الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي

كلية التكنولوجيا

قسم الميكانيك

رقم الترتيب :

رقم التسلسل :

مذكرة تخرج لنيل شهادة

# ماستر أكاديمي

**تخصص :** طاقات متجددة

**الموضوع**

# دراسة دمج لاقط شمسي مع مبرد لتحسين اداء وانتاجية المقطر الشمسي

**من اعداد الطلاب :**


- غنايم عبد الباسط
- قاسمي الحاج احمد
- دريدي محمد الطيب
- بن مبارك العيد


**أعضاء لجنة المناقشة :**

| الاسم واللقب | الرتبة العلمية | الصفة في البحث |
|---|---|---|
| عبد الرحمان خشخوش | | رئيسا |
| عبد الجليل العويني | | مشرفا ومقررا |
| علي زين | | ممتحنا |

السنة الجامعية: 2024/2023

IN THE NAME OF ALLAH

# التشكرات

أود أن أعبر عن خالص شكري وامتناني لكل من ساهم في إنجاز هذا البحث الأكاديمي. أولاً، أود أن أتوجه بالشكر العميق إلى مشرفي الكريم، الذي قدم لي الدعم والتوجيه القيم طوال فترة إعداد هذا البحث. لقد كانت نصائحه الحكيمة وإرشاداته الثاقبة محورية في تطوير وتنقيح هذا العمل، وأعترف بدورهم الكبير في تحسين جودة المذكرة وتوجيهها نحو تحقيق أهدافها البحثية

كما أود أن أعرب عن امتناني الكبير لعائلتي الكريمة على دعمها اللامحدود وتشجيعها المستمر. لقد كانت صبرهم وفهمهم وتفانيهم مصدر إلهام دائم لي. دون دعمهم العاطفي والمعنوي، لم يكن من الممكن إتمام هذا البحث بنجاح. كذلك، أود أن أشكر أصدقائي الأعزاء على تشجيعهم ومساعدتهم القيمة في مختلف مراحل إعداد هذا البحث

أخيراً، أتوجه بشكر خاص إلى جميع الذين قدموا لي المعلومات والبيانات التي كانت أساسية لإتمام هذا العمل. إن تعاونهم وسخائهم في مشاركة المعرفة كان له تأثير كبير على جودة البحث ونتائجه. أقدر جداً جهودهم ووقتهم، وأتمنى لهم كل النجاح في مساعيهم المستقبلية

# إهداء

أهدي هذا البحث إلى أحبتي الذين كانوا على الدوام مصدر إلهام ودعم لا يقدر بثمن خلال رحلة إعداد هذا العمل. أخص بالذكر عائلتي العزيزة، التي لم تدخر جهداً في تقديم الحب والدعم والتشجيع، مما مكنني من تجاوز جميع التحديات والصعوبات التي واجهتها خلال هذه الرحلة الأكاديمية. لقد كانت ثقتهم الكبيرة في وقوة إيمانهم بقدراتي دافعاً قوياً لتحقيق النجاح وإتمام هذا البحث

كما أود أن أهدي هذا العمل إلى أصدقائي المخلصين، الذين كان لهم الفضل في تقديم الدعم العاطفي والمعنوي، ومساعدتي في تجسيد أفكاري ومناقشة محتويات البحث. كانت نصائحهم القيمة وتشجيعهم الدائم عنصراً مهماً في تطوير هذا العمل إلى الصورة النهائية التي أقدمها اليوم

أشكر أيضاً كل من ساهم في تحقيق هذا البحث، بدءاً من الأساتذة والمشرفين الذين قدموا لي إرشاداتهم وخبراتهم، إلى جميع الذين شاركوا في توفير المعلومات والبيانات التي كانت أساسية لإتمام هذا العمل. إن دعمكم وتفانيكم في مساعدتي كانا الحافز الذي جعل من هذا المشروع ممكن التحقيق، وأعتز بكل لحظة من لحظات التعاون التي عشتها معكم

إلى جميع من ساهم في هذا البحث، أتوجه بخالص الشكر والتقدير، وأتمنى لكم جميعاً دوام النجاح والتوفيق في مساعيكم المستقبلية

# الفهرس

**التشكرات** _____ **I**

**إهداء** _____ **II**

**جدول الأشكال** _____ **III**

## الفصل الأول: الطاقة الشمسية واستعمالاتها

**مقدمة الفصل الأول: الطاقة الشمسية واستعمالاتها** _____ **1**

**المبحث الأول : مقدمة في الطاقة الشمسية** _____ **2**

**1. تعريف الطاقة الشمسية** _____ **2**
**2. مصدر الطاقة الشمسية وتفاصيلها** _____ **3**
**3. تاريخ الطاقة الشمسية** _____ **4**
**4. تطور الطاقة الشمسية والابتكارات الرئيسية** _____ **4**
**5. مبادئ العمل للطاقة الشمسية** _____ **5**
***1.5. الإشعاع الشمسي*** _____ ***5***
***2.5. تقنيات تحويل الطاقة الشمسية*** _____ ***5***

**المبحث الثاني : تطبيقات الطاقة الشمسية** _____ **7**

**1. التطبيقات السكنية للطاقة الشمسية** _____ **7**
***1.1. الأنظمة الكهروضوئية المنزلية*** _____ ***7***
**1.1.1. الوصف والتكوين** _____ **7**
**2.1.1. المزايا** _____ **8**
**3.1.1. التحديات** _____ **8**
***2.1. تسخين المياه الشمسية*** _____ ***8***
**1.2.1. الوصف والتكوين** _____ **8**
**2.2.1. المزايا** _____ **9**
**3.2.1. التحديات** _____ **9**
***3.1. المكيفات الشمسية*** _____ ***9***
**1.3.1. الوصف والتكوين** _____ **9**
**2.3.1. المزايا** _____ **10**
**3.3.1. التحديات** _____ **10**
**2. التطبيقات التجارية والصناعية للطاقة الشمسية** _____ **10**
***1.2. في المباني التجارية*** _____ ***10***
**1.1.2. الأنظمة الكهروضوئية** _____ **10**
**1.1.1.2. الوصف والتكوين** _____ 10

2.1.1.2. مزايا 10
3.1.1.2. التحديات 11
2.1.2. سخانات المياه الشمسية 11
1.2.1.2. الوصف والتكوين 11
2.2.1.2. مزايا 11
3.2.1.2. التحديات 11
*2.2. في المباني الصناعية* *12*
1.2.2. أنظمة الطاقة الشمسية للمصانع 12
1.1.2.2. الوصف والتكوين 12
2.1.2.2. مزايا 12
3.1.2.2. التحديات 12
2.2.2. تقنيات التركيز الشمسية 12
1.2.2.2. الوصف والتكوين 12
2.2.2.2. مزايا 13
3.2.2.2. التحديات 13
3. التطبيقات المحددة للطاقة الشمسية 13
*1.3. في المناطق الريفية والنائية* *13*
1.1.3. الوصف والتحديات 13
2.1.3. أنظمة الطاقة الشمسية في المناطق الريفية 13
3.1.3. مزايا 14
4.1.3. التحديات 14
*2.3. في وسائل النقل* *14*
1.2.3. الوصف والتحديات 14
2.2.3. سيارات الشمسية 15
3.2.3. الحافلات والشاحنات الشمسية 15
4.2.3. الطائرات الشمسية 15
5.2.3. مزايا الطاقة الشمسية في وسائل النقل 16
6.2.3. التحديات 16
المبحث الثالث : مزايا وعيوب الطاقة الشمسية 16
1. مزايا الطاقة الشمسية 17
*1.1. طاقة متجددة ومستدامة* *17*
*2.1. تقليل الانبعاثات وتحقيق الاستدامة على المدى الطويل* *17*
2. عيوب الطاقة الشمسية 18
*1.2. اعتمادها على الظروف المناخية* *18*
*2.2. تكاليف التركيب الأولية* *19*
*3.2. مشاكل التخزين والتقطع* *19*
خاتمة الفصل الأول: الطاقة الشمسية واستعمالاتها 20

# الفصل الثاني: التقطير الشمسي وأنواعه


**مقدمة الفصل الثاني : التقطير الشمسي وأنواعه _____ 21**

**المبحث الأول : تعريف ومبادئ أساسية للتقطير الشمسي_____ 22**

**1. تعريف التقطير الشمسي _____ 22**
**2. شرح عملية التقطير الشمسي _____ 22**
***1.1. امتصاص الطاقة الشمسية _____ 22***
***2.1. تسخين الماء _____ 22***
***3.1. التبخر _____ 22***
***4.1. التكثيف _____ 23***
***5.1. جمع المياه النقية _____ 23***
**2. أهمية التقطير الشمسي في معالجة المياه _____ 23**
***1.2. توفير مياه صالحة للشرب _____ 23***
***2.2. استدامة الطاقة _____ 23***
***3.2. تقليل التكاليف التشغيلية _____ 23***
***4.2. تحسين الاستدامة البيئية _____ 23***
***5.2. تحسين جودة الحياة _____ 23***

**المبحث الثاني : أنواع التقطير الشمسي وفوائده وحدوده_____ 24**

**1. التقطير الشمسي البسيط _____ 24**
***1.1. وصف كيفية عمل الجهاز _____ 24***
**1.1.1. التصميم الأساسي_____ 24**
**2.1.1. عملية التشغيل_____ 24**
**3.1.1. آلية جمع المياه النقية _____ 25**
***2.1. المزايا والعيوب _____ 25***
**1.2.1. المزايا_____ 25**
**2.2.1. العيوب _____ 25**
**2. التقطير الشمسي متعدد المراحل _____ 26**
***1.2. شرح مفهوم التقطير المتعدد المراحل _____ 26***
**1.1.2. مفهوم التقطير المتعدد المراحل _____ 26**
**2.1.2. كيفية عمل النظام _____ 26**
***2.2. المزايا مقارنة بالتقطير البسيط _____ 27***
**1.2.2. كفاءة أعلى في استخدام الطاقة _____ 27**
**2.2.2. إنتاجية أكبر _____ 27**
**3.2.2. تحسين الأداء في ظروف غير مثالية _____ 27**
***3.2. حالات استخدام عملية التقطير المتعدد المراحل _____ 28***

1.3.2. الاستخدامات في المناطق ذات الاحتياجات الكبيرة 28
2.3.2. التطبيقات الصناعية 28
3.3.2. مشاريع التنمية المستدامة 28
4.3.2. الاستخدام في مراكز الأبحاث 28
3. التقطير الشمسي متعدد التأثيرات 28
*1.3. مبادئ عمل التقطير ذو التأثيرات المتعددة* *29*
1.1.3. مفهوم التقطير ذو التأثيرات المتعددة 29
2.1.3. كيفية عمل النظام 29
*2.3. المزايا البيئية والاقتصادية* *29*
1.2.3. المزايا البيئية 29
2.2.3. المزايا الاقتصادية 30
4. التقطير الشمسي باستخدام المرايا المكافئة 30
*1.4. تقنية المرايا المكافئة في عملية التقطير* *30*
1.1.4. مفهوم المرايا المكافئة 30
2.1.4. كيفية عمل التقنية 31
*2.4. مقارنة مع الأنواع الأخرى من التقطير الشمسي* *31*
1.2.4. مقارنة مع التقطير الشمسي البسيط 31
2.2.4. مقارنة مع التقطير الشمسي متعدد المراحل 31
*3.4. التطبيقات والكفاءة* *32*
1.3.4. التطبيقات العملية 32
2.3.4. كفاءة التقنية 32
5. فوائد وحدود التقطير الشمسي 33
*1.5. الفوائد البيئية والاقتصادية* *33*
1.1.5. الأثر البيئي الإيجابي 33
2.1.5. الجدوى الاقتصادية على المدى الطويل 33
*2.5. الحدود والتحديات التقنية* *34*
1.2.5. الحدود المتعلقة بالظروف المناخية 34
2.2.5. التحديات المتعلقة بالتكيف التكنولوجي في بعض المناطق 34
**المبحث الثالث : أنواع المقطرات واللواقط الشمسية 34**
1. أنواع المقطرات الشمسية 34
*1.1. المقطرات الشمسية البسيطة* *34*
1.1.1. المقطر ذو الميل الواحد 35
2.1.1. المقطر ذو الميلين 35
3.1.1. المقطر الهرمي 36
*2.1. المقطرات الشمسية التي تعمل بمبدأ التسخين بالبيت الزجاجي* *36*
1.2.1. المقطر الشمسي الكروي 36
2.2.1. المقطر الأسطواني 37
3.2.1. المقطر المخروطي 38
4.2.1. المقطر الشلالي 39

*3.1. المقطرات الشمسية التي تعمل بمبدأ استرجاع الحرارة* _____ *39*
1.3.1. المقطر الشمسي متعدد الطوابق _____ 39
2.3.1. المقطر بالخاصية الشعرية _____ 40
3.3.1. المقطر أرض-ماء _____ 41
4.3.1. المقطر ذو مجمع مركز _____ 41
2. أنواع اللواقط الشمسية _____ 42
*1.2. مرايا اللواقط الشمسية المسطحة العادية* _____ *42*
*2.2. مرايا اللواقط الشمسية المسطحة بأنابيب مفرغة* _____ *43*
*3.2. مرايا لواقط القطع المكافئ المركزة لأشعة الشمس* _____ *43*
*4.3. لواقط الطبق "المرآة المقعرة" الشمسية* _____ *44*
*5.3. البرج الشمسي* _____ *45*
**المبحث الرابع : التطبيقات العملية وفوائد التقطير الشمسي** _____**46**
1. التقطير الشمسي في المناطق الريفية _____ 46
2. التقطير الشمسي الصناعي _____ 46
3. التقطير الشمسي في المشاريع الإنسانية _____ 46
**خاتمة الفصل الثاني: التقطير الشمسي وأنواعه**_____**47**

# الفصل الثالث: تصميم وتنفيذ لاقط شمسي

**المبحث الأول: تصميم وتنفيذ لاقط شمسي** _____خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

1. تحديد الأهداف _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
*2.1. تحديد معايير أداء اللاقط الشمسي* _____*خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.*
2. البحث والتحليل _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
*1.2. اختيار نوع اللاقط المناسب* _____*خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.*
*2.2. تحليل المواد المتاحة للتصنيع* _____*خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.*
1.2.2. المرايا المقعرة _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2.2.2. أنابيب الاستقبال _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
3.2.2. الهيكل الداعم _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
4.2.2. أنظمة التتبع _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
3. تصميم اللاقط الشمسي _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
*1.3. اللاقط الشمسي* _____*خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.*
1.1.3. الرسم الاساسي للاقط الشمسي المقعر _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2.1.3. الأبعاد الدقيقة _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
*2.3. اختيار المواد اللازمة لبناء العاكس* _____*خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.*
1.2.3. المرآة المقعرة _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2.2.3. أنبوب الاستقبال _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

**3.2.3. الهيكل الداعم** _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
**4. تصنيع اللاقط الشمسي** _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
***1.4. تثبيت اللاقط الشمسي على الحامل*** _____ *خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.*
**1.1.4. التحضير** _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
**2.1.4. التثبيت** _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
***2.4. التحقق من محاذاة*** _____ *خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.*
**1.2.4. المحاذاة** _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
**2.2.4. التركيز** _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
**3.2.4. اختبار النظام** _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
**5. التثبيت والاختبارات** _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
***1.5. تركيب اللاقط الشمسي في موقع الاختبار*** _____ *خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.*
**1.1.5. التحضير والتخطيط** _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
**1.1.1.5. تحديد الموقع المناسب** _____ **خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
**2.1.1.5. إعداد الموقع** _____ **خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
**2.1.5. تثبيت اللاقط** _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
***2.5. إجراء اختبارات للتحقق من فعالية التركيز وأداء اللاقط الشمسي*** *خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.*
**1.2.5. اختبار التركيز** _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
**1.1.2.5. التحقق من محاذاة اللاقط** _____ **خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
**2.1.2.5. قياس التركيز** _____ **خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
**2.2.5. اختبار أداء اللاقط الشمسي** _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
**1.2.2.5. تقييم درجة حرارة التشغيل** _____ **خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
***3.5. تعديل المعايير إذا لزم الأمر*** _____ *خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.*
**1.3.5. تحليل النتائج** _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
**1.1.3.5. مراجعة البيانات** _____ **خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
**2.1.3.5. تشخيص المشكلات** _____ **خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
**2.3.5. إجراء التعديلات** _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
**1.2.3.5. تعديل التركيز** _____ **خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
**2.2.3.5. تحسين الأداء** _____ **خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
**3.2.3.5. إعادة اختبار** _____ **خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
**6. التوثيق والتقارير** _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
***1.6. توثيق عملية التصنيع*** _____ *خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.*
**1.1.6. مراحل التصنيع** _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
**1.1.1.6. التصميم الأولي** _____ **خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
**2.1.1.6. إعداد المواد** _____ **خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
**3.1.1.6. عملية التصنيع** _____ **خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
**4.1.1.6. اختبارات الجودة** _____ **خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
**5.1.1.6. التحقق النهائي** _____ **خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
**2.1.6. التعديلات والإصلاحات** _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
**1.2.1.6. تحديد المشاكل** _____ **خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**
**2.2.1.6. التعديلات على التصميم** _____ **خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.**

**المبحث الثاني: دمج نظام تبريد مع اللاقط الشمسي** _ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

**1. تحديد أهداف التبريد** _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

*1.1. تحديد متطلبات الأداء* _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
1.1.1. تحديد درجة الحرارة المستهدفة _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2.1.1. الظروف البيئية _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
3.1.1. تحديد كفاءة النظام _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
1.3.1.1. الكفاءة الحرارية _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2.3.1.1. تكاليف التشغيل _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
4.1.1. الأهداف الإضافية _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
1.4.1.1. الاستدامة البيئية _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2.4.1.1. التشغيل الموثوق _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
*2.1. اختيار نوع نظام التبريد* _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
1.2.1. التبريد بدائرة المياه _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
1.1.2.1. أنظمة التبريد بالماء _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2.1.2.1. تصميم نظام التبريد بالماء _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2.2.1. التبريد بالهواء _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
1.2.2.1. أنظمة التبريد بالهواء _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2.2.2.1. تصميم نظام التبريد بالهواء _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
3.2.1. عوامل يجب مراعاتها عند الاختيار _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
1.3.2.1. تكلفة التركيب والصيانة _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2.3.2.1. الملاءمة البيئية _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
3.3.2.1. القيود التقنية _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2. تصميم نظام التبريد _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
*1.2. تصميم المستقبل الشمسي مع نظام التبريد المدمج* _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
1.1.2. تحديد تكوين المستقبل الشمسي _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2.1.2. تصميم التكامل _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
*2.2. رسم مخططات المستقبل مع الأخذ في الاعتبار اللاقط الشمسي ونظام التبريد* _ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
1.2.2. مخططات التصميم _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
1.1.2.2. مخطط النظام الشمسي _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2.1.2.2. مخطط نظام التبريد _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2.2.2. اعتبارات التصميم _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
*3.2. اختيار مكونات نظام التبريد* _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
1.3.2. المضخات _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2.3.2. المراوح _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
3.3.2. أنابيب وموصلات _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
4.3.2. أنظمة التحكم _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
*4.2. ملخص التصميم* _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
3. التصنيع والدمج _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
*1.3. بناء أو تجميع المستقبل الشمسي مع نظام التبريد* _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
1.1.3. بناء أو تجميع المستقبل الشمسي _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2.1.3. فحص المكونات قبل التركيب النهائي _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
*2.3. تثبيت نظام التبريد* _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
1.2.3. تثبيت الأنابيب لدائرة المياه _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2.2.3. تركيب المكونات الأخرى _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

*3.3. ضمان عزل حراري جيد لتفادي فقدان الحرارة* _____خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
1.3.3. اختيار مواد العزل_____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2.3.3. تطبيق العزل _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
3.3.3. الصيانة والمتابعة_____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
4. التثبيت والاختبارات_____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
*1.4. تركيب المستقبل الشمسي مع نظام التبريد في موقع الاختبار* __خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
1.1.4. التحضير لموقع التركيب_____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2.1.4. تركيب اللاقط الشمسي ونظام التبريد _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
*2.4. إجراء اختبارات لتقييم فعالية التبريد وأداء النظام بشكل عام*___خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
1.2.4. اختبارات فعالية التبريد _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2.2.4. اختبارات أداء النظام بشكل عام _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

# الفصل الرابع: نتائج وتحاليل

1. الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة البيئة المحيطة _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
*1.1. تحليل الرسم البياني* _____خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
1.1.1. الإشعاع الشمسي:(Solar Radiation) _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2.1.1. درجة الحرارة:(Temperature) _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
*2.1. التفسير العلمي* _____خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
*3.1. الخلاصة* _____خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2. تغيرات درجات الحرارة لكلا الجهازين المقطرين _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
*12. تحليل الرسم البياني*_____خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
11.2. المنحنى الأسود (T.g.int.CSD) _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2.1.2. المنحنى الأزرق (T.w.CSD) _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
3.1.2. المنحنى البنفسجي (T.g.ext.CSD) _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
4.1.2. المنحنى الأحمر (T.g.int.SDACS)_____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
5.1.2. المنحنى الأخضر (T.w.SDACS) _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
6.1.2. المنحنى الأصفر (T.g.ext.SDACS) _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
*2.2. الاستنتاج* _____خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
3. إنتاج الماء المقطر_____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
*13. تحليل الرسم البياني*_____خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
1.1.3. تحليل القيم العامة_____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
2.1.3. تحليل تفصيلي للمقارنة _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
3.1.3. الانخفاض بعد الذروة _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
4.1.3. الفرق الإجمالي في الإنتاج _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
5.1.3. الربط مع الشكل السابق _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
*2.3. الاستنتاج* _____خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.

**4. كمية الماء المقطر التراكمية** _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
***1.4. تحليل الرسم البياني*** _____ *خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.*
**1.1.4. المقطر الشاهد (CSD)** _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
**2.1.4. المقطر المحسن (SDACS)** _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
***2.4. الاستنتاج*** _____ *خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.*
**5. تغيرات الكفاءة الحرارية** _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
***1.5. تحليل الرسم البياني*** _____ *خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.*
**1.1.5. المقطر الشاهد (CSD)** _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
**2.1.5. المقطر المحسن (SDACS)** _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
***2.5. الاستنتاج*** _____ *خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.*
**6. كفاءة الإكسرجي EXERGY EFFICIENCY** _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
***1.6. تحليل الرسم البياني*** _____ *خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.*
**المقطر المحسن (SDACS):** _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
**المقطر الشاهد (CSD):** _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
***2.6. الاستنتاج*** _____ *خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.*
**7. مقارنة بين المقطر المحسن (SDACS) والمقطر الشاهد (CSD)** __ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
***1.7. تحليل الأعمدة البيانية*** _____ *خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.*
**1.1.7. إنتاج الماء المقطر التراكمي (Cumulative Distilled Water)** ___ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
**2.1.7. الكفاءة الحرارية (Thermal Efficiency)** ___ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
**3.1.7. كفاءة الإكسرجي (Exergy Efficiency)** ____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
***2.7. الاستنتاج*** _____ *خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.*
**8. تلخيص شامل واستنتاج** _____ خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
***1.8. إنتاجية الماء المقطر*** _____ *خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.*
***2.8. الكفاءة الحرارية*** _____ *خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.*
***3.8. كفاءة الإكسرجي*** _____ *خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.*
***4.8. التغيرات الزمنية في الأداء*** _____ *خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.*
***5.8. التحسينات التصميمية والهيكلية*** _____ *خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.*
***6.8. استنتاج نهائي*** _____ *خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.*

# جدول الأشكال


| الرقم | الشكل | الصفحة |
|---|---|---|
| 1 | مقطر بسيط بميل واحد | 34 |
| 2 | مقطر بسيط بميلين | 35 |
| 3 | مقطر بسيط هرمي | 35 |
| 4 | مقطر شمسي كروي مزود بماسح | 36 |
| 5 | المقطر الشمسي الاسطواني | 37 |
| 6 | المقطر الشمسي المخروطي | 37 |
| 7 | مقطر الشلال الشمسي | 38 |
| 8 | المقطر الشمسي المتعدد الطوابق | 39 |
| 9 | المقطر الشمسي الشعيري | 39 |
| 10 | مقطر شمسي ارض- ماء | 40 |
| 11 | المقطر الشمسي ذو مجمع مركز | 40 |
| 12 | مرايا اللواقط الشمسية المسطحة العادية | 41 |
| 13 | مرايا اللواقط الشمسية المسطحة بأنابيب مفرغة | 42 |
| 14 | مرايا لواقط القطع المكافئ | 43 |
| 15 | المرآة المقعرة | 43 |
| 16 | البرج الشمسي | 44 |
| 17 | اللاقط الشمسي المقعر في موقع الاختبار | 50 |
| 18 | التحقق من محاذاة وتركيب اللاقط الشمسي | 53 |
| 19 | تركيب اللاقط الشمسي في موقع الاختبار | 55 |
| 20 | تصميم نظام التبريد | 63 |
| 21 | رسم تخطيطي مبسط للمقطرات الشمسية الحرارية | 64 |
| 22 | أبعاد المبرد | 65 |
| 23 | تثبيت نظام التبريد | 69 |
| 24 | تثبيت اللاقط مع المبرد في موقع الاختبار | 71 |
| 25 | تغيرات في الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة البيئة المحيطة | 73 |
| 26 | تغيرات درجات الحرارة لكلا الجهازين المقطرين | 75 |
| 27 | تغيرات إنتاج الماء المقطر | 77 |
| 28 | تغيرات كمية الماء المقطر التراكمية | 80 |
| 29 | تغيرات الكفاءة الحرارية | 82 |
| 30 | تغيرات كفاءة الإكسرجي | 84 |
| 31 | مقارنة بين المقطر المحسن (SDACS) والمقطر الشاهد (CSD) من حيث الإنتاجية والكفاءة الحرارية والإكسرجيّة | 85 |

# الفصل الأول :
# الطاقة الشمسية واستعمالاتها

## مقدمة الفصل الأول: الطاقة الشمسية واستعمالاتها

في ظل التحديات البيئية والاقتصادية التي يواجهها العالم اليوم، تبرز الحاجة الملحة إلى البحث عن مصادر طاقة بديلة ومستدامة. الطاقة الشمسية، باعتبارها أحد أهم مصادر الطاقة المتجددة، توفر حلاً واعداً يمكنه تلبية احتياجات البشرية المتزايدة للطاقة دون التأثير السلبي على البيئة. ما يميز الطاقة الشمسية هو وفرتها واستدامتها، حيث يمكن الاستفادة منها في جميع أنحاء العالم، سواء في المناطق الحضرية أو الريفية، مما يسهم في تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري الذي يسبب التلوث البيئي وارتفاع نسبة غازات الاحتباس الحراري.

هذا الفصل سيتناول بالتفصيل مختلف جوانب الطاقة الشمسية، بدءاً من الأسس العلمية لتحويل ضوء الشمس إلى طاقة، وصولاً إلى التطبيقات العملية لها في مختلف المجالات. سنستعرض كيفية استخدام الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء، تسخين المياه، وحتى في الزراعة وتحلية المياه. كما سنناقش الفوائد الاقتصادية، مثل توفير التكاليف على المدى الطويل وتقليل الفاتورة الطاقوية، إضافة إلى الفوائد البيئية المتمثلة في تقليل الانبعاثات الكربونية. كما سنتطرق إلى التحديات التي قد تعيق انتشار الطاقة الشمسية على نطاق واسع، مثل التكلفة الأولية المرتفعة لبعض التقنيات والحاجة إلى مساحات واسعة لتركيب الألواح الشمسية، وسنبحث في الحلول الممكنة لتجاوز هذه العقبات. في نهاية هذا الفصل، سنكون قد اكتسبنا رؤية شاملة حول كيفية استغلال الطاقة الشمسية لتحقيق تنمية مستدامة ومتوازنة، تحفظ البيئة وتحسن نوعية الحياة للأجيال الحالية والمستقبلية

## المبحث الأول : مقدمة في الطاقة الشمسية

يهدف هذا المبحث إلى تقديم فهم شامل للطاقة الشمسية من خلال تعريف مفهومها واستعراض كيفية تحويل الضوء الشمسي إلى طاقة يمكن الاستفادة منها في حياتنا اليومية وتسليط الضوء على الجوانب العلمية والتكنولوجية التي تجعل هذا التحول ممكناً. بالإضافة إلى ذلك، سنلقي نظرة على الابتكارات الرئيسية التي ساهمت في تعزيز استخدام هذه الطاقة على نطاق واسع. كما سنتناول المبادئ الأساسية لعمل الطاقة الشمسية، بدءًا من كيفية تكوين الإشعاع الشمسي وقياسه، وصولاً إلى تقنيات تحويل هذا الإشعاع إلى طاقة قابلة للاستخدام، مثل الألواح الشمسية الكهروضوئية، وسخانات المياه الشمسية، واللواقط الشمسية، مما يوفر لنا فهماً متكاملاً لكيفية استغلال هذه الطاقة بفعالية في مختلف التطبيقات اليومية.

### 1. تعريف الطاقة الشمسية

الطاقة الشمسية هي الطاقة المستمدة من الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض. تعتبر الشمس المصدر الرئيسي لهذه الطاقة، حيث تعد من أكثر النجوم استقرارًا واستدامة في الفضاء. تُنتج الشمس طاقتها من خلال عملية فيزيائية تسمى "الاندماج النووي"، والتي تحدث في نواتها. خلال هذه العملية، يتم دمج نوى ذرات الهيدروجين تحت ضغط ودرجة حرارة هائلين لتشكيل الهليوم، مما يؤدي إلى إطلاق كميات ضخمة من الطاقة في صورة ضوء وحرارة. هذه الطاقة تنتشر في الفضاء وتصل إلى الأرض على شكل إشعاع كهرومغناطيسي يتضمن الأشعة فوق البنفسجية، الضوء المرئي، والأشعة تحت الحمراء.[12]

الطاقة الشمسية التي تصل إلى سطح الأرض هي مصدر طبيعي متجدد لا ينضب، حيث تستقبل الأرض كمية هائلة من الطاقة الشمسية يوميًا، تكفي لتلبية احتياجات البشرية من الطاقة إذا تم استغلالها بكفاءة. يعتبر تحويل الطاقة الشمسية إلى أشكال أخرى من الطاقة، مثل الطاقة الكهربائية أو الحرارية، أحد الإنجازات الرئيسية للتكنولوجيا الحديثة، حيث يتم ذلك باستخدام تقنيات متطورة مثل الخلايا الشمسية الكهروضوئية (Photovoltaic Cells) التي تحول ضوء الشمس مباشرة إلى كهرباء، والتقنيات الحرارية الشمسية

(Solar Thermal Technologies) التي تستغل حرارة الشمس لتوليد الطاقة الحرارية التي يمكن استخدامها في التدفئة أو في إنتاج الكهرباء.

الطاقة الشمسية ليست مجرد بديل نظيف ومستدام للوقود الأحفوري، بل هي أيضًا مصدر متعدد الاستخدامات يمكن توظيفه في مجالات مختلفة، بدءًا من توليد الكهرباء للمنازل والصناعات، إلى تسخين المياه في الأنظمة المنزلية والصناعية، وحتى في الزراعة من خلال تشغيل أنظمة الري والتدفئة الزراعية.

من الناحية البيئية، تسهم الطاقة الشمسية في تقليل الانبعاثات الكربونية والحد من التأثيرات السلبية للتغير المناخي، ما يجعلها خيارًا بيئيًا صديقًا يسهم في حماية الكوكب للأجيال القادمة. كما أنها توفر استقلالية طاقوية للدول والمجتمعات التي تستثمر في بنيتها التحتية، مما يقلل الاعتماد على واردات الطاقة التقليدية التي تكون غالبًا مكلفة وتؤثر على الاستقرار الاقتصادي.

على الرغم من كل هذه الفوائد، يواجه استغلال الطاقة الشمسية بعض التحديات مثل التكلفة الأولية العالية للبنية التحتية وتخزين الطاقة، فضلاً عن الحاجة إلى مساحات كبيرة لتركيب الألواح الشمسية، خصوصاً في المناطق الحضرية ذات الكثافة السكانية العالية. ومع ذلك، فإن التطور المستمر في تكنولوجيا الطاقة الشمسية والابتكارات الجديدة، مثل تطوير خلايا شمسية أكثر كفاءة ونظم تخزين طاقة محسّنة، يساعد في التغلب على هذه التحديات ويعزز من إمكانية استخدام الطاقة الشمسية على نطاق واسع ومستدام

في النهاية، الطاقة الشمسية ليست فقط مصدرًا للطاقة، بل هي أيضاً رمز للابتكار والتقدم البشري نحو مستقبل أكثر استدامة وأمانًا للطاقة.

## 2. مصدر الطاقة الشمسية وتفاصيلها

الطاقة الشمسية مصدرها الشمس، وهي نجم يتكون بشكل رئيسي من الهيدروجين والهيليوم. تولد الشمس الطاقة عبر عملية الاندماج النووي في نواتها، وتصل هذه الطاقة إلى الأرض على شكل إشعاع كهرومغناطيسي. الطاقة الشمسية هي أساس معظم أشكال الطاقة على الأرض، وتُعد مصدرًا نظيفًا ومتجددًا. تحديات استغلالها تشمل تطوير تقنيات تحويل

الطاقة وتخزينها بشكل فعال. مع التقدم التكنولوجي، يُتوقع أن تلعب دورًا متزايدًا في تلبية احتياجات الطاقة العالمية وتقليل التأثيرات البيئية.[11]

## 3. تاريخ الطاقة الشمسية

يمتد تاريخ الطاقة الشمسية عبر آلاف السنين، حيث بدأت الحضارات القديمة في الاستفادة منها بطرق بسيطة مثل تسخين المياه والتحنيط. ومع أن استخدامات الطاقة الشمسية كانت محدودة في العصور القديمة والوسطى بسبب نقص التكنولوجيا، إلا أنها شهدت تطوراً تدريجياً. مع بزوغ الثورة الصناعية، تسارعت الأبحاث العلمية، خاصة بعد اكتشاف أدموند بيكريل للظاهرة الكهروضوئية عام 1839، مما مهد الطريق لتطور الخلايا الشمسية. خلال القرن العشرين، زادت كفاءة هذه الخلايا تدريجياً، مما ساعد في تحويل الطاقة الشمسية إلى تقنية عملية وفعالة مع تقليل التكاليف. أما في القرن الحادي والعشرين، فقد شهدت الطاقة الشمسية طفرة كبيرة بفضل ابتكارات مثل الخلايا الشمسية متعددة التهجين وتقنيات تخزين الطاقة. ومن المتوقع أن تستمر الابتكارات المستقبلية في تعزيز دور الطاقة الشمسية كمصدر أساسي للطاقة النظيفة والمستدامة. [15]

## 4. تطور الطاقة الشمسية والابتكارات الرئيسية [13]

شهدت الطاقة الشمسية تطورًا كبيرًا خلال القرنين الماضيين، بدءًا من اكتشاف أدموند بيكريل لظاهرة التأثير الكهروضوئي في عام 1839، الذي مهد الطريق لتطوير الخلايا الشمسية. في منتصف القرن العشرين، تم إحراز تقدم ملحوظ، حيث تم ابتكار أول خلية شمسية فعالة في عام 1954 بكفاءة بلغت 6%. وفي السبعينات، زاد الاهتمام بالطاقة الشمسية نتيجة لأزمة الطاقة العالمية، مما حفّز تطوير تقنيات مثل الخلايا الشمسية متعددة التهجين والطاقة الشمسية المركزة(CSP) ، وأسهم في تحسين كفاءة الخلايا وتقليل تكاليف الإنتاج.

مع دخول القرن الحادي والعشرين، واصلت الابتكارات تعزيز كفاءة الخلايا الشمسية من خلال استخدام تقنيات متقدمة مثل الألواح المرنة والتكنولوجيا النانوية، مما وسع تطبيقات الطاقة الشمسية بشكل كبير. اليوم، تركز الأبحاث على مواصلة تحسين الكفاءة

وتقليل تكاليف التخزين والإنتاج، مما يجعل الطاقة الشمسية خيارًا متزايد الاعتماد عليه كمصدر رئيسي ومستدام للطاقة النظيفة في المستقبل.

## 5. مبادئ العمل للطاقة الشمسية [14]

### 1.5. الإشعاع الشمسي

**كيفية تكوين الإشعاع الشمسي :** الإشعاع الشمسي هو الطاقة التي تصل إلى سطح الأرض من الشمس في شكل إشعاع كهرومغناطيسي. يتم إنتاج هذا الإشعاع من خلال العمليات النووية التي تحدث في قلب الشمس، حيث تتحول الهيدروجين إلى هيليوم عبر عملية الاندماج النووي. هذه التفاعلات النووية تطلق كميات ضخمة من الطاقة في شكل إشعاع حراري وكهرومغناطيسي، والتي تشمل الضوء المرئي والأشعة فوق البنفسجية والأشعة تحت الحمراء. عندما يصل هذا الإشعاع إلى الغلاف الجوي للأرض، يتم امتصاص بعضه بواسطة الغلاف الجوي، بينما يمر الجزء الآخر إلى سطح الأرض، حيث يمكن استغلاله للطاقة.

**قياس الإشعاع الشمسي :** لقياس الإشعاع الشمسي، يتم استخدام أجهزة قياس خاصة تعرف بالـ "مقياس الإشعاع الشمسي" أو "الأشعة الشمسية". هذه الأجهزة تقيس كمية الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض، ويُعبر عن هذه الكمية بوحدات الواط لكل متر مربع .($W/m^2$) هناك نوعان رئيسيان من أجهزة قياس الإشعاع الشمسي:

**المقياس الشعاعي :** يقيس الإشعاع الشمسي المباشر الذي يأتي من الشمس مباشرة.

**مقياس الإشعاع العالمي :** يقيس الإشعاع الشمسي الذي يصل من جميع الاتجاهات، بما في ذلك الإشعاع المنتشر المنعكس عن السحب والجو.

### 2.5. تقنيات تحويل الطاقة الشمسية [5]

**الألواح الشمسية الكهروضوئية :** الألواح الشمسية الكهروضوئية (PV) هي الأجهزة التي تحول الضوء الشمسي مباشرة إلى كهرباء باستخدام التأثير الكهروضوئي. تتكون الألواح الشمسية من خلايا شمسية مصنوعة عادةً من السيليكون. عند تعرضها لأشعة

الشمس، يتم امتصاص الفوتونات من الضوء الشمسي بواسطة الخلايا، مما يؤدي إلى تحرير الإلكترونات من الذرات. هذه الإلكترونات الحرة تولد تيارًا كهربائيًا يمكن استخدامه لتوليد الكهرباء. هناك نوعان رئيسيان من الألواح الشمسية الكهروضوئية:

**الألواح الشمسية الأحادية البلورية :** تصنع من السيليكون البلوري، وتتميز بكفاءتها العالية ولكن بتكلفة أعلى.

**الألواح الشمسية متعددة البلورات :** تصنع من السيليكون المصهور، وتكون أقل تكلفة ولكن بكفاءة أقل مقارنةً بالألواح الأحادية البلورية.

**سخانات المياه الشمسية :** سخانات المياه الشمسية هي أنظمة تستخدم الطاقة الشمسية لتسخين المياه. تتكون هذه الأنظمة عادةً من مجموعة من الألواح الشمسية أو "المجموعة الشمسية"، والتي تمتص الحرارة من الشمس. هذه الحرارة تُنقل إلى المياه عبر أنابيب أو محولات حرارية. هناك نوعان رئيسيان من سخانات المياه الشمسية:

**سخانات المياه الشمسية ذات الأنابيب المفرغة :** تستخدم أنابيب زجاجية مفرغة لحبس الهواء والحرارة، مما يقلل من فقدان الحرارة.

**سخانات المياه الشمسية ذات الألواح المسطحة :** تستخدم ألواحًا مسطحة تحتوي على أنابيب مملوءة بسائل ناقل للحرارة. يتم تسخين السائل الذي ينقل بدوره الحرارة إلى الماء في خزان التخزين.

**اللواقط الشمسية :** اللواقط الشمسية هي أنظمة تهدف إلى تركيز الضوء الشمسي لزيادة درجة الحرارة وتحسين كفاءة تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء أو حرارة. تعمل هذه الأنظمة على جمع وتوجيه أشعة الشمس باستخدام مرايا أو عدسات لتكوين أشعة مركزة. هناك نوعان رئيسيان من اللواقط الشمسية:

- **أنظمة التركيز باستخدام المرايا :** تستخدم مرايا مقعرة لتوجيه الأشعة الشمسية إلى نقطة مركزة. هذه الأنظمة تشمل المرايا المكافئة وأنظمة "القرص" الشمسي.

❖ **أنظمة التركيز باستخدام العدسات :** تستخدم عدسات لتكثيف الضوء الشمسي على خلية شمسية صغيرة أو وحدة حرارية. مثال على ذلك هو "العدسات المحورية" التي تركز الضوء على منطقة محددة.

## المبحث الثاني : تطبيقات الطاقة الشمسية

تُعد الطاقة الشمسية من المصادر المتجددة الرائدة التي توفر حلولاً فعّالة ومستدامة لمتطلبات الطاقة في مختلف المجالات. يركز هذا المبحث على استكشاف تطبيقات الطاقة الشمسية في ثلاثة مجالات رئيسية. أولاً، سنتناول التطبيقات السكنية، بما في ذلك الأنظمة الكهروضوئية المنزلية وسخانات المياه والمكيفات الشمسية، التي توفر طاقة نظيفة وتساهم في تقليل تكاليف الطاقة. ثانياً، سنستعرض كيف يتم استخدام الطاقة الشمسية في المباني التجارية والصناعية لتحسين كفاءة الطاقة وتقليل الأثر البيئي. أخيراً، سنناقش التطبيقات المحددة للطاقة الشمسية في المناطق الريفية والنائية ووسائل النقل، حيث تسهم في توفير الطاقة في الأماكن التي تفتقر إلى البنية التحتية وتدعم الابتكار في النقل المستدام

### 1. التطبيقات السكنية للطاقة الشمسية [10]

### 1.1. الأنظمة الكهروضوئية المنزلية

#### 1.1.1. الوصف والتكوين

الأنظمة الكهروضوئية المنزلية تستخدم الألواح الشمسية لتحويل ضوء الشمس مباشرة إلى كهرباء عبر عملية التأثير الكهروضوئي. تتكون هذه الأنظمة من خلايا شمسية مصنوعة من السيليكون أو مواد أخرى، والتي تُركب عادةً على أسطح المنازل أو في مواقع مكشوفة لضمان تعرضها المباشر للشمس. تعمل هذه الخلايا على إنتاج تيار كهربائي مستمر يتم تحويله إلى تيار كهربائي متناوب عبر محول، مما يسمح باستخدامه في مختلف التطبيقات المنزلية.

### 2.1.1. المزايا

**توفير التكاليف :** تساعد الأنظمة الكهروضوئية على تقليل فواتير الكهرباء المنزلية بشكل كبير على المدى الطويل من خلال إنتاج الكهرباء ذاتياً.

**استدامة بيئية :** تعد هذه الأنظمة مصدرًا نظيفًا للطاقة، مما يساهم في تقليل الانبعاثات الكربونية والاعتماد على مصادر الطاقة غير المتجددة.

**تحسين قيمة العقار :** يمكن أن تزيد الأنظمة الكهروضوئية من قيمة المنزل، مما يجعلها استثمارًا مفيدًا عند بيع العقار.

### 3.1.1. التحديات

**التكلفة الأولية :** تتطلب الأنظمة الكهروضوئية استثماراً أولياً كبيراً في شراء وتركيب الألواح الشمسية والمكونات الأخرى.

**تأثير الطقس :** يمكن أن تؤثر الظروف الجوية مثل الغيوم والأمطار على كفاءة إنتاج الكهرباء.

## 2.1. تسخين المياه الشمسية

### 1.2.1. الوصف والتكوين

تسخين المياه الشمسية هو نظام يستخدم الطاقة الشمسية لتسخين المياه في المنازل. يتكون النظام من مجموعة شمسية تتألف من ألواح أو أنابيب تمتص الحرارة من الشمس. الحرارة المُجمعة تُنقل إلى المياه عبر سائل ناقل حراري. هناك نوعان رئيسيان من أنظمة تسخين المياه الشمسية:

**الأنظمة ذات الأنابيب المفرغة :** تستخدم أنابيب زجاجية مفرغة للحفاظ على الحرارة وتقليل فقدانها.

**الأنظمة ذات الألواح المسطحة :** تعتمد على ألواح مسطحة تحتوي على أنابيب مياه أو سائل ناقل حراري يتم تسخينه باستخدام ضوء الشمس.

### 2.2.1. المزايا

**تقليل فواتير الطاقة :** تقلل أنظمة تسخين المياه الشمسية من تكاليف تسخين المياه المنزلية من خلال استخدام الطاقة الشمسية المجانية.

**استدامة بيئية :** تسهم هذه الأنظمة في تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري وتقلل الانبعاثات الضارة.

**توفير المياه الساخنة :** توفر المياه الساخنة بشكل مستمر خلال فصل الصيف ويمكن دمجها مع نظام تسخين كهربائي أو غازي لتلبية احتياجات الشتاء.

### 3.2.1. التحديات

**التكلفة الأولية :**يشمل تركيب نظام تسخين المياه الشمسية تكلفة أولية مرتفعة.

**تأثير الطقس :**قد تكون كفاءة النظام منخفضة في الأيام الغائمة أو خلال فصل الشتاء، مما يتطلب حلولاً بديلة للتسخين.

## 3.1. المكيفات الشمسية [8]

### 1.3.1. الوصف والتكوين

المكيفات الشمسية تستخدم الطاقة الشمسية لتوفير التبريد للمنازل. تعتمد هذه الأنظمة على تقنيات مختلفة مثل التبريد بالامتصاص أو التبريد بالكهرباء الشمسية. في نظام التبريد بالامتصاص، يتم استخدام الحرارة الناتجة عن الألواح الشمسية لتشغيل جهاز امتصاص المذيب الذي يبرد الهواء أو الماء. أما في الأنظمة التي تعتمد على الكهرباء الشمسية، فتُستخدم الكهرباء الناتجة من الألواح الشمسية لتشغيل مكيف هواء تقليدي.

### 2.3.1. المزايا

**توفير التكاليف :** يمكن أن تقلل المكيفات الشمسية من تكاليف التبريد من خلال استخدام الطاقة الشمسية المجانية بدلاً من الكهرباء من الشبكة.

**تقليل الانبعاثات :** تساعد في تقليل استهلاك الطاقة الكهربائية من مصادر غير متجددة، مما يقلل من الانبعاثات الكربونية.

### 3.3.1. التحديات

**التكلفة الأولية :** تحتاج أنظمة التبريد الشمسية إلى استثمار كبير في الشراء والتركيب.

**الكفاءة الموسمية :** تكون فعالية المكيفات الشمسية أعلى في الأيام المشمسة، ولكن قد تحتاج إلى دعم إضافي خلال فصول الشتاء أو الأيام الغائمة.

## 2. التطبيقات التجارية والصناعية للطاقة الشمسية [9]

### 1.2. في المباني التجارية

#### 1.1.2. الأنظمة الكهروضوئية

##### 1.1.1.2. الوصف والتكوين

تُستخدم الألواح الشمسية الكهروضوئية على أسطح المباني التجارية لتوليد الكهرباء التي يمكن استخدامها لتلبية احتياجات الطاقة للمباني. توفر هذه الأنظمة بديلاً مستداماً وفعّالاً للطاقة الكهربائية التقليدية، مما يساهم في تقليل فواتير الكهرباء ويساعد الشركات على تحقيق أهدافها البيئية. يمكن أن تكون الألواح الشمسية الكهروضوئية جزءًا من استراتيجية إدارة الطاقة للمبنى، مما يقلل الاعتماد على الشبكة الكهربائية ويساهم في تحسين الاستدامة العامة للمؤسسة.

##### 2.1.1.2. مزايا

**توفير التكاليف :** تقليل فواتير الكهرباء من خلال إنتاج الطاقة ذاتياً.

**تحسين صورة الشركة :** تعزيز الاستدامة البيئية وجذب العملاء المهتمين بالقضايا البيئية.

**عائد استثماري طويل الأجل :** على الرغم من التكلفة الأولية، فإن الاستثمار في الألواح الشمسية يمكن أن يوفر توفيرًا كبيرًا في التكاليف على المدى الطويل.

### 3.1.1.2. التحديات

**التكلفة الأولية :** تكلفة تركيب الألواح الشمسية قد تكون مرتفعة.

**الاحتياجات الخاصة :** قد يتطلب الأمر تعديلات في بنية المبنى لتلبية متطلبات التركيب والصيانة.

## 2.1.2. سخانات المياه الشمسية

### 1.2.1.2. الوصف والتكوين

تستخدم سخانات المياه الشمسية في المباني التجارية لتوفير المياه الساخنة، سواء لأغراض الاستهلاك الداخلي أو لأغراض صناعية. توفر هذه الأنظمة حلاً فعالاً لتقليل تكاليف الطاقة المتعلقة بتسخين المياه، وتساهم في تقليل التأثير البيئي للمباني.

### 2.2.1.2. مزايا

**تقليل تكاليف التشغيل :** تقليل استهلاك الطاقة الكهربائية أو الغاز لتسخين المياه.

**تحسين كفاءة الطاقة :** تقليل الاعتماد على مصادر الطاقة غير المتجددة.

### 3.2.1.2. التحديات

**الاحتياجات الموسمية :** كفاءة النظام يمكن أن تتأثر خلال فصول الشتاء أو الأيام الغائمة.

## 2.2. في المباني الصناعية

### 1.2.2. أنظمة الطاقة الشمسية للمصانع

#### 1.1.2.2. الوصف والتكوين

في المباني الصناعية، يتم تطبيق الطاقة الشمسية لتلبية احتياجات الطاقة الكبيرة من خلال الأنظمة الكهروضوئية ذات النطاق الواسع. يمكن تركيب الألواح الشمسية على أسطح المصانع أو في أراضٍ مخصصة لإنتاج الطاقة لتلبية الاحتياجات التشغيلية. تساعد هذه الأنظمة في تقليل التكاليف التشغيلية وتحسين الكفاءة العامة.

#### 2.1.2.2. مزايا

**خفض التكاليف التشغيلية :** تقليل تكاليف الكهرباء من خلال توليد الطاقة الشمسية.

**زيادة الاستدامة :** تقليل بصمة الكربون للمصنع وتعزيز ممارسات الاستدامة.

#### 3.1.2.2. التحديات

**التكلفة العالية :** يتطلب تركيب الأنظمة الكهروضوئية في المصانع استثماراً كبيراً.

**احتياجات الصيانة :** صيانة الأنظمة قد تكون ضرورية لضمان الأداء الأمثل.

### 2.2.2. تقنيات التركيز الشمسية

#### 1.2.2.2. الوصف والتكوين

تستخدم تقنيات التركيز الشمسية في التطبيقات الصناعية لتوليد الحرارة عالية الدرجة التي يمكن استخدامها في العمليات الصناعية. تشمل هذه التقنيات أنظمة المرايا أو العدسات

التي تركز الضوء الشمسي على خلايا حرارية لتسخين السوائل، التي بدورها تستخدم لتوليد البخار وتوليد الطاقة.

#### 2.2.2.2. مزايا

**توليد الحرارة بكفاءة :** توفير طاقة حرارية عالية للعمليات الصناعية.

**تقليل الاعتماد على الطاقة التقليدية :** تقليل الحاجة للوقود الأحفوري.

#### 3.2.2.2. التحديات

**تعقيد النظام :** تقنيات التركيز الشمسية قد تكون أكثر تعقيدًا في التركيب والتشغيل مقارنةً بالأنظمة الكهروضوئية.

## 3. التطبيقات المحددة للطاقة الشمسية [3]

### 1.3. في المناطق الريفية والنائية

#### 1.1.3. الوصف والتحديات

تُعتبر الطاقة الشمسية حلاً مثالياً للمناطق الريفية والنائية التي تفتقر إلى بنية تحتية قوية للطاقة. في هذه المناطق، قد يكون من الصعب أو المكلف تمديد شبكات الكهرباء التقليدية، مما يجعل الطاقة الشمسية خياراً مناسباً لتلبية احتياجات الطاقة المحلية. يمكن أن تُستخدم أنظمة الطاقة الشمسية في توفير الكهرباء للمنازل، المدارس، والمراكز الصحية، مما يساهم في تحسين جودة الحياة وتطوير البنية التحتية.

#### 2.1.3. أنظمة الطاقة الشمسية في المناطق الريفية

**أنظمة الطاقة الشمسية المنزلية :** تشمل الألواح الشمسية التي توفر الكهرباء لمصادر الإضاءة والأجهزة المنزلية الأساسية. تساعد هذه الأنظمة الأسر في تقليل الاعتماد على مولدات الديزل باهظة الثمن وتقديم مصدر طاقة مستدام.

**محطات الطاقة الشمسية الصغيرة :** يمكن إقامة محطات صغيرة لتوليد الطاقة الشمسية في القرى لتزويد المجتمع بالكهرباء من خلال شبكة محلية صغيرة، مما يدعم التنمية الاقتصادية المحلية.

### 3.1.3. مزايا

**استقلالية الطاقة :** توفير مصدر موثوق للطاقة دون الاعتماد على شبكات الكهرباء التقليدية.

**تكلفة منخفضة على المدى الطويل :** على الرغم من التكلفة الأولية للتركيب، فإن الطاقة الشمسية توفر توفيراً كبيراً في التكاليف التشغيلية مقارنة بالوقود التقليدي.

**تحسين جودة الحياة :** يوفر الوصول إلى الطاقة الكهربائية الخدمات الأساسية مثل الإضاءة والتدفئة والاتصالات.

### 4.1.3. التحديات

**تكلفة البداية :** يتطلب شراء وتركيب الأنظمة الشمسية استثمارًا أوليًا قد يكون مرتفعاً بالنسبة لبعض المجتمعات الريفية.

**الاعتماد على الطقس :** يمكن أن يؤثر الطقس الغائم أو الأمطار على فعالية النظام، مما يتطلب تخزينًا كافيًا للطاقة أو مصادر بديلة.

## 2.3. في وسائل النقل [7]

### 1.2.3. الوصف والتحديات

استخدام الطاقة الشمسية في وسائل النقل هو مجال مبتكر يهدف إلى تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري وتحسين الاستدامة البيئية. تشمل التطبيقات المختلفة للطاقة الشمسية في وسائل النقل:

### 2.2.3. سيارات الشمسية

**الوصف :** سيارات تعمل بالطاقة الشمسية تعتمد على الألواح الشمسية المثبتة على السطح لجمع الطاقة الشمسية وتحويلها إلى كهرباء لتشغيل المحركات. يمكن استخدام هذه السيارات كوسيلة نقل بيئية في المدن أو المناطق الريفية.

**مزايا :** توفر سيارات الطاقة الشمسية استقلالية في الطاقة وتقلل من الانبعاثات الكربونية.

**التحديات :** تحديات تتعلق بنطاق القيادة والسرعة والفعالية مقارنة بالسيارات التقليدية، بالإضافة إلى التكلفة العالية للتكنولوجيا.

### 3.2.3. الحافلات والشاحنات الشمسية

**الوصف :** تستخدم الحافلات والشاحنات الشمسية الألواح الشمسية لتوفير جزء من الطاقة اللازمة لتشغيل المركبات، مما يقلل من استهلاك الوقود التقليدي.

**مزايا :** تقلل من انبعاثات الكربون وتساعد في تقليل تكاليف التشغيل.

**التحديات :** تحتاج إلى تقنيات تخزين الطاقة الفعالة وقد تتطلب تحسينات في الكفاءة لضمان الأداء الأمثل.

### 4.2.3. الطائرات الشمسية

**الوصف :** الطائرات الشمسية تستخدم الألواح الشمسية المثبتة على الأجنحة لتوليد الطاقة اللازمة للطيران، مما يوفر حلاً مستداماً للطيران بعيد المدى.

**مزايا :** تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري وتقليل الانبعاثات.

**التحديات :** تقنيات متقدمة ومكلفة تحتاج إلى تحسين الأداء لتلبية متطلبات الطيران التجاري.

### 5.2.3. مزايا الطاقة الشمسية في وسائل النقل

**تقليل التكاليف التشغيلية :** باستخدام الطاقة الشمسية، يمكن تقليل تكلفة الوقود والحفاظ على البيئة.

**الاستدامة البيئية :** يساهم في تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة ويحسن جودة الهواء.

### 6.2.3. التحديات

**البنية التحتية :** يحتاج استخدام الطاقة الشمسية في وسائل النقل إلى بنية تحتية داعمة مثل محطات شحن وتخزين الطاقة.

**التكنولوجيا والبحث والتطوير :** ما زالت بعض التطبيقات بحاجة إلى تطوير لتحسين الكفاءة والتكلفة.

## المبحث الثالث : مزايا وعيوب الطاقة الشمسية [6]

في هذا المبحث، سنستعرض بشكل شامل مزايا وعيوب الطاقة الشمسية، بالإضافة إلى الآفاق المستقبلية والابتكارات في هذا المجال. ستُسلط الضوء في البداية على **المزايا** التي تجعل من الطاقة الشمسية خياراً جذاباً، بما في ذلك كونها مصدر طاقة متجدد ومستدام يساهم في تقليل الانبعاثات الضارة، وتقديم حل طويل الأمد لمشكلة تأمين الطاقة. ثم سنناقش **العيوب** المرتبطة بالطاقة الشمسية، مثل اعتمادها الكبير على الظروف المناخية وتكاليف التركيب الأولية المرتفعة، فضلاً عن مشكلات التخزين والتقطع التي قد تؤثر على استمرارية الإمداد بالطاقة.

بعد ذلك، سننتقل إلى **الآفاق والابتكارات** في مجال الطاقة الشمسية، حيث نستعرض الاتجاهات الحالية والتقدم التكنولوجي الذي يساهم في تحسين فعالية وكفاءة أنظمة الطاقة الشمسية. سيتم تناول التطورات في تخزين الطاقة الشمسية، والتي تلعب دوراً حاسماً في

معالجة مشاكل التخزين والتقطع. أخيراً، سنناقش **التحديات والفرص** المتاحة في هذا القطاع، بما في ذلك التحديات التقنية والاقتصادية التي تواجهها التكنولوجيا الشمسية، والفرص الكبيرة التي توفرها للتنمية والبحث، مما يسهم في تعزيز الاستدامة والابتكار في المستقبل. [1]

## 1. مزايا الطاقة الشمسية

### 1.1. طاقة متجددة ومستدامة

**التعريف والتفاصيل :** تعتبر الطاقة الشمسية من أبرز مصادر الطاقة المتجددة، حيث تأتي من الشمس، المورد الطبيعي الذي لا ينضب. تتجدد هذه الطاقة بشكل طبيعي يوميًا، مما يجعلها مستدامة على المدى الطويل. الشمس توفر كمية هائلة من الطاقة يمكن استغلالها في توليد الكهرباء والتدفئة والمياه الساخنة دون استنزاف الموارد الطبيعية أو التسبب في نضوبها.

**الفوائد البيئية :** كونها طاقة متجددة، تساهم الطاقة الشمسية في تقليل الاعتماد على مصادر الطاقة الأحفورية مثل الفحم والنفط، التي تتسبب في تلوث الهواء وتغير المناخ. كما أن الطاقة الشمسية لا تولد نفايات ضارة أو انبعاثات كربونية خلال عملية توليد الكهرباء، مما يساعد في حماية البيئة وتحسين جودة الهواء.

**الاستدامة الاقتصادية :** الطاقة الشمسية تقدم حلاً اقتصادياً طويل الأجل للعديد من المناطق، خاصة في الأماكن التي تفتقر إلى شبكة كهرباء متطورة. مع مرور الوقت، يمكن أن تؤدي التكاليف الأولية للاستثمار في الأنظمة الشمسية إلى توفير كبير في فواتير الطاقة، مما يعزز من استدامتها الاقتصادية.

### 2.1. تقليل الانبعاثات وتحقيق الاستدامة على المدى الطويل

**تقليل الانبعاثات :** من أبرز مزايا الطاقة الشمسية هو قدرتها على تقليل انبعاثات غازات الدفيئة. باستخدام الألواح الشمسية لتوليد الكهرباء، يتم تجنب إطلاق كميات كبيرة من

ثاني أكسيد الكربون والملوثات الأخرى التي تصدر من حرق الوقود الأحفوري. هذا يساهم بشكل مباشر في مكافحة تغير المناخ وتحقيق الأهداف البيئية العالمية.

**تحقيق الاستدامة على المدى الطويل :** بفضل مصدرها غير المحدود والطبيعي، توفر الطاقة الشمسية حلاً مستداماً للتحديات الطاقوية التي يواجهها العالم. التكنولوجيا الشمسية تساهم في تحقيق الأمان الطاقوي على المدى الطويل، وتقليل الاعتماد على المصادر غير المتجددة التي تتعرض للنفاد. بالإضافة إلى ذلك، الطاقة الشمسية تلعب دوراً حيوياً في تحقيق التنمية المستدامة من خلال توفير حلول طاقوية نظيفة وآمنة للمجتمعات حول العالم.

**فوائد صحية واقتصادية :** بما أن الطاقة الشمسية لا تصدر ملوثات، فإن استخدامها يساهم في تحسين الصحة العامة من خلال تقليل تلوث الهواء، مما يقي الأفراد من الأمراض المرتبطة بتلوث الهواء مثل أمراض التنفس والقلب. اقتصادياً، تسهم الطاقة الشمسية في خلق وظائف جديدة في قطاع تصنيع وتركيب وصيانة أنظمة الطاقة الشمسية، مما يعزز النمو الاقتصادي المحلي ويوفر فرص عمل جديدة.

## 2. عيوب الطاقة الشمسية

### 1.2. اعتمادها على الظروف المناخية

**التعريف والتفاصيل :** أحد أكبر العيوب المرتبطة بالطاقة الشمسية هو اعتمادها على الظروف المناخية. تتأثر كفاءة الألواح الشمسية بشكل كبير بكمية الإشعاع الشمسي الذي تتلقاه. في الأيام الملبدة بالغيوم أو خلال فترات الطقس السيئ، مثل الأمطار أو الثلوج، تنخفض فعالية الألواح الشمسية في توليد الطاقة. كما أن موقع النظام الجغرافي يلعب دوراً حاسماً؛ فالمناطق ذات التعرض المنخفض لأشعة الشمس لن تستفيد بنفس القدر من الطاقة الشمسية كما تفعل المناطق المشمسة.

**التأثير على الأداء :** التغيرات اليومية في الطقس، مثل السحب المؤقتة، يمكن أن تؤدي إلى تقلبات في إنتاج الطاقة، مما يؤثر على استقرار الإمداد بالطاقة. على سبيل المثال، خلال فترة طويلة من الغيوم أو الأمطار، قد تتعرض أنظمة الطاقة الشمسية لخفض كبير في قدرتها الإنتاجية، مما يتطلب الاعتماد على مصادر طاقة إضافية لضمان توافر الطاقة بشكل مستمر.

**الحلول المحتملة :** لتقليل تأثير الظروف المناخية، يمكن دمج أنظمة الطاقة الشمسية مع تقنيات تخزين الطاقة مثل البطاريات لتوفير مصدر احتياطي للطاقة خلال فترات عدم التوافر الكافي للشمس. كما يمكن استخدام تقنيات تحسين الأداء مثل تتبع الشمس لضمان أقصى استفادة من الإشعاع الشمسي المتاح.

## 2.2. تكاليف التركيب الأولية [4]

**التعريف والتفاصيل :** تعد التكاليف الأولية لتركيب أنظمة الطاقة الشمسية أحد التحديات الكبيرة التي تواجه المستخدمين. تشمل هذه التكاليف شراء الألواح الشمسية، أجهزة التحكم، البطاريات (إذا كانت مطلوبة)، وتكاليف التركيب. على الرغم من أن التكاليف قد انخفضت بشكل ملحوظ في السنوات الأخيرة، إلا أنها لا تزال مرتفعة مقارنة ببعض مصادر الطاقة التقليدية، مما قد يشكل عائقاً أمام بعض الأفراد والشركات.

**العبء المالي :** في كثير من الحالات، يتطلب الأمر استثماراً أولياً كبيراً قد يكون غير ميسور للبعض. قد تؤدي هذه التكاليف المرتفعة إلى تأخير في اتخاذ قرار الاستثمار في الطاقة الشمسية، خاصة في المناطق ذات الدخل المنخفض أو البنية التحتية الضعيفة.

**الحلول المحتملة :** لتقليل الأثر المالي للتكاليف الأولية، يمكن الاستفادة من البرامج الحكومية والحوافز التي توفر دعمًا ماليًا أو خصومات لتشجيع استخدام الطاقة الشمسية. كذلك، يمكن اعتماد حلول تمويل مرنة مثل قروض الطاقة الشمسية أو عقود شراء الطاقة لتسهيل الوصول إلى التكنولوجيا الشمسية دون تحمل عبء مالي ثقيل.

## 3.2. مشاكل التخزين والتقطع

**التعريف والتفاصيل :** من التحديات البارزة للطاقة الشمسية مشكلات التخزين والتقطع. نظرًا لأن الطاقة الشمسية تعتمد على ضوء الشمس، فإنها تولد الطاقة فقط خلال النهار وعندما تكون الشمس مشرقة. في الليل أو خلال فترات الطقس السيئ، لا يمكن توليد الطاقة مباشرة، مما يخلق تحديات في ضمان توفير الطاقة بشكل مستمر.

**تحديات التخزين :** تتطلب الطاقة الشمسية استخدام أنظمة تخزين الطاقة مثل البطاريات لضمان توفر الطاقة خلال فترات عدم التوافر الشمسي. ومع ذلك، فإن تقنيات التخزين الحالية لا تزال تواجه بعض التحديات بما في ذلك الكلفة العالية، السعة المحدودة، وتدهور الأداء بمرور الوقت.

**تأثير التقطع :** التقطيع في توليد الطاقة الشمسية قد يؤدي إلى تقلبات في إمدادات الطاقة، مما يتطلب حلولاً متكاملة لضمان توافر الطاقة في جميع الأوقات. هذه التقلبات قد تتطلب دمج الطاقة الشمسية مع مصادر طاقة أخرى أو تحسين تقنيات التخزين لضمان استقرار الإمداد.

**الحلول المحتملة :** لتحسين حل مشاكل التخزين والتقطع، يستمر البحث والتطوير في تحسين تقنيات البطاريات وأنظمة التخزين الأخرى. كذلك، يمكن دمج أنظمة الطاقة الشمسية مع مصادر طاقة متجددة أخرى مثل الرياح لتقليل التأثيرات الناتجة عن تقلبات الإشعاع الشمسي وتحسين استقرار الإمداد بالطاقة.

## خاتمة الفصل الأول: الطاقة الشمسية واستعمالاتها

قدم هذا الفصل استعراضًا شاملاً للطاقة الشمسية كأحد أهم مصادر الطاقة المتجددة في العصر الحديث. تم تعريف الطاقة الشمسية ومناقشة كيفية تكوين وقياس الإشعاع الشمسي، إلى جانب استعراض تاريخ تطور الطاقة الشمسية من بداياتها إلى الابتكارات التقنية الحديثة مثل الخلايا الشمسية متعددة الوصلات. كما تم شرح تقنيات تحويل الإشعاع الشمسي إلى طاقة، بما في ذلك الألواح الكهروضوئية وسخانات المياه الشمسية. تناول الفصل تطبيقات الطاقة الشمسية في المنازل، المباني الصناعية، والمناطق النائية، مع تحليل مزاياها مثل

الاستدامة وتقليل الانبعاثات، بالإضافة إلى التحديات كالتكاليف الأولية العالية والاعتماد على الظروف المناخية. وأخيراً، تم استعراض الابتكارات المستقبلية في تكنولوجيا الطاقة الشمسية وتخزينها، مما يبرز إمكاناتها في تحقيق التنمية المستدامة وتلبية احتياجات الطاقة العالمية.

# الفصل الثاني:
# التقطير الشمسي وأنواعه

## مقدمة الفصل الثاني : التقطير الشمسي وأنواعه

الفصل الثاني من هذا البحث يتناول التقطير الشمسي وأنواعه، وهو موضوع ذو أهمية كبيرة في مجالات معالجة المياه، خاصة في المناطق التي تعاني من ندرة المياه. في هذا الفصل، سنبدأ بتقديم مقدمة شاملة حول التقطير الشمسي، نعرف فيها هذه التقنية ونسلط الضوء على المبادئ الأساسية التي تقوم عليها. سنتناول أيضًا أهمية التقطير الشمسي كحل مستدام وصديق للبيئة لمعالجة المياه، مع التركيز على كيف يمكن لهذه العملية أن تسهم في تحسين جودة الحياة في المناطق التي تفتقر إلى مصادر مياه نظيفة.

بعد ذلك، سنتطرق إلى التطور التاريخي لتقنية التقطير الشمسي، حيث سنتعرف على كيف تطورت هذه التكنولوجيا عبر الزمن وما هي التحسينات التي أدخلت عليها لزيادة فعاليتها وكفاءتها.

في الجزء التالي، سنتناول أنواع التقطير الشمسي المختلفة، بدءًا من التقطير الشمسي البسيط، مرورًا بالتقطير متعدد المراحل ومتعدد التأثيرات، وصولًا إلى التقطير باستخدام المرايا المكافئة. سنوضح كيفية عمل كل نوع، مزاياه وعيوبه، وأمثلة على تطبيقاته العملية.

كما سنتعرض في هذا الفصل إلى التطبيقات العملية لهذه التقنية، سواء في المناطق الريفية أو في العمليات الصناعية، وكذلك في المشاريع الإنسانية. سنستعرض حالات دراسية تبين تأثير التقطير الشمسي في تحسين الظروف المعيشية والبيئية.

وأخيرًا، سنناقش الفوائد البيئية والاقتصادية لتقنية التقطير الشمسي، إلى جانب الحدود والتحديات التقنية التي تواجه تطبيق هذه التقنية على نطاق واسع. سيكون هذا الفصل بمثابة استعراض شامل للتقطير الشمسي، يغطي جوانبه النظرية والعملية

## المبحث الأول : تعريف ومبادئ أساسية للتقطير الشمسي

### 1. تعريف التقطير الشمسي

التقطير الشمسي هو تقنية لتحلية المياه تعتمد على استخدام الطاقة الشمسية لتحويل المياه المالحة أو الملوثة إلى مياه عذبة. تتم العملية عن طريق تسخين المياه باستخدام الطاقة الشمسية حتى يتحول الماء إلى بخار، ثم يتم تكثيف هذا البخار ليعود إلى الحالة السائلة كخلاصة نقيّة. هذه التقنية تعتبر من الحلول المستدامة والفعالة في المناطق التي تعاني من نقص في المياه أو في البيئات ذات الظروف المناخية القاسية حيث تكون الطاقة الشمسية وفيرة.

### 2. شرح عملية التقطير الشمسي [27]

#### 1.1. امتصاص الطاقة الشمسية

في هذه المرحلة، يتم استخدام مواد أو أجهزة لتجميع وتحويل الطاقة الشمسية إلى حرارة. هناك عدة أساليب وأجهزة لهذا الغرض:

- **الألواح الشمسية الحرارية** :تستخدم ألواحاً خاصة تحتوي على أنابيب أو أسطح ذات قدرة عالية على امتصاص الأشعة الشمسية وتحويلها إلى حرارة.
- **المرايا المكافئة** :تركز المرايا الضوئية أشعة الشمس على نقطة معينة، مما يزيد من كفاءة التسخين.

#### 2.1. تسخين الماء

بمجرد امتصاص الطاقة الشمسية، ترتفع حرارة الماء في الحاوية حتى يغلي ويتبخر. في الأنظمة البسيطة، يُسخن الماء مباشرة، بينما تستخدم الأنظمة المتقدمة تقنيات لتحسين الكفاءة عبر تسخين الماء على مراحل.

#### 3.1. التبخر

في هذه المرحلة، يتحول الماء الساخن إلى بخار عند درجة الغليان. هذا البخار يحتوي على الماء النقي فقط، حيث يتم فصل الأملاح والشوائب الأخرى. يتم نقل هذا البخار إلى

وحدة التكثيف، وعادةً ما يتم تحقيق ذلك باستخدام أنابيب أو أسطح مكيفة تتفاعل بشكل فعال مع بخار الماء.

### 4.1. التكثيف

بعد أن يتحول الماء إلى بخار، يتم توجيه هذا البخار إلى وحدة تكثيف حيث يتم تبريده. يمكن تحقيق التكثيف باستخدام الأسطح الباردة التي يتلامس معها البخار، مما يؤدي إلى تحول البخار إلى ماء سائل. في بعض الأنظمة، قد يتم استخدام لواقط متقدمة تعتمد على التبريد بالهواء أو بالماء لتحسين كفاءة التكثيف.

### 5.1. جمع المياه النقية

في النهاية، يتم جمع المياه النقية الناتجة عن عملية التكثيف في خزان أو حاوية للتخزين. هذه المياه تكون خالية من الأملاح والشوائب، وجاهزة للاستخدام أو الشرب.

## 2. أهمية التقطير الشمسي في معالجة المياه [33]

### 1.2. توفير مياه صالحة للشرب

التقطير الشمسي يوفر حلاً فعالاً لتحلية المياه في المناطق الجافة والنائية، ما يضمن مصدرًا موثوقًا للمياه العذبة.

### 2.2. استدامة الطاقة

التقنية تعتمد على الطاقة الشمسية المتجددة، مما يقلل الاعتماد على الوقود الأحفوري ويحد من الانبعاثات الكربونية.

### 3.2. تقليل التكاليف التشغيلية

استخدام الطاقة الشمسية المجانية يقلل التكاليف التشغيلية مقارنة بالأنظمة التقليدية التي تعتمد على الوقود والكهرباء.

### 4.2. تحسين الاستدامة البيئية

التقطير الشمسي لا يستخدم مواد كيميائية، مما يقلل التأثير البيئي ويساهم في الحفاظ على الموارد المائية.

### 5.2. تحسين جودة الحياة

بتوفير مياه نظيفة، يحسن التقطير الشمسي الظروف الصحية والمعيشية في المناطق الفقيرة والنائية، مما يدعم التنمية المستدامة.

## المبحث الثاني : أنواع التقطير الشمسي وفوائده وحدوده [20]

### 1. التقطير الشمسي البسيط

### 1.1. وصف كيفية عمل الجهاز

#### 1.1.1. التصميم الأساسي

التقطير الشمسي البسيط هو أحد أبسط وأقدم تقنيات تحلية المياه باستخدام الطاقة الشمسية. يتكون الجهاز الأساسي من ثلاثة عناصر رئيسية:

- **الحاوية أو الإناء** : يحتوي على الماء المراد تنقيته. يمكن أن يكون هذا الإناء مصنوعاً من مواد شفافة مثل الزجاج أو البلاستيك ليتيح دخول الأشعة الشمسية.
- **الغطاء الشفاف** : يوضع فوق الحاوية لتسخين الماء عن طريق احتجاز الحرارة الناتجة عن الأشعة الشمسية. غالباً ما يكون هذا الغطاء مصنوعاً من الزجاج أو البلاستيك الشفاف الذي يسمح بمرور الضوء ويحتجز الحرارة.
- **أنابيب أو مجرى التكثيف** : في بعض التصميمات، يحتوي الجهاز على أنابيب أو مجاري لتجميع البخار اللاقط الذي يتحول إلى مياه نقية.

#### 2.1.1. عملية التشغيل

- **امتصاص الطاقة الشمسية** : يتم تسخين الماء في الحاوية عندما تتعرض للأشعة الشمسية المباشرة. يقوم الغطاء الشفاف بمنع الحرارة من الهروب، مما يؤدي إلى تسخين الماء حتى يصل إلى درجة الغليان.
- **تكوين البخار** : عندما يرتفع درجة حرارة الماء، يتحول إلى بخار. هذا البخار يكون خالياً من الأملاح والشوائب.

- **التكثيف** : بعد أن يتحول الماء إلى بخار، يلامس البخار الغطاء البارد الذي يتكثف عليه، مكوناً قطرات من الماء النقي. يتم جمع هذه القطرات في الجزء السفلي من الجهاز أو عبر مجرى التكثيف.

### 3.1.1. آلية جمع المياه النقية

تتجمع القطرات المكثفة في قاع الحاوية أو عبر مجرى خاص يتم توجيهه إلى وعاء لتجميع المياه النقية. في بعض الأحيان، يتضمن التصميم نظام تصفية إضافي لضمان خلو المياه من أي شوائب متبقية.

## 2.1. المزايا والعيوب

### 1.2.1. المزايا

- **بسيط وميسور التكلفة** :التصميم البسيط والتقنيات الأساسية تجعل هذا النوع من التقطير الشمسي ميسور التكلفة وسهلاً في التصنيع والتشغيل.
- **إمكانية الاستخدام المنزلي** :يمكن استخدامه في المنازل أو في الأغراض الفردية لتوفير مياه نقية بدون الحاجة إلى تكنولوجيا معقدة.
- **صديق للبيئة** :يعتمد بشكل كامل على الطاقة الشمسية، مما يقلل من الحاجة إلى مصادر الطاقة غير المتجددة ويقلل من الانبعاثات الكربونية.
- **سهولة الصيانة** :نظراً لبساطة التصميم، يكون صيانته أسهل مقارنة بالتقنيات الأكثر تعقيداً.

### 2.2.1. العيوب

- **كفاءة محدودة** :يعد التقطير الشمسي البسيط أقل كفاءة من الأنظمة الأكثر تعقيداً، حيث أنه قد ينتج كميات محدودة من المياه العذبة في ظل ظروف الطقس غير المثالية.
- **اعتماد على الظروف الجوية** :يحتاج إلى ظروف طقس مشمسة للحصول على أفضل أداء، وبالتالي قد لا يكون فعالاً في المناطق ذات الطقس الغائم أو الأمطار.

❖ **مساحة كبيرة** :قد يتطلب مساحة كبيرة لتثبيت عدد كافٍ من الأجهزة لتلبية الاحتياجات المائية الكبيرة، مما قد يكون غير عملي في بعض الحالات.

## 2. التقطير الشمسي متعدد المراحل [19]

### 1.2. شرح مفهوم التقطير المتعدد المراحل

#### 1.1.2. مفهوم التقطير المتعدد المراحل

التقطير الشمسي متعدد المراحل هو تقنية متقدمة لتحلية المياه التي تستخدم عدة مراحل من التسخين والتبخير والتكثيف لتحسين كفاءة عملية التحلية. تقوم هذه التقنية بتحويل الماء المالح أو الملوث إلى ماء نقي باستخدام الطاقة الشمسية بطرق أكثر فعالية مقارنة بالتقطير الشمسي البسيط. يتميز هذا النظام بقدرته على استغلال حرارة كل مرحلة من مراحل التبخير لتسخين المياه في المرحلة التالية.

#### 2.1.2. كيفية عمل النظام

❖ **المرحلة الأولى ـ التسخين الأولي** : يتم تسخين الماء المالح في المرحلة الأولى من النظام باستخدام الطاقة الشمسية. قد تتضمن هذه المرحلة أجهزة تسخين شمسية مثل الألواح الشمسية أو مرايا مكافئة التي تركز الضوء على خزان الماء.

❖ **المرحلة الثانية ـ التبخير الأولي** : عندما يسخن الماء، يتبخر جزء منه في هذه المرحلة. البخار الناتج يحتوي على كميات قليلة من الأملاح والشوائب.

❖ **المرحلة الثالثة ـ التكثيف الأولي** : يتم تكثيف البخار على سطح مبرد في هذه المرحلة، مما يؤدي إلى جمع الماء النقي المتكثف في خزان.

❖ **المرحلة الرابعة ـ التسخين المتكرر** : يُعيد الماء المتبقي من التكثيف إلى النظام ليتم تسخينه مرة أخرى. يتم الاستفادة من حرارة البخار المتبخر في المراحل السابقة لتسخين الماء في المراحل التالية، مما يزيد من كفاءة النظام.

❖ **المرحلة الخامسة - التبخير والتكثيف المتكرر** : يتكرر عملية التبخير والتكثيف عبر مراحل متعددة، حيث يتم جمع المياه النقية في كل مرحلة. بفضل هذا التسلسل، يمكن الحصول على مياه نقية بفعالية أعلى.

## 2.2. المزايا مقارنة بالتقطير البسيط

### 1.2.2. كفاءة أعلى في استخدام الطاقة

❖ **استرجاع الحرارة** : في التقطير الشمسي متعدد المراحل، يتم استرجاع الحرارة من كل مرحلة واستخدامها في المراحل التالية، مما يعزز كفاءة استخدام الطاقة الشمسية بشكل أكبر مقارنة بالتقطير البسيط الذي يعتمد فقط على التسخين المباشر.

❖ **تقليل استهلاك الطاقة** : نظرًا لاستخدام الحرارة المتبقية من التبخير، تكون هناك حاجة أقل للطاقة الشمسية الإضافية لتسخين المياه، مما يجعل النظام أكثر كفاءة.

### 2.2.2. إنتاجية أكبر

❖ **زيادة كمية المياه المنتجة** : بفضل المراحل المتعددة، يمكن لجهاز التقطير الشمسي متعدد المراحل أن ينتج كميات أكبر من المياه النقية يومياً مقارنة بالتقطير البسيط. يتم استغلال كل مرحلة لتحسين كفاءة الإنتاج.

❖ **تحسين الجودة** : يتم تقليل نسبة الأملاح والشوائب في المياه النقية الناتجة، مما يجعلها أكثر ملاءمة للاستخدام.

### 3.2.2. تحسين الأداء في ظروف غير مثالية

❖ **استمرارية التشغيل** : يمكن للنظام المتعدد المراحل العمل بكفاءة في ظروف طقس غير مثالية بفضل قدرة الاسترجاع الحراري. هذا يمكن أن يعوض نقص الطاقة الشمسية المباشرة.

## 3.2. حالات استخدام عملية التقطير المتعدد المراحل [23]

### 1.3.2. الاستخدامات في المناطق ذات الاحتياجات الكبيرة

- **المناطق الصحراوية** : في المناطق الصحراوية أو النائية حيث تتوافر مساحة كبيرة من الأرض وأشعة الشمس القوية، يمكن استخدام التقطير الشمسي متعدد المراحل لتوفير مياه عذبة بكميات كبيرة. يمكن أن يكون هذا النظام بديلاً فعالاً لمصادر المياه النادرة في هذه المناطق.

### 2.3.2. التطبيقات الصناعية

- **تحلية المياه للمصانع** : يستخدم التقطير الشمسي متعدد المراحل في بعض الصناعات التي تحتاج إلى كميات كبيرة من المياه النقية، مثل صناعة الأدوية أو الأغذية. يمكن أن يوفر هذا النظام مياه نقية بكفاءة ويقلل من تكاليف التشغيل مقارنة بالأنظمة الأخرى.

### 3.3.2. مشاريع التنمية المستدامة

- **المشاريع في الدول النامية** : في مشاريع التنمية المستدامة، يمكن استخدام التقطير الشمسي متعدد المراحل لتوفير مياه نظيفة للمجتمعات المحلية. يمكن أن يكون هذا مفيداً بشكل خاص في المناطق التي تواجه تحديات في توفير مياه صالحة للشرب.

### 4.3.2. الاستخدام في مراكز الأبحاث

- **التجارب والبحوث العلمية** : يمكن استخدام التقطير الشمسي متعدد المراحل في مراكز الأبحاث لاختبار وتحليل تقنيات التحلية وتطويرها. يوفر هذا النظام بيئة تجريبية مثالية لفهم كيفية تحسين كفاءة التقطير واختبار مواد جديدة.

## 3. التقطير الشمسي متعدد التأثيرات [23]

## 1.3. مبادئ عمل التقطير ذو التأثيرات المتعددة

### 1.1.3. مفهوم التقطير ذو التأثيرات المتعددة

التقطير الشمسي متعدد التأثيرات هو تقنية متقدمة لتحلية المياه التي تستخدم مجموعة من الوحدات أو المراحل لتحقيق أقصى استفادة من الطاقة الشمسية. في هذه التقنية، يتم استخدام عدة مراحل من التبخير والتكثيف، حيث يتم استغلال البخار الناتج من كل مرحلة لتسخين الماء في المرحلة التالية، مما يعزز كفاءة العملية بشكل كبير.

### 2.1.3. كيفية عمل النظام

- **مرحلة التأثير الأول** :يبدأ النظام بتسخين الماء المالح باستخدام الطاقة الشمسية. يتم تحويل الماء إلى بخار في الوحدة الأولى أو التأثير الأول. تتكون هذه الوحدة عادة من مفاعل حراري أو جهاز تسخين شمسي يعمل على تركيز الضوء لتسخين الماء.
- **مرحلة التأثير الثاني** :البخار الناتج من التأثير الأول يتم توجيهه إلى التأثير الثاني، حيث يتم استخدامه لتسخين ماء مالح جديد. الحرارة المستخدمة في هذه المرحلة تكون من البخار المتبقي من التأثير الأول، مما يقلل من الحاجة إلى مصدر طاقة إضافي.
- **المراحل اللاحقة** :تتكرر هذه العملية عبر عدة تأثيرات، حيث يتم استغلال حرارة كل مرحلة في تسخين المياه في المرحلة التالية. كل تأثير أو وحدة في النظام تعمل على تقليل نسبة الأملاح والشوائب في الماء.
- **التكثيف النهائي** :في النهاية، يتم تكثيف البخار في الوحدة الأخيرة لتجميع الماء النقي. يمكن استخدام تقنيات مختلفة لجمع الماء النقي، مثل اللواقط المصنوعة من مواد ذات قدرة عالية على توصيل الحرارة.

## 2.3. المزايا البيئية والاقتصادية

### 1.2.3. المزايا البيئية

- **استخدام الطاقة الشمسية** : يعتمد التقطير الشمسي متعدد التأثيرات بالكامل على الطاقة الشمسية، مما يجعله تقنية صديقة للبيئة لا تعتمد على الوقود الأحفوري ولا تسبب انبعاثات كربونية.
- **استرجاع الحرارة** : بفضل استخدام الحرارة المتبقية من كل مرحلة في التسخين في المراحل التالية، تقلل هذه التقنية من استهلاك الطاقة الشمسية بشكل عام، مما يحسن كفاءة استغلال الطاقة ويقلل من الحاجة إلى موارد إضافية.

### 2.2.3. المزايا الاقتصادية

- **زيادة كفاءة التشغيل** : بفضل استرجاع الحرارة من كل مرحلة، يمكن للنظام أن ينتج كميات كبيرة من المياه النقية بتكلفة أقل للطاقة مقارنة بالأنظمة الأخرى. هذا يقلل من التكاليف التشغيلية على المدى الطويل.
- **تقليل تكلفة الصيانة** : نظرًا لأن النظام يعتمد بشكل رئيسي على الطاقة الشمسية ولا يتطلب مواد كيميائية إضافية أو عمليات معقدة، فإن تكاليف الصيانة تكون أقل مقارنة بالتقنيات التقليدية.
- **فرص التوسع** : يمكن توسيع النظام بسهولة لتلبية احتياجات المياه المتزايدة، مما يوفر مرونة اقتصادية في مشاريع التحلية الكبيرة.

## 4. التقطير الشمسي باستخدام المرايا المكافئة

### 1.4. تقنية المرايا المكافئة في عملية التقطير

#### 1.1.4. مفهوم المرايا المكافئة

تقنية المرايا المكافئة تستخدم المرايا ذات الشكل المكافئ أو العدسات المكافئة لتركيز الضوء الشمسي على منطقة صغيرة، مما يؤدي إلى زيادة درجة الحرارة بشكل كبير في هذه

المنطقة. في سياق التقطير الشمسي، يتم استخدام هذه التقنية لتحسين كفاءة تسخين الماء وجعل عملية التقطير أكثر فعالية.

### 2.1.4. كيفية عمل التقنية

- **تركيز الضوء** :يتم تثبيت المرايا المكافئة بحيث تعكس الضوء الشمسي نحو نقطة محددة، عادةً في وحدة تسخين مركزية. المرايا المكافئة تكون ذات شكل معين يمكنها أن تجمع الضوء وتركيز الطاقة الشمسية على مساحة صغيرة جداً، مما يزيد من كثافة الطاقة المستلمة.
- **التسخين** :الضوء المركّز من المرايا المكافئة يسخن وسيلة نقل الحرارة أو خزان الماء بشكل مكثف. هذا التسخين العالي يؤدي إلى تبخير الماء بسرعة أكبر.
- **التبخير والتكثيف** :البخار الناتج من تسخين الماء يتم توجيهه إلى وحدة التقطير حيث يتم تكثيف البخار وتبريده لجمع الماء النقي. في بعض الأنظمة، يمكن استخدام تقنيات متعددة للتبخير والتكثيف لتحقيق كفاءة أعلى.

## 2.4. مقارنة مع الأنواع الأخرى من التقطير الشمسي

### 1.2.4. مقارنة مع التقطير الشمسي البسيط

- **الكفاءة الحرارية** : مقارنة بالتقطير الشمسي البسيط، يوفر التقطير باستخدام المرايا المكافئة كفاءة حرارية أعلى بفضل التركيز اللاقط للضوء الشمسي. التقطير البسيط يعتمد على تسخين الماء مباشرةً من خلال تعريضه لأشعة الشمس، بينما تقنية المرايا المكافئة تقوم بتركيز الضوء على منطقة صغيرة لزيادة درجات الحرارة بشكل كبير.
- **السرعة والإنتاجية** : بفضل التسخين المكثف، يمكن لتقنية المرايا المكافئة تبخير الماء بسرعة أكبر وزيادة إنتاجية المياه النقية مقارنة بالتقطير البسيط، الذي قد يكون أبطأ وأقل كفاءة في الظروف المحددة.

### 2.2.4. مقارنة مع التقطير الشمسي متعدد المراحل

- **التكلفة والتعقيد** : التقطير باستخدام المرايا المكافئة يمكن أن يكون أكثر تكلفة من التقطير الشمسي متعدد المراحل، حيث يتطلب تركيب وصيانة المرايا المكافئة. من ناحية أخرى، قد يكون نظام التقطير متعدد المراحل أقل تعقيدًا من حيث التصميم والتركيب.
- **الكفاءة في ظروف مختلفة** : في ظروف الطقس غير المثالية أو في المناطق التي لا تتلقى كمية كبيرة من الضوء الشمسي المباشر، قد تكون تقنية المرايا المكافئة أقل فعالية بسبب اعتمادها على التركيز اللاقط للضوء. بينما يمكن للتقطير متعدد المراحل استخدام الحرارة من المراحل السابقة بفعالية أكبر في مثل هذه الظروف.

## 3.4. التطبيقات والكفاءة

### 1.3.4. التطبيقات العملية

- **المشاريع السكنية والصناعية** : يمكن استخدام التقطير باستخدام المرايا المكافئة في مشاريع سكنية وصناعية حيث تكون هناك حاجة إلى كميات كبيرة من المياه النقية بشكل أسرع. في المشاريع الصناعية، يمكن أن توفر هذه التقنية مياه نقية بكفاءة عالية بفضل قدرتها على تسريع عملية التبخير.
- **الأبحاث والتطوير** : تستخدم تقنية المرايا المكافئة أيضاً في الأبحاث والتطوير لتحسين تقنيات التحلية وتجربة كيفية تحسين كفاءة استخدام الطاقة الشمسية. تساعد هذه التجارب في تطوير تصميمات جديدة وتكنولوجيا محسنة.
- **المناطق الصحراوية والنائية** : في المناطق التي تتمتع بكميات كبيرة من الضوء الشمسي، يمكن أن تكون تقنية المرايا المكافئة مثالية لتوفير المياه بسرعة وكفاءة. هذه المناطق تستفيد من الاستخدام الأمثل للطاقة الشمسية لتعويض نقص المياه.

### 2.3.4. كفاءة التقنية

- ❖ **كفاءة التحويل الحراري** : تقنية المرايا المكافئة تحقق كفاءة عالية في تحويل الطاقة الشمسية إلى حرارة، مما يجعلها فعالة في تسخين المياه بسرعة وبكفاءة عالية.
- ❖ **إنتاجية المياه** : بفضل التسخين المكثف، يمكن لهذه التقنية أن تنتج كميات كبيرة من المياه النقية في فترة زمنية قصيرة، مما يجعلها مفيدة للمشاريع التي تتطلب إنتاج مياه بسرعة وكفاءة.
- ❖ **الاستدامة والبيئة** : تعد هذه التقنية صديقة للبيئة بفضل استخدامها للطاقة الشمسية وتجنب الانبعاثات الكربونية. يمكن أن تكون خياراً مستداماً لمشاريع تحلية المياه في المناطق التي تتمتع بكميات كبيرة من الضوء الشمسي.

## 5. فوائد وحدود التقطير الشمسي

### 1.5. الفوائد البيئية والاقتصادية

#### 1.1.5. الأثر البيئي الإيجابي

التقطير الشمسي تقنية مستدامة تعتمد على الطاقة الشمسية، مما يجعله خيارًا صديقًا للبيئة يقلل من انبعاثات الكربون ويحمي الموارد المائية. كما يعمل دون مواد كيميائية، ما يضمن نقاء المياه.

#### 2.1.5. الجدوى الاقتصادية على المدى الطويل

أنظمة التقطير الشمسي تتميز بتكاليف تشغيل منخفضة بعد التركيب، وعمر افتراضي طويل، وتقلل من تكاليف نقل المياه. كما تخلق فرص عمل محلية وتدعم الاكتفاء الذاتي الاقتصادي.

## 2.5. الحدود والتحديات التقنية

### 1.2.5. الحدود المتعلقة بالظروف المناخية

تعتمد فعالية التقطير الشمسي على توفر أشعة الشمس، مما يجعله أقل كفاءة في المناطق الممطرة أو الغائمة. كما تتطلب هذه التقنية مساحات كبيرة لتوليد كميات كافية من المياه.

### 2.2.5. التحديات المتعلقة بالتكيف التكنولوجي في بعض المناطق

التحديات تشمل التكاليف الأولية العالية، نقص الوعي والمعرفة التقنية، والصعوبات اللوجستية في المناطق النائية. كما يشكل نقص المواد الأساسية عقبة تحتاج إلى حلول محلية مبتكرة.

## المبحث الثالث : أنواع المقطرات واللواقط الشمسية

### 1. أنواع المقطرات الشمسية

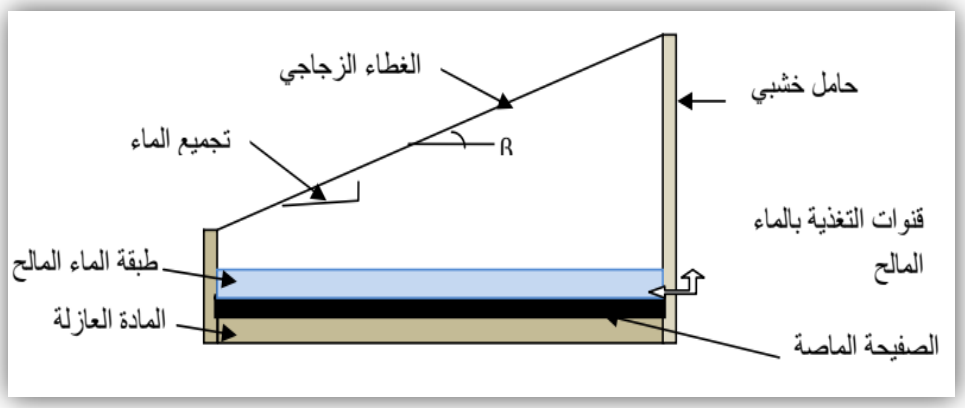
المقطرات الشمسية تعد من الحلول المستدامة والصديقة للبيئة لإنتاج مياه الشرب، خاصة في المناطق النائية والجافة. كل نوع من المقطرات له مميزاته وتحدياته، ويعتمد اختيار النوع المناسب على العوامل المناخية، المتطلبات المائية، والموارد المتاحة. بالاستمرار في تحسين التصميمات واستغلال التقنيات الحديثة، يمكن تعزيز كفاءة هذه الأنظمة بشكل كبير، مما يساهم في توفير مياه نقية بتكلفة منخفضة وباستخدام الطاقة الشمسية المتجددة.

### 1.1. المقطرات الشمسية البسيطة

المقطرات الشمسية البسيطة هي من أقدم وأبسط التقنيات المستخدمة لتحلية المياه باستخدام الطاقة الشمسية. يتم تسخين المياه المالحة أو الملوثة باستخدام أشعة الشمس، ثم تتبخر وتتكاثف على سطح بارد ليتم جمعها كمياه نقية.

### 1.1.1. المقطر ذو الميل الواحد

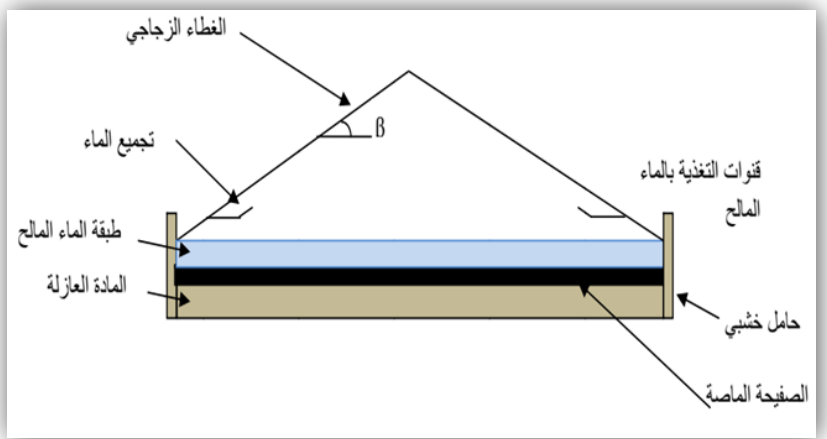
يتكون من حوض ماء مالح بلون أسود لزيادة الامتصاص الحراري وغطاء زجاجي مائل لتكثيف البخار. يمتاز بسهولة التركيب والتشغيل بتكلفة منخفضة، لكن فعاليته محدودة وإنتاجه للمياه بطيء ويتأثر بالظروف الجوية.




**الشكل (1):** مقطر بسيط بميل واحد.

### 2.1.1. المقطر ذو الميلين

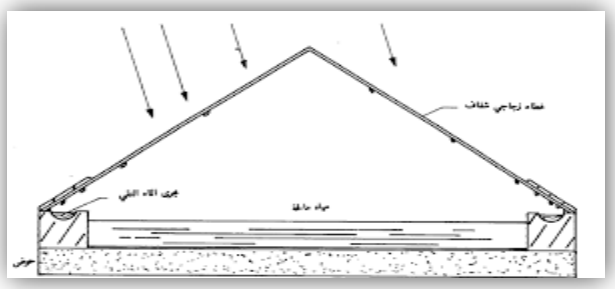
يضيف لاقطًا إضافيًا لتحسين التعرض للإشعاع الشمسي، مما يعزز الكفاءة، لكنه أكثر تعقيدًا في التصميم وأقل كفاءة في الظروف غير المثالية.



**الشكل (2):** مقطر بسيط بميلين.

### 3.1.1. المقطر الهرمي

بتصميمه الفريد بأربعة أوجه متماثلة وقاعدة مربعة، مع كل وجه مائل بزاوية لزيادة مساحة تعرض الماء للبخار وتكثيفه ويعزز من الكفاءة الحرارية، ولكنه يتطلب تركيبًا معقدًا وكلفة أعلى.



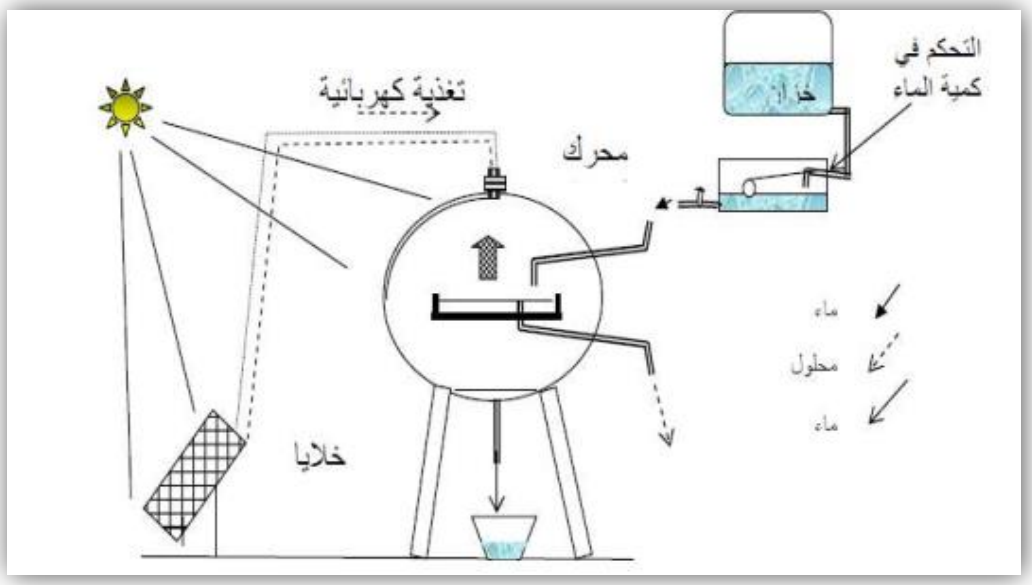
**الشكل (3):** مقطر بسيط هرمي.

## 2.1. المقطرات الشمسية التي تعمل بمبدأ التسخين بالبيت الزجاجي

هذه المقطرات تعتمد على حجز الإشعاع الشمسي داخل هيكل زجاجي لتسخين الماء مما يزيد من كفاءة عملية التبخر والتكثيف.

### 1.2.1. المقطر الشمسي الكروي

بتصميمه الشفاف والكروي، حيث يعمل الحوض الداخلي باللون الأسود على امتصاص الحرارة. يساهم هذا التصميم في تكثيف البخار على الأسطح الداخلية للكرة، ثم جمع المياه في أسفل الشكل الكروي. ويتيح تعرضًا موحدًا للشمس، مما يزيد من الكفاءة، لكنه

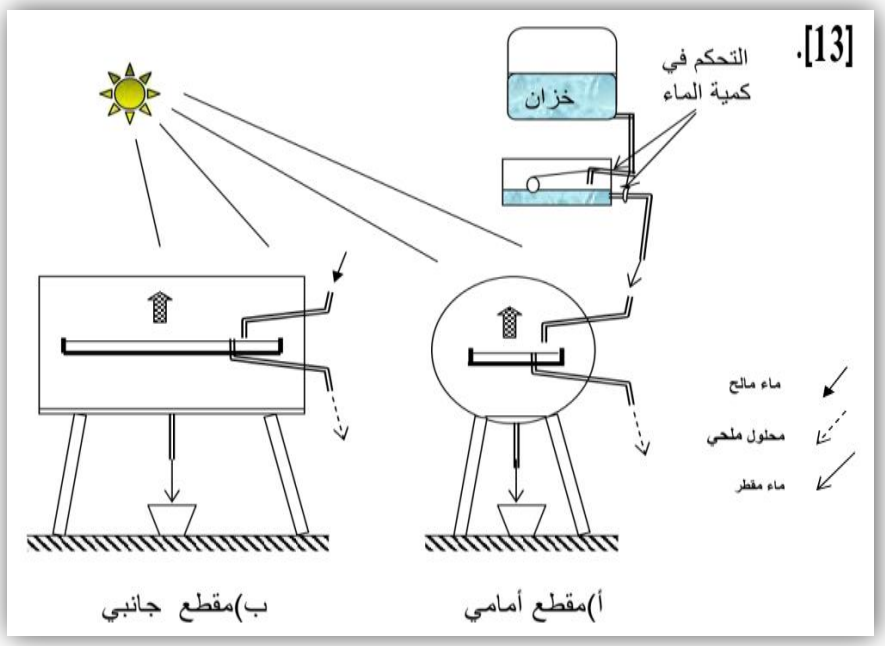



يحتاج إلى زجاج عالي الجودة مما يرفع التكلفة.

**الشكل (4):** مقطر شمسي كروي مزود بماسح.

### 2.2.1. المقطر الأسطواني

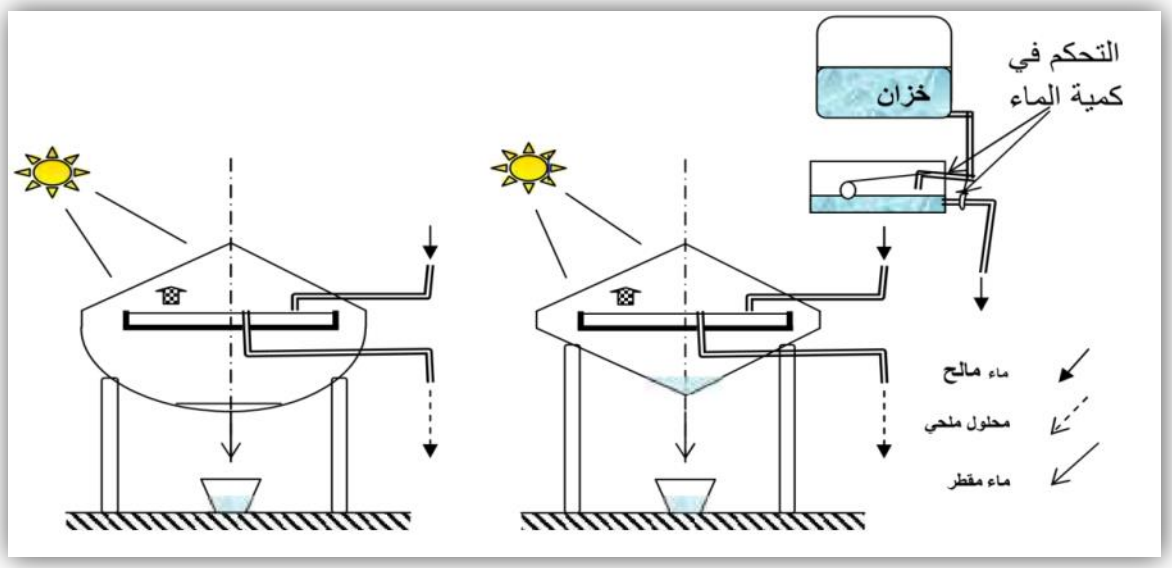
يشبه المقطر الكروي ولكن بتصميم أسطواني، حيث يتم وضع حوض الماء داخل أسطوانة زجاجية، يقدم هذا التصميم استقرارًا أفضل وسهولة في التركيب، لكنه أقل كفاءة بسبب عدم التوزيع المتساوي للإشعاع.




**الشكل (5):** المقطر الشمسي الاسطواني.

### 3.2.1. المقطر المخروطي

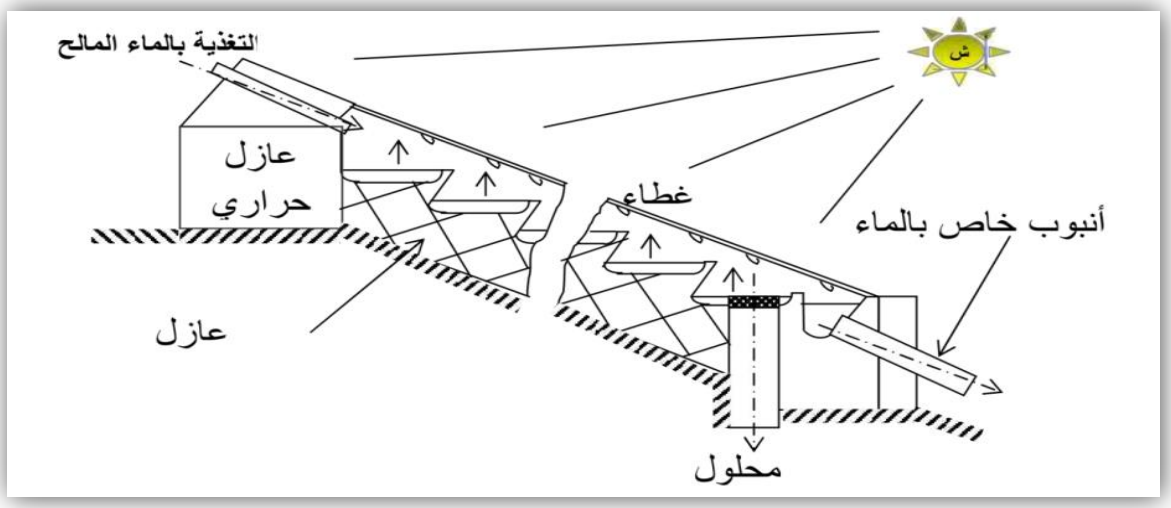
يتكون من غطاء زجاجي مخروطي الشكل في الأعلى وقمع مخروطي في الأسفل لتجميع المياه المقطرة. التصميم يتيح تسخينًا مركزًا وتحسينًا في معدلات التبخير، لكن يتطلب صيانة دورية للسطح الزجاجي.




**الشكل (6):** المقطر الشمسي المخروطي.

### 4.2.1. المقطر الشلالي

يتكون من عدة طوابق من الأحواض المملوءة بالماء المالح، حيث يتدفق الماء من حوض إلى آخر لزيادة معدل التكثيف. يعزز هذا التصميم عملية التكثيف، ولكنه معقد ومكلف في التصنيع والتركيب.



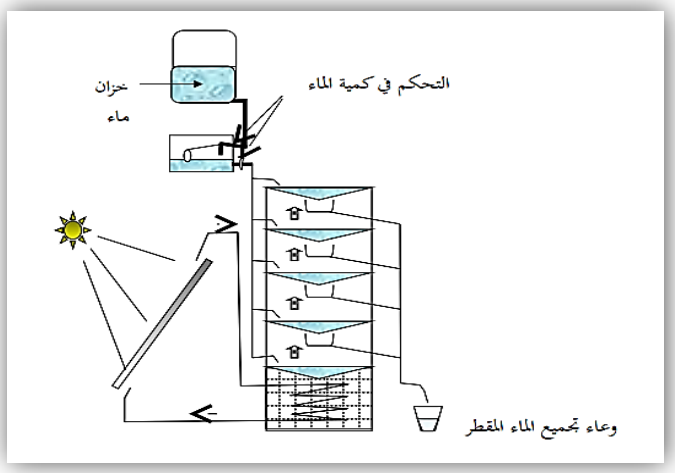

**الشكل (7):** مقطر الشلال الشمسي.

## 3.1. المقطرات الشمسية التي تعمل بمبدأ استرجاع الحرارة

تستخدم هذه الأنواع تقنيات مبتكرة لاسترجاع الحرارة الضائعة وتحسين كفاءة التقطير.

### 1.3.1. المقطر الشمسي متعدد الطوابق

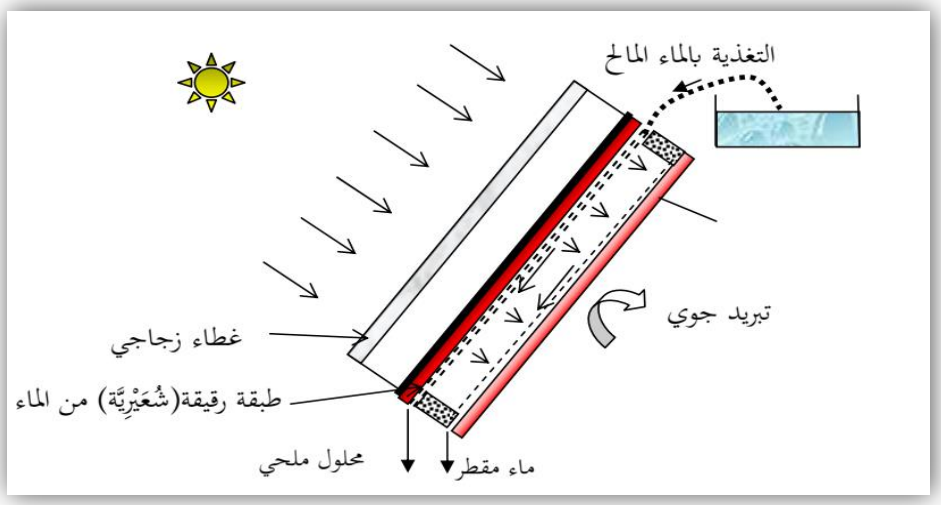
يعمل بالاستعمال غير المباشر لأشعة الشمس، حيث يتم تسخين المائع الحار في لاقط شمسي، ثم تنتقل الحرارة إلى حوض به ماء مالح لتسريع عملية التبخير. مما يعزز الكفاءة لكنه يحتاج إلى نظام نقل حراري معقد وكلفة تشغيلية عالية.




**الشكل (8):** المقطر الشمسي المتعدد الطوابق.

### 2.3.1. المقطر بالخاصية الشعرية

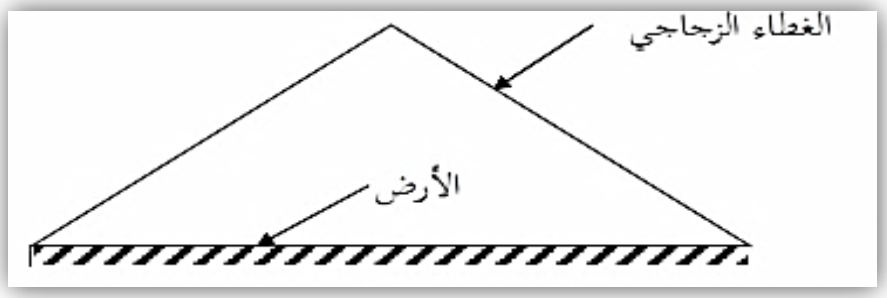
يعتمد هذا النظام على ألواح معدنية تعمل كمبخرات تستقبل الإشعاع الشمسي، حيث تُستخدم مواد ذات مسامات دقيقة أو أسطح شعرية لنقل الماء المالح إلى منطقة التسخين. هذا التصميم يوسع مساحة سطح الماء المعرض لأشعة الشمس، مما يعزز معدل التبخير، ويزيد الكفاءة، ويقلل الضياع الحراري. ورغم فعاليته، يتطلب صيانة دورية لضمان كفاءة نظام التغذية الشعرية مما يجعل عملية التصنيع والتركيب مكلفة.




**الشكل (9):** المقطر الشمسي الشعيري.

### 3.3.1. المقطر أرض-ماء

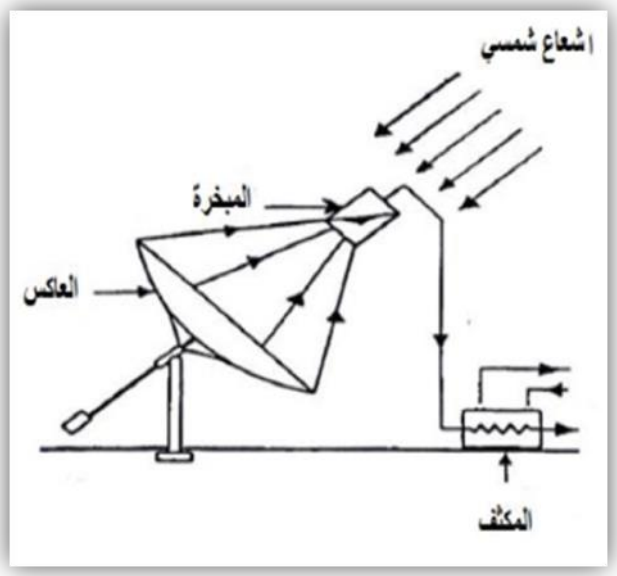
يستغل الرطوبة المخزنة في الأرض لتسخين الماء عبر أشعة الشمس ثم جمعه بعد التكثيف. يشبه المقطر ذو الميلين لكن مع استبدال الحوض بالأرض، وهو صديق للبيئة حيث يستخدم موارد طبيعية متاحة دون الحاجة إلى تكاليف إضافية. لكنه يعتمد بشدة على الظروف البيئية، وقد يكون غير فعال في المناطق ذات الرطوبة المنخفضة.




**الشكل (10):** مقطر شمسي ارض- ماء.

### 4.3.1. المقطر ذو مجمع مركز

يتميز باستخدام مرايا أو عدسات لتركيز الأشعة الشمسية على وعاء التبخير، مما يرفع درجة حرارة الماء بشكل كبير، ويؤدي إلى تسريع عملية التبخر والتكثيف مما يزيد من معدل إنتاج المياه المقطرة. لكنه يتطلب نظام تحكم معقدًا لضبط عملية التركيز، مما قد يزيد من التكلفة والصيانة.



**الشكل (11):** المقطر الشمسي ذو مجمع مركز.

## 2. أنواع اللواقط الشمسية

تتعدد أنواع اللواقط الشمسية وتُقسم إلى النماذج التالية:

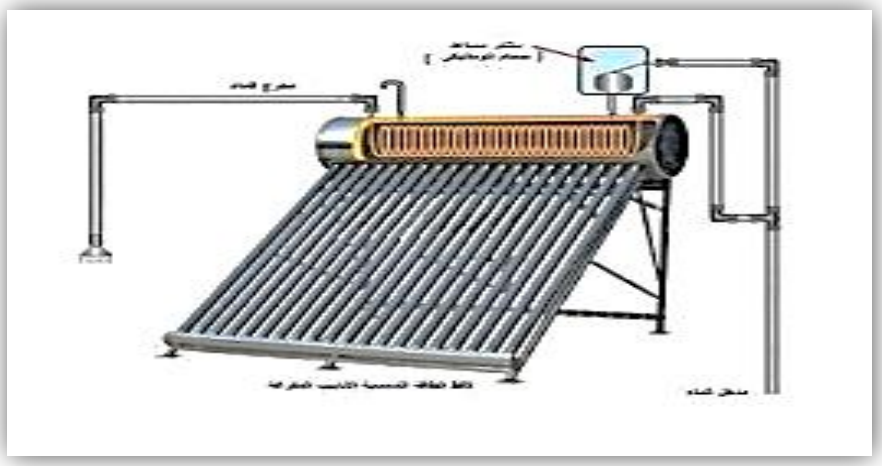
### 1.2. مرايا اللواقط الشمسية المسطحة العادية

تتكون هذه اللواقط من أنابيب معدنية ومرآة مسطحة عاكسة (أو لوح معدني) يتم وضعها داخل صندوق معدني مغلق مغطى بطبقة مجلفنة ومعزولة، ويعلوه سطح زجاجي شفاف (أو بلاستيكي شفاف) لحفظ وامتصاص الحرارة الشمسية. يتم توجيهها نحو الجنوب بزاوية ميلان تعتمد على خط العرض، وغالبًا ما تتراوح بين 35-45 درجة لمواجهة أشعة الشمس عموديًا. متوسط مساحة كل لاقط تبلغ 1.28 متر مربع، وهي كافية لتسخين المياه لتلبية احتياجات شخصين يوميًا. يتم إنتاج هذه اللواقط محليًا منذ القرن الماضي.

**الشكل (12):** مرايا اللواقط الشمسية المسطحة العادية.

## 2.2. مرايا اللواقط الشمسية المسطحة بأنابيب مفرغة

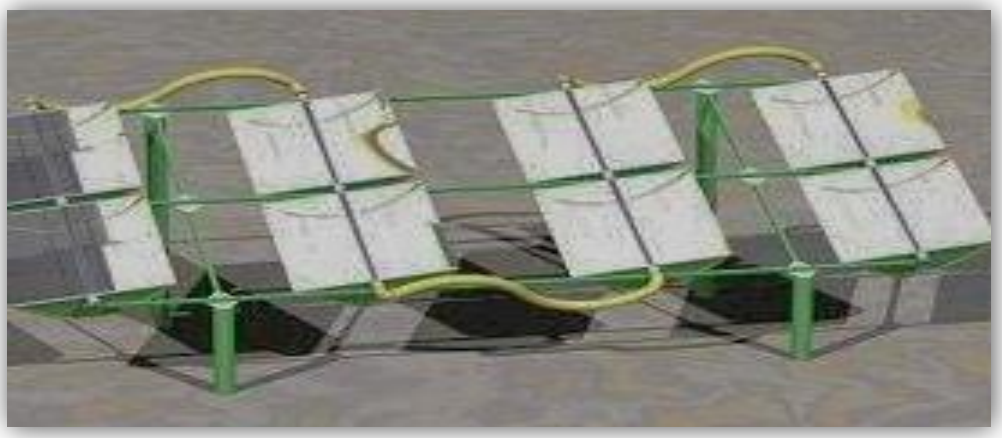
تتكون هذه اللواقط من أنابيب مغلفة بطبقتين من الزجاج ومغطاة بطبقة تسمح بنفاذ أشعة الشمس ولها معامل فقدان حراري منخفض. تتميز هذه اللواقط بكفاءتها العالية وسرعتها في تجميع الحرارة، مما يسمح بحفظ المياه في درجات حرارة مرتفعة دون الوصول إلى درجة الغليان. أداء هذه اللواقط وكفاءتها أعلى من اللواقط العادية، لكنها تأتي بسعر أعلى وتتطلب مهارة في التركيب والتجميع.



**الشكل (13):** مرايا اللواقط الشمسية المسطحة بأنابيب مفرغة.

## 3.2. مرايا لواقط القطع المكافئ المركزة لأشعة الشمس

تستخدم هذه اللواقط عاكسًا على شكل القطع المكافئ لتركيز أشعة الشمس على بؤرة خطية تحتوي على لاقط معدني معزول أو غير معزول. يمكن للنظام أن يصل إلى درجات حرارة أعلى بكثير من درجة غليان الماء، مما يجعله مناسبًا لاستخدام سوائل أو غازات خاصة كوسائط لنقل الحرارة. تُنقل الحرارة عبر مبادلات حرارية لتسخين المياه أو إنتاج بخار ماء عالي الضغط لتشغيل التوربينات والمولدات الكهربائية. تعتبر هذه اللواقط تقنية واعدة لإنتاج الطاقة الكهربائية، خاصة في المناطق الصحراوية مثل الصحراء الكبرى وشمال إفريقيا، لكن استخدامها لا يزال محدودًا في الأسواق المحلية.



**الشكل (14):** مرايا لواقط القطع المكافئ.

## 4.3. لواقط الطبق "المرآة المقعرة" الشمسية

تتكون هذه اللواقط من مرآة مقعرة واحدة أو عدة مرايا مجمعة على شكل صحن، حيث يتم وضع لاقط يحتوي على الماء أو سائل ناقل للحرارة في بؤرتها. تتجمع الأشعة الشمسية على اللواقط بفضل انعكاساتها من الطبق المقعر. يمكن ربط عدة أطباق للحصول على درجات الحرارة المطلوبة التي تتراوح بين 150 إلى 700 درجة مئوية، وذلك وفقًا لحجم ونوع الاستخدام.

**الشكل (15):** المرآة المقعرة.

## 5.3. البرج الشمسي

يتمركز البرج الشمسي في وسط حقل من المرايا التي تعكس أشعة الشمس من جميع الاتجاهات نحو قمة البرج، حيث تتركز الحرارة لتصل إلى مستويات مرتفعة. تُنقل الحرارة من السائل المستخدم إلى مبادلات حرارية لتسخين المياه، بهدف إنتاج بخار ماء عالي الضغط يُستخدم لتشغيل التوربينات وتوليد الطاقة الكهربائية أو لأغراض صناعية.

**الشكل (16):** البرج الشمسي.

## المبحث الرابع : التطبيقات العملية وفوائد التقطير الشمسي

### 1. التقطير الشمسي في المناطق الريفية

يعتبر التقطير الشمسي حلاً مستدامًا لتحلية المياه المالحة في المناطق النائية، مما يحسن جودة الحياة ويقلل من الأمراض المرتبطة بتلوث المياه. يعزز استقلالية المجتمعات الريفية ويقلل الاعتماد على المساعدات الخارجية، رغم التحديات المتعلقة بالتكاليف الأولية ونقص الوعي. هناك أمثلة نجاح في دول مثل الهند وإثيوبيا.

### 2. التقطير الشمسي الصناعي

يُستخدم التقطير الشمسي في الصناعات لتقليل استهلاك المياه العذبة وتحلية المياه المالحة، مما يقلل الاعتماد على الوقود الأحفوري ويحقق استدامة بيئية. ورغم تكاليف التركيب الأولية المرتفعة، فإنه أكثر كفاءة من الناحية الاقتصادية على المدى الطويل، وتزايد استخدامه في الصناعات الكيميائية في المناطق المشمسة.

### 3. التقطير الشمسي في المشاريع الإنسانية

يدعم التقطير الشمسي مشاريع التنمية المستدامة في الدول النامية من خلال توفير مياه نظيفة للمجتمعات المحتاجة. تم تحقيق نجاحات في كينيا، جزر المالديف، والهند. يعتمد نجاح هذه المشاريع على التكيف مع الظروف المحلية والشراكات المجتمعية، رغم تحديات التكاليف والصيانة، مما يجعله حلاً مستدامًا لتحسين جودة الحياة.

## خاتمة الفصل الثاني: التقطير الشمسي وأنواعه

في هذا الفصل، تم استعراض تقنية التقطير الشمسي باعتبارها واحدة من الحلول المستدامة والفعالة لمعالجة المياه، خصوصًا في المناطق التي تعاني من نقص الموارد المائية. تناولنا في البداية تعريف التقطير الشمسي والمبادئ الأساسية التي يقوم عليها، حيث تبين أن هذه التقنية تعتمد على استغلال الطاقة الشمسية لإنتاج مياه نقية من خلال عملية تبخير وتكثيف المياه. كما تم تسليط الضوء على الأهمية البالغة لهذه التقنية في معالجة المياه وتوفير مصدر آمن ونظيف للمياه في مختلف الظروف.

بالإضافة إلى ذلك، استعرضنا التطور التاريخي لتقنية التقطير الشمسي وكيفية تطور الأنظمة المستخدمة في هذا المجال على مر العصور، مما ساهم في تحسين كفاءتها وتوسيع نطاق تطبيقها. كما تم تحليل أنواع التقطير الشمسي المختلفة، بدءًا من التقطير الشمسي البسيط، وصولًا إلى التقنيات الأكثر تطورًا مثل التقطير الشمسي متعدد المراحل ومتعدد التأثيرات، إضافة إلى استخدام المرايا المكافئة لتحسين فعالية التقطير.

في الجزء الأخير من الفصل، تم التطرق إلى التطبيقات العملية لهذه التقنية، حيث أثبت التقطير الشمسي فعاليته في المناطق الريفية والجافة وكذلك في العمليات الصناعية والمشاريع الإنسانية. كما تمت مناقشة الفوائد البيئية والاقتصادية التي توفرها هذه التقنية، بجانب التحديات والحدود التقنية التي قد تواجهها في بعض البيئات.

ختامًا، يُظهر هذا الفصل أهمية التقطير الشمسي كحل بيئي واقتصادي مستدام لمعالجة المياه، مع الإشارة إلى الحاجة المستمرة لتطوير هذه التقنية وتكييفها مع الظروف المحلية لضمان استمرارية نجاحها وتحقيق أقصى استفادة منها.

# قائمة المصادر والمراجع

# قائمة المصادر والمراجع

## باللغة العربية :


1. الأنصاري، مروان .مستقبل الطاقة الشمسية وتطوراتها التقنية .مجلة العلوم والابتكار، 2020.
2. البرجس، فهد .الطاقة الشمسية في المناطق الريفية: تحديات وحلول .دار الفكر الإسلامي، 2023.
3. البرعي، ناصر .مستقبل الطاقة الشمسية: الابتكارات والتحديات .مركز دراسات الطاقة، 2023.
4. التميمي، راشد .تكنولوجيا الطاقة الشمسية: التحليل والتطبيقات العملية .دار المعرفة العربية، 2022.
5. الجارحي، محمد .الطاقة الشمسية: تقنيات وتطبيقات .دار النشر العلمية، 2021.
6. الجندي، يوسف .دليل تطبيقات الطاقة الشمسية في القطاع الصناعي .دار العلوم التطبيقية، 2021.
7. الزاوي، وليد .الطاقة الشمسية: أساسيات وتقنيات حديثة .دار الأمل، 2019.
8. الشريف، أحمد .الطاقة الشمسية وتطبيقاتها في المناطق النائية .مجلة الطاقة المستدامة، 2019.
9. العربي، حسن .الألواح الشمسية وتخزين الطاقة: دراسة حالة .دار المعرفة، 2022.
10. المهدي، فاطمة .تكنولوجيا الطاقة الشمسية: من الأساسيات إلى التطبيقات المتقدمة .دار الفكر، 2020.
11. النعيمي، عبد الله .مبادئ وتقنيات الطاقة الشمسية .دار العلوم، 2018.
12. عبد الحافظ، محمود .الطاقة الشمسية: الأسس والتطبيقات .دار الفكر العربي، 2020.
13. عبد الرحمن، أحمد. "تطورات الطاقة الشمسية والابتكارات الحديثة ."مجلة التكنولوجيا والابتكار، 2021.
14. علي، يوسف .مزايا وعيوب الطاقة الشمسية: تحليل شامل .مكتبة الإسكندرية، 2022.
15. قاسم، سامي. "تطبيقات الطاقة الشمسية في المباني التجارية والصناعية ."مجلة الطاقة المتجددة، 2019.

## باللغة الفرنسية :


16. A. K. Singh, "كتاب التحديات في التقطير الشمسي: التكنولوجيا والتكيف".
17. Ahmed R, "التقطير الشمسي للمشاريع الإنسانية: دراسات حالة".
18. E. W. Dunlap, "كتاب تاريخ التقطير الشمسي".
19. G. N. Tiwari, M. A. Mubarak, "كتاب أنظمة التقطير الشمسي متعددة المراحل".
20. H.P. Garg, S.C. Mullick, "كتاب التقطير الشمسي: طرق بسيطة لتوفير المياه المستدامة".
21. IRENA.org , "تأثير التقطير الشمسي على المجتمعات الريفية" موقع ويب.
22. John A. Duffie, "كتاب التأثير البيئي والاقتصادي للتقطير الشمسي".
23. John H. Lienhard, "كتاب التقطير الشمسي متعدد التأثيرات: الهندسة والتطبيقات".
24. K. J. N, "كتاب التطبيقات الصناعية للتقطير الشمسي".
25. Maryam Mohammadi, "كتاب التقطير الشمسي في المناطق الريفية: حلول مستدامة".
26. NREL.gov , "كفاءة المجمعات ذات القطع المكافئ في التقطير الشمسي" موقع ويب".
27. R. K. Srivastava, V. K. Srivastava, "كتاب التقطير الشمسي: المبادئ والتطبيقات".
28. RenewableEnergyWorld.com , "تطور تقنيات التقطير الشمسي" موقع ويب".
29. Researchgate.net , "الفوائد البيئية والاقتصادية للتقطير متعدد التأثيرات" موقع ويب".
30. ScienceDirect.com , "أساسيات التقطير الشمسي البسيط" موقع ويب".
31. ScienceDirect.com , "كفاءة التقطير الشمسي في العمليات الصناعية" موقع ويب".
32. ScienceDirect.com , "مزايا التقطير الشمسي متعدد المراحل" موقع ويب".
33. Solarenergy.com , "التقطير الشمسي: دراسة عملية للتصميم والبناء" موقع ويب".
34. Soteris A. Kalogirou, "كتاب التقطير الشمسي باستخدام المرايا المكافئة: نهج جديد".
35. Springer.com , "الحدود التقنية للتقطير الشمسي في المناخات المختلفة" موقع ويب".
36. UNDP.org , "مشاريع التقطير الشمسي الإنسانية الناجحة" موقع ويب".
37. WorldBank.org , "الفوائد الاقتصادية طويلة الأجل للتقطير الشمسي" موقع ويب".

# تمت بعون الله

DONE WITH GOD'S HELP