

دراسة اقتصادية لمنظومة كهربائية بالخلايا الكهرشمسية لأهداف زراعية في المناطق الشرقية لسورية

الدكتور مسعود صبيح*

(قبل للنشر في 2005/9/7)

□ الملخص □

يتضمن هذا البحث دراسة حسابية يمكن تطبيقها على أرض الواقع بهدف استخدام مجمعات الخلايا الكهرشمسية للحصول على الطاقة الكهربائية اللازمة لتغذية الأحمال المطلوبة من أجل سقاية أراضي زراعية بمساحة 4047 [Hectare] تقع في المنطقة الشرقية لسورية وتحديدًا في منطقة المالكية الواقعة إلى الشرق من مدينة القامشلي. بالإضافة إلى تغذية أحمال أخرى ممثلة بأنشطة حياتية يومية يقوم بها المزارعون وأسراهم والبالغ عددهم خمسة آلاف نسمة والذين يسكنون في قرية نموذجية ضمن المساحة المدروسة. تضمن هذا البحث آلية عمل مستقرة للنظام باستخدام مولدات طاقة بديلة عند غياب الإشعاع الشمسي ممثلة بالمدخرات الحمضية. في البداية تم حساب كمية المياه اللازمة للسقاية بطريقتي الري بالتنقيط والري بالريذاذ. الخطوة التالية كانت الدراسة التحليلية لمختلف الأحمال الكهربائية وتحديد متوسط القدرة اليومية للأحمال المطلوبة. قدم هذا البحث أيضًا الدراسة الفنية لمجمعات الخلايا الكهرشمسية والمدخرات والحسابات الهندسية لها اعتمادًا على بيانات الإشعاع الشمسي وزمن السطوع الشمسي للمنطقة المدروسة وربطها مع حجم الحمولة. شمل البحث أيضًا دراسة اقتصادية تم التعرض من خلالها لحساب الكلفة الثابتة أو كلفة الإنشاء لمكونات منظومة العمل، حساب الكلفة المتغيرة، حساب الكلفة السنوية ومن ثم تقدير كلفة إنتاج الكيلووات الساعي لإبراز الأهمية الاقتصادية لاستخدام الطاقة الشمسية في المواقع الريفية والزراعية المعزولة على السواء.

* مدرس في قسم هندسة القيادة الكهربائية - كلية الهندسة الكهربائية والالكترونية - جامعة حلب - سوريا.

Economical Study of Photovoltaic Electrical System for Agricultural Purposes in East of Syria

Dr. Massoud Sabyh*

(Accepted 7/9/2005)

□ ABSTRACT □

This research involves an applied study to be executed on the lands using complex of Solar Cells to get the needed energy to feed the required loads for irrigating the agricultural lands of 4047 Hectares located in the Eastern Syrian Area specifically the Malkieh district located to the east of Kamishli city. It can also used to feed the loads of other daily activities conducted by the farmers and their families of five thousands people living in a typical village within the studied area.

This study involves the mechanism of steady work of the system using energy generators as a substitute at the absence of solar radiation represented with the lead-acid batteries. At the beginning computing the quantity of needed water for irrigation is done by means of drip irrigation and sparkling. The next step is the analytic study of different electrical loads and determining the average daily energy of the required loads.

The research has also rendered the technical study of the solar cell complex and batteries as well as the engineering computation relying on the data of the solar radiation and the sun shine duration of the studied zones linking them with the size of loads. The implemented step has involved the economical study which came across through the fixed cost computation or the structural of the components of the work system, computing the running cost, the annual cost and then estimating the production cost of Kilowatt-hour by stressing to the economical importance using the solar energy in the isolated areas in the rural location and agricultural altogether.

*Associate Prof, Department Of Electric Drive Engineering, Faculty Of Electric And Electronic Engineering, Aleppo University, Syria

المقدمة:

سوف نستعرض في هذا البحث الخطوات المتكاملة لدراسة حسابية يمكن أن تنفذ على أرض الواقع بغاية استخدام مجمعات الخلايا الكهروضوئية (Complex of solar electrical cells) لتغذية الأحمال الكهربائية (Electrical loads) اللازمة لسقاية أرض زراعية بمساحة [4047 Hectare] تقع في منطقة المالكية الى الشرق من مدينة القامشلي بحوالي 70 كم ، وأيضا تغذية الأحمال الكهربائية التي سيحتاجها المزارعون وأسرههم والبالغ عددهم خمسة آلاف نسمة يسكنون ضمن المنطقة المدروسة في مجتمع ريفي أقرب ما يكون الى قرية نموذجية.

إن الأسباب الرئيسية التي كانت حافز ومشجع للقيام بهذا البحث:

- القضاء على ظاهرة الهجرة من الأرياف إلى المدن والعمل على إجراء هجرة معاكسة، إضافة إلى تخفيف شدة الازدحام في المدن وجعل معدلات ازدياد السكان بالمدن منخفضة.
- إن الاستخدام المتزايد لمشتقات البترول ساهم في ازدياد حرارة الغلاف الجوي المحيط بالأرض بمعدلات لاسابق لها إضافة إلى ارتفاع نسبة انتشار CO_2 في الهواء.
- إن الطاقة الناتجة من مولدات الخلايا الكهروضوئية نظيفة ولا تسبب أي مخلفات أو أثار سلبية ضارة للبيئة.

إن نتائج هذا البحث مبنية على معطيات وبيانات مأخوذة من الموقع المدروس، وتصلح هذه الدراسة للتطبيق في أماكن جغرافية أخرى بعد إسقاط البيانات الخاصة بهذه الأماكن على مفردات هذا البحث. إن نتائج البحث تم التوصل اليها بالتعامل مع النموذج الرياضي (Mathematical model) لمختلف أجزاء المنظومة المدروسة والقيام بالدراسة التحليلية الرياضية من الناحيتين الفنية أو الهندسية والاقتصادية. قدم هذا البحث دراسة آلية السقاية بطريقتي الري بالتنقيط (Spot irrigation) والري بالرذاذ (Sparkling irrigation) والمجال المناسب لاستخدام كل من الطريقتين ثم حساب حجم الماء اللازم للسقاية. وتم عرض دراسة كل الأحمال الكهربائية التي تلزم من أجل السقاية وأيضا من أجل مختلف الأنشطة الحياتية اليومية الخاصة بالقرية النموذجية. قدم البحث أيضا الدراسة الهندسية لاستخدام مجمعات الخلايا الكهروضوئية، وأوردت المواصفات الفنية للنموذج المستخدم وتم توضيح دارة العمل لمختلف أجزاء النظام. ولضمان العمل المستقر للنظام الكهربائي للأحمال استخدمت المدخرات الحمضية (Lead-acid batteries) كمولدات طاقة بديلة عند غياب الإشعاع الشمسي (Solar radiation) حيث تعتبر البديل الأفضل اقتصاديا لان تكاليف توليد الطاقة تقتصر على صيانة دورية بسيطة بتكاليف زهيدة. والخطوة الأهم والتي تمثل جوهر هذا البحث هي دراسة الجوانب الاقتصادية لمنظومة توليد الطاقة وذلك من خلال حساب الأنواع المختلفة للتكاليف اللازمة لعملها والتي تتمثل بإيجاد قيمة الكلفة الثابتة (Fixed cost) ، الكلفة المتغيرة (Running cost) ، الكلفة السنوية (Annual cost) ومن ثم التوصل الى تقدير كلفة إنتاج الكهرباء أو كلفة إنتاج الكيلووات الساعي (Cost of electricity) وأخيرا تمت مناقشة نتائج الدراسة.

خطوات البحث:

1-تقدير حجم الماء اللازم للسقاية:

إن المساحة المزروعة تقدر بحوالي 4047 Hectares ذات تربة طينية خفيفة [2]، تم اختيار مجموعة من المحاصيل الحقلية الصيفية (بندورة، خيار، بطيخ، فليفلة، بطاطا، فطن،...الخ) ومحاصيل شتوية (قمح، شعير، شوندر، بصل، فجل، خس، جزر، بازلاء، فول، ملفوف،...الخ). إن سقاية المحاصيل السابقة تتم بطريقتي الري بالتنقيط والري بالريزاد حسب نوعية هذه المحاصيل والذي سنوضحه بالدراسة الآتية:

1-1-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. إن طريقة الري بالتنقيط لها مزايا عديدة ويمكن أن نذكر منها:

- يمكن تطبيق هذه الطريقة على أراضي ذات طبوغرافيا مختلفة دون الحاجة الى إجراء عملية تسوية للأرض
 - توفير كمية مياه تتراوح ما بين 25% الى 75% من كمية الماء المستخدمة في حالة الري بالطرق السطحية أو التقليدية
 - توفير الحاجة للأيدي العاملة العديدة كما هو الحال بالطرق التقليدية
 - زيادة الإنتاج بسبب المحافظة على تربة رطبة وقريبة من السعة الحقلية والتي تستجيب لها النباتات المزروعة
- يتم تأمين المياه باستخدام أنابيب بلاستيكية تمتد في المنطقة المراد سقايتها ويركب عليها جهاز التنقيط بحيث تعطي كل نقطة حجم تدفق من الماء يتراوح ما بين $q=2 - 10$ [liter/h] ، إن نفاذية التربة للماء هي $l_3 /$ / وقيمة المساحة المروية $A_i /$ عند مختلف قيم حجم تدفق الماء موضحة بالجدول (1).

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

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

إن طريقة الري بالتنقيط تكون ملائمة لسقاية المساحات المزروعة بالخضروات ذات المسافة الفاصلة بين شتولها (بندورة، خيار، فليفلة، ملفوف، بطيخ،...الخ) . إن النقطة توضع على جذر الشتول ولا تروى كامل الأرض وإنما تروى نسبة مئوية منها، ولتحديد المساحة المروية بالنسبة للمساحة الكلية [3] :

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

حيث:

$$A_i = 0.4 [m^2] = \text{المساحة المروية من أجل نقطة واحدة (حسب الجدول (1) عند } q=2 \text{ [liter/h])}$$

$$l_1 = 1.2 [m] = \text{المسافة المتوسطة بين الخطوط المروية (خطين متجاورين)}$$

$$l_2 = 0.6 [m] = \text{المسافة بين نقطتين متتاليتين (بما يناسب المزرعات السابقة)}$$

$$A = \frac{0.4 [m^2]}{1.2 [m] * 0.6 [m]} * 100 = 55 [\%]$$

إن سقاية المساحات المزروعة لا تتم 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 [3]:

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

حيث:

Z=65 [%]: 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 تبعاً لنوع النبات وعوامل المناخ (قيمة وسطية)

$$J = \frac{0.65 * 79 [mm] * 0.55}{7 [mm / day]} = 4 (days)$$

إن قيمة الزمن المتواصل لإنجاز السقاية الواحدة يعطى بالعلاقة:

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

حيث:

d=27 [mm]: عمق السقاية للتربة

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

$$t = \frac{27 * 10^{-3} [m] * 1.2 [m] * 0.6 [m]}{2 * 10^{-3} [m^3 / h]} = 10 [h]$$

لحساب عدد وحدات التشغيل لكي يكون الري مستمرا نستخدم العلاقة:

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

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 نقطة واحدة تمثل جداء المسافة الفاصلة بين نقطتين متجاورتين والمسافة الفاصلة بين خطين متجاورين وعدد النقاط التي تلزم لتغطية حاجة هكتار واحد تعطى بالعلاقة:

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

حيث:

$A_h = 10000[m^2]$: المساحة المروية والتي تعادل هكتار واحد

$$N_h = \frac{10000[m^2]}{1.2[m] * 0.6[m]} = 13890 \text{ (droppers)}$$

إن عدد النقاطات تقسم 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:

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

$$= 13890/4 = 3473 \text{ (droppers)}$$

حجم الماء اللازم لسقاية هكتار واحد ولمدة يوم واحد من زمن تشغيل المضخات $10[h]$ يعطى بالعلاقة [4]:

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

$$= 3473 * 2[liter/h] * 10[h/day] = 69440[liter/day]$$

إذا فرضنا بأن المساحة الملائمة للسقاية بطريقة الري بالتنقيط والتي تم زراعتها بأنواع الخضار المناسبة لهذا النوع من السقاية تقدر بحوالي $A_{dri} = 21 \text{ (Hectares)}$ يمكن حساب حجم الماء اللازم للسقاية بطريقة الري بالتنقيط لكامل المساحة السابقة وخلال يوم واحد حسب العلاقة:

$$q_{day} = A_{dri} * q_{th} \quad (8)$$

$$= 21 * 69440 = 1458240[liter/day] = 1458.24[m^3 / day]$$

وحجم الماء اللازم للسقاية سنويا:

$$q_{year} = q_{day} * 365 \quad (9)$$

$$= 1458.24[m^3 / day] * 365[day/year] = 532257.6[m^3 / year]$$

ولكن خلال فصل الشتاء وأيضاً الفترات الفاصلة بين المحاصيل الحقلية يتم توفير كمية من المياه تقدر كنسبة مئوية من حجم الماء الكلي بالقيمة $q_{save} = (15 - 20)\%$ [3] وحجم الماء اللازم للسقاية بطريقة الري بالتنقيط سنويا:

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

حيث:

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

$$q_{drip} = 532257.6 - 0.17 * 532257.6 = 441644[m^3 / year] = 1210[m^3 / day] = 121.0[m^3 / h]$$

1-2- الري بالرذاذ (Sprinkler irrigation):

تم اعتماد طريقة الري بالرذاذ لأنها توزع المياه بشكل متجانس على كامل سطح التربة، وأيضاً باعتبار التربة للمنطقة موضوع الدراسة ذات نفاذية للماء فهذا يجعل توزيع المياه بالطرق السطحية غير متجانس، وإذا كان

تيار الماء ضعيف في شدته والذي يتوافق مع غزارة مياه الضخ المتبعة في هذا البحث سيجعل السقاية بالطرق السطحية تحتاج الى 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 بالريذاذ.

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

- نفاذية الأرض للماء والتي تجعل عملية الري بالطرق التقليدية أو السطحية تحتاج الى كمية كبيرة من المياه.
- العمق القليل للتربة والتي تجعل من غير الممكن إجراء تسوية للأرض لكي تتم سقايتها بالطرق التقليدية.
- ضخامة المساحة المدروسة واحتوائها على مناطق متعرجة تجعل عملية التسوية للأرض مكلفة جدا.
- الري بالطرق التقليدية يمكن أن يؤدي الى انجراف التربة للأراضي المنحدرة على عكس طريقة الري بالريذاذ التي تساهم في تثبيت التربة.
- يستخدم الري بالريذاذ لمكافحة الصقيع حيث ذرات الماء لاتذوب الصقيع فحسب بل ترفع من درجة الحرارة المحيطة بالنبات.

إن شبكة الري بالريذاذ 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 بالريذاذ باستخدام الرشاش موضحة بالجدول (2)[5]. إن الجدول السابق يوضح العلاقة بين قطر فتحة الرشاش /d، قطر دائرة السقاية / d_i ، حجم تدفق الماء /q، المساحة المرورية / A_i وحجم الماء المستهلك لوأحدة السطح / q_{con} .

الجدول(2):المواصفات الفنية والعملية لطريقة الري بالريذاذ

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 المرورية بالتنقيط $A_{dri} = 21$ (Hectares) ولحساب المساحة المتبقية للري بالريذاذ باعتبار

$$A_i = 4047 \text{ (Hectares) المساحة الكلية المدروسة}$$

$$A_{spri} = A_i - A_{dri} \quad (11)$$

$$= 4047 - 21 = 4026 \text{ (Hectares)}$$

إن حجم الماء اللازم لسقاية المساحة السابقة يعطى بالعلاقة [3]:

$$q_{spri} = \frac{A_{spri} \cdot q_{con} \cdot t}{J} \quad [\text{liter / day}] \quad (12)$$

حيث:

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

$$t = 10 [h] \text{ :زمن متواصل لإنجاز السقاية الواحدة}$$

$$J = 4 (day) \text{ :عدد الأيام الفاصلة بين السقاية والسقاية التالية (حسب المعادلة (2))}$$

$$q_{spri.} = \frac{4026 * 10000[m^2] * 2.36[liter / h / m^2] * 10[h]}{4[day]}$$

$$= 237534000[liter/day] = 87010525[m^3 / day] = 23838.5[m^3 / h]$$

1-3-3- حجم القدرة الكهربائية اللازمة للأعمال:

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

1-3-1- حجم القدرة اللازمة لضخ الماء للسقاية:

من حجم المياه اللازمة للسقاية بطريقتي التنقيط والرياذ يمكن الكتابة:

$$q_{tot} = q_{drip.} + q_{spri.} \quad (13)$$

$$= 121.0 + 23838.5 = 23959.5 [m^3 / h]$$

إن عمق المياه الجوفية يتراوح ما بين 30[m] الى 60[m] ولو أخذنا قيمة متوسطة لهذا العمق بمقدار 41[m] والذي يشكل ارتفاع منسوب الضخ لفترات طويلة من العام [6] يمكن حساب القيمة المتوسطة للقدرة اللازمة لضخ كمية المياه السابقة:

الاستطاعة المستهلكة من عمل المضخة الواحدة عند تدفق $Q = 20[m^3 / h]$

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

حيث:

$$Q = 20[m^3 / h] \text{ :تدفق المضخة}$$

$$\rho = 1[g / Cm^3] \text{ :كثافة الماء}$$

$$g = 980[Cm / Sec.^2] \text{ :جاذبية أرضية}$$

$$H = 41 [m] \text{ :متوسط ارتفاع منسوب الضخ}$$

$$\eta_p = 0.45 \text{ :مردود المضخة}$$

$$\eta_m = 0.85 \text{ :مردود المحرك}$$

$$P = \frac{20 * 1 * 980 * 41}{0.45 * 0.85} * 2.77 * 10^{-6} = 5.8 [KW]$$

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

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

$$= \frac{23959.5[m^3 / h] * 5.8[KW] * 10[h / day]}{20[m^3 / h]} = 70 * 10^3 [KWh / day] = 70[MWh / day]$$

ولكن في بعض الأشهر لا سيما في فصل الصيف فيزداد عمق منسوب المياه الجوفية وأيضا السقاية المتكررة لها تأثير مشابه، إن القيمة الأعظمية لهذا المنسوب [6] 74 [m] فيمكن حساب القيمة الأعظمية لحجم القدرة اللازمة للسقاية حسب مايلي:

$$E_{i_{max}} = \frac{20[m^3/h] * 1[g/Cm^3] * 980[Cm/sec.^2] * 74[m]}{0.45 * 0.85} * 2.77 * 10^{-6} * \frac{23959.5}{20} * 10$$

$$= 127 [MWh/day]$$

1-3-2- 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 عدد سكان القرية يبلغ حوالي [5000]Persons ، اذا فرضنا وسطيا عدد أفراد الأسرة الواحدة يبلغ ثمانية أشخاص وإذا كانت كل أسرة تسكن في منزل ريفي مستقل فيصبح عدد المنازل في القرية:

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

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 اساسية ولها وظيفة وتقدم خدمة يومية موضحة بالجدول(3)

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

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

إن القدرة المستجرة من قبل الأجهزة الكهربائية للمنزل الواحد من حيث مصدر التغذية يمكن تقسيمها الى مصدرين :

الأحمال الكهربائية المغذاة من مجمعات الخلايا الكهروضوئية (Complex of solar electrical cells)

هذه الأحمال تستخدم بشكل عام في النهار أي عند وجود إشعاع شمسي (Solar radiation) وهي الأحمال التي سيكون مجال عملها قبل التوقيت 18 pm والقدر الاجمالية لهذه الأحمال لكامل القرية المدروسة (كل الأحمال عدا البراد والتلفزيون):

$$E_{device1} = (900+4800+4200+1920+6400)*625=11387.5[\text{KWh/day}]$$

الأحمال الكهريائية المغذاة من المدخرات الحمضية (Lead-acid batteries)

إن عمل هذه التجهيزات أو زمن الحاجة اليها يكون في الليل خلال فترة غياب الإشعاع الشمسي والتي يكون مجال عملها بعد التوقيت 18 pm ممثلة بجهاز التلفزيون وأيضا البراد لأنه من الأحمال ذات الاستطاعة الضعيفة وأيضا عامل الطلب له منخفض فيمكن تغذيته من المدخرات على مدار الوقت:

$$E_{device2} = (1440+60)*625=937.5[\text{KWh/day}]$$

1-أحمال الإنارة:

إذا اعتبرنا متوسط المساحة للمنزل الواحد تعادل $A_{Home} = 150[m^2]$ والاستطاعة اللازمة للإنارة من أجل واحدة السطح تقدر بحوالي $P_{light} = 7[W/m^2]$ وإذا كانت فترة العمل تقدر بحوالي $t_{light} = 8[h]$ ضمن أزمنا متداخلة بالنسبة لإنارة المنزل الواحد والقرية بشكل عام وبعامل طلب (Demand Factor(DF)) يعادل 0.24 فتصبح القدرة المستجرة والتي ستتغذى من المدخرات الحمضية لكامل القرية:

$$E_{light} = A_{Home} * P_{light} * N_{Home} * DF * t_{light} \quad (16)$$

$$= 155[m^2] * 7[W/m^2] * 625(Houses) * 0.24 * 8[h] = 1267.5[KWh/day]$$

2-المدارس:

بفرض كل أسرة وكمعدل وسطي لديها ثلاث 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(15 Students) فيكون عدد الصفوف

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

ولإيجاد عدد المدارس إذا 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 الى الصفوف غرف خاصة بالادارة والمخابر والمدرسين... الخ بمقدار خمس غرف وكانت الاستطاعة المطلوبة وسطيا بحوالي $600 [W]$ وزمن استجرار الطاقة يعادل يوميا $6[h]$ فتكون القدرة الكلية المستجرة من قبل المدارس:

$$E_{school} = 5(schools) * (25(classes) + 5(rooms)) * 600[W] * 8[h/day] = 720.7[KWh/day]$$

3-المستوصف أو المركز الصحي:

إذا احتوى المستوصف على خمس غرف لمعاينة المرضى وثلاث غرف للأطباء والادارة ولتغطية الأحمال الكهريائية لهذا المستوصف من أجل حاجة كل غرفة الى $600 [W]$ وزمن العمل يعادل $10 [h/day]$:

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

4-مركز الإرشاد الزراعي:

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

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

5-أماكن العبادة:

اذا وجد أربع أماكن للعبادة وبمساحة وسطية [m²]250 فتكون المساحة الكلية [m²]1000 وحسب شدة الإضاءة (lumen) لمثل هذه الأماكن، تحتاج واحدة السطح الى استطاعة تعادل [W/m²]8 [8] ، ومن أجل زمن استقرار للطاقة يعادل [h/day]6 تكون القدرة المطلوبة لتغطية هذه الأحمال:

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

6-دور الحضانة:

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

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

7-إنارة الشوارع:

اذا فرضنا وكقيمة وسطية بأن كل منزل يحتل على الشارع المقابل واجهه تقدر بحوالي [m]16 واذا كان البناء على جانبي الشارع فبذلك يصبح طول الشوارع لكامل القرية حوالي [Km]5 ومن أجل وضع نقطة اضاءة مزدوجة لكل مسافة [m]50 واستخدام مصابيح لها ميزة ترشيد الطاقة باستطاعة كلية [W]70=35*2 وبزمن عمل يعادل [h]14 فتكون القدرة المطلوبة لتغطية أحمال انارة الشوارع والتي ستتغذى بطبيعة الحال من المدخرات الحمضية:

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

8-المرافق والخدمات العامة:

بالاضافة الى الأحمال التي ذكرناها سابقا، هناك أحمال أخرى تدخل ضمن مجموعة المرافق العامة(مياه، هاتف، أماكن تجارية، صالة رياضية...الخ) ويشكل عام القدرة المستجرة من قبل هذه الأحمال تعادل تقريبا [7] 7% من اجمالي القدرة المستهلكة وبذلك نستنتج القدرة المطلوبة والتي تساوي تقريبا

$$E_{servi.} = 1000 [KWh/day]$$

وحجم القدرة اللازمة للقرية النموذجية لمختلف الأنشطة الحياتية اليومية:

$$E_{village} = E_{device1} + E_{device2} + E_{light} + E_{school} + E_{dispen.} + E_{direc.} + E_{cult.} + E_{nur.} + E_{street} + E_{servi.} \\ = 15604[KWh/day] \quad (17)$$

1-3-3-القدرة الكهربائية اللازمة:

إن القدرة الكهربائية المطلوبة(Electrical energy demand) لكامل منظومة العمل، أحمال السقاية(Irrigation loads) وأحمال القرية(Village loads) ويمكن تقسيم مصدر التغذية الى:

- أحمال تتغذى من مجمعات الخلايا الكهرشمسية مباشرة لتواقت عملها مع فترة وجود الإشعاع الشمسي:

$$E_{load1} = E_{i_{max}} + E_{device1} + E_{school} + E_{dispen} + E_{direc.} + E_{cult.} + E_{nur.} + E_{servi.} \quad (18)$$

$$= 127000 + 11387.5 + 720.7 + 48 + 20 + 48 + 76.8 + 1000 = 140321 [\text{KWh/day}]$$

- أحمال تتغذى من المدخرات الحمضية لأنها تعمل خلال الليل:

$$E_{load2} = E_{device2} + E_{light} + E_{street} \quad (19)$$

$$= 937.5 + 1267.5 + 98 = 2303 [\text{KWh/day}]$$

1-3-4- القدرة الكهربائية لمجمعات الخلايا الكهرشمسية:

إن القدرة الكهربائية للأحمال التي ستغطيها مجمعات الخلايا الكهرشمسية تمثل مجموع القدرة الكهربائية لكامل أحمال منظومة العمل، أي الأحمال التي ستربط مباشرة مع الخلايا الكهرشمسية E_{load1} // وشحن المدخرات الحمضية بمقدار الحمولة التي ستتحملها هذه المدخرات E_{load2} / والقدرة اللازم تغطيتها من قبل الخلايا الكهرشمسية:

$$E_{PV} = E_{load1} + E_{load2} \quad (20)$$

$$= 140321 + 2303 = 142624 [\text{KWh/day}] = 142.624 [\text{MWh/day}]$$

1-3-5- القدرة الكهربائية للمدخرات الحمضية:

إن القدرة الكهربائية الواجب تخزينها في البطاريات يجب أن تعادل قدرة الأحمال التي سيقع على عاتق البطاريات تغذيتها مع الأخذ بالاعتبار عدد الأيام التي يمكن أن لاتصل فيها المدخرات الى حالة الشحن الكامل بسبب الأحوال المناخية التي قد تسبب انخفاض قيمة شدة الإشعاع الشمسي. إن الأحمال الكهربائية التي ستغذى من المدخرات هي كما ذكرنا في الفقرة (2-3) تمثل E_{load2} / وحسب بيانات الأرصاد الجوية للمنطقة المدروسة فغياب الإشعاع الشمسي أو انخفاضه لا يتعدى اليوميين المتتاليين. وإذا أخذنا بأسوأ الحالات واعتبرنا عدد أيام عدم وصول المدخرات الى حالة الشحن التام $N_{day} = 2 \text{ days}$ تكون قدرة المدخرات تعادل ضعف الحمولة السابقة:

$$E_{Batt.} = 2 E_{load2} \quad (21)$$

$$= 2 * 2303 = 4606 [\text{KWh/day}]$$

أما بالنسبة لاستقرار الحمولات الأخرى والتي تمثل أجزاء الحمولة E_{load1} // عند نقصان شدة الإشعاع الشمسي، باعتبار هذه الحمولات لها طابع الأحمال السكنية فيما عدا أحمال السقاية، وأحمال السقاية لا يمكن اعتبارها أحمال حرجة أو أحمال حساسة، حيث تأجيل عملية السقاية عند وجود عاصفة رملية أو في يوم غائم أو ماشابه ذلك لن يؤثر سلبا على استقرار منظومة العمل، أما الأحمال السكنية فليس من الواقع أن يتم استخدامها بشكل متزامن بالنسبة الى اجمالي العائلات أو المنازل وأيضا ليس من الضروري تواجد كل العائلات على الدوام، وقيم عامل التباين (Different factor/Df/) لمثل هذه الأحمال يأخذ القيم $Df = 2$ / [7] 3/، أي أن الحمولة المطلوب تغطيتها بشكل أني تعادل نصف الى ثلث الحمولة التي سيتم ادراجها في حساب حجم مجمعات الخلايا الكهرشمسية، ويمكن الجزم بأن النظام المدروس هو نظام مستقر كهربائيا.

نظام الخلايا الكهرشمسية:

1-مكونات النظام ودارة العمل:

إن عمل منظومة الخلايا الكهرشمسية تتعلق بالعمل المتكامل لمختلف أجزاء المنظومة لكي نحصل على نظام توليد للطاقة الكهربائية بشكل آمن قادر على تغطية الأحمال المطلوبة مع مرور الزمن. إن منظومة الخلايا الكهرشمسية تتألف من وحدات توليد للطاقة يتم توزيعها على التسلسل والتوازي للحصول على التيار والجهد المناسبين لتغذية الحمل المطلوبة وشحن المدخرات.

إن المواصفات الفنية لوحدة توليد الطاقة (Module) ومجموعة وحدات توليد الطاقة (Panel) موضحة بالجدول (4)[9]. إن وحدة توليد الطاقة تتألف من خلايا موصولة على التسلسل بعدد 20 Cells وخلايا موصولة على التوازي بعدد 2 Cells. أما مجموعة وحدات توليد الطاقة فجهد الخرج لها $V_{panel} = 72[V]$ ، وتوصيل ثلاثة من هذه المجموعات على التسلسل نحصل على وحدة تغذية للحمولة (PV Array) بجهد خرج يوافق جهد تشغيل الحمل $220[V]$ بعد استخدام قالب التيار /Inverter/ لنحصل على جهد تغذية متناوب، إن دارة عمل منظومة الخلايا الكهرشمسية وآلية تغذية الأحمال موضحة بالشكل (1).

إن دور أجهزة القيادة والتحكم (Controls, Regulators & Converters) هو حماية المدخرات من الدخول في المجال الغير مسموح به لحالتي الشحن (Charge) والتفريغ (Discharge) وأيضا تقوم بالتحكم بقواطع وصل التغذية للأحمال أو فصل التغذية عنها. منظم الجهد المستمر (Converter) هو إمكانية تأمين الجهد المناسب لعمل الحمل.

2-توضع الخلايا الكهرشمسية:

إن مجمعات الخلايا الكهرشمسية تتوضع الى جهة الجنوب مع زاوية ميل α يتم تغييرها بما يناسب فصول العام وذلك وفقا للحالات التالية [10]:

$$\alpha = \phi \pm 15^\circ \quad (\text{في الشتاء، + في الصيف})$$

$$\alpha = \phi \quad (\text{توافق فصلي الربيع والخريف})$$

حيث:

$$\phi = 36^\circ 50'$$

الجدول (4): المواصفات الفنية لمكونات منظومة الخلايا الكهرشمسية

Panel	Module	خلية واحدة One Cell	الميزات ↓ الحجم ←
12	4.66	2.33	المواصفات الكهربائية التيار [A]
72	12	0.6	الجهد [V]
864	56	1.4	الاستطاعة [W]
868.55	102.36	-	المواصفات الفيزيائية الطول [Cm]
215.55	50.8	-	العرض [Cm]
18.72	0.52	-	المساحة [m ²]
100	5.206	-	الوزن [Kg]

3- زمن وشدة الإشعاع الشمسي للموقع المدروس:

إن المنطقة المدروسة تتميز بمستوى جيد للإشعاع الشمسي $[SR [KWh / m^2 / day]$ (Solar radiation) وأيضاً بفترة اشعاع طويلة نسبياً على مدار العام، إن القيم المتوسطة الشهرية لمستوى الإشعاع الشمسي $/SR/$ وعدد ساعات الإشعاع الشمسي في اليوم $(Sun\ shine\ duration/SD/)$ موضحة بالجدول (5) [11]:

الجدول (5): القيم المتوسطة الشهرية لمستوى الإشعاع الشمسي وعدد ساعات السطوع الشمسي

الشهر	كانون 2	شباط	آذار	نيسان	ايار	حزيران	تموز	آب	أيلول	ت 1	ت 2	كانون 1
SR	5.10	5.25	5.80	6.90	7.60	7.85	7.55	6.95	6.75	6.10	5.8	5.01
SD	10	11	12	13	14	14	14	14	12	11	11	10

حجم مجمعات الخلايا الكهرشمسية:

إن استطاعة الخرج (Output power) لمجمعات الخلايا الكهرشمسية لتغذية الأحمال المطلوبة، يمكن حسابها بالاستناد الى عدة عوامل، إن هذه العوامل تتمثل بحجم الحمولة وطبيعتها (Type of loads)، مستوى الإشعاع الشمسي (Solar radiation)، عدد ساعات السطوع الشمسي (Sun shine duration)، نظام توليد الاستطاعة المستخدم عند غياب الإشعاع الشمسي (Buck-up system) (مدخرات، مولدات ديزل، الخ) ومردود الخلايا الكهرشمسية المستخدمة (Efficiency of solar cell). وفي هذا البحث سنقوم بحساب حجم مجمعات الخلايا الكهرشمسية بالطريقتين التاليتين:

طريقة (1): حجم مجمعات الخلايا الكهرشمسية حسب قيم الإشعاع الشمسي:

إن هذه الطريقة تستخدم لتحديد حجم مجمعات الخلايا الكهرشمسية بما ينسجم مع قيم الإشعاع الشمسي للموقع المدروس من جهة ويتوافق مع استطاعة الخرج للخلايا الكهرشمسية المستخدمة، فهي تعد من الطرق التي يفضل اتباعها من أجل منظومة العمل ذات الحجم الصغيرة والمستقلة (منزل، فيلا، مزرعة... الخ) وخطوات حساب حجم الاستطاعة لمجمعات الخلايا الكهرشمسية:

- حساب جهد الخرج لوحدة تغذية الحمولة (Output voltage of array) وحسب دائرة العمل [12]

$$V_a = m * (V_{cell} + \Delta V) + V_d \quad (22)$$

حيث: $m=108$: عدد الخلايا الكهرشمسية المربوطة على التسلسل (One array)

$$V_{cell} = 2 [V] \text{ جهد الخلية الكهرشمسية الواحدة}$$

$$\Delta V = 0.35 [V] \text{ الجهد الإضافي لنحصل على شحن للمدخرات}$$

$$V_d = 0.8 [V] \text{ هبوط الجهد على الديود}$$

$$V_a = 108 * (2 + 0.35)[V] + 0.8[V] = 255[V]$$

-قيمة الإشعاع الشمسي:

إن قيمة الإشعاع الشمسي SR التي تدخل في حساب حجم الخلايا الكهرشمسية تمثل القيمة الصغرى للإشعاع الشمسي خلال العام وحسب الجدول (5) هذه القيمة تساوي $SR = 5.01 [KWh / m^2 / day]$ وهذا يتوافق مع وجود طاقة اشعاع شمسي أعظمي $[1000 [W / m^2]]$ وهي معدل الإشعاع التام (One sun=100% (SR) ولمدة زمنية تعادل $t_d = 5.01 [h / day]$ [13]. وتم اختيار القيمة الصغرى للإشعاع الشمسي لضمان تغطية حاجة الأحمال من الطاقة عند أخفض مستوى للإشعاع الشمسي. وحسب علاقة حجم الاستطاعة للخلايا الكهرشمسية [10]

$$P_{pvl} = \frac{E_L}{t_d \eta_{pv}} \quad (23)$$

حيث:

$$E_L [Wh / day] \text{ قدرة الحمولة المطلوبة خلال اليوم}$$

$$t_d = 5.01 [h / day] \text{ الفترة الزمنية المقابلة للحد الأدنى من الإشعاع الشمسي}$$

$$\eta_{pv} = 0.80 \text{ مردود الخلايا الكهرشمسية المستخدمة}$$

إن قيمة قدرة الأحمال المطلوب تغذيتها من مجمعات الخلايا الكهرشمسية حسب المعادلة (20)، إذا أخذنا بعين الاعتبار عامل التباين للأحمال (الفقرة 2-3-2) بحيث $DF=2.5$:

$$E_L = \frac{E_{pv}}{DF} \quad (24)$$

$$\frac{142624 [KWh / day]}{2.5} = 57049.6 [KWh / day]$$

وحسب المعادلة (23)

$$P_{pvl} = \frac{57049.6 [KWh / day]}{5.01 [h / day] * 0.80} = 14233.9 [KW] = 14.233 [MW]$$

إن عدد مجموعات وحدات توليد الطاقة مع الأخذ بالاعتبار وجود نسبة ضياعات في توليد الطاقة الكهربائية بمقدار 1% [12]

$$N_{panel} = \frac{P_{pvl}}{P_{panel}} (1 + 0.01) \quad (25)$$

حيث:

 P_{panel} : استطاعة الخرج لمجموعة وحدات توليد الطاقة (الجدول (4))

$$N_{panel} \frac{14233.9 * 10^3 [W]}{864 [W]} * (1 + 0.01) = 16640 (panels)$$

طريقة (2): حجم مجمعات الخلايا الكهرشمسية حسب زمن السطوع الشمسي:

لحساب الاستطاعة المطلوبة من مجمعات الخلايا الكهرشمسية بهذه الطريقة يتم اعتماد الحد الأدنى من ساعات الإشعاع الشمسي في اليوم على مدار العام / SD_{min} / وحسب الجدول (5) نجد ($SD_{min} = 10 [h/day]$). إن التعامل مع فترة الإشعاع الشمسي بهذا الشكل يعني اعتبار الخرج الأعظمي للخلايا الكهرشمسية (One sun) يحصل بزمن أكبر مما هو عليه، ولذلك من أجل هذه الطريقة نتعامل مع حجم الحمولة بإهمال عامل التباين للأحمال [12]:

$$P_{pv2} = \frac{E_{pv}}{SD_{min}} \quad (26)$$

حيث:

 E_{pv} : قدرة الحمولة خلال اليوم (معادلة (20)) SD_{min} : الحد الأدنى لساعات الإشعاع الشمسي في اليوم

$$P_{pv2} = \frac{142.624 [MWh/day]}{10 [h/day]} = 14.3 [MW]$$

عدد مجموعات وحدات توليد الطاقة بوجود نسبة ضياعات في توليد الطاقة الكهرائية بمقدار 1% [12]

$$N_{panel} = \frac{P_{pv2}}{P_{panel}} (1 + 0.01) \quad (27)$$

$$= \frac{14.3 * 10^6 [W]}{864 [W]} (1 + 0.01) = 16717 (panels)$$

ونلاحظ أن عدد مجموعات وحدات توليد الطاقة في الطريقتين متقاربة.

النظام البديل:

عند انخفاض مستوى الإشعاع الشمسي من أجل ظروف مناخية طارئة (ضباب، عاصفة رملية، غيوم.. الخ) أو عند انعدامه (في الليل) فيجب أن يحل نظام بديل عن منظومة الخلايا الكهرشمسية، إن النظام البديل المقترح في هذا البحث هو استخدام مدخرات حمضية صناعية (Lead-acid batteries) ذات السعة الكبيرة فيمكن اعتبارها النموذج المفضل الممكن استعماله مع منظومة مجمعات الخلايا الكهرشمسية فهي ذات مجال كبير لسعة التخزين، قدرة تفريغ كبيرة، انخفاض مستوى التفريغ الذاتي وانخفاض تكاليف الصيانة [14]. والميزة الأهم في استخدامها عدم الحاجة الى تكاليف تشغيل كما هو الحال لو استخدمنا وحدات توليد ديزل، حيث ارتفاع كلفة الوقود وتكاليف الصيانة.

إن جهد البطارية الواحدة يعادل جهد مجموعة وحدات توليد الطاقة (Panel) وعدد خلايا المدخرة الواحدة يعادل $m=36$ ولتغذية الحمولة يتم وصل ثلاث بطاريات على التسلسل، ولحساب عدد المدخرات اللازم نتبع الخطوات التالية:

- القدرة المختزنة في المدخرة الواحدة عند التوصل للشحن التام [15]

$$Whc = m * V_c * Ah \quad (28)$$

حيث:

$m=36$: عدد خلايا المدخرة الواحدة

$V_c = 2.2 [V]$: جهد الخلية الواحدة في حالة الشحن التام

$Ah=108[Ah]$: سعة المدخرة الواحدة

$$Whc=36(\text{cells}) * 2.2[V] * 108[Ah]=8554[Wh]$$

- حجم القدرة المتبقية في المدخرة الواحدة عند التوصل الى التفريغ التام:

$$Whd = m * V_d * Ah \quad (29)$$

حيث:

$V_d = 1.7[V]$: جهد الخلية الواحدة في حالة التفريغ التام

$$Whd=36(\text{cells}) * 1.7[V] * 108[Ah]=6609[Wh]$$

- حجم القدرة الممكن تقديمها للحمولة من قبل كل بطارية:

$$E_B = Whc - Whd \quad (30)$$

$$= 8554 - 6609 = 1945[Wh]$$

- عدد البطاريات اللازمة:

$$N_B = \frac{E_{Batt.}}{E_B} \quad (31)$$

حيث:

$E_{Batt.}$: حمولة مغذاة من المدخرات (المعادلة (21))

$$N_B = \frac{4606 * 10^3 [Wh]}{1945 [Wh]} = 2368 (\text{Batteries})$$

الدراسة الاقتصادية:

1- الكلفة الثابتة ($Fixed\ cost / C_F$):

إن المقصود بالكلفة الثابتة أو كلفة الإنشاء هي المبالغ التي نحتاجها لشراء أجزاء منظومة العمل، ولإيجاد الكلفة الثابتة الكلية يجب تحديد كلفة شراء كل جزء من أجزاء المنظومة:

الكلفة الثابتة أو كلفة شراء الخلايا الكهرشمسية (Fixed cost of solar electrical cells)

إن كلفة شراء الخلايا الكهروضوئية لوحدة الاستطاعة تقدر بحوالي دولار واحد/ $[9]/C_{1w} = 1 [\$/W]$ ، وتكون كلفة شراء الخلايا الكهروضوئية:

$$\begin{aligned} C_{cell} &= P_{pv}[W] * C_{1w} [\$/W] \\ &= 14.3 * 10^6 [W] * 1 [\$/W] = 14.3 * 10^6 [\$] \end{aligned} \quad (32)$$

كلفة الحوامل المعدنية لمجمعات الخلايا الكهروضوئية:

لحساب الكلفة الكلية للحوامل المعدنية اذا كانت كلفة الحامل المعدني لمجموعة واحدة من وحدات توليد الطاقة ذات الوزن $100 [Kg]$ تبلغ حوالي $C_{stand} = 100 (\$/panel)$:

$$\begin{aligned} C_{steel} &= C_{stand} * N_{panel} \\ &= 100 (\$/panel) * 16717 (panel) = 1671700 [\$] \end{aligned} \quad (33)$$

ومما سبق يمكن أن نحسب الكلفة الثابتة الكلية لمجمعات الخلايا الكهروضوئية:

$$\begin{aligned} C_{pv} &= C_{cell} + C_{steel} \\ &= 14300000 + 1671700 = 15971700 [\$] \end{aligned} \quad (34)$$

1- الكلفة الثابتة أو كلفة شراء المدخرات الحمضية (Fixed cost of batteries)

إن العمر الاقتصادي للمدخرة الواحدة يعادل خمس سنوات [14] وان سعر المدخرة الواحدة يعادل $C_b = 80 [\$]$. إن حساب السعر الاجمالي للمدخرات خلال عمر المشروع والبالغ $30 (Years)$ [13] يتم بتطبيق قوانين القيمة الحالية للدفعات المستقبلية وذلك بحسب سعر الدفعات المتتالية من البطاريات كل خمس سنوات على مدى عمر المشروع بحسب العلاقة [16]:

$$C_B = \sum_{n=0}^5 C_{B1} (1+i)^{-5n} \quad (35)$$

إن قيمة الدفعة الواحدة C_{B1} / تعطى بالعلاقة:

$$\begin{aligned} C_{B1} &= N_B C_b \\ &= 2368 * 80 = 189440 [\$] \end{aligned} \quad (36)$$

وحسب قيمة معدل الفائدة i / يمكن تحديد الكلفة الكلية الثابتة للمدخرات من المعادلة (35):

$$\begin{aligned} C_B &= C_{B1} + C_{B1} (1+i)^{-5} + C_{B1} (1+i)^{-10} + C_{B1} (1+i)^{-15} + C_{B1} (1+i)^{-20} + C_{B1} (1+i)^{-25} \quad (37) \\ &= 619035 [\$] \quad i=6 \% \\ &= 534140 [\$] \quad i=8 \% \end{aligned}$$

2- الكلفة الثابتة لأجهزة التنظيم والتحكم (Fixed cost of controls, regulators & converters)

إن مجموعة أجهزة التنظيم والتحكم لمنظومة الخلايا الكهرشمسية والخاصة بحماية المدخرات من الدخول في المجال الغير مسموح به لحالتي الشحن والتفريغ وتأمين الأداء السليم للمنظومة بتغذية الأحمال المطلوبة عند جهود ثابتة، إن كلفة الشراء لها:

$$C_{cont.} = N_{panel} C_{cr} \quad (38)$$

حيث:

$$C_{cr} = 10[\$/ panel] \text{ كلفة دائرة التنظيم والتحكم لعمل مجموعة وحدات توليد الطاقة}$$

$$C_{cont.} = 16717(panel) * 10[\$/ panel] = 167170[\$]$$

3- كلفة شراء قالب التيار (Fixed cost of inverters)

حسب الأنواع المتاحة في الأسواق وبما يناسب حجم الحمولة المطلوبة تم استخدام قالب أو عاكس (Inverter) للتيار المستمر المولد من قبل مجمعات الخلايا الكهرشمسية والمدخرات الى تيار متناوب لتغذية الحمولة باستطاعة $P_{inv.} = 330[KW]$ أو بقدرة $E_{inv.} = 400[KVA]$ يتم توصيلها على التوازي مع الحمولة ولحساب العدد الكلي لقالبات التيار بما يناسب الاستطاعة المطلوبة:

$$N_{inv} = \frac{P_{pv2}}{P_{inv.}} \quad (39)$$

$$= \frac{14.3 * 10^3 [KW]}{330 [KW]} = 44 (Inverters)$$

ولحساب كلفة شراء قالبات التيار:

$$C_{inv.} = N_{inv.} * C_{inv.} \quad (40)$$

حيث:

$$C_{inv.} = 20000[\$/ inverter] \text{ سعر قالبية تيار واحدة}$$

$$C_{inv.} = 44 (Inverters) * 20000[\$/ Inverters] = 880000[\$]$$

4- كلفة تحضير الأرض:

حسب عدد مجموعات وحدات توليد الطاقة (المعادلة (27)) ومن قيمة المساحة التي تشغلها مجموعة واحدة (الجدول (4))، يمكن حساب المساحة الكلية لمجموعات وحدات توليد الطاقة:

$$A_{panel} = N_{panel} * S_{panel} \quad (41)$$

حيث:

$$S_{panel} = 18.72(m^2 / panel) \text{ مساحة تشغلها مجموعة واحدة لوحدات توليد الطاقة}$$

$$A_{panel} = 16717(panels) * 18.72(m^2 / panels) = 312943[m^2]$$

إن المساحة التي تشغلها الفراغات بين مجموعات وحدات توليد الطاقة كنقاط تماس ولتمرير التوصيلات وأيضا تلزم لعمليات الصيانة والتنظيف ويضاف إليها المساحة اللازمة لتخزين البطاريات وتوضع أجهزة التحكم والحماية تحسب ضمن المجال الذي يعطى بالعلاقة [12]

$$A_{plus} = (10\% \div 15\%) A_{panel}$$

ويفرض النسبة السابقة تعادل 12 % فتصبح المساحة الكلية اللازمة لمنظومة توليد الطاقة:

$$\begin{aligned} A_{total} &= A_{panel} + A_{plus} \\ &= (1 + 0.12) * 312943 = 350000[m^2] \end{aligned} \quad (42)$$

إن كلفة تجهيز المتر المربع الواحد من الأرض والذي يشمل عملية التسوية ونقاط استناد بينونية لإنشاء مجمعات الخلايا الكهرشمسية وبناء لتخزين المدخرات الحمضية وتوضع أجهزة التحكم والحماية يعادل تقريبا $C_{land} = 1[\$/m^2]$ ، وتصبح الكلفة الكلية لتجهيز الموقع اللازم لتوضع منظومة توليد الطاقة:

$$\begin{aligned} C_{Loca.} &= A_{total} * C_{land} \\ &= 350000[m^2] * 1[\$/m^2] = 350000[\$] \end{aligned} \quad (43)$$

والكلفة الثابتة الكلية هي مجموع التكاليف الثابتة لمختلف أجزاء منظومة توليد الطاقة:

$$\begin{aligned} C_F &= C_{PV} + C_B + C_{Cont.} + C_{Inv.} + C_{Loca.} \\ &= 17987905 [\$] \quad i=6\% \\ &= 17903010 [\$] \quad i=8\% \end{aligned} \quad (44)$$

2- الكلفة المتغيرة ($Running\ cost / C_R$):

إن الكلفة المتغيرة تمثل التكاليف السنوية التي ستغطي المصاريف اللازمة أثناء التشغيل وعلى اعتبار أجزاء منظومة توليد الطاقة ممثلة بمجمعات الخلايا الكهرشمسية والمدخرات لا تحوي أجزاء ميكانيكية متحركة فسوف نحتاج الى تنظيف الخلايا الشمسية من الغبار المتراكم والصيانة الدورية للمدخرات ولمثل هذه الحالات تقدر الكلفة المتغيرة على انها تعادل نسبة مئوية من حجم التكاليف الثابتة حسب العلاقة التالية [12]

$$C_R = C_F * C_{Per.} [\$/Year] \quad (45)$$

حيث:

$C_{Per.} = 1\%$: النسبة المئوية لقيمة التكاليف المتغيرة من قيمة التكاليف الثابتة

$$C_R = 0.01 * 17987905 = 179879.05 [\$/Year] \quad i = 6\%$$

$$C_R = 0.01 * 17903010 = 179030.10 [\$/Year] \quad i = 8\%$$

3- الكلفة السنوية ($Annual\ cost / A_n$):

إن الكلفة السنوية الناتجة من عمل منظومة التوليد تساوي الى حاصل مجموع الكلفة المتغيرة C_R / والكلفة الثابتة C_F / بعد تحويلها الى كلفة سنوية بجدها بمعامل المكافئ السنوي C_{ea} / والذي يعطى بالعلاقة [17]:

$$C_{ea} = i + D + IT + OT \quad (46)$$

حيث:

$i = 6\% \text{ or } 8\%$: معدل الفائدة (Interest rate)

(Depreciation) الاهتلاك: $D=1.26\%$ or 0.88%

(Income tax) ضريبة دخل: $IT=0.96\%$ or 1.28%

(Other tax and insurance) ضريبة تأمين: $OT=0.5\%$

وبالتالي:

$$C_{ea} = 8.72\% \quad \text{at } i = 6\%$$

$$C_{ea} = 10.66\% \quad \text{at } i = 8\%$$

أما قيمة الكلفة السنوية الكلية فتعطى بالعلاقة التالية [17]

$$\begin{aligned} A_n &= C_R + C_F * C_{ea} & (47) \\ &= 179879.05 + 179887905 * 0.0872 = 1748424.4 \text{ [$/Year]} \quad i = 6\% \\ &= 179030.10 + 17903010 * 0.1066 = 2087491.0 \text{ [$/Year]} \quad i = 8\% \end{aligned}$$

4- كلفة إنتاج الكهرباء أو كلفة إنتاج الكيلووات ساعي (Cost of electricity/CE/)

إن القدرة الكهربائية لمنظومة توليد الطاقة من أجل تغذية الأحمال المطلوبة من أحمال السقاية بالقيم المتوسطة E_{iav} / (للحصول على أسعار وسطية لتوليد الطاقة) وأحمال القرية للأنشطة المختلفة $E_{village}$ / من المعادلة (17) (بعد أخذ عامل الطلب بعين الاعتبار) تعطى بالعلاقة:

$$E = E_{iav} + E_{village} \quad [KWh / Year] \quad (48)$$

$$= (70 + 15.604) * 10^3 [KWh / day] * 365 [day / Year] = 31245460 [KWh / Year]$$

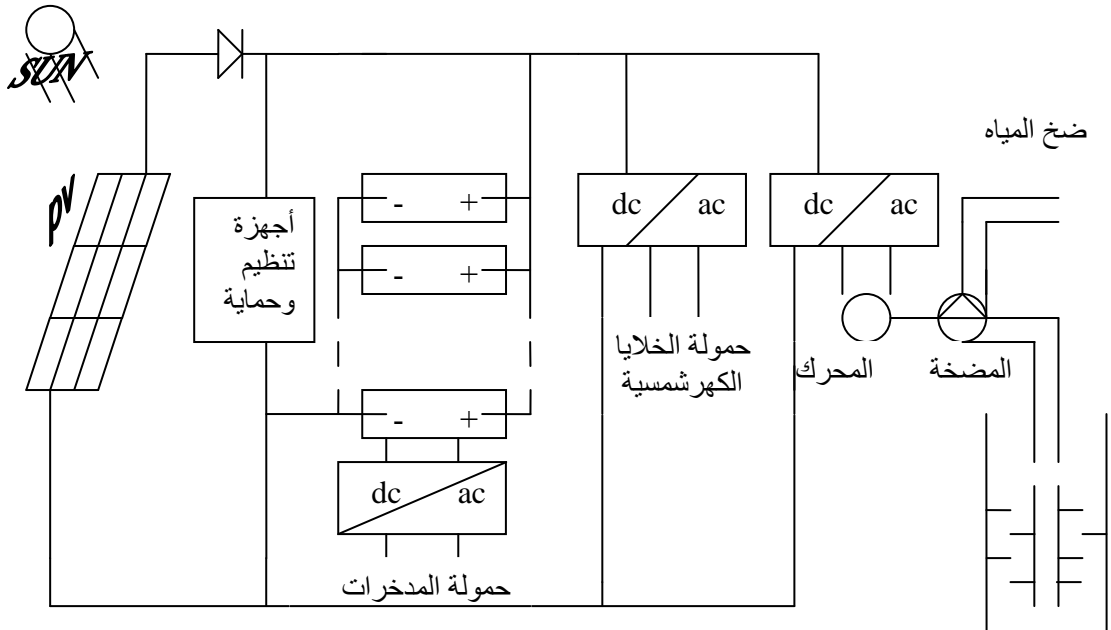
ومنه كلفة إنتاج الكيلووات ساعي:

$$\begin{aligned} CE &= \frac{A_n}{E} & (49) \\ &= \frac{1748424.4 [$/Year]}{31245460 [KWh / Year]} = 5.59 * 10^{-2} [$/ KWh] = 5.59 [Cent / KWh] \quad i = 6\% \\ &= \frac{2087491.0 [$/Year]}{31245460 [KWh / Year]} = 6.68 * 10^{-2} [$/ KWh] = 6.68 [Cent / KWh] \quad i = 8\% \end{aligned}$$

نتائج البحث:

- السقاية بطريقة الري بالتنقيط توفر كمية مياه ما بين 25% الى 75% من كمية الماء المستخدم في حالة اتباع الطرق التقليدية بالري وهي نفس كمية الطاقة التي يمكن توفيرها.
- السقاية بطريقة الري بالرذاذ لها مزايا عديدة تتلخص بإمكانية توزيع المياه بشكل متجانس وتمنع انجراف التربة وذات توفير كبير بالنسبة لحجم الماء أو الطاقة الكهربائية بالمقارنة مع استخدام الطرق التقليدية للسقاية.
- استخدام مجمعات الخلايا الكهرشمسية في تغذية أحمال التجمعات الريفية قد يكون أسلوب ناجح وان وجود عامل التباين وأيضاً عامل الطلب يجعل منظومة العمل ذات أداء مستقر على مدار الزمن.
- إن استخدام مجمعات الخلايا الكهرشمسية لتغذية الأحمال الكبيرة قد يحتاج الى تكاليف انشاء مرتفعة ولكن الفترة الطويلة نسبياً لعمرها الاقتصادي وأيضاً انخفاض كلفة التشغيل والصيانة تجعلها مولدات طاقة اقتصادية.

- المدخرات الحمضية الصناعية تعتبر بديل جيد ومناسب لتغذية الأحمال الكهربائية عند غياب الاشعاع الشمسي الذي قد يقتصر على ساعات الليل لان المنطقة المدروسة تمتاز بأيام مشمسة شبه دائمة على مدار العام.
- المدخرات الحمضية لها ميزات تجعلها من أفضل البدائل المتاحة لتشكيل منظومة توليد طاقة متكاملة مع مجمعات الخلايا الكهرشمسية وأهمها انخفاض متوسط الكلفة للطاقة المستجرة أو انخفاض تكاليف التشغيل.
- إن كلفة إنتاج الكهرباء أو كلفة إنتاج الكيلووات الساعي ذات طابع اقتصادي، فحسب الأبحاث العلمية في هذا الموضوع تفيد بأن الكلفة الاقتصادية لتوليد الطاقة الكهربائية تكون بمعدل وسطي حوالي $0.1[\$/KWh]$ بينما القيمة التي نتجت لدينا من جراء هذه الدراسة لا تتعدى نصف هذه القيمة.



الشكل(1):مخطط دارة العمل لمنظومة الخلايا الكهرشمسية وآلية تغذية الأحمال

المراجع:

.....

- [1] هاشم، محمود، 1996- استخدام طرق حديثة للاقتصاد بمياه الري، الدوحة، قطر
- [2] Saffaf, A., 1989- *Consumptive Use of Water by Main Crops at East Region of SYRIA, Soil, Sci Division*. The Arab Center for The Studies of Dry Lands.
- [3] مطر، عبد الله، 1983- الري والصرف الزراعي، منشورات جامعة تشرين، اللاذقية.
- [4] داؤود سليمان، عامر، 1999- الاحتياجات المائية للعنب تحت الري بالتنقيط، بغداد، العراق.
- [5] Thanki, S., Jan. 1998- *Irrigation Cost of Vegetable Under Four Irrigation Systems*. Technical Rep. No 4. pp. 20-30, UNDP, FAO.
- [6] منشورات وزارة الري لعام 2000
- [7] سعيد، عبد الله، 1995- نظم القدرة الكهربائية، منشورات جامعة تشرين، اللاذقية.
- [8] حمدوش، عمر، 1998- نظم القدرة الكهربائية، منشورات جامعة حلب، حلب.
- [9] Siemens Solar Industries
- [10] Rajvaashi, A., 1997- *Development of Renewable Energy Technologies for Third World*. Solar Energy. Vol. 46, No. 1, pp.41-51.
- [11] بيانات الأرصاد الجوية
- [12] Sabyh, M. & Mahmoud, A., April 14-18, 1996- *Application of Renewable Photovoltaic Energy Source in A Typical Society*. Renewable Energy Conference & Workshop, pp.155-166.
- [13] El-Maghraby, M., 2002- *Mw- Sized Autonomous PV Power System*, El-Mansoura University, Egypt.
- [14] Manwell, J., 2000- *Lead-Acid Battery Storage Model for Hybrid Energy Systems*, Solar Energy, Vol. 50, No. 5, pp.399-405.
- [15] Salameh, M., 1996- *A Mathematical Model for Lead-Acid Batteries*, IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 7, No. 1, pp.93-98.
- [16] العبد الله، عامر، 2000- الاقتصاد الهندسي، منشورات جامعة حلب، حلب.
- [17] Souder, W., 2001- *Theory and Problems of Engineering Economics*, University of Central Florida, Chap. 3.