الفصل الثاني

الطاقة الشمسية الحرارية

2-1 مقدمة عن مصادر الطاقة

2-2 الطاقة الشمسية

2-3 طبيعة الإشعاع الشمسي

2-4 الإشعاع الشمسي المباشر والمنتشر

2-5 قياس الإشعاع الشمسي

2-6 زاوية الميل والاتجاه

2-7 طـرق انتقـال الحـــرارة
- انتقال الحرارة بالتوصيل
- انتقال الحرارة بالحمـــل
- انتقال الحرارة بالإشعاع

2-8 استخدامات الطاقة الشمسية في التكييف وتسخين المياه
- تسخيـــن الميـــــاه
- المجمعات الشمسيـــــة
- التدفئة بالطاقة الشمسيــة
- منظومات التدفئة الفعّالـة
- منظومات التدفئة السلبية
- التبريد بالطاقـة الشمسية
- منظومات التبريد الفعالـة
- منظومات التبريد السلبية

2-9 توليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية الحرارية

2-10 استخدام البرك الشمسية في توليد الطاقة الكهربائية

2-11 استخدام الطاقة الشمسية في تحلية المياه

2-12 استخدام الطاقة الشمسية في الزراعة
- بيوت الزراعة المحمية
- تجفيف المحاصيل الزراعية

2-13 استخدام الطاقة الشمسية في الطبخ

1-2 مقدمة عن مصادر الطاقة

إنّ مصادر الطاقة المتجددة هي المصادر التي تتولد بصورة طبيعية وبصفة مستديمة أي تتجدد كل يوم مادامت الشمس باقية. وهذا النوع من الطاقة مفيد للإنسان. ويمكن الاستفادة من هذه المصادر بدون التأثير على البيئة . والمصدر الرئيسي لهذه الطاقات هو الشمس، والجاذبية ، ودوران الأرض . فمعظم مصادر الطاقات المتجددة كالطاقة الشمسية ، وطاقة الرياح ، وطاقة الكتلة الحيوية ، وطاقة الأمواج ، وطاقة حرارة المحيطات منبعها ومصدرها الأساسي هو الإشعاع الشمسي . أما طاقة المد والجزر فإنها تتولد نتيجة جذب الشمس والقمر للأرض . وأما طاقة الحرارة الجوفية فإنها تتولد من حرارة باطن الأرض . ويصنف العلماء تلك الطاقة الآتية من الفضلات ضمن الطاقات المتجددة . وسنتطرق فيما يلي وبالتفصيل إلى جميع مصادر الطاقة المتجددة ، والإمكانيات التقنية المتاحة لاستغلالها، وجدواها الاقتصادية .

2-2 الطاقة الشمسية :

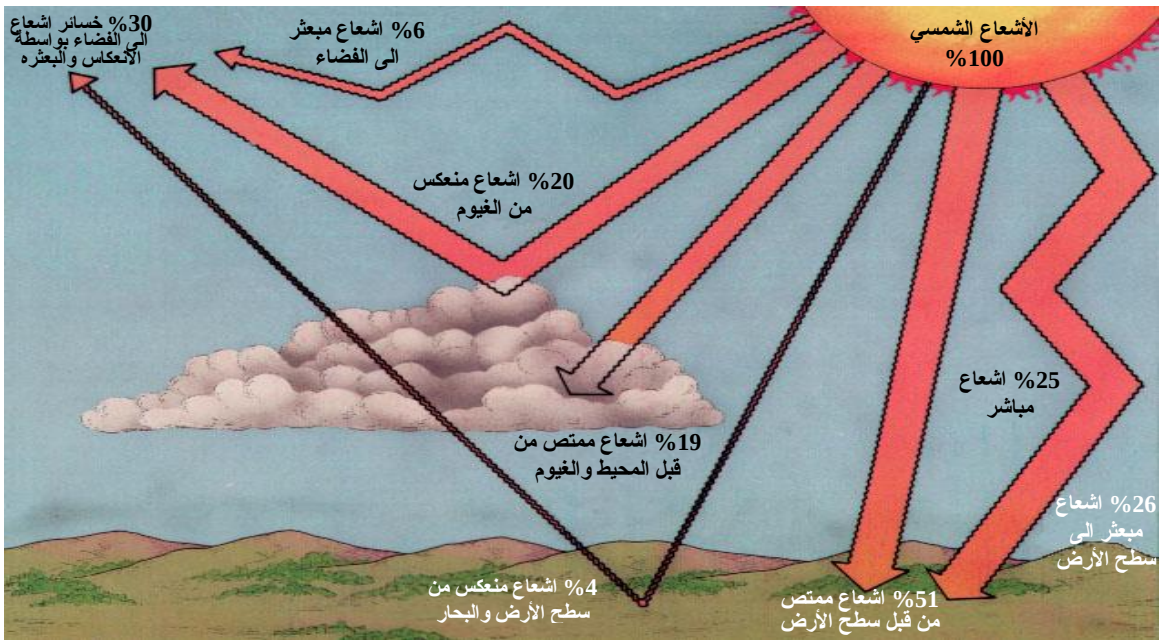
تعتبر الطاقة الواردة إلينا من الشمس من أهم أنواع الطاقات التي يمكن للإنسان استغلالها ، فهي طاقة دائمة لا ينتج عن استخدامها غازات أو نواتج ثانوية ضارة بالبيئة مقارنة بمصادر أخرى ، ولا تترك مخلفات على درجة من الخطورة مثل النفايات المشعة التي تتخلف عن استعمال الطاقة النووية .

وفكرة استخدام الطاقة الشمسية في التسخين أو في تحريك الآلات ليست جديدة على الإطلاق. ويحدثنا التاريخ بأن أرخميدس الذي عاش في القرن الثالث قبل الميلاد قد استخدم أشعة الشمس في إحراق بعض سفن العدو في إحدى المعارك الحربية ، ومن المعتقد أنه استخدم بعض المرايا لتركيز أشعة الشمس على صواري هذه السفن .

لقد أصبحت للطاقة الشمسية مكانتها اللائقة بين المصادر الأخرى الطاقة في الوقت الحاضر، واعتمدت ميزانيات كبيرة في أغلب الدول لاستغلال هذه الطاقة، كما تعددت الطرق المقترحة للاستفادة منها مثل استخدام المرايا العاكسة لتجميع ضوء الشمس أو ابتكار طرق لتجميع حرارة الشمس وامتصاصها أو تحويل ضوء الشمس إلى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الشمسية وغيرها من الاستخدامات .

3-2 طبيعة الإشعاع الشمسي :

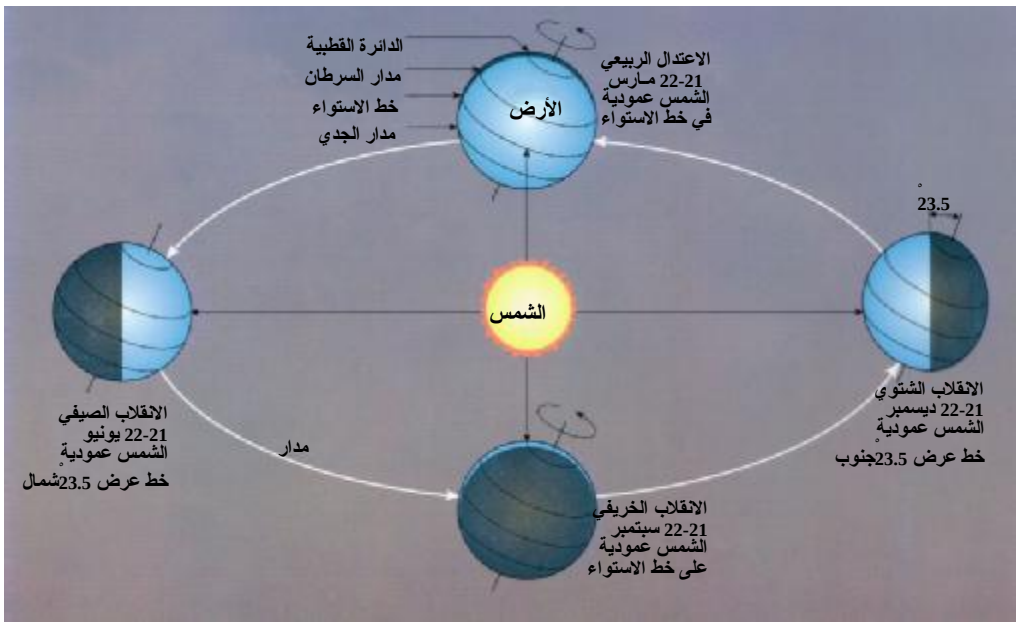
الشمس هي مصدر الحياة على كوكب الأرض ، وهي عبارة عن كرة غازية يبلغ قطرها 696 مليون متر، وكتلتها حوالي $2x10^{29}$ طن، ودرجة حرارة سطحها حوالي 6000 درجة مئوية. ومكوناتها الأساسية هي غاز الهيدروجين (حوالي75 %) وغاز الهليوم (حوالي 25%) ، بالإضافة إلى كميات ضئيلة من بعض العناصر الأخرى كالحديد والسليكون والنيون والكربون . وتتولد الطاقة الشمسية نتيجة التحول المستمر لكل أربع ذرات من الهيدروجين إلى ذرة واحدة من الهليوم في تفاعل اندماجي نووي . ولما كانت كتلة ذرة الهليوم الناتجة من التفاعل أقل من مجموع كتل ذرات الهيدروجين الداخلة فيه فإن فرق الكتلة هذا يتحول إلى ضوء وحرارة تنتقل على هيئة أشعة يبلغ معدل انبعاثها 3.8×10^{23} كيلو واط . وتشع هذه الكمية في جميع الاتجاهات ، ولا يصل منها إلاّ مقدار ضئيل يتناسب مع مساحة الأرض ومع المسافة بين الأرض والشمس . وترسل الشمس أشعتها على شكل تيار من الجسيمات تدعى "الفوتونات". وتنطلق الأشعة الشمسية على شكل حزم موجيّة متوازية مختلفة الأطوال . ومن هذه الأشعة المرئي وغير المرئي. فالإشعاع المرئي له أطوال موجية بين 0.35 و 0.75 ميكرومتر ، والأشعة تحت الحمراء (غير مرئية) من 0.75 إلى 100 ميكرومتر، والأشعة الراديوية (غير مرئية) أكثر من 100 ميكرومتر . أما الأشعة التي يقلّ طولها الموجي عن طول أمواج الضوء المرئي (ذات طاقة أكبر) فتسمى بالأشعة فوق البنفسجية ، والأشعة السينية ، وأشعة غاما ، والأشعة الكونية . وعلى الرغم من أن الإشعاع الشمسي الساقط على الغلاف الجوي يتكون من مدى عريض من الحزم الموجية إلاّ أن ما يقارب 98 % منه يتكون من ثلاثة أنواع من الأشعة هي : الأشعة البنفسجية (8%) ، والأشعة المرئية (47%) والأشعة تحت الحمراء (43%) . لذا فإن أعلى شدة للإشعاع الشمسي تقع في مدى الضوء المرئي . وتبلغ قيمة معدل الإشعاع الشمسي الساقط على المحيط الخارجي للأرض 1367 واط لكل متر مربع وهو ما يُعرف **"بالثابت الشمسي"** ، ويتعرض أثناء مساره خلال الغلاف الجوي إلى سطح الأرض إلى حالات من الانتشار والامتصاص من قِبل مكونات الغلاف الغازي المحيط بالكرة الأرضية أذ تعمل هذه المكونات ، ومنها الغازات المختلفة وذرات الغبار والماء العالقة بالهواء ، على امتصاص وانكسار جزء من الأشعة الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض. ويبين الشكل (2-1) النسب المئوية لتوزيع الإشعاع الشمسي .



شكل (2-1): النسب المئوية لتوزيع الإشعاع الشمسي

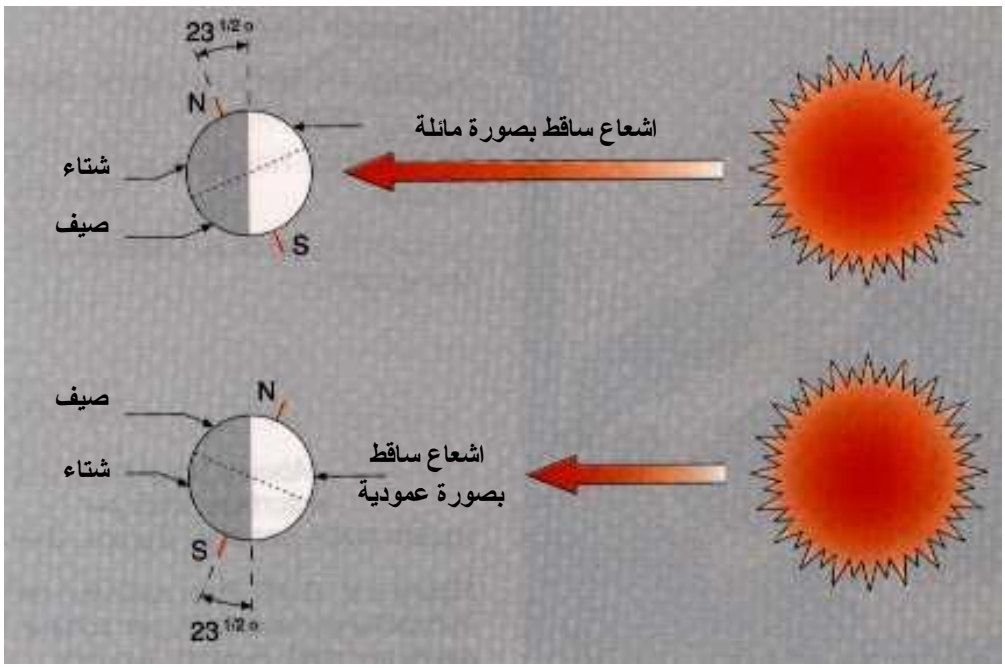
إن الوطن العربي يستلم – بفضل الله تعالى - أعلى قيم من الإشعاع الشمسي في العالم، أذ تسطع الشمس خلال العام قرابة 3300 ساعة في جميع أنحائه وبهذا تكون الدول العربية أكثر دول العالم تأهيلاً لاستغلال هذا المصدر الدائم النظيف الخصب .

إن الأرض تكمل دورة كاملة حول الشمس في 365 يوماً (سنة واحدة)، وينتج عن ذلك الفصول الأربعة (الشتاء ، والربيع ، والصيف ، والخريف). وخلال دورانها حول الشمس فإنها تدور حول محورها الذي يميل على محور مدارها حول الشمس بزاوية مقدارها 23^0 درجة كلّ 45 دقيقة لتكمل الدورة في 24 ساعة تقريباً، وينتج عنها تعاقب الليل والنهار. ويبين الشكل (2-2) العلاقة بين الشمس والأرض .



شكل (2-2): العلاقة بين الشمس والأرض

قد يتبادر إلى الذهن السؤال التالي: إذا كان الإشعاع الشمسي المنبعث ثابتاً فلماذا نستقبل إشعاعاً أكثر في الصيف ؟ والجواب عن ذلك هو أنه في شهر يونيو (حزيران) يكون القطب الشمالي للأرض مواجهاً للشمس ، وبهذا تنطلق الأشعة الشمسية إلى الجزء الشمالي من الكرة الأرضية بصورة عمودية . أما في شهر ديسمبر (كانون الأوّل) فإن القطب الشمالي ينحرف بعيداً عن الشمس ، وتسقط الأشعة الشمسية بصورة منحرفة وغير مباشرة باعثة أقل كثافة من الطاقة (تعرف كثافة الطاقة بأنها مقدار الكيلوواط – ساعة من الطاقة الساقطة على المتر المربع من سطح الأرض في زمن معين) ، ويمكن ملاحظة ذلك في الشكل (3-2). وهنالك عامل آخر يجب ملاحظته وهو أنه كلّما قل ارتفاع الشمس في السماء – بالنسبة إلى الراصد على الأرض – فإن الإشعاع يمر بطريق أطول خلال محيط الأرض ، وبذلك يزداد احتمال تبعثر الإشعاع ورجوعه إلى الفضاء مرةً أخرى . وعندما تكون الشمس بزاوية مقدارها 60 درجة من الوضع العمودي (سمت الرأس) فإن كثافة الطاقة التي تصل إلى الأرض تقل إلى الربع عن قيمتها عندما تكون عمودية .



شكل (2-3): ميلان محور الأرض وحلول فصلي الصيف والشتاء

4-2 الإشعاع الشمسي المباشر والمنتشر (Direct & Diffuse Solar Radiation)

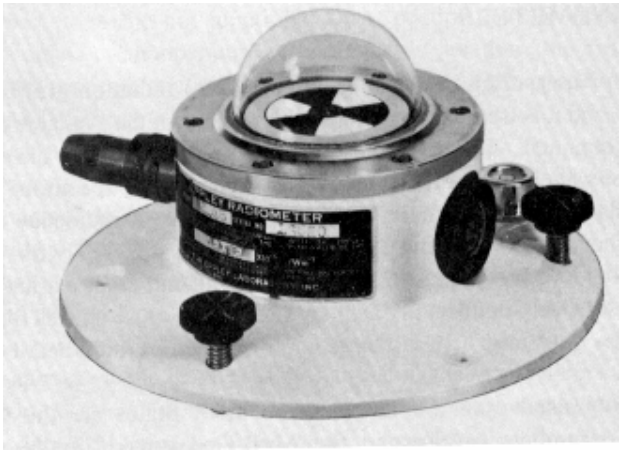
عندما تصل الأشعة الشمسية إلى الغلاف الجوي للأرض فإن قسماً من الإشعاع ينتشر، وكمية الإشعاع الشمسي المنتشر (diffuse radiation) تعتمد على كمية الغيوم الموجودة في الجو ، ويصل قسم منه إلى الأرض في كل الاتجاهات، وبدونه تبدو السماء سوداء

اللون . وعند شروق الشمس فإن قسماً من الإشعاع الضوئي يصل إلى الأرض من السماء على شكل خطوط مستقيمة ويسمى بالإشعاع المباشر (direct radiation) ، وهو الذي يرمي ظلاً على الأجسام . ومجموع الإشعاعين المباشر والمنتشر يسمّى الإشعاع الشمسي الكلي (Total Solar Radiation) . ففي الأيام الصافية يمكن أن تصل كثافة طاقة الإشعاع الشمسي إلى كيلوواط واحد على المتر المربع ($1kw \bullet m^{-2}$) . وتستقبل معظم الدول العربية كثافة إشعاع تقارب هذه القيمة لكونها تتمتع بجو صافٍ خالٍ من الغيوم معظم أيام السنة .

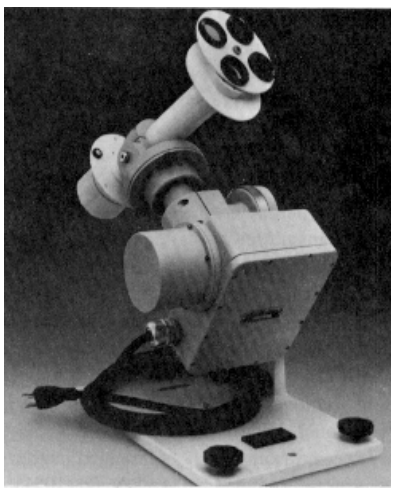
كلا النوعين من الإشعاع (المباشر والمنتشر) يمكن الاستفادة منه في التطبيقات الحرارية ، ولكن الإشعاع المباشر هو الوحيد الذي يمكن الاستفادة منه في المنظومات التي تعمل بدرجات حرارية عالية والمستخدمة حالياً في توليد الطاقة الكهربائية .

5-2 قياس الإشعاع الشمسي

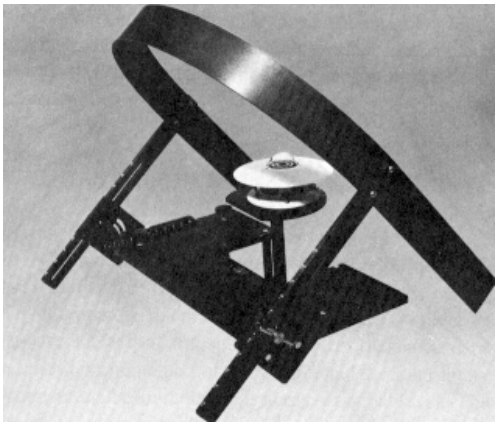
يقاس الإشعاع الشمسي الكلي بجهاز يدعى البايرونوميتر (Pyranometer) وهو عبارة عن جهاز يقيس الإشعاع من القبة السماوية (180 درجة) حيث يوضع على سطح مستوٍ ومرتفع عن سطح الأرض. ويقاس الإشعاع المباشر (العمودي) بجهاز يدعى البايروهليوميتر (Pyrhliometer) ، وهو جهاز شبيه بالمنظار الفلكي (التلسكوب) ، يوضع على جهاز يتبع الشمس في حركتها خلال اليوم . أما الإشعاع المنتشر فيقاس بنفس جهاز قياس الإشعاع الكلي بعد حجز الإشعاع المباشر عن عنصر القياس وذلك بواسطة تركيب شريط مقسم على شكل قوس لتوليد الظل على جهاز البايرونوميتر. وتوضح الأشكال (4a,4b,4c-2) هذه الأجهزة .



شكل (4a-2): جهاز قياس شده الإشعاع المباشر



شكل (4b-2): جهاز قياس شده الإشعاع الكلي



شكل (2-4c): جهاز قياس شده الإشعاع المنتشر

تساؤل :

إذا كان الإشعاع الشمسي المنبعث من سطح الشمس ثابتاً فلماذا يوجد فرق مقداره نسبة 2 :1 بين الإشعاع الكلي الواصل إلى المنطقة العربية والإشعاع الكلي الواصل إلى شمال أوربا ؟

هناك ثلاثة أسباب لذلك :

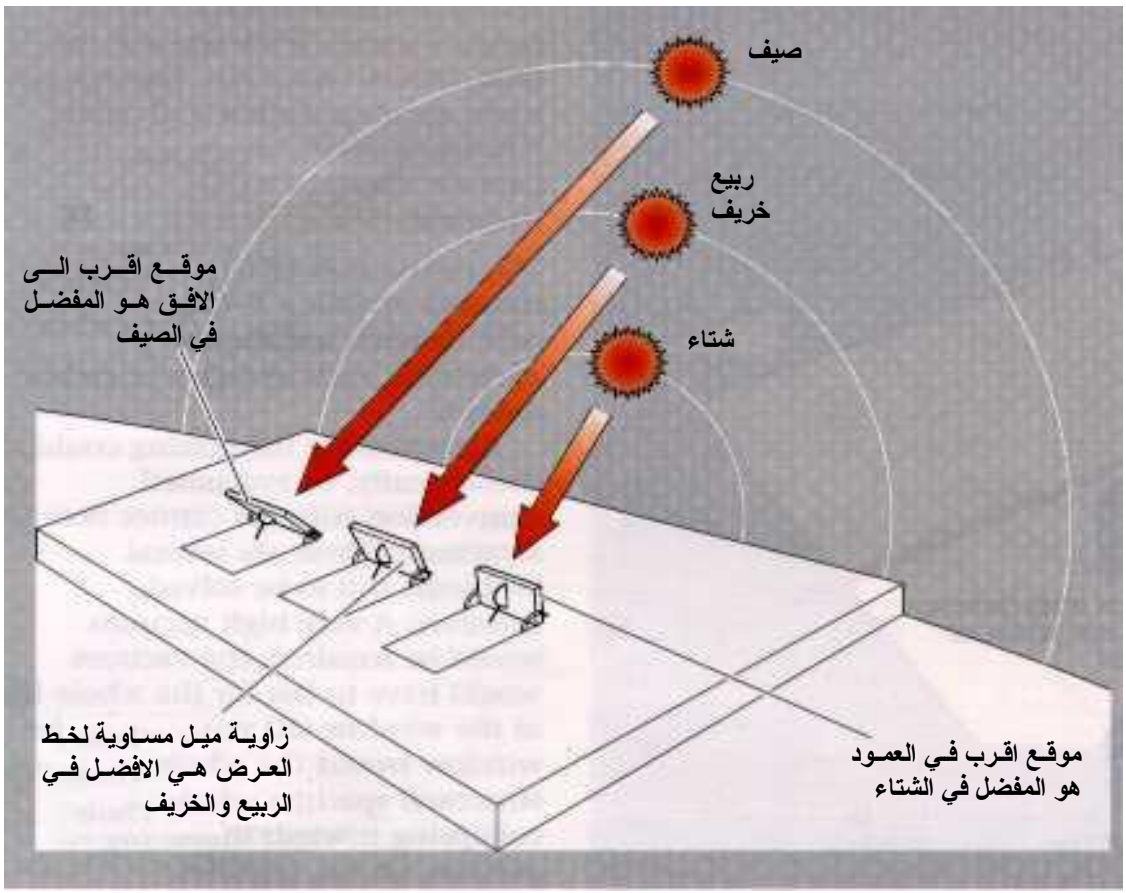
1 - منطقة شمال أوربا تستلم إشعاعاً شمسيّاً بزاوية منحرفة ، وموقع الشمس يكون أوطأ في السماء (الشمس تكون أكثر بعداً عن المنطقة) مقارنة بموقعها في المنطقة العربية (الشمس تكون أقرب إلى للمنطقة العربية مقارنة بالأوروبية) وبذلك يتوزع الإشعاع الشمسي على رقعة كبيرة .

2 - عندما تكون الشمس على ارتفاع منخفض فإن ذلك يعني أن الشعاع يقطع مسافة طويلة وبذلك يزداد تبعثره .

3 - السماء في شمال أوربا تكون ملبدة بالغيوم معظم الأوقات ، وبذلك يتم انعكاس كمية كبيرة من الإشعاع الشمسي إلى الفضاء ولا يصل إلى أراضي هذه المنطقة إلاَ القليل .

6-2 زاوية الميل والاتجاه

لجمع أكبر كمية من الإشعاع الشمسي يجب أن يتم توجيه السطح الشمسي باتجاه الشمس. وتعتمد الدرجة التي يميل فيها السطح الشمسي عن الأفق على خط العرض للمنطقة والوقت خلال أيام السنة . فإذا تم توجيه السطح الشمسي بزاوية مساوية لخط العرض فإن الإشعاع الشمسي يكون عمودياً وسط النهار (عند الظهيرة) خلال شهري مارس وسبتمبر (عند الاعتدال الربيعي والاعتدال الخريفي على التوالي) . ولجمع أكبر إشعاع ممكن خلال فصل الصيف يجب أن يتم توجيه السطح الشمسي باتجاه المستوى الأفقي بينما يتم توجيهه باتجاه المستوى العمودي خلال فصل الشتاء كما هو موضح بالشكل (2-5) . عادة يتم نصب السطوح بزاوية مقدارها خط عرض الموقع مطروحاً منها عشرة (خط العرض– 10^0) وذلك خلال فصل الصيف. أما خلال فصل الشتاء فإن السطوح تنصب لتكون زاوية ميلانها مساويةً لخط الأرض مضافاً إليها عشرة (خط العرض +10^0). أما اتجاه الأسطح الشمسية فيجب أن يكون باتجاه الجنوب دائماً.



شكل (2-5): اختيار الميل الأفضل للفصول المختلفة

مثـــال :

تصل الطاقة الشمسية على سطح الأرض بمعدل 1.4 كيلوواط على المتر المربع لسطح عمودي على اتجاه الشمس . إذا كان معدل نصف قطر مدار الأرض $1.5 \text{ X } 10^{11}$ متر ونصف قطر الشمس هو $7 \text{ X } 10^{8}$ متر . احسب :

١ - درجة حرارة سطح الشمس مع اعتبار الشمس تشع كجسم أسود .

٢ - مقدار الكتلة التي تتسرب من الشمس في الثانية الواحدة .

الحـــل :

الطاقة التي تشعها الشمس تعادل الطاقة الواصلة من كرةٍ نصف قطرها يساوي نصف قطر مدار الأرض :

$$P/A \text{ X } A = P$$

$$= P/A \text{ X } r^2 \text{ X } \pi \text{ X } 4$$

$$= 4 \text{ X } \pi \text{ X } (1.5 \text{ X } 10^{11})^2 \text{ m}^2 \text{ X } 1.4 \text{ X } 10^3 \frac{\text{واط}}{\text{م}^2}$$

$$= 3.96 \text{ X } 10^{26} \text{ واط}$$

الإشعاع الشمسي المنبعث من الشمس يعادل الطاقة المشعة على مساحة سطح الشمس :

$$R = \frac{\text{الطاقـــة المنبعثـــة}}{\text{مساحة سطح الشمس}} = \frac{3.96 \text{ X } 10^{26}}{(7 \text{ X } 10^{8})\text{X}\pi\text{X}4} = 6.43 \text{ X } 10^{7} \frac{\text{واط}}{\text{م}^2}$$

ولكن $R = \epsilon \sigma T^4$ (من معادلة ستيفان – بولتزمن)

σ = معامل ستيفان بولتزمن ويساوي $5.67 \text{ X } 10^{-8} \frac{\text{واط}}{\text{م}^2 . \text{k}^4}$

ϵ = 1 لجسم أسود

وعليه $T = \left(\frac{R}{\epsilon \sigma} \right)^{\frac{1}{4}}$

$$= \left(\frac{6.43 \text{ X } 10^{7}}{(1)\ (5.67 \text{ X } 10^{-8})} \right)^{\frac{1}{4}} \text{ K}^{o}$$

لحساب مقدار الكتلة التي تتسرب من الشمس ويمكن استخدام علاقة انشتاين كما يلي :

الكتلة التي تخسرها الشمس = $\frac{\text{الطاقة المنبعثة من الشمس}}{\text{مربع سرعة الضوء}}$

$$= \frac{3.96 \times 10^{76} \text{ جول/ثانية}}{(3 \times 10^{8} \text{ م/ثانية})^2}$$

$$= 4.4 \times 10^{9} \text{ كغ/ثانية}$$

وبما أن كتلة الشمس تعادل 2×10^{29}كغ، فإنّ الكتلة التي تخسرها الشمس قليلة جداً ولا يوجد خطر من نقصان هذه المادة على المدى المنظور .

7-2 طرق انتقال الحرارة :

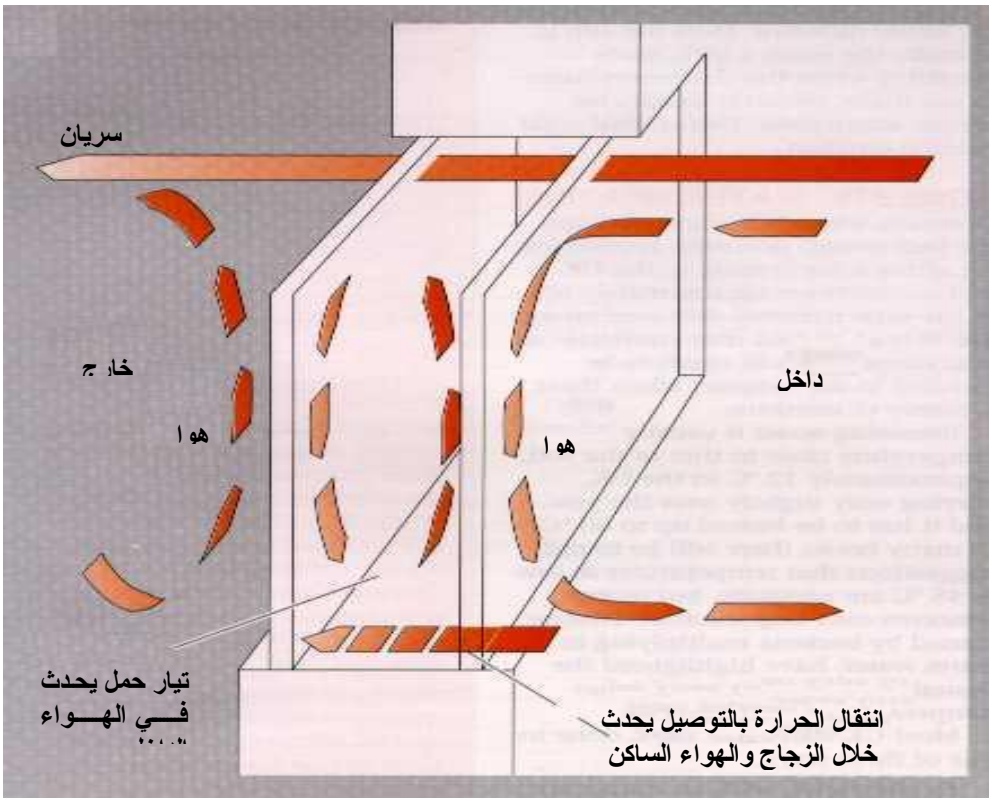
تنتقل الحرارة بواسطة ثلاث طرق هي : التوصيل ، والحمل ، والإشعاع . وسيتم التطرق بشكل مختصر ومبسط إلى هذه الطرق .

انتقال الحرارة بالتوصيل

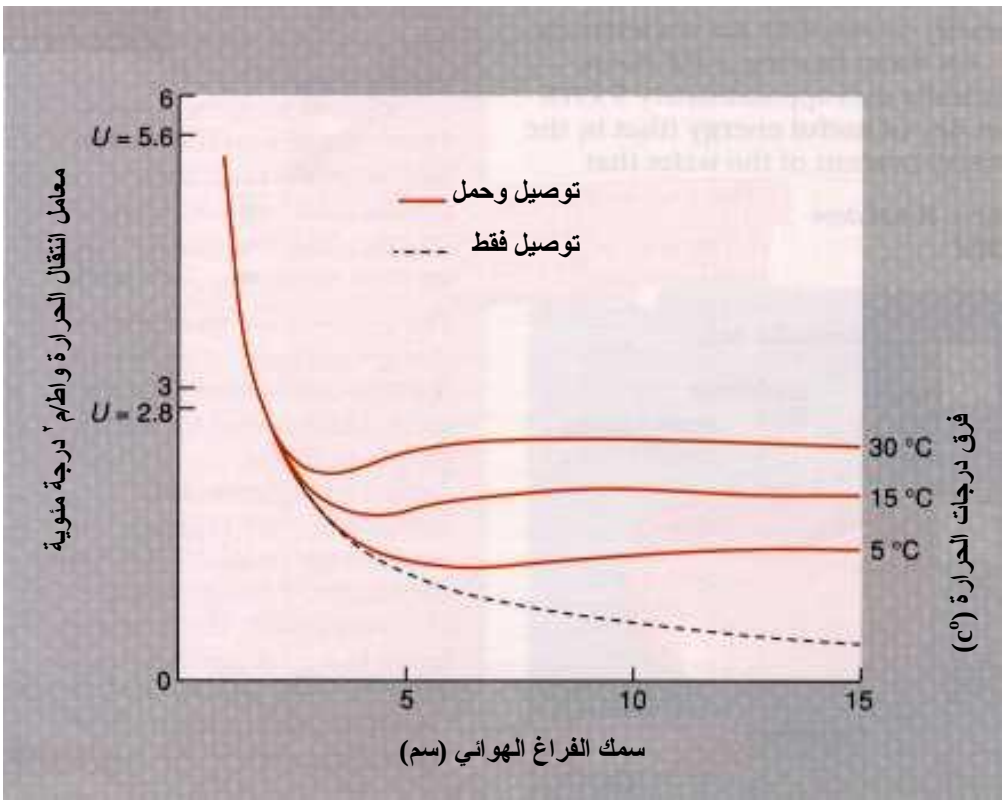
عند امتصاص الإشعاع الشمسي من قِبل جسم معتم فإن الطاقة تتوزع خلاله بواسطة التوصيل بين جزيئاته . ويتناسب الانتقال الحراري بين الجزيئات مع معامل التوصيل الحراري للمادة وفرق درجة الحرارة بين أطرافه . فالمعادن عامة لها قابلية توصيل عالية، لذا فإن لها القدرة على نقل كمية حرارة عالية حتى عند فرق درجات حرارية قليلة . أما العوازل فإنها تحتاج إلى فرق درجات حرارية عالية لنقل كمية قليلة من الحرارة . ويعتبر الهواء من المواد العازلة الجيدة ، ولهذا فإن معظم العوازل الجيدة تحتوي على طبقة من الهواء محصورة بين طبقتين من مادة .

انتقال الحرارة بواسطة الحمل

تنتقل الحرارة بين الموائع (غاز أو سائل) بواسطة عملية الحمل . وتنتقل الطاقة إلى جزيئات المائع الذي ينتقل من مكان إلى آخر حاملاً معه الطاقة . ونتيجة تسخين المائع فإنّه يتمدد مولداً تياراً يُعرف بالحمل الطبيعي . إن انتقال الحرارة بواسطة الحمل هو أحد طرق انتقال الحرارة عبر نوافذ المنازل إلى المحيط الخارجي كما هو موضح بالشكل (6a,6b-2) . وانتقال الحرارة يحدث بين الهواء والزجاج على السطحين الخارجي. والداخلي وفي حالة النوافذ المزدوجة يحدث انتقال للحرارة في الهواء داخل الفراغ بين طبقتي الزجاج .



شكل (2-6a): انتقال الحرارة من الشبابيك ذات الزجاج المزدوج



شكل (2-6b): تغيّر كمية الفقد الحراري مع تغيّر سمك العازل الهوائي في الشبابيك ذات الزجاج المزدوج

مثـــال :

ما هو أفضل سُمك للفراغ الهوائي في النوافذ المزدوجة (نوافذ لها سطحان متوازيان من الزجاج بينهما طبقة هواء) من ناحية تقليل انتقال الحرارة .

الحـــل :

إذا كان سُمك الزجاج قليلا جداً فإن انتقال الحرارة بواسطة الحمل يكون صعباً ، ولكن الانتقال بواسطة التوصيل يكون عالياً وذلك لتقارب جزيئات الهواء . أما إذا كان سُمك الزجاج كبير فإن تيارات الحمل تكون عالية. وقد ثبت بواسطة التجارب أن أقل انتقال للحرارة يحدث عندما يكون سمك الفراغ الهوائي بين 10 و 15 سم . يمكن أيضاً تقليل انتقال الحرارة بواسطة الحمل باستخدام غازات ثقيلة في الفراغ بين طبقتي الزجاج ومن هذه الغازات الأرجون وثاني أكسيد الكربون . ويمكن أيضاً تفريغ المسافة بين طبقتي الزجاج. من الهواء (أي يكون هناك فراغ) لتقليل انتقال الحرارة وذلك لأن تيارات الحمل لا يمكن أن تنتقل خلال الفراغ (Vacuum) ، ولكن ذلك يحتاج إلى دقة عالية في صنع هيكل النافذة لمنع دخول الهواء من المحيط الخارجي إلى الفراغ .

2-7-3 انتقال الحرارة بواسطة الإشعاع

تنتقل الطاقة الحرارية بواسطة الإشعاع من جسم إلى آخر وذلك بواسطة اختلاف درجات الحرارة . فكمية الحرارة المتنقلة تعتمد على درجة حرارة الجسم المشع، والمسافة بين الجسمين . فالسقف مثلاً يمكن أن يشع حرارة إلى المحيط الخارجي ، وكمية الحرارة تعتمد على درجة حرارته وشدة انبعاثية المادة التي يتكون منها هذا السطح . فمعظم المواد المستخدمة في المباني لها معامل انبعاث عالٍ يصل إلى 90% أي أنه يمكن أن يشع 90% من الحرارة التي يكتسبها بدرجة معينة . فإذا كان الفصل صيفاً ، فإن السقف يشع حرارته إلى داخل الغرف المكيفة بالمنزل ، وإذا كان الفصل شتاءً فإن السقف يشع دفء الغرف إلى الخارج عن طريق السقف .

ولبعض السطوح قابلية انبعاث قليلة أذ تستخدم الآن طبقات من المواد القليلة الابتعاثية داخل النوافذ المزدوجة ، وذلك لتقليل خسائر فقد الطاقة الحرارية من الطبقة الداخلية للزجاج إلى الطبقة الخارجية عبر الفراغ الهوائي إلى المحيط الخارجي . ويطلق على معامل الانتقال الحراري الكلي خلال جزء معين من الأبنية ، والذي يتضمّن خليطاً من

انتقال الحرارة بواسطة التوصيل والحمل والإشعاع ، **بالمعامل الكلي لانتقال الحرارة (U)** ، وهو يعرف فيزيائياً على أنه كمية الحرارة المفقودة من مساحة معينة بدرجة حرارة معينة (واط/متر^2 درجة مئوية W/m^2-c) . ويتضمن الجدول (2-1) قيماً للمعامل الكلي لانتقال الحرارة لأنواع مختلفة من النوافذ .

جدول (2-1) : المعامل الكلي لانتقال الحرارة لأنواع مختلفة من النوافذ

نوع النافذة	المعامل الكلي ($Wm^{-2}\,{}^0C^{-1}$)
نافذة ذات طبقة زجاج أحادية	6
نافذة ذات طبقتين من الزجاج مع طلاء قليل الابتعاثية	1.8
نافذة ذات طبقتين من الزجاج مع وجود غاز ثقيل	1.5
نافذة ذات طبقتين من الزجاج مع ثلاث طبقات بلاستيكية وغاز ثقيل	0.35

8-2 استخدام الطاقة الشمسية في التكييف وتسخين المياه

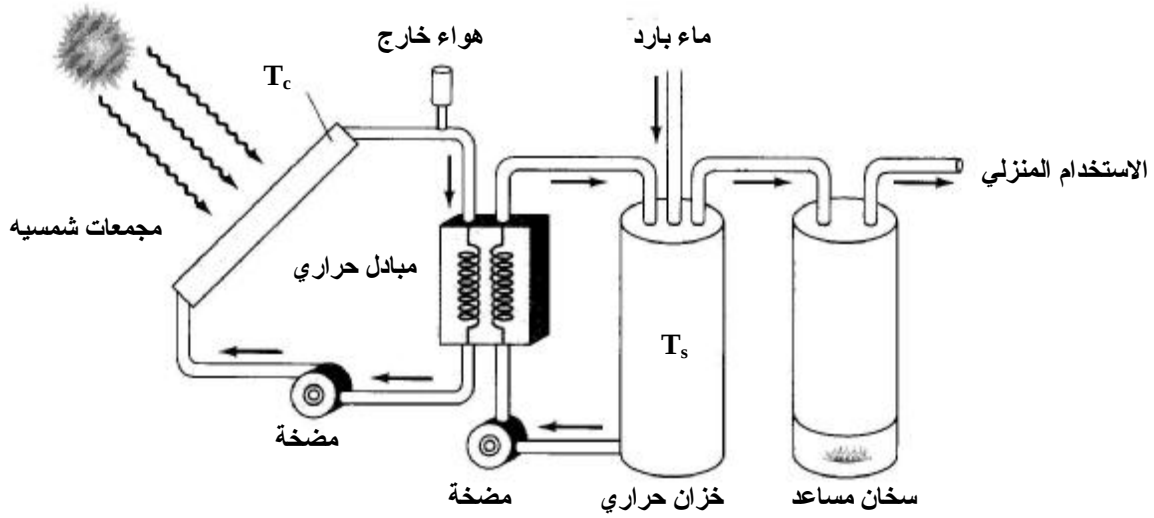
يتم حالياً استخدام الطاقة الشمسية في مجالات تسخين المياه والتدفئة والتبريد وتوليد البخار المستخدم في أغراض توليد الطاقة الكهربائية .

1-8-2 تسخين المياه

استخدام الطاقة الشمسية في تسخين المياه معروف منذ مدة طويلة. وقد زاد الاهتمام بتطوير منظومات التسخين منذ بداية القرن الحالي نتيجة الحاجة إليها في مناطق بعيدة عن مصادر الطاقة التقليدية. ومع الزمن زاد الاهتمام بالسخان الشمسي الذي يعتبر من أفضل تطبيقات الطاقة الشمسية في الوقت الحاضر، وذلك لسهولة صنعه وقلة تكاليفه . وقد انتشر استخدامه بصورة واسعة في العقود الماضية في مختلف بلدان العالم ومنها بعض الدول العربية .

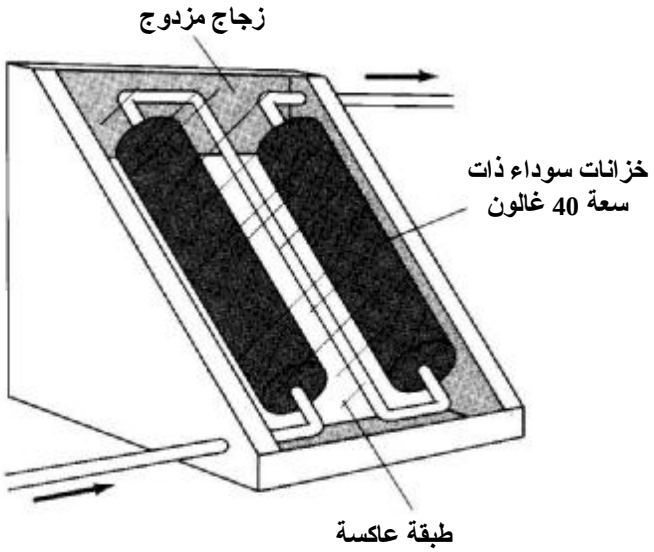
يمكن تقسيم منظومات تسخين المياه للأغراض المنزلية إلى ثلاثة أقسام:

- منظومة فعالة تتكون من مجمعات شمسية ومبادل حراري وخزان ماء حار بالإضافة إلى بعض المضخات اللازمة لتدوير الماء في المنظومة . ويوضح الشكل (2-7) نموذج هذه المنظومة .



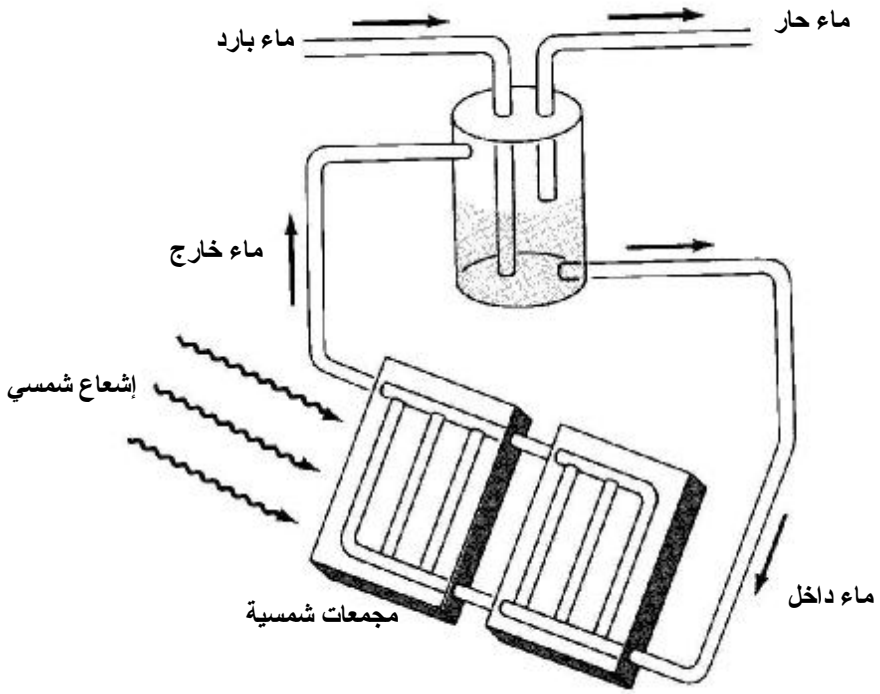
شكل (2-7): منظومة تسخين ماء فعّالة

- منظومة تسخين على شكل صندوق حراري تتكون من خزان مصبوغ بلون أسود وموضوع داخل صندوق معزول من الجوانب ومن أسفل سطحه العلوي مغّطى بطبقة من الزجاج . وعند الحاجة إلى ماء ساخن يتم فتح الصمام فيمر الماء البارد في الخزان الذي يقوم بتسخينه نتيجة امتصاص الأشعة الشمسية الساقطة على المجمع الشمسي . والماء الخارج من هذه المنظومة يحتاج عادة إلى المرور بسخان كهربائي مساعد لتسخينه إلى الدرجة المطلوبة . الشكل (2-8) يوضح منظومة من هذا النوع تحتوي على خزانين حراريين ويمكنها أن توفر الماء الساخن لعائلة ذات أربعة أشخاص .



شكل (2-8): منظومة تسخين ماء على شكل صندوق حراري

- منظومة تعمل بالدوران الطبيعي ، ويسري فيها الماء من المجمعات إلى الخزان نتيجة لاختلاف الكثافة . فعند امتصاص الإشعاع الشمسي من قِبل اللوح الماص في المجمع الشمسي ترتفع درجة حرارة الماء الموجود فيه وتقل كثافته فيرتفع إلى الخزان ويحل محله ماء بارد من أسفل الخزان، وهكذا يتم تسخين الماء ويمكن أن تصل درجة حرارة الماء في الخزان إلى أكثر من 60 درجة مئوية في يوم مشمس . ويبين الشكل (2-9) نموذجاً لهذه المنظومة .



شكل (2-9): منظومة تسخين ماء تعمل بالدوران الطبيعي

2-8-2 المجمعات الشمسية

تتكون المجمعات الشمسية من لوح ماص على شكل صفيحة خفيفة سوداء اللون ذات قابلية امتصاص عالية وتقوم بامتصاص الأشعة الشمسية . فالمائع الذي يكون عادة ماء أو هواء يكون بحالة تماس مع الصفيحة ، ويتم تدويره إما بطريقة الدوران الطبيعي أو بواسطة مضخة أو دافعة هواء لاستخراج الحرارة . يتم تغطية اللوح الماص بطبقة أو طبقتين من الزجاج لتقليل الخسائر الحرارية بواسطة الحمل والإشعاع . ويقوم الزجاج بعملين في المجمع هما منع خروج الإشعاع المنعكس من اللوح الماص ومنع حدوث الخسائر الحرارية بواسطة الحمل . ويسمح الزجاج لحوالي 90% من الأشعة الشمسية ذات الموجات القصيرة بالدخول إلى اللوح الماص بينما يمنع خروج الإشعاع ذي الموجة

الطويلة (الأشعة الحرارية المسئولة عن تسخين الماء) المنعكس من اللوح الماص . ويوضح الشكل (2-10) بعض هذه التصاميم . بالنسبة للمجمعات الشمسية المائية يجب أن يتم لحم الأنابيب التي يمر فيها الماء باللوح الماص أو تكون جزءاً من اللوح الماص. ومن المهم جداً أن تكون الأنابيب ملتصقة تماماً باللوح الماص . إن نوع مادة اللوح الماص لها تأثير على التبادل الحراري مع الماء . والمعادن المستخدمة في هذا المجال هي النحاس والألمنيوم والحديد . ويوضح الشكل أيضاً بعض المجمعات الشمسية الهوائية. ولكون الهواء ذا قابلية تبادل حراري أقل من الماء فإنه يجب أن تكون مساحة تماسه مع اللوح الماص أكبر للحصول على كمية حرارة مناسبة .

تعرف كفاءة المجمعات الشمسية بما يلي :

$$\text{الكفاءة} = \frac{\text{كمية الحرارة المفيدة}}{\text{كمية الإشعاع الشمسي الساقط}} \times 100\%$$

والمتغيرات التي تؤثر على كفاءة المجمع الشمسي هي :

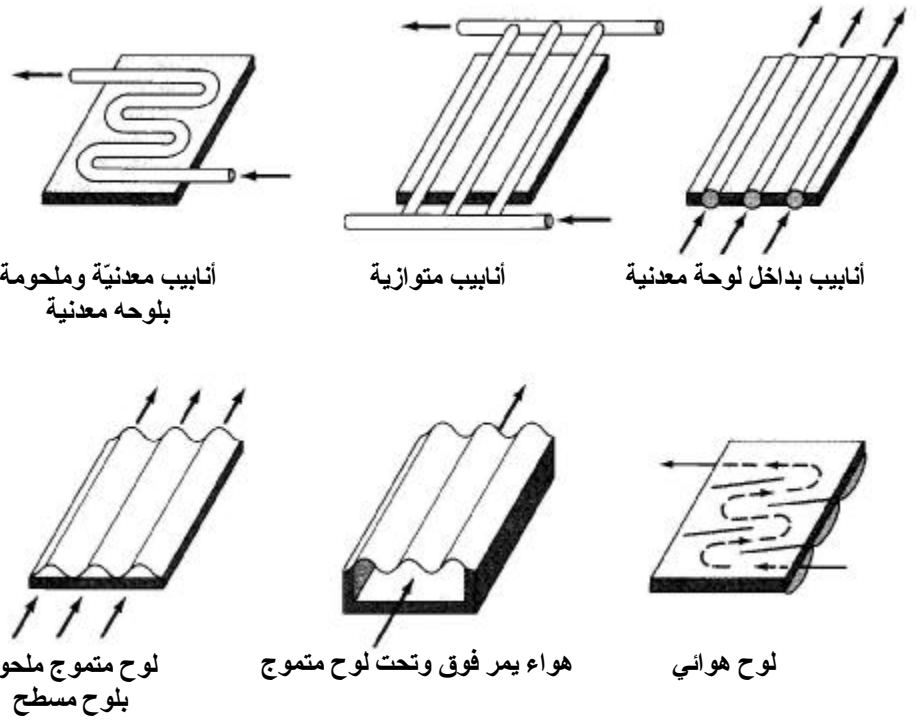
1 - درجة حرارة المائع الداخل .

2 - درجة الحرارة الخارجية للمحيط .

3 - كمية الإشعاع الشمسي .

4 - عدد ونوع الغطاء الزجاجي .

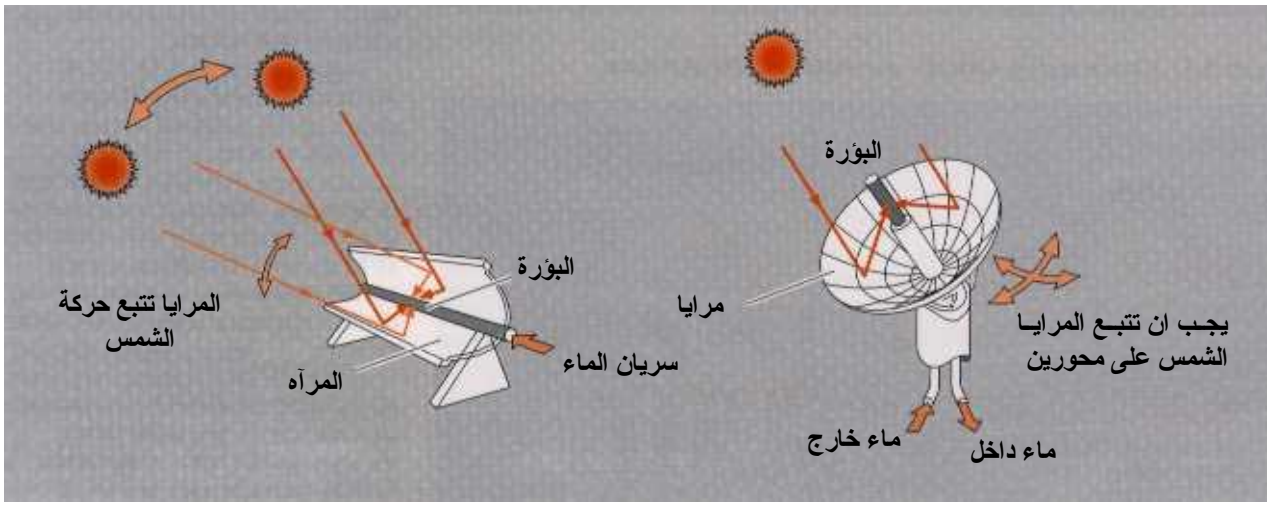
5 - مواصفات اللوح الماص .



شكل (2-10): أنواع مختلفة من المجمعات الشمسية

تجدر الإشارة إلى أن المجمعات الشمسية يجب أن توجه نحو الجنوب دائماً. وللحصول على أعلى حرارة مكتسبة يجب أن تكون الأشعة الشمسية عمودية على سطح المجمع الشمسي قدر الإمكان . ونظراً إلى أنّ الشمس على ارتفاع منخفض في السماء في فصل الشتاء فإن المجمعات الشمسية يجب أن تكون بدرجة ميل كبيرة للحصول على أعلى إشعاع شمسي ساقط عليها . وبصورة عامة يجب أن تكون زاوية ميل المجمعات الشمسية في فصل الشتاء تعادل مقدار زاوية خط العرض مضافاً إليها 10 درجات (خط العرض + 10^0). أما في فصل الصيف فيجب أن تكون زاوية الميل مساوية لمقدار زاوية خط العرض مطروحاً منها 10 درجات (خط العرض -10^0) .

وللحصول على درجات حرارية عالية يجب استخدام المجمعات الشمسية المركزة إذ يتم تجميع الأشعة الشمسية في نقطة معينة بواسطة مرايا أو عدسات الشكل (2-11) . وفي هذه الحالة يجب أن تكون المنظومة متعقبة لحركة الشمس (Tracking The Sun) ، ويتم عادة وضع اللوح الماص في هذه المنظومات داخل منطقة مفرغة من الهواء لتقليل الخسائر بواسطة التوصيل والحمل . والمركزات الشمسية مكلفة وتستخدم في أغراض التدفئة أو تستخدم في معظم الأحيان في توليد البخار لأغراض إنتاج الطاقة الكهربائية إذ يقوم البخار بتدوير عنفة (توربين) ومولد كهربائي .



شكل (2-11): مجمعات شمسيه مركزه تتعقب حركة الشمس

مثال (1)

ما هي مساحة المجمعات الشمسية اللازمة لتزويد منزل بالماء الحار لمدة يوم كامل إذا كانت كمية الحرارة المطلوبة 6000 واط بالساعة بافتراض أن كمية الإشعاع الشمسي الساقط كان 4960 واط في اليوم الواحد/م^2 وأن كفاءة المجمعات الشمسية كانت 50%؟

الحـــلّ :

كمية الحرارة = كمية الإشعاع X كفاءة المجمعات X المساحة

$$\frac{\text{6000 واط}}{\text{ساعة}} \times \frac{\text{24 ساعة}}{\text{يوم}} = \frac{\text{4960 واط}}{\text{م}^2\text{. يوم}} \times 0.5 \times \text{المساحة}$$

$$\therefore \text{المساحة} = \frac{24 \times 6000}{0.5 \times 4960} = 58 \text{ م}^2$$

مثال (2)

في عام 1912 تمكن المهندس الأمريكي فرانك شومان من نصب وتشغيل محطة شمسية كبيرة في القاهرة بجمهورية مصر العربية، وكانت وظيفتها تزويد المنطقة بمياه الري من النيل . استخدم المهندس مجمعاً على شكل قطع أسطواني مكافئ (Parabolic Collector) لكي يركز أشعة الشمس ويجمعها على أنبوب أسود من المعدن لتوليد البخار. كانت قدرة النظام 50 كيلوواط ومساحة المجمعات الإجمالية 1207م^2 علماً بأن أقصى شدة إشعاع شمسي ساقطة على المجمعات هي 1200 واط/م^2 . فهل كانت فكرة المهندس صحيحة ومجدية؟

الحـــلّ :

كمية الإشعاع الساقط على المجمعات = 1200 واط/م^2 X 1207م^2 = 1576 كيلوواط

كفاءة النظام = $\frac{\text{درجة الحرارة النهائية (كلفن) ـ درجة الحرارة الابتدائية (كلفن)}}{\text{درجة الحرارة النهائية (كلفن)}}$ ،

فإذا تم افتراض أن المنظومة تستطيع رفع درجة حرارة الماء من 20م إلى 100م فإن الكفاءة ستكون :

$$\text{الكفاءة} = 100 \times \frac{(273 + 100) - (273 + 20)}{(273 + 100)}$$

$$= 100 \times 0.21$$

$$= 21\%$$

ولهذا فإن أقصى قدرة تستطيع المجمعات الشمسية توفيرها هي :

= كمية الإشعاع الشمسي X كفاءة المجمعات الشمسية

= 1576 X 0.21 = 330 كيلوواط

وعليه فإن افتراضه بعمل شغل مقداره 50 كيلوواط كان ممكناً لأن الحساب النظري يشير إلى إمكانية الحصول على 330 كيلوواط، وهذا أكبر بكثير من المطلوب وهو 50 كيلوواط .

مثال (3)

احسب مساحة المجمعات الشمسية اللازمة لتسخين 80 غالون من الماء يومياً (1 غالون = 4.5 كغ) من درجة 20 مئوية إلى 90 مئوية في شهر يونيه في البحرين، بافتراض أن متوسط الإشعاع الشمسي اليومي في هذا الشهر يصل إلى 500 واط/م^2 ، وأن كفاءة المجمعات تصل إلى 50% ، وأن عدد ساعات سطوع الشمس هي 12 ساعة/يوم ، والحرارة النوعية للماء = 4186 جول/كغ.م .

الحـــلّ :

الطاقة اللازمة لتسخين الماء = كتلة الماء X الحرارة النوعية X الفرق بين درجات الحرارة

$$= \frac{\text{80 غالون}}{\text{يوم}} \times \frac{\text{4.5 كغ}}{\text{غالون}} \times \frac{\text{4186 جول}}{\text{كغ X م}} \times (90 - 20)\ \text{م}$$

= 105.487.200 جول/يوم

≈ 106 ميغا جول/يوم

لذا فإن الطاقة التي تستطيع المجمعات الشمسية توفيرها لتسخين الماء =
كمية الإشعاع X كفاءة المجمع X المساحة

$$\therefore\ 105487200\ \frac{\text{جول}}{\text{يوم}} = \frac{\text{500 واط}}{\text{م}^2} \times \frac{\text{12 ساعة}}{\text{يوم}} \times \frac{\text{جول}}{\text{واط . ثانية}} \times \frac{\text{3600 ثانية}}{\text{ساعة}} \times 0.5 \times (\text{م}^2)$$

$$\text{إذن المساحة المطلوبة} = \frac{105487200}{3600 \times 12 \times 500} = 4.8\ \text{م}^2$$

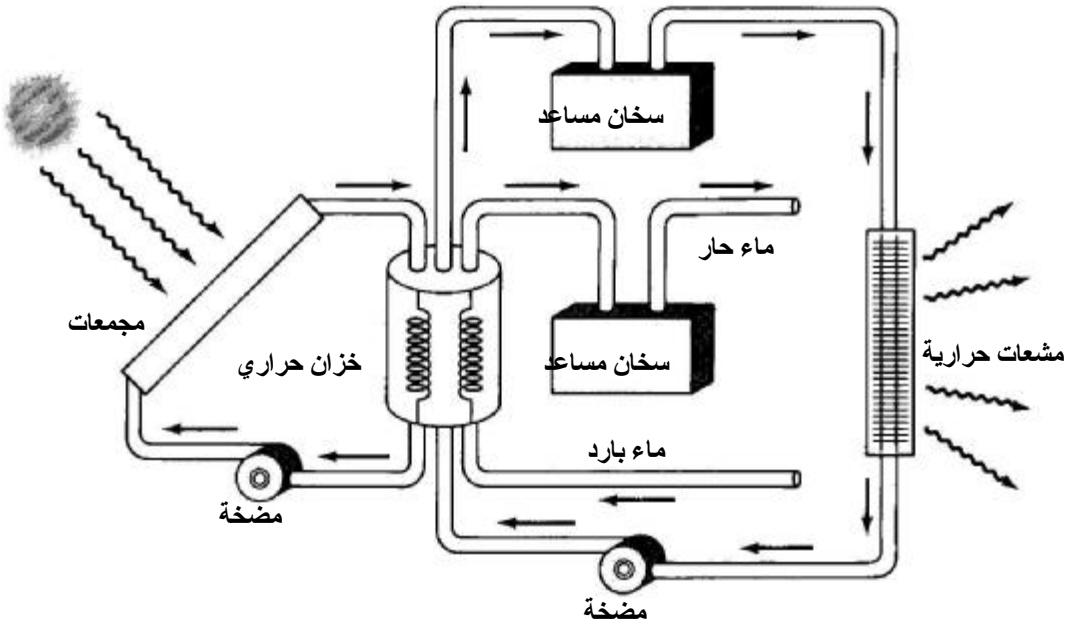
وهي مساحة معتدلة تساوي سطح عرضه 2 م وطوله 2.4م

3-8-2 التدفئة بالطاقة الشمسية

يمكن استخدام الطاقة الشمسية لتوفير ظروف حرارية مناسبة داخل المباني بطريقتين رئيسيتين : أولاهما منظومة التدفئة الفعالة (Active Solar Heating) والتي يتم منها تدوير المائع الساخن (سائل أو غاز) بواسطة مضخة أو مروحة، وثانيتهما منظومة التدفئة السلبية أو التمريرية (Passive Solar Heating) التي لا تستخدم طاقة خارجية ولكنها تسمح للحرارة بالسريان إلى المبنى بطرق طبيعية .

أ - منظومات التدفئة الفعالة

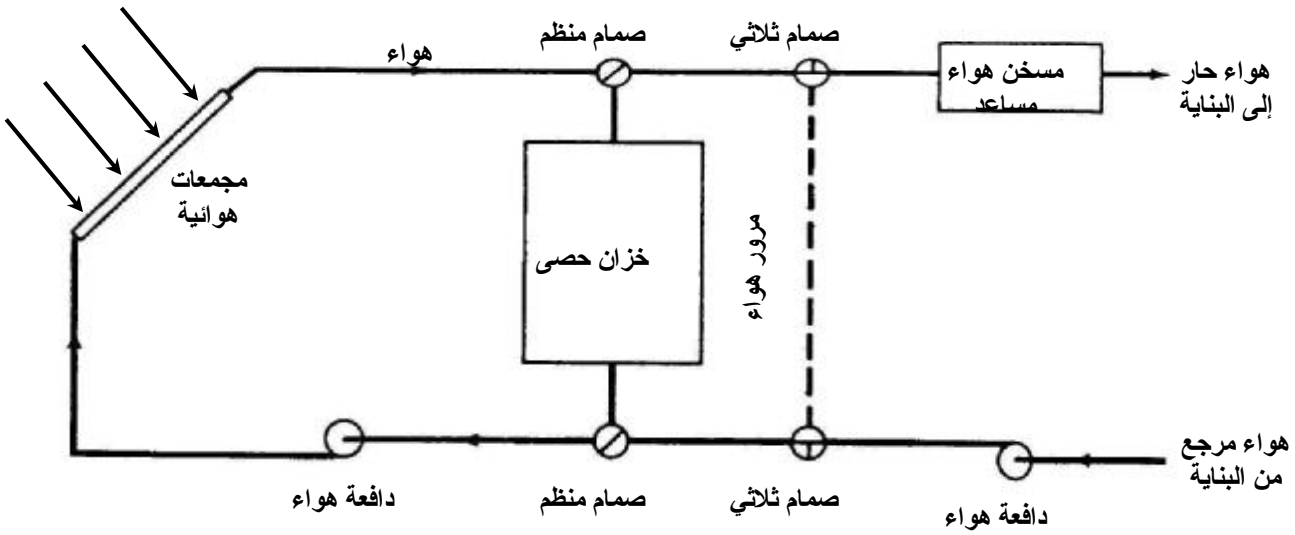
جميع منظومات التدفئة الفعالة لها خصائص مشتركة، فهي تحتوي على أجهزة تجميع ، وخزن ، وتوزيع ، وقسم منها يستخدم الماء كناقل للحرارة والقسم الآخر يستخدم الهواء . ومعظم المنظومات البسيطة تستخدم الماء كناقل للحرارة كما في الشكل (2-12)، وهي تتكون من مجمعات شمسية تنصب عادة على سطح البناية أو في الفضاء الخارجي المجاور لها ، وخزان معزول حرارياً - يوضع عادةً في سرداب البناية أو في مكان خاص منعزل فيها - ، ومبادل حراري ، وسخان (كهربائي ، نفطي ، غازي) مساعد يستخدم في الأيام الغائمة أو عند عدم كفاية الحمل المجهز من المجمعات الشمسية والمشعات الحرارية (Heat Radiations) التي تقوم بتدفئة الحيز (توضع في أماكن مختلفة منه ، على حسب التوزيع الحراري للبناية). وبالإضافة إلى ذلك فإن المنظومة تحتوي على أنابيب توصيل ومضخات وأجهزة سيطرة .



شكل (2-12): منظومه تدفئه فعالة تستخدم الماء كناقل الحرارة

في بعض المجمعات الشمسية يكون الهواء هو المائع المستخدم ، وتتكون المنظومة من هذا النوع من مجمعات شمسية ، وخزان يحتوي على الحصى أو الصخور ، وسخان مساعد (شكل 2-13) . في هذه المنظومات يستخدم الهواء الساخن المجهز أو المتوفر في المجمعات الشمسية ، خلال النهار، لتدفئة الحيز ولتسخين الصخور في الخزان . وخلال الليل أو الأيام الغائمة يتم تفريغ الحرارة من الخزان، وعند عدم كفاية الطاقة الموجودة فيه يتم الاستعانة بالسخان المساعد لتغطية النقص في الحرارة المطلوبة (الحمل) .

وتكون منظومات التدفئة التي تستخدم الهواء كمائع أقل سعراً في الغالب ، وليس لها مشاكل تسرب مقارنةً بالمنظومات التي تستخدم الماء كناقل للحرارة. نظرا إلى أنّ الهواء أقل كفاءة في نقل الحرارة من الماء فإن المنظومات الهوائية تحتاج إلى حجم خزان أكبر بعدة مرات من المنظومات التي تستخدم الماء ، ولهذا فإن المنظومات التي تستخدم الماء هي الشائعة الاستخدام في منظومات التدفئة الحالية.



شكل (2-13): منظومة تدفئة تستخدم الحصى كخازن للحرارة

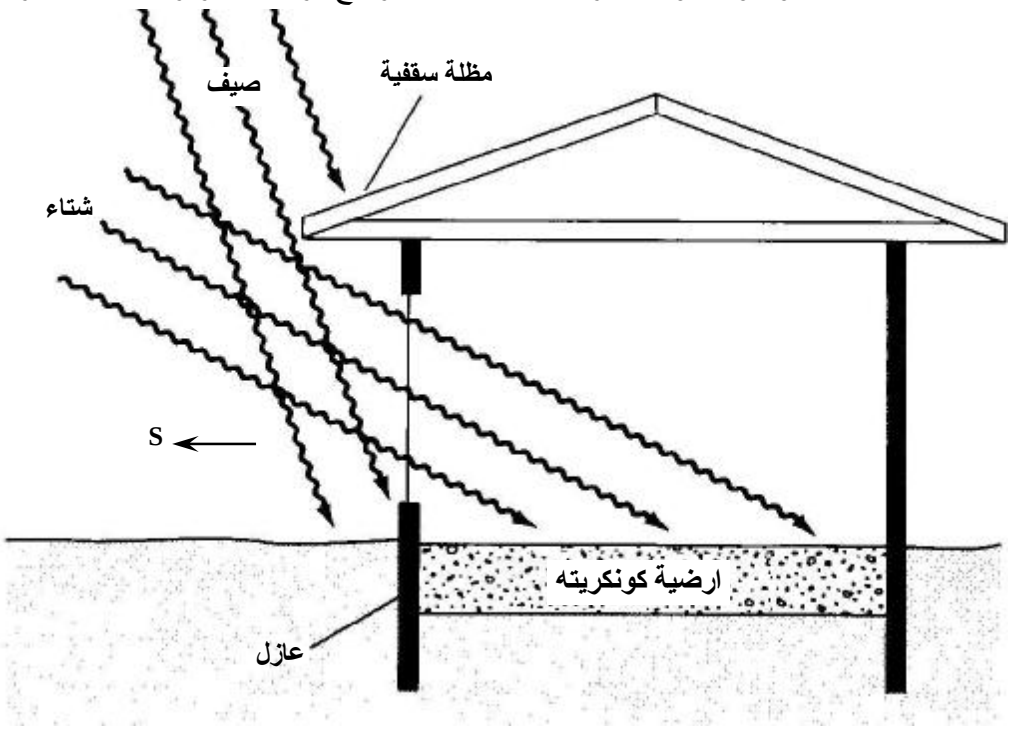
ب - منظومات التدفئة السلبية

يمكن استخدام منظومات غير فعالة أو تمريرية – أي لا تحتاج إلى أجهزة ميكانيكية مساندة وإنما تقوم بتمرير الإشعاع الشمسي لأغراض تدفئة المباني، إذ تكون البناية أو المنزل هي نفسها المجمع الشمسي والخزان . وتسري الطاقة في هذه المنظومات بصورة طبيعية وبدون أجهزة تدوير ميكانيكية مثل المضخات والمراوح . ويتم السماح

للأشعة الشمسية بالدخول بأكبر قدر ممكن من خلال النوافذ خلال النهار، وبذلك يتم خزن الحرارة داخل الحيز المدفأ . ولتقليل زيادة الحرارة خلال أوقات النهار يتم استخدام بعض المواد لخزن الحرارة الفائضة . من هذه المواد استخدام كتل كونكريتية سميكة أو خزانات ماء أو كتل صخرية . والمواصفات الرئيسية المطلوبة للأنظمة السلبية هي توفر عزل حراري جيد ووجود نوافذ في الجانب الجنوبي من المبنى (لكون هذا الاتجاه هوالذي يستلم أكبر معدل من الارتفاع الشمسي خلال اليوم) بالإضافة إلى وجود مواد خزن للطاقة الفائضة. ويمكن تقسيم منظومات التدفئة السلبية إلى ثلاثة أنواع هي:

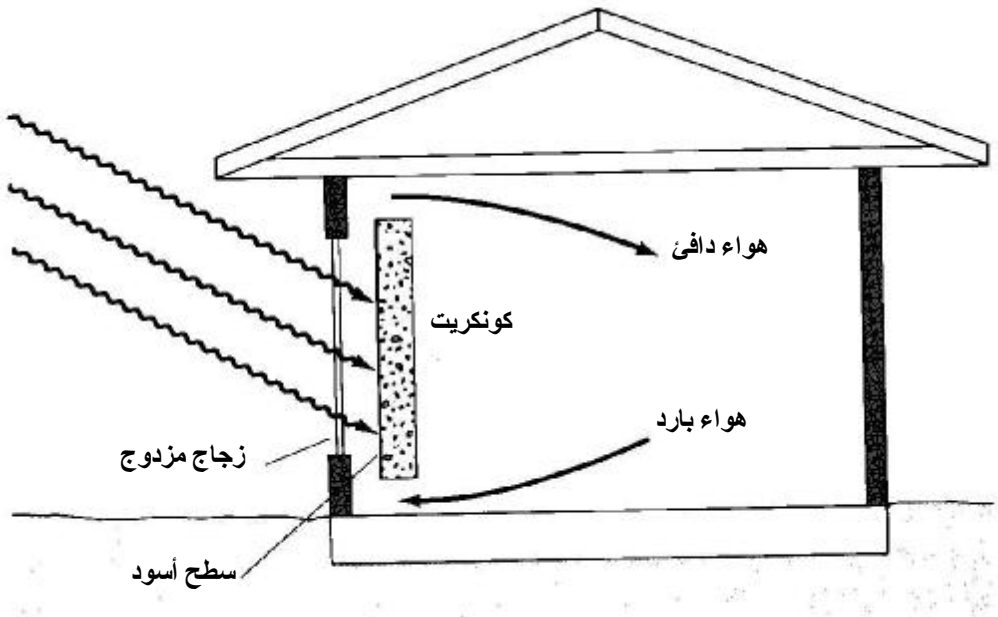
١) منظومات الكسب المباشر.
٢) منظومات الكسب غير المباشر .
٣) منظومات البيوت الزجاجية الملاصقة للمبنى .

ففي منظومات الكسب المباشر تستخدم النوافذ على الجانب الجنوبي للسماح بدخول الأشعة الشمسية . وتوضع مواد الخزن الحراري ، كالكونكريت والحجر والطابوق ، داخل الحيز لامتصاص الأشعة الشمسية . كما أن جعل الأرضية من الحصى والكونكريت هو أحد الأمثلة لهذه الأنظمة كما هو مبين بالشكل (2-14) إذ تقوم هذه الأرضية الكونكريتية وحيطان الحيز بامتصاص الأشعة الشمسية خلال النهار وإشعاعها مرة أخرى إلى الحيز خلال الليل . وبدون مواد الخزن هذه يمكن أن ترتفع درجة الحرارة داخل الحيز خلال



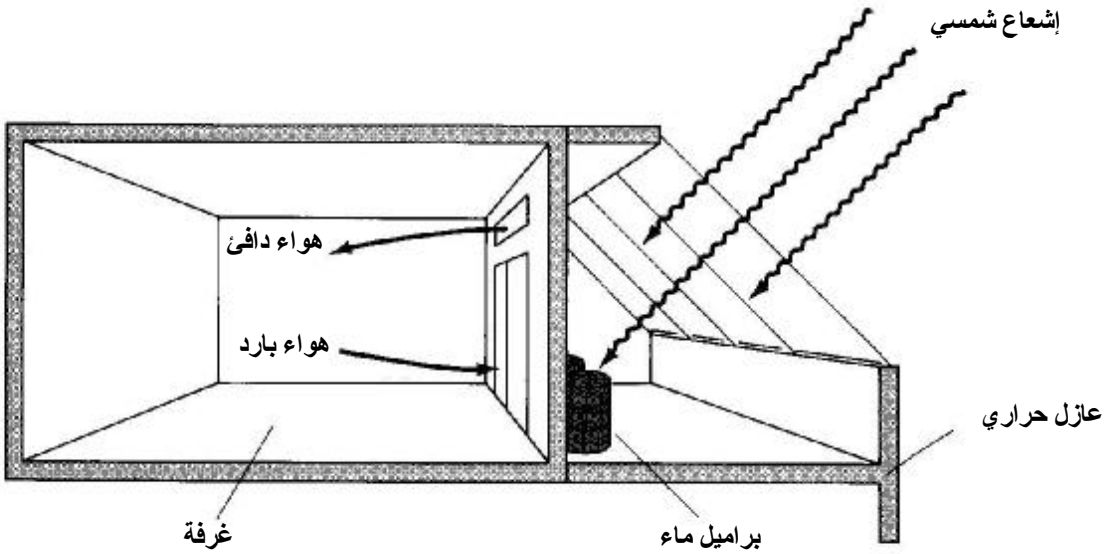
شكل (2-14): منظومة تدفئه سلبية تستخدم النوافذ لإمرار الأشعة الشمسية والكونكريت لخزن الطاقة

في منظومات الكسب غير المباشر يتمّ جمع وخزن الطاقة الشمسية في جزء من المبنى، ويستخدم التبادل الحراري الطبيعي بواسطة التوصيل والحمل في توزيع الحرارة إلى بقية البيت . ومثال جيد على هذه المنظومات هو جدار ترومب (Trombe Wall) كما في الشكل (2-15) . في هذا الجدار يتم وضع كتلة كبيرة من مواد البناء كالكونكريت أو الطابوق ، مثلاً على بعد 10 سم من طبقة زجاجية في الجانب الجنوبي من المبنى . ويقوم الإشعاع الشمسي بالمرور من خلال الزجاج ويتم امتصاصه من قِبل الجدار الذي تصل درجة حرارة سطحه أحياناً إلى درجة عالية خلال النهار . وتنتقل هذه الحرارة إلى الهواء المحصور بين الزجاج والحائط فتؤدي إلى رفع درجة حرارته وبذلك تقل كثافته وينتقل إلى الحيز من الفتحة العلوية . ويتم دخول كمية من الهواء البارد بدله من خلال الفتحة السفلية فيسخن مرة أخرى وينتقل إلى الحيز ، وهكذا تستمر العملية خلال النهار . وفي أثناء الليل يتم غلق الفتحات لمنع تسرب الحرارة إلى الخارج ، وبهذا يتم تفريغ الحرارة المخزونة في الحائط إلى الحيز بواسطة الحمل والإشعاع .



شكل (2-15): نموذج لحائط ترومب

أما منظومات البيوت الزجاجية الملاصقة للمباني فهي موضحة كما في الشكل (2-16) ، ويمكن استخدامها لأغراض الزراعة والتدفئة في آن واحد ، وتقوم بنقل الحرارة المحبوسة في البيت الزجاجي إلى داخل حيز المبنى . وكما في بقية المنظومات الأخرى فإن خزن الحرارة والعزل الجيد لأرضية البيت الزجاجي وجوانبه هما من المتطلبات المهمة في هذه المنظومات . إن الأرضية الكونكريتية السميكة والبراميل المملوءة بالماء هي أجهزة خزن شائعة .



شكل (2-16): بيت زجاجي ملاصق للاستخدام لغرض التدفئة

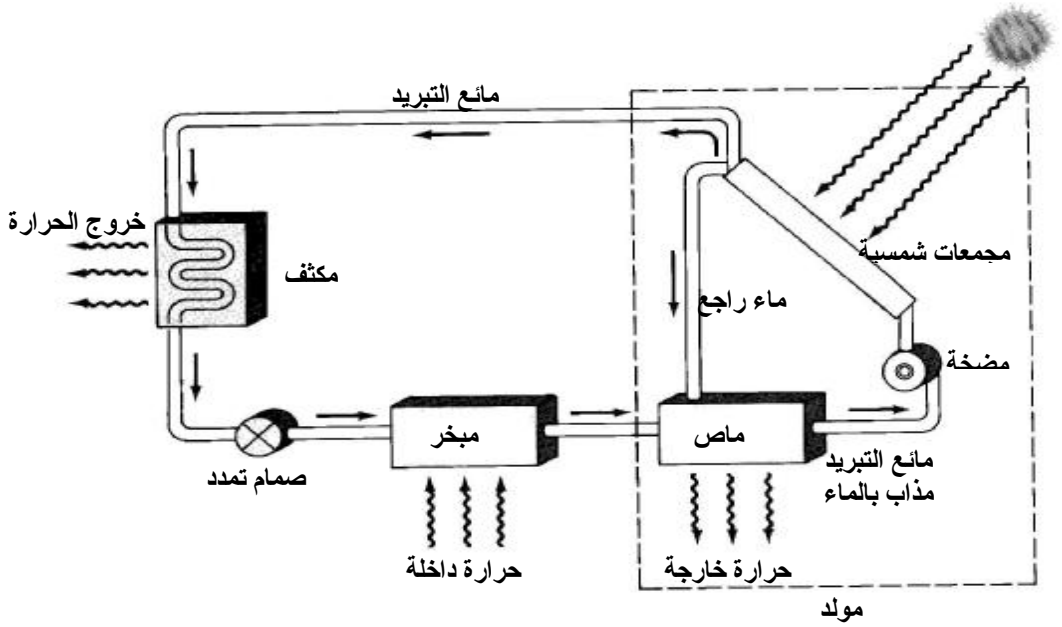
2-8-5 التبريد بالطاقة الشمسية

يمكن استخدام الطاقة الشمسية في تبريد المباني أيضاً بطريقتين رئيسيتين: الأولى منظومات التبريد الفعالة التي تستخدم فيها منظومات التبريد الامتصاصية إذ تستمد حاجتها من الطاقة من مصادر الطاقة الشمسية، ومنظومات التبريد السلبي . وكافة تقنيات منظومات التبريد السلبية والفعالة ميسرة في الوقت الحاضر ، ولكنّ الكلفة الأولية العالية للمنظومات الفعالة تحدّ من استخدامها على نطاق واسع في الوقت الحاضر .

أ - منظومات التبريد الفعالة

إن منظومات التبريد الامتصاصية (Absorption Systems) مشابهة لمنظومات التبريد الانضغاطية (Compression Systems) الاعتيادية إلاّ أنها تختلف عنها بعدم وجود ضاغط (Compressor) . ويتمّ في هذه المنظومات إبدال الضاغط بمولد تتم تغذيته من مصدر شمسي كما هو مبين بالشكل (2-17) . وفي هذه المنظومات يستخدم أحد

المحلولين – عوضاً عن الفريون المستخدم في منظومات التبريد الانضغاطية - وهما خليط من الأمونيا والماء أو خليط من الليثيوم بروماید والماء . ويستخدم عادة محلول الأمونيا والماء في منظومات التثليج ، أما محلول الليثوم بروماید والماء فإنه يستخدم في منظومات التبريد الاعتيادية المستخدمة لأغراض تكييف الهواء . وفي حالة استخدام أحد هذين المحلولين ، ولنقل مثلاً الأمونيا والماء ، وفإن غاز الامونيا يذوب في الماء ويكون هو غاز التبريد . وهذا الخليط السائل (أمونيا وماء) يضخ إلى ضغط أعلى بمضخة صغيرة ، يعادل استهلاكها حوالي 0.1 من استهلاك الضاغط في المنظومات الانضغاطية ، ويدخل هذا السائل إلى المولد الذي يقوم بتسخينه بواسطة الطاقة المجهزة من المجمعات الشمسية ويسبب هذا فصل غاز الأمونيا عن المحلول ، ويذهب الغاز إلى المكثف (Condensor) بينما يذهب الماء المتبقي إلى الجزء الماص (Absorber) التابع للمولد. ويخرج الأمونيا من المكثف على هيئة سائل ليمر خلال صمام التمدد (Expansion Valve) إلى المبخر (Evaporator) . وفي المبخر ، وبعد سحب الحرارة من الحيز المراد تبريده ، تتحول الأمونيا إلى غاز مرة أخرى . ويذهب إلى الجزء الماص للحرارة ليختلط مرة ثانية مع الماء ويتحول إلى محلول ، وتعاد الدورة مرة ثانية وهكذا . وللحصول على كفاءة مقبولة في هذه المنظومات يجب أن تكون درجة حرارة الماء الساخن المجهز من قبل المجمعات الشمسية (أو من أي سخان اعتيادي) أكثر من 85 درجة مئوية . وعمل المنظومات التي تستخدم محلول الليثوم بروماید والماء مشابهة لعمل منظومات محلول الأمونيا والماء، ولكن الفرق الوحيد هو أن الماء سيكون مائع التبريد في المنظومات الأولى .



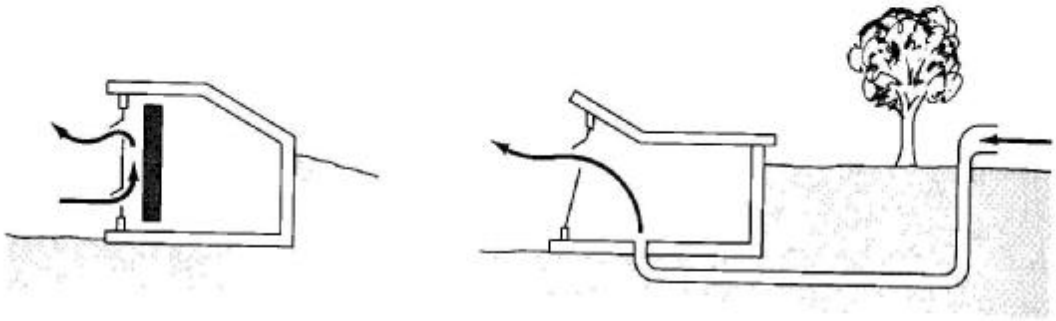
شكل (2-17): منظومة تبريد امتصاصيه يتم تغذيتها من مصدر شمسي

ب - منظومات التبريد السلبية

إن مهمات منظومات التبريد السلبية (Passive Cooling Systems) هو تقليل انتقال الحرارة للأبنية من المحيط الخارجي ، ومبادئ عمل هذه المنظومات تتضمن اختيار الموقع ، واتجاه البناية ، والأشجار المحيطة بها ، والخصائص المعمارية (كنسبة الواجهات إلى حجم البناية ، والتظليل ، ومساحة النوافذ ، وغيرها) ، ومواصفات الهيكل الخارجي (كاستخدام العازل الحراري ، وسمك الجدران ونوع النوافذ) . إن التظليل (Shadowing) ضروري جداً لعملية التبريد ، وإن استخدام الأشجار ومظلات النوافذ يمكن أن يقلل درجة الحرارة في النهار داخل المبنى بضع درجات مئوية . كما أن التهوية الطبيعية مهمة جداً في التبريد السلبي إذا كان الجو جافاً نسبياً. فالتيار الهوائي يمكن أن يقوم بتبخير بعض العرق من الجسم ويشعر الإنسان بالبرودة . والتهوية المناسبة تحتاج إلى فتحات موزعة في المناطق العلوية والسفلية للبناية لتوليد تيار هوائي طبيعي. ويوضح الشكل (2-18) بعض الطرق المستخدمة في منظومات التبريد السلبية . وتعتبر المبردات التبخيرية التي تستهلك قدراً قليلاً من الطاقة الكهربائية ، مقارنة بالمنظومات الانضغاطية ، هي إحدى الوسائل المستخدمة في التبريد في المناطق الحارة والجافة إذ تكون كفاءة هذه المبردات في التبريد عالية جداً في المناطق الجافة .

أما في المناطق ذات الرطوبة العالية فإن معظم المنظومات السلبية لا تعمل بكفاءة ، ومنظومات التبريد التبخيري قد لا تعمل بكفاءة – أو لا تعمل إطلاقاً – في المناطق ذات الرطوبة العالية ، كما أن هذا النظام لا يعمل في المناطق ذات الإشعاع الليلي للحرارة من الأبنية إلى السماء لكون السماء غير صافية وملبدة بالغيوم . وتوجد تقنية بديلة لمثل هذه المناطق وهي استخدام مواد تقوم بامتصاص الرطوبة من الهواء . وخلال الليل يمرر الهواء على هذه المواد لامتصاص بعض رطوبته ، وخلال النهار يتم تجفيف هذه المواد من الرطوبة عن طريق أشعة الشمس .

استخدام التربة لأغراض التبريد　　مرور هواء بصورة طبيعية



استخدام التربة لتبريد الهواء　　استخدام حائط تروب

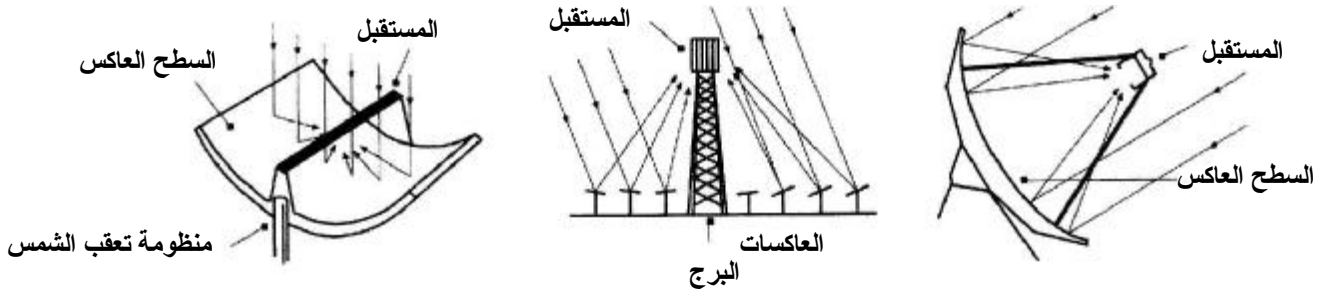
شكل (2-18): بعض الطرق المستخدمة في منظومات التبريد السلبية

9-2 توليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية

إن تطبيقات التدفئة ، والتبريد ، وتسخين المياه تدخل ضمن التطبيقات ذات درجات الحرارة المنخفضة . ولكن إذا تم تركيز الإشعاع بواسطة مرايا فسيتم الحصول على درجات حرارة عالية تكفي لإنتاج بخار يمكن بواسطته الحصول على طاقة ميكانيكية تستخدم لأغراض مختلفة كضخ المياه أو تدوير عنفة (توربين) ومولد لإنتاج الطاقة الكهربائية .

إن الطريقة الاعتيادية المستخدمة في تركيز الإشعاع الشمسي تستخدم مرايا ذات قطع مكافئ . وكل الأشعة الشمسية الساقطة والموازية لإحداثيات المرآة تنعكس إلى نقطة واحدة فتسبب ارتفاعاً كبيراً في درجات الحرارة ، ويؤدي ذلك إلى تحويل الماء إلى بخار ذي ضغط ودرجة حرارة عاليين . وهذه المرايا يمكن أن تقوم بعكس الإشعاع على نقطة أو خط كما هو مبين بالشكل (2-19) . ولضمان تركيز الأشعة الشمسية عند نقطة أو خط والحصول على كفاءة عالية يجب أن يتم توجيه محور المرايا باتجاه الشمس في كل الأوقات لكي تسقط الأشعة الشمسية عمودياً على سطح القطع المكافئ من المرايا . وهنالك توافق بين تعقيد تصميم المنظومة ونسبة التركيز . ويمكن لمجمع شمسي ذي قطع مكافئ مصمم بصورة جيدة أن تصل نسبة التركيز فيه إلى أكثر من 1000 وينتج درجة حرارة تصل إلى اكثر من 2500 درجة مئوية . أما لواقط المرايا الشمسية التي تعكس الشعاع على مساحة صغيرة فإن نسبة التركيز فيها تصل إلى أكثر من 50% وتنتج درجة حرارة ما بين

400-200 درجة مئوية . ومن المناسب هنا أن نتذكر بأنه لا يمكن لأي مركز شمسي أن يوفر طاقة أكثر من الطاقة الساقطة عليه ، ولكن تركيز هذه الطاقة على مساحة صغيرة هي التي تنتج هذه الدرجات الحرارية العالية .



شكل (2-19): أنواع مختلفة من المركزات الشمسية

لقد أنشأت بعض المحطات التجريبية لهذه التقنية في الولايات المتحدة ، كانت إحداها بطاقة 10 ميغاوات في كاليفورنيا (الشكل 2-20)، إذ تم استخدام مرايا متحركة تقوم بتركيز الأشعة على مرجل (سخان) منصوب في أعلى برج . ولغرض العمل في درجات حرارية عالية تصل إلى أكثر من 500 درجة مئوية يتم استخدام نوع خاص من الزيت أو الملح الصخري المذاب ، والمادة الأخيرة أفضل من ناحية انتقال الحرارة وذلك لأن لها سعة حرارية ومعامل توصيل عالياً. والملح الحار يستخدم بعد ذلك لتوليد بخار بدرجة حرارة عالية لتدوير عنفة (توربين) معين . ومن الناحية النظرية فإنّ تسخين الملح خلال النهار يمكن استخدامه لتوليد الطاقة خلال الليل ، ولكن عند التطبيق العملي ينصح باستخدام الغاز الطبيعي لتوليد الكهرباء خلال فترة الليل .

شكل (2-20): محطة توليد كهربائية تستخدم المركزات الشمسية

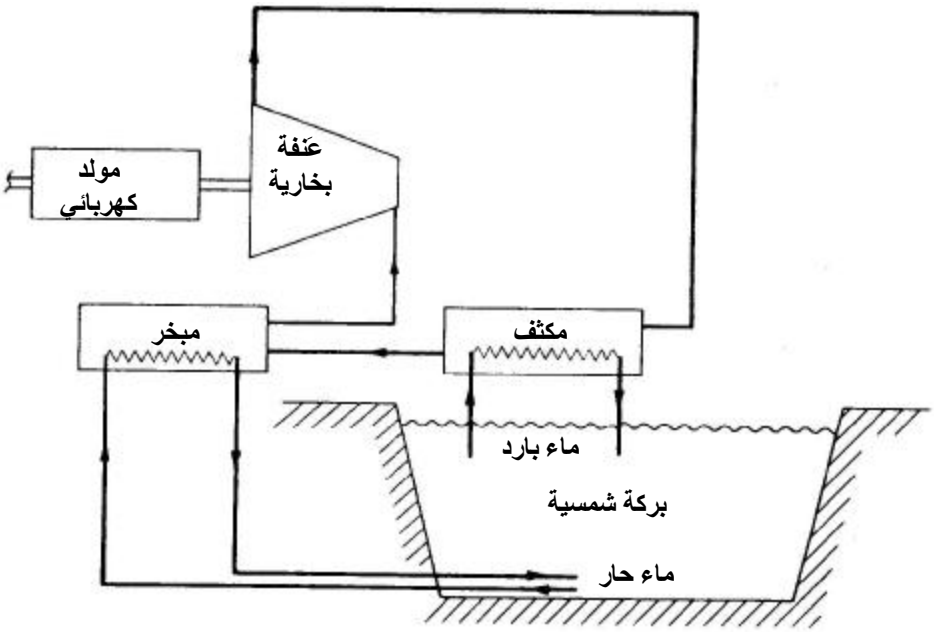
أما المحطة الأخرى فقد تم بناؤها في صحراء كاليفورنيا ما بين 1984 و 1990، إذ شملت تسع منظومات تتراوح سعتها بين 13 و 80 ميغاوات . وتستخدم هذه المنظومات مجمعات ذات قطع اسطواني مكافئ الشكل (2-21) ، وكل منظومة ذات سعة 80 ميغاوات تحتوي على 464 ألف متر مربع من المجمعات . ولقد تم تشييد مثل هذه المجمعات من المحطات في صقلية وإسبانيا وفرنسا .

شكل (2-21): محطة توليد كهربائية تستخدم مجمعات شمسية ذات قطع اسطوانية مكافئه

10-2 استخدام البرك الشمسية لتوليد الطاقة الكهربائية

تتكون البركة الشمسية (Solar Ponds) من بحيرة مالحة ، وتستخدم كنوع من المجمعات الشمسية المسطحة (Flat Plate Collectors) ، كما في الشكل (2-22) . فإذا كان للبحيرة تركيز ملحي مناسب (ماء مالح في القعر وماء حلو في السطح) وكان الماء صافياً بدرجة تكفي للسماح للإشعاع الشمسي بالوصول إلى قعر البركة فإنّه سيتمّ عند ذلك خزن طاقة حرارية مناسبة في المنطقة ذات التركيز الملحي العالي . فالمحلول الملحي الساخن في القعر لا يستطيع أن يرتفع إلى الأعلى لأنه أثقل من الماء الصافي الموجود في السطح ، وبذلك تكون الطبقة السطحية طبقة عازلة للحرارة، وبهذا يمكن أن تصل درجة الحرارة في قعر البركة إلى 90 درجة مئوية . هذه الدرجة كافية لتشغيل عنفة (توربين) ومولد (Generator) يقوم بتوليد الطاقة الكهربائية . إن كفاءة التحويل من الطاقة الشمسية إلى كهرباء في هذه المنظومة قليلة جداً ، وقد تكون حوالي 2 % وذلك لقلة درجة الحرارة . ومن مزايا هذه المنظومات هو أن درجة الحرارة في قاع البحيرة تبقى ثابتة تقريباً خلال الليل والنهار وذلك

لكبر مساحة البحيرة ، ولهذا نستطيع الحصول على طاقة كهربائية مستمرة خلال اليوم . وقد تم تنفيذ بعض المنظومات من هذا النوع في الولايات المتحدة والمملكة العربية السعودية وقطر .

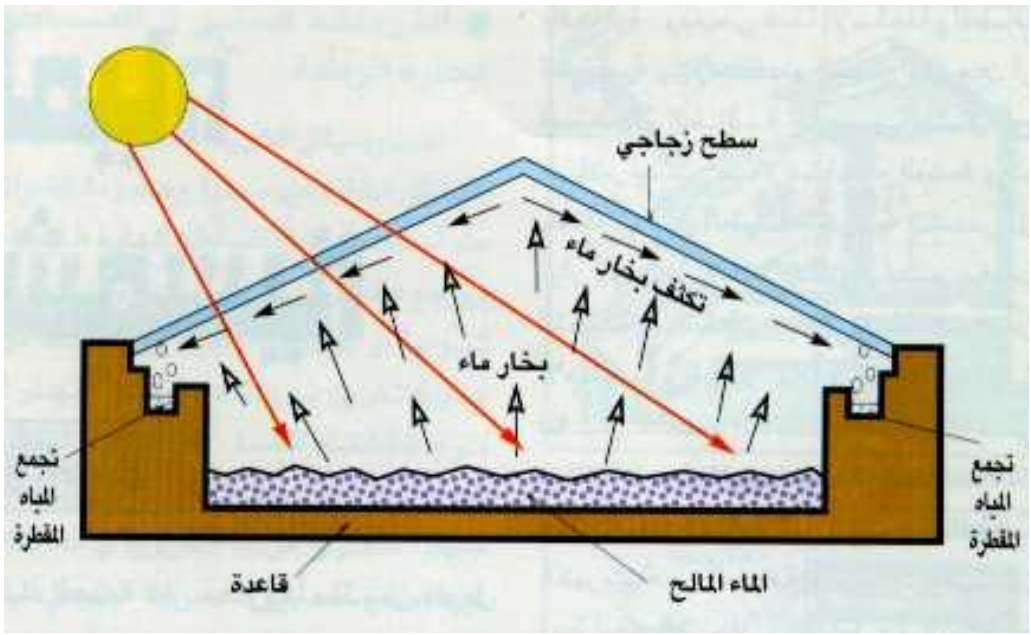


شكل (2-22): بركة شمسية تستخدم لتوليد الطاقة الكهربائية

11-2 استخدام الطاقة الشمسية في تحلية المياه

تعد تحلية المياه إحدى الوسائل الميسرة للنهوض بمستوى المجتمعات والمناطق التي تشكو من ملوحة المياه المفرطة . وتستخدم الطاقة الشمسية لتحلية المياه بطريقتين وفقا لطريقة استخدام الطاقة الشمسية إما بشكل مباشر أو غير مباشر . فطرق التحلية المباشرة تستغل الإشعاع الشمسي لتبخير جزء من المحلول الملحي ثم تكثيفه . ويتم ذلك باستخدام المقطرات البسيطة والتي تتألف عادة من قاعدة حديدية أو بلاستيكية غالبا ما تكون مطلية بصبغة سوداء داكنة لها القابلية على امتصاص أكبر كمية من الإشعاع الشمسي الساقط عليها وغطاء زجاجي مائل باتجاه واحد أو اتجاهين على شكل مثلث كما هو موضح بالشكل (2-23) . ويمكن باختصار شرح طريقة عمل المقطرات الشمسية كما يلي : يمرّ الإشعاع الشمسي خلال السطح الزجاجي إلى الماء المالح الموجود في القاعدة مما يساعد على تبخر جزيئاته وتكثفها على السطح الداخلي للزجاج ، وتتجمع قطرات الماء المتكثفة في القنوات الجانبية للحوض لتصب في وعاء التجميع . ويبلغ متوسط كمية المياه المحلاة 4 لترات في اليوم لكل متر مربع من المقطر

الشمسي. وقد أدخلت تحويرات عديدة على التصميم الأساسي لزيادة كفاءة إنتاجه ولكن إنتاجيته لا تزال تتراوح بين 4-6 لتر يوميا لكل متر مربع . وقد قامت جامعة البحرين باستخدام مثل هذا النظام، وتعكف الآن على تطوير أنظمة أخرى .



شكل (2-23): مخطط مبسط للمقطرات الشمسية الحرارية

أما الطريقة الثانية فتعتمد على إحلال الطاقة الكهربائية المولدة من الطاقة الشمسية محل الطاقة التقليدية لاستخدامها في التقنيات المألوفة للتحلية . ويلاقي هذا النوع إقبالاً كبيراً في الوقت الحاضر نظراً للتقدم العلمي المتواصل في مجال أشباه الموصلات والتي أثبتت فعالية كبيرة في توليد الطاقة الكهربائية التي يمكن استخدامها في منظومات تحلية المياه العاملة بطرق التحليل الكهربائي (الديلزة) والتناضح العكسي والتجميد وغيرها . وقت قامت جامعة البحرين بإنجاز محطة تحلية متنقلة تعمل بمبدأ التناضح العكسي إذ تم استغلال الخلايا الشمسية لتحويل أشعة الشمس إلى كهرباء لتشغيل المضخة التي تدفع الماء المالح إلى أغشية التحلية، وتم إنتاج حوالي 300 غالون يومياً عند استخدام 16 سطح من الخلايا الفولطاضوئية كفاءة كل منها 12% مزودة ببطاريات خزن لاستغلالها ليلاً ، وتقدر تكلفة النظام بحوالي 4000 دينار بحريني .

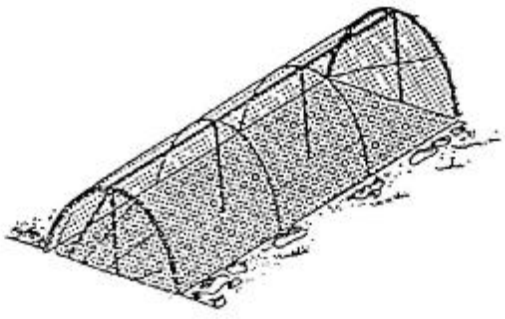
12-2 استخدام الطاقة الشمسية في الزراعة

تعتبر الطاقة أحد المتطلبات الرئيسية للزراعة وتنمية المناطق الريفية. ويستخدم النبات ضوء الشمس وثاني أكسيد الكربون والماء الموجود في البيئة لإنتاج كربوهيـــــدرات

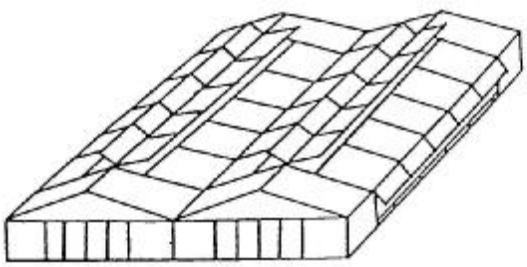
و أوكسجين ، وبذلك تنتج الأوراق الخضراء الغذاء للنبات . أما في الليل فتتم عملية النتح ، وهي عملية معاكسة تماما لما يحدث في النهار إذ يقوم النبات بإطلاق ثاني أكسيد الكربون والماء والطاقة . يمكن أن تقوم مصادر الطاقة المتجددة بحل بعض مشاكل المناطق الريفية حيث يعتبر تحويل المخلفات الزراعية إلى غاز حيوي واحداً من أكثر التدابير غير التقليدية شيوعاً ، كما يلقى استخدام الطاقة الشمسية اهتماماً متزايداً في الوقت الحاضر للأغراض الزراعية وذلك من خلال بيوت الزراعة المحمية ، وضخ المياه ، وتعقيم التربة ، وتجفيف المحاصيل ، وإنتاج الغاز الحيوي .

بيوت الزراعة المحمية

البيت الزراعي المحمي هو حيز محاط بغلاف شفاف (بلاستيك أو زجاج) يعتمد على نظرية حبس أشعة الشمس الساقطة ذات الموجه القصيرة (300 إلى 700 نانومتر) التي تنفذ من خلال الغلاف الشفاف والتي يتم امتصاصها من قبل جزيئات الهواء ، والنباتات ، والمحتويات الموجودة داخل البيت . وبهذا تتحول الأشعة المباشرة إلى طاقة حرارية كامنة فيها تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارتها . وتمتاز هذه الحرارة بطول موجتها بحيث لا يمكن فقدانها إلى المحيط الخارجي من خلال الغلاف الشفاف لضعف طاقتها بالإضافة إلى أنّ مواصفات هذا الغلاف هو منع خروج الأشعة الطويلة الموجة ، وبهذا تستمر درجة الحرارة داخل البيت بالارتفاع مادامت كمية الحرارة الناتجة من أشعة الشمس الداخلة إليه أكثر من الفقد الحراري من البيت. ويبين الشكل (2 – 24a, 24b) نموذجيْن لبيت بلاستيكي وبيت زجاجي . وأدى هذا النوع من الزراعة إلى تطور الإنتاج الزراعي والصناعات البلاستيكية من أغطية ، ومنظومات ري بالتنقيط ، ووسائل تغليف وتسويق المحاصيل ، وكذلك إلى تطور الصناعات التكميلية الموافقة ناهيك عن خلق فرص عمل للمواطنين . وأصبحت المردودات الاقتصادية للزراعة المحمية تشكل إحدى الدعامات الأساسية لمكونات الدخل القومي لبعض الدول بالإضافة إلى تأمين الحاجة الغذائية ومضاعفة كمية الإنتاج الزراعي وتحسين نوعيته .



شكل (2-24a): نموذج لبيت بلاستيكي



شكل (2-24b): نموذج لبيت زجاجي

تجفيف المحاصيل الزراعية

يمكن الحفاظ على القيمة الغذائية للفواكه والمحاصيل عند تجفيفها بواسطة الطاقة الشمسية ، هذا بالإضافة إلى نظافة وجودة الفواكه والمحاصيل بعد عملية التجفيف وتقديمها للاستهلاك محافظة على نظارتها الطبيعية في غير مواسمها . وتتكون المجففات الشمسية من ثلاثة أجزاء رئيسية هي وحدة التسخين ، ووحدة التجفيف ، ووحدة تحريك الهواء داخل المجفف . وتختلف هذه الوحدات عن بعضها البعض حسب نوع المجفف وذلك كما يلي :

وحدة التسخين

هو الجزء الذي يستقبل أشعة الشمس ويحتفظ بالطاقة الحرارية اللازمة لتسخين الهواء الذي يمر عليه لينطلق إلى وحدة التجفيف ، لذلك فهو في العادة عبارة عن سطح معدني أو بلاستيكي داكن اللون لامتصاص أكبر قدر ممكن من حرارة الشمس الساقطة عليه مباشرة . ويغطي هذا السطح غلاف شفاف يعمل على رفع درجة الحرارة بالداخل، ثم يمرر عليه الهواء الذي يتجه بعد تسخينه إلى وحدة التجفيف .

وحدة التجفيف

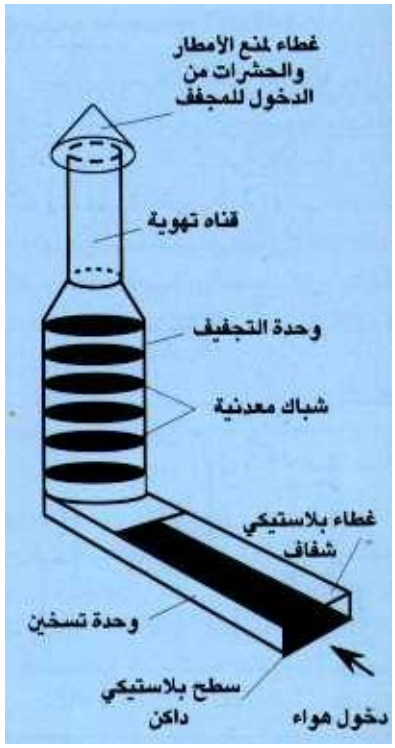
وهي على عدة أشكال حسب نوع المجفف، وقد تشبه في شكلها وتركيبها وحدة التسخين (سطح بلاستيكي أو معدني داكن مغطى بغلاف شفاف) أو قد تكون عبارة عن غرفة بداخلها عدد من الشبابيك المعدنية توضع بها المواد المراد تجفيفها. وللغرفة باب جانبي يفتح عند التعبئة والتفريغ .

وحدة تحريك الهواء

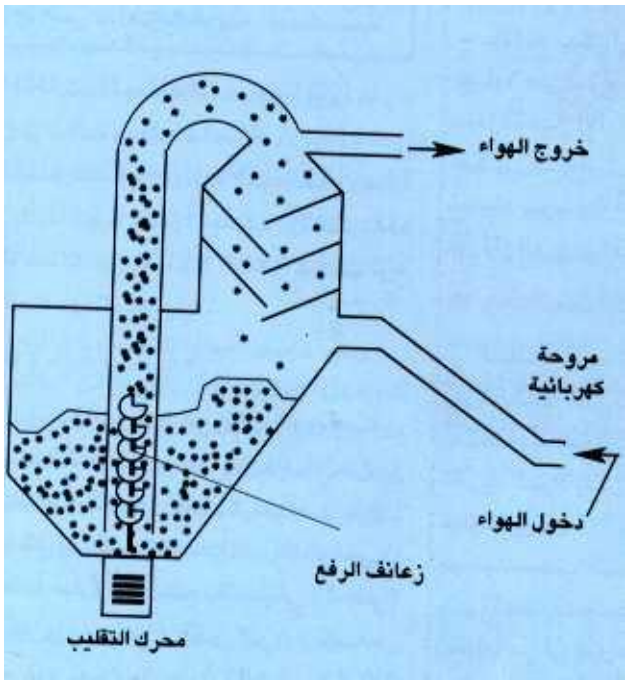
تختلف وحدة تحريك الهواء حسب نوع الطاقة التي تحركها . فعندما يتعذر استخدام الطاقة الكهربائية لتشغيل مراوح تحريك الهواء فإنه يمكن تركيب قناة عمودية تشبه المدخنة في نهاية المجفف تكون مهمتها سحب الهواء المحمل بالرطوبة في المجفف ودفعه إلى الخارج ، وذلك اعتماداً على أن الهواء الحار سيصعد إلى أعلى بسبب قلة كثافته ، مقارنة بالهواء البارد . أما إذا توفر مصدر كهربائي رخيص فإن الوحدة يجب

أن تزود بمروحة تعمل على دفع الهواء. وتدور المروحة إمّا بسرعة ثابتة أو متغيرة عن طريق وحدة تحكم تعمل على تغير سرعتها حسب درجة الحرارة المطلوبة .

وتختلف المجففات الشمسية تبعاً لتنوع المحاصيل الزراعية ، فهنالك مجففات برجية لتجفيف المحاصيل الحقلية (الحبوب والبقول وغيرها) ، وهنالك مجففات مستوية لتجفيف المحاصيل ذات الحجم الكبير (الفواكه والتمور والخضار وغيرها) . ويوضح الشكل (25a, 25b-2) مخططاً لمجففين أحدهما يعمل بالسريان الطبيعي والآخر بالسريان القسري .



شكل (25a-2): مجفف بعمل بالسريان الطبيعي

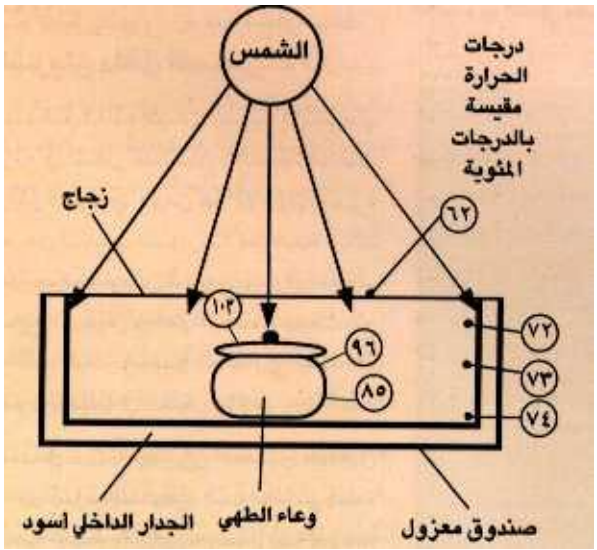


شكل (25b-2): مجفف بعمل بالسريان القسري

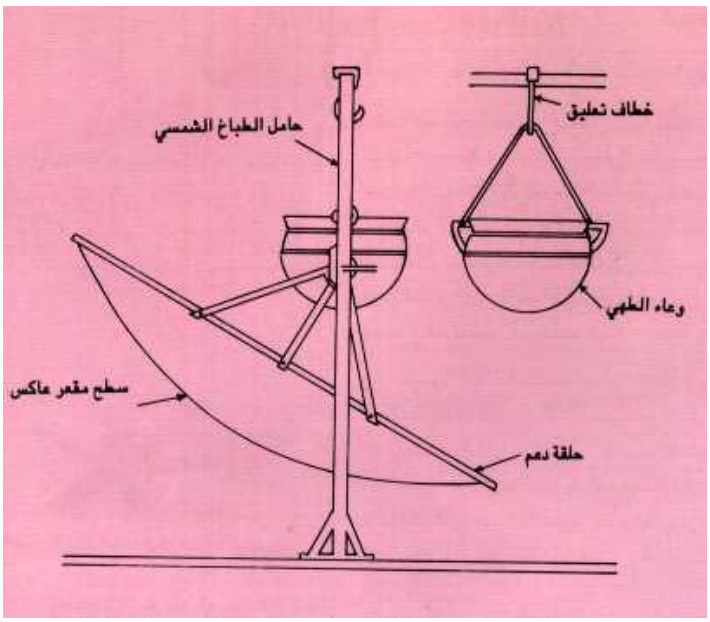
13-2 استخدام الطاقة الشمسية في الطبخ

أدى استخدام الخشب كمصدر للطاقة في المناطق القروية إلى انقراض مساحات كبيرة من الغابات . وقد أصبح هذا الموضوع مشكلة بيئية لا يستهان بها . وإن استخدام الطاقة الشمسية للطهي هو أحد الحلول المهمة لهذه المشكلة خصوصاً أن كلفتها قليلة والحصول عليها يسير جداً . ويعتمد الأساس العلمي للطباخ الشمسي على الاستفادة من مبدأ الاحتباس الحراري الناجم عن سقوط الإشعاع الشمسي وانعكاسه داخل صندوق معزول من جميع جوانبه بعازل حراري جيد عدا الجانب الأعلى المواجه للشمس إذ

يغطى بلوح من الزجاج . كما يتم طلاء أسطحه الداخلية بلون داكن غير لامع لكي يقوم بامتصاص أكبر قدر ممكن من الحرارة (شكل 26a, 26b-2). ويختلف الوقت اللازم لإنضاج الطعام تبعاً لنوعه ، فمثلاً يحتاج الأرز إلى ساعتين ، بينما يحتاج اللحم إلى ثلاث ساعات أو أكثر . ويمكن التحكم ، إلى حد ما ، بدرجات الحرارة في الطباخات الشمسية. فعندما نريد الحصول على درجات حرارة أقل – للمحافظة على سخونة الطعام فقط – فإنه يجب وضع الطباخ بشكل منحرف عن الإشعاع المباشر . وللتقليل من الوقت اللازم للطبخ فقد تم تطوير عدة أنواع من الطباخات منها الطباخ ذو مرآة واحدة ، أو ثلاث مرايا لعكس الأشعة الشمسية على صندوق الطباخ ، والطباخ ذو المجمع البؤري الذي يقوم بتركيز أشعة الشمس باستخدام سطح عاكس لماع على شكل قطع ناقص أو جزء من سطح كروي ، أو عدسة لآمة ذات بعد بؤري مناسب (عدسة فرسنل). وقد يستطيع هذا النوع رفع درجة الحرارة داخل القدر أكثر من 150 درجة مئوية .



شكل (2-26a): طباخ شمسي بسيط



شكل (2-26b): طباخ شمسي ذو مجمع بؤري

مثـــال :

إذا كانت الطاقة اللازمة لطهي بعض الأطعمة هي 150 واط . فما هي مساحة الطباخ الشمسي (بما في ذلك العاكس) اللازمة لاستقبال الإشعاع الشمسي إذا كان الإشعاع في البحرين في منتصف ظهيرة يوم 21 يونيه هو 1100 واط/م^2 وأن 85% من هذه الكمية هي إشعاع مباشر وأن كفاءة الطباخ الشمسي هي 20% ؟

الحــلّ :

مقدار الإشعاع الشمسي المباشر = 0.85 X 1100 = 935 واط/م^2

كمية الطاقة اللازمة للطهي = كمية الإشعاع الشمسي X الكفاءة X المساحة

150 واط = 935 واط X $\frac{0.2}{\text{م}^2}$ X المساحة

∴ المساحة = $\frac{150}{0.2 \text{ X } 935}$ = 0.8 م^2

هذه المساحة مقبولة بالنسبة لطباخ شمسي ، وعليه فإن البحرين مؤهلة لنصب طباخات شمسية على السواحل في المناطق السياحية .

مثــال :

احسب الوقت اللازم لغلي 5 لتر من الماء بدرجة حرارة مقدارها 20 درجة مئوية بالطاقة الشمسية باستخدام الطباخ الشمسي إذا كانت مساحة الطباخ الشمسي هي 1 متر مربع ، وكفاءته تساوي 40% وان الإشعاع الشمسي المباشر الساقط على المنطقة هو 1100 واط/م^2 ؟

الحــل :

كمية الطاقة التي يوفرها الطباخ الشمسي = كمية الإشعاع الشمسي X كفاءة الطباخ X المساحة

= 1100 $\frac{\text{واط}}{\text{م}^2}$ X 1 م^2 X 0.4

= 440 واط (جول/ثانية)

كمية الحرارة اللازمة لتسخين الماء من 20 درجة مئوية إلى 100 درجة مئوية هي :

= كتلة الماء X الحرارة النوعية X الفرق بين درجات الحرارة

= 5 كغ X 4186 $\frac{\text{جول}}{\text{كغ . م}^2}$ X (100 – 20) م

= 3348800 جول

الطاقة اللازمة لتسخين الماء = الطاقة التي يوفرها الطباخ X الزمن

3348800 جول = 440 $\frac{\text{جــول}}{\text{ثانية}}$ X الزمن

الزمن = 7610 ثانية

= 2 . 1 ساعة

أي أن الزمن اللازم لتسخين الماء هو ساعتان و 6 دقائق.

أسئلة تقويمية

١. ما هي أنواع مصادر الطاقة المتجددة . وما هو المصدر الرئيسي لهذه الأنواع ؟
٢. كيف يتم توليد الطاقة الشمسية ؟ وكيف تنتقل هذه الطاقة إلى الأرض ؟ وما هي شدة انبعاثها ؟
٣. ما هي أنواع وأطوال أمواج الأشعة الشمسية التي تصل إلى الأرض ؟
٤. ما المقصود بالإشعاع المباشر والإشعاع المبعثر ؟ وكيف يتم قياسهما ؟
٥. عَرف الثابت الشمسي ؟ وما هي قيمته ؟
٦. كيف يتم تكون الليل والنهار ، والصيف والشتاء ؟ وفي أي الفصول تكون الأرض قريبة من الشمس ؟ وفي أي الفصول تكون بعيدة عن الشمس ؟ ومتى تتساوى طول ساعات الليل مع طول ساعات النهار ؟
٧. عَرف الإعتداليين الربيعي والخريفي . وكذلك الانقلابين الشتوي والصيفي ؟
٨. أي نوع من الأشعة يتم امتصاصها من قِبل طبقة الأوزون ؟ وما هي المواد المستخدمة حالياً والتي تؤثر على هذه الطبقة ؟
٩. ما هي طرق انتقال الحرارة ؟ وكيف يتم انتقالها حسب كل طريقة ؟
١٠. ما هي مجالات استخدام الطاقة الشمسية الحرارية ؟
١١. ما هي أنواع منظومات تسخين المياه بالطاقة الشمسية ؟
١٢. ما هي مكونات المجمعات الشمسية ؟ وما هو الفرق بين المجمع الشمسي المائي والمجمع الشمسي الهوائي ؟ وما هي مجالات استخدامهما ؟
١٣. يعتبر السخان الشمسي من أهم تطبيقات الطاقة الشمسية وأوسعها انتشاراً في معظم أنحاء العالم . ما هي الأسباب التي تؤدي إلى عدم انتشار استخدامه في معظم الدول العربية ؟
١٤. كيف تتم تدفئة المباني بالطاقة الشمسية ؟ وما هي أنواع المنظومات المستخدمة حالياً ؟
١٥. ما هي أنواع منظومات التدفئة السلبية بالطاقة الشمسية ؟
١٦. ما المقصود بظاهرة البيت الزجاجي ؟
١٧. كيف يتم التبريد بالطاقة الشمسية ؟ وما هي المنظومات المستخدمة في تبريد المباني بالطاقة الشمسية ؟
١٨. كيف تعمل منظومات التبريد الإمتصاصية ؟ وما الفرق بين المنظومات التي تستخدم محلول الأمونيا والماء أو محلول الليثيوم بروميد والماء ؟
١٩. ما هي أنواع منظومات التبريد السلبي بالطاقة الشمسية ؟
٢٠. كيف يتم توليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الشمسية الحرارية ؟
٢١. ما هي أنواع المركزات الشمسية ؟ وما هي درجات الحرارة التي يمكن الحصول عليها باستخدام هذه الأنواع ؟
٢٢. ما هي البرك الشمسية . وما هي مجالات استخدامها ؟
٢٣. ما هي الطرق التي يمكن فيها استخدام الطاقة الشمسية في تحلية المياه ؟ وما هي المحددات التي تمنع انتشار المقطرات الشمسية البسيطة ؟
٢٤. كيف تتم الاستفادة من الطاقة الشمسية في الزراعة ؟ وما هي المجالات التي يمكن استخدامها فيها ؟
٢٥. كيف يتم تجفيف المحاصيل الزراعية والفواكه باستخدام الطاقة الشمسية ؟
٢٦. ما هي أنواع الطباخات الشمسية ؟ وما هي الدرجات الحرارية التي يمكن الحصول عليها باستخدام هذه الأنواع ؟