الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

رقم الترتيب: .....

رقم التسلسل: .....

جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي

كلية العلوم الدقيقة

قسم: الفيزياء

مذكرة تخرج مقدمة لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

ميدان: علوم المادة

تخصص: فيزياء إشعاعات

من إعداد الطالبة:

بالقاسمي فاطمة – طهراوي نسيبة

الموضوع

تحسين مردود مقطر شمسي بسيط بدمجه بلاقط شمسي مصنوعان محليا: دراسة تجريبية

نوقشت يوم: 2024/06/24

أمام لجنة المناقشة المكونة من الأساتذة:

- ليلى بوراس	أستاذ مساعد - أ -	جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي	رئيسًا
- عطية محمد الهادي	أستاذ تعليم عالي	جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي	مناقشًا
- غوقالي مبروك	أستاذ محاضر - أ -	جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي	مشرفـًا

الموسم الجامعي 2024/2023

أنجز هذا العمل في مخبر استغلال وتثمين المصادر الطاقوية الصحراوية (LEVRES)

﴿وَأَن لَّيْسَ لِلْإِنسَانِ إِلَّا مَا سَعَىٰ﴾

الإهداء

(وآخر دعواهم أن الحمد لله رب العالمين)

الحمد لله الذي وفقني لهذا ولم أكن لأصل إليه لولا فضل الله بعد سنوات من الجد والجهد والاجتهاد أهدي ثمرة جهدي.

إلى من بلغ الرسالة ...وأدى الأمانة.... ونصح الأمة...إلى نبي الرحمة ونور العالمين

"سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم "

إلى من وضع المولى سبحانه وتعالى الجنة تحت قدميها ووقرها في كتابه العزيز حفضك الله ورعك ومنحك الصحة وطول العمر.

"أمي الغالية"

إلى من علمني العطاء بدون انتظار... إلى من أحمل اسمه بكل فخر... إلى من كان سندي الدائم أطال الله في عمره ورزقه الصحة والعافية

"أبي الغالي"

إلى إخوتي وأخواتي وأجمل ما في حياتي وفقكم الله في حياتكم وفتح لكم أبواب الخير ورزق.

"الصادق - محمد لمين -مريم -بسمه -مروه"

إلى جدي وجدتي رحمهما الله وأسكنهم الفردوس الأعلى **"مسعود - وردة" "أحمد - ساسية "** حفظهم الله ورعاهم وألبسهم لباس الصحة والعافية.

إلى رفيقة الدرب زميلتي **" نسيبة"** حفظك الله ورعاك وأدام الله صدقتنا ووفقك الله في مسيرتك القادمة

إلى كل من نسيهم قلمي.... ولم ينسيهم قلبي لكل من كان لي عونا وسندا في هذا الطريق.

فاطمة

الإهداء

من قال أنا لها "نالها"

لم تكن الرحلة قصيرة ولا ينبغي لها أن تكون،

لم يكن الحلم قريبا ولا الطريق كان محفوفا بالتسهيلات،

لكني فعلها ونلتها.

الحمد لله حبا وشكرا وامتنانا، الذي بفضله ها أنا اليوم أنظر إلى حلما طال

انتظاره وقد أصبح واقعا أفتخر به.

إلى ملاكي الطاهر، وقوتي بعد الله، داعمتي الأولى والأبدية " **أمي الغالية**" أهديك هذا الإنجاز الذي لولا تضحياتك لما كان له وجود، ممتنة لأن الله قد اصطفاك لي من البشر

أماه يا خير سند وعوض.

إلى روح فقيدي الذي غادرنا مبكرا ومازال حاضرا في أذهاننا

"أبي الغالي"

إلى من قيل فيهم: "سنشد عضدك بأخيك"

إخوتي وأخواتي وأبنائهم

حفظهم الله وأدام وجودهم

إلى من يذكرني بقوتي ويدعمني " **زوجي**"

إلى رفيقة دربي

"فاطمة"

نسيبة

الشكر والعرفان

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، والحمد لله الذي أعاننا على إكمال هذا العمل وإتمامه على أحسن وجه، والذي يندرج في إطار الحصول على شهادة ماستر، تخصص فيزياء إشعاعية بكلية العلوم الدقيقة بجامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي، وبالتعاون مع مخبر استغلال وتثمين المصادر الطاقوية الصحراوية. فما كان لشيء أن يجري في ملكه إلا بمشيئته جل شأنه وعظم قدره، والصلاة والسلام على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه المبعوث رحمة للعالمين.

بداية ومن باب من لا يشكر الناس لم يشكره الله، أود أن أشكر أهلنا الذين كانو سندا لنا طيلة مشوارنا الدراسي، كما أتوجه بالشكر الجزيل إلى الأستاذ المشرف **الدكتور غوقالي مبروك** الذي كان نعم الداعم والموجه في مختلف جوانب هذا العمل وخلال مختلف مراحله. وبالإضافة إلى ذالك، فإن النصائح التي قدمها لنا كانت دائما واضحة ودقيقة، مما كان يسهل علينا إيجاد حلول مناسبة لكثير من العقبات التي اعترضت مسار هذا العمل. وبالتالي إتمام هذا العمل في أحسن الظروف.

كما نتقدم بالشكر الجزيل إلى المخبري قره عثمان على المساعدات القيمة التي قدمها لنا نسأل الله العلي القدير أن يجازه خير الجزاء وأن تكتب في موازين حسناته.

كما أشكر أعضاء اللجنة المناقشة على قبولها لهذا العمل بداية من رئيسة اللجنة بوراس ليلى **والدكتور عطية محمد الهادي.**

كما نشكر أيضا إلى كل من وقف إلى جانبنا وقدم لنا الدعم من بعيد أو قريب، وإلى كل الزملاء والأصدقاء طيلة سنوات الدراسة الجامعية.

فاطمة ،نسيبة.

فهرس المحتويات

العنوان	الصفحة
الإهداء	I
الشكر والعرفان	III
فهرس المحتويات	IV
فهرس الجداول	IX
فهرس الأشكال	X
قائمة الرموز والاختصارات	XIII
المقدمة العامة	2
الجزء النظري	
الفصل الأول: عموميات حول الإشعاع الشمسي	
1-1- مقدمة	6
1-2- عموميات حول الطاقة المتجددة	6
1-2-1- الطاقة المتجددة المستغلة في الوادي	6
1-2-2- أنواع الطاقة المتجددة	6
1-3- الشمس	7
1-3-1-بنية الشمس	7
1-4- الإشعاع الشمسي	8
1-5- طيف الإشعاع الشمسي	9
1-6- تقدير الإشعاع الشمسي	10
1-6-1- الإشعاع الشمسي المباشر	11
1-6-2- الإشعاع الشمسي المتشتت	11
1-6-3- الإشعاع الشمسي الكلي G	11

1-7- العوامل المؤثر على شدة الإشعاع الشمسي.....12
1-7-1- زاوية سقوط الإشعاع الشمسي.....12
1-7-2- إختلاف طول النهار.....12
1-7-3- شفافية الغلاف الغاز.....13
1-7-4- انعكاس حركة الأرض وإختلاف تضاريسها.....13
1-8- الثابت الشمسي E_0.....14
1-9- الزوايا الشمسية.....15
1-9-1- زاوية ميل الشمس.....15
1-9-2- الارتفاع الشمسي h.....17
1-9-3- خط العرض φ.....17
1-9-4- زاوية خط الطول L.....18
1-9-5- زاوية السمت الشمسي a.....18
1-9-6- زاوية سمت الرأس Z.....19
1-9-7- زاوية الساعة الشمسية ω.....19
1-9-8- التوقيت الشمسي T_{vs} والتوقيت المحلي TL.....21
1-9-9- تحديد توقيت شروق وغروب الشمس.....22
1-10- استخدامات الطاقة الشمسية.....22
1-10-1- تسخين المياه.....23
1-10-2- التدفئة.....24
1-10-3- التبريد الشمسي.....24
1-10-4- تجفيف المحاصيل.....24
1-10-5- تحلية المياه.....24
1-11- الخصائص الشمسية لمنطقة الوادي.....24

1-12- أسباب إختيار المنطقة.....26

1-13- خاتمة.....26

الفصل الثاني: المقطر الشمسي أحادي الميل

2-1- مقدمة.....28

2-2- تعريف المقطر الشمسي البسيط.....28

2-3- لمحة تاريخية عن التقطير الشمسي.....28

2-4- مبدأ عمل المقطر الشمسي.....29

2-5- مكونات المقطر الشمسي.....30

2-6- العوامل المؤثرة على المقطر الشمسي.....31

2-6-1- تأثير شدة الإشعاع الشمسي.....31

2-6-2- تأثير درجة الحرارة المحيطة.....31

2-6-3- تأثير سرعة الرياح.....31

2-6-4- تأثير قيمة معامل انتقال الحرارة من جسم المقطر إلى الجو المحيط.....32

2-7- الانتقالات والتدفقات الحرارية.....32

2-7-1- انتقال أشكال الحرارة.....32

2-7-1-1- التوصيل الحراري.....33

2-7-1- 2- الحمل الحراري.....33

2-7-1-3- الإشعاع الحراري.....33

2-7-2- الانتقالات والتدفقات الحرارية على مستوى المقطر الشمسي.....34

2-7-2-1- الانتقالات على مستوى الغطاء الزجاجي.....34

2-7-2-1-1- شعاع الشمسي الوارد إلى الزجاج.....34

2-7-2-1-2- شعاع المنعكس على مستوى الزجاج.....35

2-7-2-1-3- الإشعاع الممتص من طرف الزجاج.....35

2-7-2-1-4- الإشعاع النافذ عبر الغطاء الزجاجي.....35

2-7-2-1-5- انتقال الحرارة بالحمل بين الغطاء الزجاجي والوسط الخارجي (الهواء).....35

2-7-2-1-6- انتقال الحرارة بالإشعاع بين الغطاء الزجاجي والوسط الخارجي (السماء).....36

2-7-2-1-7-انتقال الحرارة بالتوصيل بين الوسط الخارجي والوسط الداخلي....36

2-7-2-2- الانتقالات على مستوى وسط الحوض.....37

2-7-2-2-1- انتقال الحرارة بالإشعاع بين الماء المالح والغطاء الزجاجي.....37

2-7-2-2-2- انتقال الحرارة بالحمل الطبيعي داخل المقطر "الماء المالح والغطاء الزجاجي".....38

2-7-2-2-3- التدفق الحراري بفعل التبخير.....38

2-7-2-2-4- الإشعاع المنعكس على مستوى الماء المالح.....38

2-7-2-2-5- الطاقة الممتصة من طرف الماء المالح.....39

2-7-3- الانتقالات على المستوى السفلي للمقطر.....39

2-7-3-1- الضياع الحراري عبر الصفيحة الماصة.....39

2-7-3-2- الحرارة الممتصة من طرف الصفيحة الماصة.....40

2-7-3-3- انتقال الحرارة بالحمل بين الماء المالح والصفيحة الماصة.....40

2-7-3-4- انتقال الحرارة بالحمل بين العازل والوسط الخارجي.....40

2-7-4- الانتقالات على مستوى عوازل جانبي المقطر.....41

2-7-4-1- الضياع الحراري مع الماء المقطر الناتج.....41

2-7-4-2- الضياع الحراري مع ماء التغذية.....41

2-8- الموازنة الحرارية للمقطر الشمسي البسيط.....41

2-9- دراسة المردود الطاقوي.....42

2-10- خاتمة.....42

الجزء العملي

الفصل الثالث: الدراسة التجريبية وتحليل النتائج

3-1- مقدمة.....35
3-2- الموقع الجغرافي والفلكي للمنطقة.....35
3-3- المقطر الشمسي البسيط.....46
3-4- تركيبة المقطر الشمسي البسيط.....46
3-5- طريقة صنع المقطر والأدوات المستعملة في ذلك.....49
3-6- تعريف اللاقط الشمسي.....50
3-6-1- تركيبة اللاقط الشمسي.....50
3-7- أجهزة القياس المستعملة.....52
3-8- الخطوات التجريبية.....54
3-8-1- التجربة.....54
3-8-2- الأدوات التجريبية.....54
3-8-3- مراحل تحضير التجربة.....55
3-9- النتائج التجريبية.....55
3-10- تحليل ومناقشة النتائج.....56
3-10-1- تطور شدة الإشعاع الشمسي G ودرجة حرارة الجوTa.....57
3-10-2- تطور سرعة الرياحV.....57
3-10-3- تطور درجة حرارة الزجاج الخارجي T_{go}.....58
3-10-4- تطور درجة حرارة الزجاج الداخلي T_{gi}.....59
3-10-5- تطور درجة حرارة ماء الحوض T_{wb}.....60
3-10-6- تطور درجة حرارة الماء الخارج من اللاقط ودرجة حرارة الماء في المقطر بدلالة الزمن.....61

3-10-7- تطور درجة حرارة الهواء داخل اللاقط والإشعاع الشمسي بدلالة الزمن.....62

3-10-8- تطور كمية الماء المنتجة.....63

3-11- دراسة اقتصادية لجدوى استخدام المقطرين الشمسيين المستعملين في التجربة.....67

3-12- خاتمة.....67

الخلاصة العامة.....69

قائمة المصادر والمراجع.....72

الملخص

فهرس الجداول

ترتيب	عنوان الجدول	الصفحة
	الفصل الأول: عموميات حول الإشعاع الشمسي	
(1-1)	قيم معامل الإضطراب والماء المكثف.	12
(2-1)	مدة الفصول في نصف الكرة الأرضية الشمالي.	14
	الفصل الثالث: الدراسة التجريبية تحليل ومناقشة النتائج	
(1-3)	التركيبة الأساسية للمقطر الشمسي البسيط.	48
(2-3)	التركيبة الأساسية للاقط الشمسي.	51
(3-3)	أجهزة القياس المستعملة.	53
(4-3)	الظروف الجوية ليوم التجربة.	56
(5-3)	النتائج المتحصل عليها من تحليل الماء.	57
(6-3)	دراسة اقتصادية لجدوى استخدام المقطرين الشمسيين المستعملة.	68

فهرس الأشكال

الترتيب	عنوان الشكل	الصفحة
	الفصل الأول: عموميات حول الإشعاع الشمسي	
(1-1)	بنية الشمس	7
(2-1)	التوزيع الطيفي الكهرومغناطيسي	8
(3-1)	تأثير الغلاف الجوي على شدة الإشعاع الشمسي	9
(4-1)	أنواع الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض	10
(5-1)	التغير الفصلي ليل ونهار	13
(6-1)	تغيرات شدة الإشعاع الشمسي الخارجي بدلالة اليوم والسنة	14
(7-1)	زاوية الأرض بالنسبة إلى الشمس	15
(8-1)	تغيرات زاوية الميل الشمسي خلال أيام السنة	16
(9-1)	الزوايا الشمسية	17
(10-1)	زاوية خط الطول L ودائرة العرضφ	18
(11-1)	زاويتا كل من السمت aوالرأس Z	19
(12-1)	زاوية الساعة الشمسية ودائرة العرض	20
(13-1)	تغيرات المعادلة الزمنية خلال أيام السنة	21
(14-1)	مخطط يوضح استخدامات الطاقة الشمسية	23
(15-1)	الموقع الجغرافي لولاية وادي سوف	25
(16-1)	المناخ السائد لولاية الوادي	25

الترتيب	عنوان الشكل	الصفحة
	الفصل الثاني: المقطر الشمسي البسيط أحادي الميل	
(1-2)	مبدأ عمل المقطر الشمسي	30
(2-2)	دورة المياه في الطبيعة	31
(3-2)	مخطط ظاهرة نقل الحركة	34
(4-2)	رسم يوضح الانتقالات على مستوى الغطاء الزجاجي	35
(5-2)	رسم يوضح الانتقالات على مستوى وسط الحوض	38
(6-2)	رسم يوضح الانتقالات على المستوى السفلي للمقطر	40
	الفصل الثالث: الدراسة التجريبية وتحليل النتائج	
(1-3)	حدود ولاية وادي سوف	46
(1-3)	مقطر بسيط ذو ميل واحد	47
(1-3)	المقطر الشمسي في آخر صورة له	50
(1-3)	الأدوات والمواد المستعملة لصنع المقطر الشمسي البسيط.	50
(1-3)	اللاقط الشمسي في آخر صورة له	52
(1-3)	صورة لتجربة	54
(1-3)	منحنى تغيرات الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الجو بدلالة الزمن	57
(1-3)	منحنى تغيرات سرعة الرياح بدلالة الزمن	58
(1-3)	منحنى تغيرات درجة حرارة الزجاج الخارجي (T_{go}) للمقطرين واللاقط بدلالة الزمن	59
(1-3)	منحنى تغيرات درجة حرارة الزجاج الداخلي للمقطرين بدلالة الزمن	60

الترتيب	عنوان الشكل	الصفحة
(1-3)	منحنى تغيرات درجة حرارة الماء في الحوض للمقطرين بدلالة الزمن	61
(1-3)	منحنى تغيرات درجة حرارة الماء الخارج من اللاقط ودرجة حرارة الماء داخل المقطر بدلالة الزمن	62
(1-3)	منحنى تغيرات درجة حرارة الهواء داخل اللاقط وشدة الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن	63
(1-3)	أعمدة بيانية كمية الماء المنتجة من المقطرين بدلالة الزمن	64
(1-3)	منحنى تغيرات شدة الإشعاع الشمسي وكمية الماء المنتجة من المقطرين بدلالة الزمن	65
(1-3)	منحنى تغيرات سرعة الرياح وكمية الماء المنتجة للمقطرين بدلالة الزمن	65
(1-3)	عملية التكثيف داخل المقطر	66
(1-3)	منحنى تغيرات كمية الماء (المجمعة) للمقطرين بدلالة الزمن	67

قائمة الرموز والمصطلحات

الرموز	المصطلحات	الوحدة
λ	الطول الموجي	μm
I_0	الثابت الشمسي ويساوي1367	W/m^2
Nj	اليوم من السنة (1جانفي .....365)	اليوم
I	شدة الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي	$W/_{m^2}$
φ	خط العرض	الدرجة المئوية
H	زاوية الارتفاع الشمسي	الدرجة المئوية
Z	زاوية سمت الرأس	الدرجة المئوية
L	زاوية خط الطول	الدرجة المئوية
δ	زاوية الانحراف الشمسي	الدرجة المئوية
α	زاوية السمت الشمسي	الدرجة المئوية
ω	زاوية الساعة الشمسية	الدرجة المئوية
TSV	التوقيت الشمس الحقيقي	H
E_t	معادلة التصحيح الزمني	Min
AM	الكتلة الهوائية الضوئية	/
GI	الاشعاع الشمسي الكلي	$W/_{m^2}$
TU	التوقيت العالمي	h
θ	زاوية السقوط الشمسي	الدرجة المئوية
W	ارتفاع الماء المكثف	M
T	درجة الحرارة	°C
$\dot{m}$	التدفق الكتلي	Kg/s
V	الحجم	m^3

α	معامل الامتصاص الإشعاعي	بدون وحدة
ε	معامل الانبعاث الإشعاعي للسطح الباث	بدون وحدة
ρ	معامل الانعكاس الحراري	بدون وحدة
η	المردود الطاقوي	بدون وحدة
ρ	الكتلة الحجمية	Kg/m^3
β	زاوية ميلان السطح	الدرجة المئوية
Λ	معامل انتقال الحرارة الفعال	W/(m.K)
τ	معامل النفاذ الاشعاعي	بدون وحدة
Q	التدفق الحراري	W
H	معامل انتقال الحرارة بالحمل	$W/(m^2.K)$
I	زاوية ورود الشمس	الدرجة المئوية
T_{ap}	حرارة الهواء داخل اللاقط	الدرجة المئوية
T_a	حرارة الجو	الدرجة المئوية
G	شدة الإشعاع الشمسي	W/m^2
V	سرعة الرياح	m/s
T_{wb}	حرارة الماء في الحوض	الدرجة المئوية
T_{go}	حرارة الزجاج الخارجي	الدرجة المئوية
T_{gi}	حرارة الزجاج الداخلي	الدرجة المئوية
P	كمية الماء المنتجة	$ml/m^2/day$
δ	الناقلية	$\mu s/cm$
Still A	المقطر الشاهد	/
Still B	المقطر المدمج مع اللاقط	/
Solar collector	اللاقط الشمسي	/

❖ الدليل السفلي

A	الوسط الخارجي.
B	حوض الماء المالح.
c. g-a	التبادل الحراري بالحمل بين الغطاء الزجاجي والهواء.
c. w-g	التبادل الحراري بالحمل بين الماء والغطاء الزجاجي.
c. w-b	التبادل الحراري بالحمل بين الماء والصفيحة الماصة.
G	الغطاء الزجاجي.
e. w-g	التبادل الحراري بالتبخير بين الماء والغطاء الزجاجي.
r. g-a	التبادل الحراري بالإشعاع بين الغطاء الزجاجي والهواء.
r. w-g	التبادل الحراري بالإشعاع بين الماء والغطاء الزجاجي.
Sky	الفضاء الخارجي.
T	الكلي.
W	الماء.
Cb	الضياع الحراري عبر الصفيحة الماصة.
Cd	الضياع الحراري بالتوصيل بين السطح الخارجي والداخلي للزجاج.
Wα	الحرارة الممتصة من طرف الماء.
Wρ	الإشعاع المنعكس على مستوى الماء المالح.
c. i-a	التبادل الحراري بالحمل بين العازل والهواء.
r. i-a	التبادل الحراري بالإشعاع بين العازل والهواء.
Go	الزجاج الخارجي.
gi	الزجاج الداخلي.
Wp	الماء داخل الحوض.
Ap	الماء الخارج من اللاقط.

المقدمة العامة

المقدمة العامة

تواصل الدراسات الحديثة البحث عن مصادر للطاقة المتجددة والبديلة وتكون غير محدودة، ومع تزايد الاهتمام بالطاقة الشمسية كبديل مهم نظرا لقدرتها على تلبية احتياجات الانسان من الطاقة بشكل فعال. تعتبر الطاقة الشمسية من الطاقات النظيفة والقادرة على التحول الى أشكال مختلفة من الطاقة مثل الكهرباء والحرارة، مما يجعلها محورية في أنشطة الطاقة المتعددة. يشهد العالم توسعا سريعا في استخدامات الطاقة الشمسية، بما في ذلك الدول العربية، مع التركيز على تطوير وتعزيز كفاءتها. هناك مناطق معينة مثل صحراء الجزائر تتمتع بفرص كبيرة للاستفادة من الطاقة الشمسية بفعالية بسبب الظروف المناخية المواتية وارتفاع درجات الحرارة.

تعتبر الطاقة الشمسية أحد أهم المصادر البديلة للطاقة، حيث تسعى معظم الدول العالمية لاستثمارها كبديل استراتيجي للمصادر التقليدية. تتنوع الجهود المبذولة في هذا الصدد، حيث تشمل البحوث العلمية والتطور التكنولوجي في تصميم وتطوير الأجهزة والمعدات اللازمة لتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة قابلة للاستخدام من أجل التخطيط في بناء مشاريع ضخمة لاستغلالها.

الماء نعمة عظيمة وهو أصل الحياة، وقد وصفة الله تعالى في القرآن الكريم بقوله: ﴿وجعلْنَا مِن الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍ﴾ (الأنبياء:). تعتبر المياه نعمة أساسية يعتمد عليها الانسان لتلبية احتياجاته في مختلف جوانب الحياة، وتظهر أهميتها بوضوح عند نقصها. حيث يتأثر العالم بأسره بندرة المياه الصالحة للشرب، والتي تنتج عن عجز موارد المياه العذبة عن تلبية الطلب المتزايد عليها.

إن نقص المياه النظيفة وندرة الموارد الطبيعية الناجمة عن الجفاف والإفراط في استغلال المياه الجوفية، أصبحت مشكلة رئيسية تهدد حياة الناس، لذلك تم اللجوء لتحلية المياه المالحة أو مياه البحر عن طريق التقطير الشمسي، حيث يعتبر التقطير بالبيوت المحمية أحد تطبيقات الطاقة الحرارية المنخفضة الحرارة التي تنطوي على تحويل الطاقة الشمسية (الاشعاعية) الى طاقة حرارية لإنتاج المياه العذبة من المياه المالحة، حيث تتكيف بشكل فردي أو جماعي مع المناطق النائية أو المعزولة التي تتطلب استهلاكا منخفضا للمياه [1،2].

تقنيات تحلية المياه الجديدة تسعى الى تحسين الكفاءة وتقليل التكاليف عن طريق استخدام الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية والرياح، بالإضافة إلى تبني عمليات تحلية أكثر فعالية، وذلك لتلبية الطلب المتزايد على المياه النقية في جميع أنحاء العالم.

أجريت الكثير من الأبحاث بهدف تحسين إنتاجية المقطر الشمسي فمنهم من درس تجريبيا ونظريا تأثير إضافة مرايا داخلية على إنتاجية المقطر الشمسي، أو إضافة طبقة من الرمل إلى قاعدة المقطر، أو

إضافة قطع من الإسفنج أو المطاط والحصى من أجل تحسين امتصاص الإشعاع الشمسي وتخزين الحرارة وزيادة تبخر الماء، وكذلك عن طريق إضافة مبادل حراري أو مكثف خارجي أو مضخة حرارية لتحسين فعالية المقطر، ومن بين هذه الوسائل دمج اللاقط الشمسي مع مقطر شمسي أحادي الميل وهي محل دراستنا وذلك بطريقتين: تجريبيا بواسطة القياسات، ونظريا باستعمال معادلات الموازنة الحرارية. والهدف من هذه الدراسة هو استغلال الطاقة الشمسية والتعريف بتقنية التقطير الشمسي وأيضا دراسة جدوى دمج مقطر شمسي بلاقط مع إضافة مبادلات حرارية لكليهما.

ومن أجل الوصول الى أهداف هذا العمل قمنا بتقسيميه الى خمسة فصول:

- المقدمة العامة.
- الفصل الأول: تناولنا فيه دراسة نظرية وضحنا فيها عموميات عن الطاقات المتجددة وبعض المفاهيم الضرورية حول الشمس والإشعاع الشمسي.
- الفصل الثاني: تم التطرق فيه إلى التعريف بالمقطر الشمسي البسيط ذو ميل واحد وأهم مميزاته ودراسة معادلات التوازن الحراري في مختلف أجزاء المقطر.
- الفصل الثالث: تضمن هذا الفصل عملنا التجريبي الذي تمحور حول طريقة عمل وتوصيل مختلف الأجهزة تدوين وتحليل ومناقشة النتائج التجريبية المحصل عليها.
- الخلاصة العامة.

الجزء النظري

الفصل الأول

عموميات حول الإشعاع الشمسي

1-1. مقدمة:

تعتبر الطاقة الشمسية من أهم مصادر الطاقة المتجددة خلال العصر الحالي، مقارنة بالطاقة الأحفورية التي تتلاشى، مما تسبب في آثار كارثية على بيئة الأرض من تلوث وتغيرات في المناخ. لذلك، تتجه جهود كثير من الدول نحو استثمار الطاقة الشمسية واعتبارها كمصدر بديل مهم للطاقة، وقد تم منح النصيب الأوفر للبحوث والتطبيقات في مجال الطاقة الشمسية. لذا سنركز في هذا الفصل على المفاهيم الأساسية لإستغلال الإشعاعات الشمسية وأهميتها وتطبيقاتها.

1-2. عموميات حول الطاقة المتجددة:

الطاقة المتجددة هي الطاقة المستمدة من الموارد الطبيعية التي لا تنفذ وتتجدد باستمرار، ومن أشكال مصادر الطاقة الشمسية أو الجيوفيزيائية أو البيولوجية التي تعيد العمليات الطبيعة تزويدها مجددا بمعدل يفوق معدل إستخدامها حيث تتحصل على التدفقات المستمرة أو المتكررة للطاقة التي تحدث في البيئة الطبيعية وتشمل موارد مثل الكتلة الحيوية، والطاقة الشمسية، والطاقة الحرارية الأرضية والطاقة الكهرومائية وموجات المد والجزر والطاقة الحرارية والبحرية وطاقة الرياح [2،3].

1-2-1. الطاقة المتجددة المستغلة في الوادي:

تملك الجزائر أعلى إمكانات تقنية وإقتصادية لإستغلال الطاقة الشمسية في منطقة الشرق الأوسط وشمال افريقيا فهي تتعرض لحوالي 170 تيرا وات سنويا كما بلغت القدرة الإجمالية المركبة في مجال الطاقات المتجددة 567.1ميغاواط [4]. في عام 2011 شرعت في بناء أول محطة للطاقة الشمسية لها في منطقة حاسي الرمل، هذه المحطة المركبة تنتج ما يقارب من 25 ميجاوات مقترنة مع توربينات غاز تنتج ما يقارب من 130 ميجاوات. بالإضافة الى ذلك، بدأت الجزائر في عام 2011 في العمل ببرنامج وطني لتطوير الطاقة المتجددة وخصوصا الخلايا الشمسية، أنظمة الطاقة الشمسية المركزة توربينات الرياح [5].

1-2-2. أنواع الطاقة المتجددة:

يمكن تصنيف الطاقة حسب مصدرها كآلاتي [6]:

- ✓ **الطاقة الشمسية:** ويمكن استغلالها لعدة أغراض إما لإنتاج الكهرباء وإما لتسخين المياه أو للتجفيف.
- ✓ **طاقة الرياح:** هي شكل من أشكال مصادر الطاقة المتجددة، تحول فيها توربينات الطاقة الحركية للرياح إلى طاقة كهربائية.

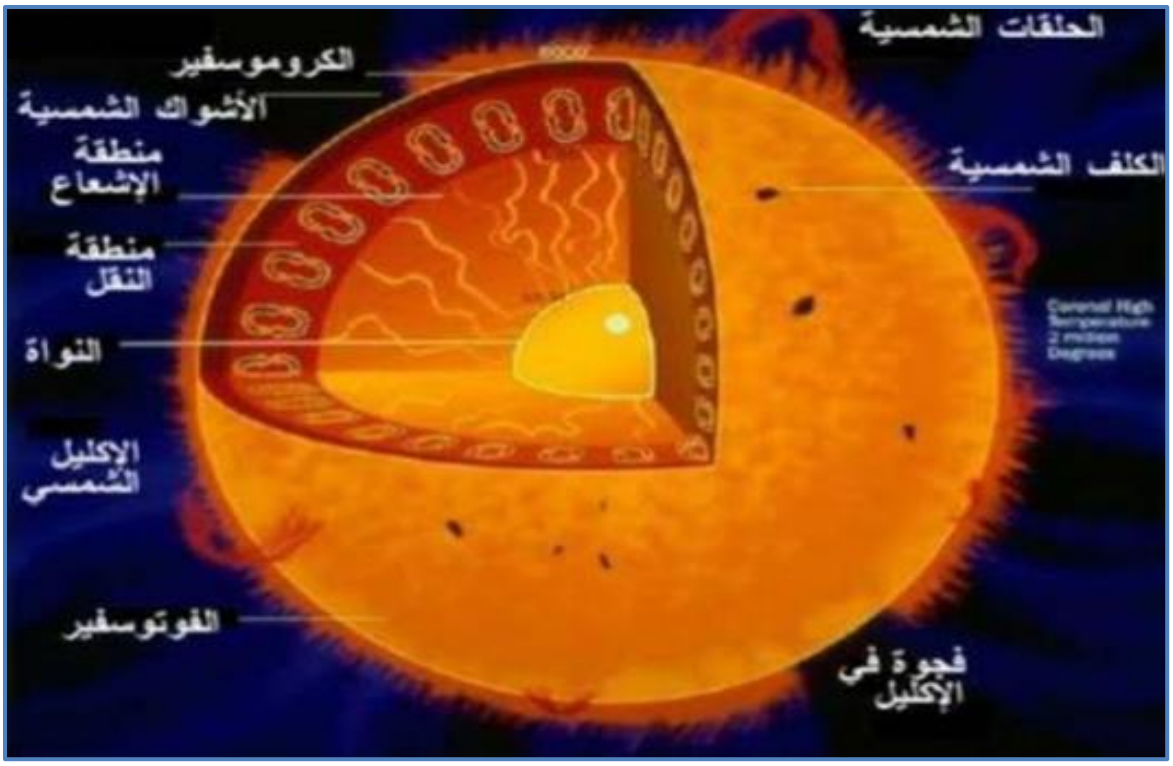
- ✓ **طاقة الكتلة الحيوية:** تشمل طاقة من حرق مخلفات العضوية. وكذلك الحصول على الكحول أو البيو غاز من تخمير الحبوب والمواد النشوية.
- ✓ **طاقة حرارة باطن الأرض:** هي الحرارة المخزونة بين الصخور نتيجة الانتقال الحراري الطبيعي في المناطق البركانية والمناطق الغنية بأحواض الصخور البركانية، وأخيرا مناطق الجرانيت.
- ✓ **الطاقة المائية:** وهي الطاقة التي يتم إنتاجها باستخدام مياه الأنهار والسدود، حيث يتم الحصول على هذه الطاقة من تدفق السدود والأنهار والتي تعمل على تحريك مروحة التوربينات لإنتاج طاقة ميكانيكيه.
- ✓ **طاقة المد والجزر:** وهي الطاقة الناتجة عن قوى جذب الشمس والقمر للماء الكرة الأرضية، حيث يتم استغلال حركة البحر لتشغيل ماكينات تعمل على مطاحن الحبوب.

1-3. الشمس:

الشمس هي أقرب نجم إلينا، هي جسم كروي ذاتي الجاذبية يتكون بشكل أساسي من الهيدروجين. يقع في مركز النظام الشمسي، على مسافة متوسطة تبلغ حوالي 1.5×10^{11}مترا من الأرض. في النواة الداخلية للشمس تخلق قوة الجاذبية ضغطًا يولد اندماجا نوويا يحول الهيدروجين إلى هيليوم، في هذه العملية يتم تحويل جزء من الكتلة إلى كمية وفيرة من الإشعاع الكهرومغناطيسي، الذي يجعل الشمس مصدرا دائما للطاقة الإشعاعية في النظام الشمسي [7].

1-3-1. بنية الشمس:

بينت الدراسات إستنادا الى التباينات في الكثافة والضغط ودرجة الحرارة السائدة في الشمس، أن الشمس تتكون من عدة طبقات متميزة عن بعضها البعض وهي: النواة، منطقة الإشعاع، منطقة التوصيل، الغلاف المرئي (فوتوسفير)، طبقة الإنتقالية الغلاف اللوني، طبقة هالة الشمس كما يوضحه الشكل (1.1) :[8]



الشكل (1-1): بنية الشمس [9].

1-4. الإشعاع الشمسي:

إن النظرية السائدة حول نشوء الشمس هي أنها تشكلت من سحابة غازية من الهيدروجين، المرحلة الأولى من تطور الشمس كانت التقلص التجاذبي الجزيئات الهيدروجين، وهذا التقلص سبب تصادمات عنيفة بين جزيئات الهيدروجين نتج عنها حرارة هائلة أدت إلى صهر نوى ذرات الهيدروجين، ونتج عن ذلك تولد الطاقة وتشكل الهليوم من اتحاد نوى ذرات الهيدروجين الكتلة الذرية للهليوم الناتج أقل من الكتلة الذرية للهيدروجين الأصلي، وذلك بسبب تحول الكتلة إلى طاقة في عملية الانصهار، إن تفاعل الانصهار الأول في السحابة الهدروجينية نتج عنه ولادة الشمس.

تؤدي الإنصهارات النووية الحاصلة في مركز الشمس لإصدار الطاقة بشكل إشعاع كهرومغناطيسي عالي التردد ذي أطوال موجبة تتراوح بين $(0.3\text{-}3)\mu m$، يصدر هذا الإشعاع بجميع أطوال الموجة ابتداء من الموجات الراديوية ذات طول الموجة الطويلة إلى أشعة ذات الموجة القصيرة جدا وأشعة غاما، حيث:

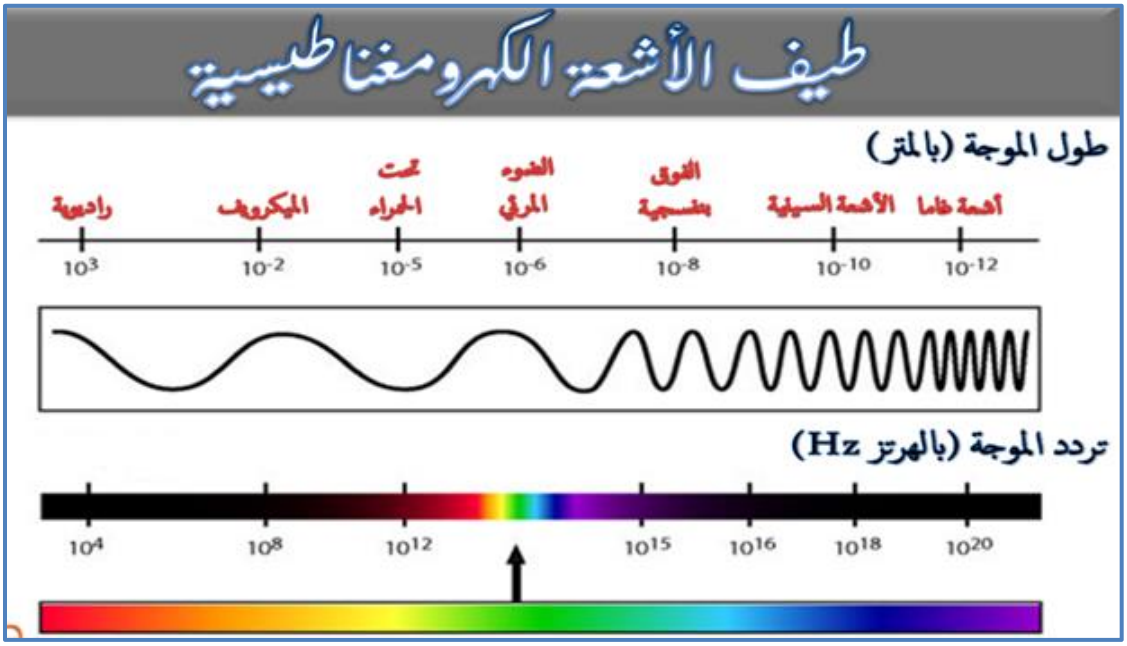
- $\lambda \in [0.25,0.4]$ المجال فوق بنفسجي (UV) يمثل 7% من الطاقة الكلية المنبعثة من الشمس.
- $\lambda \in [0.4,0.8]$ المجال المرئي (V) يمثل 47% من الطاقة الكلية المنبعثة من الشمس.
- $\lambda \in [0.8,1.5]$ المجال تحت الأحمر (IR) يمثل 45.5% من الطاقة الكلية المنبعثة من الشمس.

وجميع هذه الإشعاعات الكهرومغناطيسية تنتقل عبر الفضاء بمعدل ثابت [10].

1-5. طيف الاشعاع الشمسي:

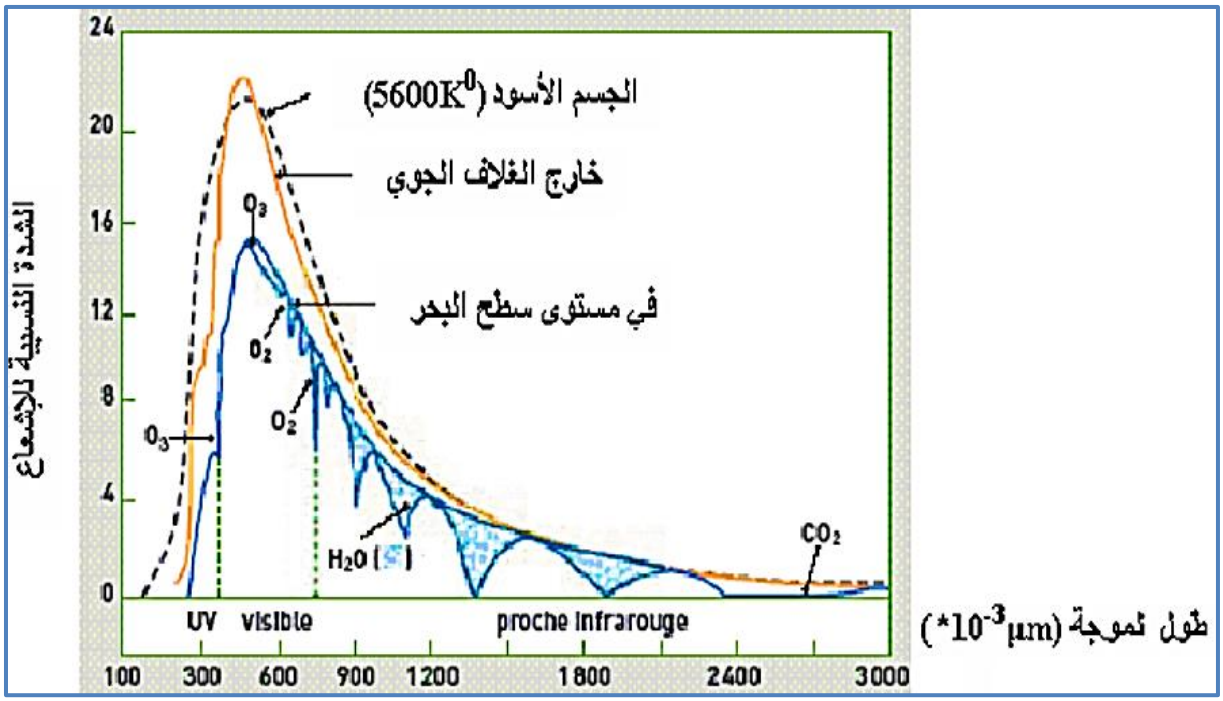
يعتبر الطيف الشمسي جزءًا من الطيف الكهرومغناطيسي الذي يمثل جميع الموجات التي تتضمن المجالات الكهرومغناطيسية يتوافق طيف الإشعاع الشمسي مع درجة حرارة سطح الشمس التي تتراوح بين (5700-5900) درجة مئوية (أي أن الطيف الشمسي المنبعث المرئي في الفضاء يعادل طيف الإشعاع الكهرومغناطيسي المنبعث من إشعاع الجسم الأسود الذي يتم الحفاظ عليه عند درجة الحرارة هذه)، كما هو الحال على الأرض فقد تحول قليلاً من طيف إشعاع الجسم الأسود [11].

يتضمن طيف الأشعة الكهرومغناطسية كل من الأشعة فوق البنفسجية والضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء حيث يبين الشكل (1-2) التوزيع الطيفي للأشعة الكهرومغناطيسية [12].



الشكل (1-2): التوزيع الطيف الكهرومغناطيسي [12]

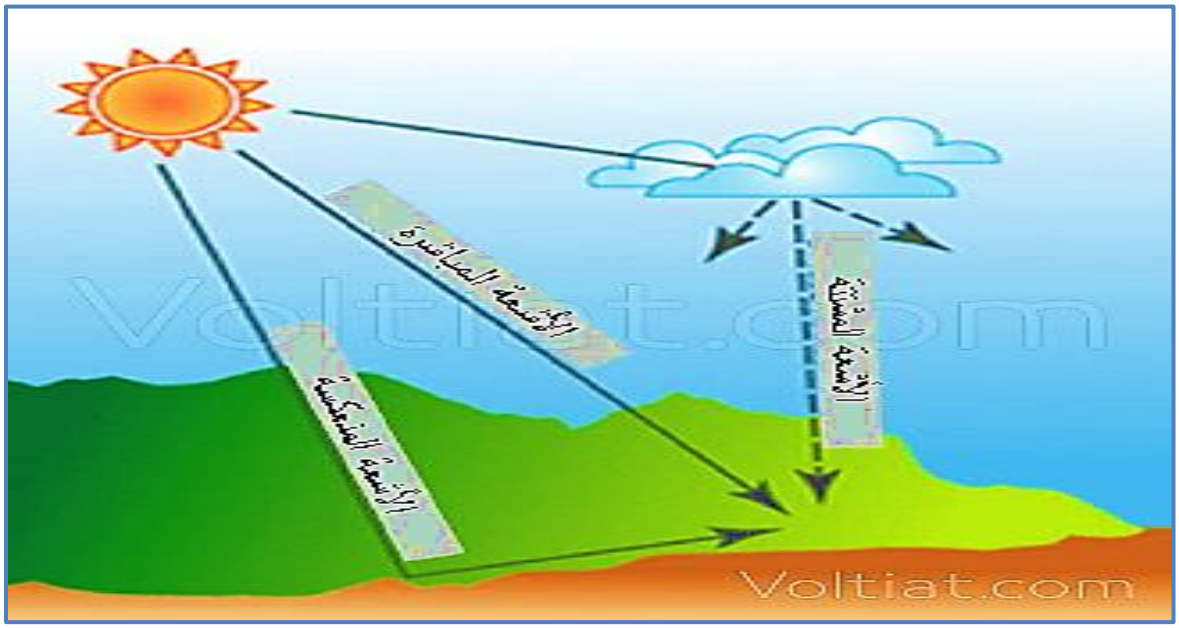
يحدث امتصاص الإشعاع الشمسي في نطاق الأشعة فوق البنفسجية بسبب الأوزون وفي نطاق الأشعة تحت الحمراء بسبب الماء وثاني أكسيد الكربون في عملية الإمتصاص، يتم تحويل الإشعاع الشمسي إلى حرارة تنبعث من الجسيمات كإشعاع طويل الموجة حيث يعد تأثير تشتت رايلي كبير جًدا ويعتمد على الطول الموجي، كما يتضح في الشكل (1-3) [13]:



الشكل (1-3): تأثير الغلاف الجوي على شدة الإشعاع الشمسي [14].

1-6. تقدير الإشعاع الشمسي:

تصدر الشمس الطاقة على شكل إشعاع شمسي متدفق يخترق الغلاف الجوي الأرضي حيث ينعكس جزء منه في الفضاء الخارجي، ويتشتت جزء داخله، أما الجزء المتبقي فينفذ عبره، وبالتالي فان الإشعاع الشمسي الواصل الى سطح الأرض يتكون من ثلاثة أقسام كما هو مبين في الشكل (1-4):



الشكل (1-4): أنواع الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض [14].

1-6-1. الإشعاع الشمسي المباشر

هو الإشعاع الساقط من الشمس على شكل حزم دون إنتشار عبر الغلاف الجوي لذلك يكون إتجاهه ثابت [15].

تعطى عبارة الإشعاع الشمسي المباشر الوارد من الشمس الى سطح الأرض شاقولي بعد إختراقه للغلاف الجوي بالعلاقة [16]:

$$I_b = [a_0 + a_1 e^{-KAM}] \qquad (1-1)$$

حيث a_0 و K *ثوابت* تجريبية تعطى من *طرف* Duffie و Beckman بالعلاقات التالية [16]:

$$a_0 = 0.94[0.4237 - 0.00821(6 - Z)^2] \qquad (2-1)$$

$$a_1 = 0.98[0.5055 - 0.00595(6 - Z)^2] \qquad (3-1)$$

$$K = 1.02[0.2711 - 0.01858(2.5 - Z)^2] \qquad (4-1)$$

حيث z إرتفاع المنطقة فوق سطح البحر معبرا عنها بالكيلومتر (km)، AM الكتلة الهوائية الضوئيةو I الثابت الشمسي، أما في حالة الإشعاع الشمسي المباشر الذي يرد بزاوية i على سطح مائل تعطى عبارته بالعلاقة [16]:

$$I_{bt} = I_b \cos i \qquad (5-1)$$

2-6-1. الإشعاع الشمسي المتشتت:

هو الاشعاع الساقط من الشمس والذي يغير إتجاهه عند مروره بالغلاف الجوي الذي ينقسم الى شعاعين: الأول الشعاع المتشتت في السماء والثاني الشعاع المنعكس من محيط سطح الأرض [15].

$$I_b = I \sin h[0.2710 - 0.2939(a_0 + a_1 e^{-K.AM})] \qquad (6-1)$$

حيث ان الإشعاع المتشتت لا يتأثر بتصميم وتركيز PTC بخلاف الإشعاع المباشر.

3-6-1. الإشعاع الشمسي الكلي G:

هو مجموع الإشعاع المباشر والمتشتت [15]

$$G = I_b + I_d \qquad (7-1)$$

ويحسب في حالة الإشعاع ناظمي i =0 بالعلاقة [16]:

$$G = (1270 - 56T_L)(\sin h)^{((TL+36)/(33))} \quad (8-1)$$

حيث T_L معامل الإضطراب للغلاف الجوي وتعطى صيغته [15]

$$TL = 2.5 + 16\beta_A + 0.5 \ln \omega \quad (9-1)$$

حيث β_A *معامل* أنغيشتروم و ω إرتفاع الماء المكثف وقيمهما تتغير حسب الحالة الجوية كما هو موضح بالجدول [15]:

الجدول (1-1): قيم معامل الإضطراب والماء المكثف [15].

	سماء مضطربة	سماء متوسطة	سماء صافية
β_A	0.2	0.1	0.05
ω	5 Cm	2Cm	1Cm

1-7. العوامل المؤثر على شدة الإشعاع:

الأشعة الشمسية التي تصل الى سطح الأرض تتغير بناء على عوامل متعددة تأثر على شدتها ومن أهمها:

1-7-1. زاوية سقوط الأشعة الشمسية:

هي الزاوية بين الشعاع الشمسي الوارد على السطح المدروس والناظم المقام على هذا السطح يكون ($Z = \theta$)، وتتراوح في المجال ($0° \leq \theta \leq 180°$) وتعطى بالعلاقة [17]:

$$\cos(\theta) = \cos(h)\cos(a)\sin(\gamma) + \sin(h)\cos(\gamma) \quad (10-1)$$

1-7-2. إختلاف طول النهار:

إن إختلاف كمية الإشعاع الشمسي الواصلة لسطح الأرض عند دوائر العرض تختلف مع طول النهار، حيث أنه لا يوجد إختلاف في طول النهار والليل عند المناطق المدارية أي بمعدل 12ساعة. في المناطق المعتدلة، يزداد طول النهار في فصل الصيف ويقصر في فصل الشتاء مما يؤثر على درجات الحرارة بحيث تكون مماثلة للمناطق المدارية في الصيف ومختلفة في الشتاء بسبب تعويض طول ضعف أشعة الشمس [18].

1-7-3. شفافية الغلاف الغازي:

إ ن مكونات الغلاف الجوي تأثر على تدفق الأشعة الشمسية التي تصل إلى سطح الأرض، فعند اختراق الأشعة الشمسية لطبقات الغلاف الجوي يتغير مسارها وكميتها حسب مكونات كل طبقة وسمكها من خلال عوامل الإمتصاص والتشتت وإضافة لذلك هناك علاقة عكسية بين كمية الاشعاع الساقط على سطح الأرض وسمك طبقة الغلاف الغازي [14،19].

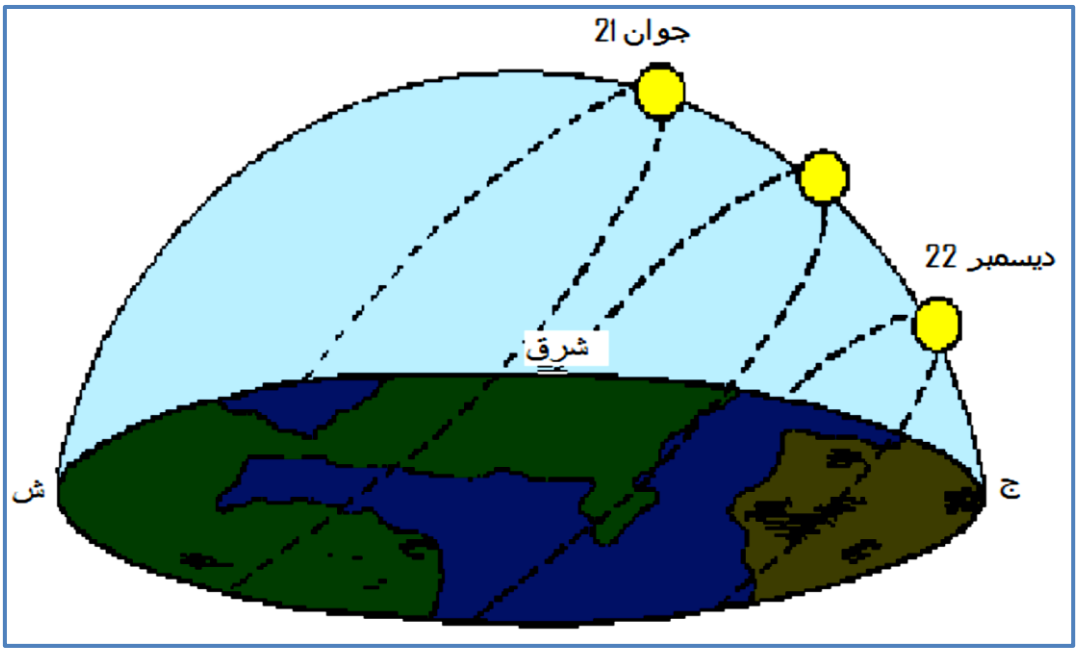
1-7-4. انعكاس حركة الأرض وإختلاف تضاريسها:

تدور الأرض حركة دورانية يومية حول محورها وحركة دورانية سنوية حول الشمس، كما تتميز الأرض بظاهرة الفصول الأربعة الناتجة عن ميل محور دورانها حول الإهليج بزاوية °23 و26°، وتنعكس هذه الزاوية بتوزيع غين منتظم لدرجة الحرارة، وهكذا يبقى فصل الشتاء في نصف الكرة الشمالي لمدة ثلاثة أيام أقل من الصيف، ويكون أقصر من الشتاء في نصف الكرة الجنوبي. الجدول يمثل مدة الفصول بنصف الكرة الأرضية الشمالي [20].

الجدول (1-2): مدة الفصول في نصف الكرة الأرضية الشمالي.

الفصول في نصف الكرة الأرضية	المدة الحالية
الربيع	92 يوما و19 ساعة
الصيف	93 يوما و23 ساعة
الخريف	89 يوما و13 ساعة
الشتاء	89 يوم

كما أن الأشعة الشمسية تسقط بزاوية عمودية عند مدار الجدي والسرطان عند خطوط العرض °23 و°26من نصفي الكن الأرضية، أما القسم الباقي من الأرض فيبقى في ظلام تام، أ ما فوق خطي العرض °66و°30 وعند القطبين يدوم الليل 6 أشهر ونسمي خطي العرض°66 و °30بدائرة القطب الشمالي أو الجنوبي كما هو مبين في الشكل التالي [14]:



الشكل (1-5): التغير الفصلي ليل والنهار [14].

يلتقط نصف الكرة الأرضية الشمالي يوم 21 ديسمبر، خلال الانقلاب الشتوي الشكل نسبة أقل من الطاقة الشمسية مقارنة مع الصيف وهذا لأن أشعة الشمسية تعتبر مسافة طويلة في الغلاف الجوي كلما إرتفعت زاويت السقوط [20].

1-8. الثابت الشمسي E_0:

يعرف الثابت الشمسي بأنه كمية الطاقة الساقطة في وحدة الزمن على وحدة مساحة متعامدة مع الشعاع الشمسي وواقعة على سطح الغلاف الجوي المحيط بالكرة الأرضية، وذلك بإعتبار المسافة بين الشمس والأرض على قيمتها المتوسطة خلال السنة المقدرة بـــــ($1.5*10^8$Km) والقيمة المتوسطة للثابت الشمسي (E_0=1353W/m^2) [16،19].

حيث تتغير شدة تدفق الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي بالإنحراف عن قيمة الثابت الشمسي E_0 بـــــــــــ ($\pm$ 3.5%) حسب إقتراب وإبتعاد الشمس عن الأرض وذلك حسب اليوم والسنة وتعطى علاقة تصحيح الثابت الشمسي كالتالي:

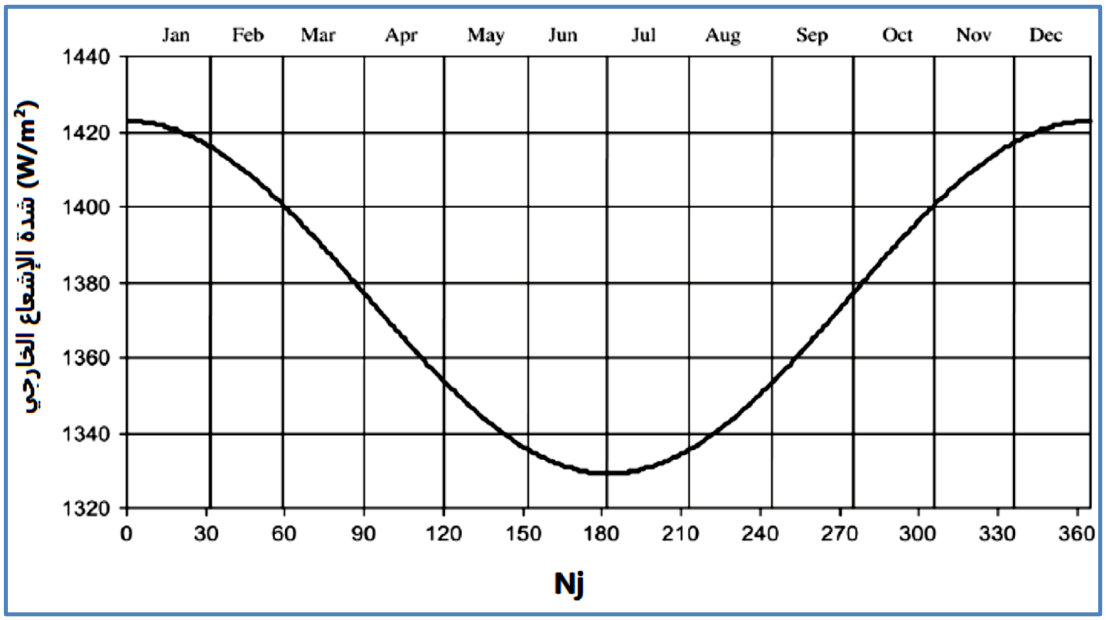
$$I_0 = E_0\left[1 + 0.33\cos\left(\frac{360N_j}{365}\right)\right] \qquad (11-1)$$

حيث:

E_0: الثابت الشمسي وهو شدة الإشعاع الشمسي الواصل إلى طبقة الجو المحيط بالأرض، وهي متغيرة نوعا ما ومعدل قيمته $1367w/m^2$.

Nj : رقم اليوم من السنة ابتدءا من (1جانفي .....365).

وقمنا بالرسم البياني لدالة الثابت الشمسي الموضحة في الشكل الآتي:



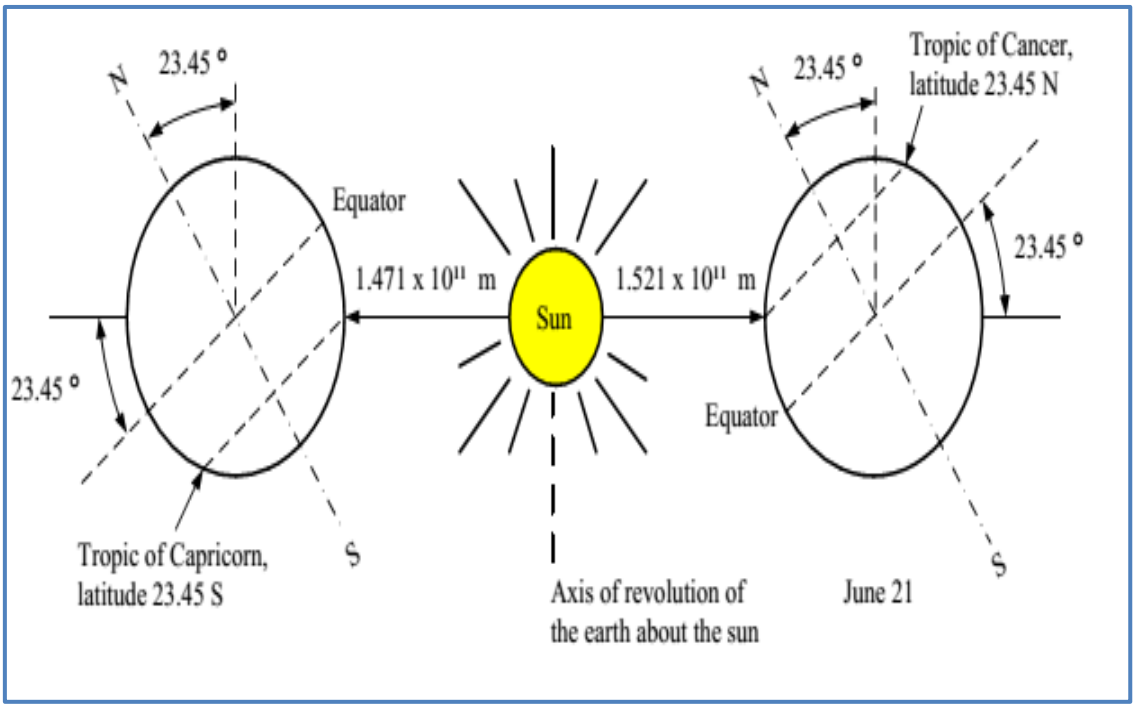
الشكل (1-6): تغيرات شدة الإشعاع الشمسي الخارجي بدلالة اليوم والسمة [21].

1-9. الزوايا الشمسية:

بما أن شدة الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض تابع لموقع سطح الأرض بالنسبة للشمس فإننا نحتاج إلى بعض الزوايا الهندسية التي ترتبط بين سطح الأرض والشمس بناء على موقع السطح الجغرافي بالنسبة للشمس [10].

1-9-1. زاوية ميل الشمس:

يتغير الميل الشمسي بناء على فصول السنة وموقع الأرض، فعندما يكون الميل الشمسي إيجابيا (مثل 23.45+ درجة) يكون فصل الصيف في نصف الكرة الأرضية الشمالي والشتاء في نصف الكرة الجنوبي، والعكس صحيح عندما يكون الميل الشمسي سالبا (مثل -23.45درجة). هذه الزوايا تؤثر على توزيع الحرارة والضوء على سطح الأرض، مما يؤثر بشكل كبير على المناخ والمواسم [22].

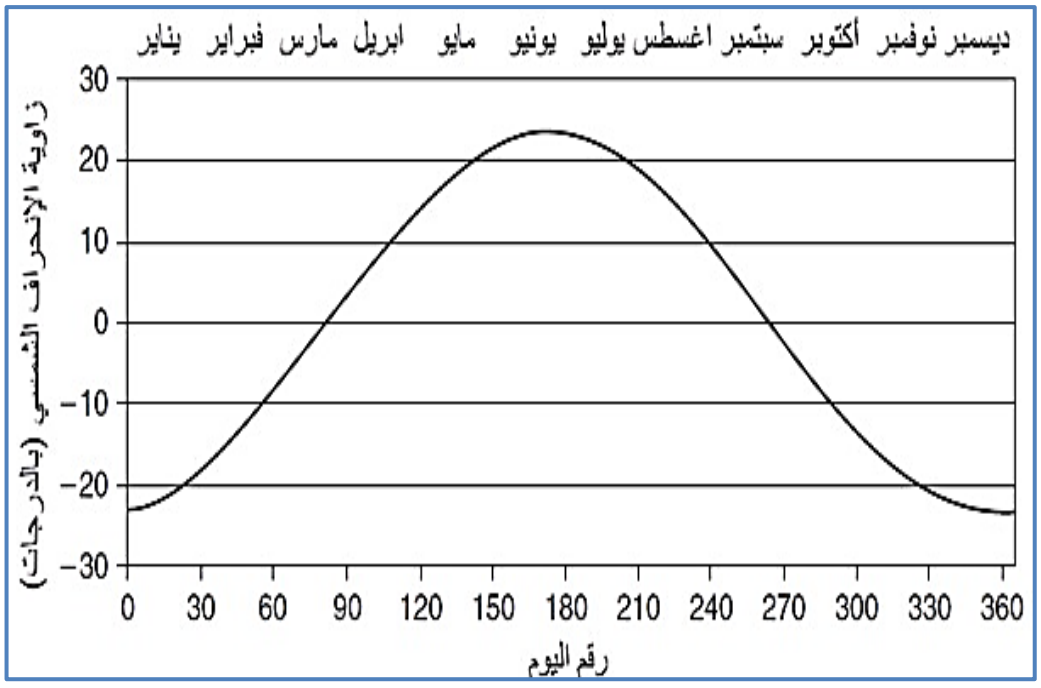


الشكل (1-7): زاوية الأرض بالنسبة إلى الشمس [23].

تحسب علاقة ميل الشمس بالشكل التالي:

$$\delta_S = 23.45\, sin\left(360\frac{248+n}{365}\right) \qquad (12-1)$$

n:يمثل رقم اليوم في السنة من 1إلى 366.



الشكل (1-8): تغيرات زاوية الميل الشمس خلال أيام السنة.

1-9-2. الارتفاع الشمسي h:

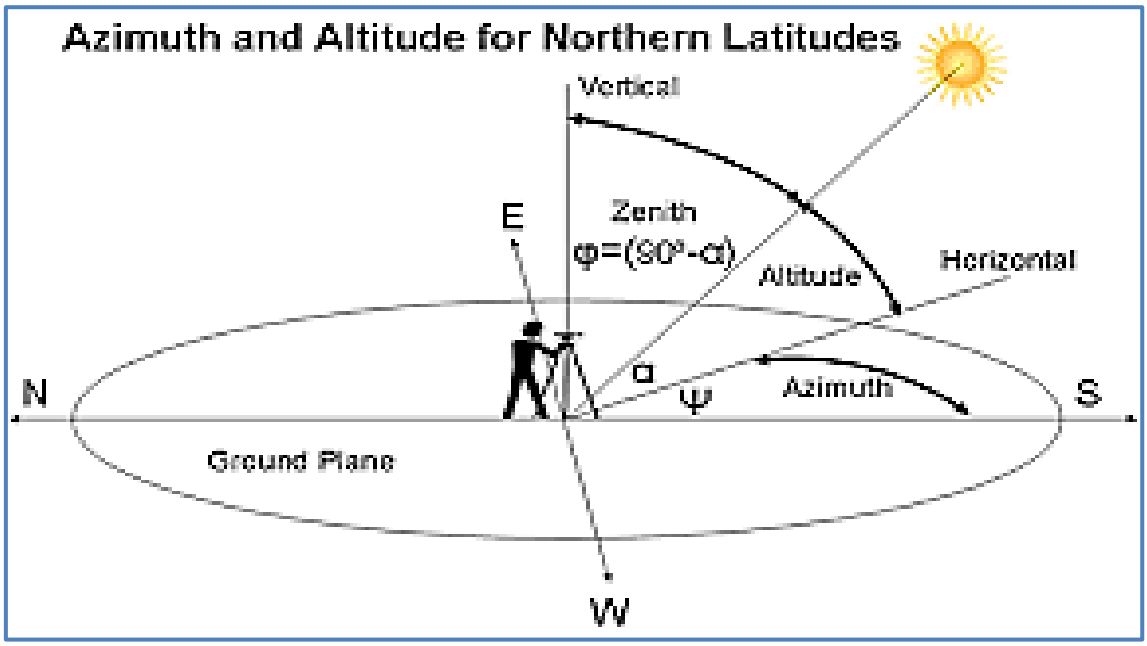
زاوية الارتفاع الشمسي هي الزاوية المحصور بين المستقيم الواصل بين نقطة من سطح الأرض ومركز الشمس والمستقيم الأفقي الذي يمر من تلك النقطة من سطر الأرض [19،20].

$$h\in[-90^0 —+ 90^0]$$

وتكتب بالعلاقة التالية:

$$\boldsymbol{sin(h) = sin\,\varphi.sin\,\delta + cos\,\varphi.cos\,\delta.cos\,\omega} \qquad (13-1)$$

h=0:عند شروق والشمس.0 <h:في النهار 0.>h:في الليل.



الشكل (1-9): الزوايا الشمسية(a.φ) [20].

1-9-3. خط العرض φ:

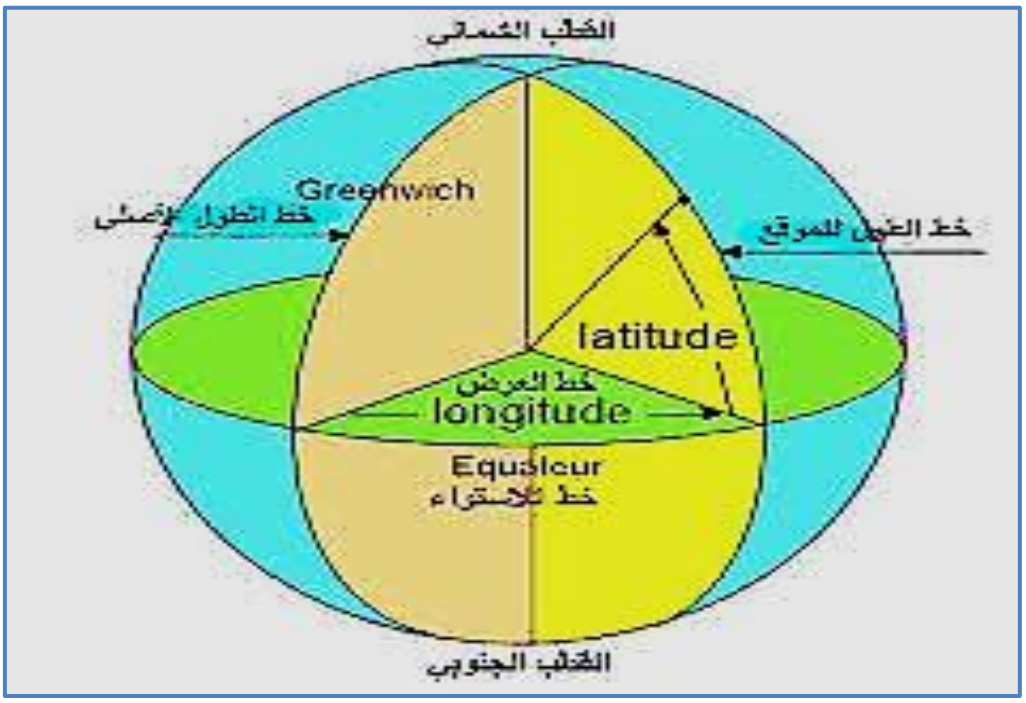
خط العرض لنقطة هو الموقع الزاوي للنقطة المدروسة بالنسبة إلى مستوي خط الإستواء، وهي الزاوية المحصورة بين شاقول النقطة ومكان الإستواء وتتغير قيمها حسب المجال التالي $\varphi \in[-90^0،+90^0]$.

$\boldsymbol{\varphi > 0}$ **:** شمال خط الإستواء.

$\boldsymbol{\varphi < 0}$ **:** جنوب خط الإستواء.

1-9-4. زاوية خط الطول L:

وهي الزاوية التي يصنعها خط الطول الرئيسي المار بالمنطقة مع خط الطول الرئيسي غرينيتش وقيمتها تتراوح في المجال $(-180°) \leq L \leq (+180°)$ [24،6].



الشكل (1-10): زاوية خط الطول L ودائرة العرض φ[20].

1-9-5. زاوية السمت الشمسي a:

وهي الزاوية المحصورة بين المستوي الأفقي للجنوب ومسقط أشعة الشمس على سطح أفقي لأرض، وتتراوح قيمتها في المجال $a \in [-180°, +180°]$ [25،20].

حيث:

a=0 : مسقط الشعاع الشمسي منطبق على المحور الجنوبي.

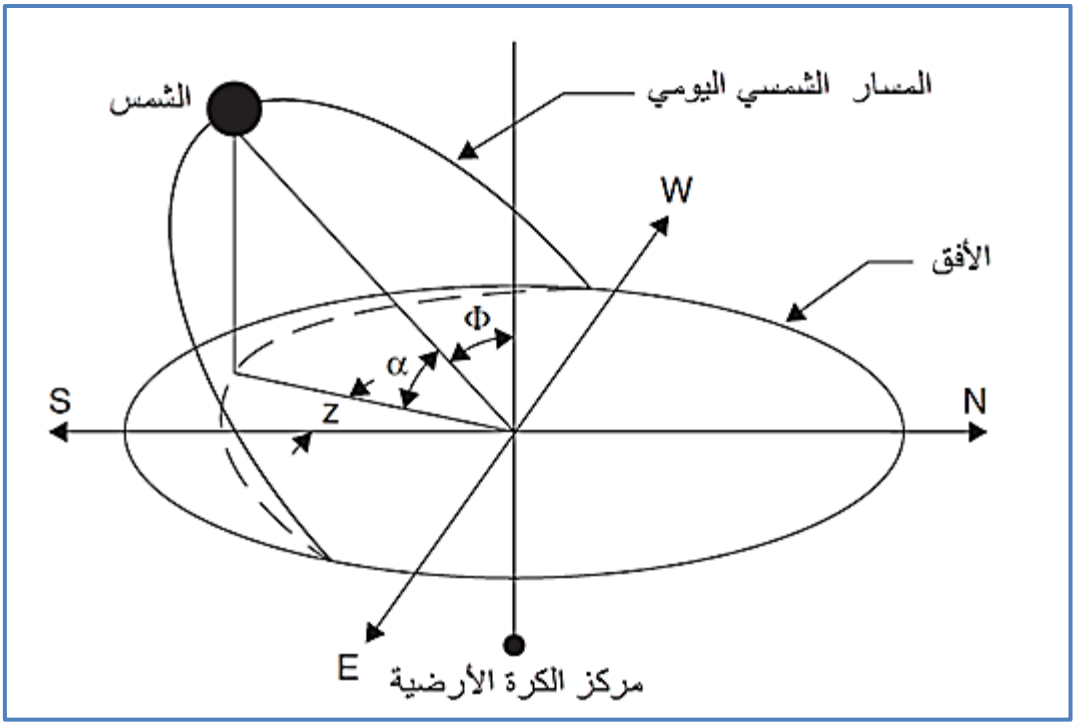
a> 0 :مسقط الشعاع الشمسي المنحرف عن المحور الجنوبي بإتجاه الغرب.

a< 0 :مسقط الشعاع الشمسي منحرف عن المحور الجنوبي بإتجاه الشرق .

ويمكن حسابها بالعلاقة التالية:

$$sin\, a = \frac{cos\, \delta . sin\, \omega}{cos\, h} \qquad (14-1)$$

حيث ω :تمثل زاوية الساعة الشمسية.



الشكل (1-11): زاويتا كل من السمتa وسمت الرأس z [25].

1-9-6. زاوية سمت الرأس Z:

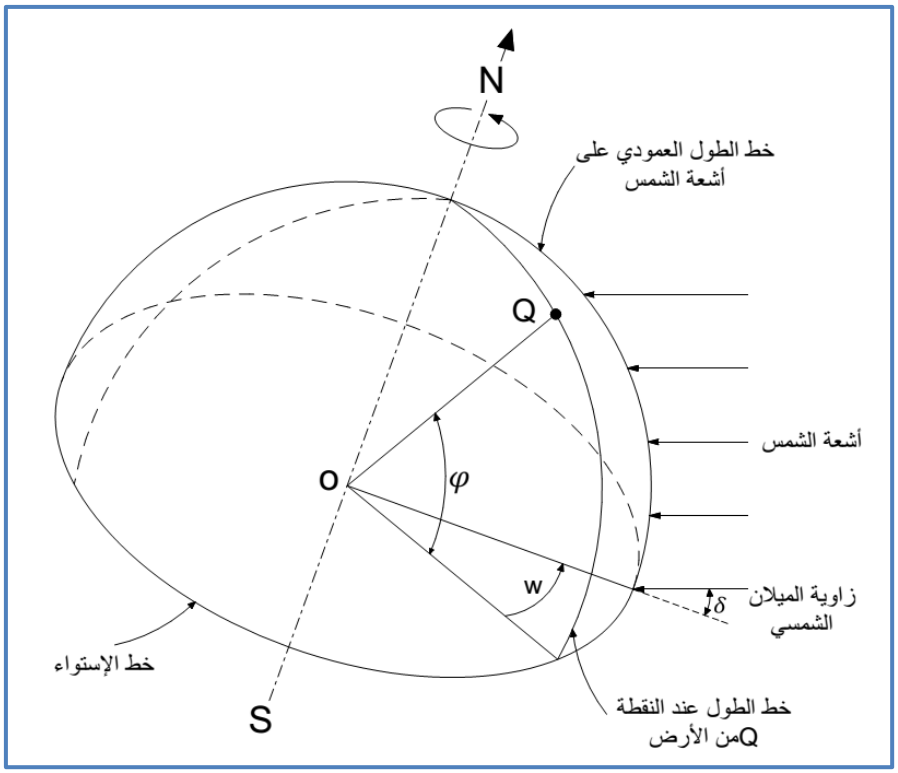
هي الزاوية بين الشعاع الشمسي والناظم على سطح الأرض، وهي بذالك ترتبط بزاوية الارتفاع الشمسي h [6،20] بالعلاقة التالية كما هو موضح في الشكل السابق (1-11):

$$Z = \frac{\pi}{2} - h \qquad (15-1)$$

1-9-7. زاوية الساعة الشمسية ω:

عندما نتحدث عن الزاوية الشمسية لنقطة معينة على سطح الأرض، فإننا ننظر إلى الزاوية بين مستوى الأفق وخط الطول لتلك النقطة، والذي يمتد من القطب الشمالي إلى القطب الجنوبي، وخط الشمس الذي يمتد من موضع الشمس في السماء مباشرة إلى مركز الأرض. هذه الزاوية تحدد كيفية وضع الشمس في السماء بالنسبة لتلك النقطة في وقت معين.

عندما تكون الشمس في السماء مباشرة فوق نقطة ما، فإن الزاوية الشمسية تكون الصفر درجة. وكلما اتجهت الشمس نحوي الأفق زادت الزاوية الشمسية، حيث تكون الشمس على الأفق، والزاوية الشمسية ما يقارب 90° [19،20].



الشكل (1-12): زاوية الساعة الشمسية ودائرة العرض [26].

وتعطى علاقات الساعة الشمية بالدرجة على الشكل التالي [27]:

$$\boldsymbol{\omega = 15(T_{VS} - 12)} \qquad \boldsymbol{(16-1)}$$

Tvs: يمثل التوقيت الشمسي الحقيقي الذي يعبر عن الزوال الشمسي (ω =0) عند الساعة 12.

$$\boldsymbol{T_{VS} = TU + Et + \frac{L}{5}} \qquad \boldsymbol{(17-1)}$$

TU : التوقيت العالمي (خط الزوال عبر غرينتش).

Et : معادلة التصحيح الزمني.

L: خط الطول للمنطقة حيث L>0شرقا و L<0غربا.

وتتغير قيم هذ الزاوية كما هو موضح في هذا المجال $\omega \in [-180°; +180]$.

$\omega = 0$ عند الزوال الشمسي. $\omega > 0$ مساءا بعد الزوال. $\omega < 0$ صباحا قبل الزوال.

1-9-8. التوقيت الشمسي T_{VS} والمحلي TL:

يختلف التوقيت المحلي لمنطقة عن التوقيت الشمسي ويتعلق الفرق في التوقيت إلى عوامل نذكرها [15،19]:

الفرق بين خطي طول المنطقة والخط المرجعي للتوقيت المحلي (خط غرينتش).

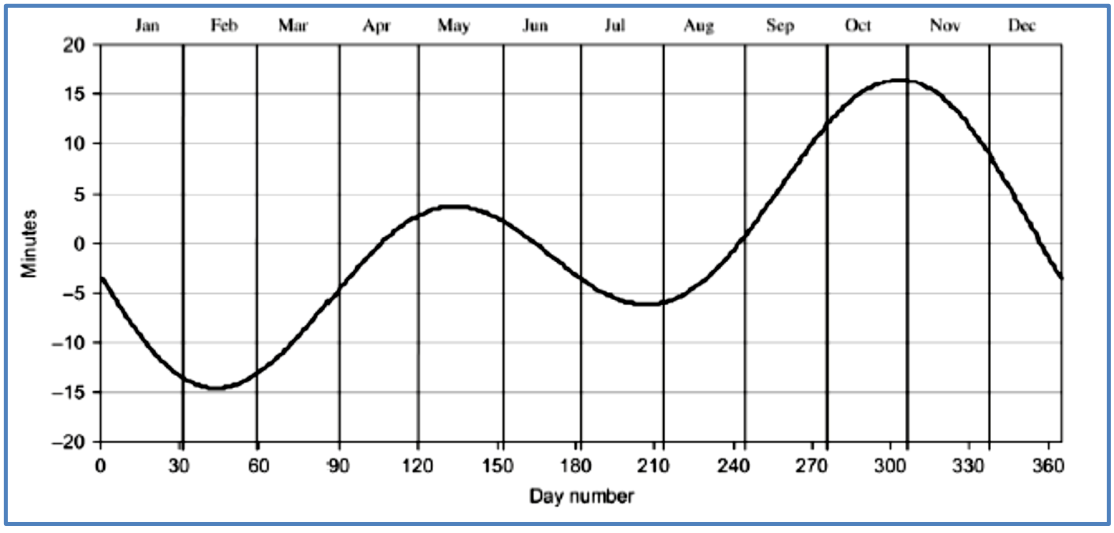
يحدث التغير المحلي للتوقيت (مثل التغير بين التوقيت الصيفي والشتوي)، يتم التعديل في التوقيت المحلي بالنسبة لتوقيت غرينتش. عندما تكون القيمة $c - 1$ ، فإن التوقيت المحلي يكون ساعة واحدة قبل توقيت غرينتش. لذلك يتم تحديد التوقيت الشمسي للجزائر بالعلاقة التالية:

التوقيت المحلي =التوقيت الشمسي +1ساعة

المعادلة الزمنية Et المعبرة عن الإضطراب الناتج عن حركة الأرض والذي يعطى بالعلاقة التالية:

$$Et = 9.87\,sin\left[\frac{2.360}{365}(Nj - 81)\right] - 7.53\,cos\left[\frac{360}{365}(Nj - 81)\right] - 1.5\,sin\left[\frac{360}{365}(Nj - 81)\right] \qquad (18-1)$$

حيث: Nj تمثل عدد أيام السنة.



الشكل (1-13): تغيرات المعادلة الزمنية خلال أيام السنة [28].

1-9-9. تحديد توقيت شروق وغروب الشمس:

تنعدم زاوية الإشعاع الشمسي h عند الشروق والغروب (الشعاع الشمسي منطبق على سطح الأرض) [19،15]. وتعطى بالعلاقة التالية:

$$\boldsymbol{h = 0 \rightarrow sin(h) = 0} \qquad \boldsymbol{(19-1)}$$

ومنه تتحصل على قيمة الساعة الشمسية (ω) للشروق أو الغروب.

$$\boldsymbol{\cos\omega = \tan L \,.\, \tan\delta} \qquad \boldsymbol{(20-1)}$$

ومنه يكون التوقيت الشمسي للشروق:

$$\boldsymbol{T_{S_{lever}} = 12 - \frac{\omega}{15}} \qquad \boldsymbol{(21-1)}$$

والتوقيت الشمسي للغروب:

$$\boldsymbol{T_{S_{coucher}} = 12 + \frac{\omega}{15}} \qquad \boldsymbol{(22-1)}$$

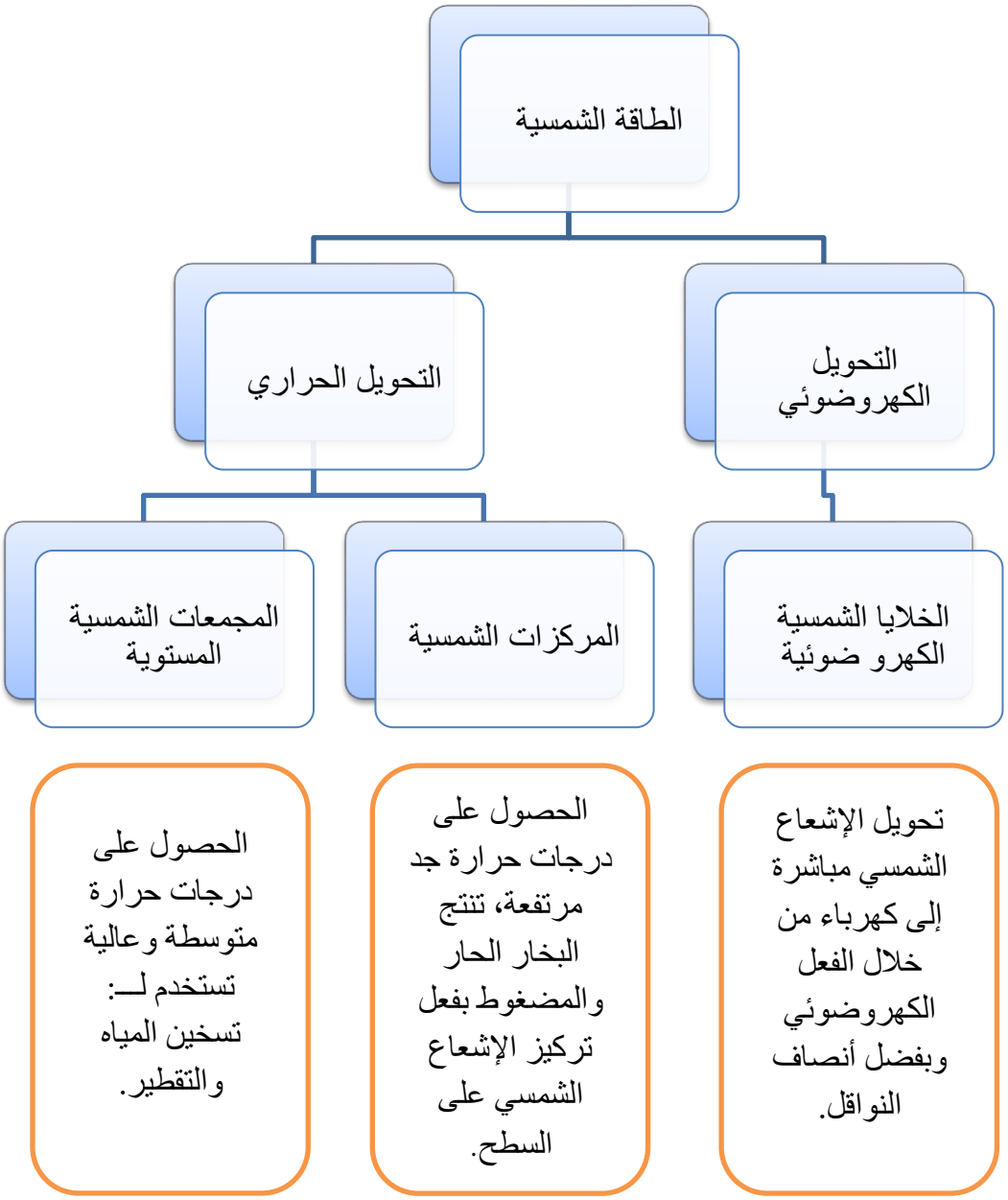
وتكون مدة النهار لليوم:

$$\boldsymbol{\Delta t = T_{S_{coucher}} - T_{S_{lever}} = 2\left(\frac{\omega}{15}\right)} \qquad \boldsymbol{(23-1)}$$

والمدى النهاري Δt:هو المدة بين الشروق والغروب.

1-10. استخدامات الطاقة الشمسية:

تكمن أهمية الطاقة الشمسية في كونها طاقة هائلة يمكن استغلالها في أي مكان وتشكل مصدرا مجانيا لا ينضب كما تعتبر طاقة نظيفة والشكل $(1-14)$ يوضح استخدامات الطاقة الشمسية في العديد من المجالات ومن أهمها:



الشكل (1 – 14) : مخطط يوضح استخدامات الطاقة الشمسية [29]

يمكن تحديد بعض التطبيقات الشمسية المنزلية وغيرها ومنها:

1-10-1. تسخين المياه:

تستخدم نظم التسخين التي تعمل بالطاقة الشمسية ضوء الشمس لتسخين الماء، فمن أكثر أنواع سخانات المياه التي تعمل بالطاقة الشمسية الانابيب المفرغة (44%)، والالواح المستوية المصقولة (34%) التي تستخدم بصفة عامة لتسخين الماء في المنازل، وكذلك الالواح البلاستيكية غير المصقولة (21%)التي تستخدم بصفة رئيسية في تدفئة مياه حمامات السباحة [30].

1-10-2. التدفئة:

يكون المقصود بالتدفئة في تطبيقات الطاقة الشمسية، هي تدفئة المنازل والبنايات المستعملة لأغراض مختلفة وذلك بضخ الحرارة المكتسبة في المجمعات الى داخل الحيز، ولتحقيق هذا الغرض تبرز الحاجة الى استعمال بعض المعدات والأجهزة لنقل التأثير الحراري من المجمع الشمسي الى داخل البناية [31].

1-10-3. التبريد الشمسي:

التبريد الشمسي هو عملية نقيض لعملية التدفئة، وهو عبارة عن ضخ الحرارة من داخل حيز معين الى الخارج وذلك باستعمال أداة ميكانيكية تعمل على ذلك.

كما ان أنظمة التبريد تحتاج الي مصدر حراري حيث تقوم المجمعات الشمسية بهذا المصدر الحراري الذي يزود نظام التبريد بمتطلباته [31].

1-10-4. تجفيف المحاصيل:

التجفيف بشكل عام من أقدم استخدامات الطاقة الشمسية، وخاصة تجفيف المحاصيل فهي مسالة قديمة في التاريخ البشري حيث استعمل الانسان الطاقة الشمسية لتخليص المحاصيل من قسم من السوائل الموجودة فيها وذلك لمنعها من التلف وجعلها صالحة للخزن لفترات طويلة [31].

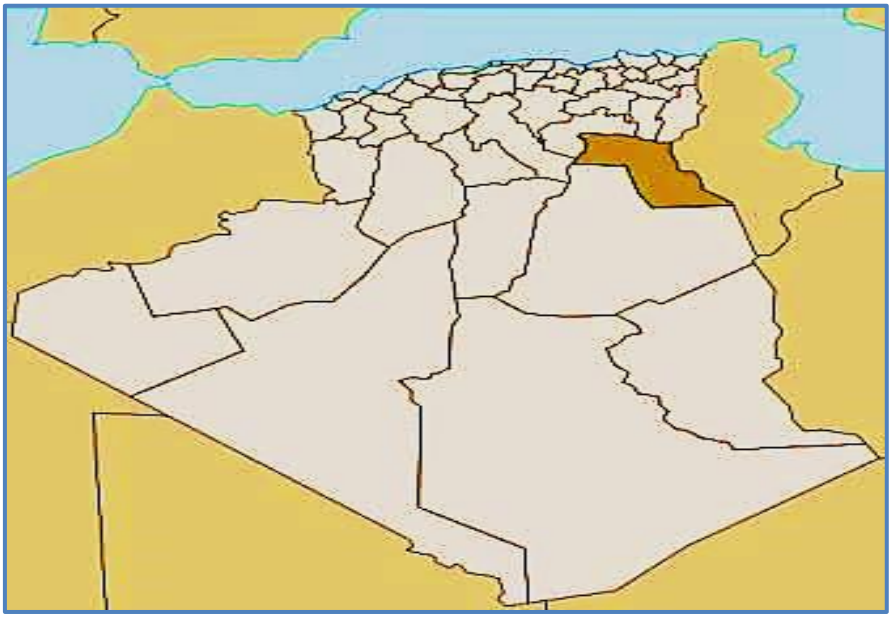
1-10-5. تحلية المياه:

ان ازمة المياه الناشئة في العالم تدفعنا للبحث عن طرق جديدة للحصول على مياه تتلاءم مع متطلبات الحياة، وذلك لزيادة عدد السكان وتوسع القدرات الإنتاجية في المجالات الصناعية والزراعية، حيث تكون تحلية مياه البحر انسب الوسائل لتحقيق المتطلبات المتزايدة، ان أكثر الطرق شيوعا لتحلية المياه بالطاقة الشمسية هي طريقة المقطر الشمسي حيث يستخدم الطاقة الشمسية في تبخير الماء [31].

1-11. الخصائص الشمسية لمنطقة الوادي:

بالنسبة للمناخ بولاية الوادي تكون الامطار قليلة وغير منتظمة تقل عن 200 ملم/سنة والجو جاف والحرارة مرتفعة والفوارق الحرارية اليومية والفصلية مرتفعة يصل المتوسط الحراري لفصل الصيف الى 34° وقد يتعدى في بعض الأحيان 50° حيث تكون الرمال شبه ملتهبة، وفي فصل الشتاء يكون المتوسط الحراري 10°، وعندما تشتد البرودة وخاصة ليلا تنخفض الى ما دون 0°. ويعتقد بعض العلماء انها المنطقة الأكثر جفافا خلال 3000 سنة و تكون الخصائص الشمسية بصحراء وادي سوف و الصحراء الجزائرية

عامة أكبر خزان للطاقة الشمسية في العالم حسب ما أعلنته الوكالة الفضائية الألمانية عقب دراسة حديثة اجرت من قبل خبراء الوكالة ، حيث تدوم الاشعاعات الشمسية في الصحراء الجزائرية 3000 ساعة اشعاع في السنة وهو أعلى مستوى لإشراق الشمس على المستوى العالمي حسب الدراسة السابقة واستنتج انه بإمكان انتاج الكهرباء من الطاقة الشمسية في الصحراء الجزائرية يمكن أن يغطي 50 مرة احتياجات القارة الاوربية من الطاقة التي تستهلكها سنويا [32] .



الشكل (1-15): خريطة توضح الموقع الجغرافي لولاية الوادي.

الشكل (1-16): المناخ السائد لولاية الوادي.

12-1. أسباب إختيار المنطقة:

لأسباب عديدة نذكر منها [5]:

- ✓ السكن بالمنطقة والمعرفة المسبقة لها.
- ✓ درجات الحرارة العالية وجفاف المنطقة.
- ✓ إبراز المردود الحراري للمنطقة.

13-1. خاتمة:

في ختام هذا الفصل نكون قد بينا أن الطاقة الشمسية تمثل موردا هائلا لكوكبنا، حيث تعمل الشمس على توفير نوعين هامين من الطاقة الحرارية والاشعاعية. تعرفنا أيضا على الأنواع الشمسية المختلفة، بما في ذلك الانتشارية والمباشرة والكلية، كيفية استخدام الطيف الشمسي والزوايا الشمسية في حساباتنا النظرية لتقدير الاشعاع الشمسي الساقط، وقمنا بتسليط الضوء على التطبيقات الهامة للطاقة الشمسية، سوءا في المجال الكهربائي او الحراري، والتي تتطلب بالضرورة منظومة المجمعات والمركزات الشمسية لتقوم بتحويل هذه الطاقة حسب الحاجة.

الفصل الثاني

المقطر الشمسي البسيط

أحادي الميل

2-1. مقدمة:

عرف الإنسان منذ القدم أن للشمس طاقة هائلة فضلا عن كونها مصدرا طبيعيا غير مكلف، فالطاقة الشمسية هي الضوء والحرارة المنبعثان من الشمس. حيث قام الإنسان بتسخيرهما لمصلحته منذ عصور باستخدام مجموعة من الوسائل التكنولوجية والتي بدورها تتطور باستمرار. تضم تقنيات تسخير الطاقة الشمسية استخدام الطاقة الحرارية للشمس سواءا للتسخين المباشر أو ضمن عملية تحويل ميكانيكي لحركة أو لطاقة كهربائية، واستخدام الطاقة الضوئية لتوليد الكهرباء عبر الظواهر الكهروضوئية. وفي وقتنا الحالي نجد أن الكثير من الدول تعاني صعوبة في الحصول على المياه الصالحة للشرب وذلك لندرتها ولتزايد تكلفتها، فوجدت هذه الدول أن الاعتماد على طريقة التقطير بالطاقة الشمسية هو الحل الأنسب لحل مشاكلها، هناك عدة أنواع للمقطرات الشمسية منها البسيطة مثل المقطر أحادي الميل الذي اجرينا عليه الدراسة والمقطر ثنائي الميل وغيرها، ومنها المتعددة مثل المقطر متعدد الطوابق. ومن بين العناصر التي سنتناولها في هذا الفصل هي مفهوم المقطر الشمسي أحادي الميل ومبدأ عمله وغيرها؟

2-2. تعريف المقطر الشمسي البسيط:

هو عبارة عن جهاز يستقبل الماء المالح و ينتج ماءا نقيا من الأملاح، ويتكون المقطر من حوض معزول حراريا ومغلق الأطراف وله غطاء زجاجي شفاف، ويكون الغطاء الزجاجي في العادة مائلا لكي يسمح بتجميع القطرات الناتجة عن تكثف البخار عليه، والتي تنحدر ثم تسقط في القناة الخاصة بتجميع الماء المقطر، ومن الضروري عزل قعر الحوض وجوانبه بالعوازل الحرارية لتقليل الضياعات الطاقوية من أجل رفع كفاءة المقطر، و يجب أن يطلى قعر الحوض بطلاء أسود غير براق لامتصاص الحرارة، وكذلك إحكام غلق جوانب الحوض لمنع تسرب الماء والهواء المشبع بالبخار.

2-3. لمحة تاريخية عن التقطير الشمسي:

عرف الإنسان منذ عصور سالفة أن للشمس طاقة كبيرة، وحاول إيجاد أساليب لاستغلال هذه الطاقة بالشكل الذي يجعلها مفيدة له. فمن أولى الاكتشافات التي وضعت أول نقطة في مجال الطاقة الشمسية اكتشاف مادة الزجاج. للزجاج خواص عديدة ومتنوعة تستغل في كثير من الصناعات التكنولوجية كصناعة العدسات والمرايا والألواح الشمسية التي تساهم في استغلال هذه الأشعة. وفي القرن 18 اخترع الفيزيائي Saussure اللواقط الشمسية بغرض أهداف علمية، وفي نفس العصر قام العالم الكيميائي والفيزيائي الفرنسي Lavoisier بصنع موقد شمسي لإذابة الذهب الأبيض، وهذا الموقد يسخن حتى 1755C. وفي سنة 1839 اكتشف العالم الفيزيائي الفرنسي Edmond Becquerel التأثير الحراري - الكهربائي (effet photovoltaique)، وأول

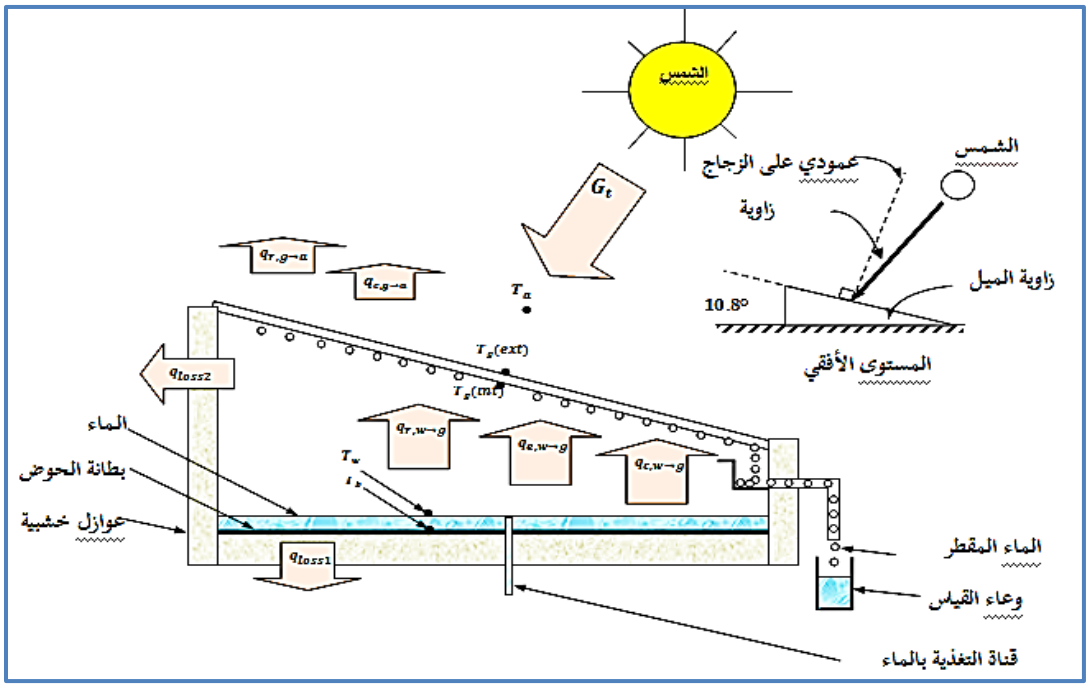
استخدام لطاقة الشمس في التقطير كان من طرف الإنجليزي Harding سنة 1872 في شمال الشيلي (Chili) في صحراء (Lasallians)، وكان على شكل أحواض سوداء مغطاة بالزجاج. فالقاعدة السوداء تستعمل كماص (Absorbent) لأشعة الشمس، ويوضع في هذا الحوض الساخن ماء على سمك رقيق، فيعمل السطح الأسود عمل المبخر، ويستقبل البخار المتصاعد من طرف السطح الداخلي للزجاج المائل بزاوية 20 درجة، ذي درجة الحرارة الأقل من الصفيحة الماصة السوداء نسبيا، مما يؤدي إلى تكاثفه مباشرة، ويتجمع في قناة خاصة بالماء المقطر. وينتج هذا المقطر أكثر من $20m^3$ من الماء الصالح للشرب في اليوم [32]. أما في سنة 1878 فقد أنشأ الفرنسي Auguste Mouchot آلة ذات بخار شمسي قادرة على تشغيل آلة الطبع، وطوّر أول نظام لإنتاج الماء الساخن بكاليفورنيا سنة 1891. وفي سنة 1912 أستعملت الطاقة الشمسية من أجل تشغيل السيارات. وفي سنة 1953: ركب Mont-Louise موقداً شمسياً بـ 75 w، وشيد في 1970 موقد d'odeillo يسمح بالوصول إلى درجة حرارة 3500C. وفي سنة 1976 خلال أزمة البترول بفرنسا تم تحقيق أول مركز شمسي [33].

2-4. مبدأ عمل المقطر الشمسي:

التقطير الشمسي هو ظاهرة فيزيائية تحدث في الطبيعة كما يمكن أن تحدث مخبريا، فعندما تنبعث الأشعة الشمسية على مسطح مائي، فإنها تسخن هذا الماء فيتبخر ويرتفع إلى الأعلى، ثم ينتقل هذا البخار عن طريق الرياح حتى يصل إلى مكان أكثر برودة فيتكثف وتتشكل الغيوم ثم بعد ذلك يمكن أن يكون مطرا أو ثلجا [34]، انظر الشكل (2-2):

مبدأ عمل المقطر الشمسي هو كما يلي الشكل (2-1):

- الإشعاع الشمسي يسخن الماء المالح الذي يوجد في المقطر.
- يتبخر الماء المالح.
- يتم نقل هذا البخار عن طريق الحمل الحراري الطبيعي إلى سقف المقطر (زجاج).
- يتكثف البخار على سطح الزجاج ثم ينساب على شكل قطرات نحو قناة التجميع.



الشكل (2-1) : مبدأ عمل المقطر الشمسي [35].

الشكل (2-2): دورة المياه في الطبيعة.

2-5. مكونات المقطر الشمسي:

تتضمن تقنية تحلية مياه البحر التي تعمل بالطاقة الشمسية استخدام جهاز التقطير البسيط، والذي يعتمد بشكل عام على مبدأ تأثير الاحتباس الحراري ويتكون من [36]:

- غطاء شفاف من الزجاج أو من البلاستيك، يُنصح باستخدام الزجاج للتطبيقات طويلة الأمد، لكنه مكلف بشكل عام وهش وثقيل الوزن يمكن اختيار البلاستيك مثل البولي إيثيلين للاستخدام على المدى القصير، نظرًا لمقاومته الضعيفة للحرارة.
- حوض مغطى بطبقة سوداء ماصة عادة ما تكون لوحة الامتصاص مصنوعة من المعدن، والأكثر شيوعا من النحاس أو الفولاذ المقاوم للصدأ أو الألمونيوم.
- للعزل، يتم وضع طبقة أو أكثر من طبقات العزل مثل الصوف الزجاجي والبولسترين ورغوة البولي يوريثان وما إلى ذلك.

ومع ذلك، هناك نوعان من طرق تصنيع المقطرات، يمكن بناؤها إما:

✓ في شكل منتج معياري، تكون عمومًا عبارة عن حاوية بلاستيك، صفائح معدنية خشب إلخ ، معزولة أدناه ومغطاة بالزجاج حيث يستخدم هذا النموذج فقط للسعات الصغيرة جدا، عدة عشرات من اللترات في اليوم.

✓ عندما تكون الاحتياجات أكبر عدة مئات من اللترات في اليوم، يتم صنع المقطرات عن طريق البناء (الخرسانة) تحت أحواض زجاجية كبيرة.

2-6. العوامل المؤثرة على المقطر الشمسي:

2-6-1. تأثير شدة الإشعاع الشمسي:

تعد شدة الإشعاع الشمسي من أهم العوامل التي تؤثر على المقطرات الشمسية، حيث تقل إنتاجية المقطر الشمسي بقلة شدة الإشعاع الشمسي والعكس [37].

2-6-2. تأثير درجة الحرارة المحيطة:

تساعد الزيادة في درجة الحرارة المحيطة على تحسين إنتاج المقطر ويعتبر هذا التحسين ملموسا في حالة المقطرات الرديئة العزل، ويكون مهملا للمقطرات جيدة العزل [37].

2-6-3. تأثير سرعة الرياح:

تؤثر التغيرات في سرعة الرياح على إنتاجية المقطر الشمسي بطريقة محسوسة حيث تزداد الإنتاجية عند السرعات المتوسطة، وتنخفض عند السرعات الكبيرة [37].

2-6-4. تأثير قيمة معامل انتقال الحرارة من جسم المقطر إلى الجو المحيط:

تعتمد إنتاجية المقطرات الشمسية على مدى إحكام العزل الحراري لها، ويجب الموازنة بين تكلفة العزل إنتاجية المقطر، وقيمة معامل انتقال الحرارة التي يتم الحصول عليها من الموازنة تكون في العادة في حدود (20.9 W/m) [37].

1- تأثير عمق الماء المالح:

لقد وجد أن معدل التبخير يزداد مع درجة حرارة الماء، مع تجنب تكون بؤرات جافة على سطح البطانة في القاعدة، وقد دلت التجارب التي أجريت على عدد كبير من المقطرات أن عمق الماء في القاعدة يجب أن يكون بحدود 5cm للحصول على أفضل إنتاجية للمقطر [37].

2- تأثير إحكام سد البخار:

يعد إحكام سد البخار عاملا هاما لتحقيق أكبر قدر من الإنتاجية، ومن أجود المواد المتوفرة للمواد المانعة للتسرب مادة مطاط السيلكون التي ينصح باستخدامها لإحكام حبس البخار، ويجب أن تكون هناك صيانة دائمة للكشف عن تسرب البخار للحفاظ على أكبر قدر من الإنتاجية [37].

3- تأثير تسرب الماء الناتج:

تقل إنتاجية المقطر بدرجة كبيرة بزيادة كمية تسرب الماء الناتج [37].

4- تأثير انحدار الغطاء:

عند الانحدار الأمثل للغطاء تصل إنتاجية المقطرات الشمسية إلى أقصى قيمة لها، ويعتمد الانحدار الأمثل للغطاء على الزمن خلال السنة والموقع الجغرافي للمقطر، وعلى الظروف المحيطة، ولقد أثبتت التجارب والدراسات أن تصميم الغطاء بانحدار قدره 20-25 درجة من الوضع الأفقي يعطي نتائج جيدة لعدد كبير من المقطرات الشمسية [37].

2-7. الانتقالات والتدفقات الحرارية:

2-7-1. أشكال انتقال الحرارة:

هناك ثلاث طرق لانتقال الحرارة هي التوصيل والحمل والاشعاع.

2-7-1-1. التوصيل الحراري:

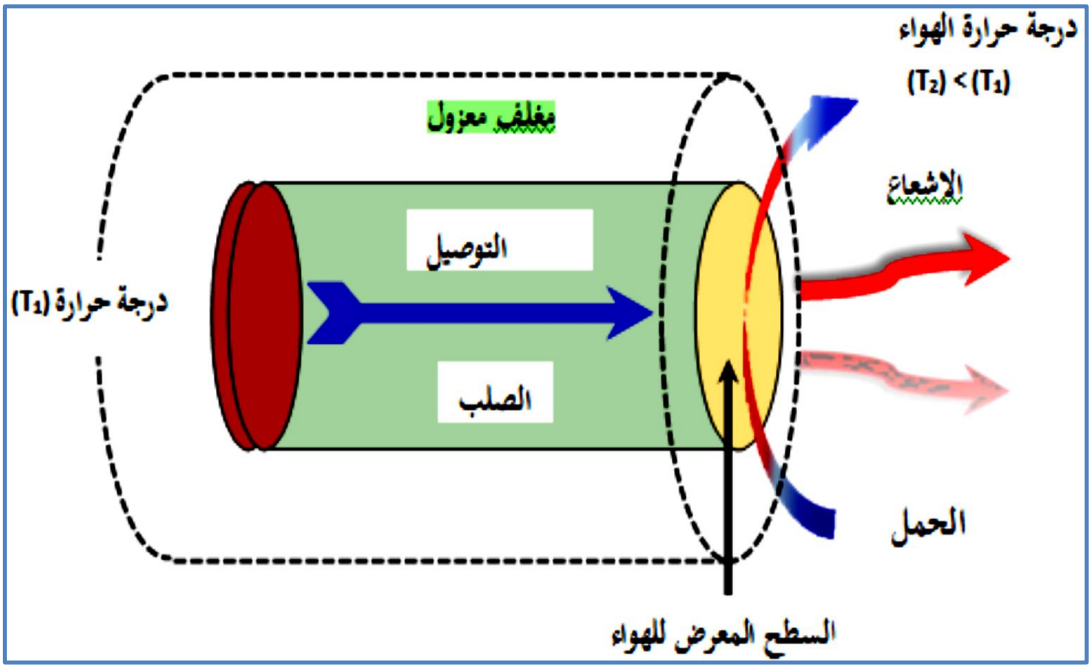
هو انتقال الطاقة الحرارية من جزيئات المادة الصلبة عالية الطاقة إلى الجزيئات ذات الطاقة الأقل، ويحدث التوصيل أيضا عند تلامس جسمين مصنوعين من مادة صلبة، حيث يكون انتقال الحرارة فعالا إذا كان التماس بين أسطح الجسمين تماسا جيدا. اما الموائع التي تشمل السوائل والغازات فهي ضعيفة التوصيل مقارنة بالمواد الصلبة [38]

2-7-1-2. الحمل الحراري:

هو انتقال الحرارة بفعل حركة المائع من موقع ساخن إلى آخر أقل سخونة، وعليه تعد حركة السائل أو الغاز ضرورية لتوليد انتقال الحرارة بالحمل. وفي مجالات التطبيق العلمي يحدث الحمل الحراري نتيجة دفع المائع قسريا عبر اجسام ذات أشكال هندسية متنوعة [38].

2-7-1-3. الإشعاع الحراري:

هو الطاقة المنبعثة من المواد بسبب درجة الحرارة، حيث أن جميع المواد سواءا أكانت صلبة أو سائلة أو غازية تبعث الإشعاع عند درجات حرارة فوق الصفر المطلق (0 K) [38].



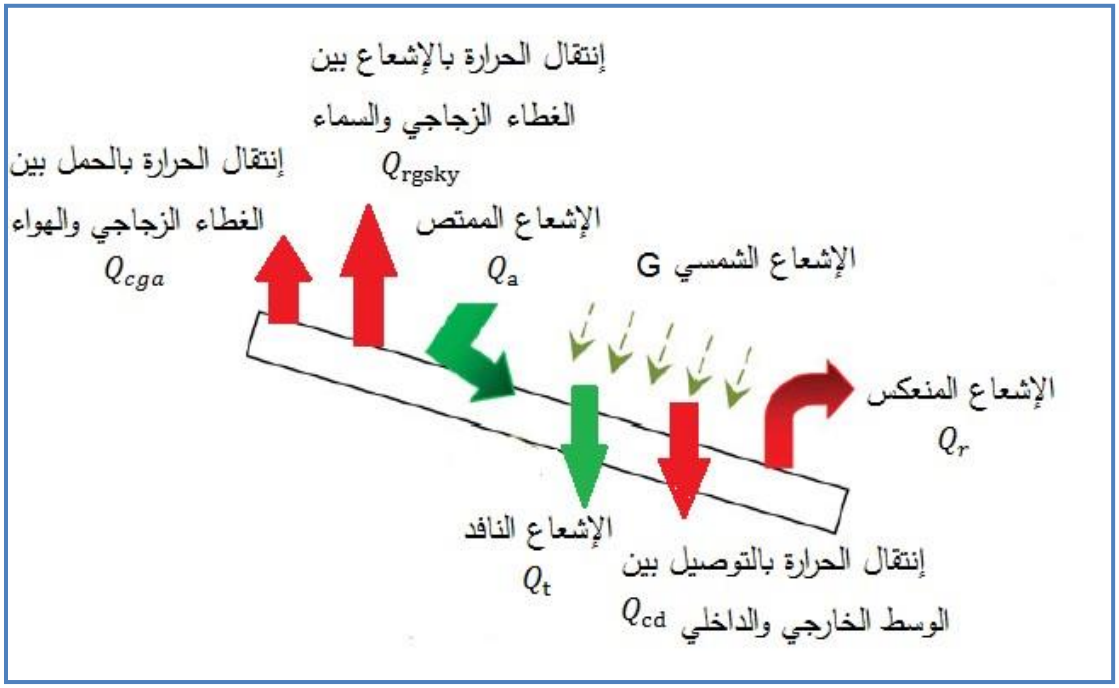
الشكل (2-3): مخطط ظاهرة نقل الحركة [39].

2-7-2. الانتقالات والتدفقات الحرارية على مستوى المقطر الشمسي:

مختلف التدفقات والانتقالات على مستوى المقطر الشمسي:

2-7-2-1. الانتقالات على مستوى الغطاء الزجاجي:

يسقط الاشعاع الشمسي المباشر G على الغطاء الزجاجي فينعكس جزء من هذه الأشعة Q_r بينما يمتص جزء من هذه الأشعة Q_a ليخزن على شكل حرارة أما الجزء الباقي فينفد عبر الغطاء الزجاجي Q_t إلى الحوض ويمثل الجزء الأكبر من الإشعاع الوارد، حيث يعتبر انتقال الحرارة المتولدة داخل اللوح الشمسي بمثابة نقل داخلي للحرارة المسؤولة عن عملية التبخر لإنتاج بخار الماء من المياه المالحة، مما ينتج عنه مياه عذبة.



الشكل (2-4): رسم يوضح الانتقالات على مستوى الغطاء الزجاجي [40].

1-الإشعاع الشمسي الوارد إلى الزجاج:

هو مقدار الاشعاع الشمسي الحراري الساقط على الغطاء الزجاجي المائل بزاوية ميل θ، ويعطى بالعلاقة التالية [38]:

$$G = \int q_s(t)\,dt \qquad \left(W/m^2\right) \qquad (1\text{-}2)$$

q_s (t): كمية الاشعاع المتجمع على السطح الأفقي عند ساعات إضاءة الشمس.

2- الإشعاع المنعكس على مستوى الزجاج:

الاشعاع الشمسي الوارد على سطح الزجاج لا يمتص كليا وإنما جزء منه ينعكس والذي يعطى بالعلاقة التالية [38]:

$$Q_r = \rho_g G \qquad \left(W/m^2\right) \qquad (2\text{-}2)$$

ρ_g **:** معامل الانعكاس للزجاج.

3- الإشعاع الممتص من طرف الزجاج:

جزء من الإشعاع الشمسي الوارد إلى السطح يمتصه الغطاء الزجاجي فترتفع درجة حرارته، وتعطى علاقته بالعبارة التالية [38]:

$$Q_a = \alpha_g G \qquad \left(W/m^2\right) \qquad (3\text{-}2)$$

α_g : معامل الامتصاص للغطاء الزجاجي.

4-الإشعاع النافذ عبر الغطاء الزجاجي:

الزجاج شفاف لذلك يسمح بمرور الإشعاع الشمسي الوارد للحوض ويمثل الجزء الأكبر من هذا الإشعاع، ويعطى بالعبارة التالية [38]:

$$Q_t = \tau_g G \qquad \left(W/m^2\right) \qquad (4\text{-}2)$$

τ_t: معامل النفاذية للغطاء الزجاجي.

5-انتقال الحرارة بالحمل بين الغطاء الزجاجي والوسط الخارجي (الهواء):

تؤثر حركة الهواء الخارجي على التدفق الحراري بالحمل المتبادل بين الغطاء الخارجي للزجاج والوسط الخارجي [38]:

$$Q_{cga} = h_{cga}\left(T_{gext} - T_a\right)\ (W/m^2) \qquad (5\text{-}2)$$

يعطى معامل الحمل الحراري بين الغطاء والهواء المحيط بالعلاقة التالية [41] [42] [43]:

عندما V≤ 5 m/s $h_{cga} = 2.8 + 3.0V$ (6-2)

عندما V> 5 m/s $h_{cga} = 6.15 \times (V)^{0.8}$

V : سرعة الرياح (m/s).

T_{gext} : درجة حرارة السطح الخارجي للغطاء الزجاجي (K).

T_a : درجة حرارة الوسط الخارجي (الهواء)(K).

6- انتقال الحرارة بالإشعاع بين الغطاء الزجاجي والوسط الخارجي (السماء):

للوسط الخارجي تأثير في الإشعاع المتبادل بين السطح الخارجي للغطاء الزجاجي والوسط الخارجي [41]:

$$Q_{rgsky} = \varepsilon_g \sigma (T_{gext}^4 - T_{sky}^4) \quad (W/m^2.C°) \quad (7-2)$$

ε_g: معامل الإنبعاثية للغطاء الزجاجي.

T_{gext}: درجة حرارة الغطاء الزجاجي.

T_{sky} : درجة حرارة القبة السماوية وتعطى بالعبارة التالية [42]:

$$T_{sky} = T_a - 6 \quad (K) \quad (8-2)$$

بصفة عامة نستعمل العلاقة التالية:

$$T_{sky} = 0.0552 T_a^{1.5}$$

h_{rgsky}: معامل انتقال الحرارة بالإشعاع بين الغطاء الزجاجي والسماء، يعطى بالعلاقة التالية[43]:

$$h_{rgsky} = \varepsilon_g \sigma \left[\frac{(T_{gext}^4 - T_{sky}^4)}{(T_{gext} - T_a)}\right] \quad (9-2)$$

حيث[42]:

$$Q_{rga} = h_{cga}(T_{gext} - T_a) \quad (W/m^2) \quad (10-2)$$

7-انتقال الحرارة بالتوصيل بين الوسط الخارجي والوسط الداخلي:

الحرارة التي يتعرض لها الحوض من الداخل يمكن أن تعبر هذا الزجاج بالتوصيل عبر السطح الزجاجي يعبر عنه بالعلاقة التالية [42]:

$$Q_{cd} = \frac{\lambda_g}{E_g}(T_{gint} - T_{gext}) \quad (W/m^2) \quad (11-2)$$

$\mathbf{E_g}$ **:** سمك الزجاج.

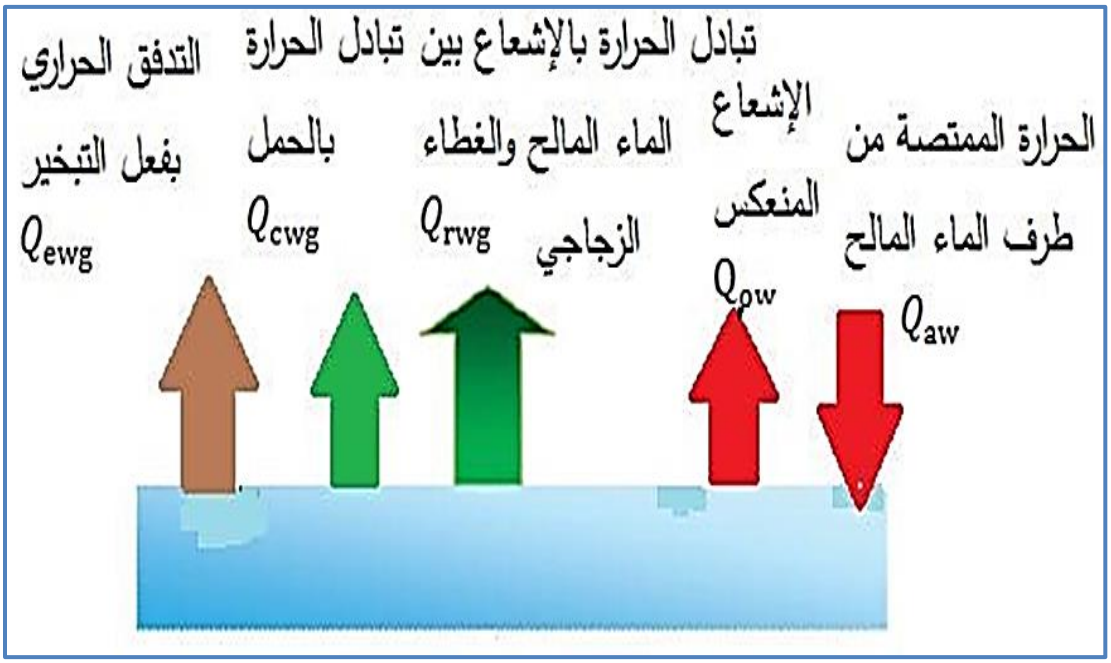
$\boldsymbol{\lambda_g}$:التوصيلة الحرارية للزجاج.

$\mathbf{T_{gext}}$ **:** درجة حرارة السطح الخارجي للزجاج.

$\boldsymbol{T_{gint}}$ **:** درجة حرارة السطح الداخلي للزجاج.

2-2-7-2. الانتقالات على مستوى وسط الحوض:

تحدث في هذا المستوى عمليتي التبخير والتكثيف للماء المالح، يحدث في ظاهرة التبخير غليان وتبخر الماء المالح، اما ظاهرة التكثيف فيحدث بها عملية إماهة للماء المالح المتبخر ثم يقطر.



الشكل (2-5): رسم يوضح انتقالات على مستوى وسط الحوض [40]

1.انتقال الحرارة بالإشعاع بين الماء المالح والغطاء الزجاجي:

الانتقال الحراري بالإشعاع المتبادل بين طبقة الماء المالح والغطاء الزجاجي يكتب بالعبارة التالية :[38]

$$Q_{rwg} = F_{wg}\sigma\left(T_w^4 - T_{gint}^4\right) \quad \left(W/m^2\right) \qquad (12\text{-}2)$$

$\boldsymbol{F_{wg}}$ **:** معامل الشكل بين طبقة الماء المالح والغطاء الزجاجي، وعادة ما تأخذ :

الإنبعاثية بالنسبة لسطح الماء: $\varepsilon_w = 0.9$

الإنبعاثية بالنسبة لسطح الزجاج الداخلي: $\varepsilon_g = 0.85$

T_w **:** درجة حرارة الماء المالح.

2.انتقال الحرارة بالحمل الطبيعي داخل المقطر (الماء المالح والغطاء الزجاجي):

التدفق الحراري بالحمل يتزامن مع التدفق بالتبخير، وهذا يعود إلى ارتفاع في درجة حرارة الماء المالح داخل المقطر ويعطى بالعلاقة التالية [44]:

$$Q_{cwg} = h_{cwg}(T_w - T_{gint}) \quad \left(W/m^2\right) \qquad (13\text{-}2)$$

h_{cwg}**:** معامل الحمل الطبيعي وتعطى عبارته بالعلاقة التالية [45] :

$$h_{cwg} = 0.884\left[(T_w - T_{gint})\frac{(P_w - P_{gint})(T_w + 273.15)}{(268900 - P_w)}\right]^{\frac{1}{3}} \qquad (14\text{-}2)$$

P_w**:** ضغط الماء ويعطى بالعلاقة [45] :

$$P_w = exp^{\left(25.317 - \frac{5144}{T_w + 273.15}\right)} \qquad (15\text{-}2)$$

P_{gint} **:** ضغط الغطاء الزجاجي الداخلي ويعطى بالعلاقة [45] :

$$P_{gint} = exp^{\left(25.317 - \frac{5144}{T_{gint} + 273.15}\right)} \qquad (16\text{-}2)$$

T_{gint} **:** درجة حرارة الغطاء الزجاجي الداخلي.

3.التدفق الحراري بفعل التبخير:

التدفق الحراري بفعل التبخير ينتج من حركة البخار المتصاعد من حوض الماء المالح والذي يتكثف على السطح الداخلي للغطاء الزجاجي ويعطى كما يلي [45]:

$$Q_{ewg} = h_{ewg}(T_w - T_{gint}) \quad \left(W/m^2\right) \qquad (17\text{-}2)$$

$\mathbf{h_{ewg}}$ **:** معامل انتقال الحرارة بالتبخير ويعطى حسب العلاقة التالية [46]:

$$h_{ewg} = 0.016273 h_{ewg} \frac{(P_w - P_{gint})}{(T_w - P_{gint})} \quad (18\text{-}2)$$

4.الإشعاع المنعكس على مستوى الماء المالح:

الإشعاع الذي يعبر الغطاء الزجاجي نحو الماء المالح داخل المقطر فينعكس مقدار منه ويعطى بالعبارة التالية[46]:

$$Q_{pw} = p_w t_g G \quad \left(\frac{W}{m^2}\right) \quad (19-2)$$

p_w: معامل انعكاس الماء

5.الطاقة الممتصة من طرف الماء المالح:

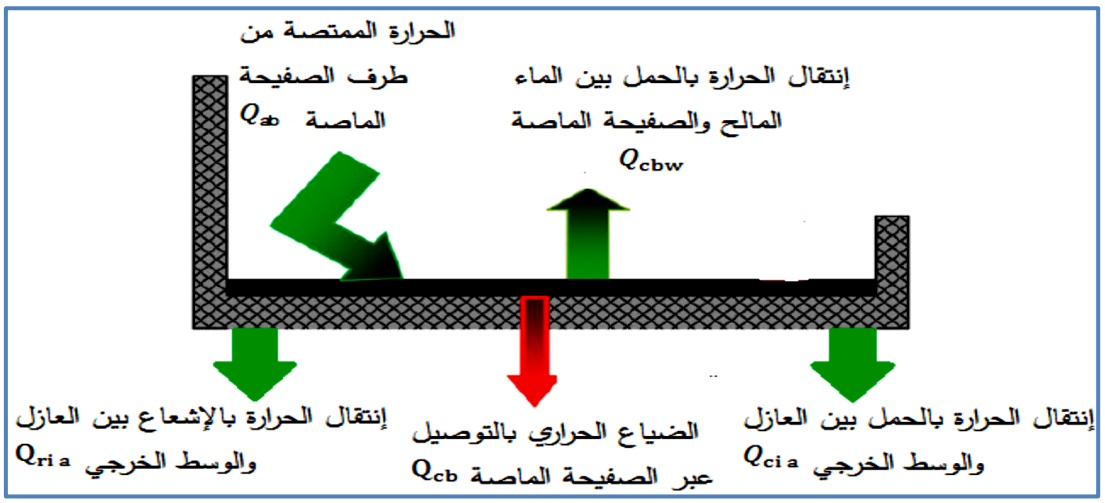
الاشعاعات الشمسية التي تعبر الغطاء الزجاجي نحو الماء المالح في الحوض، جزء منه يمتصه الماء المالح والجزء الآخر تمتصه الصفيحة الماصة ويعطى كما يلي [38]:

$$Q_{aw} = a_w t_g G \quad \left(\frac{W}{m^2}\right) \quad (20\text{-}2)$$

a_w: معامل امتصاص الماء.

2-7-3. الانتقالات على المستوى السفلي للمقطر:

كما هو موضح في الشكل (2-6) نذكر الانتقالات الحادثة على المستوى السفلي للمقطر كما يلي:



الشكل (2-6): رسم يوضح الانتقالات على المستوى السفلي للمقطر [40].

1.الضياع الحراري عبر الصفيحة الماصة:

هناك كمية من الحرارة تضيع عبر الصفيحة الماصة تنتقل عبر التوصيل وتعطى بالعلاقة التالية [38]:

$$Q_{cb} = \frac{\lambda_b}{e_b}(T_b - T_i) \qquad \left(\frac{W}{m^2}\right) \qquad (21-2)$$

T_b: درجة حرارة السطح الماص(K).

T_i : درجةحرارة العازل الداخلية (K).

2.الحرارة الممتصة من طرف الصفيحة الماصة:

عند مرور الحرارة عبر الغطاء الزجاجي نحو الماء في الحوض فالصفيحة الماصة تمتص كمية قليلة من هذه الحرارة وتعطى عبارة هذه الحرارة كما يلي [38]:

$$Q_{ab} = a_b t_w t_g G \qquad \left(\frac{W}{m^2}\right) \qquad (22-2)$$

a_b: معامل امتصاص الصفيحة الماصة.

3.انتقال الحرارة بالحمل بين الماء المالح والصفيحة الماصة:

انتقال الحرارة بالحمل بين الماء المالح والصفيحة الماصة ناتج عن الاختلاف في درجة الحرارة بينهما وعبارة كمية الحرارة المنتقلة تعطى كالتالي [38]:

$$Q_{cbw} = h_{cbw}(T_b - T_w) \qquad \left(\frac{W}{m^2}\right) \qquad (23-2)$$

h_{cbw}: معامل الحمل الحراري بين الماء والصفيحة الماصة ويعطى بالعلاقة التالية [47]:

$$h_{cbw} = 0.54 \times \frac{K_w R_a^{1/3}}{L} \qquad (24-2)$$

عندما: $10^4 \leq R_a \leq 10^7$

$$h_{cbw} = 0.15 \times \frac{K_w R_a^{1/3}}{L} \qquad (25-2)$$

عندما: $10^7 \leq R_a \leq 10^{11}$

4.انتقال الحرارة بالحمل بين العازل والوسط الخارجي:

الوسط الخارجي أسفل المقطر يساهم في التبادل الحراري بالحمل بين العازل والوسط الخارجي ويكتب كما يلي [47]:

$$Q_{ria} = \varepsilon_i \delta \left(T_{i_{ext}}^4 - T_a^4\right) \quad \left(\frac{W}{m^2}\right) \qquad (26-2)$$

2-7-4. الانتقالات على مستوى عوازل جانبي المقطر:

من بين الانتقالات التي يتعرض لها جانبي المقطر كما يلي:

1.الضياع الحراري مع الماء المقطر الناتج:

يحمل الماء المقطر جزء من الحرارة، ويخرج من قناة التقطير ونكتب ما يلي[48]:

$$Q_{out} = m_w c_{pw} (T_{dist} - T_a) \quad \left(\frac{W}{m^2}\right) \qquad (27-2)$$

2.الضياع الحراري مع ماء التغذية:

النسبة التي تتبخر من ماء الحوض تعوضها كمية من ماء التغذية حتى تكتسب كمية الحرارة المناسبة للتبخر، من حرارة الماء الساخن في الحوض وهذا ما يسمى بالضياع الحراري ونكتب كما يلي [38]:

$$Q_{in} = m_w c_{pw} \left(T_w - T_{fw}\right) \quad \left(\frac{W}{m^2}\right) \qquad (28-2)$$

2-8. الموازنة الحرارية للمقطر الشمسي البسيط:

المعادلات الحرارية التي يتعرض لها المقطر الشمسي تبرهن وفق الصيغ التالية [49]:

$$C_{pi}\frac{m_i}{S_i}\frac{dT_i}{dt}=\sum_{i=1}^{N}Q_{ij} \qquad \left(\frac{W}{m^2}\right) \qquad (29-2)$$

✓ على المستوى الخارجي للغطاء الزجاجي [50]:

$$C_{pg}\frac{m_g}{S_g}\frac{dT_{ge}}{dt}=t_gG+\rho_gG+a_gG-Q_{rga}-Q_{cga}+Q_{cd}\ \left(\frac{W}{m^2}\right) \qquad (30-2)$$

✓ على مستوى الوجه الداخلي للغطاء الزجاجي [38]:

$$C_{pg}\frac{m_g}{c_g}\frac{dT_{gi}}{dt}=Q_{ewg}+Q_{cwg}+Q_{cwg}-Q_{cd}\quad \left(\frac{W}{m^2}\right) \qquad (31-2)$$

✓ على مستوى سطح الماء [38]:

$$C_{pw}\frac{m_w}{S_b}\frac{dT_b}{dt}=a_wt_gG+Q_{cwb}-Q_{ewg}-Q_{cwg}-Q_{rwg}-Q_{in}-Q_{out}\left(\frac{W}{m^2}\right) \qquad (32-2)$$

✓ على مستوى السطح الماص (الصفيحة الماصة) [38]:

$$C_{pi}\frac{m_b}{S_b}\frac{dT_b}{dt}=Ga_it_bt_wt_g-Q_{cd}-Q_{cwb}\quad \left(\frac{W}{m^2}\right) \qquad (33-2)$$

✓ على مستوى العازل [38]:

$$C_{pi}\frac{m_i}{S_i}\frac{dT_i}{dt}=Ga_it_bt_wt_g+Q_{cd}-Q_{ria}-Q_{cia}\quad \left(\frac{W}{m^2}\right) \qquad (34-2)$$

2-9. دراسة المردود الطاقوي:

يعد المردود الطاقوي مقدار فيزيائيا لا بعديا (بدون وحدة) يعطي للدارس فكرة عن كفاءة أي جهاز يعمل بالطاقة، وهو عبارة على حاصل قسمة الطاقة المنتجة على الطاقة المستهلكة من طرف الجهاز، ولدينا المقطر الشمسي يستهلك طاقة إشعاعية من الشمس متمثلة في الإشعاع الشمسي الكلي G الوارد للجهاز في كل لحظة، وينتج طاقة حرارية على شكل تبخير Q_{ev} لها علاقة بكمية البخار المنتج التي بدورها تساوي كمية الماء المقطر عند المكثف، ومنه المردود الطاقوي يعطى بالعلاقة [38]:

$$\eta_{th=}\frac{Q_{ev}}{G}=\frac{\dot{m}.H_w}{G}=\frac{\frac{m}{3600}.H_w}{G} \qquad (35-2)$$

$\dot{m}$: التدفق الكتلي للماء المقطر يعطى بالعلاقة [38]:

$$\dot{m} = \frac{Q_{ev}}{H_w} \qquad (36-2)$$

10-2. الخاتمة:

يتضمن هذا الفصل بعض النتائج والمعادلات التي توصل اليها الباحثون حول المقطرات والتقطير الشمسي، ويسلط الضوء على العوامل المؤثرة في المقطر الشمسي والانتقالات والتدفقات الحرارية داخله، في الأخير خصصنا الدراسة للمقطر البسيط ذو الميل الواحد كنموذج، نظرا لسهولة صنعه وصيانته من جهة وتكلفته المنخفضة وطول عمره من جهة أخرى.

الجزء العملي

الفصل الثالث

الدراسة التجريبية

وتحليل النتائج

3-1. مقدمة:

رغم إختلاف الأبحاث التجريبية في مجال التقطير الشمسي إلا أن هدفها واحد وهو تحسين أداء المقطر الشمسي بأقل تكلفة ممكنة، حيث استعرضنا في فصلنا هذا النتائج التجريبية المتحصل عليها من مقارنة مقطرين شمسيين بسيطين، أحدهما شاهد والأخر أضيفت عليه بعض التحسينات، وكذلك يحتوي على البروتوكولات التجريبية وتعريف أجهزة القياس المستعملة، حيث نقوم بمقارنة كمية الماء المقطر الناتج من كلا المقطرين، والهدف من هذه التجربة هو تحسين إنتاجية المقطر الشمسي، وسندون النتائج المتحصل عليها على شكل منحنيات سنحللها ونناقشها في هذا الفصل.

3-2. الموقع الجغرافي والفلكي للمنطقة:

تقع منطقة وادي سوف في الجنوب الشرقي من الجزائر، وهي محاطة بستة ولايات كما هو مبين في الشكل:

- ولاية تبسة من الشمال الشرقي.
- ولاية خنشلة من الشمال الشمالي.
- ولاية بسكرة من الشمال الغربي.
- الجمهورية التونسية من الشرق (حدود برية على مسافة 260كلم).
- ولاية المغير وتقرت من الغرب.
- ولاية ورقلة من الجنوب.

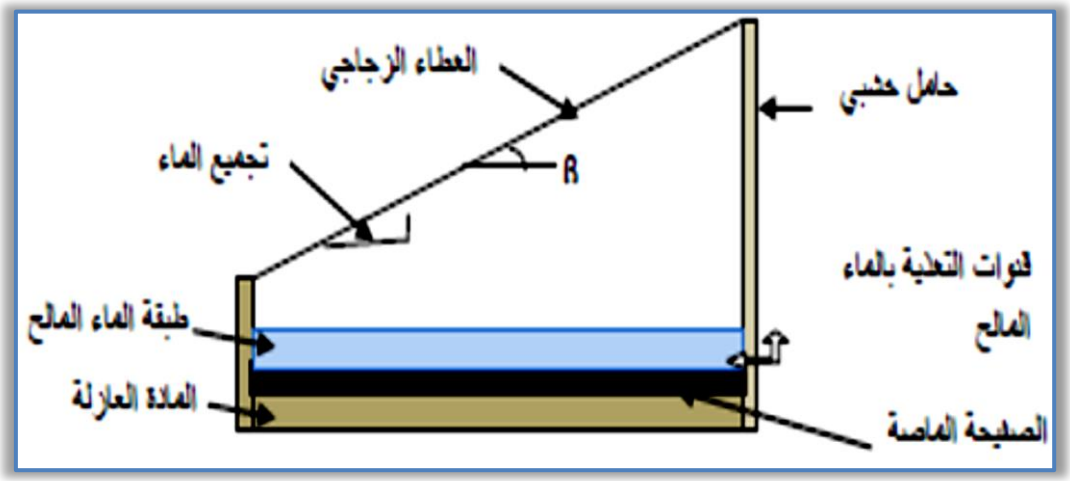
الشكل (3-1): حدود ولاية وادي سوف.

وتقع فلكيا ضمن الإحداثيات التالية:

- بين خطي طول: ° 6.20و°7.50 شرقا.
- بين خطي عرض: °32.50 و°34.30 شمالا.

3-3. المقطر الشمسي ذو ميل واحد:

هو مقطر بسيط تقوم عليه الكثير من التجارب من قبل الباحثين، وذلك لسهولة الفك والتركيب والصيانة، وهو مقطر بسطح زجاجي وحيد مائل بزاوية كما هو موضح في الشكل:



الشكل (3-2): مقطر بسيط ذو ميل واحد.

4-3. تركيبة المقطر الشمسي البسيط:

المقطر الشمسي البسيط (أحادي الميل) يتكون من:

- **الهيكل الخارجي(الصندوق):**

مصنوع من مادة عازلة (الخشب)، وهو أهم مكونات المقطر، حيث تنشر أوجهه القائمة بشكل مائل بزاوية معينة.... ويغطى سطحه العلوي بغطاء زجاجي شفاف. يوضع فيه الماء المراد تقطيره وتطلى قاعدته وجوانبه بطلاء أسود غير براق، وتكون أبعاده كما هو مبين في الجدول (3-1):

- **الغطاء الزجاجي:**

هو عبارة عن صفيحة زجاجية مصنوعة من الزجاج العادي الشفاف تغطي الصندوق من الأعلى وتكون بشكل مائل تسمح بمرور كمية كبيرة من الإشعاع الشمسي وتعمل على تكثيف الماء المتبخر من المقطر وتجميعه في أنبوب التجميع.

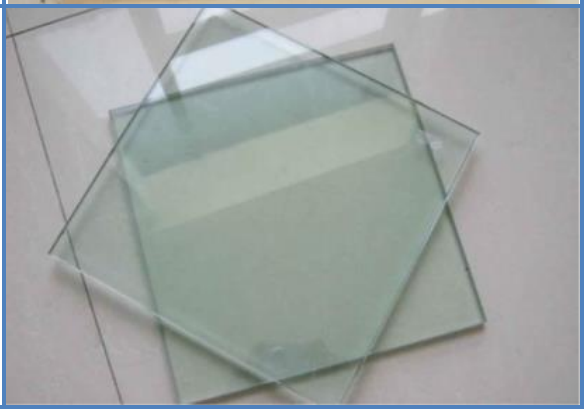
- **أنبوب تجميع المياه:**

هو عبارة على أنبوب بلاستيكي قطره 0.25m، يكون مثقوبا طوليا بحيث يدخل فيه جزء من الغطاء الزجاجي ليسمح بنزول قطرات الماء المتكاثفة داخله لتجميع فيه ثم تعبر إلى قارورة خاصة بتجميع الماء المقطر.

- **الصفيحة المعدنية:**

تعتبر لوحة الامتصاص من أهم مكونات وحدة التقطير الشمسي، حيث تعمل كجسم أسود يمتص أكبر كمية ممكنة من الاشعاع الشمسي ليحولها بشكل حرارة إلى الماء. صنعت اللوحة من الحديد الصلب، وقد طلي سطحها بالأسود لتكون ذات امتصاصية عالية وانبعاثيه ضعيفة، بينما طلي قاعها وجوانبها بمواد عازلة لتقليل الضياعات الحرارية والكمية.

جدول (3-1): التركيبة الأساسية للمقطر الشمسي البسيط.

الصورة	الاسم	الأبعاد
	الصندوق الخشبي	L=0.55m D=0.40m $H_1 = 0.06m$ $H_2 = 0.14m$ E=0.2m $\theta = 33°$ A=0.22m^2
	الغطاء الزجاجي	L=0.59m D=0.50m E=3mm

L=m Diam=25mm	أنبوب تجميع المياه	
L=0.1m Dima=2.5cm	الأنابيب النحاسية	
A=0.5m^2	قارورة	
/	المقطر مع إضافة الأنابيب النحاسية	

الشكل (3-3): المقطر الشمسي في آخر صورة له.

3-5. طريقة صنع المقطر والأدوات والمواد المستعملة في ذلك:

تمت صناعة المقطرات محليا بالاستعانة بحرفي النجارة والزجاج حيث تم اختيار المكونات بعناية بناء على جودتها وتكلفتها المنخفضة والشكل (3-4) يبين أهم الأدوات والمواد المستعملة:

الشكل (3-4): الأدوات والمواد المستعمل لصنع المقطر الشمسي البسيط.

3-6. تعريف اللاقط الشمسي المستخدم:

هو عبارة عن سخان شمسي يعمل على تحويل ضوء الشمس إلى حرارة لتسخين المياه الموجودة داخل الأنابيب النحاسية.

3-6-1. تركيبة اللاقط الشمسي:

يتكون اللاقط الشمسي المستعمل من:

- **صندوق خشبي:** يحوي مكونات اللاقط لتقليل الضياعات الحرارية بالاحتباس الحراري.
- **أنابيب نحاسية:** تعمل على نقل المياه الساخنة في دورة مغلقة.
- **مرآة عاكسة خارجية:** تعكس الأشعة الواردة إليها على الصفيحة المعدنية والأنابيب النحاسية المعبأة بالماء من أجل زيادة درجة حرارتها.
- **غطاء زجاجي:** يسمح بمرور الأشعة ويساعد في الاحتباس الحراري داخل الصندوق.
- **صفيحة معدنية:** تعمل كجسم أسود يساعد في عملية التسخين.

الجدول (3-2): تركيبة اللاقط الشمسي

الصورة	الإسم	الأبعاد
	صندوق خشبي به أنابيب نحاسية	L=102cm D=0.52cm
	مادة البولسترين	L=100cm D=0.52cm

Dim=2.5cm	الأنابيب النحاسية	
L=102cm D=0.52cm	مرآة عاكسة	
L=102cm D=0.52cm E=3mm	الغطاء الزجاجي	

الشكل (3-5): اللاقط الشمسي المستعمل.

7-3. الأجهزة القياس المستعملة في التجارب:

- **جهاز قياس الإشعاع الشمسي:** يتكون من جزء يوضع على الغطاء الزجاجي، وجهاز الكتروني يحول الإشعاع إلى قراءة مباشرة على شاشة صغيرة رقمية، تعطي القيمة الحقيقية الساقطة على الغطاء الزجاجي بـ $\frac{W}{m^2}$.
- **جهاز قياس درجة الحرارة (المزدوجات الحرارية):** وهي عبارة عن زوج من المعدن على شكل سلكين ملتحمين التحاما ذاتيا، تربط كل مزدوجة حرارية بجهاز ميلي فولتمتر خاص به شاشة رقمية، يحول هذا الجهاز درجة الحرارة إلى تيار كهربائي يقرأ على إثره قيمة درجة الحرارة في المكان الموضوع فيه.
- **جهاز قياس درجة حرارة الجو:** يوضع مقياس درجة حرارة الجو على ارتفاع واحد متر من سطح التربة في مكان به ظل.
- **قياس الضغط الجوي:** يقيس الضغط المطلق في المنطقة التي تمت فيها التجربة.
- **جهاز قياس سرعة حركة الهواء الدوار:** وهو جهاز مزود بمروحة تقيس السرعة حسب عدد دورات المروحة.
- **جهاز قياس الرطوبة:** لقياس الرطوبة النسبية للجو، والتي هي حاصل قسمة الضغط الجزئي لبخار الماء على الضغط الجزئي في حالة التشبع.
- **جهاز الـPH متر:** لقياس حموضة الماء قبل وبعد التقطير.
- **مخبار مدرج:** لقياس كمية الماء المقطر.
- **جهاز قياس الناقلية:** لقياس ناقلية الماء قبل وبعد التقطير.

صورة لبعض الأجهزة المستخدمة في التجارب:

الجدول (3-3): أجهزة القياس المستعملة.

جهاز متعدد القياسات	جهاز الـPH متر

مخبار مدرج	جهاز قياس الناقلية
جهاز قياس سرعة الرياح	جهاز قياس الاشعاع الشمسي

3-8. الخطوات التجريبية:

3-8-1. التجربة:

لقد تم اجراء التجربة يوم الأحد 02 جوان 2024 على مستوى كلية العلوم الدقيقة بجامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي، حيث تم تعريض مقطرين(شاهد، مدمج مع اللاقط مع إضافة مبادلات حرارية في قاع المقطر) شمسيين مسطحين لأشعة الشمس تحت نفس الظروف المناخية بعد أن وضعت فيهما كمية من الماء تقدر بـ2.5 لتر كما هو موضح في الشكل(3-6)، حيث تم قياس كل من درجة الحرارة للغطاء الزجاجي الداخلي والخارجي، ودرجة حرارة الماء والجو ودرجة حراة الأنابيب النحاسية داخل اللاقط ، وكمية الماء المنتجة، وذلك عند كل ساعة، من الساعة 08:00 إلى 19:00، والهدف من هذه التجربة هو معرفة مدى تأثير كل من الأنابيب النحاسية في زيادة مساحة التقاط الاشعاع الشمسي ومضاعفة فترة تخزين الطاقة الحرارية ومدى تأثيره على التحويل الحراري على زجاج المقطر الشمسي وعلى كل من درجة حرارة الزجاج الداخلية والخارجي وكذلك مردود الماء المقطر من جهة أخرى.

الشكل (3-6): صورة لتجربة.

3-8-2. الأدوات التجريبية:

ماء مالح، مقطرين، أنابيب نحاسية ذات قطر2.5 سم، لاقط شمسي، قارورتين، بيشر، جهاز قياس درجة الحرارة، PHمتر، جهاز قياس الناقلية.

- المدة الزمنية اللازمة للتجربة يوم واحد.

3-8-3. مراحل تحضير التجربة:

- نضع ميزان الماء على الطاولة المراد وضع كل من المقطرات واللاقط الشمسي عليه، ونتحقق أنها على استقامة.
- نوجه كل من المقطرات واللاقط نحو الجنوب.
- نضع الأنابيب والقارورات في مواضعها.
- نضع مقدار2.5 لترمن الماء المالح في حوض لكلا مقطرين.
- نملأ أنابيب اللاقط والمقطر الشمسي بالماء المالح.
- نغسل الغطاء الزجاجي جيدا من الشوائب كي يصبح نقيا يسمح بنفاذ الإشعاع الشمسي وانسياب الماء.
- نحكم اغلاق جوانب المقطرين واللاقط الشمسي بشريط لا صق.

- نقوم بتركيب المستشعرات الحرارية على الزجاج الداخلي والخارجي، وفي الماء لكلا المقطرين واللاقط الشمسي.
- نقيس درجات حرارة الجو وشدة الاشعاع الشمسي، وسرعة الرياح كل ساعة.
- نقيس درجة حرارة الماء داخل المقطرين ودرجة حرارة الزجاج الداخلية والخارجية لكلا المقطرين ودرجة حرارة الهواء داخل اللاقط وكمية الماء الناتجة كل ساعة ودرجة حرارة الماء قبل وبعد الخروج من المقطر.
- بعد قياس كمية الماء المنتجة بواسطة بيشر نضع جهازPHمتر داخله، لمعرفة قيم PHالماء المقطر ومقارنته مع PHالماء المالح.
- نقيس الناقلية الكهربائية للماء المقطر الناتج ثم نقارنها بالمعايير المعروفة للماء النقي.

3-9. النتائج التجريبية:

أنجزت التجربة2024/06/02على مستوى كلية العلوم الدقيقة بجامعة الوادي وذلك تحت الظروف الجوية المدونة في الجدول (3-3):

الجدول (3-4): الظروف الجوية ليوم التجربة.

شروق الشمس	05:24
غروب الشمس	19:38
درجة حرارة الجو	°38
الرطوبة	%34
سرعة الرياح	من15 إلى 25 كم/ساعة

تم أيضا قياس PH والناقلية الكهربائية للماء المستعمل قبل وبعد التجربة ويلخص الجدول (3-4) النتائج المتحصل عليها.

الجدول (3-5): النتائج المتحصل عليها من تحليل الماء.

الماء المالح	الماء المقطر
PH=7.88	PH=7.05

$\delta = 157\mu s/cm$	$\delta = 3774\mu s/cm$

3-10. تحليل ومناقشة النتائج:

القياسات المأخوذة خلال يوم كامل من الساعة 08:00 صباحا إلى غاية 19:00 مساء هي:

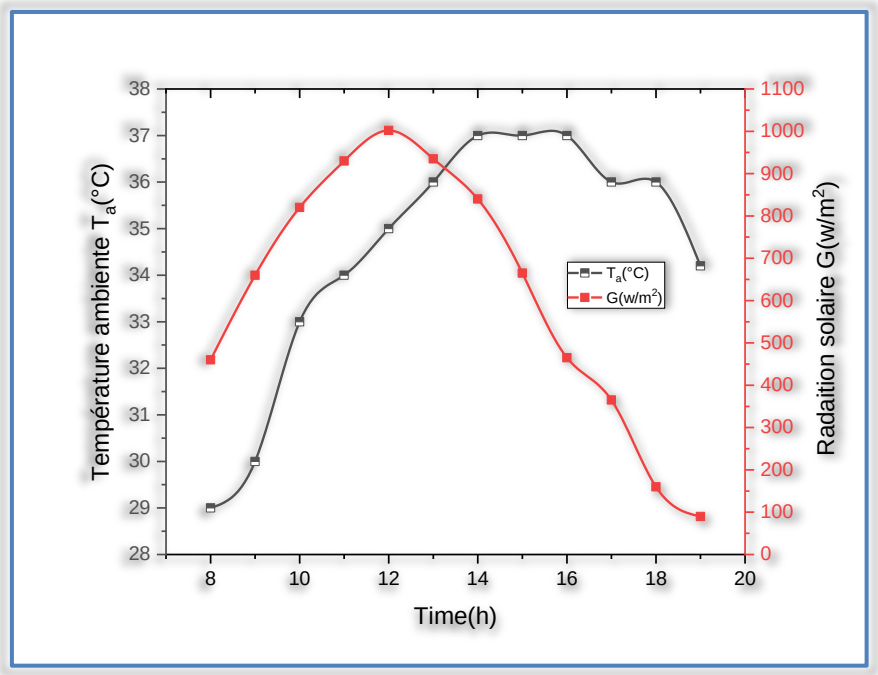
1. درجة حرارة الجو.
2. سرعة الرياح.
3. درجة حرارة الزجاج من الداخل والخارج لكل من المقطرين.
4. درجة حرارة الماء المالح.
5. درجة حرارة الهواء داخل اللاقط.
6. درجة حرارة الماء الخارج من المقطر.
7. درجة حرارة الزجاج الخارجي للاقط.
8. كمية الماء المقطر الناتج.

3-10-1. تطور شدة الإشعاع الشمسي (G)ودرجة حرارة الجو (T_a):

شدة الإشعاع الشمسي الساقط ودرجة حرارة الجو من أهم العوامل المؤثرة على عملية التقطير الشمسي، حيث يمكن تأثيرها على الزجاج الخارجي وعلى الأنابيب النحاسية في عملية الانتقال الحراري بالحمل. يمثل الشكل (3-7) منحنى تغيرات شدة الإشعاع الشمسي الساقط ودرجة حرارة الجو بدلالة الزمن ليوم التجربة الموافق لـ 02جوان 2024 حيث نلاحظ:

إن شدة الإشعاع الشمسي على الساعة08:00 صباحا قدرت بـ $460w/m^2$، ثم أخذت في تزايد إلى أن بلغت القيمة العظمى قدرت بـ $1002\ w/m^2$على الساعة 12:00، ثم تناقصت مع مرور الزمن إلى أن وصلت إلى القيمة $90w/m^2$ عند الساعة 19:00مساء وهذا عند غروب الشمس.

درجة الحرارة الجو بلغت القيمة 29 °C عند الساعة08:00 صباحا ثم تزايدت بسبب زيادة شدة الاشعاع الشمسي إلى أن وصلت إلى قيمتها العظمى والتي قدرت 37 °C عند الساعة 14:00ثم تناقصت بسبب انخفاض شدة الإشعاع الشمسي إلى أن وصلت 34.2 °Cعند الساعة 19:00 مساء.

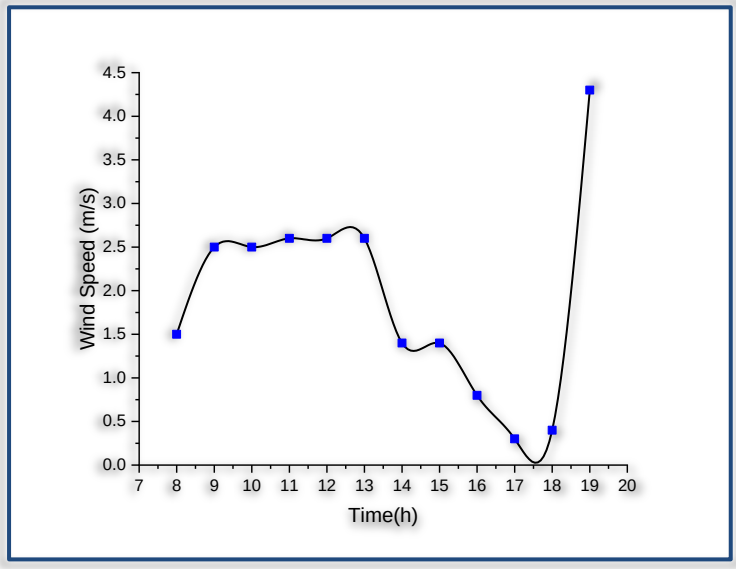


الشكل (3-7): منحنى تغيرات الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الجو بدلالة الزمن.

3-10-2. تطور سرعة الرياح V:

يمثل الشكل (3-9) منحنى تغيرات سرعة الرياح بدلالة الزمن حيث نلاحظ زيادة في سرعة الرياح بداية من الساعة 08:00 إلى غاية الساعة 10:00 حيث كانت قيمتها في هذه الساعة 2.5 m/s.

ثم استقرت سرعة الرياح في الفترة ما بين (11:00 -13:00) فكانت عند الساعة 13:00 سرعة الرياح2.6m/s، ثم نسجل انخفاض في سرعة الرياح من (14:00 -18:00) حتى وصلت للقيمة 0.4 m/s، ثم نسجل زيادة في سرعة الرياح حتى وصلت القيمة 4.3 m/s.



الشكل (3-8): منحنى تغيرات سرعة الرياح بدلالة الزمن.

3-10-3. تطور درجة حرارة الزجاج الخارجي T_{go}:

يمثل الشكل (3-9) منحنى تغيرات درجة حرارة الزجاج الخارجي (T_{go}) بدلالة الزمن حيث نلاحظ:

درجة حرارة الزجاج الخارجي (T_{go}) للمقطرين واللاقط على الساعة 08:00 صباحا قدرت بـ 29 °C.

- **بالنسبة للمقطر الشاهد:**

لوحظ أن هناك زيادة في درجة الحرارة تدريجيا إلى أن وصلت قيمتها العظمى 46 °C عند الساعة 13:00، ثم تناقصت إلى أن وصلت القيمة 28 °C على الساعة 19:00 مساء.

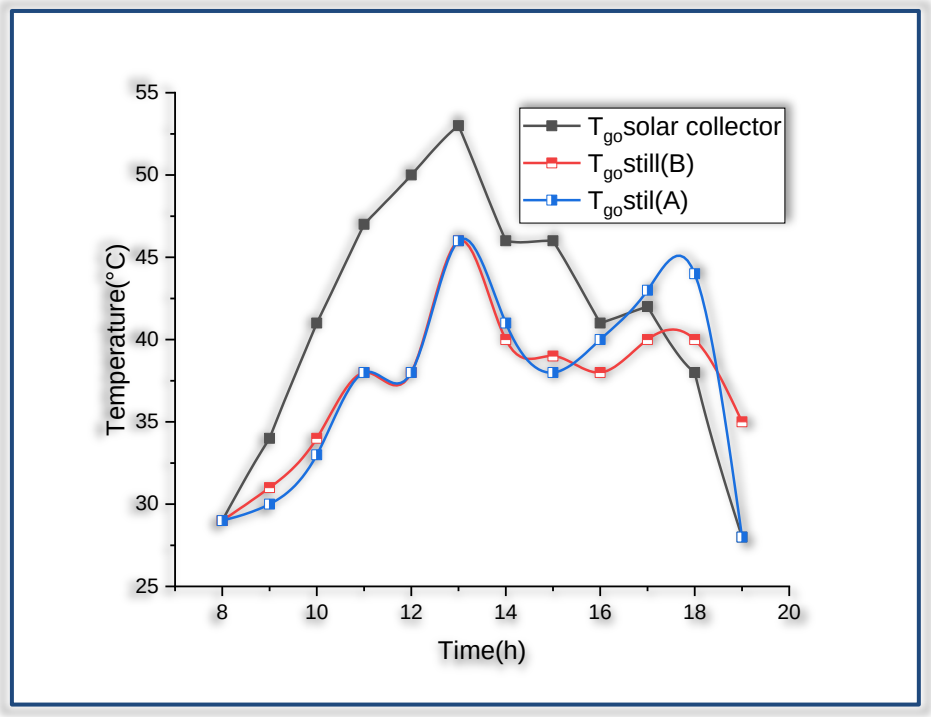
- **بالنسبة للمقطر المدمج مع اللاقط:**

لوحظ أن هناك زيادة في درجة الحرارة تدريجيا إلى أن وصلت قيمتها العظمى 46 °C عند الساعة 13:00، ثم تناقصت إلى أن وصلت القيمة 35 °C على الساعة 19:00 مساء.

- **بالنسبة للاقط:**

لوحظ أن هناك زيادة في درجة الحرارة تدريجيا إلى أن وصلت قيمتها العظمى 103 °Cعند الساعة 13:00، ثم تناقصت إلى أن وصلت القيمة 28 °C على الساعة 19:00 مساء.

نلاحظ أن درجة الحرارة الزجاج الخارجي للمقطرين متقاربة جدا.



الشكل (3-9): منحنى تغيرات درجة حرارة الزجاج الخارجي(T_{go}) للمقطرين واللاقط.

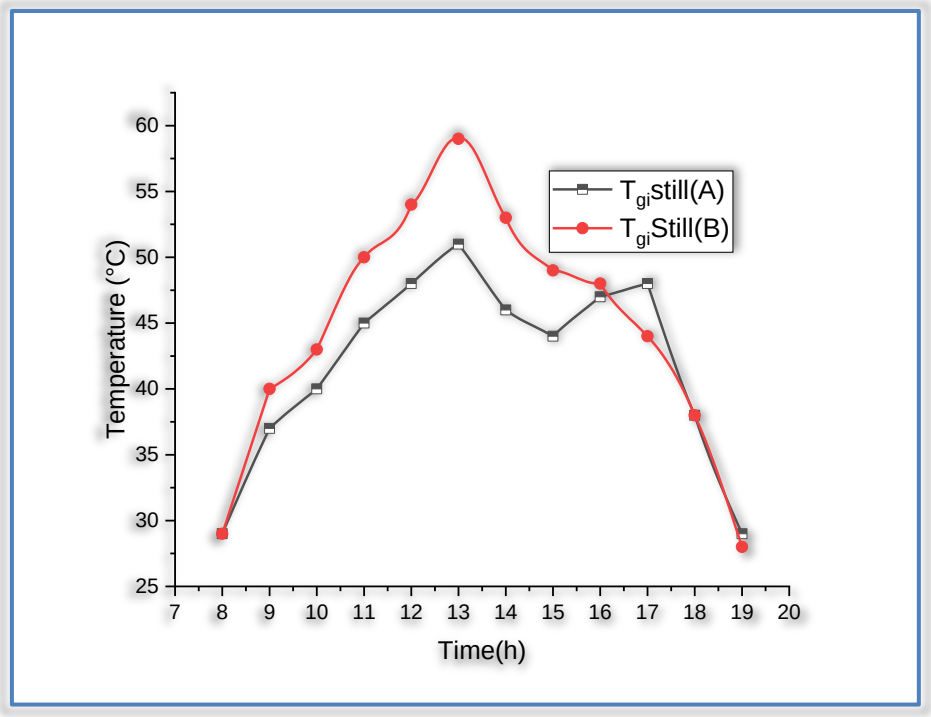
3-10-4. تطور درجة حرارة الزجاج الداخلي (T_{gi}):

منحنى تغيرات درجة حرارة الزجاج الداخلي للمقطرين بدلالة الزمن كما هو موضح في الشكل (3-10) حيث نلاحظ:

أن درجة حرارة الزجاج الداخلي (T_{gi}) للمقطرين على الساعة 08:00 صباحا قدرت بـ 29 °C

لوحظ أن هناك زيادة في درجة حرارة الزجاج الداخلي (T_{gi}) للمقطر الشاهد تدريجيا إلى أن وصلت قيمتها العظمى 51 °C عند الساعة 13:00، ثم تناقصت إلى أن وصلت القيمة 28 °C على الساعة 19:00.

لوحظ أن هناك زيادة في درجة حرارة الزجاج الداخلي (T_{gi}) للمقطر المدمج مع اللاقط تدريجيا إلى أن وصلت قيمتها العظمى 59 °C عند الساعة 13:00، ثم تناقصت إلى أن وصلت القيمة 28 °C على الساعة 19:00.



الشكل (3-10): منحنى تغيرات درجة حرارة الزجاج الداخلي للمقطرين بدلالة الزمن.

- **من خلال تحليل المنحنيين الشكل (3-9) والشكل (3-10) نستنتج أن:**

◄ هناك علاقة طردية بين درجة حرارة الزجاج الداخلية والخارجية حيث أن ارتفاع درجة حرارة الزجاج من الخارج يتبعه ارتفاع درجة حرارة الزجاج من الداخل.

◄ يعود الفرق بين درجة الحرارة الداخلية والخارجية للزجاج في انتقال الحرارة بالحمل أي تبريد الرياح لسطح الزجاج من الخارج وهذا ما يفسر تقارب درجة حرارة الزجاج الخارجي للمقطرين.

◄ يعود اختلاف الفرق في درجة حرارة الزجاج الداخلي والخارجي بين المقطرين لمساهمة اللاقط في تحسين أداء المقطر المدمج به، حيث يعمل على زيادة مساحة التقاط الاشعاع الشمسي وفترة تخزين الطاقة الحرارية مما ينعكس إيجابا على الفارق في درجة حرارة الزجاج الداخلي والخارجي.

3-10-5. تطور درجة حرارة ماء الحوض (T_{wb}):

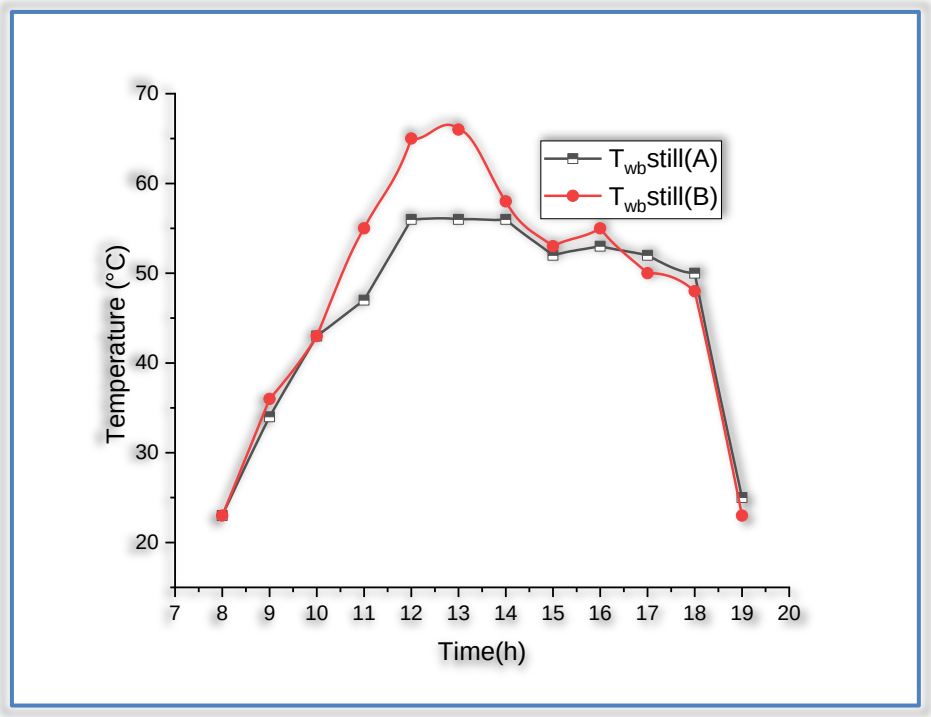
يمثل الشكل (3-11): منحنى تغيرات درجة حرارة الماء داخل الحوض (T_{wb}) للمقطرين بدلالة الزمن حيث نلاحظ:

درجة حرارة ماء الحوض (T_{wb}) بالنسبة للمقطرين على الساعة 08:00 صباحا قدرت بـ 23 °C .

ولاحظنا زيادة في درجة حرارة ماء الحوض بالنسبة للمقطر الشاهد تدريجيا إلى أن وصلت القيمة العظمىC° 56 على الساعة12:00، ثم تناقصت إلى أن وصلت القيمة C° 25 على الساعة 19:00 مساء.

-نلاحظ زيادة في درجة حرارة ماء الحوض بالنسبة للمقطر المدمج مع اللاقط تدريجيا إلى أن وصلت القيمة العظمى C° 95على الساعة12:00، ثم تناقصت إلى أن وصلت القيمة C° 23 على الساعة 19:00.

درجة حرارة ماء الحوض للمقطر المحسن أعلى من درجة حرارة ماء الحوض للمقطر الشاهد وهذا راجع عن عملية التبادل الحراري بين الأنابيب النحاسية، والتي لها خاصية امتصاص الاشعاع الشمسي بشكل أفضل وتخزين الطاقة الحرارية.



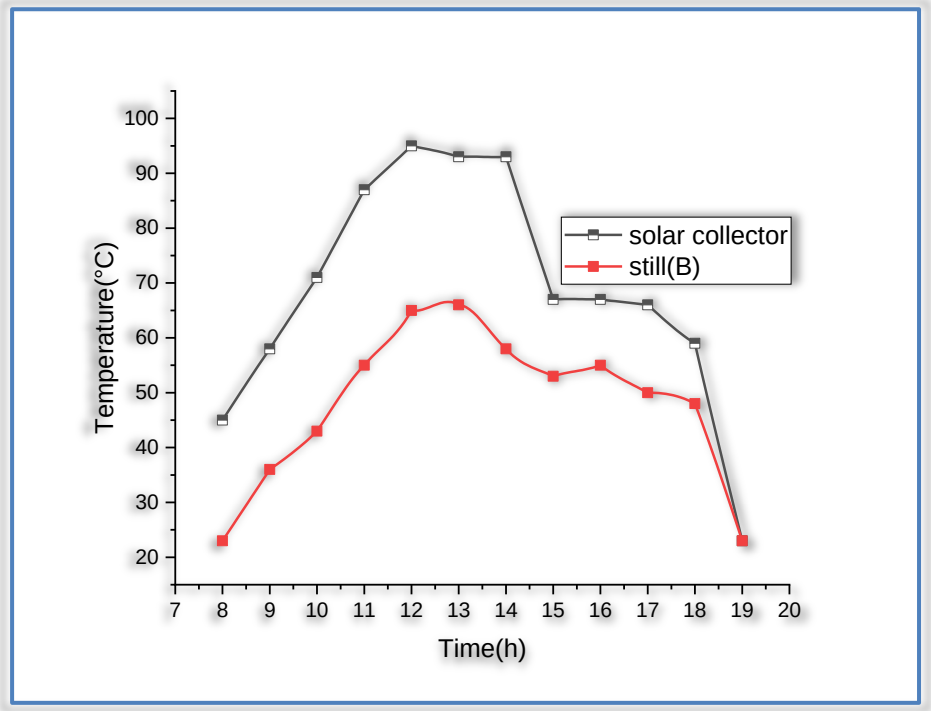
الشكل (3-11): منحنى تغيرات درجة حرارة الماء في الحوض للمقطرين بدلالة الزمن.

3-10-6. تطور درجة حرارة الماء الخارج من اللاقط T_{ap} ودرجة حرارة الماء في المقطر T_{wp} بدلالة الزمن:

يمثل الشكل (3-12) منحنى تغيرات درجة حرارة الماء الخارج من اللاقط ودرجة حرارة الماء في المقطر بدلالة الزمن حيث نلاحظ:

درجة حرارة الماء الخارج من اللاقط على الساعة 08:00 صباحا قدرت بـC° 45، ثم أخذت في تزايد إلى أن بلغت القيمة العظمى والتي قدرت بـ C° 95 عند الساعة 12:00 زولا، ثم تناقصت مع مرور الزمن إلى أن وصلت إلى القيمةC° 23عند الساعة 19:00 مساء وهذا يعود إلى غروب الشمس.

درجة حرارة الماء داخل المقطر على الساعة 08:00 صباحا قدرت بـ 23 °C، ثم أخذت في تزايد إلى أن وصلت القيمة العظمى 66 °C عند الساعة13:00 زولا وهذا يعود إلى سقوط الاشعاع الشمسي على سطح الأرض، ثم تناقصت إلى أن وصلت القيمة 23 °C على الساعة 19:00 مساء.



الشكل (3-12): منحنى تغيرات درجة حرارة الماء الخارج من اللاقط ودرجة حرارة الماء داخل المقطر بدلالة الزمن.

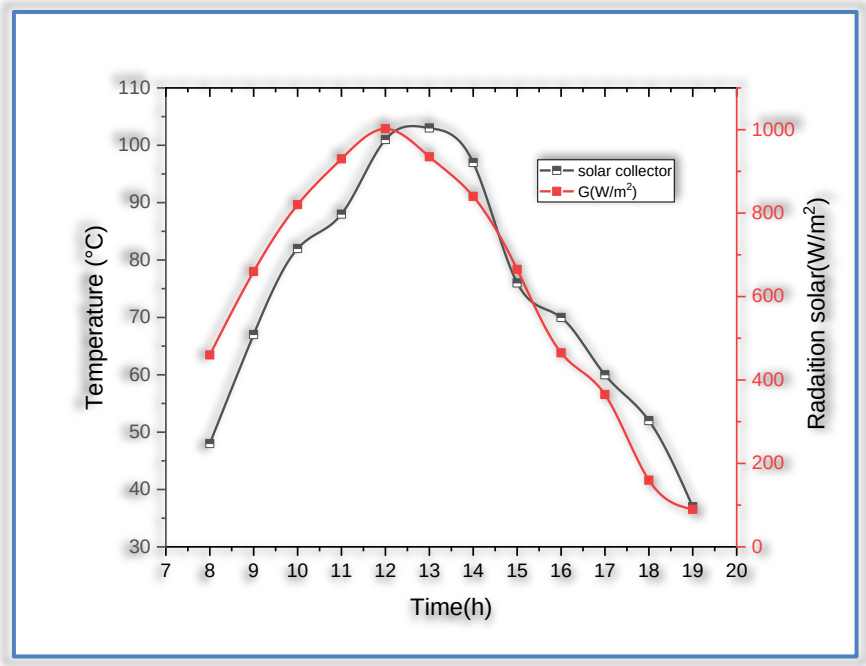
3-10-7. تطور درجة حرارة الهواء داخل اللاقط والاشعاع الشمسي بدلالة الزمن:

يمثل الشكل (3-13) منحنى تغيرات درجة حرارة الهواء داخل اللاقط والإشعاع الشمسي بدلالة الزمن حيث نلاحظ:

- زيادة في درجة حرارة الهواء داخل اللاقط من لحظة الانطلاق حتى تبلغ أقصى قيمة لها عند الساعة 13:00 والتي تقدر بـ (103 °C)، ومن ثم بدأ بالتناقص إلى أن وصلت القيمة 37 °C عند الساعة 19:00 مساء.

- زيادة في شدة الإشعاع الشمسي من لحظة الانطلاق حتى بلغ أقصى قيمة له عند الساعة 12:00 والتي تقدر بـ $1100W/m^2$، ومن ثم انخفضت إلى أن وصلت القيمة $90W/m^2$عند الساعة 19:00 مساء.

- من خلال تحليل المنحنى نستنتج (3-13) أن هناك علاقة طردية بين شدة الإشعاع الشمسي ودرجة حرارة الهواء داخل اللاقط.



الشكل (3-13): منحنى تغيرات درجة حرارة الهواء داخل اللاقط وشدة الإشعاع الشمسي بدلالة الزمن.

3-10-8. تطور كمية الماء المنتجة P:

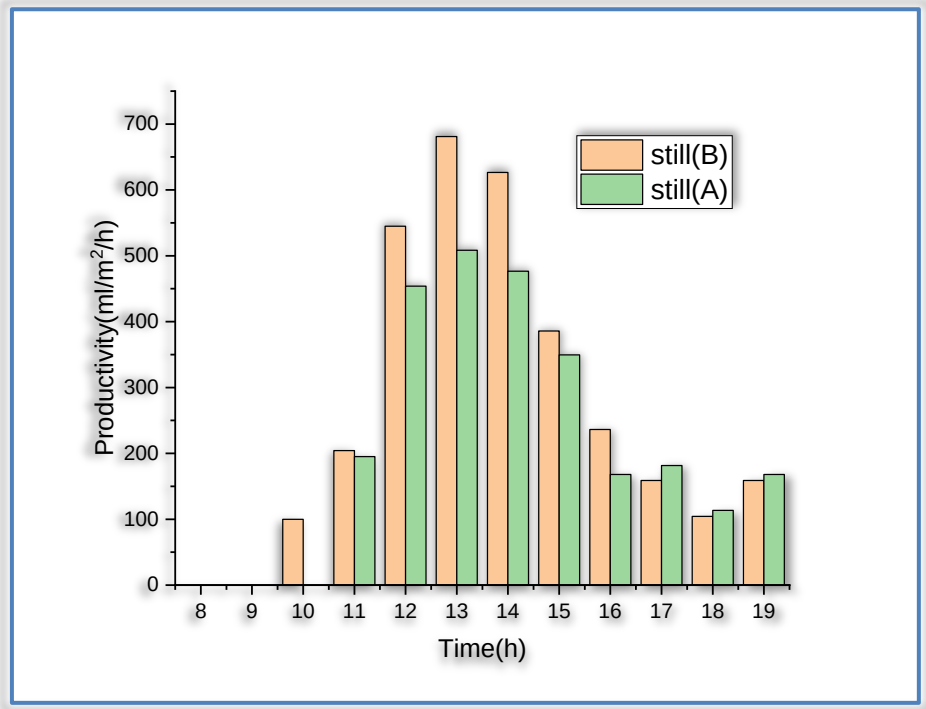
يمثل الشكل (3-14) أعمدة بيانية لكمية الماء المنتجة للمقطرين بدلالة الزمن حيث نلاحظ:

عدم تسجيل أي كمية ماء في الساعة الأولى للتجربة (08:00 و 09:00) من كلا المقطرين، وذلك لضعف الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة المحيطة مما أدى لعدم تبخر الماء بشكل كافي، كما يعود تأخر إنتاج الماء المقطر لعدم وجود إختلاف في درجة الحرارة بين الماء والزجاج الداخلي للمقطر.

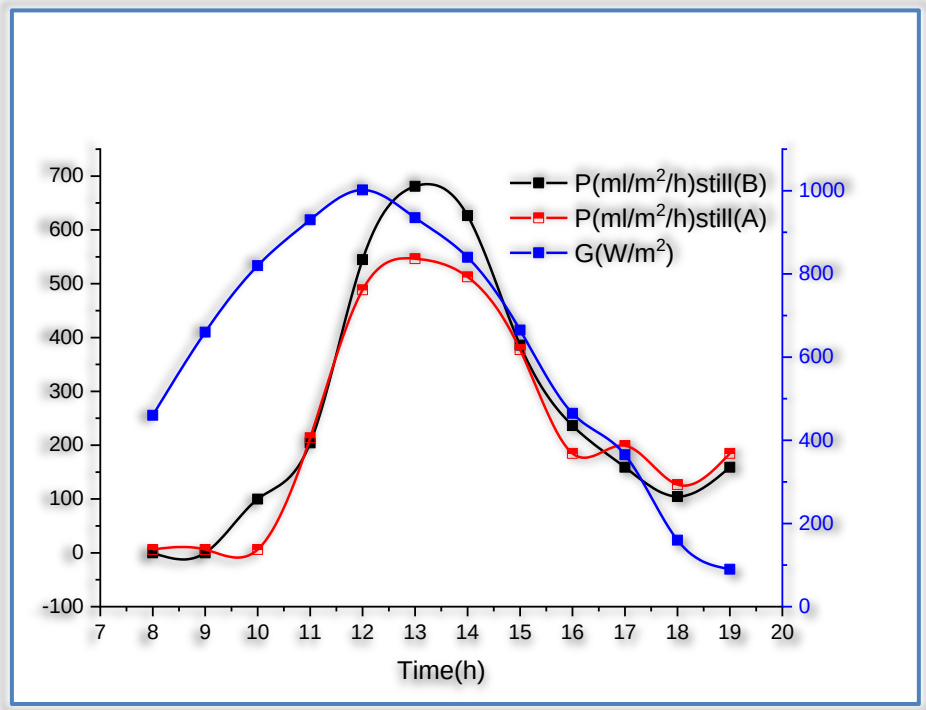
- بدأ انتاج الماء المقطر من المقطر المحسن على الساعة 10:00 صباحا حيث قدرت بـ 99.88 $ml/m^2/h$، حيث نلاحظ زيادة في كمية الماء المنتجة للمقطر المحسن إلى أن وصلت قيمتها العظمى $681ml/m^2/h$ عند الساعة 13:00، ثم انخفضت إلى أن وصلت إلى القيمة $158.9ml/m^2/h$ عند الساعة 19:00 مساء، تعود أفضلية الإنتاج في المقطر المدمج بلاقط إلى زيادة درجة الحرارة الماء داخل الأنابيب لينقل إلى حوض المقطر فيسخن ماءه أكثر بالتبادل الحراري بينه وبين الأنابيب مما يزيد من كمية البخار.

- أما بالنسبة للمقطر الشاهد كان أول تسجيل للماء المقطر عند الساعة 11:00 صباحا حيث قدرت بـ 195.22 $ml/m^2/h$، حيث نلاحظ زيادة في كمية الماء المنتجة للمقطر الشاهد إلى أن وصلت قيمتها العظمى $508.48ml/m^2/h$ عند الساعة 13:00، ثم انخفضت إلى أن وصلت إلى القيمة $167.98ml/m^2/h$ مساء.

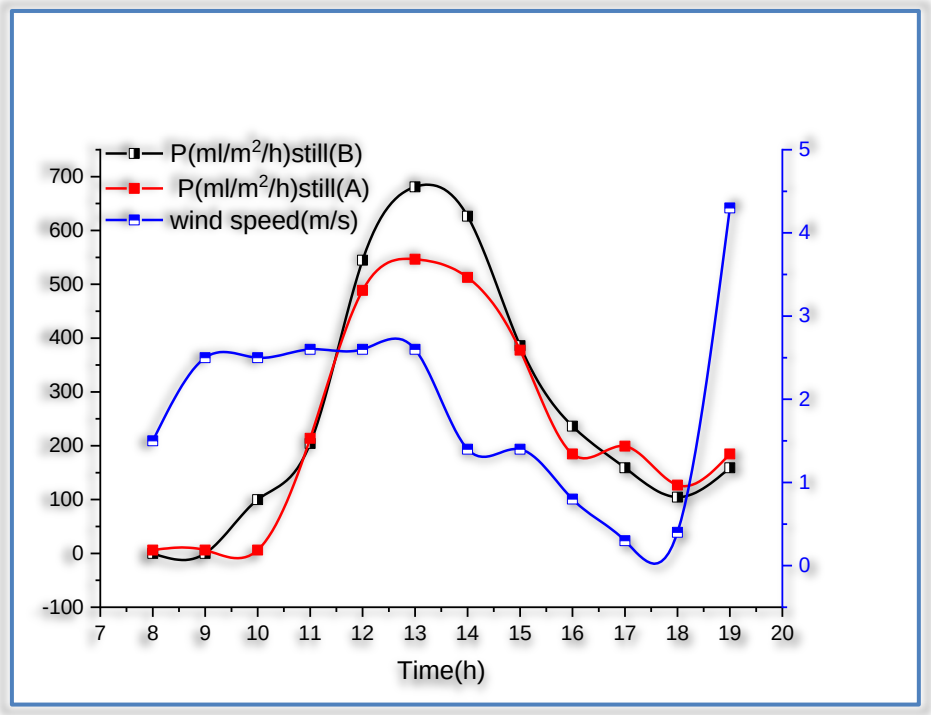
- انخفاض كمية الماء المنتجة من المقطرين، وهذا راجع الى ضعف شدة الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة المحيطة بسبب غروب الشمس، ورغم ذلك استمرت عملية التقطير إلى ما بعد غروب الشمس بساعات حيث سجلنا كمية معتبرة من الماء المقطر قدرت بـ 24 $ml/m^2/h$ من كلا المقطرين.



الشكل (3-14): أعمدة بيانية كمية الماء المنتجة من المقطرين بدلالة الزمن.



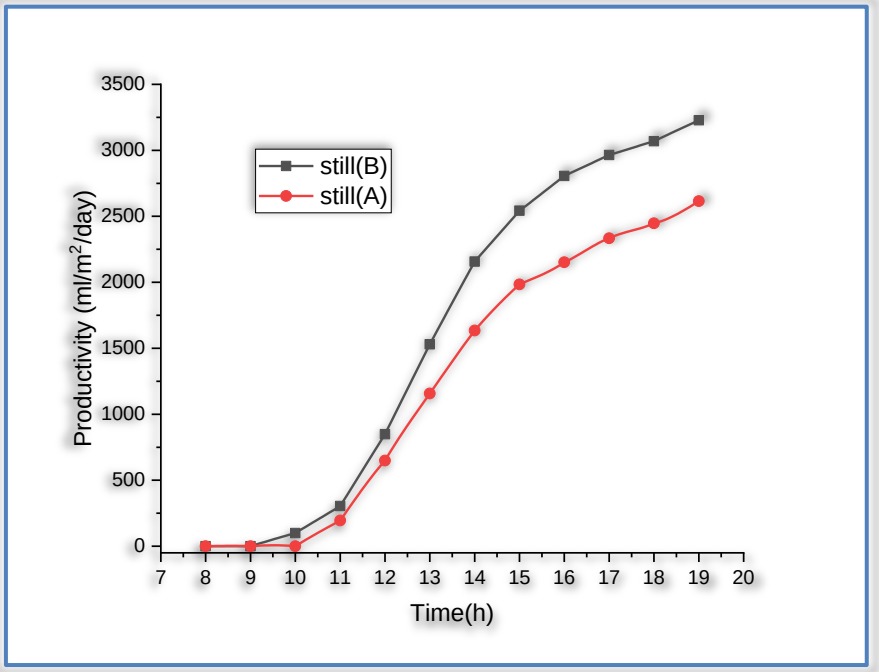
الشكل (3-15): منحنى تغيرات الإشعاع الشمسي وكمية الماء المنتجة للمقطرين بدلالة الزمن.



الشكل (3-16): منحنى تغيرات سرعة الرياح وكمية الماء المنتجة بدلالة الزمن.

الشكل (3-17): عملية التكثيف داخل المقطر.

يمثل الشكل (3-18) منحنى تغيرات كمية الماء المقطر المنتجة (المجمعة) للمقطرين بدلالة الزمن، حيث نلاحظ: زيادة في كمية الماء المنتجة خلال ساعات النهار عند المقطرين، لكن كانت أفضل عند المقطر المحسن وهذا واضح عند(الظهيرة) ساعات النهار الوسطى لكن عند قبيل وبعيد الظهيرة تقريبا متساوي وهذا راجع إلى مدى تأثير شدة الإشعاع الشمسي على اللاقط.



الشكل (3-18): منحنى تغيرات كمية الماء المقطر المنتجة (المجمعة) للمقطرين بدلالة الزمن.

3-11. دراسة اقتصادية لجدوى استخدام المقطرين الشمسيين المستعملين في التجربة:

تكلف تحلية المياه الغير صالحة للشرب (المياه الجوفية المالحة، مياه البحر، مياه ملوثة وغيرها) باستعمال الأجهزة والتقنيات المعتمدة على مشتقات البترول (البنزين، الديزل، الغاز وغيره) أو الطاقة الكهربائية تكلف الدول مبالغ مالية هائلة، لذا فاستخدام تقنية التقطير الشمسي في توفير مياه الشرب يعد حلا ناجعا من حلول مشكلة نقص المياه الصالحة للشرب بالإضافة إلى أنها طريقة نظيفة وآمنة. كما نشير بأن المواد المكونة للمقطر الشمسي البسيط متوفر محليا وبأسعار منخفضة حيث لا تتجاوز تكلفة تصنيع المقطر الشمسي البسيط 10000DA، سعر اللتر الواحد للماء المقطر حوالي 100DA.

الجدول (3-6) يمثل دراسة اقتصادية لجدوى استخدام المقطرين الشمسيين المستعملة في التجربة على المدى المتوسط، كما وجب التنويه على أن هذه الدراسة لم تأخذ بعين الاعتبار في عدة عوامل مهمة تؤثر على مردود هذه المقطرات، مثل التأثير الموسمي لفصول السنة على المردود، واضطراب الجو خلال بعض أيام السنة، لأن الهدف من هذه الدراسة هو بيان أفضلية المقطر المحسن ومقارنته بالمقطر الشاهد رغم ارتفاع تكلفته نوعا ما.

الجدول (3-6): دراسة اقتصادية لجدوى استخدام المقطرين الشمسيين المستعملين في التجربة.

	المقطر الشاهد	المقطر المدمج بلاقط
تكلفة التصنيع والصيانة (DA)	10000	40000
كمية الماء المنتجة ($L/m^2/day$)	2.615	3.200
مدة تسديد تكلفة تصنيع المقطر (day)	38	125
قيمة الربح الصافي خلال 5سنوات (DA)	478150	584000
نسبة الربح الصافي مقارنة بالمقطر الشاهد	/	18.125%

12-3. خاتمة:

لقد قمنا خلال هذا الفصل بإجراء دراسة تجريبية للمقطر الشمسي المدروس باستعمال أنابيب من النحاس وتمرير الماء الساخن فيها، حيث أنها وضعت داخل اللاقط والمقطر بشكل حلزوني كما هو في الشكل (3-5)، وقد انطلقت تجربتنا على الساعة الثامنة صباحا في يوم غائم نسبيا، حيث قمنا بوضع 2.5 لتر من الماء في كلا المقطرين حيث سجلنا في نهاية التجربة تحسن المقطر المدروس بنسبة 22% مقارنة بالمقطر الشاهد، ومن هنا نستنتج أن هذه الطريقة المستعملة ناجحة وفعالة وهذا راجع لقدرة جزيئات الماء المار عبر الأنابيب النحاسية في زيادة مساحة التقاط الاشعاع الشمسي ومضاعفة فترة تخزين الطاقة و تسخين الأنابيب النحاسية والتي هي بدورها تعمل على تسخين جزيئات الماء المحيطة بها، اذن يمكننا اعتماد هذه الطريقة كحل فعال لزيادة الإنتاج اليومي من الماء المقطر.

الخلاصة العامة

الخلاصة العامة

تعد أزمة نقص المياه الصالحة للشرب من أكبر التحديات التي يواجهها العالم حالياً، ومن المتوقع أن تتزايد أكثر في المستقبل بسبب النمو السكاني الهائل، حيث تضاعف عدد سكان العالم أكثر من ثلاث أضعاف منذ منتصف القرن العشرين. الجزائر ليست ببعيدة عن هذه المشكلة، إذ تعاني من نقص في مياه الشرب، خاصة في المدن. لهذا السبب، يبحث عن طرق فعالة لتحلية المياه المالحة، وأبسط وأقل هذه الطرق تكلفة هي التحلية باستخدام الطاقة الشمسية. تملك الجزائر مساحات شاسعة من الصحاري التي تحتوي على مخزون كبير من المياه الجوفية غير الصالحة للشرب، كما هو الحال في ولاية الوادي. لذا، يعتبر التقطير الشمسي حلاً مناسباً لمشكلة نقص مياه الشرب في هذه المناطق.

انتاجية المقطر الشمسي البسيط تكون منخفضة، مما يجعله غير قادر على تلبية احتياجات مياه الشرب أو معالجة مشكلة نقص المياه بشكل فعّال في بعض المدن والمناطق النائية حيث تكون منخفضة نوعا ما. مما يدفع الباحثين إلى تحسين إنتاجيتها بطرق مختلفة، من بينها الطريقة التي اعتمدنها والتي تتمثل في دمج المقطر الشمسي البسيط بلاقط شمسي. حيث تهدف تجربتنا التي أجريناها بكلية العلوم الدقيقة بجامعة حمة لخضر بالوادي إلى تحسين المردودية اليومية للمقطر الشمسي البسيط. قمنا في هذه التجربة بمقارنة كمية الماء المنتجة من مقطرين شمسيين متماثلين؛ أحدها كان المقطر الشاهد والآخر مقطر تم دمجه مع لاقط شمسي.

من أجل المساهمة في معالجة هذا المشكل في صحراء الجزائر قمنا بإنجاز مقطرين شمسيين أحاديي الميل أحدهما كشاهد والآخر محسن بمرآة عاكسة وبلاقط موصول به، وهما مزودان بأنابيب نحاسية ممتلئة بالماء تشكل دارة مغلقة، صبغت هذه الأنابيب باللون الأسود من أجل تسخين الماء ودورانه بين اللاقط والمقطر.

التجربة أجريت في يوم مغيم نسبيا، حيث تم تعريض المقطرين الشمسيين لأشعة الشمس على الساعة08:00 صباحا إلى غاية 19:00 مساء، حيث قمنا بوضع نفس كمية الماء في كلا المقطرين تحت نفس الظروف التجريبية نفسها حيث كان الهدف الأساسي من هذه التجربة هو تحسين مردود التقطير. حيث قمنا بقياس مختلف درجات الحرارة المميزة وكميات الماء المقطر كل ساعة. لقد كانت النتائج إيجابية في العمل التجريبي رغم كل الظروف حيث تحصلنا على النتائج التالية:

بلغت كمية الماء المنتجة من المقطر الشاهد$2615.04ml/m^2/day$.

بلغت كمية الماء المنتجة من المقطر المدمج بلاقط $3200.94ml/m^2/day$.

بلغت نسبة التحسين في إنتاجية المياه المقطر عند دمج لاقط مع مقطر به أنابيب نحاسية يمر عبرها الماء الساخن 22.4% مقارنة بإنتاجية المقطر الشاهد.

تمكنا من تحسين مردود المقطرات الشمسية بنسبة جيدة، ولكن أهدافنا المستقبلية أعلى حيث نطمح إلى تحسينات أكثر فعالية كاستعمال سائل حراري مثل الزيت بدل الماء أو زيادة طول الأنابيب النحاسية في اللاقط أو المقطر وذلك من أجل زيادة التقاط شدة الاشعاع الشمسي وبالتالي تحسين أفضل في المردود.

قائمة المصادر والمراجع

قائمة المصادر والمراجع

❖ مراجع باللغة العربية:

[5] ل. مشارة، ه. نفيدي، "استعمال مواد محلية لتحسين مردود المقطر التقليدي في المناطق الصحراوية"، مذكرة ماستر، جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي، الجزائر(2020).

[6] م. العاتي، "المساهمة في تحسين مجفف شمسي للمحاصيل الزراعية"، مذكرة ماجستير، جامعة قاصدي مرباح - ورقلة، الجزائر (2011).

[7] ق. خلف الله عمر، "نظرية الإشعاع الشمسي"، جامعة أوبسالا، السويد (2021).

[8] س. بن حميدة، م. غوقالي، "سلسلة الطاقات المتجددة"، مطبعة مزوار، الجزائر (2009).

[10] ح. ناجي، "دراسة وتنفيذ وتحسين أداء محطة ضخ مياه تعمل بالطاقة الشمسية"، مذكرة ماجستير، جامعة تشرين، سوريا (2009).

[14] ي. سعود،" تكنولوجيا الطاقة البديلة"، عالم المعرفة، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب- الكويت، العدد 38 (1981).

[15] م. ا. سوداني، "تحقيق عملي لمركز الشمسي أسطواني مكافئ ذي غطاء زجاجي"، أطروحة دكتوراه، جامعة قاصدي مرباح - ورقلة، الجزائر (2018).

[16] ن. شهيد، "حساب الإشعاع الشمسي الساعي بمساعدة الحاسوب"، تقنيات الطاقة، الطاقة والحياة، العدد 23 ، ص62 (2006).

[17] ر. م. قرفول، "حساب كمية الإشعاع الشمسي الساعي المباشر الوارد على أسطح مائلة وأفقية عمودية في مدينة اللاذقية"، سلسلة العلوم الأساسية، جامعة تشرين، المجلد 41، العدد 3، ص 21-35 (2019).

[18] إ. الأحيدب، "الجغرافيا الطبيعية: أسس ومفاهيم وتطبيقات"، الرياض، السعودية (2022).

[19] م. خليل، "الطاقة الشمسية واستخداماتها"، دار الكتاب العلمية للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، مصر(2009).

[22] ب. تجاني، ه. نصير، "دراسة المركز الشمسي ذي القطع المكافئ"، مذكرة ماستر، جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي، الجزائر (2017).

[29] المملكة العربية السعودية المؤسسة العامة للتدريب المهني والإدارة العامة لتصميم وتطوير لمناهج، انتقال الحرارة والموائع-عملي، تخص تقنية التصنيع الغذائي.

[30] أ. سليمان، "الطاقة المتجددة"، سلسلة كتيبات تعريفية، صندوق النقد العربي، العدد 55 (2024).

[31] ف. عرفي، ص. زيد المال، "دور الطاقات المتجددة في تحقيق التنمية المستدامة للمدن الجديدة"، مجلة صوت القانون، المجلد 09، العدد 01 ،الجزائر (2022).

[32] ر. الفهداوي، "محاضرات في الطاقات المتجددة"، جامعة الأنبار، كلية التربية للعلوم الصرفة، ص1، (2015-2014).

[33] ر. ذوادي، "دراسة مقطر شمسي ذو مكثف مظلل جزئيا بفعل الاحتباس الحراري الشمسي في المناطق الفاصلة"، مذكرة ماجستير، جامعة قاصدي مرباح - ورقلة، الجزائر (2010).

[35] م. شلغام، "استعمال اللاقط الشمسي لتحسين أداء المقطر الشمسي"، أطروحة دكتوراه، جامعة قاصدي مرباح - ورقلة، الجزائر (2023).

[38] م. غوقالي، إ. خميس، "دمج مركز شمسي PTC مع مقطر شمسي بسيط في مدينة ورقلة"، مذكرة ماستر، جامعة قاصدي مرباح - ورقلة، الجزائر (2021).

[44] ن. حسن وآخرون، "التقطير الشمسي باستخدام العدسات المكبرة والألواح الشمسية"، مجلة اتحاد الجامعات العربية للدراسات والبحوث الهندسية، المجلد 26، العدد 4، ص 83-90 (2019).

[46] م. ع. فياض، ش. م. دلف، "دراسة تجريبية لتأثير عمق الماء على انتقال الكتلة لمقطر شمسي سلبي بإضافة محاليل كيمياوية"، مجلة تكريت للعلوم الهندسية، المجلد 24، العدد2، ص 1-10 (2017).

❖ المراجع باللغة الأجنبية:

[1] A. Benmoussat et al., "Studay énergétique paramétres in A photothermique on sensor with black polymérique film", Journal fundam Appl Sci. N2(1), (2010).

[2] A. Manokar et al., "Sustainable fresh water and power production by integrating PV panel in inclined solar still", Journal of Cleaner Production, V. 172, P. 2711-2719, (2018).

[3] https://www.jstor.org/stable/43750435. Accessed 15 June 2024.

[4] B. Vendula et al. "Wind turbines location: How many and how far?", Applied Energy, V. 151, P. 23-31 (2015).

[9] https://bonliineae.unionjill.org/category/(2024). Accessed 16 June 2024.

[11] R. Dambreville, "Prévision du rayonnement solaire global par télédétection pour la gestion de la production d'énergie photovoltaïque", Thése de doctoat, Université de Grenoble, France (2014).

[12] http://www.aaea.org.tn/?p=1284. Accessed 03 June 2024.

[13] W. Joakim and J. Munkhammar. "Solar radiation theory". Uppsala University, N°01, P. 51 (2019).

[20] H. Nadjette, "Modélisation du flux solaire incident et de la température de sortie dans un capture solaire à eau avec effet deconcentration du rayonnement solaire incident", mémoire de magister, Université Mohamed Khider- Biskra, Algérie (2005).

[21] S. Kalogirou, " Solar energy engineering: processes and systems". Elsevier, 1st Edition (2009).

[23] D. Goswami, "Principles of solar engineering",CRC press, 4th Edition (2022).

[24] A. Sfeir et G. Guarracino, "Ingéniere des systèmes solaires: application à l'habitat", Technique et Documentation, Edition Paris (1981).

[25] K. Messaitfa, "Evaluation de l'apport quantitatif des inclinaisons optimales d'un Système de pompage photovoltaïques", Enersole 01, Adrar, Algérie, P.255-272 (2001).

[26] W. B. Stine and R. W. Harrigan, "Solar energy fundamentals and design: with computer applications ", Wiley-Interscience (1985).

[27] S. M. Bekkouche, "Modélisation du comportement thermique de quelques dispositifs solaires", Thèse de Doctorat, Université de Abou Bekr Belkaid Tlemcen UABT , Algérie (2009).

[28] S. Kalogirou, " Solar energy engineering: processes and systems". Elsevier, 2nd Edition, P. 840 (2013).

[34] Y. Boualati," Investigation sur la performance d'un distillateur solaire", Mémoire de magister, Université de Kasdi Merbah - Ouargla, Algérie (2004).

[36] M. H. Sellami, "Etude et amélioration des techniques de distillation solaire dans la région Sud-est Algérien (Ouargla)". Thèse de Doctorat, Université de Kasdi Merbah - Ouargla, Algérie (2014).

[37] S. S. Kishk, "Enhancement of solar still efficiency by using cellulose cooling pad and water sprinkler", Misr J. Ag. Eng., V. 39, P. 173 - 184 (2022).

[39] K. Salima, "Etude théorique et numérique des systèmes couples: distillateur plan capteur et distillateur hot box-capteur", Mémoire de magister, Université Mentouri - Constantine, Algérie (2009).

[40] K. Ranjan et al., "Energy and exergy analysis of passive solar distillation systems", International Journal of Low-Carbon Technologies, V.11, P. 211-221 (2016).

[41] D. Medugu and L. Ndatuwong, "Theoretical analysis of water distillation using solar still", International Journal of Physical Sciences, V.4, P. 705-712 (2009).

[42] B. Gupta et al., "Thermal modeling and efficiency of solar water distillation: A review", American Journal of Engineering Research, V. 2, P. 203-213 (2013).

[43] A. Johnson et al., "A thermal model for predicting the performance of a solar still with fresnel lens", Water. V. 11, P. 1860 (2019).

[45] V. Sonker et al., "Solar distillation using three different phase change materials stored in a copper cylinder", Energy Reports, V. 5, P. 1532-1542 (2019).

[47] K. Hidouri et al., "Experimental and theoretical evaluation of a hybrid solar still integrated with an air compressor using ANN", Desalination and Water Treatment , V. 88, P. 52-59 (2017).

[48] R. Padilla et al., "Heat transfer analysis of parabolic trough solar receiver", Applied Energy, V. 88, P. 5097-5110 (2011).

[49] A. Hanson et al., "Distillate water quality of a single basin solar still: laboratory and field studies", Solar energy, V. 76, P. 635-645 (2004).

[50] H. Singh and G. Tiwari, "Monthly performance of passive and active solar stills for different Indian climatic condition", Desalination, V.168, P. 145-150 (2004).

بحمد الله

الملخص

ان تزايد مشكلة ندرة المياه الصالحة للشرب خاصة في المناطق النائية دفع الكثير من الباحثين للاهتمام بهذا الموضوع من أجل إيجاد حلول ناجعة له. من أهم هذه الحلول تقطير المياه المالحة وهو ما دفعنا لإستغلال تقنية التقطير الشمسي من أجل تحلية المياه، تم القيام بدراسة تجريبية من أجل تحسين أداء المقطر الشمسي البسيط وذلك بدمجه بلاقط حراري يساعد على رفع درجة حرارة الماء في حوض المقطر، حيث تم تركيب مبادل حراري (أنبوب نحاسي قطره 2.5سم) في قاع اللاقط وحوض المقطر المدمج معه مما يؤدي إلى زيادة درجة حرارة المياه في حوض المقطر، وهذا يزيد من كمية البخار الذي يتكثف ويتقاطر لاحقا وبالتالي تحسن إنتاجية المقطر. حيث تم تحسين مردود المقطر المدمج بلاقط بنسبة 22.4% مقارنة بنظيره الشاهد.

الكلمات المفتاحية: التقطير الشمسي، المقطر الشمسي البسيط ، اللاقط الشمسي، مبادل حراري ، ماء مقطر

Abstract

The increasing problem of scarcity of potable water; especially in remote areas;has prompted many researchers to pay attention to this issue in order to find effective solutions. One of the most important of these solutions is the distillation of salt water, which is what prompted us to exploit solar distillation technology for water desalination. An experimental study was carried out in order to improve the performance of the simple solar distiller by integrating it whith a thermal collector that helps raise the temperature of the water in the still basin, where a exchanger was installed. (A copper tube with a diameter of 1.5 cm) at the bottom of the still and the distiller basin integrated with it, which leads to an increase in the water temperature in the distiller basin. This increases the amount of steam that condenses and drips later, thus improving the productivity of distilled water. The yield of the built-in distiller was improved by 22.4% compared to its reference counterpart.

Keywords: Solar distillation, Simple solar still, Solar collector, Heat exchanger, distilled water.