مزرعة الرياح و في مصر يوجد العديد من هذه المزارع التي تختلف قدرتها و طرازها وتعد مثلا منطقة الزعفرانة في البحر الاحمر أحد أهم المناطق في أفريقيا التي تضم العديد من مزارع الرياح والمتوقع أن تستوعب مزارع أخرى ونظرآ للتأثير المهم لسرعة الرياح علي الطاقة المتولدة فإن بعضآ من هذه المزارع تقام داخل المياه ويطلق عليها المزارع البحرية ، أما تلك التي تقام على اليابسة فتسمي المزارع الشاطئية .

الفصل الثالث

دراسة الرياح في مدينة بورتسودان

بدأ السودان كأحد الدول المهتمة بدراسة طاقة الرياح و إمكانية إستغلالها والإستفادة منها لذلك فقد إحتلت تنمية وإستغلال طاقة الرياح في السودان مكانة متميزة من بين مشاريع دراسة المصادر البديلة .

من الخطط المستقبلية للطاقة المتجددة إسهامها في سد جزء من الإحتياج المحلي من الطاقة ويمكن أن تستخلص من خلال الخطط الحالية أن هنالك إمكانية جيدة لإستغلال طاقة الرياح في مناطق الولاية الشماليه (دنقلا) والمناطق الشرقية (بورتسودان) وبعض المناطق في الوسط (ود مدني) .

1-3 المناخ في مدينة بورتسودان: -

يسود المدينة مناخ البحر الأبيض المتوسط المعروف بحرارة وجفاف صيفه وبروده الشتاء المطير ، إلا أن تأثير هذا المناخ لا يمتد كثيراً نحو الداخل إذ يختصر علي السهل الساحلي الذي تقع فيه المدينة ويتميز فضلاً عن ذلك بأرتفاع درجة الرطوبة أثناء الصيف .

يمكن أن تصل درجة الحرارة في بورتسودان في الشتاء 30 درجة مئوية و تتجاوز في الصيف 45 درجة مئوية ويبلغ متوسط درجة الحرارة في السنة 28.4 درجة مئوية أي ما يعادل83.1 درجة فهرنهايت وتبلغ عدد الساعات المشمسة في السنة 3200 ساعة ، تهطل معظم الأمطار في الفترة ما بين (أكتوبر / تشرين الأول) و (يناير / كانون الثاني) ويبلغ متوسط معدل هطول الأمطار السنوي 76ملي متر وتحدث الأمطار غالباً في شكل قطرات ذات فترات زمنية قصيرة .

في مدينة بورتسودان توجد مناطق ساحلية وجبلية سيتم التطرق لها تالياً :

أولاً: الجبال والوديان :-

يمكن توقع أنماط الرياح في المناطق الجبلية ففي النهار يهب الهواء الدافئ فوق المنحدرات نحو قمم الجبال فيحدث بذلك ما يسمي (نسيم الوادي) وفي المساء عندما يبرد الهواء يهب نزولاً نحو الوادي فينشأ ما يسمي (نسيم الجبل أو رياح الجبل) ،عندما تهب رياح الجبال على الوديان الضيقة بين الجبال

تشتد سرعتها ويسمي ذلك بمفعول النفق ، ويطلق على رياح الجبال أسماء خاصة في مناطق مختلفة من العالم .

ثانياً: نسيم البر والبحر :-

لا يسخن الماء بالسرعة التي تسخن بها اليابسة ، لذا يكون الهواء فوق المسطحات المائية أبرد من الهواء الموجود فوق اليابسة أثناء النهار، يرتفع الهواء الدافئ فوق اليابسة وينـدفع الهواء الأكثر برودة الموجود فوق الماء ليحل محلها ، تسمي هذه الرياح نسيم البحر وفي الليل تغير الرياح إتجاهها لأن الهواء يبرد فوق اليابسة بسرعة أكبر من الهواء الموجود فوق البحر ، لذا يكون الهواء فوق البحر أكثر دفئآ ، يرتفع الهواء الدافي فوق البحر ويندفع الهواء البارد فوق اليابسة ليحل محله ، تسمي هذه الرياح نسيم البر.

تكون نسائم البر أضعف من نسائم البحر علي العموم لذلك تكثر الرياح في المناطق الساحلية .

2-3 أنظمة الرياح في مدينة بورتسودان:-

يتم تصنيف أنظمة طاقة الرياح على أساس متوسط مستويات الطاقة الخاصة بها أو نسبة الطاقة الكهربائية المتولدة بواسطة الرياح إلى إجمالي كمية الطاقة الكهربائية التي يوفرها النظام.

الأهداف الرئيسية من عمل قاعدة بيانات لمسار الرياح يمكن تلخيصها في الآتي :-

a - تحليل قدرات طاقة الرياح في مدينة بورتسودان بإستخدام البيانات المتاحة .

b - غربلة البيانات المدونة و تطوير تقديرات مضبوطة لطاقة الرياح المتاحة في مدينة بورتسودان .

c - التعرف علي خصائص الرياح المطلوبة من أجل تصميم أنظمة تحويل طاقة الرياح .

3-3 مصادر الرياح في مدينة بورتسودان :-

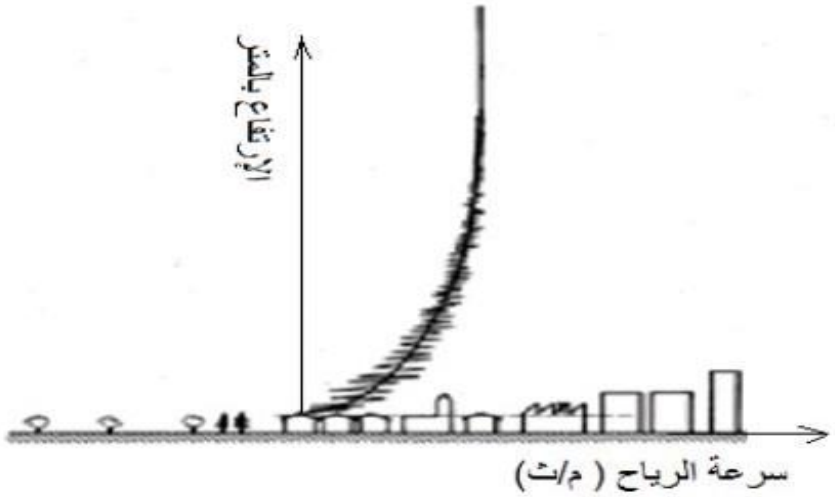
في عام 1987م أدخل قسم طاقة الرياح وفيزياء الغلاف الجوي في مختبر (RISO) الوطني برنامج تحليل وتطبيقات أطلس الرياح (WASP) كأداة قوية لتحليل بيانات الرياح وتقدير مناخ الرياح وحسابات إنتاج الطاقة الزراعية علي مر السنين أصبح البرنامج هو المعيار الصناعي لتقييم موارد الرياح وتثبيت توربينات الرياح .

تم تسجيل بيانات الرياح الأخيرة من قبل هيئة الإرصاد الجوي (السودان) للسنوات الستة الماضية ولديهم جهاز واحد فقط لقياس سرعة الرياح (مقياس شدة الرياح) يقع في مطار بورتسودان الدولي بأرتفاع 10 أمتار .

3 -4 حصر مصادر طاقة الرياح :-

إن تحليل مناخ الرياح وتحديد الموقع المثالي لتوربينات الرياح وموارد طاقتها يتطلبان بيانات دقيقة ولمدة طويلة قد تصل إلى عشرة سنوات بالإضافة إلى معرفة تفصيلية لطبيعة سطح الأرض والتضاريس وخشونة سطح الأرض والعوائق المحيطة بنقطة قياس الرياح ، وفيما يلي عرض مختصر للمفاهيم الأساسية لدراسة الطبقة المجاورة لسطح الأرض بما في ذلك تغيير الرياح مع الإرتفاع .

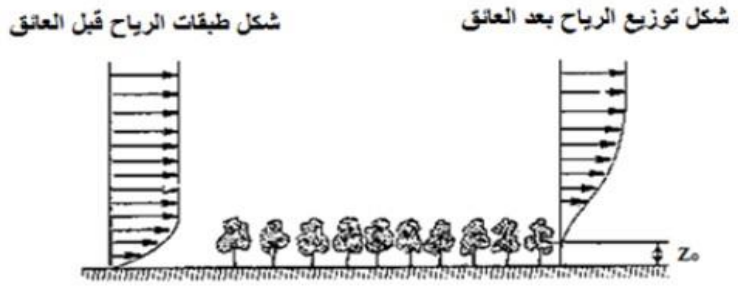
ويوضح الشكل رقم (3-1) مدي تغير سرعة الرياح مع الارتفاع عن سطح الأرض في طبقات الجو الدنيا مع عدم تغيرها في طبقات الجو العليا وهذا التغير في طبقات الجو ناتج عن خشونة الارض والعوائق و التضاريس .



شكل رقم (3-1) : يوضح العلاقة بين الإرتفا ع وسرعة الرياح

a - خشونة سطح الأرض:-

المقصود بخشونة سطح الارض هو نوعية الأرض مثل البحار والمحيطات والوديان والمناطق الرملية والمدن وكل سطح له تأثير مختلف على سرعة الرياح ويعبر عن كل سطح بطول معامل الخشونة بالمتر (z_0) وهو يعرف بأنه الطول الذي تكون سرعة الرياح عنده مساوية للصفر كما في الشكل رقم (3-2) ويختلف معامل الخشونة وفقا لطبيعة سطح الارض وهو يكون أعلى ما يكون في الغابات الكثيفة حيث يصل ذلك المعامل إلى 1 متر أما أقل نسبة لهذا المعامل فهي في المسطحات المائية ويكون في حدود 0.0002 متر.



شكل رقم (3-2): يوضح تأثير خشونة الأرض على توزيع الرياح .

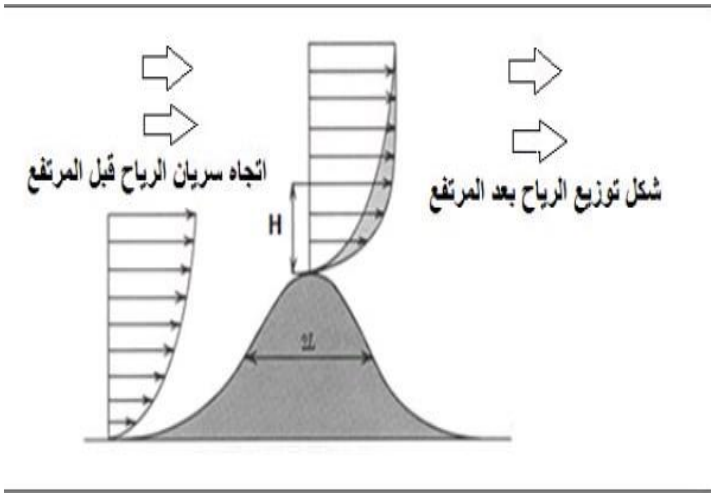
b - العوائق:-

العوائــق مــن العوامــل المــؤثرة تــأثيراً شــديداً علــى ســرعة الريــاح ، لــذا يجــب أن يكــون بــرج القيــاس بعيــداً قــدر الإمكــان عــن العوائــق لتفــادي تأثيرهــا مثــل مبنــى ســكني، تتــأثر الريــاح بشــكل كبيــر بوجــود ذلــك العــائق و يجــب ان يكــون ارتفــاع البــرج ثلاثــة أمثــال إرتفــاع العــائق تقريبــاً ، وإلــى ثلاثــين أو أربعــين أمثــال أرتفــاع العــائق أفقيــا ، فــإذا كــان موقــع محطــة القيــاس ضــمن هــذا الحيــز فمــن الضــروري أن يحسب أثر هذا العائق .

c - التضاريس :-

يعتبــر ارتفــاع الموقــع مــن العوامــل المــؤثرة علــى ســرعة وإتجــاة الريــاح وقــد يكــون هــذا التــأثير موجبــاً او ســالباً حيــث أن نســبة الزيــادة فــي الســرعة تصــل الــي 80% والتناقص في السرعة من (20%الي 40%)

ويوضــح الشــكل رقــم (3-3) ســريان الريــاح قبــل وفــوق المرتفــع حيــث 2Lهــو قطر المرتفع hهو الارتفاع الذي يحدث عنده أقصى تزايد في سرعة الرياح.



شكل رقم(3-3): يوضح مدي تغير سرعة الرياح بتغير تضاريس الأرض.

i - قياس سرعة الرياح : -

يستخدم لذلك مقياس الرياح (الأنيمومتر) ذو الأكواب وهو جهاز مكون من ثلاثة أو أربعة ريش بكل ريشة كوب بحجم فنجان الشاي تقريباً ويعرف بمقياس الرياح وتدور علي محور رأسي وقد يتصل هذا الجهاز بعداد لقياس عدد اللفات في فترة زمنية، محددة ومن الجداول الخاصة المرفقة بالجهاز يمكن تحديد السرعة ، أو قد يتصل الجهاز بمقياس مدرج داخل محطة الرصد يعطي مؤشر لسرعة الرياح .

ومن المعروف مدي تأثير المتوسط السنوي لسرعة الرياح على الطاقة المتولدة من الرياح وبالتالي على دراسات الجدوى ؛ الأمر الذي يستلزم تحري الدقة في قياسات طاقة الرياح وأيضاً أماكن وضع أبراج القياس وإرتفاعاتها بحيث تكون بعيدة عن العوائق وعلى إرتفاع كبير عن سطح الأرض، ويفضل أن يكون نفس إرتفاع التوربينة مساوي لإرتفاع برج القياس .

Ii - قياس إتجاه الرياح :-

يمكن بالعين المجردة تحديد الإتجاه عن طريق مشاهدة تصاعد أدخنة المصانع وحركة الأعلام وقد كان يستدل على إتجاه الرياح قديماً بملاحظة إتجاه إنحناء الأشجار فيكون إتجاه الرياح الأعظم هو الأتجاه المعاكس لإتجاه الإنحناء كما بالشكل رقم(3-4)

شكل رقم(3-4): يوضح طريقة تحديد إتجاه الرياح قديماً

وتطـــورت وســـائل تحديـــد إتجـــاه الريـــاح كمـــا بالشـــكل(3-5)حيـــث يســـتدل بإتجـــاه رفرفت الأعلام علي معرفة إتجاه هبوب الرياح.

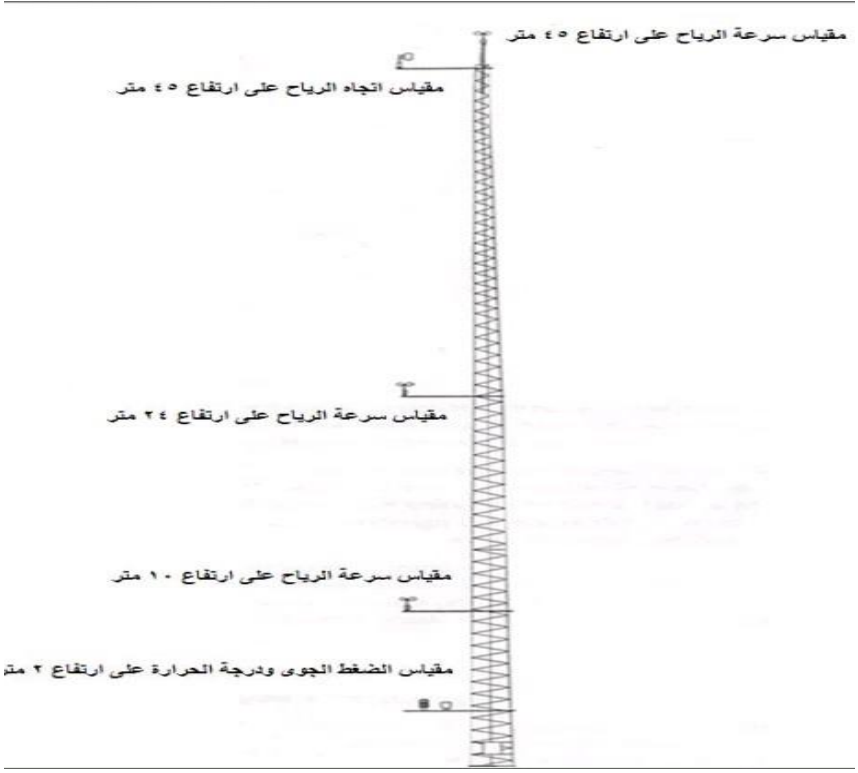
شكل رقم (3-5) : يوضح الإستدلال علي إتجاه الرياح عن طريق رفرفة الأعلام .

لـــذلك يكـــون إســـتخدام هـــذه البيانـــات فـــي حصـــر مصـــادر الريـــاح بصـــفة إسترشـــادية فقـــط لحصـــر المنـــاطق الغنيـــة بالريـــاح وبدايـــة لعمـــل قياســـات دقيقـــة كمـــا فـــي الشـــكل رقم (3-6)

شكل رقم (3-6) : يوضح حساس سرعة وإتجاه الرياح

iii -أبراج القياس :-

أنســـب الطـــرق لقيـــاس ســـرعة الريـــاح فـــي موقـــع مـــا هـــو وضـــع الأنميـــوميتر أعلـــي بـــرج القيـــاس حتـــي لا يتـــأثر الأنميـــوميتر بـــالبرج ويفضـــل أن يكـــون إرتفـــاع البـــرج نفس إرتفاع التوربينة المزمع تركيبها

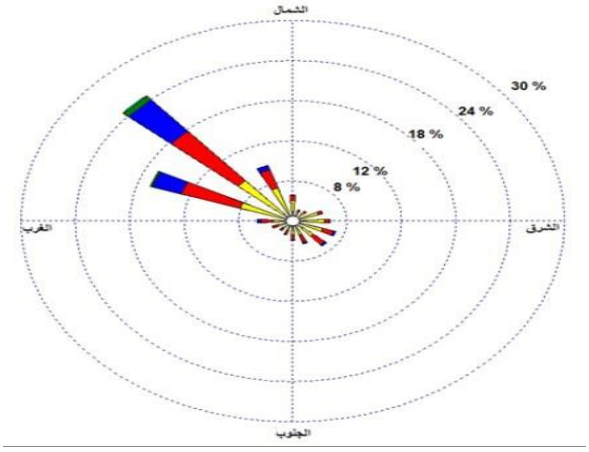


شكل رقم (3-7): يوضح تركيب برج القياس

3-5 تحليل بيانات الرياح :-

بعد تجميع بيانات الرياح لمدة عام كامل علي الأقل يتم تحليل البيانات ويستنتج ما يلي :-

* رسم وردة الرياح وفقآ لإتجاه الرياح حيث يتم تصنيف سرعة الرياح وإتجاهاتها وذلك لمعرفة إتجاهات سرعات الرياح السائدة بالموقع و ذلك للحاجه اليها عند ترتيب صفوف التوربينات وعند الإنشاء ويوضح الشكل رقم(3-8) إن سرعات الرياح السائدة تهب من الإتجاه الشمال الغربي .



شكل رقم (3-8) يوضح وردة الرياح

* حساب المتوسط السنوي لسرعة الرياح .

* حساب تغير السرعة خلال ساعات اليوم موسمياً وسنوياً.

* حســـاب المتوســـطات الشـــهرية لســـرعة الريـــاح وإتجـــاه ودرجـــة الحـــرارة والضغط الجوي.

* حساب التوزيع التكراري لمعاملات الرياح خلال العام .

جـدول رقـم (3-1) يوضـح سـرعات الريـاح خـلال السـتة أعـوام السـابقة مـن مكتـب الإرصـاد الجوي في مدينة بورتسودان

Port sudan mean monthly wind speed(m\s)						
	2016	2017	2018	2019	2020	2021
January	11	11	13	14	10	12
February	13	14	15	13	10	12
March	18	13	15	12	12	13
April	14	13	12	12	11	14
May	15	11	13	13	13	15
June	15	15	16	15	16	20
July	16	16	18	16	18	19
August	20	19	20	18	20	19
September	20	18	19	14	21	18
October	15	20	16	13	14	16
November	14	16	20	14	16	14
December	13	19	20	15	20	13
Average	15.33	15.41	16.41	14.1	15.1	15.41

جـدول رقـم (3-2) : يوضـح إتجاهـات الريـاح خـلال السـتة أعـوام السـابقة مـن مكتـب الإرصـاد في مدينة بورتسوان

Port sudan mean monthly wind direction						
	2016	2017	2018	2019	2020	2021
January	N-NE-NW-E	N-NE-NW	N-NE	N-NE-E	N-NE-NW	N-NE-NW
February	N-NE-E	N-NE-E-E	N-NE-NW	N-NE-E-SE	N-NE	N-NE-NW
March	N-NE-NW	N-NE-NW	N-NE-E	N-NE-NW	N-NE-NW	N-NE-NW
April	N-NE	N-NE	N-NE	N-NE	N-NE	N-NE
May	N-NE-NW	N-NE-NS	N-NE-NW	N-S-SW	N-NE	N-NE-S-SW
June	N-SW-SE	S-SE-SW	N-S-SW	S-SW-SE	N-NE-NW-SW-SW	W-SW-NW
July	S-SE-SW	S-SW-W	S-SE-SW-W	S-NW	N-NW-SW-S	NW-SW-S
August	S-SE-SW	S-SE-SW	S-SE-SW-W	S-SW-SE	N-NE-SW-S	N-NW-SW-S
September	N-NE	N-NE-E	N-NE-NW	N-NE-NW	N-NE-S	N-NE-NW
October	N-NE-NW-E	N-NE-NW	N-NE-E	N-NE-E	N-NE	N-NE
November	N-NW	N-NE-NW	N-NE-E	N-NE-E	N-NE-E	N-NE-NW
December	N-NE-E	N-NE-E-NW	N-NE-E	N-NE-E	N-NE-E	N-NE-NW

6-3 متوسط سرعة الرياح في مدينة بورتسودان :-

نجـد أن الموضـع أو الموقـع المناسـب و الصـحيح للتـوربين الهـوائي وكـذلك الحجـم مـن أهـم الأشـياء التـي تسـاعد علـي إعطـاء معلومـات جيـدة عـن متوسـط سرعة الرياح للموقع.

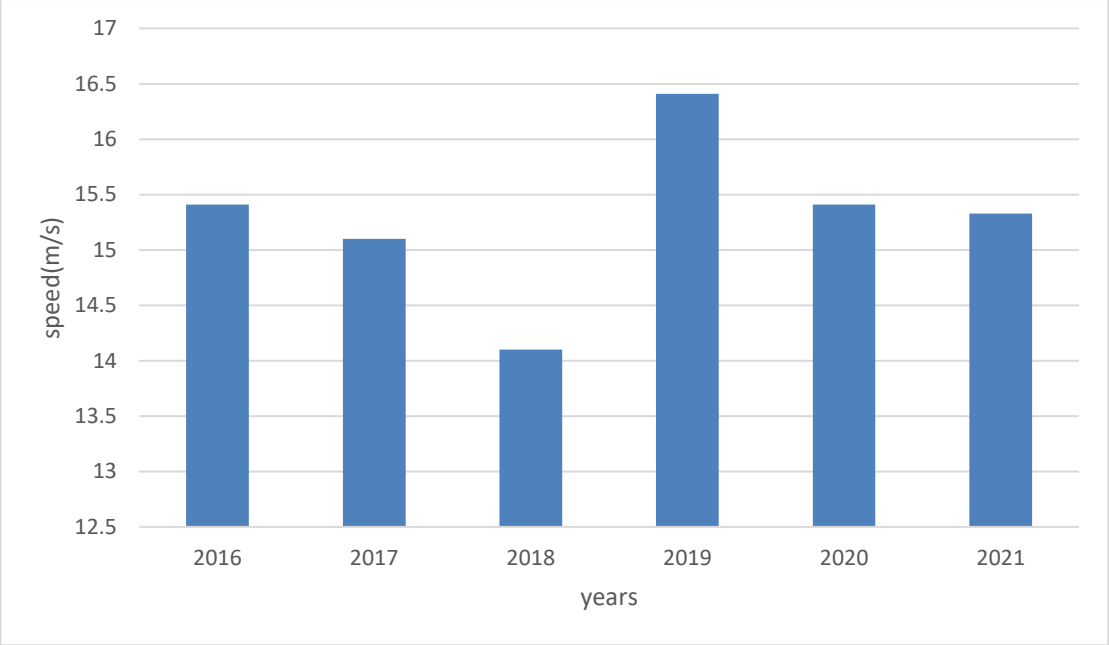
فالمتوسط السنوي للرياح يستخدم لوصف الأماكن العامة التي توجد بها رياح متوفرة أما المتوسط الشهري واليومي يستخدم في أكثر التحليلات دقة والتي تمثل علاقة زمنية بين طاقة الرياح المتوفرة والطلب (الإحتياج) للطاقة بالتفصيل .

7-3 بيانات الرياح الحالية :-

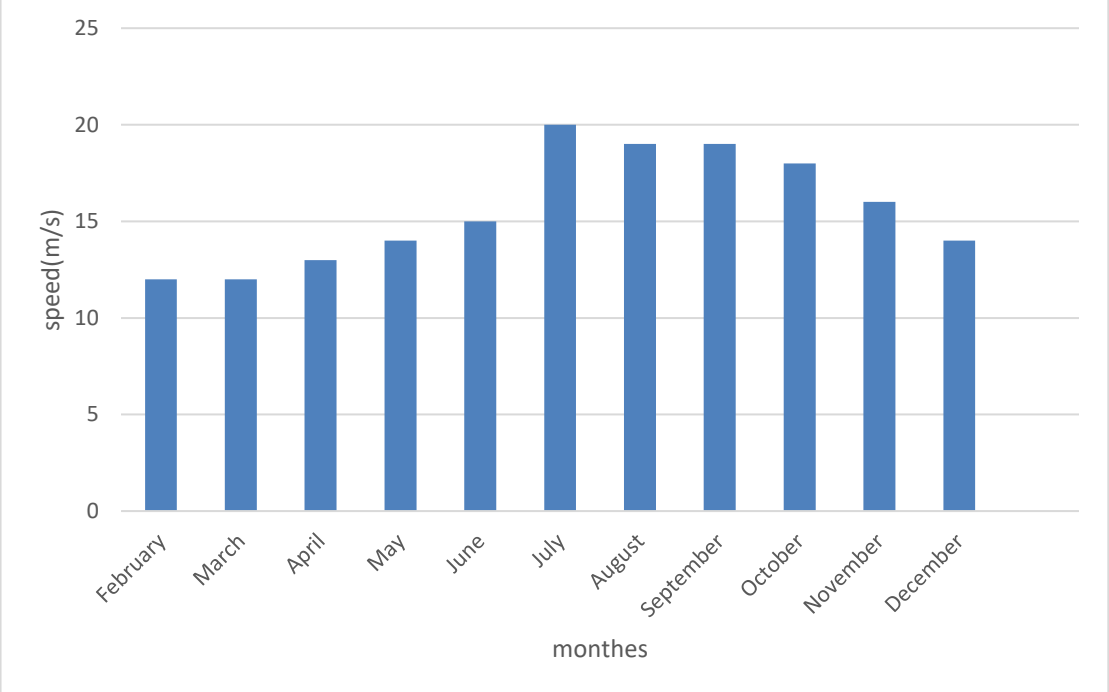
من التحليل الإحصائي لسنة كاملة لمحطة إرصاد مدينة بورتسودان التي تقع في مطار بورتسودان الدولي ، النتائج المتحصل عليها لمتوسط سرعة الرياح لعام (2021 م) هي 15.41متر/ثانية على إرتفاع 15 متر وتحدث سرعة الرياح القصوي في شهر يونيو(شهر6) 20متر/ثانية والحد الأدني لسرعة الرياح يحدث في شهر يناير وفبراير12متر/ثانية لنفس الإرتفاع ، وتم عرض توزيع سرعة الرياح في الجدول رقم (3-3) التي تم جمعها علي إرتفاع 100متر في ظل ظروف شديدة التحكم ويمكن إستخدام البيانات في التطبيق على مدينة بورتسودان .

جدول رقم (3-3) :يوضح إحصائيات سرعة الرياح لعام 2021

2021 Statistics		
Month	Direction	Speed(m/s)
January	N-NE-NW	12
February	N-NE-NW	12
March	N-NE-NW	13
April	N-NE	14
May	N-NE-S-SW	15
June	W-SW-NW	20
July	NW-SW-S	19
August	N-NW-SW-S	19
September	N-NE-NW	18
October	N-NE	16
November	N-NE-NW	14
December	N-NE-NW	13



شكل رقم(3-9): يوضح رسم بياني لسرعات الرياح خلال الستة أعوام السابقة من مكتب الإرصاد الجوي في مدينة بورتسودان



شكل رقم (3-10): يوضح الرسم البياني لإحصائيات سرعة الرياح لعام 2021

الفصل الرابع

تركيب وصيانة توربينات الرياح

1-4 أهم الشركات المصنعة للعنفات الريحية في العالم :-

العديد من الدول حول العالم حققت مؤخراً مستويات عالية في الإعتماد علي الطاقة الريحية كمصدر للطاقة، ومن أهم الشركات :

a- فيستاس (vestas):-

هي الأولي علي المستوي العالمي وهذه الشركة تشغل عدد من مصانع تصنيع العنفات الريحية في كل من(الدنمارك ، المانيا، إيطاليا ،والصين).

b - سينوفيل (sinovel wind) :-

الشركة الصينية الأكبر في صناعة العنفات الريحية في الصين ومن بين الخمسة الأوائل علي المستوي العالمي .

C - إنركون (Enercon):-

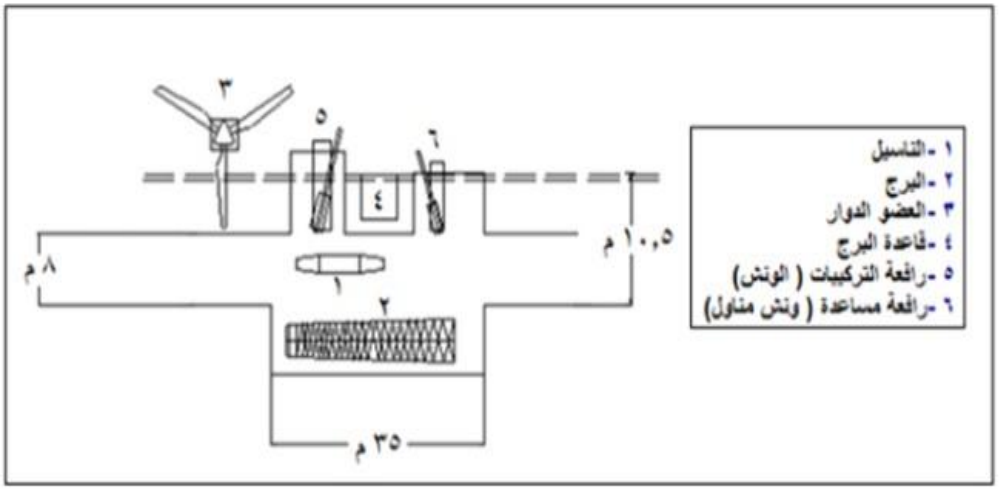
إنركون شركة المانية وهي الأولى في المانيا وبحلول عام 2011م قامت الشركه بتركيب ما يقارب 17000عنفة ريحية حول العالم وبما يتجاوز 24 قيقا واط .

2-4 عملية تركيب وتجميع توربينات الرياح :-

*** خطوات التركيب :-**

* تبدأ أعمال التركيبات بتنظيف القاعدة ورفع العزل الذي تم وضعه على الأجزاء العلوية من القاعدة قبل عملية الصب .

* يتم إنزال أجزاء التوربينة من فوق السيارات، وتوضع بواسطة الرافعة (الونش) بجوار القاعدة في أماكنها المحددة.



الشكل رقم (4-1) : توزيع أجزاء التوربينة و المعدات أثناء عملية التركيب

* وتتكون أجزاء التوربينة والمعدات أثناء عملية التركيب من الأجزاء التالية :

1- الناسيل (حاوية الأجزاء الدوارة.)

2- البرج .

3- العضو الدوار .

4- قاعدة البرج

5- رافعة التركيبات (الونش)

6- رافعة مساعدة (ونش مناول)

* يتم تجميع العنفات مع الناسيل (حاوية الأجزاء الدوارة) وهناك عدة طرق للتجميع تبعا لعدد العنفات ويتم تجميعها بعمود الإدارة ، وعلى سبيل المثال فإن التوربينات ذات القدرات المتوسطة حوالي (100 كيلو.واط) والتي تتكون من ثلاث عنفات تكون الزاوية بين كل واحدة والأخرى 120 درجة ويتم تجميع العنفة الأولى مع الصرة في وضع أفقي بعد ضبط زاوية الخطوة لها ثم تركب العنفة الثانية في وضع أفقي أيضا بالصرة كالعنفة الأولى وفى بعض الأحيان يتم تجميع الناسيل مع المجموعة على الأرض ثم ترفعً المجموعة كلها كما بالشكل رقم (4-2)ويكون شكل العنفتين على شكل حرف Vويكون مكان العنفة الثالثة بالصرة لأسفل وعموديا على الأرض، وتركب العنفة الثالثة لاحقا بعد رفع الناسيل (الحاوية) فوق البرج .

الشكل رقم (4-2): يوضح رفع الناسيل فوق البرج

* في التوربينات ذات القدرات الكبيرة يتم تجميع الصرة والعنفات الثلاثة على الأرض بحيث توضع الصرة في وضع رأسي ويتم تجميع العنفات الثلاثة بعد ضبط زاوية الخطوة لكل عنفة ويتم رفعها كما بالشكل رقم (4-3) على أن يتم تجميعها بحاوية الأجزاء الدوارة (الناسيل) والتي يتم رفعها أولاً فوق البرج.

الشكل رقم(4-3) : يوضح تجميع العنفات على الأرض ورفعها

* أما في التوربينات ذات العنفتين فتكون الزاوية بينهما 180 درجة فيثبتان في جانبي الصرة .

* يتم إدخال الكابلات من خلال المواسير الموجودة بالقاعدة ، ويتم رفع العزل عن الأجزاء المرتفعة عن سطح الأرض وهي عبارة عن مسامير ويتم تمشيط أسنان هذه المسامير لتسهيل عمليات التركيب.

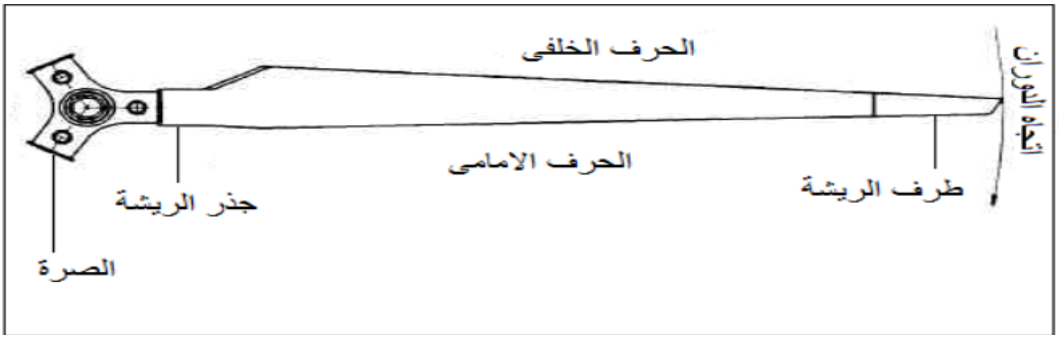
* يتم عمل ضبط لأفقية القاعدة بتثبيت أربع قطع معدنية سميكة بين المسامير على محيط القاعدة تكون الزاوية بين كل قطعة والتي تليها 90 درجة وبإستخدام ميزان الماء وميزان القامة يتم التأكد من أنها في مستوى أفقي واحد .

* يتم وضع لوحة التحكم على القاعدة الخرسانية .

* يتم رفع البرج بالرافعة (الونش) الخاصة بالتركيبات ووضعه على القاعدة الخرسانية كما في الشكل (4-4) ويتم ربط الصواميل بالبرج بالعزم المنصوص عليه.

الشكل رقم (4-4) : يوضح رفع البرج لتركيبه على القاعدة

* يتم تجميع الصرة بالعنفات كما بالشكل رقم (4-5) وتركيبهما بنهاية عمود السرعة البطيئة مع ربط أطراف عنفتين بحبال حتى يمكن التحكم فيها للحفاظ على أن تكون العنفات على شكل Y ويتم ربط الصرة بالعزم المنصوص عليه



الشكل رقم(4-5) : يوضح تجميع العنفة بالصرة

يتم رفع الناسيل (حاوية الأجزاء الدوارة) فوق البرج، ويتم تثبيتها مع البرج بمساميرمع تعزيمها بالعزم المنصوص عليه كما بالشكل رقم(4-6)

الشكل رقم (4-6) : يوضح رفع الناسيل إلى قمة البرج

4- 3 صيانة محطات توليد الطاقة الكهربائية بواسطة الرياح :-

يتوقع من مشروعات محطات الرياح عمر تشغيلي في حدود 20 عاماً ، ولن يتحقق ذلك إلا بالقيام بأعمال التشغيل والصيانة على الوجه الأكمل ، وطبقاً لمرجعيات رئيسية هي تعليمات و إرشادات الجهات المصنعة لمكونات المحطة وذلك إلى جانب الخبرات الهندسية التشغيلية في ضوء ظروف الموقع

الخاصة أو المتغيرة إن وجدت وعادة ما تصنف أنواع الصيانات المختلفة إلى ثلاثة فئات رئيسية ، ويمكن إيجازها فيما يلي :-

a- الصيانة الوقائية :-

وهي بناءآ علي برامج مخططة طبقآ لتعليمات الشركات المصنعة محددآ فيها أنواع وتوقيتات أعمال الصيانة المختلفة (ربع سنوية - نصف سنوية –سنوية - كل خمس سنوات) مع مراعات إجرائها في فترات إنخفاض سرعات الرياح والتنسيق مع شركة نقل الكهرباء وتتضمن صيانات الأكشاك والمحولات وصيانات لوحة تحكم التوربينة وصيانة حاوية المكونات وغسيل العنفات .

b- الصيانة التصحيحية :-

وهي تعتمد على إصلاح الأعطال المفاجئة ، حيث يتم من خلال النظام تحري أي أعطال فجائية أو قرءات غير طبيعية في التوربينات أو الخطوط _ الأكشاك _ المحولات و متابعة تطورها وإتخاذ الإجراء المناسب

C - الصيانة التنبؤية :-

ومن خلال القياس والمراقبة يتم تطبيق نظام للصيانة التنبؤية من خلال قياسات الإهتزازات والإتزان وحالة كراسي التحميل وقياس درجات حرارة لمختلف المكونات عن بعد بأستخدام أحدث الأجهزة المتخصصة وبصورة دورية ، بما يمكن الكشف المبكر عن الأعطال وتحديد أسبابها وتلافي تكرارها وتوفير الإحتياج من قطع غيار ومعدات وأجهزة وعمالة في الأوقات المناسبة .

ويمكن نظام التحكم والمراقبة أيضآ من التعرف علي حالة التوقف نتيجة عطل ما وإعادة التشغيل عن بعد لبعض الاعطال من داخل غرفة التحكم ، ويمكن إظهار سجل بتاريخ أعطال التوربينة وكذلك سجل بحالات التشغيل والتوقف.

ملحوظة مهمة :-

على غير ما هو شائع ومتوقع ، لا يستلزم عند حدوث أي عطل إيقاف التوربينة أو إخبار تواقم الصيانة عبر المساحات الشائعة لإصلاحها .

ويبرز هنا دور خبرة التشغيل وكذلك دور نظام التحكم والمراقبة المركزي في التعرف بدقة علي مدي سوء حالة التوربينة وعلي سبب توقفها نتيجة عطل ما ، ويتم بعدها كيفية إعادة تشغيلها عن بعد إن أمكن كما يتم إظهار سجل بتاريخ أعطال هذه التوربينة وكذلك سجل بفترات تشغيلها و توقفها .

4-4 التكلفة :-

لابد أن تكون كلفة أي مصدر للطاقة المتجددة مماثلة لكلفة أنواع الوقود الإحفوري ، والكهرباء المستدامة من مزارع الرياح أقل تكلفة اليوم من ما كانت عليه في السبعينيات، لكنها لا تزال تكلف أكثر من الكهرباء التي تنتجها محطات الطاقة التي تعمل بالفحم أو الغاز الطبيعي في العديد من المناطق ، يكلف بناء مزرعة رياح ملايين الدولارات اليوم وبينما تكلفة التوربينات الصغيرة للمنازل عدة آلاف من الدولارات .

يشهد العالم اليوم إهتماماً بطاقة الرياح للإستفادة منها من أجل توليد طاقة كهربائية ، لذا توجهت الأنظار نحو تصنيع توربينات مختلفة الأحجام تتنوع بين صغيرة الحجم ومتوسطة وكبيرة .

والجدير ذكره أن قدرة التوربين الصغير يبلغ 10 كيلو واط بإمكانه أن يولد نحو 16000 كيلو واط ساعة سنوياً ، فيما توربين الرياح الكبير يولد نحو 1.8ميقا واط من الكهرباء كافية لتزويد 600 عائلة بالطاقة الكهربائية .

هذا وتجذب (توربينات الرياح الصغيرة) إهتمام الشركات التجارية بشكل أكبر .

4- 5 أسعار توربينات الرياح :-

يمكن أن يكلف التوربين السكني أو توربين العمل ما بين 5,000 و80,000 دولار مع الإشارة إلى أن إستخدامها يكون علي نطاق واسع .

كما أن تركيب توربين بقوة 500 كيلو واط من نوع فيستاس (**vestas**) كافي لتزويد 100عائلة لمدينة بورتسودان بالكهرباء ،تبلغ تكلفته حوالي 250,000 دولار إضافة إلى تكاليف الإرسال و البني التحتية الأخري التي ترتبط بنظام طاقة الرياح .

وفيما يخص أسعار التوربينات في المنازل فهي تتراوح بين 200 الي 2000 دولار وذلك بحسب سرعتها ومواصفاتها .

الفصل الخامس

الخاتمة والتوصيات

1-5 الخاتمة:-

لقد أثبتت طاقة الرياح أن الطاقة المتجددة قد خرجت من معامل الباحثين لتشارك بشكل فعال في الوفاء بمتطلبات الطاقة وتحدياتها ، وأن نسبة مساهمتها في مزيج الطاقة التي نحتاجها تنمو يوما بعد يوم ، ولكن الطاقة المتجددة ليست دوما ذلك الوافد الجديد الذي يحمل في جعبته حلاً سحريا لمشاكل الطاقة الحالية ، فالدعوة إلى إستخدام ونشر تطبيقات الطاقة المتجددة والبديلة لا تعني أبداً إلغاء أو الإستغناء عن المصادر التقليدية للطاقة في الوقت الراهن ، ولكنها دعوة جادة لزيادة مشاركة الطاقة البديلة في مزيج الطاقة بشكل تدريجي وفعال بحيث يصبح الإعتماد عليها مستقبلاً سبيلاً لتحديد أمن وإستدامة الطاقة ، وتشهد مدينة بورتسودان طلباً متزايداً على الطاقة تعتمد في مجابهته على حرق الوقود الهيدروكربوني ، وتعاني المدينة نسبة عجز في الإمداد الكهربائي يصل إلى 50% ، وقد وجد أن طاقة الرياح في ساحل البحر الأحمر تواكب بصورة جيدة نموذج الطلب على الأحمال فهي ذات سرعة عالية في النهار وذات سرعات منخفضة بالليل ، ويزيد متوسط سرعة الرياح على طول ساحل البحر الأحمر عن 6 متر/ ثانية خلال العام .

تم أخذ القياسات وإتجاهات الرياح من محطة القياس لمطار بورتسودان الدولي و لكن هذه القراءات و القياسات تختلف على ساحل البحر الأحمر بإختلاف التضاريس و سرعات الرياح و من إمتيازات مدينة بورتسودان يمتاز ساحل البحر الأحمر برياح دائمة على مدار العام بذلك سيكون موقع المحطة على الساحل .

و من الأهداف الأساسية للمحطة سد العجز و النقص في الإمداد الكهربائي وتم إختيار توربين من نوع (**Vestas**) وقد وجد أنه يمكن توليد 500 كيلو واط بتكلفة تبلغ حوالي 250,000 دولار .

2-5 التوصيات :-

تم أخذ القياسات والإتجاهات في هذا البحث من محطة القياس لمطار بورتسودان الدولي ولكن هذه القراءات والقياسات تختلف على ساحل البحر الأحمر بإختلاف التضاريس وسرعات الرياح من منطقة إلى أخرى على الساحل وعليه:

هنالك حاجة ماسة لمحطات أوتوماتيكية تقوم بتسجيل البيانات بإستمرار على الساحل لمعرفة سرعات الرياح بدقة وتوجيه البحث والتنمية في مجال ماكينات الرياح في إتجاه الإستفادة من المهارات المحلية و الأسواق المحلية كما يجب تشجيع الإنتاج المحلي لماكينات الرياح في كل المؤسسات العامة والخاصة .

يتم الإستفادة من التجارب والدراسات السابقة في هذا المجال وتطويرها وتوسيع الدراسات المتعلقة بطاقة الرياح ووضع التصاميم المناسبة للمعدات والالات اللازمة لإستغلالها وأيضاً التصاميم المعمارية للمباني في المحطة .

وكذلك يجب إنشاء حقول الرياح بعيداً عن المناطق السكنية وذلك لتقليل التأثيرات البصرية والضوضاء الصادرة عنها .

المصادر والمراجع

1- جون ووكر ونيوكلاس جنكن _ تقنية طاقة الرياح .

2- أ.د/ الفاضل بريمة _ إتحاد مجالس البحث العلمي والعربي بالتعاون مع معهد أبحاث الطاقه.

3- أ.د/ وهيب عيسى الناصر _ د/ علي عباس _ سلسلة الحقائب التعليمية التدريبية في مجال الطاقات المتجددة .

4- محطة الإرصاد الجوى لمطار بورتسودان الدولي .

5- م/ السيد منصور _ تصحيح عدم المساواة في توربينات الرياح .

6- م/ ماجد كرم الدين محمود _ رياح التغيير في أنظمة الطاقة العربية والعالمية

7- هاشم محمد _ الطاقة المتجددة _ الخرطوم 2015 .

8- مجلة موهوبون _ محطة لإنتاج الكهرباء بإستخدام الرياح الخفيفة

9- سعيد ياسر عبدالله _ الطاقة المتجددة في الكهرباء بين الحاضر والمستقبل .

10- www.technowind.com

11-www.upsaps.com

12-www.attaqa.net

13- www.kawngroup.com

14- عنفة الرياح . Wikipedia