مجلة جامعة أم القرى
للهندسة والعمارة
الموقع الإلكتروني: https://uqu.edu.sa/jea

# دراسة فاعلية تطبيق النظام الهجين من الطاقة المتجددة

عمر ابراهيم محمد حسين [أ*]، رضا محمود حمادة علي [ب].

[أ] قسم العمارة، كلية الهندسة - جامعة الأزهر، القاهرة، مصر.

[ب] قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة - جامعة الأزهر، القاهرة، مصر.

# Techniques for using "hybrid systems" from new energy systems

**Omar Ibrahim Mohamed Hussein[a,*], Rida Mahmoud Hamada Ali [b].**

[a] *Department of Architecture, Faculty of Engineering, Al-Azhar University, Cairo, Egypt.*

[b] *Department of Architecture, Faculty of Engineering, Al-Azhar University, Cairo, Egypt.*

معلومات عن البحث

*تاريخ الاستلام: ١٨/ ١/ ٢٠٢٠*

*تاريخ القبول: ١٥/ ٥/ ٢٠٢٠*

الكلمات المفتاحية

*الطاقة المتجددة، النظم الهجين*

**Keywords**

*techniques – Hybrid systems – new energy*

ملخص البحث

تعني نظم الطاقة المتكاملة الجمع بين نوع أو أنواع مختلفة من أجهزة تستخدم لتوليد الطاقة من المصادر المتجددة أو تجمع بين نوعين أو أكثر من أنواع الوقود أو كلاهما معا، وهذه الأنظمة تستطيع أن توفر وبشكل إقتصادي كافة الطاقة اللازمة لمبني سكني أو لمجتمع صحراوي صغير. فالنظم المتكاملة تعتبر أقل مسببا لانبعاث الغازات الناتجة عن الوقود الأحفوري، كما أنها تحافظ على طاقة مستمرة ومستقرة في حال عدم إمكانية استغلال مصادرالطاقة المتجددة كطاقة الرياح أوالطاقة الشمسية بكفاءة عالية.

وتتمثل اشكالية البحث فى أنه وعلى الرغم من توفر مصادر هائلة من الطاقة المتجددة، يمكنها تطويراستخداماتها لتسهم تدريجيا في توفير احتياجات الطاقة للقطاعات المختلفة، الا أنه يندر انتشار تجارب متكاملة لاستخدام تقنيات الطاقة المتجددة فى المدن أو القرى الجديدة او القائمة حيث تقتصر على تطبيقات لهذه التقنيات فى مواقع ومناطق متفرقة .

وتهدف الورقة البحثية الى دراسة امكانية تطبيق النظام الهجين لإنتاج الطاقة بالمسكن الريفى بالاعتماد على الطاقات البديلة والمتجددة مع تلبية الاحتياجات الانسانية وحماية البيئة ولتتناسب مع الموارد المحلية بالريف، واستخدام التكنولوجيات المتاحة والملائمة للبيئة، والتى تحقق التوازن المطلوب حتى نصل إلى التنمية المستدامة التى تهتم بإيجاد تكنولوجيات ترشد من استهلاك الطاقة وتتناسب مع الاحتياجات المحلية للريف، وتحقق العلاقة المتزنة بين الإنسان والبيئة المحيطة وذلك من خلال القاء الضوء على الأسس والمفاهيم الخاصة بنظم الطاقة البديلة والمتجددة "النظام الهجين"والمعايير والاعتبارات اللازمة لتطبيقها، ولتحقيق هدف الدراسة إعتمد البحث على المنهج التحليلى والذى قسم الدراسة الى ستة أجزاء، ويضم الجزء الأول: توضيح ماهية "انظمة الطاقة المتجددة الهجين"، ويضم الجزء الثانى: طرق دمج أنظمة الطاقة المتجددة الهجين مع المسكن، بينما يعرض الجزء الثالث نماذج ناجحة من استخدام أنظمة الطاقة المتجددة الهجين، ويضم الجزء الرابع الاشتراطات والمعايير اللازمة لضمان تطبيق ونجاح تلك الانظمة، والجزء الخامس يدرس مقارنة أسعار الطاقة المتجددة وأخيرا :يقدم البحث نظام هجين مقترح من أنظمة الطاقة المتجددة تطبيق باحد المساكن الريفية فى مصر (المسكن المتميز) وتحليل المنافع الاقتصادية لهذا النظام ومدى نجاحه فنيا واقتصاديا سواء على مستوى المستخدم او على مستوى الدولة فيما تدفعه في تكلفة انشاء شبكات تقليدية.

وينتهى البحث إلى عدة نتائج من أهمها تحقيق إسهام مؤثر لمصادر الطاقة المتجددة في توفير إمدادات الطاقة اللازمة لتنمية المسكن والمناطق الريفية والنائية حتى تصبح مكتفية ذاتية من الطاقة دون اعتمادها على الحضر.

**Abstract**

Hybrid energy systems mean the combination of a different type or types of devices used to generate energy from renewable sources or a combination of two or more types of fuels or both together, These systems can economically provide all the energy needed for a residential building or a small desert community.

Hybrid systems are less likely to emit fossil fuel emissions, and they maintain continuous and stable energy in the event that renewable energy sources such as wind or solar energy cannot be used efficiently.

The problem of research is that, despite the availability of huge sources of renewable energy, it can develop its uses to contribute gradually to providing energy needs for different sectors, but it is rare for integrated experiences to use renewable energy technologies in new or existing cities or villages where it is limited to applications for these Technologies in separate locations and regions.

The research paper aims to study the possibility of applying the hybrid system to produce energy in the rural housing by relying on alternative and renewable energies while meeting human needs and protecting the environment and to suit local rural resources, and using available and environmentally friendly technologies, And that achieves the required balance until we reach sustainable development that is interested in finding technologies that guide energy consumption and are compatible with the local needs of the countryside, and achieve a balanced relationship between man and the surrounding environment by shedding light on the foundations

[*] بيانات التواصل:
قسم العمارة، كلية الهندسة - جامعة الأزهر، القاهرة، مصر.
البريد الإلكتروني: (Omar_temerk2014@yahoo.com) عمر ابراهيم محمد حسين

جميع الحقوق محفوظة لجامعة أم القرى ٢٠٢٠ © ١٦٨٥-٤٧٣٢ / ١٦٨٥-٤٧٤٠.

and concepts of alternative and renewable energy systems, the "hybrid system" and the necessary standards and considerations and considerations To apply it, To achieve the goal of the study, the research relied on the analytical approach, which divided the study into six parts, and the first part includes: clarifying what is "hybrid renewable energy systems", and the second part includes: ways to integrate hybrid renewable energy systems with housing, While the third part presents successful examples of the use of hybrid renewable energy systems, the fourth part includes the requirements and criteria to ensure the application and success of these systems, and the fifth part studies the comparison of renewable energy prices and finally: the research presents a proposed hybrid system of renewable energy systems applied to a rural housing in Egypt ( Distinguished housing) and analyzing the economic benefits of this system and the extent of its technical and economic success, whether at the user level or at the state level in what it pays in the cost of establishing traditional networks.

The research ends with several results, the most important of which is achieving an effective contribution to renewable energy sources in providing the energy supplies necessary for the development of housing and rural and remote areas so that they become self-sufficient in energy without relying on urban areas

## ١. مقدمة

تأتي الأهمية في الجمع بين مصادر الطاقة المختلفة إلي عدد من العناصر هى(١) :-

- الكفاءة العالية في الأداء التي يتم الحصول عليها منها Zero (net) Energy .
- قوة التحمل للأعباء المتزايدة من الطاقة بمختلف أنواعها Zero Peak Load
- انخفاض التأثير السلبي علي البيئة ومكوناتها المختلفة Zero Emissions .
- التكلفة المقبولة والتي تنحدر بصفة مستمرة بحيث من المتوقع أن تصبح الانظمة المتكاملة من أرخص نظم الطاقات في المستقبل.

يتكون النظام الهجين من مزيج واحد أو أكثر من مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرمائية الصغيرة/ الصغيرة والكتلة الحيوية ومولدات الديزل. ويوفر النظام الهجين طاقة نظيفة وفعالة من حيث التكلفة، والتى قد تكون الحل المفضل لتوليد الطاقة خارج الشبكة. ويمكن أن تتراوح أنظمة الطاقة المجتمعية الهجينة في الحجم من الأنظمة المنزلية الصغيرة (١٠٠ وات /يوم) إلى الأنظمة التي توفر منطقة كاملة (١٠ ميجا وات في الساعة) (٢) .

ويوفر خلط التقنيات المختلفة من مصادر الطاقة المختلفة مزايا تنافسية مقارنة باستخدام تقنية واحدة. وقد ثبت أن مزيج مصادر الطاقة المتجددة هو الحل الأقل تكلفة للمجتمعات الصغيرة وخاصة الريفية منها، حيث أن مزايا كل تقنية تكمل كل منها الآخر، وبما أن الطاقة المتجددة تعمل "بدون وقود"، فإنها لا تخضع لأسعار الوقود أو تقلب العرض والطلب. كما يجمع النظام الهجين النموذجي بين اثنين أو أكثرمن مصادر الطاقة، من الطاقة المتجددة ذات التقنيات، مثل الألواح الكهروضوئية، والرياح أوالتوربينات المائية الصغيرة: ومن التكنولوجيات التقليدية، كمولدات الديزل أو غاز البترول المسال (على الرغم من أن مجموعات المولدات ذات الكتلة الحيوية تعد أيضًا خيارًا ممكنًا، إذا كان متوفرًا محليًا)، بالإضافة إلى ذلك، فإنه تشمل إلكترونيات الطاقة وبطاريات تخزين الكهرباء. كما يمكن تصميم النظام المختلط بعدة تكوينات مختلفة من أجل الإستخدام الفعال لمصادر الطاقة المتجددة المتوفرة محليًا وخدمة جميع أجهزة الطاقة. فعلى سبيل المثال يمكن لمزيج من مصادر الطاقة أن يستوعب تقلبات الموارد الموسمية، مثل جامعات PV الشمسية تكمل طاقة الرياح أثناء الأشهر ذات الرياح الأقل، والطاقة الشمسية لديها ذروة الإنتاج ظهر اليوم، في حين أن نظم طاقة الرياح يمكن أن تعمل عندما تهب الرياح، وتضيف البطاريات استقرارًا للنظام من خلال تخزين الطاقة لذروة الاستهلاك عندما يكون هناك إنتاج غير كاف من المصادر المتجددة (بمعنى تعويض نقص الطاقة الشمسية خلال الليل). ويوجد نظم هجين حديثة ما تتضمن مصادر الطاقة المتجددة لتوفير الطاقة الكهربائية والبطاريات المستعملة كخلفية احتياطية في حالة نقص المصدر الأساسي دون انقطاع، وهي مستقلة بشكل عام عن شبكات كهربائية مركزية كبيرة وتستخدم في المناطق النائية في الغالب. وفي يوم غائم تنتج الألواح الشمسية مستويات سيئة للغاية من الكهرباء، بما يمكن لمولد الرياح ومولدات الكتلة الحيوية التعويض عن طريق إنتاج المزيد من الكهرباء(٣) .

## أولاً: تصميم "النظام الهجين" من أنظمة الطاقة المتجددة .

لتصميم النظام الهجين من الطاقات المتجددة والمتكاملة نتبع الخطوات الاتية :-

### ١. حساب الأحمال المطلوبة:

يتم تحديد الأحمال التي يحتاجها المسكن وحساب نسب الاستهلاك الكلي للمسكن عن طريق وضع تقدير لعددالأجهزة المطلوبة والأحمال المطلوبة لكل جهاز ونوع التيار المستخدم وعدد ساعات التشغيل لكل جهاز الذي علي أساسها يتم حساب الطاقة المتجددة المطلوبة مع مراعاة اعتماد أساليب كفاءة إستخدام الطاقة والأخذ في الإعتبار الإستعداد لاستقبال الإمدادات المستقبلية من أحمال الطاقة المتوقع زيادتها من خلال حساب الإحتياجات المستقبلية كعنصر إرشادي أثناء تصميم نظام الطاقة المتكاملة، وتوقع مرونة نظام الطاقة المتكاملة بحيث يمكن بسهولة إضافة عدد أكبر من الوحدات الشمسية، أو إضافة توربين الرياح إضافي، أو زيادة عدد بطاريات التخزين، أو إضافة أي جزء من أجزاء النظام(٤) .

### ٢. تحليل الموقع:

يتم عمل تقييم لمقومات الموقع من ناحية خصائصه المتعلقة بالنظم الشمسية وطاقة الرياح أو من حيث توافر مصدر مائي قريب يصلح لتوليد الطاقة وذلك من خلال ما يلى(٥) : -

#### أ. تحليل الموقع من حيث مقومات الطاقة الشمسية:

يستلزم معرفة مكان تركيب الوحدات الشمسية حيث تقل كفاءة نظم الوحدات الفوتوفولتية في حالة تعرضها للظلال من الأشجار أو بالقرب من موقع تثبيتها مما يتسبب في إنخفاض شديد في كمية الطاقة المولدة، وتوضع الوحدات الفوتوفولتية مواجهة للجنوب فيمكن تركيبها علي سطح المسكن أو يمكن تركيبها بأي مكان قريب من المسكن بحيث لا تتعرض الوحدات للظلال.

كما يتم تحديد كمية الطاقة الناتجة من وحدة الطاقة الشمسية الواحدة وبالتالي معرفة عدد الوحدات الشمسية المطلوبة ومدي ملائمة المكان المتوفر لتركيب هذه الوحدات للعدد المطلوب، وتعتمد كمية الطاقة الناتجة علي كمية

الإشعاع الشمسي وعدد ساعات الإشعاع في اليوم والفصل وعلي مدار العام(٥).

**ب. تحليل الموقع من حيث مقومات طاقة الرياح:**

يعتمد تحليل الموقع بالنسبة لطاقة الرياح علي معرفة المتوسطات السنوية لسرعة الرياح بالموقع ويتم تحديد متوسطات سرعة الرياح خلال اليوم والشهر والسنة بما يتناسب مع نوع التوربين المستخدم. وتصل أقل سرعة للرياح يمكن أن يدار بها توربين الرياح ٣ م/ث بينما السرعة المثلي لتوليد الطاقة الكهربية بواسطة الرياح هي ٦م/ث .

ويمكن تصنيف الاعتماد على طاقة الرياح من خلال الارشادات التالية:-

- لا يفضل استخدام طاقة الرياح في المناطق التي تقل بها سرعة الرياح عن ٣م/ث، ويعتمد على الطاقة التقليدية أو الشمسية إذا كان الإشعاع الشمسي مناسب.
- يمكن الاعتماد على طاقة الرياح في المناطق التي تتراوح سرعة الرياح بها ما بين ٣-٦م/ث، بالإضافة إلي أي مصدر أخر للطاقة سواء كانت طاقة تقليدية أو شمسية إذا كان الإشعاع الشمسي مناسب.
- يمكن الاعتماد على طاقة الرياح في المناطق التي تزيد سرعة الرياح بها عن ٦م/ث، لأنها في هذه الحالة تكون إقتصادية بشرط توافر مساحات شاسعة أمام توربينات التوليد لعدم تشتيت الرياح. ويجب وضع التوربين في مكان لا يؤثر على أي مكون حولها سواء كان المكون مبني أو طريق أو أي مكون طبيعي أخر، وكذلك يكون بعيدا بدرجة كافية عن أي عائق يعوقه عن إنتاج الطاقة (٥)

**ج. تحليل الموقع من حيث مقومات طاقة الكتلة الحيوية:**

يعتمد تحليل الموقع بالنسبة لطاقة الكتلة الحيوية علي معرفة الكميات المتوفرة من الكتلة الحيوية بالموقع، وأنواعها سواء كانت مخلفات حيوانية أو آدمية أو زراعية أو منزلية أو قمامة أو مخلفات الطيور، وكذلك المساحات المتوفرة وذلك لاختيار أحجام محطات البيوجاز والمناسبة للموقع كمساحة أو تنفيذها على مستوى مسكن أو اكثر أو على مستوى القرية ككل (٥).

**ثانياً : طرق دمج أنظمة الطاقة المتجددة الهجين مع المسكن:-**

عند محاولة دمج المسكن بنظام طاقة متكامل من الطاقات المتجددة يجب مراعاة الآتي(٦):

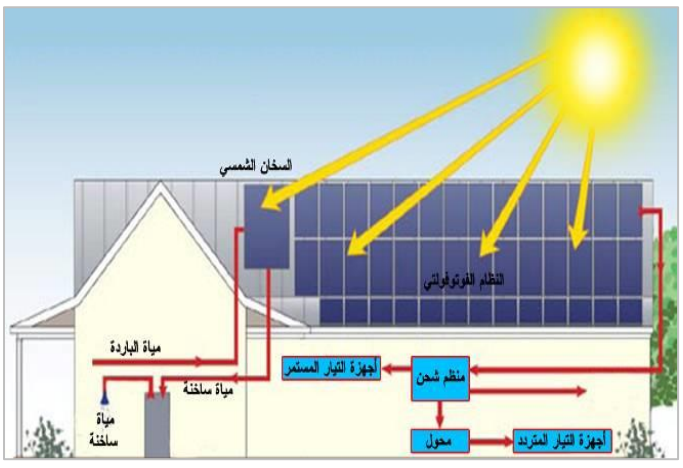
- وفرة المصادر والقدرة .
- التواصل بين المصدر والمستخدم.
- قدرة المصدر.
- انخفاض تكلفة في حفظ الطاقة الناتجة ونقلها.
- الثبات والكفاءة العالية للمصدر.
- يجب ألا تعيق استخدام الطاقة وتوليدها التوازن الطبيعي بين المصدر والبيئة ( ألا ينتج عنها تأثير سلبي علي البيئة).

ويضاف الى جميع ما ذكر الموقع الجغرافي والمناخ والظروف المحلية عوامل هامة تؤثر بشكل مباشر في تحديد إمكانية تطبيق الطاقات المتجددة والطرق المختلفة لحفظ الطاقة في المسكن. وبسبب هذه العوامل فإن بعض أساليب حفظ الطاقة وبعض الأنواع من النظم مفضلة وبعضها الأخر محدود أو عديم التأثير عند بعض الظروف . كما يمكن للخلايا الضوئية أو توربينات الرياح أو وحدات البيوجاز أن تتكامل على مستوى المبنى الواحد أو على مستوى القرية أو مجموعة من المساكن معاً سواء بالدمج المباشر مع المبنى أو كنظام مركزي خارج الكتلة السكنية . ويمكن ان تكون متصلة بالشبكة التقليدية (On Grid) أو غير متصلة بالشبكة (Of Grid) . ويمكن ان تتكامل كنظام واحد معاً هجين (Hybrid) من خلال الاتى(٥):-

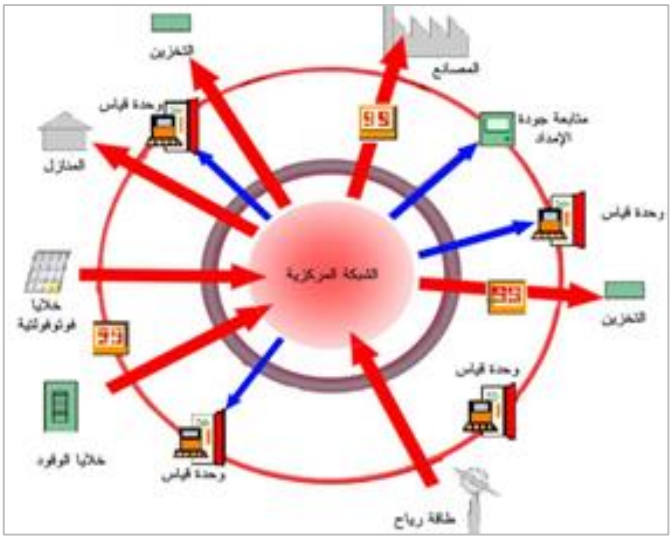
**١. الخلايا الضوئية :**

تتميز الخلايا الضوئية بإمكانية دمجها في المسكن بسهولة بدون متطلبات تنفيذية أو تشغيلية معقدة حيث يمكن أن تدمج بشكل جزئي في المبنى على النوافذ أو على الكاسرات أو تكون مدمجة بشكل كلي مع التكوين الكتلي للمبنى أو الأسقف المائلة وكذلك المنحنية لذا هي لا تعتبر عائق كبير في شكل المبنى وتكوينه التشكيلي . ويمكن دمجها على مستوى المبنى كما بالشكل رقم (١) الذى يوضح كيفية دمج الخلايا الضوئية مع المبنى سواء كان في الواجهات أو تشكيل المبنى أو الاسقف. أو دمجها على مستوى عدة مبانى او كمنطومة متكاملة للقرية ككل كما بالشكل رقم (٢، ٣) الذى يوضح منظومة عمل الخلايا الشمسية على مستوى مجموعة من المساكن أو قرية (٦) .

شكل (١) نماذج مختلفة لتكامل الخلايا الضوئية مع المبنى (٧)




شكل (٢) تكامل النظام الفوتوفولتي (٨) والسخان الشمسى داخل المبني




شكل (٣) تكامل انظمة الطاقة المتجددة (٩) المختلفة على مستوى قرية أومدينة

### ٢. توربينات الرياح:

يمكن دمج توربينات الرياح بطريقتين كما هو مبين بالشكل رقم (٤) وهو على نوعين:

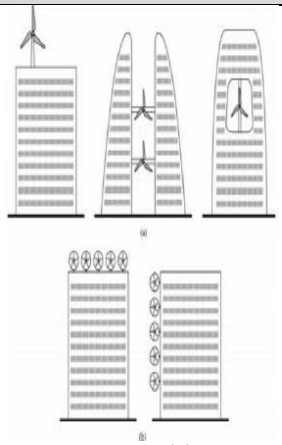
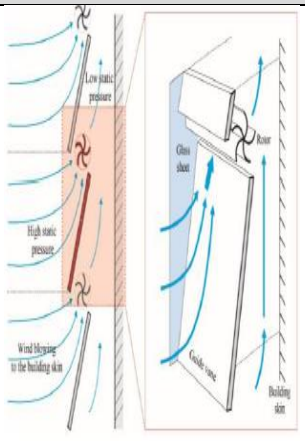
#### أ. الدمج التقليدى Traditional integration :

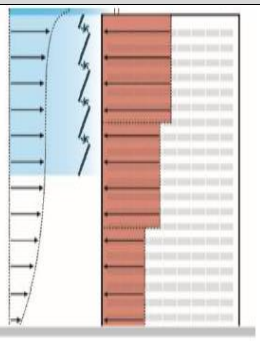
يتم تركيب التوربينة سواء رأسية أو أفقية على المبنى بشكل مرئي وظاهر سواء على سطح أو دروة المبنى أو في مكان مفرغ داخل كتلة المبنى.

#### ب. الدمج الكامل fully integration :

تدمج توربينات الرياح في القشرة الخارجية للمبنى باستثناء النوافذ ، وتكون عبارة عن مراوح صغيرة تركب بشكل يزيد من سرعة الرياح المباشرة الساقطة على المبنى. والجدول رقم (١) التالى يوضح نوعين الدمج في المسكن باستخدام الرياح .

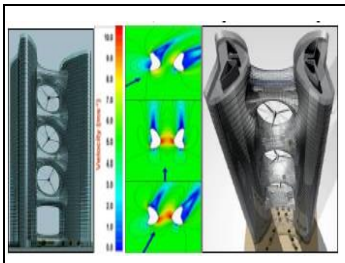
جدول رقم (١) يوضح الدمج التقليدى والدمج الكامل في المبنى باستخدام الرياح

| الدمج التقليدى | الدمج الكامل |
|---|---|
|  شكل رقم (٥) دمج توربينات كبيرة (١٠) |  شكل رقم (٦) دمج توربينات صغيرة بالقشرة الخارجية بالمبنى(١٠) |
| نظام الدمج التقليدي يكون قطر المراوح أكبر من نظام الدمج الكامل ليعطي الدمج الكامل طاقة أعلى من الدمج التقليدي .كما أن الدمج التقليدي يسبب ضجيج اعلى لأن قطر المروحة عادة ما يكون كبير جدا لذا فيعتبر نظام الدمج الكامل أفضل. | |

| الدمج التقليدى | الدمج الكامل |
|---|---|
|  شكل رقم (٧) الدمج التقليدى والدمج الكامل في المبنى باستخدام الرياح(١٠) | |

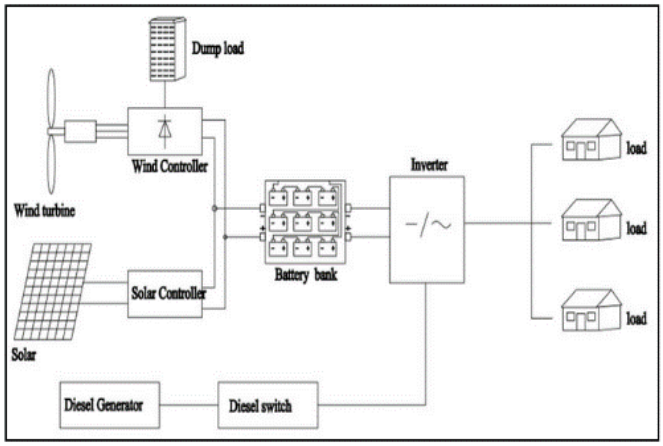
ويكون دمج توربينات الرياح على مستوى مبنى أو كمنظومة متكاملة لمنطقة كما بجدول رقم (٢) .

جدول رقم (٢) نماذج مختلفة لدمج توربينات الرياح على مستوى المبنى أو على مستوى قرية .

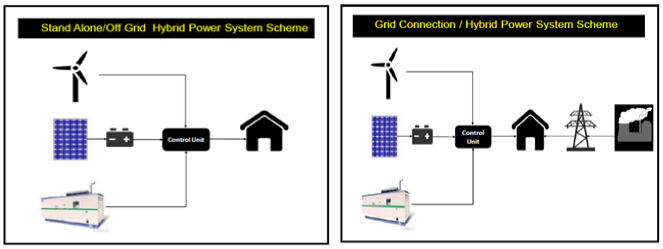
| | |
|---|---|
| شكل (٨) توربينات رياح رأسية بواجهة المبنى(١١) |  شكل (٩) توربينات مصممة للمبنى (١٢) |
| شكل (١٠) توربينات رياح افقية بسقف المبنى (١٣) | شكل (١١) توربينات رياح على مستوى قرية (١٤) |

### ٣. طاقة الكتلة الحيوية (وحدة البيوجاز) :

شكل (١٢) وحدة بيوجاز كبيرة على مستوى قرية او مدينة – بكفر الشيخ (15)




شكل (١٣) تكامل انظمة الطاقة الهجين (توربين رياح + خلايا شمسية) على مستوى مجموعة من المساكن(15)




متصل بالشكبة  غير متصل بالشبكة

شكل (١٤) منظومة عمل انظمة الطاقة الهجين (توربين رياح + خلايا شمسية) (١٥)

**ثالثا : نماذج من تطبيق " النظام الهجين " من أنظمة الطاقة المتجددة :**

أثبتت الدراسات والتطبيقات المتعددة أنه بالإمكان أنظمة الطاقة المتجددة الهجين فى مجال العمارة، ومن هنا ظهرت بعض التجارب على مستوى القرية أو مستوى المسكن تتنوع فيها استخدام أنواع متعددة من أنظمة الطاقة المتجددة . ويقدم هذا الجزء بعض الأمثلة التى تم تطبيقها، والتى روعى فى أن تكون فى بيئات تتشابه مع معظم البلاد العربية، مع تقييم النماذج من خلال معرفة نوع التقنية المستخدمة، ومميزاتها، وجوانبها الاقتصادية، ومن ثم تحديد مدى ملاءمتها للاستخدام :

**١. منزل سونتورن - بانكوك – تايلاند ، المعماري : سونتورن نياتيكارم ، التاريخ : ٢٠٠٢**

صمم واستخدم هذا المنزل المعماري سونتورن بونياتيكارم، وله دوافع لتصميم هذا المنزل حيث تعاني زوجته من مشاكل رئوية وتحتاج إلى الإبتعاد عن هواء بانكوك المشهور بالتلوث، وكان الحل عملياً منزل محكم السد للهواء الملوث الخارجي، حيث يتم تنقية الهواء فيه بإستمرار. ويوضح الشكل رقم (١٧) مسقط أفقي للمنزل (16).

شكل (١٧) إستخدام الخلايا الكهروضوئية ووحدة إنتاج الغاز الحيوي لمنزل سونتورن(١٧)

**١-١- التقييم العام للمشروع الأول :**

| المستفيدين | أنظمة الطاقة المتجددة المستخدمة | | | | ما يوفره النظام | المعوقات والحلول | نتـائج التجـربة |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | النظام الشمسى | نظام الرياح | نظام الكتلة الحيوية | أنظمة اخرى | | | |
| أسرة مكونة من ٣ أفراد | المنزل صفرى الطاقة وذلك من خلال توليد الكهرباء من الخلايا الكهروضوئية بمساحة ١٨٠ متر مربع أعلى السطح ومساحة ٦٢ متر مربع أعلى غرف النوم تقوم بتوليد ٢٢ كيلوواط في الساعة فائضاً هو ١٥ كيلووات بالساعة كل يوم وإمكانية تخزين الباقي من الطاقة في وحدات لمدة ثلاثة أيام. | | استخدام طاقة الكتلة الحية من فضلات المطبخ في توليد غاز الطبخ. | تدوير الماء الناتج من الحمامات والمطبخ والماء المتكاثف من أجهزة التكييف واستخدامه في سقي المزروعات. | ٣٧ كيلووات/اليوم من الطاقة الشمسية والغاز من وحدة البيوجاز والمياه المستخدم لري حديقة المنزل | لم يذكر بوجود اية معوقات خلال تنفيذ وتشغيل المشروع. | سد احتياجات المنزل من الطاقة بنسبة ١٠٠٪ من موارد خفضت انبعاثات ثانى اكسيد الكربون الملوث. وجود فائض من الطاقة الكهربائية المتولدة من الطاقة المتجددة وهو ١٥ كيلووات بالساعة /يوم وتباع الكهرباء الفائضة لشركة الطاقة. المنزل اصبح مكتفى من احتياجاته من الغاز المتولد من وحدة البيوجاز لاستخدامه فى عملية الطهى والتسخين. ترشيد استهلاك المياه بإعادة تدويره. التخلص من المخلفات المنزلية والعضوية. |

**٢. قرية Neta بمقاطعة في مقاطعة Pyuthan – نيبال (٢٧):**

تتكون القرية من ١٤ أسرة، وبالرغم من تباعد المنازل إلا أنه أمكن توصيل تسعة منازل بنظام واحد متصل من نظم الرياح والشمس الكهروضوئية الهجين لانتاج الكهرباء لمدة ٥ إلى ٦ ساعات يوميًا، والعدد الإجمالي للسكان الذي استفاد هو ٥١ شخص. والخلايا الشمسية عباره عن لوحة شمسية صغيرة على أسطح منازلهم بقدرة ٦٠٠ كيلوات ، والبطاريات تتراوح سعتها بين ١٠٠ - ١٢٠ كيلووات ، وتوربين الرياح بقدرة ١,٥ كيلوات وبطول ١٢م لانتاج الكهرباء لمدة ٥ إلى ٦ ساعات (١٨).

شكل (١٥) توصيل الكهرباء بمنطقة Neta بواسطة النظام الهجين من طاقة الرياح و نظام PV الشمسى، وتوصيل Pvc لإحدى القرى النائية الواقعة على جبال الهيمالايا ( قرية Neta. ) (١٩) .

**١-٢- التقييم العام للمشروع الثانى :**

| المستفيدين | أنظمة الطاقة المتجددة المستخدمة | | | | ما يوفره النظام | الموقات والحلول | نتائج التجربة |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | النظام الشمسى | نظام الرياح | نظام الكتلة الحيوية | أنظمة اخرى | | | |
| ٩ اسر من اجمالى ١٤ اسرة | لوحة شمسية صغيرة على أسطح منازلهم بقدرة ٦٠٠ كيلوات ، والبطاريات تتراوح سعتها بين ١٠٠ - ١٢٠ كيلوات لانتاج الكهرباء لمدة ٥ إلى ٦ ساعات . | توربين الرياح بقدرة ١,٥ كيلوات وبطول ١٢ م لانتاج الكهرباء لمدة ٥ إلى ٦ ساعات | | | توفر ٣٠٠٠ كيلووات/ اليوم من الطاقة الشمسية . و٩ كيلووات / اليوم من طاقة الرياح | التكاليف المرتفعة لتوربينات الرياح وضعف دخل الاسرة وتم القضاء على هذه المشكلة بمساعدة جمعية خيرية محلية للمساعدة في النفقات وكذلك مشاركة الاهالى في النقل لتقليل التكاليف .<br>صعوبة نقل توربينات الرياح لعدم وجود وسائل مواصلات وتم القضاء على هذه المشكلة باستخدام وسائل النقل المتوفرة في الجزيرة مثل القوارب وعبرات الثور | سد احتياجات ٦٠٪ من الاسر<br>تقليص استهلاك وقود المولدات وتقليل انبعاثات الكربون وصول الطاقة للمناطق الريفية بطريقة موثوقة واقتصادية تحسن الإنتاجية الزراعية زيادة الدخل والنمو الاقتصادي وزيادة فرص العمل .<br>إنقاذ ٢-٣ لتر في الشهر من الكيروسين . التخلص من المخلفات الزراعية والعضوية |

**٣. قرية Chepan في مقاطعة Chepan – نيبال**

تم إنشاء قرية للطاقة المتجددة في قرية Chepang في مقاطعة Gorhka حيث أن ٦٧ أسرة أمكنها الآن الحصول على الإضاءة من مصادر الطاقة المتجددة، وتشمل هذه المصادر الرياح / الطاقة الشمسية، والطاقة المائية الصغيرة، وفوانيس بيكو المائية. والقرية تبعد ٣ كيلومترات عن الطريق السريع، والقرويين محرمون من المرافق العامة الأساسية، ومنها الكهرباء، وبالنظر في عدة خيارات تكنولوجية تم تثبيت نظام هجين من الرياح والطاقة الشمسية، ويهدف المشروع إلى زيادة الدخل وبناء قدرات الفقراء بالقرية وتطوير إدارة مرافق البنية التحتية بالإضافة إلى تسخير الطاقة لأغراض الإنارة(٢٠).

وتفاصيل المشروع كما يلى : -

- تركيب ١١ محطة للغاز الحيوي كمصدر للطاقة النظيفة.
- تركيب ٤٧ شفاطات للدخان للتخفيف من حدة الدخان بالمطبخ في٤٧ أسرة.
- بناء ١٠ ECOSAN مراحيض لتحسين الصرف الصحي المنزلية.
- التدريب على التسويق للمنتجات المحلية والمجففات الشمسية لتجهيز المنتجات الزراعية.

شكل (١٦) إنارة احد المنازل وتشغيل تليفزيون بالطاقة الشمسية وفوانيس بيكو للإضاءة(٢١)

**١-٣- التقييم العام للمشروع الثالث :**

| المستفيدين | أنظمة الطاقة المتجددة المستخدمة | | | ما يوفره النظام | الموقات والحلول | نتائج التجربة |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | النظام الشمسى | نظام الرياح | نظام الكتلة الحيوية | أنظمة اخرى | | |
| | أمكنها الآن الحصول على الإضاءة من مصادر الطاقة المتجددة، وتشمل هذه المصادر الطاقة الشمسية، ٦٧ أسرة | توربينات رياح | تركيب ١١ محطة الغاز الحيوي كمصدر للطاقة النظيفة. | الطاقة المائية الصغيرة ، وفوانيس بيكو المائية<br>تركيب ٤٧ شفاطات للدخان للتخفيف من حدة الدخان بالمطبخ في٤٧ أسرة<br>بناء ١٠ ECOSAN مراحيض لتحسين الصرف الصحي المنزلية | توفر ٤٦٩ كيلووات / اليوم من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح بمعدل ٧ كيلووات / اليوم لكل منزل . وتوفر الغاز ل ٦٧ منزل من وحدات الغاز الحيوى<br>دعم الدولة من خلال صندوق الكهرباء الريفي المؤقت (IREF) باستخدام أموال ٠,٩٪ من الحكومة و ٠,٧٪ من وكالة مساعدات الوكالة الدانمركية من القيود التكنولوجية التى تواجه مستعملى محطات الغاز الحيوى (البيوجاز) فى نيبال هى فى فصل الشتاء ، فتنخفض درجات الحرارة وتوفر على إنتاج الغاز الحيوى ، وعدم كفاية الغاز خلال تلك الأشهر الأكثر برودة والمفرس البارد . ويمكن التغلب على هذا العائق بوضع حاجز على رأس الهاضم بالحفرة . | سد احتياجات ١٠٠٪ من الأسر من الطاقة<br>تقليص استهلاك وقود المولدات وتقليل انبعاثات الكربون .<br>وصول الطاقة للمناطق الريفية بطريقة موثوقة واقتصادية .<br>تحسن الإنتاجية الزراعية .<br>زيادة الدخل والنمو الاقتصادي وزيادة فرص العمل .<br>إنقاذ ٢-٣ لتر في الشهر من الكيروسين . التخلص من المخلفات الزراعية والعضوية . |

**رابعا : الاشتراطات والمعايير اللازمة لنجاح تطبيق أنظمة الطاقة المتجددة الهجين:**

يعتمد تصميم النظم المتكاملة علي معايير محددة ترتكز علي طبيعة المصادر المتاحة من الطاقة في المنطقة ومقدار الاحمال المطلوبة للمبني السكني لتحديد أنسب نظام يمكن استخدامه كما ويرتبط بصورة كبير بالظروف الاقتصادية ومدي توفر الإمكانات المادية. ومن الإعتبارات التي يجب مراعتها عند إختيار نظام الطاقات المتجددة المتكاملة هى(٢٢) :-

أ. تحديد أنواع الطاقات التي تعطى أكبر قدر ممكن من الطاقة فإذا كان موقع المسكن في منطقة بها سرعات رياح مناسبة أو بمنطقة ذات إشعاع شمسي دائم طوال العام فإنه يمكن تصميم نظاما يخلط ما بين هذه الطاقات معاً، حيث يستخدم الإشعاع الشمسي في الوقت الذي تقل فيه سرعة الرياح ويستخدم نظام طاقة الرياح في الوقت الذي تحدث فيه الغيوم.

ب. تحديد كمية الطاقة التي يحتاجها المسكن، وعن طريق تحديد كمية الطاقة التي يحتاجها المسكن يمكن تحديد كمية وعدد الوحدات الشمسية المطلوبة وكذلك يمكن تحديد حجم وقوة توربين الرياح المطلوب والمولد الاحتياطي وباقي مكونات نظام الطاقة المتكاملة.

ج. تحديد الإسلوب الذي سيعمل به النظام حسب متطلبات المسكن وفي هذا الإطار يتواجد احتمالين مختلفين إما المتصل بالشبكة أو المنفصل عن الشبكة ولكل منها مميزاته واحتياجاته التي تتلائم مع الظروف المختلفة للمسكن .

**وهذه الأساليب على قسمين هما كالتالى (٢٢) :-**

- **الاحتمال الأول : مبني سكني متصل بالشبكة On – grid system:**

تكون معظم النظم المدمجة نظم منفصلة عن الشبكة وغير متصلة بأي نظام إمداد كهربائي عند توقف عمل نظم توربينات الرياح أو النظام الشمسي تقوم بطاريات التخزين إلي جانب مولدات الديزل. ويكون المبني السكني متصلا بالشبكات الرئيسية لتوزيع الكهرباء والغاز أو أي مصدر من مصادر الطاقة، وفي هذه الحالة تتساوي في المبني السكني معدلات استهلاك الطاقة من الشبكات الرئيسة لتوزيع الطاقة مع معدلات إنتاج الطاقة بواسطة توليد الطاقة من المصادر المتجددة، حيث تكون وسائل إنتاج الطاقة هذه متكاملة مع مكونات المسكن خلال فترة محددة.

وفى المباني السكنية المتصلة بالشبكة يتم توصيل النظام المتكامل لاستخدامات الطاقة داخل المسكن بالشبكة الخارجية للكهرباء، فيحدث تبادل بين الكهرباء المنتجة داخل شبكة المسكن والكهرباء المنتجة من الشبكة الخارجية بحيث تصبح المحصلة النهائية بين الشبكتين صفر، فإذا حدث نقص في حركة الطاقة داخل شبكة المنزل الداخلية يتم تعويض النقص من الشبكة الخارجية، وفي حالة حدوث زيادة أو فائض في شبكة المسكن الداخلية يتم ضخ هذه الزيادة إلي شبكة التوزيع الخارجية وهكذا. وليس من الضروري أن تكون كمية الطاقة المنتجة بواسطة نظام الطاقة المتجددة مساوية لحظيا أو أنيا لكمية الطاقة المستهلكة أو المستمدة من شبكة توزيع الكهرباء بينما يؤخذ الفرق بين معدلي الاستهلاك والانتاج علي مدار العام ليكون الفرق بينهما مساويا صفر أو في صالح كمية الطاقة المنتجة بالمبني السكني كما هو موضح بالشكل (١٧).

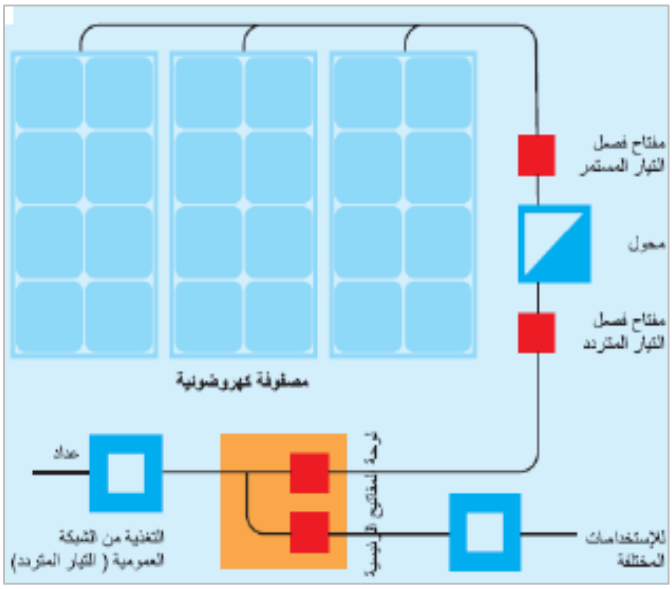
ويمكن إعادة بيع الطاقة البديلة التي يولدها صاحب المنزل إلى شركة المرافق المحلية، مما يؤدي إلى انخفاض فواتير الكهرباء الشهرية أو تكون مصدر دخل له اذا استخدم نظام اكبر. ويوضح الشكل رقم (١٨) منظومة عمل الخلايا الضوئية مع المبنى المتصل بالشبكة .

- **الاحتمال الثاني : مبني سكني غير متصل بالشبكة: off –grid system**

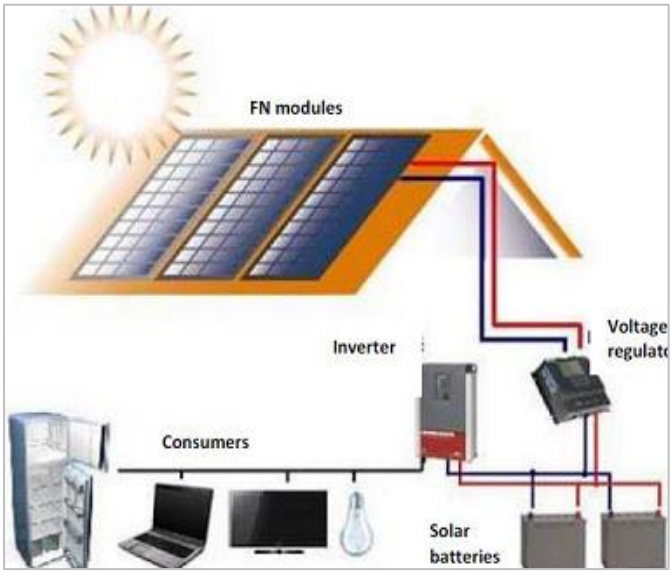
يشير مصطلح off - grid إلى عدم توصيله بشبكة النقل الرئيسية في الكهرباء، في هذه الحالة يكون المبني السكني غير متصل أساسا بالشبكات الرئيسية لتوزيع الكهرباء والغاز أو أي مصدر من مصادر الطاقة، وبالتالي فإن المسكن يعتمد ذاتيا علي إنتاج الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة عبر وسائل إنتاج الطاقة المتكاملة مع عناصر ومكونات المبني السكني المختلفة.

ويفضل استخدام النظم المنفصلة في المناطق النائية وخاصة المناطق الريفية لكفاءتها في التكلفة عن الارتباط بالشبكة العامة والتي يزيد فيها تكلفة التوصيلات. ويمكن استخدامها من قبل من يقطنون بالقرب من الشبكة العامة ولديهم الرغبة في الاعتماد الذاتي علي الطاقة. ويلزم وجود نظام تخزين للطاقة في حالة حدوث زيادة في انتاج الطاقة في الشبكة الداخلية للمبني ، حتى يتم تخزينها في نظام التخزين ليعاد استخدامها في حالة حدوث أي نقص في الشبكة الداخلية للمبني السكني كما هو موضح بالشكل(١٩).

أ. إختيار مكونات النظام ويتم إختيار مكونات النظام حسب إحتياجات المنزل من الطاقة وحسب ظروف الموقع وغيرها من العوامل التي تؤثر بصورة كبيرة علي أسلوب وطريقة إختيار مكونات النظام ويراعي في اختيار مكونات النظام الدقة بحيث يتناسب مع ظروف المسكن والموقع بحيث يستطيع نظام الطاقة أن يمد المسكن بالطاقة لمدة تزيد عن عشرين عاما دون الاستعانة بأي مصدر للطاقة وبالتالي فإن الاحتياج لمصادر الطاقة الخارجية يكون صفر.



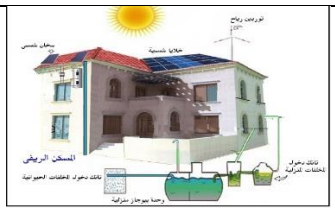
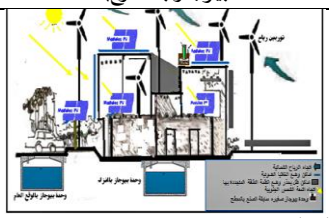
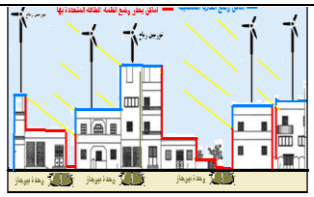
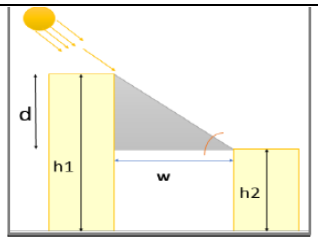

شكل (١٨) تكامل الخلايا الضوئية مع المبنى المتصل بالشبكة (٢٣)




شكل (١٩) تكامل الخلايا الضوئية مع المبنى الغير متصل بالشبكة. (٢٤)

مما سبق يمكن ان نستخلص الاشتراطات والمعايير اللازمة لضمان نجاح تطبيق "النظام الهجينة" من الطاقة الجديدة وتكاملها على مستوى القرية، والمسكن على النحو التالى :

جدول رقم (٢) يوضح اشتراطات ومعايير نجاح تطبيق" النظام الهجين " من الطاقة المتجددة على مستوى القرية، والمسكن.

| | | |
|---|---|---|
| الإعتبارات التي يجب مراعاتها عند إختيار نظام الطاقات المتجددة | | تحديد أنواع الطاقات التي يمكنها إعطاء أكبر قدر ممكن من الطاقة في الموقع .<br>تحديد كمية الطاقة التي يحتاجها المسكن، وعن طريق تحديد كمية الطاقة التي يحتاجها المسكن يمكن تحديد كمية وعدد الوحدات الشمسية المطلوبة وكذلك يمكن تحديد حجم وقوة توربين الرياح المطلوب والمولد الاحتياطي وباقي مكونات نظام الطاقة الهجين .<br>تحديد الإسلوب الذي سيعمل به النظام حسب متطلبات المسكن وفي هذا الإطار يتواجد احتمالين مختلفين إما متصل بالشبكة On – grid system أو منفصل عن الشبكة Off – grid system |
| طرق دمج انظمة الطاقة الهجين مع المسكن | على مستوى المسكن |  <br>شكل رقم (٢٠) منظور عام لتكامل النظام الهجين مع المسكن (وحدة بيوجاز بالخارج) |
| | على مستوى مجموعة من |  <br>شكل رقم (٢١) منظور عام لتكامل النظام الهجين لمجموعة من المساكن |
| تابع طرق دمج انظمة الطاقة الهجين مع المسكن الريفى | ب- تابع على مستوى مجموعة من المساكن |  <br>شكل رقم (٢٢) طرق دمج النظام الهجين مع مجموعة مساكن بخطوط سماء مختلفة |
| | حساب المسافة بين المبنيين |  <br>شكل رقم (٢٣) المسافة بين المبانى حتى لا تلقى ظلال على الخلايا الشمسية.<br>يجب الحصول على أقل زاوية ارتفاع للشمس لمعرفة الإظلال على الواجهات .لمحاولة الربط بين ارافاع المبنى لعرض الشارع وذلك تفاديا لإظلال المبنى على أسقف المسكن المجاور له فى اتجاه الجنوب، وبفرض أن ارتفاع المسكن هو h1 ارتفاع المسكن المقابل له من جهة الجنوب هوh2 والفرق بين المسكنين هو d وزاوية الارتفاع الشمسى هى α وعرض الشارع الذى يحقق عدم تعرض المسكن للاظلال هو w حيث يتم حساب w من المعادلة : $w = d/\tan\alpha$ . (٢) |
| | على مستوى القرية | <br>شكل رقم (٢٤) المسافة بين المبانى حتى لا تلقى ظلال على الخلايا الشمسية (٢٤) . |

جدول رقم (٣) مقارنة بين نسب كفاءة الاستقرار عند استخدام مصدر او ثلاثة من النظام الهجين.

| العناصر | استخدام مصدر واحد من الطاقة المتجددة | استخدام مصدرين من الطاقة المتجددة | استخدام ٣ مصادر من الطاقة المتجددة |
|---|---|---|---|
| عدد ساعات التشغيل الذروة | ٥ ساعة | ١٠ ساعة | ١٥ ساعة |
| نسبة التشغيل إلى اليوم | % ٢٠,١ | % ١,٧ | ٦٢,٥٪ |

ولضمان تحقيق كفاءة واستقرار أنظمة الطاقة المتجددة الهجين على مستوى القرية او المسكن فانه يلزم استخدام اكثر من مصدر بالنظام الهجين فانه يعمل على استقرار النظام اكثر ، وتقليل البطاريات ويكون عملى فى القرى النائية ، حيث أن نسبة كفاءة كل نظام على حدة (مصدر واحد) ١٧٪ - ٢٠٪ وهى متوسط فترة الاشعاع الشمسى او فترة وجود رياح وهى تقدر بمتوسط عدد ٥-٧ ساعة يومياً كلاً على حده، لذلك عند استخدام النظام الهجين فإن نسبة استقرار النظام على مدار اليوم تزيد إلى ١٠ساعة ( مصدرين من الطاقة) - ١٥ ساعة ( ٣ مصادر) يومياً وهى بنسبة ٤١,٧ % (١٠ ساعة / ٢٤ ساعة ) - ٦٢,٥ % ( ١٥ ساعة / ٢٤ ساعة ) تقريباً وهى نسبة متوسط ساعات تشغيل مصدر واحد من الطاقة المتجددة إلى ساعات اليوم وهى ٢٤ ساعة .

### خامساً : مقارنة أسعار الطاقة المتجددة

يوضح الجدول مقارنة للتقنيات التكنولوجية المختلفة لمستوى تكاملها مع المبنى وكذلك على مستوى المدينة ومتوسط التكلفة لكل نوع وتقاس التكلفة بوحدة تسمي LCOE وهي التكلفة المتوقعة علىlife time ويدخل فى حساب LCOE العديد من العوامل التى يتم اخذها في الاعتبار عند عقد المقارنة بين أسعار الكيلووات الواحد من الطاقات المختلفة منها

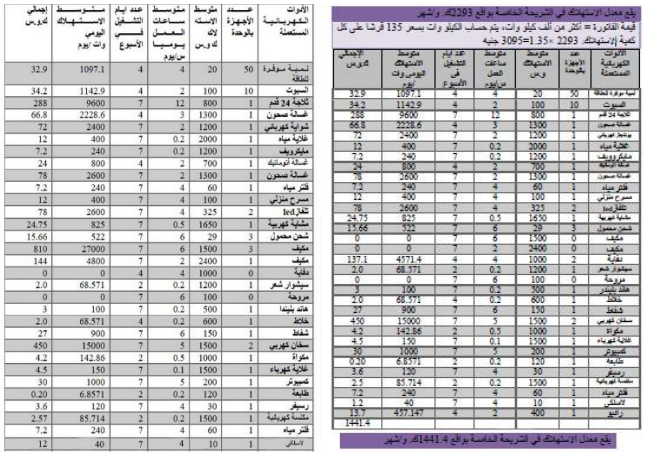
جدول رقم (٤) مقارنة بين التقنيات التكنولوجية المولد للطاقة (٢٥) .

| | مستوى التكامل مع المبنى | | | | LCOE (lazard , December 2016) (U.SDepartment of energy, 2016) kWh/$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | على مستوى المبنى | داخل المبنى | الأسطح | النوع العام | |
| الطاقة الشمسية الحرارية | √ | × | √ | √ | 0.15 |
| الطاقة الشمسية الحرارية المركزة | √ | × | × | × | 0.3-0.05 |
| الطاقة الشمسية الضوئية | √ | √ | √ | √ | 0.6-0.15 |
| طاقة الرياح | √ | √ | √ | √ | 0.2-0.05 |
| طاقة الأمواج | × | × | × | × | 0.25 |
| طاقة حرارة الأرض | × | × | × | √ | 0.3-0.05 |
| طاقة الهيدروليكية | × | × | × | √ | 0.1 |
| طاقة الكتلة الحيوية | √ | × | √ | √ | 0.6 |

### سادساً: تحليل المنافع الاقتصادية من تطبيق نظام هجين من أنظمة الطاقة المتجددة

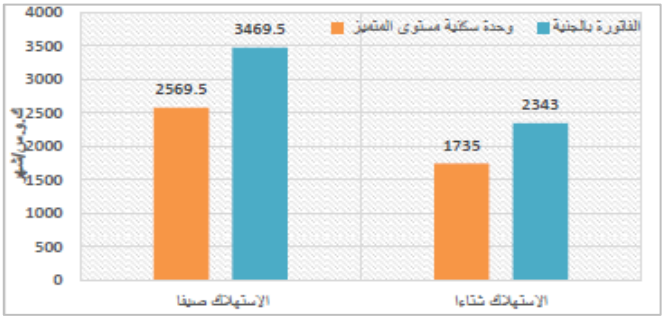
يقدم البحث تطبيق النظام الهجين من الطاقة المتجددة بأحد المنازل (فيلا) مكونة من دورين بمسطح ٢٣٥م٢ مع حساب الاستهلاك اليومى والشهرى لهذه الفيلا فى الصيف والشتاء كالتالى:-

جدول رقم (٥) يوضح معدل الاستهلاك السنوى للمستوى المتميز صيفا



| الأدوات الكهربائية المستخدمة | عدد الأجهزة بالوحدة | متوسط الإستهلاك لكل ك.و.س | متوسط ساعات التشغيل يوميا | متوسط عدد أيام التشغيل أسبوعيا | متوسط الإستهلاك اليومي وات/يوم | إجمالي ك.و.س |
|---|---|---|---|---|---|---|
| لمبة موفرة للطاقة | 50 | 20 | 4 | 4 | 1097.1 | 32.9 |
| السبوت | 10 | 100 | 2 | 4 | 1142.9 | 34.2 |
| تلفاية 24 قدم | 1 | 800 | 12 | 7 | 9600 | 288 |
| غسالة صغيرة | 1 | 1300 | 3 | 4 | 2228.6 | 66.8 |
| مواية كهربائي | 1 | 1200 | 2 | 7 | 2400 | 72 |
| غلاية مياه | 1 | 2000 | 0.2 | 7 | 400 | 12 |
| ميكروويف | 1 | 1200 | 0.2 | 7 | 240 | 7.2 |
| غسالة اتوماتيك | 1 | 700 | 2 | 4 | 800 | 24 |
| غسالة صغيرة | 1 | 1300 | 2 | 7 | 2600 | 78 |
| فلتر مياه | 1 | 60 | 4 | 7 | 240 | 7.2 |
| مسرج منزلي | 1 | 100 | 4 | 7 | 400 | 12 |
| تلفاز led | 2 | 325 | 4 | 7 | 2600 | 78 |
| مكنسة كهربية | 1 | 1650 | 0.5 | 7 | 825 | 24.75 |
| شحن محمول | 3 | 29 | 6 | 7 | 522 | 15.66 |
| مكيف | 3 | 1500 | 6 | 7 | 27000 | 810 |
| مكيف | 1 | 2400 | 2 | 7 | 4800 | 144 |
| دفاية | 0 | 1000 | 4 | 4 | 0 | 0 |
| سخان شعر | 1 | 1200 | 0.2 | 2 | 68.571 | 2.0 |
| مروحة | 0 | 100 | 6 | 7 | 0 | 0 |
| هاند بليندر | 1 | 500 | 0.2 | 7 | 100 | 3 |
| خلاط | 1 | 600 | 0.2 | 4 | 68.571 | 2.0 |
| شفاط | 1 | 150 | 6 | 7 | 900 | 27 |
| سخان كهربي | 2 | 1500 | 5 | 7 | 15000 | 450 |
| مكواة | 1 | 1000 | 0.5 | 2 | 142.86 | 4.2 |
| غلاية كهرباء | 1 | 1500 | 0.1 | 2 | 150 | 4.5 |
| كمبيوتر | 1 | 200 | 5 | 7 | 1000 | 30 |
| طابعة | 1 | 120 | 0.2 | 2 | 6.8571 | 0.20 |
| رسيفر | 1 | 30 | 4 | 7 | 120 | 3.6 |
| مكنسة كهربائية | 1 | 1500 | 0.2 | 1 | 85.714 | 2.57 |
| فلتر مياه | 1 | 60 | 4 | 7 | 240 | 7.2 |
| لاسلكي | 1 | 10 | 4 | 4 | 40 | 1.2 |
| راديو | 1 | 400 | 2 | 4 | 457.147 | 13.7 |
| | | | | | | 1441.4 |

قيمة الفاتورة = أكثر من ألف كيلو وات يتم حساب الكيلو وات بسعر ١٤٥ فرشا ١٤٤١,٤ × ١٤٥= ٢٠٩٠ جنيه مصرى




شكل رقم (٢٥) يوضح الفرق بين معدل الاستهلاك الكهربى صيفا وشتاء فى المستوى المتميز (٢٥).

| الشهور | المتوسط الكلي لعدد الكيلو وات | فاتورة الكهرباء بالجنية المصري |
|---|---|---|
| يناير | 1552.563 | 2095.9601 |
| فبراير | 1522.625 | 2055.5438 |
| مارس | 1511.438 | 2040.4413 |
| ابريل | 1458.688 | 1969.2288 |
| مايو | 1434.063 | 1935.9851 |
| يونيو | 1580.938 | 2134.2663 |
| يوليو | 1903.75 | 2570.0625 |
| اغسطس | 2035.188 | 2747.5038 |
| سبتمبر | 1831.938 | 2473.1163 |
| اكتوبر | 1572.438 | 2122.7913 |
| نوفمبر | 1651.5 | 2229.525 |
| ديسمبر | 1682.438 | 2271.2913 |
| الاجمالي السنوي | 19737.567 | 26645.7156 |

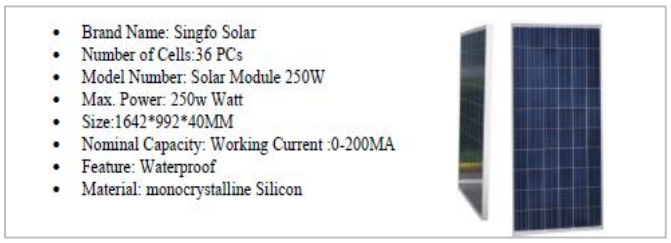
شكل رقم (٢٦) المتوسط الشهرى لاستهلاك المبنى.

شكل رقم (٢٧) تصميم المبنى على مساحة ٢٣٥ م٢ .

والنظام المقترح هو نظام متصل بالشبكة التقليدية ويتم انتاج الكهرباء من الخلايا الشمسية وانتاج الغاز المستخدم فى الطهى والتسخين من الغاز الناتج من وحدة بيوجاز .

### ١. تصميم نظام الخلايا الشمسية:

والسطح فى المبنى مستغل لانشطة الترفيه وبه حجرة معيشة داخلية بالاضافة الى السلم والأسقف الاخرى مائلة بزاوية ميل ٢٠ درجة، وسوف يتم تركيب الخلايا فى هذا الاتجاه وبهذه الزاوية لحساب كمية الطاقة المنتجة من لوح الخلية المستخدمة نوع احدى البلور ( mono crestline ) وذات قدرة ٢٥٠ وات وسعرها ١٧٥ دولار وأبعادها ( ١* ١,٦ * ٠,٤ ) .

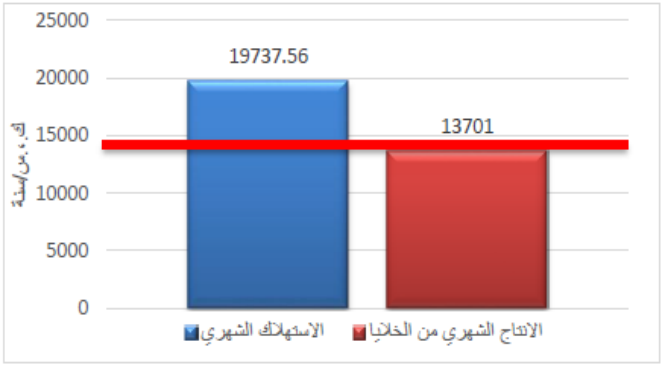


- Brand Name: Singfo Solar
- Number of Cells:36 PCs
- Model Number: Solar Module 250W
- Max. Power: 250w Watt
- Size:1642*992*40MM
- Nominal Capacity: Working Current :0-200MA
- Feature: Waterproof
- Material: monocrystalline Silicon

شكل رقم (٢٨) يوضح شكل الخلايا الضوئية المستخدمة(٢٦) .

ويمكن تركيب ٤٠ خلية باجمالى مسطح ٦٤ متر مربع وبزاوية ميل ٢٠ درجة وهى زاوية ميل للمبنى الحقيقى المصمم وسوف نقوم بحساب كمية الطاقة الناتجة من الخلية على زاوية الميل فى الشهور المختلفة من السنة ومقارنتها بالاستهلاك المطلوب والجدول التالى يوضح الطاقة المنتجة من تركيب ٤٠ لوح من الخلايا بمسطح اجمالى ٥٦ م٢ فى اتجاه الجنوب وزاوية ميل ٢٠ درجة (٢٦).

شكل رقم (٢٩) يوضح تركيب الخلايا الشمسية على سطح المبنى ومعدل الانتاج الشهرى .




شكل رقم (٣٠) يوضح معدل الاستهلاك والانتاج السنوى .

نستنتج من الشكل السابق أن شهور الصيف يزدادا العجز بين الانتاج والاستهلاك وكذلك فى شهور الشتاء يزداد العجز عن الانتاج ويكون العجز السنوى حوالى ٤٥٣٩ ك. و . س/ سنة، وتقوم الشبكة العامة بتغطية الانتاج ويكون نسبة العجز السنوى ٣٠ % من اجمالى الطاقة المستهلكة . ويكون

سعر(موفر الطاقة) كتكلفة اجمالية ٥٣٧٦ دولار، أى ما يعادل حوالى ٩٦٧٦٨ جنية مصرى.

جدول رقم (٦) يوضح الفرق بين فاتورة الكهرباء قبل التركيب وبعد التركيب

| الشهور | المتوسط الكلي للاستهلاك ك.و.س/شهر | الفرق بين الاستهلاك و الإنتاج ك.و.س/شهر | فاتورة الكهرباء بالجنية المصري | فاتورة الكهرباء بعد التركيب بالجنية المصرى | نسبة التوفير % |
|---|---|---|---|---|---|
| يناير | 1552.563 | 691.56 | 2095.9601 | 424.00 | 80 |
| فبراير | 1522.625 | 591.62 | 2055.5438 | 317.00 | 85 |
| مارس | 1511.438 | 331.43 | 2040.4413 | 126.05 | 94 |
| أبريل | 1458.688 | 222.68 | 1969.2288 | 66.10 | 97 |
| مايو | 1434.063 | 86.06 | 1935.9851 | 14.42 | 99 |
| يونيو | 1580.938 | 242.93 | 2134.2663 | 77.10 | 96 |
| يوليو | 1903.750 | 530.75 | 2570.0625 | 271.50 | 89 |
| أغسطس | 2035.188 | 683.18 | 2747.5038 | 386.25 | 86 |
| سبتمبر | 1831.938 | 589.93 | 2473.1163 | 275.75 | 89 |
| أكتوبر | 1572.438 | 426.43 | 2122.7913 | 178.30 | 92 |
| نوفمبر | 1651.500 | 752.5 | 2229.525 | 489.00 | 78 |
| ديسمبر | 1682.438 | 887.43 | 2271.2913 | 603.24 | 73 |
| الإجمالي السنوي | | | 26645.716 | 3228.71 | 88 |

والجدول السابق يوضح المتوسط الكلى الشهرى للاستهلاك والفرق بين الاستهلاك والانتاج والفاتورة الشهرية للكهرباء والفاتورة بعد تركيب الخلايا الضوئية وكذلك نسبة الخفض فى الفاتورة الشهرية والسنوية. مما سبق نستنتج أن نسبة الخفض فى فاتورة الكهرباء تتراوح ما بين ٧٠ – ٩٥٪ والاجمالى السنوى للخفض فى الفاتورة هو ٨٨ % . وتكلفة هذا النظام حوالى ٩٧٠٠٠ ج مصرى، أى أن النظام كله سوف يعود ثمنه على ٤ سنوات تقريبا، مع العلم أن العمر الافتراضى للنظام يتراوح ما بين ٢٥ – ٣٠ عام، وسوف يزدادا كفاءة النظام اذا تم مراعاة زوايا الميل المثلى للخلية فى أوقات الذروة .

## ٢. تصميم نظام وحدة البيوجاز:

يتحدد حجم محطة البيوجاز بناءا على حجم التغذية اليومية لها، الآتية من المراحيض الموجودة بالمسكن والمخلفات العضوية والمخلفات الزراعية . ثم تصمم شبكات التغذية الخاصة القادمة من المرحاض والمطابخ وشبكات الغاز للسخان والموقد وشبكة صرف السماد، ومتوسط استهلاك انابيب الغاز: ٣- ٤ انابيب/شهر، ساعات تشغيل الموقد ٤ساعة/يوم، متوسط المخلفات ٧٥ كجم/يوم، متوسط المخلفات العضوية فى اليوم ١٠٠ جرام/فرد، ومتوسط افراد الاسرة من ٥- ٦ افراد، حيث أن حجم كل الوحدة ٦م٣ وقطرها ٤م ، وتتغذى بما يقرب ٤ براويطه من المخلفات للوحدة، كل وحدة لها حوض تغذية بالمخلفات ١,٥م×١,٥م وبعمق ١م فوق سطح الارض وحوض تخزين السماد الناتج من الوحدة اسطوانى الشكل بقطر ٢م وحوض سحب ١م×١م وعلى عمق ١م، وتبلغ تكلفتها ٢٤ الف جنية مصرى . وتبلغ تكلفة الاستهلاك الشهرى من انابيب الغاز ٤ انابيب فى الشهر وسعر الانبوبة ١٠٠جنية ليصبح اجمالى الاستهلاك الشهرى= ٤×١٠٠= ٤٠٠ جنية فى الشهر، واجمالى الاستهلاك فى السنة = ١٢×٤٠٠= ٤٨٠٠ جنية فى السنة . لذا يمكن استرداد تكلفة وحدة البيوجاز فى خلال المدة = ٢٤٠٠٠÷٤٨٠٠= ٥ سنوات والعمر الافتراضى للوحدة هو ٢٥- ٣٠سنة .

اذن الوفر المحقق لاستخدام نظام الطاقة المتجددة الهجين المقترح والاستغناء عن مد الشبكات التقليدية للمنازل الريفية ( ما تدفعه الدولة ). ولمعرفة مدى الوفر من النظام المقترح لابد من مقارنتها بالطرق التقليدية لتوصيل هذه الخدمات.

لذا سوف يتم حساب مد الشبكات التقليدية (كهرباء – غاز – صرف صحى للقرية، والتى تضم ٦٠ منزل تقريباً بتعداد سكان ٤٨١ شخص . وبمراجعة شركات الطاقة التقليدية (كهرباء ، صرف صحى، غاز طبيعى) تم الحصول على تكلفة تقديرية للمسكن لمد الشبكات إلى محطات الطاقة التقليدية القريبة من منطقة الدراسة وهى كالتالى :-

- نصيب المسكن الواحد من تكلفة مد شبكات الكهرباء التقليدية= ٢٠٧٥٠٠ جنية مصرى/ للمسكن الواحد.
- نصيب المسكن الواحد من تكلفة مد شبكات الصرف الصحى التقليدية = ٨٠٨٠٠ جنية مصرى/ للمسكن.
- نصيب المسكن الواحد من تكلفة مد شبكات الغاز الطبيعى التقليدية = ١٣ الف جنية مصرى/ للمسكن .

ليصبح اجمالى التوفير لمد الشبكات التقليدية للمسكن الواحد = ٣٠١٣٠٠ جنية مصرى،

فى حين أن اجمالى تكلفة النظام الهجين المقترح للمسكن = ٩٧٠٠٠ + ٢٤٠٠٠ = ١٢١ الف جنية مصرى ، اى نسبة التوفير فيما تدفعة الدولة من مد الشبكات التقليدية هو بنسبة ٥٩,٨٪ .

جدول رقم (٧) يوضح اجماليات الاستهلاك والوفر السنوى قبل وبعد الاستخدام الهجين

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| اجمالى الاستهلاك السنوى للمنزل قبل استخدام النظام الهجين | | الكهرباء | ١٩٧٣٧,٥٦٧ ك.و.س/سنة | |
| | | الغاز | ٣-٤ انابيب غاز | |
| اجمالى الفاتورة السنوية (ما يدفعة المستخدم) | | الكهرباء | ٢٦٦٤٥,٧٥ جنية مصرى | |
| | | الغاز | ٤٨٠٠ جنية مصرى | |
| عناصر النظام الهجين | | الخلايا الشمسية | | |
| | | وحدة بيوجاز | | |
| مكونات النظام الهجين | الخلايا الشمسية | ٤٠ خلية احادى البلور mono crestline بقدرة ٢٥٠وات للوح وابعادها ١×١,٦×٠,٤م | | |
| | وحدة بيوجاز | حجم الوحدة | ٦م٣ | |
| | | كمية تغذية الوحدة | ٤ براويطه من المخلفات (٧٥كجم تقريبا) | |
| | | حوض التغذية | ١,٥×١,٥م بعمق ١م | |
| | | حوض تخزين السماد | اسطوانى الشكل بقطر ٢م | |
| | | حوض سحب السماد | ١×١م بعمق ١م | |
| تكلفة النظام الهجين | الخلايا الشمسية | ٩٧ الف جنية مصرى تقريبا | | |
| | وحدة بيوجاز | ٢٤ الف جنية مصرى تقريبا | | |
| العمر الافتراضى للنظام الهجين | ٢٥ – ٣٠ سنة | | | |
| فترة سداد تكلفة النظام الهجين | الخلايا الشمسية | ٤ سنوات | | |
| | وحدة بيوجاز | ٥ سنوات | | |
| ما يوفره النظام الهجين على مستوى الفرد (سنويا) | الخلايا الشمسية | ٢٣ الف جنية مصرى تقريبا من فاتورة الكهرباء | نسبة الوفر السنوى | ٨٨٪ |
| | وحدة بيوجاز | ٤٨٠٠ جنية مصرى تقريبا من فاتورة الغاز | | ١٠٠٪ |
| ما يوفره النظام الهجين على مستوى الدولة (للمسكن الواحد) | الوفر فى تكلفة مد شبكات الكهرباء التقليدية | ٢٠٧٥٠٠ جنية مصرى/ للمسكن الواحد | | |
| | الوفر فى تكلفة مد شبكات الصرف الصحى التقليدية | ٨٠٨٠٠ جنية مصرى/ للمسكن | | |
| | الوفر فى تكلفة مد شبكات الغاز الطبيعى التقليدية | ١٣ الف جنية مصرى/ للمسكن | | |
| | اجمالى التوفير لمد الشبكات التقليدية للمسكن الواحد | ١٢١ الف جنية مصرى بنسبة وفر ٥٩,٨٪ | | |

**سابعاً : النتائج والتوصيات :-**

❖ **النتائج :- مما سبق عرضه فانه يمكن التوصل الى مجموعة من النتائج :**

١. **يساعد تطبيق أنظمة الطاقة المتجددة الهجينة المقترحة خاصة بالمسكن الريفى المتميز على**

**خفض فاتورة الكهرباء بنسبة تتراوح بين ٧٠٪ - ٩٥٪ والاجمالى السنوى للخفض هو ٨٨٪ ، ونسبة التوفير فيما تدفعة الدولة من مد الشبكات التقليدية من الصرف الصحى والكهرباء والغاز الطبيعى هو بنسبة ٥٩,٨٪ .**

٢. **نظام الطاقة المقترح الهجين من الخلايا الشمسية ووحدة البيوجاز بالمسكن الريفى المتميز (الفيلا) يمكن استرداد قيمة تكلفتة الابتدائية على فترة من ٤- ٥ سنوات فقط .**

٣. **يساعد تطبيق أنظمة الطاقة المتجددة الهجينة المقترحة خاصة بالمسكن الريفى على ما يلى:-**

- حل مشكلات عدم وجود شبكات صرف صحى وتراكم المخلفات بالمجتمعات العمرانية، ونشر تكنولوجيا توربينات الرياح المنزلية الصغيرة وأهميتها والتى غير معروفة وغير مستخدمة فى مصر رغم أن تكلفتها أقل من توربينات الرياح الكبيرة حيث يتم اختيار السيناريو الذى به مساهمة من الطاقة الرياح ويتم تطبيقه على المناطق التى تتوفر بها سرعات رياح عالية .
- نشر تكنولوجيا وحدات البيوجاز المعتمدة على المخلفات الحيوانية والزراعية والانسانية ، التى هى ثروة قومية مهدرة فى المناطق الريفية، وكذلك التعرف على طرق تنفيذها وطرق دمجها مع المسكن . كما يأمن إمداد المسكن بالطاقة اللازمة له بطريقة نظيفة وآمنة وموثوقة، وأهمها الاستدامة، حيث فى حالة الغيوم وعدم وجود الشمس تقور الرياح بتوليد الطاقة واذا لم تتوفر الرياح تقوم بسد العجز بتوليدها من وحدة البيوجاز، وبذلك تعطى استمرارية للنظام عن انفراد كل طاقة بذاتها .
- تحرر المسكن من التبعية للشبكات التقليدية والبنى التحتية المكلفة، وبالتالى تتحرر المناطق الريفية من تبعية الحضر وبهذا يعيد التوازن بين الريف والبيئة لما كانت عليه سابقاً للاستفادة من الطاقة المتجددة المتوفرة لدى المناطق الريفية .
- توفير إمدادات الطاقة اللازمة لتنمية المناطق النائية وبكلفة اقتصادية اقل مقارنة ببديل إمداد الشبكات التقليدية، التى تؤدي إلى تحسين نوعية الحياة لما يوفره من خدمات أفضل للسكان، ويسهم في مقاومة الفقر، وإيجاد فرص للعمالة المحلية في مجالات تصنيع وتركيب معدات الطاقة المتجددة وصيانتها، فالعديد من هذه المعدات يمكن تصنيعها بإمكانيات محدودة .

٤. **يمثل نظام توليد الطاقة الهجين حل جيد وفعال لتوليد الطاقة من موارد الطاقة الغير تقليدية كما لديها كفاءة أكبر. ويمكنها توفير الطاقة للأماكن النائية التي لا تستطيع الحكومة الوصول إليها. بحيث يمكن استخدام الطاقة في المكان الذي تم توليده فيه بحيث يقلل من خسائر الإرسال والنقل، ويمكن خفض التكلفة عن طريق زيادة إنتاج المعدات، كما يتحرر الامداد الطاقى للمسكن من تبعية ارتفاع و انخفاض الوقود الأحفوري.**

٥. **يمكن تطبيق أنظمة الطاقة المتجددة الهجين ابتداءاً من المستوى السكنى الصغير وصولاً الى مستوى قرية او مستوى عدة قرى مع بعضها .**

٦. **اثبتت التجارب العالمية التى تناولها البحث أنه أمكن إمداد تجمعات سكنية بكاملها سواء على مستوى القرية أو على مستوى مسكن بالطاقة اللازمة لها من الطاقة المتجددة "النظم الهجين" سواء كانت الطاقة الشمسية مع طاقة الرياح أو الطاقة الشمسية مع طاقة الكتلة الحيوية أو غيرها.**

٧. **نظم الطاقة المتكاملة تعني الجمع بين نوع أو نوعين أو أكثر من نوع مختلف من أجهزة تستخدم لتوليد الطاقة من المصادر المتجددة او تجمع بين نوعين أو أكثر من أنواع الوقود أو كلاهما معاً، وهذه الأنظمة تستطيع أن توفر وبشكل اقتصادي كفء الطاقة اللازمة لمبني سكني أو لمجتمع صحراوي صغير.**

٨. **تعتبر نظم الطاقة الهجين (Hybrid System) ، وخاصة محطات الغاز الحيوي و أنظمة الطاقة الشمسية المنزلية (SHS) مجديين من الناحية التقنية قابلة للتجديد ولتوفير أحمال الطهي والكهرباء في المناطق الريفية أو المناطق النائية وخاصة بالدول النامية .**

٩. **يعتمد تصميم النظم المتكاملة الهجينة علي معايير محددة ترتكز علي طبيعة المصادر المتاحة من الطاقة في المنطقة ومقدار الاحمال المطلوبة للمبني السكني.**

١٠. **تعتبر وحدة البيوجاز ثروة هائلة بالقرى المتوفر بها المخلفات و أثبتت اهميتها فى حل مشكلة الطاقة فى الوقت الحالى حيث انها تكون اقتصادية فى القرى النائية الغير متصلة بالشبكة ولكن تكون هجين مع مصدر آخر من الطاقة أو اكثر، لأنها تكون ارخص تكلفة من المصادر الاخرى فى الوقت الحالى.**

١١. **توصلت الدراسة لطرق مختلفة لدمج انظمة الطاقة الهجين (طاقة شمسة – طاقة الرياح – طاقة الكتلة الحيوية) على ثلاثة مستويات كما هو موضح بالاشكال ( ٢٢، ٢٣، ٢٤، ٢٥) .**

❖ **<u>التوصيات :-</u>**

١. **تطبيق النظام المقترح بالمساكن المتميزة ذو استهلاك عالى من الطاقة وعلى ان تطبق بالانماط المساكن المختلفة لثبوت توفيرها فى الطاقة سواء على مستوى الفرد او على مستوى الدولة فيما تدفعه فى مد الشبكات التقليدية .**

٢. **أن تتبنى الدولة دعم تنفيذ النظم الهجين على مستوى المجتمعات الغير متصلة ذو النمط الفقير واستهلاك منخفض من الطاقة ( اقل من ٢٠٠ ك.و.س/ الشهر)، وذلك ليكون تطبيقاً عملياً استرشادياً لحل مشاكل الطاقة التقليدية فى المناطق المنعزلة عن الشبكات التقليدية ( Off grid) واستبدالها بالطاقة المتجددة .**

٣. **. يجب دراسة الموقع و اقتصاديات النظام الهجين من الطاقة المتجددة واختيار طريقة تنفيذ المشروع بما يتناسب مع الحالة الاقتصادية**

للمنطقة وذلك للاختيار بين أنه يكون على مستوى المسكن أو مستوى مجموعة من المساكن أوعلى مستوى القرية ككل ، ليكون المشروع أكثر جدوى اقتصادية.

٤. يراعى عند دمج نظم الطاقة المتجددة مع المسكن الريفى المساحات المتوفرة ونوع التقنية المستخدمة ونمط المسكن، مع الأخذ فى الاعتبار الاحتياطات والمعايير التى يجب مراعاتها لكل نظام من نظم الطاقة المتجددة والمساحة التى يجب أن تتوفر لوضع هذه الانظمة، بحيث أن تكون متكاملة مع المبنى.

٥. يراعى تنفيذ مشاريع الطاقة الهجين المعتمدة على أكثر من مصدر من الطاقة المتجددة لانها اكثر جدوى اقتصادية واكثر استمرارية واستدامة عن مشاريع الطاقة المتجددة المعتمدة على مصدر واحد فقط من الطاقة .

٦. توصى الدراسة الحالية بضرورة البدء فى تجارب فعلية متكاملة لاستخدام تقنيات الطاقة المتجددة، وإحلالها محل الطاقة الحالية حتى ولو بدأت هذه التجارب بتكاليف مرتفعة، فإن تقييمها بشكل متكامل والتوسع فى عملية الإحلال وتطوير التقنيات يمكن أن يفى بالغرض على المدى البعيد، وبالتالى فإن ذلك يساعد فى برامج عملية التنمية الريفية المستدامة للقرى القائمة والجديدة .

٧. إنشاء وحدة للمتابعة الفنية لعلاج مشاكل انظمة الطاقة المتجددة .

٨. نشر الوعي البيئي لدى كل وسائل الإعلام المحلية بما يعمق فكر البيئة النظيفة الآمنة لحياة الإنسان بمحيطه من هواء وماء ونبات وكائنات حية.

ثامناً : المراجع ( حسب ما ورد فى البحث ) :-


[١] Gary D.Burch, "Hybrid Energy Systems"m office of Power Technologies", U.S. Department of Energy Systems, Freiburg, Germany, 2001.

[٢] Sandar Linn, Aung Ze Ya, " Feasibility Study of Hybrid Renewable Energy (Solar, Wind and Diesel) System for Rural ", International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), Volume: 03 Issue: 07, 2017 .

[٣] Marcus Wiemann, Simon Rolland, Guido Glania, "HYBRID MINI GRIDS FOR RURAL ELECTRIFICATION: LESSONS LEARNED", Alliance for Rural Electrification (ARE), Brussels, Belgium, May 2014.

[٤] http://www.absak.com 5.00 pm , 15-01/2020 .

[٥] أحمد عاطف الدسوقي الفجال، " العلاقة التكاملية بين مصادر الطاقة الطبيعية والتوافق البيئي في المنتجعات السياحية "، رسالة دكتوراه، جامعة عين شمس ، قسم العمارة ، فبراير ٢٠٠٢ م .

[٦] شيماء السيد أمين صبور، " المبانى السكنية المولدة للطاقة فى ضوء التحولات فى اقتصاديات الطاقة "، رسالة دكتوراه، قسم الهندسة المعمارية ، كلية الهندسة ، جامعة الزقازيق ، ٢٠١٨ .

[٧] https://pasolar.ncat.org/images/grid_connected.jpg

[٨] Pacific Northwest National Laboratory & Oak Ridge National Laboratory, "High-Performance Home Technologies: Solar Thermal & Photovoltaic Systems", Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, U.S.A. , June 2007.

[٩] A. Goetzberger and V. U. Hoffmann, "Photovoltaic solar energy generation", vol. 112. Springer Science & Business Media, 2005.

[١٠] Jeongsu Park," A New Building-Integrated Wind Turbine System Utilizing the Building",[Journal], Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), Korea : [s.n.], 2015.

[١١] http://swipproject.eu/?page_id=12146 6.00 pm , 17-01/2020

[١٢] organazition fresh energy fresh energy organazition , 2016. - http://www.fresh-energy.org/. 7.00. 20-01-2020

[١٣] Pacific Northwest National Laboratory, "Compressed Air Energy Storage", [Report], USA : U.S. Department of Energy, 2017.

[١٤] Jadranka Cace RenCom, " Wind Energy Integration in the Urban Environment", [Report], USA : WINeur, February 2007.

[١٥] https://www.alibaba.com/product-detail/100w-AC-12v-24v-low-rpm_503929779.html. 6.30 , 22-01-2020

[١٦] https://pasolar.ncat.org/images/grid_connected.jpg . 8:00, 15-12-2019

[١٧] 6:00, 06-01-2020 http://www.absak.com

[١٨] http://www.self.org/nepal.asp 8:00, 22-01-2020

[١٩] http://archive.nepalitimes.com/news.php?idW7hP mLjMhOk . 3:00, 15-01-2020.

[٢٠] http://www.islamonline.net/servlet/Satellite?c=Article_C&pagename=Zone-English HealthScience%2FHSELayout&cid .1:00, 11-01-2020.

[٢١] https://www.thomaslkellyphotos.com/Assignments/Zeit-Magazine/SOLAR-POWER-ON-THE-ROOF-OF-THE/ 4:00, 09-01-2020.

[٢٢] نغم خضر عبد الهادي علي، " نحو استراتيجية للتكامل بين نظم كمدخل للوصول إلي أقل التكاليف" ، رسالة ماجستير، قسم الهندسة المعمارية، جامعة عين شمس ، ٢٠٠٤.

[٢٣] https://prometheus.org/photos ٢٠٢٠-٠١-٠١ – ٢:٠٠

[٢٤] Andrej Čotar dipl.ing, " PHOTOVOLTAIC SYSTEMS", [Journal].[s.l.] :IRENA- Istrian regional energy agency, january 2012.

[٢٥] Committee, Houston, September , 1998 , PDF.

[٢٦] www.etis.net/caddet/retb/no200.pdf.

[٢٧] Study the effectiveness of applying the hybrid system from renewable energy