الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة قاصدي مرباح – ورقلة –
كلية الطب وعلوم المادة
قسم الفيزياء

مذكرة مقدمة لنيل شهادة
ماسترأكاديمي
تخصص فيزياء طاقوية
من إعداد الطالبتين: ديده صفاء – راشدي أميرة

تحت عنوان :

مساهمة لدراسة تأثير تغير المناخ على الطاقة الشمسية وإيجاد حلول للتخفيف منها في منطقة ورقلة

نوقشت بتاريخ : 2021/06/20

أمام لجنة المناقشة المكونة من :

تخة محمد	أ.ت.ع	جامعة ورقلة	رئيسا
الزين عبد الله	أ.ت.ع	جامعة ورقلة	مناقشا
محسن حسين	أ.ت.ع	جامعة ورقلة	مؤطرا

2021 / 2020

إهداء

إلى

أمي و أبي

هما أملي في الحياة .....

وإلى كل أفراد عائلتي فهم قارب النجاة .....

وإلى كل صديق قريب وبعيد فهم عوني في الحياة....

أهدي هذا العمل المتواضع لهم جميعا ، أسئل الله أن ينفعنا

به في المحيا والممات .....

شكر وتقدير

تم بحمد الله تعالى إتمام هذا العمل المتواضع الذي يندرج في إطار الحصول على شهادة الماستر، تخصص فيزياء طاقوية والطاقات المتجددة بكلية الرياضيات وعلوم المادة جامعة قاصدي مرباح بورقلة، وبالتعاون مع شركة الكهرباء والطاقات المتجددة (SKTM) - وحدة إنتاج الكهرباء الجنوب الشرقي.

بداية نود أن نتوجه بالشكر الجزيل إلى الأستاذ المشرف **محسن حسين** على قبوله الإشراف على هذا العمل، وعلى جميل صبره في هذا المشوار.

كما نتقدم بالشكر الجزيل للأستاذ **ديدة حذيفة**، على تشجيعه وحرصه على إتمام هذا العمل، نتمنى له التوفيق في شهادة الدكتوراه.

كما نتقدم بالشكر الجزيل للأستاذة **راشدي شريفة**، على نصائحها وملاحظتها، لهامنا أسمى عبارات الشكر والتقدير، نتمنى لها النجاح في شهادة الدكتوراه.

كما نتقدم بالشكر الجزيل الى أعضاء لجنة المناقشة وهم : الأستاذ **تخة محمد** - الأستاذ **الزين عبد الله.**

كما نود أن نشكر مدير وحدة إنتاج الكهرباء الجنوب الشرقي بتقرت **لعمري محمد**، وكل العاملين في شركة الكهرباء والطاقات المتجددة بورقلة (SKTM) على المعلومات التي زودونا بها، ونختص بالذكر الأستاذ **حميداتو عبد المطلب**، الأستاذ **بريحة لمين**، الأستاذ **بربح عبد اللطيف**، الأستاذة **بن عطاالله خولة**.

فهرس المحتويات

العنوان **الصفحة**

إهداء

شكر وتقدير

فهرس الأشكال

مقدمة عامة 1

الفصل الأول: الطاقة الشمسية والنظام الكهروضوئي

I–1 مقدمة 5

I–2 الطاقة الشمسية 5

I– 2-1 مفهوم الطاقة الشمسية 5

I-2-2 إستخدامات الطاقة الشمسية 6

I-2-3 فوائد إستخدام الطاقة الشمسية 9

I-2-4 الجوانب الإيجابية والسلبية لإستخدام الطاقة الشمسية 10

I-2-4-1 الجوانب الإيجابية 10

I-2-4-2 الجوانب السلبية 10

I-3 الإشعاع الشمسي 11

I-3-1 مفهوم الإشعاع الشمسي 11

I-3-2 الثابت الشمسي 11

I-3-3 الزوايا الشمسية 12

I-3-3-1 زاوية الميل الشمسي δ 12

I-3-3-2 زاوية الإرتفاع h 13

I-3-3-3 زاوية الذروة θ_z 13

I-3-3-4 زاوية السمت الرأسي a 13

I-3-3-5 زاوية الساعة الشمسية w 14

I -3-3-6 زاوية دائرة العرض φ 15

I-3-4 الإشعاع الشمسي على سطح الأرض 15

I-3-4-1 الإشعاع الشمسي المباشر 15

I-3-4-2 الإشعاع الشمسي المنعكس 16
I-3-4-3 الإشعاع الشمسي الكلي 16
I-4 النظام الكهروضوئي 17
I-4-1 الخلايا الكهروضوئية 17
I-4-2 مكونات الخلية الكهروضوئية وآلية عملها 17
I-4-2-1 مكونات الخلية الكهروضوئية 17
I-4-2-2 طريقة عمل الخلية الكهروضوئيية 18
I-4-3 أنواع الخلايا الكهروشمسية 19
I-4-3-1 الخلايا السيليكونية 19
I-4-3-2 خلايا الغاليوم أرسنايد 21
I-4-3-2 خلايا الكوبراندیوم ديسلنايد 21
I-4-3-3 خلايا الكادميوم تليرايد 21
I-4-4 تصنيف أشباه الموصلات 22
I-4-5 وصلة P-N 22
I-4-6 الخصائص الكهربائية للخلية الكهروضوئية 22
I-5 خاتمة 24

الفصل الثاني: تأثير تغير المناخ على الطاقة الشمسية

II-1 مقدمة 24
II-2 تأثير الإشعاع الشمسي على الطاقة الشمسية 24
II-2-1 دراسة تأثير الإشعاع الشمسي على الطاقة الشمسية 24
II-2-2 دراسات سابقة 24
II-3 تأثير درجة الحرارة على الطاقة الشمسية 25
II-3-1 دراسة تأثير درجة الحرارة على الطاقة الشمسية 25
II-3-1-1 أنصاف النواقل 25
II-3-1-2 معامل الحرارة للألواح الكهروضوئية 26
II-3-2 الدراسات السابقة حول تأثير درجة الحرارة على الطاقة الشمسية 27
II-4 تأثير سرعة الرياح على الطاقة الشمسية 28
II-4-1 دراسة تأثير سرعة الرياح على الطاقة الشمسية 28
II-4-2 دراسات سابقة 28
II-5 تأثير الرطوبة على الطاقة الشمسية 29
II-5-1 دراسة تأثير الرطوبة على الطاقة الشمسية 29
II-5-2 دراسات سابقة 29
II-6 خاتمة 29

الفصل الثالث: الجانب التطبيقي ونتائجه والحلول والتوصيات

III-1 مقدمة 31

III-2 محطة الطاقة الشمسية بالحجيرة 31

III-3 عرض بعض مكونات المحطة وذكر مبدأ عمل كل جهاز 31

III-4 دراسة تأثير العوامل المناخية على إنتاج الألواح الكهروشمسية 32

III-5 الأجهزة المستعملة 33

III-6 الظروف الجوية الخاصة باليوم الذي تمت فيه الدراسة 34

III-7 النتائج المتحصل عليها 35

III-8 مناقشة وتحليل النتائج 36

III-8-1 الإشعاع الشمسي الكلي 36

III-8-2 درجة الحرارة 37

III-8-3 سرعة الرياح 38

III-8-4 الرطوبة النسبية 39

III-9 النتائج المتوصل إليها 40

III-10 الحلول المقترحة والتوصيات 41

III-11خاتمة 42

خاتمة عامة 43

المراجع 45

ملخص 47

قائمة الأشكال

الشكل (1.I): توليد الكهرباء بواسطة الطاقة الشمسية 6

الشكل (2.I): استخدام الطاقة الشمسية لتسخين المياه 7

الشكل (3.I): آلة طبخ تعمل بالطاقة الشمسية 7

الشكل (4.I): استغلال الطاقة الشمسية في تدفئة المنازل 8

الشكل (5.I): استعمال الطاقة الشمسية في تجفيف المحاصيل الزراعية 9

الشكل (6.I): حركة الأرض بالنسبة للشمس 12

الشكل (7.I): زاوية الارتفاع الشمسي والذروة والسمت الرأسي (معلم سطح أرضي) 14

الشكل (8.I): زاوية الساعة الشمسية ودائرة العرض للمنطقة 15

الشكل (9.I): مكونات الإشعاع الشمسي الكلي الواصل الى سطح الأرض 16

الشكل (10.I): يوضح آلية عمل الخلية الكهروضوئية 18

الشكل (11.I): لوح كهروشمسي مصنوع من خلايا السيليكونية أحادية البلورة 19

الشكل (12.I): لوح شمسي مصنوع من الخلايا السيليكونية المتعددة البلورات 20

الشكل (13.I): لوح شمسي مصنوع من خلايا سيليكونية عشوائية 21

الشكل (14.I): خلية كهروشمسية ولوح كهروشمسي وصف كهروشمسي 23

الشكل (1.II): مخطط يوضح الإنخفاض السريع للجهد بالمقارنة مع الإزدياد في تيار الإشباع العكسي 26

الشكل (2.II): إشارة معامل الحرارة بالنسبة للجهد والطاقة وللتيار الكهربائي 27

الشكل (1.III): الخصائص الكهربائية لألواح الكريستال متعدد البلورات 32

الشكل (2.III): عرض بعض مكونات المحطة: (a) علبة التجميع، (b) العاكس، (c) المحول 32

الشكل (3.III): أجهزة القياس المستعملة في التجربة 34

الشكل (4.III): جدول يوضح القيم التجريبية الخاصة بالعوامل المدروسة 35

الشكل (5.III): تغيرات الإستطاعة الكلية و الإشعاع الشمسي الكلي بدلالة الزمن 36

الشكل (6.III): تغيرات الإستطاعة الكلية ودرجة الحرارة بدلالة الزمن 37

الشكل (7.III): تغيرات الإستطاعة الكلية وسرعة الرياح بدلالة الزمن 38

الشكل (8.III) : تغيرات الإستطاعة الكلية ونسبة الرطوبة بدلالة الزمن 39

مقدمة عامة

سخر الإنسان طاقة الإشعاع الشمسي (النعمة الإلهية) لخدمته منذ القدم حتى وقتنا الحاضر مجالات عديدة كتجفيف المحاصيل الزراعية وتدفئة المنازل كما إستخدمها في مجالات أخرى وردت في كتب العلوم التاريخية فقد أحرق أرخميدس الأسطول الحربي الروماني في حرب عام 212 ق م عن طريق تركيز الإشعاع الشمسي على سفن الأعداء بواسطة المئات من الدروع المعدنية ، وفي العصر البابلي كانت نساء الكهنة يستعملن آنية ذهبية مصقولة كالمرايا لتركيز الإشعاع الشمسي للحصول على النار، كما قام علماء أمثال تشرنهوس وسويز ولافوازييه ومونشوت واريكسون وهاردنج وغيرهم بإستخدام الطاقة الشمسية في صهر المواد وطهي الطعام وتوليد بخار الماء وتقطير الماء وتسخين الهواء.

يمكن تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية وطاقة حرارية من خلال آليتي التحويل الكهروضوئية والتحويل الحراري للطاقة الشمسية ويقصد بالتحويل الكهروضوئية تحول الإشعاع الشمسي أو الضوئي مباشرة إلى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الشمسية (الكهروضوئية)، وكما هو معلوم هناك بعض المواد التي تقوم بعملية التحويل الكهروضوئية تدعى أشباه الموصلات كالسيليكون والجرمانيوم وغيرها، وقد تم إكتشاف هذه الظاهرة من قبل بعض علماء الفيزياء في آواخرالقرن التاسع عشر ميلادي حيث وجدوا أن الضوء يستطيع تحرير الإلكترونات من بعض المعادن، وقد نال العالم إينشتاين جائزة نوبل في عام 1921 م لإستطاعته تفسير هذه الظاهرة.

وقد تم تصنيع نماذج كثيرة من الخلايا الشمسية تستطيع إنتاج الكهرباء بصورة عملية وتقدر عادة كفاءتها بحوالي 20% أما الباقي فيمكن الإستفادة منه في توفير الحرارة للتدفئة وتسخين المياه، كما تستخدم الخلايا الشمسية في تشغيل نظام الإتصالات المختلفة وفي إنارة الطرق والمنشآت وفي ضخ المياه وغيرها.

إن الكهرباء الناتجة من الطاقة الكهروضوئية تعتمد على الشمس كمصدر وحيد مما يمنحها بعض الإيجابيات والسلبيات، حيث أدى إلى طرح العديد من التساؤلات في هذا المجال من بينها التساؤل حول كيفية تأثير تغير المناخ على الطاقة الشمسية، وأهم الحلول المقترحة للحد من هذا التأثير.

تؤثر الظروف المناخية المحيطة بالمنظومة الشمسية على قدرة الألواح الشمسية خلال ساعات النهار ويمكن التقليل من هذا التأثير بالإختيار الأمثل للألواح الشمسية المستخدمة في المنظومة الشمسية وسيتم في هذا البحث دراسة العوامل المناخية المختلفة على الطاقة الشمسية.

ومن أجل المساهمة في دراسة هذه المشكلة قمنا بإنجاز هذا العمل الذي ينقسم إلى ثلاثة فصول:

الفصل الأول: يتناول كل مايتعلق بالطاقة الشمسية والإشعاع الشمسي والنظام الكهروضوئي.

الفصل الثاني: يتناول دراسة تأثير العوامل المناخية على الطاقة الشمسية (الإشعاع الشمسي، درجة الحرارة، سرعة الرياح، الرطوبة).

الفصل الثالث: يتناول دراسة تجريبية لتأثير تغير المناخ على الطاقة الشمسية في منطقة ورقلة.

الفصل الأول:

الطاقة الشمسية والنظام الكهروضوئي

I–1 المقدمة:

تعد الطاقة الشمسية من أهم مصادر الطاقة الطبيعية المتجددة التي لاتنتهي، أي غير القابلة للنفاذ والتي توجد إلى جانب كل من طاقة الرياح والطاقة الكهرومائية، حيث تتمثل هذه الطاقة في إنبعاث الأشعة الضوئية والحرارية من أشعة الشمس، وتعتبر الشمس مصدر الطاقة للأرض حيث أنها تبعد عن الأرض مسافة 93مليون ميل والمعروف أن سرعة الضوء تقدر ب 186 ألف ميل /ثانية، بحيث يصل إلى الأرض بزمن حوالي 8 دقائق، الشمس عبارة عن جسم ملتهب كروي يتكون بشكل رئيسي من الهيدروجين والهيليوم ونتيجة إندماج الهيدروجين مع الهيليوم في مركز الشمس يؤدي إلى إنبعاث طاقة هائلة جدا إلى الفضاء، وسنتطرق في هذا الفصل إلى دراسة النقاط التالية:

- الطاقة الشمسية.
- الإشعاع الشمسي.
- النظام الكهروضوئي.

I–2 الطاقة الشمسية:

على الرغم من تعدد الطاقات المستخدمة في العصر الحاضر تبقى الشمس المصدر الرئيسي للطاقة في البيئة فبدونها لاتتحرك الرياح ولاتتم دورة الماء وهي مصدر طاقة الغذاء حيث يتم إختزان الطاقة الشمسية بواسطة النباتات.

I–2–1 مفهوم الطاقة الشمسية:

الطاقة الشمسية هي جزء من الأشعة الشمسية التي تصل إلى سطح الأرض بعد تصنيفها من خلال الغلاف الجوي للأرض، في شكل من أشكال الطاقة الحرارية والضوئية، وفي مجال الطاقة المقصود من هذا المصطلح (طاقة شمسية) وبشكل وثيق تلك الطاقة التي يتم إستغلالها من قبل الإنسان للإضاءة (كالنوافذ)، والتدفئة (الطاقة الشمسية الحرارية، وسخانات المياه بالطاقة الشمسية والأفران الشمسية)، أو لتوليد الكهرباء (ألواح الخلايا الشمسية الفوتوفولطية، ومحطات الطاقة الشمسية الحرارية) [1].

كما تعرف أيضا بأنها: طاقة يتم الحصول عليها من ضوء الشمس، والضوء من الشمس قد يستعمل لتوليد الطاقة الكهربائية وتزويد النباتات بالتدفئة والتبريد لتسخين الماء، وقد أستعملت الطاقة الشمسية لآلاف السنين وبطرق أخرى أيضا، معظم الحياة على الأرض لا يمكن أن توجد بدون شمس، ومعظم النباتات تنتج غذائها عن طريق عملية كيميائية تدعى التركيب الضوئي والتي

تبدأ بضوء الشمس والعديد من الحيوانات تضمن النباتات كجزء من طعامها، جاعلة الطاقة الشمسية كمصدر غير مباشر لغذائها ، وتغذية الناس على النباتات والحيوانات في سلسلة غذائها توفر أحد الأمثلة على أهمية طاقة الشمس.

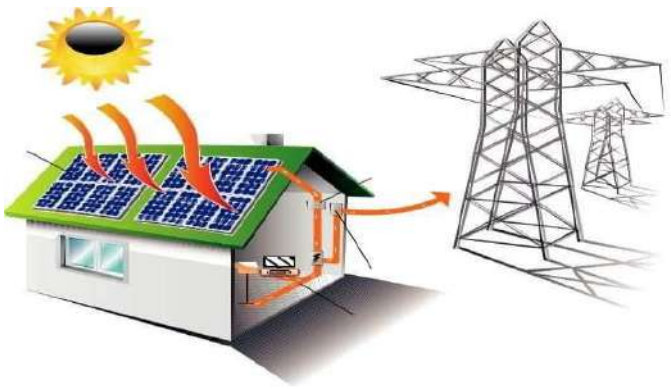
وبطريقة مباشرة أو غير مباشرة فإن الشمس مسؤولة تقريبا عن كل مصادر الطاقة الموجودة على الأرض، فجميع الفحم والنفط والغاز الطبيعي قد أنتجت بسبب تحلل النباتات قبل ملايين السنين وبعبارة أخرى فإن الوقود الأحفوري الأساسي المستعمل اليوم هو في الواقع يخزن الطاقة الشمسية.

إن حرارة الشمس تحرك الرياح أيضا والتي هي مصدر آخر للطاقة المتجددة، إن مصادر الطاقة الوحيدة التي لاتأتي من حرارة الشمس هي الحرارة التي تنتج من الإنحلال الإشعاعي لقلب الأرض، وكذلك المد والجزر في المحيطات والذي يتأثر بقوة جاذبية القمر [2].

I-2-2 إستخدامات الطاقة الشمسية:

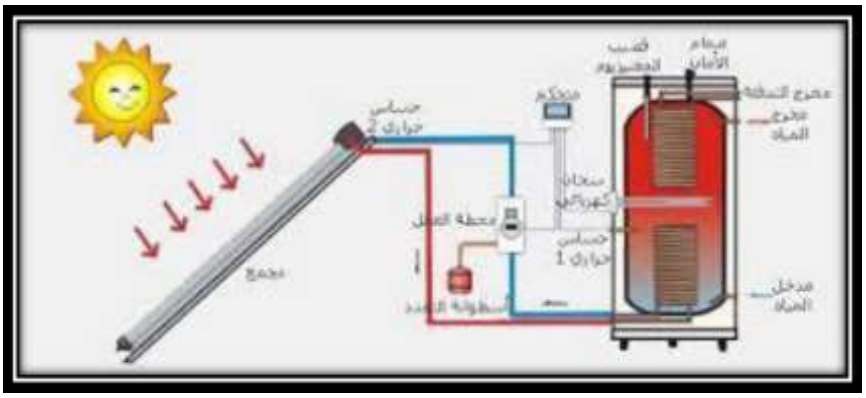
توجد العديد من إستخدامات الطاقة الشمسية منها:

- ✓ **توليد الكهرباء:**
- ✓ أصبحت الكهرباء الشمسية متاحة كثيرا في هذا العصر، إذ إنخفضت تكاليف الألواح الشمسية وزاد إدراك الناس للفوائد المالية والبيئية للطاقة الشمسية، إذ ترتبط الألواح الشمسية المبطنة بالسيليكون متعدد الكريستالات وتتفاعل مع أشعة الشمس عن طريق توليد شحنة كهربائية صغيرة، وعندما يحول ضوء الشمس إلى كهرباء يرسل التيار المستمر إلى العاكس والذي يحول التيار المستمر إلى تيار متردد، فتغذي طاقة التيار المتردد لوحة الخدمة الكهربائية الرئيسية، وتستخدم لتشغيل جميع الأجهزة في المنزل [3].



الشكل (I.1): توليد الكهرباء بواسطة الطاقة الشمسية[3]

✓ **تسخين المياه:** بواسطة السخانات الشمسية وهو أحد أهم وأقدم إستخدمات الطاقة الشمسية الحرارية والتي دخل عليها العديد من التطورات في العقد الأخير وهذه السخانات لها العديد من الأنواع والأشكال والتطبيقات [4].



الشكل(I.2): استخدام الطاقة الشمسية لتسخين المياه[5]

✓ **الطبخ:** قد يجهل الكثير من الناس وجود أفران تعمل بالطاقة الشمسية والتي تسمى بالأفران الشمسية، فهي من المجالات غير الشائعة بكثرة على الرغم من أهميتها، فقد بنيت هذه الأفران خصيصا لإستخدامها في رحلات التخييم كبديل رائع عن النار ، فهي إقتصادية وصديقة للبيئة، والفرن عبارة عن صندوق مع غطاء من الزجاج ، توضع فيها أطباق الطعام لتطهى بداخلها، وهي تعد تقنية غير مكلفة ناهيك عن أنها سهلة الإستخدام، ودرجة الحرارة فيها قد تصل إلى ما يقارب 180 درجة مئوية [3].

الشكل (I.3): آلة طبخ تعمل بالطاقة الشمسية[5]

- ✓ **التدفئة أو التبريد:** وتستخدم لتدفئة المنازل في الأماكن الباردة وأيضا يوجد أنظمة للتبريد في الأماكن الساخنة ويوجد أنظمة عديدة لهذا الإستخدام [4].

الشكل (I.4): إستغلال الطاقة الشمسية في تدفئة المنازل[5]

- ✓ **الإنارة:** والتي تعد من إستخدامات الطاقة الشمسية الآخذة بالإنتشار، إذ تستخدم الأضواء التي تعمل بالطاقة الشمسية في الإضاءة المنزلية وفي المتاجر، إذ يعد هذا النوع من الإنارة خيارا مثاليا للمهتمين في مجال التقنيات الصديقة للبيئة، كما وتعد مناسبة للإستخدام الداخلي والخارجي على حد سواء، ويتوفر منها العديد من الأحجام والأشكال المختلفة التي تجعلها مناسبة لأي إستخدام منزلي كان [6].
- ✓ **الشحن:** يمكن شحن الأجهزة الإلكترونية على إختلافها وتنوعها بواسطة تلك الشواحن المعتمدة على الطاقة الشمسية، إذ تعتمد تلك الشواحن على تقنية حبس الطاقة الشمسية بداخلها، ويمكن تفريغ تلك الطاقة المحبوسة في أي جهاز كان، فيمكن إستخدامها لشحن الهواتف المحمولة ، فتلك الشواحن تأتي مع وصلات مختلفة لكي تلائم كافة أنواع الأجهزة مهما إختلفت، ومن الأمثلة على الأجهزة التي تعمل بالطاقة الشمسية الهاتف الخلوي، سماعات الموسيقى، مجففات الطاقة الشمسية، البطاريات القابلة لإعادة الشحن [6].
- ✓ **تجفيف المحاصيل:** التجفيف هو عملية تخليص مواد مختلفة من كل السوائل الموجودة فيها بما في ذلك الماء، حيث كان الناس قديما يلجؤون إلى تجفيف الأغذية والخضراوات والفواكه المعرضة للتلف، أو التي ينتهي موسم ظهورها بعد فترة قصيرة، فهو بشكل عام من أقدم استخدامات الطاقة الشمسية، وخاصة تجفيف المحاصيل فهو مسألة قديمة لتخليص المحاصيل من قسم السوائل الموجودة فيها وذلك لمنعها من التلف وجعلها صالحة للتخزين لفترات طويلة [5].

الشكل (I.5): استعمال الطاقة الشمسية في تجفيف المحاصيل الزراعية[5]

I-2-3 فوائد إستخدام الطاقة الشمسية:

للطاقة الشمسية فوائد عديدة منها:

- تعد من أهم المصادر الطبيعية المستدامة،حيث يمكن إستغلالها كأحد البدائل الطبيعية لتوليد الطاقة الكهربائية وبالتالي يمكن الإستغناء بشكل كامل عن شركات الكهرباء، والتوقف عن دفع الفواتير الكهربائية المرهقة لميزانيات البشر والمنظمات.
- تستخدم كوقود للسيارات، حيث إبتكر الإنسان السيارات التي تعمل وتسير بالشمس، بدلا من إستهلاك المشتقات النفطية، حيث يزيد ذلك تكلفة التنقل بين المناطق، مما يؤدي إلى تخفيف التلوث البيئي والدخان الناتج عن هذه المحروقات.
- تعد أنظمة التبريد والتسخين من أهم الطرق التي يمكن من خلالها إستغلال هذه الطاقة، حيث توفر الماء الساخن طيلة الوقت، وذلك عن طريق وضع الألواح أو الأحواض الشمسية فوق أسطح المباني والمنازل في الأيام المشمسة.
- تعد متوفرة بنسبة عالية ولفترات طويلة.
- تمنع حدوث التلوث الناتج عن إستخدام المولدات الصناعية للطاقة.
- تقي من التلوث الضوضائي، حيث لا ينتج عنها أي أصوات مزعجة، كما لا تسبب أضرارا بيئية أخرى.
- لا تحتاج إلى جهود متواصلة في أعمال الصيانة والتركيب، حيث أن أنظمتها متينة غير قابلة للتلف السريع.
- تستخدم لتعقيم المياه وجعله صالحا للشرب والإستهلاك البشري والزراعي [7].

I –2–4 الجوانب الإيجابية والسلبية لإستخدام الطاقة الشمسية:

إن الطاقة الشمسية كغيرها من مصادر الطاقة لها جوانب إيجابية وسلبية.

I–2–4–1 الجوانب الإيجابية:

- ✓ الطاقة الشمسية طاقة هائلة من حيث مخزونها وكميتها، من حيث مخزونها: إن الشمس منبع لا ينتهي من الطاقة ومن حيث كميتها: إن ما يصل إلى الأرض من الأشعة الشمسية يعادل عدة أضعاف إحتياج البشرية من الطاقة.

  الطاقة الشمسية مجانية، لذلك يعتمد إستخدامها على الكلفة التأسيسية فقط.
- ✓ تتوزع الطاقة الشمسية على سطح الكرة الأرضية، وتصل إلى الجميع فلا حاجة لنقلها وتوزيعها.
- ✓ على الرغم من الفرق في توزع الطاقة الشمسية بين خط الإستواء والقطبين إلا أن توزعها حسب خطوط العرض منتظم تقريبا ، ويعتمد على المنطقة الجغرافية مما يسهل عملية دراستها وإستخدامها وتبادل المعلومات والدراسات حولها.
- ✓ تعد الطاقة الشمسية عملية من ناحية إستخدامها، فهي قابلة للتحول إلى أنواع أخرى من الطاقة كالطاقة الحرارية والميكانيكية والكهربائية.
- ✓ تعد هذه الطاقة لامثيل لها في بعض الإستخدامات الخاصة فيما يتعلق بحياة الإنسان والنبات مثل (المشاريع الضخمة التي تعتمد على تبخير كميات هائلة من المياه وعمليات التركيب الضوئي وغيرها).
- ✓ تعد هذه الطاقة مصدرا نظيفا للطاقة من حيث تأثيرها على البيئة وغير خطرة الإستعمال [8].

I–2–4–2 الجوانب السلبية:

- ✓ عدم إستمرارية الطاقة الشمسية خلال اليوم، حيث تتوفر فقط لساعات معينة في اليوم مما يسبب مشاكل عملية في إستخدامها.
- ✓ جهل المستهلك بأهمية هذه الطاقة، مما يتطلب وضع خطة تفهيم وتوجيه بما يتناسب مع التحولات الإجتماعية التي ترافق إستخدام هذه الطاقة.
- ✓ إن نظام الطاقة الذي عاشه الإنسان خلال التطور الصناعي نتج عنه نظام حياتي معين، ونظام الطاقة الشمسية الجديد قد يتطلب تغيرا نوعيا في بعض أسس هذا النظام.
- ✓ تحتاج لمساحات كبيرة لإنتاج قدر محدد من الكهرباء.

- ✓ تحتاج إلى أماكن خالية من الظل أو من أي أجسام قد تحجب أشعة الشمس.
- ✓ نقص المعلومات التقنية والفنية كونها حديثة.
- ✓ الكلفة الأولية مزالت مرتفعة مقارنة مع غيرها من مصادر الطاقة [8].

I–3 الإشعاع الشمسي:

يستقبل كل موضع من سطح الأرض الإشعاع الشمسي من شروق الشمس إلى غاية غروبها بزاوية ورود تتأثر بمختلف الزوايا الشمسية الناتجة عن حركة الشمس والأرض، كما تتغير شدة الإشعاع الشمسي المباشر مكانا حسب الموضع من سطح الأرض، وزمانا على مدار اليوم (من الشروق إلى الغروب) وعلى مدار السنة، ولتقدير شدة الإشعاع الشمسي التي تصل سطح الأرض فإننا بحاجة في هذا المبحث إلى التعرف على مختلف الزوايا الشمسية، وكذا عبارات تقدير شدة الإشعاع الشمسي للإستفادة منها خلال التحويل الحراري أو الكهروضوئي لمختلف تطبيقات الطاقة الشمسية.

I–3–1 مفهوم الإشعاع الشمسي:

الإشعاعي الشمسي هو مقدار الأشعة الشمسية الساقطة على مساحة معينة والقادرة على توليد قدرة كهربائية، حيث لايصيب الأرض إلا حوالي جزء من ألفي مليون جزء من أشعة الشمس التي تقدر بنحو 130 ميجاوات لكل متر مربع من سطح الشمس وهذا القدر الضئيل هو المسؤول عن كل الطاقة الحرارية لسطح الأرض وغلافها الجوي [9].

I–3–2 الثابت الشمسي:

هو شدة تدفق الإشعاع الشمسي التي تتلقاها وحدة مساحة خارج الغلاف الجوي للأرض، بحيث تكون عمودية على أشعة الشمس والمسافة بين الأرض والشمس عند قيمتها المتوسطة خلال السنة وتعطى قيمة الثابت الشمسي المقاسة من طرف Gueymard في 2004 $I_0 = 1366{,}1 w/m^2$ [10].

وخلال أيام السنة تعطى عائقة التصحيح للثابت الشمسي [10].

$$I = I_0[1 + 0.034\cos[(N_j - 2)(360/365)] \qquad (1.1)$$

حيث Nj يمثل رقم اليوم من السنة الشمسية (Nj = 1,2,……,365)

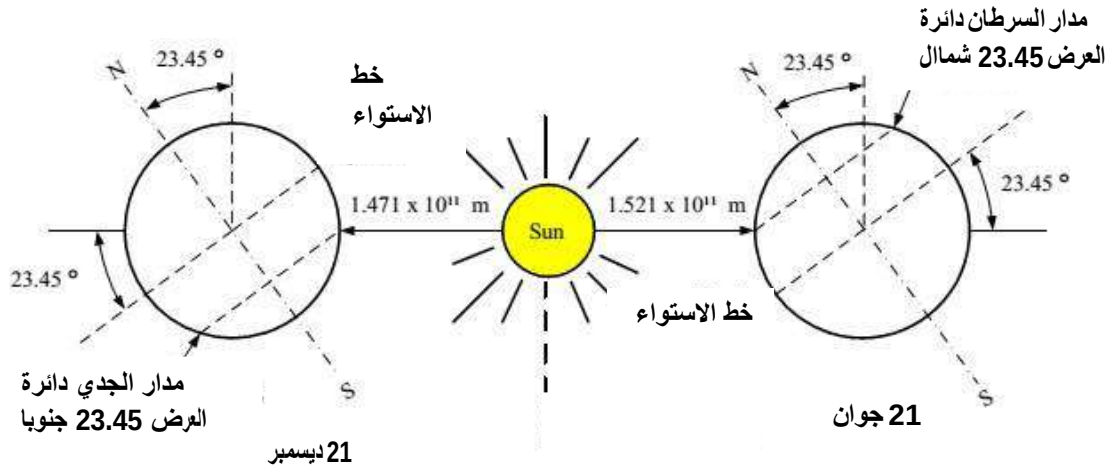
I–3–3 الزوايا الشمسية:

عند تركيب الخلايا الضوئية في منطقة ما لابد أولا من حساب الإشعاع الشمسي في هذه المنطقة لمعرفة الطريقة المثلى لتثبيتها حيث تتأثر شدة الإشعاع في نقطة ما من سطح الأرض بالحركة النسبية للأرض حول الشمس والتي تحدد من خلال مايسمى بالزوايا الشمسية والتي سنتعرف عليها فيما يلي [11]:

I–3–3–1 زاوية الميل الشمسي δ :

تدور الأرض حول الشمس في مسار إهليليجي حيث تكمل دورة كاملة خلال 365.25 يوم، بحيث تصل المسافة أرض – شمس أقل قيمة في 21 ديسمبر والتي تبلغ $(1.47 \times 10^{11} m)$، كما تبلغ المسافة قيمتها العظمى $(1.52 \times 10^{11} m)$ في 21 جوان.

يصنع محور دوران الأرض حول نفسها مع الناظم على المستوى الإهليليجي (مستوى دوران الأرض حول الشمس) زاوية ميل δ تتغير قيمتها بين 23.45° و -23.45° على مدار السنة. الشكل(I.6):



الشكل(I.6): حركة الأرض بالنسبة للشمس[12]

وتعطى عبارة زاوية الميل الشمسي في كل يوم من السنة بالعلاقة:

$$\delta = 23.45^{\circ} \sin \frac{360}{365}(284 + N_J) \qquad (1.2)$$

حيث نأخذ القيمة العظمى

(+23.45) في 21 جوان إنقلاب صيفي

(–23.45) في 21 ديمسمبر إنقلاب شتوي

بينما تكون معدومة ($\delta = 0$) في الإعتدالين الخريفي في 21 سبتمبر والربيعي في 21 مارس.

يمكن تتبع حركة الشمس من الشروق للغروب في نقطة ما من سطح الأرض من خلال زاويتي الإرتفاع h والسمت a.

I–3–3–2 زاوية الإرتفاع h:

هي الزاوية التي يصنعها الشعاع الشمسي الوارد إلى النقطة من سطح الأرض مع المستوى الأفقي المار بالنقطة حيث تكون h=0 عند الشروق والغروب وتعطى بالعلاقة:

$$\sin h = \sin \varphi * \sin \delta + \cos \varphi * \cos \delta * \cos w \qquad (1.3)$$

حيث φ زاوية خط العرض للمنطقة وw زاوية الساعة الشمسية

I–3–3–3 زاوية الذروة θ_z:

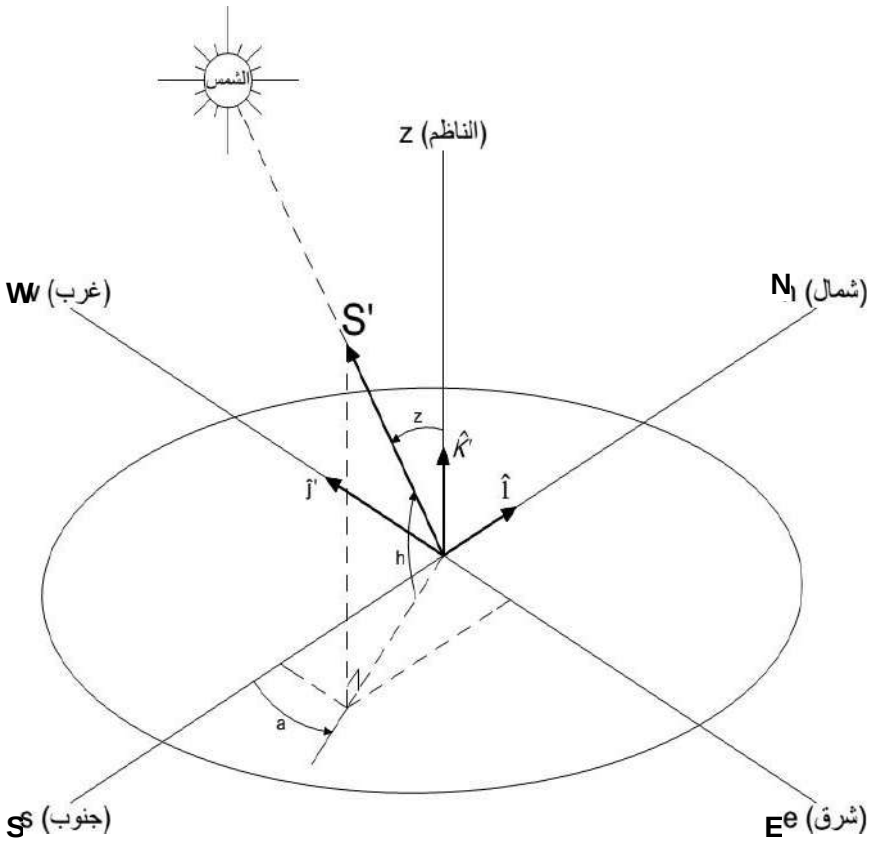
هي الزاوية بين الشعاع الشمسي الوارد للنقطة من سطح الأرض والناظم على المستوى الأفقي في تلك النقطة حيث:

$$\theta_z + h = 90^\circ \qquad (1.4)$$

I–3–3–4 زاوية السمت الرأسي a:

هي الزاوية التي يصنعها مسقط الشعاع الوارد للنقطة من سطح الأرض على المستوى الأفقي مع المحور المتجه للجنوب عند هذه النقطة، وتكون هذه الزاوية موجبة إذا كانت نحو الغرب وتكون سالبة إذا كانت نحو الشرق كما يبين الشكل(I.7)، وتعطي بالعلاقة:

$$\cos \alpha = \frac{\sin h * \sin \varphi - \sin \delta}{\cos h * \cos \varphi} \qquad (1.5)$$



الشكل(I.7): **زاوية الارتفاع الشمسي والذروة والسمت الرأسي(معلم سطح أرضي)** [12]

I-3-3-5 زاوية الساعة الشمسية w:

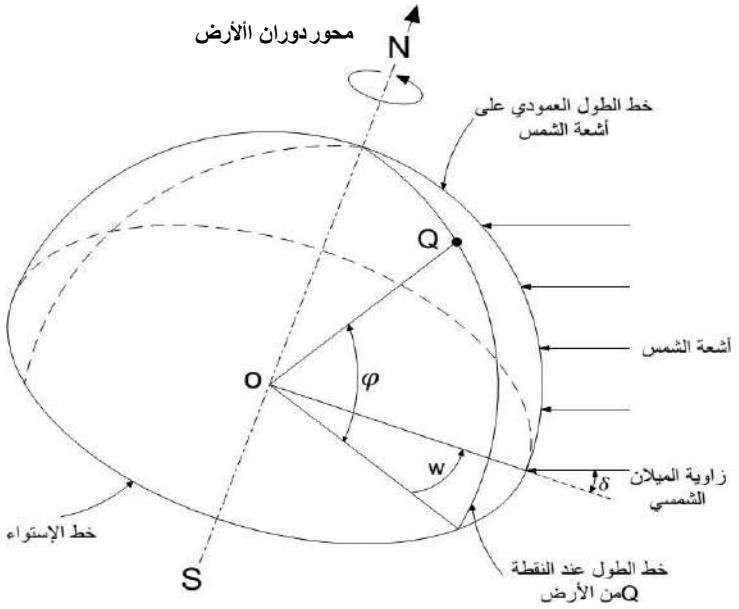
نتيجة دوران الأرض حول نفسها فإن الشعاع الشمسي يمسح دورة كاملة حول الأرض 360° خلال 24h وفق دائرة العرض، أي 15° لكل ساعة ، مع إعتبار الزوال هو المبدأ (w=0)، وتعطى عبارة زاوية الساعة الشمسية بالعلاقة:

$$w = 15(TVs - 12) \qquad (1.6)$$

حيث TVs هي التوقيت الشمسي الحقيقي.

I –3–3–6 زاوية دائرة العرض φ:

هي الزاوية المحصورة بين المتجه المار بنقطة على سطح الأرض ومركز الأرض ومسقطه على خط الإستواء، ويتراوح مجال قيمتها $\varphi \in [-90°, +90°]$، حيث $\varphi > 0$: شمال خط الإستواء و $\varphi < 0$: جنوب خط الإستواء [11].



الشكل(I.8): زاوية الساعة الشمسية ودائرة العرض للمنطقة[12]

I–3–4 الإشعاع الشمسي على سطح الأرض: للإشعاع الشمسي ثلاثة أنواع رئيسية يتم التعامل معها بشكل يومي هي الإشعاع الشمسي المباشر والمنعكس والكلي سنتحدث عنها بإختصار[10. 11]:

I–3–4–1 الإشعاع الشمسي المباشر:

ويمثل الأشعة المباشرة من الشمس إلى سطح الأرض ويسميه البعض الإشعاع العمودي المباشر Direct Normal Irradiance أو بإختصار DNI.

تجدر الإشارة إلى أن هذا النوع من الأشعة يتأثر بشكل مباشر بواسطة أي حاجب يقع بين موقعنا على الأرض وبين الشمس، مثلا إذا كان يوجد بيننا وبين الشمس غيوم فإن الإشعاع الشمسي المباشر في هذه الحالة سوف يكون مقداره صفر على الأرجح.

I-3-4-2 الإشعاع الشمسي المنعكس:

وهذا النوع من الأشعة مصدره أيضا الشمس ولكنه يختلف عن سابقه بأن وصوله إلى الأرض ليس مباشرة من الشمس ولكن يكون إنعكس من مصادر أخرى.

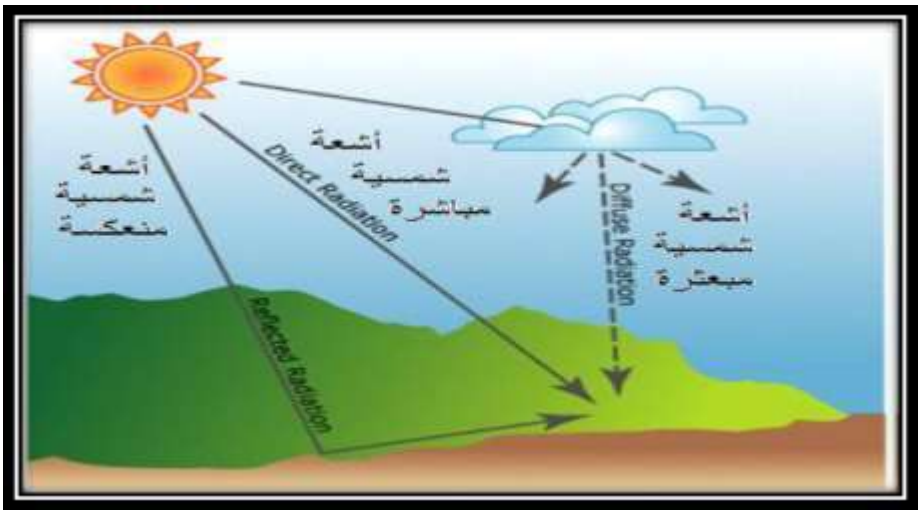
حيث يمكن أن تصل أشعة الشمس إلى بعض المباني أو المواقع الأخرى على الأرض، ثم تنعكس على الغيوم أو أي جسم آخر قبل أن تصل إلى موقعنا على الأرض. ويسميه البعض أيضا الأشعة الشمسية السطحية المنتشرة Diffuse Horizontal Irradiance أو بإختصارDHI.

I-3-4-3 الإشعاع الشمسي الكلي:

أما الإشعاع الشمسي الكلي فيسمى Global Horizontal Irradiance أو بإختصار GHI، ويقصد به إجمالي الإشعاع الشمسي الذي وصل إلى نقطة معينة، وهذا يشمل جزءا من الإشعاع الشمسي المباشر DNI بالإضافة إلى الإشعاع الشمسي المنعكس DHI، ويمكن قياسه بأجهزة الرصد أو حسابه وفق المعادلة التالية:

$$GHI = DNI \times Cos(\theta) + DHI \qquad (1.8)$$

حيث تمثل الزاوية θ بين العمودي على نقطة وصول الإشعاع الشمسي وموقع الشمس في هذه اللحظة.



الشكل(I.9): مكونات الإشعاع الشمسي الكلي الواصل الى سطح الأرض[5]

I–4 النظام الكهروضوئي:

يعد النظام الكهروضوئي أو نظام الطاقة الشمسية نظاما للطاقة مصمما لتوفير الطاقة الشمسية القابلة للإستخدام من خلال وحدات الطاقة الشمسية. تتكون من مجموعة من المكونات، بما في ذلك الألواح الشمسية لإستيعاب وتحويل أشعة الشمس إلى كهرباء، وعاكس للطاقة الشمسية لتغيير التيار الكهربائي من DC إلى AC، وكذلك التركيب، والكابلات، والملحقات الكهربائية الأخرى لإنشاء نظام عمل.

I–4–1 الخلايا الكهروضوئية:

هي وسيلة لتوليد الطاقة الكهربائية عن طريق تحويل الإشعاع الشمسي إلى كهرباء مباشرة بإستخدام أشباه الموصلات.

الخلايا الكهروضوئية تستخدم الألواح الشمسية والتي تتكون من عدد من الخلايا الشمسية والتي تحتوي على مواد ضوئية.

المواد الضوئية المستخدمة لتكوين الخلايا الضوئية تشمل السيليكون أحادي البلورة، السيليكون متعدد البلورة، السيليكون غير المتبلور، تلوريد الكادميوم، الانديوم سيلينيد الغاليوم –كبريتيد 1 ونظرا للطلب المتزايد على مصادر الطاقة المتجددة فإن تصنيع الخلايا الشمسية والخلايا الكهروضوئية قد تطور كثيرا في السنوات الأخيرة.

الخلايا الكهروضوئية تشهد نموا سريعا، من قاعدة صغيرة إلى قدرة عالمية سعتها 46400 ميغا واط نهاية عام 2011 و هومايمثل 0.5%من الطلب العالمي على الكهرباء، أكثر من 100 بلد تستخدم الطاقة الشمسية الكهروضوئية، وتركيب الخلايا إما أن يكون أرضي (يتم دمجها في بعض الأحيان مع الزراعة أو الرعي) أو تبنى في سقف أو جدران المبنى (بناء متكامل مع الخلايا الكهروضوئية).

إنخفضت تكلفة الطاقة الشمسية بشكل ملفت منذ أن تم تصنيعها لأول مرة. ومستوى تكلفة الكهرباء للخلايا الكهروضوية قادرة على المنافسة مع مصادر الكهرباء التقليدية على مستوى التوسع في المناطق الجغرافية. وهناك سياسة من شركة الكهرباء بحيث يتم إرسال فاتورة خاصة للمستهلكين الذين يستخدمون مصادر الطاقة المتجددة في بعض مناطق العالم [13].

I–4–2 مكونات الخلية الكهروضوئية وآلية عملها :

I–4–2–1 مكونات الخلية الكهروضوئية :

تتكون الخلية الكهروشمسية من طبقة رقيقة من مادة السيليكون، هذه المادة هي إحدى مواد أشباه النواقل المعروفة، تمتلك ذرة السيليكون أربع إلكترونات تكافؤية وتشترك مع ذرات السيليكون المجاورة في رابطة تساهمية (تشاركية).

لتوليد الشحنة الموجبة في الخلية الكهروشمسية تدخل ذرات البورون التي تملك ثلاث إلكترونات تكافؤية في تركيب السيليكون الصافي، ترتبط هذه الذرات مع ذرات السيليكون ويتشكل ثقب إيجابي الشحنة بدلا من من الإلكترون الرابع المفقود، تسمى مادة السيليكون مع شوائب البورون ناقلا إيجابيا أو من النوع (p).

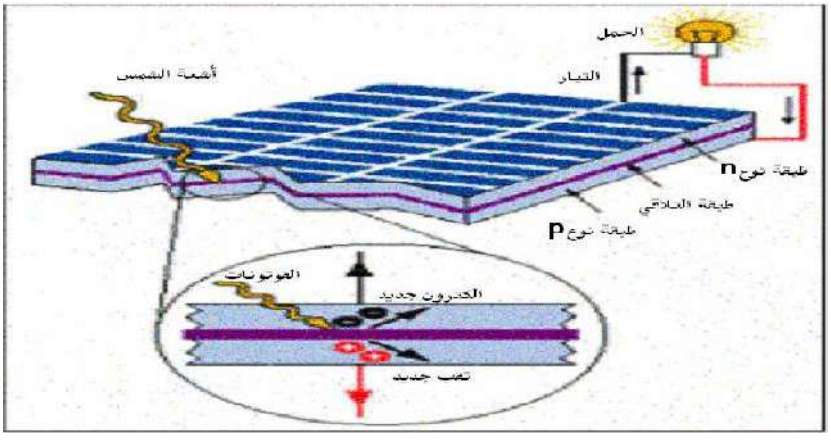
لتوليد الشحنة السالبة في الخلية الكهروشمسية تدخل ذرات الفوسفور التي تمتلك خمس إلكترونات تكافؤية في تركيب السيليكون الصافي، ترتبط هذه الذرات مع ذرات السيليكون ويتشكل إلكترون سلبي الشحنة، تسمى مادة السيليكون مع شوائب الفوسفور ناقلا سلبيا أو من النوع (n).

تصنع الخلايا الكهروشمسية بوضع طبقة من النوع (n) وطبقة من النوع (p) معا، بهذا نكون قد حصلنا على المأخذ الموجب والمأخذ السالب للخلية الكهروشمسية [14].

I-4-2-2 طريقة عمل الخلية الكهروضوئيية :

نلاحظ أنه عند سقوط ضوء الشمس على الخلية يمر هذا الضوء من خلال سطح الخلية ويمتص جزء منه بواسطة الطبقة الأولى للخلية وهي الطبقة التي تحتوي على الفوسفور، أما أغلبية الضوء الساقط على هذه الخلية فيقوم بإمتصاصه الجزء الخاص بذلك أي الطبقة التي تحتوي على خليط السيليكون بالبورون.

يتكون من خلال هذه العملية إلكترونات حرة الحركة يمكنها السريان خلال الموصل الكهربائي في أطراف الخلية، وتزداد هذه الحركة بزيادة كثافة الضوء الساقط على الخلية، وبالتالي يتشكل التيار الكهربائي المستمر، من هنا يمكننا توصيل حمل كهربائي على أطراف هذه الخلية والإستفادة من حركة الإلكترونات الناتجة من تسليط ضوء الشمس على الخلية[15].



الشكل (I.10):يوضح آلية عمل الخلية الكهروضوئية [16]

I-4-3 أنواع الخلايا الكهروشمسية:

I-4-3-1 الخلايا السيليكونية:

أ- الخلايا السيليكونية أحادية البلورة (monocrystalline silicon sclls):

معظم الخلايا السيليكونية الأحادية البلورية المتوفرة في الأسواق ذات كفاءة تقارب 15%، وتعرف الكفاءة بأنها النسبة المئوية من الطاقة الشمسية الساقطة على اللوح الكهرو شمسي التي يتم تحويلها إلى كهرباء، وبالرغم من ميزة الكفاءة العالية التي تختص بها الخلية الكهروشمسية الأحادية البلورية، فإن سعرها مرتفع جدا لكونها مصنعة من سيليكون أحادي البلورة وعالي النقاوة حيث طريقة التصنيع عالية التكاليف وتحتاج إلى عمال مهرة.

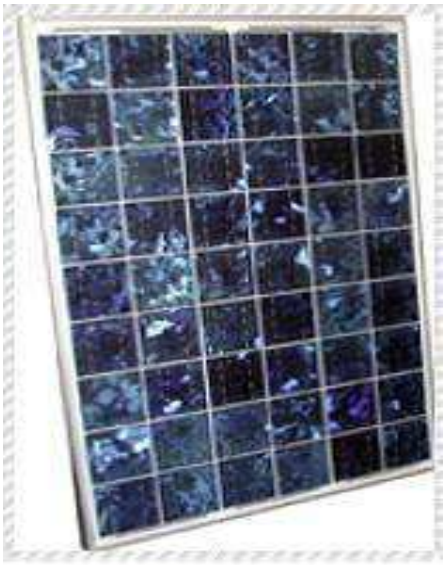
ويتم حاليا تصنيع بعض الخلايا من سيليكون أقل نقاوة، وهذه الخلايا تكون أرخص سعرا وتنتج بكلفة أرخص بإستخدام عمليات مختلفة قليلة الكلفة لكنها ذات كفاءة أقل وعمر زمني أقل [17].

الشكل(I.11): لوح كهروشمسي مصنوع من خلايا السيليكونية أحادية البلورة[16]

ب- الخلايا السيليكونية المتعددة البلورات (polycrystalline silicon sclls):

بالرغم من كون الخلايا الكهروشمسية المتعددة البلورات أرخص وأسهل تصنيعا من الخلايا الأحادية البلورة بسبب النقاوة الأقل للمادة الأولية إلا أنها أقل كفاءة، وذلك كون حاملات الشحنة (الإلكترونات والثقوب) المولدة من قبل فوتونات الإشعاع الشمسي يمكن أن تتجمع على الحدود بين الحبيبات داخل السيليكون المتعدد البلورات، وقد وجد أن كفاءة هذه الخلايا تتحسن عند عملية تصنيع المادة بطريقة تكون فيها الحبيبات كبيرة الحجم، ويتم ذلك بتبريد السيليكون المذاب ببطئ ثم توجه الخلايا من الأعلى إلى الأسفل، وذلك للسماح للإشعاع الشمسي بالتغلغل بعمق خلال الحبيبات[17].

تصل كفاءة الخلايا السيليكونية المتعددة البلورات إلى 12% أو أكثر بقليل.

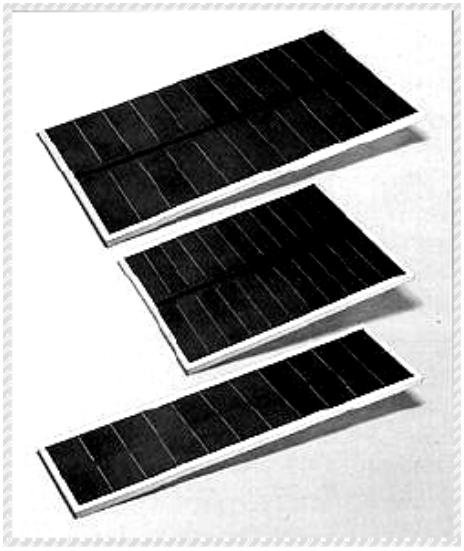


الشكل (I.12): لوح شمسي مصنوع من الخلايا السيليكونية المتعددة البلورات[16]

ج- الخلايا السيليكونية العشوائية (amorphous silicon sclls):

يمكن تصنيع الخلايا الكهروشمسية العشوائية بطريقة أرخص من طرق تصنيع الخلايا السيليكونية الأحادية والمتعددة البلورات، وهذه الخلايا تسمى بالخلايا السيليكونية العشوائية (A-Si)، حيث تكون ذرات السيليكون فيها أقل ترتيبا من النوع البلوري، ففي السيليكون العشوائي لاترتبط كل ذرة إرتباطا كاملا مع الذرات المجاورة، إنما تترك مايسمى بالربط المتدلي، وتستطيع إمتصاص إلكترونات إضافية عند إجراء عملية الطلاء.

ومن سلبيات هذه الخلايا قلة كفاءتها مقارنة بالخلايا السيليكونية البلورية الأحادية والمتعددة البلورات، وأعلى كفاءة تم الحصول عليها مخبريا لاتتجاوز (12%) [17].



الشكل (I .13): لوح شمسي مصنوع من خلايا سيليكونية عشوائية [16]

د- الخلايا السيليكونية الشريطية : يتم في هذه الطريقة إنتاج ربط من السيليكون الأحادي البلورية بإستخدام سيليكون متعدد البلورية أو سيليكون أحادي مذاب[17].

I-4-3-2 خلايا الغاليوم أرسنايد:

ليس السيليكون المادة الوحيدة الملائمة للإستخدام في تصنيع الخلايا الكهروشمسية، فهناك مواد أخرى يمكن إستخدامها كالغاليوم أرسنايد، وهي ملائمة جدا للإستخدام في تطبيقات الخلايا الشمسية لكونها ذات معامل إمتصاص عال للضوء، كما تتمتع بكفاءة جيدة، ويمكن أن تعمل تحت ظروف درجة حرارة عالية نوعا ما بدون تناقص في آدائها كالخلايا السيليكونية وبعض أشباه النواقل التي تعاني من هذه المشكلة[17].

I-4-3-2 خلايا الكوبراندیوم ديسلنايد:

هي مواد من أشباه النواقل مركبة من النحاس والأنديوم والسلينايد (ClS)، وقد أستخدمت في تصنيع خلايا وصلت كفاءتها مخبريا إلى (12%) [17].

I-4-3-3 خلايا الكادميوم تليرايد:

هي مواد من أشباه النواقل مناسبة لإستخدام الخلايا الكهروشمسية تتألف من الكادميوم والتليرايد، ومن محاسن هذه الخلايا

إمكانية تصنيعها بإستخدام عملية بسيطة ورخيصة من الطلاء الكهربائي، وقد وصلت كفاءة هذه الخلايا إلى (10%) بدون تناقص في الكفاءة عند الإستخدام، لكن من مساوئها أن الكادميوم مادة سامة جدا [17].

I-4-4 تصنيف أشباه الموصلات:

تعرف أشباه الموصلات بأنها مجموعة مواد صلبة بلورية البنية تمتلك قدرة متوسطة على نقل التيار الكهربائي، فهي ليست بكفاءة المواد الموصلة كالمعادن.

قد تكون أشباه الموصلات مكونة من مادة واحدة مثل السيليكون والجرمانيوم، أو مركبة من مادتين أوأكثر مثل سيلينيد الكاديوم ولتحسين ناقليتها للتيار الكهربائي، تضاف كمية صغيرة من الشوائب إلى أشباه الموصلات النقية بعملية تدعى التنشيط.

تنقسم أشباه الموصلات إلى نوعين أساسيين تبعا لنوع المادة وهما:

- أشباه موصلات سالبة (N-type semiconductor): هي أشباه الموصلات ذات الناقلية الأعلى كونها تحتوي كميات كبيرة من الإلكترونات الحرة أي أن الشائبة المضافة هنا هي شائبة منشطة.
- أشباه الموصلات الموجبة (P-type semiconductor): هي أشباه الموصلات ذات الناقلية الأقل لأن الشائبة المضافة من النوع المبطئ وبالتالي فإن الإكترونات الحرة الموجودة قليلة[17].

I-4-5 وصلة P-N:

وصلة الموجب والسالب ووصلة البي إن والوصلة الثنائية يتألف من رقاقتين من شبه موصل، الرقاقة الأولى تكون بنيتها غنية بالإكترونات (سالبة) والرقاقة الثانية تكون خاصية بنيتها غنية بالفحوات (موجبة) يتم تصنيعهما بعملية تسمى تشويب حيث تدخل مادة مشوبة مناسبة في بنية شبه موصل مثل السيليكون ، فينتج "النوع إن" و"النوع بي ".

عند توصيل الرقاقتين تتشكل (منطقة عزل) بين الرقاقتين ويتكون لدينا صمام ثنائي (Diode) ،حيث تكتسب الوصلة أهميتها من أنها حجر الأساس في صنع الثنائي والخلايا الشمسية.

يرجع إبتكار وصلة P-N إلى الفيزيائي الأمريكي راسل أوهل ومان يعمل في بل لابوراتوريز، وتوجد وصلة شوتكي وهي نوع خاص في وصلة P-N ولكن فيها يقوم المعدن مقام " النوع P " من شبه الموصل [18].

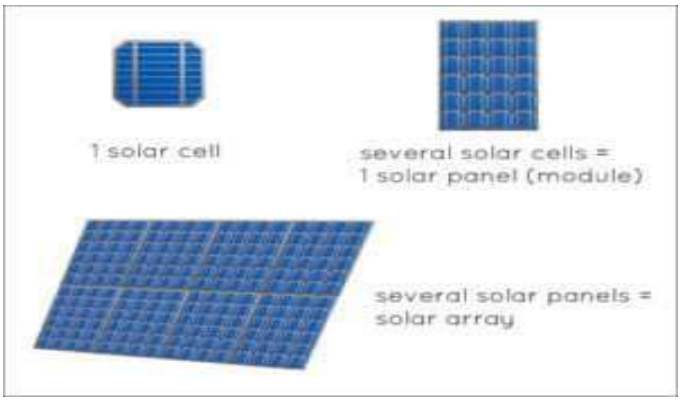
I-4-6 الخصائص الكهربائية للخلية الكهروضوئية:

للخلية الشمسية خصائص كهربائية خاصة بها، من جهد أعظمي تعطيه في حالة الدارة المفتوحة ، وتيار أعظمي في حالة

اللاحمل، وإستطاعة كهربائية خاصة تتغير مع قيمة التحميل، وهذه الخصائص تتغير مع تغيير الظروف الخارجية من درجة الحرارة وشدة الإشعاع الشمسي، وتتغير أيضا من خلية لأخرى ، لكنها تتشابه بالشكل العام.

يتألف اللوح الشمسي (Module) من عدد من الخلايا التي تكون موصولة على التسلسل والتفرع مع بعضها البعض ضمن لوحة واحدة، ويجب أن تكون محمية من الماء والرطوبة والحرارة والسقوط حيث توضع الخلايا الكهروشمسية في غلاف محكم مصنوع من الزجاج المسطح المفرد أو المضاعف، ويصل الإشعاع الشمسي إلى هذه الخلايا من خلال الزجاج ويمكن تجميع الألواح مع بعضها لتشكيل الصف (Array) الذي يكون بحجم معين.

تركب الصفوف الكهروشمسية لزيادة مساحة التعرض المباشر للشمس، وتوضع عادة في منطقة خالية من ظل الأبنية والأشجار بإتجاه الشمس وبزاوية مناسبة[17].



الشكل (I.14): خلية كهروشمسية ولوح كهروشمسي وصف كهروشمسي[17]

تكون الطاقة الكهربائية المتولدة من الخلية الكهروشمسية بشكل تيار مستمر (DC) وتعتمد شدة هذا التيار على بارامترين: الأول هو الأشعة الشمسية الساقطة، والثاني هو التيار والفولط المطلوب للحمل.

ويعتمد مردود اللوح الكهروشمسي على مردود هذه الخلايا.

وتعرف الخلية الشمسية ذات المساحة ($100cm^2$) بأنها بطارية شمسية تقوم بإنتاج فولطية مقدارها (0.5v) وتيار يتناسب مع شدة الإشعاع الشمسي يصل مقداره مابين (2.5-3A) في حالة شدة الإشعاع الشمسي القصوى.

تتحدد الخلية الكهروشمسية بفرق جهد دارتها المفتوحة وتيار دارتها المغلقة [19].

فرق جهد الدارة المفتوحة هو الفولط الذي تعطيه الخلية الكهروشمسية عندما لايمر في الدارة أي تيار، وهو الفولط الأعظمي الذي تعطيه الخلية الكهروشمسية من الإشعاع الشمسي. أما تيار الدارة المغلقة فهو التيار المار في الخلية الكهروشمسية إلى دارة خارجية بدون حمل أو مقاومة، وهوالتيار الأعظمي الذي تستطيع الخلية الكهروشمسية توليده من الإشعاع الشمسي (تيار القصر).

إن فرق الجهد المتولد من الخلية الكهروشمسية يبقى ثابتا عند كل مستويات الإشعاع الشمسي الساقط لكن التيار المتولد يتغير بشكل مباشر تبعا لقيم الإشعاع الشمسي الساقط عند كل لحظة زمنية [16.20].

I–5 خاتمة :

من خلال هذا الفصل قمنا بالتعرف على الطاقة الشمسية كما قمنا بذكر أهم إستخداماتها في جميع المجالات وأهم الفوائد من إستخدامها كما قمنا بالتعرف على الإشعاع الشمسي وكل ما يتعلق به وعلى النظام الكهروضوئي و هو النظام الذي يمكننا من تحويل الطاقة الشمسية إلى تيار كهربائي وذلك بإستعمال الألواح الشمسية الكهروضوئية، وتم التطرق إليها بالتفصيل.

الفصل الثاني:

تأثير تغير المناخ على الطاقة الشمسية

II–1 مقدمة:

التغير المناخي هو أي تغير مؤثر وطويل المدى في معدل حالة الطقس يحدث لمنطقة معينة يمكن أن يشمل معدل حالة الطقس معدل درجات الحرارة ومعدل التساقط وحالة الرياح ، هذه التغيرات يمكن أن تحدث بسبب العمليات الديناميكية للأرض كالبراكين، أو بسبب قوى خارجية كالتغير في شدة الأشعة الشمسية أو سقوط النيازك الكبيرة ، ومؤخرا بسبب نشاطات الإنسان وفي هذا الفصل سنتحدث عن أبرز وأهم المؤثرات لتغير المناخ على الطاقة الشمسية.

II–2 تأثير الإشعاع الشمسي على الطاقة الشمسية:

II–2–1 دراسة تأثير الإشعاع الشمسي على الطاقة الشمسية:

إن خرج الخلية الشمسية المصنعة من السيليكون أحادي البلورة ومتعدد البلورات يعتمد على شدة الإشعاع الشمسي الساقط والذي يقاس بالوات / م^2 ويزداد تيار الخرج للخلية الشمسية كلما زادت شدة الإشعاع الشمسي.

أما جهد الدارة المفتوحة للخلية الشمسية فإنه يرتفع إلى قرب أعلى قيمة له مع بداية ظهور الشمس أي عندما تكون شدة الإشعاع الشمسي أقل من 100 وات / م^2 حيث يرتفع جهد الخرج للدائرة المفتوحة من 0.0 فولت إلى 5.0 فولت.

وتزيد هذه القيمة لوغاريتميا إلى قيمة تقارب 6.0 فولت عندما تكون شدة الإشعاع الشمسي بين (100–1000) وات /م^2.

أما تيار دارة القصر فإنه يرتفع خطيا مع شدة الإشعاع الشمسي وتعتمد قيمته على مساحة الخلية الشمسية، وتؤثر شدة الإشعاع الشمسي بشكل غير مباشر على جهد وتيار الخلية الشمسية كون إرتفاع قيمة شدة الإشعاع الشمسي يؤدي إلى إرتفاع حرارة الخلية الشمسية [21].

II–2–2 دراسات سابقة:

دراسة (وائل حسين) تأثير الإشعاع الشمسي على قدرة الخلايا الشمسية السيليكونية في ولاية الخرطوم.

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير الإشعاع الشمسي على قدرة الخلية الشمسية.

الخلية الشمسية من نوع (npn) سيليكون، أجريت التجربة بإستخدام الخلية وعرضها للإشعاع الشمسي بزوايا مختلفة وشدة إشعاعية مختلفة وعند ساعات مختلفة بمعدل ثلاث أيام في الأسبوع من شهر فيفري إلى شهر جويلية 2017وتوصلت هذه الدراسة إلى النتائج التالية:

1- أن تغير شدة الإشعاع الشمسي الساقطة على الخلية الشمسية تغير من قيم معاملات الخلية الشمسية وأن التيار يتناسب طرديا مع شدة الإشعاع.

2- زاوية ميل الخلية الشمسية تعتمد على موقع الخلية الشمسية ونوع الطقس للحصول على أقصى كمية إشعاع ساقط على الخلية الشمسية.

3- قدرة الخلية الشمسية تزيد بزيادة كمية الإشعاع الساقط[22].

II–3 تأثير درجة الحرارة على الطاقة الشمسية:

II–3–1 دراسة تأثير درجة الحرارة على الطاقة الشمسية:

نعلم أن زيادة الحرارة تعني المزيد من الطاقة ولكن هل يمكننا أن نعتبر هذا الكلام دقيقا في حالة الخلايا الكهروضوئية ؟

على عكس الإعتقاد السائد، فإن زيادة حرارة الخلية الشمسية تؤدي إلى إنخفاض كمية الطاقة المنتجة من قبل الخلية ولكن لماذا يحصل ذلك ؟ وكيف يتم التقليل من تأثير الحرارة على الخلايا ؟

يتطلب عمل الألواح الكهروضوئية التعرض للإشعاع الشمسي، وإن التعرض لفترة طويلة لهذا الإشعاع يسبب إرتفاع درجة حرارة الخلية وهذا الإرتفاع يسبب إنخفاضا في قيمة الطاقة المنتجة من اللوح، نتيجة إنخفاض جهد الخلية الناتج.

ولتوضيح سبب هذا الإنخفاض يجب أولا أن نتعرف على بعض المبادئ التي تتعلق بأنصاف النواقل.

II–3–1–1 أنصاف النواقل:

يمكن تقسيم أنصاف النواقل إلى الأنواع التالية:

أ – نصف ناقل ذاتي:

يعرف نصف الناقل الذاتي أنه العنصر الذي يقوم بتحرير إلكترونات وثقوب نتيجة لتعرضه للحرارة فقط وتكون نسبة الثقوب والإلكترونات فيه ثابتة وهذا ما يعرف بالتركيز الذاتي لحاملات الشحنة مثل السيليكون والجرمانيوم، وبشكل عام يزداد التركيز الذاتي لحاملات الشحنة بإزدياد درجة الحرارة.

ب – نصف ناقل مشاب:

تتم إشابة نصف الناقل الذاتي لزيادة حاملات الشحنة حيث إما تتم الإشابة لزيادة عدد الإلكترونات وبالتالي نحصل على نصف ناقل نوع n وتكون فيه حاملات الشحنة الأكثرية هي الإلكترونات أو تتم الإشابة لزيادة عدد الثقوب وبالتالي يكون لدينا

نصف ناقل نوع p وفيه حاملات الشحنة الأكثرية هي الثقوب.

نعرف أيضا تيار الإشباع العكسي لنصف الناقل (وصلة (p-n))

التيار الذي يجري ضمن نصف الناقل ويمثل عملية عودة حاملات الشحنة الأقلية إلى منطقة الإنخفاض من وصلة p-n وإن قيمة هذا التيار تتناسب طردا مع مربع التركيز الذاتي لحاملات الشحنة.

عند تعرض الخلية الكهروضوئية للإشعاع الشمسي تتحرر الإلكترونات والثقوب (مبدأ عمل الخلية الكهروضوئية) وبالتالي ينتج جهد كهربائي (جهد الدارة المفتوحة) وإن قيمة هذا الجهد تتناسب عكسا مع تيار الإشباع العكسي.

بمطابقة الأفكار السابقة نجد أن:

إن إرتفاع درجة الحرارة للألواح الشمسية يؤدي إلى إزدياد التركيز الذاتي وبالتالي تزداد قيمة تيار الإشباع العكسي وبالتي تنخفض قيمة جهد الدارة المفتوحة للوح الشمسي ومعه الطاقة التي ينتجها اللوح.

الشكل (1.II): مخطط يوضح الإنخفاض السريع للجهد بالمقارنة مع الإزدياد في تيار الإشباع العكسي عند إرتفاع درجة الحرارة

II -3-1-2 معامل الحرارة للألواح الكهروضوئية:

هو معدل إنخفاض الطاقة التي ينتجها اللوح عند إرتفاع درجة حرارته درجة مئوية واحدة.

تتراوح قيمة معامل الحرارة للألواح في الغالب بين (-0.2 % حتى -0.5%) وتذكر قيمته في اللوحة الإسمية للوح ويوضع قبل النسبة إشارة سالبة للتأكيد أن هذه القيمة تشير إلى إنخفاض الطاقة وكلما كانت قيمة المعامل اقرب إلى الصفر كان أداء اللوح أفضل مع إرتفاع درجة الحرارة.

تتم تحديد قيمة هذا المعامل في شروط الإختبار المعيارية للألواح (STC) حيث تكون درجة حرارة المحيط ودرجة حرارة اللوح هي 25 درجة مئوية.

بالنظر إلى الصورة التالية نجد جهد الدارة المفتوحة لهذا اللوح هو 22.3 فولط وأن معامل الحرارة يساوي (-0.34 %درجة مئوية) وتم قياس هذه القيم في شروط الإختبار المعياري عند درجة حرارة 25 درجة مئوية، فإذا وصلت درجة حرارة اللوح إلى 45 درجة مئوية في يوم حار فإن قيمة الجهد الناتج ستنخفض بمقدار[22]:

$$(45 - 25) \times 0.34\% = 6.8\%$$

Electrical Characteristics	
Product code	SGM-100W
Maximum power(Pmax)	100W
Voltage at Pmax(Vmp)	17.8
Current at Pmax(Imp)	5.62
Open-circuit voltage(Voc)	22.3
Short -circuit current(Isc)	6.07
Power temperature coefficient	-0.48%/℃
Voltage temperature coefficient	-0.34%/℃
Cirrent temperature coefficient	+0.015%/℃
Cells Efficiency(%)	18.43%
The maximum system voltage	1000VDC(IEC)
Output power tolerance	±3%

*Measured at STC Conditions:Irradiance:1,000W/㎡ - AM1.5 Spectrum - Temperature:25℃
Electrical parameters may vary by ±5%

الشكل (II .2): إشارة معامل الحرارة بالنسبة للجهد والطاقة وللتيار الكهربائي[22]

II-3-2 الدراسات السابقة حول تأثير درجة الحرارة على الطاقة الشمسية:

قام أحد منسوبي مركز تقنيات الطاقة المستدامة لجامعة الملك سعود بدراسة تأثير درجة الحرارة على كفاءة الألواح الشمسية الفوتوضوئية وعمل دراسة نظرية وتجريبية للحد من هذا الأثر عن طريق إستعمال مبدأ التبريد التبخيري بعد دراسة أدبية شاملة للطرق المستخدمة في تبريد الألواح الشمسية، بعد ذلك تم إنشاء نموذج رياضي لوصف عملية إنتقال الحرارة والكتلة المصاحب

لعملية التبخر، لقد تم عمل تجريبتين مختلفتين: التبريد المباشر وغير المباشر، في التبريد المباشر يوجد تلامس مباشر بين وسط التبخير وبين اللوح الشمسي وغير المباشر يحتوي صندوق يلصق تحت اللوح الشمسي حيث يمر الهواء فوق سطح مبلول بالماء. نتائج الدراسة أظهرت أنه بالإمكان خفض درجة حرارة اللوح الشمسي 10درجات ورفع الكفاءة الكهربائية 5 % في التبريد غير المباشر وخفض درجة الحرارة أكثر من 20 درجة ورفع الكفاءة نحو 10 % في التبريد المباشر[24].

II–4 تأثير سرعة الرياح على الطاقة الشمسية:

II–4–1 دراسة تأثير سرعة الرياح على الطاقة الشمسية:

إن سرعة الرياح لاتؤثر بشكل مباشر على خرج الخلية الشمسية ولكن تؤثر على حرارة السطح للخلية الشمسية وبالتالي الحرارة الداخلية للخلية الشمسية، ومن المعلوم أن حركة الرياح تؤثر على تيارات الحمل وبالتالي تعمل على رفع معامل إنتقال الحرارة بالحمل والذي بدوره يساعد في إنتقال الحرارة من سطح الخلية إلى المحيط الخارجي وهذا يخفض من الحرارة الداخلية للخلية وبالتالي يحسن من كفاءتها.

كما يجدر لنا بالذكر أن تلوث الهواء قد يكون أكبر تهديد للطاقة الشمسية، وأن تأثير هذه المواد العالقة يكون أكبر من تأثير حجب السحب لضوء الشمس في المناطق الغائمة ، ويتمثل أكثر هذه الملوثات خطورة في الغبار، ومركبات الكبريتات، والنترات .....الخ إذ تمتص هذه الملوثات الإشعاع الشمسي مما يقلل من كمية الإشعاع الشمسي التي تصل إلى سطح الألواح الشمسية مما يقلل من كفاءة هذه الأخيرة[20].

II –4–2 دراسات سابقة :

يهتم مركز تقنيات الطاقة المستدامة في البحث في ظاهرة التلوث بالغبار وأثره على النظم الفوتوضوئية في المملكة العربية السعودية (خاصة منطقة الرياض) ، تتم الدراسة على ألواح شمسية في مركز تقنيات الطاقة المستدامة في جامعة الملك سعود، تم إستخدام إعداد ستة أجهزة إستشعار الإشعاع الشمسي المستقبل من قبل الخلايا، أظهرت النتائج الأولية أن الإشعاع الشمسي الذي تم رصده عن طريق الخلايا الفوتوضوئية قد إنخفض تدريجيا من 1 % إلى 12% حيث تراكم الغبار على الخلايا مع الوقت، يقترح تنظيف الخلايا الكهروضوئية بشكل دوري لتجنب هذا الإنخفاض والتأكد من أن الإشعاع الشمسي الحادث يكون في أعلى قيمة له عند حالة الطقس المقابلة له [24].

II–5 تأثير الرطوبة على الطاقة الشمسية:

II–5–1 دراسة تأثير الرطوبة على الطاقة الشمسية:

درجات الحرارة العالية التي تكون بالصيف مرتبطة بالرطوبة العالية على جانبي الساحل الشرقي والساحل الغرب ، الرطوبة تؤثر على الخلايا الشمسية بطريقة أو أخرى مقارنة بتجمعات ترابية، جزئيات الماء المتبخرة من الممكن أن تقلل من مستويات أشعة الشمس وهذا متطلب للخلايا الشمسية ليعطي أفضل أداء ممكن، إذا كانت أسطح الخلايا الشمسية رطبة، فمن الممكن أن الإشعاع القادم إليها عندما يضرب قطرات الماء يتبعثر بكل الإتجاهات إما عن طريق الإنعكاس أو الإنكسار أو الحيود وقد أظهرت الدراسات لنا بإنه كلما زادت الرطوبة كلما قلت كفاءة الخلايا الشمسية ووجد أن تأثير الرطوبة على الخلايا الشمسية أعلى بنسبة 50 % من تأثير درجات الحرارة على الخلية [25].

II–5–2 دراسات سابقة:

في دراسة نشرت يوم 22سبتمبر 2020 في دورية " نيتشركوميونيكيشنز "، حذر باحثون من أن زيادة كمية الرطوبة قد تؤدي إلى إنخفاض إجمالي في الإشعاع الشمسي، وزيادة في عدد الأيام التي يقل فيها سطوع الشمس وتزداد السحب، ويرى الفريق البحثي معد الدراسة أن المناطق الحارة والقاحلة مثل الشرق الأوسط وجنوب غرب أمريكا، التي تعتبر من أعلى منتجي الطاقة الشمسية المحتملين، كانت الأكثر عرضة لتقلبات أكبر في كمية الإشعاع الشمسي.

الدراسة التي أعدها باحثون في جامعات " برنستون " الأمريكية، و "خليفة " الإمارتية و " نانجينغ " الصينية، تلفت الإنتباه إلى خطورة التغيرات المناخية، التي تتسب في رفع درجة حرارة الأرض مما يزيد في نسبة الرطوبة، ومنها تزيد قدرات الكوكب على توليد الطاقة بفعل تسخين غلافه الجوي، وهو ما تدحضه هذه الدراسة، كما تمثل النتائج صيحة تحذير للدول التي تتجه نحو هذا النوع من الطاقة المتجددة [25].

II–6 خاتمة:

من خلال هذا الفصل يمكننا الإستنتاج بأن العوامل الطبيعية (المناخ) التي تؤثر على أداء الألواح الشمسية لها دور كبير على الطاقة الشمسية وكفاءتها، وبالتي فإن أخذها بعين الإعتبار يساعد في تجنب تأثيراتها السلبية وإيجاد حلول للحد منها.

الفصل الثالث :

الجانب التطبيقي ونتائجه والحلول

والتوصيات

III-1مقدمة:

تمتلك الجزائر مساحة كبيرة جدا ، ولها قدرات مناخية ملائمة لإستخدام الطاقة الشمسية إلا أن نوع مثل هذه الطاقات يعتمد على المناخ ، وهذا يعني أن أي تغير في المناخ المحيط بالمنظومة الكهروضوئية يؤثر على قدرة الإنتاج الألواح الشمسية خلال ساعات النهار ، ولفهم ما مدى أثر هذا التغير سوف نقوم في هذا الفصل بدراسة تجريبية حول تأثير تغير العوامل المناخية الرئيسية (الإشعاع الشمسي، درجة الحرارة، سرعة الرياح، نسبة الرطوبة) على أداء الألواح الشمسية في محطة الطاقة الكهروضوئية في منطقة صحراوية (ورقلة-الحجيرة).

يتضمن هذا الفصل الجزء العملي, وتوضيح الأجهزة المستخدمة في التجربة ثم النتائج والمناقشة وأخيرا بعض الحلول المقترحة واهم التوصيات.

III-2 محطة الطاقة الشمسية بالحجيرة:

تتربع هذه المحطة على مساحة إجمالية قدرها 80 هكتار منها 60 هكتار تضم 120 ألف 120 لوحة شمسية, تنتج هذه المحطة 30 ميجاوات في الساعة أو ما يعادل تزويد حوالي 50 ألف ساكن في هذه المنطقة.

III-3 عرض بعض مكونات المحطة وذكر مبدأ عمل كل جهاز:

الألواح الشمسية: الألواح هي المكون الأساسي في هذه المحطة, حيث يتم تجميع كل 44 لوح شمسي مع بعض (مصفوفة كهروضوئية)، كما هو موضح في الشكل أدناه (**1.III**) عملها هو تحويل طاقة ضوئية إلى طاقة كهربائية (تيار مستمر).

علبة التجميع: يتم تجميع الطاقة على مستويات من الربط على التسلسل والتفرع.

جهاز العاكس (onduleur): يقوم بتحويل طبيعة التيار المتدفق إليه من الألواح الشمسية، من التيار المستمر(DC) إلى التيار المتناوب(AC).

جهاز المحول: يقوم بتحويل توتر التيار الكهربائي من 315 فولت الى 31 كيلو فولت.

الشكل (1.III): الخصائص الكهربائية لألواح كريستال متعدد البلورات

(c) (b) (a)

الشكل (2.III): عرض بعض مكونات المحطة : (a) علبة التجميع, (b) العاكس, (c) المحول

III–4 دراسة تأثير العوامل المناخية على إنتاج الألواح الكهروضوئية:

تمت الدراسة التجريبية يوم 14 افريل2021، في محطة توليد الكهرباء عن طريق الطاقة الشمسية بمنطقة الحجيرة التابعة لولاية ورقلة ، الحاضنة لأزيد من 120 ألف لوحة شمسية من نوع كريستال متعدد البلورة, ذات استطاعة 250W مثبتة جميعها على هياكل حديدية، باتجاه الجنوب بزاوية 30 درجة مئوية تماشيا مع خصائص جغرافية أي استنادا لخطوط الطول ودوائر العرض، وذلك بهدف دراسة كل من تأثير الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة وسرعة الرياح ونسبة الرطوبة على عمل منظومة الألواح الشمسية في فترات زمنية مختلفة وذلك ابتداء من السادسة صباحا إلى غاية الثامنة مساءا أي حوالي 14 ساعة، مع اخذ وتدوين النتائج كل نصف ساعة.

- دراستنا كانت عامة على جميع الألواح الكهروضوئية المتواجدة في هذه المحطة ولم نختص بلوح واحد أو اثنين فقط، وذلك كما ذكرنا أن الألواح الشمسية من نفس النوع ولها نفس القدرة، متجهة إلى نفس الإتجاه وجميعها لها نفس الخصائص وبالتالي التأثير يكون واحد.

III-5 الأجهزة المستعملة:

لدينا ما يعرف بمحطة القياس وهي عبارة عن مجموعة من المعدات وأجهزة مراقبة الطقس على مستوى الأرض، والتي يمكنها الحصول تلقائيا على عناصر الطقس المختلفة ومعالجتها وتسجيلها ونقلها وفقا للمتطلبات المحددة, لتحسين جودة وكفاءة المراقبة، وهي مكونة من عناصر أساسية وهي:

- ✓ جهاز قياس الإشعاع الشمسي المباشر: المكون الأساسي في هذا الجهاز هو الطبقة السوداء (ماص اسود) التي تعمل على امتصاص الإشعاع الشمسي المباشر الساقط عليها، وهذه الطبقة مغطاة بقبة زجاجية واقية، ويحتوي هذا الجهاز على سلك يخرج من خلاله فرق الجهد الذي يتناسب مع الإشعاع الذي تمتصه طبقة سوداء.
- ✓ جهاز قياس الإشعاع المنعكس: يتميز هذا الجهاز بوجود سبعة أجهزة استشعار ثيرموبيل وقناع ظل مغطى بقبة زجاجية دقيقة, إضافة إلى علبة ألمنيوم وسخان داخلي.
- ✓ جهاز قياس درجة الحرارة: هو جهاز مصنوع من الفولاذ وهو عبارة عن درع الإشعاع الشمسي المباشر أي أنه يقلل من الأخطاء في درجة الحرارة المقاسة.
- ✓ جهاز قياس الرطوبة الجوية وجهاز قياس سرعة الرياح: هذان الجهازين متواجدين في جهاز واحد يدعى بجهاز استشعار لخمسة عناصر (الرطوبة، سرعة واتجاه الرياح، درجة الحرارة، الضغط) حيث يمكن لهذا الجهاز التنبؤ وقياس كل هذه العناصر في وقت واحد، ويتميز بدقة عالية وسريع الاستجابة.
- ✓ جهاز الكمبيوتر: هذا الجهاز يكون مع اتصال دائم مع الأجهزة التي تم ذكرها سابقا، حيث يقوم هذا الجهاز بجمع وتخزين المعلومات الرقمية التي تصل إليه من اللواقط أو الحساسات ، ويتم نقل هذه المعلومات عبر شبكة الإتصال الخاصة بالمحطة، ويعتمد جهاز الكمبيوتر على برنامج خاص NARI للإستغلال الأمثل للمحطة.

- يوجد جهازين لقياس درجة الحرارة في هذه المحطة، وهذا يكون نافعا في حالة خلل أحد الجهازين يكون الأخر جاهز للقياس.

جهاز قياس الإشعاع المباشر جهاز قياس الإشعاع المنعكس جهاز قياس درجة الحرارة

جهاز قياس اتجاه وسرعة الرياح ودرجة الحرارة ونسبة الرطوبة

الشكل(III.3): أجهزة القياس المستعملة في التجربة

III– 6 الظروف الجوية الخاصة باليوم الذي تمت فيه الدراسة:

- الإشعاع الشمسي الكلي: كان في المجال من $0W/m^2$ إلى غاية $1040W/m^2$.
- درجة الحرارة: تتراوح قيمتها بين 16°C إلى غاية 29°C.
- سرعة الرياح: حركة الهواء كانت محصورة بين 3m/s إلى 9m/s.
- نسبة الرطوبة: كان الجو جافا ، بحيث أن نسبة الرطوبة تتراوح بين 22% إلى 50%.

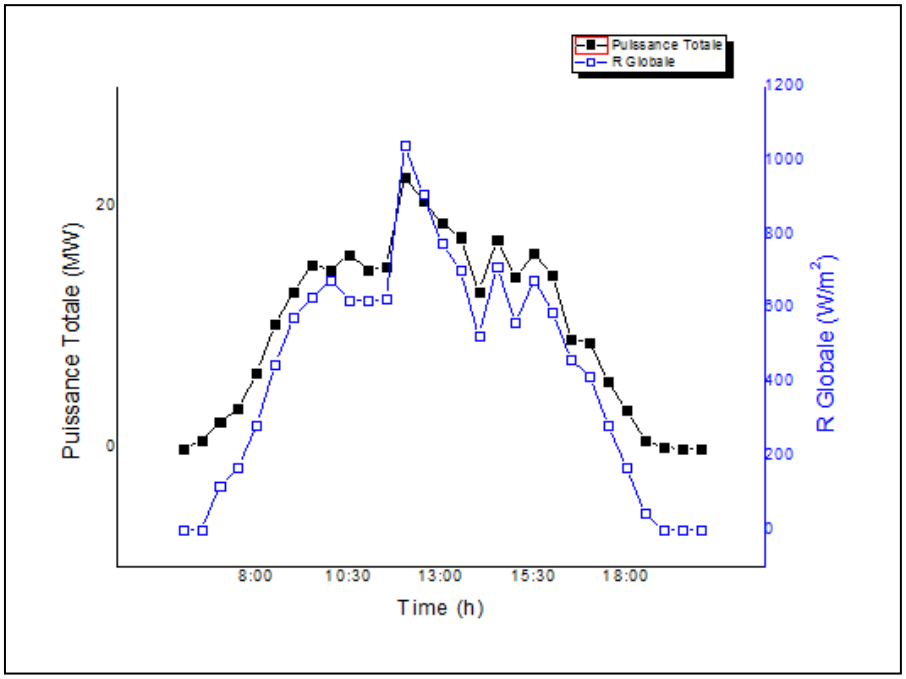
III–7 النتائج المتحصل عليها: بعد إجراء التجربة تحصلنا على القيم المدونة في الجدول التالي:

الشكل(III.4): جدول يوضح القيم التجريبية الخاصة بالعوامل المدروسة

	Puissance Totale (KW)	TSA	R Globale (w/m²)	T° (°C)	Vitesse (m/sec)	Humidite (%)
Time	P (KW)	P (KW)	(w/m²)	(°C)	(m/s)	(%)
6:00	-120	0	0	17	6	49
6:30	510	4	0	16	4	50
7:00	2050	1	119	17	5	50
7:30	3180	3	170	17	4	49
8:00	6110	3	283	18	6	46
8:30	10170	3	447	20	5	42
9:00	12920	3	574	21	7	39
9:30	15120	4	629	22	4	37
10:00	14770	4	676	23	6	34
10:30	16030	7	623	24	9	33
11:00	14780	3	620	25	5	31
11:30	15010	7	625	25	7	31
12:00	22430	3	1040	26	5	29
12:30	20470	6	907	27	6	28
13:00	18630	6	775	27	4	27
13:30	17450	10	705	28	4	26
14:00	12860	5	525	28	4	25
14:30	17200	5	712	28	4	24
15:00	14100	6	560	28	5	23
15:30	16060	10	677	29	3	22
16:00	14330	10	590	29	5	22
16:30	9000	9	460	29	4	22
17:00	8740	7	417	29	3	22
17:30	5450	3	283	28	5	22
18:00	3040	12	170	27	6	22
18:30	560	7	45	27	6	22
19:00	-20	2	0	26	5	22
19:30	-140	7	0	26	6	23
20:00	-130	6	0	25	5	24

III–8 مناقشة وتحليل النتائج: مثلنا نتائج الجدول في المنحنيات الموالية التي تحصلنا عليها ببرنامج أوريجين.

III–8–1 الإشعاع الشمسي الكلي:



الشكل (III.5): تغيرات الاستطاعة الكلية والإشعاع الشمسي الكلي بدلالة الزمن

ملاحظات خاصة لمنحنيات الشكل (III.5):

نلاحظ أن هناك علاقة طردية بين معدل الإشعاع الشمسي الكلي والاستطاعة الكلية، حيث يزيد معدل الإشعاع الشمسي في الفترة الصباحية من 6:00 حتى يبلغ ذروته في تمام الساعة 12:00 ويصاحبه زيادة في الإستطاعة الكلية تدريجيا، ثم تنعكس الصورة وكأنها مرآة في الفترة 12:00 إلى غاية الساعة 20:00 بحيث تنقص الإستطاعة الكلية تدريجيا مع نقصان معدل الإشعاع الكلي.

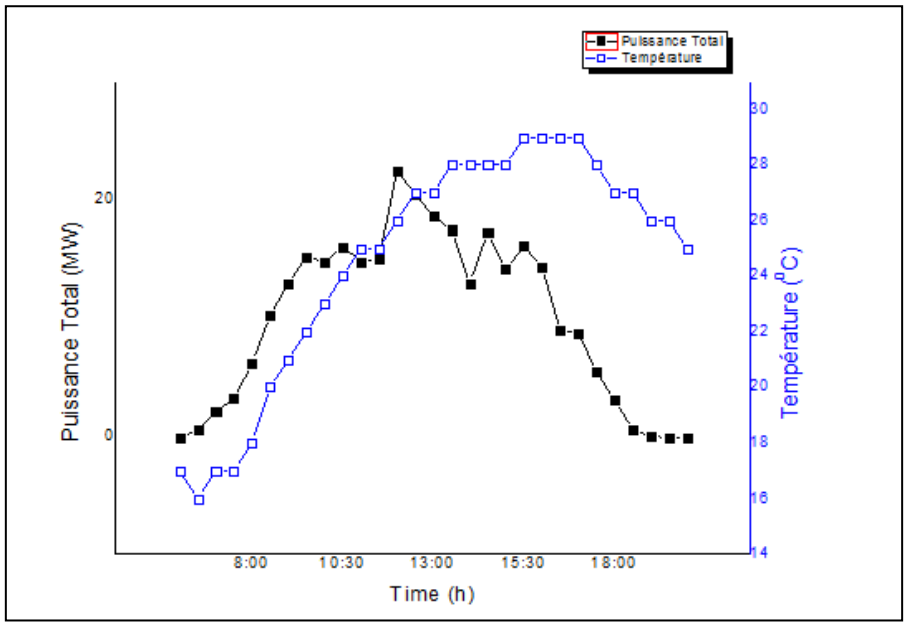
التفسير:

- سبب زيادة الاستطاعة الكلية ووصولها لأعلى قيمة في منتصف النهار، راجع إلى زيادة في معدل الإشعاع الشمسي الكلي ووصوله كذلك إلى أعلى قيمة، نفس الشيء بالنسبة لنقصان الإستطاعة الكلية يفسر بنقصان قيمة الإشعاع الشمسي الكلي.

- سبب زيادة معدل الإشعاع الشمسي الكلي في الساعات الصباحية راجع إلى زيادة زاوية الإرتفاع الشمسي(h)، كذالك من حيث نقصان قيمة الإشعاع الشمسي الكلي راجع إلى نقصان زاوية الارتفاع الشمسي(h).

III-8-2 درجة الحرارة:

- درجة الحرارة الصحيحة والمعروفة لشحن الألواح الكهروضوئية هي $25°C$ أو تتراوح بين $20°C$ الى $25°C$.



الشكل (6.III): تغيرات الاستطاعة الكلية ودرجة الحرارة بدلالة الزمن

ملاحظات خاصة لمنحنيات الشكل (6.III):

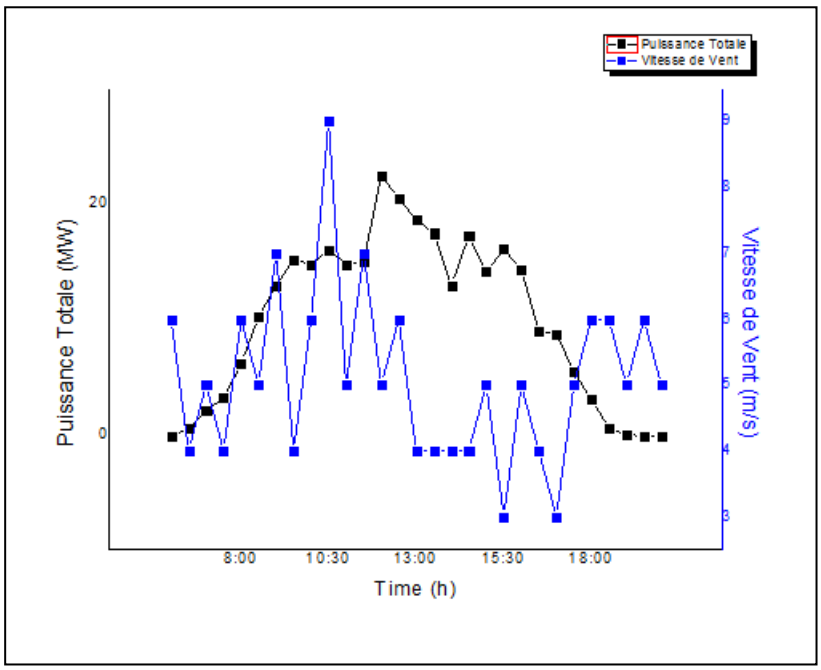
نلاحظ بأن كلما زادت درجة الحرارة يتبعها زيادة تدريجية في الإستطاعة الكلية، ويكون هذا في الفترة الصباحية من الساعة 6:00 إلى غاية الساعة 12:00، ثم تبدأ الصورة المعكوسة وكأنها مرآة بالنسبة للإستطاعة الكلية بحيث تقل قيمتها تدريجيا في الفترة 12:00 إلى غاية الساعة 20:00، بينما تستمر درجة الحرارة في الإرتفاع إلى غاية الساعة 17:00، ثم تنعكس الصورة وكأنها مرآة بحيث تقل درجة الحرارة في الفترة الممتدة من 17:00 إلى غاية الساعة 20:00.

التفسير:

- سبب زيادة الإستطاعة الكلية في الفترة الصباحية من الساعة 6:00 إلى غاية الساعة 11:30 هو أن درجة الحرارة في هذه الفترة كانت محصورة بين $(17°C - 25°C)$ أي أنها لم تتعدى $25°C$ (الدرجة المعيارية التي يتم فحص اللوح عندها).

- وعند الساعة 12:00 لاحظنا أنها زادت الإستطاعة الكلية بالرغم من زيادة درجة الحرارة وتجاوزها 25°C وهذا يعود سببه الى معدل الإشعاع الشمسي مرتفع جدا أي أن عند هذه الساعة كان تأثير إرتفاع شدة الإشعاع الشمسي الكلي على خرج الألواح الشمسية أكبر بكثير من تأثير إرتفاع درجة الحرارة فوق الدرجة 25°C.
- سبب نقصان الإستطاعة الكلية في الفترة الممتدة من 12:00 إلى غاية الساعة 20:00، هو إرتفاع درجة الحرارة فوق الدرجة المعيارية التي يتم فحص اللوح عندها أي 25°C.

III-8-3 سرعة الرياح:



الشكل (III.7): تغيرات الإستطاعة الكلية وسرعة الرياح بدلالة الزمن

ملاحظات خاصة لمنحنيات الشكل (III.7):

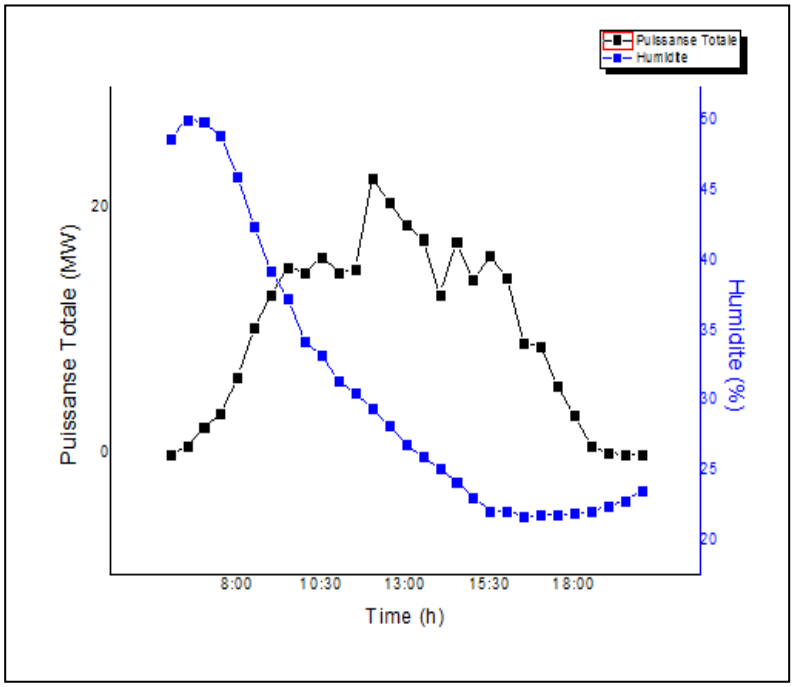
❖ نلاحظ أن سرعة الرياح شبه منتظمة في هذا اليوم، حيث أنها تصل لأعلى قيمة في تمام الساعة 10:30 صباحا بمعدل (9m/s) أي تساوي (32.4km/h) وهذه تعتبر سرعة متوسطة، وأدنى قيمة في تمام الساعة 15.30والساعة 17:00 بمعدل (3m/s) يعني تساوي (10.8km/h) أي هواء خفيف.

❖ نلاحظ زيادة تدرجية في الإستطاعة الكلية، في الفترة الصباحية من الساعة 6:00 إلى غاية الساعة 12:00، ثم تبدأ بعدها الصورة المعكوسة وكأنها مرآة بحيث تقل الإستطاعة الكلية تدريجيا عند الفترة المحصورة بين الساعة 12:00حتى الساعة 20:00.

التفسير: زيادة الاستطاعة الكلية راجع لسببين هما:

- السبب الأول: تأثير بنسبة ضعيفة وهو أن سرعة الرياح (في سرعات متوسطة) لم تؤثر بشكل مباشر على ناتج الخلايا الشمسية، وإنما أثرت على حرارة سطح هذه الخلايا الشمسية أي الحرارة الداخلية للخلايا الشمسي، وكما ذكرنا في الفصل السابق أن حركة الرياح تؤثر على تيارات الحمل، وبالتالي تعمل على رفع معامل إنتقال الحرارة بالحمل والذي يساهم هذا الأخير في إنتقال الحرارة من سطح الخلايا الشمسية إلى المحيط الخارجي وبالتالي يزيد ناتج الألواح الكهروضوئية.
- السبب الثاني: وهو أن العوامل الأخرى التي تم ذكرها سابقا (الإشعاع الشمسي – درجة الحرارة) هي التي أثرت بشكل كبير على زيادة ناتج الألواح الشمسية.

III-8-4 الرطوبة النسبية:



شكل (III.8): تغيرات الإستطاعة الكلية ونسبة الرطوبة بدلالة الزمن

ملاحظات خاصة لمنحنيات الشكل (III.8) :

- ❖ نلاحظ أن نسبة الرطوبة خلال ساعات الصباح الأولى من الساعة 6:00 صباحا إلى غاية الساعة 7:00 تكون ثابتة تقريبا (50%)، ثم تنخفض بشكل مباشر وسريع من الساعة 7:00 إلى غاية الساعة 15:00، ثم تثبت من جديد بنسبة (22%)، ثم بعد ذلك نلاحظ إرتفاع طفيف من الساعة (19:00) إلى غاية الساعة (20:00).
- ❖ نلاحظ أن ناتج الإستطاعة الكلية قليل في ساعتي صباح الأولى مقارنة بالساعات الأخرى، ثم ترتفع من الساعة 6:30 إلى غاية الساعة 12:30 حتى تبلغ ذروتها في تمام الساعة 12:30، ثم تنعكس الصورة وكأنها مرآة بحيث تقل الإستطاعة الكلية في الفترة المحصورة بين الساعة 12:30 حتى الساعة 20:00.

التفسير:

كما لاحظنا أن الاستطاعة الكلية في ساعتي الصباح الأولى قليلة مقارنة بالساعات الأخرى وهذا يعود لسببين:

- السبب الأول: من المعلوم أن الإضاءة تكون منخفضة في ساعة الصباح الباكر أي أن نسبة الإشعاع الشمسي تكون منخفضة جدا، وبالتالي ناتج الألواح الشمسية قليل.
- السبب الثاني: هو عامل الرطوبة بالرغم من أن الرطوبة ليست عالية جدا إلى أنها أثرت على أداء الألواح الشمسية، وذلك لأنه في هذه الحالة تكون أسطح الخلايا الشمسية رطبة أي تحتوي على قطرات أو جزيئات الماء المتبخرة، كما تعمل هذه الأخيرة على عرقلة وصول الإشعاع الشمسي إلى الخلايا الشمسية وبالتالي تقل قدرة هذه الألواح.

زيادة الإستطاعة من الساعة 6:00 إلى غاية الساعة 12:30 وبلوغها الذروة عند الساعة 12:30 هو إنعدام الرطوبة أي لا يوجد عائق للإشعاع الشمسي القادم للخلايا الشمسية وبالتالي يزيد ناتج الألواح الشمسية.

III-9 النتائج المتوصل إليها:

النتيجة 1: الإشعاع الشمسي العالي له تأثير إيجابي على أداء الألواح الكهروضوئية، أي أنه كلما زاد الإشعاع الشمسي زادت القدرة المنتجة للألواح الكهروضوئية.

النتيجة 2: للحصول على أقصى قدرة ناتجة من الألواح الكهروضوئية، يجب أن يكون معدل الإشعاع الشمسي أكبر أو يساوي $(1000w/m^2)$.

النتيجة 3: إرتفاع درجة حرارة الألواح الشمسية سيكون لها تأثير سلبي على أدائها، أي أنه كلما زادت درجة حرارة الألواح الشمسية كلما قلت إنتاجياتها .

النتيجة 4: للحصول على أقصى قدرة ناتجة من الألواح الكهروضوئية، يجب أن تكون درجة حرارة اللوح مساوية لدرجة الحرارة التي تم فحصه عندها أي $25°C$.

النتيجة 5: الرطوبة تؤثر سلبا على أداء الألواح الشمسية، أي كلما زادت الرطوبة قلت القدرة المنتجة للألواح الكهروضوئية، ويتضح لنا هذا أكثر عند الرطوبة العالية (80% فما فوق).

III–10 الحلول المقترحة والتوصيات: لا يمكننا التحكم في حالة المناخ، أي منع إرتفاع درجة الحرارة أو إرتفاع نسبة الرطوبة أو إلغاء تأثير أحد العوامل الأخرى بشكل نهائي إلا أنه يمكننا التقليل من تأثير هذه العوامل, وهذا عن طريق إتباع هذه الحلول والتوصيات:

❖ **الحلول المقترحة**:

- جعل مسافة كافية بين الألواح الشمسية والأرضية، وذلك لأنه كلما كانت المسافة مرتفعة كلما كان ذلك أفضل، بحيث نجعل مجال للهواء يشتت الحرارة من تحت الألواح الكهروضوئية.
- جعل الجهة المرتفعة للألواح الشمسية إلى الناحية التي تأتي منها الرياح بشكل مستمر ودائم, وذلك لأن الرياح تشتت الحرارة الموجودة على الألواح وتحت الألواح الكهروضوئية.
- زراعة نباتات تحت الألواح الشمسية, وذلك لأن وجود مثل هذه النباتات تحت الألواح الكهروضوئية تلطف الجو وتذهب الحرارة مما يزيد كفاءة الألواح الشمسية.
- تطوير نوع الألواح الكهروضوئية لجعلها أكثر إنتاجية.

❖ **التوصيات**:

- إختيار الألواح الشمسية ذات معامل حراري مناسب, مثلا ولاية ورقلة معروفة بإرتفاع درجة حرارتها فهنا يجب إختيار ألواح شمسية ذات معامل حراري قليل، وذلك لكي يضمن إنخفاض قيمة الضياع مع إرتفاع درجة الحرارة.
- قبل شراء لوح شمسي يجب تفحص خصائصه جيدا.

- عند إرتفاع درجة حرارة الألواح الشمسية يلجا الكثير بتبريدها عن طريق ضخ المياه عليها، وهذا فعل خاطئ، لأن الوجه الخارجي للألواح الشمسية هو من زجاج وبالتالي عند تعرضه لأشعة الشمس لوقت طويل فإنه حتما وبطبيعة الحال سيسخن الزجاج، فإنه بمجرد توجيه مياه بشكل مباشر أو سكب ماء بارد عليه قد يؤدي إلى تشققات في الزجاج.
- إختيار الألواح الشمسية المصنوعة من الألوان الفاتحة، وذلك بغرض تقليل من إمتصاص الألواح الكهروضوئية للحرارة، وبالتالي تقليل إرتفاع درجة حرارة الألواح الشمسية.

III–11 خاتمة:

في هذا الفصل قمنا بدراسة تجريبية بمحطة توليد الكهرباء إنطلاقا من الطاقة الشمسية في منطقة صحراوية، حيث مكنتنا هذه الدراسة من التعرف وفهم أهم العوامل المؤثرة على عمل وناتج الألواح الشمسية، وتوصلنا من خلال هذه الدراسة إلى أن لهذه العوامل تأثيرات منها إيجابية وأخرى سلبية على عمل المنظومة الكهروضوئية، فالتأثيرات الإيجابية هي المتعلقة بالإشعاع الشمسي بحيث أنه عندما يساوي أو يفوق $1000\mathrm{W/m^2}$ يكون ناتج الألواح الشمسية عالي جدا، إضافة إلى سرعة الرياح التي كان لها تأثير ايجابي، والتأثيرات السلبية المتمثلة في إرتفاع درجة الحرارة والتي بدورها تعمل على زيادة حرارة الألواح الكهروضوئية بالتالي ناتج الألواح الشمسية يكون قليل، أما بالنسبة لعامل الرطوبة واجهنا صعوبة في الدراسة لكونه مناخ ورقلة جاف.

خاتمة عامة

في هذا البحث قمنا بدراسة تأثير العوامل المناخية على الطاقة الشمسية في منطقة صحراوية ، عرفنا شكل ومدى تأثير هذه العوامل على المنظومة الكهروضوئية، إنطلاقا من عامل الإشعاع الشمسي الذي هو بمثابة الوقود الفعلي لأنظمة الطاقة الشمسية، وصولا إلى عامل الرطوبة الذي هو من بين الظواهر الجوية التي لايمكن السيطرة عليها.

قسمنا بحثنا إلى ثلاثة فصول وهي كالتالي :

الفصل الأول: تطرقنا في هذا الفصل إلى التعرف على الطاقة الشمسية وأهم إستخدامتها، إضافة إلى التعرف على الإشعاع الشمسي وأنواعه، وفي ختام هذا الفصل تناولنا مايعرف بالنظام الكهروضوئي والخلايا الكهروضوئية ومكوناتها وطريقة عملها.

الفصل الثاني: خصصنا هذا الفصل للجانب النظري، بحيث قمنا بإختيار أهم العوامل التي من شأنها أن تأثر على أداء الألواح الشمسية والمتمثلة في الإشعاع الشمسي، درجة الحرارة، سرعة الرياح، الرطوبة، حيث حاولنا إظهار وشرح مدى تاثير هذه العوامل على خرج الألواح الكهروضوئية بشكل نظري، إضافة إلى الدراسات السابقة التي تعتبر هذه الأخيرة أهم محتويات الإطار النظري.

الفصل الثالث: خصننا هذا الفصل للجانب التطبيقي ونتائجه، حيث حاولنا إظهار تأثير العوامل المناخية التي إخترناها في الجانب النظري على ناتج الألواح الشمسية بشكل عملي، والهدف من هذا الفصل هو تطبيق ماتم التوصل له في الجانب النظري، وإختبار مدى تطبيقه مع الواقع العملي .

المراجع

قائمة المراجع

[1]- Francois Vuille et Autres, Comprendre la Transition Energétique, Presszs Polytechnique et Universitaires Romandes, 2015 .

[2] – سمير سعدون مصطفى وآخرون، الطاقة البديلة، دار البازوري العلمية للنشر والتوزيع الأردن، 2011 .

[3] – المهندس مُحَمَّد البيلي، الطاقة الشمسية وإستخداماتها،2009 .

[4] – كريم رشدي ، إستخدامات الطاقة الشمسية، 2018 .

[5]- ميده أسماء، صغيري منال، معالجة التأثير الموسمي على التقطير الشمسي في ولاية الوادي.

[6]- How is solar energy used, energysage, 15-11-2019, Retrieved15-11-2019, Edited .

[7] -Timothy thiele(14-09-2017), Top 10 Solar Energy uses, Thespruce, Retrieved11-9-2018, Edited.

[8] – المهندس علي ناجي حمودي ، دراسة وتنفيذ وتحسين أداء محطة ضخ مياه تعمل بالطاقة الشمسية.

[9] – عبد العزيز طريح ، الجغرافيا المناخية والنباتية 2008.

[10] – د. يعود يوسف عياش ، تكنولوجيا الطاقة البديلة ، عالم المعرفة ، الكويت فبراير 1981.

[11]- Alian, Ricard, Gisomont slaire Et Transferts energetique, 2011.

[12]- سوداني مُحَمَّد البار، دراسة نظرية المجمع الشمسي إسطواني مقعر ذي غطاء زجاجي، مذكرة ماجستير جامعة ورقلة 2009.

[13]- ستيفان.ك.و.كراوتر، كتاب توليد القدرة الكهربائية من الطاقة الشمسية، 2011.

[14] - Garg, Hp, Advances in solare energy technology, Volume3, Reidel publishing, Boston, RA, 1987.

[15] - Lorenzo, EG, Araujo, A, Guorvas, M, Egido, G,Minano, and R, Zilles,Solar Olectricity Engineering Of Photovoltaic Systems, 1994 .

[16]- سماحي سهيلة، أداء الخلايا الشمسية الكهروضوئية في ورقلة وتأثير شدة الاشعاع الشمسي والعوامل المناخية عليها.

[17] - Hadj Arab, A, F.Chenlo, K.Mukadam, and J.L.Balenzategui, Performance of PV Water pumping systems, Renewable Energy,1999 .

[18] - Riordan, Michael, Crystal fire, The invention of the Transistor and The Birth of The Information Age, USA, 1988 .

[19] - Florida Solar Energy Center, Photovoltaic design, course manual.Cape Canaveral, FL, 1988.

[20] - Salmeh, Z, and D.Taylor, Step-up maximu.

[21]- عبد العزيز مُحَمَّد سعيد الذبحاني ، مجلة العلوم والتكنولوجيا، المجلد 14 العدد 2، 2009.

[22]- وائل حسين، تاثير الحرارة على قدرة الخلية الشمسية السيليكونية بولاية الخرطوم، جامعة أم درمان الإسلامية، 2017.

[23] - UCSB Science line, et, PV Edication.OLG.

[24]- electric-team-sa.weebly.com.

[25]- islamonline.net(noureddine klala) 5-11-2020.

ملخص

يعالج موضوع المذكرة مساهمة تأثير تغير المناخ على الطاقة الشمسية في منطقة صحراوية (ورقلة), وذلك عن طريق دراسة وتحليل تأثير أهم العوامل المناخية (الإشعاع الشمسي, درجة الحرارة, سرعة الرياح, الرطوبة) على عمل المنظومة الكهروضوئية, حيث قمنا بدراسة تجريبية في محطة إنتاج الكهرباء انطلاقا من الطاقة الشمسية (الحجيرة – ورقلة), وذلك بغية التعرف على مدى تأثير هذه العوامل على إنتاجية هذه المحطة, فكانت الفكرة هي أننا نتبع إنتاجية الألواح الشمسية في ظروف وأزمنة مختلفة لليوم الذي تمت فيه الدراسة, وفي نفس الوقت نقوم بتسجيل كل من تغير كمية الإشعاع الشمسي الكلي ودرجة الحرارة وسرعة الرياح والرطوبة النسبية , وبعد ذلك قمنا بتحليل لهذه القياسات وذلك عن طريق مقارنة إنتاج الألواح الشمسية مع تغير احد العوامل المناخية في كل مرة بالنسبة للزمن.

الكلمات المفتاحية : المناخ – الطاقة الشمسية – الإشعاع الشمسي – درجة الحرارة – سرعة الرياح – الرطوبة.

Abstract:

The topic of the memoire deals with the contribution of the impact of climate change on the solar energy in a desertic region (Ouargla), by studying and analyzing the impact of the most important climatic factors (solar radiation, temperature, wind speed, humidity) on the performance of the photovoltaic system, where we conducted an experimental study in an Electricityproduction station starting from the solar energy (Al-Hujaira - Ouargla), in order to identify the impact of these factors on the productivity of this station; so, the idea was that we follow the productivity of solar panels in different conditions and times for the day the study was carried out, and at the same time we record every change in the amount of total solar radiation, temperature, wind speed and relative humidity, and then we analyzed these measurements by comparing the production of solar panels with the change of one of the climatic factors each time according to the time.

Keywords : climate- the solar energy- solar radiation- temperature- wind speed- humidity.