حساب الطاقة الكهربائية الكامنة للريح لمدينة القيارة

خلدون طارق إسماعيل

المعهد التقني ، الموصل ، الموصل ، العراق

(تاريخ الاستلام: ٢١ / ٩ / ٢٠١٠ ---- **تاريخ القبول:** ١١ / ٥ / ٢٠١١)

الملخص

تم حساب طاقة الريح الكامنة لمدينة القيارة (٦٠ كم جنوب مدينة الموصل) واعتمدت تسجيلات الرياح للأعوام ٢٠٠١ و ٢٠٠٢ لغرض حساب الطاقة . حيث تم إعداد القيم الساعيّة (كل ساعة) المسجلة للرياح لتتوافق ودالة احتمالية كثافة ويبل Weibull Probability Density Function ، وحسبت عوامل ويبل K و C بطريقة Least-square ، واعتمدت هذه القيم لغرض معرفة توافق معلومات الرياح وتوزيعات ويبل التي غالبا ما تستخدم في حساب طاقة الريح الكامنة. اعتمدت نوعين من التوربينات الهوائية لغرض حساب طاقة الريح الكامنة وهذه التوربينات هي NASA Plumbrook و Howden HWP-60. لقد أظهرت النتائج وجود طاقة كامنة للريح كافية للاستخدامات المنزلية البسيطة على الأقل في جزء كبير من النهار أو للاستفادة منها في قضايا الري في المناطق الزراعية التي لا تتوفر فيها طاقة كهربائية.

المقدمة:

استخدمت الرياح ولعقود كثيرة لتسيير السفن الشراعية ولآلاف السنين وكذلك استخدمت لتوليد طاقة ميكانيكية من خلال التوربينات الهوائية البدائية وذلك لضخ المياه وخاصة في هولندا وانكلترا بالإضافة إلى استخدام الطواحين في أوروبا ولقرون عديدة. أصبح من الشائع ومنذ سبعينات القرن الماضي استخدام توربينات هوائية حديثة لتوليد الطاقة الكهربائية في مناطق معينة ، وذلك في الدنيمارك وانكلترا وأجزاء محدودة من الولايات المتحدة الأمريكية مثل كاليفورنيا. فقد أجريت العديد من البحوث في هذا المجال منها متشائم وينتهي بنتيجة عدم جدوى الدخول استغلال طاقة الريح في مجال إنتاج الطاقة الكهربائية[١]. لكن في الجانب الآخر هنالك الكثير من البحوث ما يبعث التفاؤل وينتهي إلى نتيجة كون الدخول في مجال استغلال طاقة الريح لإنتاج الطاقة الكهربائية ذا فائدة عظيمة؛فهو يذهب إلى ابعد من هذا ويربط ذلك بالبيئة حيث أنها طاقة نظيفة وعديمة التأثير على البيئة. فقد قدرت الطاقة المنتجة في الولايات المتحدة الأمريكية بما يقرب٣٠٠٠ ميكاواط عام٢٠٠٧ [٢]. عرف قسم الطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية طاقة الرياح الكامنة بأنها العملية التي يتم بموجبها استخدام الرياح لتوليد طاقة ميكانيكية أو كهربائية. ويتم ذلك باستخدام توربينات هوائية تصنف الحديثة منها إلى صنفين أساسيين ، الأول ذو المحور الأفقي والذي يشبه إلى حد كبير طاحونة الريح التقليدية والثاني ذو المحور العمودي ، والأول ذو المحور الأفقي يكون هو السائد دائما[٣].

طاقة الريح النظرية

يمكننا وضع طاقة الريح بصيغتها الرياضية بسلسلة من المعادلات فالطاقة الحركية (E) لكتلة هواء (m) تسير عبر وحدة مساحة عمودية مقدارها (A) هي[٤]:-ولما كانت الكتلة(m) هي حاصل ضرب كثافة الهواء (D) وحجم الهواء(v) الذي يمر عبر السطح خلال الفترة الزمنية (t) أي ان :

$$E = \frac{1}{2} m v^2 .....1$$

$$m = Avt.....2$$

$$\therefore E = \frac{1}{2} DAv^3 t.....3$$

قدرة أو طاقة الريح لوحدة الزمن هي: $P = \frac{E}{t}$

$$\therefore P = \frac{1}{2} DAv^3 .....4$$

$$Pd = \frac{P}{A}$$

وكثافة طاقة الريح يمكن توضيحها بالمعادلة:-

$$Pd = \frac{1}{2} Dv^3 ....5$$

فإذا كانت D و v يعبر عنها بالكغم/م^3 (Kg/m^3) والسرعة بالمتر/ثا (m/sec) على التوالي فان كثافة الطاقة المستحصل عليها تكون بوحدات واط لكل متر مربع (w/m^2) . يمكن حساب كثافة الطاقة الفعالة ($\overline{Pd}$) لفترة زمنية معينة (شهر، سنة،....الخ) بالمعادلة التالية:-

$$\overline{Pd} = \frac{1}{2} Dv^3 ....6$$

فإذا تم التعبير عن سرعة الريح لفترة معينة كتوزيعات تكرارية فان كثافة الطاقة الفعالة يمكن حسابها بالمعادلة التالية:-

$$\overline{Pd} = \frac{1}{2} D \sum_{i=1}^{n} f_i (v_i)^3 ...7$$

حيث (f_i) تمثل قياس سرعة الريح في الصف (i) و (v_i) هو متوسط سرعة الريح في الصف (i) و (n) هو عدد صفوف سرعة الريح . وعادة ما تمتد الصفوف لتشمل المدى الكامل لرصدات سرعة الريح في التوزيع[٥]. يمكننا حساب كثافة الهواء (D) من المعادلة العامة للغازات:-

$$D = \frac{p}{RT} ....8$$

حيث p هي معدل الضغط في المحطة بوحدات الباسكال، R هي ثابت الغاز وهي للهواء الجاف تساوي (278 J/Kg/K) و T هي معدل درجة الحرارة المطلقة بالكلفن. من غير الممكن تحويل كل طاقة الريح إلى طاقة يستفاد منها ، فالجزء الذي من الممكن الاستفادة منه

ISSN:1813 –

يحدد بوساطة كفاءة ماكنة الهواء ومواصفاتها الايروديناميكية والتي غالبا ما تحدد أو تتغير مع سرعة الريح.حيث اثبت A.Betz بأن اكبر جزء للقدرة يمكن استخراجها من الريح هي (16/27) أو 0.593 وهذه غالبا ما تدعى بمحدوديات بتز Bets limit[٦].

الهدف من الدراسة:

تهدف الدراسة إلى الإجابة على السؤال، كم هي قيمة تدفق طاقة الريح الكهربائية في مدينة القيارة كي يتم الاستفادة منها في الميادين المختلفة، واضعين بنظر الاعتبار بأنه ليس كل تطبيقات طاقة الريح تتطلب قدرة داخلة عالية.

المواد طرائق العمل

ان المادة الأساسية في هذا البحث هو سرعة الريح المسجلة لكل ساعة في مدينة القيارة . وهذه عادة ما تسجل بوساطة جهاز الانيمومیتر على ارتفاع (١٥ أو ٢) متر . في حين يجب ان تكون سرعة الريح مقاسة على ارتفاع ٣٠ متر لكون هذا الارتفاع هو ارتفاع التوربين الهوائي ، حيث ان سرعة الريح تتغير مع الارتفاع حسب المعادلة :

جدول رقم(١) مواصفات عدد من توربينات الريح[٨].

Machine Type	Manufacturer	Rated Power kwh	Cut-in Speed m/s	Rated Speed m/s	Cut-off Speed m/s	Hub Height m
Howden HWP-60	James Howden and Co. UK.	60	٤	١٢,٣	٢٩	٢٠
Plumbrook-100	NASA. USA	١٠٠	٣,٦	٨	٢٦,٨	٣٠
WEG-MS-1	Wind Energy Group. UK	٢٠٠	٥	١٢,٥	٢٥	٢٥
Howden HWP-100	James Howden and Co. UK.	٣٣٠	٥	١٢,٣	٢٥	٢٥
GE.WIG-200	General Electric Inc. USA	٢٠٠٠	٥	١١	١٦	٣٠

تم اختيار الماكينتين الأوليتين وهما Howden.Hwp-60 و Plumbrook-100 لاختبارهما في هذا البحث وذلك لكونهما تحتاج إلى سرعة ريح اقل لغرض العمل، و لكون مدى العمل في كل منهما كبير لاعتماده على سرعة الريح. لقد تم اختيار توزيع ويبل لغرض التطبيق في إنتاج طاقة من الريح للأسباب التالية[٩]:-

$$v_z = v_h(\frac{z}{h})^a$$

v_z هو سرعة الريح على ارتفاع z والذي هو عادة ما يكون ارتفاع ماكنة الريح التوربينية

v_h هي سرعة الريح مقاسة على ارتفاع h.

و a ثابت ذو قيمة تتراوح ما بين0.14-0.16[٧].

تم الحصول على مواصفات عدد من توربينات الريح المدرجة في الجدول رقم (١)

١- انه دالة تحتوي على عاملين اثنين C و K وعليه فانه من السهولة استخدامها أكثر من استخدام التوزيع Bi-variants normal distribut الذي يتطلب (5) عوامل وهذا بالتالي أكثر (مرونة) من Raleigh Distribution.

٢- في حالات كثيرة يبدو انه يعطي أكثر ملائمة من التوزيعات الأخرى.

٣- انه باستخدام C و K لارتفاع معين انه بالإمكان استخدامها للحصول على القيم C و K لارتفاعات أخرى.

حساب معاملات ويبل

لابد من التأكد من إمكانية استخدام توزيع ويبل على منطقة الدراسة أم لا؟وهذا يتم من خلال حساب معاملات ويبل ومقارنتها مع القيم القياسية. يمكن وضع دالة احتمالية توزيع ويبل F(v) لسرعة ريح (v) بالمعادلة التالية:-

$$f(v) = \frac{k}{c}(\frac{v}{c})^{k-1}\exp\left[-(\frac{v}{c})^k\right]....9$$

حيث C هي عامل القياس scale factor (وحداتها هي وحدات سرعة الريح) وK عامل الشكل(Shape factor) ليس لها وحدات . C لها علاقة مع معدل سرعة الريح v_m بدالة كاما[٥] بحيث ان:-

$$F(v) = 1-\exp\left[-(\frac{v}{c})^k\right]....11$$

يمكننا وضع معادلة التوزيع التراكمي F(v) بالمعادلة التالية:-

$$c = \frac{V_m}{\Gamma^{(1+k)}}....10$$

وعليه يمكن كتابة المعادلة (١١) بالصيغة التالية:-

$$1-F(v) = \phi = \exp(\frac{v}{c})^k....12$$

حيث $1-F(v)=\phi$ تمثل الجزء الزمني المتراكم لسرعة الريح .

يعتمد حساب معاملات ويبل C و k على الإحصائيات المتوفرة للريح، فإذا توفر لدينا وحدات توزيع الريح فان Justus et al يوصي بان طريقة Least-square تكون أكثر ملائمة[١٠] ، ويمكن الاستفادة منها بصورة Graphically وكما يلي:-

بأخذ اللوغاريتم الطبيعي للمعادلة (١٢) تصبح كما يلي:-

$$\ln\phi = -(\frac{v}{c}).....13$$

وبأخذ اللوغاريتم للمرة الثانية للمعادلة (١٣) نحصل على:-

$$\ln(-\ln\phi) = k\ln v - k\ln c....14$$

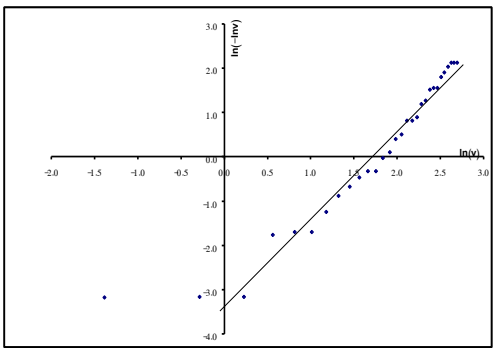
المعادلة (١٤) هي معادلة خط مستقيم بحيث ان k هي الميل و klnc هو ثابت. فبرسم $\ln(-\ln\phi)$ على المحور الصادي و $(\ln v)$ على المحور السيني فان k تساوي ميل الخط، و klnc هي التقاطع مع المحور الصادي، كما موضح في الشكل-١. فمع قيم k و klnc فان c يمكن حسابها باستخدام المعادلة :-

$$c = \exp-(\frac{k\ln c}{k}).....15$$

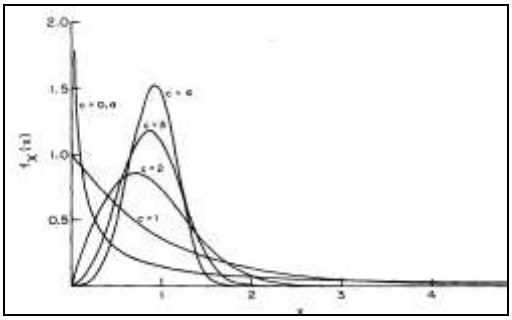
من الشكل-١ تم الحصول على قيمة k والتي =٢,٦ وهي ميل المستقيم. قيمة تقاطع المستقيم مع المحور الصادي وهي تساوي3.55- ويمثل هذا المقدار klnc. وباستخدام المعادلة (١٥) نحصل على قيمة c تساوي ٣,٩.تم حساب المعدل السنوي للريح لمنطقة الدراسة ووجد بأنه يساوي ٣,٤٥م/ثا وعليه فان $c=1.13V_m$ وهذه النتيجة تتفق والعلاقة المتوقعة بين c و V_m والتي تساوي $c=1.15V_m$ [٥]. من

ISSN:1813 –

خلال هذه القيم لمعاملات ويبل ومقارنتها مع الشكل –٢ يمكننا القول بأنه بالإمكان استخدام توزيع ويبل لحساب الطاقة الكامنة للمنطقة تحت الدراسة[٤].



الشكل–١. حساب معاملات ويبل بطريقة الرسم البياني.



الشكل–٢ .الشكل القياسي لتوزيع ويبل

حساب الطاقة الكامنة للريح

لغرض تسهيل وفهم عملية حساب الطاقة الكامنة كونها تتطلب حسابات كثيرة ودقيقة في ان واحد إلا انها بسيطة ،حيث تم ترتيبها بصورة يسهل فهمها وكما في الجدول(٣). واستخدم برنامج معالج الجداول والبيانات (برنامج الأكسل) لأجل الحصول على النتائج إضافة إلى الرسم البياني. فالعمود الأول من الجدول(٣) يمثل فترات سرعة الريح وبفاصلة مقدارها ٠,٥ م/ثا ؛ حيث يتحكم بها تغيرات سرعة الريح. بالإمكان تكبيرها إلا ان هذا يؤدي إلى حدوث طفرات في الحسابات وبالتالي إلى حذف فترات ريح تقع خارج نطاق عمل التوربين تحت الدراسة؛ وضعت هذه الفترات في العمود الأول. في حين يمثل العمود الثاني منتصف الفترة. اما العمود الثالث فيمثل تكرار فترات سرعة الريح.ويمثل العمود الرابع النسبة المئوية لحدوث الفترة. تم حساب منتصف فترة الريح مرفوعة للقوة (٣) ووضعها في العمود الخامس. في حين العمود السادس هو حاصل ضرب نسبة حدوث الفترة في مكعب منتصف الفترة . مجموع العمود السادس هو المطلوب حيث انه يدخل في حساب معدل الطاقة التي تحسب من المعادلة(٧):

$$\overline{P}d = \frac{1}{2} D \sum_{i=1}^{n} f_i (v_i)^3 \ldots 7$$

$$Pd = 0.005 * 1.06 * 30124.38 = 159.66 \text{ w/m}^2$$

أما العمود السابع فهو يمثل معدل تدفق الطاقة بالكيلوواط والتي تحسب من المعادلة (٦):

$$\overline{P}d = \frac{1}{2} D v^3 \ldots\ldots 6$$

$$Pd = 0.5 * (frac)^3$$

حيث تم جمعها ما عدا تلك التي تكون فيها فترة الريح اقل من ٣,٦ م/ثا كونها تقع خارج نطاق عمل التوربين تحت الدراسة. وبدلك فهي تعطي طاقة مقدارها ٤٤ كيلوواط

الاستنتاجات والتوصيات:

هناك طاقة رياح واعدة في نطاق المقياس الصغير (Small-scale) على الأقل في جزء من السنة وجزء من اليوم.حيث تم إجراء الحسابات واستخرجت النسبة المئوية لعمل التوربين Plumbrook فوجد بأنها تعمل بنسبة ٨٤% من الوقت ، وان معدل كثافة الطاقة الناتجة هي ١٥٩,٦٦ واط/متر مربع وان معدل تدفق الطاقة هي بحدود ٤٤ كيلوواط. ينحرف التوزيع اليومي باتجاه ساعات النهار ، وهذا ما يلائم بصورة جيدة الطلب العالي للطاقة الكهربائية أثناء النهار ، إضافة إلى ذلك فان الطاقة الكهربائية الكامنة الشهرية تكون أعلى ما يمكن خلال الأشهر آذار، نيسان و أيار، وهذا ما يلائم أيضا الكثير من الأمور التي يتطلبها المنزل خلال هذه الأشهر.

جدول (٢) يمثل حساب طاقة الريح الكامنة.

لفترات	منتصف الفترة	التكرار	نسبة حدوث الفترة			القدرة الجزئية للفترة
1	2	3	4	5	6	7
	V	freq	frac	V**3	frac**v3	power
0.0 - 0.50	0.25	804	4.9	0.016	0.076	2.59
> 0.5 - 1.0	0.75	48	0.3	0.422	0.123	0.15
>1.0 - 1.5	1.25	24	0.1	1.953	0.285	0.08
>1.5 - 2.0	1.75	444	2.7	5.359	14.46	1.43
>2.0 - 2.5	2.25	388	2.4	11.391	26.85	1.25
>2.5 - 3.0	2.75	60	0.4	20.797	7.581	0.19
>3.0 - 3.5	3.25	872	5.3	34.328	181.9	2.81
>3.5 - 4.0	3.75	1616	9.8	52.734	517.7	5.20
>4.0 - 4.5	4.25	1068	6.5	76.766	498.1	3.44
>4.5 - 5.0	4.75	1194	7.3	107.172	777.4	3.84
>5.0 - 5.5	5.25	801	4.9	144.703	704.2	2.58
>5.5 - 6.0	5.75	600	3.6	190.109	693	1.93
>6.0 - 6.5	6.25	1840	11.2	244.141	2729	5.92
>6.5 - 7.0	6.75	856	5.2	307.547	1599	2.76
>7.0 - 7.5	7.25	1848	11.2	381.078	4278	5.95
>7.5 - 8.0	7.75	604	3.7	465.484	1708	1.94
>8.0 - 8.5	8.25	1440	8.7	561.516	4912	4.64
>8.5 - 9.0	8.75	324	2.0	669.922	1319	1.04
>9.0 - 9.5	9.25	320	1.9	791.453	1539	1.03
>9.5 - 10.0	9.75	820	5.0	926.859	4617	2.
>10.0-10.5	10.25	140	0.9	1076.891	915.9	0.45
>10.5-11.0	10.75	217	1.3	1242.297	1638	0.70
>11.0-11.5	11.25	44	0.3	1423.828	380.6	0.14
>11.5-12.0	11.75	20	0.1	1622.234	197.1	0.06
>12.0-12.5	12.25	36	0.2	1838.266	402.1	0.12
>12.5-13.0	12.75	8	0.0	2072.672	100.7	0.03
>13.0-13.5	13.25	12	0.1	2326.203	169.6	0.04
>13.5-14.0	13.75	8	0.0	2599.609	126.3	0.03
>14.0-14.5	14.25	4	0.0	2893.641	70.32	0.01
>14.5-15.0	14.75	0	0.0	3209.047	0	0.00

المصادر

(1) Courtney,R.S.2006. Wind Farmes Provide Negligible Useful Electricity.PP.5.
(2) Eppolite, J. 2008,Wind Power: A Sustainable Solution.
(3) Indiana Renewable Energy Recourse Study , prepared by: Ron Radin, Rawu Naidoo, Douglas Gotham, Forrest Holland, Zuweiyu, David Nudeutiu, Patrica Bridwell. State utility forecasting Group. Pudure university , west Lafayette, Indiana, 2003.
(4) Justus, C.G., Hargraves, W.R., and Yal cin., A., 1976: Nationwide assessment of potential output wind powered generators, Journal of Applied Meteorology, V 15. Pp 673-678.
(5) Hennessey, J.P. 1977: Some Aspects Of Wind Power Statistic. Journal of Applied Met. Vol. 16, pp. 119-128.
(6) Justus, C. G. 'Winds and Wind System Performance' Philadelphia: The Franklin Institute Press, 1978
(7) Palutikof , J.P., Cook, H. C., and Davis , T.D. 1988.Examination of the effect of geographical dispersion and changing climate on the cirmness of wind of energy. Report to the central electricity generating Board.Climatic research unit, university of Anglia , Norwich.
(8) Worldwatch 1999. Worldwatch database SetNEnergy. Washington DC; Institute.Jan.1999. Golding, E. W. 1976:The Generation of Electricity By Wind Power, E & F.N. Span Ltd., London.
(9) Justus, C.G. Hargraves, W.R., Mikhail, A. , and Graber D. 1978: Method for estimating wind speed frequency distributions. Journal of applied meteorology vol. 17, pp. 350-353.

Calulating The Potential Wind Energy In Al-Qayarah

Khaldoon Tarik Esmaiel
Technical Institute , Mosul , Mosul . Iraq
(**Received:** 21 / 9 / 2010 ---- **Accepted:** 11 / 5 / 2011)

Abstract

In this paper, the potential wind energy for Al-quarah (60Km South Mosul) for the years 2001-2002 have been computed. Hourly wind speed have been prepared in away to suit the Weibull probability density function. Weibull parameters k and c have been obtained graphically by using the Least square method. These values have been used to comply with wind data and Weibull distribution which is commonly used.Two types of wind turbine have been used for this study; these are Howden HWP-60 and NASA-Plumbrook. The result indicates that the potential wind energy for Al-quarah is quite enough for simple domestic usage at least for a great part of the day, or it can be used in irrigation at the agricultural area at which there is no electric power.