الباب السادس

الخيارات والبدائل التكنولوجية للطاقة الشمسية

يشيع في الوقت الحاضر مفهوم الطاقة الجديدة والمتجددة. ولفظ الجديدة يعنى التي بدأ استغلالها تجاريا مؤخرا أى خلال النصف الثاني من القرن العشرين. وهي بذلك تختلف عن الطاقة الحديثة المعروفة (فحم، بترول، غاز طبيعي). وتدخل الطاقة النووية ضمن الطاقة الجديدة حيث لم يبدأ استخدامها على نطاق تجارى إلا في الحقبة المشار إليها. أما لفظ متجددة فهو أكثر وضوحا، لأنه يعنى المصادر التي لا تنضب مع الزمن (الفحم والبترول والغاز الطبيعي مصادر ناضبة) مثل طاقة الشمس والرياح والمد والجزر. وهناك بعض مصادر الطاقة المتجددة يجرى استغلالها في الوقت الحالي والبعض الآخر ينتظر التقدم التقني والتطور العلمي مستقبلا. وليس للمصادر المتجددة للطاقة آثار بيئية ضارة تذكر. وسيؤدى استغلالها إلى انتشار جغرافي واسع للطاقة [٧٣]. وسوف نقصر الحديث فيما يلي على الخيارات التكنولوجية للطاقات المتجددة المتوافرة في مصر حسب ما جاء في الباب الأول من هذه الدراسة وهي الطاقة الشمسية التي نعالجها في هذا الباب وطاقة الرياح التي سنعالجها في الباب التالي. أما الكتلة الحيوية فقد تمت معالجتها في دراسة مستقلة في إطار مشروع مصر ٢٠٢٠ [٩٦].

١- تكنولوجيات الطاقة الشمسية

ترتبط الخيارات التكنولوجية لاستخدام الطاقة الشمسية ارتباطا وثيقا بنوع الاستخدام النهائي لها أو بعبارة أخرى بنوع التطبيق المطلوب استغلال الطاقة الشمسية للوفاء بمتطلباته من الطاقة، مثل تسخين المياه للأغراض المختلفة منزلية أو صناعية، أو تسخين الهواء، أو العمارة الشمسية أو توليد الكهرباء . وينبغي التمييز بين الاستخدام الحراري للطاقة الشمسية أو طيف الإشعاع الشمسي للأغراض والتطبيقات المختلفة ومن بينها توليد الكهرباء، وبين استخدام الطاقة الشمسية أو الإشعاع الضوئي المرئي بصفة أساسية للتوليد المباشر للكهرباء من خلال الخلايا الشمسية الضوئية أو بعبارة أدق الخلايا الشمسية الفوتوفلطية. حيث تختلف الخيارات والبدائل التكنولوجية لكل من هذين النوعين [٧٤].

١-١ البدائل والخيارات التكنولوجية لاستخدام الطاقة الشمسية الحرارية

تتعدد هذه الخيارات والبدائل تبعا لنوع الاستخدام أو التطبيق كما سبق بيانه، وهناك عديد من التقسيمات المستخدمة في هذا المجال لعل أفضلها هو تحديد مجالات الاستخدام طبقا لدرجة الحرارة المطلوبة وبالتالي تحديد البدائل والخيارات التكنولوجية لمنظومات الطاقة الشمسية التي توفر التسخين الشمسي لدرجات الحرارة المطلوبة [٢٩]. ويقسم التسخين الشمسي الحراري لثلاثة أنواع من التطبيقات:

أ - التسخين الشمسي لدرجات الحرارة المنخفضة حتى ٨٠ درجة مئوية ويشمل تسخين المياه للأغراض المنزلية والعامة والتجارية والتسخين الشمسي للهواء الذي يستخدم أساسا في تجفيف الحاصلات الزراعية والتدفئة، كما يشمل أيضا تكنولوجيات الزراعة المحمية والعمارة الشمسية والمقطرات الشمسية لتحلية المياه والبرك الشمسية.

ب- التسخين الشمسي لدرجات الحرارة المتوسطة من ٨٠ إلى ١٥٠°م والتطبيق الأساسي له هو إنتاج حرارة للعمليات الصناعية Industrial Process Heat في صورة بخار أو مياه ساخنة.

ج- التسخين الشمسي لدرجات الحرارة العالية أكثر من ٣٠٠° م والتطبيق الأساسي له هو إنتاج الكهرباء من محطات بخارية تحل فيها تكنولوجيا التسخين الشمسي محل الغلاية في المحطات التقليدية.

وسوف نتناول فيما يلي وصف التكنولوجيات المستخدمة في كل من الأنواع السابقة للتسخين الشمسي مع بيان أهم تطبيقاتها في مصر والعالم.

١-١-١ منظومات المجمعات الشمسية المسطحة لدرجات الحرارة المنخفضة

وتستخدم في تسخين الماء (أساسا) أو الهواء (بدرجة أقل) حتى درجات الحرارة المطلوبة وهذه المجمعات تتأثر بصفة أساسية بالإشعاع الشمسي الكلي Global Radiation الساقط على سطح هذه المجمعات عند زاوية ميل معين للمجمعات. وهي تصمم بصفة عامة بحيث تكون ذات ميل ثابت على السطح الأفقي طوال اليوم بصفة أساسية، وغالبا ما تكون ذات ميل ثابت طوال العام، وهذا الميل عادة ما يساوى زاوية خط العرض في الموقع الموجود به المجمع المسطح، وأحيانا ما يتم ضبط الميل أربعة مرات في العام في كل من فصول العام. وفيما يلي وصف موجز للمكونات الرئيسية للمجمع الشمسي المسطح لتسخين المياه، والتي لا تختلف كثيرا عن مجمعات تسخين الهواء.

(أ) اللوح الممتص

ويتكون عادة من لوح معدني من مادة أو معدن جيد التوصيل للحرارة مثل النحاس أو الألومنيوم ويطلى سطحه المواجه للشمس بمادة شديدة السواد لامتصاص معظم الأشعة الساقطة عليه وتحويلها لطاقة حرارية ترفع درجة حرارة اللوح الممتص [٧٥ و ٧٦]

(ب) أنابيب المياه

و تجرى فيها المياه المطلوب تسخينها والتي يقوم اللوح الممتص بنقل حرارته إليها. وينبغي أن تكون ملحومة جيدا في اللوح الممتص لضمان جودة الاتصال المعدني المباشر ومن ثم لضمان جودة التوصيل الحراري. وتصنع هذه الأنابيب من

مادة جيدة التوصيل للحرارة يمكن أن تكون مطابقة لمادة اللوح الممتص أو من مادة مغايرة. عند تسخين الهواء تستخدم مجمعات مشابهة لتلك المستخدمة في سخانات المياه الشمسية ولكن تستخدم أنابيب ذات أقطار أكبر كثيرا كما يستخدم المجمع أحيانا بدون أنابيب حيث يعد الفراغ أسفل اللوح الممتص بمثابة مجرى للهواء.

(ج) الغطاء الخارجي الأمامي الشفاف

ويتكون في الغالب الأعم من الزجاج لمزاياه الكبرى من حيث نفاذيته العالية Transparency للإشعاع الشمسي للأطوال الموجية المختلفة للضوء المرئي وأيضا للأشعة تحت الحمراء Infrared Radiation ذات الطول الموجي القصير، بينما يعد غير منفذ تقريبا للأشعة الحرارية ذات الطول الموجي الكبير المنبعثة من الجسم الأسود. وهذه الخاصية على أقصى قدر من الأهمية لمنع خروج هذه الأشعة الحرارية للجو الخارجي والاستفادة القصوى منها في تسخين اللوح الممتص وبالتالي المياه الجارية في الأنابيب مما يرفع كفاءة السخان الشمسي. كما أن الزجاج مانع للتيارات الهوائية وتأثيرها في تبريد اللوح الممتص. ونتيجة لاستخدام الزجاج بمزاياه المذكورة يمكن من رفع درجة الحرارة بمقدار يصل إلى ٥٠ ° م [٧٥ و ٧٦]. وتجرى حاليا أبحاث لتحسين نفاذية الزجاج للإشعاع الشمسي. كما يمكن استخدام أنواع مختلفة من البلاستيك، ذات خواص مشابهة للزجاج، كغطاء خارجي، إلا أنه ينبغي إجراء مزيد من البحوث لتحسين خواصها وضمان ثبات هذه الخواص وعدم تدهورها – خاصة تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية –على مدى العمر الافتراضي للسخان الذي ينبغي ألا يقل عن ١٠-١٥ عاما.

(د) العزل الحراري الخارجي: Thermal Insulation

ويوضع في ظهر كل من اللوح الممتص والأنابيب الملحومة فيه ويغطي كافة المساحة الخلفية بسمك لا يقل عن ٥سم عادة ويتكون من مادة جيدة العزل للحرارةFoam تمتلئ بالفراغات الهوائية كما يحيط العزل الحراري بجوانب اللوح الممتص والأنابيب وتعد جودة العزل الحراري ذات أهمية خاصة لكفاءة السخان لمنع تسرب الحرارة للجو الخارجي.

(هـ) الإطار الخارجي والظهر

ويصنع من معدن يتحمل الإجهادات الميكانيكية الناتجة عن حمل ونقل وتركيب المجمع والذى كثيرا ما يكون ثقيل الوزن نسبيا. وأيضا يتحمل السرعات العالية للرياح التي يتعرض لها أحيانا وينبغي أن يكون أيضا مقاوما للصدأ سواء عن طريق اختيار المواد المصنع منها هذا الإطار أو طلائه بمواد مقاومة للصدأ وعوامل التعرية الجوية المختلفة.

(و) خزان المياه

وهذا الخزان عادة ما يتكون من جدار مزدوج داخله طبقة عازلة حرارية ومصنوع من معدن مقاوم للصدأ أو مطلي من الداخل بمادة مقاومة للصدأ. ويهدف العزل الحراري لتقليل فقد الحرارة من الخزان ليلا بصفة خاصة لأدنى حد ممكن وتوفر مثل هذه السخانات الشمسية وخزاناتها مياه ساخنة في درجة حرارة ٥٠-٦٠ م عادة [٢٩ و ٧٧].

ويتم تدوير المياه بين المجمع الشمسي والخزان إما بالدوران الطبيعي Natural Circulation أو بالدوران القسرى Forced Circulation [٧٦ و ٧٧]. وفي الدوران الطبيعي يرتفع الخزان قليلا عن المجمع مما يسمح للمياه التي يتم تسخينها في المجمع الشمسي وتقل كثافتها أن ترتفع إلى فتحة دخول في أعلى الخزان بينما تحل محلها مياه باردة نسبيا من أسفل الخزان ويتم الحصول على المياه الساخنة للاستخدام من الثلث العلوي للخزان، ويزود الخزان بصمام مانع للرجوع لمنع تأثير التبريد الليلي والذي يمكن أن يعكس اتجاه دوران المياه، ويتميز مثل هذا النوع من السخانات ببساطة التصميم وانخفاض التكلفة النسبية حيث يبلغ متوسط السعر الحالي للوحدة النمطية سعة ١٥٠ لتر حوالي ١٨٠٠-٢٠٠٠ جنيه مصرى.

أما في حالة الدوران القسرى فتضاف مضخة في دائرة المياه بين المجمع والخزان بالإضافة إلى وحدة تحكم حرارى بسيطة بحيث تعمل المضخة عندما يزيد فارق درجة الحرارة بين مياه المجمع الشمسي الأعلى حرارة وبين المياه الموجودة في الجزء العلوى من الخزان عن حد معين، وتتوقف المضخة عندما ينخفض هذا الفارق إلى الحد المطلوب أو ينعدم هذا الفارق، وبالطبع فإن المضخة تزيد من سعر

obeikandl.com

السخان بالإضافة إلى استهلاك بسيط إضافي للكهرباء، إلا أن هذا يرتبط بميزتين إضافيتان هما:

- عدم ضرورة وجود الخزان بجوار المجمع على سطح المنزل وإنما يمكن أن يكون داخل المنزل مما يقلل من فاقد الحرارة من الخزان ليلا، كما يقلل من تعرضه للعوامل الجوية الأخرى.
- إمكان استخدام تصميمات أكثر حرية للخزان مع المجمع.

وعند استخدام المجمعات الشمسية المسطحة لتسخين الهواء فلا يوجد خزان كما لا يستخدم الدوران الطبيعي ويستخدم الدوران القسرى بإضافة ضاغط Compressor في دائرة الهواء.

في بعض الأحيان تزود السخانات الشمسية للمياه بسخان كهربائي إضافي مساعد يركب عادة داخل الخزان وذلك للطوارئ الخاصة وأهمها تتابع حدوث أيام غير مشمسة أو سماء تغطيها سحب كثيفة لمدة تتجاوز ٣ أيام عادة مما يقصر استخدام هذا السخان الكهربي على فترات قصيرة طوال العام غالبا ما تكون في الشتاء، وبالرغم مما يمثله هذا السخان الكهربي من تكلفة إضافية لسعر السخان الشمسي بالإضافة إلى تكلفة استهلاكه من الكهرباء إلا أنه يسمح باستخدام السخان في كافة الظروف المناخية.

١-١-١-١ أهم التطبيقات

يعد التسخين الشمسي للمياه للأغراض المنزلية والعامة والتجارية هو أهم تطبيقات التسخين الشمسي على الإطلاق لكافة درجات الحرارة وأكثرها شيوعا في الوقت الحالي سواء في مصر أو العالم، كما لا يزال أكثرها مساهمة في توفير الوقود التقليدي. ويمكن تقسيم سخانات المياه الشمسية للأغراض المنزلية والتجارية إلى: (أ) سخانات شمسية مفردة للأغراض المنزلية، وهي النوع الأكثر شيوعا، وهي معدة لخدمة عائلة أو مجمع سكاني محدود العدد وتتراوح سعاتها من ١٠٠ إلى ٥٠٠ لتر من المياه الساخنة لكل يوم [٢٩]، و (ب) منظومات السخانات المجمعة للاستخدام العام والتجارى وتستخدم هذه السخانات في التجمعات السكنية لخدمة عمارة تحتوى على عديد من الشقق، أو مجمعات الخدمات كالفنادق والمستشفيات

والمدارس وغيرها، ولا يختلف تركيب المجمعات الشمسية فيها عما سبق بيانه، وتركب على أسطح المباني القائمة أو تتكامل مع عمارة المبني عند أخذها في الاعتبار عند الإنشاء. وتكون هذه المنظومات من نوع الدوران القسري أي مزودة بمضخة أو أكثر لتدوير المياه بين المجمعات والخزانات ولتزويد المستهلكين النهائيين بالمياه الساخنة وعادة ما تزود هذه المنظومات بسخان كهربائي مساعد للأسباب المذكورة آنفا، وتكفل مثل هذه المنظومات إمداد المستهلك النهائي بالمياه الساخنة طوال العام بحيث لا تقل نسبة مساهمة الطاقة الشمسية عن ٨٥-٩٠% طبقا للظروف السائدة في مصر [٢٩].

كما يمكن تسخين أو تدفئة حمامات السباحة باستخدام مجمعات شمسية مسطحة مشابهة لتلك المستخدمة لسخانات المياه الشمسية ولكن بدون استعمال الزجاج الخارجي، ولا يوجد خزان بالطبع وإنما يتم ضخ المياه من حمام السباحة مباشرة للمجمعات ثم لحمامات السباحة بصفة مستمرة، وتكون عادة مساحة المجمعات الشمسية نصف مساحة حمام السباحة نفسه وترفع مثل هذه المنظومات درجة حرارة المياه حوالي ٥-١٠°م ويكون هذا مرضيا عادة في الظروف السائدة في مصر.

تحتاج الصناعة أيضا لتوليد حرارة في درجات الحرارة المنخفضة والتي يمكن أن توفرها الطاقة الشمسية باستخدام المجمعات الشمسية المسطحة. وقد تم تنفيذ مشروعان رياديان في مصر هما [٧٨ و ٧٩]:

- مشروع التسخين الشمسي واسترداد الحرارة المفقودة بالمجزر الآلي في هليوبوليس، ويشمل مجمعات شمسية مسطحة مساحتها الإجمالية ٣٥٦ متر مربع لتسخين المياه اللازمة لأحواض السمط Scalders بناتج يومي ٢٨ متر مكعب مياه عند درجة ٦٠° م بالإضافة إلى الاستفادة من الحرارة المفقودة بتجميع البخار المتكاثف من عمليات السمط وطبخ المخلفات، واستخدامها لتوليد جزء من البخار المطلوب للعمليات المختلفة ويساهم المشروع في توفير ٣٤٥ طن بترول مكافئ سنويا.

- مشروع التسخين الشمسي واسترداد الحرارة المفقودة في شركة مصر-حلوان للغزل والنسج، ويشمل المشروع استخدام مجمعات شمسية مسطحة مساحتها ٣٥٦ متر مربع بالارتباط بمنظومة لاستعادة الحرارة المفقودة عن طريق مبادل حراري لتوفير المياه الساخنة اللازمة لعمليات التسخين والغسيل للمنسوجات بطاقة ٤٨ متر مكعب في الساعة عند ٦٥°م، ويساهم هذا المشروع في توفير ١٤٥٠ طن بترول مكافئ سنويا.

تعد التطبيقات الزراعية المختلفة لأغراض تجفيف الحاصلات الزراعية المختلفة – مثل الفواكه والخضراوات وغيرها من المحاصيل الزراعية – من أهم تطبيقات تسخين الهواء. ويمكن استخدام التسخين الشمسي للهواء على مستوى الحقل أو حتى على المستوى الصناعي. وقد أنشئ في مصر عدد من وحدات تسخين الهواء الشمسي لأغراض تجفيف الحاصلات الزراعية على مستوى الحقل من بينها وحدة بمديرية الزراعة في محافظة الفيوم. وقد أنشأت الوحدة بالتعاون بين مركز البحوث الزراعية وجامعة شتوتجارت الألمانية حيث تم بناء مجففات شمسية للمحاصيل مصنعة من مواد منخفضة التكلفة بمسطح ٦ متر مربع بإمكانها تجفيف حوالي ١٠٠ كجم/اليوم من المحاصيل عند درجات حرارة من ٥٠ إلى ٦٠°م. وفي هذه المنظومات يتم ضخ الهواء إلى المجمعات لتسخينه ثم ضخه لحجرة مغلقة بها رفوف توضع عليها المحاصيل المراد تجفيفها. ولهذه المجففات الشمسية مزايا عديدة من بينها تلافي الفاقد في المحاصيل عند تجفيفها في العراء تحت أشعة الشمس وأيضا تلافي التلوث الناتج عن ذلك [٢٩].

كما تستخدم منظومات تسخين الهواء في تدفئة هواء المنازل والتجمعات السكنية والتجارية المختلفة في بعض البلاد الأوربية إلا أن الظروف البيئية والجوية المصرية واعتدال المناخ شتاء قد أدى إلى عدم تجربة مثل هذه المنظومات لتدفئة هواء المنازل تحت الظروف المصرية حتى الآن. وتواجه هذه المنظومات مشكلة انخفاض الكفاءة لعدة أسباب من بينها انخفاض معامل التوصيل الحراري للهواء، والاحتياج لأقطار كبيرة للأنابيب وضرورة تجنب الانحناءات الحادة لهذه الأنابيب، بالإضافة لارتفاع تكلفتها، مما يحد من استخدامها حاليا [٧٦].

obeikandl.com

١-١-٢ الصوب الزجاجية Green Houses

تعد الزراعات المحمية والصوب الزراعية (الصوب الزجاجية والبلاستيكية) Green Houses من أقدم استخدامات الطاقة الشمسية [٢٩ و ٧٦]. وتقوم بعض تطبيقاتها على نفس فكرة استخدام الغطاء الزجاجي في السخانات الشمسية بما يسمح برفع درجة الحرارة داخل الصوبة الزجاجية أو البلاستيكية، وهذه الصوبات واسعة الانتشار حاليا في مصر والعالم. كما توجد منظومات أخرى تقوم على أساس استخدام الطاقة الشمسية في التحكم في الظروف المناخية للزراعة عن طريق استخدام منظومات لتسخين الهواء والتهوية باستخدام المجمعات الشمسية المسطحة.

١-١-٣ العمارة الشمسية

يمكن تصميم المباني بحيث تقلل الاحتياج لمصادر فعالة للطاقة سواء للتسخين أو التبريد والتهوية أو الإضاءة وهو ما يطلق عليه العمارة الشمسية. وتتمثل فلسفة العمارة الشمسية في وضع العوامل البيئية المناخية والشمسية في الاعتبار عند تصميم المباني بما يسهم في توفير ظروف مناخية مناسبة للمعيشة المريحة داخل المبنى مع تقليل أو إلغاء الحاجة لاستخدام معدات مستهلكة للطاقة، من خلال استخدام المواد المناسبة والتصميم المناسب للتحكم في معدلات الطاقة الشمسية الداخلة إلى المبني وتوزيع الهواء به. وتؤدي هذه الأساليب إلى المساهمة في تخفيض أو إلغاء الحاجة للتبريد والتهوية صيفا والتسخين شتاء وتقليل الحاجة للإضاءة مما يؤدي إلى خفض الأحمال الكهربائية اللازمة لتشغيل أجهزة التكييف والتدفئة والمراوح وسبل الإضاءة، والتي تمثل عبئا كبيرا على الشبكة الكهربائية [٢٩ و٧٥-٧٧].

وتتعدد أساليب العمارة الشمسية بما يتناسب وطبيعة الأقاليم المناخية المختلفة، وتعد هذه الأساليب شديدة الارتباط بالبيئة المحلية، ولعل أسلوب البناء المصرى القديم المتبع منذ مصر الفرعونية أفضل مثال على ذلك، وهو الأسلوب الذى يستخدم الحوائط السميكة العازلة للحرارة والنوافذ وفتحات التهوية المواجهة للشمال الجغرافي بالإضافة إلى القباب التي تعمل على التوزيع المناسب للهواء داخل المبني، وأيضا استخدام مظلات للنوافذ بحيث تحجب أشعة الشمس صيفا عندما

تكون الشمس عالية في الأفق وخاصة في فترة الظهيرة والعصر، بينما تسمح بدخول هذه الأشعة شتاء عندما ينخفض ارتفاع الشمس في الأفق.كل ذلك يعد من أنسب أساليب العمارة في المناطق المدارية والصحراوية، وهي الأساليب التي لم تعد تتبع حاليا مع الأسف واستبدلت بها المباني الخرسانية بل والواجهات الزجاجية الضخمة والغطاء الألومنيوم لجدران المباني الخارجية مما يتعارض والظروف المناخية المصرية.

٦-١-٤ المقطرات الشمسية أو إزالة ملوحة مياه البحر باستخدام الطاقة الشمسية

ويمكن استخدام الطاقة الشمسية لإنتاج المياه العذبة من المياه المالحة بصفة عامة أو مياه البحر بصفة خاصة بثلاثة أساليب. وأولها هو المقطرات الشمسية من النوع الحوضي. أما الأسلوب الثاني فيشمل استخدام المياه المسخنة شمسيا في وحدات تعمل بطريقة التقطير متعدد التأثيرات Multiple-Effect Distillation وطريقة التقطير الوميضي متعدد المراحل Multi-Stage Flash Distillation (الموضحة في الباب التاسع) وذلك في أسلوب مشابه لوحدات إزالة الملوحة التقليدية ولكن مع فارق أساسي هو العمل تحت الضغط الجوى العادى. ويشمل الأسلوب الثالث نفس الطريقتين المذكورتين في الأسلوب الثاني ولكن في أسلوب مشابه لوحدات إزالة الملوحة التقليدية التي تعمل تحت ظروف التفريغ الجوي [٧٤] وفي الحالتين الأخيرتين فإن المسخن الشمسي يحل محل المسخن التقليدى أو الغلاية في المنظومات التقليدية.

وتعد المقطرات الشمسية من النوع الحوضي من أقدم وأبسط أساليب إزالة الملوحة باستخدام الطاقة الشمسية وأكثرها شيوعا حتى الآن، وهي تتكون من حوض معزول حراريا ومملوء بالمياه المالحة ومغطى بزجاج يميل بزاوية في حدود ٢٠ درجة على الأفقي بحيث يسمح بدخول أشعة الشمس لتقوم بتسخين المياه التي يتبخر جزء منها مما يؤدي لزيادة رطوبة وحرارة الهواء في الطبقة الملامسة لسطح المياه المالحة ويرتفع هذا الهواء ليلامس الغطاء الزجاجي البارد نسبيا ليتكاثف جزء من بخار الماء عليه مكونا قطرات من المياه العالقة بالسطح الداخلي

للغطاء الزجاجي ثم تنزلق قطرات المياه إلى أسفل الميل الزجاجي ليتم تجميعها في قناة للمياه العذبة تنحدر خارج المقطر الشمسي لتجميعها ثم استعمالها [٧٤].

وتتعدد أشكال هذا النوع من المقطرات الشمسية لتحسين الكفاءة حيث تتعدد الأسطح الزجاجية لزيادة إنتاجية المياه العذبة ولكن بنفس الفكرة والأسلوب. وهناك العديد من هذه المقطرات الشمسية على مستوى العالم كله وتتراوح إنتاجية هذه الوحدات بين ٣-٤ لتر لكل متر مربع من سطح المقطر في اليوم، ولا ينبغي أن تقل الإنتاجية في الأنواع الجيدة عن ١٠٠٠ لتر/متر مربع/العام وتتراوح قدرات هذه الوحدات بين ١-٢ متر مكعب/اليوم إلى أكثر من ٣٠ متر مكعب يوميا [٧٤]. والعيب الأساسي في هذه الطريقة هي انخفاض كفاءتها حيث أنها لا تستخدم حرارة الإشعاع الشمسي سوى مرة واحدة، نظرا لأنه من المهم خروج حرارة التكثيف للوسط الخارجي كي يظل السطح الزجاجي باردا بما يمكن من استمرار عملية التكثيف [٧٤].

١-١-٥ البرك الشمسية

من التطبيقات الهامة للاستفادة من الطاقة الشمسية، للتسخين لدرجات حرارة منخفضة وتوليد الكهرباء وإزالة ملوحة مياه البحر، ما يسمى بالبرك الشمسية Solar Ponds وهي بحيرات من المياه المالحة واسعة المساحة نسبيا وتتراوح أعماقها بين أقل من متر إلى عدة أمتار وتتميز هذه البرك المالحة بتدرج ملوحتها بالزيادة كلما زاد العمق. و تتكون هذه البحيرات من ثلاث طبقات رأسية هي [٧٤و٧٦]:

- طبقة عليا رقيقة من المياه قليلة الملوحة موصلة للحرارة عن طريق الحمل.
- طبقة وسطى ثانية أسفل الأولى تتميز بتدرج كل من زيادة الملوحة وأيضا زيادة درجة الحرارة بزيادة العمق وهذه الطبقة لا تسمح بانتقال الحرارة من خلال الحمل وإنما من خلال التوصيل فقط.
- وأخيرا طبقة ثالثة سفلي عالية الملوحة وتتميز بتجانس ملوحتها وتسمح بانتقال الحرارة عن طريق الحمل وذات درجة حرارة مرتفعة نسبيا عن الطبقتين الأعلى منها.

يتلخص أسلوب عمل البرك الشمسية في أن الطبقتين العلويتين تسمحان بمرور الإشعاع الشمسي إلى الطبقة السفلى والتي تسخن بتأثير هذا الإشعاع بينما تعد الطبقتين العلويتين غير منفذتين للإشعاع الحراري طويل الموجه مما يجعلهما تعملان مثل الغطاء الزجاجي للمجمع الشمسي المسطح بينما تظل الطبقة الثانية التي تتميز بتدرج كل من الملوحة ودرجة الحرارة في حالة ثبات واتزان تثاقلي وغير موصلة للحرارة برغم تسخين قاع البحيرة أو الطبقة الثالثة السفلى، وذلك نظرا لأن تدرج زيادة الملوحة لأسفل يصاحبه زيادة متدرجة مصاحبة في كثافة المياه المالحة بما يمنع صعود المياه الساخنة لأعلى [٧٤ و ٧٦].

وتتميز هذه البرك المالحة أو البرك الشمسية بكونها تعمل كخزان حرارى كبير نظرا لكبر كتلتها وبالتالي تكون سعتها الحرارية كبيرة بالإضافة لعملها كمجمع شمسي مسطح يسمح بتسخين القاع إلى ما يقرب من ٩٠°م في كثير من الأحيان، وهذا يسمح بترك مثل هذا النوع من البحيرات معرضا للعوامل الجوية ليقوم بتجميع الإشعاع الشمسي بغض النظر عن شدة هذا الإشعاع ودرجة حرارة الجو بما يسمح باستخدام هذه البرك الشمسية ليلا ونهارا وصيفا وشتاءا حيث تسمح بتخزين حرارة كل من النهار لاستعمالها ليلا وحرارة الصيف لاستعمالها شتاءً. وكلما زاد العمق كلما أصبحت البركة الشمسية أكثر فعالية وذلك بسبب وجود كتلة مائية كبيرة وسعة حرارية كبيرة مصاحبة. ويمكن باستخدام مواد عضوية تتبخر في درجات حرارة منخفضة توليد الكهرباء في محطة بخارية تعتمد،على هذه المواد بدلا من الماء.

وتعد إسرائيل من الدول المتقدمة في مثل هذا النوع من التكنولوجيا نظرا لوجود شواطئ لها على البحر الميت عالي الملوحة والذي تصل ملوحته إلى حوالي ٢٥% غير أنها تمارس نوعا من التعتيم على بحوثها في هذا المجال. وقد تم إجراء عديد من التجارب على هذه التكنولوجيا في كل من الولايات المتحدة والمملكة العربية السعودية وقد كانت هناك مجالات لعمل تجارب مشابهة في مصر في إحدى الملاحات بالقرب من الإسكندرية إلا أنها لم تصل لحد تنفيذ المشروع. وقد تم

تجربة وحدة في الولايات المتحدة بقدرة (٥٠ ميجاوات) باستخدام بحيرة مالحة مساحتها ٢٠ هكتار. وهناك بعض العيوب الأساسية لهذه الطريقة هي:

- انخفاض الكفاءة إلى حوالي ٢% إجمالا نظرا لانخفاض فارق درجات حرارة التشغيل.
- الاحتياج لكميات كبيرة من المياه العذبة للحفاظ على تدرج الملوحة الأمر الذي يعد صعبا في المواقع الطبيعية المفضلة لهذه البحيرات وهي الصحاري المشمسة والتي تعاني عادة من نقص في المياه العذبة.
- أهمية عدم التعرض للعوامل الجوية وعلى الأخص التيارات الهوائية التي تؤدي لتقليب المياه المالحة واختلاط طبقاتها بما يؤدي لإبطال خواص البرك الشمسية الأساسية

قد يكون مجال إزالة الملوحة هو التطبيق الأفضل لمثل هذه البرك الشمسية المالحة وذلك باستخدام فارق درجات الحرارة المذكور لتوليد مياه عذبة تكفي للحفاظ على تدرج الملوحة المطلوب لهذه البرك أو البحيرات وليمكن أيضا استخدامها في أغراض الشرب وسائر أغراض استخدامات المياه العذبة المطلوبة بشدة في الصحارى المشمسة المذكورة [٧٥].

١-١-٦ مجمعات الأنابيب المفرغة Evacuated Tubular Collectors [٧٤]

وهي من التكنولوجيات المستخدمة في التسخين الشمسي لدرجات الحرارة المتوسطة (من ٨٠ إلى ١٥٠°م)، وهناك عدة تصميمات لهذه المجمعات ولكنها جميعا تتكون بشكل عام من أنبوب زجاجي مفرغ من الهواء بداخله لوح ممتص أسود على هيئة شريط بكامل طول الأنبوب الزجاجي المفرغ وملحوم فيه أنبوب معدني لمرور المياه أو المائع المطلوب تسخينه، وأحيانا ما يصنع الجزء السفلي للأنبوب الزجاجي المفرغ بحيث يكون عاكسا للإشعاع الشمسي لرفع الكفاءة، ويتأثر هذا المجمع أساسا بالإشعاع الشمسي الكلي Global Radiation وتعطي هذه المجمعات ارتفاعا في درجة الحرارة يتراوح بين ١٠-١٥٠°م.

١-١-٧ المركزات الشمسية الخطية ذات القطع المكافئ الأسطوانى
Parabolic Trough Line Concentrators

تتكون هذه المركزات من مرايا مقعرة عاكسة تقوم بتركيز الإشعاع الشمسي على البؤرة الخطية التي يوجد فيها أنبوب يحتوي على الماء أو المائع المطلوب تسخينه. وهي تتأثر أساسا بالإشعاع الشمسي المباشر مما يتطلب تتبعا لمسار الشمس، وسوف يتم التعرض لهذا النوع من المركزات الشمسية بصورة أكثر تفصيلا في تطبيق توليد الكهرباء من الطاقة الشمسية الحرارية لاحقا، ويمكن لهذه المنظومات أن توفر ارتفاعا في درجة الحرارة في حدود ٥٠-١٥٠°م في حالات تطبيقات التسخين الصناعي المعنية.

١-١-٨ تكنولوجيات توليد الكهرباء باستخدام الطاقة الشمسية الحرارية

يعد توليد الكهرباء هو التطبيق الأساسي لاستخدام التسخين الشمسي لدرجات الحرارة وكافة تكنولوجيات توليد الكهرباء باستخدام الطاقة الشمسية تنتهي بتوليد بخار ماء محمص لتشغيل توربينات بخارية تقليدية. ويستخدم للوصول لدرجات الحرارة المذكورة المركزات الشمسية العاكسة من نوع القطع المكافئ، وتتناسب درجة الحرارة الناتجة طرديا مع معامل التركيز الذي يساوي مساحة السطح العاكس مقسومة على مساحة السطح المستقبل، وهناك ثلاثة تكنولوجيات تستخدم لذلك وهي [٧٤-٨٣]:

١-١-٨-١ المركزات الشمسية الخطية ذات القطع المكافئ الأسطواني
Parabolic Trough Line Concentrators

تتكون هذه المنظومات من مرايا زجاجية عاكسة تأخذ شكل القطع المكافئ الأسطواني، وتقوم بتركيز الأشعة على المحور البؤري للقطع الأسطواني المكافئ حيث يوجد المستقبل الحراري الطولي في شكل أنابيب ممتدة تحتوي على مائع يتم تسخينه إلى حوالي ٤٠٠°م لتوليد بخار الماء المحمص من خلال مبادلات حرارية لتشغيل توربينات بخارية تقليدية لتوليد الكهرباء [٨١-٨٢]. وتقوم هذه المنظومات بتتبع مسار الشمس على محور واحد فقط وغالبا ما يكون المحور الأسطواني

obeikandl.com

البؤرى في اتجاه الجنوب – الشمال ويتم التتبع من الشرق للغرب، وكما سبق بيانه فإن المركزات تتأثر بالإشعاع الشمسي المباشر لذلك يجب أن يكون التتبع دقيقا لضمان انعكاس الإشعاع الشمسي على المحور البؤري.

ومن جهة أخرى فإن نظافة السطح العاكس تعد على أقصى قدر من الأهمية منعا لتشتت الأشعة المنعكسة بعيدا عن المحور البؤري أو لتفادي التقليل من كمية الأشعة المنعكسة بسبب التلوث أيا ما كان مصدره وعلى الأخص الرمال أو التراب، مما يجعل التنظيف الدائم والدوري على الأقل مرة واحدة صباح كل يوم أمرا ضروريا، ويجري تنظيف هذه المركزات عادة صباحا بطريقة نصف آلية باستخدام سيارات خاصة تطلق رذاذا من الماء تحت ضغط [٨٣] كما يتبين من شكل (١-٦) مما يرفع من التكلفة بسبب الحاجة لشق طرق لتشغيل هذه السيارات بالإضافة إلى ما تستهلكه من وقود تقليدي (ينتج عنه أيضا انبعاثات). هذا ويتوقع أن تصل تكلفة إنتاج الكيلووات.ساعة إلى ١٠-١٢ سنت أمريكي في المحطة الأولى المزمع إنشاؤها في مصر في منطقة الكريمات [٨١].

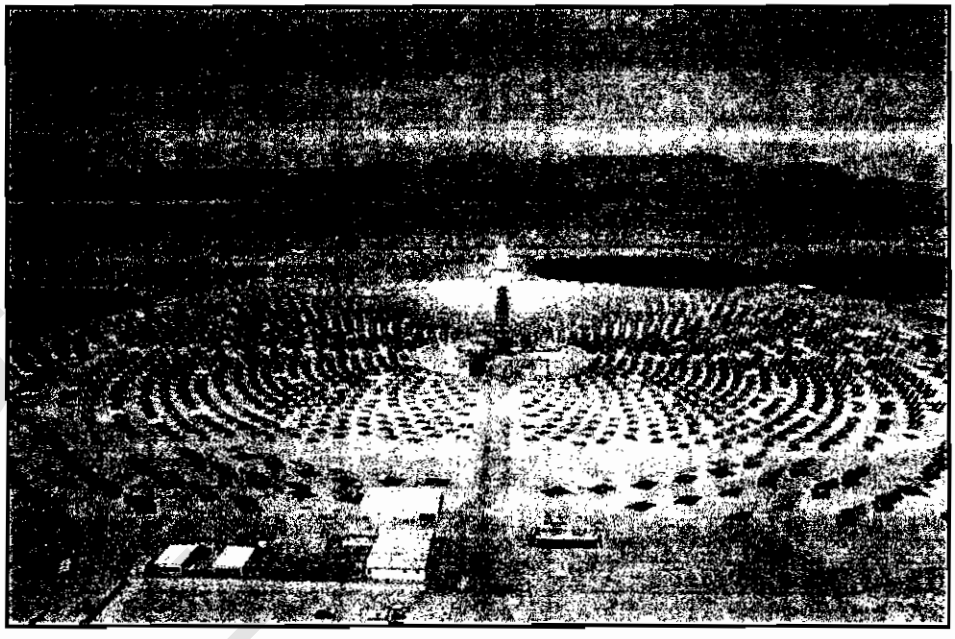
وتعد هذه التكنولوجيا في الوقت الراهن أكثر تكنولوجيات التوليد الحراري الشمسي للكهرباء تطورا وتصل كفاءتها القصوى إلى ٢١% بينما تتراوح الكفاءة المتوسطة على مدار العام من ١٠ إلى ٢١%، ومن أهم مزايا هذه المنظومة أنه يمكنها العمل مع المحطات الحرارية التقليدية كجزء مكمل بحيث يوفر جزءا من الوقود التقليدي المستخدم ويحسن الاعتمادية لكل من المنظومتين. ويوجد حاليا وحدات مشابهة في صحراء موجافي Mojave Desert في جنوب كاليفورنيا في الولايات المتحدة الأمريكية قدرتها الإجمالية ٣٥٤ ميجاوات لتسعة وحدات تتراوح قدرات كل منها من ١٣ إلى٨٠ ميجاوات. وقد أنشئت هذه الوحدات في الفترة من ١٩٨٤ إلى ١٩٩٠ وتوقفت خطط التوسع نتيجة لانخفاض أسعار البترول. وتجدر الإشارة بأن الشركة التي أقامت هذه المحطة هي Luz International وهي شركة أمريكية – إسرائيلية [٨٣].

شكل (١-٦): تنظيف المركزات الشمسية [٨٣]

١-١-٨-٢ منظومات البرج المركزي المستقبل (الهليوستات) Heliostat [٨٢ و ٨٣].

وتصل درجة الحرارة الناتجة في هذه المنظومات إلى حوالي ٦٠٠ه م، وتتكون من حقل ضخم يصل لعدة أفدنه من المرايا المسطحة الكثيرة (المسماة هليوستات) كما يتضح في شكل (٢-٦). وتقوم هذه المرايا بتتبع مسار الشمس للاستفادة من الإشعاع المباشر وذلك على محورين هما الارتفاع والسمت Elevation and Azimuth، ويتم ذلك عن طريق كمبيوتر وبرنامج تحكم لحساب زوايا الميل لكل هليوستات أو مجموعة هليوستات على حدة لتحقيق انعكاس وتركيز الأشعة (بنسب تتراوح من ٣٠٠ إلى ٥٠٠ ضعف) على قمة برج مركزي مركب عليها غلاية ضخمة تحتوي غالبا على ملح منصهر أو أي مائع يتم تسخينه لينقل حرارته من خلال مبادل حراري لتوليد بخار ماء محمص لتشغيل تربينه بخارية تقليدية لتوليد الكهرباء [٨٢ و٨٣]. توجد أكبر وحدة من هذا النوع قدرة ١٠ميجاوات في بارستو

obeikandl.com



شكل (٢-٦): منظومة البرج المركزى

بجنوب كاليفورنيا وتصل مساحة المرآة فيها إلى ٣×٥ متر. وتصل الكفاءة القصوى لهذه المنظومات إلى ٢٣% بينما تسعي البحوث لرفع الكفاءة المتوسطة على مدار العام إلى ١٤-١٩% إلا أن هذه المنظومات تعد أكثر تعقيدا من السابقة وأكثر حساسية لمشكلة التلوث ولازال أمام هذه التكنولوجيا بعض الوقت للتطوير والتحسين والتغلب على المشاكل المختلفة وخاصة مشاكل التحكم لإمكان الوصول للاستخدام التجاري الفعلي [٨٢ و ٨٣].

١-١-٨-٣ منظومات مركزات القطع المكافئ الدائرى الطبقى Parabolic Dish Concentrating Systems

تتكون هذه المنظومات من مرايا مقعرة ذات قطع مكافئ دائري مشابهة لطبق ضخم تقوم بعكس وتركيز الإشعاع الشمسي على البؤرة بمعامل تركيز يتراوح من ٦٠٠ إلى ٢٠٠٠ضعف وذلك على آلة حرارية مركبة على البؤرة تحول الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية. ويعد المركز الشمسي والآلة وحدة واحدة لذا يسمى

أحيانا Dish/Engine [٨٢ و٨٣]. وتستخدم هذه الوحدات كوحدات توليد طاقة كهربائية للمناطق المنعزلة أو المبعثرة ولكن يمكن ربطها بالشبكة الكهربية، وتتراوح قدرات مثل هذا النوع من الوحدات حاليا ٦- ٢٥ كيلووات للوحدة [٨٢ و٨٣]. ويتطلب هذا النوع من الوحدات أيضا تتبعا للشمس على محورين وإن كان أقل تعقيدا من منظومة البرج المركزي، وتصل كفاءته القصوى إلى ٢٩% وتهدف الأبحاث للوصول لمتوسط كفاءة سنوية ١٨-٢٣% [٨٢ و٨٣]. ولازال هناك مجال واسع لتحسين مثل هذا النوع من التكنولوجيا لتصل لمرحلة الاستخدام التجارى الفعلي.

١-١-٨-٤ أهم التطبيقات

من أهم التطبيقات الحالية استخدام منظومات مهجنة لتوليد البخار والطاقة الكهربية تتكون من منظومات تقليدية تستخدم الوقود التقليدي ومنظومات للتسخين الشمسي لدرجات الحرارة العالية. وهذه المنظومات ذات مزايا متعددة تشمل توفير الوقود التقليدي وضمان التشغيل المستمر لهذه المنظومات المهجنة حتى في حالة عدم تواجد الشمس، مما يرفع درجة الاعتمادية ويقلل من مشاكل استخدام منظومات التسخين الشمسي منفردة. كما تشمل إمكان الاستغلال الأمثل لمعدات توليد الطاقة الكهربية، مما يساهم في النهاية في خفض تكلفة استخدام الطاقة الشمسية ويقلل من الحاجة لتخزين الطاقة الشمسية لاستخدامها عند غياب الشمس.

وتعد المنظومات المهجنة لتوليد الكهرباء باستخدام كل من الوقود التقليدي بنظام الدورة المركبة والطاقة الشمسية التي تستخدم تكنولوجيا مركزات القطع المكافئ الأسطوانية الخطية من التكنولوجيات الواعدة والتي من المنتظر استخدامها في المحطة المزدوجة الأولى في مصر في الكريمات، وهي محطة يتكامل فيها استخدام الطاقة الشمسية الحرارية مع استخدام الغاز الطبيعي بنظام الدورة المركبة وتبلغ قدرتها حوالي ١٥٠ ميجاوات Integrated Solar-Combined Cycle System (ISCCS) [٧٨ و٨١]. وتتراوح المساهمة الشمسية في إجمالي الطاقة المولدة لمثل هذا النوع من المنظومات من ١٠ إلى ٢٤% ويعد رقم ٢٤% رقما مستهدفا في الوحدات التطبيقية بينما يتراوح المعدل الفعلي حاليا من ١٠ إلى ١٥% [٨٢ و٨٣].

ويبين جدول (١-٦) الكفاءة القصوى والسنوية ومعامل المساهمة الشمسية السنوية للتكنولوجيات الثلاث التي تم تناولها أعلاه [٨٣].

١-٢ البدائل والخيارات التكنولوجية لاستخدام الطاقة الشمسية الضوئية

سبق لنا في الجزء السابق التعرض للاستخدام الحراري للطاقة الشمسية في التطبيقات المختلفة ومن بينها توليد الكهرباء حيث يتم أولا إنتاج الحرارة الشمسية لتشغيل آلة حرارية تنتج بدورها طاقة ميكانيكية تقوم بتشغيل مولد كهربي لإنتاج الكهرباء، أما في هذا الجزء فلسوف نتعرض لأسلوب أو تكنولوجيا أخرى لتوليد الكهرباء الشمسية من خلال التحويل المباشر للإشعاع الشمسي إلى الكهرباء باستخدام مواد أو أجهزة في الحالة الصلبة Solid-State Devices تسمي الخلايا الشمسية الفوتوفولطية، وكلمة فوتو مشتقة من فوتون Photon وهي كلمة يونانية قديمة بمعني الضوء أما الفولت فهو وحدة الجهد الكهربي.

هناك عدة اختلافات بين تكنولوجيا الخلايا الشمسية الفوتوفلطية وتلك الخاصة بالطاقة الشمسية الحرارية والطاقات المتجددة بصفة عامة، ومن أهمها أنها لا تشمل أي أجزاء دوارة أو متحركة تتعرض للتآكل والبري. كما أنها ذات استجابة سريعة ولحظية بحيث تصل إلى أقصى قدرتها فور سقوط الضوء أو الإشعاع الشمسي عليها وأيضا لا تتطلب سوى القليل من الصيانة. كما أن الخلايا الشمسية تصنع من السليكون ثاني أكثر العناصر توافرا في القشرة الأرضية بعد الأكسجين. وتكنولوجيا الخلايا الشمسية الفوتوفلطية ذات طبيعة نمطية Modular تسمح بتغذية

جدول (١-٦)

مقارنة بين مؤشرات الأداء الحالى والمستهدف لتكنولوجيات توليد الكهرباء

المنظومة الشمسية	الكفاءة القصوى	الكفاءة السنوية		المساهمة الشمسية السنوية
		الحالية	المستهدفة	
مركزات القطع الأسطوانى المكافئ	٢١%	١٠-١٢%	١٤-١٨%	٢٤% (أقصى)
البرج المركزي المستقبل	٢٣%	-	١٤-١٩%	٢٥-٧٠% (مستهدف)
القطع المكافئ الدائرى الطبقى	٢٩%	-	١٨-٢٣%	٢٥% (مستهدف)

مدى واسع من الأحمال من مستوى عدد قليل من الوات إلى مستوى عديد من الميجاوات. وهي تتميز بنسبة عالية من القدرة المولدة إلى الوزن، كما أنها أيضا تعد أعلى تكنولوجيات الطاقة المتجددة عولا reliability واعتمادية على الإطلاق. ويقدر عمرها الافتراضي بما يزيد على ٢٠ عاما وقد يتجاوز ذلك بكثير أحيانا ليتعدى ٣٠ عاما. وأخيرا وربما هو الأهم فإن أسعار الخلايا الشمسية تحقق أكبر انخفاض في الأسعار بصفة مستمرة ومنتظمة منذ أعوام طويلة مقارنة بأى انخفاض مناظر لأسعار أى من تكنولوجيات الطاقة المتجددة الأخرى ويرجع ذلك لارتباطها الوثيق بالصناعات الإلكترونية من أجهزة الاتصالات والحاسبات أو الكمبيوتر والتي تنخفض أسعارها بانتظام منذ سنوات تتعدى ١٥ عاما. إلا أنه بالرغم من هذه المزايا المتعددة فإن تكلفة وحدة الطاقة (الكيلووات.ساعة) المولدة لا تزال واحدة من أعلى التكاليف بالنسبة لتكنولوجيات الطاقة المتجددة الناضجة التي وصلت للاستخدام التجارى.

١-٢-١ نظرية عمل الخلايا الشمسية الفوتوفلطية

تقسم المواد من وجهة نظر التوصيل الكهربي لمواد موصلة وهي مواد قليلة المقاومة لمرور التيار الكهربي مثل معظم المعادن، ومواد عازلة أو مانعة لمرور التيار الكهربي مثل معظم أنواع اللدائن أو البلاستيك، ومواد شبه موصلة وهي مواد وإن كانت تسمح بمرور التيار الكهربي إلا أن مقاومتها عالية نسبيا لمرور هذا التيار ومن بين أهمها وأشهرها السليكون Silicon (Si). ولتصنيع الخلايا الشمسية، فإنه تجرى إضافة شوائب مغايرة لكل من شريحتين رقيقتين من السليكون بحيث تكون إحدى هذه الشوائب ثلاثية التكافؤ أي تحتوي على ٣ إلكترونات في المدار الخارجي للذرة مما يجعلها موجبة الشحنة، بينما الشائبة الأخرى خماسية التكافؤ يحتوي المدار الخارجي لذرتها على خمسة إلكترونات مما يجعلها سالبة الشحنة، وينتج عن توصيل هذين النوعين من السليكون مجال كهربي.

عند سقوط ضوء الشمس والذى يتكون من فوتونات على رقيقتي السليكون اللتين أضيف إليهما الشوائب، فإن فوتونات الضوء الساقط تصطدم بإلكترونات الشبكة البلورية التي تمتص هذه الفوتونات مكتسبة طاقة قد تسمح بتحرير هذه

الإلكترونات (السالبة الشحنة) أي خروجها من التكوين البلـــوري للشـــبكة تاركـــة فجوات موجبة وراءها، وهذه الإلكترونات تتأثر بالمجال الكهربي السابق الإشـــارة إليه الذي يدفعها لتسير عكس اتجاهه بينما يدفع الفجوات في اتجاهه، ويولد بالتـــالي تيارا كهربيا مستمرا D.C. (Direct Current)، وبهذا التأثير تظهر الخلية الشمســـية الفوتوفلطية للوجود، لذلك تسمي الخلية الشمسية أحيانا بالبطارية الشمســـية Solar Battery.

تصنع الخلية من رقائق السليكون التي يبلغ سمكها بضع مئات من الميكـــرون ولا تتجاوز عادة ٥٠٠ ميكرون أو ٠,٥ ملليمتر ويتم معالجـــة ســـطحها المواجـــه للشمس أو طلائه لتقليل انعكاس الضوء أو الإشعاع الشمسي الساقط عليه، ثم يتـــم تركيب شبكة الموصل الكهربي المعدني (مثل النحاس أو الألومنيوم) على الســـطح، ويتم تركيب الموصل الكهربي ظهر الخلية بنفس الطريقة، وتكون مســـاحة الخليـــة عادة في حدود ١٠٠ سنتيمتر مربع. وهذه الخلية يكون جهدها الكـــهربي حوالـــي ٠,٥-٠,٦ فولت وتولد تيارا كهربيا في ظل الظروف القياسية للاختبار في حـــدود ٢,٥ أمبير أى تكون قدرتها العظمى حوالي ١,٢٥ وات وهي قيمة صغيرة للغايـــة وغير عملية للأغلبية العظمى من الأحمال باستثناء بعض الأحمال الخاصـــة مثـــل ساعات اليد والآلات الحاسبة اليدوية الصغيرة. لذلك يتـــم توصيـــل هـــذه الخلايـــا الشمسية على التوازى لزيادة التيار الكهربي كما يتم توصيل الخلايا على التوالـــي لزيادة الجهد الكهربي، أو يتم التوصيل على التضاعف (توصيـــل علـــى التوالـــي والتوازي معا) لزيادة كل من الجهد والتيار الكهربيين وهو ما يحدث بـــالفعل مـــن الناحية العملية ويؤدى ذلك لزيادة القدرة الكهربية الناتجة أو المولدة [٨٨].

وتعد الوحدة الأكبر من الخلية المفردة هي النســـق التكـــراري أو الموديـــول Module ويتكون من عدة خلايا يتراوح بين ١٢ خلية إلى ٥٠ خلية ويتـــم تجميـــع الموديول -من٢ إلى ٨ عادة - للحصول على الوحدة التالية وهي البـــانل Panel، ويتم تجميع البانل لتكوين مصفوفات من الخلايا الشمسية للوصـــول مـــن الناحيـــة النظرية إلى أى قدرة مطلوبة. وتوجد منظومات تصل قدرتها القصوى إلى بضعـــة

ميجاوات [٨٩]. ويمكن إجمال أسباب التي تحد من كفاءة الخلية الشمسية الفوتوفلطية فيما يلي:

- انعكاس الضوء الساقط على سطح الخلية بدلا من أن ينفذ لداخلها لتوليد الإلكترونات والفجوات.
- عدم احتواء الضوء على طاقة كافية لتحرير الإلكترونات وبالتالي توليد كل من الإلكترون الحر والفجوة المناظرة.
- احتواء الضوء على طاقة زائدة تتسبب بالإضافة لتحرير الإلكترون والفجوات، في رفع درجة حرارة الشبكة البلورية مما يؤدي إلى انخفاض الكفاءة بسبب زيادة درجة حرارة الخلية الفوتوفلطية.
- الإلكترونات والفجوات المحررة بواسطة الضوء والتي تتحد عشوائيا أو بسبب الشوائب والعيوب في التركيب البلوري للشبكة ولا تساهم بالتالي في التيار الكهربي المولد في الخلية.
- مقاومة الخلية الفيزيائية لمرور التيار الكهربي أو المقاومة الكهربية.
- التظليل الذاتي الناتج عن شبكة التوصيل الكهربي على سطح الخلية.

وتتكون منظومات الخلايا المتكاملة بصفة عامة من مصفوفات الخلايا أو المولد الشمسي ووحدات موائمة القدرة للموائمة بين القدرة أو الطاقة الكهربية المولدة والأحمال المطلوب تغذيتها وبطاريات التخزين الكهربي. إلا أن منظومات الخلايا الشمسية-مثلها في ذلك مثل معظم منظومات الطاقة المتجددة- تتحدد مكوناتها بصفة أساسية تبعا لنوع التطبيق.

١-٢-٢ أهم التطبيقات

كان أول استخدام فعلى مؤثر للخلايا الشمسية عندما استخدمت الخلايا الشمسية لتشغيل جهاز إرسال صغير في القمر الصناعي الأمريكي الثاني Vanguard I عام ١٩٥٨. وقد أدى النجاح الكبير لأن تصبح الخلايا الشمسية المصدر الأساسي إن لم يكن الوحيد لتشغيل كافة الأقمار الصناعية وسفن الفضاء أو المركبات الفضائية على مستوى العالم كله حتى الآن. وهذا التطبيق الفضائي أو

obeikandi.com

PV Space Application يعد على أقصى قدر من الأهمية لبرامج الفضاء [٧٥]، ولسوف لا نتعرض لهذا التطبيق حيث لا ينتظر أن تصبح مصر دولة فضائية قبل عام ٢٠٢٠ الذي يحدد المدى الزمني لهذه الدراسة.

ومن المحتمل أن تلعب الخلايا الشمسية مع تكنولوجيا الفضاء دورا هاما في المستقبل لحل مشكلة الطاقة على الأرض عن طريق ما يسمى بمنظومة القدرة الشمسية باستخدام المحطات الفضائية Satellite Solar Power System Station (SSPS)، وذلك من إطلاق مصفوفات خلايا ضخمة تصل مساحتها لحوالي ٣٠ كيلو متر مربع لتوليد ما يقرب من ٥ جيجاوات من الطاقة الكهربية في الفضاء، ثم تقوم بتحويل الطاقة الكهربية المولدة إلى موجات ميكروويف وترسل إلى الأرض من خلال أيريل قطره واحد كيلو متر إلى مستقبل أرضي مساحته ١٠٠ كيلو متر مربع، ليتم تحويل هذه الطاقة في النهاية إلى تيار متردد بحيث يمكن توصيله بالشبكة الكهربية الأرضية العادية.

والنوع الآخر لتطبيقات الخلايا الشمسية الفوتوفلطية والذي شهد قفزة كبرى منذ بداية الثمانينات للقرن العشرين هو التطبيقات الأرضية Terrestrial Applications أو التطبيقات على الأرض وليس في الفضاء. ويمكن تقسيم التطبيقات الأرضية إلى نوعين رئيسين أولهما - وهو الأكثر أهمية - هو المنظومات المستقلة أو المنعزلة PV (Photo-Voltaic) Stand-Alone Systems Applications وأحيانا يطلق عليها التطبيقات غير المرتبطة بالشبكة الكهربائية Off-Gird PV Applications Systems والنوع الثاني هو المنظومات المرتبطة بالشبكة الكهربائية PV Grid-Connected Systems وسوف نتناولهما فيما يلي باختصار.

١-٢-٢-١ المنظومات المستقلة/المنعزلة للخلايا الشمسية الفوتوفلطية
PV Stand – Alone Systems /Applications

وتعد فى الوقت الحالي أهم تطبيقات الخلايا الشمسية وينتظر أن تظل كذلك خلال العشرين عاما القادمة ويجدر التأكيد في هذا السياق على أن تطبيقات الخلايا الشمسية أكثر جدوى من الناحية الاقتصادية، ربما أكثر من أي من تكنولوجيات

obeikandi.com

الطاقة المتجددة الأخرى، وذلك للأحمال والتطبيقات الصغيرة النائية المتناثرة والبعيدة عن الشبكة الكهربية الموحدة، حيث لا يعد اقتصاديا مد الشبكة الكهربية لمسافات بعيدة لتغذية أحمال صغيرة، لما يتطلبه هذا المد من تكلفة إنشاء أبراج الكهرباء وخطوط نقل القوى الكهربية ومحولات التوزيع لخفض الجهد المرتفع المستخدم لنقل الكهرباء إلى الجهد المنخفض المستخدم في الأحمال العادية لدى المستهلك العادي ومنظومات الوقاية وعدادات الكهرباء ناهيك عن تكلفة الصيانة والتشغيل هذا من الناحية الاقتصادية، أما من الناحية التكنولوجية فإن هذه الأحمال الصغيرة المتباعدة النائية قد يصعب للغاية توصيل الشبكة لها في بعض المواقع الجغرافية مثل تواجدها داخل جزر داخل مياه البحار أو المستنقعات أو فوق الجبال العالية المغطاة بالثلوج وغير ذلك.

والبديل الأخر لإمداد هذه الأنواع من الأحمال بالطاقة الكهربية هو مولدات الديزل إلا أنه هناك حد أدنى عملي وهندسي لسعات مولدات الديزل حيث لا يمكن توافرها لسعات صغيرة للغاية، هذا بالإضافة لارتفاع تكلفة التوليد الكهربي كلما صغر حجم مولد الديزل، وتزيد التكلفة في حالة تغير الأحمال لقيم أقل من القدرة الاسمية لمولد الديزل، أو تشغيل مولد الديزل لتغذية أحمال تقل كثيرا عن قدرته الاسمية أو التصميمية لعدم توافر وحدات ديزل صغيرة ناهيك عن ارتفاع معدل الأعطال إلى حد كبير في هذه الحالة، كل هذه العوامل بالإضافة إلى احتمالات صعوبة نقل الوقود لهذه الأماكن والأحمال النائية المتباعدة وارتفاع تكلفة هذا النقل، بسبب تحميل تكلفة النقل على كمية قليلة من وقود الديزل، إضافة إلى صعوبة توفير الصيانة المتخصصة لوحدات الديزل بهذه الأماكن. كل هذه العوامل ترجح أفضلية استخدام منظومات الخلايا الشمسية.

تشمل المنظومات المستقلة أو المنعزلة أيضا المنظومات المختلطة أو المزدوجة وهي المنظومات التي تشمل في أغلب الأحيان بالإضافة إلى منظومة الخلايا الشمسية مولدات ديزل لتوليد الطاقة المطلوبة لتغذية الأحمال، وفي أحيان قليلة أخرى وحدات رياح لتوليد الكهرباء من طاقة الرياح، ويمكن أن تشمل هذه المنظومات المختلطة المنظومات الثلاثة المذكورة معا أو أي منظومات أخرى.

وتستخدم هذه المنظومات المختلطة لتحسين الكفاءة والاعتمادية وخفض التكلفة. وتستخدم المنظومات المنعزلة حاليا في مصر والعالم في التطبيقات التالية:

- تغذية وحدات الإنذار الملاحي الضوئية أو الشمندورات البحرية والمائية المضاءة، ووحدات الإنذار الضوئي والصوتي ضد الضباب، ووحدات الإنذار الجوية والتي تركب في المطارات وعلى كافة المباني والمنشآت المرتفعة لتحذير الطائرات وعلامات وإشارات التحذير والإعلام على الطرق السريعة التي تربط المدن والتجمعات المختلفة، ووحدات الإنذار والإشارات على طرق السكك الحديدية، وكذلك إضاءة وإنارة لوحات الإعلانات التجارية. ويوجد عشرات الآلاف من هذه الوحدات في العالم كله كما يوجد منها في مصر المئات وربما الآلاف خاصة على ساحل قناة السويس والبحر الأحمر والمناطق الصحراوية والنائية. وتتراوح قدرات أكثر من ٥٠% من الوحدات المذكورة بين ٢٠-٤٠ وات ويندر أن تزيد عن ٦٠٠ وات، ويصعب تغذية هذه الأحمال وعلى الأخص النائية منها بأي من مصادر الشبكة الكهربية أو مولدات الديزل، حتى في حالة استخدام وحدات الإنذار المذكورة على أبراج الجهد العالي ذات الارتفاع الكبير فلا يعقل استخدام محولات لتخفيض الجهد من ٥٠٠ كيلو فولت مثلا إلى ٢٢٠ فولت لتشغيل لمبة إنذار ٢٠-٤٠ وات كان يمكن تشغيلها بجهد ١٢ فولت فقط. وتتكون هذه المنظومات عادة من الخلايا الشمسية ووحدات موائمة القدرة والبطاريات.
- يمكن أيضا استخدام الخلايا الشمسية لتشغيل وحدة الاتصالات البعيدة PV Telecommunication ويعد هذا من أنسب تطبيقات الخلايا الفوتوفلطية حيث تتميز الأحمال بصغر حجمها ويقع معظمها في القدرات بين ٥٠ إلى ٥٠٠ وات، وتستخدم لتشغيل تليفونات الإغاثة على الطرق السريعة الصحراوية، ولتشغيل أجهزة الراديو (إرسال-استقبال) في الأماكن النائية وخاصة في وحدات الجيش وحرس الحدود المنتشرة في الأماكن النائية، وتستعمل قدرات أكبر ١٠٠٠-٣٠٠٠ وات لتشغيل محطات تقوية الإرسال الإذاعي والتليفزيوني أحيانا. ويشابه تركيب هذه المنظومات إلى حد كبير تركيب وحدات الإنذار الملاحي والجوى.

- إنارة القرى والتوابع والتجمعات السكانية الصغيرة المتناثرة والبعيدة عن الشبكة الكهربية الموحدة. ويعد هذا الاستخدام من التطبيقات الهامة والرئيسية للخلايا الشمسية الفوتوفولطية. ويمكن تغذية هذه التجمعات من خلال منظومة مركزية للخلايا الشمسية وشبكة صغيرة لتوزيع الكهرباء، أو من خلال منظومة مستقلة لكل منزل على حدة. ويعد البديل الثاني الأكثر مناسبة من الناحية الاقتصادية ويلائم الأماكن النائية لبساطة تصميمه وقلة احتياجه للفنيين المدربين لأعمال الصيانة والذين يصعب تواجدهم في مثل هذه الأماكن النائية. ومن ناحية أخرى فإن بديل المنظومة المركزية ينافسه بقوة استخدام مولدات الديزل. ويلزم في هذه التطبيقات استخدام بطاريات لتخزين الطاقة الكهربية لأن أحمال الإنارة هي أحمال ليلية بطبيعتها، كما توجد أيضا حاجة لاستخدام محول Converter لتحويل التيار المستمر إلى تيار متردد لتغذية الأجهزة المنزلية. وقد تم تنفيذ مشروع رائد مشابه في مصر في إطار محافظة البحيرة، إلا أن مشروعات كهربة الريف في مصر بعد إتمامها لن تترك سوى أقل من ٢% من السكان في المناطق الريفية والتجمعات السكانية الصحراوية المتناثرة بدون كهرباء وهي المناطق التي يمكن كهربتها باستخدام الخلايا الشمسية الفوتوفولطية. وتتكون منظومات الإنارة من الخلايا الشمسية ووحدات موائمة القدرة وبطاريات التخزين. وتعد البطاريات ذات أهمية خاصة في هذا التطبيق.
- ضخ المياه لأغراض الشرب والري ويعد من أهم تطبيقات الخلايا الفوتوفلطية على مستوى العالم كله، ويسمح مثل هذا التطبيق باستخدام أحمال أكبر نسبيا من سائر تطبيقات الخلايا الأخرى بصورة اقتصادية نسبيا، وإن كان يخضع لنفس قاعدة الأفضلية الاقتصادية للأحجام الصغيرة. ومن بين أهم مزايا تطبيق ضخ المياه باستخدام منظومات الخلايا الشمسية هو إمكان استخدامها لتشغيل مضخات المياه مباشرة دون الاحتياج للبطاريات لسببين هما:

  - إمكان توافق معدل تغير مصدر الإشعاع الشمسي وبالتالي الطاقة المولدة مع معدل تشغيل المضخة بمعنى أنه بزيادة الإشعاع الشمسي يزداد معدل تشغيل وبالتالي تصرف المضخة من المياه، والعكس بالعكس، كما تتوافر الشمس نهارا حيث يوجد الاحتياج للمياه.

- إمكان تخزين الناتج النهائي وهو المياه في خزانات إما مغلقة في حالة استخدام المياه لأغراض الشرب، أو خزانات مفتوحة أو برك صناعية في حالة استخدام المياه لأغراض رى الأراضي الزراعية أو لأغراض شرب الماشية والحيوانات الداجنة، وبرغم تغير كفاءة المضخات الطاردة المركزية على نحو خاص بتغير الإشعاع الشمسي، إلا أن الكفاءة تعد أقل أهمية نسبيا في منظومات الطاقة الشمسية لتوافر مصادر الإشعاع الشمسي بصورة شبه مجانية. ومن مزايا هذا التطبيق أيضا قلة الاحتياج للمكونات المختلفة لمنظومات موائمة القدرة –وخاصة وحدات التحكم – وعدم الاحتياج لبطاريات التخزين أو تقليلها للحد الأدنى.

- ويوجد بمصر إمكانية كبرى لاستخدام مثل هذه المنظومات في واحات صحراء مصر الغربية. وقد تم إنشاء عديد من هذه الوحدات بأحجام مختلفة، من بينها وحدة ضخ المياه في وادى النطرون بالمزرعة التجريبية التابعة لمعهد بحوث المياه. وقدرة الوحدة ١٤ كيلووات لضخ حوالي ٧٠-١٠٠ متر مكعب يوميا من بئر على عمق ٤٥مترا ويستخدم فيها أنواع مختلفة من الخلايا الشمسية والمضخات التي تعمل بالتيار المتردد والمستمر للمقارنة بينها. ولازالت الوحدة تعمل بنجاح. وهناك وحدة أخرى متنقلة قدرة ٢,٢٠ كيلووات في شركة استصلاح الأراضي بالنوبارية، ووحدة بقدرة ١٢كيلووات قي قرية أولاد الشيخ في محافظة البحيرة، والوحدة الأخيرة تعاني بعض المشاكل لعدم قيام أهالي القرية بخدمات الصيانة وإجراءات التشغيل المطلوبتين.

- تغذية الثلاجات ووحدات صناعة الثلج، ويعد من التطبيقات الهامة لاستخدام الخلايا الشمسية، ويشمل هذا النوع ثلاجات حفظ الأمصال والأدوية، ووحدات صناعة الثلج في المسطحات المائية النائية لحفظ الأسماك، وتشمل المنظومة مصفوفات الخلايا الشمسية، وبطاريات التخزين التي يتم تحديد سعتها تبعا لنوع الحمل. ففي حالة ثلاجات حفظ الأمصال والتي تعد حملا حرجا لا تقل سعة التخزين عن عشرة أيام بينما في وحدات تصنيع الثلج حيث يمكن تخزين الثلج تكون البطاريات للموائمة بين الحمل والخلايا لتحسين كفاءة تشغيل وحدات تصنيع الثلج، ويضاف لذلك تخزين قصير الأمد ١-٣ أيام، وتحتوي المنظومة

أيضا على وحدة تحكم لتنظيم شحن البطارية وحمايتها بالإضافة إلى تنظيم جهد تشغيل المنظومة لحماية ثلاجات التشغيل أو وحدات تصنيع الثلج. وتوجد عدة ثلاجات لحفظ الأمصال في مصر تعمل بالخلايا، كما توجد وحدة تصنيع ثلج على بحيرة منخفض وادي الريان جنوب غرب الفيوم قدرتها ٦ طن ثلج مجروش يوميا، وتبلغ قدرة الخلايا ٣٨ كيلوات أقصى، وسعة بطاريات التخزين ٢٦٠ كيلووات ساعة كنوع من التخزين للموائمة قصير الأمد، بالإضافة لوحدتي ديزل قدرة كل منهما ٥٠ كيلووات تعملان بالتبادل لضمان تشغيل الحمل في كافة الظروف. وتقوم الخلايا بالتغذية نهارا، ووحدة الديزل ليلا، ويعد نظام التحكم على شئ من التعقيد ويعمل على أساس استخدام ميكروبروسيسور.

- إزالة الملوحة وتنقية المياه لأغراض الشرب وهو من أهم تطبيقات الخلايا الفوتوفلطية في الأماكن النائية البعيدة عن مصادر الطاقة التقليدية والشبكة الكهربية، ويستخدم غالبا لإزالة الملوحة وتنقية المياه تكنولوجيا التناضح العكسي Reverse Osmosis Desalination، حيث تستخدم الكهرباء الناتجة عن الخلايا لتشغيل مضخة الضغط العالي المطلوبة لضغط المياه المالحة أو المراد تنقيتها إلى الأغشية Membranes. ويمكن لهذا التطبيق أن يكون اقتصاديا في الأماكن النائية وخاصة على جنوب ساحل البحر الأحمر حيث بدأت تنتشر القرى السياحية في هذه المنطقة التي تعاني من نقص شديد في مياه الشرب. ويوجد في مصر عدة وحدات من هذا النوع أهمها وحدة إزالة الملوحة في مركز أبحاث الجهد الفائق التابع لهيئة كهرباء مصر وتنتج الوحدة ٦-٨ م^3 في اليوم، ووحدة في شركة مصر للفوسفات في الحمراوين شمال القصير على ساحل البحر الأحمر والوحدة قدرتها ١٨,٥ كيلووات يصاحبها بطاريات للتخزين سعة ٢٠٠ كيلووات.ساعة وتنتج ٤٠-٦٠ متر مكعب يوميا من المياه النقية لأغراض الشرب باستخدام المياه قليلة الملوحة (ملوحتها ٤٠٠٠ جزء في المليون) التي تنتج أثناء استخراج خام الفوسفات.
- وتستخدم الخلايا الشمسية كمصدر للطاقة الكهربية لوحدات الوقاية الكاثودية Cathodic Protection ويعد هذا التطبيق من التطبيقات التي تستخدم على نطاق

تجارى منافس لصغر الأحمال ويستخدم في حماية المنشآت المعدنيـــة كأنـــابيب البترول من التآكل بسبب الأملاح والرطوبة.

١-٢-٢-٢ المنظومات المرتبطة بالشبكة الكهربائية

Grid-Connected PV Systems

سوف يتوقف مستقبل استخدامات الخلايا الفوتوفلطية إلى حد بعيد على التوسع في مثل هذا النوع من التطبيق أو الاستخدام وينقسم هذا الاستخدام إلى نوعين همـــا المنظومات الموزعة والمنظومات المركزية الكبرى التي يمكن أن تكون منظومـــات مختلطة تستخدم فيها المركزات الشمسية مع الخلايا الشمسية، وفيما يلي نقدم عرضا موجزا لكل منها.

(أ) المنظومات الموزعة

Distributed PV Systems for Residential Application

ويحظى هذا التطبيق باهتمام كبير في الوقت الحالي في الدول المتقدمـــة فـــي أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية. والفكرة الأساسية فيه هو أن يتم إما تركيـــب منظومات الخلايا الشمسية على المباني السكنية والمباني الإدارية المختلفة للجـــهات الحكومية والمصانع ومباني الأعمال، أو يمكن أن تتكامل مجمعـــات ومصفوفـــات الخلايا الشمسية تحديدا مع المباني خاصة المباني الإدارية المختلفة وذلك بمعنـــى أن تتكون الحوائط المواجهة للشمس والأسطح من المجمعات الشمسية نفسها بدلا مـــن بياض وطلاء الحوائط أو أغطية الأسطح. وهذا بالطبع أفضل كثيرا ويوفـــر فـــي تكاليف البياض والطلاء والتجهيز للحوائط والأسقف كما يوفر تكلفة حوامل الخلايا. وتخطط دول الاتحاد الأوروبي للوصول إلى حوالي مليـــون مبنـــى مجـــهز بـــهذه الطريقة خلال الأعوام العشرة القادمة، واليابان لحوالـــي ١-١,٥ مليـــون مبنـــى، والولايات المتحدة الأمريكية لحوالي ١,٥-٢ مليون مبنى في نفس الفترة.

ويتطلب هذا التطبيق توافر إمكانية بيع الطاقة الكهربائية المولدة مـــن الخلايـــا الفوتوفلطية، عند وجود فائض منها للشبكة الكهربائية الموحدة، أو شـــراء الطاقـــة الكهربية من الشبكة في حالة وجود عجز في الطاقة الكهربية المولدة مـــن الخلايـــا

obeikandl.com

لأى سبب من الأسباب. ولقد صدرت منذ نهاية الثمانينات وبداية التسعينات للقرن العشرين التشريعات والقواعد الهندسية المنظمة لذلك في الدول المتقدمة والتي تنظم قواعد ربط مولدي الطاقة الصغار بالشبكة وأساليب تبادل الطاقة مع الشبكة وأسعار البيع والشراء في الاتجاهين وذلك لتشجيع التوليد المحلي للكهرباء بالمصانع عن طريق استرداد الحرارة المفقودة وغير ذلك من الأساليب ومن بينها بالطبع استخدام منظومات الخلايا الشمسية. ولا توجد حتى الآن مثل هذه القواعد والنظم والتشريعات. ولا تحتاج المنظومات المرتبطة بالشبكة لبطاريات التخزين الطاقة حيث تعمل الشبكة في أحد جوانبها كنوع من تخزين الطاقة الزائدة المولدة من الخلايا بالإضافة إلى تعويض العجز في الطاقة المولدة من الخلايا، ولكن تحتاج هذه المنظومات بالضرورة وجود محولات التيار المستمر لتيار كهربي متردد بالإضافة إلى منظومات خاصة لموائمة القدرة لعمل التزامن المطلوب للدخول على الشبكة Synchronization.

(ب) المنظومات المركزية Centralized PV Grid-Connected Systems

يشابه هذا الاستخدام للخلايا الفوتوفلطية محطات توليد القوى الكهربائية التقليدية في عديد من النواحي، ولا يختلف سوى في أن مصدر الطاقة الكهربية هو الخلايا الشمسية بدلا من الوقود التقليدي. وغالبا ما تزود مثل هذه المنظومات المركزية بوحدات تتبع كامل للشمس على محورين بحيث تكون مجمعات الخلايا الشمسية أقرب ما تكون للوضع العمودي على الإشعاع الشمسي طوال اليوم لزيادة كمية الطاقة الكهربية المولدة وإن كان ذلك يؤدي لتعقيد التصميم وزيادة التكلفة.

وتوجد وحدات عديدة معظمها في العالم المتقدم من هذا النوع تتجاوز قدرة المحطة الواحدة في كثير من الأحيان واحد ميجاوات، وأكبر هذه الوحدات كانت في منطقة كاريسا بلين Carrisa Plain في جنوب كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية وقدرتها ٦,٥ ميجاوات وكانت تتميز باستخدام مرآتين عاكستين على جانبي كل مجموعة من نماذج مصفوفات الخلايا لزيادة تركيز الإشعاع الشمسي لحوالي الضعف وبالتالي زيادة كمية الطاقة المولدة، إلا أن ذلك قد أدى إلى ارتفاع درجة حرارة الخلايا ومن ثم تدهور أدائها. وفيما عدا هذا العيب فقد عملت المحطة بنجاح

obeikandl.com

إلا أن الشركة المالكة (أركوسولار) قد قامت بفك المحطة وبيع نماذج الخلايا للاستخدام في تطبيقات أصغر.

وتتبنى الوكالة الدولية للطاقة International Energy Agency (IEA) حاليا برنامجا مهما لمثل هذه المحطات المركزية هو "برنامج محطات القوى بالخلايا الفوتوفلطية على النطاق الضخم جدا Very Large Scale Photovoltaic Power Systems VLS-PVPS وذلك بغرض إنشاء محطتين قدرة كل منها ١٠٠٠ ميجاوات باستخدام الخلايا الفوتوفلطية في صحراء غرب آسيا وصحراء شمال أفريقيا، وتعد مصر أحد أقوى الدول المرشحة لإنشاء مشروع شمال أفريقيا. ومن المنتظر الانتهاء من دراسات الجدوى المبدئية وتحديد الموقع والحجم الدقيق للمحطة خلال عام ٢٠٠٢ حيث يتحدد إمكانية السعي قدما في تنفيذ مثل هذه المشروعات ضخمة التكلفة.

والغرض الأساسي لإنشاء هذه المحطات هو كسر الحلقة المفرغة الناتجة عن ارتفاع تكلفة تصنيع منظومات الخلايا الشمسية بسبب صغر حجم السوق المتاح على مستوى العالم بالمقارنة بأسواق الطاقة التقليدية، وهو ما يؤدي إلى إحجام المستهلكون عن شراء منظومات الخلايا الشمسية، وبالتالي يظل حجم السوق صغيرا، إذ سوف توفر هذه المشروعات الكبرى طلبا ضخما على الخلايا الشمسية تساعد على خفض التكلفة من ناحية، ومن ناحية أخرى وهو الأهم تسمح للشركات المصنعة بمزيد من الإنفاق على البحوث الجارية على قدم وساق حاليا لتطوير تكنولوجيا صناعة الخلايا الشمسية واستخدام مواد جديدة ، مما سيؤدي لخفض كبير في تكلفة الخلايا الشمسية.

(ج) استخدام المركزات الشمسية مع الخلايا الشمسية لتوليد الكهرباء

لا تحظى منظومات المركزات الشمسية بالارتباط بالخلايا الفوتوفلطية بنفس الاهتمام المناظر للمركزات الشمسية الحرارية لتوليد الكهرباء لعدة أسباب أهمها ارتباط هذه المنظومات في حالة الخلايا بالمنظومات الضخمة المركزية المرتبطة الشبكة ولاحتياجها لوحدات التتبع الشمسي المكلفة والتي لا يمكن تزويد منظومات

الخلايا الصغيرة بها، بينما تعد استخدامات الخلايا أكثر اقتصادية للتطبيقات والأحمال الصغيرة النائية حتى الوقت الراهن كما سبق بيانه.

وتتكون منظومات المركزات مع الخلايا إما من مرايا عاكسة مشابهة لتلك المستخدمة في حالة الطاقة الشمسية الحرارية أو من العدسات المحدبة التي تجمع الإشعاع الشمسي وتركزه على الخلايا لزيادة الطاقة المنتجة. وترتبط هذه التكنولوجيا بعيب رئيسي وهو ارتفاع درجة حرارة الخلايا الأمر الذي يؤدي لتدهور الغطاء أو الكبسولة الخارجية لنماذج الخلايا كما يؤدي لتدهور كفاءة الخلايا الشمسية نفسها كما سبق بيانه مما يحد من درجة تركيز الإشعاع الشمسي الممكن استخدامها من ناحية أخرى. هذا وقد تم تصميم منظومات تجريبية لاستخدام ماء لتبريد الخلايا واستخدام الحرارة الناتجة في تسخين هذا الماء ليستخدم كسخان مياه شمسي، إلا أن مثل هذه المنظومات لم تخرج إلى حيز الاستخدام التجاري حتى الآن.

١-٣ تخزين الطاقة الشمسية

نظرا للطبيعة المتغيرة والعشوائية للإشعاع الشمسي وعدم توافره ليلا وفي الأيام التي تغطي السحب السماء فإن تخزين الطاقة الشمسية يعد أمرا حيويا سواء بالنسبة للطاقة الشمسية الحرارية أو الضوئية ويكون التخزين إما حراريا أو كهربيا. تتعدد أنواع التخزين الحراري للطاقة الشمسية الحرارية تبعا للمدى الزمني للتخزين ودرجة حرارة هذا التخزين، ونوع التكنولوجيا المستخدمة في التخزين [٧٤]. أما التخزين الكهربي فيتم باستخدام بطاريات خاصة. وبشكل عام يمثل الاحتياج لتخزين الطاقة الشمسية عبئا تكنولوجيا وماليا إضافيا. وسوف نستعرض فيما يلي أساليب التخزين المختلفة:

١-٣-١ تخزين الطاقة الشمسية الحرارية طبقا للمدى الزمني

تتعدد أنواع التخزين طبقا للمدى الزمني حيث يوجد التخزين الشمسي قصير الأمد لمدى اليوم الواحد أو عدة أيام لا تتجاوز ثلاثة أيام عادة وهو أهم أنواع التخزين وأكثرها ضرورة وشيوعا. ولعل أفضل مثال لذلك خزان المياه الساخنة

والذي يعد جزءا لا يتجزأ من السخان الشمسي المنزلي أو سخانات المياه الشمسية للأغراض المنزلية والعامة وهو يعد تخزين للمواءمة Buffer Storage بين منحنى أو معدل تغير المصدر وهو الطاقة الشمسية وتغير الحمل النهائي وهو الاحتياج للمياه الساخنة. وهذا التخزين هام جدا لتحسين أداء منظومات الطاقة الشمسية بصورة كبيرة. وهناك التخزين متوسط المدى لأسبوع أو لعدة أسابيع، والتخزين للمدى الزمني الطويل لعدة أشهر مثل التخزين الفصلي أي التخزين في فترات الصيف حيث تتوافر الطاقة الشمسية بغزارة وذلك للاستخدام في الشتاء حيث لا تتوافر الطاقة الشمسية بنفس المعدلات، ولعل أفضل مثال لذلك هو البرك الشمسية السابق التعرض لها، وتتشابه التكنولوجيات المستخدمة في هذين النوعين الأخيرين من التخزين بصفة عامة [٧٤].

١-٣-٢ تخزين الطاقة الشمسية الحرارية طبقا لدرجة الحرارة

هناك تخزين للطاقة الشمسية الحرارية في درجات الحرارة المنخفضة، ويستخدم هذا التخزين في تطبيقات تسخين المياه للأغراض المنزلية والعامة وأفضل مثال لذلك هو خزان المياه الذي يعد جزءا لا يتجزأ من سخان المياه الشمسي السابق التعرض له، كما يستخدم هذا النوع من التخزين في درجات الحرارة المنخفضة أيضا في تطبيقات التسخين الشمسي للهواء لأغراض التدفئة أو لأغراض تجفيف الحاصلات الزراعية. ويستخدم في التخزين لدرجات الحرارة المتوسطة "المهد الصخري" Rock Bed وهو خزان معزول من الخارج يحتوي على صخور ذات سعة حرارية كبيرة يمرر الهواء الذي سبق تسخينه بواسطة الطاقة الشمسية عليها لتسخينه وتحتفظ هذه الصخور بدرجة حرارتها لحين غياب الشمس، وعندما يمر عليها الهواء البارد ليلا يتم تسخينه لاستعماله لأغراض التدفئة والتجفيف.

أما التخزين لدرجات الحرارة العالية فيستخدم تكنولوجيات مثل التخزين في المهد الصخري السابق ذكره، أو التخزين في الرمال وهو يشابه المهد الصخري ويتطلب هذان النوعان استخدام مائع لتخزين ونقل الطاقة الشمسية الحرارية للاستفادة منها، كما يستخدم لتخزين الطاقة الشمسية في درجات الحرارة العالية أيضا، الموائع المضغوطة مثل الماء أو البخار Pressurized Fluid [٧٤].

١-٣-٣ تخزين الطاقة الشمسية طبقا لنوع التكنولوجيات

هناك ثلاثة أشكال لتكنولوجيا تخزين الطاقة الشمسية الحرارية وهي:

- التخزين المباشر كطاقة حرارية مثل كافة أنواع التخزين سالف التعرض لها.
- التخزين كطاقة حرارية كامنة تستخدم تغير الطور للمواد المستخدمة كمثل حرارة انصهار الجليد لتكوين المياه أو حرارة تبخير المياه لتكوين البخار وبالطبع يمكن استخدام عديد من المواد الأخرى وخاصة ملح الطعام الذي يتم صهره حيث يستخدم في أغراض تخزين الطاقة الشمسية لدرجات الحرارة العالية.
- التخزين كطاقة حرارية كيمائية أو كطاقة للربط الكيمائي Chemical Bond Energy ، حيث تستخدم الطاقة الشمسية الحرارية لإتمام تفاعل كيمائي مستهلك للحرارة لتكوين مركب ما كنوع من التخزين، ثم يتم الحصول على الحرارة المخزونة عن طريق عكس التفاعل الكيمائي من خلال عملية انحلال تؤدي لانطلاق الطاقة الحرارية، ولا يزال هذا النوع في مرحلة الأبحاث وإن تكن هذه الأبحاث قد تطورت أخيرا بصورة كبيرة [٧٤].

١-٣-٤ تخزين الطاقة الشمسية على صورة كهرباء

في المنظومات المستقلة أو المنعزلة التي تستخدم الخلايا الشمسية الفوتوفولطية، والتي لا يتوافر لها مصدر آخر للطاقة، تقدم البطاريات الحل المطلوب. وتتحدد سعة التخزين لهذه البطاريات أو حجمها طبقا لحجم الحمل والتخزين المطلوب وما إذا كان قصير المدى أو متوسط المدى أو طويل المدى، وذلك على ضوء أهمية الحمل، فمثلا في حالة تشغيل ثلاجات لحفظ الأمصال يجب أن تكون سعة التخزين كبيرة لضمان الحصول على الطاقة في كل الظروف، عكس أحمال أخرى مثل إنارة إعلانات الطرق والتي يمكن إزائها تقبل ألا تعمل أيام قليلة في العام. وفي جميع الأحوال ونظرا لارتفاع تكلفة بطاريات التخزين فإنه يفضل دائما تخزين المنتج النهائي كلما أمكن مثل المياه مثلا في حالة منظومات ضخ المياه باستخدام الخلايا الشمسية أو الثلج في حالة منظومات التبريد وصناعة الثلج وهكذا.

٢- الإشكاليات المتعلقة باستخدام الطاقة الشمسية

تتعدد الإشكاليات المتعلقة باستخدام الطاقة الشمسية من إشكاليات متعلقة بطبيعة المصدر نفسه، وإشكاليات تكنولوجية ترتبط بمستوى تطور الخيارات التكنولوجية المختلفة، إلى إشكاليات اقتصادية ترتبط بتكلفة منظومات الطاقة الشمسية المختلفة، وأخيرا إشكاليات مؤسسية تشمل عقبات قانونية أو إدارية أو تشريعية أو عقبات تتعلق بمدى الوعي بأهمية وجدوى استخدام الطاقة المتجددة ومدى جدوى هذا الاستخدام. وأيضا تشمل عقبات تتعلق بمدى التقبل الاجتماعي لتكنولوجيات الطاقة المتجددة التي أحيانا ما تتطلب تغييرا في الأنماط السائدة اجتماعيا وبيئيا. وكثيرا ما تتداخل هذه الإشكاليات وتتبادل التأثير بين بعضها البعض، وسوف نتناول فيما يلي هذه الإشكاليات ببعض التفصيل.

٢-١ إشكاليات تتعلق بطبيعة المصدر نفسه وتشمل:

انخفاض كثافة الطاقة الشمسية الساقطة على وحدة المساحات مما يتطلب مساحات كبيرة لتجميع كمية الطاقة المطلوبة كما في شكل (٢-٦) وأيضا معدات وأجهزة أضخم مما يعني أيضا المزيد من الخامات والمعدات المصنعة وهذا يعني بالطبع المزيد من التكلفة للأرض والمعدات والأيدي العاملة وغير ذلك. وهذا يتناقض مع الاتجاه العام للتطور التكنولوجي الذي كان يتم من خلال مزيد من تكثيف وتركيز الاستغلال، بمعني إنتاج المزيد من السلع- والطاقة إحدى هذه السلع - من مساحات أقل وباستخدام خامات ومعدات وأيدي عاملة أقل. ولكن هذا الأمر قد يعادله الاتجاهات الأخيرة في التطور التكنولوجي نحو اللامركزية وتفضيل وحدات أصغر لإنتاج سلع أقل تخدم تجمعات سكانية أصغر. إلا أن ذلك لا يزال محكوما إلى حد بعيد بأفضلية اقتصاديات الحجم الكبير بصفة عامة. ويجادل مؤيدو استخدام الطاقة الشمسية بعدم أهمية الكفاءة في حالة استخدام الطاقة الشمسية (والكفاءة هنا بمعنى الطاقة الناتجة أو المنتج النهائي مقسوما على كمية الطاقة الشمسية الساقطة أو الداخلة) على أساس أن مصادر الطاقة الشمسية لا نهائية وشبه مجانية. إلا أن ذلك ليس صحيحا تماما لأن انخفاض كفاءة تحويل الطاقة أو انخفاض كفاءة الاستخدام للحصول على المنتج النهائي مثل المياه الساخنة في حالة

السخانات الشمسية أو الكهرباء يعني استخدام المزيد من مساحات المجمعات الشمسية للحصول على نفس الناتج أي مزيدا من التكلفة.

وثاني هذه الإشكاليات هو الطبيعة المتغيرة دوريا بل والاحتمالية للطاقة الشمسية، وفي معظم تطبيقات الطاقة الشمسية يندر أن يوجد توافق بين مصادر الطاقة المتاحة من المجمعات الشمسية والأحمال المطلوبة للاستخدام النهائي نظرا لتغير الطاقة الشمسية المتاحة كما سبق بيانه، ولعل أوضح مثال على ذلك هو الأحمال المطلوبة ليلا حيث لا تتوافر الشمس، ولكن يمكن أن ينعدم التوافق أيضا خلال أوقات النهار عندما لا يتوافق منحنى أو معدل تغير الحمل المطلوب مع منحني أو معدل تغير الطاقة الشمسية الأمر الذي كثيرا ما يحدث خاصة في ضوء الطبيعة الاحتمالية لتوافر مصادر الطاقة الشمسية كما سبق ذكره. وقد خلق كل ذلك دورا هاما لتخزين الطاقة الشمسية الحرارية أثناء توافرها لاستخدامها عند الحاجة لذلك.

٢-٢ الإشكاليات التكنولوجية المتعلقة باستخدام الطاقة الشمسية

يمكن تقسيم المستويات الحالية لتطور تكنولوجيات الطاقة الشمسية المختلفة لثلاثة مستويات تبدأ من التكنولوجيات غير الناضجة أو التي لازالت في طور البحوث التطبيقية والنماذج الأولية والتي تحتاج لدرجة ملحوظة من التطوير، والتكنولوجيات التي في سبيلها للنضوج أو التي وصلت مرحلة الاختبار التجريبي والحقلي لنماذج فعلية تشابه المتوقع إعدادها للتسويق وتحتاج للقليل من التطوير لأقلمتها لظروف الاستخدام التجارى الواسع، وأخيرا التكنولوجيات الناضجة، والتي وصلت لمرحلة الاستخدام التجاري الفعلي. وإن كان ذلك لا يعني بالضرورة انتشار استخدام التكنولوجيات الناضجة على نطاق واسع بسبب بعض إشكاليات التكلفة كما سيجري مناقشته عند الحديث عن الإشكاليات الاقتصادية لاستخدام الطاقة الشمسية. كذلك فإن التكنولوجيات الناضجة لا تعني عدم وجود مجال لمزيد من التطوير لتحسين الكفاءة وخفض التكلفة وإن يكن بالطبع بدرجة أقل من التكنولوجيات غير الناضجة أو التي في سبيلها للنضوج [٢٩].

obeikandl.com

٢-٢-١ تكنولوجيات التسخين الشمسي لدرجات الحرارة المنخفضة

يعد العديد من تكنولوجيات استخدام الطاقة الشمسية الحرارية لدرجات الحرارة المنخفضة من التكنولوجيات الناضجة التي وصلت للاستخدام التجاري الفعلي وعلى رأسها التسخين الشمسي للمياه للاستخدام المنزلي والعام. وهناك سوق هامة نسبيا للسخانات الشمسية المصنعة محليا وإن كانت أقل بكثير من الإمكانات المتاحة لأسباب تتعلق بصفة أساسية بتكلفة السخان الشمسي وببعض العوامل الأخرى مما سوف يتم التعرض له عند الحديث عن الإشكاليات الاقتصادية والمؤسسية. إلا أن هناك عدة إشكاليات تكنولوجية تتعلق باستخدام السخانات الشمسية نجملها فيما يلي.

تحتوى دوائر تسخين المياه – مثل اللوح الممتص وأنابيب المياه والخزان على أكثر من معدن في كثير من الأحيان من النحاس و/أو الألومنيوم و/أو الحديد الصلب وغير ذلك، وعادة ما تحتوي المياه التي يجري استعمالها على نسب ولو ضئيلة من الأملاح مما يؤدي إلى حدوث استقطاب كهربي ينتج عنه تآكل هذه المعادن بمرور الوقت على فترات زمنية طويلة. وبالرغم من أنه ينبغي ألا يقل العمر الافتراضي للسخانات عن ١٠-١٥عام، إلا أن هذه الظاهرة تخفض عمره إلى ٢-٥ سنوات، وبرغم كل الاحتياطات لمواجهة ذلك مثل تغطية سطح خزان المياه الداخلي بالمينا، فإن أكثر الطرق فعالية هو استخدام الوقاية الكاثودية أو الأنودية وهي استعمال قطب كهربي من معدن إضافي يتحلل هو ليحمي مكونات السخان الأساسية ويتم تغييره كل ٦-١٢ شهر، مما يضيف إلى تكلفة سخان المياه الشمسي [٧٤ و٧٦ و٧٨].

في المباني القديمة المتقاربة المتفاوتة الارتفاعات يصعب تركيب السخانات خاصة في المباني المنخفضة نظرا للظلال التي تسببها المباني الأكثر ارتفاعا مما يحجب أشعة الشمس فترات متفاوتة خلال النهار مما يخفض كفاءة سخانات المياه الشمسية ويعوق نشر استخدامها، لذا تعد الفيلات والمدن أو المناطق السكنية الجديدة متشابهة الارتفاع أكثر مناسبة لاستخدام السخانات الشمسية [٢٩].

يعد التلوث من أهم المشاكل المرتبطة باستخدام كافة التكنولوجيات الشمسية أي ما كان نوعها حيث يؤدي تراكم التراب والرمال والملوثات الأخرى على أسطح

المجمعات الشمسية -خاصة مع وجود رطوبة بالجو- إلى تكون طبقة عازلة فوق هذه الأسطح تقلل من الاستفادة من الإشعاع الشمسي الساقط على الأسطح المعنية. لذا فمن الضروري للغاية تنظيف هذه الأسطح بصفة دورية، عادة مرة في الأسبوع في الظروف الجوية العادية، أو كل يوم بعد حدوث عواصف رملية أو ترابية. وتجدر الإشارة هنا إلى أنه ينبغي التفرقة بين التلوث بالرمال في المناطق الصحراوية وهو أقل خطورة وتأثيرا نظرا لكبر حجم الحبيبات ونفاذيتها للإشعاع الشمسي بدرجة معينة، وبين التلوث بالأتربة في المناطق الزراعية والمدن. وفي المدن يضاف لمصادر التلوث الدخان والجسيمات العالقة وهي جميعا أكبر تأثيرا خاصة في حالة ارتفاع الرطوبة النسبية في الجو، مما يتطلب عناية خاصة لتنظيف أسطح المجمعات الشمسية بأنواعها المختلفة.

رغم أن الزراعات المحمية والصوب الزجاجية والبلاستيكية من التكنولوجيات الناضجة التي وصلت لمرحلة الاستخدام التجاري المؤثر فإن تسخين الهواء وعلى الأخص لأغراض تجفيف الحاصلات الزراعية لا زال معدودا من التكنولوجيات القريبة من النضوج التي لازالت تحتاج بعض التطوير وعلى الأخص لتحسين اقتصادياتها، حيث لا زالت منظومات تسخين الهواء تعاني من مشكلة انخفاض الكفاءة بسبب انخفاض معامل التوصيل الحراري من اللوح المعدني الممتص إلى الهواء بالإضافة لاحتياجها لاستخدام أقطار كبيرة لأنابيب الهواء الواصلة بين المجمعات الشمسية ومخازن تجفيف الحاصلات الزراعية لإمكان مرور كتلة كافية من الهواء مع ضرورة عزل هذه الأنابيب الضخمة حراريا بصورة جيدة، وضرورة تجنب الانحناءات الحادة في أنابيب الهواء. وتساهم كل هذه العوامل في رفع التكلفة.

أما تكنولوجيا استخدام البرك الشمسية المتدرجة الملوحة والحرارة فتعد من التكنولوجيات التي في سبيلها للنضوج والتي تحتاج لمزيد من البحوث. وأهم العقبات أمام هذه التكنولوجيا هو أولا : انخفاض الكفاءة بصورة ملحوظة إلى ٢-٥% على أقصى تقدير نظرا لانخفاض فارق درجات حرارة التشغيل، وثانيا: الاحتياج لكمية كبيرة من المياه العذبة للحفاظ على تدرج الملوحة الأمر الذي يعد صعبا في المواقع الطبيعية المفضلة لهذه البحيرات الشمسية وهي الصحاري

المشمسة والتي تعاني من نقص في المياه العذبة عادة. وأخيرا تعرض هذه البرك أو البحيرات للعوامل الجوية وأهمها على الإطلاق سرعات الهواء العالية والتي يمكن أن تحدث موجات تؤدي إلى تقليب المياه واختلاط طبقاتها مما قد يبطل كل من التدرج في درجة الملوحة والتدرج في درجة الحرارة ويفقد هذه البحيرات خواصها الأساسية في إمكان توليد الطاقة من فارق درجات الحرارة. ويتم التغلب على هذه المشكلة بتغطية سطح المياه بشبكات من البلاستيك تطفو فوق سطح البركة الشمسية، إلا أن ذلك يساعد على نمو الطحالب والكائنات الدقيقة التي تحجب أشعة الشمس. وفي حالة وجود مياه جوفية أسفل قاع البركة تفقد الطاقة الحرارية من القاع الساخن عن طريق تسربها لهذه المياه الجوفية التي تعمل مثل البالوعة الحرارية Heat Sink الأمر الذي يتطلب ضمان أن تكون التربة فيما بين قاع البركة وسطح المياه الجوفية جافة، وذلك لأن التربة الرطبة تكون درجة توصيلها للحرارة عالية مما يزيد من فاقد الطاقة الحرارية [٧٩].

٢-٢-٢ إشكاليات تكنولوجيات التسخين الشمسي لدرجات الحرارة المتوسطة

بارتفاع درجة حرارة التسخين الشمسي تنخفض الكفاءة عادة. فبينما تصل كفاءة سخانات المياه الشمسية للاستخدام المنزلي إلى ٥٠%، تنخفض الكفاءة إلى ٢٠-٣٠% في حالة التسخين الشمسي لدرجات الحرارة المتوسطة. الأمر الذي يساهم في زيادة تكلفة منظومات التسخين الشمسي المعنية [٧٦]. وتعد تكنولوجيات التسخين الشمسي لدرجات الحرارة المتوسطة لأغراض الاستخدام في العمليات الصناعية بصفة أساسية من التكنولوجيات شبه الناضجة أو القريبة جدا من النضوج. إلا أنه لا ينبغي استخدامها إلا بعد استنفاذ إمكانات ترشيد الطاقة واسترداد الحرارة المفقودة والتي تعد أكثر اقتصادية بكثير. لذا يتم تصميم منظومات التسخين الشمسي للأغراض الصناعية بحيث تشمل منظومات لترشيد الطاقة واسترداد الحرارة المفقودة لتحسين اقتصادياتها خاصة في المصانع القديمة. إلا أن المصانع الحديثة يتم تصميمها بحيث تحتوي بالفعل على منظومات متطورة لترشيد الطاقة واسترداد الحرارة المفقودة مما يجعل اقتصاديات استخدام الطاقة الشمسية بمفردها في وضع حرج.

يصعب الاعتماد على التسخين الشمسي فقط للوفاء باحتياجات العمليات الصناعية ويفضل وجود منظومات تستخدم الوقود التقليدي أيضا لتحسين الاعتمادية والاستغلال الأمثل لمنظومات توليد حرارة العمليات الصناعية. ويصعب أحيانا إجراء عمليات تكامل منظومات التسخين الشمسي الحراري مع المنظومات التقليدية القائمة بالمصانع القديمة. و أحيانا ما تكون المصانع خاصة القديمة منها مصدرا للملوثات المختلفة من دخان أو عوادم وغير ذلك من الملوثات التي تترسب على سطح المجمعات مما يؤثر بشدة على كفاءة استخدام مجمعات أو مركزات التسخين الشمسي ويجعل من التنظيف الدائم والمستمر لهذه المجمعات والمركزات أمرا على أقصى قدر من الأهمية ويزيد من مشاكل التشغيل والصيانة ويرفع تكلفتها. كما تحتاج المجمعات الشمسية لمساحات ليست بالقليلة الأمر الذي يصعب توفيره أحيانا وخاصة في ضوء ارتفاع تكلفة الأرض في بعض المناطق الصناعية.

٢-٢-٣ إشكاليات تكنولوجيات التسخين الشمسي لدرجات الحرارة المرتفعة لتوليد الكهرباء [٨٢ و٨٣]

تستخدم المركزات الشمسية بكافة أنواعها لهذا النوع من التسخين الشمسي لدرجات الحرارة المرتفعة وهذه المركزات تتطلب منظومات تحكم لتتبع الشمس على محورين أو محور واحد، وتضيف هذه المنظومات مزيدا من التعقيد لمنظومات التسخين الشمسي التي تتميز ببساطتها النسبية، وتضيف بعدا إضافيا لمشاكل التشغيل والصيانة. ويعد التتبع الشمسي على محورين في منظومات البرج المركزي أو الهيلوستات أكثرها تعقيدا حيث يتم باستخدام الحاسبات الآلية ويساهم ذلك في رفع تكلفة هذه المنظومات وتقليل درجة العول والاعتمادية. كما تتطلب المركزات الشمسية استخدام حوامل خاصة Supporting Structures مزودة بموتورات لإمكان التتبع الشمسي الأمر الذي يساهم في تعقيد المنظومة وزيادة مشاكل التشغيل والصيانة والتكلفة المصاحبة.

تتميز منظومات الهيلوستات بضخامة حجم المرايا العاكسة التي قد تصل إلى ١٥٠-٢٠٠ متر مربع للوحدة، هذا بالإضافة إلى أهمية تصنيع المرايا العاكسة للمركزات الشمسية أيا ما كان نوعها، بمواصفات ضوئية خاصة لضمان مزايا

انعكاس جيدة، كل هذه العوامل تقصر تكنولوجيا تصنيع هذه المرايا على شركات معدودة في العالم الأمر الذي يحد من إمكان التصنيع المحلي لها مما كان يمكن أن يساهم بدوره في تحسين التكلفة [٨٢ و٨٣]. كما تتطلب هذه التكنولوجيات تشغيل كافة المرايا صباحا بطريقة متزامنة في نفس الوقت وذلك لعدد ضخم من الوحدات الذي يتطلب كفاءة منظومة تشغيل عالية.

يجدر التأكيد في النهاية في هذا السياق أن هذه الإشكاليات ليست مما لا يمكن التعامل معه والتغلب عليه كما يحدث بالفعل حاليا. الأمر الذي يحسن ويطور من هذه المنظومات باستمرار حيث تعد هذه التكنولوجيات حاليا شبة ناضجة نسبيا، وأكثرها تطورا والذي دخل نطاق الاستخدام التجاري بالفعل وإن يكن في بداياته الأولي هو تكنولوجيا المركزات الشمسية الخطية ذات القطع المكافئ الأسطواني والمزمع استخدامها في المحطة الأولى في الكريمات في مصر كما ذكر من قبل.

٢-٢-٤ إشكاليات استخدام الخلايا الشمسية

تنخفض كفاءة الخلايا الشمسية مع ارتفاع درجة حرارتها، الأمر الذي يتناقض مع استخدامها في أفضل تطبيقاتها وهو المناطق الصحراوية النائية التي تتميز بارتفاع كل من شدة الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة. كذلك يندر أن يتوافق معدل أو منحنى تغير القدرة والجهد والتيار الكهربيين المولدين من الخلايا الفوتوفولطية مع معدل أو منحنى تغير الحمل النهائي. فمثلا تتغير القدرة الناتجة من الخلايا الشمسية تبعاً لتغير الإشعاع الشمسي وأحيانا ما يحدث ذلك بسرعة عند حدوث غيوم أو سحب نظرا لسرعة استجابة الخلايا الشمسية، كما أن كثيرا من الأحمال إن لم يكن معظمها يتطلب جهدا كهربيا ثابتا للتشغيل بصفة رئيسية وذلك لحماية الحمل أو على الأقل للحصول لأعلى كفاءة تشغيل لهذا الحمل.

كما أن معظم الأحمال تتطلب تيارا مترددا لتشغيلها Alternating Current (AC) بينما التيار المولد من الخلايا الشمسية هو بالطبيعة تيار مستمر (DC)، وتتطلب كافة هذه العوامل استخدام منظومات للموائمة بين القدرة والجهد والتيار الكهربيين المولدين من الخلايا ومتطلبات الحمل النهائي المتصل بهذه الخلايا.

وهناك مكونات لمنظومات الموائمة يتم اختيارها في ضوء عدة اعتبارات ولتحقيق وظائف محددة من بينها تنظيم التحكم في الجهد الكهربي وفي مستوى شحن بطاريات التخزين. مما يساهم في رفع التكلفة، ويزيد من تعقيد منظومات الخلايا والتي يعد من أهم مزاياها الطبيعية البساطة وما يترتب على ذلك من ارتفاع درجة العول، مما يحد من هذه المزايا الطبيعية.

٢-٣ الإشكاليات الاقتصادية المتعلقة باستخدام الطاقة الشمسية

يعد هذا أهم الإشكاليات على الإطلاق التي تعوق استخدام منظومات الاستفادة من الطاقة المتجددة على نطاق واسع وعلى الأخص منظومات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح نظرا لارتفاع التكلفة الاستثمارية لمشروعات الطاقة المتجددة بصفة عامة ومن أهمها مشروعات الطاقة الشمسية، وذلك لارتفاع التكلفة المبدئية أو الرأسمالية للمعدات والمنظومات بصفة رئيسية وذلك بالمقارنة بنظيرتها للطاقة التقليدية والتي تنتج نفس الكمية من الطاقة، ومن أهم الأسباب المؤدية لذلك ما يلي:

- انخفاض كثافة الطاقة الشمسية الساقطة على وحدة المساحات الأمر الذي يؤدي إلى الاحتياج لمساحات كبيرة من المعدات والأجهزة، مثل المجمعات الشمسية أو مصفوفات الخلايا الفوتوفولطية لتجميع كمية الطاقة المطلوبة مما يرفع من تكلفة منظومات الاستفادة من الطاقة الشمسية.

- صغر حجم سوق معدات ومنظومات الطاقة المتجددة لا على المستوى المحلي بمصر فقط وإنما أيضا على المستوى العالمي مقارنة بأسواق معدات ومنظومات الطاقة التقليدية، الأمر الذي يساهم في رفع التكلفة الرأسمالية لمعدات ومنظومات الطاقة الشمسية والمتجددة بسبب حرمانها من مزايا اقتصاديات الحجم الكبير الأمر الذي يؤدي للدخول في حلقة مفرغة إذ يحجم المستهلكون عن شراء معدات الطاقة المتجددة لارتفاع أسعارها مما يؤدي إلى صغر حجم الأسواق، بينا يتعلل المنتجون بصغر حجم الأسواق سببا لارتفاع الأسعار ويرهنون حدوث انخفاض مؤثر في الأسعار باتساع حجم الأسواق الأمر الذي يتطلب تدخلا ما لكسر هذه الحلقة المفرغة وهو ما سوف نتعرض له قريبا.

لا تزال تكلفة وحدة الطاقة المولدة باستخدام مصادر الطاقة المتجددة أكبر من نظيرتها المولدة باستخدام المصادر التقليدية، ولبيان ذلك فلسوف نأخذ في الاعتباران تطبيقان من أهم تطبيقات الطاقة الشمسية الحرارية وأكثرها انتشارا في الوقت الحالي ويحمل إمكانات مشجعه للغاية في المستقبل، وهما:

- سخانات المياه الشمسية للاستخدام العائلي والعام حيث يصل سعر السخان النمطي سعة ١٥٠ لتر/اليوم إلى ١٨٠٠-٢٢٠٠ جنيها في الوقت الراهن ويقدر عمره الافتراضي بحوالي ١٠-١٥ سنه ويمكن أن يضاف لذلك ٢٠٠-٣٠٠ جنيها تكلفة تشغيل وصيانة على مدى ذلك العمر، وتكلفة التشغيل ترجع بصفة أساسية لاستخدام السخان الكهربي الإضافي ولو لفترات محدودة في العام. بينما يصل سعر سخان الغاز الطبيعي أو البوتاجاز إلى ٥٠٠-٦٠٠ جنيها بينما يقدر متوسط استهلاك الغاز من السخان المذكور بحوالي ٥٠-٦٠ جنيها سنويا، ويتجاوز عمره الافتراضي ١٥ عاما بل ويتعدى في أحيان كثيرة ٢٠ عاما، بينما يقدر متوسط تكلفة الصيانة ١٠-٢٠ جنيها سنويا، وبذلك تصل التكلفة الإجمالية لكل من نوعي السخانين على مدى عمر افتراضي متساو قدره ١٥ عاما إلى ٢٠٠٠-٢٥٠٠ جنيها للسخان الشمسي، ١٤٠٠-١٨٠٠ جنيها لسخان الغاز الطبيعي. على عكس بعض الدول المجاورة مثل الأردن التي تصل تكلفة الغاز الطبيعي فيها إلى ٥-١٠ أضعاف تكلفتها في مصر، مما قد يفسر سبب انتشار السخانات الشمسية في هذه البلدان. و تقدر فترة استرداد رأس المال لسخانات المياه الشمسية في مصر Pay Back Period بما لا يقل عن ١٠ أعوام وأحيانا ما تتعدى ذلك وهو ما يوضح حرج اقتصاديات استخدام السخانات الشمسية.

- التطبيق الثاني هو توليد الكهرباء من نظم المركزات الشمسية الحرارية، حيث يقدر سعر الكيلووات ساعة المتوقع إنتاجه من محطة الكريمات في مصر والسابق الإشارة إليها ١٠-١٢ سنت/كيلووات.ساعة، بينما يصل متوسط سعر الكيلووات المنتج من المحطات الحرارية التقليدية في مصر ٢,٥-٣ سنت/كيلووات.ساعة.

يؤدى ضعف القوة الشرائية للسواد الأعظم من المستهلكين المصريين إلى الإحجام عن شراء المعدات ذات التكلفة المبدئية العالية مثل السخانات الشمسية، برغم مزاياها على المدى الطويل، بينما يجعله ذلك يفضل شراء السخانات التقليدية الأخرى الأقل سعرا أو تكلفة مبدئية برغم تحمله تكلفة تشغيل شهرية أكبر، إلا أنه يمكن موازنة ذلك الإشكال بأن تقدم الحكومة دعما للسخانات الشمسية عن طريق البنوك وأجهزة التمويل المختلفة والتي يمكن أن تقدم تسهيلات خاصة لمن يرغبون في شراء السخانات الشمسية، أو أي من معدات ومنظومات الطاقة المتجددة في صورة قروض منخفضة الفائدة يمكن أن تشمل فترة سماح أو تسهيلات في الدفع، أو عن طريق دعم منظومات للتقسيط المريح على فترات زمنية ممتدة ومعقولة وبفائدة منخفضة نسبيا، وغير ذلك من الأساليب الاقتصادية.

ولعله من الواجب تصحيح النظرة للدعم الذي أصبح أمرا مكروها في الفترة الأخيرة حيث تقوم معظم دول العالم المتقدم الرأسمالية بتوفير نوع من الدعم لاستخدامات الطاقة المتجددة والطاقة الشمسية لمزايا الاقتصادية على المدى البعيد ولمزاياها البيئية الأخرى مما سوف نتعرض له، ومن الأحرى أن تقوم مصر بذلك للحفاظ على احتياطي البلاد من الوقود التقليدي ممثلا في البترول والغاز الطبيعي، والذي أصبح حاليا سلعة استراتيجية هامة ينبغي وضع سياسات واضحة للحفاظ عليها للأجيال القادمة وعدم استنفاذها، وأخذ ذلك في الاعتبار عند تقييم بدائل مصادر الإمداد بالطاقة للمشروعات المختلفة.

من المهم ملاحظة أن سياسة دعم أسعار الطاقة التقليدية من وقود وغاز وكهرباء قد استمرت لفترة طويلة في الماضي لأسباب مختلفة، اجتماعية وسياسية، وبالطبع لم تتمتع الطاقة المتجددة بأي نوع من أنواع الدعم نظرا لحداثة استخداماتها، وهذا الدعم قد عكس صورة حقيقية عند مقارنة أسعار وحدات الطاقة المولدة من المصادر التقليدية وتلك المولدة من المصادر المتجددة ولغير صالح الأخيرة بالطبع. الأمر الذي ساهم في إحجام عديد من القطاعات والمستهلكين عن استخدام مصادر الطاقة المتجددة والشمسية واستغلال إمكاناتها الوفيرة، إلا أن هذا الوضع قد تغير إلى حد كبير بتحريك أسعار الطاقة التقليدية ورفع أسعارها لأسعار مقاربة للمستوى العالمي في بعض الأحيان.

ولسوف تحدد سياسية الدولة المستقبلية بالنسبة لأسعار الطاقة التقليدية الـــدور الذي يمكن أن تلعبه الطاقة المتجددة في ضوء إذا ما كان المستهدف هو الوصـــول للسعر الاقتصادي المحلي فقط وهو سعر التكلفة بالإضافة إلى هامش ربح مناســب، أم أن المستهدف بالإضافة إلى ذلك هو الوصول أيضا للأسعار العالمية على أســاس حساب تكلفة الفرصة الضائعة في حالة عدم تصدير ما يمكن تصديره من الوقـــود البترولي للخارج بالأسعار العالمية و إمكانيات مساهمة الطاقة المتجددة في زيـــادة الصادرات البترولية عن طريق توفير استخداماتها المحلية.

بالرغم من أن استخدام الطاقة الشمسية والمتجددة بصفة عامة يعد اقتصاديـــا – وإن يكن بدرجات متفاوتة– في عدد محدود من التطبيقات مثل إمداد الطاقة الكهربية باستخدام الخلايا الشمسية للتجمعات السكنية الصغيرة المتناثرة في المناطق النائيـــة المعزولة البعيدة عن الشبكة الكهربية وعن أي مصادر أخرى للطاقة التقليديـــة، إلا أن أسعار الطاقة التقليدية في مصر مثل الكهرباء والبترول والغاز الطبيعـــي تعـــد موحدة في مختلف أنحاء البلاد ولا تتأثر سوى بنوع الاستخدام النهائي، للصناعة أو الزراعة أو النقل أو للأغراض المنزلية أو غير ذلك، ولا يؤخذ في الاعتبار موقـــع الاستخدام النهائي وتكلفة نقل الطاقة التقليدية أيا ما كان نوعها للمواقـــع والمنـــاطق النائية والمعزولة والبعيدة عن مصادر الوقود التقليـــدي حتـــى بالنســـبة للأحمـــال والاستخدامات الصغيرة الأمر الذي يعد دعما مستترا لأسعار الطاقة التقليديـــة فـــي الواقع، ويساهم ذلك في الحد من استخدام الطاقة الشمسية والمتجددة إلى حد بعيد في هذه المناطق لعدم قدرتها منافسة الأسعار السائدة للطاقة التقليدية في الوقت الحـــالي، ولا يعني ذلك بالطبع ضرورة رفع أسعار الطاقة التقليدية للمواقع المذكورة والتـــي تعد تنميتها أمرا حيويا استراتيجيا لمصر، في حين تتميز التجمعات السكانية في هذه المناطق بانخفاض المستوى المعيشي وضعف القدرة الشرائية الأمر الذى يحتـــم عـــدم رفع أسعار إمدادها بالطاقة، وإنما يمكن للدولة الاستمرار في إمداد هذه التجمعـــات والمناطق بالطاقة بنفس الأسعار ولكن من المصادر المتجددة الأقل تكلفة والأكـــثر اقتصادية الأمر الذي يمكن أن يكون له مردود اقتصادي على الدولة ويخفض مـــن قيمة الدعم المباشر وغير المباشر لأسعار الطاقة بهذه المناطق، وذلـــك بالإضافـــة للمزايا السياسية والاستراتيجية والبيئية السابق الإشارة إليها.

من أصعب الأمور ترجمة المزايا البيئية للطاقة الشمسية والمتجددة مقابل الأضرار الناجمة عن استخدام الوقود التقليدي المحترق إلى تكلفة اقتصادية، وهو ما سيكون في صالح الطاقة المتجددة. وتستعمل حاليا أساليب حساب وتحليل التكلفة الظلية Shadow Cost Analysis ولكن لم تحدد حتى الآن معايير كمية اقتصادية يمكن التعويل عليها بدقة مناسبة. وهناك بصفة عامة أسلوبان لحساب التكلفة البيئية المقارنة لكل من الطاقة التقليدية والطاقة المتجددة والشمسية هما:

- حساب تكلفة التدابير والاحتياطيات الواجب اتخاذها والمعدات والوسائل المطلوب استخدامها لمنع التلوث أصلا أو التقليل منه بداية عند المنبع أو المصدر.
- حساب تكلفة معالجة الآثار البيئية السلبية والتلوث الناتجين عن استخدام الوقود التقليدي وتكلفة وسائل وأساليب ومعدات التخلص من هذه الآثار الناتجة أو التقليل منها ما أمكن عند المصب أو بعد الاستخدام النهائي.

من بين الأساليب المتبعة حاليا لإعطاء أفضليات اقتصادية لاستخدامات الطاقة الشمسية ما يقوم به مرفق البيئة العالمي Global Environmental Facility (GEF) من تمويل التكلفة الزائدة أو الإضافية Incremental Cost لمشروعات الطاقة المتجددة مقارنة بتكلفة أرخص بديل يستخدم الطاقة التقليدية لتوليد نفس الكمية من الطاقة الكهربية، وهو ما تم الاستفادة منه في محطة الكريمات الشمسية الحرارية في مصر. وسوف تلعب السياسات الدولية إزاء البيئة مثل آلية التنمية النظيفة Clean Development Mechanism (CDM) وسائر الالتزامات الدولية الأخرى للحفاظ على البيئة، مثل اتفاقية كيوتو لخفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري واقتراح تكوين بورصة للاتجار في الانبعاثات، دورا هاما في تحديد مستقبل اقتصاديات واستخدامات الطاقة المتجددة والشمسية.

٢-٤ الإشكاليات المؤسسية لاستخدام الطاقة المتجددة والشمسية

لازالت مصر تفتقر إلى الأساس التشريعي والقانوني والإداري المناسب المنظم لاستخدامات الطاقة الشمسية والمتجددة ومعداتها المختلفة بما يحمي المستهلك من شراء معدات معيبة أو لا تتفق مع المواصفات المطلوبة أو على الأقل لا تتوافق مع

أصول الصناعة والخبرة الهندسية المطلوبة الأمر الذي يؤثر بالسلب على كل من الكفاءة والجودة وذلك بالنسبة لمعدات الطاقة الشمسية المصنعة في مصر، ولسوف نخص بالذكر واحد من أهم تطبيقاتها وهو التسخين الشمسي للمياه. فعلى سبيل المثال يجرى حاليا تصنيع سخانات المياه الشمسية للاستخدام المنزلي والعام بمصر في أكثر من ٧ شركات تقوم بتصنيع هذه السخانات والتي تتوافر معظم خاماتها محليا. إلا أن معايير ومقاييس ضبط الجودة وضمانها Quality Assurance لا تزال دون المطلوب برغم توافر مواصفات قياسية مصرية في الوقت الحالي تم اعتمادها من الهيئة العامة للتوحيد القياسي منذ عام ١٩٨٦.

وبرغم توافر معامل للاختبارات وللتقييم ولإصدار شهادات الصلاحية في مصر – وعلى رأسها ومن أهمها مركز بحوث واختبارات الطاقة المتجددة التابع لهيئة الطاقة المتجددة – إلا أن المصانع ليست مجبرة بحكم القانون على الحصول على شهادات الصلاحية المذكورة مما يؤدي لظهور سخانات معيبة أو على الأقل دون المواصفات المطلوبة وعلى الأخص من حيث الكفاءة والجودة. مما يؤدي بدوره إلى مشاكل عديدة أثناء التشغيل وإلى تقليل العمر الافتراضي ويؤدي في النهاية إلى الإساءة إلى سمعة السخانات الشمسية بين جمهور المستهلكين ويعوق انتشار استخدامها. ومن المهم هنا التأكيد على أن مفهوم الجودة لا يقتصر فقط على التصنيع وإنما يمتد أيضا للتركيبات والصيانة، التي ينبغي أن تتم وفقا للأصول الهندسية المعروفة.

صدر خلال عام ١٩٨٧ قرار وزير الإسكان والتعمير والمدن الجديدة بضرورة استخدام سخانات المياه الشمسية في المدن الجديدة على أن تتكامل معماريا مع المنازل والمنشآت على أساس أن تكلفة السخانات الشمسية –رغم ارتفاعها بالمقارنة بالسخانات التقليدية– تمثل جزءا صغيرا من تكلفة المبني نفسه إضافة إلى مزاياها على مستوى الاقتصاد القومي وقد أدى ذلك إلى ارتفاع متوسط الإنتاج السنوي للشركة الواحدة من السخانات من ٥٠٠ –١٠٠٠ وحدة في العام في الفترة ١٩٨٠–١٩٨٧ إلى ١٠٠٠–٢٥٠٠ في العام في الفترة ١٩٨٨–١٩٩٣، إلا أن تسليم مساكن المدن الجديدة لشاغليها أو مالكيها قد واجه العديد من العقبات

الإدارية مما جعل بعض السخانات الشمسية تظل مركبة بالمباني دون استعمال أو صيانة لفترات تجاوزت ٣ أعوام في بعض الأحوال مما أدى لأعطال وتدهور لبعض هذه السخانات، وقد أدى ذلك كله لفقدان الثقة في سخانات المياه الشمسية. وقد لوحظ وجود عيوب مؤثرة في أعمال تركيبات السخانات الشمسية وخاصة أعمال السباكة. ولعل ذلك يرجع لانخفاض مستوى العمالة الحرفية نظرا لسفر العمالة الماهرة للبلدان العربية المجاورة في العقدين الماضيين.

وقد ضاعف من مشكلة فقدان الثقة أن المناقصات الحكومية لتوريد سخانات المياه الشمسية لهذه المباني لم تلزم الموردين بتقديم خدمات ما بعد الشراء من صيانة بأنواعها المختلفة وهو ما يعد أمرا على أقصي قدر من الأهمية لعدم توافر الصيانة المتخصصة وانتشارها وعدم سهولة الوصول للقائمين عليها كما يحدث في حالة السخانات التقليدية، سوى لدى القليل من الشركات المصنعة المذكورة، وقد أدت كل تلك العوامل إلى الإلغاء العملي لتنفيذ القرار الوزاري المذكور- دون إلغائه رسميا – منذ عام ١٩٩٤ الأمر الذي أدى بدوره لانخفاض متوسط إنتاج المصنع الواحد سنويا إلى ٥٠٠-٧٥٠ وحدة، إلا أن انتشار القرى السياحية أخيرا على كل من ساحل البحر الأحمر والساحل الشمالي الغربي للبحر الأبيض المتوسط قد ارتفع بمتوسط الإنتاج للفترة ١٩٩٨-١٩٩٩ إلى ٧٥٠-١٥٠٠ وحدة سنويا لكل مصنع، ويعزى ذلك أيضا لإدراك المصنعين أهمية ضمان الجودة وتوفير خدمات ما بعد الشراء الأمر الذي يمكن أن يتضح تأثيره بصورة أكبر خلال الفترة القادمة.

لاشك أن التصنيع المحلي يساهم في خفض أسعار هذه السخانات بالإضافة إلى مزاياه الاقتصادية الأخرى مثل خلق فرص عمالة والدخول في صناعة جديدة سريعة التطور وغير ذلك. إلا أن هذه الصناعة المحلية الناشئة نسبيا لا تحصل على أي دعم أو بالأحرى تشجيع من الدولة ولا تزال الضرائب عليها مرتفعة بالإضافة أيضا إلى ارتفاع الجمارك على بعض خاماتها الأساسية التي يتم استيرادها من الخارج برغم طلب هذا الدعم أو التشجيع من الدولة بواسطة الصناعة المحلية. ويتطلب الأمر من الدولة أن تنظر بعين الاعتبار لسبل تقديم هذا الدعم أو التشجيع للمزايا المتعددة لاستخدام الطاقة الشمسية. ويعد هذا الأمر ذو

أهمية خاصة لإمكان التصنيع المحلي للخلايا الشمسية على نحو خاص وهو ما زال متعثرا حتى الآن لعدة أسباب من أهمها الجمارك المرتفعة.

تتطلب منظومات استخدام الطاقة الشمسية تنظيفا دوريا لسطحها الزجاجي الخارجي لإزالة الأتربة والملوثات التي تقلل من نفاذية الزجاج للإشعاع الشمسي. ويجب أن يتم ذلك كل أسبوع أو أسبوعين حسب الموقع. وفي حالة حدوث العواصف الرملية والترابية أو الأمطار يتطلب الأمر إتمام عملية التنظيف المذكورة يوميا ، الأمر الذي يتطلب صعود المستهلك بصفة دورية ومتكررة لسطح المنزل في حالة السخانات الشمسية لإتمام هذه العملية الأمر الذي يتطلب بدوره تغييرا في عاداته وسلوكه لا يتقبله دائما بسهولة.

يتطلب استخدام أساليب العمارة الشمسية المختلفة بالإضافة للدراية الهندسية والخبرة، تفهما من كل من المصمم والساكن لأهميتها وجدواها وفوائدها، الأمر الذي يتطلب بدوره التخلي عن تقليد الدول المتقدمة في أساليب عمارتها مثل الإفراط في استخدام الواجهات الزجاجية التي تعمل في الواقع مثل الصوبة الزجاجية لتجميع أشعة الشمس وأيضا النوافذ الألومنيوم مقارنة "بالشيش" التقليدي الذي يسمح بكل من الإضاءة غير المباشرة والتهوية بينما يحجب أشعة الشمس المباشرة المطلوب تجنبها صيفا وتلاحظ هذه العيوب بوضوح في المباني الحديثة والفخمة في المدن الكبرى وعلى الأخص القاهرة والإسكندرية مما يتطلب وعيا بيئيا واجتماعيا وهندسيا ومعماريا واقتناعا بأهمية وفوائد وجدوى العمارة الشمسية بالإضافة لقيمها الجمالية المختلفة، حيث لا يمكن بالطبع فرض ذلك بالقانون.

٣- إمكانيات استخدام الطاقة الشمسية فى مصر

تساهم ثلاثة استخدامات أو تطبيقات للطاقة الشمسية حاليا بما يزيد عن ٩٥% من إجمالي ما توفره مصادر الطاقة الشمسية باستخداماتها وتطبيقاتها المختلفة، من طاقة قابلة للاستغلال بطريقة مجدية هندسيا واقتصاديا، وهذه التطبيقات هي – كما سبق أن ذكرنا – التسخين الشمسي للمياه في درجات الحرارة المنخفضة للأغراض المنزلية والتجارية والعامة، والتسخين الشمسي لدرجات الحرارة المنخفضة والمتوسطة للحصول على المياه الساخنة أو البخار للأغراض الصناعية، وأخيرا

التسخين الشمسي لدرجات الحرارة العالية لتوليد الكهرباء، هذا ومن المتوقع يستمر معدل المساهمة المذكور لهذه التطبيقات الثلاث في خلال العشرين عاما القادمة. وحتى في حالة تطوير الاستخدامات الأخرى تكنولوجيا واقتصاديا فلا يتوقع أن تقل النسبة عن ٩٠% في المدى الزمني موضع هذه الدراسة. وسوف نتناول فيما يلي إمكانيات استخدام كل من هذه التطبيقات.

٣-١ التسخين الشمسى للمياه للأغراض المنزلية والتجارية العامة

يقدر عدد السخانات الشمسية حاليا في مصر بحوالي ٢٠٠,٠٠٠ (مائتي ألف) وحدة تحتوي على ما يقرب من ٢٥٠ ألف متر مربع من المجمعات الشمسية المسطحة توفر ما يعادل حوالي ٨٠ ألف طن بترول مكافئ سنويا [٨٤]، هذا وتقدر مساهمة الوفر المتحقق من استخدام سخانات المياه الشمسية بحوالي ٦٥% من إجمالي الوفر المتحقق في مصر من استخدام كافة تكنولوجيات الطاقة المتجددة المختلفة خلال الأعوام العشرة الماضية، ويبين جدول (٢-٦) الذي وضع عام ١٩٩١ توقعات الوفر في الوقود التقليدي الناتج عن تزايد استخدام سخانات المياه الشمسية حتى عام ٢٠٠٥ [٢٩ و٧٨].

وبمقارنة التوقعات المذكورة بما تحقق فعلا يلاحظ بأن التوقعات لعام ٢٠٠٠ تزيد عما تحقق بالفعل في بدايات عام ٢٠٠٠ بحوالي ٧٥% ويرجع ذلك للإشكاليات والمعوقات السابق التعرض لها والتي تتلخص في ارتفاع التكاليف الاستثمارية والتكلفة المبدئية للسخانات الشمسية بالمقارنة بالنظم البديلة التي تستخدم الطاقة التقليدية، وقصور حجم السوق المتاح في ضوء هذه التكلفة المرتفعة وأيضا

جدول (٢-٦)

توقعات الوفر فى الوقود التقليدي
الناتج عن تزايد استخدام سخانات المياه الشمسية حتى عام ٢٠٠٥

العام	١٩٩٠	١٩٩٥	٢٠٠٠	٢٠٠٥
الوفر المتوقع مقدرا بألف طن بترول مكافئ	١٣	١١٤	١٤٠	٣٠٠

في ضوء أسعار الطاقة التقليدية والتي ظلت مدعمة بدرجات متفاوتة لمدة طويلة، وضعف التشريعات والضوابط اللازمة لكل من ضمان تطبيق المواصفات القياسية لمعدات سخانات المياه الشمسية وأساليب الضمان الفني لنظمها، وعدم توافر الخبرات المدربة واللازمة لعمليات الإنتاج والتركيب والتشغيل والصيانة بالصورة الواجبة، وأخيرا ضعف الوعي بجدوى استخدام هذه المنظومات على كافة المستويات ومن بينها المستويات الحكومية والبنكية المطلوب منها دعم هذا الاستخدام، ولسوف يتحدد مستقبل السخانات الشمسية بدرجة كبيرة في إمكان التغلب على هذه العقبات.

٣-٢ التسخين الشمسي لدرجات الحرارة المنخفضة والمتوسطة

يعد قطاع الصناعة هو أكبر مستهلك للطاقة في مصر بنسبة ٤٢,٢% من إجمالي الاستهلاك النهائي للطاقة أي ما يقرب من ١١,٨ مليون طن بترول مكافئ من إجمالي ٢٧,٩ مليون طن بترول مكافئ خلال عام ١٩٩٧ كما يتضح من جدول (٣٢). ويستخدم لتوليد الحرارة اللازمة للعمليات الصناعية (أو حرارة العمليات الصناعية) ما يقرب من ٦٠% من استهلاك قطاع الصناعة من الطاقة تتوزع على خمسة قطاعات رئيسية هي: صناعة الغزل والنسيج، والصناعات المعدنية، والصناعات الكيماوية، والصناعات الغذائية والصناعات الحرارية (الطوب الحراري والفخار والسيراميك وغيره، أي ما يعادل حوالي ٣,٧ مليون طن بترول مكافئ.

ويبين جدول (٣-٦) توزيع استهلاك حرارة العمليات الصناعية للقطاعات الخمسة المذكورة في درجات الحرارة المختلفة في عام ١٩٩٥[٨٦]. ويتضح من الجدول أن حوالي ٥٥% من استهلاك حرارة العمليات الصناعية تستخدم للتسخين لدرجات الحرارة حتى ١٥٠-٣٠٠°م [٨٦]. تجدر الإشارة هنا بأن الفاقد في الطاقة المستهلكة في الصناعة إجمالا يصل إلى ٢٠-٣٠% بسبب انخفاض مستويات الصيانة وعدم كفاءة العمليات الصناعية المستهلكة للطاقة، ولأسباب أخرى، وتعد الحرارة المفقودة في العمليات الصناعية هي أهم سبب للفاقد المذكور[٨١ و٨٤ و٨٦].

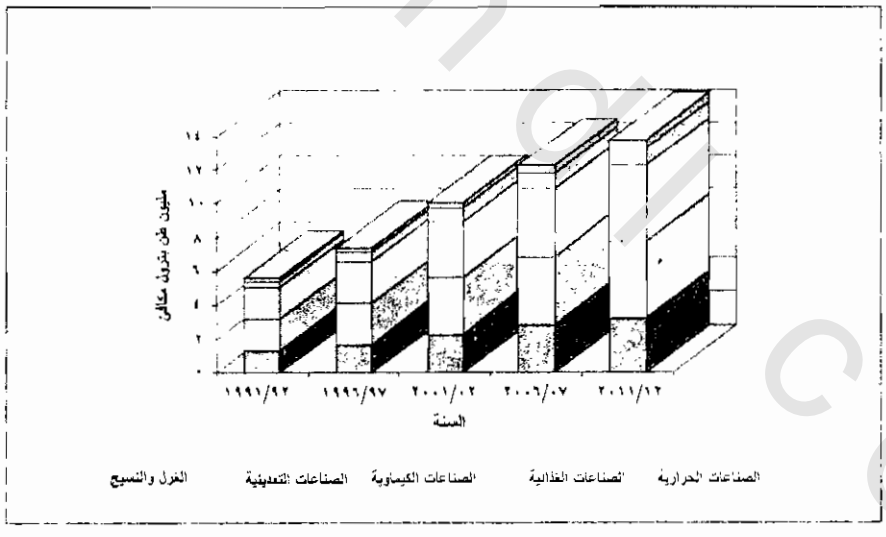
جدول (٣-٦)

توزيع استهلاك حرارة العمليات الصناعية فى مصر عام ١٩٩٥

(ألف طن بترول مكافئ)

الاستهلاك / القطاع الصناعى	المدى الحرارى للتسخين مقدرا بالدرجات المئوية				
	٨٠-٠	١٥٠-٨٠	٣٠٠-١٥٠	٣٠٠ <	الإجمالي
الغزل والنسيج	١٠٨	١٢٤١	١٢٨	٧٣	١٥٥١
الصناعات المعدنية	١٦	٧٥	٠	٢١٧١	٢٢٦٢
الصناعات الكيماوية	١٣٠	١٦٩٠	١٢	٤٣٩	٢٢٧١
الصناعات الغذائية	١١٧	٣١٧	٨٢	٠	٥١٦
الصناعات الحرارية	١٠٨	١٠٧	٥	٢٩	٢٤٩
الإجمالى	**٤٧٩**	**٣٤٣٠**	**٢٢٧**	**٢٧١٢**	**٦٨٤٨**

ويبين شكل (٣-٦) التطور المتوقع لاستهلاك حرارة العمليات الصناعية للطاقة حتى عام ٢٠١٢/٢٠١١ موزعا على القطاعات الصناعية المختلفة، ومن المتوقع أن تصل قيمة استهلاك الطاقة للتسخين حتى درجات حرارة ١٥٠-٣٠٠°م إلى حوالى ٥٥% أى ما يعادل حوالى ٦,٣ مليون طن بترول مكافئ [٨٦].



شكل (٣-٦): التطور المتوقع لاستهلاك حرارة العمليات الصناعية فى القطاعات المختلفة

في نفس الوقت، تقدر بعض الدراسات المبدئية الأخيرة بأن نسبة تبلغ حوالي ١٥% فقط من هذه القيمة يمكن الوفاء بها من خلال التسخين الشمسي لتوليد حرارة العمليات الصناعية SIPH (Solar Industrial Process Heat) وذلك بسبب عدة قيود بينها عدم تواجد الشمس ليلا للوفاء باحتياجات الورديات الليلية بالمصانع، والظروف الجوية والمناخية غير المواتية مثل السحب والأمطار والعواصف الرملية والترابية والتلوث الجوي إجمالا، ونمط تغير استهلاك الطاقة المطلوبة لحرارة العمليات الصناعية بالنسبة للزمن واحتمالات عدم توافقه مع نمط تغير مصدر الإشعاع الشمسي، وأخيرا احتمالات عدم توافر المساحات الكبيرة من الأراضي أو الأماكن الخالية المطلوبة لتركيب المجمعات الشمسية بالقرب من مصادر استهلاك الطاقة بالمصانع خاصة القديم منها [٨٤ و٨٦].

يبين جدول (٤-٦) الإمكانيات المحتملة للطاقة الشمسية للوفاء باحتياجات التسخين الشمسي الصناعي لدرجات الحرارة المتوسطة، باستخدام المجمعات الشمسية ذات القطع المكافئ الأسطواني غالبا، وذلك حتى عام ٢٠١٢/٢٠١١ بدون استخدام التخزين الحراري وأيضا باستخدامه مع ذكر الاستثمارات التقديرية المطلوبة أيضا ومنه يتضح أن المساحة الإجمالية المطلوبة للمجمعات والمركزات الشمسية حتى عام ٢٠١١ تقدر بحوالي ٦,٣ مليون متر مربع وأن إجمالي الاستثمارات المطلوبة تبلغ حوالي ١,٥ مليار دولار [٨٦]. تجدر الإشارة هنا إلى أن هذه الاحتمالات والتوقعات يعوق تحقيقها الإشكاليات السابقة وأهمها التكلفة المرتفعة وعدم التأكد من زمن فترة استرداد رأس المال المستثمر ومدى - بل وأحيانا ضرورة - استخدام تقنيات ترشيد الطاقة والحرارة المفقودة مع أو قبل النظر لاحتمالات استخدام التسخين الشمسي الحراري الصناعي.

٣-٣ التسخين الشمسي لدرجات الحرارة العالية لتوليد الكهرباء

تخطط وزارة الكهرباء والطاقة من خلال هيئة الطاقة المتجددة لإنشاء أول محطة ريادية لتوليد الكهرباء من الطاقة الشمسية الحرارية في منطقة الكريمات جنوب شرق محافظة الجيزة بقدرة تبلغ حوالي ١٥٠ ميجاوات. ومن المخطط أن تستخدم المحطة المجمعات الشمسية المركزة من نوع القطع المكافئ الأسطواني في

منظومة تقوم على الارتباط والتكامل مع الدورة المركبة التي تستخدم الغاز الطبيعي كوقود. وتساهم المنظومة الشمسية في تسخين غلايات الحرارة المفقودة.

من المتوقع أن تصل مساهمة المنظومة الشمسية في محطة الكريمات لحوالي ١٠-١٥%. وتقدر الاستثمارات اللازمة للمشروع بحوالي ٢٠٠-٢٢٥ مليون دولار أمريكي [٨٧]، وقد خصص مرفق البيئة العالمي GEF منحة لا ترد قدرها ٦٥ مليون دولار أمريكي لتمويل التكلفة الزائدة لهذا المشروع بالمقارنة بحالة تنفيذ مشروع مماثل يستخدم الطاقة التقليدية لتوليد نفس الكمية من الكهرباء المنتجة سنويا، ويتوقع بدء تشغيل المحطة خلال عام ٢٠٠٣، وتستهدف خطة الوزارة كما ذكرنا في الباب الأول إنشاء سلسة من هذه المحطات تصل بالقدرة الإجمالية المركبة إلى حوالي ٤٠٠٠ ميجاوات عام ٢٠١٧ وذلك بمساهمة من القطاع الخاص بنظام BOOT.

جدول (٤-٦)

الإمكانيات المحتملة لاستخدامات التسخين الشمسى الصناعى لدرجات الحرارة المتوسطة

العام / أسس التقدير	الوحدة	١٩٩٥	٢٠٠٣	٢٠١١
الطاقة الأولية المستهلكة في حرارة العمليات الصناعية في درجات الحرارة ٨٠-٣٠٠ه م	ألف طن بترول مكافئ	٣٧٠٠	٤٨٠٠	٦٣٠٠
التوفير المحتمل باستخدام المحطات الشمسية بدون تخزين حراري	ألف طن بترول مكافئ	٥٥٠	٧٢٠	٩٥٠
المساحة الإجمالية للمجمعات الشمسية (أو المركزات)	مليون متر مربع	٣,٨	٤,٩	٦,٣
تأثير التخزين الحراري	سوف يزيد قيم وفر الوقود المتوقعة بحوالي ٣٠%			
الاستثمار المقدر لإنشاء ٦,٣ مليون متر مربع من المجمعات والمحطات الشمسية يبلغ حوالي ١,٥ مليار دولار				