JAUES

Journal Of Al Azhar University Engineering Sector

Vol. 12, No. 44, July, 2017, 1087-1105

منهج تقنى لإستخدام مصادر الطاقة المتجددة لعمارة إقتصادية
دراسة حالة مشروع إسكان إجتماعى " دار مصر "

علاء الدين السيد فريد [1]و الجندي شاكر الجندي [1] و إكرام مصطفى محمد على [2]

[1]قسم العمارة ، كليـة الهندسة ، جامعـة الأزهـر

[2]مهندسة معمارية حرة

ABSTRACT

There is no doubt that the spread of modern technology on a large scale change the concept of architecture from just work of art to a scientific approach links the user requirements, the surrounding environmental impacts, modern technology and economic architecture. Here is come the need to study clean energy, especially solar energy, and connect them with the economic aspect in architecture and study the importance and the effectiveness of using such sources in present and future. The research is a technical study for the use of renewable energy sources for making an integrated economic architecture in order to consistent with economic development, instead of relying on traditional energy sources which are threatened with depletion.

ملخص البحث

مما لا شك فيه أن انتشار التكنولوجيا الحديثة على نطاق واسع قد غيرمفهوم العمارة من مجرد عمل فنى ذا طابع جمالى إلى منهج علمى يربط بين متطلبات المستخدم ، التأثيرات البيئية المحيطة ، التكنولوجيا الحديثة والعمارة الاقتصادية ، فدعت الحاجة إلى دراسة الطاقة النظيفة ، ومن أبرزها الطاقة الشمسية ، وربطها مع الجانب الاقتصادى فى العمارة ودراسة أهمية ومدى فاعلية استخدام مثل هذه المصادر فى الوقت الحالى ، ولذا **يهدف البحث** إلى دراسة تقنية لاستخدام مصادر الطاقة المتجددة للوصول إلى عمارة اقتصادية متكاملة من أجل الوقوف على مسار التنمية الاقتصادية ، كونها معتمدة على مصادر الطاقة التقليدية التى باتت مهددة بالنضوب وبالتالى فى تمويل التنمية ، ويتبع البحث المنهج الاستقرائى والتحليلى والتطبيقى ، للتعرف على أهمية استخدام تكنولوجيات الطاقة الشمسية فى إنتاج عمارة اقتصادية.

الكلمات الدالة : الطاقة المتجددة ، العمارة الشمسية ، النظم الفوتوفولتية ، العمارة الاقتصادية .

١. مفاهيم خاصة بموضوع البحث

1.1. الطاقة المتجددة (Renewable Energy)

الطاقات المتجددة هى الطاقات التى نحصل عليها من خلال تيارات الطاقة التى يتكرر وجودها فى الطبيعة على نحو تلقائى ودورى .

2.1. التنمية المستدامة (Sustainable Development)

هى ضرورة إنجاز التنمية بحيث تحقق على نحو متساوٍ الحاجات التنموية والبيئية لأجيال الحاضر والمستقبل[14]، أى أنها الاستثمار الأمثل للبيئة والاستفادة من الموارد والإمكانيات المتاحة سواَءً كانت بشرية أو مادية أو طبيعية بشكل فعال ومتوازن اقتصادياً وبيئياً وعمرانياً واجتماعياً لتحقيق العدالة للسكان ودون إهدار مكتسبات الأجيال القادمة [11].

3.1. العمارة الشمسية (Solar Architecture)

هى الفن الوظيفى لتشكيل الفراغات والكتل المعمارية من منظور إستخدام الطاقة الشمسية خلال الزمن من أجل التحكم فى خصائص البيئة المعيشية داخل هذه الفراغات بما يتلائم مع راحة الإنسان الفسيولوجية والسيكولوجية[1].

4.1.النظم الفوتوفولتية (Photovoltaic Systems)

هى تلك النظم التى تنتج الطاقة الكهربية بشكل مباشر من خلال الخلايا الشمسية التى تستطيع تحويل الإشعاع الشمسى الساقط على سطحها إلى طاقة كهربية وهى أحد أنواع تقنيات الطاقة الشمسية النشطة، وتتكون كلمة

Photovoltaic من مقطعين الأول Photo ويعنى الضوء ، والثانى voltaic نسبة إلى العالم إلكساندو فولتا [4].

5.1. العمارة الاقتصادية

ظهر هذا المصطلح كنتيجة لإيجاد حل للمشاكل البيئية والاقتصادية التى تعانى منها العمارة الحالية لتغيير الأنماط التقليدية المتبعة فى التصميم والتنفيذ للوصول إلى تصميم مستدام وأقل تكلفة .

٢. التقنية والعمارة

القطاع العمرانى هو أحد قطاعات النشاطات البشرية التى تسعى لتحقيق البعد البيئى من خلال خفض استهلاك الطاقة والاستثمار الأمثل والرشيد للموارد الطبيعية والتحول والاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة بأساليب تقنية مبتكرة وحديثة.

٣. الثورة المعلوماتية ومردودها التقنى على العمارة

تعددت استخدامات تطبيقات الحاسب الآلى فى مجالات التصميم المعمارى المهنى والتعليمى بخلاف البحوث والدراسات الأكاديمية والاستفادة من العولمة وثورة الإتصالات، ومن الانعكاسات الظاهرة لهذه التكنولوجيا فى مجال التصميم المعمارى ما يعرف بدعم الحاسب الآلى للتصميم المعمارى CAAD– Computer Aided [6]Architectural Design والذى يعد وثبة كبرى فى تكنولوجيا تصميم المشروعات المعمارية وخفض تكلفتها.ومن أهم مخرجات تلك البرمجيات هو التخيل للمناظير Visualizationوالمحاكاة Simulationوتحريك المجسمات والتحرك داخلها ونظم إعداد الماكينات والمجسمات الصغيرة،وتعتبر تقنية الواقع الإفتراضى (Virtual Reality) من أهم التطبيقات التى توصلت إليها عمليات التطوير فى مجالات الحاسب الآلى فى التصميم المعمارى، وهى تستخدم بشكل فعال[7].

3. 1.البرامج التكاملية والتفاعلية

يقصد بها محاكاة التفاعلات الحيوية فى المبنى وكذلك محاكاة الطاقة.ومن هنا تأتى فكرة برامج نمذجة معلومات المبنى (BIM) إختصاراً لـ (Building Information Modeling) والتى تعتبر أداة ضبط للمشروع قبل تنفيذه فى الواقع، لأنها تتيح دراسة المشروع ومعرفة الصعوبات التى قد تواجه القائمين عليه مع إعطاء مرونة فى إيجاد الحلول من توافق أو إختلاف حسب طبيعة المشروع، كما تساعد هذه البرامج على عمل تواصل مستمر بين مراحل البناء والتصميم وإعداد مخططات دراسية مستخدماً لغة البرمجة فى دراسة المؤثرات المختلفة للمبنى. كما يمكن إعداد كل الأجهزة والتركيبات الخاصة بالتكييف والصحى والميكانيكا، ومعرفة الأماكن التى ستثبت بها ومدى اقتصادية هذه الحلول، بالإضافة إلى إعداد جداول الكميات والمواصفات لكل بنود المبنى[15].

جدول (1) يوضح مراحل تطور نماذج معلومات المبنى

مراحل تطور نماذج معلومات المبنى	
المرحلة الأولى : نماذج وضع الأفكار المبدئية	وهذا النموذج لا يحتاج إلى تفاصيل ويعتمد على التجريد والتبسيط وهى طبيعة التصميم الابتدائى ، حيث يعتمد على وضع أفكار كثيرة وإختيار الأفضل بينها والمناقشة بين فريق العمل ويقوم المعمارى بتنفيذ هذا النموذج.
المرحلة الثانية : نماذج التصميم	وهذه النماذج تعتمد على مستوى متوسط من التفاصيل وتكون بمثابة النقطة الحقيقية لبدء المشروع ، ويكون الغرض الأساسى من هذه النماذج هو تحليل التصميم وأخذ آراء التخصصات الأخرى فى ملائمة التصميم للغرض المصمم له وتلبية الاحتياجات والخدمات اللازمة .
المرحلة الثالثة : نماذج التنفيذ	ويتضمن هذا النموذج مستوى أعلى من التفاصيل ، وذلك للوصول إلى الشكل النهائى للمبنى ، وتقوم كل التخصصات بإستخدام النموذج التصميمى ودراسته وتحليله، ثم القيام بالتصميم وإجراء التعديلات على النموذج الثلاثى الأبعاد ، حيث تظهر المشاكل الخاصة بالتعارض أو التداخل بين التخصصات المختلفة ، ليتم التعامل معها وحلها عبر هذا النموذج ، وفى هذه المرحلة يقوم المعمارى بعمل النماذج والتعديل عليها فى النموذج الرئيسى .
المرحلة الرابعة : النماذج الخاصة بمرحلة التفاصيل	وتغطى هذه النماذج تفاصيل جميع أجزاء المشروع ، وتعتمد هذه النماذج على التحليل البصرى فقط .ومثال ذلك دراسة تركيب عناصر الحوائط الزجاجية Curtain Wall وعلاقتها بالأسقف الداخلية للأدوار .

المرحل الخامسة : نماذج رسومات التشغيل	وتعتمد هذه النماذج على مستوى عالى من التفاصيل مع ضرورة وضوح معلومات التصنيع والتنفيذ ، ويقوم بتنفيذ هذه النماذج التخصصات العاملة عليها للوصول إلى أعلى مستوى من التفاصيل المطلوبة ، مع أهمية دور المتابعة والمراجعة من جميع التخصصات على الشكل النهائى للتفاصيل .
المرحلة السادسة : نماذج تعديل الرسومات عل ما تم بناؤه	وتقوم هذه النماذج على ما تم بناؤه فى الموقع ولكن بالإتصال مع نموذج ال(BIM) ولكى تتم هذه النماذج بالشكل الصحيح، يجب أن يبدء العمل بها مع بداية تنفيذ المشروع خطوة بخطوة بحيث إذا انتهى الجدول الزمنى تكون هذه النماذج فى الشكل النهائى للمبنى .وتحتاج هذه النماذج إلى إدارة جيدة ومتابعة مستمرة بين أفراد ومجموعات العمل على التصميم والتنفيذ وبإستخدام أجهزة المسح الألكترونى مثل الماسح بإستخدام الليزر ثلاثى الأبعاد (3D laser Scan) وتستخدم النقاط الملتقطة بواسطة الماسح الألكترونى فى إنشاء وتنفيذ نموذجBIM للرسومات والمبانى المنفذة .ويمكن عمل الأتصال بين هذه الأجهزة والبرمجيات القائمة على تنفيذ هذه النماذج عبر شبكة الأتصالات والأقمار الصناعية .
المرحلة السابعة : نماذج التشغيل والصيانة	وتعتمد هذه النماذج على مستويات متعددة من التفاصيل مع ربط دائم مع المبنى بعد التنفيذ وتطوير مستمر لما يستجد على المبنى من متغيرات لتلبية الصيانة الدورية والدائمة للمبنى.
المرحلة الثامنة : نماذج التحليل	حيث تم إعداد البرمجيات التى تساعد على إعداد تحليلات على النموذج الثلاثى الأبعاد، والمحاكى للمبنى تماما فى جميع الظروف، والأحوال المحيطة به بشكل مماثل تماما للحقيقة، وربطها بشبكة المعلومات ووسائل الأتصالات ، ويتم تصنيف هذه التحليلات كالتالي: ١) التحليلات النوعية : وتساعد هذه التحليلات فريق التصميم على إتخاذ القرارات فى مراحل التصميم ودراسة الوظيفة لفراغات المبنى ، معرفة الطرق المثلى للبناء عبر إجراء تحليلات لإنظمة الأنشاء، وتوفير المجهود والتقليل من الأخطاء عبر تحليلات تظهر الأماكن التى يحدث بها مشاكل وتداخل لأنظمة البناء. ٢) التحليلات المتسلسلة : وتشير هذه التحليلات إلى الدراسات التى تعتمد على الوقت وتنظيم مسار وخطوات العمل فى المشروع أو المبنى بتنظيم مهام العمل ودخول فرق البناء والمعدات والمواد بما يوفر المال والوقت والمجهود ويتم توضيح هذه التحليلات بواسطة الجداول والمنحنيات الخطية.

٤. مصادر الطاقة المتجددة

مع زيادة الطلب على مصادر الطاقة التقليدية مثل الفحم والغاز تحتم على العالم البحث عن مصادر بديلة، وبخاصة المصادر المتجددة مثل الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، الطاقة الحرارية الأرضية والمائية، وطاقة الهيدروجين والأمواج وطاقة الكتلة الحيوية والطاقة النووية. ولقد أثبتت الدراسات أن التأثيرات البيئية لمصادر الطاقة المتجددة قليلة مقارنة بمصادر الطاقة الأخرى.

٥. الواقع الحالى لمساهمة مصادر الطاقة المتجددة فى ميزان الطاقة

يمثل العرض العالمى من مصادر الطاقة المتجددة حوالى 13 % من العرض الإجمالى للطاقة الأولية، وتقدر نسبة التقنيات والتكنولوجيات المسوقة حالياً للطاقة الشمسية والمولدة للطاقة من الرياح والمياه والمستغلة للمصادر المتجددة الأخرى أقل من 3 % ، حيث أنه وحسب تقرير ريو دي جانيرو +20 المنعقد بالبرازيل فى جوان 2012 فإنه قد تم تراجع كبير فى استخدام الطاقة الشمسية مقارنة بالطاقة التقليدية بنسبة تقدر بـ 30000 % منذ عام

1992م ، وتراجع كبير فى استخدام طاقة الرياح بنسبة 6000 % ، وتراجع مقدر بـ 3500 % من طاقة الوقود الحيوى فى نظام عرض الطاقة العالمى فى غضون عشرين سنة فقط [21] .

5. 1. الواقع الحالى لمساهمة مصادر الطاقة المتجددة فى المنطقة العربية

- تستحوذ المنطقة العربية على ما يقرب من ثلثى الاحتياطى العالمى للنفط، وثلث احتياطى الغاز الطبيعى، كذلك يمثل إنتاج الدول العربية من النفط نحو 30 % من الإنتاج العالمى، وتشكل صادراتها نحو 67 % من إجمالى إيراداتها السنوية.
- بلغ إجمالى القدرات الكهربية المركبة عربياً 213 جيجا وات فى عام 2012 حيث قدر الإنتاج حوالى 936 تيرا وات / ساعة بزيادة مقدارها 5,7 % عن عام 2011، كما تفاوت نصيب الفرد من الكهرباء فى الدول العربية تفاوتاً كبيراً ليتراوح بين 216 كيلو وات / ساعة شهرياً فى اليمن إلى 1417 كيلو وات / ساعة شهرياً فى قطر.
- تشارك الطاقة المتجددة بنحو 7 % من القدرات المركبة من استهلاك كهرباء الوطن العربى، وتتضمن هذه النسبة الطاقة الكهرومائية والتى تبلغ قدراتها المركبة حوالى 11 ألف ميجا وات، فى حين سجلت تكنولوجيات الشمس والرياح مجتمعة حوالى ألف ميجا وات.
- تمتلك سبع دول عربية قدرات مركبة من طاقة الرياح فلدى مصر 550 ميجا وات تليها المغرب وتونس بأكثر من 290 و 154ميجا وات على الترتيب ، كما تشهد طاقة الرياح نمواً كبيراً خلال السنوات الخمس الماضية ، بزيادة ثمانية أضعاف للفترة من 2008– 2012م.
- تعد التجربة التونسية فى مجال كفاءة الطاقة إحدى التجارب المتميزة عربياً وعالمياً وأثبتت بما لايدع مجالاً للشك بأن تحسين كفاءة الطاقة يمكن أن يساهم فى خفض الطلب على الطاقة الأولية بنحو 6%، وحوالى 8 % من إجمالى الطاقة الكهربية المنتجة.
- لتسخين المياة بالطاقة الشمسية دورهام فى تعزيز مساهمة الطاقة المتجددة حيث تبلغ مساحة المجمعات المركبة نحو 4,8 مليون متر مربع، وهو ما يمثل أكثر من 3,3 جيجا وات حرارى من القدرة المركبة يتواجد معظمها فى الدول المستوردة للنفط.
- على الرغم من أن حصة الطاقة الشمسية حالياً، لاتزال متواضعة نسبياً، إلا أنها تنمو بشكل متسارع حيث أن الدول العربية تستخدم الطاقة الكهروضوئية Photovoltaic لتلبية جزء من الطلب الوطنى على الكهرباء، وتأتى الإمارات فى المركز الأول بقدرة مركبة تبلغ 22,5 ميجا وات وتليها مصر وموريتانيا والمغرب بنحو 15 ميجا وات لكلٍ منها [2].

٦. اقتصاديات مصادر الطاقة المتجددة

تمثل المقارنات المبينة فى الجدول التالى تقديرات قامت بها منظمات وهيئات حكومية مستقلة فى كل من أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية ، حيث تمثل تكاليف الاستثمار كل تكاليف الإنجاز وتتفرع إلى تكاليف ثابتة للاستغلال تتضمن تكاليف المحطات واليد العاملة والتى هى مقدرة أساساً بسعر البترول ما بين 130 إلى150 دولار للبرميل ، والتكاليف المتغيرة تتضمن تكاليف التكنولوجيا والتقنية والمتغيرة حسب دورة حياة الاستثمارات وحسب بحوث التطوير والاكتشافات ، حيث نلاحظ انخفاض تكاليف كل من تطبيقات توربينات الرياح وتكاليف الخلايا الفوتوفولتية وطاقة الحرارة الجوفية وتقاربها إلى حد كبير مع تكاليف إنتاج الطاقة من الفحم الحجرى والغاز الطبيعى، وهو أحد الأسباب المساهمة فى تطوير استثمارات إنتاج الطاقة المتجددة.

جدول (2): تقييم التكلفة الإجمالية لقطاعات مصادر الطاقة التقليدية والمتجددة (2016- 2020) [22]

القطاع	القدرة الإنتاجية (ميغا وات)	التكلفة الإجمالية للاستثمار (بالدولار)	التكاليف الثابتة للاستغلال (بالدولار)	التكاليف المتغيرة للاستغلال (بالدولار)	تكلفة تحويل الاستثمارات (بالدولار)	تكاليف الإنتاج الإجمالية (بالدولار)
الفحم التقليدي	85	46.4	2.8	17.1	0.9	67.2
الغاز الطبيعي	87	12.1	1.4	32.9	0.9	47.2
الطاقة النووية	90	64.3	7.9	8.4	0.7	81.3
طاقة الرياح	34	60.0	6.9	0.0	2.5	69.4
طاقة الرياح البحرية	34	149.3	20.0	0.0	4.2	173.5
طاقة الشمس الفلتوضوئية	25	139.3	8.6	0.0	2.9	150.8
الطاقة الشمسية الحرارية	18	185.7	33.3	0.0	4.1	223.1
طاقة الحرارة الجوفية	92	51.7	8.5	6.8	0.7	73.1
طاقة الكتلة الحيوية	83	39.3	9.8	30.2	0.9	80.2
الطاقة الكهرومائية	52	52.9	2.7	4.5	1.4	61.4

٧. استهلاك العمارة للطاقة والموارد

تستهلك أنشطة العمارة سواء للبناء أو التجديد والصيانة من الموارد الطبيعية أكثر من أى أنشطة أخرى على الإطلاق ، فسنوياً يذهب ما يقرب من نصف الإنتاج العالمى للمواد الخام والطاقة فى هذا القطاع وذلك بدوره يولد ملايين الأطنان من الغازات المنبعثة، وملوثات المياه، ومخلفات التربة.

٨. مراحل إستهلاك الطاقة فى المبنى

تعتبرعملية التصميم أولى المراحل المؤثرة على استهلاك الطاقة فى المبانى، حيث يتم اختيار مكونات ونظم الإنشاء للمبنى ويتم على أساسها تحديد باقى العوامل التى تؤثر على عمليات الاستهلاك فى مرحلة الإنشاء والتشغيل وما يليها من عمليات صيانة وغيرها، فعناصر التصميم من شكل التصميم ، عدد الفراغات ، عدد الأدوار، إرتفاع الأسقف ، طريقة التجميع الأفقى ، الفتحات، كل ذلك ينعكس على اختيار النظام الإنشائى، مواد التشطيب، الأجهزةوالتركيبات، مدة تشغيل المبنى، فضلاً عن نوعية استخدام المبنى، ويمكن تقدير طاقة إنشاء المبنى بمجموع الطاقات المستهلكة فى عمليات الإنشاء بالإضافة إلى الطاقة المهدرة نتيجة تلك العمليات ، أى مجموع الطاقات اللازمة لإنجاز العمل متمثلة فى طاقة العمالة والمعدات والنقل والمعالجة والتنفيذ مع إضافة الطاقة المهدرة فى مواد البناء الهالكة أو لسوء إدارة تنفيذ العمل[10].

1.8 إدرة الطاقة (Energy Management)

8. 1. 1. سبل ترشيد إستهلاك الطاقة فى العمارة

يتضح مما سبق أن أهم الاعتبارات التى تمثل المدخل الرئيسى لإنتاج عمارة مستدامة ليس فقط بتخفيض الاستهلاك، وإنما بزيادة كفاءة استخدامها وتنشيط استخدام المصادر المتجددة منها:

أولاً: إدارة المصادر لكلٍ من الطاقة والمواد

- الحفاظ على المصادر غير المتجددة بجميع أنواعها.
- استخدام المصادر الأعلى كفاءة.
- الاعتماد على الموارد المحلية.
- الاتجاه إلى المصادر المتجددة.
- تجنب المواد ذات التأثيرات السامة والملوثة.

ثانياً: إدارة المخلفات

- الحد من إنتاج المخلفات.
- إعادة تدوير واستخدام المخلفات.
- الإدارة السليمة للتخلص من النفايات النهائية.

2.1.8. من عوامل تحقيق الأداء الأفضل فى إستهلاك الطاقة:

- اعتبارات المبنى التصميمية من حيث التوجيه وشكل الكتلة.
- طرق التحكم فى الطاقة الشمسية والرياح.
- أنظمة التبريد والتدفئة والإضاءة المتبعة.
- الحد من معدلات التلوث الناتجة.
- خطط استعادة الطاقة وإعادة التدوير.
- أنظمة مراقبة للاستهلاك[10].

ومن أهم الاتجاهات التى ترشد فى استهلاك الطاقة وبالتالى خفض التكلفة هى **العمارة الشمسية.**

8. 2. فى إطار مفهوم العمارة الشمسية فإن:

أ. تشكيل الفراغات من المنظور الشمسى يعنى معالجة ما يلى:

- توزيع الفراغات تبعاً لاتجاهات الشمس بما يضمن أمثل استغلال للطاقة الشمسية.
- دراسة العلاقات بين الفراغات المختلفة بقصد توزيع الطاقة الحرارية وفقاً للاحتياجات.
- اختيار الشكل الفيزيقى للفراغات المعيشية بما يحقق أمثل استغلال للطاقة الشمسية.

ب. اختيار بعض عناصر معمارية إضافية مثل الحائط الحرارى لتحسين الأداء الحرارى للمبنى.

ج. أما بالنسبة للكتل المعمارية فتعنى معالجة ما يلى:

- اختيار الخصائص الحرارية للمواد المغلفة للفراغات الداخلية.
- اختيار لون وملمس المادة.
- دراسة علاقة السد والمفتوح فى الغلاف الخارجى للمبنى.
- دراسة العلاقة بين الكتل من منظور التعرض للشمس فى الفراغ الداخلى.
- دراسة العلاقة التكاملية بين المبانى والخلايا الفوتوفولتية لاستخدامها كمصدر للطاقة.

واستغلال الطاقة الشمسية معمارياً يتم على ثلاث مراحل هى:

١. مرحلة تجميع الطاقة الحرارية من أشعة الشمس .
٢. مرحلة نقل وتوزيع الطاقة الحرارية على الفراغات الداخلية .
٣. مرحلة تخزين الطاقة لحين الاحتياج لها [1].

8. 3. إدارة الموارد الطبيعية (Natural Resources Management)

فالإدارة البيئية الراشدة للموارد الطبيعية لابد أن تلتزم بمسارين مهمين وهما:

أ.الاستخدام الرشيد للموارد البيئية الغير متجددة والتوقف عن هدرها، وذلك يكون بتحسين كفاءة الاستخدام أو بإعادة استخدام المخلفات أو باكتشاف موارد ناضبة جديدة.

ب.الالتزام فى استهلاك الموارد المتجددة بقدرة الموارد على تجديد نفسها، حتى لاتفنى مع مرور الزمن [12].

8. 4. إدارة المخلفات (Wastes Management)

تعتبر إدارة المخلفات بكل المقاييس مشكلة بيئية عمرانية واقتصادية أيضاً وتتزايد فى الدول النامية، وعلى الرغم من الجهود المبذولة فى العقود الأخيرة فإن معظم المناطق ما زالت تواجه مشكلات كبيرة فى التخلص من المخلفات الناتجة من البناء وتكمن هذه المشكلات فى :

- عدم المعالجة البيئية للمخلفات والتخلص العشوائى منها مما يهدد بوجود مخاطر تضر بصحة الإنسان والبيئة.
- عدم استخدام التكنولوجيا للتخلص من هذه المخلفات.

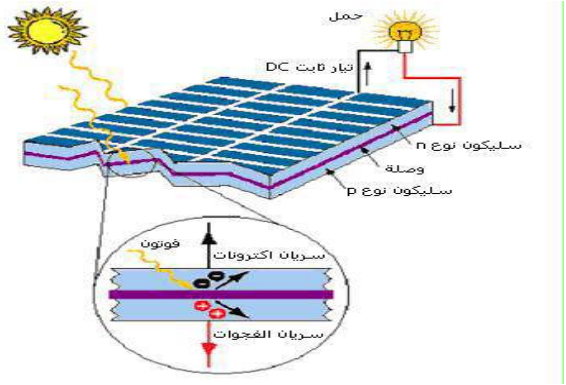
هناك ثلاث خيارات رئيسية للتخلص من المخلفات:

- التخلص النهائى منها كما هى فى مدافن صحية.
- التخلص النهائى منها فى مدافن صحية بعد معالجتها لتقليل حجم النفايات المراد دفنها.
- معالجة المخلفات بغرض استرجاع الموارد، ومن ثم التخلص النهائى من النفايات المتبقية فى مدافن صحية.

٩. النظم الفوتوفولتية ومدى جدواها الإقتصادية

الخلايا الفوتوفولتية

فكرة عمل الخلية الفوتوفولتية هى التأثير الكهروضوئى لبعض المعادن ، حيث تتكون الخلية الفوتوفولتية التقليدية من مواد شبه موصلة تسمح بمرور التيار الكهربى خلالها وأشهرها السيليكون " الرمل " ولمرور التيار الكهربى فى الخلية يتم تركيب شريحتين رقيقتين من السيليكون إحداها تحتوى على 3 إلكترونات فى المدار الخارجى للذرة مما يجعلها موجبة الشحنة، والأخرى تحتوى على 5 إلكترونات فى الذرة مما يجعلها سالبة الشحنة، وينتج عن توصيل مجال كهربى وسقوط أشعة الشمس (والتى تتكون من فوتونات) على الخلية فتصطدم بالإلكترونات التى تمتص فوتونات الضوء فتكتسب طاقة ، وتسمح هذه الطاقة بتحرير الإلكترونات (سالبة الشحنة) من التكوين البلّورى تاركة فجوات موجبة خلفها ، وتتأثر هذه الإلكترونات بالمجال الكهربى مما يؤدى إلى توليد تيار مستمر Direct Current كما فى شكل (1).



شكل (1): فكرة عمل الخلايا الفوتوفولتية

9. 1. أنواع الخلايا الفوتوفولتية

أولاً : الخلايا السيليكونية (Silicon Cells)

تعتبر الخلايا السيليكونية أكثر الخلايا انتشاراً تجارياً وتحقيق الجدوى الاقتصادية على المستوى العالمى بشكل كبير وآلية تصنيعها تتم على ثلاث مراحل هى:

١) استخلاص السيليكون وتحويله إلى رقائق.
٢) تحويل الرقائق السيليكونية إلى خلايا فوتوفولتية.

٣) توصيل الخلايا الشمسية وتجميعها.

والخلايا السيليكونية عدة أنواع هى:

١) الخلايا السيليكونية أحادية البلّورة (Mono-Crystalline Silicon Cells).
٢) الخلايا السيليكونية متعددة البلّورات (Poly Crystalline Silicon Cells).
٣) الخلايا السيليكونية غيرالمتبلورة (أمورفية)(Amorphous Silicon Cells).

ثانياً: الخلايا غير السيليكونية

وتتكون هذه الخلايا من مواد تفوق مادة السيليكون كمادة شبه موصلة ، ونظراً لعدم انتشار هذه المواد فإن الانتشار التجارى لهذا النوع من الخلايا أقل بكثير من الخلايا السيليكونية.

أنواع الخلايا غيرالسيليكونية:

٤) خلايا زرنيخ الجاليوم (Gallium Arsenide)
٥) خلايا الكادميوم تيللورايد (Cadmium Telluride)
٦) خلايا سبائك نحاس – ديسلينايد (Copper Induim Diselenide)

ثالثاً: الخلايا ذات الأفلام الرقيقة

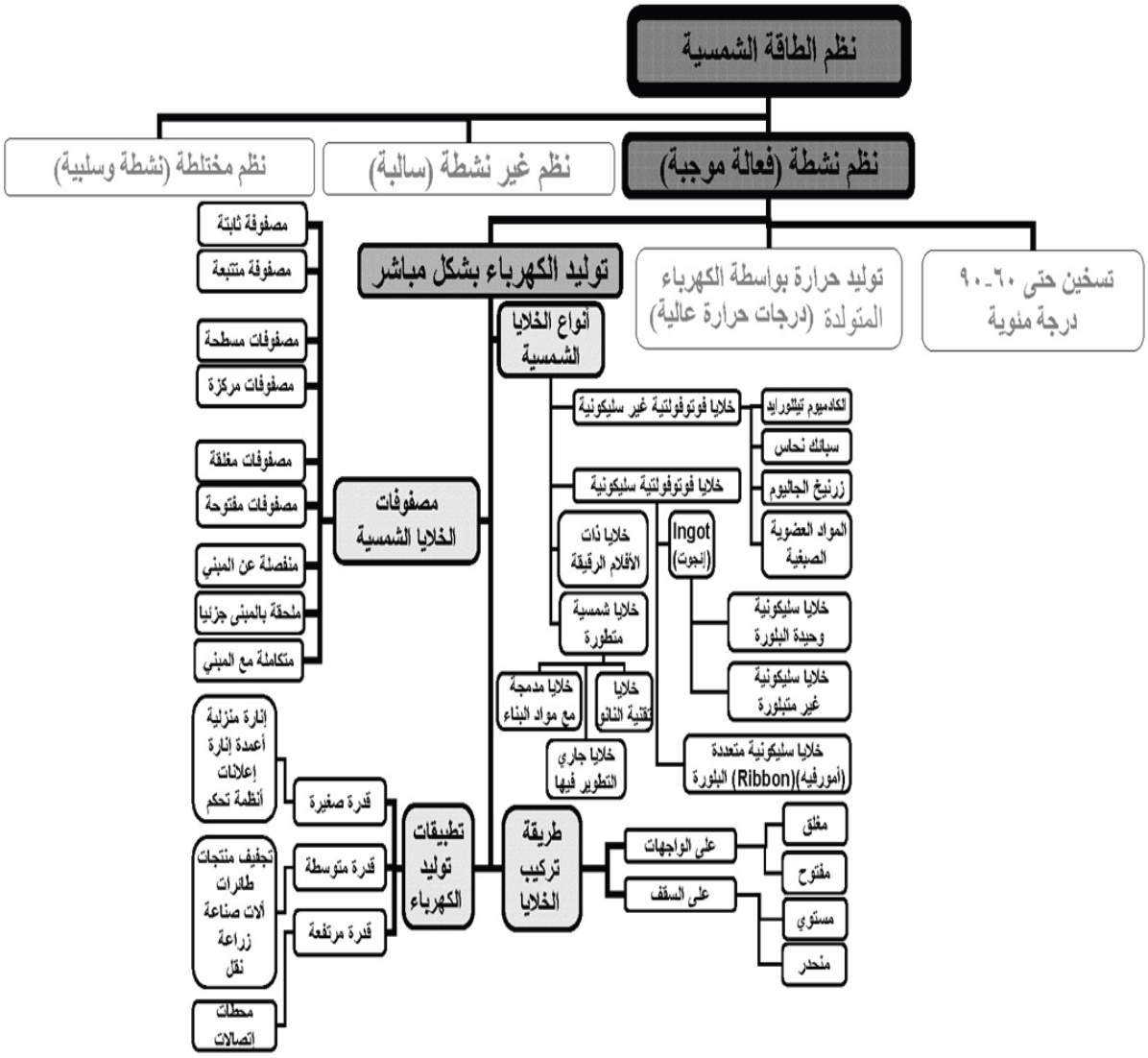
تعتبر هذه الخلايا اقتصادية فى استهلاك المواد، بسبب إنخفاض درجة الحرارة اللازمة للتصنيع من 700 – 200درجة مئوية ، أى أقل من ثلث درجة الحرارة اللازمة لتصنيع الخلايا السيليكونية ، وذات كفاءة عالية فى نفس الوقت ، وتتميز أيضاً بعدة مزايا أهمها المزايا الفنية والجمالية حيث أنها أقل تأثراً بدرجة الحرارة وكفاءتها أكبر من مثيلاتها فى الظل حيث تبلغ كفاءتها 14%، فضلاً عن أنها متنوعة فى الشكل وبالتالى يمكن تركيبها على مختلف الأشكال من الأسطح **[13].**

رابعاً: الخلايا المتطورة

وأخيراً تم استنتاج مجموعة كبيرة من أنواع الخلايا من حيث إضافة إمكانيات جديدة لها فى هيئتها وشكلها وكفاءتها وفكرة عملها التقليدية ، ولكن أغلب هذه الأنواع ليس منتشراً على النطاق التجارى فضلاً عن ووجود بعضها تحت الإختبار التجربة المعملية ، وذلك لقصور كفاءة هذه الخلايا وعدم تطويرها لوقت كافٍ ومن أهم أنواعها:

١) الخلايا الصبغية (Dyesensitized Organic Cells).
٢) الخلايا الجافة (Dye-Bused Cells)[17] .
٣) الخلايا الهجينة (Hybrid Cells) [18].
٤) الخلايا الكروية (Spherical PV Cells).
٥) خلايا التركيز النقطى [9].(Concentrate Dots Cells)
٦) خلايا تقنية النانو (Nano PV Cells).
٧) مواد فوتوفولتية ([1]Material Integrated PV Cells).
٨) الخلايا الذكية (Intelligent PV Cells) [16].
٩) الخلايا المرنة (Flexible Solar Cells)[19].
١٠) الخلايا البلاستيكية [20](Plastic Cells).
١١) الخلايا مرتفعة الأداء (High Performance Cells).
١٢) الخلايا المانعة للإنعكاس (Anti-Reflection Cells).
١٣) الخلايا شبه الشفافة (Transparent Cells) [18].
١٤) الخلايا الفوتوفولتية المركزة (Concentrated PV Cells) (www.epia.or).

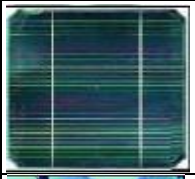
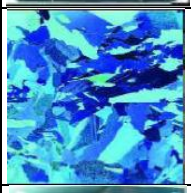
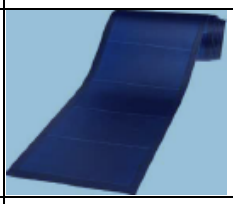
والشكل التالى يمثل تلخيص لأنواع الخلايا وطرق تجميعها فى مصفوفات وطرق تركيبها وتطبيقاتها، وفيما يلى توضيح لهذه الأنواع .



شكل (2):أنواع الخلايا الشمسية ومصفوفاتها وتطبيقاتها وطريقة تركيبها

[8] المصدر:

جدول (3): تلخيص لأنواع الخلايا الفوتوفولتية

نوع الخلية		المواصفات	الكفاءة
الخلايا السيليكونية	أحادية البلّورة	أكثر الأنواع إنتشاراً، وأعلاها كفاءة، متجانسة اللون وأغلبها أسود أو أزرق 	% 18
	متعددة البلّورات	أقل تكلفة من الخلايا الأحادية ، غير متجانسة فى الألوان ويغلب عليها الأزرق المزركش 	%16-15
	غير المتبلورة (أمورفية)	أقل الأنواع كفاءة وتقل الكفاءة بنسبة 15% بعد شهر من الإستخدام وبالتالى أقل تكلفة	%10
الخلايا الغير سيليكونية	زرنيخ الجاليوم	مرتفعة التكلفة	%23
	الكادميوم تيلورايد	ذات كفاءة أقل	%10
	نحاس - ديسلينايد	أقل إنتشاراً	%14
الخلايا ذات الأفلام الرقيقة		ذات مزايا فنية وجمالية حيث أنها متنوعة فى الشكل وتسيطر عليها الألوان الداكنة، وذات كفاءة عالية	%30-20
الخلايا المتطورة	الخلايا الصبغية	عبارة عن أوراق سميكة شفافة على شكل مربعات 3×3 سم	%11
	الخلايا الجافة	تشبه فى فكرة عملها البطاريات الجافة المعتادة	%12-7
	الخلايا الهجينة	تعتمد على دمج عدة مواد شبه موصلة معاً فى خلية واحدة، تعطى كفاءة أعلى	%18.5
	الخلايا الكروية	لأنها ذات شكل كروى فإنها تتأثر بالطاقة الشمسية من جميع الإتجاهات، ولكنها ذات كفاءة أقل	% 9.5
	خلايا التركيز النقطى	تعتمد على الأشعة العمودية فقط	%15-10
	خلايا تقنية النانو	تضاعف من كفاءةالخلية، قلة التكلفة، إمكانية دمجها فى الواجهات الزجاجية	%30
	الخلايا الذكية	يمكن الإستفادة منها أيام الغيوم، ولكنها مرتفعة التكلفة جداً	
	الخلايا المرنة	تتميز بمرونتها لذا توضع على الأسطح المعمارية دون عائق ، ولكن كفاءتها أقل من الخلايا المتماسكة المعتادة 	%18-11
	الخلايا البلاستيكية	تعتبر أقل تكلفة	
	الخلايا مرتفعة الأداء	يستخدم فيها مواد شبه موصلة نقية بدرجة كبيرة ويخشن سطحها لرفع كفاءتها	% 21.5

9. 2. التقنيات المستخدمة لرفع كفاءة الخلايا الفوتوفولتية

- العدسات (Lenses)[18].
- المركزات (Concentrators)[20].
- المرايا والعواكس (Mirrors and Reflectors).

9. 3. الأساليب المتبعة فى النظام الفوتوفولتى

أولاً: أساليب التوجيه

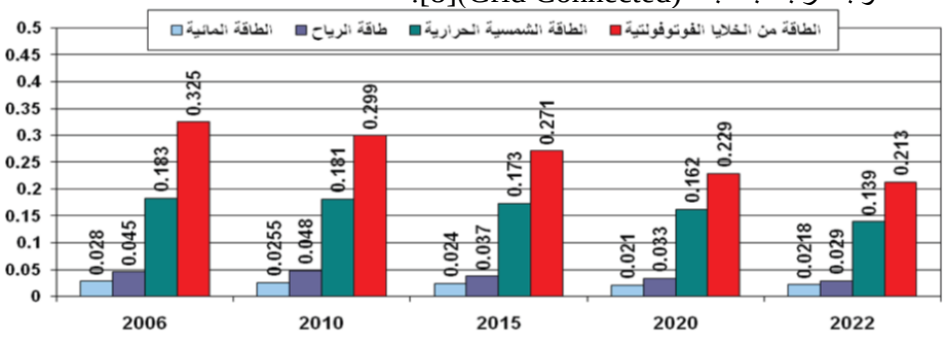
- الأسلوب الثابت.
- الأسلوب المتتبع.

ثانياً: أساليب تجميع المصفوفات

- تجميع مغلق.
- تجميع مفتوح.
- تجميع موزع.
- تجميع مركزى.

ثالثاً: أساليب إرتباط النظام بالشبكة

- أسلوب مستقل أو ذاتى (Stand Alone).
- أسلوب مرتبط بالشبكة (Grid Connected)[8].



شكل (3) : تكلفة النظم الفوتوفولتية بالنسبة لباقى أنواع الطاقة المتجددة فى مصر(دولار/ك. ومتولدة)

9. 4. الاعتبارات الواجب مراعاتها عند استخدام النظم الفوتوفولتية

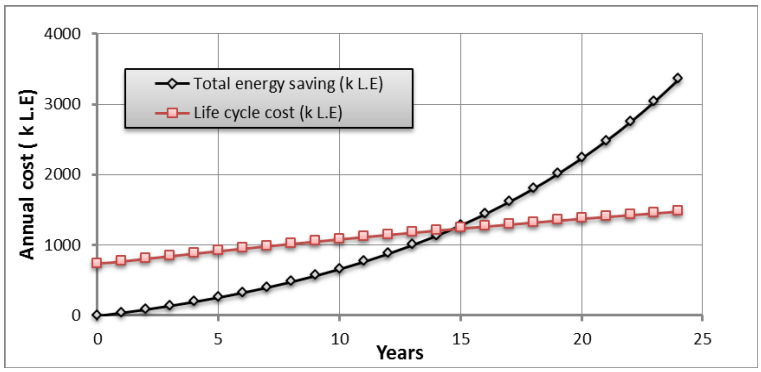
١) توجيه المبنى ككل بحيث يتم توفير أكبر مسطح شمسى على الواجهة الجنوبية أو السطح.
٢) اختيار لون المصفوفات المناسب خاصةً فى الواجهات لتتناسب مع باقى واجهات المبنى.
٣) الأخذ فى الاعتبار عامل الإبهار البصرى لهذه المصفوفات.
٤) اختيار أنسب مكان لهذه المكونات، بحيث يكون مكان تجميعهم بعيداً عن أشعة الشمس.
٥) ضرورة المسح الميدانى لمساحة السطح أو الواجهة القائمة لاختيار أفضل مكان معمارى بالنسبة لفتحات التهوية والمداخل والكتل البارزة فى الواجهات القائمة.
٦) ضرورة إخفاء مواسير التهوية أو الغسيل للمصفوفات المثبتة على السطح، كما يتم إخفاء الأسلاك الكهربية الخاصة بالنظام[20].

9. 5. كيفية تصميم النظام الفوتوفولتى

١) الزيارة الميدانية للموقع.
٢) حساب مقدار الطاقة الكهربية المطلوبة للمبنى.
٣) اختيار مفردات النظام المناسبة.
٤) اختيار الأساليب التقنية للنظام المناسب.
٥) توزيع مكونات النظام على المبنى.
٦) تقدير مقدار الطاقة الناتج من النظام.
٧) تقدير الجدوى الاقتصادية للنظام المستخدم.
٨) الحكم على إمكانية ومدى ملائمة النظام المستخدم.
٩) اقتراح بدائل حلول للاستفادة من تطبيق النظام.

6.9. اقتصاديات النظم الفوتوفولتية

استخدام نظم الخلايا الفوتوفولتية وتفضيله عن أى طاقة تقليدية يعتمد على قتصادياته وتأمين الطلب على الطاقة والحفاظ على البيئة والشكل التالى يوضح تحليل اقتصادى خلال دورة حياة النظام لكل من تكلفة النظام خلال دورة حياته وكمية الطاقة الموفرة الإجمالية.



شكل (4) : تكلفة النظام وكمية الطاقة الموفرة خلال دورة حياته

9. 7.أمثلة وتجارب لتطبيق تقنية النظم الفوتوفولتية

تم تطبيق النظم الفوتوفولتية فى الآونة الأخيرة على عديد من المشروعات، تختلف عن بعضها البعض فى عدة أسس رئيسية تم اختيار الأمثلة عليها مثل المستوى والحجم ونوع دمج النظم ونوع المشروع كما يتضح فيما يلى:

نوع المشروع من حيث:

- الاستخدام (سكنى – تجارى – إدارى)
- التكامل مع النظم الفوتوفولتية (قائم – جديد)
- الحجم (صغير – متوسط – كبير)

نوع النظم الفوتوفولتية من حيث:

- النوع (أى نوع من الأنواع السابق ذكرها)
- دمجها بالمشروع (بعد التنفيذ – قبل التنفيذ

جدول (4): مشروع مركزصحى للزهايمر

المفردات			صور للمشروع
وصف المشروع	الاستخدام	تجارى عبارة عن مستشفى وعيادات خارجية ومركز تدريب وأبحاث	
	المعمارى	Estudio de Arquitectura Lamela	
	موقع المشروع	مدينة مدريد بإسبانيا	
	تاريخ بدء التشغيل	8 / 3 / 2007 م	
	نوع المشروع	جديد ومتكامل مع النظم الفوتوفولتية	
دراسة تخطيطية	الموقع الجغرافى	خط العرض 40^0 شمالاً	
		خط الطول 3^0غرباً	
	الاتصال بالمبانى	منفصل	
نوع النظم الفوتوفولتية	نوع الخلايا	سيلكون أحادى البلورة	
	وضع الخلايا	الواجهات	
	الاتصال بالشبكة	متصل بالشبكة	
	قدرة الخلايا	19,92 كيلو وات	
معلومات إضافية	يحتوى هذا المشروع على عدة مبانى أولها مستشفى وقسم للعيادات الخارجية ومبنيين لمركز التدريب والأبحاث بمساحة إجمالية 18500م^2، وتم تثبيت 400 خلية شمسية فى 25 صف على الواجهات الجنوبية الشرقية والغربية لمبنى الأبحاث وهو أعلى مبنى، وتبعد عن هيكل المبنى مسافة 80 سم هذه المسافة تعمل كعازل للحرارة للمبنى، وتبعد كل مصفوفة عن الأخرى مسافة رأسية قدرها 45 سم لتجنب ظلال المصفوفات على بعضها البعض، وتوضع الخلايا بزاوية ميل قدرها 60 ^{0}، وتقدر التكلفة الأولية للنظام الفوتوفولتى بـ 226532 يورو، وتقدر الطاقة المنتجة من النظام بـ 17367 كيلووات /ساعة		

جدول (5): مشروع سيجن للإسكان الإجتماعى

المفردات			
وصف المشروع	الاستخدام	سكنى	
	المعمارى		
	موقع المشروع	مدينة سيجن شمال الراين وستالفيا بألمانيا	
	تاريخ بدء التشغيل	25 / 11 / 2006 م	
	نوع المشروع	معاد تجديده ومتكامل مع النظم الفوتوفولتية	
دراسة تخطيطية	الموقع الجغرافى	خط العرض 50^{0}شمالاً	
		خط الطول 8^{0}شرقاً	
	الاتصال بالمبانى	متصل	
نوع النظم الفوتوفولتية	نوع الخلايا	سيلكون أحادى البلّورة	
	وضع الخلايا	الأسقف	
	الاتصال بالشبكة	متصل بالشبكة	
	قدرة الخلايا	65,7 كيلو وات	
معلومات إضافية	هذا المشروع من المشاريع المخطط لها من قبل الوزارة الاتحادية للطاقة والتكنولوجيا، وتعمل هيئة الإسكان على أربع مبانى لجعلها منخفضة لاستهلاك الطاقة باستخدام النظم الفوتوفولتية والطاقة الشمسية الحرارية،وتم وضع الخلايا الفوتوفولتية علي الأسقف بزاوية ميل 28^0،ويبلغ إجمالى قدرة الخلايا 65,7 كيلو وات، ويبلغ عدد الوحدات السكنية 54 وحدة سكنية قدرة الخلايا الفوتوفولتية لكل وحدة 1,2 كيلو وات .		

جدول (6) : مركز بلاك بول بالمملكة المتحدة

المفردات			صور للمشروع
وصف المشروع	الاستخدام	إدارى	
	المعمارى		
	موقع المشروع	مدينة بلاك بول، لانكاشير بالمملكة المتحدة	
	تاريخ بدء التشغيل	8 / 2004 م	
	نوع المشروع	معاد تجديده ومتكامل مع النظم الفوتوفولتية	
دراسة تخطيطية	الموقع الجغرافى	خط العرض 53^0 شمالاً	
		خط الطول 3^0 غرباً	
	الاتصال بالمبانى	منفصل	
نوع النظم الفوتوفولتية	نوع الخلايا	سيلكونية متعددة البلّورات	
	وضع الخلايا	الأسقف	
	الاتصال بالشبكة	متصل بالشبكة	
	قدرة الخلايا	18,067 كيلو وات	
معلومات إضافية	لقد تم تجديد الواجهة البحرية لبلاك بول لتكون بمثابة مركز إقليمى للتميز فى الإستدامة البيئية فى شمال غرب إنجلترا، وتم تصميم المبنى على أسس ومبادئ الإستدامة، وقد حصل على تقييم ممتاز بناءً على تقييم (BREEAM) للأبنية الخضراء، ويعد المبنى من مواد مستدامة ومعاد تدويرها، وتبلغ تكلفة المشروع الإجمالية 1,75 مليون جنيه إسترلينى، من ضمنها الخلايا الفوتوفولتية وإثنين من توربينات الرياح ، وذلك لتعزيز التنمية المستدامة فى قطاع السياحة والصناعة والتعليم على المستوى المحلى والإقليمي ، أما تكلفة النظام الفوتوفولتى فتبلغ 306054 يورو، وتعمل هذه التوربينات والنظم الفوتوفولتية على إمداد المبنى بكامل طاقته من المصادر المتجددة، وتمد الخلايا الفوتوفولتية المبنى بأكثر من 44% من الاحتياجات السنوية للكهرباء للمبنى، وقد تم وضع الخلايا الفوتوفولتية بزاوية ميل 10^0 على الأسقف فى المدخل ومنطقة المعارض والطرقات الداخلية ، مما يوفر الإضاءة الطبيعية للمبنى، أما عن كمية الطاقة المنتجة من الخلايا الفوتوفولتية 12776 كيلو وات / ساعة.		

10. تطبيق نظام الخلايا الفوتوفولتية على مشروع إسكان إجتماعى " دار مصر "

بعد استعراض أهمية مصادر الطاقة المتجددة البيئية والاقتصادية ودراسة عناصر النظم الفوتوفولتية وجدواها الاقتصادية ، يتسنى لنا تطبيق هذه النظم الفوتوفولتية على مشروع إسكان اجتماعى " دار مصر " كدراسة حالة لمدى الجدوى الاقتصادية لإمكانية تطبيق النظم الفوتوفولتية على المبانى السكنية لمتوسطى الدخل ، كما تم اختيار التطبيق على المبانى السكنية لأنها أكثر أنواع المبانى استهلاكاً للطاقة الكهربية ، نظراً لعددها المرتفع بالنسبة إلى المبانى الأخرى ، وكذلك اعتماد تخطيط أغلب المدن على نمط التخطيط النقطى ، وهو مما يوفر أكبر قدر من استقبال الاشعاع الشمسى لكل مبنى ، مع إمكانية استغلال الفراغات البينية إن أمكن ، وعلى ذلك تم اختيار مشروع " دار مصر " للاسكان الاجتماعى فهو يتكون من نموذجين تتراوح مساحة الوحدة من 100 – 150 م2 ، واختيار نموذج (B) لتطبيق النظم الفوتوفولتية على سطح المبنى .

موقع المشروع : منطقة الأندلس جنوب الجامعة الأمريكية - القاهرة الجديدة – محافظة القاهرة

شكل (5) : المخطط للمرحلة الثانية من مشروع دار مصر

شكل (6) : مسقط أفقى للدور المتكرر للنموذج (B)

أولاً : حساب الأحمال الكهربية المستهلكة لوحدة سكنية واحدة

عن طريق حساب أحمال الأجهزة الكهربية اللازمة لكل وحدة ومتوسط عدد ساعات التشغيل يومياً للوحدة السكنية وبالتالى فإن إجمالى الطاقة الكهربية المستهلكة يومياً يعبر عن مجموع الأحمال الكهربية للأجهزة الكهربية المستخدمة يومياً وتحسب الأخيرة بقدرة الأجهزة الكهربية مضروباً فى عدد ساعات التشغيل يومياً كما يوضح الجدول التالى .

جدول (7) : مجموع أحمال كهربية مستهلكة لوحدة سكنية واحدة

الأحمال الكهربية المطلوبة	العدد	القدرة (W)	عدد ساعات التشغيل (h)	الطاقة المستهلكة (Wh)
لمبات إنارة موفرة للطاقة	10	13	6	780
غسالة كهربية	1	2500	0,6	1500
مكنسة كهربية	1	500	0,3	150
جهاز تليفزيون صغير	1	100	5	500
جهاز Receiver	1	28	5	140
ثلاجة	1	200	10	2000
كمبيوتر	1	120	6	720
مكواة	1	1100	0,75	825
مروحة	3	100	5	1500
غلاية مياه	1	1500	0,5	750
أخرى		200	0,30	1,8
إجمالى الطاقة الكهربية المستهلكة				**8866,8**

إجمالى الطاقة الكهربية المستهلكة شهرياً للوحدة السكنية الواحدة =

إجمالى الطاقة المستهلكة يومياً × 30 يوم = (8866,8 × 30) ÷ 1000 = 266,004 = 270 كيلووات.ساعة / شهر

** حسب آخر تعريفة تغذية من شركة الكهرباء فإن شريحة الاستهلاك 201 : 350 كيلو وات ساعة تحسب بـ 42 قرش / كيلو وات ساعة ، كما يوضحها الجدول التالى .

جدول (8): شرائح تعريفة الكهرباء للاستخدامات المنزلية بأسعار سبتمبر 2016

شريحة الاستهلاك (ك.و.س / شهر)	0- 50	51- 100	0- 200	201- 350	351- 650	651- 1000	0-لأكثر من 1000
التكلفة (قرش / ك.و.س)	11	19	21,5	42	55	95	95

تكلفة الأحمال الكهربية المستهلكة شهرياً للوحدة السكنية الواحدة =

إجمالى الطاقة المستهلكة شهرياً × تعريفة الكهرباء لهذه الشريحة = 270 × 42 قرش / ك وات ساعة = 11340 قرش = 113,40 جنيه مصرى

تكلفة الأحمال الكهربية المستهلكة سنوياً للوحدة السكنية الواحدة = تكلفة الأحمال الكهربية المستهلكة شهرياً × 12 شهر = 113,40 × 12 = 1360,8 جنيه مصرى

إجمالى الطاقة الكهربية المستهلكة للنموذج كله شهرياً = إجمالى الطاقة الكهربية المستهلكة شهرياً للوحدة السكنية الواحدة × عدد الوحدات = 270 كيلووات.ساعة / شهر × 20 = 5400 كيلووات.ساعة / شهر

إجمالى الطاقة الكهربية المستهلكة للنموذج كله سنوياً = إجمالى الطاقة الكهربية المستهلكة للنموذج كله شهرياً × 12 شهر = 5400 × 12 = 64800 كيلووات .ساعة / سنوياً

ثانياً : تطبيق النظم الفوتوفولتية على النموذج السكنى

تبين من الزيارة الميدانية لموقع المشروع للتحقق من مدى ملائمة المشروع للتطبيق ، وذلك بملاحظة وضع المبانى قريبة من بعضها مما يؤدى إلى تظليل الواجهات كما أن التشكيل المعمارى للكتلة مكون من بارز وغاطس مما يقلل الحمل الحرارى على الفراغات الداخلية ولكنها تعمل على تظليل الواجهة ، كما تحتوى على مناور الجيب التى تعتبر مظللة معظم فترة النهار والتى تستخدم كمكان مناسب لمواسير الأعمال الصحية مما يصعب تثبيت النظم الفوتوفولتية عليها ، بالإضافة إلى تخلل فتحات التهوية والإنارة اللازمة فى الواجهات كما يوضحها الشكل التالى .

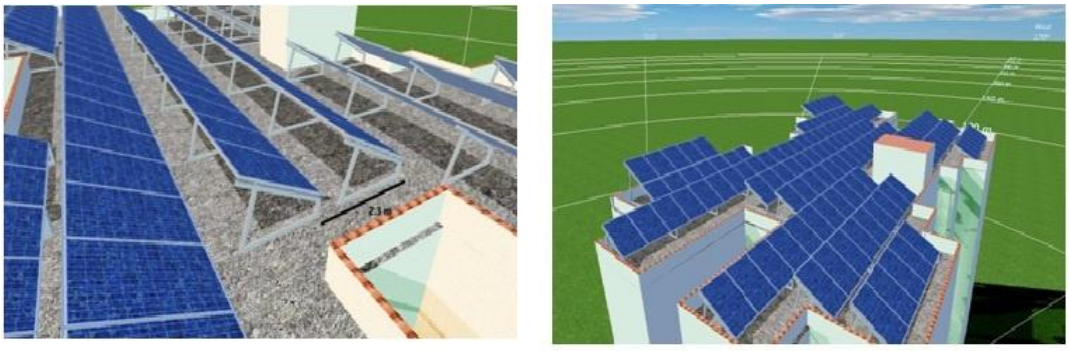
قرب المبانى من بعضها — التشكيل المعمارى للكتلة — مناور الجيب

شكل (7) : يوضح بعض معوقات تطبيق النظم الفوتوفولتية على الواجهات

ولقد تم استبعاد الواجهات لعدة أسباب :

١. صغر مقدار الطاقة الكهربية الناتجة عن المصفوفات الرأسية كما أوضحت الدراسات السابقة.
٢. عدم إمكانية استغلال الواجهات الشمالية نظراً لأنها واجهات مظللة بالكامل خلال النهار .
٣. ضعف إمكانية استغلال الواجهات الشرقية والغربية لأنها مظللة نصف فترة النهار ، فضلاً عن ضعف الإشعاع الشمسى فى اليوم فى فترة الشروق والغروب ، وعدم تعامد أشعة الشمس على هذه الواجهات أثناء منتصف النهار .
٤. بالإضافة إلى معوقات تطبيق النظم الفوتوفولتية التى تم الإشارة إليها حسب طبيعة الموقع .

يمكن تطبيق النظام باستخدام أحد برامج المحاكاة كبرنامج " PVsol " وهو أحد تقنيات تطبيق الطاقة الشمسية ، بالنسبة للأسطح فيمكن تقدير الظلال عليه بعدة وسائل ، أحدها استخدام خريطة مسار الشمس والرسومات الهندسية الخاصة بالمبنى ، ويعتبر العنصر الرئيسى الذى يؤدى إلى وجود ظلال على أرضية السطح هو السلم ، أما الدروة فلن تؤدى إلى إلقاء ظلال على المصفوفات بسبب رفع المصفوفات على الهياكل اللازمة ، وذلك لترك بينها وبين أرضية السطح لتقليل الاكتساب الحرارى المتبادل ، حيث يتم تركيب الألواح الفوتوفولتية على إرتفاع 30 سم من أرض السطح ، كذلك يتم الأخذ فى الاعتبار المسافة بين صفوف الألواح الفوتوفولتية بحيث لا تلقى الظلال على بعضها ، كما يوضح الشكل التالى .



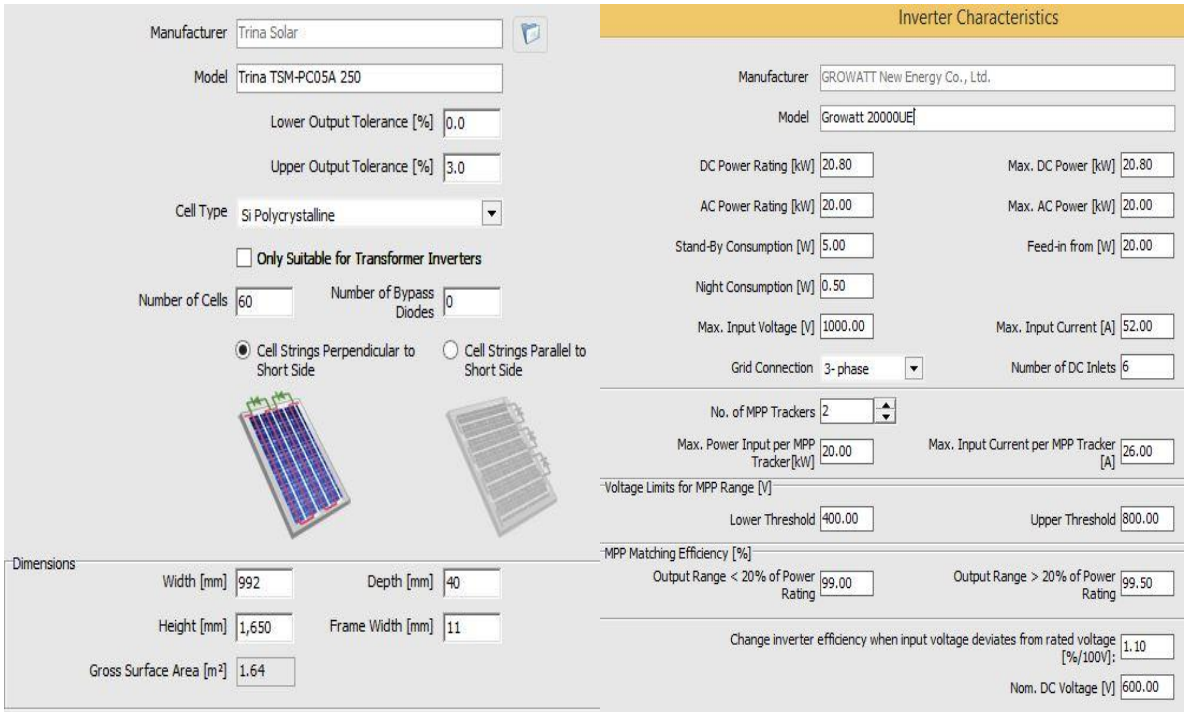
المسافة بين الصفوف ٢,٣٠ م — وضع الخلايا الشمسية على السطح

شكل (8) : يوضح وضع الخلايا على السطح وكذلك المسافة البينية للمصفوفات

كذلك يتم اختيار أسلوب التوجيه المناسب وهو ما يستنتج بعد تقدير الظلال ، واختيار نوع الربط بالشبكة الرئيسية المناسب حسب موقع المشروع بالنسبة للشبكة ، ومقدار الطاقة الكهربية المطلوبة للمبنى والمحسوبة سابقاً ، فيتم ربط النظام بالشبكة فى حالة الدراسة ، والمحاسبة بتعريفة التغذية للشريحة الكهربائية المنتجة من المحطة ،

وبالتالى يتم الاستغناء عن عنصر البطاريات للتخزين ، أما بالنسبة للمناطق النائية البعيدة عن الشبكة الرئيسية فمن الأفضل يكون النظام مستقل وغير متصل بالشبكة .

وبالتالى فإن مكونات النظام الأساسية هى اللوح الفوتوفولتى الذى يتكون من الخلايا السليكونية متعددة البللورات Poly crystalline وبلد المنشأ الصين ويتبع شركة Trina Solar بقدرة 250 وات قصوى للوح الشمسى الواحد ، حيث يتم تركيب عدد 136 لوح شمسى (موديول) ، ومحولين تيار(Inverter) قدرة المحول الواحد 20 كيلو وات 2 MPPT ، كما هو موضح فى الشكل التالى .

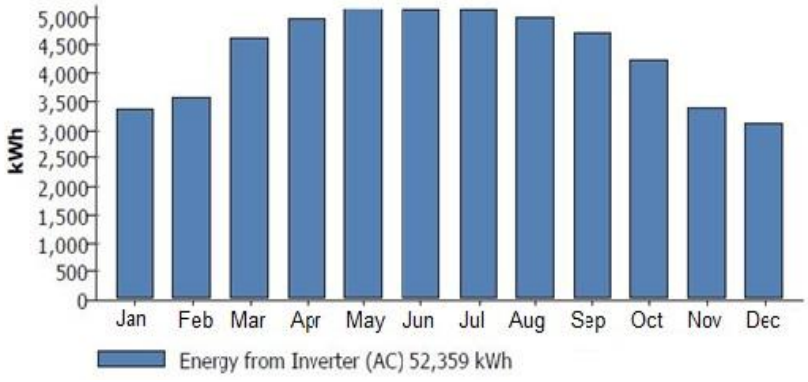


شكل (9) : خصائص محول التيار والألواح الشمسية المختارة

حيث يتم التصميم على الأسس التالية:

- شدة الإشعاع الشمسى = 5 كيلووات ساعة / م^2 / يومياً
- جهد التشغيل = 24 فولت
- عدد أيام الغيوم = 3 أيام
- زاوية ميل الخلايا الشمسية 25^0 على السطح وهذه هى الزاوية الأمثل لإنتاج الطاقة فى الموقع المحدد .

تم تقدير مقدار الطاقة الكهربية الناتجة من النظام سنوياً باستخدام برنامج المحاكاة PVsol ، وذلك عن طريق إدخال بيانات النظام إلى البرنامج ، وبالتالى فإن القدرة المنتجة من المحطة الشمسية 52359 كيلو وات ساعة سنوياً ، كما يوضح الشكل التالى القدرة الإنتاجية للمحطة الشمسية على مدار العام .



شكل (10) : القدرة الإنتاجية للنظام الفوتوفولتى على مدار العام

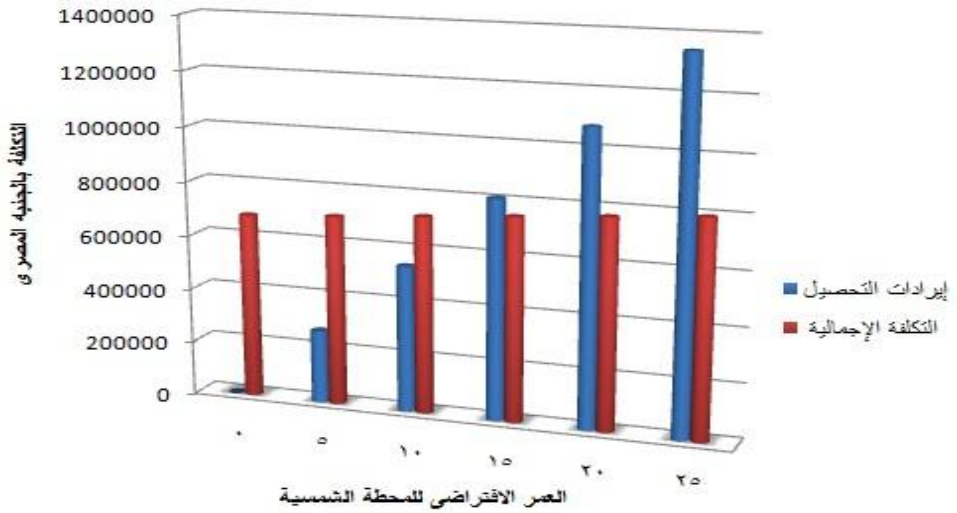
أما عن التكلفة الأولية للمحطة الشمسية فتبلغ 680000 جنيه مصرى ، ومتوسط تكلفة الصيانة السنوية 4800 جنيه مصرى بمعدل تضخم سنوى 10% ، ويتم المحاسبة من شركة الكهرباء التابع لها المشروع لسعر الكيلووات . ساعة منتجة بـ 102,8 قرش كما موضح فى الجدول التالى .

محتويات الدراسة	محطة بالطاقة الشمسية	الوحدة
قدرة المحطة	34	ك وات قصوى
القدرة الإنتاجية السنوية	52359	ك . وات . ساعة
عدد الساعات اليومية	5	ساعات
عمر المحطة	25	سنة
التكلفة الأولية للمحطة	680000	جنيه مصرى
تكلفة الصيانة السنوية	4800	جنيه مصرى
سعر الكيلو وات . ساعة	1,028	جنيه مصرى

وعليه فإن إجمالى سعر بيع الكيلو وات ساعة للشبكة العمومية سنوياً = القدرة الكهربية المنتجة من المحطة الشمسية × تعريفة سعر الكيلو وات / ساعة منتجة = (52359 × 102,8) ÷ 100 = 53825,052 جنيه مصرى

إذن **الفترة اللازمة لاسترداد التكلفة الأولية** = التكلفة الإجمالية للمحطة الشمسية ÷ العائد السنوى من المحطة الشمسية = 680000 ÷ 53825,052 = 12,6 سنة

وتبين من الدراسة التطبيقية أنه يتم استرداد التكلفة الإجمالية للمشروع بعد 15 سنة من عمره الافتراضى، ويتم الاستفادة من إيرادات التحصيل خلال الفترة المتبقية من العمر الافتراض للمشروع ، مما يحقق الجدوى الاقتصادية من المشروع ، والوصول إلى عمارة اقتصادية ، وهذا هو الهدف من البحث ، بالإضافة إلى إنتاج طاقة من مصادر متجددة تحمى البيئة من التلوث المحتم من إنتاج الطاقة الكهربية من مصادر غيرمتجددة ، ويوضح الشكل التالى تحليل اقتصادى خلال دورة حياة النظام لكل من تكلفة النظام خلال دورة حياته وكمية الطاقة الموفرة الإجمالية .



شكل (11) : تحليل اقتصادى للمحطة الشمسية خلال العمر الافتراضى لها

ونستنتج من الشكل السابق أن تكلفة النظام بدأت بالتكلفة المبدئية فى السنة الأولى ، وتزيد هذه التكلفة بعد ذلك وفقاً لتكلفة الصيانة ، بينما بدأت كمية الطاقة الموفرة من الصفر وزادت بشكل ملحوظ خلال دورة حياة النظام ، ونلاحظ أنه بعد 15 سنة من تنفيذ المشروع تكون إيرادات التحصيل غطت التكلفة الإجمالية للمحطة الشمسية ، وتقدر قيمة الطاقة الموفرة فى نهاية دورة حياة النظام بـ 550426 جنيه مصرى ، كما تقدر إيرادات التحصيل فى نهاية العمر الافتراضى للمحطة بـ **1,98** مرة من التكلفة الأولية للمشروع .

ثالثاً : تقدير الجدوى الاقتصادية من تطبيق النظم الفوتوفولتية

يمكن تقدير الجدوى الاقتصادية للنظام بمقارنة تكلفة الطاقة الكهربية التقليدية وكذلك التكلفة الأولية للنظام المستخدم ، وكذلك الزمن المفترض لاسترداد التكلف الأولية ، حيث تبين من استخدام البرنامج أنه يتم إعادة تغطية تكلفة المشروع الأولية بعد 12 سنوات تقريباً من تنفيذ المشروع ، واسترداد التكلفة الإجمالية للمشروع بعد 15 سنة

من تنفيذ المشروع ، بعكس ما تبين من الدراسات السابقة أنه لن يتم استرداد سوى نصف التكلفة الأولية خلال العمر الافتراضى للمشروع وذلك بسبب الفجوة الكبرى بين ارتفاع التكلفة الأولية للمشروع وسعر الكهرباء التقليدية آنذاك ، مع إهمال تكاليف الصيانة ، ولكن بعد ارتفاع أسعار الوقود نظراً للنضوب الكمى وزيادة الطلب على الطاقة وبالتالى زيادة سعر تعريفة الكهرباء وانخفاض أسعار الخلايا خلال الخمس سنوات الماضية كما تدلى الدراسات ، أصبح التطبيق مجدى اقتصادياً من حيث استرداد التكلفة الأولية والإجمالية للمستهلك ، وكذلك العائد المادى بعد استرداد التكلفة الأولية خلال العمر الافتراضى للمشروع ، لذا فإن إمكانية الاعتماد على هذه النظم تزداد تدريجياً حتى يتم الاعتماد عليها كلياً فى المستقبل خاصةً مع تفاقم مشكلات البيئة من التلوث الناتج من إنتاج الطاقة الكهربية من مصادر غير متجددة .

كما يمكن الحكم على إمكانية تطبيق النظم الفوتوفولتية على المبانى من الناحية التقنية ، ولكن نجاح هذا التطبيق يتوقف على عدة عوامل أهمها ضرورة الربط بالشبكة الرئيسية للكهرباء إذا كان موقع المشروع قريباً من الشبكة ، أما بالنسبة للمناطق النائية البعيدة عن الشبكة فيكون تطبيق النظام الفوتوفولتى مستقلاً ، وبالتالى يمكن الاعتماد على الطاقة الكهربية الناتجة من المحطة لأن الأحمال الكهربية ضئيلة فى هذه المناطق ، ويتضح من الدراسة أن الطاقة الكهربية المنتجة من المحطة تغطى بنسبة 80,8% من الأحمال الكهربية المطلوبة أى لا تغطى الأحمال الكهربية المطلوبة كلياً ، ولكن برغم عدم الكفاية الكمية إلا أن نسبة التوفير فى الحسابات السابقة مرتفعة بالنسبة لتطبيق تقنية جديدة ، بل تعطى مؤشراً قوياً لإمكانية تحسين أداء هذه النظم باستخدام تقنيات مضافة لتضاعف من كفاءة الخلايا الفوتوفولتية كتقنية النانو التى ما زالت قيد الدراسة ، وصولاً لتغطية الاستهلاك المطلوب ، وكذلك تعتبر هذه النسب مرتفع إذا ما قورنت بالمشاريع العالمية السابق ذكرها ، ويرجع ذلك إلى ارتفاع الإشعاع الشمسى محلياً .

نتائج الدراسة :

١) هناك عدة مشكلات فى نماذج الاسكان الاجتماعى فى الواجهات تحول دون تطبيق النظم الفوتوفولتية فى الواجهات .
٢) يعتبر تطبيق النظم الفوتفولتية على أسطح المبانى ملائم تقنياً لتثبيت المصفوفات ، أما الواجهات فيعتبر استخدامها غير مجدى .
٣) تطبيق النظم الفوتوفولتية ملائم كمياً بشكل نسبى ، لأنه يغطى 80,8 % من الأحمال الكهربية المطلوبة للمبنى .
٤) استخدام النظم الفوتوفولتية المرتبطة بالشبكة الرئيسية نظام موفر من حيث تقليل الضغط على الشبكة وللمستهلك من حيث تقليل الاستهلاك من الشبكة الرئيسية وللبيئة من حيث الحفاظ عليها من الضرر الناجم عن استخدام المصادر التقليدية فى توليد الطاقة الكهربية.
٥) يرتفع سعر شراء الطاقة الشمسية عن سعر بيع الكهرباء للاستخدمات المنزلية والتجارية ، ويعد ذلك الارتفاع عامل محفز على تشجيع إنتاج الطاقة الشمسية وزيادة الجهود الذاتية وتشجيع القطاع الخاص فى تحويل استثماراتهم للمشاركة فى هذا المجال بهدف الاستفادة من فروق الأسعار وتنمية مجال الطاقة الشمسية .
٦) تعتبر النظم الفوتوفولتية مجدية اقتصادياً لاسترداد التكلفة الأولية وكذلك الإجمالية خلال العمر الافتراضى للمشروع ، هذا على مستوى النموذج السكنى ، ونظراً لخضوع النظم الفوتوفولتية لقانون اقتصاديات الحجم ، فإن التطبيق على مستوى التخطيط العمرانى بإنشاء محطات شمسية للمدن الجديدة ، سيكون بالطبع أكبر جدوى اقتصادية ، وهذا هو الهدف من الدراسة .

توصيات الدراسة :

١) يجدر بسياسات الدولة تشجيع الطاقات المتجددة على الأقل فى ميادين توليد الكهرباء والاستخدامات المنزلية وذلك بتوفير التكنولوجيات الجديدة والتعود عليها تحسبا لعدم التبعية في المستقبل للدول المتقدمة في ميادين الطاقة، فالدول المصنعة تكرس مجهودا قويا وأموالا طائلة للبحث في ميادين الطاقات المتجددة ودراسة إمكانيات تصنيعها والاتجار فيها محليا ودوليا.
٢) كذلك توصى الدراسة المخطط العمرانى بشكل عام الأخذ فى الاعتبار متطلبات تطبيق النظم الفوتوفولتية قبل تخطيط المدن وتصميم مبانيها ، حيث أن تطبيق النظم يخضع لقانون اقتصاديات الحجم مما يجعل العائد المادى والكمى للطاقة أكبر .
٣) صياغة منهجيات جديدة لتمويل مشاريع الطاقة المتجددة .
٤) تقديم الحكومات مساهمة مستمرة فى هذا المجال بدءً من اتفاقيات شراء الطاقة أو اتفاقيات الشراء الإطارية التى تتيح اعتماد التقنيات النظيفة على نطاق واسع وخفض التكاليف .
٥) تدريب وتجهيز الطاقات والكوادر البشرية في مجالات الطاقة الشمسية.
٦) العمل على نقل التكنولوجيا الخاصة بالطاقة المتجددة وبناء المصانع لإنتاج المواد والمعدات والأجهزة اللازمة لإنتاج هذه الطاقة .مثال على ذلك بناء مصانع السيليكون لإنتاج المرايا الشمسية العاكسة والخلايا الكهروضوئية .

٧) وأخيراً ، توصى الدراسة بإجراء الدراسات والأبحاث المستقبلية فى مجال رفع كفاءة الخلايا باستخدام التقنيات المضافة ، ووضع تصنيع الخلايا الشمسية ضمن الخطط المستقبلية للتغلب على تكلفة الاستيراد ، فضلاً عن توافر المادة المصنعة ، ودراسة إمكانية تطبيق هذه النظم فى المساحات المتاحة التى تم الإشارة إليها .

المراجع

١. إيهاب محمد عبد المجيد الشاذلى: الطاقة الشمسية كمدخل للتحكم فى البيئة الداخلية للمنزل، رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة القاهرة ، مصر، 1985 .
٢. دليل الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة فى الدول العربية، إدارة الطاقة، أمانة المجلس الوزارى العربى للكهرباء القطاع الإقتصادى ، جامعة الدول العربية ، 2013 .
٣. زواوية حلام: دور إقتصاديات الطاقات المتجددة فى تحقيق التنمية الإقتصادية المستدامة فى الدول المغاربية ، رسالة ماجستير ، كليةالعلوم الاقتصادية والعلوم التجارية وعلوم التيسير ، جامعة فرحات عباس – شطيف ، الجمهورية الجزائرية الديموقراطية الشعبية ، 2013.
٤. صلاح أبو عوف " الطاقة الشمسية "، إدارة الخلايا الفوتوفولتية، هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة، 2008.
٥. عبد المنعم أحمد شكرى السعيد: التنمية المستدامة ما بين المفهوم والتطبيق، رسالة دكتوراه، كلية الهندسة، جامعة القاهرة ، 1999.
٦. عبيرسامى يوسف: التقنية .. الهوية نحو منهجة فكرية لمنطق التوصل " المؤتمرالدولىالثالث " توفيق العمارة والعمران فى عقود التحولات ، كليةالهندسة ، جامعة القاهرة ، مصر، 2006 .
٧. عبير سامى يوسف : رؤية جدلية نحو بعد جديد لمستقبل التصميم المعمارى وتكنولوجيا البناء ، المؤتمر الدولى الثالث للتصميم المعمارى بمساعدة الحاسب ، تجسيد العمارة التخيلية ، الإسكندرية ، مصر، 2006.
٨. عمرو ممدوح على يوسف: دراسة إمكانية تطبيق النظم الفوتوفولتية لإمداد المبانى بالطاقة فى المدن الجديدة فى مصر، رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة أسيوط، مصر، 2011 .
٩. قناة الجزيرة الوثائقية الفضائية: آخر ما توصلنا إليه فى مجال الطاقة الشمسية، برنامج عن كثب، الحلقة الثامنة عشر، 2008 .
١٠. محمد إبراهيم محمد إبراهيم: تقنيات إعادة تدوير مواد البناء نحو تحقيق الإستدامة، رسالة دكتوراه ، كلية الهندسة ، جامعة المنوفية ، 2011.
١١. نورا محمد ريحان حسين: نحو أجندة محلية للإستدامة، رسالة ماجستير، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، مصر، 2004.
١٢. هشام عثمان عبد الرحم: الإدارة البيئية العمرانية للمخلفات الصلبة فى المناطق الصناعية الجديدة فى مصر، 2008.

REFERENCES

13. Christian Schittich : In Detail Solar Architecture – Strategies Visions Concepts , Birkhauser , Basel , Boston , Berlin , Germany , 2003.
14. Douglas Muschett : Principles of Sustainable Development, Brazil, 1996.
15. Dzambazova, Tatjana, Greg Demchak and Eddy Krygiel .Mastering Revit Architecture 2008 ,Indiana :Wiley Publishing, 2008.
16. Eman Mokhtar Omar : Towards Green Architecture Defintion and Princples , M.Sc. , Faculty of Engineering , Cairo University, Cairo , Egypt , 1998.
17. Lawer Zeiberc. , The Ecology of Architecture – Aconcepts Guid of Creating The Inviroment Conscious Building , Withey Library of Design , 1996 .
18. The German Energy Society ," Planning and Installing Photovoltic Systems ", Earthscan , London , UK , 2008 .
19. Phillip Hurley : Build Your Own Fuel Cells , Wheelock Mountain Publications , USA , 2006.
20. Peter Gevorkian : Solar Power in Building Design , The Mc Graw Companies , USA , 2008.
21. United Nations Environment Programme, Keeping Track of Our Changing Environment: From Rio to Rio+20 (1992- 2012), United Nations Environment Programme Publications, Nairobi, 2011.
22. Vincent Wallaert, Les Régions Méditerranéennes et le Développement des Energies Renouvelables , le Programme MED 2007- 2013, Institut de la Méditerranée, France, 2011.