جامعة– ورقلة قاصدي مرباح

كلية الرياضيات و علوم المادة

قسم الفيزياء

فرع: ميكانيك

مذكرة مقدمة لاستكمال متطلبات شهادة ليسانس أكاديمي تخصص طاقات متجددة في الميكانيك

التخصص: طاقات متجددة في الميكانيك

من إعداد: الطالبين : – مزابية محمد فاضل – زروقي عبد العزيز

بعنوان:

دراسة تحسين أداء الطاقة لجهاز التقطير الشمسي في منطقة ورقلة

نوقشت و أجيزت : 2023 /06/21

تحت إشراف :

1. جمال بن منين	جامعة ورقلة	مؤطرا
2. عبد السميع حجاج	جامعة ورقلة	مناقشا
3. عمر رواق	جامعة ورقلة	مناقشا

السنة الجامعية 2023/2022

الإهداء

الحمد لله ربي العالمين والصلاة
والسلام على خاتم الأنبياء
والمرسلين الحمد لله الذي تتم بفضله
الصالحات اهدي هذا العمل الى
كل أفراد عائلتي فردا فردا خاصة
الوالدين و الدكتور
جمال بن منين .
وكل من علمني حرفا أنار به دربي
وكل من ذكره قلبي ونسيه قلمي إليكم
جميعا.

محمد فاضل و عبد العزيز

الشكر و التقدير .

نتقدم بجزيل الشكر والعرفان لكل من الأساتذة جمال بن منين, حجاج عبد السميع, عمر رواق.
الذين علمونا و ساعدونا و لم يبخلوا علينا بمجهوداتهم ونصائحهم وعلى صبرهم معنا لإنجاز هذه المذكرة و نطلب من الله عزوجل ان يمدهم بطول العمر والمزيد من الرقي في المجال العلمي.
كما نتقدم بجزيل الشكر المسبق للجنة المناقشة على ما سيقدمونه لنامن ملاحظات وتوجيهات والتي لن تزيد هذا العمل إلا إتقانا وجمالا.

فهرس المحتويات

المقدمة	/
تشكرات	/
إهداء	/
فهرس العناوين	/
فهرس الجداول	/
فهرس الأشكال.	/
المقدمة	/
الفصل الأول	
الطاقة	2
تحول الطاقة	3
أنواع الطاقة	3
طاقة حرارية	3
طاقة كهربائية	4
طاقة نووية	5
طاقة الرياح	5
طاقة كهرمائية	5
الطاقة الشمسية	6
الإشعاع الشمسي	7
مصطلحات و تعاريف الطاقة الشمسية	8
نظم ومجمعات الطاقة الشمسية	9
مجمع الألواح الشمسية المسطح وتطبيقاته	13
الفصل الثاني	
التقطير الشمسي	22
عملية التقطير	25
إنتاج الماء النقي	27
متطلبات الطاقة لتحلية المياه	28
أنظمة تسخين المياه بالطاقة الشمسي	28

أنظمة مجمعات الألواح المسطح **FPC**)	30
– أنظمة مجمعات الأنبوب المفرغ**ETC**)	31
التطبيقات الحرارية للطاقة الشمسية: المقطر الشمسي	36
مكونات المقطر الشمسي	39
لمحة عن المقطرات الشمسية	40
عمليات تستخدم فيها المقطر الشمسي	40
تعريف التقطير الشمسي	41
الفصل الثالث	
لمقطرات الشمسية النشطة	*42*
أجهزة تقطير المياه بالطاقة الشمسية السلبية.	43
تحلية المياه بالطاقة الشمسية	44
أساسيات التقطير الشمسي	44
عملية التبخر	45
الفصل الثالث	
النماذج الأولية للأجهزة التجريبية:	49
الأجهزة المستعملة في التجارب	54
الخطوات التجربية	58
الخاتمة	65
قائمة المراجع و المصادر	68

قائمة الأشكال و الصور

الشكل1.1: ميل محور دوران الأرض حول نفسها عن محور مدارها حول الشمس.	10
الشكل2.1: دورة الأرض حول الشمس	11
الشكل 3.1: موضع الأرض بالنسبة لأشعة الشمس في وقت الانقلاب الشتوي.	11
الشكل 4.1: رسم مبسط لمكونات نظام شمسي.	12
الشكل5.1: (أ) مجمع الأنبوب المفرغ و (ب) مجمع اللوح المسطح.	14
الشكل 6.1: رسم تخطيطي لمجمع شمسي بلوحة مسطحة بوسيط نقل سائل. يتم امتصاص الإشعاع الشمسي .	16
الشكل 7.1: تصميمات مختلفة لتجميع المجمعات المسطح . رموز اللون: أزرق فاتح – غطاء زجاجي، أزرق داكن – قنوات مائع، الأسود	18
الشكل 1.2: تركيب جهاز التقطير ذات الحوض الواحد.	25
الشكل 2.2: تركيب مثال لنظام تسخين المياه بالطاقة الشمسية في المنزل.	30
الشكل 3.2: مثال لنظام تسخين المياه بالطاقة الشمسية	30
الشكل 4.2: مثال لنظاممجمع اللوح المسطح (FPC) .	32
الشكل5.2: مثال لنظاممجمع الأنبوب المفرغETC)	33
شكل رقم 6.2 يوضح مقطر شمسي	38
شكل رقم 7.2يمثل الشكل جهاز مستشعر الحرارة Thermocouples	56
شكل رقم 8.2يمثل الشكل جهاز قياس درجة حرارة الجو(Thermometre	57
شكل رقم 9.2يمثل الشكل جهاز قياس شدة الاشعاع الشمسي (solarometer)	58
شكل رقم 10.2 يمثل الشكل اناء مدرج	58
شكل رقم 11.2الشكل يمثل المضخة الحرارية المستعملة في التجربة	59
شكل رقم 12.2يمثل الشكل المضخة المسخة للمياه في التجربة(pompe à résistance	60
شكل رقم 13.2شكل يوضح مكان التجربة	61

فهرس الجداول :

الرقم	العنوان	الصفحة
01	**مصادر الطاقة للأنظمة المناخية**	**09**
02	**تصنيف المجمعات الشمسية وفقا لدرجة التركيز ودرجة الحرارة**	**14**
03	**مزايا وعيوب مكثفات الطاقة الشمسية**	**24**
04	**جدول يوضح عملية و مراحل صنع المقطر البسيط**	**53/52**

المقدمة

المقدمة

لقد أصبحت الطاقة عصب الحياة الحديثة ومؤشرا لتقدم الشعوب، فقد تزايد الطلب على مصادر الطاقة في بداية القرن العشرين بسبب تنوع وتطور مجال الصناعة والتكنولوجيا الحديثة التي تعتمد في تشغيلها على الطاقة، إلا أن بعض مصادر هذه الطاقة تعرف بنفاذها وارتفاع تكلفتها وصعوبة استغلالها، لهذا لجا الإنسان حديثا الاستغلال آيات الله في كونه وذلك بالاستفادة من مختلف الطاقات المتجددة والمستدامة والمعروفة باستحالة زوالها، فتنبه إلى إمكانية الاستفادة من حرارة الشمس التي تتصف بأنها طاقة متجددة ودائمة شانها في ذلك شان الطاقة التي يمكن الحصول عليها من الرياح أو جريان الماء أو غيرها من الظواهر الطبيعية التي يمكن إنتاج الطاقة منها، كما أدرك الإنسان جليا الخطر الكبير الذي يسببه استخدام مصادر الطاقة الأخرى والشائعة النفط والبترول والغاز الطبيعي(في تلوث البيئة وتدميرها، مما يجعل الطاقة المتجددة والبديلة الخيار الفضل في هذا العصر.

ومن التطبيقات التي تتم باستخدام الطاقة الشمسية نظم التسخين والتبريد خلال التصميمات المعمارية التي تعتمد على استغلال الطاقة الشمسية، والماء الصالح للشرب خلال التقطير والتطهير، واستغلال ضوء النهار، وتسخين المياه، و الطهو بالطاقة الشمسية، ودرجات الحرارة المرتفعة في أغراض صناعية ، و التي تستخدم عدة ألات و عمليات من أجل هذا الاستغلال و نحن بدورنا إخترنا أحدى هذه العمليات التي ستكون محط تجربة في بحثنا هذا ألا و هي استغلال الطاقة بالمقطر الشمسي .

الفصل الأول

الطاقة الشمسية

I. الطاقة:

الطاقة هي إحدى صور الوجود، فالكون مكون من أجرام وطاقة. منذ النظرية النسبية لاينشتاين نعرف تكافؤ المادة والطاقة، فالطاقة يمكن ان تتحول إلى مادة وبالعكس يمكن للمادة أن تتحول إلى طاقة. وقد رأينا تحول المادة إلى طاقة في اختراع القنبلة الذرية.

يمكن للطاقة أن تأخذ أشكالًا متنوعة منها طاقة حرارية، كيميائية، كهربائية، إشعاعية ، نووية، طاقة كهرومغناطيسية، وطاقة حركية. هذه الأنواع من الطاقة يمكن تصنيفها بكونها طاقة حركية أو طاقة كامنة، في حين أن بعضها يمكن أن يكون مزيجًا من الطاقتين الكامنة والحركية معًا، وهذا يدرس في الديناميكا الحرارية.

جميع أنواع الطاقة يمكن تحويلها من شكل لآخر بمساعدة أدوات بسيطة أو أحياناً تستلزم تقنيات معقدة مثلاً من الطاقة الكيميائية إلى الكهربائية عن طريق الأداة الشائعة البطاريات أو المركمات، أو تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية وهذا نجده في محرك احتراق داخلي، أو تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية، وهكذا.

وقد بينت نظرية النسبية لأينشتاين أن المادة والطاقة هما صورتان لشيء واحد، وعرفنا تكافؤ المادة والطاقة ، هذا الاكتشاف اكتشفة أينشتاين عام 1905 وكتبه في النظرية النسبية الخاصة ، ويعبر عن تكافؤ الطاقة والمادة بمعادلته الشهيرة : $E=mc^2$. هذا الاكتشاف الذي نتج عنه اختراع القنبلة الذرية التي ألقيت على هيروشيما عام 1945 وأنهت الحرب العالمية الثانية بين اليابان والولايات المتحدة. ونعرف تحول المادة إلى طاقة من الانشطار النووي و الاندماج النووي.

مصطلحات الطاقة وتحولاتها مفيدة جداً في شرح العمليات الطبيعية. فحتى الظواهر الطقسية مثل الريح، والمطر والبرق والأعاصير تعتبر نتيجة لتحولات الطاقة التي تأتي من الشمس على الأرض. الحياة نفسها تعتبر أحد نتائج تحولات الطاقة: فعن طريق التمثيل الضوئي يتم تحويل طاقة الشمس إلى طاقة كيميائية في النباتات ، يتم لاحقا الاستفادة من هذه الطاقة الكيميائية المختزنة في عملية التمثيل الغذائي للكائنات الحية والإنسان. ومن النبات ينتج الخشب وهو مصدر آخر للطاقة يرجع أصلها إلى الشمس.

ضمن الاستخدام الاجتماعي: تطلق كلمة ''طاقة'' على كل ما يندرج ضمن مصادر الطاقة، إنتاج الطاقة، واستهلاكها وأيضا حفظ موارد الطاقة. بما أن جميع الفعاليات الاقتصادية تتطلب مصدرا من مصادر الطاقة، فإن توافرها وأسعارها هي ضمن الاهتمامات الأساسية والمفتاحية. في السنوات الأخيرة برز استهلاك الطاقة كأحد أهم العوامل المسببة للاحترار العالمي مما جعلها تتحول إلى قضية أساسية في جميع دول العالم. الطاقة هي القدرة على بذل جهد.

II. تحول الطاقة

يمكن تحويل الطاقة الكيميائية المختزنة في بطارية الجيب إلى ضوء. كما تتحول الطاقة الكيميائية المختزنة في بطارية الرصاص إلى طاقة كهربائية. أو تحويل طاقة أشعة الشمس إلى طاقة كهربائية عن طريق لوح ضوئي.

كمية الطاقة الموجودة في العالم ثابتة على الدوام، فالطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم (قانون حفظ الطاقة)، وإنما تتحول من شكل إلى آخر. وعندما يبدو أن الطاقة قد استنفذت، فإنها في حقيقة الأمر تكون قد تحولت إلى صورة أخرى، لهذا نجد أن الطاقة هي قدرة للقيام بالشغل تكون نتيجته مثلا طاقة حركية أو طاقة إشعاعية. فالطاقة التي يصاحبها حركة يطلق عليها طاقة حركة. والطاقة التي لها صلة بالموضع (الجاذبية) يطلق عليها طاقة الوضع (جهدية). فالبندول المتأرجح تختزن به طاقة وضع عند نقطتي النهائية (أعلى نقطتين أثناء حركة البندول ، يمين ويسار) ، وعند كل نقطة نهائية لاهتزاز البندول تتحول طاقة الوضع إلى طاقة حركية لذلك يعود في اتجاه وضع التوازن (أسفل) ومنه إلى النقطة النهائية الثانية ، وهكذا.

الطاقة توجد في عدة أشكال كالطاقة الميكانيكية (حركية)، والطاقة الحرارية، والطاقة الكيميائية ، والطاقة الكهربائية، والطاقة الإشعاعية.

أثبت اينشتاين تكافؤ المادة والطاقة في نظرية النسبية، أي يمكن تحول المادة إلى طاقة وهذا ما يحدث في الشمس (اندماج نووي)، كما يمكن أن تتحول الطاقة إلى مادة مثلما في إنتاج زوجي حيث يتحول شعاع غاما إلى إلكترون وبوزيترون.

أنواع الطاقة

تعتبر الطاقة الحيوانية أول طاقة شغل استخدمها الإنسان في فجر الحضارة عندما استخدم الحيوانات الأليفة في أعماله ثم شرع واستغل قوة الرياح في تسيير قواربه لآفاق بعيدة واستغل هذه الطاقة مع نمو حضارته واستخدمها كطاقة ميكانيكية في إدارة طواحين الهواء وفي إدارة عجلات ماكينات الطحن ومناشير الخشب ومضخات رفع الماء من الآبار وغيرها وهذا ما عرف بالطاقة الميكانيكية.

4.1 طاقة حرارية

نجد الطاقة الحرارية في المحركات البخارية التي تحول الطاقة الكيميائية للوقود إلى طاقة ميكانيكية. فالآلة البخارية يطلق عليها آلة احتراق خارجي، لأن الوقود يحرق خارج المحرك في غلاية لتوليد البخار الذي بدوره يدير المحرك. لكن في القرن التاسع عشراخترع محرك الاحتراق الداخلي، مستخدما وقودا يحترق داخل الآلة (مثلما في السيارة، حيث يحترق البنزين داخل المحرك)، فتصبح مصدرا للطاقة الميكانيكية التي أستغلت في عدة أغراض كتسيير السفن والعربات والقطارات. ومن نماذج الوقود الحيوي الرخيص وقود روث الحيوانات الصلب.

الطاقة غير المتجددة نحصل عليها من باطن الأرض كسائب كما في النفط وكغاز كما في الغاز الطبيعي أو كمادة صلبة كما في الفحم الحجري وهي غير متجددة لأنه لايمكن صنعها ثانية أو استعواضها مجددا في زمن قصير وتلك المصادر هي أصلا تكونت من الطاقة الشمسية واختزنت في النفط والفحم والغاز وترجع جميع مصادر الطاقة المتجددة أيضا إلى الطاقة الشمسية (ماعدا الطاقة النووية) مصادر الطاقة المتجددة نجدها في طاقة الكتلة الحيوية التي تُستمد من مادة عضوية كإحراق النباتات وعظام الحيوانات وروث البهائم والمخلفات الزراعية فعندما نستخدم الخشب أو أغصان الأشجار أو روث البهائم في اشتعال الدفايات أو الأفران فهذا معناه أننا نستعمل وقود الكتلة الحيوية وفي الولايات المتحدة تستغل طاقة الكتلة الحيوية في توليد نحو 3% من مجمل الطاقة لديها لتوليد 10 آلاف ميجا وات من القدرة الكهربائية

وتستغل طاقة الحرارة الأرضية لتوليد الكهرباء والتسخين وهي تحتاج إلى حفر أبار عميقة بين 400 متر إلى 2000 متر لاستخراج الماء الساخن منها واستغلاله في التدفئة أو لتوليد الكهرباء

5.1 طاقة كهربائية

في القرن 19 ظهر مصدر آخر للطاقة وهو الطاقة الكهربائية والتي تعرف بالكهرباء ويمكن الحصول على الكهرباء من الطبيعة عن طريق الصواعق والاحتكاك وهذا صعب وغير مجدٍ اقتصادياً ولكن يمكن توليد الكهرباء بعدة طرق أخرى منها الكيميائية مثل البطاريات أو عن طريق تحويل الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية وذلك بتحريك سلك موصل في مجال مغناطيسي كما في المولدات الكهربائية أو بتسخين مزدوج حراري كما في المزدوجة الحرارية في البطاريات تكون الكهرباء المتولدة ذات تيار مستمر في المولدات الكهربائية تكون الكهرباء المولدة في الغالب ذات تيار متردد ويمكن أن تكون الكهرباء ذات تيار مستمر

6.1 طاقة نووية

ثم ظهرت الطاقة النووية التي استخدمت في المفاعلات النووية حيث يجري الانشطار النووي الذي يولد حرارة هائلة تولد البخار الذي يدير المولدات الكهربائية أو محركات السفن والغواصات لكن مشكلة هذه المفاعلات النووية تكمن في نفاياتها المشعة واحتمال حدوث تسرب إشعاعي أو انفجار المفاعل كما حدث في مفاعل تشيرنوبل الشهير

7.1 طاقة كهرمائية

وطاقة كهرمائية التي تتولد من السدود حاليا نصف الطاقة المتجددة في الولايات المتحدة الأمريكية تأتي من الطاقة الكهرمائية وهي قوة دفع المياه التي تدير التوربينات والتي بدورها تسيّر مولد الكهرباء كما يحدث في مصر في السد العالي وفي أمريكا تمثل كهرباء الطاقة المائية 12% من جملة الكهرباء المنتجة ويمكن مضاعفتها إلي 72 ألف ميجاوات حيث تتوفر مياه الأنهار والبحيرات

8.1 طاقة الرياح

هناك أيضا طاقة قوة الرياح حيث تُستخدم مراوح كبيرة تدور بالهواء والرياح وبواسطة مولد كهربائي تقوم بإنتاج التيار الكهربائي كانت قوة الرياح تستغل في إدارة طواحين الهواء ومضخات رفع المياه كما إتبع في هولندا عندما نزح الهولنديون مساحات مائية من البحر لتوسيع الرقعة الزراعية عندهم سبب عدم انتشارها

في العالم أصواتها المزعجة وقتلها للطيور التي ترتطم بشفراتهاالسريعة وعدم توفر الرياح في معظم المناطق بشكل مناسب

2 الطاقة الشمسية

الطاقة الشمسية هي الطاقة الأم فوق كوكبنا، حيث تنبعث من أشعتها كل الطاقات المذكورة سابقاً لأنها تسير كل ماكينات وآلية الأرض بتسخين الجو المحيط واليابسة وتولد الرياح وتصريفها، وتدفع دورة تدوير المياه، وتدفيء المحيطات، وتنمي النباتات وتطعم الحيوانات. ومع الزمن تكون الوقود الإحفوري في باطن الأرض. وهذه الطاقة يمكن تحويلها مباشرة أو بطرق غير مباشرة إلى حرارة وبرودة وكهرباء وقوة محركة. تعتبر أشعة الشمس أشعة كهرومغناطيسية، وطيفها المرئي يشكل 49% منها، والغير مرئي منها يسمى بالأشعة الفوق البنفسجية، ويشكل 2%، والأشعة تحت الحمراء 49%.

الطاقة الشمسية تختلف حسب حركتها وبعدها عن الأرض، فتختلف كثافة أشعة الشمس وشدتها فوق خريطة الأرض حسب فصول السنة فوق نصفي الكرة الأرضية وبعدها عن الأرض وميولها ووضعها فوق المواقع الجغرافية طوال النهار أو خلال السنة، وحسب كثافة السحب التي تحجبها، لأنها تقلل أو تتحكم في كمية الأشعة التي تصل لليابسة، عكس السماء الصحوة الخالية من السحب أو الأدخنة. وأشعة الشمس تسقط على الجدران والنوافذ واليابسة والبنايات والمياه، وتمتص الأشعة وتخزنها في كتلة حرارية .

هذه الحرارة المخزونة تشع بعد ذلك داخل المباني. تعتبر هذه الكتلة الحرارية نظام تسخين شمسي يقوم بنفس وظيفة البطاريات في نظام كهربائي شمسي (الفولتية الضوئية). فكلاهما يختزن حرارة الشمس لتستعمل فيما بعد.

والمهم معرفة أن الأسطح الغامقة تمتص الحرارة ولا تعكسها كثيراً، لهذا تسخن. عكس الأسطح الفاتحة التي تعكس حرارة الشمس، لهذا لا تسخن. والحرارة تنتقل بثلاث طرق، إما بالتوصيل من خلال مواد صلبة، أو بالحمل من خلال الغازات أو السوائل، أو بالإشعاع. من هنا نجد الحاجة لانتقال الحرارة بصفة عامة لنوعية المادة الحرارية التي ستختزنه، لتوفير الطاقة وتكاليفها. لهذا توجد عدة مبادئ يتبعها المصممون لمشروعات الطاقة الشمسية، من بينها قدرة المواد الحرارية المختارة لتجميع وتخزين الطاقة الشمسية حتى في تصميم المباني واختيار مواد بنائها حسب مناطقها المناخية سواء في المناطق الحارة أو المعتادة أو الباردة. كما

يكونون على بينة بمساقط الشمس على المبني والبيئة من حوله كقربه من المياه واتجاه الريح والخضرة ونوع التربة، والكتلة الحرارية التي تشمل الأسقف والجدران وخزانات الماء. كل هذه الاعتبارات لها أهميتها في امتصاص الحرارة أثناء النهار وتسربها أثناء الليل.

1.2: الإشعاع الشمسي

الشمس هي مقر لعمليات نووية وحرارية دائمة وتنتج كمية هائلة من الطاقة، وتسمى الطاقة المنبعثة من الشمس بالطاقة الشمسية أو الإشعاع الشمسي. وعلى الرغم من المسافة الكبيرة بين الشمس والأرض، فإن كمية الطاقة الشمسية التي تصل إلى الأرض تعتبر كمية هائلة. وهذه الطاقة هي مصدر الطاقة الطبيعي الأول على الأرض بالرغم من كونه مصدر يقع بعيدا عنا ويقطع الإشعاع طريقا طويلا حتى يصل إلينا. توجد مصادر أخرى للطاقة مثل: تدفق الحرارة الأرضية المتولدة من باطن الأرض، والنشاط الإشعاعي الطبيعي للأرض، والإشعاع الكوني، وكلها تكون ضئيلة مقارنة مع الإشعاع الشمسي. من المثير للاهتمام أن نعرف أن الشمس هي المصدر الرئيسي للطاقة للنظام المناخي، متجاوزا المصدر الهام التالي وهو الطاقة الحرارية الأرضية بأربعة رتب في المقدار!، انظر الجدول 1.2.

في أي وقت، تعترض الأرض من الإشعاع الشمسي ما يقرب من 180×10^6 GW. يختلف مقدار الطاقة المستلمة في موقع جغرافي معين باختلاف الوقت: بين النهار والليل بسبب دوران الأرض وبين الفصول بسبب مدار الأرض. وفي وقت معين، يختلف مقدار الطاقة المستلمة أيضا في الفضاء، بسبب التغيرات في ميل أشعة الشمس مع خطوط الطول والعرض. وتبعاً لذلك، فإن مقدار الطاقة المستقبلة في موقع معين وفي وقت معين يعتمد على الموقع النسبي للشمس والأرض. وهذا هو السبب في أن كل من هندسة الأرض والشمس والوقت يلعبان دورا مهما في أنظمة تحويل الشمسية وتحويل الطاقة الضوئية.

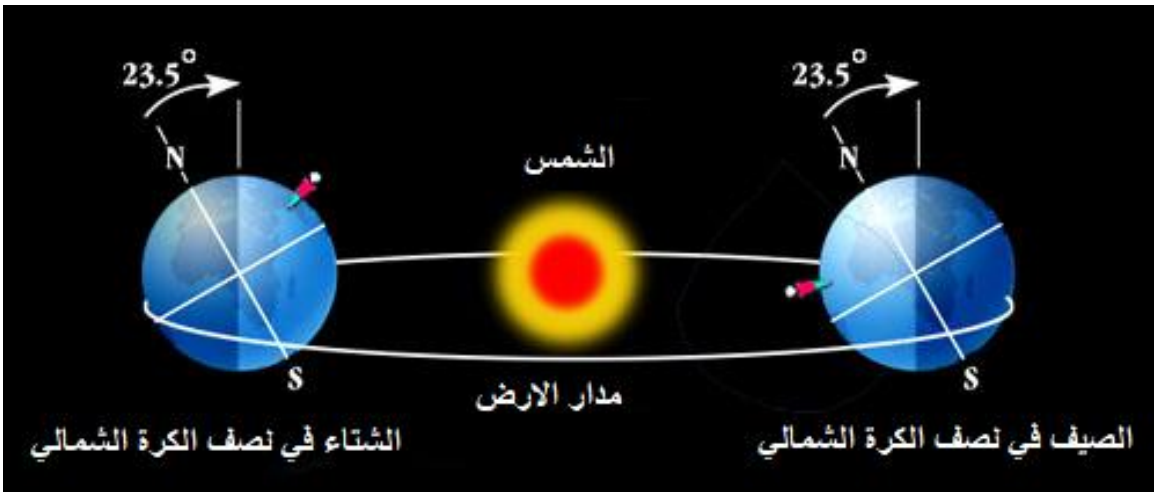
الجدول .11: مصادر الطاقة للأنظمة المناخية

الإشعاع الشمسي	1.74×10^{17} W
الطاقة الحرارية الأرضية	3.2×10^{13} W
الطاقة المتولدة بنشاطات بشرية	1.0×10^{13} W
انبعاث الأشعة تحت الحمراء بالقمر الكامل	5.0×10^{12} W
الإشعاع الشمسي المنعكس بالقمر الكامل	2.0×10^{12} W
الإشعاع بواسطة النجوم الأخرى	8.0×10^{8} W

1.1.2: مصطلحات و تعاريف الطاقة الشمسية

مصدر الإشعاع الشمسي: الشمس هي مصدر معظم الطاقة على الأرض وهو عامل أساسي في تحديد البيئة الحرارية للمنطقة. لذلك، من المهم أن يكون لدى المهندسين معرفة عملية بعلاقة الأرض بالشمس. ينبغي أن يكونوا قادرين على عمل التقديرات الصحيحة لكثافة الإشعاع الشمسي ومعرفة كيفية إجراء القياسات البسيطة للإشعاع الشمسي. ينبغي عليهم أيضا فهم الآثار الحرارية للإشعاع الشمسي ومعرفة كيفية التحكم فيها أو استخدامها. فكما نعلم أن الأرض كروية تقريبا بقطر حوالي 7،900 ميل، وتدور واحدة حول محورها كل 24 ساعة وتكمل دورة كاملة حول الشمس في فترة ما يقرب من 365 يوم وربع. تدور الأرض حول الشمس في مسار دائري تقريبا، مع وجود الشمس بعيدة عن مركز الدائرة قليلا. المسافة المتوسطة بين الأرض الشمس هي 93000 الف ميل. فيأول يناير، تكون الأرض أقرب ما يكون إلى الشمس في حين أن أول يوليو تكون الأكثر بعدا، بحوالي 3.3 ٪ بعيدا. وبما أن كثافة الإشعاع الشمسي الذي يسقط على قمة الغلاف الجوي تتفاوت عكسياً مع مربع المسافة بين الشمس والأرض، فإن الأرض تحصل على حوالي 7% من الإشعاع الشمسي في يناير أكثر مما تحصل عليه في يوليو. كما يميل محور دوران

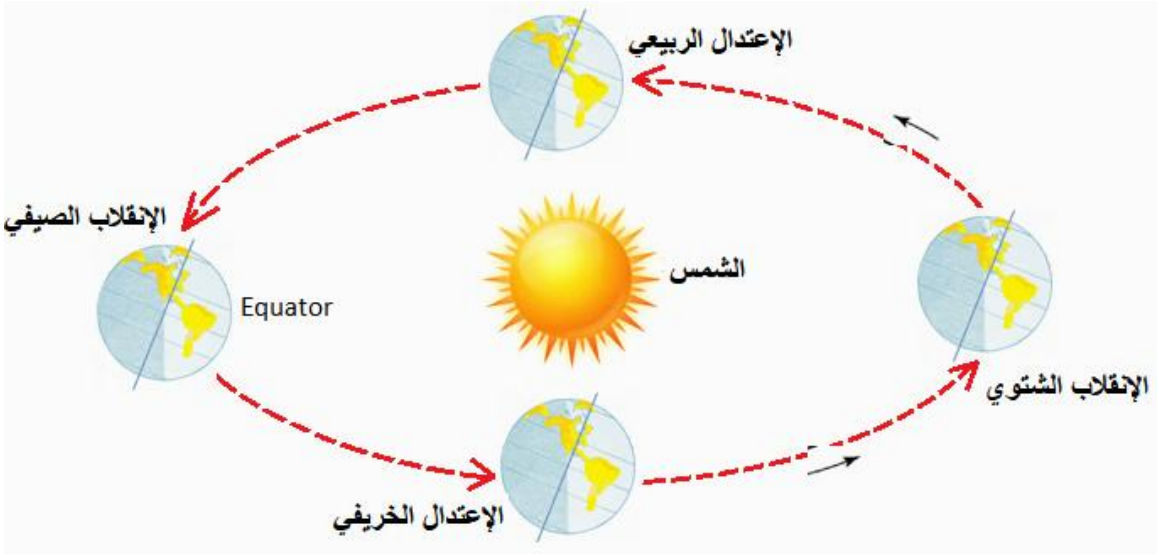
الأرض حول نفسها بـ 23.5 درجة بالنسبةلمدارها حول الشمس، الشكل 2.2.



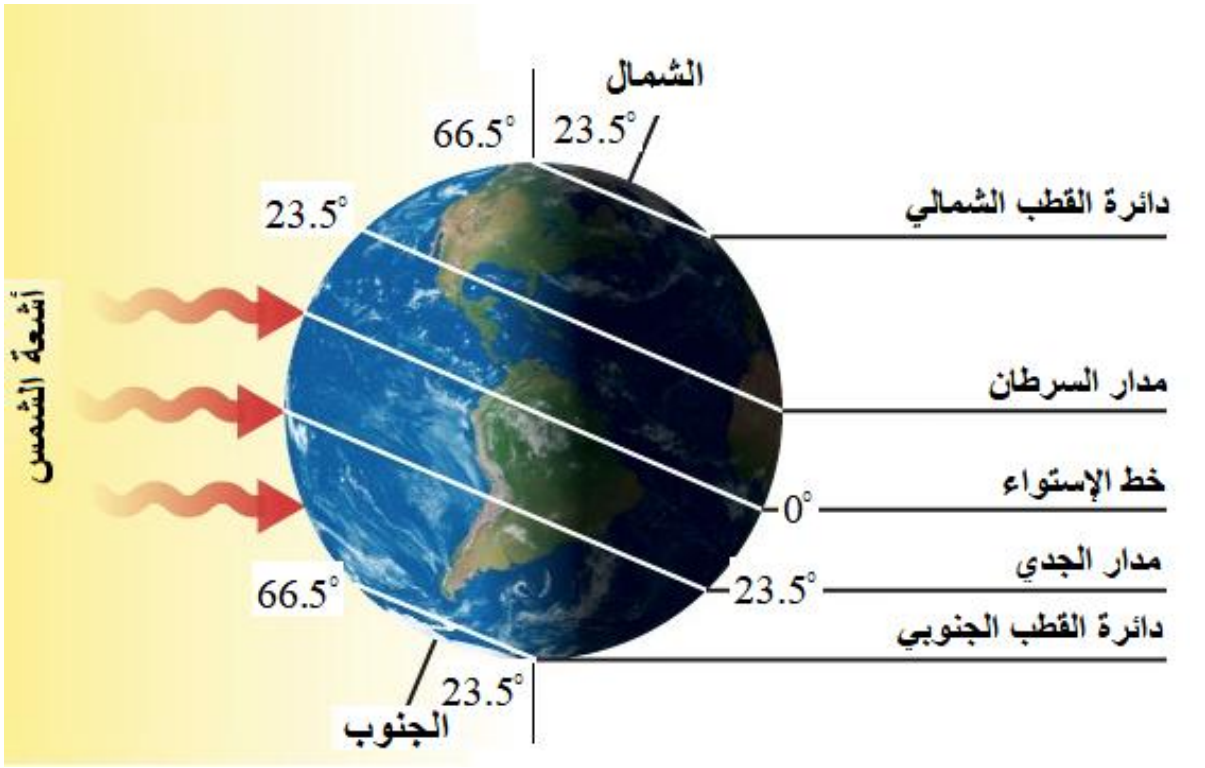
الشكل1–1: ميل محور دوران الأرض حول نفسها عن محور مدارها حول الشمس.

إن موقع الأرض المائل على أشعة الشمس له أهمية وتأثير عميق،حيثأن دوران الأرض اليومي علاوة على الدورة السنوية، يفسر توزيع الإشعاع الشمسي على سطح الأرض، وتغيير طول ساعات النهار والليل، وتغيير الفصول. ونظرا لأهمية هذا التأثير سوف نتناول هندسة الأرض والشمس بشيء من التفصيل.

يوضح الشكل 3.2 تأثير محور الأرض المائل في الأوقات المختلفة من السنة. بينما يبين الشكل 4.2 موقع الأرض بالنسبة لأشعة الشمس في وقت الانقلاب الشتوي. عند الانقلاب الشتوي (حوالي 22 ديسمبر)، يميل القطب الشمالي إلى 23.5 درجة بعيدا عن الشمس. تكون جميع النقاط على سطح الأرض شمال خط العرض 66.5 درجة شمالا في الظلام الدامس بينما تستقبل جميع المناطق داخل الـ 23.5 درجة من القطب الجنوبي أشعة الشمس بشكل مستمرة. وفي وقت الانقلاب الصيفي (حوالي 22 يونيو)، ينعكس الوضع. أما في أوقات الاعتدالين (حوالي 22 مارس و 22 سبتمبر)، كلا القطبين (الشمالي والجنوبي) على مسافة واحدة من الشمس ويكون لجميع النقاط على سطح الأرض 12 ساعة من ضوء النهار و 12 ساعة من الظلام.



الشكل2.1 : دورة الأرض حول الشمس.



الشكل 3.1: موضع الأرض بالنسبة لأشعة الشمس في وقت الانقلاب الشتوي.

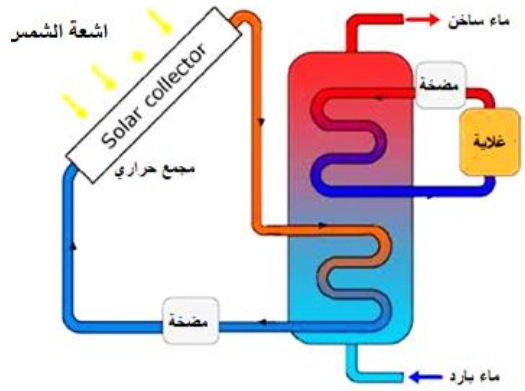
بالإشارة إلى الشكل 5.2، يمكن تعريف أي موضع (P) على سطح الأرض بالنسبة بأشعة الشمس في أي لحظة بدلالة خطوط الطول وخطوط العرض. خطوط الطول هي دوائر متوازية متساوية التباعد مرسومة على سطح الكرة الأرضية وتمر بكلا القطبين الشمالي والجنوبي ومراكزها هو مركز الأرض وهي تحدد الوقت. أما

خطوط العرض فهي الدوائر المتساوية التباعد المرسومة على سطح الكرة الأرضية موازية لخط الاستواء وتقع مراكزها على محور دوران الأرض.

2.1.2: نظم ومجمعات الطاقة الشمسية

النظام الحراري الشمسي هو أداة تقوم بتجميع وتحويل ضوء الشمس إلى حرارة ويتكون من:المجمع، وتقنية التخزين (على سبيل المثال،الغلاية، التخزين المدمج)، ونظام التحكم في الطاقة الشمسية (مثل التحكم في فرق درجة الحرارة). يبين الشكل 11.2: رسم مبسط لمكونات نظام شمسي.

العنصر الأكثر أهمية والأغلى ثمنا في نظام الطاقة الشمسية النشط هو حقل المجمعات، والذي يمكن عمله في إصدارات متعددة، بدءًا من تصنيع مجمعات الطاقة الشمسية، وانتهاء بتركيب وضبط المجمعات في الموقع. المجمع الشمسي هو جهاز ميكانيكي يلتقط الطاقة الشمسية المشعة ويحولها إلى طاقة حرارية مفيدة. تأتي ميكانيكية المجمع من قدرته على تتبع أشعة الشمس على مدار ساعات النهار.



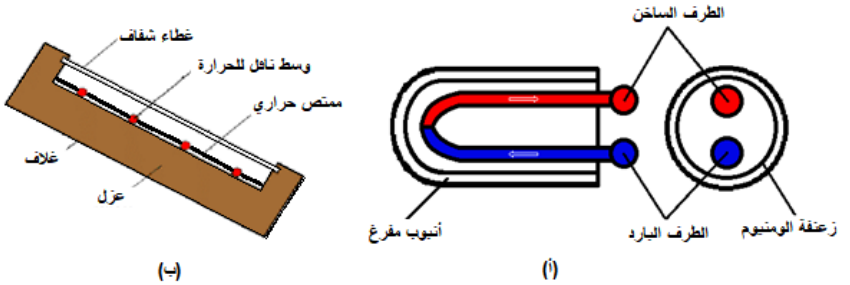
الشكل 4.1: رسم مبسط لمكونات نظام شمسي.

لذلك، فإن العنصر الرئيسي في النظام الحراري الشمسي هو المجمع الحراري الشمسي، الذي يمتص الإشعاع الشمسي. الغرض من هذا المجمع هو تجميع ضوء الشمس وتحويله بكفاءة عالية إلى حرارة. هذه الحرارة

تنتقل وسيط سائل يقومبنقلها إلى مبادل حراري عبر مضخات مع حد أدنى من فقدان الحرارة. يقوم المبادل بنقل الحرارة إلى خزان منزليللماء الساخن. يجب أن تكون المسافة بين المجمع والخزان قصيرة قدر الإمكان لتقليل فقد الحرارة. هناك نوعان من أنظمة الطاقة الشمسية الحرارية: نظام تسخين شمسي لإنتاج مياه منزلية ساخنة ونظام إضافي للطاقة الشمسية للتدفئة.يتوفر نوعان رئيسيان من المجمعات الحرارية الشمسية: مجمع الأنبوب المفرغ ومجمع اللوح المسطح .

يتكون **مجمع الأنابيب المفرغة** من مصفوفة منالأنابيب الزجاجية المتوازية،يحيث يحتوي كل أنبوب على أنبوبين زجاجيين: أنبوب زجاجي خارجي وأنبوب زجاجي داخلي وبينهما حيز مفرغ من الهواء يسمح بفقد صغير للحرارة من الداخل الى الخارج. يتم تضمين ممتص الحرارة داخل الأنبوب الداخلي الذي يحتوي على وسط سائل او هواء لنقل الحرارة من المجمع الى مبادل حراري، الشكل12.2(أ). بينما يتكون **مجمع اللوح المسطح** من صندوق معزول من أسفل ومن الجوانب مع غطاء زجاجي أو بلاستيكي في الأعلى ويوضع الممتص الشمسي في أسفل الصندوق من الداخل، مع وجود ممتص للضوء، الشكل 12.2 (ب). ما يقرب من 90 ٪ من جميع المجمعات في ألمانيا، على سبيل المثال، هي مجمعاتالألواح المسطح ، نظرا لرخص تكلفتها.

إن تحويل طاقة الإشعاع الشمسي إلى طاقة حرارية هي تكنولوجيا تحويل الطاقة الشمسية الأكثر شيوعا في العالم وهي الأكثر تطوراً في يومنا هذا. يمثل مستوى درجة الحرارة ومقدار هذه الطاقة المحولة المتغيرات الأساسية التي يجب أن تكون معروفة لقياس مدى كفاءة نظام التحويل. يلخص الجدول 4.2 مقارنة درجة الحرارة الممكن تحقيقها وفقا لمستوى التركيز لبعض الأنظمة الحرارية مع أنواع مختلفة من المجمعات الحرارية.في الفصول التالية، سيتم تقديم مزيد من التفاصيل حول الأنواع الرئيسية المختلفة من مجمعات الطاقة الشمسية والتكنولوجيات المستخدمة.



الشكل 5.1: (أ) مجمع الأنبوب المفرغ و (ب) مجمع اللوح المسطح.

الجدول 4.2: تصنيف المجمعات الشمسية وفقا لدرجة التركيز ودرجة الحرارة

التصنيف	نوع المجمع	درجة الحرارة، ^{o}C	الكفاءة %
بدون تركيز	اللوح المسطحوالأنبوب المفرغ	حتى 75	50-30
تركيز متوسط	أسطوانة القطع المكافئ	حتى 200	70-50
تركيز عالي	مرآة القطع المكافئ	1500 وأكثر	75-60

2.2: مجمع الألواح الشمسية المسطح وتطبيقاته

ربما تكون المجمعات الشمسية المسطح هي أكثر التقنيات الأساسية والأكثر أستخداما فيأنظمة تسخين المياه المنزلية التي تعمل بالطاقة الشمسية. الفكرة العامة وراء هذه التكنولوجيا بسيطة جدا، وهي أن أشعة الشمس الساقطة تسخن سطحا مستويا داكن اللون لتجميع كمية أكبر من الطاقة قدر الإمكان. ثم بعد ذلك يتم نقل الطاقة إلى ماء أو هواء أو أي سائل آخر للاستخدام اللاحق. يبين الشكل 13.2 المكونات الرئيسية لمجمع طاقة شمسية ذيلوح مسطح نموذجي، وهي كالأتي:

- الغطاء: وهو عبارة عن لوح أو أكثر مصنوع من الزجاج أو أي مادة أخرى شفافة للأشعة الشمسية.
- ممرات تدفق وسيط نقل الحرارة: وهي مواسير، وزعانف، أو ممرات تقوم بتوصيل الحرارة أو بتوجيه تدفق وسيط نقل الحرارة من مدخل المجمع الشمسي إلى مخرجه.
- لوح الإمتصاص:وهي ألواح مسطحة، أو مموجة، أو محفورة يتم تثبيت المواسير، أو الزعانف، أو

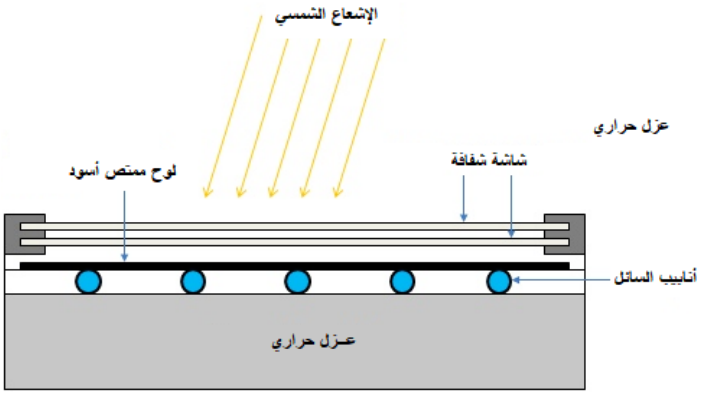
الممرات عليها. و الطريقة النموذجية هي التثبيت الضمني. وعادة يتم طلاء اللوح بطبقة لها معامل إمتصاص مرتفع و معامل إنبعاث منخفض.

- مواسير التجميع أو التفريعات:وهي مواسير أو دكتات للسماح بدخول و خروج وسيط نقل الحرارة.
- العزل الحراري:وهو يستخدم لتقليل الفقد الحراري من خلف وجوانب المجمع الشمسي.
- الغلاف: الغلاف يحيط بالمكونات سالفة الذكر ويحميها من الغبار، والرطوبة، و أي مواد أخرى.

عادة ما تعمل أنظمة اللوح المسطح وتصل إلى أقصى قدر من الكفاءة في نطاق درجات الحرارة من 30 إلى 80 درجة مئوية، ومع ذلك، يمكن لبعض الأنواع الجديدة من المجمعات التي تستخدم العزل المفرغ تحقيق درجات حرارة أعلى (حتى 100 درجة مئوية). وبسبب إدخال طلاءات انتقائية، تبين أن درجة حرارة السوائل الراكدة في مجمعات الألواحالمسطح قد وصلتإلى 200 درجة مئوية.

تتمثل بعض مزايا مجمعات اللوح المسطح في أنها:

- سهل الصنع
- منخفض التكلفة
- يجمع كل من الإشعاعالمباشر والإشعاعالمنتشر
- ثابت بشكل دائم (ولا يلزم وجود معدات متطورة لاختيار المواقع أو التتبع)
- قليلالصيانة.



- **الشكل 6.1: رسم تخطيطي لمجمع شمسي بلوحة مسطحة بوسيط نقل سائل. يتم امتصاص الإشعاع الشمسي بواسطة اللوح الأسود وينقل الحرارة إلى السائل الموجود في الأنابيب. يمنع العزل الحراري فقدان الحرارة أثناء نقل السائل. تقلل الشاشات (اللوح الشفاف العلوي) من فقد الحرارة بسبب الحمل الحراري والإشعاع إلى الغلاف الجوي.**

ينبغي أن يتم توجيه المجمع الشمسي بشكل مباشر إلى ناحية خط الاستواء، فيكون مواجهها للجنوب بالنسبة لنصف الكرة الشمالي ومواجهها للشمال بالنسبة لنصف الكرة الجنوبي. وزاوية ميل المجمع الشمسي المثالية تكون مساويةلخط العرض الجغرافي المار بموقع المجمع الشمسي، وذلك باختلاف يقل أو يزيد عن مقدار معين $\left(\pm 15^{o}\right)$، و يتوقف ذلك علىنوعية التطبيقات المستخدمة فيها هذه المجمعات الشمسية، فإذا كان التطبيق في استخدامات التبريد، فإن زاوية الميل ستكون مساوية لخط العرض الجغرافي– 15°حتى تكون الشمس عمودية على المجمع الشمسي خلال فصل الصيف، وهي الفترة التي تغلب فيها الحاجة إلى الطاقة اللازمة للتبريد. وإذا كان التطبيق في استخدامات تدفئة هواء المساحات المعمارية، فإن زاوية الميل ستكون مساوية لخط العرض الجغرافي + 15°؛ وفي حالة تطبيق المياه الساخنة فإن زاوية الميل تكون مساوية لخط العرض الجغرافي + 5°، وذلك حتى يكون أدائها أفضل نسبياً خلال فصل الشتاء، وهي الفترة التي يغلب فيها الحاجة إلى المياه الساخنة.

خيارات الموائع الحرارية:يمكن فيمجمعات اللوح المسطح استخدامسائل أو هواء لنقل الحرارة. هناك خيار واحد أكثر لتشغيل هذا المجمع وهو أن**الماء**يعتبر أحد الخيارات الشائعة كمائع سائل بسبب سهولة

توفره وخصائصه الحرارية الجيدة حيث:

- للماء سعة حرارية عالية نسبيا
- الماء غير قابل للضغط (أو يكاد لا ينضغط)
- للماء كثافة كتلة عالية (مما يسمح باستخدام أنابيب ومواسير صغيرة للنقل).

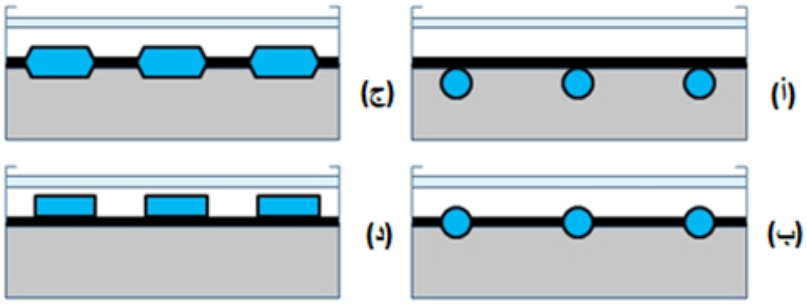
أحد عيوب الماء هو أنه يتجمد خلال فصل الشتاء، مما قد يتلف جهاز التجميع أو الأنابيب. يمكن حل هذه المشكلة عن طريق تصريفماء المجمع عند انخفاض المدخلات الشمسية في أيام الشتاء (أقل من عتبة إضاءة حرجة). غالباً ما يتم استخدام أجهزة استشعار تصريف لرصد النظام ولضمان التجفيف الكامل، حيث يمكن أن يتسبب تجمد الماء في الجيب في حدوث ضرر. إعادة ملء النظام بالماء في صباح اليوم التالي لا يكون كاملا، حيثيمكن للجيوب الهوائية المحتمل تكونها في المجمع أن تسبب مشكلة، الأمر الذي قد يعوق تدفق المياه ويقلل من كفاءة النظام. كما يمكن استخدام مزيج مضادللتجمد بدلاً من الماء النقي للتخفيف من المشاكل المذكورة أعلاه. المكونات المضادة للتجمد الشائعة هي جلايكول الإثيلين أو البروبيلين غليكول. يتطلب خلط تلك المواد الكيميائية مع الماء أنظمة مغلقة الحلقة والتخلص السليم بسبب السمية. كما يجب اتباع خدمة التجمد الاسميةوالتي تكون كل 5 سنوات تقريبا، وبعد ذلك يجب استبدال المزيج.

كما يمكن استخدام **الهواء** كمائع لنقل الحرارة في بعض تصاميم المجمعاتالمسطح.هذا الخيار مناسب بشكل أفضل لتطبيقات التدفئة في مساحات الفضاء أو في تجفيف المحاصيل. عادة ما تكون هناك حاجة إلى مروحة لتسهيل تدفق الهواء في النظام ونقل الحرارة بكفاءة. يمكن لبعض التصميمات توفير حركة سلبية (بدون مروحة) للهواء بسبب الطفو الحراري.

يمكن أيضا استخدام **سوائل تغير–الطور**(Phase-change liquids) في مجمعات الألواحالمسطح.يتم

تضمين بعض مخفضات الحرارة في هذه المجموعة من الموائع، بالتالي فإنها لا تتجمد، مما يزيل المشاكل المفسرة أعلاه في حالة الماء، وبسبب نقطة الغليان المنخفضة يمكن أن لهذه الموائع أن تتغير من السائل إلى غاز مع زيادة درجة الحرارة. هذه الموائع يمكن أن تكون عملية ومناسبة في الأماكن التي تتطلب استجابة سريعة لتقلبات درجات الحرارة السريعة.

بناء المجمعات: من الاعتبارات الرئيسية عند تصميم مجمع اللوح المسطح زيادة كفاءة الامتصاص، وتقليل الانعكاس وتقليل فقد الإشعاع، ونقل الحرارة الفعال من لوحة التجميع إلى السوائل. من القضايا الهامة الحصول على علاقة حرارية جيدة بين لوحة الامتصاص والتغيرات (الأنابيب أو المجاري التي تحتوي على سوائل نقل الحرارة). يبين الشكل 14.2تصميمات بناء المختلفة تحاول معالجة هذه المسألة.



الشكل 7.1: تصميمات مختلفة لتجميع المجمعات المسطح . رموز اللون: أزرق فاتح – غطاء زجاجي، أزرق داكن – قنوات مائع، الأسود – مواد امتصاص سوداء، الرمادي – عازل. تتضمن بعض التصميمات (ب) و (ج)قنوات السوائل في هيكل لوحة الامتصاص لزيادة التوصيل الحراري بين المكونات. وتشمل التعديلات الأخرى (أ، د) الأنابيب والقنوات ملحومة أو مصبوغة باللوحة.

مجموعة القنوات الصفيحية يمكن أن تستخدم مجموعة متنوعة من طرق تركيب المكونات – أسمنت حراري، لحام، مشابك، لحام نحاس، آلات ضغط ميكانيكية. احد الاعتبارات في اختيار طريقة التجميع هي تكلفة العمالة والمواد. وفيما يلي سنناقش نقل الطاقة والتوازن داخل المجمع المسطح.

توازن الطاقة في مجمع اللوح المسطح : المفهوم الأساسي للتحليل الحراري لأي نظام حراري هو الحفاظ على الطاقة، والتي يمكن تحليلها من خلال حساب توازن الطاقة في ظل ظروف الحالة المستقرة (الحالة

الثابتة).في الحالة الثابتة، يكون ناتج الطاقة المفيدة للمجمع هو الفرق بين الإشعاع الشمسي الممتص والفقد الكلي الحراري من المجمع، بمعنى،

$$\text{Useful energy} = \text{Absorbed solar energy} - \text{Thermal losses} \quad 2.9$$

من الواضح، أنه كلما زاد إنتاج الطاقة المفيدة من تصميم معين، ترتفع الكفاءة المتوقعة. الكفاءة الحرارية للمجمع هي متغير مهم يجب أخذه في الاعتبار في هذا النوع من التحليل لأنهاهي الأساس في المقارنة بين المواد والتعديلات المختلفة لأنظمة التجميع. الكثير من الحسابات النظرية المعروضة في الكتب (وكذلك في هذا الباب)، تهدف في نهاية المطاف إلى تقييم الكفاءة. من تعرف الكفاءة الحرارية (η) بالتعبير التالي،

$$\eta = \frac{Q_u}{A_c G_T} \quad 2.10$$

حيث Q_u هو ناتج الطاقة المفيدة من المجمع، G_T هو فيض أو تدفق الإشعاع الشمسي الساقط، و A_c هو مساحة المجمع. لذا، المقام هنا هو إجمالي مدخلات الطاقة للمجمع. في هذه الصيغة G_T هوالمتغير التي يصف الظروف الخارجية، وعادة ما يكون معروفا من القياسات العملية (بواسطة مقياس البيرانومتر) أو الافتراضات لموقع معين. مساحة المجمع هي خاصية فنية للجهاز. لذا، فإن السؤال الرئيسي هنا هو كيفية تقديرالطاقة المفيدة.

كما ذكرنا أعلاه، لإيجاد كم من الطاقة تبقى متاحة للشغل الحراري المفيد، فإننا نحتاج إلى فهم توازن الطاقة داخل المجمع (الطاقة الممتصة –الفقد).

يمكن التعبير عن توازن الطاقة أيضابالمعادلة الرئيسية التالية:

$$Q_n = A_c\left[S - U_L\left(T_{\text{plate}} - T_{\text{ambient}}\right)\right] \quad 2.11$$

حيث S هو الإشعاع الشمسي الممتص، U_L هو مجموع الفقد، T_{plate} هي درجة حرارة لوحة الامتصاص،

و $T_{ambient}$ هي درجة حرارة الهواء المحيط، و A_c مرة أخرى هي مساحة سطح المجمع.

تعتبر هذه المعادلة حجر الزاوية في تحليل توازن الطاقة، ولعمل هذا نحتاج إلى فهم كيفية الحصول على الكميات S و U_L.

في الحالة العامة، عندما تكون قياسات الإشعاع الشمسي الساقط (I_T) معلومة، يكون التقريب المناسب للطاقة الممتصة على الصورة:

$$S = (\tau\alpha)_{av} I_T \qquad 2.12$$

هنا $(\tau\alpha)_{\text{av}}$ حاصل ضرب نفاذية غطاء المجمع ومتوسط امتصاص اللوحللأنواع المختلفة من الإشعاع. في الواقع، $(\tau\alpha)_{\text{av}} \approx 0.96(\tau\alpha)_{beam}$ تستندعلى تقديرات عملية. الآن، بما أن كل من الإشعاع الممتص والمفقود معروف، يمكن تعين كسب الطاقة المفيدة عن طريق معادلة توازن الطاقة المذكورة أعلاه.

أداء وتوصيف مجمع اللوح المسطح:يمكن تحقيق أقصى قدر ممكن من كسب الطاقة المفيدة عندما يكون المجمع في نفس درجة حرارة السائل الموجود بالداخل. في هذه الحالة، يتم تقليل الحرارة المفقودة. ومع ذلك،ليس هذا هو الحال دائمافي وضع التشغيل الفعلي. لوصف الكسبالفعال (الفعلي) للطاقة المفيدة من خلال التبادل الحراري، يجب علينا إدخال عامل إزالة الحرارة، F_R.

هذا المعامل يبين كم من الطاقة يتبقى بعد فقد الحرارة إلى الوسط المحيط بسبب فرق درجة الحرارة بينالمجمعوالداخل. لذلك، يمكن كتابة معادلة توازن الطاقة للنظام الفعلي على النحو التالي،

$$Q_u = A_c F_R \left[S - U_L (T_i - T_a) \right] \qquad 2.13$$

تذكرنا هذه المعادلة بمعادلة توازن الطاقة التي تمت مناقشتها من قبل، فقط مع عامل التدفق، F_R . يعتمد عامل التدفق هذا على معدل تدفق كتلة السائل والسعة الحرارية.

يمكن التحقق من النماذج والحسابات النظرية الموضحة هنا من خلال إجراء اختبارات أداء المجمع. بما أن المواد الجديدة وتصاميم المجمعات الجديدة تظهر في السوق، فهناك حاجة إلى إجراء اختبار ومقاييس موحدة، مما يسمح بالمقارنة الواضحة وتقييم إذا كان أداء المجمع جيد أو لا.

تتمثل الطريقة الأساسية لتقييم أداء المجمع في تعريض النظام للإشعاع الشمسي، وتشغيل السائل خلاله، وقياس درجة حرارة المدخل والمخرج مع معدل التدفق. ثم يمكن حساب كسب الطاقة المفيدة من البيانات التجريبية على النحو التالي،

$$Q_u = mC_p\left(T_\circ - T_i\right) \qquad 2.14$$

بالإضافة إلى ذلك، يمكن تسجيل الإشعاع الساقط على المجمع $\left(G_{\mathrm{T}}\right)$ ودرجة الحرارة الوسط المحيط $\left(G_{\mathrm{a}}\right)$ ، حتى نتمكن من التعبير عن الكسب المفيد بدلالة الإشعاع الساقط على الصورة،

$$Q_u = A_c F_R G_T \left(\tau\alpha\right)_{average} - U_L\left(T_\circ - T_i\right) \qquad 2.15$$

وعلاوة على ذلك، يمكن الحصول على الكفاءة التجريبية للنظام في كل لحظة من التشغيل على الصورة،

$$\eta_i = \frac{Q_u}{A_C G_T} \qquad 2.16$$

باختصار، تأتي مجمعات الألواحالمسطح بأشكال وأحجام ومواد وتشكيلات مختلفة. تجعلها تمثل نموذجا جيدا لفهم توازن الطاقة وأداء النظام. يمكن تحقيق المبدأ الأساسي المتمثل في امتصاص أكبر قدر ممكن من الإشعاع الشمسي (عبر أسطح الامتصاص السوداء) مع تقليل الفقد الحراري إلى البيئة المحيطة قدر الإمكان (عبر شاشات الزجاج والعزل الجيد والأنابيب المفرغة) من خلال التقنيات المختلفة المتداولةفي نطاق الأداء والمواد وتكاليف التصنيع. إن القدرة على التمييز بين تقنيات الألواح المسطح للتطبيقات المختلفة والأماكن المحليـــــة القائمـــــة علـــــى الفيزيـــــاء الأساســـــية هـــــي مهـــــارة ثمينـــــة.

الفصل الثاني

التقطير الشمسي

1. التقطير الشمسي

في التقطير الشمسي (والذي يعني تحلية المياه بالطاقة الشمسية) تستخدم الطاقة الشمسية لتبخير الماء ومن ثم تكثيفه مرة أخرى داخل نفس النظام المغلق، وعلى عكس الأشكال الأخرى لتنقية المياه، يمكن تحويلالماء الملح أو الماء الأسن (أي الذي يحتوي على أملاح مذابة) إلى مياه عذبةللشرب. وعادة يعرف الهيكل الذي يضم هذه العملية باسم وحدة التقطير الشمسية وعلى الرغم من اختلاف الحجم والأبعاد والمواد التركيب، كل ذلك يعتمد على الأسلوب البسيط حيث يدخل المحلول المتدفق إلى النظام ويتم تبخير الماء النقي تاركا خلفه مخلفات سائلة مالحة.

تم بناء أول محطة للطاقة الشمسية "التقليدية" في عام 1872 من قبل المهندس السويدي تشارلز ويلسون في مجمع التعدين في لاس ساليناس فيما يعرف الآن بشمال شيلي (الإقليم الثاني). وكانت هذه المحطة من نوع الأحواض الكبيرة والذي لا يزال يُستخدم حتى الأنللحصول على المياه العذبة منالمياه المالحة لمجتمع تعدين النترات هناك. استخدم هذا المجمع الخلجان الخشبية التي كانت تسود قيعانهابصبغة الأخشاب وحجر الشب. كانت المساحة الإجمالية لمصنع التقطير 4.700 متر مربع، وكان هذا المصنع ينتج 4.9 كجم من الماء المقطر لكل متر مربع من سطح المقطر، وهذا يعادل أكثر من 23000 لتر في اليوم. ظل هذا المصنع الأول يعمل لمدة 40 عاما!

التقطير هو واحد من العديد من العمليات التي يمكن استخدامها لتنقية المياه ويمكن استخدام أي مصدر تسخين. والتقطير الشمسي هو علاج بسيط نسبيا للماء الأسنكمصدر للمياه.[1]

إن المبادئ الأساسية لتقطير المياه الشمسية بسيطة وفعالة، حيث أن التقطير يكرر الطريقة التي تصنع بها

[1] تخة إبراهيم دراســة تجريبية ونظرية لتحسين أداء المقطر الشمسي البسيط (دراسة خاصة بمنطقة ورقلة) لنيل شهادة دكتوراه ، جامعة ورقلة 2022

الطبيعة المطر. طاقة الشمس تسخن الماء إلى درجة التبخر، وعندما يتبخر الماء، يرتفع البخار ويتكثف على سطح زجاج لتجميعه، انظر الشكل 28.2. هذه العملية تزيل الشوائب مثل الأملاح والمعادن الثقيلة وكذلك القضاء على الكائنات الميكروبيولوجيةوتكون النتيجة النهائية هي أن تصبح المياه أنقى من مياه الأمطار. جهاز أكواسول (SolAqua)هو جهاز تقطير شمسي سلبي يحتاج فقط إلى أشعة الشمس للعمل، ولا توجد أجزاء متحركة تبلى أو تتأكل.

الجدول 6.2: مزايا وعيوب مكثفات الطاقة الشمسية[1]

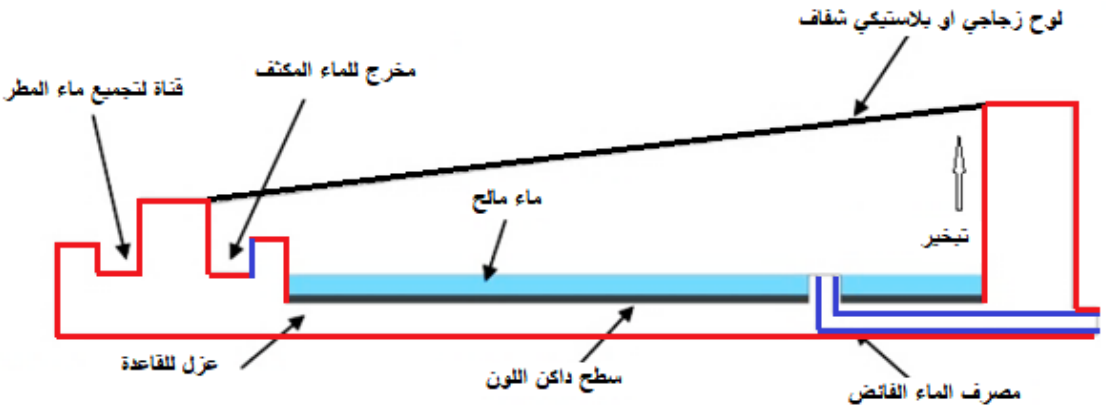
نوع المكثف	المزايا	العيوب
مكثف القطع المكافئ	• تركيز عالي	○ يتطلب مجال رؤية أكبر ○ يحتاج نظام تتبع جيد
مكثف القطع الزائد	• مدمج	○ تحتاج إلى إدخال عدسة عند فتحة المدخل للعمل بفعالية
مكثف فرينل	• أرق من العدسة التقليدية • يتطلب مواد أقل من العدسة التقليدية • قادر على فصل الضوء المباشر والمنتشر ومناسبةللتحكم في إضاءة ودرجة حرارة المباني الداخلية	○ النقص في حواف الأوجه، مما يؤدي إلى تركيز الأشعة بشكل غير صحيح على جهاز الاستقبال
مكثف القطع المكافئ المركب	• كسب أعلى عندما يكون مجال رؤيته ضيقا	○ يحتاج نظام تتبع جيد
مكثف العزل الكهربي بالانعكاس الكي الداخلي	• كسب اعلى من CPC • حجم أصغر من CPC	○ لا يمكن نقل جميع الطاقة الشمسية التي يجمعها الى وسط اقل معامل انكسار
أجهزة التركيز العالي المسطح	• مدمج • تركيز عال جدا	○ صعوبة خلق اتصال كهربائي وغرق حراري بسبب وضع الخلية ○ يجب تصميم البعد الخلية لتقليل تأثير التظليل

[1] من إعداد الطالب

مكثف النقاط الكمية	• لا يحتاج الى أجهزة تتبع • الاستخدام الكامل لكل من الإشعاع الشمسي المباشر والمنتشر	○ صعب التطوير نظرا للمتطلبات عالية من الأصباغ الفلورسنتية

تستخدم أوعية التقطير الشمسية التبخر الطبيعي والتكثيف، وهي العملية التي بها تتكون مياه الأمطار. وهذا يسمح بضبط الأس الهيدروجيني ليكون طبيعيا وينتج طعما ممتازا للماء مقارنة مع الماء الناتج من التقطير بالبخار. إن أوعية التقطيرالشمسية يمكن أن توفر بسهولة ما يكفي من الماء لاحتياجات الأسرة واحتياجات الشرب. كما يمكن استخدام تقطير الطاقة الشمسية لإزالة العديد من الشوائب بشكل فعال، بدءًا من الأملاح إلى الكائنات الدقيقة، وتستخدم حتى في الحصول على مياه الشرب من مياه البحر.

إن أوعية التقطير الشمسية أكواسول هي أجهزة بسيطة وليس لها أجزاء متحركة، وهي مصنوعة من مواد عالية الجودة ومصممة على الوقوف في وجه الظروف القاسية التي تنتجها المياهوأشعة الشمس. التشغيلبسيط، حيث يجب أن يضاف الماء (إما يدويا أو تلقائيا)مرة واحدة فياليوم حتى يملأ الحوض. سوف تتصرف المياه الزائدة من الحوض الفائض وهذا سوف يمنع تراكم الملح في الحوض. يتم جمع مياه الشرب النقية من منفذ تجميع الخرج[1].



الشكل 1.2: تركيب جهاز التقطير ذات الحوض الواحد.

[1] نفس المرجع سابق ذكره

منفذ تعبئة الإمداد: يجب إضافة الماء إلى الحوض عبر هذا منفذ التعبئة. يمكن إضافة الماء إما يدويا أو تلقائيا. عادة، يضاف الماء مرة واحدة في اليوم (في الصيف عادة ما يكون من الأفضل الملء في وقت متأخر من المساء وفي الشتاء، في الصباح الباكر). يجب توخي الحذر لإضافة الماء بمعدل بطيء جدا لمنع الرش على الزجاج من الداخل أو أن يفيض الماء في حوض التجميع.

منفذ الفائض: بمجرد ملء الحوض، سيتدفق الماء الزائد من هذا المنفذ. يوصيأكواسول بالسماح للماء في الحوض أن يفيض ثلاث مرات يومياً لمنع تراكم الملح في الحوض. وإذا كان لا يزال ينتج 2 جالون من ماء، فعليك إضافة 6 غالون من الماء المغذي الطازج من خلال منفذ التعبئة. إذا أصبح تحديد هذه المياه على أساس يومي.، يمكن استخدام الماء الفائض للاستخدامات الأخرى بما يتناسب مع مياه التغذية (على سبيل المثال،ريالحديقة).

منفذ تجميع الخرج المقطر: يتم جمع مياه الشرب النقية من هذا المنفذ، وعادة ما يكون في إناء زجاجي. يمكن تركيب جهاز التقطير على السطح أن يكون ناتج التقطير موصلا مباشرةً إلى إناء تجميع داخلي. بالنسبة للأجهزةالمثبتة حديثا، يسمح بتنظيف المجموعة بصورة ذاتية عن طريق إنتاج الماء لمدة يومين قبل استخدام مخرجات الماء المقطر[1].

2.عملية التقطير

الأجهزة التي تعمل بالطاقة الشمسية تعمل بنفس المبدأ مثل مياه الأمطار: التبخر والتكثيف. يتبخر الماء من المحيط، ليبرد في طبقات الجو العليا ويتكثف ويعود إلى الأرض كمطر. عندما يتبخر الماء، فإنه يزال فقط الماء النقي ويترك كل الملوثات في الخلف. تحاكي أجهزة التقطير الشمسية هذه العملية الطبيعية.

يحتوي جهاز أكواسول ذو الحوض الواحد على غطاء علوي مصنوع من الزجاج، مع سطح داخلي سفلي

[1] بن داود صالح محاضرات الكيمياء العضوية العملي المرحلة الأولى التقطير البسيط جامعة تكريت قسم الكيمياء 2016.

مصنوع من غشاء مقاوم للماء. يستخدم هذا السطح الداخلي مادة سوداء لتحسين امتصاص أشعة الشمس. يسكب الماء المراد تنظيفه في الحوض حتى يملأ جزئيا. يسمح الغطاء الزجاجي للإشعاع الشمسي (الموجات القصيرة) بالمرور إلى الحوض، وبالتالي يتم امتصاص معظمه بواسطة القاعدة السوداء. يبدأ الماء في التسخين ويزداد محتوى الرطوبة المحصور بين سطح الماء والغطاء الزجاجي. القاعدةتشع أيضا الطاقة في منطقة الأشعة تحت الحمراء (طويلة الموجة) وهو ما ينعكس مرة أخرى إلى المقطر بواسطةالغطاء الزجاجي، وبالتالي تحصر الطاقة الشمسية داخل الجهاز (تأثير "الاحتباس الحراري"). يتبخر بخار الماء الساخن من الحوض ويتكثف داخل الغلاف الزجاجي. في هذه العملية،تترك الأملاح والميكروبات التي كانت في الماء الأصلي في الحوض. ينقط الماء المكثف أسفل غطاء الزجاج المائل إلى حوض تجميع داخلي ومن ثم إلى قارورة تخزين.

ليتم ملء المقطر كل صباح أو مساء، ويتم جمع كل المياه الناتجة لهذا اليوم في نهاية اليوم. سوف يستمر الجهاز في إنتاج المياه المقطرةحتى بعد غروب الشمس حتى تنخفض درجة حرارة الماء. يجب إضافة ماء التغذية كل يوم لزيادةالإنتاج ولتوفير تنظيف مناسب لمياه الحوض وتنظيف الأملاح الزائدة التي تتركها أثناء عملية التبخر.

كثافة الطاقة الشمسية التي تسقط على المقطر هي أهم متغيريؤثر على الإنتاج. يمكن الحصول على كتلة الماء المقطر اليومي $(M_{\mathrm{e}}\ \mathrm{in\ kg/m^2\ day})$ بقسمة كمية الطاقة المستخدمة في تبخير الماء في المقطر $(Q_{\mathrm{e}}\ \mathrm{in\ J/m^2\ day})$ على الحرارة الكامنة للماء $(L\ \mathrm{in\ J/kg})$. تعرف كفاءة جهاز تقطير الطاقة الشمسية (n) بأنها كمية الطاقة المستخدمة في تبخير المياه في المقطر مقسومة على كمية الطاقة الشمسية الساقطة على السطح $(Q_{\mathrm{t}}\ \mathrm{in\ J/m^2\ day})$. يمكن التعبير عن هذه على النحو التالي:

$$\text{Solar still production}: M_{\mathrm{e}} = Q_{\mathrm{e}} / \mathrm{L} \qquad 2.17$$

$$\text{Solar still efficiency}: n = Q_e / Q_t \qquad 2.18$$

تبلغ الكفاءة الفعلية لجهاز التقطير ذي الحوضالواحدة 60٪. التشغيل العام بسيط ويتطلب توجيه المقطر نحو شمس الظهيرة، ووضع الماء في صباح كل يوم لملء الحوض حتى يفيض، واستعادة نواتج التقطير من خزان التجميع.تعتبر أجهزة التقطير بمثابة وحدات يمكن استخدامها في مصفوفة عند الحاجة إلى إنتاجية أكبر للمياه، وذلك عن طريق ربط العديد منها معاعلى التوالي والتوازي حسب الرغبة.

ومع تبخر الماء من الحوض الشمسي،تترك الأملاح والملوثات الأخرى في الخلف، وبمرور الوقت، يمكن لهذه الأملاح أن تتراكم وتزداد إلى درجة التشبع إذا لم يتم الحفاظ على المخزون بشكل صحيح لذلك يجب ملء الحوض حتى مستوى الفيضان بشكل منتظم .يتطلب التشغيل السليم أن يكون المقطر كل يوم ثلث سعة الخزان، بمعنى للحصول على 3 غالونات من الماء يجب إضافة 9 جالونات إلى الحوض، منها 6 جالونات تترك كفائض. يتم التخلص من المياه الزائدة من خلال منفذ الصرف لمنع تراكم الملح. عندما يتم هذا بشكل يومي، فإن الماء المنصرف يكون بنفس جودة مياه التغذية الأصلية التي أضيفت إلى الحوض. تكون المياه الزائدة ذات جودة مناسبةويتم استخدامها في تنسيق الحدائق، وغسل الأوانيوالمقالي، إلخ. لن تتراكم أي رواسب أو حمأة إذا كان التشغيليتم بشكل صحيح يوميا .

1.2إنتاج الماء النقي

إن إنتاج الماء المقطر بواسطة الطاقة الشمسية هو دالة في الطاقة الشمسية (الإشعاع الشمسي) ودرجة الحرارة المحيطة. لا يزال أكواسول ينتج حوالي 0.8 ليتر من الماء النقي في الساعة المشمسة (أي 1 كيلو واط في الساعة). وهكذا، يمكن لمعدلات الإنتاج في جنوب غرب الولايات المتحدة أن تصل في المتوسط إلى حوالي 3 لترات في يومالشتاء إلى أكثر من 6 لترات في يوم فصل الصيف.

2.2 متطلبات الطاقة لتحلية المياه

تسمى الطاقة اللازمة لتبخر الماءالحرارة الكامنة لتبخير الماء، هي 2.26 ميجاجول للكيلوجرام الواحد(MJ /kg). وهذا يعني أن إنتاج لتر واحد (أي 1 كجم لأن كثافة الماء 1 كجم/لتر) من الماء النقي من خلال تقطير المياه المائلة للملوحة يتطلب إدخالاً كمية حرارة تبلغ 2.26 ميجا جول. لذلك ستكون كفاءة النظام المستخدم اقل من 100٪، أو أي استرداد للحرارة الكامنة التي يتم رفضها عند تكثيف بخار الماء.

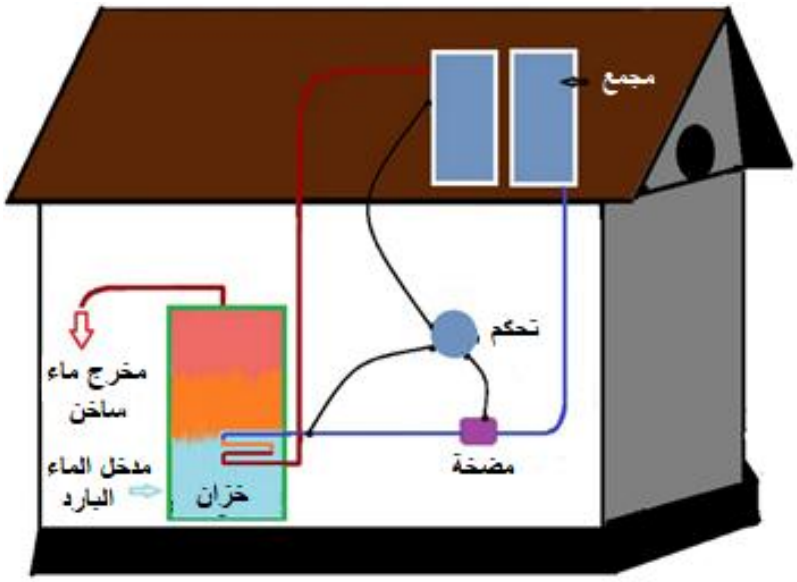
3.2 أنظمة تسخين المياه بالطاقة الشمسية

عندما يطرق الشتاء الأبواب، وقبل بدء هذا الموسم الجميل، يبدأ الجميع في الإعداد له، أليس الأمر كذلك؟ ولكن، في حين تكون مشغولًا في إعداد ملابس الشتاء الدافئة والألحفة الدافئة، لا تنسى فواتير التدفئة العالية التي تسببها درجات الحرارة المنخفضة. تعتبر مياه التدفئة خلال فصل الشتاء قضية مكلفة لأنها تتطلب كميات هائلة من الطاقة. نعم، يعتقد أن حوالي 17 ٪ من الطاقة المحلية تذهب إلى تدفئة المنزل بواسطة المياه، الشكل 2.29. بالإضافة إلى ذلك، هل تعلم أن تسخين المياه بالكهرباء هو أغلى وسيلة لتسخين المياه؟ حسنًا، هذا هو سبب احتياجنا لأنظمة تسخين المياه بالطاقة الشمسية، الشكل 30.2.

تكتسب الطاقة الشمسية والمتجددة الكثير من الشعبية في العديد من البلدان في هذه الأيام، ويعود الفضل في زيادة الدعم الحكومي والتسويق والإعانات لجعل هذه التقنيات متاحة. يرغب الكثير من الناس في تبني هذه التقنيات، لكن نقص المعرفة يعيقهم ويصعب الأمر عليهم. لفهم لماذا وكيف يمكن لمصادر الطاقة المتجددة أن تقدم مساعدة كبيرة للناس والبيئة بوجه عام، سيتم تقديم مزيد من التفاصيل حول هذا لاحقا.

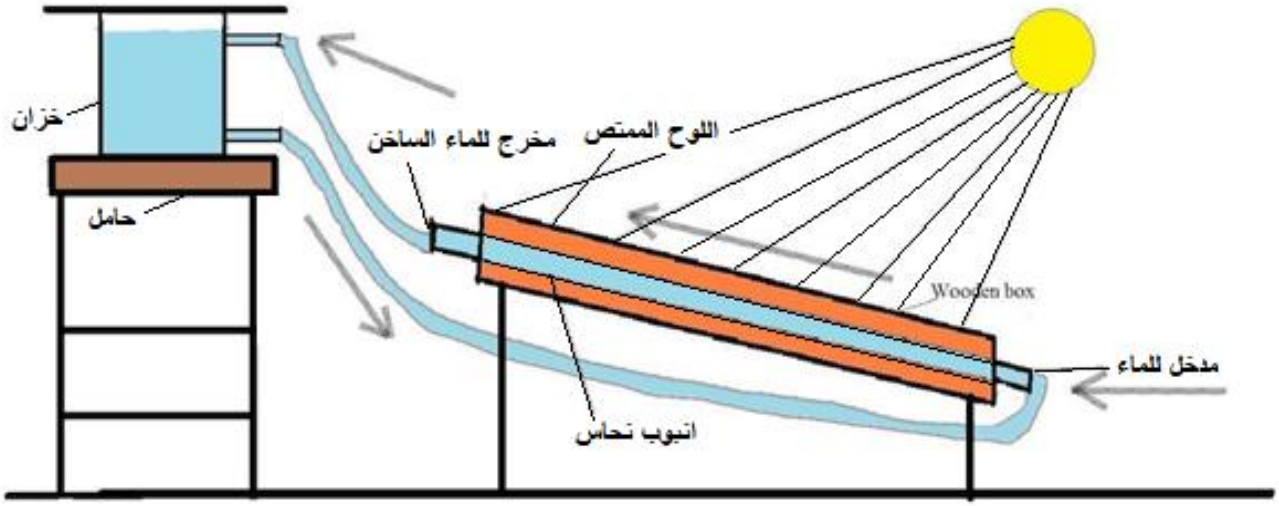
نظام تسخين المياه بالطاقة الشمسية (الشكل 30.2) هو جهاز يستخدم الطاقة الشمسية لتسخين المياه للمتطلبات التجارية والمنزلية والصناعية. يتم تثبيت هذا النظام على شرفة أو أي مكان مفتوح حيث يمكنه التقاط الكثير من ضوء الشمس واستخدامه لتسخين المياه في خزان معزول. لا ترتبط هذه الأنظمة بأي

مصدر للكهرباء، بل تستخدم طاقة الشمس طوال اليوم لتسخين المياه وتخزينها في خزان للتخزين. يمكن استخدام المياه المخزنة لأي تطبيق حسب الرغبة.



الشكل 2.2: تركيب مثال لنظام تسخين المياه بالطاقة الشمسية في المنزل.

ومن المثير للاهتمام أن تسخين المياه هو أحد أكثر التطبيقات الشائعة للطاقة الشمسية، حيثيمكن لنظام تسخين المياه بالطاقة الشمسية النموذجي أن يساعد في توفير ما يقرب من 1500 وحدة من الكهرباء سنويًا، لكل مائة لتر في اليوم من حجم تسخين المياه بالطاقة الشمسية.



الشكل 4.2: مثال لنظام تسخين المياه بالطاقة الشمسية.

مكونات نظام تسخين المياه بالطاقة الشمسية: يتكون نظام تسخين المياه بالطاقة الشمسية من ثلاثة أجزاء رئيسية هي:لوحة مسطحة لتجميع الطاقة الشمسية، خزان للماء الساخن، وأنابيب ربط.عادة، يتألف المجمع من أنابيب نحاسية ملحومة بألواح نحاس (مطلية بطبقات طلاء سوداء شديدة الامتصاص لاشعة الشمس) مع مادة عازلة في الجزء الخلفي وألواح زجاجية مقواة في الأعلى (كغطاء). تم وضع التجميع بالكامل في صندوق مسطح. في نماذج قليلة، بدلاً من النحاس، يتم استخدام أنابيب زجاجية مفرغة، حيث لا توجد حاجة إلى غلاف خارجي أو صندق معزولة في مثل هذه الأنظمة.

الأنواع المختلفة من سخانات المياه بالطاقة الشمسية: بغض النظر عن السوق المحدد، هناك نوعان رئيسيان من أنظمة سخانات المياه الشمسية المتاحة:

3-أنظمة مجمعات الألواح المسطح (FPC)

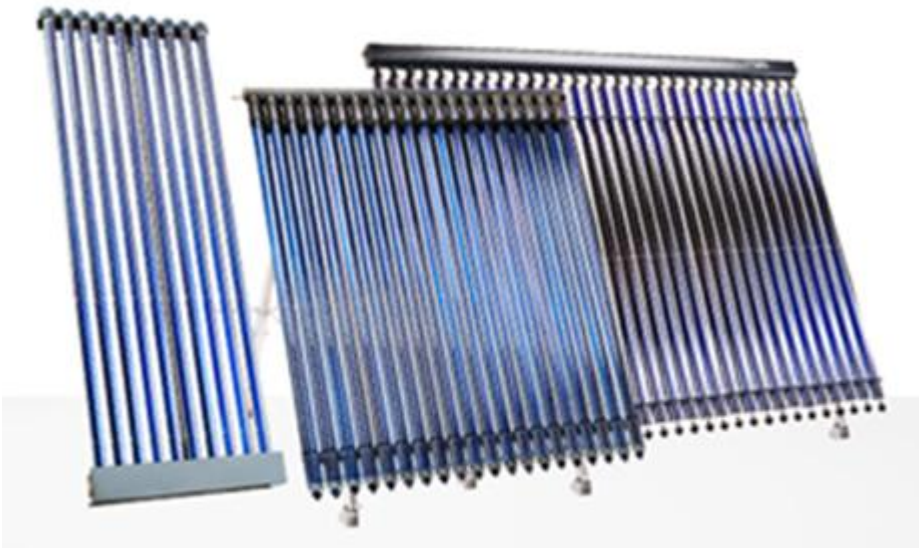
هذه الأنظمة من النوع المعدني التي تدوم لفترة طويلة، ولكن في نفس الوقت فإن تركيب مثل هذه الأنظمة قد يكلف بضعة دولارات إضافية. تعمل أنظمة الـ FPC بشكل جيد في المناطق الباردة مع درجة حرارة تحت الصفر، ولكنها تحتاج إلى محلول مضاد للتجمد وهذا يزيد التكلفة الإجمالية لتركيبها. بالإضافة إلى ذلك، فإن المواقع التي تحتوي على مياه مالحة تحتاج إلى مبادل حراري لتجنب ترسيب الاملاح الذي يمكن أن يؤثر على قدرة التدفئة للنظام، الشكل 31.2.

الشكل .4.2: مثال لنظاممجمع اللوح المسطح (FPC) .

1.3– أنظمة مجمعات الأنبوب المفرغ (ETC)

وهي مصنوعة من الزجاج، وبالتالي فهي هشة، ولكنها أرخص من أنظمة اللوح المسطح. تعمل هذه الأنظمة أيضًا بشكل جيد في المناطق الباردة ذات درجة حرارة دون الصفر، ولكن مرة أخرى، في المواقع التي تحتوي على ماء مالح، هناك حاجة إلى تنظيف منتظم لإزالة ترسب الملح عن السطح الداخلي للأنابيب الزجاجية. يبين الشكل 32.2 نموذج لهذا النوع من الأنظمة.

ملاحظة: تأتي كل من مجمعات الـ FTC و ETC مع أو بدون مضخة. يتم استخدام مضخة لنقل المياه من المجمعات إلى خزان التخزين. تستخدم الأنظمة التي تأتي بدون مضخة مبدأ السحارةالحرارية (السيفون الحراري) لنقل الماء تلقائيا إلى خزان التخزين من المجمعات.



الشكل2.5: مثال لنظاممجمع الأنبوب المفرغ(ETC) .

بالنسبة لجزء الصيانة، في المناطق التي تحتوي على مصادرمياه عسرة، لا بد من عملمعالجة تنظيف لهذه السخانات بانتظام. هذهالمعالجة تحتاج إلى تنظيف منتظم باستخدام حمض. بالإضافة إلى ذلك، إذا تم طلاء السطح الخارجي لسخان المياه، فإنه يجب إعادة طلاءه كل 2-3 سنوات لمنع التآكل. كما يجب الحرص دائما على الكشف عن التسريب الذي قد يحدث بين الحين والآخر. ونظراً لأن أنظمة الـ ETC تكون هشة، فإن زجاجها يكون عرضة للكسر، وبالتالي فهو يتطلب استبدال دوري.

المزايا والعيوب: سخانات المياه بالطاقة الشمسية لا تقلل في الواقع من استهلاكك للمياه، ومع ذلك تحمل معها العديد من الفوائد، منها:

1.1.3 المجانية: حيث يتم استهلاك طاقة مجانية، فطاقة الشمسمجانية تماما وهي مورد وفير(حتى في الطقس الغائم). يمكن استخدام الماء الساخن الناتج عن هذه الأنظمة في المنازل للاستحمام والتنظيف والغسيل.

2.1.3 مكافحة تغير المناخ: عادة ما يمثل تسخين المياه حوالي 17 في المائة من استخدام الطاقة في المنزل، وحتى اليوم تقوم الكثير من المنازل بتسخين المياه باستخدام الغاز الطبيعي أو أنواع الوقود الأحفوري

الأخرى، وينتج عن ذلك العديد من أطنان من مخاليط الكربون مع الغلاف الجوي. يعد تركيب السخانات الشمسية طريقة رائعة لتقليل انبعاثات الكربون وحماية مناخنا.

3.1.3 حماية جودة المياه: حدد مجلس الدفاع عن الموارد الطبيعية محطات توليد الطاقة كواحد من المصادر الرئيسية للزئبق وغيره من المعادن الثقيلة الفتاكة التي تطلق في البيئة كل عام .هذه المواد هي تهديد رئيسي لصحة الأنهار والبحيرات والمجاري المائية ولصحة الإنسان أيضا. تسخين المياه بالطاقة الشمسية هو خطوة كبيرة للحد من تلويث الزئبق في المسطحات المياه لدينا.

4.1.3 توفير شهري: يمكن لنظام تسخين المياه بالطاقة الشمسية تلبية ما يصل إلى 80٪ من احتياجات الماء الساخن، حتى في الظروف المناخية المعتدلة، وهذا يؤدي إلى توفير كبير في فاتورة المرافق العامة. وبالنظر إلى الاستثمار، فإن نظام التسخين بالطاقة الشمسية عادة ما يسترد تكاليفه في غضون 4-8 سنوات ويمكن أن يستمر لأكثر من 30 عامً،هذا يعني الكثير من الطاقة المجانية والمزيد من المدخرات.

5.1.3 زيادة قيمة العقار:اثبتت الدراسات أن بيع المنازل مع الطاقة الشمسية تكون سريعة وأيضا مع ارتفاع في السعر، ومن ثم، فإن تثبيت هذه الأنظمة يعد استثمارًا كبيرًا سيعود على الملك بالنفع، سواء بائعا أو مقيما.

4. مساوئ أنظمة تسخين المياه بالطاقة الشمسية

هي في الحقيقة محدودة للغاية، والشيء الأول بالطبع هو أنها يمكن أن تسخن الماء فقط ولا تولد الكهرباء. الصيانة السنوية أمر لا بد منه لأن أجزاء قليلة من النظام (مثل المضخة والتجمد) تتطلب الفحص المنتظم للتأكد من أنها تعمل على النحو الأمثل.

1.4 العوامل الواجب مراعاتها عند شراء سخانات المياه بالطاقة الشمسية: قبل الاستثمار في

سخانات المياه بالطاقة الشمسية، من المهم مراعاة ما يلي:

- **مصدر المياه:** عند اختيار أفضل سخانات المياه الشمسية لتثبيتها، من الضروري أولاً تحديد ما إذا كان مصدر المياه عذب أم عسر. وهذا أمر بالغ الأهمية لأن الماء العذب/ العسرلهامحتويات معدنية مختلفة وكل منها يستخدم في نظام تدفئة مختلف، والذي يكون نظام مباشر أونظام غير مباشر.
- **النوع:** ذكرنا بالفعل أن هناك نوعين من سخانات المياه بالطاقة الشمسية، أي FPC و ETC . نظرًا لأن أنظمة الـ FPC مصنوعة من المعادن (معظمها من النحاس أو الألمنيوم)، فهي أكثر ملاءمة للمناخات المداريةنظرا لان لها موصلية عالية والقدرة على الانبعاث مما يجعلها ضعيفة الاحتفاظ بالحرارة في درجات الحرارة المحيطة المنخفضة. بالإضافة إلى ذلك، فهي ضخمة جداً ومكلفة. علاوة على ذلك، تميل أنظمة الـ ETC إلى امتلاك قدرة أعلى على الاحتفاظ بالحرارة، مما يجعلها مناسبة لكل من المناطق المدارية والمعتدلة. ولكن مرة أخرى، عندما تكون مصنوعة من الزجاج، فهي تكون حساسة للغاية وتتطلب معالجة دقيقة وصيانة عالية.
- **أعمال السباكة:** هذا عامل مهم للغاية يجب مراعاته لأن معظم الناس، بمن فيهم الفنيون يخطئون فيه. تتطلب أعمال السباكة لسخانات المياه بالطاقة الشمسية أنظمة أنابيب ثنائية الاتجاه. تعتبر مياه التدفئة بالطاقة الشمسية مثالية للاستخدام في الحمام، لكن الكثير من الناس يقومون بتثبيتها في المطبخ مما يؤدي إلى الهدر. وبالتالي، يفضل استخدام نظام الأنابيب ثنائي الاتجاه في الحمامات فقط.
- **نوع الخزان:** بالإضافة إلى سعة الخزانات المستخدمة لتخزين المياه التي يتم تسخينها بالطاقة الشمسية، يجب أن تكون هذه الخزانات قادرة أيضا على تحمل الحرارة والاحتفاظ بها. يجب أن تكون الخزانات الجيدة سميكة وأن تكون قادرة على الاحتفاظ بالحرارة لمدة من 60 إلى 70 ساعة على

الأقل. علاوة على ذلك، ينبغي أن يكون للخزان قياس لسلامة الطعم لضمان عدم وجود رائحة كريهة للمياه المخزنة.

- **نظام ضغط المياه:** قبل شراء وتثبيت نظام سخان المياه بالطاقة الشمسية، من المهم النظر في نظام ضغط المياه في المنزل. يخطئ معظم الناس في اختيار نظام الضغط الصحيح الذي يمكنه تحمل الضغط الناشئ من مصدر المياه بكفاءة.

هناك نوعان من الأنظمة، بمعنيمضغوط وغير مضغوطة. وهناك حاجة إلى توازن الضغط بين خط الإمداد ونظام تسخين المياه بالطاقة الشمسية،فإذا تم اختيار التطبيق الخاطئ فقد يفشل النظام بأكمله. بالإضافة إلى ذلك، من المهم أيضًا تحديد ما إذا كان النظام على سطح مائل أو بيئة مسطحة، وذلك لأن كل إعداد يتطلب نوعامختلفا من النظام والترتيب لتحقيق نتائج جيدة.

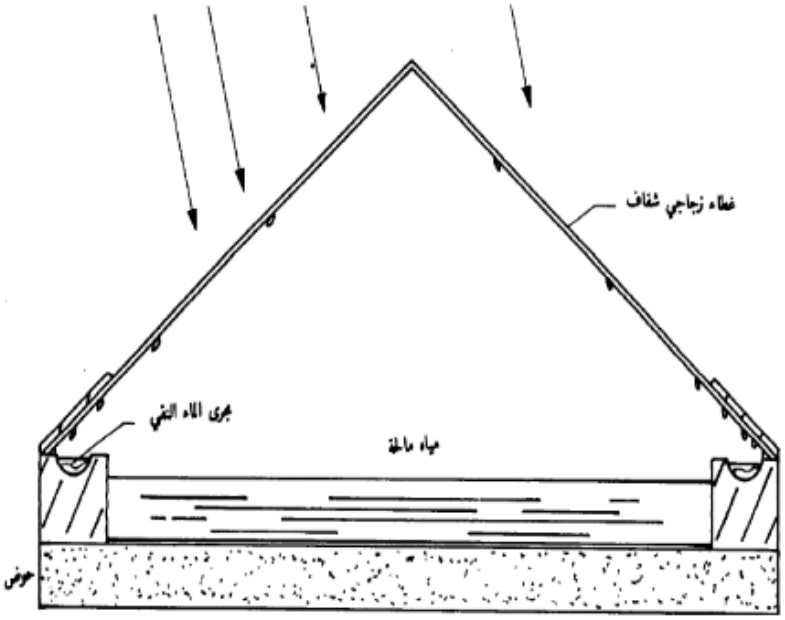
- **الموقع الجغرافي والمناخ:** من المنطقي أن تعرف حالتك الجوية/المناخية قبل تحديد نوع سخان ماء الشمسي الذي تريد تثبيته. ونظرًا لأن السخان الشمسي يعتمد على أشعة الشمس، لذلك يجب أن يكون موقعك قادرا على جمع ما يكفي من أشعة الشمس، ولا سيما بين الساعة 10 صباحًا و 4 مساءً يوميا.

- **الشركات ذات السمعة الطيبة وعمر الخدمة:** يعتبر اكتشاف الشركات ذات السمعة الطيبة لشراء سخان المياه بالطاقة الشمسية أحد أهم الخطوات الأولية للحصول على منتجات أصلية. هذا أمر مهم لأن الشركات ذات السمعة الطيبة تحمل علامات تجارية معروفة تم تجربتها واختبارها. علاوة على ذلك، من المهم معرفة عمر خدمة سخان المياه بالطاقة الشمسية قبل الشروع أخيرًا في شراء واحدا. كما يجب على مالكي المنازل والمهندسين المعماريين والمطورين التحقق دائمًا من الضمان قبل شراء سخان المياه بالطاقة الشمسية.

- **التركيب والصيانة:** كما هو ضروري لشراء سخانات المياه بالطاقة الشمسية من شركات جديرة بالثقة، من المهم أيضا الحصول على فني تركيب محترف. هذا يضمن أن يعمل السخان كما ينبغي ويدوم أيضا لفترة أطول. بالإضافة إلى ذلك، بعد التثبيت، من الضروري إجراء الصيانة الدورية لضمان التشغيل الفعلي بكفاءة.

5. التطبيقات الحرارية للطاقة الشمسية: المقطر الشمسي

يتكون المقطر الشمسي من حوض معزول حراريا ومغلق الاطراف وله غطاء زجاجي شفاف، ويكون الغطاء الزجاجي في العادة مائلا وذلك للسماح للبخار المتكثف عليه أن ينحدر الى مجرى طرفي تتجمع فيه المياه النقية، كما نرى في الشكل رقم (١). يمكن بناء الحوض من المواد الرخيمة التي لا تتلف بتأثير لماء، ومن الضروري عزل فعر الحوض وجوانبه بالعوازل الحرارية لتقليل انتقال الحرارة من ماء الحوض الى الخارج وذلك لرفع كفاءة المقطر، وفي العادة يطلى قعر الحوض بالطلاء الأسود أو أي طلاء آخر ملام للعمل على زيادة امتصاص أشعة الشمس، وفي بعض تصاميم الأحواض تطلى أسطح الحوض العمودية الداخلية بطلاءات عاكسة للإشعاع وذلك لعكس الأشعة الساقطة عليها الى الماء، ومن الضروري احكام اغلاق جوانب الحوض لتقليل تسرب المواء المشبع بالبخار من الداخل الى الخارج ولتقليل انتقال الحرارة عبر فتحات تسرب الهواء. يسخن الماء في الحوض نتيجة لسقوط أشعة الشمس وترتفع درجة حرارته الى مستوى أعلى من درجة حرارة الغطاء الزجاجي وأعلى من درجة حرارة الهواء الموجود داخل الحوض بين سطح الماء والغطاء الزجاجي، وحيث إن ضغط بخار الماء يرتفع مع ارتفاع درجة الحرارة فان ضغط بخار الماء على درجة حرارة الماء أعلى منه على درجة حرارة المواء داخل الحوض، ونتيجة لهذا الفارق في الضغط بين طبقة البخار الملامسة لسطح ماء الحوض والبخار الموجود في الهواء فان ماء الحوض يأخذ في التبخر لمعادلة ضغط البخار داخل الحوض، ونتيجة لعوامل الحمل الحراري فان المواء المشبع يتحرك الى الأعلى ويحل محله هواء أقل تشبعا بالبخار.



شكل 2–6 يوضح مقطر شمسي

من الجانب الآخر ذكرنا أن درجة حرارة الغطاء الزجاجي تكون أقل من درجة حرارة ماء الحوض، ولذلك ما إن يلامس البخار المشبع سطح الزجاج حتى يبدأ جزء من البخار بالتكثف حتى يصبح ضغط البخار في المواء المشبع مساويا للضغط عند درجة حرارة الزجاج، يتكثف البخار على سطح الزجاج وينزلق بتأثير ثقله الى المجاري الجانبية حيث يتجمع ويخرج الى الخارج ماء نقيا. وطالما استمرت فروق درجات الحرارة وفروق الضغوط داخل الحوض قائمة فان عملية التبخر والتكثف تستمر.

من المعلوم أن بخار الماء حين يتكثف يفقد كمية من الحرارة تعرف باسم حرارة التكثيف، وفي حالة المقطر الشمسي فان هذه الحرارة تنتقل الى الزجاج ومنه الى الخارج، أي أنها حرارة مفقودة لا يستفاد منها، وللتغلب على فقدان الحرارة هذا تم تطوير بعض المقطرات الشمسية متعددة الأدوار حيث يتكثف البخار من الحوض السفلي على قعر الحوض العلوي، وبذلك تنتقل حرارة التكثيف الى ماء الحوض العلوي بدل أن تقذف للخارج.

تدل التجارب التي أجريت على المقطرات الشمسية أن كفاءتها تتراوح ما بين 30 – 40% بمعنى أن كمية الطاقة المطلوبة لإنتاج ما ينتجه المقطر من ماء نقي تعادل 30 – 40% من كمية الاشعاع

الشمسي الساقط عليه، وأما الكية الباقية من الاشعاع الشمسي فتعتبر طاقة مفقودة، وكأي نظام حراري آخر فان مدخلات الطاقة الى ال مقطر تساوي الخرجات منه، وعليه يتخذ ميزان الطاقة للمقطر الشمسي شكل العلاقة التالية:

الاشعاع الشمسي الساقط على سطح المقطر = الاشعاع الممتص والمنعكس عن الزجاج وأجزاء الحوض الأخرى حرارة التبخر + الحرارة المفقودة من الحوض بالإشعاع والحمل والتوصيل.

ويشكل الاشعاع الممتص والمنعكس عن الزجاج وأجزاء الحوض الأخرى حوالي 20 – 30% من مجمل الاشعاع الساقط، وتشكل حرارة التبخر حوالي 30 – 40% أما الحرارة المفقودة من الحوض فتشكل حوالي 30 – 40% وهي تضم الحرارة المفقودة بالإشعاع من ماء الحوض والحرارة المفقودة عبر جوانب الحوض وقعره والحرارة المفقودة بالحمل عبر الزجاج ونتيجة لتسرب المواء الخارجي أو تسرب بعض بخار لماء الى الخارج.

تدل نتائج التجارب التي أجريت على المقطرات الشمسية ان بالإمكان انتاج خمسة ليترات من الماء النقي كل يوم من كل متر مربع واحد من مساحة الحوض وذلك في الأيام المشرقة، وتميل بعض المصادر الى اعتبار جالون واحد في اليوم لكل متر مربع قيمة وسطية معقولة، وعلى هذا يمكننا تخيل المساحات الواسعة من المقطرات الشمسية المطلوبة لإنتاج ملايين الجالونات من الميا، ، فثلا اذا اعتبرنا أن الكويت تنتج حوالي مائة مليون جالون من الماء يوميا فأنها بحاجة الى مائة مليون متر مربع من المقطرات الشمسية، واذا أخذنا بعين الاعتبار لمساحة المطلوبة للصيانة وتمديد الأنابيب ومحطات الضخ وغيرها فان المساحة الكلية المطلوبة تزيد عن مائة مليون المتر المربع، أي اكبر من مائة كيلو متر مربع، غير أن المناطق التي تعاني من شح المياه عادة ما تكون أراضي قاحلة أو صحراوية لا تشكل المساحة فيها أمرا بالغ الأهمية.

والمقطرات الشمسية ليست شائعة الاستعمال في العالم اذ أن معظم الموجود منها ذو طابع تجريبي، وكان قد بني في القرن الماضي مقطر تبلغ مساحته حوالي ٥١,٠٠٠ قدم مربع في احدى مناطق المناجم في تشيلي، واستمر في العمل الى أن أغلق المنجم، وهناك مقطرات أصغر مساحة في الهند واليونان، ويعزى سبب عدم انتشار المقطرات الشمسية الى الجوانب الاقتصادية ذلك أن طرق انتاج الماء النقي في المحطات المركزية تعتبر أقل كلفة، غيرن هناك بعض الجوانب الايجابية في المقطرات الشمسية التي تتمثل في المستوى التكنولوجي البسيط وفي كونا أقل عرضة للتأثر بأعمال التخريب والعدوان الخارجي.

1.5 مكونات المقطر الشمسي

يتكون المقطر الشمسي من حوض معزول حراريا ومغلق الأطراف وله غطاء زجاجي شفاف ويكون الغطاء الزجاجي في العادة مائلا وذلك للسماح للبخار المتكثف عليه أن ينحدر إلى مجرى طرفي تتجمع فيه المياه النقية , يمكن بناء الحوض من المواد الرخيصة التي لا تتلف بتأثير ا لماء , ومن الضروري عزل قعر الحوض وجوانبه بالعوازل الحرارية لتقليل انتقال الحرارة من ماء الحوض إلى الخارج وذلك لرفع كفاءة ا لمقطر وفي العادة يطلى قعر الحوض بالطلاء الأسود أو أي طلاء آخر ملائم للعمل على زيادة امتصاص أشعة الشمس , وفي بعض تصاميم الأحواض تطلى أسطح الحوض العمودية الداخلية بطلاءات عاكسة للإشعاع وذلك لعكس الأشعة الساقطة عليها إلى ا لماء , ومن الضروري أحكام إغلاق جوانب الحوض لتقليل تسرب الهواء المشبع بالبخار من الداخل إلى الخارج ولتقليل انتقال الحرارة عبر فتحات تسرب الهواء . يسخن ا لماء في الحوض نتيجة لسقوط أشعة الشمس وترتفع درجة حرارته إلى مستوى أعلى من درجة حرارة الغطاء الزجاجي وأعلى من درجة حرارة الهواء الموجود داخل الحو بين سطح الماء والغطاء الزجاجي ,وحيث إن ضغط بخار الماء يرتفع مع ارتفاع درجة الحرارة فان ضغط بخار ا لماء على درجة حرارة الماء أعلى منه على درجة حرارة الهواء داخل الحوض ,

ونتيجة لهذا الفارق في الضغط بين طبقة البخار الملامسة لسطح ماء الحوض والبخار الموجود في الهواء

فان ماء الحوض يأخذ في التبخر لمعادلة ضغط البخار داخل الحوض , ونتيجة لعوامل الحمل الحراري فان

الماء المشبع يتحرك إلى الأعلى ويحل محله هواء أقل تشبعا بالبخار.

من الجانب الآخر ذكرنا أن درجة حرارة الغطاء الزجاجي تكون أقل من درجة حرارة ماء الحوض ,

ولذلك ما إن يلامس البخار ا لمشبع سطح الزجاج حتى يبدأ جزء من البخار بالتكثف حتى يصبح ضغط البخار في الهواء المشبع مساويا للضغط عند درجة حرارة الزجاج , يتكثف البخار على سطح الزجاج وينزلق بتأثير ثقله إلى المجاري الجانبية حيث يتجمع ويخرج إلى الخارج ماء نقيا. وطالما استمرت فروق درجات الحرارة وفروق الضغوط داخل ارض قائمة فان عملية التبخر والتكثف تستمر.

2.5 لمحة عن المقطرات الشمسية

تم استخدام التقطير الشمسي لفترة طويلة. تم إنشاء أول محطة تقطير شمسي واسعة النطاق في عام 1872 في لاس ساليناس ، تشيلي ، وتتألف من مقطرات شمسية تبلغ مساحتها الإجمالية حوالي 4700 متر مربع ، وتنتج حوالي 23000 لتر / يوم. اكتسب التقطير الشمسي مزيدًا من الاهتمام بعد الحرب العالمية الأولى ، عندما تم تطوير العديد من الأجهزة. التقطير الشمسي مناسب للمناطق النائية والقاحلة وشبه القاحلة ، حيث يمثل نقص مياه الشرب مشكلة رئيسية والإشعاع الشمسي مرتفع. عيوب استخدام الطاقة الشمسية للتقطير هي التكلفة الأولية العالية والطبيعة المتقطعة للشمس. بسبب هذه القيود ، تبلغ القدرة الحالية لأنظمة تحلية المياه بالطاقة الشمسية في جميع أنحاء العالم حوالي 0.01٪ من محطات التقطير التقليدية واسعة النطاق القائمة. هذه المصانع هي منشآت صغيرة إلى متوسطة السعة تخدم عددًا صغيرًا من الناس والمجتمعات الفقيرة.

3.5 عمليات تستخدم فيها المقطر الشمسي

تحلية المياه بالطاقة الشمسية هي تقنية لتحلية المياه باستخدام الطاقة الشمسية. هناك طريقتان أساسيتان لتحقيق تحلية المياه باستخدام هذه التقنية. مباشر و غير مباشر.

يعد تقطير المياه بالطاقة الشمسية وسيلة مفيدة لمعالجة المياه وتقليل استخدام المياه الملوثة اقتصاديًا. يشرح خبراء الطاقة الشمسية كيف تستخدم الطاقة من الشمس لفصل المياه النظيفة عن الأملاح الذائبة والملوثات الأخرى.

الماء هو أحد المواد الأساسية لبقاء جميع الكائنات الحية. لكن العديد من أجزاء العالم لا تزال تكافح لتوفير المياه الصالحة للشرب للاستخدامات المنزلية والصناعية.

يتبع التقطير الشمسي عملية التبخر من خلال امتصاص الحرارة. لقد تم استخدامه لعدة عقود. ولكن على الرغم من انخفاض الاستخدام مؤخرًا مع التقدم التكنولوجي على مستوى العالم.

6. تعريف التقطير الشمسي

التقطير الشمسي هو عملية تستخدم الطاقة الشمسية لتبخير المياه العذبة من جسم مائي كبير مثل البحر أو البحيرة. هذه العملية أكثر ربحية للمناطق النائية الصغيرة أو المناطق القاحلة في حل مشاكل الوصول المحدود إلى المياه العذبة.

أيضًا ، يؤدي استخدام الطاقة الشمسية إلى خفض تكاليف الكهرباء لمعالجة المياه النظيفة من المياه المالحة. عادة ، يعمل التقطير الشمسي بشكل أفضل في الأماكن ذات الإشعاع الشمسي العالي ، وهي الطاقة من الشمس إلى الأرض.

أيضًا ، يؤدي استخدام الطاقة الشمسية إلى خفض تكاليف الكهرباء لمعالجة المياه النظيفة من المياه المالحة. عادة ، يعمل التقطير الشمسي بشكل أفضل في الأماكن ذات الإشعاع الشمسي العالي ، وهي الطاقة من الشمس إلى الأرض.

1.6 مزايا

توفر اللقطات الشمسية خيارات أفضل وأرخص للحصول على المياه النظيفة ، خاصة في المواقع النائية.

لا توجد أجزاء متحركة في وحدات التقطير.

بناء وصيانة الأنظمة منخفضة للغاية.

لا يتطلب نظام التقطير الشمسي أي تكاليف كهرباء ليعمل.

إنه مفيد في أهداف تغير المناخ.

النظام مفيد للغاية على مستوى الأسرة ويوفر فرصًا ممتازة لتوسيع نطاق الإنتاج الكبير.

2.6 سلبيات

لا تسخن المقطرات أو المقطرات الشمسية المياه المجمعة إلى درجة الغليان. لذلك ، فهي لا تقضي على المواد الكيميائية الضارة أو تقتل البكتيريا.

معدل التقطير في اللقطات الشمسية بطيء للغاية مع الطاقة الشمسية التقليدية.

لن تلبي إنتاجية وحدات التقطير المطالب المتزايدة لمياه الشرب.

قد يكون من الصعب الحصول على جميع المواد لتصميم المقطرات في بعض الأماكن.

يمكن أن تجذب أغطية أسطح الأسطح الأكبر للمقطرات الحشرات والحشرات الأخرى وتحبسه .

أنواع مقطرات المياه بالطاقة الشمسية

تتكون أنظمة التقطير الشمسي من مقطرات شمسية تضمن عملية تقطير المياه من خلال التبخر والتكثيف.

هناك نوعان رئيسيان من المقطرات الشمسية.

3.6 .1المقطرات الشمسية النشطة

في جهاز تقطير المياه بالطاقة الشمسية النشط ، لا يعتمد التسخين الكامل للمياه المالحة على الطاقة من الإشعاع الشمسي فقط. هناك جهود إضافية لزيادة كفاءة التقطير.

عادة ، يتم تسخين المياه المالحة مسبقًا بواسطة مصدر طاقة حراري آخر لتسريع معدل التبخر أثناء التقطير الشمسي النشط. يمكن إعداد الموصلية الحرارية في النظام عن طريق إدخال الماء الساخن المفرغ أو الحرارة المهدرة من الصناعات المختلفة.

بشكل عام ، تم تصميم المقطرات الشمسية لتكون محكمة الإغلاق. هذا يتحقق ضد انخفاض الكفاءة أثناء التقطير والملوثات من الهواء.

2.3.6 المقطر الشمسي السلبي

تعتمد اللقطات الشمسية السلبية على الطاقة من الشمس فقط. ومن ثم ، فإن كفاءة نظام التقطير الشمسي هذا عادة ما تكون منخفضة. ومع ذلك ، يمكن أن تحتوي هذه المقطرات الشمسية على مساحة سطح أكبر مع مزيد من التعرض لأشعة الشمس. هذا يساعد على تبخر الماء بشكل أسرع عن طريق زيادة درجة الحرارة المحيطة.

يمكن أن تؤثر بعض العوامل على أداء وإنتاجية جهاز التقطير الشمسي ، مثل التصميم الثابت والمعايير المناخية والتشغيلية. تشمل المعلمات عمق الماء ودرجة حرارة الماء ودرجة حرارة الغطاء العلوي والسماكة والميل ومنطقة المجمع وسرعة الرياح.

3.3.6 أجهزة تقطير المياه بالطاقة الشمسية السلبية.

– ساكن شمسي وحيد التأثير

هذا هو النوع الأبسط والأكثر شيوعًا من الصور الثابتة. تم تصميم جهاز التقطير بواجهة واحدة فقط لنقل الحرارة للتقطير وتجميع نواتج التكثيف.

– التقطير الشمسي متعدد التأثير

لا يزال التصميم متعدد التأثيرات ، يجب أن يضمن إحكام الغلق لتجنب فقدان الحرارة غير الضروري. وذلك لأن حرارة التكثيف لتأثير سابق تستخدم في تسخين المياه الملوثة في التأثير التالي.

– مقطر ويك سولار ستيل

يستخدم هذا النوع الثابت مواد تشبه القماش تسمح بعمل الشعيرات الدموية للحفاظ على حركة المياه الصحيحة خلال عملية الإنتاج الثابتة. عادة ، لا يزال الإشعاع الشمسي يمر عبر سطح الفتيل ويوفر الطاقة لتسخين المياه. يتم الحفاظ على التدفق من خلال عمل الشعيرات الدموية من خلال الفتيل لزيادة الكفاءة.

– جهاز شمسي متعدد الفتيل

ستعمل الفتيل المتعددة على زيادة إنتاج الماء المقطر بشكل كبير من خلال تحسين النطاق السطحي للقطارة. قدرتها تعادل قدرة اللقطات الفتائل المتعددة.

– محطة للطاقة الشمسية من نوع الحوض

اللقطات من نوع الحوض شائعة أيضًا ، مع تعقيد أقل في تصميمها. لديهم مادة تشبه الحوض وهو مكون لإيواء المياه المالحة.

– مقطر انتشار الطاقة الشمسية

لا يزال الانتشار يعمل كمزيج متقدم من الفتيل والصور الساكنة متعددة التأثيرات. تحتوي لقطات الانتشار على أقسام متوازية متقاربة ومتلاصقة مع فتائل مغموسة في الماء.

يتم تدفق الحرارة مع الساكن من خلال الانتشار بين الفتائل. هذا النوع من الطاقة الشمسية لا يزال منتجًا بدرجة عالية لاستدامة المناطق الريفية.

4.6 .تحلية المياه بالطاقة الشمسية

تحلية المياه بالطاقة الشمسية هي عملية تستخدم للحصول على مياه الشرب من المياه المالحة من خلال استخدام الطاقة الشمسية. إنها تنسخ دورة المياه الطبيعية للأرض ، والتي تستلزم كيف تصنع الطبيعة المطر. تأتي عملية التحلية بطريقتين أساسيتين ؛ مباشر و غير مباشر.

تستخدم الطريقة المباشرة محطات تحلية المياه كمقطورات شمسية أساسية. سيتعرض الماء المالح الموجود في الأرض الساكنة للشمس بشكل مباشر ، مما يؤدي إلى تسخين المحلول وتحويله إلى بخار ماء. عند الاصطدام بالسقف العلوي ، يتكثف البخار ويتدفق إلى حاويات التجميع. بشكل عام ، تنتج الطريقة المباشرة كمية قليلة من الماء وغير مناسبة للأغراض التجارية. هذا لأنه يفتقر إلى درجات حرارة أعلى لزيادة معدل تبخر الماء وإنتاج المزيد من المياه المحلاة.

تعتبر الطريقة غير المباشرة أكثر ملاءمة لإنتاج مقاييس أكبر من المياه النقية. فهو يجمع بين نهجين تكنولوجيين لزيادة الكفاءة. وتشمل هذه جمع الطاقة الشمسية ، مثل الألواح الكهروضوئية لمزيد من الحرارة لتوليد درجات حرارة عالية في النباتات. هناك أيضًا عملية تحلية مجربة ، مثل تحلية المياه بالتناضح العكسي ، أو التبخر متعدد التأثير (MEE) ، أو التقطير متعدد المراحل (MSF)

7 . أساسيات التقطير الشمسي

يعمل تقطير المياه بالطاقة الشمسية على أساس مبدأين رئيسيين ؛ التبخر والتكثيف. المبدآن يؤديان إلى فصل المياه العذبة عن المياه المالحة أو قليلة الملوحة. وبالتالي ، فإن المياه العذبة الناتجة مفيدة للاستهلاك المنزلي مثل الشرب والطبخ والغسيل وما إلى ذلك.

يعمل تقطير المياه بالطاقة الشمسية بكفاءة عالية في استخدام الطاقة. على عكس تحلية المياه ، تعتبر العملية نهجًا منخفض التكلفة للحصول على مياه نظيفة للشرب. يتم تنفيذه في مقطر شمسي أو لا يزال يحتوي على جميع معدات التقطير.

في الطريقة المباشرة, المجمع الشمسي ((solar collector مقرون بآلية التقطير ويتم تنفيذ العملية في دورة واحدة بسيطة Solar stills من هذا النوع في أدلة البقاء على قيد الحياة، المنصوص عليها في مجموعات البقاء على قيد الحياة البحرية، وتستخدم في العديد من محطات التحلية الصغيرة وتقطير. إنتاج المياه بالطريقة المباشرة .

1.7 عملية التبخر

أثناء العملية ، يتبخر الماء من جسم الماء ، تاركًا الأملاح والمعادن والشوائب الأخرى تحته. تتكون معدات التقطير من غطاء زجاجي شفاف يعمل كسقف فوق مسطح مائي. المنطقة مسطحة ، ويمكن الوصول إليها بشكل جيد من التعرض لأشعة الشمس لتبخر أسرع.

عادة ، يمكن أن يتبخر الماء بسبب اختلاف درجة الحرارة بين الجسم المائي والغلاف الجوي. ومع ذلك ، فإن حرارة ضوء الشمس تزيد من معدل تبخر الماء.

الطاقة الشمسية الممتصة غير كافية لرفع درجة حرارة الماء من 0 درجة مئوية إلى 100 درجة مئوية وتسبب الغليان والتبخر. لكن الحرارة الكامنة المنبعثة عندما يتكثف بخار الماء في قطرات الماء تعيد جسم الماء لإحداث مزيد من التبخر.

التقطير الشمسي يتناسب مع مساحة السطح الشمسي وزاوية حدوثه، ويقدر متوسط قيمته 3-4 / L / m2يوم.

وبسبب هذا التناسب والتكلفة المرتفعة نسبيا للممتلكات والمواد للبناء تقطير طريقة مباشرة يميل إلى تفضيل النباتات ذات القدرات الإنتاجية أقل من 200 / m3يوم

وبسبب هذا التناسب والتكلفة المرتفعة نسبيا للممتلكات والمواد للبناء، فإن تقطير الطريقة المباشرة يميل إلى تفضيل النباتات ذات الطاقة الإنتاجية أقل من 200 م 3 / يوم.

وتستخدم التحلية الشمسية غير المباشرة نظامين منفصلين؛ مجموعة تجميع الطاقة الشمسية، تتكون من المجمعات الحرارية الضوئية photovoltaicو / أو السوائل، ومحطة تحلية تقليدية منفصلة.

ويعتمد الإنتاج بطرق غير مباشرة على كفاءة المصنع وتخفض تكلفة الوحدة المنتجة عموما بزيادة في الحجم. وقد تم تحليل العديد من الترتيبات النباتية المختلفة نظريا، واختبارها تجريبيا وفي بعض الحالات المثبتة. وهي تشمل، على سبيل المثال لا الحصر، الترطيب المتعدد التأثير

والتقطير بالوميض متعدد المراحلMSF) (multi-stage flash distillation

والتقطير المتعدد التأثير (MED) multiple-effect distillation

والغليان المتعدد التأثير (MEB) multiple-effect boiling

والترطيب والتجفيف (humidification–dehumidification HDH)

و الأسموزية العكسية (reverse osmosis) RO)

وتجميد تأثير التقطير.

أما أنظمة التحلية الشمسية غير المباشرة باستخدام الألواح الكهروضوئية والتناضح العكسي فقد كانت متاحة تجاريا وتستخدم منذ عام 2009. ويصل الإنتاج بحلول عام 2013 إلى 1600 ليتر (US 420 gal) في الساعة لكل نظام و 200 لتر في اليوم لكل متر مربع من لوحة.pv panel ومن المخطط نظم البلدية.

الفصل الثالث

دراسة تجريبية على مقطر أحادي الميل

3-1 تمهيد :

في هذا الفصل سنتطرق لدراسة تجربية للمقطر الشمسي البسيط و المحسن ذو الميل الواحد حيث استعملنا مقطرين شمسيين سالفي الذكر في نفس الظروف و نفس المناخ و في يوم واحد هذا مع استعمال كامل الادوات اللازمة للقياس , حيث سنقوم بمقارنة كمية المياه النهائية المتحصل عليها من المقطرين في نهاية التجربة و الهدف من هده التجربة هو دراسة و مقارنة المقطرين لتحسين عملية التقطير و زيادة مردودية المقطر رغم ذلك توجد عدة افكار و طرق و تجارب و ابتكارات لا يسعنا الوقت لاجراء جميعها تاركين الباب مفتوح امامنا و امام الزملاء لمزيد من العمل و التجارب في الفترات القادمة لكننا اخترنا هذه المقارنة المباشرة في تجربتنا اليوم لمعرفة الفوارق و انتاجية كلا المقطرين البسيط و المحسن و بناءا على ما تم التحصل عليه في التجربة.

3-2 النماذج الأولية للأجهزة التجريبية:

3-2-1المقطر الشمسي :

في تجربتنا هاته قمنا بصناعة مقطرين متماثلين لضمان عدم أفضلية مقطر على الاخر من ناحية التصميم حيث كانت الاضافة تتمثل في توصيل المقطر المحسن بمضخة حرارية في الجزء الخلفي للمقطر و مضخة مسخنة للماء موصولة الحوض المائي لرفع درجة حرارته و فيما يلي شرح مبسط لعملية صناعة المقطرين:

- ✓ **الهيكل الخارجي :**

استعملنا في صناعة الهيكل الخارجي مادة الخشب متعدد الطبقات حيث سيكون في تجربتنا هاته بمثابة الغرفة الجامعة للبخار في انتظار تقطيره، حيث ابعاده كالاتي :

الطول 70 cm

العرض 70 cm

سمك الخشب المستعمل 1.5 cm

الارتفاع الامامي 10 cm

الارتفاع الخلفي 30 cm

- ✓ **حوض :**

تم صناعة الحوض من مادة الزنك خصيصا لتفادي عملية الصدئ مستقبلا كما قمنا بطلييه بطلاء أسود لزيادة عملية إمتصاص الإشعاع الشمسي، حيث ابعاده كالأتي :

الطول 68 cm

العرض 68 cm

سمك الحوض الزنكي 2 mm

الارتفاع الامامي 5 cm

الارتفاع الخلفي 10 cm

✓ **الغطاء الزجاجي** :

هو زجاج عادي شفاف يستحسن ان يكون سمكه رقيق وو ان يكون الزجاج نظيف جدا لزيادة السماحية و يجب ان يكون خالي من الاشكال و الرسومات لتفادي تغيير مسار الاشعاع الشمسي و انعكاسه خارج الحوض، حيث تكون ابعاده كالاتي :

الطول 70 cm

العرض 70 cm

السمك 3 mm

و فيما يأتي جدول يوضح عملية و مراحل صنع المقطر البسيط :

الجدول رقم 04 :

الخطوة	الصورة	طريقة العمل
1		صناعة وتركيب الهيكل الخارج الخشبي
3		إضافة طبقة ثانية عازلة وهي من البوليستران
4		العزل بالطبقة الثالثة من البلاستيك ذو سمك خشن مقاوم للماء و الحرارة

5		صناعة الحوض الحديدي و صباغته باللون الأسود لامتصاص أكبر قدر ممكن من الاشعة
6		وضع الحوض الحديدي داخل الجسم الخشبي تمهيدا لوضع الزجاج في المرحلة الاخيرة
7		وكأخر مرحلة وهي تركيب الزجاج مع غلق جميع الفرغات و الثقوب جيدا بمادة السليكون لضمان عدم خروج بخار الماء و انخفاض درجة الحرارة مع إضافة مدخل للماء المالح ومخرج للماء المقطر

اما بالنسبة للمقطر المحسن فهو نفسه البسيط مع إضافة مضخة حرارية وهذه الخطوات تشرح كيفية تركيب المضخة في المقطر:

- **الخطوة الاولى** :

إحداث اربع ثقوب ثقوب متساوية و تبعد على بعضها بنفس المسافة 7cm حيث قطر كل ثقب من هذه الثقوب يكون 110cm حيث تعتبر هذه الثقوب مخرج لبخار الماء المنبعث من الحوض المائي حيث انطلاقا من هذه الثقوب سننشئ غرفة تبادل حراري بين المضخة الحرارية و بخار الماء و في ما يالي صورة توضح العملية .

شكل 3-1 يوضح التبادل الحراري بين مضخة حرارية وبخار الماء داخل الغرفة .

- **الخطوة الثانية :**

إضافة مخرجين للمضخة المسخنة للمياه في الحوض المائي و كذا الهيكل الخشبي تمهيدا لتوصيلها فيما بعد مع وضع انبوب دائري الشكل يغطي معظم مساحة الحوض المائي لزيادة درجة حرارة الماء و كذا تسهيل عملية التبادل الحراري بين الماء الموجود في الحوض و الماء الموجود داخل المضخة .

شكل 3-2 يوضح تسهيل عملية التبادل الحراري للماء داخل وخارج المضخة

- **الخطوة الثالثة :**

تركيب غرفة التبادل الحراري خلف المقطر مع وضع انبوب نحاسي بداخلها و لفه ذهابا و ايابا تمهيدا لتوصيله بالمضخة الحرارية فيما بعد لزيادة مساحة التبادل الحراري بين بخار الماء و المضخة الحرارية.

شكل 3-3 يوضح زيادة مساحة التبادل الحراري بين بخار الماء و المضخة الحرارية.

3-3 الأجهزة المستعملة في التجارب:

- **جهاز إستشعار درجة الحرارة(Thermocouples) :**

هو جهاز استشعار يستخدم لقياس درجة الحرارة، يتكون من أرجل سلكية مصنوعة من معادن مختلفة، يتم لحام أرجل الأسلاك معا مما يؤدي إلى وجود تقاطع، هذا التقاطع هو المكان الذي يتم منه قياس درجة الحرارة، وعندما يواجه الثيرموكابل تغييرا في درجة الحرارة يتم إنشاء الجهد، ثم يمكن تفسير الجهد باستخدام الجداول المرجعية الحرارية لحساب درجة الحرارة .

شكل 3-4 يمثل الشكل جهاز مستشعر الحرارة

Thermocouples

- **جهاز قياس درجة حرارة الجو(Thermometre) :**

يقيس الترمومتر درجة حرارة الهواء، أو الطاقة الحركية للجزيئات خلال الهواء

شكل 3-5 يمثل الشكل جهاز قياس درجة حرارة الجو(Thermometre)

- **جهاز قياس شدة الاشعاع الشمسي(solarometer) :**

هو أحد أنواع أجهزة القياس المستخدمة في الأرصاد الجوية لقياس كمية الإشعاع الكلية التي تصل سطح الأرض بشكل مباشر.

شكل 3–6 يمثل جهاز قياس شدة الاشعاع الشمسي (solarometer)

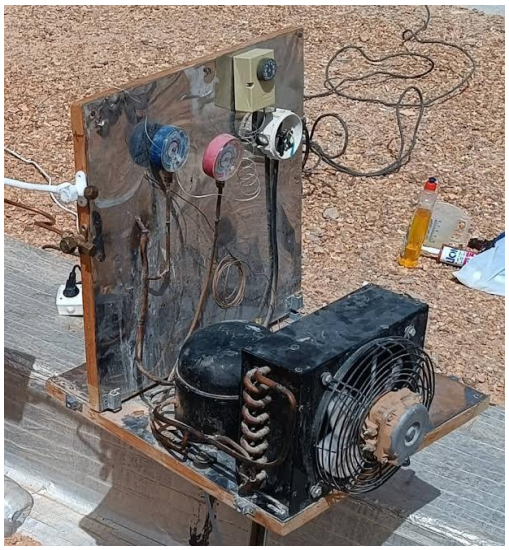
- **إناء مدرج :**

يستعمل الاناء المدرج لمعرفة و قياس كمية السوائل و في هذه التجربة إستعملناه لقياس كمية المياه المقطرة المنتجة من كلا المقطرين .

شكل3–7 يمثل اناء مدرج

- **المضخة الحرارية :**

تنتقل الطاقة الحرارية طبيعيا من الجسم الساخن للجسم البارد ولكن تستخدم المضخة الحرارية لعكس تلك العملية عن طريق امتصاص الحرارة من الوسط البارد ونقلها للوسط الساخن .



اشكل3-8 يمثل المضخة الحرارية المستعملة في التجربة

- **مضخة مسخة للمياه (pompe à résistance) :**

هي مضخة تقوم بعملين في آن واحد حيث تعمل على تدوير الماء او ضخه وفي نفس الوقت تقوم بتسخينه و رفع درجة حرارته تستعمل عادة في عمليات التبادل الحراري .

شكل3-9 يمثل المضخة المسخة للمياه في التجربة(pompe à résistance

3-4 الخطوات التجربية :

في يوم الاثنين 12-06-2023 تم اجراءتجربة على مقطرين احدهم بسيط و الاخر محسن من طرف الطلبة المعنيين بهذه المذكرة بكلية علوم الارض و الكون بجامعة قاصدي مرباح بورقلة وتحت نفس الظروف المناخية تم تعريض المقطرين الشمسيين المحسن و البسيط لاشعة الشمس بعد وضع كمية من الماء متساوية في كلا حوضييالمقطرين قدرت بثلاثة لترات داخل كل حوض حيث تم قياس درجة حرارة كل من الزجاج الداخلي للمقطرين و الزجاج الخارجي و درجة حرارة الماء الموجود في الاحواض و كذلك قياس مقدار الاشعاع الشمسي و درجة الهواء الخارجي باستعمال اجهزة القياس اللازمة لكل منها خلال كل نصف ساعة و كذلك قياس كمية الماء المحصلة من المقطرين

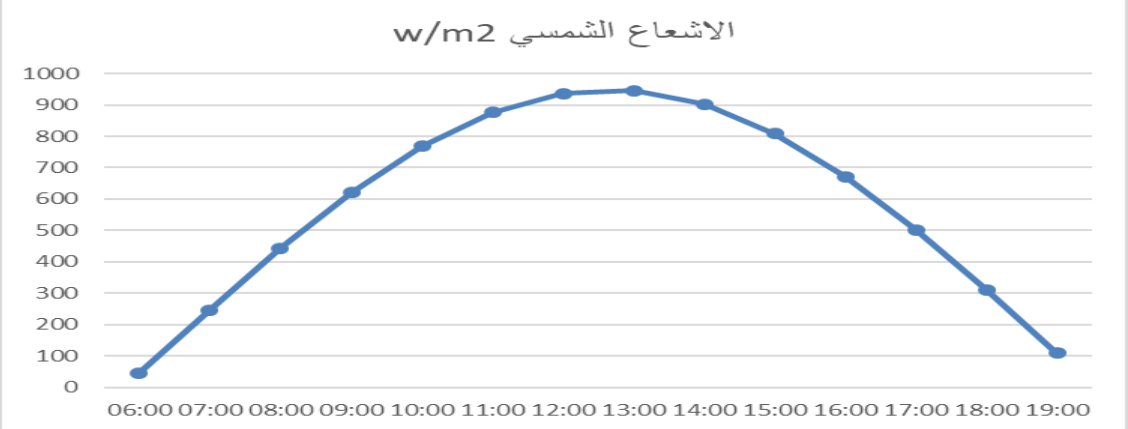
وفي ما يلي صورة توضيحية للتجربة:

شكل3-10 يوضح مكان التجربة

3-5 تحليل النتائج:

3-5-1 دراسة منحنى الاشعاع الشمسي :

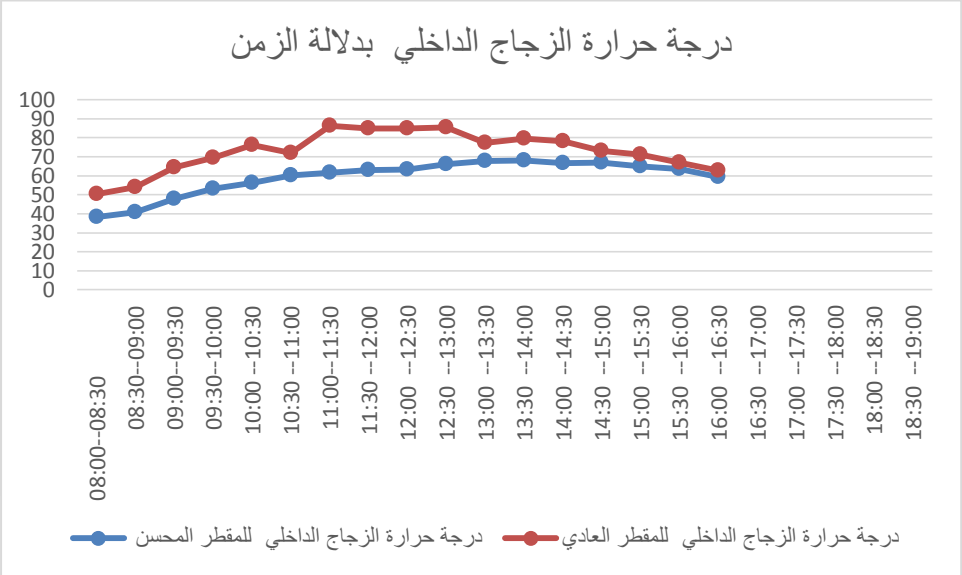
المنحنى 1: يبين المنحنى مقدار الاشعاع الشمسي بدلالة الزمن حيث نلاحظ ان الاشعاع يتزايد ابتداء من الساعة السادسة صباحا حيث نسجل قيمة اشعاع تقدر ب45W/M^2الى ان يصل الى الذروة عند الساعة الواحدة زوالا بقيمة تقدر ب 946W/M^2 ثم تبداء هاته القيم في التناقص مع الساعات الاولى لغروب الشمس.



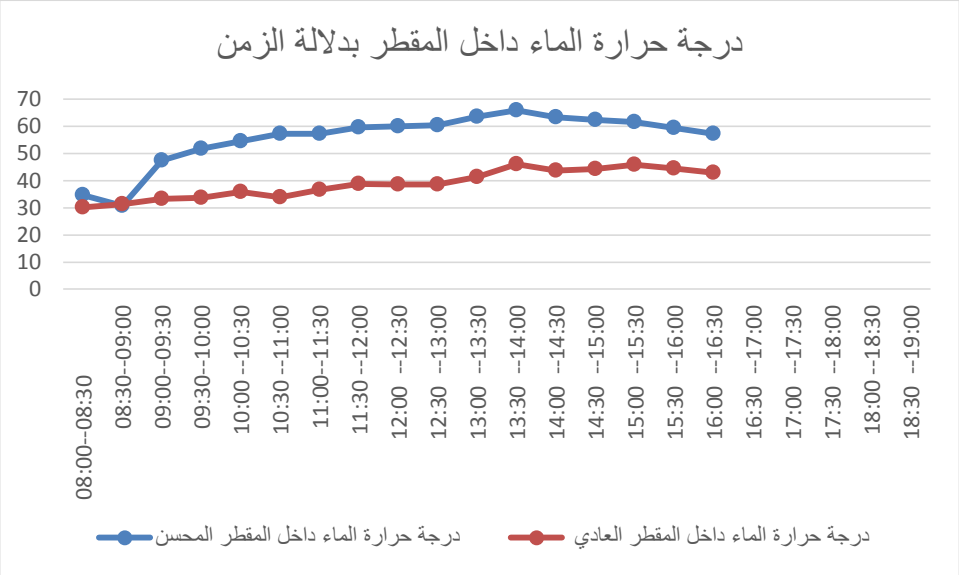
3-5-2 مقارنة درجة حرارة الزجاج لكلا المقطرين:

المنحنى 2: من خلال المنحنى نلاحظ أن درجة حرارة الزجاج الخارجي تتزايد مع مرور الوقت الى مابعد الزوال ثم تتناقص، وزجاج المقطر العادي هو الذي له حرارة أكبر مقارنة بزجاج المقطر المحسن

وتبلغ اقصى قيمة 68 C° بين 13:30 و 14:00 .



المنحنى 3: درجة حرارة الزجاج الداخلي تتزايد ثم تأخذ بالتناقص بشكل طفيف، أين الزجاج الداخلي للمقطر العادي يسجل درجة حرارة اكبر من زجاج المقطر المحسن . وهذا راجع الى تأثير المضخة الحرارية في عملية التبريد.



3-5-3 مقارنة درجة حرارة الماء:

المنحنى3 :يبين المنحنى أن درجة حرارة الماء تتزايد نسبيا وان درجة حرارة الماء للمقطر المحسن مرتفعة على المقطر العادي وهذا راجع الى المبادل الحراري الذي تم وضعه في حوض المقطر قد ساهم في عملية تسخين الماء.

3-6-1كمية المياه المنتجة :

في تجربتنا إعتمدنا على المقارنة النهائية لكمية المياه لكلا المقطرين حيث كان الفارق شاسع بين المقطر البسيط و المحسن إذ ان المقطر المحسن انتج كمية ماء مقطر تفوق كمية الماء المنتجة من المقطر البسيط بحوالي ثلاث اضعاف حيث تحصلنا على حوالي 1 لتر من المقطر المحسن و حوالي ml320 من المقطر

البسيط وهذا راجع للاجهزة و التحسينات المضافة على المقطر مثل المضخة الحرارية و المضخة المسخنة للمياه .

نتائج توصلنا إليها من خلال تجربتنا :

و قد توصلت النتائج أن الإشعاع الشمسي فى الموقع التجريبى (جامعة ورقلة) كان كافيا لتشغيل واستثمار نظام تحلية الماء بالتقطير والذى يعمل بالخلايا الكهروضوئية.

زيادة درجة حرارة الوسط المحيط أحدثت زيادة في انتاجية المقطر وبخاصة في فترة بعد الظهيرة حيث ترتفع كمية الطاقة الحرارية المخزنة في المقطر مما يؤدي إلى رفع درجة حرارة الماء فيسهل البخر.

كان المتوسط اليومي لكفاءة الخلايا الكهروضوئية هو 8.9 ? وذلك عند متوسط درجة حرارة للخلايا مقدارة 46 دم.

وجد أن التعديلات المدخلة على المقطر (المقطر الشمسي) قد أحدثت زيادة ملحوظة في إنتاجية المقطر مقارنة بالمقطر البسيط ، وقد تباينت تلك الانتاجية تبعا لنوع التعديل المقترح (المعاملة التجريبية).

وجد أن انتاجية المقطر البسيط تتراوح بين .0.5-3 لتر/م 2 من المساحة المعرضة للشمس. ووجد أن انتاجية المقطر المطور كانت أكبر من المقطر المهجن بحوالي 26-40% تبعا لنوع التعديل. أعلى انتاجية (40% اكبر من البسيط) تحققت عند التدوير الجبري للماء بين المقطر الحوضي (Active solar still) مرورا بالمجمع الشمسي ثم المقطر الحوضي مع دخول الماء في صورة رذاذ، بالاضافة إلى السحب والتكثيف خلال المكثف.

استخدام النظام الطبيعي (Passive solar still) وذلك بتدوير الماء بالحمل الطبيعي بين المقطر الحوضي مرورا بالمجمع الشمسي ثم المقطر الحوضي مع دخول الماء إلى المقطر من القاع أدى إلى زيادة

الإنتاجية للمقطر المطور عن التقليدي بحوالي 29%. في حين أن دفع الهواء الجاف من أرضية المقطر أدى الى زيادة مقدارها 37% مقارنة بالبسيط . وجد أن المتوسط ، اليومي لكفاءة المقطر المطور تراوحت بين 54-66% في حين كان متوسط كفاءة المقطر التقليدي حوالي 56-69%.

وعلى ذلك فإن التقطير الشمسي يكون مصدر جيد وبديل للماء النظيف حيث أنه يتلائم مع الاحتياجات وبخاصة في المناطق النائية و البعيدة عن شبكة الماء والكهرباء.

الخاتمة

الخاتمة

يعد الماء ذلك السائل العجيب القاعدة الأساسية التي تقوم عليها الحياة فوق الأرض فعلي المياه قامت أولي الحضارات البشرية وحيثما وجد الماء وجدت الحضارات ونظراً للتزايد الهائل في عدد السكان وارتفاع المستوي المعيشي والتطور الصناعي والزراعي مما أدي إلي تلوث المياه ومصادره المحدودة ، ونتيجة لقلة مصادر المياه العذبة في كوكب الأرض برزت مشكلة النقص الحاد للمياه العذبة ولقد أجريت العديد من الدراسات والبحوث حول مستقبل الوضع المائي والبحث عن مصادر مائية جديدة غير المصادر التقليدية .

والسبيل الأمثل للحصول على المياه العذبة يكمن في تحلية المياه المالحة والتي تعتبر من انسب الوسائل لتحقيق المتطلبات المتزايدة نظرا للازدياد المستمر للسكان وارتفاع متطلباتهم اليومية من المياه ويرجع الفضل للعرب في التحلية إذ يعتبر الكيميائيون العرب هم أول من بدؤوا بفكرة تحليه مياه البحر باستخدام أشعة الشمس فى القرن السابع الميلاد لتكون الطاقة الشمسية لها الدور الأساسي في عملية التقطير و تعد ولايتنا ولاية ورقلة واحدة من أسخن المناطق في العالم خاصة في فصل الصيف لذا كانت تجربتنا جد فعالة و إيجابية خاصة مع إرتفاع درجة الحرارة و قد شهدنا ذلك من خلال تجربتنا و هو ما تم طرحه في دراستنا ، لكن عملية تحلية مياه البحر تعد مشروعا كبير مقارنة بالتجربة الخاصة بنا حيث يحتاج لانها تحتاج حجد أكبر فتحليته هي تحويل المياه المالحة إلى مياه نقية من الأملاح صالحة للاستخدام .ويتم ذلك عبر طرق عديدة منها التحلية بالتقطير. و الفكرة الأساسية لعمليات التقطير تكمن في رفع درجة حرارة المياه المالحة إلى درجة الغليان وتكوين بخار الماء الذي يتم تكثيفه بعد ذلك الى ماء ومن ثم معالجته ليكون ماء صالحا للشرب أو الري.

التقطير بالاشعاع الشمسي المباشر . تعتمد هذه العملية على تسخين المياه باستخدام الطاقة الشمسية وتحويلها إلى بخار ونتيجة لذلك يرتفع البخار النقي ويتجمع على سطح ذو درجة حرارة باردة فتحدث عملية التكثيف ثم يتم تجميعه فينتج عن هذه العملية إزالة الأشياء الغير مرغوب فيها مثل الأملاح والمعادن الثقيلة بالإضافة إلى الميكروبات وفي النهاية يتم الحصول على ماء يتم معالجته ليكون ماء صالحا للشرب أو الري.

قائمة المراجع و المصادر

المراجع باللغة العربية

1. شلغام منيرة و بن سليمان نور الهدى دراسة تجريبية لتحسين أداء المقطر الشمسي البسيط ، مكرة لنيل شهادة الماستر ، جامعة ورقلة 2018 .
2. محمد تخة ،" دراسة مقارنة وتحسين لمختلف المقطرات الشمسية لإنتاج المياه الصالحة للشرب في المناطق (ء (2004) الجافة الصحراوية"، مذكرة ماجستير ، جامعة ورقلة ،كلية العلوم والعلوم الهندسية ، قسم الفيزياء
3. كتاب الطاقة البديلة مصادرها واستخداماتها لـ سمير سعدون مصطفى، بلال عبد الله ناصر، محمود خضر سلمان . تاريخ النشر: 2012/12/01

المراجع باللغة الأجنبية

1. M. Abu-Arabi, Y . Zurigat, H. Al-Hinia, S. Al-Hiddabi, Modeling and performance

analysis of a solar desalination unit with double- glass cover cooling, Desalination
143 (2002) 173-182.

2. V.Velmurugan, M. Gopalakrishnan, R. Reghu, K. Srithar , Single basin solar still

with fin for enhancing productivity , Energy Convers. Manag. 49 (2008) 2602-2608.

3. Y.H.Zurigat, M.k. Arabi, Modeling and performance analysis of a regenerative solar

desalination Unit, Appl. Them. Eng. 24 (2004) 1061-1072.

4. H . Al-Hinai, M.S.Al-Nassri, B.A. Jubran, Parametric investigation of a double effect

solar still in comparison with a singl-effect solar still , Desalination 150 (2002)

5. H.S.Aybar, H. Assefi, simulation of a solar still to investigate water depth and glass A ngle, Desalin . Water Treat. 7(2009)