وزارة التعليم العالي والبحث العلمي الجامعة التقنية
الوسطى المهد التقني – كوت
قسم التقنيات الكهربائية

(طاقة الرياح)

بحث تخرج مقدم الى قسم التقنيات الكهربائية وهو جزء
من متطلبات نيل درجة الدبلوم في التقنيات الكهربائية

من قبل الطالبات:
نهى كاظم محسن
هبه ادريس عبد الرزاق

اشراف
م.م سمهر سعيد

٢٠٢٤م ١٤٤٥هـ

بِسْمِ اللَّـهِ الرَّحْمَـٰنِ الرَّحِيمِ

(يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ ۚ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ)

صدق الله العظيم

سورة المجادلة / اية رقم١١

الشكر والتقدير

بِسْمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحْمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

الحمد الله رب العالمين والصلاة والسلام على خاتم النبيين

والمرسلين سيدنا محمد وعلى اله وصحبه اجمعين اما بعد ...فئن من نعم الله تعالى علي ان

من علي بإتقان هذا العمل بفضل وكرامة فجيزات خيرا على ما اولاني من نعمة

كذألك اود ان اظهر امتناني لكل من ساندني واعانني في اتمام هذا المشروع واولهم استاذة مشروعي

فضيلة الاستاذة / سمهر سعيد

التي كانت لطفاً بقبول اشرافها على مشروعي وكانت دائبتا في توجيها قوية لثراء هذا

البحث فقد استفدت من خبرتها الموخية في هذا المجال واستفدت من حكمتها في

التعامل مع طلاب العلم

فجزاها الله خيراً لستاذتي الموقرة حفظها الله تعالى

واشكر كافة أساتذة قسم الكهرباء وكافة الاصدقاء

طاقة الرياح (wind energy)

طاقة الرياح هي الطاقة الناتجة من حركة الرياح والتي تنتج من التسخين المتفاوت لسطح الارض بواسطة الشمس حيث ان سطح الارض مكون من انواع مختلفة من اليابسة والماء لذلك فإنها تقوم بامتصاص الحرارة بمعدلات مختلفة ، ان الهواء فوق اليابسة يسخن اسرع من الهواء الذي فوق الماء في النهار وبما ان الهواء الساخن يكون خفيف لذلك يتمدد ويصعد الى الاعلى ويندفع الهواء البارد الثقيل ليحل محله ، اما في الليل فيصبح بالعكس حيث ان الهواء الذي فوق اليابسة يبرد اسرع من الهواء الذي فوق الماء وبذلك تتكون الرياح والرياح حول الارض تتكون بنفس الطريقة لان خط الاستواء يسخن من الشمس اكثر من القطب الشمالي والجنوبي ، تسمى طاقة الرياح طاقة متجددة لأن الرياح موجودة طالما ان الشمس مشرقة ، بالنسبة للعراق فان اطلس الرياح يشير الى ان الاماكن التي يمكن تنصيب توربينات الرياح فيها هي السهل الرسوبي في وسط البلاد وجنوبه اذ ان معدل سرعة الرياح فيها أكثر من ثمانية أمتار في الثانية كذلك محافظة واسط وتحديدًا في منطقة الشهابي وشيخ سعد وقضاء الحي ومنطقة علي الغربي في محافظة العمارة جنوبًا.

توربين الرياح

يقوم توربين الرياح (شكل ١) بتحويل طاقة الرياح الى طاقة كهربائية وتختلف احجام توربينات الرياح فمنها تكون صغيرة الحجم تستخدم لتغذية منزل او مكان عمل تولد قدرة كهربائية اقل من ١٠٠ كيلو واط وتوجد توربينات رياح كبيرة يصل توليدها الى ٥ ميكا واط والتوربينات الاكبر تغذي الشبكة الكهربائية ويوجد ايضا التوربينات العملاقة في العالم والتي تكون طول الريشة فيها اطول من ملعب كرة قدم (اكثر من ٧٠ متر) .

شكل ١: توربين الرياح

مزرعة الرياح (wind farm)

وتسمى ايضا محطة طاقة الرياح والتي تتكون من عدد كبير من توربينات الرياح منتشرة على مساحة واسعة ، ان المواقع الجيدة لمزارع الرياح هي القمم الناعمة (المستوية) والتلال المستديرة والسهول المفتوحة والسواحل والفجوات الجبلية ، ان اكبر مزرعة رياح في العالم موجودة في مدينة تكساس في الولايات المتحدة الامريكية والتي تتكون من ٤٢١ توربين تقوم بتغذية ٢٢٠٠٠٠ منزل ، اما بالنسبة للوطن العربي فان مصر تحتل المرتبة الاولى في انتاج الكهرباء من طاقة الرياح حيث قامت بإنشاء مزرعة رياح على ساحل البحر الاحمر اذ تصل سرعة الرياح في هذه المنطقة الى اكثر من (١٢م / ثا) واحيانا تصل الى (٣٣م / ثا) كما ان هذه الارض منبسطة ولا توجد فيها صخور او منحنيات ، تتكون المزرعة من ٣٩٠ توربين وتكون مزودة بمصاعد كهربائية لغرض الصيانة وايضا منظومة سيطرة تقوم بإيقاف التوربينات عن الدوران عند مرور الطيور المهاجرة للحفاظ على سلامة هذه الطيور، كلفة هذه المزرعة ٦٧٢ مليون دولار والقدرة الإنتاجية للمحطة التي تمتد على مساحة ١٠٠ كلم مربع تصل إلى ٥٨٠ ميكا واط.

المعادلة الاساسية لحساب طاقة الرياح

المعادلة العامة لحساب طاقة الرياح التي يستطيع توربين الرياح التقاطها هي :

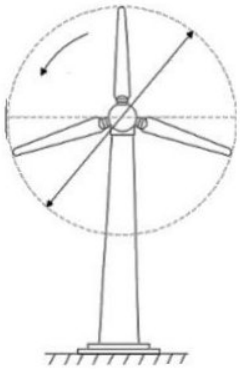
$$P = 0.5 * \rho * A * V^3$$

P=طاقة الرياح

ρ = كثافة الرياح

A=اثناء الدوران مساحة الدائرة (شكل ٢) التي تكونها الريش

=Vسرعة الرياح



شكل ٢: نصف قطر الدائرة التي تكونها الريش عند الدوران تساوي طول الريشة

مثال: احسب طاقة الرياح التي يتمكن توربين الرياح من التقاطها اذا كانت سرعة الرياح ٨ m/sec ، طول الريشة ٢٠m و كثافة الرياح تساوي ١,٢٣ kg/m^2

الحل:

$$P = 0.5 * \rho * A * V^3$$

$$A = \pi * r^2$$

$$P = 0.5 * 1.23\ Kg/m^2 * \pi * (20m)^2 * (8m/s)^3$$

$$= 395489.28\ W$$

$$= 395.5\ KW$$

الاجزاء الرئيسية الموجودة في توربين الرياح

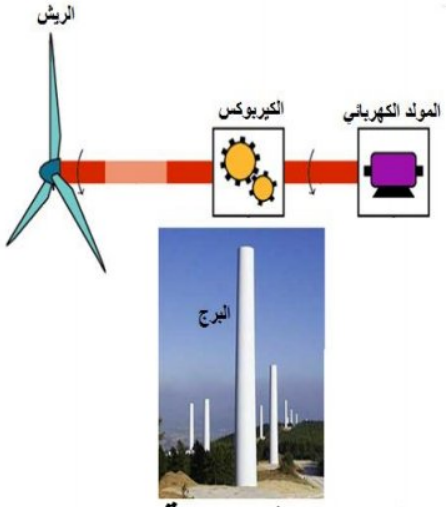
الاجزاء الرئيسة لتوربين الرياح (شكل ٣) :

١- الريش

٢- الكيربوكس

٣- المولد الكهربائي

٤- البرج



شكل٣: الاجزاء الرئيسية لتوربين الرياح

الريش

تقوم بالتقاط طاقة الرياح فتدور مدورة معها محـــور الدوران الذي يرتبط بالكيربوكس والعدد المثالي للريش هـــو ثلاث ريش ، وكلما زاد طـول الريش تزداد الطاقة الكهربائية المتولدة بواسطة التوربين وهـذه الريش تكون مصنوعة مـن مادة (الفايبر كلاس) كونها مادة عازلة للصوت .

الكيربوكس

هو مجموعة من التروس المختلفة الحجم يستخدم لمضاعفة عدد الدورات حيث يقوم بمضاعفة عدد الدورات من (٣٠-٤٠) دورة بالدقيقة الى اكثر من ١٤٠٠ دورة فـي الدقيقة ، يكون (الكير بوكس) مثبت على محور الدوران الذي يرتبط بالريش من جهة و بالمولد الكهربائي من جهة اخرى ، ويعتبر (الكيربوكس) من اثقل الاجزاء الموجودة في التوربين واكثر الاجزاء التي تحتاج الى صيانة بسبب الحركة المستمرة للتروس .

المولد الكهربائي

هو الجزء الذي يقوم بتحويل الطاقة الدورانية الى طاقة كهربائية ويمكن ان يكون هـذا المولد مولد تيار مستمر او مولد تيار متناوب مـن النوع الملفوف (Induction generator) ويجب ان لا تقل عدد الدورات عن ١٣٠٠ دوره في الدقيقة الواحدة .

البرج

يحمل كل أجزاء التوربين لذلك يجب ان يكون قويا صلدا بما فيه الكفاية ، يصنع البرج مــن مادة الفولاذ وكلما كان البرج عاليا تزداد طاقة الرياح التي تضرب الريش حيث تزداد الرياح كلما زاد الارتفاع .

انواع مزارع الرياح

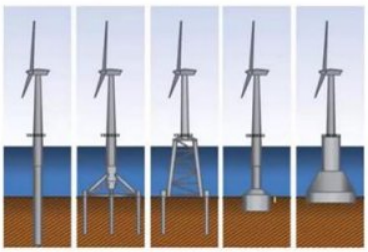
مزارع الرياح على اليابسة (شكل ٤) يتم تنصيبها في مساحات شاسعة على سواحل البحار والمحيطات والبحيرات كما تنصب ايضا على سفوح الجبال والمناطق السهلية المفتوحة الواسعة وتمتاز بسهولة صيانتها وكلفة تنصيبها وصناعتها اقل من المزارع البحرية كما ان تكاليف نقل الطاقة الكهربائية المتولدة مــن هذه المزارع الى المستهلكين ايضا تكون اقل مما هــو الحال في المزارع البحرية بالمقابل فان قدرة توليدها للطاقة الكهربائية تكون اقل مــن قدرة توليد المزارع البحرية وذلك لان سرعة وكثافة الرياح على اليابسة تكون اقل مــن سرعة وكثافة الرياح الموجودة فوق المسطحات المائية.

شكل ٤: مزارع الرياح على اليابسة

مزارع الرياح على الماء (شكل ٥)

شكل ٥: مزارع الرياح على الماء

يتم تنصيبها في المساحات الشاسعة مـن المحيطات الضحلة التي يكون عمق المياه فيها ٢٠متر وتتوفر هـذه المسطحات المائية بكثرة في اوربا ويتم تثبيتها بواسطة اعمدة خرسانية تثبت فـي قعر المياه بطرق مختلفة (شكل ٦).



شكل ٦: طرق تثبيت توربينات الرياح المائية

اما اذا كانت المياه عميقة اكثر من ١٠٠متر فتثبت بواسطة المنصات العائمة (شكل ٧) التي يتم تثبيتها بقاع المحيط بسلاسل ومراسي معدنية لمنع تيارات المحيط من تحريكها.

شكل ٧: توربين رياح على منصة عائمة .

وتمتاز توربينات الرياح المائيـــة بقدرتها العاليـــة على توليـــد الطاقة الكهربائية وذلك لأن الرياح تكون قوية وعالية فوق المياه بالمقابل فان كلفة صناعتها تكون اكثـــر مـــن كلفة صناعة التوربينات على اليابسة حيث يجب ان تكون قوية بما فيه الكفاية لتتحمل التيارات القوية و كلفة نقل القدرة الكهربائية للمستهلكين تكون اكبر كما ان الصيانة تتأخر نظراً لبعد هـذه المزارع عـن اليابسة بما لا يقل عن٢٠ ميل .

انواع توربينات الرياح

حسب محور الدوران فان توربينات الرياح الاكثر استخداما هي :

- **توربين الرياح ذو محور الدوران الافقي (شكل ٨).**
- **توربين الرياح ذو محور الدوران العمودي (شكل ٩).**

توربين الرياح ذو محور الدوران الافقي :

حيث يتم وضع كل اجزاء التوربين فـي اعلى البرج لذلك يجب ان يكون البرج قوي بما فيه الكفاية ليتمكن من حمل كل اجزاء التوربين ويعتبر هذا النوع هـو النوع المفضل في انشاء مزارع الرياح لان كفاءة الريش في التقاط الطاقة الحركية تكون عاليـة ، يحتاج هـذا النوع الـى مساحات مفتوحة وشاسعة كما ان المساحة التي يحتاجها التوربين الواحد كبيرة وذلك بسبب الريش الطويلة التي تدور بموازاة الارض .

شكل ٨: توربين الرياح الافقي

توربين الرياح ذو محور الدوران العمودي :

يكون دوران الريش عمودياً على سطح الارض كما ان كل اجزاء التوربين يتم وضعها فـي قاعدة البرج لذلك يمكن ان يكون البرج اقـل صلادة من البرج في حالة محور الدوران الافقي كما ان كلفة صناعة هذا النوع من التوربينات تكون اقل ، ويمكن تنصيب هذا النوع في المناطق الحضرية مع وجود عدد قليل مـن البنايات العالية ويمكن تنصيبها ايضا على سطوح المنازل والبنايات ، على الرغم مـن هـذه الامتيازات التي يمتاز بها توربين الرياح ذو محور الدوران العمودي الا انه يعتبر اقل كفاءة من التوربين ذو محور الدوران الافقي في التقاط الرياح وتحويلها الى طاقة كهربائية .

شكل ٩: توربين الرياح ذو محور الدوران العمودي

اجهزة القياس والتحكم الموجودة في توربين الرياح

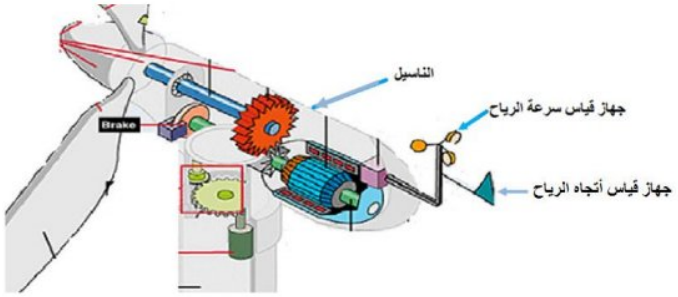
يوجد عدد كبير من الحساسات واجهزة القياس في توربين الرياح لحمايته من التحطم ولزيادة كفاءته في انتاج الطاقة الكهربائية كونه يكلف مبالغ طائلة ومن اهم اجهزة القياس الموجودة في توربين الرياح هي :

جهاز قياس سرعة الرياح

وهـو جهاز يتكون مـن ثلاث او اربعة طوس معدنية (شكل ١٠) تدور عندما تهب الرياح فيدور معها محور دوران مولد كهربائي صغير فيولد فولتية تتناسب مع سرعة الرياح ، وتقوم اجهزة السيطرة بتحويل هذه الفولتية المتولدة الـى سرعة رياح بوحدة المتر/ثانية حسب معادلات تمثل

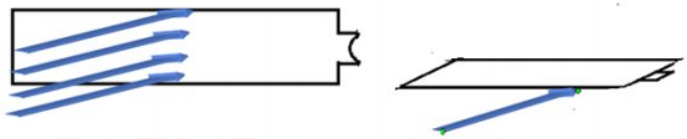
شكل ١٠: جهاز قياس سرعة الرياح

العلاقة بين سرعة الرياح والفولتية المتولدة ويكون هذا الجهاز مثبت خارج الناسيل)شكل ١١) .



شكل ١١: جهاز قياس سرعة الرياح مثبت خارج الناسيل

تقوم اجهزة السيطرة بمراقبة سرعــة الرياح فاذا كانـــت عالية تقريبا (٩٠كم/ساعة) يتوقف توربين الرياح عن الدوران على مرحلتين المرحلة الاولى تقليل سرعة دوران التوربين بواسطة تغيير زاوية ميلان الريش من ٩٠ درجة الى صفر درجة (شكل ١٢) وذلك لتقليل كمية الرياح التي تضرب الريش .

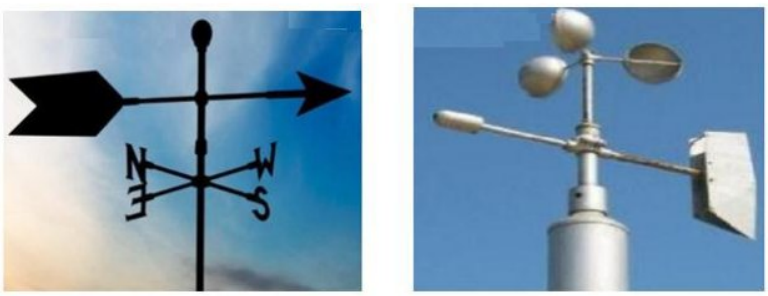


شكل ١٢: تقليل كمية الرياح التي تضرب الريش عن طريق تغيير زاوية الميلان

ويتم تغيير زاوية ميلان الريش بواسطة محركات صغيرة مثبته في مكان ارتباط الريش بالناسيل ، اما المرحلة الثانية فيتوقف دوران توربين الرياح وذلك بواسطة بريك ميكانيكي والذي هـــو عبارة عـن دسك موضوع على محور دوران المولد ويدور معه حيث يتم ايقاف دورانه بواسطة قطعتين معدنيتين تضغطان عليه (شكل ١١) فيتوقف عـن الدوران ويتوقف معه محور الدوران والمولد .

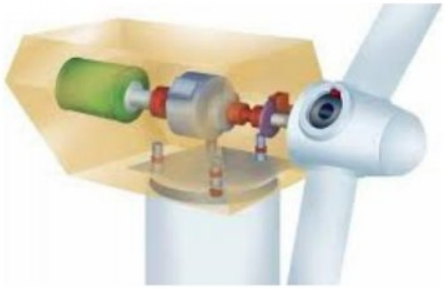
جهاز قياس اتجاه الرياح

الجهاز الاخر هـو جهاز قياس اتجاه الرياح وهـو عبارة عن سهم يؤشر باتجاه هبوب الرياح (شكل ١٣) .



شكل ١٣: جهاز قياس اتجاه الرياح

ويرسل اشارة الى وحدة السيطرة اذا تغير اتجاه هبوب الرياح فتقوم وحدة السيطرة بإدارة الناسيل حيث ان الناسيل يرتبط بالبرج عن طريق قاعدة مدورة مسننة مثبت حولها محركات صغيرة تقوم بإدارة الناسيل حسب الاشارة القادمة اليها من وحدة السيطرة فتدور الريش مع الناسيل (شكل ١٤) .



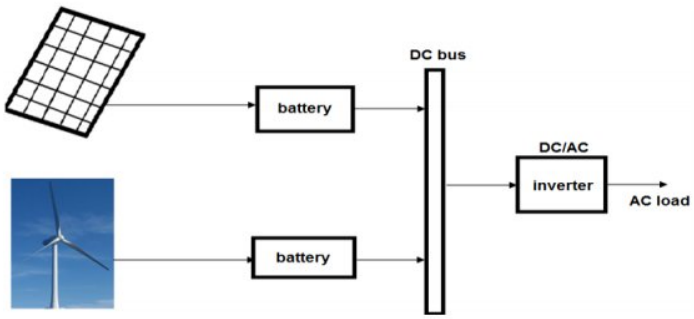
شكل ١٤: يرتبط الناسيل بقاعدة البرج عن طريق محركات صغيرة

وتوجد طريقة اخرى لتوجيه الناسيل باتجاه هبوب الرياح وذلك بتصميم الناسيل بحيث يكون ذيل في مؤخرة الناسيل (شكل ١٥).

شكل ١٥: الطريقة البسيطة لجعل الريش باتجاه الرياح

المزارع الهجينة

وهي المزارع التي تحتوي على الواح شمسية وتوربينات رياح (شكل ١٦) مستغلة بذلك نوعان من الطاقة المتجددة هما الطاقة الشمسية وطاقة الرياح حيث ان هاتين الطاقتين تكمل احدهما الاخرى وذلك لان الخلايا الشمسية يكون اكبر انتاج لها في منتصف النهار بينما توربينات الرياح يكون اكبر انتاج لها في الليل وخصوصا في فصل الشتاء لذلك تكون انتاجية الطاقة الكهربائية في هذا النوع من المزارع عالية حيث في حالة انخفاض الانتاج من احد الانواع يتم التعويض من النوع الاخر ويستخدم هذا النوع في المناطق النائية البعيدة التي يصعب ايصال الوقود اليها .



شكل ١٦: المزارع الهجينة

حساب القدرة الكهربائية المتولدة بواسطة توربين الرياح

لحساب القدرة الكهربائية المتولدة من توربين الرياح نستخدم المعادلة التالية :

$$P=0.5 \times \rho \times V^3 \times A \times cp \times Nb \times Ng$$

ρ كثافة الرياح

V سرعة الرياح

A مساحة الدائرة التي تكونها الريش اثناء الدوران

$$A=\pi \times r^2$$

cp نسبة طاقة الرياح التي تكتسبها الريش

Nb كفاءة الكيربوكس في نقل الحركة

Ng كفاءة المولد الكهربائي

مثال: اوجد القدرة الكهربائية المتولدة من توربين الرياح الموضحة معلوماته في الجدول التالي :

طول الريشه	3.2m
كفاءة التوربين في التقاط طاقة الرياح	35%
كفاءة الكيربوكس في نقل الحركه	96%
كفاءة المولد الكهربائي	95%

علماً ان كثافة الهواء تساوي ١,٢٥كغم/م^2 وسرعة الرياح تساوي ١٢م/ثا

$$P=0.5 \times \rho \times V^3 \times A \times cp \times Nb \times Ng$$

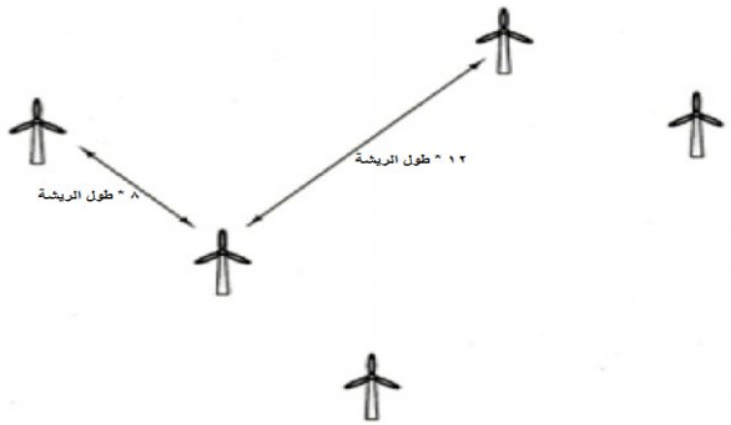
$$P=0.5 \times 1.25 \times (12)^3 \times 3.14 \times (3.2)^2 \times 0.35 \times 0.95 \times 0.96$$

=11084.5 w

=11.084 kw

تأثير الظل على أداء توربين الرياح

مثلما يؤثر الظل على الطاقة الشمسية فأنه يؤثر على طاقة الرياح حيث ان سرعة الرياح تقل بمقدار ٣% في حالة وجود الظل الذي تسببه البنايات العالية والأشجار الكبيرة أما الطاقة الكهربائية المتولدة من توربين الرياح فأنها تقل بمقدار ١٠% لذلك فعند تنصيب توربينات الرياح يجب مراعاة عدم وجود الظل كما يجب ان تكون توربينات الرياح متباعدة عن بعضها البعض بمسافة كافية لكي لا يؤثر ظل كل توربين على كفاءة التوربينات البقية والمسافة المثالية بين توربينات الرياح تساوي (٨*طول الريشة) بالنسبة للتوربينات المتجاورة و(١٢*طول الريشة) بالنسبة للتوربينات المتقابلة (شكل ١٧).



شكل ١٧: توربينات رياح مرتبة على شكل مصفوفة

المساحة اللازمة لبناء محطة طاقة الرياح

المساحة اللازمة لتنصيب توربينات الرياح هي ٣١٥٠ متر مربع لكل واحد ميكا واط حيث يجب ان تكون المساحة كافية لتثبيت توربينات الرياح في الارض بواسطة اساسات قوية تتناسب مع العمر التشغيلي لهذه التوربينات الذي يساوي ٢٠ سنة كما ان المساحة يجب ان تكون كافية لوضع الاجهزة الاخرى اللازمة مثل الانفيرترات والبطاريات ومنظمات الشحن وغيرها من المعدات اللازمة لتشغيل المحطة .

مثال : ما هي المساحة اللازمة لبناء محطة بسعة ٥ ميكا واط

الحل :

$$= 3150\ m^2/MW * 5\ MW$$

$$= 15750\ m^2$$

References

[1] Bucher, R., and S.J. Couch (2013), "Adjusting the financial risk of tidal current projects by optimising the 'installed capacity/capacity factor'-ratio already during the feasibility stage", International Journal of Marine Energy, Vol. 2 pp. 28-42,www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221416691300009X. DECC (Department of Energy and Climate Change, UK) (2013), "Guidance:

[2] Wave and tidal energy- part of the UK's energy mix", DECC, 22 January, www gov.uk/wave-and-tidal-energy-part-of-the-uks-energy-mix.

[3] De Laleu, V. (2009), La Rance Tidal Power Plant. 40-year operation feedback – Lessons learnt, presentation , Liverpool, 14-15 October.

[4] De Laleu, V. (2011), "Chapter 7. Production of Tidal Range Energy", in B. Multon (Ed.), Marine Renewable Energy Handbook, Hermes Science Publications pp. 173-218.

[5] Carbon Trust (2011), "Accelerating marine energy: The potential for cost reduction", Insights from the Carbon Trust Marine Energy Accelerator, July www.carbontrust.com/media/5675/ctc797.pdf.

[6] Carbon Trust (2012), "Technology Innovation Needs Assessment Marine Energy: Summary Report", August, www.carbontrust.com/media/168547 tina-marine-energy-summary-report.pdf.

[7] Copping, A., et al. (2013), "Tethys: Developing a commons for understanding environmental effects of ocean renewable energy", Vol. 3-4, pp. 41-51, www.

[8] sciencedirect.com/science/article/pii/S2214166913000301