مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (31) العدد (5) 2009
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (31) No. (5) 2009

الدراسة الفنية والاقتصادية لاستخدام طاقة الرياح ووحدات الديزل لتغذية أحمال مجتمع ريفي وأحمال السقاية لأراضي زراعية في المنطقة الوسطى لسورية

الدكتور مسعود صبيح*

(تاريخ الإيداع 11 / 10 / 2009. قُبِل للنشر في 2009/12/31)

□ ملخّص □

إن الهدف من هذا البحث هو شرح وتوضيح تقنية وحدات توليد الرياح والوضع الاقتصادي لإنجازها كحلول معاصرة بغية تأمين القدرة اللازمة لأحمال المجتمعات الريفية وأحمال السقاية للأراضي الزراعية. هذه المقالة تقدم دراسة متكاملة من الناحية الفنية والاقتصادية لتغذية الأحمال الكهربائية اللازمة لسقاية أراضٍ زراعية بمساحة 4000 [Hectares] تقع في المنطقة الوسطى لسورية في منطقة القصير الواقعة الى الجنوب الغربي من مدينة حمص بمسافة 25[Km]، بالإضافة الى تغذية أحمال أخرى ممثلة بأنشطة حياتية يومية يقوم بها المزارعون وأسرهم البالغ عددهم خمسة آلاف نسمة يسكنون في قرية نموذجية ضمن الموقع المدروس. في البداية تم حساب كمية المياه اللازمة للسقاية بطريقتي الري بالرذاذ والري بالتنقيط، الخطوة التالية كانت الدراسة التحليلية لمختلف الأحمال الكهربائية وتحديد متوسط القدرة اليومية للأحمال المطلوبة. قدم هذا البحث الدراسة الفنية لوحدات توليد طاقة الرياح 100, 225, 300 and 500[KW]. شمل البحث أيضا الدراسة الاقتصادية لمنظومة العمل. من خلال هذا البحث تم التوصل إلى أن اختيار وحدات توليد الرياح ذو طابع اقتصادي ليس فقط في المناطق الريفية وإنما أيضا في أي موقع يوجد فيه سرعة رياح اقتصادية.

الكلمات المفتاحية: طاقة الرياح، وحدات توليد الرياح، وحدات توليد الديزل، سرعات رياح اقتصادية.

* أستاذ مساعد – قسم هندسة الطاقة الكهربائية– كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية–جامعة تشرين–اللاذقية–سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (31) العدد (5) 2009
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (31) No. (5) 2009

The Technical and Economical Study of Using Wind Energy and Diesel Units for Supplying Loads of a Rural Society and Irrigation Loads of Agrarian Lands at the Middle Region of Syria.

Dr. Massoud Sabyh*

(Received 11 / 10 / 2009. Accepted 31 / 12 / 2009)

□ ABSTRACT □

The objective of this research work is to explain and illustrate the technology of wind generation units and their economic status as modern solutions aiming to insure the energy required to cover the loads of the rural communities and those for irrigation of the agrarian lands. This paper presents an integrated technical and economical study to supply the electrical loads required for irrigation of agrarian lands with an area of 4000[Hectares] located in the middle region of Syria, at Alkseir region 125[Km] south-west of Homs city, in addition to supplying other loads related to daily life activities of five thousands population of farmers families who live in typical villages within the studied site. This study included a stable work mechanism for the system employing an integrated energy generation system in the form of wind energy generation units and diesel generators. At the beginning we calculated the quantity of water needed for irrigation using both sprinklers and dripping systems, and the following step was an analytic study for different electrical loads along with determining the average daily power for the required loads. This paper has presented the technical study for the wind energy generation with capacities of 100, 225, 300 and 500[KW]. Besides, this work covered the economic study of the work system. Through this research, the choosing wind generation units is economically not only in rural sites but also in any site with economic wind velocity.

Key Words: Wind energy, Wind generation units, Diesel generation units, Economic wind velocities.

*Associate Professor, Department of Electrical Power, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria

مقدمة:

يستهلك العالم الطاقة التي يحتاجها من مصادر الطاقة الأحفورية، ومن مصادر الطاقة المائية والطاقة النووية. إن الزيادة الكبيرة لاستهلاك العالم من الطاقة الأحفورية يشكل الخطر الأكيد على الاحتياطي المتبقي منها من جهة، وزيادة متوقعة لأسعار المشتقات النفطية من جهة أخرى. إن الطاقة البديلة كخيار طويل الأمد وفائق الوفرة قد تكون الطاقات المتجددة على اختلاف أنواعها ومن أهمها قد تكون طاقة الرياح. إن الاتجاه إلى استغلال طاقة الرياح يعد الأسرع نمو والأكثر انتشارا في مختلف أنحاء العالم، حيث يتم تحويل طاقة الرياح إلى طاقة كهربائية بواسطة توربينات عملاقة، في ألمانيا على سبيل المثال نحو 16000 وحدة توليد ريحية، وقد تكون طاقة الرياح هي الأقرب إلى التكافؤ مع أسعار الطاقة التقليدية.

إن طاقة الرياح (Wind energy) ليس لها أثار سلبية على البيئة، فهي طاقة نظيفة، وللحصول عليها يمكن بسهولة إنشاء وتركيب أجزاء منظومة العمل. إن القدرة التي يمكن استخراجها من مولدات طاقة الرياح (Wind energy generators) تتعلق بالطاقة الكامنة للرياح، وهي تمثل حركة الهواء بشكل مواز لسطح الأرض. إن مولدات طاقة الرياح تمثل نظاما كهروميكانيكيا يحول طاقة الرياح إلى طاقة كهربائية. إن استخراج الطاقة من الرياح بواسطة العنفات الريحية ذات استطاعة خرج تتراوح قيمتها من أجزاء الكيلو وات إلى عدة ميغا وات هي بتزايد مستمر. غالبية هذه العنفات تستخدم لتوليد الطاقة الكهربائية لتغذية الشبكة العامة أو لتغذية أحمال معزولة من الشبكة، كما هو حال موضوع هذا البحث. إن استطاعة الخرج لمولدات طاقة الرياح تتعلق بمساحة المقطع العرضي للمروحة /A/ وكثافة الهواء /ρ/ وسرعة الرياح /u_0/ والتي تعطى بالعلاقة[1]:

$$P = 1/2\ A\rho u_0^3\ \ [KW]$$

إن الإستطاعة التصميمية لمولدات طاقة الرياح تتعلق بسرعة الرياح، والعمر الاقتصادي الذي يتراوح مابين [Y]20÷15 ، أما الكلفة الثابتة فتقع ضمن المجال [$/KW]1500÷1000[2] . سوف نستعرض في هذا البحث الخطوات المتكاملة لدراسة حسابية يمكن أن تنفذ على أرض الواقع بغاية استخدام طاقة الرياح لتغذية الأحمال الكهربائية (Electrical loads) من أجل زراعة وسقاية بعض المحاصيل الصيفية والشتوية.

إن الموقع المدروس تم اختياره بمواصفات مناخية بما يخص سرعة الريا ح بحيث تناسب إنشاء التوربينات الريحية وأيضا ذات مخزون جيد للمياه الجوفية كونها قريبة من مجرى نهر العاصي. الموقع يشمل أرضا زراعية بمساحة [Hectares]4000 في منطقة القصير الواقعة إلى الجنوب الغربي من مدينة حمص بمسافة [Km]25 بجوار قرية الصفصافة النموذجية (تم إضافة المزايا وتم التعامل مع خواص جديدة افتراضية تضاف لواقع القرية لنصل بها الى حالة المجتمع الريفي المثالي) حيث القيمة المتوسطة لسرعة الرياح تبلغ حوالي [.m/sec]6.22 من على ارتفاع [m]10 عن سطح الأرض[3] . إن القدرة الكلية التي يمكن الحصول عليها من مولدات طاقة الرياح خلال العام، يمكن أن تحسب عند معرفة تغيرات سرعة الرياح على مدار العام للموقع المدروس. إن نظام توليد الطاقة المقترح يمثل نظاما متكاملا يتكون من مولدات طاقة الرياح ونسبة الحمولة التي تقوم بتغذيتها تبلغ حوالي 80% أما وحدات توليد الديزل (Diesel generating units) فتقوم بتغذية 20% من حجم الحمولة المطلوبة.

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلى معالجة المسائل التالية:

- أهمية استغلال طاقة الرياح في المناطق ذات سرعات الريح الاقتصادية كالمناطق المواجهة لفتحة حمص (الموقع المدروس)، النبك، سهول الغاب، المرتفعات الساحلية ... وغيرها.
- إقامة مشاريع زراعية في المناطق السابقة ذات التربة الزراعية الصالحة وتغذية الأحمال الكهربائية المطلوبة من مولدات طاقة الرياح ومساهمة هذه المشاريع في زيادة الناتج القومي للبلد.
- تخفيف العبء عن الشبكة الكهربائية العامة والحد من الضياعات في الاستطاعة لهذه الشبكة نتيجة الامتداد الطولي المتزايد لتغذية المناطق الريفية وتقليص العجز في حجم الطاقة المولدة بالمقارنة مع الطاقة المطلوبة.
- الانسجام والتوافق مع التوجه المتبع على الصعيد العالمي بضرورة استغلال الطاقات المتجددة أو الطاقات البديلة، وقد تكون أهمها طاقة الرياح وأيضا مواكبة تطلعات الحكومة السورية بهذا الصدد وعلى رأسها السيد الرئيس ممثلا بالمرسوم الذي تم إصداره بهذا الخصوص.

طرائق البحث ومواده:

يبدأ البحث بالحصول على البيانات المناخية والجغرافية للموقع المدروس من مصدرها، هذه البيانات تشمل عمق المياه الجوفية، طبيعة الأرض الزراعية، حجم القرية المدروسة، السرعة المتوسطة للرياح على مدار العام، وغيرها من المعطيات اللازمة لإجراء هذه الدراسة. تضمن البحث كذلك إعداد دراسة متكاملة من خلال المحاور التالية:

- دراسة آلية السقاية بطريقتي الري بالتنقيط والري بالرذاذ وحساب حجم الماء اللازم للسقاية.
- تقدير الأحمال الكهربائية لمختلف الأنشطة الحياتية اليومية الخاصة بالقرية النموذجية.
- دراسة المواصفات الفنية لمنظومة العمل من مولدات طاقة الرياح ووحدات توليد الديزل.
- إعداد النمذجة الرياضية لمختلف أجزاء منظومة العمل لسهولة إسقاطها على دراسات مشابهة.
- الدراسة الاقتصادية لمنظومة توليد الطاقة من خلال تحديد الكلفة الأساسية أو الكلفة الثابتة (Fixed cost) ، الكلفة المتغيرة (Running cost) ، الكلفة السنوية (Annual cost) ثم تقدير كلفة إنتاج الكهرباء أو كلفة إنتاج الكيلووات الساعي (Cost of electricity).
- التوصل إلى الاستنتاجات والتوصيات.

تقدير حجم الماء اللازم للسقاية

إن المساحة المزروعة تقدر بحوالي 4000 Hectares ذات تربة رملية ناعمة لومية[4] ، وبما يناسب هذه التربة من مزروعات تم اختيار مجموعة من المحاصيل الحقلية الصيفية(بندورة، خيار، بطيخ، فليفلة، بطاطا، قطن،...الخ) ومحاصيل شتوية(قمح، شعير، شوندر، بصل، فجل، خس، جزر، بازيلاء، فول، ملفوف،...الخ). إن سقاية المحاصيل السابقة تتم بطريقتي الري بالتنقيط والري بالرذاذ حسب نوعية هذه المحاصيل والذي سنوضحه بالدراسة التالية:

1-الري بالتنقيط(Drip irrigation):

إن الري بالتنقيط طريقة حديثة ذات استخدام ناجح في المناطق ذات الطبيعة الجافة والصحراوية والتي تشبه المنطقة المدروسة، وتعد طريقة ملائمة لتوفير وترشيد استهلاك المياه، يمكن تطبيق هذه الطريقة على أراضي ذات طبوغرافيا مختلفة، استخدام هذه الطريقة يؤدي الى توفير مابين 25% الى 75% من كمية المياه المستخدمة بالمقارنة مع كمية المياه المستخدمة بالمقارنة مع عملية الري بالطرق السطحية. إن طريقة الري بالتنقيط تكون ملائمة لسقاية المساحات المزروعة بالخضروات ذات المسافة الفاصلة بين شتولها(بندورة، خيار، فليفلة، ملفوف، بطيخ، ...الخ) .

يتم تأمين المياه باستخدام أنابيب بلاستيكية تمد في المنطقة المراد سقايتها، ويركب عليها جهاز التنقيط بحيث تعطي كل نقاطة حجم تدفق من الماء يتراوح مابين [liter/h] 10 – q=2 ، إن نفوذية التربة للماء هي l_3 / وقيمة المساحة المروية / A_i / عند مختلف قيم حجم تدفق الماء، موضحة بالجدول(1)[5].

الجدول(1): المساحة المروية لنقاطات ذات تصرف مختلف ونفوذية تربة مختلفة للماء

حجم تدفق الماء من النقاطة q=[liter/h]	نفوذية التربة للماء		$l_3 = [mm/h]$
	2.5	5	7.5
	المساحة المروية		$A_i = [m^2]$
2	0.8	0.4	0.25
4	1.6	0.8	0.50
6	2.4	1.2	0.75
8	3.2	1.6	1.00

إن النقاطة توضع على جذر الشتول وبالتالي لاتروى كامل الأرض وإنما تروي نسبة مئوية منها، ولتحديد المساحة المروية بالنسبة للمساحة الكلية[5] :

$$A = \frac{A_i}{l_1\, l_2} * 100 \quad [\%] \qquad (1)$$

حيث: $A_i = 0.4\,[m^2]$ = المساحة المروية من أجل نقاطة واحدة(حسب الجدول(1) عند q=2 [liter/h])

$l_1 = 1.0\,[m]$ =المسافة المتوسطة بين الخطوط المروية(خطان متجاوران)

$l_2 = 0.6\,[m]$ =المسافة بين نقاطتين متتاليتين(بما يناسب المزروعات السابقة)

$$A = \frac{0.4\,[m^2]}{1.0\,[m] * 0.6\,[m]} * 100 = 66\,[\%]$$

إن سقاية المساحات المزروعة لاتتم بصورة مستمرة، وإنما هناك فترة زمنية فاصلة بين السقاية والسقاية اللاحقة، تخضع لمجموعة من العوامل، ولتقدير عدد الأيام الفاصلة بين السقاية والسقاية التالية نستخدم العلاقة التالية[5]:

$$J = \frac{Z\ K\ A}{l_4}\ [day] \qquad (2)$$

حيث: Z=53 [%]:النسبة المئوية للماء المفقود بعد السقاية(تخضع للعوامل الجوية ونوع التربة)

K=79 [mm] :عمق التربة القابل لامتصاص الماء(حسب المساحة المدروسة)

$l_4 = 7\,[mm/dy]$:الفقد نتيجة النتح والتبخر للماء تبعا لنوع النبات وعوامل المناخ(قيمة وسطية)

$$J = \frac{0.53*79[mm]*0.66}{7[mm/day]} = 4\ (days)$$

إن قيمة الزمن المتواصل لإنجاز السقاية الواحدة يعطى بالعلاقة[6]:

$$t = \frac{d\ l_1\ l_2}{q}\ [h] \qquad (3)$$

حيث: d=33 [mm]:عمق السقاية للتربة

q=2 [liter/h]:حجم تدفق الماء من النقاطة(الجدول(1))

$$t = \frac{33*10^{-3}[m]*1.0[m]*0.6[m]}{2*10^{-3}[m^3/h]} = 10\,[h]$$

لحساب عدد وحدات التشغيل لكي يكون الري مستمرا نستخدم العلاقة:

$$N = \frac{J\ t_{pump}}{t}\ (unit) \qquad (4)$$

حيث: $t_{pump} = 10\,[h/day]$:زمن تشغيل المضخات على مدار اليوم

$$N = \frac{4[day]*10[h/day]}{10[h]} = 4\ (unit)$$

إن المساحة التي تشغلها نقاطة واحدة تمثل جداء المسافة الفاصلة بين نقاطتين متجاورتين والمسافة الفاصلة بين خطين متجاورين، وبالتالي عدد النقاطات التي تلزم لتغطية حاجة هكتار واحد تعطى بالعلاقة[4]:

$$N_h = \frac{A_h}{l_1\ l_2} \qquad (5)$$

حيث: $A_h = 10000[m^2]$:المساحة المروية والتي تعادل هكتاراً واحداً

$$N_h = \frac{10000[m^2]}{1.0[m]*0.6[m]} = 16666\ (droppers)$$

إن عدد النقاطات يقسم الى أربع وحدات تشغيل حسب المعادلة(4) وباعتبار أن السقاية تتم كل أربعة أيام فيكون عدد النقاطات العاملة في الهكتار الواحد هو ربع العدد الكلي حسب المعادلة رقم (2) كما يلي:

$$N_{active} = \frac{N_h}{N} \qquad (6)$$

=16666/4=4166 (droppers)

حجم الماء اللازم لسقاية هكتار واحد ولمدة يوم واحد من زمن تشغيل المضخات /10[h]/ يعطى بالعلاقة[6]:

$$q_{th} = N_{active} * q * t_{pump} \qquad (7)$$

=4166*2[liter/h]*10[h/day] = 83320[liter/day]

إذا فرضنا بأن المساحة الملاءمة للسقاية بطريقة الري بالتنقيط التي تم زراعتها بأنواع الخضار المناسبة لهذا النوع من السقاية تقدر بحوالي $A_{dri.}=100(Hectares)$ فيمكن حساب حجم الماء اللازم للسقاية بطريقة الري بالتنقيط لكامل المساحة السابقة وخلال يوم واحد حسب العلاقة:

$$q_{day}=A_{dri.}\,q_{th} \qquad (8)$$
$$=100*83320=8332000[\text{liter/day}]=8332[m^3/day]$$

وبالتالي حجم الماء اللازم للسقاية سنويا:

$$q_{year}=q_{day}*365 \qquad (9)$$
$$=8332[m^3/day]*365[\text{day/year}]=3041180[m^3/year]$$

ولكن خلال فصل الشتاء وأيضا الفترات الفاصلة بين المحاصيل الحقلية، يتم توفير كمية من المياه تقدر كنسبة مئوية من حجم الماء الكلي بالقيمة $q_{save}=(15-20)\%$ [5] وبالتالي يكون حجم الماء اللازم للسقاية بطريقة الري بالتنقيط سنويا:

$$q_{drip}=q_{year}-q_{save}*q_{year} \qquad (10)$$

حيث: $q_{save}=17\%$:نسبة التوفير في حجم المياه

$$q_{drip}=3041180\text{-}0.17*3041180=2524179[m^3/year]=6915[m^3/day]=691.5[m^3/h]$$

2-الري بالرذاذ (Sprinkler irrigation):

يتم اعتماد طريقة الري بالرذاذ لأنها توزع المياه بشكل متجانس على كامل سطح التربة، وأيضا باعتبار التربة للمنطقة موضوع الدراسة ذات نفوذية للماء، فهذا يجعل توزيع المياه بالطرق السطحية غير متجانس، واذا كان تيار الماء ضعيفا في شدته والذي يتوافق مع غزارة مياه الضخ المتبعة في هذا البحث، فإن السقاية بالطرق السطحية يحتاج إلى حجم كبير من المياه.

إن وجود محاصيل تكون ذات إنبات غزير أو كثيف كالقمح، الشعير، العدس والقطن ..الخ، تتطلب سقاية متجانسة لكامل المساحة المزروعة، وهذا لن يتاح باستخدام طريقة الري بالتنقيط، لذلك يتحتم علينا استخدام طريقة الري بالرذاذ.

إن التوزيع المتجانس لمياه الري على كامل سطح التربة يعتبر من أكبر الميزات التي تتمتع بها طريقة الري بالرذاذ، إضافة الى مجموعة من العوامل أو الظروف التي تتصف بها المنطقة المدروسة تجعل هذه الطريقة من الري هي الأفضل والأوفر لكمية المياه اللازمة.

إن شبكة الري بالرذاذ المستخدمة هي شبكة نقالة، حيث يمكن تحريك الأنابيب من مكان لآخر بشكل آلي لكي تتم السقاية لكامل المساحة المدروسة على فترات منتظمة وبشكل دوري. إن المواصفات الفنية والعملية لطريقة الري بالرذاذ باستخدام الرشاش موضحة بالجدول(2)[7]. إن الجدول السابق يوضح العلاقة بين قطر فتحة الرشاش/ d/، قطر دائرة السقاية/ d_i /، حجم تدفق الماء/ q/، المساحة المروية / A_i / وحجم الماء المستهلك لواحدة السطح / $q_{con.}$ /.

الجدول(2):المواصفات الفنية والعملية لطريقة الري بالرذاذ

$q_{con.}[liter/h/m^2]$	$A_i\ [m^2]$	$q\ [m^3/h]$	d_i [m]	d [mm]
2.36	466	1.1	13	4.5
1.85	702	1.3	14.5	4.5
2.77	469	1.3	13.5	5.0
2.12	707	1.5	15.0	5.0
2.68	708	1.9	14.5	6.0

إن قيمة المساحة المروية بالتنقيط $A_{dri.}=100(Hectares)$ ولحساب المساحة المتبقية للري بالرذاذ باعتبار المساحة الكلية المدروسة $A_t=4000$ (Hectares)

$$A_{spri.}=A_t-A_{dri.} \qquad (11)$$
$$=4000\text{-}100=3900 \text{ (Hectares)}$$

إن حجم الماء اللازم لسقاية المساحة السابقة يعطى بالعلاقة[5]:

$$q_{spri.}=\frac{A_{spri.}\,q_{con.}\,t}{J}(1-q_{save}) \quad [liter/day] \qquad (12)$$

حيث: $q_{con.}=2.36[liter/h/m^2]$:حجم الماء المستهلك في واحدة الزمن لواحدة السطح(من الجدول(2))

t = 10 [h] :زمن متواصل لإنجاز السقاية الواحدة

J = 4 (day) :عدد الأيام الفاصلة بين السقاية والسقاية التالية(حسب المعادلة(2))

$q_{save}=0.17$:نسبة التوفير نتيجة الفترات الفاصلة بين المحاصيل وفصل الشتاء

$$q_{spri.}=\frac{3900*10000[m^2]*2.36[liter/h/m^2]*10[h]}{4[day]}(1-0.17)$$
$$=190983000[\text{liter/day}]=190983[m^3/day]=19098[m^3/h]$$

حجم القدرة الكهربائية اللازمة للأحمال

إن الأحمال الكهربائية يمكن تقسيمها إلى قسمين: أحمال كهربائية للسقاية وأحمال كهربائية للقرية النموذجية

1-حجم القدرة اللازمة لضخ الماء للسقاية:

من حجم المياه اللازمة للسقاية بطريقتي التنقيط والرذاذ يمكن الكتابة:

$$q_{tot}=q_{drip.}+q_{spri.} \qquad (13)$$
$$=691.5+19098=20000\ [m^3/h]$$

إن عمق المياه الجوفية يتراوح مابين [30[m] الى [65[m ولو أخذنا قيمة متوسطة لهذا العمق بمقدار [49[m والذي يشكل ارتفاع منسوب الضخ لفترات طويلة من العام[8] يمكن حساب القيمة المتوسطة للقدرة اللازمة لضخ كمية المياه السابقة. الاستطاعة المستهلكة من عمل المضخة الواحدة [9]:

$$P=\frac{Q\,\rho\,g\,H}{\eta_p\,\eta_m}*2.77*10^{-6} \quad [KW] \qquad (14)$$

حيث: $Q=20[m^3/h]$:تدفق المضخة

$\rho=1[g/Cm^3]$:كثافة الماء

جاذبية أرضية: $g = 980[Cm/Sec.^2]$

متوسط ارتفاع منسوب الضخ: H= 49 [m]

مردود المضخة: $\eta_p = 0.45$

مردود المحرك: $\eta_m = 0.85$

$$P = \frac{20*1*980*49}{0.45*0.85} * 2.77*10^{-6} = 7\,[KW]$$

إن حجم القدرة المستهلكة من أجل ضخ كمية المياه اللازمة للسقاية خلال يوم واحد

$$E_{iav} = \frac{q_{tot}\ P\ t_{pump}}{Q} \quad [KWh/day] \qquad (15)$$

$$= \frac{20000[m^3/h]*7[KW]*10[h/day]}{20[m^3/h]} = 70*10^3[KWh/day] = 70[MWh/day]$$

ولكن في بعض الأشهر، لا سيما في فصل الصيف، يزداد عمق منسوب المياه الجوفية، وأيضا السقاية المتكررة لها تأثير مشابه، إن القيمة الأعظمية لهذا المنسوب [m] 75 [8] ، يضاف إلى ذلك توضع المضخات الغاطسة بعمق يزيد عن القيمة السابقة ضمن المجال [m]20÷ 10، للمحافظة على بقائها تحت سطح الماء خلال فترة العمل، بذلك يصبح ارتفاع منسوب الضخ حوالي [m]89 ويمكن بالتالي حساب القيمة الأعظمية لحجم القدرة اللازمة للسقاية حسب مايلي:

$$E_{i\max} = \frac{20[m^3/h]*1[g/Cm^3]*980[Cm/\sec.^2]*89[m]}{0.45*0.85} * 2.77*10^{-6} * \frac{20000}{20} * 10$$

=127 [MWh/day]

2-حجم القدرة اللازمة للقرية النموذجية:

إن القائمين على مختلف الأعمال الزراعية يسكنون في قرية تقع ضمن المنطقة المدروسة وعدد السكان يبلغ حوالي خمسة آلاف نسمة. إن الأحمال الكهربائية لهذه القرية يمكن دراستها كما يلي:

***الأحمال المنزلية:**

باعتبار أن عدد سكان القرية يبلغ حوالي [Persons]5000 ، فإذا فرضنا وسطيا أن عدد أفراد الأسرة الواحدة يبلغ ثمانية أشخاص، وبالتالي إذا كانت كل أسرة تسكن في منزل ريفي مستقل فإن عدد المنازل في القرية يصبح:

$$N_{Home} = \frac{5000}{8} = 625(Houses)$$

إن الأحمال المنزلية الكهربائية تقسم الى أحمال الأجهزة الكهربائية وأحمال الإنارة التي ستدرس تباعا.

***أحمال الأجهزة الكهربائية:**

إن الأحمال الكهربائية للأجهزة التي يمكن استخدامها من قبل كل أسرة والتي تعتبر أساسية ولها وظيفة، وتقدم خدمة يومية موضحة بالجدول(3)[10].

الجدول(3):الاستطاعة الكهربائية للأجهزة المنزلية والقدرة المستجرة من قبلها على مدار اليوم

نوع الحمولة	الاستطاعة	عامل الطلب	فترة التشغيل	القدرة المستجرة

[Wh]	[h]		[W]	
1440	24	0.3	200	براد
60	19-22 pm	0.2	100	تلفزيون
900	15-17 pm	0.45	1000	مكواة
4800	10-13 pm	0.8	2000	غسالة
4200	12-18 pm	0.35	2000	سخان مكمل للسخان الشمسي
1920	10-18 pm	0.8	300	مروحة
6400	14-18 pm	0.8	2000	تجهيزات أخرى

من الجدول(3) يمكن تقدير قيمة القدرة التي يحتاجها منزل واحد لتغطية أحمال الأجهزة الكهربائية:

$$E_{devices} = 1440 + 60 + 900 + 4800 + 4200 + 1920 + 6400 = 19.720[KWh/day]$$

***أحمال الإنارة:**

اذا اعتبرنا متوسط المساحة للمنزل الواحد تعادل $A_{Home} = 150[m^2]$ والاستطاعة اللازمة للإنارة من أجل واحدة السطح تقدر بحوالي $P_{light} = 7[W/m^2]$ [11] . بفرض فترة العمل تقدر بحوالي $t_{light} = 8[h]$ ضمن أزمنة متداخلة بالنسبة لإنارة المنزل الواحد والقرية بشكل عام، وبعامل طلب(Demand Factor(DF)) يعادل 0.24[10]، فتصبح القدرة اللازمة للإنارة:

$$E_{light} = A_{Home} * P_{light} * N_{Home} * DF * t_{light} \quad (16)$$
$$= 155[m^2] * 7[W/m^2] * 0.24 * 8[h/day] = 2.016[KWh/day]$$

وبذلك تصبح القدرة المستجرة من قبل الأجهزة الكهربائية وأحمال الإنارة للمنزل الواحد تعطى بالعلاقة:

$$E_{Home} = E_{devices} + E_{light} \quad (17)$$
$$= 19.720 + 2.016 = 21.736[KWh/day]$$

من أجل كامل القرية:

$$E_{THome} = (E_{devices} + E_{light}) * 625 \quad (18)$$
$$= (19.720 + 2.016) * 625 = 13585[KWh/day]$$

***المدارس:**

باعتبار أن كل أسرة وكمعدل وسطي لديها ثلاثة أولاد في مرحلة التعليم ما قبل الجامعي، فيصبح عدد التلاميذ في القرية:

$$N_{stud.} = 625 * 3 = 1875\ (Students)$$

وإذا احتوى كل صف على عدد تلاميذ يقدر ب(Students)15 فيكون عدد الصفوف

$$N_{class} = \frac{1875}{15} = 125\,[classes]$$

ولإيجاد عدد المدارس اذا احتوت كل مدرسة على عدد صفوف بحوالي 25 classes فيكون عدد المدارس اللازمة :

$$N_{school} = \frac{125}{25} = 5\,(schools)$$

إذا كان في كل مدرسة بالإضافة إلى الصفوف غرف خاصة بالإدارة والمخابر والمدرسين ...الخ بمقدار خمس غرف وكانت الاستطاعة المطلوبة وسطيا بحوالي [W] 600 وزمن استجرار الطاقة يعادل يوميا [h]6فتكون القدرة الكلية المستجرة من قبل المدارس:

$$E_{school} = 5(schools) * (25(classes) + 5(rooms)) * 600[W] * 8[h/day] = 720.0[KWh/day]$$

***المستوصف أو المركز الصحي:**

بفرض أن المستوصف يحتوي على خمس غرف لمعاينة المرضى وثلاث غرف للأطباء والإدارة، ولتغطية الأحمال الكهربائية لهذا المستوصف من أجل حاجة كل غرفة الى [W] 600 وزمن العمل يعادل [h/day] 10:

$$E_{dispen.} = 600[W] * 8(rooms) * 10[h/day] = 48[KWh/day]$$

***مركز الإرشاد الزراعي:**

بفرض هذا المركز يتألف من خمس غرف(إدارة، مهندسين زراعيين، طبيب بيطري وفنيين زراعيين..الخ) وتحتاج كل غرفة إلى استطاعة [W]500 وزمن العمل يعادل [h]8 يوميا فتكون القدرة اللازمة لتغطية هذه الحمولة:

$$E_{direc.} = 500[W/room] * 5(rooms) * 8[h/day] = 20[KWh/day]$$

***أماكن العبادة:**

إذا وجد أربع أماكن للعبادة وبمساحة وسطية $250[m^2]$ فتكون المساحة الكلية $1000[m^2]$ وحسب شدة الإضاءة (lumen) لمثل هذه الأماكن، تحتاج واحدة السطح إلى استطاعة تعادل $8[W/m^2]$ [12] ، ومن أجل زمن استجرار للطاقة يعادل [h/day]6 تكون القدرة المطلوبة لتغطية هذه الأحمال:

$$E_{cult.} = 1000[m^2] * 8[W/m^2] * 6[h/day] = 48[KWh/day]$$

***دور الحضانة:**

إن وجود أربعة من دور الحضانة تشمل كل منها على خمسة صفوف وإدارة، وبفرض أن الاستطاعة اللازمة لكل غرفة [W]400 وان فترة الدوام تعادل [h/day]8 فإن القدرة الكلية المستجرة تصبح:

$$E_{nur.} = 4(nur.) * (5(classes) + 1(room)) * 400[W] * 8[h/day] = 76.8[KWh/day]$$

***إنارة الشوارع:**

إذا فرضنا، وكقيمة وسطية، بأن كل منزل يحتل على الشارع المقابل واجهه تقدر بحوالي [m]16 وإذا كان البناء على جانبي الشارع، فبذلك يصبح طول الشوارع لكامل القرية حوالي [Km]5 ومن أجل وضع نقطة إضاءة

مزدوجة لكل مسافة /[m]50/ واستخدام مصابيح لها ميزة ترشيد الطاقة باستطاعة كلية [W]70=2*35 وبزمن عمل يعادل [h]14 فتكون القدرة المطلوبة لتغطية أحمال انارة الشوارع:

$$E_{street} = \frac{5000}{50} * 70 * 14[h] = 98[KWh/day]$$

***المرافق والخدمات العامة:**

بالإضافة الى الأحمال التي ذكرناها سابقا، هناك أحمال أخرى تدخل ضمن مجموعة المرافق العامة(مياه، هاتف، أماكن تجارية، صالة رياضية...الخ) وبشكل عام القدرة المستجرة من قبل هذه الأحمال تعادل تقريبا 7% [11] من إجمالي القدرة المستهلكة وبذلك نستنتج القدرة المطلوبة والتي تساوي تقريبا $E_{servi.} = 1000\,[\mathrm{KWh/day}]$

وبالتالي حجم القدرة اللازمة للقرية النموذجية لمختلف الأنشطة الحياتية اليومية:

$$E_{village} = E_{THome} + E_{school} + E_{dispen.} + E_{direc.} + E_{cult.} + E_{nur.} + E_{street} + E_{servi.} \quad (19)$$

$$=13585+720.0+48+20+48+76.8+98+1000=15.62459[\mathrm{MWh/day}]$$

إن القدرة الكهربائية المطلوبة (Electrical energy demand) لكامل منظومة العمل، أحمال السقاية (Irrigation loads) وأحمال القرية (village loads) تعطى بالقيمة:

$$E_{Total} = E_{i\max} + E_{village} \quad (20)$$

$$=127+15.62459=142.62459[\mathrm{MWh/day}]$$

المواصفات الفنية لمنظومة العمل

إن مولدات طاقة الرياح تحول طاقة الرياح إلى طاقة كهربائية مفيدة، إن النموذج المستخدم يمثل توربين رياح ذا المحور الأفقي (Horizontal axis wind turbine) . الأجزاء الرئيسية لمولدات طاقة الرياح:

***المروحة:**

تمثل الجزء الأول من منظومة العمل التي تنقل القدرة الناتجة من حركة الرياح إلى باقي الأجزاء، ويمكن أن تدور حول محور أفقي، المواد التي تصنع منها المراوح لها خاصية التحمل. المواد التي شاع استعمالها هي الخشب، ألياف زجاجية ذات مرونة او الألمنيوم...الخ.

***ناقل الحركة:**

إن محور نقل الحركة (Transmission) يصل صندوق المسننات (Gear box) والذي يرفع السرعة حسب نوعية المولد المستخدم ضمن نسبة تتروح بين القيمتين1: 25÷1: 14 .

***المولد:**

يوجد ثلاثة نماذج من المولدات التي يمكن استخدامها في منظومة مولدات طاقة الرياح والتي تمثل مولدات التيار المستمر ذات التهييج التفرعي (Shunt DC generators) مولدات متواقتة (Synchronous generators) مولدات تحريضية (Inducting generator)

***نظام القيادة والتحكم:**

إن نظام القيادة يستخدم للمحافظة على تردد ثابت لتيار الخرج مهما تغيرت سرعة الرياح وذلك باستخدام منظم أو محول تردد الكتروني (Electronic frequency converter)

***الأبراج:**

إن الأبراج المستخدمة لحمل منظومة التوليد تصنف الى نوعين : أبراج توصيلات شبكية وأبراج ذات الشكل الأسطواني، وتصنع عموما من الفولاذ أو الحديد المغلفن.

***حجرة النظام:**

تمثل غطاء يحيط بمنظومة التوليد ومصنوعة من الألياف الزجاجية لحماية أجزاء هذه المنظومة من المؤثرات الجوية الخارجية وأيضا تخفف من مستوى الضجيج الحاصل أثناء العمل.

***نظام الكبح والفرملة:**

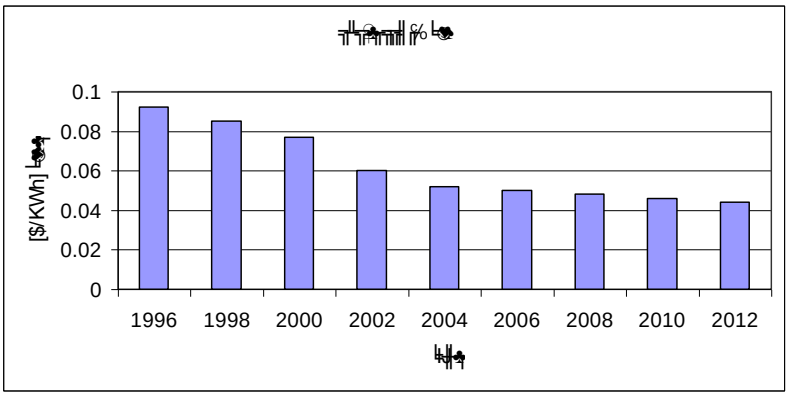
من أجل الكبح أو الفرملة لإيقاف منظومة التوليد عن العمل، يوجد نظامان مستقلان لذلك، الأول نظام الكبح الهيدروليكي والثاني نظام الكبح الهوائي.

***الكابلات وأجهزة التوصيل:**

إن مهمة الكابلات هي إيصال منظومة التوليد ووحدات القيادة والتحكم، وأيضا إيصال قدرة الخرج الى الشبكة العامة لتغذية الأحمال المطلوبة مع وجود قواطع وأجهزة الحماية.

الدراسة المرجعية وكلفة إنتاج القدرة لمولدات طاقة الرياح

إن كلفة إنتاج واحدة القدرة لمولدات طاقة الرياح، أخذت قيما متناقصة على مر الزمن خلال العقد الماضي، وذلك بسبب التقنيات الحديثة في صناعة منظومة العمل لهذه المولدات، وأيضا إيجاد الحلول المناسبة للمشاكل الفنية التي كانت سائدة، وخاصة عند العمل من أجل السرعات العالية وتجاوز الحد المسموح به لهذه السرعات، تم التوصل إلى تخفيف الأعطال التي كانت تحدث لصندوق المسننات وغيرها من الأجزاء الميكانيكية التي يقع على عاتقها إجهاد كبير أثناء العمل. الشكل(1) يوضح تغيرات كلفة إنتاج القدرة لمولدات طاقة الرياح خلال الأعوام الماضية وتوقعات هذه التكاليف لفترة زمنية قادمة[7,13] . يجدر الإشارة الى إن تلك النتائج تشمل كلفة التصنيع، يضاف إليها أجور النقل والرسوم الجمركية.



الشكل(1):منحني كلفة إنتاج الكهرباء لطاقة الرياح من أجل مختلف النشرات والمصادر.

النتائج والمناقشة:

1-الدراسة الفنية:

تم استخدام عدة نماذج لمولدات طاقة الرياح ذات الاستطاعة [KW]100, 225, 300 and 500 كل وحدة توليد من الوحدات السابقة ستقوم بشكل منفصل بتغطية كامل الحمولة وذلك بغاية إجراء المقارنة بين المولدات السابقة للتوصل إلى تحديد مولدة طاقة الرياح ذات الكلفة الأصغرية. سوف نستخدم وحدات توليد الديزل لتغذية الأحمال المطلوبة عندما يكون طلب الحمولة أكبر من القدرة المأخوذة من مولدات طاقة الرياح. إن الحجم الاقتصادي المعتمد في أغلب الدراسات لوحدات توليد الديزل يمثل تغطية 20% من الاستطاعة الكلية المطلوبة من قبل الحمولة[13] ، وسنعتمد ذلك في هذا البحث. سنقدم الآن الدراسة التفصيلية لاستخدام مولدة طاقة رياح [KW]100.

المواصفات الفنية لوحدة التوليد [KW]100 [14] :

التوربين ذو محور أفقي (Horizontal axis)	
قطر دائرة الحركة (Rotor diameter)	20[m]
سرعة الدوار (Rotor speed)	46[r.p.m]
جهة الدوران مع عقارب الساعة	Clock-wise
عدد أزرع المروحة	3[Blades]
مادة تصنيع أزرع المروحة	Fiber glass
ارتفاع محور الدوران	23[m]
السرعة الأولية [$m/\sec.$] $u_c = 4.5$ (Cut-in wind speed)	
السرعة الأعظمية [$m/\sec.$] $u_f = 25$ (Cut-out wind speed)	
السرعة التصميمية [$m/\sec.$] $u_r = 13$ (Rated wind speed)	
الصيانة	Half-yearly
وزن منظومة العمل (توربين+مولد)	3000[Kg]

نموذج المولد	Induction
استطاعة الخرج	100[KW]
جهد الخرج	400[V, AC]
التردد	50[Hz]
عامل الاستطاعة	$COS\ (\varphi) = 0.85$
سرعة الدوران من أجل الاستطاعة الاسمية	1012[r.p.m]
نسبة رفع السرعة	1:22

إن القيم المتوسطة لسرعة الرياح للمنطقة المدروسة موضوع البحث موضحة بالجدول(4)[3] .

الجدول(4):متوسط سرعات الرياح للموقع المختار:

الشهر	ك2	شباط	آذار	نيسان	أيار	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين1	تشرين2	ك1
السرعة [m/sec.]	5.3	5.1	5.7	6.7	6.6	6.8	6.1	6.5	8	6.3	6.5	5.1

إن صياغة العلاقة بين السرعة التصميمية لمولدات طاقة الرياح / u_r / ومتوسط سرعة الرياح / u_m / يتم باستخدام طريقة الحد الأدنى لمربع القيمة. إن الشكل العام لهذه المعادلة يعطى بالصيغة التالية:

$$u_r = b_1\, u_m + b_2\, u_m^2 + b_3\, u_m^3 \qquad (21)$$

وحسب قيم متوسط سرعة الرياح للموقع المدروس والقيم المقابلة للسرعة التصميمية الموافقة للمجالات التالية:[9]

$$u_m = 4 \div 6\,[m/\text{sec.}] \Leftrightarrow u_r = (1.5 \div 2)\, u_m$$
$$u_m = 6 \div 10\,[m/\text{sec.}] \Leftrightarrow u_r = (2 \div 1.5)\, u_m$$

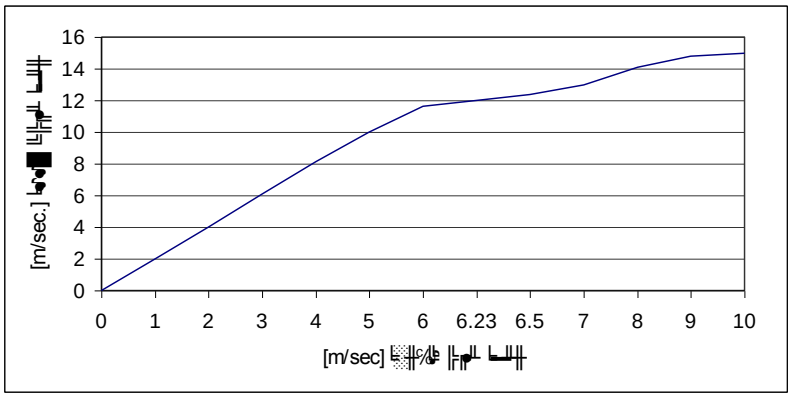
باختيار القيم التالية لمتوسط سرعة الرياح:

$$u_m = 8 \Rightarrow u_r = 14 \text{ ، } u_m = 6.6 \Rightarrow u_r = 12.54 \text{ ، } u_m = 5.3 \Rightarrow u_r = 10.4 \text{ ،}$$

وبتشكيل ثلاث معادلات من القيم السابقة وبحل جملة المعادلات يتم تحديد قيم الثوابت b_1, b_2, b_3 وتصبح صيغة المعادلة(21) بالشكل التالي:

$$u_r = 1.9575\, u_m + 0.0625\, u_m^2 + 0.01085\, u_m^3$$

التمثيل البياني الذي يعبر عن العلاقة السابقة موضح بالشكل(2):



الشكل(2):سرعات الرياح الوسطية القابلة للسرعة التصميمية.

من الشكل السابق ومن أجل السرعة التصميمية لمولدة طاقة الرياح والتي تعادل كما ذكرنا في المواصفات الفنية $u_r = 13\,[m/\sec.]$ ، يمكن إيجاد القيمة المقابلة لسرعة الرياح للموقع المدروس والتي تعادل $u_m = 7\,[m/\sec.]$.

إن ارتفاع محور الدوران عن سطح الأرض من أجل القيمة السابقة لسرعة الرياح المتوسطة يعطى بالعلاقة[15]:

$$(\frac{u_{22}}{u_{11}}) = (\frac{z_2}{z_1})^{0.14} \qquad (22)$$

حيث: $u_{11} = 6.225\,[m/\sec.]$:القيمة المتوسط السنوية لسرعة الرياح للموقع المدروس

$u_{22} = 7\,[m/\sec.]$:سرعة الرياح للموقع المدروس المقابلة للسرعة التصميمية لمولدة طاقة الرياح

$z_1 = 10\,[m]$:الارتفاع المأخوذ عنده سرعات الرياح لموقع الدراسة

$z_2\,[m]$:ارتفاع محور الدوران لمولدة طاقة الرياح المقابل للسرعة التصميمية

$$(\frac{7}{6.225}) = (\frac{z_2}{10})^{0.14} \Rightarrow z_2 = 23.12[m]$$

إن عامل السعة يحسب من العلاقة[15]:

$$C.F = \frac{EXP[-(\frac{u_c}{c})^k] - EXP[-(\frac{u_r}{c})^k]}{(\frac{u_r}{c})^k - (\frac{u_c}{c})^k} - EXP[-(\frac{u_f}{c})^k] \qquad (23)$$

حيث: $c = 1.12\,u_m = 7.84[m/\sec.]$:عامل قياس

$k = 0.94\,u_m = 2.487[m/\sec.]$:عامل الشكل

$$C.F = \frac{EXP[-(\frac{4.5}{7.84})^{2.487}] - EXP[-(\frac{13}{7.84})^{2.487}]}{(\frac{13}{7.84})^{2.487} - (\frac{4.5}{7.84})^{2.487}} - EXP[-(\frac{25}{7.84})^{2.487}] = 22.9\%$$

تقدير الكلفة الأساسية:

إن حساب عدد مولدات طاقة الرياح تعطى بالعلاقة[15]:

$$0.8 * E_{Total} = 8760 * C.F * N * P_{100} \qquad (24)$$

حيث: N:عدد الوحدات

P_{100} :استطاعة مولدة طاقة الرياح المقترحة بقيمة 100[KW]

وبالتالي:

$$0.8*142.62459 = 8760*0.229*N*100 \Rightarrow N = 208[units]$$

باعتبار استطاعة كل مولدة 100[KW] وبالتالي استطاعة الخرج لكل الوحدات:

$$P_W = 20.8[MW]$$

وبالتالي الاستطاعة المطلوبة من وحدات الديزل:

$$P_D = 0.20\ Load$$

$$P_W = 20.8[MW] = 0.80\ Load \Rightarrow P_D = 5.2\,[MW] \qquad (25)$$

إن كلفة شراء أجزاء وحدة توليد طاقة الرياح 100[KW] موضحة بالجدول(5):

الجدول(5):الكلفة الأساسية لأجزاء نظام مولدة طاقة الرياح باستطاعة 100[KW]

No	أجزاء نظام مولدة طاقة الرياح	الكلفة الأساسية[$]	النسبة المئوية
1	أزرع المروحة	35000	35
2	محور نقل الحركة	7000	7
3	البرج	15000	15
4	المولد	10000	10
5	القاعدة والتركيب	10000	10
6	صندوق المسننات	15000	15
7	مصاريف النقل	8000	8
		100000	100

الكلفة الأساسية الكلية لمجموع مولدات طاقة الرياح:

$$C_{TW} = 208*100000 = 20800000[\$]$$

الكلفة الأساسية لوحدات توليد الديزل:

إن استطاعة وحدات توليد الديزل كما رأينا سابقا $P_D = 5.2[MW]$ ، إن استطاعة الوحدة المستخدمة تعادل 500[KW] فيصبح العدد الكلي للوحدات:

$$N_D = \frac{5.2*10^3[KW]}{500[KW]} = 11[units]$$

إن الكلفة الأساسية (كلفة الشراء) لوحدة توليد الديزل تعادل 78300[$] وبالتالي الكلفة الكلية:

$$C_{TD} = 78300*11 = 861300[\$]$$

الكلفة الكلية لمولدات طاقة الرياح ووحدات توليد الديزل:

$$C_T = C_{TW} + C_{TD} \qquad (26)$$

$$C_T = 20800000 + 861300 = 21661300\,[\$]$$

الكلفة المتغيرة:

إن متوسط القدرة التي يمكن أن تنتج من قبل مولدات طاقة الرياح خلال اليوم:

$$E_{av} = C.F * P_W * t_{day} \qquad (27)$$

$$E_{av} = 0.229 * 20.8[MW] * 24[h/day] = 114.3168[MWh/day]$$

إن القدرة الكلية المغذاة بواسطة وحدات الديزل تعادل قيمة العجز لمولدات طاقة الرياح، هذه القدرة تمثل الفرق بين القدرة الكهربائية المطلوبة E_{Total} ومتوسط القدرة التي تنتج من قبل مولدات طاقة الرياح بعد الأخذ بالاعتبار عامل التباين للأحمال وعامل الحمل لمنظومة العمل، إن قيمة العجز وحالات الطوارىء تقدر حوالي 4% من قيمة الحمولة الكلية بالنسبة لمنظومات العمل المشابهة للمنظومة المدروسة [9]:

$$E_D = 0.04 * E_{Total} \qquad (28)$$

$$E_D = 0.04 * 142.62459\,[MWh/day] * 365\,[day/Y] = 2427\,[MWh/Y]$$

إن متوسط زمن العمل لوحدات الديزل بالعام:

$$T_D = \frac{E_D}{P_D} \qquad (29)$$

$$T_D = \frac{2427\,[MWh/Y]}{5.2\,[MW]} = 477\,[h/Y]$$

2-الدراسة الاقتصادية:

***الكلفة الثابتة:**

تم تحديد قيم كلفة الشراء أو الكلفة الثابتة ضمن سياق البحث في فقرة تقدير الكلفة الأساسية.

***الكلفة المتغيرة:**

إن الكلفة المتغيرة لنظام وحدات الرياح – الديزل يتضمن مايلي:

***كلفة الوقود:**

إن استهلاك الوقود يقدر بحوالي [liter/KWh] 0.2 عند مردود %(80 ÷ 60) [16] ، وبالتالي حجم استهلاك الوقود:

$$F_v = 0.2 * 2427 * 10^3 = 485400\,[liter/Y]$$

كلفة الوقود المستهلك بعد الأخذ بالاعتبار دعم الحكومة:

$$F_c = F_v * P_{liter} \qquad (30)$$

$$F_c = 485400 * 0.17 = 82636\,[\$/Y]$$

***كلفة الصيانة لوحدات الديزل:**

اذا اعتبرنا صيانة وحدات الديزل تعادل نسبة 2% من الكلفة الأساسية فتصبح الكلفة الكلية:

$$F_m = 861300 * 0.02 = 17266\,[\$/Y]$$

***كلفة التشغيل والصيانة لوحدات توليد الرياح:**

أيضا باعتبار تشغيل وصيانة وحدات توليد الرياح تعادل 2% من كلفة وحدات الرياح الأساسية:

$$W_m = 20800000 * 0.02 = 416000\,[\$/Y]$$

***الكلفة المتغيرة الكلية:**

$$R_c = F_c + F_m + W_m \qquad (31)$$

$$=82636+17266+416000=515862\ [\$/Y]$$

***الكلفة السنوية / : A_n /**

الكلفة السنوية الناتجة من عمل منظومة التوليد تساوي حاصل جمع الكلفة المتغيرة / R_c / والكلفة الثابتة / F_c / بعد تحويلها الى كلفة سنوية بجدائها بمعامل المكافىء السنوي / C_{ea} / والذي يعطى بالعلاقة[17]:

$$C_{ea} = i + D + IT + OT \qquad (32)$$

حيث: i=6% or 8% :معدل الفائدة

D=1.26% or 0.88% :الاهتلاك

IT=0.96% or 1.28% :ضريبة دخل

OT=0.5% :ضريبة تأمين

وبالتالي:

$$C_{ea} = 8.72\% \Rightarrow i = 6\%$$

$$C_{ea} = 10.6\% \Rightarrow i = 8\%$$

أما قيمة الكلفة السنوية الكلية فتعطى بالعلاقة [17]:

$$A_n = R_c + F_c * C_{ea} \qquad (33)$$

$$=515862+0.0872*21661300=2404727.36\ [\$/Y]$$

$$=515862+0.1066*21661300=2824956.58\ [\$/Y]$$

***كلفة إنتاج الكهرباء أو كلفة إنتاج الكيلووات ساعي / C_E / :**

إن القدرة الكهربائية لمنظومة توليد الطاقة من أجل تغذية الأحمال المطلوبة من أحمال السقاية بالقيم المتوسطة / E_{iav} / من المعادلة(15)، (للحصول على أسعار وسطية لتوليد الطاقة) ، وأحمال القرية للأنشطة المختلفة /$E_{village}$/ من المعادلة(19) (بعد أخذ عامل الطلب بعين الاعتبار) تعطى بالعلاقة:

$$E = E_{iav} + E_{village}\ \ [KWh/Y] \qquad (34)$$

$$E = 70.0 + 15.604 * 10^3 [KWh/day] * 365[day/Y] = 31245460[KWh/Y]$$

ومنه كلفة إنتاج الكيلووات ساعي:

$$C_E = \frac{A_n}{E} \qquad (35)$$

$$C_E = \frac{2404727.36\,[\$/Y]}{31245460\,[KWh/Y]} = 7.7\,[Cent/KWh] = 3.85[S.P/KWh],\ \ i = 6\%$$

$$= \frac{2824956.58\,[\$/Y]}{31245460\,[KWh/Y]} = 9\,[Cent/KWh] = 4.50[S.P/KWh],\ \ i = 8\%$$

إن الإجراء الحسابي السابق لوحدة توليد طاقة الرياح [100[KW يمكن تطبيقه من أجل الوحدات ذات الاستطاعة [500 and 300 ,225[KW بعد أخذ دراسة الكلفة الثابتة والمتغيرة لهذه الوحدات بعين الاعتبار. كلفة إنتاج الكهرباء موضحة بالجدول(6).

الجدول(6):كلفة إنتاج الكهرباء لمختلف وحدات توليد الرياح–الديزل:

استطاعة وحدة التوليد [KW]	كلفة إنتاج واحدة القدرة [Cent]	
	i=6 %	i=8 %
100	7.7	9
225	6.62	7.765
300	5.61	6.5 7
500	5.68	6.65

الاستنتاجات والتوصيات:

*إن تغذية الأحمال الكهربائية المطلوبة للمنظومة موضوع الدراسة باستخدام وحدات توليد طاقة الرياح بنسبة مشاركة 80% ووحدات توليد الديزل بنسبة مشاركة 20% يمثل نظام توليد متكاملاً ومستقراً.

*استخدام عدة نماذج لمولدات طاقة الرياح ذات الاستطاعة [500 and 300 ,225 ,100[KW وبشكل مستقل بغية تغذية الحمولة المطلوبة، وإجراء المقارنة بين الوحدات السابقة للتوصل الى حالة عمل مثالية توافق عمل النظام بكلفة أصغرية.

*استخدام وحدات توليد الرياح [300[KW مع وحدات توليد الديزل تمثل الخيار الأقل كلفة من بين الوحدات السابقة حيث بلغت كلفة إنتاج واحدة القدرة الكهربائية [5.61[Cent/KWh .

*انخفاض كلفة إنتاج القدرة الكهربائية باستخدام مولدات طاقة الرياح بسبب الزيادة المطردة لاستطاعة الوحدات المصنعة من القيمة [1 [$/KWh في عام 1996 إلى القيمة [0.056 [$/KWh حسب هذا البحث.

*إن أهمية استخدام وحدات توليد الرياح تزداد باستمرار، واختيارها ذو طابع اقتصادي، ليس فقط في المناطق الريفية، وإنما أيضا في أي موقع يوجد فيه سرعة رياح اقتصادية.

المراجع:

[1] JOHNSON, G. *Wind Energy System*, Prentice Hall, 1995,380.

[2] HABALL, M. *Assessment and Applications of Wind Energy In JORDAN*. Solar Energy. Vol.40, 2006, 99-105.

[3] بيانات الأرصاد الجوية

[4] SAFFAF, A. *Consumptive Use of Water by Main Crops at East Region of Syria*, Soil, Sci Division. The Arab Center for The Studies of Dry Loads, 1989,270.

[5]مطر، عبد الله. *الري والصرف الزراعي*، منشورات جامعة تشرين، اللاذقية، 1983، 310.

[6] داؤود سليمان. عامر، *الاحتياجات المائية للعنب تحت الري بالتنقيط*، بغداد، العراق، 1999، 179.

[7] THANKI, S. J. *Irrigation Cost of Vegetable Under Four Irrigation Systems*, Technical Rep. No.4, UNDP, FAO, 1998, 20-30.

[8] منشورات وزارة الري لعام 2000

[9] EL-MALAH, A. *Optimum Selection of Wind Energy Pumping System*. JL. Egyptian Society of Engineers, Vol.33, No.4, 1994, 22-25.

[10]ALI, H. *A Feasibility Study of A Photovoltaic System To Supply A Small Village In Upper Egypt*. MEPCON' 99, Alexandaria, Egypt, Jan. 1999, 649-654.

[11] سعيد، عبد الله. *نظم القدرة الكهربائية*، منشورات جامعة تشرين، اللاذقية، 1995، 568.

[12] حمندوش، عمر. *نظم القدرة الكهربائية*، منشورات جامعة حلب، حلب، 1998، 588.

[13] HABALY, S. M. HAMADAN, M. A., *Wind Speed and Wind Energy Potential of Jordan*, Solar Energy, Vol.40, 2002, 59-70.

[14] WARNE, D. *Wind Power Equipment*. ERA Technology Ltd Leatherhead, UK, Chapter 5, 1996, 300.

[15] JOHNSON, G. *Book of Wind Energy Systems*. Kansas State University, 2000, 576.

[16] FERGUSON, C. *Internal Combustion Engines Applied Thermo Sciences*, John Wiley & Sons, 1999, 600.

[17] SOUDER, W. *Theory and Problems of Engineering Economics*, University of Central Florida, 2001, 350.