دراسة تصميم محطة توليد طاقه الكهربائية من الرياح (منطقة سنكات)

بحث تكميلي لنيل درجة البكالوريوس مرتبة الشرف في الهندسة الكهربائية

إعداد الطلاب:

أحمد علي حسن أحمد
أسامة الأمين أحمد محمد
زينب الفاتح محمد بابكر
عبدالمجيد عبدالرحمن الحاج سعيد

إشراف:

أ/ إبراهيم أحمد إبراهيم

قسم الهندسة الكهربائية

كلـية الـهندسة

جـامعة الـشيخ عـبد الله الـبدري

مارس 2022م

الآية

سورة النجم الآية 39

إهداء

أهدي هذا البحث المتواضع إلى أبي الذي لم يبخل على يوماً بشيء

وإلى أمي التي ذودتني بالحنان والمحبة

أقول لهم: أنتم وهبتموني الحياة والأمل والنشأة على شغف الاطلاع والمعرفة

وإلى إخوتي وأسرتي جميعاً

ثم إلى كل من علمني حرفاً أصبح سنا برقه يضيء الطريق أمامي

شكر وتقدير

فإني أشكر الله تعالى على فضله حيث أتاح لي إنجاز هذا العمل بفضله، فله الحمد أولاً وآخراً، ثم أشكر أولئك الأخيار الذين مدوا لي يدَ المساعدة، خلال هذه الفترة، وفي مقدمتهم أستاذي المشرف على البحث:

فضيلة الأستاذ / إبراهيم أحمد إبراهيم

الذي لم يدَّخر جهداً في مساعدتي، كما هي عادته مع كل طالب للعلم، وكان خير مرشد لي على هذا البحث، فله من الله الأجر

ومني كل تقدير حفظه الله ومتّعه بالصحة والعافية ونفع بعلومه.

فهرس المحتويات

Contents

الآية i

إهداء ii

شكر وتقدير iii

فهرس المحتويات iv

قائمة الجداول vi

فهرس الاشكال والصور vii

فهرس الاختصارات والرموز xi

المستخلص: x

الفصل الأول(المقدمة) 1

1.1 تمهيد: 2

1.2مشكلة البحث 3

1.3 أهمية البحث 3

1.4اهداف البحث 3

1.5 منهجية البحث 3

1.6 بنية البحث 3

الفصل الثانى الاطارى النظرى للبحث 4

2.2 الدراسات السابقة 5

الفصل الثالث(طاقة الرياح) 9

3.1 اولا الطاقه : 10

3.2 أهمية الطاقة 10

3.3 مصادر الطاقة : 10

3.4 اهم أشكال الطاقة المتجددة: 11

3.5 خصائص الطاقة المتجددة: 13

3.6 طاقة الرياح: 14

3.6.1 سبب حركة الرياح : 14

3.6.2 قياس سرعة الرياح : 15

3.6.3 تطوير تقنية التنبؤ بالرياح : 17

3.6.4 توليد الطاقة الكهربائية من الرياح: 18

3.6.5 توربينات الرياح : 19

3.6.6 تصنيف توربينات الرياح :.....21
أ/ تصنيفها من حيث تغير السرعة إلى:.....21
ب/ تصنيفها من حيث دوران وثبات الريش إلى: 22
3.6.7 اجزاء توربينات الرياح: 22
3.6.8 تطبيقات الرياح :.....26
3.6.9السوق العالمي والعربي لطاقة الرياح.....30
3.6.10 طاقة الرياح واعتماديتها :.....31
3.7 استخدامات الطاقة المتجددة:.....31
3.8 تكامل دمج طاقة الرياح مع شبكات الطاقة الكهربائية :.....32
3.9 خصائص الطاقة المتجددة : 32
الفصل الرابع(تصميم محطة رياح سنكات) 33
4.1 مزارع الرياح : 34
4.2 المواقع المفضلة لإنتاج طاقة الرياح:.....34
4.5 المناطق زات سرعة الرياح العالية:.....34
4.6 المناطق التي تم تنفيذ مشاريع رياح فيها: 34
4.5 المناطق زات سرعة الرياح العالية:.....35
4.7 المناطق المستهدفة 36
4.8 مزرعة رياح سنكات 36
4.9 تحليل مزرعة الرياح عن طريق الواسب 36
4.10 ملخص تقرير الواسب : 66
4.11 ورقة بيانات التوربين: -.....68
الفصل الخامس (الخلاصة والتوصيات).....72
المراجع 73

فهرس الجداول

الرقم	الـــمـــوضـــــــــــــــوع	الصفحة
1	4.1مناخ الرياح الاقليمية	37
2	4.2 خشونة الارض	39
3	4.3 خشونة الارض	41
4	4.4 خشونة الارض	43
5	4.5 خشونة الارض	45
6	4.6 خشونة الارض	48
7	4.7 خاص بالتوربينات	54
8	4.8خاص بالمناخ	59

فهرس الاشكال والصور

الرقم	الـــمـــوضـــــــــــــــوع	الصفحة
1	2.1 يوضح دمج توربيني الرياح الراسية	7
2	2.2 مسقط رأسي للتصميم الحديث	7
3	3.1 يوضح محطة توليد طاقة كهربائية باستخدام طاقة باطن الارض	12
4	3.2 يوضح أكبر محطة طاقة شمسية عائمة تقع في فرنسا	13
5	3.3 طاقة الرياح في طواحين الهواء	14
6	3.4 جهاز قياس ذو الطاسات المجوفة	16
7	3.5 جهاز قياس الرياح الرقمي	17
8	3.6 نظام التنبؤ	18
9	توليد الطاقة الكهربائية من الرياح	20
10	3.7 يوضح توربينات الرياح العامودية	20
11	3.8 يوضح توربينات الرياح الأفقية	21
12	3.9 يوضح اجزاء توربينات الرياح	22
13	3.10 يوضح مولد رياح من نوع DC	24
14	3.11 يوضح المولدات المتزامنة AC	24
15	3.12 يوضح مولدات السرعات الثابتة	25
16	3.13 يوضح مولدات السرعات المتغيرة	25
17	3.14 يوضح المولدت من نوع (Dfigs)	26
18	3.15 يوضح نظام صغير تقليدي يعتمد على التيار الثابت لتوليد تيار متردد	27
19	3.16 يوضح مخطط لنظام قوى كبير مزدوج	27
20	3.17 يوضح نظام طاقة هجين	29
21	3.18 يوضح التنامي في احجام توربينات الرياح	30

22	3.19 يوضح محطة رياح كهرباء في اسبانيا	31
23	4.1 يوضح خريطة السودان للرياح	35
24	4.2 يوضح المناطق الغنية بالرياح	35
25	4.3 يوضح اتجاه الرياح عند درجة خشونه وارتفاعت مختلفه	39
26	4.4 يوضح اتجا الرياح عند درجة خشونه وارتفاعت مختلفه	41
27	4.5 يوضح اتجاه الرياح عند درجة خشونه وارتفاعت مختلفه	43
28	4.6 يوضح اتجاه الرياح عند درجة خشونه وارتفاعت مختلفه	45
29	4.7 يوضح اتجاه الرياح عند درجة خشونه وارتفاعت مختلفه	47
30	4.8 يوضح اعلى سرعة رياح في المنطقه	49
31	4.9 يوضح اعلى كثافة طاقة رياح في المنطقه	50
32	4.10 يوضح معامل المناخ	51
33	4.11يوضح شكل المزرعه	52

فهرس الاختصارات والرموز

الرمز	الاختصار
NREA	New and Renewable Energy Authority
EETC	Egyptian Electricity Transmission
WTG	Wind Turbine Generator
ANSYS	Engineering Simulation Software
VAWT	Vertical axis turbine
HAWT	Horizontal axis turbine
AC	Alternaive current
DC	Direct current
WASP	Wind energy industry-standard software
H	Height
A	wind speed; wind velocity
U	Mean speed
E	Power density
K	Weibull
RIX	Wake loss wind
SWT-3.6-107	Wind turbines
NET AEP	Annual Energy Production

المستخلص:

الهدف هذا المشروع تصميم محطة كهربائية سعة 253.8 ميغا واط من طاقة الرياح ، ويتكون مشروع محطه الرياح المقترح من حوالي 141مولد توربين رياح بقدرة 253 ميجاوات قصوى لكل توربين، قدرة التوربين 1.8 ميغا واط ويتم ربط مولدات توربينات الرياح معا وتوصليها بمحطة كهربائية جديدة بقدرة 220 كليو فولت/متوسط الجهد داخل حدود الموقع.

أخذت البيانات عند سرعه الرياح اليومية والسنوية لمده عام من محطه الارصاد الجوية للمنطقة، ونوقشت البيانات بتطبيق الواسب وتم تحديد سرعه الرياح في المزرعة بسرعات مختلفة (أدنى – متوسط - أعلي) وكثافتها في فترات زمنيه مختلفة، وحساب الطاقة الكهربائية المنتجة في السنة، وتحديد ارتفاع واقطار الابراج المستخدمة في المحطة

Abstract:

The objective of this project is to design an electrical station with a capacity of 253.8 megawatts of wind energy. The proposed wind station project consists of about 141 wind turbine generators with a maximum capacity of 253 megawatts for each turbine. The turbine capacity is 1.8 megawatts. The wind turbine generators are connected together and connected to a new electrical station with a capacity of 220 kV. Average voltage within site boundaries.

The data was taken on the daily and annual wind speed for a year from the meteorological station for the region, and the data was discussed by using the WASP application, and the wind speed on the farm was determined at different speeds (lower - average - higher) and their intensity in different time periods, and the calculation of the electric energy produced in the year, and the determination of the height and diameters The towers used in the station

الفصل الأول

المقدمة

الفصل الاول

المقدمه

1.1 تمهيد:

مشكلة الطاقة العالمية تتمثل في ازدياد العمران و المشاريع الصناعية والمدنية والذي يتطلب بدوره ازدياد احتياج الإنسان إلى استهلاك القدرة الكهربائية ، سواء كانت القدرة المستهلكة في المنازل كالإنارة والتدفئة و التهوية أو في المصانع والوحدات الإنتاجية وهذه العوامل جميعها تؤدي إلى أزمة ونقص في الطاقة ، وبالتالي تؤدي إلى نضوب مصادر الطاقة التقليدية التي يتم بواسطتها توليد الطاقة الكهربائية مثل (الفحم ، البترول، الغاز) كذلك الارتفاع المضطرد في أسعارها أيضا من الأسباب التي دعت العالم للتوجه إلى الطاقة البديلة والمتجددة مشكلة التلوث وما يسببه من أضرار بالإنسان والبيئة المحيطة ، وفي ظل التغيرات المناخية التي يشهدها العالم، ينبغي التفكير جديا في تقليل انبعاث غازات الاحتباس الحراري الناتجة من استخدام مصادر الطاقة الاحفورية والتي لها صلة وثيقة بهذه التغيرات المناخية.

ولهذا كله وبسبب إمكانية نضوب البترول بعد سنوات لا تتجاوز القرن كما يؤكد الكثير من الباحثين، أصبح لزاما التوجه إلى الطاقة البديلة النظيفة التي لا تنضب بأشكالها المتعددة. وبناء على تحذير خبراء من نضوب احتياطي النفط الجزائري في غضون 50 سنة، سعت الحكومة للبحث عن سبل بديلة لاستغلال الطاقة لما بعد عهد النفط، فقد كشفت عن خطة طموحة لإنتاج 10 في المائة من الكهرباء من موارد متجددة بحلول 2020.

كما اعدت شركة سونلغازسنة (2010)مشاريع انطلقت من السنة (2011) حيث ستكون أساسا صلبا لنشر هذا البرنامج الطموح، ويتعلق الأمر بمشروع انجاز مصنع لإنتاج الصفائح الضوئية الفولطية بسعة 100 إلى 120 ميغاواط والشروع في إنتاج قطع غيار توربينات الغاز إطلاق مشروع لتوليد الكهرباء عن طريق الرياح بطاقة 10 ميغاواط، وكذلك إطلاق مشروعين نموذجيين آخرين لمحطتين حراريتين شمسيتين بكل من ولاية الوادي وبشار بسعة 100 ميغاواط لكل واحدة.

وتتجسد أهمية البحث في البحث عن مصادر جديدة ومتجددة ورخيصة للطاقة وفى نفس الوقت لا يسبب تلوثا وأضرار بالبيئة، وهي مصادر الطاقة المتجددة المتمثلة في: (الطاقة الشمسية والطاقة الحرارية الجوفية، طاقة الرياح، الطاقة الهيدروليكية، طاقة الغاز الحيوي وطاقة المد والجزر).

هذا البحث يتناول إنتاج الطاقة الكهربية من الرياح في السودان وذلك بعمل محطة رياح مدينة سنكات وتناولنا طاقة الرياح كمصدر متجدد ونظيف للطاقة.

1.2 مشكلة البحث:

لحل مشاكل النقص في توليد الكهرباء لمدينة سنكات ودعم الشبكه القوميه للكهرباء .

1.3 اهمية البحث:

يعتبر استخدام طاقة الرياح على نطاق واسع صديقا البيئة بفضل ايجابيات تضمنها الطاقة المتجددة على غرار تنويع مصادر الطاقة والحد منى انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. كما أنه يحفز النمو الاقتصادي للبلاد من خلال فتح أبواب الاستثمار في هذا المجال

1.4 أهداف البحث:

دراسة طاقة الرياح في السودان ومعرفة المناطق التي يمكن انشاء محطة رياح فيها وعمل دراسة لتصميم محطة إنتاج كهرباء بالرياح في مدينة سنكات وذلك لدعم الشبكة القومية وحل مشاكل النقص في توليد الكهرباء.

1.5 منهجية البحث:

تم الرجوع الي خريطة السودان و خرائط الرياح العالمية والمحلية تم التوصل الى متوسط سرعة الرياح في الارتفاع المناسب في مدينة سنكات واخذ الموقع المناسب من جهات مرجعية وتم عمل الدراسة للمحطة، وتم استخدام الواسب لعمل الدراسة .

1.6 بنية البحث:

يتكون البحث من خمسه فصول

الفصل الاول بعنوان المقدمة، ويحتوي على تمهيد مشكلة البحث، أهمية البحث، أهداف البحث، منهجية البحث.

الفصل الثاني بعنوان الإطار النظري للبحث ويحتوي على محطة رياح دنقلا، محطة وادي سيدنا، محطة الطفيلة، محطة طاقة الرياح لشركة ليكيلا، دراسة جامعة ولاية اوهايو،تحسين توليد الطاقة الكهربائية .

الفصل الثالث بعنوان طاقة الرياح ويحتوي على الطاقة وأهمية الطاقة، مصادر الطاقة.

الفصل الرابع بعنوان تصميم محطة رياح سنكات ويحتوي على مزارع الرياح، المواقع المفضلة لانتاج الطاقة، توضيح خرائط سرعة الرياح بالسودان، تحليل مزرعة الرياح عن طريق الواسب .

الفصل الخامس: - الخلاصة والتوصيات.

الفصل الثاني

الإطار النظري للبحث

الفصل الثاني

الاطار النظري للبحث

2. 1 الدراسات السابقه :

محطة رياح دنقلا:

يقوم هذا المشروع بتطوير دراسة لتصميم أنظمة الطاقة الكهروضوئية وطاقة الرياح ليتم تنفيذها في شبكة توزيع دنقلا عند مستوى جهد 11 كيلو فولت. تهدف الدراسة إلى إيجاد معلمات الأنظمة الكهروضوئية وأنظمة التوليد الموزع للرياح بحيث تعمل بشكل صحيح. بالإضافة إلى ذلك، فإنه يدرس تأثير دمج أنظمة التوليد الموزع مباشرة مع الشبكة الحالية.

من أجل إثبات صحة تصميم النظام المقترح، سيتم إنشاء نماذج ومحاكاة في برامج PVSYST ETAP لشبكة توزيع عملية. سيتم استخدام بيانات الأحمال الحقيقية والطاقة الشمسية وطاقة الرياح في نماذج المحاكاة لتصميم أكثر واقعية. سيتم عرض النتائج التي تم الحصول عليها من التحليل وجدولتها ومناقشتها خلال هذا العمل.

محطة وادي سيدنا:

الهدف من هذا المشروع هو دراسة إمكانية توليد الطاقة الكهربائية من الرياح في مرتفعات منطقة وادي سيدنا لسد العجز في التوليد من المصادر المختلفة. كما يوضح نموذجاً لنظام تحويل طاقة الرياح التي تعمل عند سرعات الرياح المختلفة مع محاكاة النتائج في برنامج MATLAB.

يتكون نظام توربينات الرياح من ثلاثة أجزاء هي الديناميكية الهوائية والميكانيكية والكهربائية. يتم تصميم النظام باستخدام معادلات منمذجه ألي مخطط ثم محاكاتها. المولد الحثي ذو القفص السنجابي، نظام توربينة الرياح ذات المحور الأفقي متصلة مع الأجزاء الثالثة لنموذج توربينة الرياح التي يتم تحليلها باستخدام المعادلات الرياضية مع عمل تصميم ونموذج لكل مخطط، يتم ربط الوحدات الثالثة لتعطي المنظومة كاملة. كما تم استخدام بيانات سرعة الرياح في منطقة وادي سيدنا لاختبار المحاكاة عند سرعات الرياح المختلفة إعطاء عزم ميكانيكي نسبي وسرعة التوربين. هذا النموذج يوضح إمكانية توليد طاقة الرياح في هذه المنطقة حتى عند سرعات الرياح المتغيرة.

محطة الطفيلة:

تعد "محطة الطفيلة لطاقة الرياح" من أوائل المحطات العاملة لتوليد الكهرباء من طاقة الرياح على نطاق تجاري في منطقة الشرق الأوسط. وساهمت المحطة الواقعة في المملكة الأردنية الهاشمية والبالغة قدرتها الإنتاجية (117 ميجاواط) في زيادة إجمالي استطاعة توليده في الاردن بنسبة 3% وتم تشغيل هذا

المشروع الذي تقدر تكلفته 287مليون دولار في شهر سبتمبر 2015 وتم افتتاحها رسميا في نفس العام بحضور العاهل الأردني الملك عبد الله الثاني بن الحسين. وتمتلك وتدير المحطة شركة "مشروع رياح الأردن للطاقة المتجددة" التي تضم "مصدر (50%) ومجموعة البلاغي (50%).

وفي ظل التوقعات بنمو الطلب على الكهرباء في الأردن بنسبة تقدربنحو4.5%، سنويا حتى عام 2020 تسعى المملكة بخطى متسارعة نحو تطوير مصادر جديدة لتوليد الطاقة لمواكبة نمو الطلب في المستقبل. وتعد المحطة أول مشروع لطاقة الرياح يتم تطويره بموجب قانون الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة الأردني الذي تم إقراره عام 2010 ويدعو هذا القانون إلى تأمين 7% من احتياجات المملكة من الكهرباء من مصدر الطاقة المتجددة بحلول عام 2015 ورفع هذه النسبة إلى10% بحلول عام 2020.

محطة طاقة الرياح لشركة ليكيلا:

تهدف الحكومة المصرية إلى توليد 4300 ميغاواط من الطاقة المتجددة في غضون الثلاث سنوات القادمة. وكجزء من هذه الخطط، تعتزم شركة "ليكيلا مصر" إنشاء محطة لتوليد كهرباء تعمل بطاقة الرياح 250 ميجاواط بنظام ال BOO داخل مجمع محطات طاقة الرياح الذي تعتزم هيئة الطاقة المتجددة (NREA) انشاءه بمنطقة ارس غارب في البحر الاحمر من المزمع أن يتم ربط الكهرباء المتولدة من هذا المجمع بالشبكة الموحدة للكهرباء. فيما ستكون الشركة المصرية لنقل الكهرباء (EETC) مسئولة عن إنشاء خطوط نقل الكهرباء ومحطة المحولات اللازمة لاستيعاب الطاقة الكهربائية المتولدة من جميع محطات الرياح ليتم ربطها بالشبكة القومية الموحدة للكهرباء.

يتكون مشروع محطة الرياح المقترح من حوالي 96 مولد توربينات رياح بقدرة 2,6 ميجاوات لكل مولد (WTG) تم تصنيعهم بواسطة شركة (Siemens Gamesa) لذا ستكون القدرة القصوى للمشروع هي 250 ميجاوات. يبلغ ارتفاع التوربينات 120 متر وقطرها 114 متر، ويتم ربط مولدات توربينات الرياح معاً وتوصيلها بمحطة محولات كهربائية جديدة بقدرة 220 كيلو فولت متوسط الجهد داخل حدود الموقع. تم تحسين تصميم محطة الرياح باستخدام نمذجة تدفق الرياح وقد تم استبعاد المناطق غير المناسبة لبناء التوربينات لأسباب بيئية أو هيدرولوجية أو جيوتقنية أو لأسباب أخرى. سيتم بناء العديد من الطرق لنقل المكونات والوصول إليها خلال مرحلة التشغيل والصيانة. سيتم بناء هذه الطرق من التربة والحصى المضغوط وعرضها حوالي 5 أمتار حيث تقوم الشركة المصرية لنقل الكهرباء بإنشاء خط نقل كهرباء هوائي بقدرة 220/ كيلو فولت للتوصيل إلى محطة محولات كهربائية بقدرة 500 كيلو فولت يتم زيادة الجهد بقدر أيبر ويتم نقل الطاقة الكهربائية المنتجة إلى نظام النقل التابع

للشركة المصرية لنقل الكهرباء وقد تم إعداد د دراسة تقييم البيئة إضافية لخطوط النقل العامة حيث أن خط ال 200كيلو فولط .

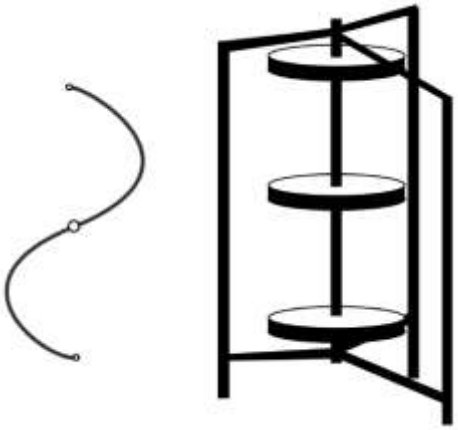
دراسة جامعة ولاية أوهايو بدمج تصميمين لتوربين الرياح الراسي:

ما توصل إليه طلاب في جامعة ولاية أوهايو بدمج تصميمين للتوربين الرياحي الرأسي هما داريوس وسافونيوس كما في شكل (2.1) للحصول على توربين يعمل بسرعة رياح منخفضة بخاصية البدء الذاتي والدوران الذاتي ونجحوا في الوصول الي هذه النتيجة عن طريق تصنيع الأنموذج وأخذ القياسات ومقارنة التوربين المصمم بالتوربينات التجارية.

الشكل (2.1) يوضح دمج تصميمين للتوربين الرياحي الرأسي هما داريوس وسافونيوس

قام طلاب جامعة روتردام بتصنيع نموذج لتوربين رياحي رأسي لقطعتين من الريش ركبت فوق قرصين وريشتين أخريين لتعطي شكل حرف (S) بزاوية تحتهما 90 ° درجه لاستقبال الرياح من أي اتجاه

كان من الضروري أيضاً حل مشكلة تردد العزم ومن هذا المنطلق قامت العديد من الأبحاث على تحسين الأداء باستخدام برامج المحاكاة وجد من خلالها أن أفضل زاوية التواء بين أعلى نقطة في الريشة وأدني.



الشكل (2.2) يوضح مسقط رأسي للتصميم الحديث لتوربين داريوس وسافونيوس

تحسين توليد الطاقة الكهربائية عن طريق طاقة الرياح في المناطق غير الساحلية:

يتناول هذا البحث تحسين توليد الطاقة الكهربائية باستخدام طاقة الرياح في المناطق الغير ساحلية، وللاستفادة من طاقة الرياح في تلك المناطق ذات السرعات المنخفضة تم تصميم شكل الفنتوري باستخدام برنامج sold (work) لزيادة سرعة الرياح وتوحيد اتجاهها لاستخلاص أكبر قدر من الطاقة بواسطة التوربين الأفقي ذات الكفاءة الأفضل والذي تعتمد كفاءتها على ثبات اتجاه الرياح وتم الاستعانة ببرنامج التدفق الكتلي (ANSYS)ومعادلات برنولي للموائع لحساب تدفق وسرعة الرياح في الشكل الفنتوري.

الفصل الثالث

طاقة الرياح

الفصل الثالث

طاقة الرياح

3.1 اولا الطاقه :

هي إحدى أشكال الوجود ويمكن تصنيفها إلى طاقة حركيه وطاقة كامنه في حين أن بعضها يمكن أن يكون مزيجاً من الطاقتين معا جميع أنواع الطاقة يمكن تحويلها من شكل إلى آخر بمساعدة أدوات بسيطة وأحياناً يتم استخدام تقنيات معقدة.

وعليه فإن مصطلحات الطاقات وتحويلاتها مفيد جداً في شرح العمليات الطبيعية فحتى ظواهر الطقس مثل الرياح والمطر والبرق، تعتبر نتيجة لتحولات الطاقة التي تأتي من الشمس في شكل إشعاع شمسي.

وضمن الاستخدام الاجتماعي تطلق كلمة الطاقة على كل ما يندرج ضمن، مصادر الطاقة واستهلاكها وأيضا حفظ موارد الطاقة.

في القرن التاسع عشر ظهر مصدر آخر للطاقة وهو الطاقة الكهربائية والتي تعرف بالكهرباء ويمكن الحصول عليها من الطبيعة مباشر عن طريق الصواعق وهذا صعب وغير مجدي اقتصاديا ولكن يمكن توليد الكهرباء بعدة طرق منها الكيميائية مثل البطاريات أو عن طريق تحويل الطاقة الحركية إلى كهربائية وذلك بتحريك سلك موصل في مجال مغنطيسي كما في المولدات الكهربائية أو بتسخين مزدوج حراري كما في المزدوجات الحرارية.

3.2 أهمية الطاقة:

برزت الحاجة إلى الطاقة منذ فجر الحضارة عندما استغل الإنسان قوة الرياح في تسيير قواربه لآفاق بعيدة واستغل هذه الطاقة مع نمو الحضارة كطاقة ميكانيكية في إدارة طواحين الهواء ومضخات لرفع المياه من الآبار وغيرها.

3.3 مصادر الطاقة :

تصنف مصادر الطاقة على إمكانية تجددها واستمراريتها إلى:

3.3.1 مصادر مستنفذة أو تقليدية:

تشمل الفحم والبترول والمعادن والغاز الطبيعي والمواد الكيمائية التي هي مستنفذة أي أنها لا يمكن صنعها ثانية أو تعويضها مجدداً في زمن قصير.

3.3.2 المصادر المتجددة أو البديلة:

نعني بها تلك المتواردة من مصدر طبيعي غير تقليدي مستمر لا ينضب ويحتاج فقط إلى تحويله من طاقة طبيعية إلى اخرى يسهل استخدامها بوساطة تقنيات العصر، وتعتبر الطاقات البديلة أو المتجددة مصدراً نظيفاً لا يضر بالبيئة كما أن بعضها يمكن استخدامه بشكل دائم على مدار اليوم مثل طاقة الرياح والطاقة الشمسية وذلك لارتباطهما بظواهر مناخية تتغير على مدار الوقت.

وسنوجز فيما يلي بعض تكنولوجيا الطاقات البديلة وبيان وضعها الحالي والمستقبلي المتوقع على الصعيد العالمي، ويأتي دور مصادر الطاقة المتجددة في تقليل أسعار الطاقة وتأمين مصادرها، فمصادر الطاقات المتجددة تتواجد وتستخدم في أماكن تواجدها مثل (الشمس والرياح) وبعضها يمكن نقله مثل (الكتلة الحيوية)، وبالتالي لا يخشى عليها من عمليات النقل لأنه حيث يوجد المستهلك يتواجد مصدر الطاقة.

3.4 اهم أشكال الطاقة المتجددة:

3.4.1 الطاقة المائية:

ويقصد بها استخدام الطاقة المخزونة في المياه (طاقة وضع) وتحويلها إلى طاقة حركية لتوليد الطاقة الكهربائية وذلك بتحويل الطاقة الحركية عند سقوط المياه عبر التوربينات إلى طاقة كهربائية عبر المولدات.

ولتوليد الطاقة بهذه الصورة اقتصاديا يجب توفير كميات كبيرة من المياه على ارتفاع ملائم طيلة فترة السنة بإنشاء السدود المائية.

3.4.2 طاقة المد والجزر:

هي الطاقة الحركية المخزونة في التيارات المائية عن المد والجزر بسبب الجاذبية بين القمر والأرض ونجد أن تأثير قوة الجذب بين الأرض والقمر يكون أكبر على سطح الأرض في المنطقة التي يكون فيها القمر عموديا عليها ، بما أن سطح اليابسة لا يتأثر بهذه القوة وبالتالي فان سطح الماء في المحيطات والبحار يتأثر بها فيندفع إلى أعلى ويلاحظ كذلك أن مركز الأرض ينجذب في اتجاه القمر مما يسبب مدا في المنطقة المقابلة من الأرض للمنطقة التي يتعامد القمر على سطحها ، ونظرا لحركة الأرض حول نفسها كل 24 ساعة وأن جذب القمر يسبب مدا في نقطتين متقابلتين على سطح الماء في آن واحد وبالتالي يمكن استغلال هذه الظواهر لتوليد الطاقة الكهربائية عن طريق بناء السدود عند مدخل الخليج الذي يتمتع بفرق كبير في منسوب الماء بين المد والجزر أو عن طريق استغلال التيارات الناتجة عن المد والجزر بوضع توربينات داخل البحار والمحيطات .

3.4.3 الطاقة الحرارية الأرضية:

تعتبر الطاقة الحرارية الأرضية من مصادر الطاقة المتجددة البديلة والنظيفة التي تكون مخزنة طبيعياً في صخور الماقما في باطن الأرض، حيث يعتقد أن أكثر من 99 % من كتلة الكرة الأرضية عبارة عن صخور تتجاوز حرارتها 100 درجة مئوية ويقدر احتياطي الطاقة الحرارية الأرضية في حزام عمقه 200 متر تحت سطح الأرض وهي تنتج ما يعادل ما ينتجه 250 مليار طن من الفحم من الطاقة.

تقسم مصادر الحصول عليها إلى المياه الحارة الجوفية والصخور الحارة التي توجد في الأماكن النشطة بركانياً أو في الأعماق البعيدة تحت سطح الأرض ويمكن الاستفادة من الطاقة الحرارية الأرضية في تسخين المياه بالإضافة إلى استعمالها في توليد الكهرباء.

الشكل (3.1) يوضح محطة توليد طاقة كهربائية باستخدام طاقة باطن الأرض

3.4.5 الطاقة الشمسية:

تعتبر الشمس من أكبر مصادر الضوء والحرارة الموجودة على وجه الأرض وتتوزع الطاقة المتولدة من تفاعلات الاندماج النووي داخل الشمس على أجزاء الأرض حسب قربها من خط الاستواء وهذا الخط هو المنطقة التي تحظى بأكبر نصيب من تلك الطاقة، والطاقة الحرارية المتولدة من أشعة الشمس يستفاد منها عبر تحويلها إلى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الشمسية والشكل (2-3) يوضح أكبر محطة طاقة شمسية عائمة في أوروبا والتي تقع في فرنسا.

3.4.6 طاقة الكتلة الحيوية:

الغاز الحيوي عبارة عن غاز ينتج بواسطة نوع معين من البكتريا تسمي اللاهوائية ويتكون الغاز الحيوي من الميثان ، ثاني أكسيد الكربون ، بخار الماء وهي نفس التركيبة للغاز الطبيعي لكن الغاز الطبيعي ذو احتياطي محدود ، بينما الغاز الحيوي من المواد المتجددة وهو أكثر نقاء من الغاز الطبيعي لكونه يستخرج من مواد عضوية السيللوز أو مخلفات الحيوانات وذلك بوضع هذه المواد في إناء مغلق خالي من الهواء مع إضافة كميات محدودة من المياه وينتج عن ذلك غاز الميثان وثاني أكسيد الكبريت وبخار الماء ويمكن الاستفادة من المتبقي كسماد جيد .

يستفاد من الطاقة الناتجة عن الوقود الحيوي في كثير من التطبيقات أهمها إنتاج الطاقة الكهربائية.

الشكل(3.2)يوضح اكبر محطة طاقة شمسية عائمة في أوروبا والتي تقع في فرنسا

3.5 خصائص الطاقة المتجددة:

- متوفرة في جميع دول العالم، وضمان استمراريتها وتوفرها بسعر مناسب.
- تلائم واقع تنمية المناطق النائية والريفية وتلبي احتياجاتها.
- نظيفة ولا تلوث البيئة.
- الحد من الانبعاث الحراري وعواقبه الخطيرة.

- ذات عائد اقتصادي كبير في كثير من استخداماتها.
- الغالبية منها لا تحدث أي ضوضاء، ولا تترك أي مخلفات ضارة تلوث البيئة.
- تحقق تطورا بيئياً، واجتماعياً، وصناعياً، وزراعياً لخلوها من الملوثات الغازية والكيميائية.
- تتوفر بشكل مجاني

3.6 طاقة الرياح:

هي الطاقة المتولدة من تحريك ألواح كبيرة (توربينات هوائية) مثبتة بأماكن مرتفعة بفعل الهواء ويتم إنتاج الطاقة الكهربائية من الرياح بواسطة التوربينات التي تحمل على عمود يعمل على تحويل الطاقة الحركية للرياح إلى طاقة ميكانيكية ، فعندما تمر الرياح على الأذرع فإنها تخلق دفعة هوائية ديناميكية تتسبب في دورانه ، وهذا الدوران يحرك التوربينات فتنتج طاقة كهربائية عبر المولدات ، وتعتمد كمية الطاقة المنتجة من توربينه الرياح على سرعة الرياح وقطر الريشة ، لذلك توضع التوربينات التي تستخدم لتوليد الكهرباء فوق أبراج مرتفعة لأن سرعة الرياح تزداد مع الارتفاع عن سطح الأرض ، كما لا ينصح بوضع عنفات الهواء في المناطق الحضرية بسبب وجود عوائق تمنع الاستفادة من سرعات الرياح الجيدة، إلا أنها مجدية في المناطق الريفية نظراً لاتساع المساحات وقلة المباني والشكل (2.5) يوضح استخدام طاقة الرياح في طواحين الهواء.

الشكل (3.3) يوضح استخدام طاقة الرياح في طواحين الهواء

3.6.1 سبب حركة الرياح :

تتكون الرباح في الكرة الأرضة نتيجة الاختلافات في درجات الحرارة بين المناطق المختلفة ، فعند سقوط الإشعاع الشمسي على منطقة ما، يتم تسخين الهواء فيها مما يؤدي إلى انخفاض كثافته وتقلل الضغط الجوي أما المناطق التي ينخفض فيها مقدار الإشعاع الشمسي فإن كثافة الهواء تزداد و بذلك يزداد الضغط الجوي

فيها وينتقل الهواء من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض وهذا التدفق في الهواء من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض يسمى الرياح، ولما كانت منطقة خط الاستواء يسقط عليها كميه من الإشعاع الشمسي، ولو افترضنا أن الأرض لا تدور فسوف يتكون لدينا نظام بسيط من تيارات الحمل يتجه فيها الهواء الحار في منطقة خط الاستواء إلى طبقات الجو العليا لانخفاض كثافته ويتجه إلى القطبين الشمالي والجنوبي ويزيح بذلك الهواء البارد الموجود في منطقة القطبين إلى خط الاستواء, و بما أن الأرض لها حركة دورانية لذا تنشأ قوى تسمى بقوى كوريولس تؤثر على حركة الرياح، لذلك لا تأخذ الرياح أثناء هبوبها اتجاها مباشرا و إنما تنحرف إلى يمين اتجاهها المباشر في نصف الكرة الشمالي والى يساره في نصف الكرة الجنوبي بسبب دورانها حول نفسها وهناك نوع آخر من الرياح تسمى بالرياح المحلية والتي تهب على مناطق معينة من الأرض مثل نسيم البر و البحر (Land and water wind) والذي يتولد في المناطق الساحلية نتيجة لاختلاف السعة للبحر والساحل .

الأرض تكتسب الحرارة بسرعة خلال النهار وتفقد حرارتها بسرعة خلال الليل بينما يكتسب البحر الحرارة ببطء ويفقدها ببطء، ولذلك يسخن الهواء الملامس للأرض أثناء النهار وتقل كثافته ويتجه إلى الأعلى ليحل محله تيار هواء بارد قادم من البحر وهذا هو نسيم البحر أما خلال الليل فينعكس تيار الهواء ليتحرك من الأرض هواء بارد باتجاه البحر ويحل محله تيار دافئ قادم من البحر وهذا هو نسيم البر وبنفس الأسلوب يوجد هناك في المناطق الجبلية ما يعرف بنسيم الجبل والوادي (Hill and mountain wind) في الليل تهب الرياح من السطوح الجبلية الباردة نحو الوديان الدافئة بسبب الضغط المنخفض الناشئ من تباين درجات الحرارة ما بين الوادي والجبل، بينما في النهار حيث ترتفع حرارة أعالي الجبال فتتجه الرياح من الوادي نحو الجبل .

3.6.2 قياس سرعة الرياح :

سرعة الرياح هي التغير في نسبة غازات الغلاف الجوي حيث تؤثر سرعة الرياح على التنبؤ بدرجة حرارة الجو و أيضًا على كلًا من حركات الملاحة الجوية و البحرية و التمثيل الضوئي للنبات تقاس سرعة الرياح بجهاز المرياح أو الأنيمومتر ، تتحدد اتجاه الرياح في الأغلب بواسطة دوارة الرياح هي عبارة عن ذراع حديدي على شكل سهم يوضع على عمود رأسي من الحديد الصلب يدور هذا السهم بسهولة شديدة و يرتكز هذا السهم و العمود على عمود أخر مثبت على ذراعين لتحديد الجهات الأصلية (الشمال ، الشرق ، الجنوب ، الغرب) تكون مؤخرة السهم عريضة تدفعها الرياح بشكل مستمر و تسجل اتجاه الرياح في محطات الإرصاد الجوية كل يوم في ساعة معينة و يتضح من النسب المئوية عدد تكرارات الرياح من الاتجاهات المختلفة هذا يعرف منه اتجاه الرياح.

أما سرعة الرياح فتقاس بجهاز الأنيمومتر جهاز قياس سرعة الرياح هو أحد الأدوات التي تستخدم في قياس سرعة الرياح له عدة اشكال أبسطها الشكل ذو الطاسات المجوفة يتكون من قطب رأسي مع أربعة أذرع أفقية مثبته بقمته مع وجود طاسات مجوفة مثبته في النهاية الخاصة بكل ذراع تلف تلك الطاسات يحدث بفعل الرياح تدور الأذرع جميعها حول القطب المركزي ، نجد عند زيادة سرعة الرياح تزيد سرعة تلك الطاسات المجوفة و تزيد سرعة دوران الأذرع و لكن هذا النوع قديم جدًا و استخدامه لا يعد مجدي هنالك اليوم أنواع أكثر دقة منها أنيمومتر طاحونة الهواء يتم وضعه بشكل موازي للرياح حيث يدفع الهواء المثبت على طرفه بحركة آلية مواجهة الرياح و عندما يتم دوران الرياح تدفع اللف لحساب سرعة الرياح.

هنالك الأنيمومتر الكهرو حراري يعتمد على استخدام سلك رفيع من أجل تسخين درجة الحرارة أعلى من درجة حرارة الهواء المحيط و الرياح تبرد السلك و يتم حساب سرعة الرياح بناء على المقاومة الكهربائية لتلك السلك المسخن ، بشكل عام يعتبر هذا الجهاز حساس جدًا و يحسب سرعة الرياح بدقة شديدة للغاية ، هنالك الأنيمومتر الذي يعمل بقوة الليزر ذو التقنيات فوق الصوتية يحسب سرعة الرياح بقراءات دقيقة جدًا ، هنالك الأنيمومتر ذو تقنية الليزر دوبلر التي تقيس سرعة الرياح بكمية الضوء التي تنعكس من شعاع الضوء على جزيئات الهواء المتحرك يقيس السرعة و يحدد الاتجاه معًا يتواجد اليوم في جميع محطات الإرصاد الجوية بالعالم.

تم اختراعه على يد الأيرلندي روبنسون عام 1846 النوع الأول الذي يتكون من ثلاث أقداح أو أربعة لهم شكل مخروطي مغلق موصول لنهاية قضبان طولها من 5-20 سم وتتوزع الطاسة أو القدح بشكل دائري وآلية العمل تمكن في ضغط الرياح على القعر المغلق كلما زادت سرعة الدوران تقاس سرعة الرياح

شكل (3.4) يوضح جهاز قياس ذو الطاسات المجوفة

3.6.3 تطوير تقنية التنبؤ بالرياح :

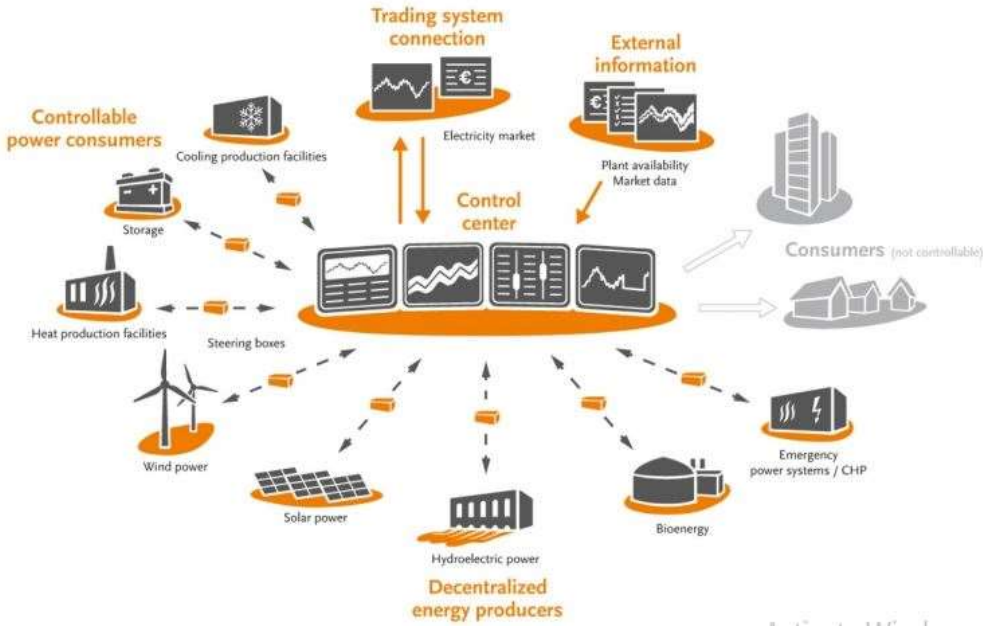
تيجة للتكنولوجيا الحديثة والأقمار الصناعية ووسائل الاستشعار عن بعد أصبح التنبؤ بأماكن الرياح وسرعاتها واتجاهاتها على درجة عالية من الدقة بالنسبة للمزارع الموزعة .

الشكل (3.5) يوضح جهاز القياس الرقمي

على مساحات كبيرة وأيضا بالاعتماد على تحليلات الأرصاد الجوي ونماذج رياضية وتحليلات إحصائية صار من الممكن التنبؤ بالرياح بداء من خمس دقائق وحتي 72 ساعة مقدما بدقة عالية..

فقد أصبحت نسبة الخطأ في التنبؤ بإنتاج مزارع الرياح المنفردة تتراوح من 10% الي 20% لمدي تنبؤ يبلغ 36 ساعة إما بالنسبة للمزارع الموزعة إقليمي فقد أصبحت نسبة الخطأ 10% لمدى تنبؤ يبلغ 24 ساعة واقل من 5%لأربع ساعات مقبلة ويوضح الشكل (6.3) نظام التنبؤ الذي تقدمة إحدى الشركات العالمية.

قد أثبتت الخبرات العالمية في مجال طاقة الرياح ان أنظمة وطرق التحكم المتاحة والعاملة بالفعل في محطات الرياح المتطورة والحديثة ألان هي أنظمة ملائمة للغابة من اجل دقة التكيف والتعامل من مستويات مساهمة لطاقة الرياح في شبكات التوزيع الكهربائية تصل إلى 20% طبقا لطبيعة النظام كما ان الأنظمة المرنة والتي تحتوي على نسب مشاركة عالية من الطاقة المائية والتوليد الغازي يمكن ان تدمج معها أيضا مستويات عالية من طاقة الرياح دون إحداث أي تغيرات جوهرية بهت وبأجزائها.

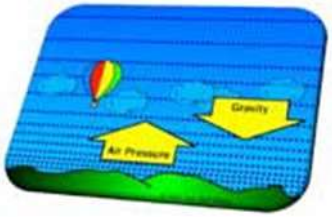


الشكل (3.6) يوضح نظام تنبؤ تقدمه إحدى الشركات

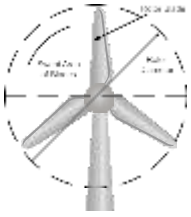
3.6.4 توليد الطاقة الكهربائية من الرياح:

الطاقة الكامنة في الرياح = (مكعب سرعه الرياح) × (مساحة دوران الريش) × (كثافة الهواء) × $\frac{1}{2}$

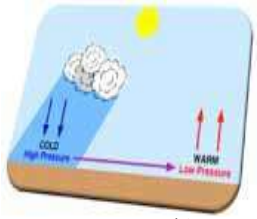
$$P = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times V^3$$



سرعه الرياح



مساحة المقطع



كثافة الهواء

تتناسب الطاقة الكامنة في الرياح مع ثلاثة عوامل أساسية:

1. أول هذه العوامل هو سرعة الرياح:

سرعة الرياح وبحساب بسيط يمكننا بسهولة استنتاج أنه إذا ما كانت سرعة الرياح في موقع ما ضعف سرعتها في موقع آخر فإن الطاقة الكامنة المحتوية في رياح الموقع الأول ستزيد ثمانية أضعاف عن تلك

الكامنة في رياح الموقع الثاني ومن هنا يتبين لنا أهمية السعي للتعرف على الموقع الأعلى في سرعات الرياح.

2. ثاني هذه العوامل هو كثافة الهواء:

وهي علاقة طردية ويعني هذا ببساطة أنه كلما كان الموقع أبرد في درجات الحرارة كلما زادت كثافة الهواء به وكلما زادت الطاقة المحتوية في الرياح المارة به.

3. ثالث هذه العوامل هي المساحة الدائرية التي سيمر خلالها الهواء عبر التوربين:

أي مساحة دوران ريش توربينه الرياح نفسها وهذه المساحة الدائرية تتناسب بالطبع مع مربع طول ريشة التربين التي تمثل نصف قطر المساحة الدائرية وهذا يفسر لنا سبب السعي الدائم نحو تكبير أحجام التوربينات ونحو السعي إلى زيادة أطوال ريش التوربينات وبالتالي زيادة أقطار دوران ريش التوربينات.

3.6.5 توربينات الرياح :

1 \ توربينات الرياح العمودية (VAWT):

وتكون فيها محور الدوران بشكل عمودي وحركة السطح المؤثر باتجاه حركة الرياح وغالباً ما يزيد عدد الريش فيها عن ثلاثة وتستخدم عادة في التطبيقات الميكانيكية مثل ضخ المياه ومن اهم مميزاتها:

1. بسيطة التركيب من حيث الهيكل والريش وسهلة الصيانة والتصليح ورخيصة الثمن مقارنة بعنفات المحور الأفقي.
2. يمكن أن تدور بأي اتجاه للرياح أي إنها مرنة الحركة عند تغير اتجاه الرياح ولذلك فهي لا تحتاج إلى نظام لتغيير اتجاه الحركة باتجاه الرياح مما يعني تكلفة أقل.
3. تحتاج إلى برج بسيط التركيب ورخيص الثمن.
4. ذات معامل قدرة أو كفاءة أقل مقارنة بالتوربينات الأفقية.
5. عند زيادة مساحة الريش في هذه الأنواع قد يسبب بعض المشاكل عند هبوب رياح قوية.
6. تحتاج إلى منظومة ميكانيكية للتشغيل الأولي في حالة كون التوربين متوقف عن الحركة.

توجد تصاميم مختلفة لتوربينات المحور العمودي وأهم هذه التصاميم هي:

أ- توربين داريوس (Darrius Turbine):

وسمي نسبة إلى المهندس الفرنسي جورج داريوس الذي صممه لأول مرة عام 1930، وشكله الخارجي مشابه إلى الخلاط المستخدم في المطابخ وتوجد منه أشكال أخرى على شكل حرف (V) و (H) ويحتوي

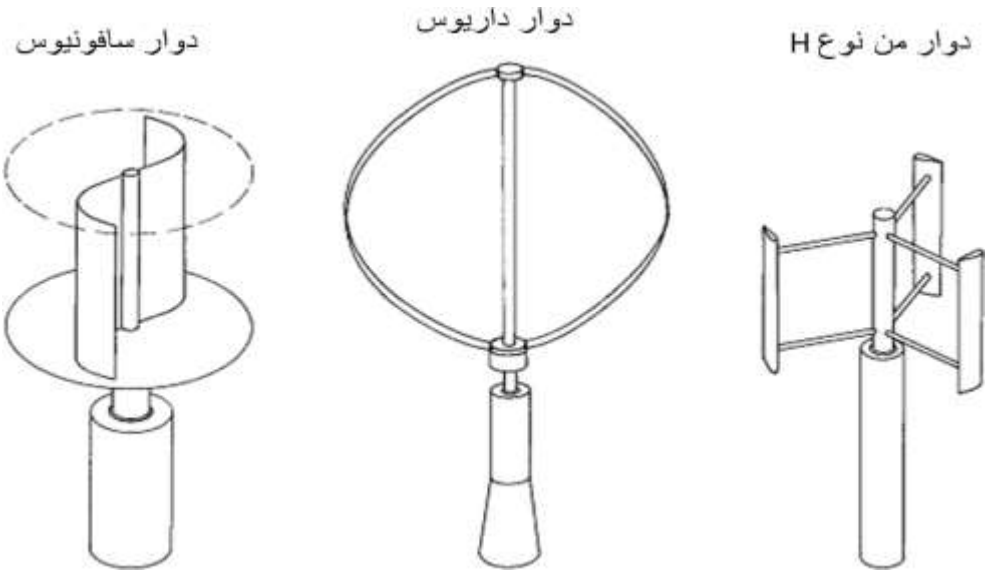
هذا التوربين على ريشتين او أكثر ويمتاز بأداء عالي في مدى السرعه المحصور بين (4.5 -7 m/s) ويستخدم هذا التصميم عادة في مجال توليد الطاقة الكهربائية .

ب- توربين سفانيوس (Savonius Turbine):

يتكون هذا التوربين من إسطوانتين متعاكستين على شكل حرف (S) تؤدي الرياح المسلطة على هذا التوربين الى توليد قوة دفع عالية على الجهة المقابلة للرياح، في حين تكون الجهة الأخرى المعاكسة لإتجاه الرياح تحت تأثير قوة أقل من الجهة الأخرى، مما يسبب توليد عزم دوراني يسبب تدوير التوربين، ومعامل القدرة لهذا التـــوربين منخفض بالمقارنة مع بقية التصاميم، كما توجد تصاميم كثيرة مستوحاة من هذا المبدأ الأساسي.

ت- توربين مسكروف (Musgrove turbine):

ث- طور هذا التصميم لأول مرة من قبل فريق بحثي يقوده البرفسور (Musgrove) في بريطانيا وشكله الخارجي مشابه للحرف (H) وتسبب الرياح في توليد عزم دوراني يستخدم لتوليد الطاقة الميكانيكية.



الشكل (3.7) يوضح توربينات الرياح العمودية

2\ توربينات المحور الأفقي (HAWT):

ويكون فيها محور الدوران بشكل أفقي ويكون الدوران في مستوى عمودي على اتجاه الرياح ويمكن وضعها إما في مواجهة أو في عكس اتجاه الرياح.

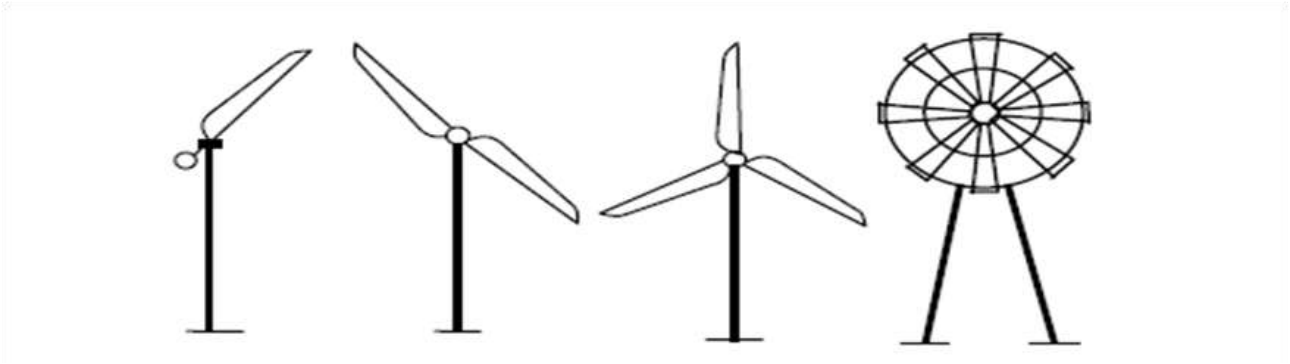
ومن أهم مميزات توربينات المحور الأفقي هي:

1. معامل القدرة أو الكفاءة عال نسبياً.

2. مساحة الريش تكون صغيرة.
3. ذات تركيب معقد ولذلك تكون صعبة الصيانة وغالية الثمن في صناعتها.
4. لا يمكن تغيير الدوران إذا تغير اتجاه الرياح إلا باستخدام نظام تحكم معين للتحكم بالريش.

توجد تصاميم مختلفة لتوربينات المحور الأفقي فهناك التوربين الأحادي الريشة، والذي يكون أقل تكلفة بسبب الاقتصاد في المواد المصنعة للريشة الناتجة عن إلغاء ريشة كاملة وتظهر مشاكل الموازنة بصورة جلية نتيجة لوجود ريشة واحدة فقط والتي يتم معالجتها عن طريق إضافة ثقل إلى الطرف الاخر وأكثر التوربينات الأفقية المحور استخداما في مجال توليد الطاقة الكهربائية هي التوربينات ثلاثية الريش ويعود السبب إلى.

إن توزيع وتوازن الأحمال على محور الدوران يكون أفضل من استخدام ريشة واحدة أو ريشتين ويعد حساب الأحمال على محور الدوران أمرا بالغ الأهمية، حيث يبلغ وزن الريشة الواحدة قرابة 2 طن وتوجد توربينات متعدد الريش إلا أنها غالباً ما تستخدم في ضخ المياه.



الشكل (3.8) يوضح توربينات الرياح الافقية

3.6.6 تصنيف توربينات الرياح :

أ\ تصنيفها من حيث تغير السرعة إلى:

1. توربينات السرعة الثابتة:

هي تعتمد على ثبات سرعة دوران ريش التوربين وبالتالي الجزء الدوار في المولد (أي عدد اللفات في الدقيقة)، وتستخدم هذه التوربينات المولد الحثي يكون خرج التيار من المولد ثابت.

2.توربينات السرعة المتغيرة:

تعتمد على تغير سرعة دوران ريش التوربين، وبالتالي الجزء الدوار في المولد مما يؤدي إلى اختلاف خرج المولد ، وتستخدم هذه التوربينات المولد التزامني ولا تحتاج إلى صندوق سرعات مما يؤدي إلى زيادة

حجم المولدات التزامنية مقارنة بالمولدات الغير تزامنية ، ويتطلب ربط هذه التوربينات على الشبكة الكهربية ضبط تردد التيار الناتج منها، وذلك باستخدام إلكترونات القوى وهي مجموعة من الوحدات الالكترونية التي تتحكم في التيار الكهربي ليخرج بالتردد المطلوب ، كما يمكنها العمل بشكل جيد أفضل من توربينات السرعة الثابتة كوحدة منفصلة أي تعمل كما لو كانت محطة كهرباء مستقلة .

ب\ تصنيفها من حيث دوران وثبات الريش إلى:

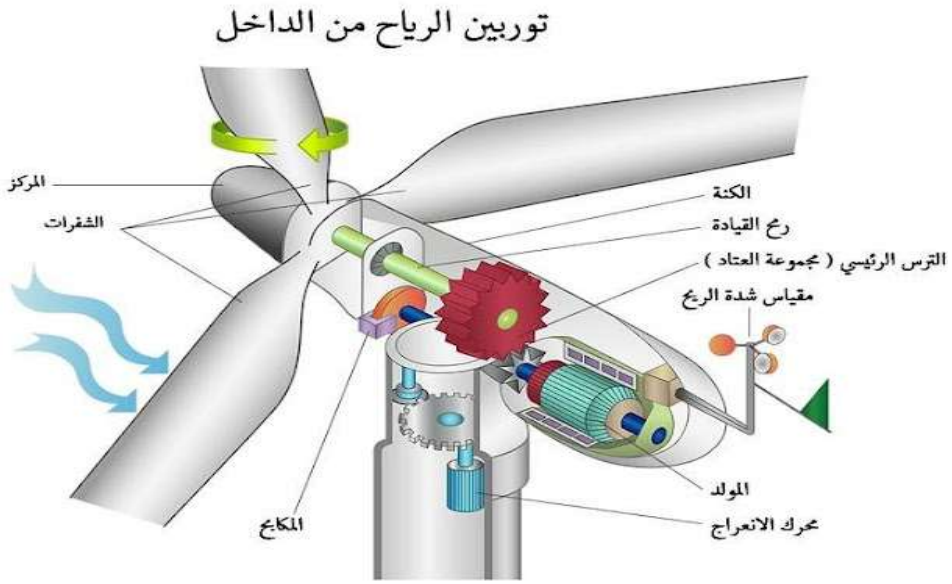
1\ توربينات تدور فيها الريش:

حيث تدور ريش التوربين خطياً حول محورها الطولي ولضمان الحصول على أقصى عزم عند أقل سرعة تعمل برامج التشغيل ومراقبة الأداء على إدارة ريش التوربين بحيث تستخلص أقصى طاقة حركية من الرياح.

2\ توربينات تثبت فيها الريشة:

تثبت الريش في الدوار عند زاوية ثابتة، مما يؤدي إلى انخفاض الطاقة المنتجة عند السرعات العالية وذلك نتيجة وجود تيارات فصل بين ريش التوربين رياح وتقلل من استخلاص طاقة الحركة .

3.6.7 اجزاء توربينات الرياح:



الشكل (3.9) يوضح اجزاء توربينات الرياح

3.6.8 أنواع المولدات المستعملة في طاقة الرياح :

إن مولدات الحث التي كانت تُستخدم غالبًا في مشاريع طاقة الرياح خلال الثمانينيات والتسعينيات من القرن العشرين، تتطلب طاقة متفاعلة من أجل الإثارة، لذلك تتضمن المحطاتُ الفرعية المستخدَمة في أنظمة تجميع طاقة الرياح مخازنَ تكثيف ضخمة ومتينة من أجل تصحيح معامل القدرة، ويختلف السلوك الذي تسلكه مولدات الرياح الدوارة خلال الاضطرابات التي تطرأ على الشبكة الناقلة وفقًا لأنماطها المختلفة، لذلك تتطلب مشغلاتُ أنظمة النقل توفرَ المواصفات الديناميكية الإلكتروميكانيكية التي تتميز بها مزارع الرياح الحديثة من أجل ضمان سلوك مستقر قابل للتنبؤ خلال الاضطرابات التي تطرأ على النظام، وعلى وجه التحديد، لا يمكن لمولدات الحث أن تدعم الجهد الكهربائي للنظام خلال اضطراباته، على عكس المحركات الدوارة البخارية أو المائية التي تديرها مولدات تزامنية.

لا تُستخدم مولدات الحث في المحركات الدوارة الحالية، بل يستخدم معظمها بدلًا من ذلك مولدات سرعة مع محولات طاقة كاملة أو جزئية بين محرك المولد الدوار ونظام التجميع، إذ أنها تتمتع عمومًا بخواص مرغوبة أكثر في ما يتعلق بالربط البيني للشبكة إضافة إلى أنها تتصف بالقدرة على الاستمرار في العمل عند انخفاض الجهد الكهربائي، وتلجأ المفاهيم الحديثة إلى استخدام مولدات حثية ثنائية التغذية (DFIG) مع محولات طاقة جزئية، أو مولدات حث قفص سنجاب أو مولدات تزامنية (تجري إثارتها بشكل دائم وعن طريق الكهرباء معًا) مع محولات طاقة كاملة.

بشكل عام هنالك ثلاثة أنواع من المولدات المستخدمة في توربينات الرياح:

1\ مولدات قدرة AC:

وهي نوعان:

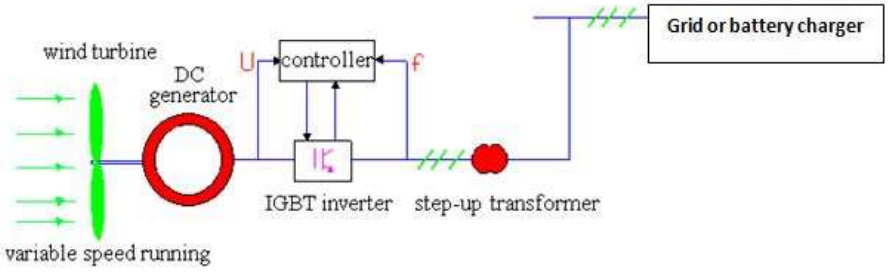
i. Synchronous AC

ii. Asynchronous AC

من حيث المبدأ فإن هذه المولدات يمكن أن تعمل على أساس السرعة الثابتة والسرعة المتغيرة وبحسب طبيعة الرياح المتغيرة ومن الأنسب المولدات التي تعمل على السرعة المتغيرة وذلك لتقليل الضغط الذي يتعرض له التوربين، وهذه يعزز أداء التوربين ويرفع الإنتاجية.

2\ مولدات القدرة (DC):

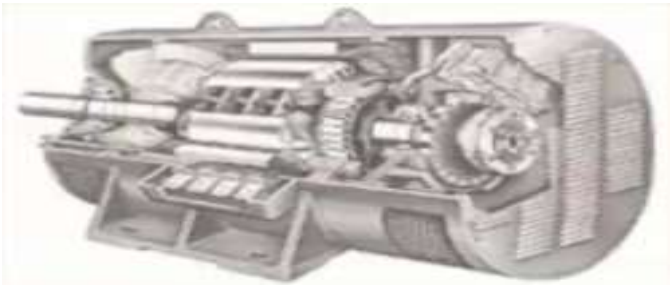
تستخدم مولدات قدرة ال (DC)بشكل عام في التوربينات الصغيرة لكي تخصص لأهداف محددة كإنارة الشوارع أو منظومات سقي المياه من الآبار وهي في الغالب صغيرة القدرة.



الشكل (3.10) يوضح مولد رياح من النوع dc

1. مولدات (AC) التزامنية:

هذه النوع من المولدات يمكن أن تستمد DC Excitations من مقاومة ثابتة أم مقاومة كهربائي ويسمي هذه النوع PM Synchronous أو ممكن ان تستمدها electrically excite ويدعى هذه النوع ب EESDs Generators هذه النوع من في كثير من تطبيقات القدرة المطلوبة هي AC Power 3Phase لذلك تم العمل على إيجاد هذه النوع من المولدات لتوربينات الرياح المولدات موثوق بيه ومعتمد في صناعة توربينات الرياح يمكن استخدامه في أنواع وإحجام متنوع من توربينات الرياح، خاصة مع القدرات العالية.



الشكل (3.11) يوضح المولدات المتزامنة AC

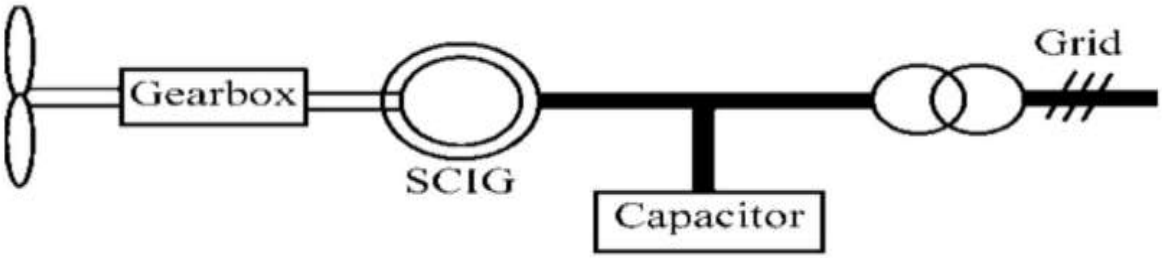
2. مولدات AC الغير متزامنة (Asynchronous):

الأنواع الحديث من توربينات الرياح تستخدم تقنيات حديثة وهنالك نوعين أساسيين من هذه المولدات هما:

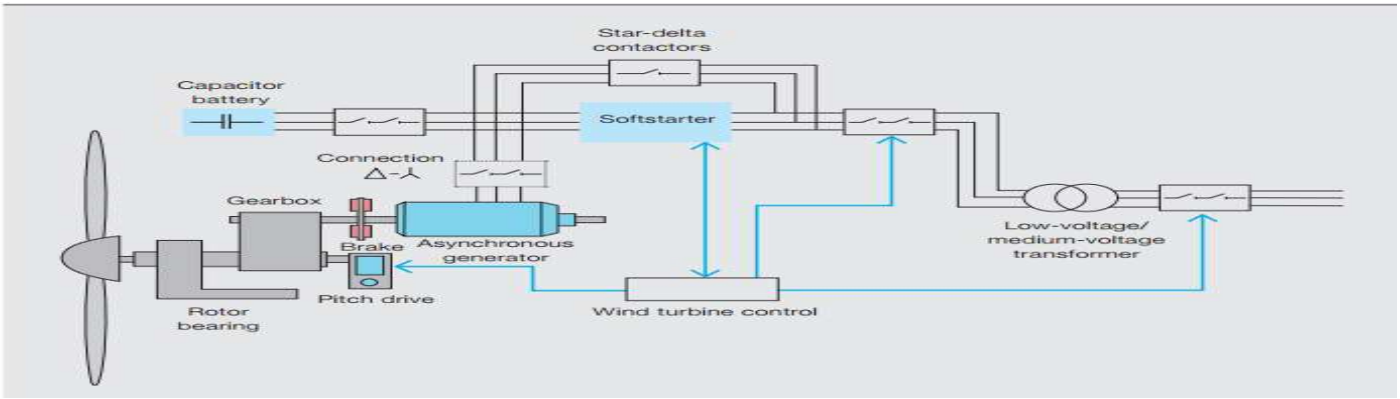
مولدات السرعة الثابتة (Fixed Speed): تستخدم هذه الأنظمة علبة سرعة متعددة المراحل ومولد تحريضي مع قفص سنجابي ويرتبط مباشرة مع الشبكة من خلال محول كهربائي، ويستخدم معها بنك مكثفات من أجل تعويض القدرة الردية كما هو موضح بالشكل (3.12)

سلبيات هذا النظام أن السرعة لا يمكن التحكم بها إلا في مجال صغير وهي السرعة الأعلى من السرعة التزامنية التي يعمل عندها المولد، وكونه يعمل عند سرعة ثابتة فإن الطاقة الزائدة عن هذه السرعة سوف

تترجم إلى عزم كهر وميكانيكي يسبب إجهادات زائدة على النظام (الشفرات، علبة السرعة، المولد) وقد تؤدي إلى تذبذبات بين الدوار والمولد.



الشكل (3.12) يوضح مولدات السرعات الثابتة المستخدمة في توربينات الرياح

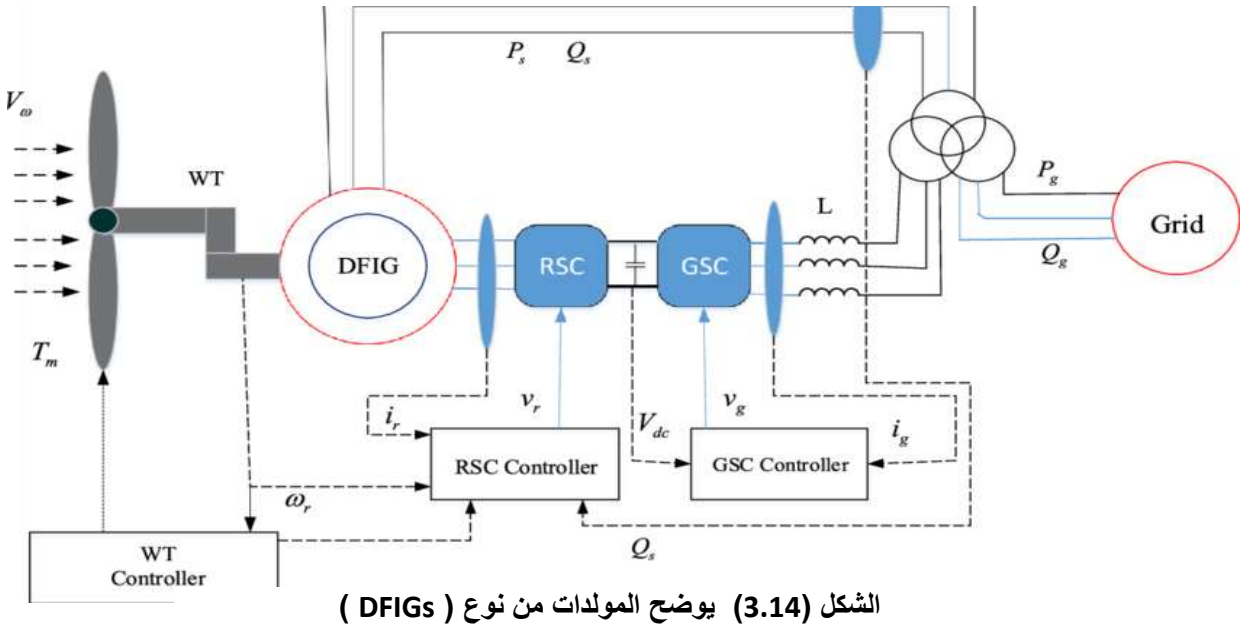


الشكل (3.13) يوضح مولدات السرعات المتغير

مولدات السرعة المتغيرة (Doubly-fed induction Generators):

ستخدم علبة سرعة متعددة المراحل ومولد تحريضي بدوار ملفوف ويستخدم مقاومات كهربائية متحكم بها تربط مع دوار المولد على التسلسل عن طريق محول الكترونيات القدرة بينما ثابت المحرك يرتبط مباشرة مع الشبكة من خلال محول كهربائي، مع ازدياد مجال سرعة التشغيل يزداد الانزلاق في المولد، وبازدياد هذه السرعة عن المجال المحدد يقوم بتبديدها في المقاومات الموصولة معه فكلما ارتفعت هذه السرعة يقل مردود المولد، ويمكن باستخدام مولد تحريضي مضاعف التغذية مع محول قدرة يربط دوار المولد بالمحول الكهربائي زيادة مجال سرعة المولد إلى 30% حول مجال السرعة التزامنية يوضح الشكل (13.3)ومخطط هذين النظامين (يعتبر هذين النظامين بإلكترونيات قدرة محدودة النطاق) بشكل عام التقنية الحثية هي أسهل من التقنيات السابقة وأكثر موثوقة وأقل تكلفة متطوعة بشكل جيد وبإمكانها امتصاص تذبذبات حركة ال (Rotor) نتيجة تقلب سرعة الرياح.

في سنة (1998) كانت أغلب تروبيات الرياح تستخدم المولدات الحثية ثابتة السرعة ولكن تم العزوف عن هذه التقينه إما الآن ف حوالي 85% من مولدات توربينات الرياح هي من نوع (DFIGs)



الشكل (3.14) يوضح المولدات من نوع (DFIGs)

3.6.9 **تطبيقات الرياح :**

1 /الأنظمة المعزولة:

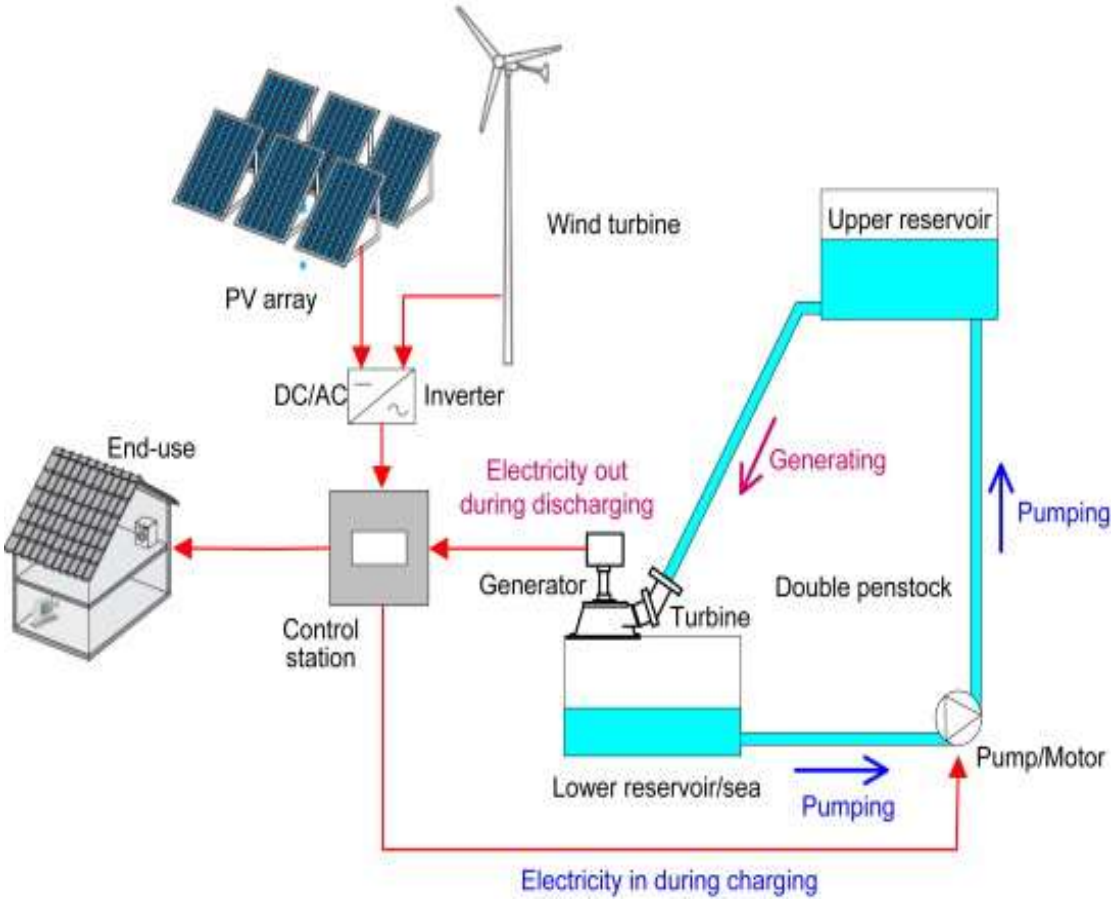
يقصد بالأنظمة المعزولة نظم الطاقة الكهربية الغير مرتبطة بالشبكة القومية بحيث تكون قاصرة على خدمة منطقة بعينها أو عدة مستخدمين، تختلف الاحتياجات الضرورية وشروط التطوير المطلوبة لإقامة مشروع في مناطق غير مربوطة بالشبكة اختلافا كبيرا ، وبصفة عامة توجد طريقتين لإمداد الطاقة إلى المناطق الريفية هما، مد الشبكة واستخدام مولدات الديزل ، وفي المناطق النائية قد يكون كلا الاختيارين مرتفع التكلفة ، فمد الشبكة الكهربية يكلف ما يربو عن 3000 دولار لكل كيلو متر ويأتي الاعتماد المتواصل على وقود الديزل مكلف وخاصة بعد إضافة قيمة النقل ، إن تضمين التكنولوجيات المتجددة في خطط إمداد الطاقة يمكن أن يقلل من دورة تكاليف المشروع في تزويد المناطق الريفية باحتياجاتها من الطاقة ، وعلى أية حال فإننا مطالبون أن نأخذ في الحسبان عند تعاملنا مع الطاقة المتجددة أنها مصادر غير منتظمة أي لا يمكن التحكم فيها باستثناء تكنولوجيا الكتلة الإحيائية.

تُوَصَّف أنظمة القوى التي تستخدم مصادر توليد متعددة تحت عنوان "أنظمة القدرة المهجنة (Hybrid Power Systems")، والتي يمكن أن تحتوي على مكونات مثل الإنتاج، التخزين، موائمة القدرة، نظام التحكم في إمداد الطاقة إلى مناطق الاستخدام.تتكون النظم الهجين التقليدية من: ناقل للتيار الثابت ("DC-Bus") موصل ببنك بطاريات وناقل للتيار المتردد "AC-Bus" خاص بالمولد والتوزيع ومن الجدير

بالذكر أن التطور الحالي في إليكترونات القوى ("Power Electronics") سمح في جعل أنظمة تحكم صغيرة ذات ناقل مفرد للتيار المتردد.

أيضا يمكن ربط التطبيقات المتجددة بناقل تيار متردد أو تيار ثابت اعتمادا على قدرة النظام ومواصفاته ويمكن أن تتراوح سعات نظم القوى هذه من بضعة "كيلووات. ساعة/يوم kWh/day" إلى أكثر من "ميغاوات. ساعة/يوم MWh/day".

تتضمن الفقرات التالية ثلاثة أشكال عامة توضح توليد الطاقة من نظم قوى رياح – هجين، النظام الأول شكل (15.3) يشرح نظام صغير تقليدي يعتمد على تيار ثابت في توفير التيار المتردد باستخدام محول للطاقة A small conventional DC based power system providing AC power using a power converter، النظام الثاني شكل (15.3) يبين نظام صغير للطاقة يركز على ناقل تيار متردد A small power system focused around the AC bus، والأخير شكل (15.3) نظام قوى كبير مزدوج للتيار المتغيرA larger AC coupled power system.



الشكل (3.15) يوضح نظام صغير تقليدي يعتمد علي التيار الثابت لتوليد التيار المتردد

تغذية التجمعات الصغيرة النائية باستخدام نظام هجين يعتمد على التيار الثابت:

لقد نما استخدام نظم المصادر المتجددة الهجين الصغيرة بزيادة استخدام تكنولوجيا وحدات الرياح الصغيرة وانخفاض كُلفة الخلايا الفوتو فولتية نسبيا وقد استخدمت معظم هذه النظم طرق توصيل "طبوغرافيا" Topography تستخدم ناقل تيار ثابت مستمد من بطارية باعتبارها نقطة توصيل مركزية.

وبصفة عامة تولد توربينات الرياح الصغيرة التيار الثابت ليخزن في بنك بطاريات Battery Bank والطاقة إما تخزن في بطاريات أو تحول لتيار متردد من خلال محول لتغذية الحمل يسمح استخدام بنك البطاريات لتخفيف اضطرابات التيار الناتج من توربينه الرياح لتغذية الحمل عند نقطة أخرى في نفس الوقت، وفي الحالات التي يطلب فيها ضمان القدرة يمكن استخدام مولد نقال مثل الديزل ، كما يمكن استخدام غاز البروبان والغاز الطبيعي في تغذية الحمل وشحن البطاريات في حالات الغياب الطويل للطاقات المتجددة يوضح شكل رقم (15.3) نظام قوى يعتمد على وحدة صغيرة تقليدية تقوم بتحويل التيار الثابت إلى تيار متردد من خلال محول لتغذية بعض الأحمال أو تغذية أحمال أخرى بتيار ثابت.

تغذية التجمعات الصغيرة النائية باستخدام نظام هجين يعتمد على التيار المتردد:

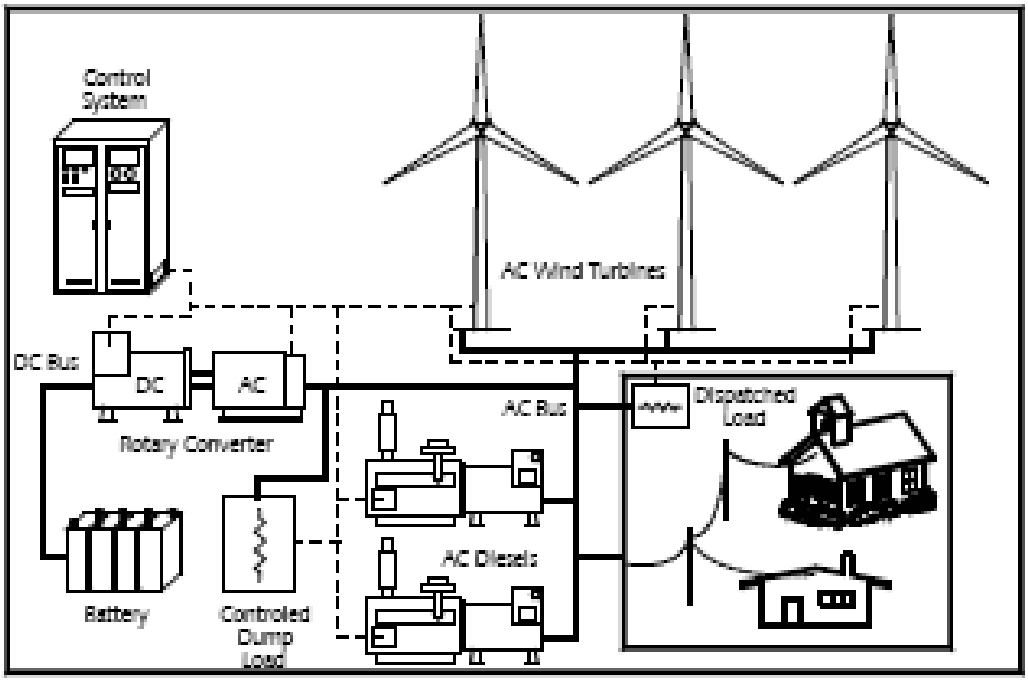
لقد سمح التطور الحالي في مجالات إلكترونات القوى، والتحكم ومحولات القوى، بظهور نظم توصيل جديدة، نظام قوى صغير يعتمد على ناقل تيار متردد عادة ما تستخدم هذه النظم مكونات صغيرة، مثل خلايا فوتوفولتية ورياح، موصلة من خلال محول ذكي بشبكة توزيع للتيار المتردد وذلك لتوليد التيار الثابت وتستخدم البطارية في التقليل من اضطرابات التيار الناتج كما أنها تتضمن محولها الخاص بها إن الميزة الأولى لهذه التوصيلة هو سهولة تركيبها التي تسمح بتوصيلها أو استبدالها بموديلات أخرى عند الحاجة إلى طاقة إضافية. ثانيا أنها لا تتطلب تحديد موقع كل المكونات بل يمكن توصيل أي مكون بأي مكان على الشبكة المصغرة (Micro Grid) وبصفة عامة، عادة ما تستخدم هذه النظم تردد النظام لتوصيل متطلبات القوى بين وحدات التوليد والتخزين المختلفة، إلا أن عيوب استخدام هذه الطريقة تكمن في التكلفة واستعمال تقنية متطورة يصعب استخدامها في المناطق النائية، أمر آخر هو أن كل الطاقة المطلوب تخزينها يجب أن تمر أولا من نقطة التوليد إلى وحدة تيار متردد ومن ثم من خلال مقوم البطارية الخاص بمحول القوى.

2 / الانظمة غير المعزولة:

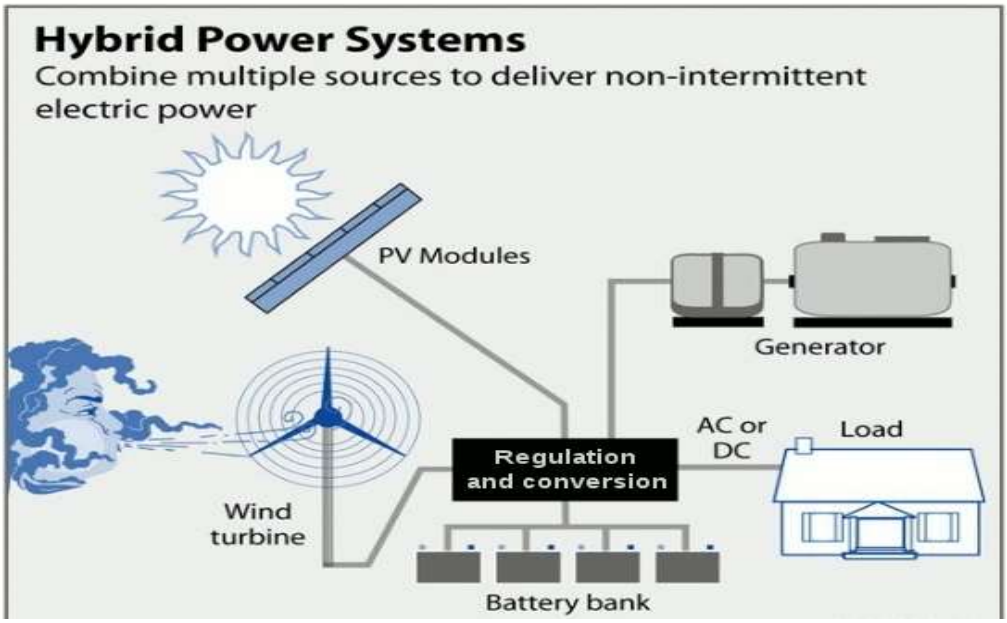
نظم رياح ديزل:

تتركز نظم القوى الكبيرة حول استخدام ناقل تيار متردد يدمج مع توربينه رياح ومولد ديزل يعتمد كلاهما على التيار المتردد يبين شكل (17.3) مخطط لنظام قوى كبير مزدوج (رياح/ديزل) إن التأثير الفني

لاستخدام نظام قوى (رياح/ديزل) في توفير الطاقة، يتمثل في خفض استهلاك الوقود باستخدام توربينه رياح مع ضمان جودة الطاقة.



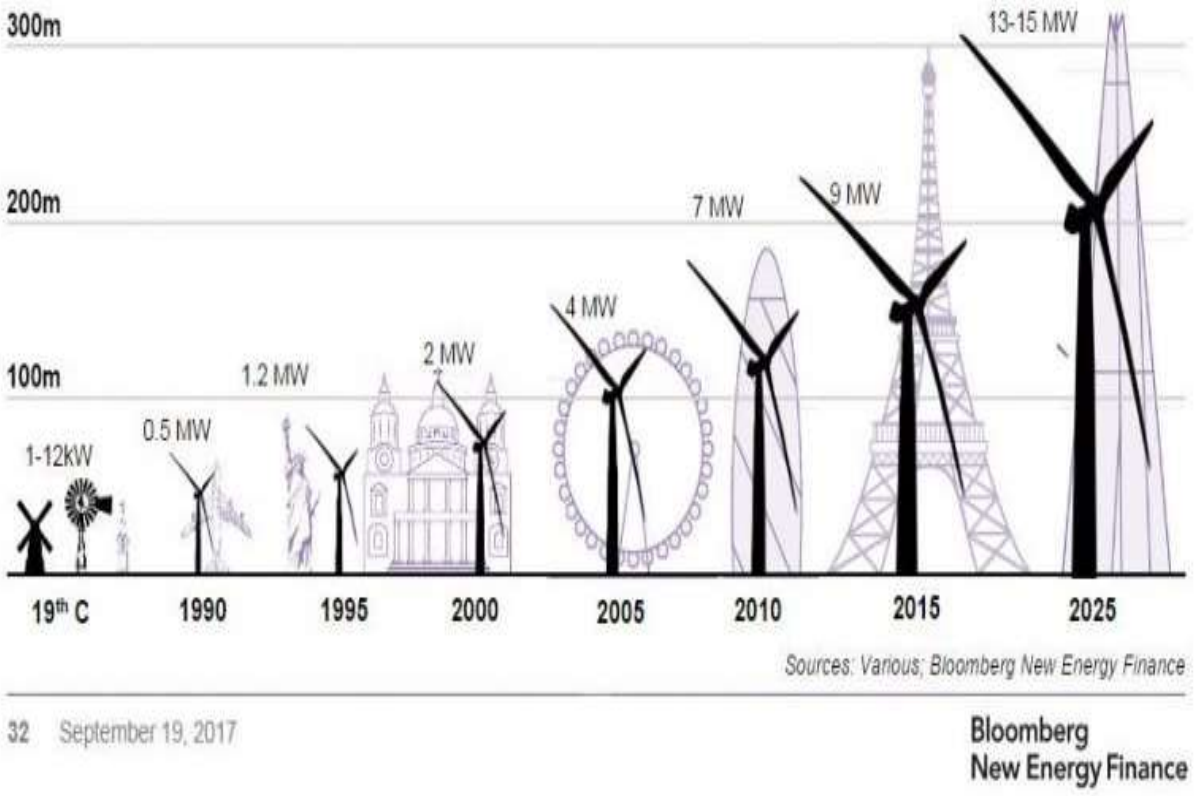
الشكل (3.16) يوضح مخطط لنظام قوى كبير مزدوج



الشكل (3.17) يوضح نظام طاقة هجين متكامل

ومن أجل أن يكون الاستثمار ذو جدوى اقتصادية للمكونات الإضافية التي تحتاجها توربينات الرياح فإن المكونات المطلوبة للحفاظ على ثبات شبكة التيار المتردد تزيد أيضا، لتضع حدا أقصى لعدد التوربينات في

النظام يُعَرْف الحد الأقصى بحدود هي مستوي التكنولوجيا المستخدمة في النظام، وصعوبة التوزيع المقترح، وجودة الطاقة المطلوبة للمستخدم، ولهذا السبب يعتمد التصميم الأمثل لهذا النظام على تحليل دقيق للمتطلبات وليس فقط أقصي قدر من طاقة الرياح والشكل (3-18) يوضح نظام طاقة هجين متكامل.



الشكل (3.18) وضح التنامي في احجام وقدرات توربينات الرياح

3.6.10 السوق العالمي والعربي لطاقة الرياح :

شهد السوق العالمي للطاقات المتجددة عامة ولطاقة الرياح خاصة تطوراً كبيراً خلال السنوات الأخيرة فطبقاً لأحدث تقارير الوضع العالمي للطاقة المتجددة الصادر عن شبكة سياسا الطاقة المتجددة للقرن الحادي والعشرين الدولية شهد عام 2010 إضافة حوالي 39 جيجاوات من طاقة الرياح على مستوى العالم لتصل بهذا القدرات الإجمالية من طاقة الرياح في العالم إلى 198 جيجاوات في نهاية عام 2010 ومعدل نمو بلغ حوالي 25:0 مقارنة بالعام السابق ويوضح الشكل التالي الذي تضمنه التقرير تطور القدرات المركَبة من طاقة الرياح في العالم على مدى أكثر من 15 عاماً وقد تنافست كل من ألمانيا والولايات المتحدة الأمريكية على الريادة في هذا المجال في الأعوام الأخيرة! ولكن الصين قفزت للريادة حيث أضافت مؤخرا قدرات

من محطات الرياح تقارب 19 ألف ميغاوات ليصبح إجمالي قدرات محطات الرياح بها 7 ألف ميغاوات احتلت بها المركز الأول عالمياً ثم أمريكا حوالي 40 ألف ميجاوات وألمانيا 27 ألف ميجاوات

3.6.11 طاقة الرياح واعتماديتها :

في أوروبا نجد أن دولة مثل الدنمارك تفي بالفعل بحوالي ربع احتياجها (24:6) من الكهرباء من طاقة الرياح وإسبانيا (169) والبرتغال (1590) وإيرلندا (10,516) وألمانيا (9,416) من احتاجها والشكل (19-3) يوضع التنامي في احجام وقدرات توربينات الرياح.

أما إقليمياً فترتفع هذه النسب في بعض المناطق فتصل في النصف الغربي من «الدنمارك» على سبيل المثال أحياناً إلى 10096 كما أن الشبكة الكهربائية في العديد من الدول الأوروبية مثل إسبانيا والبرتغال تحوي على مركزية بمقدورها التحكم في التربينات التي تشتمل عليها مزارع الرياح وإدارتها بكفاءة وفاعلية ويوضح الشكل يوضع محطات الكهرباء في أسبانيا والتي تحتوي على مزارع رياح تولد ما بمثل 2196 من كافة قدرات محطات التوليد وتسهم في الوفاء بحوالي 100:16 من الطلب على الكهرباء

الشكل (3.19) يوضح محطة كهرباء رياح في ريبسول اسبانيا

3.7 استخدامات الطاقة المتجددة:

تستخدم الطاقات المتجددة والبديلة في كثير من النواحي منها توليد الطاقة الكهربائية وضخ المياه وتحلية

مياه البحر لاستخدامها في المناطق النائية التي تفتقر إلى وجود المياه العذبة وكذلك المناطق الصحراوية القريبة من البحر، وغيرها من الاستخدامات في المجال العسكري والزراعي والصناعي والاقتصادي.

وقد يستخدم نظام طاقة بديلة مع نظام مشترك مثل (ديزل، رياح، شمسية) بالاستعانة بالحاسب الآلي للتحكم والمراقبة، كما تعطي فرصة لزيادة عدد الخطوط الكهربائية دون الحاجة إلى استخدام أعمدة إضافية.

3.8 تكامل دمج طاقة الرياح مع شبكات الطاقة الكهربائية :

بالطبع يعتمد إنتاج طاقة الرياح على التغيرات المناخية لذلك فان دراسة ومعرفة هذه التغيرات والتنبؤ يعد شيئا ضروريا من اجل دمج الطاقة الكهربائية المنتجة من طاقة الرياح مع شبكة الكهرباء لدقة وكفاءة.

ان تدفقات الكهرباء في الشبكات هي بالأصل متغيرة وتتأثر هذه الشبكات بعدد كبير من العوامل سواء المخططة أو غير المخططة ولكنها صممت لكي تتعامل مع هذه التغيرات من خلال أنظمة وتجهيزات مراكز التحكم والتوزيع والأحمال ونتجه لوجود المئات او الآلاف من توربينات الرياح المدمجة مع الشبكة الكهربائية فان طاقة مزارع الرياح لا تخرج من شبكات التغذية الكهربائية فجائيا مثلما يحدث مع محطات التوليد الكبيرة بسبب حدوث عطل ما ولكنها تحدث تغيرات متدرجة صعودا وهبوطا وفق حالة الرياح.

3.9 خصائص الطاقة المتجددة :

- متوفرة في جميع دول العالم، وضمان استمراريتها وتوفرها بسعر مناسب.
- تلائم واقع تنمية المناطق النائية والريفية وتلبي احتياجاتها.
- نظيفة ولا تلوث البيئة.
- الحد من الانبعاث الحراري وعواقبه الخطيرة.
- ذات عائد اقتصادي كبير في كثير من استخداماتها.
- الغالبية منها لا تحدث أي ضوضاء، ولا تترك أي مخلفات ضارة تلوث البيئة.
- تحقق تطورا بيئيا، واجتماعيا، وصناعيا، وزراعيا لخلوها من الملوثات الغازية والكيميائية.

الفصل الرابع

تصميم محطة رياح سنكات

الفصل الرابع
تصميم محطة رياح سنكات

4.1 مزارع الرياح :

هي مجموعة من عنفات الرياح في مكان واحد تستخدم في إنتاج الكهرباء، قد تتكون مزرعة الرياح الكبيرة من عدة مئات من عنفات الرياح الفردية الموزعة على مساحة ممتدة، ولكن الأرض بين العنفات قد تستخدم لأغراض زراعية أو غير تقريباً ،كل عنفات الرياح الكبيرة لها نفس التصميم، فعنفات الرياح بها المحور الأفقي الدوار بثلاث شفرات موجه عكس اتجاه الريح، تعلق على هيكل محرك على قمة برج أنبوبي طويل.

4.2 المواقع المفضلة لإنتاج طاقة الرياح:

من الضروري جدا قبل البدء بتنفيذ مشاريع محطات الطاقة الكهربائية أو أي طاقة أخرى اختيار المواقع المفضلة لإنتاج الطاقة من الرياح والتي لابد أن تسود فيها سرعة رياح عالية، لذلك لخص العالم مروني المواقع المفضلة في ملائمتها لإنتاج طاقة الرياح كما يلي:

- السلاسل الجبلية التي يتقاطع محورها مع الاتجاه الأساسي للرياح حيث تفضل السلاسل الجبلية على التلال المخروطية التي تماثلها في الإنحدار.
- التلال ذات الانحدار المعتدل بين (1:3-1:4).
- القمم غير المنبسطة، والانحدارات التي تمتد وتستمر حتى القمة مع عدم وجود قمة حادة.
- قمم التلال، وكذلك أيضا في المناطق ذات التضاريس الخالية من المصدات التي تعترض طريق الرياح.
- التلال ذات السفوح الأقل خشونة (كمثال غطاء نباتي بسيط وليس أشجار).
- المواقع البعيدة عن مصدات الرياح ومعوقات حركتها كالمباني والأشجار العالية ويمكن القول بشكل عام أن المناطق الواقعة على سواحل البحار وعلى قمم الهضاب والتلال هي في العادة من الأماكن المرشحة لنجاح مشاريع الطاقة الهوائية

4.3 المناطق زات سرعات الرياح العاليه:

1/ولاية البحر الاحمر (منطقة سنكات)

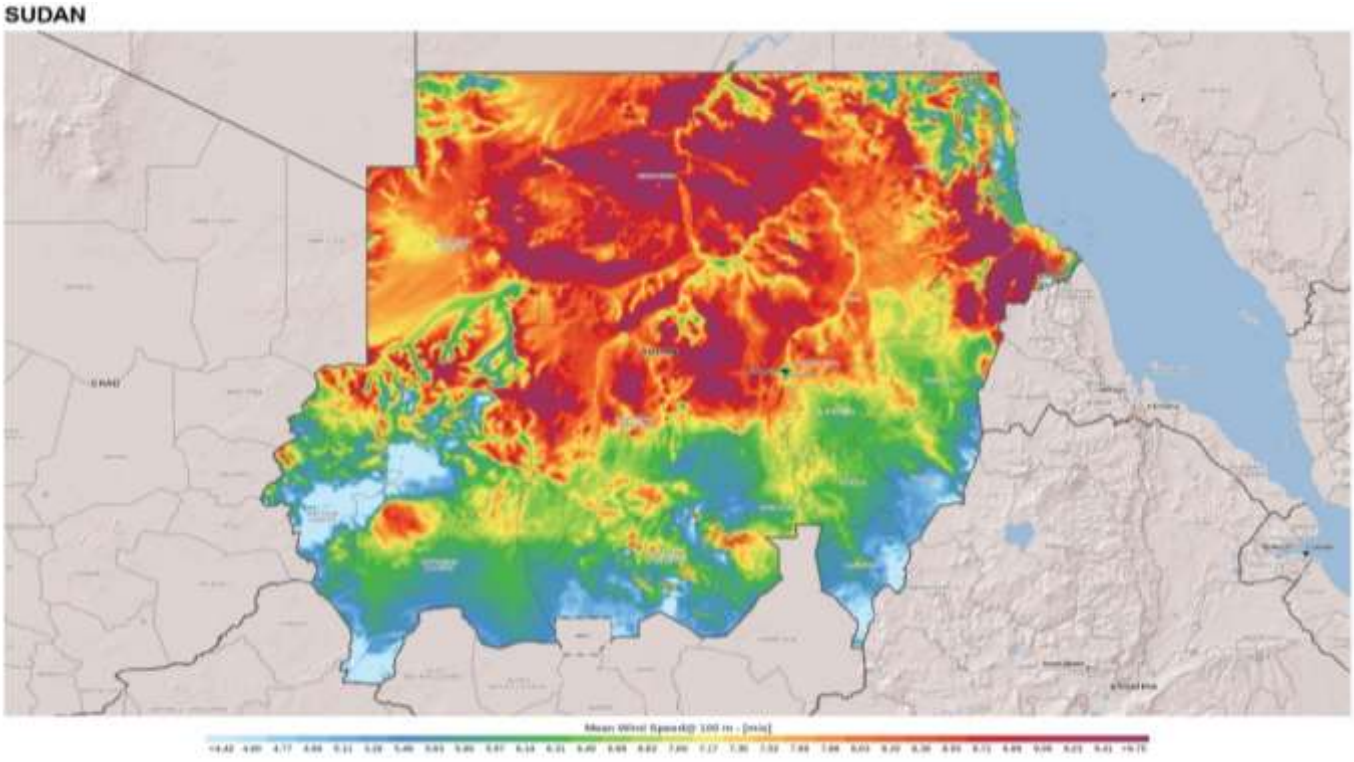
2/الولاية الشماليه(دنقلا)

3/في غرب السودان (دبل مره)

4.4 المناطق التي تم تنفيذ مشاريع رياح فيها:

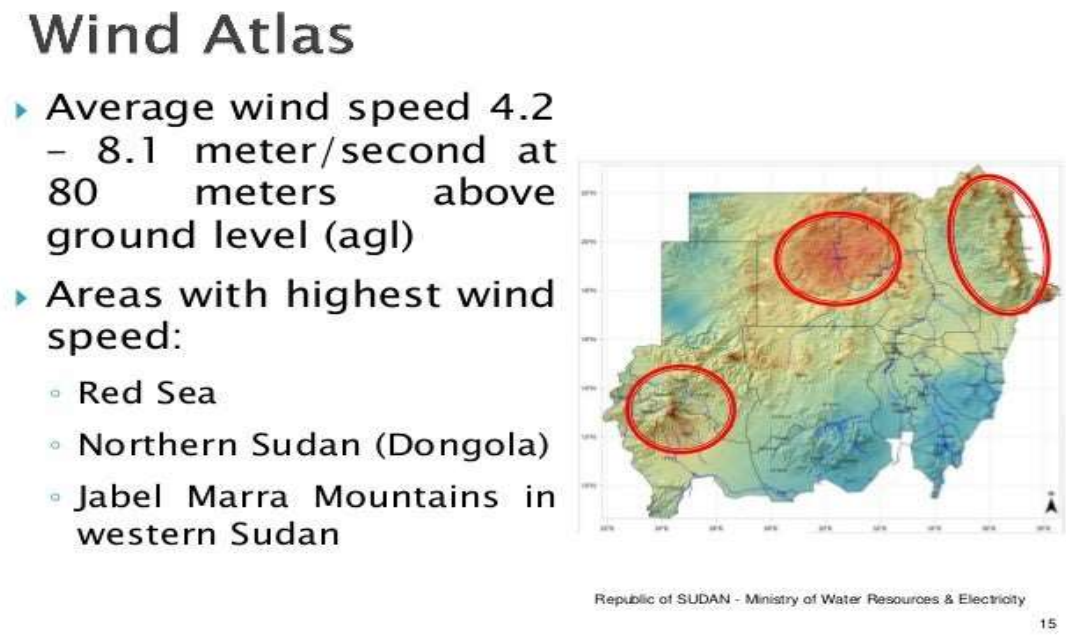
الولاية الشمالية مزرعة رياح دنقلا

4.5 سرعات الرياح في السودان



الشكل (4.1) خريطة السودان للرياح

4.6 خريطة توضح المناطق الغنية بالرياح في السودان



الشكل (4.2) توضح المناطق الغنيه بالرياح

4.7 المنطقة المستهدفة:

ولاية البحر الاحمر هي من الولايات الغنية بسرعة الرياح وعلى ارتفاع 100متر تصل سرعة الرياح 10. متر في الثانية

4.8 مزرعة رياح سنكات :

تقع على بعد 15كليومتر من مركز مدينة سنكات وعلى بعد115 من مركز مدينة بورت سودان وعلى بعد 580 كيلومتر من مدينة الخرطوم بقدره تبلغ 253 ميغاواط موزعه على 141 توربين قدرة التوربين 1.8ميغاواط

4.9 تحليل مزرعة الرياح عن طريق الواسب :

الواسب : هو برنامج للتنبؤ بمناخ الرياح وموارد الرياح و إنتاجية الطاقة من توربينات الرياح و مزارع الرياح . تستند التنبؤات إلى بيانات الرياح المقاسة في محطات الأرصاد الجوية في نفس المنطقة، أو على مناخات الرياح المعممة المستمدة من نتائج النموذج المتوسط الحجم. يشتمل البرنامج على نموذج تدفق تضاريس معقدة، ونموذج تغيير الخشونة، ونموذج لإيواء العوائق، ونموذج تنبيه توربينات الرياح ونموذج لمتوسط ظروف الاستقرار الجوي في الموقع. تحتوي حزمة البرامج كذلك على محلل مناخ لإنشاء مدخلات الرياح المناخية، ومحرر خرائط لإنشاء وتحرير المدخلات الطوبوغرافية، ومحرر توربين لإنشاء مدخلات توربينات الرياح.

يستخدم WAsP من أجل:

- إنتاج مزرعة الرياح
- كفاءة مزرعة الرياح
- تحديد المواقع الدقيقة لتوربينات الرياح
- حسابات إنتاج الطاقة
- رسم خرائط موارد الرياح
- تقدير مناخ الرياح
- توليد أطلس الرياح
- تحليل بيانات الرياح

Wasp project report for ‘sinkat wind farm’

Produced on 15/1/2022 at 6:45:38 AM by licensed user: Ahmed Ali using Wasp version: 10.02.0017.

Report Contents

Project Parameters

Wind Atlas

Resource Grid

Wind Farm

All of the parameters in the project are default values.

Wind atlas ‘Wind atlas 1’

Reference conditions

The wind atlas contains data for 5 reference roughness lengths (0.000 m, 0.030 m, 0.100 m, 0.400 m, 1.500 m) and 5 reference heights (10 m, 25 m, 50 m, 100 m, 200 m) above ground level. The roses of Weibull parameters have 12 sectors each.

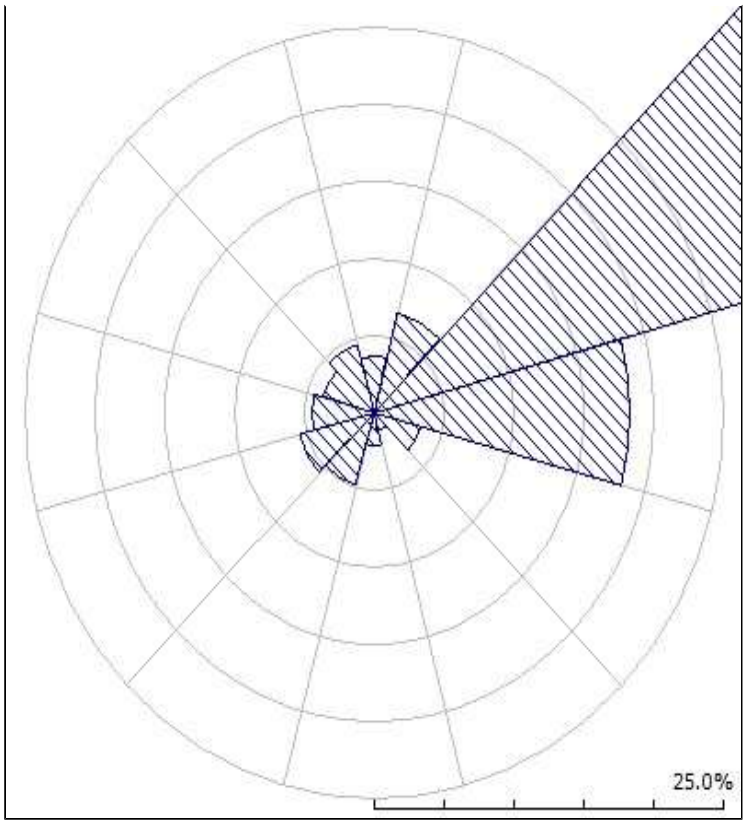
Regional wind climate summary

(4.1)مخلص المناخ الاقليمى

Height	Parameter	0.00 m	0.03 m	0.10 m	0.40 m	1.50 m
10.0 m	Weibull A [m/s]	8.79	6.25	5.42	4.23	2.80
	Weibull k	2.55	2.33	2.34	2.35	2.33
	Mean speed U [m/s]	7.80	5.54	4.80	3.75	2.48
	Power density E [W/m²]	452	173	112	53	16

25.0 m	Weibull A [m/s]	9.60	7.42	6.65	5.54	4.23
	Weibull k	2.60	2.45	2.44	2.45	2.41
	Mean speed U [m/s]	8.53	6.58	5.89	4.92	3.75
	Power density E [W/m²]	583	280	201	117	52
50.0 m	Weibull A [m/s]	10.28	8.49	7.72	6.65	5.39
	Weibull k	2.65	2.63	2.60	2.58	2.53
	Mean speed U [m/s]	9.14	7.55	6.86	5.91	4.78
	Power density E [W/m²]	707	401	303	195	105
100.0 m	Weibull A [m/s]	11.09	9.89	9.06	7.96	6.70
	Weibull k	2.62	2.78	2.79	2.81	2.73
	Mean speed U [m/s]	9.85	8.80	8.07	7.09	5.96
	Power density E [W/m²]	892	614	471	318	192
200.0 m	Weibull A [m/s]	12.09	11.87	10.88	9.64	8.27
	Weibull k	2.57	2.75	2.76	2.78	2.75
	Mean speed U [m/s]	10.74	10.56	9.68	8.58	7.36
	Power density E [W/m²]	1172	1067	821	569	362

Wind rose for roughness length 0.00 m



الشكل (4.3)يوضح اتجاه الرياح عند الخشونه صفر وارتفاعات مختلفه

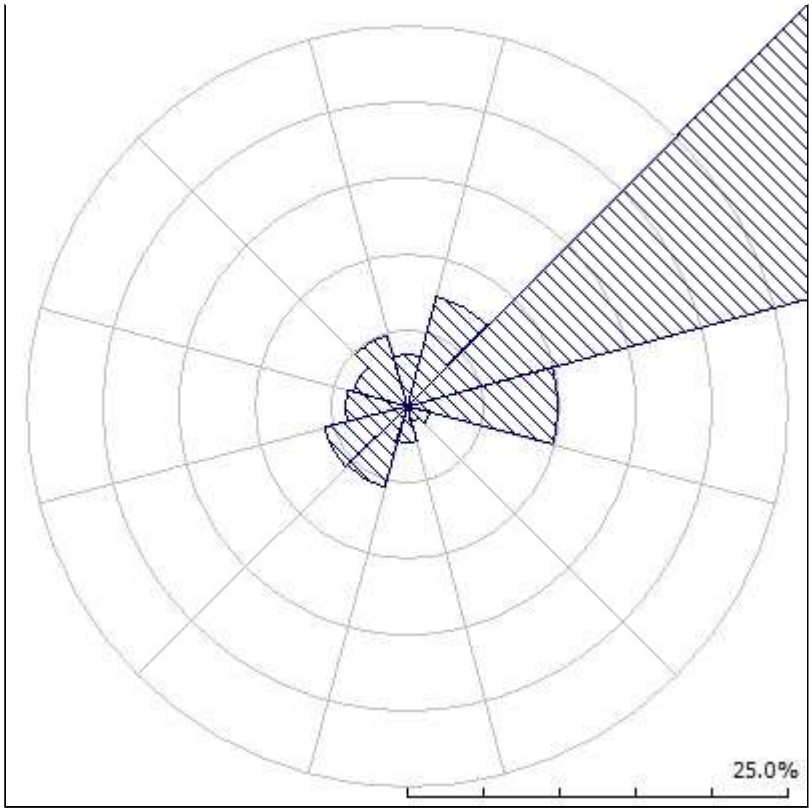
Sector index	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sector centre angle [°]	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
Frequency [%]	3.7	6.6	41.6	18.3	3.4	1.2	2.1	4.8	5.6	4.4	3.7	4.6

Sector-wise Weibull distributions table for roughness length 0.00 mالجدول (4.2)خشونة الارض

Height		1 0	2 30	3 60	4 90	5 120	6 150	7 180	8 210	9 240	10 270	11 300	12 330
10.0 m	A	6.8	8.3	10.4	9.9	7.2	3.5	4.8	5.3	5.4	5.6	6.0	6.9
	k	2.26	2.33	3.87	3.40	1.81	1.19	1.99	2.42	2.44	2.65	2.56	2.96

	UE	6.00227	7.34403	9.43642	8.91571	6.41342	3.3090	4.2389	4.72104	4.83111	5.01116	5.34145	6.19206
25.0 m	Ak	7.4	9.1	11.4	10.8	7.9	3.9	5.2	5.8	6.0	6.2	6.6	7.6
	UE	2.33 6.58290	2.40 8.03516	3.95 10.30829	3.48 9.73736	1.86 7.01435	1.22 3.61111	2.05 4.63113	2.50 5.17134	2.52 5.29142	2.73 5.48150	2.64 5.85186	3.05 6.78266
50.0 m	Ak	8.0	9.7	12.1	11.6	8.5	4.2	5.6	6.3	6.4	6.6	7.1	8.2
	UE	2.40 7.07352	2.47 8.61624	4.06 11.021006	3.58 10.42893	1.92 7.52521	1.26 3.88131	2.11 4.97137	2.57 5.56163	2.59 5.68173	2.81 5.89183	2.72 6.29227	3.13 7.29326
100.0 m	Ak	8.7	10.5	13.1	12.5	9.2	4.5	6.1	6.8	6.9	7.2	7.7	8.8
	UE	2.33 7.67459	2.40 9.31803	3.97 11.851260	3.50 11.221126	1.87 8.14679	1.22 4.21177	2.05 5.39179	2.50 6.03212	2.51 6.16225	2.73 6.39237	2.64 6.82295	3.05 7.91422
200.0 m	Ak	9.5	11.5	14.2	13.6	10.0	4.9	6.7	7.5	7.6	7.9	8.5	9.8
	UE	2.23 8.43635	2.31 10.191089	3.83 12.871636	3.37 12.211475	1.79 8.92935	1.17 4.63254	1.96 5.93250	2.39 6.63291	2.41 6.78309	2.62 7.03325	2.53 7.50405	2.92 8.70575

Wind rose for roughness length 0.03 m



الشكل (4.4) يوضح اتجاه الرياح عند الخشونه (0.03) وارتفاعات مختلفه

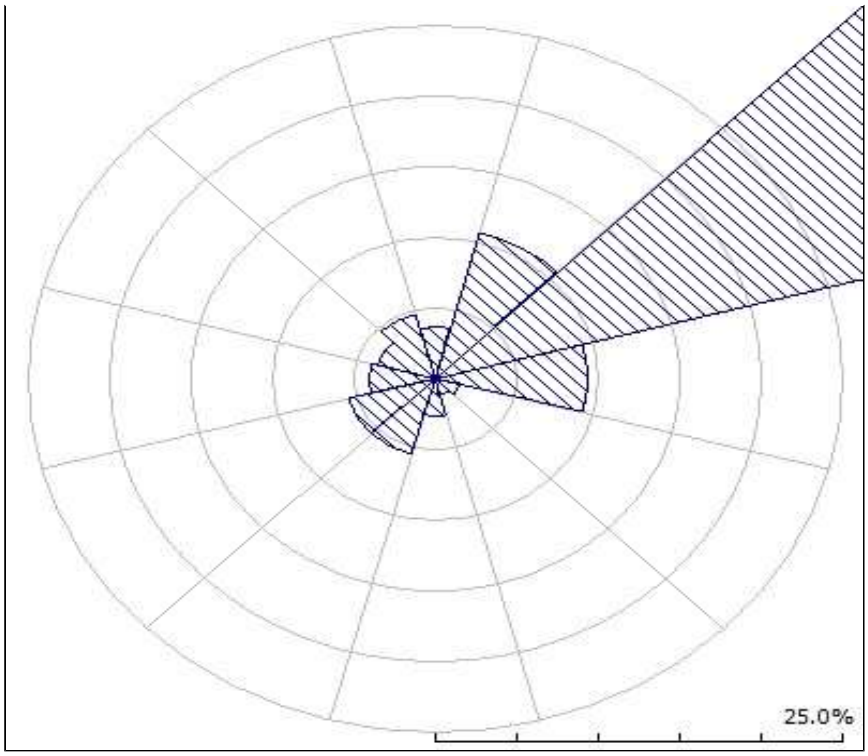
Sector index	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sector centre angle [°]	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
Frequency [%]	3.4	7.5	50.4	9.9	1.6	1.1	2.4	5.5	5.6	4.1	3.6	4.8

Sector-wise Weibull distributions table for roughness length 0.03 m الجدول (4.3)خشونة الارض

Height		1 0	2 30	3 60	4 90	5 120	6 150	7 180	8 210	9 240	10 270	11 300	12 330
10.0 m	A	4.7	6.0	7.5	6.5	2.8	2.3	3.5	3.8	3.9	4.1	4.4	5.1
	k	1.79	2.12	3.49	2.41	1.07	1.07	1.83	2.14	2.11	2.39	2.18	2.72
	U	4.18	5.33	6.73	5.78	2.70	2.28	3.11	3.41	3.47	3.64	3.87	4.53
	E	97	167	243	192	61	37	38	43	47	48	63	85

25.0 m	A	5.6	7.2	8.8	7.7	3.4	2.9	4.2	4.6	4.7	4.9	5.2	6.1
	k	1.93	2.28	3.69	2.57	1.15	1.15	1.98	2.31	2.28	2.58	2.35	2.94
	U	5.00	6.35	7.97	6.87	3.23	2.73	3.72	4.07	4.15	4.36	4.64	5.42
	E	152	266	395	308	90	54	61	69	74	78	101	139
50.0 m	A	6.5	8.2	10.0	8.9	4.0	3.4	4.9	5.3	5.4	5.6	6.0	7.0
	k	2.16	2.53	4.02	2.83	1.28	1.28	2.22	2.60	2.55	2.89	2.64	3.29
	U	5.78	7.31	9.11	7.88	3.74	3.16	4.30	4.71	4.80	5.04	5.36	6.27
	E	210	374	570	436	112	68	84	98	105	112	143	202
100.0 m	A	7.7	9.7	11.6	10.3	4.8	4.1	5.7	6.3	6.4	6.7	7.1	8.2
	k	2.31	2.72	4.32	3.04	1.37	1.37	2.38	2.78	2.73	3.09	2.82	3.52
	U	6.84	8.59	10.56	9.21	4.42	3.73	5.08	5.57	5.68	5.96	6.34	7.41
	E	329	580	867	668	167	101	132	156	167	179	227	324
200.0 m	A	9.4	11.7	13.8	12.4	5.9	4.9	7.0	7.7	7.8	8.1	8.7	10.1
	k	2.22	2.61	4.17	2.93	1.31	1.31	2.28	2.67	2.62	2.97	2.71	3.38
	U	8.35	10.41	12.56	11.07	5.39	4.56	6.21	6.80	6.93	7.27	7.74	9.05
	E	618	1056	1476	1183	323	195	248	291	311	333	424	600

Wind rose for roughness length 0.10 m



الشكل (4.5) يوضح اتجاه الرياح عند الخشونه (0.10) وارتفاعات مختلفه

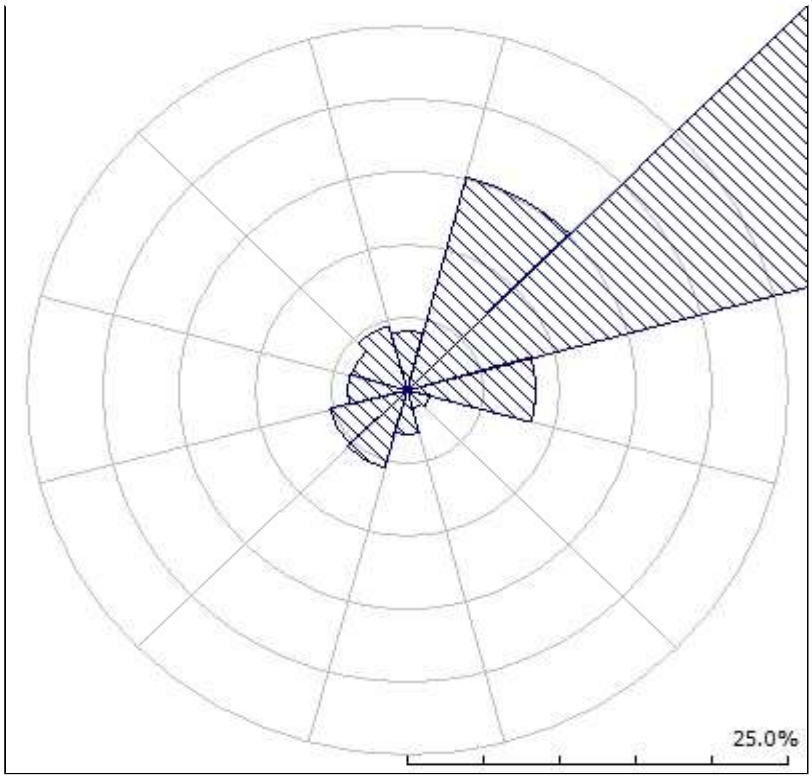
Sector index	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sector centre angle [°]	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
Frequency [%]	3.7	10.7	47.4	9.3	1.6	1.2	2.7	5.5	5.5	4.0	3.7	4.7

Sector-wise Weibull distributions table for roughness length 0.10 mالجدول (4.4)خشونة الارض

Height		1 0	2 30	3 60	4 90	5 120	6 150	7 180	8 210	9 240	10 270	11 300	12 330
10.0 m	A	4.2	5.7	6.5	5.6	2.4	2.2	3.1	3.3	3.4	3.6	3.9	4.4
	k	1.80	2.51	3.44	2.37	1.09	1.17	1.93	2.13	2.15	2.34	2.22	2.60
	U	3.76	5.05	5.81	4.97	2.35	2.11	2.76	2.96	3.03	3.17	3.42	3.91
	E	70	124	158	124	39	24	25	29	30	32	43	56

25.0 m	A	5.2	7.0	7.9	6.9	3.1	2.8	3.8	4.1	4.2	4.4	4.8	5.4
	k	1.93	2.66	3.62	2.51	1.16	1.24	2.06	2.28	2.29	2.50	2.37	2.78
	U	4.64	6.20	7.12	6.11	2.90	2.60	3.40	3.66	3.74	3.91	4.23	4.82
	E	121	220	283	220	64	40	45	51	54	58	76	101
50.0 m	A	6.1	8.1	9.1	8.0	3.7	3.3	4.5	4.8	4.9	5.2	5.6	6.3
	k	2.13	2.90	3.91	2.73	1.28	1.37	2.28	2.53	2.54	2.77	2.63	3.08
	U	5.45	7.23	8.26	7.12	3.40	3.05	3.99	4.29	4.38	4.59	4.96	5.66
	E	178	331	429	328	85	55	66	76	80	87	114	153
100.0 m	A	7.3	9.5	10.6	9.4	4.4	4.0	5.3	5.7	5.9	6.1	6.6	7.5
	k	2.35	3.20	4.29	3.01	1.40	1.50	2.51	2.78	2.80	3.04	2.89	3.39
	U	6.48	8.52	9.66	8.39	4.05	3.63	4.75	5.10	5.22	5.46	5.90	6.73
	E	276	514	665	506	123	80	103	119	127	139	180	247
200.0 m	A	8.9	11.5	12.7	11.3	5.4	4.9	6.5	7.0	7.2	7.5	8.1	9.2
	k	2.26	3.08	4.15	2.90	1.35	1.45	2.41	2.67	2.69	2.93	2.78	3.26
	U	7.90	10.26	11.51	10.09	4.93	4.43	5.79	6.22	6.36	6.65	7.19	8.20
	E	516	915	1139	900	236	153	192	222	236	256	334	455

Wind rose for roughness length 0.40 m



الشكل (4.6)يوضح اتجاه الرياح عند الخشونه (0.40)وارتفاع مختلفه

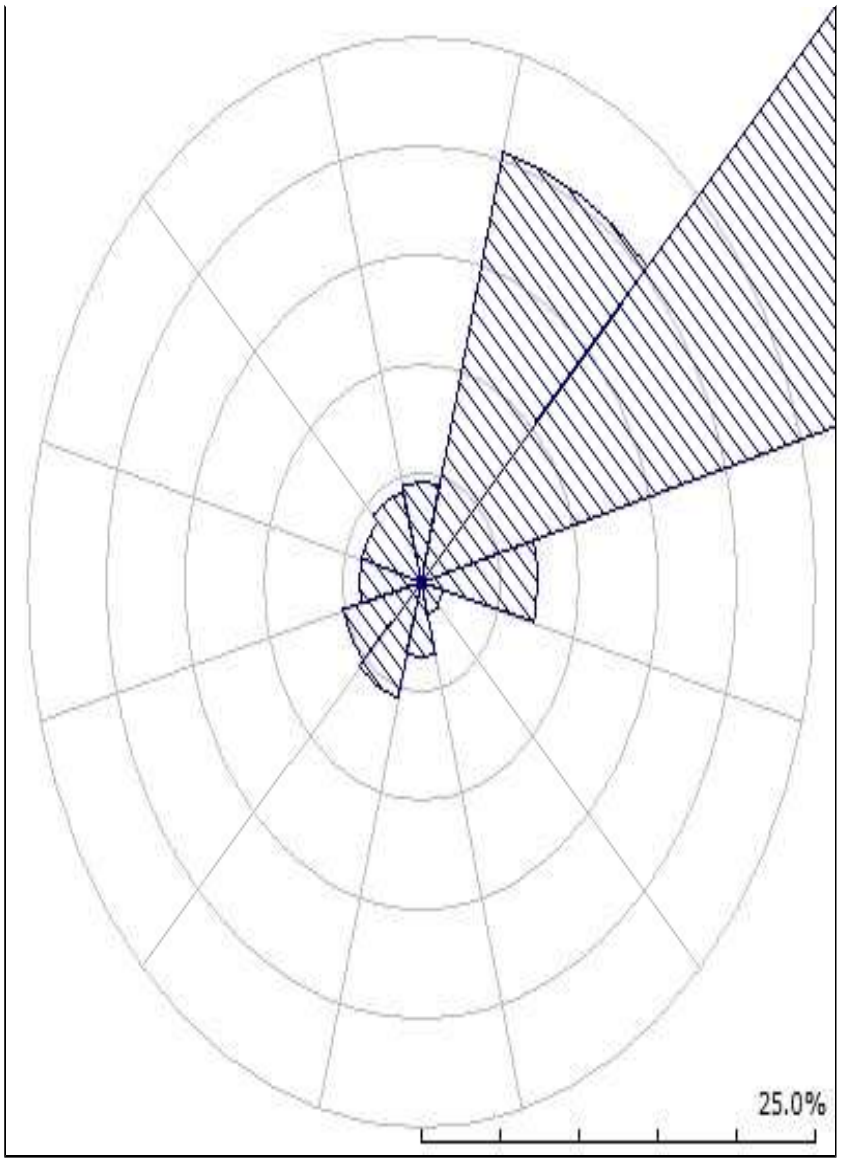
Sector index	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sector centre angle [°]	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
Frequency [%]	4.1	15.1	43.3	8.4	1.5	1.4	3.0	5.5	5.3	4.0	3.9	4.6

Sector-wise Weibull distributions table for roughness length 0.40mالجدول (4.5)خشونة الارض

Height		1 0	2 30	3 60	4 90	5 120	6 150	7 180	8 210	9 240	10 270	11 300	12 330
10.0 m	A k U	3.4 1.83 3.06	4.7 2.82 4.15	5.0 3.46 4.53	4.3 2.33 3.85	1.8 1.07 1.80	1.8 1.23 1.72	2.4 1.90 2.17	2.6 2.10 2.32	2.7 2.13 2.38	2.8 2.32 2.50	3.1 2.29 2.74	3.4 2.46 3.03

	E	37	64	74	58	18	12	13	14	15	16	21	27
25.0 m	A	4.5	6.1	6.6	5.7	2.5	2.5	3.2	3.5	3.5	3.7	4.1	4.5
	k	1.94	2.96	3.62	2.45	1.13	1.30	2.02	2.22	2.26	2.46	2.43	2.62
	U	4.03	5.44	5.93	5.05	2.37	2.27	2.86	3.06	3.14	3.29	3.61	4.00
	E	79	140	163	127	37	25	27	30	32	35	46	60
50.0 m	A	5.5	7.3	7.8	6.8	3.1	3.0	3.9	4.2	4.3	4.5	4.9	5.4
	k	2.11	3.18	3.87	2.64	1.22	1.41	2.20	2.42	2.46	2.68	2.65	2.85
	U	4.87	6.54	7.10	6.08	2.86	2.74	3.46	3.70	3.79	3.98	4.36	4.83
	E	129	233	274	209	55	38	44	50	53	58	77	100
100.0 m	A	6.7	8.7	9.3	8.2	3.8	3.7	4.7	5.0	5.2	5.4	5.9	6.5
	k	2.38	3.58	4.33	2.98	1.38	1.59	2.49	2.74	2.79	3.03	3.00	3.22
	U	5.90	7.84	8.48	7.30	3.47	3.32	4.19	4.48	4.59	4.82	5.28	5.85
	E	205	381	449	336	79	56	71	81	87	96	126	166
200.0 m	A	8.2	10.6	11.2	9.9	4.6	4.5	5.8	6.2	6.3	6.6	7.3	8.0
	k	2.29	3.46	4.20	2.88	1.33	1.53	2.40	2.64	2.68	2.92	2.88	3.10
	U	7.23	9.49	10.21	8.86	4.25	4.07	5.13	5.49	5.62	5.90	6.47	7.17
	E	390	685	791	613	156	109	135	154	164	180	238	311

Wind rose for roughness length 1.50 m



الشكل (4.7)يوضح اتجاه الرياح عند الخشونه (1.50)وارتفاعات مختلفه

Sector index	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sector centre angle [°]	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
Frequency [%]	4.6	20.3	38.4	7.4	1.5	1.5	3.4	5.5	5.1	3.9	4.0	4.4

Sector-wise Weibull distributions table for roughness length 1.50 mالجدول (4.6)خشونة الارض

Height		1 0	2 30	3 60	4 90	5 120	6 150	7 180	8 210	9 240	10 270	11 300	12 330
10.0 m	A k U E	2.4 1.87 2.11 12	3.2 3.04 2.84 19	3.3 3.32 2.98 22	2.8 2.22 2.52 17	1.3 1.17 1.25 5	1.4 1.40 1.24 4	1.6 1.85 1.46 4	1.7 1.98 1.54 4	1.8 2.06 1.58 4	1.9 2.21 1.67 5	2.1 2.28 1.86 7	2.3 2.28 1.99 8
25.0 m	A k U E	3.6 1.97 3.19 39	4.8 3.17 4.28 65	5.0 3.46 4.49 73	4.3 2.32 3.80 56	2.0 1.23 1.90 16	2.1 1.47 1.88 11	2.5 1.95 2.21 13	2.6 2.08 2.33 14	2.7 2.17 2.40 15	2.9 2.33 2.53 17	3.2 2.40 2.82 22	3.4 2.40 3.02 27
50.0 m	A k U E	4.6 2.12 4.09 76	6.1 3.37 5.46 132	6.3 3.65 5.72 147	5.5 2.47 4.86 112	2.6 1.32 2.43 30	2.7 1.58 2.41 22	3.2 2.10 2.83 25	3.4 2.24 2.99 28	3.5 2.34 3.07 30	3.7 2.51 3.25 33	4.1 2.58 3.62 45	4.4 2.58 3.88 55
100.0 m	A k U E	5.8 2.40 5.13 135	7.5 3.73 6.79 243	7.8 4.02 7.10 270	6.8 2.75 6.05 201	3.4 1.49 3.05 48	3.4 1.79 3.02 37	4.0 2.37 3.56 45	4.2 2.54 3.75 50	4.3 2.65 3.86 53	4.6 2.84 4.08 60	5.1 2.92 4.54 82	5.5 2.92 4.86 100
200.0 m	A k U E	7.2 2.36 6.41 266	9.3 3.73 8.38 456	9.6 4.04 8.73 502	8.4 2.74 7.49 381	4.2 1.46 3.81 96	4.2 1.76 3.77 72	5.0 2.34 4.44 89	5.3 2.50 4.68 99	5.4 2.61 4.82 105	5.7 2.80 5.09 118	6.4 2.88 5.66 160	6.8 2.88 6.07 197

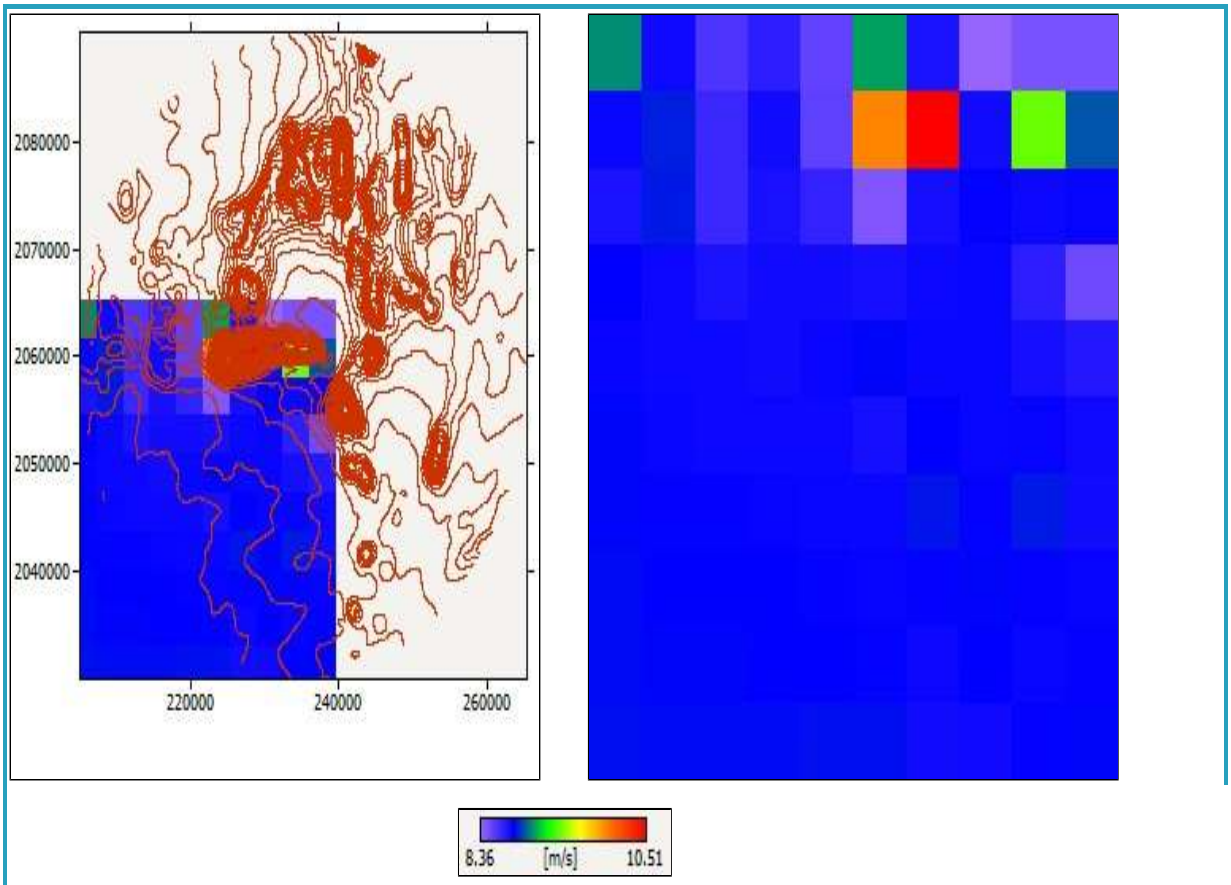
3.1 Resource grid: 'Resource grid 1'

Grid Setup

Structure:	10 columns and 10 rows at 3590 resolution gives 100 calculation sites.
Boundary:	(203781, 2029320) to (239681, 2065220)
Nodes:	(205576, 2031115) to (237886, 2063425)
Height a.g.l.:	100m

Results

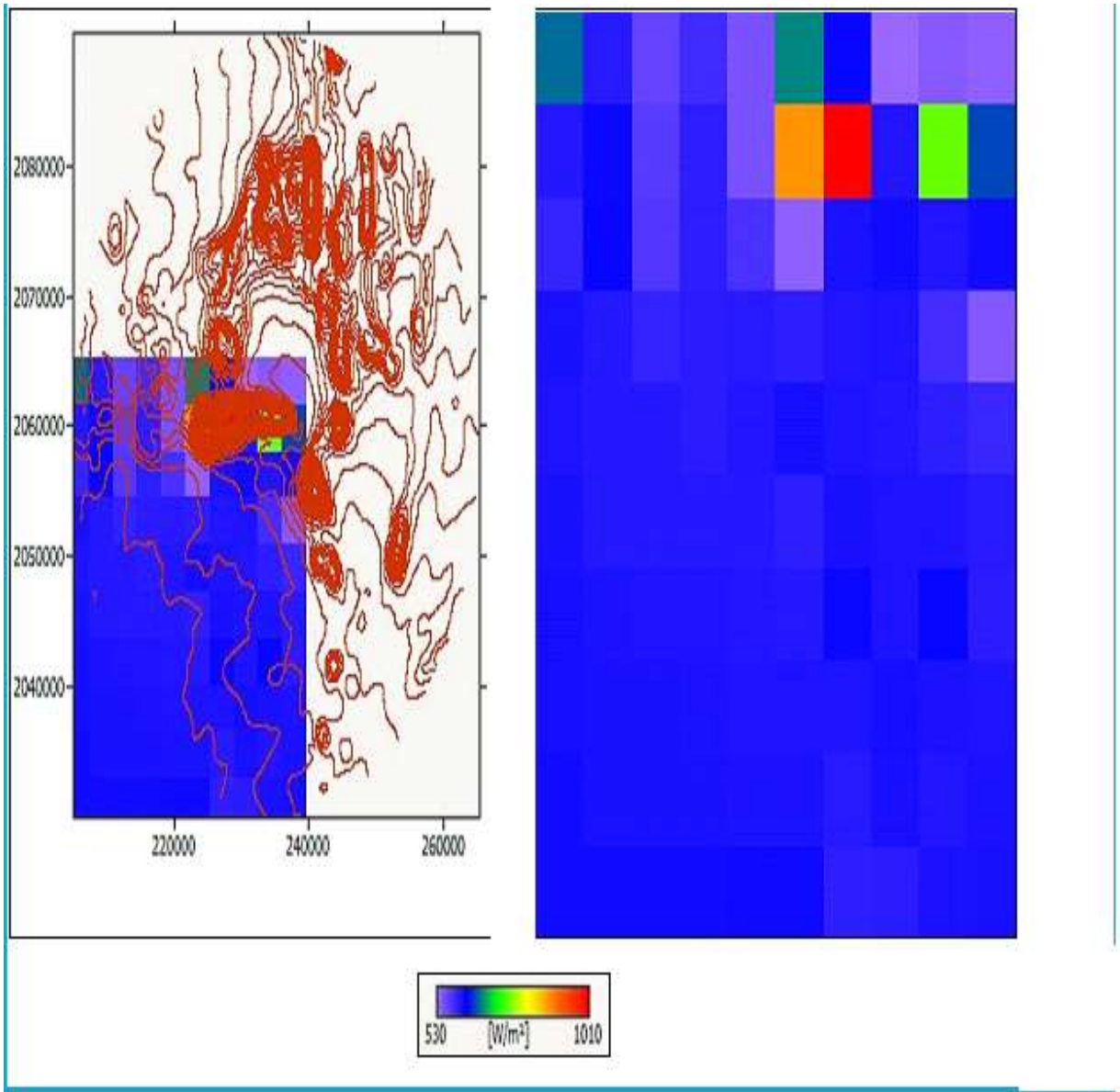
Mean Speed [m/s]



Maximum Value:	10.51m/s at (227116, 2059835)
Minimum Value:	8.36m/s at (230706, 2063425)
Mean Value:	8.77m/s

الشكل (4.8)يوضح سرعة الرياح في المنطقه

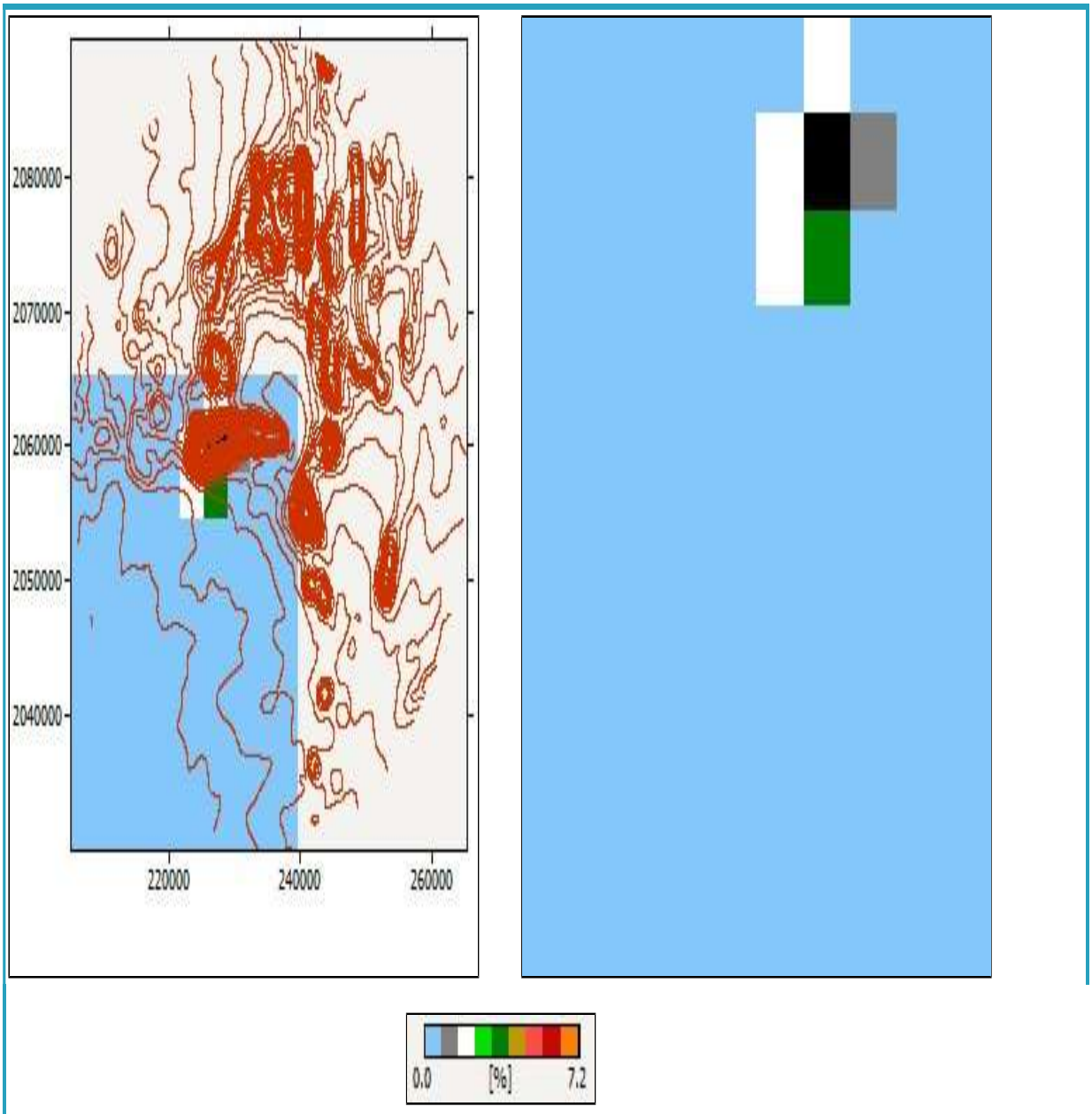
Power Density [W/m²]



Maximum Value:	1010W/m² at(227116, 2059835)
Minimum Value:	530W/m² at(230706, 2063425)
Mean Value:	609W/m²

الشكل (4.9)يوضح كثافة طاقة الرياح في المنطقه

RIX[%]



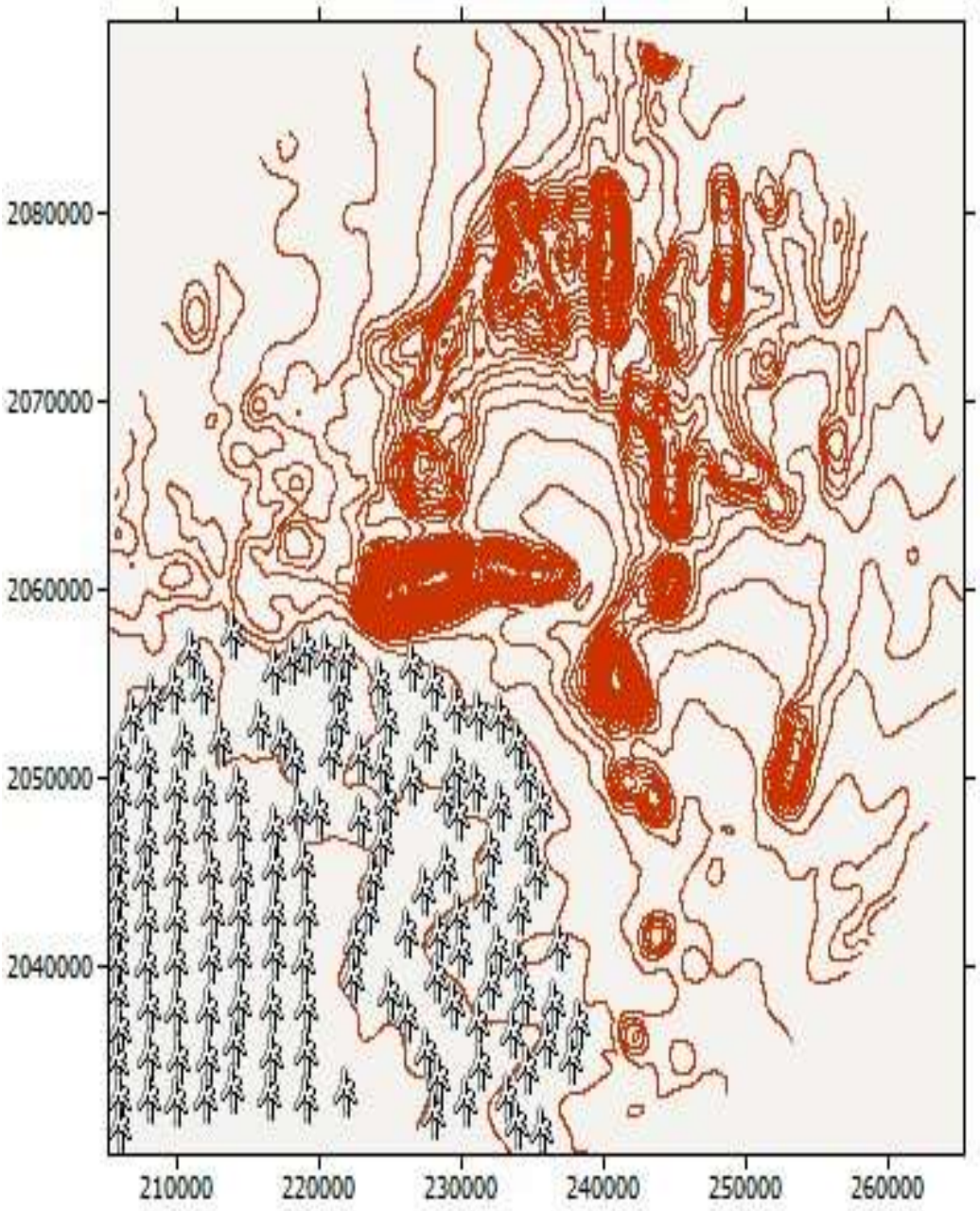
Maximum Value:	7.2% at(227116, 2059835)
Minimum Value:	0.0% at(237886, 2063425)
Mean Value:	0.2%

الشكل (4.10)يوضح معامل المناخ

4. Wind Farms

4.1 Wind farm: 'Turbine cluster 1'

The wind farm lies in a map called contour4



الشكل (4.11)يوضح شكل مزرعة الرياح

Summary results

The power generated by the Turbine

Siemens SWT-3.6-107(1.8MW)

Parameter	Total	Average	Minimum	Maximum
Net AEP [GWh]	2151.917	15.262	14.810	15.581
Gross AEP [GWh]	2188.039	15.518	15.005	15.690
Wake loss [%]	1.65	-	-	-

الجدول (4.7)خاص بالتوربينات

Site	Location [m]	Turbine	Elevation [m] a.s.l.	Height [m] a.g.l.	Net AEP [GWh]	Wake loss [%]
Turbine site 001	(205999.8,2044472.0)	SWT-3.6-107	635.0324	100	15.225	2.36
Turbine site 002	(219091.3,2044261.0)	SWT-3.6-107	645.7496	100	15.274	1.49
Turbine site 003	(212334.4,2046267.0)	SWT-3.6-107	636.7756	100	15.201	1.85
Turbine site 004	(216029.6,2051652.0)	SWT-3.6-107	652.7676	100	15.165	1.48
Turbine site 005	(212545.6,2043944.0)	SWT-3.6-107	635.8726	100	15.194	2.03
Turbine site 006	(213284.6,2050913.0)	SWT-3.6-107	650.848	100	15.165	1.81
Turbine site 007	(211278.7,2055558.0)	SWT-3.6-107	646.6866	100	15.201	0.83
Turbine site 008	(214551.5,2048273.0)	SWT-3.6-107	642.694	100	15.146	2.12
Turbine site 009	(212228.9,2031802.0)	SWT-3.6-107	645.8333	100	15.295	2.16
Turbine site 010	(214234.8,2056508.0)	SWT-3.6-107	663.5326	100	15.209	0.31
Turbine site 011	(210011.8,2053658.0)	SWT-3.6-107	645.5523	100	15.273	1.2
Turbine site 012	(212440.0,2034019.0)	SWT-3.6-107	639.0809	100	15.195	2.58
Turbine site 013	(217613.3,2050807.0)	SWT-3.6-107	652.1929	100	15.157	1.72
Turbine site 014	(218457.9,2049857.0)	SWT-3.6-107	652.4536	100	15.113	2.01
Turbine site 015	(214234.8,2032330.0)	SWT-3.6-107	640.5002	100	15.258	2.19
Turbine site 016	(218880.2,2047112.0)	SWT-3.6-107	652.0598	100	15.107	2.15
Turbine site 017	(214340.4,2034759.0)	SWT-3.6-107	640.4018	100	15.287	1.95
Turbine site 018	(212756.8,2041727.0)	SWT-3.6-107	636.494	100	15.196	2.26
Turbine site 019	(214657.1,2046161.0)	SWT-3.6-107	640.4867	100	15.230	1.64
Turbine site 020	(220147.1,2047112.0)	SWT-3.6-107	653.155	100	15.082	2.05
Turbine site 021	(217085.4,2046161.0)	SWT-3.6-107	645.9604	100	14.997	3.05

Turbine site 022	(214657.1,2036870.0)	SWT-3.6-107	640.4452	100	15.276	1.96
Turbine site 023	(212440.0,2036448.0)	SWT-3.6-107	638.4591	100	15.331	1.67
Turbine site 024	(212334.4,2048062.0)	SWT-3.6-107	640.2388	100	15.222	1.76
Turbine site 025	(217085.4,2054608.0)	SWT-3.6-107	665.8478	100	14.822	4.13
Turbine site 026	(218246.7,2055136.0)	SWT-3.6-107	667.9738	100	14.810	3.82
Turbine site 027	(214868.3,2043839.0)	SWT-3.6-107	639.7982	100	15.196	2.0
Turbine site 028	(219302.5,2055664.0)	SWT-3.6-107	670.4244	100	15.174	0.78
Turbine site 029	(212651.2,2039299.0)	SWT-3.6-107	637.4217	100	15.292	1.79
Turbine site 030	(214762.7,2041621.0)	SWT-3.6-107	639.1194	100	15.250	1.85
Turbine site 031	(220780.6,2055347.0)	SWT-3.6-107	669.78	100	15.011	1.02
Turbine site 032	(214762.7,2039510.0)	SWT-3.6-107	639.7366	100	15.270	1.91
Turbine site 033	(216663.1,2032013.0)	SWT-3.6-107	650.2878	100	15.372	1.69
Turbine site 034	(222047.5,2055347.0)	SWT-3.6-107	670.9785	100	14.934	0.48
Turbine site 035	(221730.8,2053658.0)	SWT-3.6-107	668.3781	100	15.206	0.81
Turbine site 036	(221625.2,2051863.0)	SWT-3.6-107	670.0399	100	15.315	1.43
Turbine site 037	(220991.7,2050174.0)	SWT-3.6-107	669.5555	100	15.284	1.82
Turbine site 038	(219408.1,2031908.0)	SWT-3.6-107	644.1742	100	15.426	1.04
Turbine site 039	(223103.3,2046689.0)	SWT-3.6-107	653.2938	100	15.040	2.4
Turbine site 040	(217085.4,2044050.0)	SWT-3.6-107	643.5181	100	15.243	1.68
Turbine site 041	(225003.6,2047534.0)	SWT-3.6-107	666.1519	100	15.245	2.72
Turbine site 042	(226692.9,2048695.0)	SWT-3.6-107	670.4384	100	15.320	1.55
Turbine site 043	(216874.2,2034125.0)	SWT-3.6-107	642.6035	100	15.337	1.58
Turbine site 044	(229121.1,2047745.0)	SWT-3.6-107	671.6103	100	15.218	1.86
Turbine site 045	(230071.3,2046795.0)	SWT-3.6-107	671.122	100	15.267	1.59
Turbine site 046	(216979.8,2036659.0)	SWT-3.6-107	643.0007	100	15.331	1.56
Turbine site 047	(224686.9,2045422.0)	SWT-3.6-107	654.3229	100	15.230	1.7
Turbine site 048	(217085.4,2039404.0)	SWT-3.6-107	643.0336	100	15.256	1.96
Turbine site 049	(217085.4,2041621.0)	SWT-3.6-107	642.1288	100	15.287	1.55

Turbine site 050	(223947.9,2043627.0)	SWT-3.6-107	655.098	100	15.239	1.55
Turbine site 051	(229226.7,2044050.0)	SWT-3.6-107	671.1677	100	15.333	1.68
Turbine site 052	(227537.5,2042888.0)	SWT-3.6-107	671.0154	100	15.278	2.56
Turbine site 053	(223631.2,2041938.0)	SWT-3.6-107	655.9235	100	15.253	1.57
Turbine site 054	(222786.5,2040143.0)	SWT-3.6-107	654.1429	100	15.290	1.42
Turbine site 055	(222575.4,2038243.0)	SWT-3.6-107	651.3745	100	15.251	1.68
Turbine site 056	(219196.9,2039193.0)	SWT-3.6-107	646.3602	100	15.272	1.78
Turbine site 057	(225109.2,2037398.0)	SWT-3.6-107	652.3015	100	15.147	1.81
Turbine site 058	(226481.7,2036131.0)	SWT-3.6-107	652.9528	100	15.209	1.74
Turbine site 059	(219408.1,2041621.0)	SWT-3.6-107	645.5552	100	15.302	1.4
Turbine site 060	(227854.2,2034231.0)	SWT-3.6-107	651.502	100	15.209	1.56
Turbine site 061	(228698.8,2032964.0)	SWT-3.6-107	655.6729	100	15.254	1.6
Turbine site 062	(233766.5,2035392.0)	SWT-3.6-107	672.5173	100	15.306	1.64
Turbine site 063	(231443.8,2035814.0)	SWT-3.6-107	669.1166	100	15.327	1.73
Turbine site 064	(229754.6,2036870.0)	SWT-3.6-107	668.2891	100	15.240	2.26
Turbine site 065	(228487.7,2038243.0)	SWT-3.6-107	667.4533	100	15.153	2.74
Turbine site 066	(226376.1,2040671.0)	SWT-3.6-107	669.8201	100	15.342	1.61
Turbine site 067	(231655.0,2033597.0)	SWT-3.6-107	670.7817	100	15.262	2.22
Turbine site 068	(230599.2,2031697.0)	SWT-3.6-107	667.5794	100	15.218	1.7
Turbine site 069	(228382.1,2030958.0)	SWT-3.6-107	657.3708	100	15.076	2.34
Turbine site 070	(206105.4,2042783.0)	SWT-3.6-107	636.7241	100	15.221	2.38
Turbine site 071	(208533.7,2053130.0)	SWT-3.6-107	644.8924	100	15.017	2.99
Turbine site 072	(207055.6,2051968.0)	SWT-3.6-107	644.7749	100	15.117	2.61
Turbine site 073	(212017.7,2053658.0)	SWT-3.6-107	647.2693	100	15.261	0.77
Turbine site 074	(206211.0,2049962.0)	SWT-3.6-107	639.5639	100	15.309	1.34
Turbine site 075	(206211.0,2048062.0)	SWT-3.6-107	632.4921	100	15.221	1.86
Turbine site 076	(208111.4,2049857.0)	SWT-3.6-107	635.3292	100	15.201	1.75
Turbine site 077	(224581.3,2053974.0)	SWT-3.6-107	680.9283	100	15.122	1.73

Turbine site 078	(223103.3,2049962.0)	SWT-3.6-107	676.0535	100	15.268	1.87
Turbine site 079	(224686.9,2049540.0)	SWT-3.6-107	677.1726	100	15.348	1.71
Turbine site 080	(225003.6,2051863.0)	SWT-3.6-107	679.7714	100	15.254	1.09
Turbine site 081	(226798.5,2054819.0)	SWT-3.6-107	692.3806	100	15.440	0.29
Turbine site 082	(228276.5,2053763.0)	SWT-3.6-107	692.179	100	15.436	0.36
Turbine site 083	(227748.6,2051018.0)	SWT-3.6-107	681.4435	100	15.166	2.05
Turbine site 084	(229860.2,2052496.0)	SWT-3.6-107	692.5867	100	15.401	0.79
Turbine site 085	(231443.8,2052285.0)	SWT-3.6-107	692.6215	100	15.353	0.69
Turbine site 086	(232921.9,2051968.0)	SWT-3.6-107	694.5176	100	15.312	0.34
Turbine site 087	(234083.2,2050701.0)	SWT-3.6-107	693.5739	100	15.267	0.46
Turbine site 088	(229860.2,2049223.0)	SWT-3.6-107	677.8163	100	15.286	1.43
Turbine site 089	(210645.2,2050596.0)	SWT-3.6-107	641.4854	100	15.273	1.16
Turbine site 090	(231232.7,2048379.0)	SWT-3.6-107	677.363	100	15.204	1.56
Turbine site 091	(234822.3,2049012.0)	SWT-3.6-107	692.0259	100	15.294	0.55
Turbine site 092	(235878.0,2047323.0)	SWT-3.6-107	696.8097	100	15.428	0.54
Turbine site 093	(234822.3,2045739.0)	SWT-3.6-107	693.6756	100	15.428	0.61
Turbine site 094	(235561.3,2043839.0)	SWT-3.6-107	693.8021	100	15.420	0.54
Turbine site 095	(232921.9,2047428.0)	SWT-3.6-107	680.937	100	15.193	1.85
Turbine site 096	(232182.9,2045000.0)	SWT-3.6-107	681.0358	100	15.236	1.82
Turbine site 097	(231866.1,2042572.0)	SWT-3.6-107	683.9469	100	15.319	1.29
Turbine site 098	(230071.3,2041516.0)	SWT-3.6-107	682.1688	100	15.216	2.32
Turbine site 099	(228698.8,2040566.0)	SWT-3.6-107	678.032	100	15.134	3.16
Turbine site 100	(230176.9,2039615.0)	SWT-3.6-107	678.4744	100	15.377	1.53
Turbine site 101	(234294.4,2041938.0)	SWT-3.6-107	696.6434	100	15.581	0.69
Turbine site 102	(232710.8,2039826.0)	SWT-3.6-107	690.5497	100	15.495	0.82
Turbine site 103	(232288.4,2037820.0)	SWT-3.6-107	679.8578	100	15.198	2.24
Turbine site 104	(234188.8,2038982.0)	SWT-3.6-107	690.0605	100	15.381	1.45
Turbine site 105	(237145.0,2040038.0)	SWT-3.6-107	693.6196	100	15.488	0.41
Turbine site 106	(219408.1,2036765.0)	SWT-3.6-107	645.7857	100	15.288	1.73

Turbine site 107	(234716.7,2037187.0)	SWT-3.6-107	677.2796	100	15.291	0.99
Turbine site 108	(236828.2,2036870.0)	SWT-3.6-107	684.0574	100	15.456	0.5
Turbine site 109	(236300.4,2034759.0)	SWT-3.6-107	685.8165	100	15.289	1.75
Turbine site 110	(238517.5,2035920.0)	SWT-3.6-107	691.6003	100	15.411	0.44
Turbine site 111	(237989.6,2034019.0)	SWT-3.6-107	695.471	100	15.500	0.55
Turbine site 112	(234927.9,2033386.0)	SWT-3.6-107	685.5364	100	15.278	1.87
Turbine site 113	(233449.8,2031908.0)	SWT-3.6-107	681.4052	100	15.323	1.77
Turbine site 114	(219302.5,2034231.0)	SWT-3.6-107	644.979	100	15.388	1.22
Turbine site 115	(234083.2,2030535.0)	SWT-3.6-107	679.2668	100	15.367	0.99
Turbine site 116	(235878.0,2030113.0)	SWT-3.6-107	688.5455	100	15.376	0.39
Turbine site 117	(206105.4,2046267.0)	SWT-3.6-107	633.407	100	15.223	2.34
Turbine site 118	(222047.5,2032225.0)	SWT-3.6-107	645.8372	100	15.408	1.03
Turbine site 119	(206105.4,2040882.0)	SWT-3.6-107	638.5831	100	15.303	1.92
Turbine site 120	(206105.4,2039193.0)	SWT-3.6-107	639.911	100	15.364	1.61
Turbine site 121	(206105.4,2037398.0)	SWT-3.6-107	641.0289	100	15.251	2.3
Turbine site 122	(206211.0,2035498.0)	SWT-3.6-107	635.6906	100	15.267	2.21
Turbine site 123	(206105.4,2033703.0)	SWT-3.6-107	642.7488	100	15.396	1.54
Turbine site 124	(206211.0,2031908.0)	SWT-3.6-107	636.7787	100	15.394	1.54
Turbine site 125	(206211, 2030324)	SWT-3.6-107	643.9655	100	15.341	1.95
Turbine site 126	(208111.4,2047851.0)	SWT-3.6-107	627.0957	100	15.193	1.64
Turbine site 127	(208111.4,2045528.0)	SWT-3.6-107	628.6248	100	15.237	1.77
Turbine site 128	(208005.8,2043627.0)	SWT-3.6-107	631.6141	100	15.257	1.85
Turbine site 129	(208111.4,2041410.0)	SWT-3.6-107	633.4148	100	15.297	1.74
Turbine site 130	(208111.4,2038982.0)	SWT-3.6-107	634.6191	100	15.325	1.68
Turbine site 131	(208217.0,2036765.0)	SWT-3.6-107	635.73	100	15.335	1.68
Turbine site 132	(208217, 2034125)	SWT-3.6-107	636.7641	100	15.341	1.71
Turbine site 133	(208322.5,2031908.0)	SWT-3.6-107	637.4572	100	15.296	2.07
Turbine site 134	(210117.3,2048273.0)	SWT-3.6-107	634.2734	100	15.223	1.79
Turbine site 135	(210117.3,2045950.0)	SWT-3.6-107	631.2473	100	15.134	2.24

Turbine site 136	(210117.3,2043733.0)	SWT-3.6-107	632.7963	100	15.253	1.8
Turbine site 137	(210222.9,2041305.0)	SWT-3.6-107	634.2642	100	15.290	1.73
Turbine site 138	(210222.9,2039087.0)	SWT-3.6-107	635.4881	100	15.285	1.87
Turbine site 139	(210222.9,2036448.0)	SWT-3.6-107	636.8686	100	15.339	1.63
Turbine site 140	(210328.5,2034019.0)	SWT-3.6-107	637.7957	100	15.317	1.83
Turbine site 141	(210222.9,2031697.0)	SWT-3.6-107	638.3059	100	15.324	1.85

الجدول (4.8)خاص المناخ عندوقع التوربين

Site	Location [m]	H [m]	A [m/s]	K	U [m/s]	E [W/m²]	RIX [%]
Turbine site 001	(205999.8,2044472.0)	100	9.9	2.78	8.78	610	0.0
Turbine site 002	(219091.3,2044261.0)	100	9.8	2.78	8.75	604	0.0
Turbine site 003	(212334.4,2046267.0)	100	9.8	2.78	8.75	602	0.0
Turbine site 004	(216029.6,2051652.0)	100	9.8	2.79	8.72	595	0.0
Turbine site 005	(212545.6,2043944.0)	100	9.8	2.78	8.76	603	0.0
Turbine site 006	(213284.6,2050913.0)	100	9.8	2.79	8.73	599	0.0
Turbine site 007	(211278.7,2055558.0)	100	9.8	2.78	8.69	591	0.0
Turbine site 008	(214551.5,2048273.0)	100	9.8	2.78	8.74	602	0.0
Turbine site 009	(212228.9,2031802.0)	100	9.9	2.78	8.80	613	0.0
Turbine site 010	(214234.8,2056508.0)	100	9.7	2.78	8.67	586	0.0
Turbine site 011	(210011.8,2053658.0)	100	9.8	2.78	8.74	600	0.0

Turbine site 012	(212440.0,2034019.0)	100	9.9	2.78	8.79	610	0.0
Turbine site 013	(217613.3,2050807.0)	100	9.8	2.78	8.73	597	0.0
Turbine site 014	(218457.9,2049857.0)	100	9.8	2.78	8.73	597	0.0
Turbine site 015	(214234.8,2032330.0)	100	9.9	2.78	8.79	610	0.0
Turbine site 016	(218880.2,2047112.0)	100	9.8	2.79	8.73	598	0.0
Turbine site 017	(214340.4,2034759.0)	100	9.9	2.78	8.78	609	0.0
Turbine site 018	(212756.8,2041727.0)	100	9.9	2.78	8.77	606	0.0
Turbine site 019	(214657.1,2046161.0)	100	9.8	2.78	8.75	602	0.0
Turbine site 020	(220147.1,2047112.0)	100	9.8	2.79	8.72	595	0.0
Turbine site 021	(217085.4,2046161.0)	100	9.8	2.78	8.74	601	0.0
Turbine site 022	(214657.1,2036870.0)	100	9.9	2.78	8.78	609	0.0
Turbine site 023	(212440.0,2036448.0)	100	9.9	2.78	8.78	609	0.0
Turbine site 024	(212334.4,2048062.0)	100	9.8	2.78	8.75	603	0.0
Turbine site 025	(217085.4,2054608.0)	100	9.8	2.78	8.74	601	0.0
Turbine site 026	(218246.7,2055136.0)	100	9.8	2.78	8.72	596	0.0
Turbine site 027	(214868.3,2043839.0)	100	9.8	2.78	8.76	603	0.0
Turbine site 028	(219302.5,2055664.0)	100	9.8	2.78	8.68	588	0.0
Turbine site 029	(212651.2,2039299.0)	100	9.9	2.78	8.78	608	0.0
Turbine site 030	(214762.7,2041621.0)	100	9.8	2.78	8.77	605	0.0

Turbine site 031	(220780.6,2055347.0)	100	9.7	2.79	8.64	579	0.0
Turbine site 032	(214762.7,2039510.0)	100	9.9	2.78	8.78	608	0.0
Turbine site 033	(216663.1,2032013.0)	100	9.9	2.78	8.80	613	0.0
Turbine site 034	(222047.5,2055347.0)	100	9.6	2.79	8.59	568	0.0
Turbine site 035	(221730.8,2053658.0)	100	9.8	2.78	8.70	592	0.0
Turbine site 036	(221625.2,2051863.0)	100	9.8	2.78	8.77	607	0.0
Turbine site 037	(220991.7,2050174.0)	100	9.9	2.78	8.78	608	0.0
Turbine site 038	(219408.1,2031908.0)	100	9.9	2.78	8.78	609	0.0
Turbine site 039	(223103.3,2046689.0)	100	9.8	2.78	8.72	597	0.0
Turbine site 040	(217085.4,2044050.0)	100	9.8	2.78	8.75	603	0.0
Turbine site 041	(225003.6,2047534.0)	100	9.9	2.76	8.81	618	0.0
Turbine site 042	(226692.9,2048695.0)	100	9.9	2.77	8.78	609	0.0
Turbine site 043	(216874.2,2034125.0)	100	9.9	2.78	8.78	609	0.0
Turbine site 044	(229121.1,2047745.0)	100	9.8	2.78	8.76	604	0.0
Turbine site 045	(230071.3,2046795.0)	100	9.8	2.77	8.76	606	0.0
Turbine site 046	(216979.8,2036659.0)	100	9.9	2.78	8.78	608	0.0
Turbine site 047	(224686.9,2045422.0)	100	9.8	2.77	8.75	604	0.0
Turbine site 048	(217085.4,2039404.0)	100	9.9	2.78	8.77	607	0.0
Turbine site 049	(217085.4,2041621.0)	100	9.8	2.78	8.76	605	0.0

Turbine site 050	(223947.9,2043627.0)	100	9.8	2.78	8.75	601	0.0
Turbine site 051	(229226.7,2044050.0)	100	9.9	2.77	8.79	611	0.0
Turbine site 052	(227537.5,2042888.0)	100	9.9	2.77	8.82	618	0.0
Turbine site 053	(223631.2,2041938.0)	100	9.8	2.79	8.75	602	0.0
Turbine site 054	(222786.5,2040143.0)	100	9.8	2.79	8.76	603	0.0
Turbine site 055	(222575.4,2038243.0)	100	9.8	2.79	8.76	603	0.0
Turbine site 056	(219196.9,2039193.0)	100	9.9	2.78	8.77	606	0.0
Turbine site 057	(225109.2,2037398.0)	100	9.8	2.79	8.73	597	0.0
Turbine site 058	(226481.7,2036131.0)	100	9.8	2.79	8.75	601	0.0
Turbine site 059	(219408.1,2041621.0)	100	9.8	2.78	8.76	605	0.0
Turbine site 060	(227854.2,2034231.0)	100	9.8	2.79	8.74	599	0.0
Turbine site 061	(228698.8,2032964.0)	100	9.8	2.78	8.75	603	0.0
Turbine site 062	(233766.5,2035392.0)	100	9.9	2.78	8.77	608	0.0
Turbine site 063	(231443.8,2035814.0)	100	9.9	2.78	8.79	611	0.0
Turbine site 064	(229754.6,2036870.0)	100	9.9	2.78	8.79	610	0.0
Turbine site 065	(228487.7,2038243.0)	100	9.9	2.78	8.78	609	0.0
Turbine site 066	(226376.1,2040671.0)	100	9.9	2.78	8.79	610	0.0
Turbine site 067	(231655.0,2033597.0)	100	9.9	2.78	8.79	612	0.0
Turbine site 068	(230599.2,2031697.0)	100	9.8	2.79	8.75	600	0.0

Turbine site 069	(228382.1,2030958.0)	100	9.8	2.79	8.73	597	0.0
Turbine site 070	(206105.4,2042783.0)	100	9.9	2.78	8.78	610	0.0
Turbine site 071	(208533.7,2053130.0)	100	9.8	2.78	8.75	602	0.0
Turbine site 072	(207055.6,2051968.0)	100	9.8	2.78	8.76	605	0.0
Turbine site 073	(212017.7,2053658.0)	100	9.8	2.78	8.71	594	0.0
Turbine site 074	(206211.0,2049962.0)	100	9.8	2.78	8.76	604	0.0
Turbine site 075	(206211.0,2048062.0)	100	9.8	2.78	8.76	604	0.0
Turbine site 076	(208111.4,2049857.0)	100	9.8	2.78	8.74	601	0.0
Turbine site 077	(224581.3,2053974.0)	100	9.8	2.77	8.72	597	0.0
Turbine site 078	(223103.3,2049962.0)	100	9.9	2.78	8.77	607	0.0
Turbine site 079	(224686.9,2049540.0)	100	9.9	2.78	8.79	612	0.0
Turbine site 080	(225003.6,2051863.0)	100	9.8	2.78	8.73	598	0.0
Turbine site 081	(226798.5,2054819.0)	100	9.8	2.75	8.75	607	0.0
Turbine site 082	(228276.5,2053763.0)	100	9.8	2.76	8.75	605	0.0
Turbine site 083	(227748.6,2051018.0)	100	9.8	2.78	8.75	603	0.0
Turbine site 084	(229860.2,2052496.0)	100	9.8	2.77	8.76	607	0.0
Turbine site 085	(231443.8,2052285.0)	100	9.8	2.77	8.74	602	0.0
Turbine site 086	(232921.9,2051968.0)	100	9.8	2.78	8.71	594	0.0
Turbine site 087	(234083.2,2050701.0)	100	9.8	2.78	8.70	592	0.0

Turbine site 088	(229860.2,2049223.0)	100	9.8	2.78	8.76	605	0.0
Turbine site 089	(210645.2,2050596.0)	100	9.8	2.78	8.74	599	0.0
Turbine site 090	(231232.7,2048379.0)	100	9.8	2.78	8.73	600	0.0
Turbine site 091	(234822.3,2049012.0)	100	9.8	2.78	8.71	596	0.0
Turbine site 092	(235878.0,2047323.0)	100	9.8	2.77	8.76	605	0.0
Turbine site 093	(234822.3,2045739.0)	100	9.8	2.78	8.76	605	0.0
Turbine site 094	(235561.3,2043839.0)	100	9.8	2.78	8.76	604	0.0
Turbine site 095	(232921.9,2047428.0)	100	9.8	2.77	8.75	603	0.0
Turbine site 096	(232182.9,2045000.0)	100	9.8	2.78	8.76	605	0.0
Turbine site 097	(231866.1,2042572.0)	100	9.8	2.79	8.76	604	0.0
Turbine site 098	(230071.3,2041516.0)	100	9.9	2.79	8.78	608	0.0
Turbine site 099	(228698.8,2040566.0)	100	9.9	2.78	8.80	612	0.0
Turbine site 100	(230176.9,2039615.0)	100	9.9	2.78	8.79	611	0.0
Turbine site 101	(234294.4,2041938.0)	100	9.9	2.77	8.82	618	0.0
Turbine site 102	(232710.8,2039826.0)	100	9.9	2.79	8.80	611	0.0
Turbine site 103	(232288.4,2037820.0)	100	9.8	2.79	8.77	606	0.0
Turbine site 104	(234188.8,2038982.0)	100	9.9	2.78	8.79	611	0.0
Turbine site 105	(237145.0,2040038.0)	100	9.9	2.77	8.77	608	0.0
Turbine site 106	(219408.1,2036765.0)	100	9.9	2.78	8.77	607	0.0

Turbine site 107	(234716.7,2037187.0)	100	9.8	2.78	8.73	599	0.0
Turbine site 108	(236828.2,2036870.0)	100	9.8	2.78	8.77	606	0.0
Turbine site 109	(236300.4,2034759.0)	100	9.9	2.78	8.77	608	0.0
Turbine site 110	(238517.5,2035920.0)	100	9.8	2.78	8.75	602	0.0
Turbine site 111	(237989.6,2034019.0)	100	9.9	2.78	8.78	610	0.0
Turbine site 112	(234927.9,2033386.0)	100	9.9	2.79	8.78	607	0.0
Turbine site 113	(233449.8,2031908.0)	100	9.9	2.79	8.79	609	0.0
Turbine site 114	(219302.5,2034231.0)	100	9.9	2.78	8.78	608	0.0
Turbine site 115	(234083.2,2030535.0)	100	9.8	2.79	8.76	604	0.0
Turbine site 116	(235878.0,2030113.0)	100	9.8	2.79	8.73	597	0.0
Turbine site 117	(206105.4,2046267.0)	100	9.9	2.78	8.78	610	0.0
Turbine site 118	(222047.5,2032225.0)	100	9.9	2.78	8.78	608	0.0
Turbine site 119	(206105.4,2040882.0)	100	9.9	2.78	8.79	611	0.0
Turbine site 120	(206105.4,2039193.0)	100	9.9	2.78	8.79	612	0.0
Turbine site 121	(206105.4,2037398.0)	100	9.9	2.78	8.80	612	0.0
Turbine site 122	(206211.0,2035498.0)	100	9.9	2.78	8.79	611	0.0
Turbine site 123	(206105.4,2033703.0)	100	9.9	2.78	8.80	613	0.0
Turbine site 124	(206211.0,2031908.0)	100	9.9	2.78	8.80	613	0.0
Turbine site 125	(206211, 2030324)	100	9.9	2.78	8.80	614	0.0

Turbine site 126	(208111.4,2047851.0)	100	9.8	2.78	8.73	599	0.0
Turbine site 127	(208111.4,2045528.0)	100	9.8	2.78	8.76	604	0.0
Turbine site 128	(208005.8,2043627.0)	100	9.8	2.78	8.77	606	0.0
Turbine site 129	(208111.4,2041410.0)	100	9.9	2.78	8.78	608	0.0
Turbine site 130	(208111.4,2038982.0)	100	9.9	2.78	8.78	609	0.0
Turbine site 131	(208217.0,2036765.0)	100	9.9	2.78	8.79	610	0.0
Turbine site 132	(208217, 2034125)	100	9.9	2.78	8.79	611	0.0
Turbine site 133	(208322.5,2031908.0)	100	9.9	2.78	8.79	611	0.0
Turbine site 134	(210117.3,2048273.0)	100	9.8	2.78	8.75	603	0.0
Turbine site 135	(210117.3,2045950.0)	100	9.8	2.78	8.75	601	0.0
Turbine site 136	(210117.3,2043733.0)	100	9.8	2.78	8.76	605	0.0
Turbine site 137	(210222.9,2041305.0)	100	9.9	2.78	8.77	607	0.0
Turbine site 138	(210222.9,2039087.0)	100	9.9	2.78	8.78	608	0.0
Turbine site 139	(210222.9,2036448.0)	100	9.9	2.78	8.78	609	0.0
Turbine site 140	(210328.5,2034019.0)	100	9.9	2.78	8.79	610	0.0
Turbine site 141	(210222.9,2031697.0)	100	9.9	2.78	8.79	611	0.0

4.10 ملخص تقرير الواسب:

تم تحليل امكانيات طاقة الرياح لهذه المقاطعة باستخدام برنامج محاكاة الواسب في برنامج المحاكاة و تم تحميل سرعة الرياح وبيانات الرياح في الساعة، التي تم الحصول عليها من خطوط العرض والطول من المقاطعة من خلال محطات الارصاد الجوية للمقاطعة كمدخلات للبرنامج ونتيجة لذلك تم تحديد طاقة الرياح

التي يمكن ان تدعم الطاقة الكهربائية لمنظومة التوربينات التي يمكن ان تنشط هذه الامكانيات. دُعمت هذه الدراسة لتوليد الطاقة المتجددة لموقع معين وبالتالي فان الهدف هو خلق الوعي للمساهمات التي يمكن ان توفر اقتصاديا طاقة للبلد كله، وتم تحليلها في الاشكال والجداول ادناه

يشرح الجدول (4.1) ملخص الرياح الاقليمي (درجة خشونة التربة على ارتفاعات مختلفة.)

تشرح الاشكال من (4.3) الى (4.7)وردة الرياح التي تحدد اتجاه الرياح على ارتفاعات مختلفة وتاثير الخشونه على اتجاه الرياح

الشكل (4.8) يوضح اعلى سرعة رياح في المنطقه ارتفاع مأئة متر

الشكل (4.9) يوضح كثافة الرياح في المنطقة على ارتفاع مأئة متر.

الشكل (4.10) يوضح Rix وهي خاصه بالمناخ ولا توثر.

الشكل (4.11) يوضح شكل المزرعة.

الجدول (4.7) يوضح نوع التوربين وموقع التوربين وارتفاع التوربين عن سطح البحر والمفاقيد في الرياح وادالي الانتاج لكل توربين

الجدول (4.8) جدول خاص بالمناخ ويوضح التغير في معامل المناخ سرعة الرياح وكثافة طاقة الرياح وارتفاع التوربين عن سطح البحر

4.10 ورقة بينات التوربين:

Gearbox type	3-stage planetary/helical
Gearbox ratio	1:119
Gearbox oil	Inline and offline
filtering	Separate oil cooler
Gearbox cooling	Approx. 750 l
Oil volume	
Mechanical brake	
Type	Hydraulic disc brake
Generator	
Type	Asynchronous
Nominal power	3,600 kW
Voltage	690 V

Cooling system	Integrated heat exchanger
Yaw system	
Diameter	107 m
Swept area	9,000 m^2
Rotor speed	5–13 rpm
Power regulation	Pitch regulation with variable speed
Blades	
Type	B52 52 m
Length	
Aerodynamic brake	

Monitoring system	
SCADA system	WebWPS
Remote control	Full turbine control
Tower	
Type	Cylindrical and/or tapered tubular 100 m
Hub height	or site-specific
Operation data	
Cut-in wind speed	3–5 m/s
Nominal power at	13–14 m/s
Cut-out wind speed	m/s
Maximum 3 s gust	m/s (standard version)
	m/s (IEC version)
Weights	
Rotor	**95tons**
Nacelle	**125tons**
Tower	**Site - Specific**

الفصل الخامس

الخلاصات والتوصيات

الفصل الخامس

الخلاصة والتوصيات

الخلاصة:

تم بحمد الله الاستفادة من طاقة الرياح في المناطق الساحلية بتصميم نموذج لمزرعة رياح باستخدام برنامج wasp ، وتم أخذ متوسط سرعات الرياح في تلك المنطقة بواسطة الارصاد الجوي وموقع Glop وبعد ذلك تم الرجوع الي الجهات المختصة وتحديد الموقع بدقه ، تم تحليك تلك البيانات من خلال برنامج wasp وكانت التقرير يحتوى على تحليل للموقع بدقه من حيث التربة والمناخ ونوع واتجاه الرياح ونوع التوربينات المستخدمة وشكل المزرعة وموقع كل توربين بدقه والقدرة المولدة من كل توربين.

التوصيات:

1/ ان يتم تدريس تطبيق الواسب

2/ نوصي بعمل مزراع الرياح في السودان وربطها بالشبكة لسد حوجة النقص في التوليد

3/ نوصى الباحث في مجال الطاقة المتجددة اختيار المواد الافضل لذيادة كفاءة النظام مع مراعات الاثر البيئي لها .

وكلنا أمل ان ييسر الله لنا ولمن بعدنا الارتقاء به مستقبلاً.

المراجع

المراجع العربية :

1. م /ماجد كرم الدين محمود،رياح التغير في أنظمة الطاقة العالمية والعربية ،الكهرباء من الرياح 2012

2. د. محمد احمد أبو الطيب، طاقة ا لرياح، تم الاطلاع عليه في 2021/10/15

3. دكتور محمد رأفت إسماعيل رمضان، و دكتور عمي جمعان ،الطاقة المتجددة الطبعة الاولى 1986 ، الطبعة الثانية 1988 .

4. تكنولوجيا الطاقة البديلة تأليف د. سعود يوسف عياش(فبراير 1981 .

5. تكنولوجيا طاقة الرياح : الجزء الاول: أسس عمل وأنواع توربينات الرياح و الجزء الثاني : تطبيقات طاقة الرياح إعداد دكتور مهندس / محمد مصطفي محمد الخياط .

https//youtube.com/playlist?list=PLbuLn0Aw6JWX_gzYWeAh1WBp7EhzlZW7c

References:

[1] Sorensen JN. Aerodynamic aspects of wind energy conversion. Annu RevFluid Mech 2011; 43: 427–448.

[2] Allaei D, Tarnow ski D and Andreopoulos Y. INVELOX with multiple wind turbine generator systems. Energy 2015; 93: 1030–1040.

[3] Solanki AL, Kayasth BD and Bhatt H. A Review on Design Modification & Analysis for Venturi Section of INVELOX System to Maximize Power using Multiple Wind Turbine. International Journal for Innovative Research in Science & Technology 2017; 3: 125–127.

[4] Solanki AL, Kayasth BD and Bhatt H. Design modification & analysis for venturi section of INVELOX system to maximize power using multiple wind turbine. Int J Innovat Res Sci Technol 2017; 3: 125–127.

[5] Allaei D. Using CFD to predict the performance of innovative wind power generators. In: Proceedings of the 2012 COMCOL conference in Boston, 2012, http://www.wattwind.pacificwind.co.nz/wp-content/uploads/ 2013/02/COMSOL-2012-.pdf

[6] Patel SN. Numerical simulation of flow through invelox wind turbine system. Int J Renew Energ Res 2018; 8: 291–301.

[7] Kumar NM, Subathra M and Cota OD. Design and wind tunnel testing of funnel-based wind energy harvesting system. Proceed Technol 2015; 21: 33–40.

[8] Bodhgaya J. Performance analysis of an omnidirectional intake duct wind turbine using CFD. Int J Latest Eng. Manage Res 2017