

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي

كلية العلوم الدقيقة

قسم : فيزياء

مذكرة تخرج مقدمة لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

تخصص: فيزياء إشعاعات

من إعداد: فتيحة بري

الموضوع

استعمال المدخنة الشمسية لإنتاج الكهرباء جنوب الجزائر

نوقشت يوم: 2025

أمام لجنة المناقشة المكونة من الأستاذة:

رئيسا

أستاذ مساعد -ب-

علوش أمال

مناقشا

أستاذ محاضر -أ-

ليثيم فتحي

مؤطر

أستاذ مساعد -أ-

مفتاح محمد الصالح

الموسم الجامعي 2025/2024

الإهداء

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات أهدي هذا العمل المتواضع إلى:
إلى من منحني أجمل الألقاب، وسندني نون حدود وأهدني دروس حياة بلا مقابل،
إلى من علمني أن الدنيا كفاح سلاحها العلم والمعوفة، إلى من غرس في روحي
مكرم الأخلاق، فكان بعد الله ملاذي وسندي ... إلى فخري واعتزلي

{والذي رحمه الله }

إلى من جعل الله الجنة تحت قدميها، واحقواني قلبها قبل يديها، إلى من كانت
دعواتها ضياء في عتمة أيامي، وحنانها سكنية لروحي، إلى من كانت لي الشمعة
التي تنير لربي، سر قوتي ونجاني، ووهج حياتي

{والدتي الغالي حفظها الله }

إلى من ذكرهم الله في كتابه الكريم فقال "سنشد عضدك بأخيك" إلى من شد الله بهم
أزري، وأسند بهم ظهري، إلى من ملأ أيديهم نون كلل و لا ملل وقت ضعفي، إلى
من شلكوني تفصيل الحياة وأمضيت معهم أسعد الأوقات ... إلى إخواني كل

بأسمه

{حسين، أيوب ، محمد أنور، إسماعيل }

فتيحة

الشكر والتقدير

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات والصلاة والسلام على رسوله الكريم ومن تابعه بإحسان إلى يوم الدين. بادئ أشكر الله رب العباد العالي التقدير شكرا جزيلاً طيباً مباركاً فيه الذي أنارنا بالعالم وزيننا بالحلم ، وأكرمنا بالتقوى، وانعم علينا بالعافية و أنار طريقنا ويسر ووفق وأعان في إتمام هذه الدراسة وتقديمها على الشكل الذي عليه اليوم، فله الحمد والشكر وهو الرحمان المستعان.

كما أتقدم بجزيل الشكر وعظيم التقدير وخالص الامتنان إلى أستاذ المشرف محمد الصالح مفتاح الذي قبل الإشراف على هذا العمل، فله أخلص تحية وأعظم التقدير على كل ما قدمه لي من توجيهات وإرشادات وعلى كل ما خصني به من جهد ووقت طوال إشرافه على هذه الدراسة

كما أتقدم بالامتنان والعرفان للأساتذة أعضاء لجنة المناقشة الموقرة على تفضلهم لمناقشة هذه الرسالة

ولايفوتني توجيه الشكر والتقدير لكافة الأساتذة أعضاء هيئة التدريس في كلية العلوم الدقيقة

وأتقدم بالشكر إلى الوالدي التي كانت السند لإستكمال هذا العمل كما لايفوتني أن التقدّم بالشكر الجزيل إلى كل من ساهم في إنجاز هذا العمل من قريب أو بعيد

فهرس المحتويات

فهرس الأشكال

فهرس الجدول

فهرس الرموز

01	المقدمة العامة
الفصل الأول : بحث مكتبي لمختلف المداخن الشمسية	
03	1-1 المقدمة
03	2-1 تعريف المدخنة اشمسية
03	3-1 تاريخ المداخن الشمسية
04	4-1 مكونات هيكل المدخنة
04	1-4-1 المجمع
05	2-4-1 العنقات
05	3-4-1 المدخنة
06	5-1 مختلف أنواع المداخن الشمسي
06	1-5-1 المدخنة الشمسية النموذجية
06	2-5-1 المدخنة الشمسية العمودية
07	3-5-1 المدخنة الشمسية المدمجة
07	4-5-1 المدخنة الشمسية المائلة
08	5-5-1 المدخنة الشمسية القائمة بذاتها
08	6-5-1 المدخنة الشمسية المذبذبة
08	7-5-1 المدخنة الشمسية العائمة
09	6-1 مبدأ عمل المدخنة الشمسية
09	7-1 الظواهر المتحكمة في المدخنة الشمسية
09	8-1 تخزين الطاقة الحرارية
10	9-1 مزايا وعيوب المدخنة الشمسية
10	1-9-1 المزايا
10	2-9-1 العيوب
11	10-1 المشاريع الأولية وتطورات الأخيرة
12	11-1 المشاريع ونماذج المدخنة الشمسية
12	1-11-1 نموذج منازل اناريس
13	2-11-1 المشروع الأسترالي
13	3-11-1 المشروع الأمريكي أريزونا
14	4-11-1 نموذج إيران
14	5-11-1 المشروع الإسباني
15	6-11-1 المشروع الناميبيا
15	7-11-1 نموذج مصر
16	12-1 النماذج أولية التجريبية للمداخن الشمسية
17	13-1 الخاتمة

الفصل الثاني : التحليل الرياضي للمدخنة الشمسية	
18	1-2 المقدمة
18	2-2 الافتراضات المعتمدة في النموذج التحليلي الرياضي
19	3-2 النموذج الرياضي للمدخنة
19	1-3-2 كفاءة المدخنة الشمسية
19	2-3-2 كفاءة المجمع
20	3-3-2 كفاءة المدخنة
21	4-3-2 كفاءة التوربين
22	4-2 معادلة الاستمرارية
22	5-2 معادلة الزخم
22	6-2 معادلة حفظ الطاقة
23	7-2 معادلة التوازن الطاقوي
23	1-7-2 معادلة التوازن الحراري
23	8-1 الخاتمة
الفصل الثالث: التجربة ومناقشة النتائج	
25	1-3 المقدمة
25	2-3 موقع وخصائص منطقة الدراسة وادي سوف (الجزائر)
26	3-3 الهدف من اختيار منطقة الدراسة
26	4-3 الهدف من الدراسة
27	5-3 الأبعاد الهندسية النموذج التجريبي
28	6-3 خصائص المواد المستعملة في النموذج التجريبي للمدخنة الشمسية
29	3-7 أجهزة القياس المستعملة
29	1-7-3 جهاز قياس الأشعاع الشمسي
30	2-7-3 المولد الكهربائي
30	3-7-3 جهاز الانيمومتر
31	4-7-3 جهاز الترموكابل
31	5-7-3 اللاقط القياس درجة الحرارة
32	6-7-3 لوح الازدوينو
32	7-7-3 الدينامومتر
32	8-3 البرامج المستعملة
32	1-8-3 برنامج الاوروجين
33	2-8-3 برنامج الماطلاب
33	3-8-3 برنامج الازدوينو
35	9-3 الظروف الجوية التي تمت فيها التجربة
35	10-3 التجربة (6 ماي 2025)
37	11-3 النتائج التجريبية ومناقشة
37	1-11-3 توزيع درجات الحرارة
39	2-11-3 توزيع درجة الحرارة على نصف قطر المجمع في وجود وغياب العازل الحراري
42	3-11-3 تأثير نصف القطر المجمع وارتفاع المدخنة على سرعة الهواء في وجود وغياب العازل الحراري
45	12-3 مقارنة نتائج التجربة بالدراسة السابقة
45	13-3 أهم الاستنتاجات
45	14-3 الخاتمة

47	الخاتمة العامة
49	المراجع

فهرس الاشكال

الصفحة	عنوان الشكل	ترتيب الشكل
الفصل الأول		
03	رسم تخطيطي للمدخنة الشمسية	(1.1)
04	صورة توضح المجمع في المدخنة الشمسية	(2.1)
05	صورة تبين مدخنة الشمسية ذات القطر الكبير	(3.1)
05	صورة تبين توربينات عمودية	(4.1)
05	صورة تبين توربينات أفقية	(5.1)
06	صورة تبين المدخنة (برج الشمسي)	(6.1)
06	رسم تخطيطي للمدخنة الشمسية النموذجية	(7.1)
07	رسم تخطيطي للمدخنة الشمسية العمودية	(8.1)
07	رسم تخطيطي للمدخنة الشمسية المدمجة	(9.1)
07	رسم تخطيطي للمدخنة الشمسية المائلة	(10.1)
08	صورة تبين المدخنة الشمسية قائمة بذاتها	(11.1)
08	صورة تبين المدخنة الشمسية المذبذبة	(12.1)
08	صورة تبين المدخنة الشمسية العائمة	(13.1)
09	صورة توضح مبدأ تخزين الحرارة باستخدام أنابيب مملوءة بالماء	(14.1)
10	صورة توضح تخزين الحرارة باستخدام الحصى	(15.1)
11	صورة تبين مشروع المقترح من قبل إسيدورو كابانياس	(16.1)
11	صورة تبين المدخنة الشمسية كما تخيلها برنادر دوباس	(17.1)
12	صورة تبين المدخنة الشمسية في صحراء الغربية	(18.1)
12	صورة تبين نموذج أولي لمدينة مانزاناريس في إسبانيا	(19.1)
13	صورة تبين المشروع الأسترالي	(20.1)
14	صورة تبين المشروع الأمريكي (أريزونا)	(21.1)
14	صورة تبين المدخنة الشمسية في إيران	(22.1)
15	صورة تبين المدخنة الشمسية لمدينة سيوداد ريال	(23.1)
15	صورة تبين المدخنة الشمسية الناميبية	(24.1)
16	صورة تبين المدخنة الشمسية في مصر	(25.1)
16	نماذج أولية التجريبية للمداخن الشمسية	(26.1)
الفصل الثاني		
17	رسم تخطيطي للمدخنة الشمسية وأبعادها	(1.2)
الفصل الثالث		
25	خريطة الموقع الإدارية لولاية وادي سوف	(1.3)
26	منحنى توزيع استهلاك الكهرباء السنوي في ولاية وادي سوف بالجزائر	(2.3)

27	صورة تبين النموذج التجريبية للمدخنة الشمسية في ولاية وادي سوف	(3.3)
29	صورة تبين ألياف النخيل	(4.3)
29	صورة تبين جهاز قياس الإشعاع الشمسي	(5.3)
30	صورة تبين مولد الكهرباء	(6.3)
31	صورة تبين جهاز لقياس السرعة الهواء	(7.3)
31	صورة تبين جهاز الترموكابل لقياس درجة حرارة الجو	(8.3)
32	صورة تبين اللاقط الحرارة	(9.3)
32	صورة تبين لوح الازدوينو	(10.3)
32	صورة تبين برنامج الاوروجين	(11.3)
33	صورة تبين برنامج الماطلاب	(12.3)
34	صورة توضح بيئة تطور الازدوينو	(13.3)
34	صورة تبين مخططك العمل مخصص لقياس درجة الحرارة بالازدوين	(14.3)
35	كيفية القياس بالازدوينو لقياس درجة الحرارة	(15.3)
36	رسم تخطيطي لمدخنة الشمسية التي تستعمل لإنتاج الكهرباء	(16.3)
38	توزيع درجات الحرارة على المدخنة في غياب عازل حراري	(17.3)
38	توزيع درجات الحرارة على المدخنة في وجود عازل حراري	(18.3)
39	منحنى تغير درجة الحرارة بدلالة نصف قطر المجمع في وجود العازل الحراري	(19.3)
39	منحنى تغير درجة الحرارة بدلالة نصف قطر المجمع في غياب العازل الحراري	(20.3)
42	منحنى تغير سرعة الهواء بدلالة نصف قطر المجمع وارتفاع المدخنة في وجود العازل الحراري	(21.3)
42	منحنى تغير سرعة الهواء بدلالة نصف قطر المجمع وارتفاع المدخنة في غياب العازل الحراري	(22.3)

فهراس الجداول

رقم الصفحة	عنوان الجدول	ترتيب الجدول
الفصل الثالث		
27	قياسات الهندسية لنموذج المدخنة الشمسية لولاية وادي سوف	(1.3)
28	المواد المستعملة في المدخنة الشمسية وخصائصها	(2.3)
28	خصائص ألياف النخيل	(3.3)

فهرس الرموز

الرمز العادي	التعريف	الوحدة
A	المساحة	m^2
G	الاشعاع الشمسي	m/s
H	ارتفاع	m
E	الطاقة	J
V	السرعة	m/s
Cp	السعة الحراري	$J/kg \cdot k$
T	درجة الحرارة	k
Ta	درجة الهواء	k
ΔT	فرق في درجة الحرارة	k
P	الضغط	Pa
ΔP	فرق في الضغط	Pa
m	الكتلة	kg
\dot{m}	معدل تدفق الكتلة	kg/s
\dot{Q}	الكمية الحرارية	k
h	معامل انتقال الحمل الحراري	$w/m^2 \cdot k$
g	الجاذبية	kg/s
u	السرعة في اتجاه الاشعاعي	m/s
v	السرعة في اتجاه المحوري	m/s
r	نصف القطر	m
β	معامل فقدان الطاقة	$w/m^2 \cdot k$
λ	معامل توصيل الحراري	$w/m^2 \cdot k$
α	معامل الامتصاص	-

رمز الدليل	التعريف
coll	المجمع
ch	المدخنة
tur	التوربين
tot	الكلي
in	الخارج
s	المدخل
e	الأرض
a	المحيط
f	المائع
max	الأعظمي
elec	الكهربائية
الرموز الروماني	التعريف
η	المردود
ρ	الكثافة

المقدمة العامة

المقدمة العامة:

تؤدي الطاقة دوراً حيوياً لا غنى عنه في عالمنا المعاصر، فقد اتضحت أهميتها في عملية التنمية وارتباطها الوثيق بمختلف مجالات التنمية المستدامة وأبعادها، هذا الارتباط ولد ضغوطاً كبيرة على البيئة، نتيجة لسيطرة مصادر الطاقة الأحفورية على هيكل المزيج الطاقوي العالمي، هذه الوضعية تبين حالة الإدمان الكبير للاقتصاد العالمي على تلك المصادر الطاقة الناضبة، والتي يتم إنتاجها واستهلاكها بأساليب تؤدي إلى الإضرار بمختلف النواحي الاجتماعية والاقتصادية والبيئية للمجتمعات البشرية، الأمر الذي حفز على ضرورة البحث عن الموارد الطاقة المتجددة نظراً لكونها تتميز بديمومة وجودها وعدم نفاذها مثل الطاقة الشمسية لسد احتياجات الإنسان المتزايدة من الطاقة من ناحية، وخروجاً من شبح نفاذ موارد الطاقة الأحفورية غير المتجددة وعلى رأسها النفط والغاز من ناحية أخرى [1].

تعد الجزائر من بين الدول التي تتمتع بإمكانات هائلة في مجال الطاقة الشمسية لاسيما مناطقها الجنوبية التي تتميز بارتفاع معدلات إشعاع الشمس حيث تتجاوز متوسط إشراق الشمس 2000 ساعة سنوياً، بمتوسط أشعة الشمس 6.57 كيلواط ساعة /يوم ويمكنها أن تصل إلى 3900 ساعة سنوياً، وتوفر هذه الخصائص المناخية فرصة مثالية لتطوير مشاريع الطاقة الشمسية خاصة في المناطق النائية التي تعاني من ضعف في ربط الشبكة الكهربائية واعتمادها على مصادر تقليدية الإنتاج الكهرباء [2].

لحل هذه المشاكل توفر محطة الطاقة ذات المدخنة الشمسية فرصة مناسبة لاستغلال مصادر الطاقة المتجددة التي لا ينتج عنها انبعاثات غازات الدفيئة و غير ملوث للبيئة [3]. حيث تعد المدخنة الشمسية من تقنيات الواعدة في مجال الطاقات المتجددة، وتكمن أهمية هذا النظام في بساطته وتكلفة تشغيله منخفضة مما يجعله خياراً استراتيجياً لتعزيز الأمن الطاقوي وتحقيق التنمية المستدامة على المدى الطويل [4].

تم اختيار هذا الموضوع استناداً إلى مجموعة من الدوافع والتي تشمل ارتفاع معدلات الإشعاع الشمسي في منطقة الدراسة، وسعي لإبراز مساهمة الصناعة للمنطقة في التنمية والحصول على طريقة بديلة لاستخدام الطاقة الشمسية، كما نهدف تطوير أداء هذه الأنظمة والرفع من قدرتها الإنتاجية وذلك بدراسة العوامل المؤثر عليه.

تنقسم هذه الدراسة إلى ثلاثة فصول مترابطة مع بعضها البعض:

- ❖ الفصل الأول تحت عنوان بحث مكتبي عن مختلف المداخل الشمسية، دراسة عامة عن المداخل الشمسية ومفهومها ومبدأ وطريقة عملها وأهم مكوناتها الرئيسية وأهم الظواهر الفيزيائية التي تحدث فيه وتقديم أبرز النماذج للمداخل الشمسية في حول العالم.
- ❖ الفصل الثاني تحت عنوان التحليل الرياضي للمدخنة الشمسية، الذي سيتناول فيه أهم المعادلات المتحكم بأداء العمل كل من المدخنة والمجمع والتوربين وأبرز الافتراضات المعتمد في نموذج الرياضي مما منحنا فرصة لتحقيق من صحة نتائج معينة في دراستنا.
- ❖ الفصل الثالث تحت عنوان التجربة والمناقشة النتائج، يتم فيه تطرق أهم الأجهزة والبرامج المستعملة في التجربة وكذلك عرض النتائج وأبرز تأثيرات لعد متغيرات على الخرج الطاقوية الكهربائي ومناقشتها واستنتاج يلخص أبرز النتائج التي تم الحصول عليها في عملنا مع بعض التوصيات. وفي الأخير خاتمة عامة يعرض فيها حوصلة لنتائج المتحصل عليها من العمل الت

الفصل الأول

بحث مكتبي

لمختلف المداخن

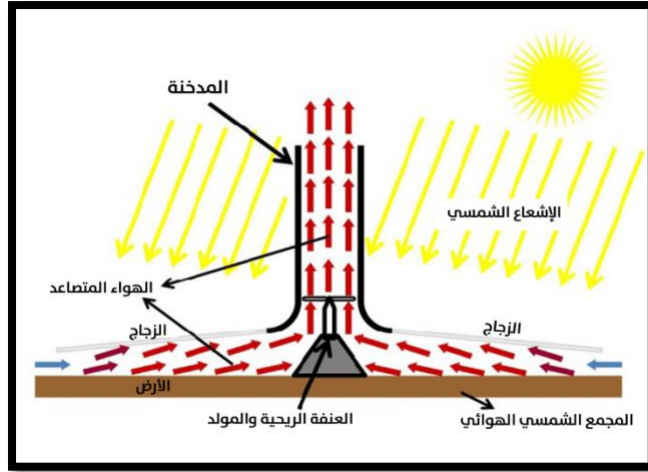
الشمسية

1-1 مقدمة:

مع تسارع التكنولوجيا، يزداد الطلب على الطاقة بشكل مستمر، مما يستلزم البحث عن حلول مبتكرة لزيادة إنتاج الطاقة لاسيما الكهرباء. تعتبر الطاقة الشمسية من أبرز المصادر الطبيعية التي تتميز بوفرتها وعدم نفاذها، من ناحية أخرى أنها صديقة للبيئة ومن بين التقنيات المتقدمة التي تستغل هذه الطاقة بكفاءة، تبرز محطات ذات المدخنة الشمسية كخيار واعد لإنتاج الكهرباء. يعد برج المدخنة الشمسية واحد من أكثر المشاريع الطموحة عالميا في مجال الطاقة البديلة . فهو محطة طاقة متجددة يمكنها توفير قدرة كهربائية عالية تصل إلى 200 ميغاواط ، مع كونها آمنة ونظيفة . وما يميز هذا النظام هو استمرارية عمله، حيث يستفيد من أشعة الشمس خلال النهار، ومن الحرارة المخزنة في الأرض لتوفير الطاقة أثناء الليل.

2-1 تعريف المدخنة الشمسية [1]:

المدخنة الشمسية هي نظام مبتكر لإنتاج الكهرباء باستغلال مصادر الطاقة المتجددة، مستندة على مبادئ فيزيائية المدروسة مثل نقل الحرارة عبر الإشعاع إذ تعمل هذه الإشعاعات على تبديل الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية يتم توجيهها من خلال المجمع نحو العنفة لتتحول إلى طاقة كهربائية باختصار يمكن وصفها بأنها وعاء عمودي مفتوح من أعلى ومن أسفل ، وقد تتخذ أشكالا هندسية متنوعة، مع أن الشكل الدائري هو الأكثر شيوعا.



الشكل (1-1) رسم تخطيطي للمدخنة الشمسية

3-1 تاريخ المداخن الشمسية [2]:

- ❖ وصف Haaf et al المبادئ الأساسية لتوليد الكهرباء بمحطات التوليد الطاقة الشمسية، وفي عام 1982 في مانز اناريس أكدت النتائج التجريبية الأولى والافتراضات رئيسية لنموذج الأصلي، وفي وقت لاحق تم على أساس الكهربائي للمصنع التجريبي كدالة للإشعاع الشمسي .
- ❖ اتفقت التوقعات مع النموذج ومع بيانات التجريبية للأشهر الجافة في أكتوبر 1983، لكن النموذج فشل في المحاكاة
- ❖ الأشهر الرطبة بعد هطول الامطار ودخولها للجامع الذي لديه تأثير على الأداء
- ❖ وضع ليوناردو دافيشي رسومات تخطيطية لبرج الشمسي يسمى smok jack.
- ❖ أخذ الفريق بقيادة المهندس الألماني Jörg Schlaich زمام مبادرة وقام ببناء نموذج أولي في منز اناريس في اسبانيا مع ارتفاع 200 متر وطاقة تقدر ب 50 كيلوواط، في عام 2002 حددت على أنه المشروع أفضل اختراع في هذا العام ويعتبر مبدأ التشغيل ثوريا، حيث يقوم البرج بتحويل الشمسي الى كهرباء .

- ❖ تم وضع بحث وجهد كبير في بناء ومحاكاة التشغيل مجمع الشمسي وتم اختيار نوعين من الأجهزة تجميع بواسطة شريف في 1997 , وتم توسيع قاعدة المجمع وادراج جهاز امتصاص.
- ❖ تم تقديم نموذج تحليلي من قبل 1995 Schlaich , وقدم نماذج عديدة مبتكرة من قبل Kröger وbuys 1999 عرضوا تحليلا مفصلا للنبات مع الجامع للمدخنة الشمسية .
- ❖ في Lombard et al 2002 تم قياس درجة حرارة لوح مجمع معزول لعطاء الزجاجي للمجمع، ومقارنة القيم المتوقعة نظريا لمختلف الظروف محيطية من خلال معادلة مناسبة للتنبؤ بنقل الحرارة بين الغلاف البيئية محيطية، وتم وجود توافق بين القيم متنبئ بها ونظريا وتجريبيا.
- ❖ 2005 اقتراح الكندي E.bilgen و J. Rheault بناء مجمع الشمسي ذا ارتفاع عالي وكانت فكرة جديدة لان زاوية ميل ستساعد في توفير مساحة كافية في المجمع لتلقي الاشعاع وبالتالي تحسين أداء كفاءة تجميع الطاقة.
- ❖ قام كل من Pretorius و Kroger 2006 بدراسة تأثير معادلة ضياع نقل الحرارة بالحمل ومعامل ضياع لمدخل توربين وزجاج السقف والمجامع وأنواع مختلفة من تربة على أداء محطة الطاقة الشمسية ممتد في نطاق واسع.
- ❖ 2006 Nimic تم تحليل أنواع المجمعات مختلفة باستخدام الهواء الجاف و الرطب.
- ❖ Bernardes et al تطوير نموذج رياضي شامل لتحليل نظام محطة توليد الطاقة الشمسية على نطاق واسع بمظلة تجميع مزدوجة .
- ❖ اقتراح في 1994 Schlaich خرسانة مسلحة باعتبارها البديل الأكثر استدامة وفاعلية من حيث تكلفة وذلك لبناء مدخنة الشمسية.
- ❖ Liu et al 2005 أجرى محاكاة عددية لمحطة توليد لطاقة الشمسية موضعا تأثير انخفاض الضغط عبر التوربين وعلى المخرج الطاقة الخاصة بالنظام .
- ❖ Von backstroke et al 2006 قام بتحليل لإيجاد النسبة المثلى من انخفاض الضغط توربينات الى انخفاض الضغط متوفر في محطة الطاقة الشمسية لتوليد القصى من المانع.

1-4-1 مكونات هيكل المدخنة الشمسية [3]:

تتكون هذه المنظومة من الأجزاء الرئيسية التالية وهي: مجمع، توربينات، المدخنة

1-4-1 المجمع:

يعد المجمع جزء الرئيسي في المدخنة الشمسية ويصنع عادة من الزجاج أو البلاستيك. يركب المجمع على ارتفاع يتراوح بين 2 إلى 6 متر على سطح الأرض، ويكون بقطر قد يمتد إلى مئات الأمتار أو أكثر يعمل هذا المجمع على استقبال أشعة الشمس وتحويلها إلى طاقة حرارية ، مما يؤدي إلى تسخين الهواء الموجود بداخله. وبسبب هذا التسخين يرتفع الهواء نحو الأعلى نتيجة التغير في الكثافة، مولدا تيارا هوائيا. وتتمثل أهمية هذا التيار في تحريكه للهواء باتجاه المدخنة، حيث يستفاد منه في إنتاج الطاقة كما هو يوضح الشكل(2.1):



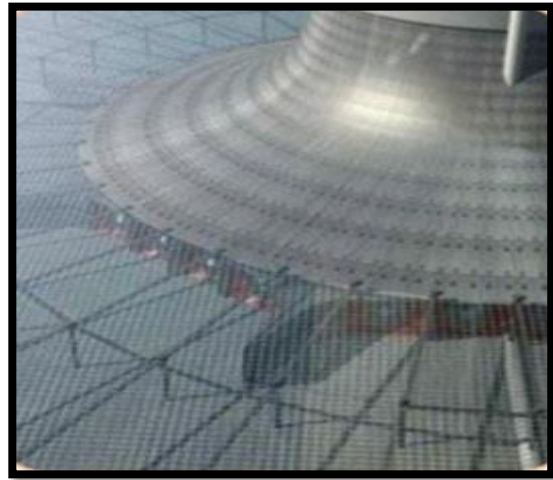
الشكل (2-1): صورة توضح المجمع في المدخنة الشمسية

1-4-2 العنفات:

يستغل العنفات لاستخراج الطاقة من الهواء، توضع دوما عند قاعدة المدخنة عندما تصبح سرعة تدفق الهواء في ذروتها، مما يتسنى تحويل أقصى طاقة حركية إلى طاقة ميكانيكية بعد ذلك، يقوم المولد المتصل بالعنفة لتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية. تأتي العنفات بأشكال متعددة، فقد تكون عنفة كبيرة تشمل كامل المقطع العرضي للمدخنة، أو مجموعة من العنفات الصغيرة المنتشرة على طول المقطع، يمكن أيضا تنظيم عدد كبير من العنفات الصغيرة ذات المحاور الأفقية حول محيط المدخنة، بين قاعدتها والفوهة العلوية. تتميز هذه العنفات بقدرتها على تعديل انخفاض الضغط ومعدل تدفق الهواء عبر تغيير زاوية ميل شفراتها، مما يعزز من كفاءة الأداء



الشكل (1-3): صورة تبين مدخنة الشمسية ذات قطر كبير



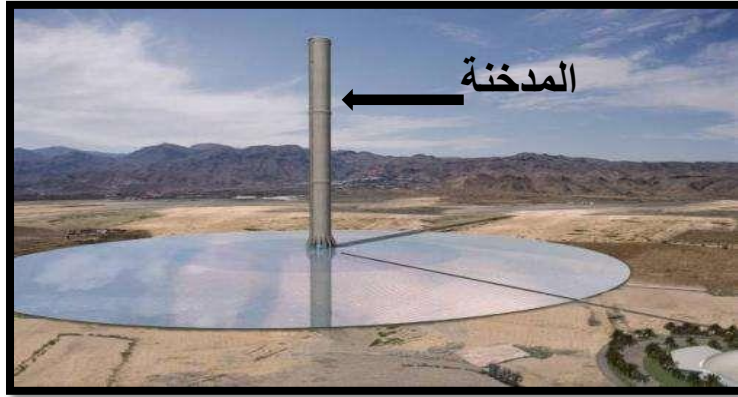
الشكل (1-5): صورة تبين توربينات أفقية

الشكل (1-4): صورة تبين توربينات عمودية

1-4-3 المدخنة:

المدخنة هي برج يقع وسط المجمع، يمكن قول أنها المحرك الحراري حقيقي للمدخنة الشمسية، المدخنة هي عبارة أسطوانة جوفاء بسيطة ذات قطر كبير، وليست رقيقة بشكل خاص، يوجد الكثير من وسائل المتعدد لإنشاء هذا النوع من المداخن. أحسنها أن يكون إنشاء قائما بذاته، باستخدام الخرسانة المسلحة. ومن المرجح استغلال أنابيب ضيقة، وغلافها الخارجي مصنعة من صفائح معدنية موجة، بالإضافة إلى تصميمات شبكات الكابلات مع الأغشية. جميع تقنيات الهيكلية مألوفة جيدا وقد تم استخدامها في أبرج التبريد. ليس هناك ضرورة إلى إرتقاء خاص اما عمر برج الخرسانة المسلحة في مناخ جاف فيبلغ 100 عام على أدنى ويمكن أن تعمل

المدخنة بمثابة أنبوب الضغط حيث كلما زاد ارتفاع المدخنة كلما كانت كمية الطاقة المنتجة أكثر، إن كفاءة المدخنة لا تستند على درجات الحرارة الهواء بقدر ما تستند على التناسب الطردي مع نسبة ارتفاع المدخنة ودرجة الحرارة الخارجة.

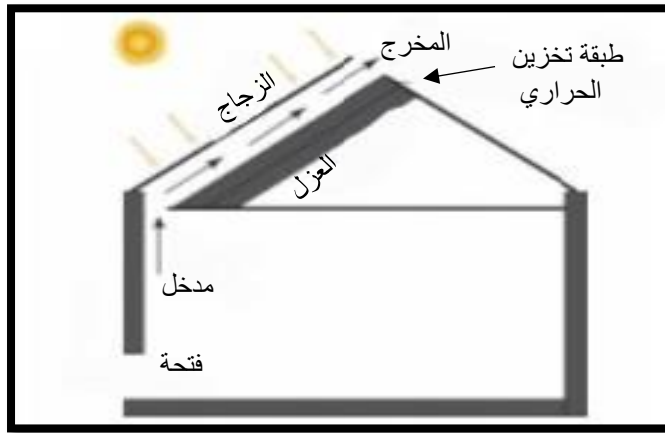


الشكل (1-6): صورة تبين المدخنة (برج شمسي)

1-5-1 مختلف أنواع المداخن الشمسية:

1-5-1 المدخنة الشمسية النموذجية [4]:

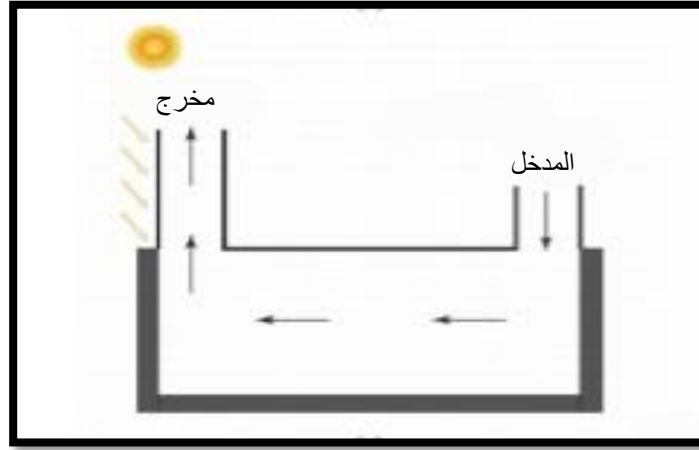
أداء المدخنة الشمسية يعتمد إلى حد كبير على الفرق درجات الحرارة، تعمل التخزين الحرارة أسفل تجويف المدخنة على تمديد فترة تسخين للاستخدام متأخر مثل الأيام الغائمة أو في الليل، وتعمل طبقة العازلة في الأسفل على تقليل فقدان الحرارة من طبقة التخزين.



الشكل (1-7) رسم تخطيطي للمدخنة الشمسية النموذجية

1-5-2 المدخنة الشمسية العمودية [4]:

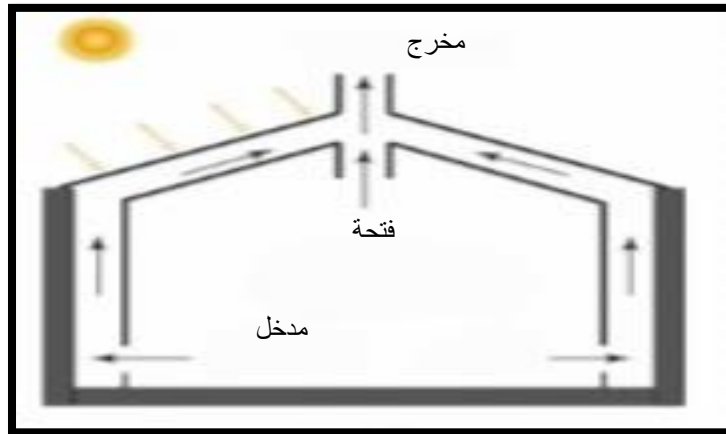
الفرق بينها وبين المدخنة الشمسية تقليدية وجود المدخنة عمودية إضافية تستخدم كمدخل، ويتم تحقيق المدخل والمخرج من خلال مدخنتين متصلين بالسقف، حيث تجمع إحداهما الإشعاع الشمسي وأخرى عبارة عن مدخنة تقليدية للم



الشكل (8-1): رسم تخطيطي للمدخنة الشمسية العمودية

1-5-3 المدخنة الشمسية المدمجة [4]:

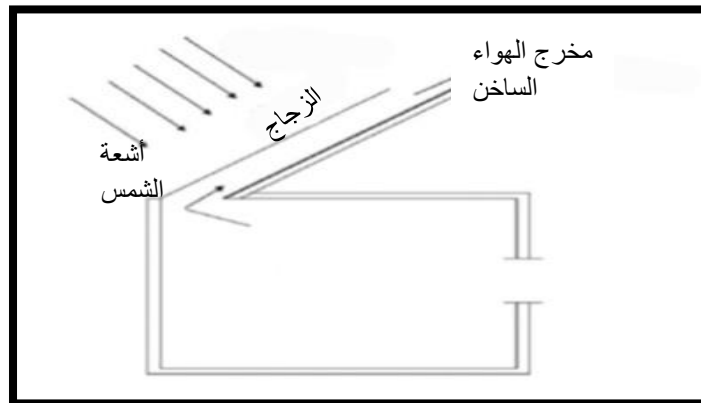
المدخنة الشمسية المركبة تتضمن كل المدخنة الشمسية الرأسية والقفية، ويقع المجمع رأسي فوق السقف، ويتم تجميع قنوات على طول الجدر والسقف، ويمكن للهواء الموجود داخل الغرفة أن يخرج إلى خارج مباشرة من خلال المجمع الشمسي الرأسي العلوي، وجود فتحة لتزويد الهواء النقي من خارج ويعتمد أداء المدخنة على الفرق درجات الحرارة الذي يمكن للمجمع الشمسي الرأسي أن ينتجه.



الشكل (9-1) رسم تخطيطي للمدخنة الشمسية المدمجة

1-5-4 المدخنة الشمسية المائلة [4]:

المدخنة الشمسية المائلة تشبه المدخنة الشمسية العمودية، الاختلاف وحيد هو أن شكل المدخنة يميل بزاوية معينة ومناسبة الامتصاص أكبر قدر ممكن من الإشعاع الشمسي.



الشكل (10-1) رسم تخطيطي للمدخنة الشمسية المائلة

5-5-1 المدخنة الشمسية القائمة بذاتها [5]:

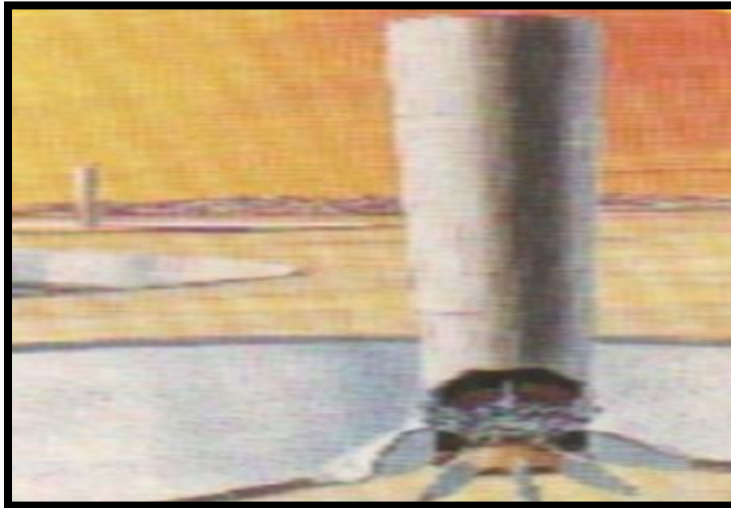
هي هياكل عمودية طويلة تتميز بأنها مبنية من خرسانة الصلبة وتصميمها يسمح لها بالوقوف بشكل مستقل دون الحاجة إلى دعم إضافية.



الشكل (11-1) صورة تبين المدخنة الشمسية القائمة بذاتها

6-5-1 المدخنة الشمسية المذبذبة [5]: هي نوع من المداخن الشمسية مصممة مذبذبة وهي عبارة عن

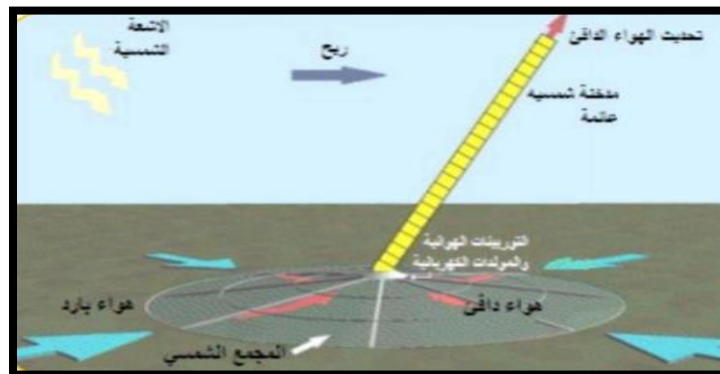
أنابيب جوفاء ذات قطر كبير وتستخدم في تطبيقات صناعية وهندسة.



الشكل (12-1) صورة تبين المدخنة الشمسية المذبذبة

7-5-1 المدخنة الشمسية العائمة [6]: هي بديل منخفض التكلفة قادرة على المنافسة ليس فقط التقنيات

إنتاج الكهرباء المتجددة ولكن أيضا حتى تقنيات إنتاج الكهرباء التقليدية التي تعمل بالوقود الأحفوري ، وتملك هيكل أخف من الهواء ، وجود جزء ثقيل أسفل المدخنة الشمسية العائمة وهي مقاومة للرياح الخارجية من اختراع العالم اليوناني كريستوس باباجورجوا.



الشكل (13-1) صورة تبين المدخنة الشمسية العائمة

6-1 مبدأ عمل المدخنة الشمسية [7]:

تقوم الية عمل المدخنة الشمسية على جمع بين ثلاثة مبادئ أساسية وهي تأثير الاحتباس الحراري والاختلاف درجات الحرارة و تحويل الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية, يتم جمع الأشعاع الشمسي تحت السقف الزجاجي, مما يخلق هواء ساخن تحت فعالية الاحتباس الحراري, يصعد الهواء الساخن بفعل الحمل الحراري الطبيعي, تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة الحركية من خلال تدفق الهواء في المدخنة, عندما يحدث تباين في درجات الحرارة ينتج فرق في الضغط, يتم الاستفادة من تدفق الهواء لتشغيل توربينات متصلة بمولدات كهربائية مما ينتج طاقة كهربائية.

7-1 الظواهر المتحكمة في المدخنة الشمسية [8]:

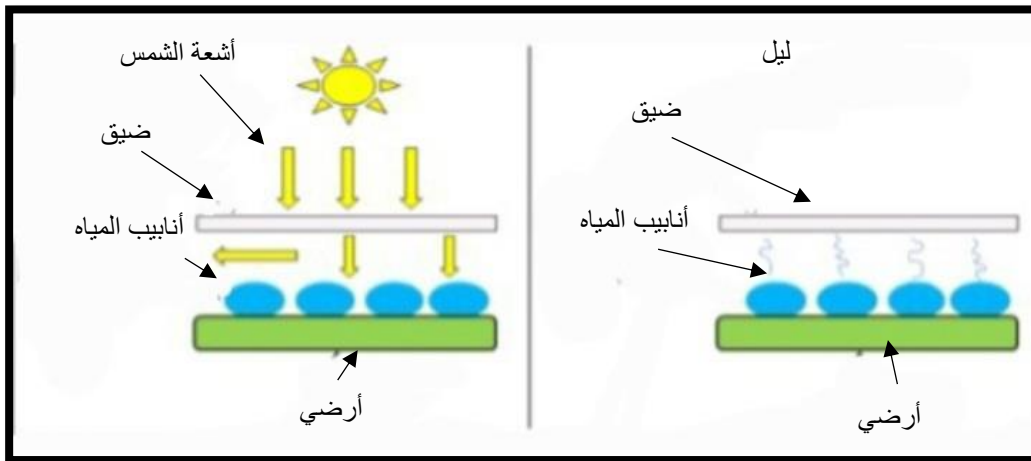
يعتبر مشروع المدخنة الشمسية نمط مميز من نوعه للإستثمار في طاقات المتجددة حيث تحدث فيها ظواهر فيزيائية نذكر منها:

- ❖ **تأثير فنتوري:** يعتمد هذا تأثير على مبدأ ديناميك الموائع يوضح أن تسارع مائع (في هذه حالة الهواء) بواسطة تقلص منطقة الدوران ويؤدي كذلك إلى تناقص الضغط.
- ❖ **تأثير الدفينية:** يكون المجمع من مادة شفافة تسمح بنفاد الطول الموجي القصير ومعتمة لطول الموجي الطويل مما يحقق ظاهرة احتباس الحراري.
- ❖ **تأثير الحمل الحراري الطبيعي:** يكون الهواء الساخن أخف وزنا و اقل كثافة من الهواء البارد, يرتفع الهواء الساخن وينخفض الضغط والعكس ينزل الهواء البارد ويزداد الضغط, وتتمدد الجسيمات تحت تأثير الحرارة.

8-1 تخزين الطاقة الحرارية [9]:

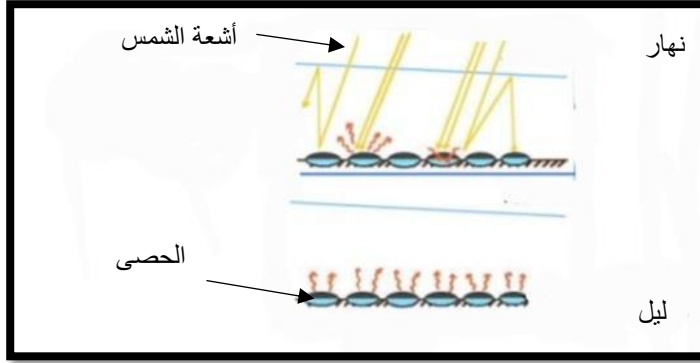
تشغيل المدخنة الشمسية فقط خلال النهار حينما يتوفر الأشعاع الشمسي, وفي الليل عند إنعدام الأشعاع الشمسي تتوقف المدخنة عن العمل, لحل هذه المشكلة يتم استخدام طرق التخزين الطاقة الحرارية التالية:

- ❖ **التخزين عن طريق الرمل :** يتم تسخين الرمل عن طريق أشعة الشمس خلال النهار, و ينتقال الهواء البارد عبر الرمال الساخنة مما يترتب عنه تسخينه و تدفقه عبر المدخنة لتشغيل التوربينات الليل.
- ❖ **التخزين عن طريق التربة [10]:** تتسم التربة بأنها تملك إستطاعة على الاحتفاظ بالحرارة المكتسبة في النهار يتم تحريرها لاحقاً, مما يتيح استمرار لشغيل المحطة لمدة كبير.
- ❖ **التخزين عن طريق المياه:** نضع أنابيب سوداء مملوءة بالماء أسفل المجمع ويجب أن تكون أنابيب محكمة قفل مما يعرقل تبخر الماء أو تسربه ويتم تعين كمية الماء في الأنابيب بناء على كمية الكهرباء المطلوبة



الشكل (14-1) صورة توضح مبدأ التخزين الحرارة باستخدام أنابيب سوداء مملوءة بالماء

❖ **التخزين عن طريق الحصى :** يتصف الحصى بقدرتها هائلة على تخزين الحرارة و يتم تسخين الحصى بواسطة الاشعاع الشمسي و يمر الهواء البارد عبر الحصى الساخن لتسخينه وتدفعه في المدخنة لتشغيل التوربينات لليل.



الشكل (1-15) صورة توضح مبدأ تخزين الحرارة باستخدام الحصى

9-1 مزايا و عيوب المدخنة الشمسية [8] :

9-1-1 المزايا: تتميز المدخنة الشمسية بمزايا متنوعة منها

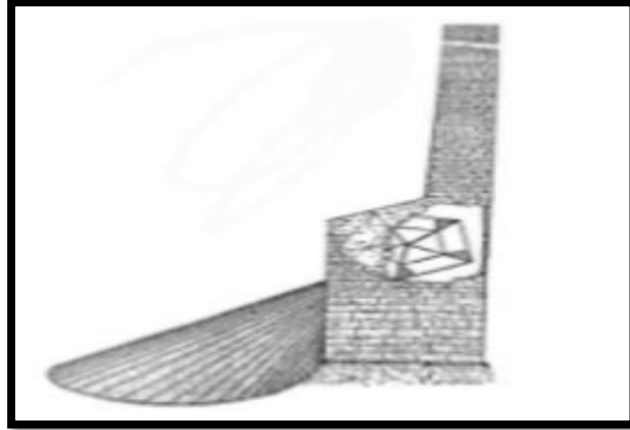
- ❖ يتم تصميم المحطة بالأخص في المناطق الصحراوية غير المستغلة والتي تتصف بتواجد أشعة الشمس بصورة كبرى
- ❖ المدخنة لا تتطلب أي وقود لعملها في توليد الطاقة
- ❖ يتواصل تصنيع الطاقة الكهربائية خلال 24 ساعة بفضل طرق التخزين الطاقة الحرارية
- ❖ لا تحتاج إلى صيانة و نظام لا يضر البيئة
- ❖ المواد ضرورية للإقامة البرج هي الخرسانة و الزجاج و الفولاذ متسيرة بنسب هائلة في كل دول العالم
- ❖ تكلفة الطاقة المنتجة ضئيلة
- ❖ يمكن استفادة من المنطقة أدنى المجمع لزراعة النباتات
- ❖ المدخنة الشمسية آمنة بمقابلة مع الطاقة النووية خاصة في الوقت الحالي
- ❖ قائمة على نظام شمسي مقتصد و متجدد
- ❖ تزويد طاقة من منشأ مستدام و غير ملوث

9-1-2 العيوب: على الرغم من فوائدها إلا ان المدخنة الشمسية لديها بعض العيوب نذكر منها

- ❖ استثمار أوليا عالي
- ❖ تشوه مظهر الطبيعي
- ❖ فهي لا تستطيع تراحم مع الطاقة النووية من ناحية القوة (أدنى قوة من المفاعل النووي بسبع مرات بالنسبة للأبراج الأكبر, أي 200 ميغاواط مقابل 1500 ميغاواط)
- ❖ يلزم للإقامة هذا الهياكل عملاقة دارية هندسية متطورة
- ❖ يشغل المجمع مساحة كبيرة
- ❖ إنتاجية غير مستقرة طيلة اليوم أو السنة
- ❖ لم يتم بناء هيكل مماثل من قبل
- ❖ يحتاج بناء المدخنة كميات هائلة من المواد يترتب عن هذه كميات بروز مشاكل لوجستية تتعلق بوجود المواد ونقلها

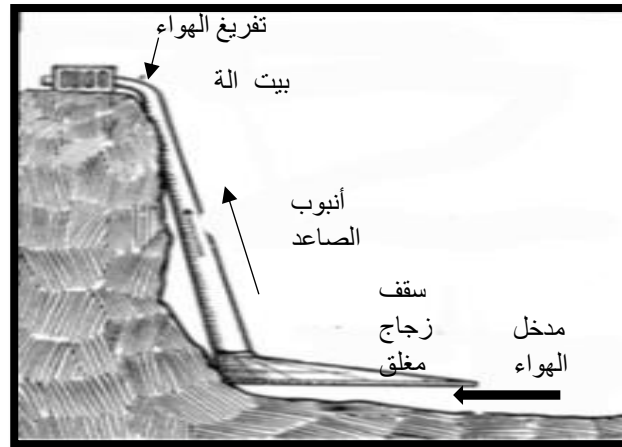
1-10 المشاريع الأولية وتطورات الأخيرة [11]:

يعد مشروع " المحرك الشمسي " أحد أولى محاولات استغلال الطاقة الشمسية في إنتاج الطاقة الكهربائية, وقد عرض تصور في عام 1903 من طرف قائد الإسباني إسيدورو كابانياس ممثلا في تقديم جهاز يدمج سخان الهوائي مع المدخنة, وتم تثبيت نوع من مراوح الرياح للإنتاج الكهربائي.



الشكل (1-16) صورة تبين المشروع المقترح من قبل إسيدورو كابانياس

في عام 1926 عرض المهندس البروفيسور برنارد دوباس على الاكاديمية الفرنسية للعلوم إقامة محطة للطاقة الشمسية, مدخنة الشمسية على ميل الجبل عالي سرعة الهواء متزايد التي تستطيع بلوغ 50 م/ ث في المدخنة والتي تحصل كمية جمة من الطاقة عن طريق العنفات الرياح.



الشكل (1-17) صورة تبين المدخنة الشمسية كما تخيلها برنارد دوباس

ترصد إدغار نازاريه بين عامي 1940 و1960 الظواهر الطبيعية للزوابع الرملية في جنوب الصحراء الكبرى ، واستوحى منها فكرة البرج الضغط المنخفض والذي كان يطلق عليه برج لولبي. في عام 1956 قدم أول براءة اختراع له في الجزائر وكذلك في باريس 3 أغسطس 1964 كان الهدف هو إنتاج تيارات هوائية لولبية بنمط اصطناعي استرداد الطاقة عبر العنفات.



الشكل (1-18) صورة تبين المدخنة الشمسية في الصحراء الغربية في عام 1975 بث المهندس الكندي لويس ميشود مشروعه محطة الطاقة الولبية في نشره الجمعية الأمريكية الذي يعتمد على إقامة تيارات هوائية لولبية داخل برج إسطواني إنتاج الطاقة.

11-1 المشاريع و النماذج المدخنة الشمسية :

1-11-1 نموذج مانزاناريس [12]:

استنادا إلى المعلومات مفصلة و أبحاث أولية نظرية و تجارب، قام شليس بيرجمان بتصميم و إنشاء و تشغيل محطة تجريبية تعتمد على نفق هوائي بقدرة إنتاجية تبلغ 50 كيلو واط. أقيمت محطة في منطقة مانزاناريس (حوالي 150 كم جنوب مدريد) في عام 1982. وذلك بتمويل من وزارة البحث و التكنولوجيا الألمانية) يهدف هذا المشروع إلى التحقيق من الأداء المتوقع للمحطة من خلال القياسات الميدانية و مقارنة النتائج بالنماذج الحسابية النظرية , إضافة إلى دراسة تأثير المكونات المختلفة على أداء و كفاءة المحطة ضمن ظروف الهندسية الواقعية و الظروف المناخية السائدة, بالإضافة إلى دراسة البيانات التقنية لهذا النموذج الأولية في مدينة مانزاناريس بإسبانيا.

موصفات المشروع

- ❖ مدخنة يبلغ ارتفاعها 195 متر مصنوعة من مواد مركبة
- ❖ المجمع الشمسي بمساحة 250 متر أو 6000 متر مربع من الزجاج أو 40000 متر مربع من البلاستيك
- ❖ درجة حرارة الهواء الساخن داخل المدخنة تصل إلى 20 درجة مئوية
- ❖ يحتوي النظام على 6 عنفات
- ❖ الطاقة المنتجة تصل إلى 50 كيلو واط



الشكل (1-19) صورة تبين نموذج أولي لمدينة مانزاناريس في إسبانيا

1-11-2 المشروع الأسترالي [13] :

يقع برج بورونجا في أستراليا على بعد 630 كيلو متر جنوب غرب سيدني في منطقة قاحلة وصحراوية تقع على حدود مدينتي نيو ساوث ويلز و فيكتوريا وهو عبارة عن برج خرساني يبلغ ارتفاعه حوالي 1 كم ويمكن رؤيته من مسافة 80 كم تقريبا. وسيتم احاطته بالواح شمسية تغطي مساحة 5 كيلو متر مربع. ومن المقرر أن توفر المحطة 200 ميغاواط من طاقة الكهربائية.

موصفات المشروع :

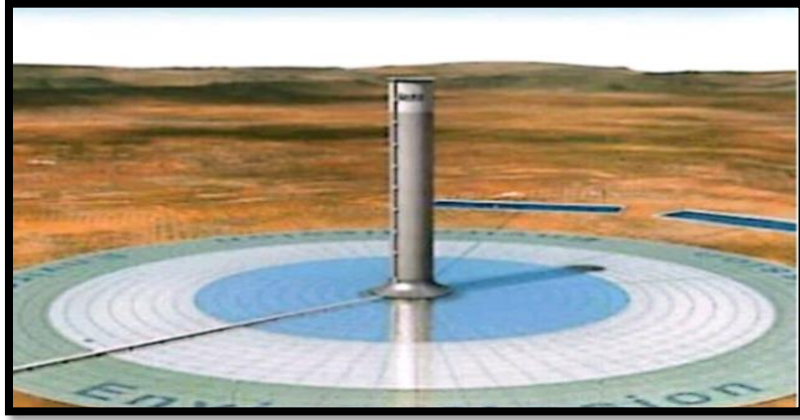
- ❖ مدخنة ارتفاعها 990 مصنوعة من مواد مركبة
- ❖ مجمع يبلغ قطره 7 كم أو 38.5 كيلو متر مربع من الزجاج والبلاستيك
- ❖ درجة حرارة الهواء الساخن في المدخنة 70 درجة مئوية
- ❖ سرعة الهواء في المدخنة 15 م/ث (54 كم/ساعة)
- ❖ 32 عنفة
- ❖ الطاقة المنتجة 200 ميغاواط



الشكل (1-20) صورة تبين المشروع الأسترالي

1-11-3 المشروع الأمريكي أريزونا [14] :

يعتبر هذا المشروع من أحدث تقنيات محطات الطاقة الشمسية كما يبلغ قطر المدخنة 130 مترا وارتفاعها 800 متر يهدف هذا المشروع إلى إنتاج طاقة كهربائية تكفي لتزويد حوالي 100 ألف إلى 150 ألف منزل في أمريكي بالكهرباء ومع ذلك فإن تكلفة إنشائه مرتفعة حيث تقدر بـ 750 مليون دولار والميزة الأهم لهذا النظام هي قدرته على إنتاج الكهرباء باستمرار لمدة تصل 80 عاما دون حاجة إلى صيانة وقد وافقت هيئة الطاقة العامة في جنوب كاليفورنيا على شراء الكهرباء منتجة من هذا لمشروع على مدى السنوات الثلاثين المقبلة.



الشكل (1-21) صورة للمشروع الأمريكي (أريزونا)

4-11-1 نموذج إيران (15):

تمتاز مدينة كرمان في إيران بكمية من إشعاع شمسي عالية حيث يتعدى 200 كيلو واط ساعة /متر سنويا, مع ما يقارب 2800 ساعة من أشعة الشمس سنويا . وبهدف دراسة إمكانية التقاط وتخزين الكربون كمصدر مستدام للطاقة, تم إقامة محطة طاقة تجريبية في هذه المنطقة الصحراوية وتعتمد المحطة على برج يصل ارتفاعه إلى 60 مترا وبقطر 3 أمتار, من ناحية مجمع زجاجي بقطر 40 مترا. وقد صممت هذه المنظومة لإنتاج نحو 400 واط من الطاقة الكهربائية عند مستوى من إشعاع شمسي يصل إلى 800 واط / متر مربع.



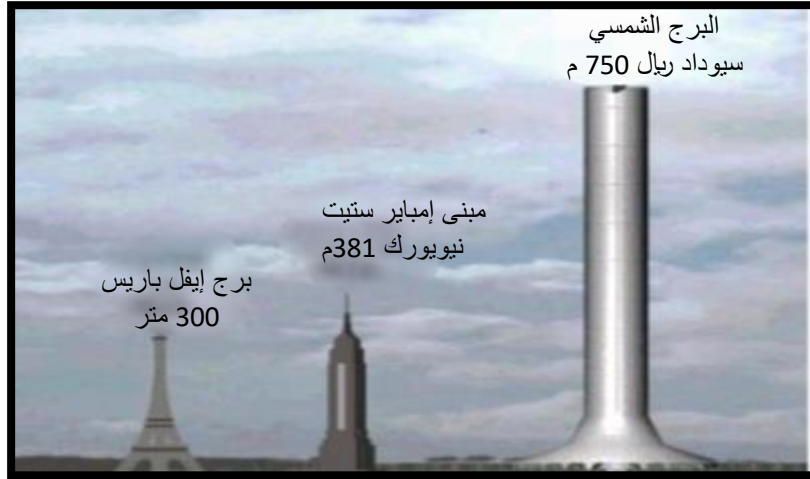
الشكل (1-22) صورة للنموذج المدخنة الشمسية في إيران

5-11-1 المشروع الإسباني [16]:

يشمل مشروع طموح في إسبانيا إقامة برج شمسي بارتفاع 750 مترا في بلدة فوينتي إل فريسنو, وهي قرية مقاطعة سيوداد ريال. من المقرر إنجاز هذا المشروع بالتعاون مع شركات إسبانية, ليصبح البرج الأعلى من نوعه سيبلغ قطر المحيطة به 3 كيلومترات, وتغطي مساحة تقدر بـ 350 هكتارا منها 250 هكتارا مخصصة لزراعة الخضروات داخا الدفيئات . كما ستصل سرعة الهواء داخل المدخنة إلى 12 م /ث .

موصفات المشروع :

- ❖ مدخنة ارتفاعها 750 متر.
- ❖ مجمع قطره 3 كم ويغطي مساحة 350 هكتارا, منها 250 هكتارا يمكن تخصيصها لزراعة الخضروات في البيوت البلاستيكية.
- ❖ سرعة الهواء داخل المدخنة 43 كم / ساعة.
- ❖ تبلغ القوة المنشأة 40 ميغاوات, أي ما يعادل الطلب على الكهرباء لحوالي 120 ألف شخص
- ❖ تكلفة المشروع 240 مليون يورو.



الشكل (1-23) صورة تبين المدخنة الشمسية لمدينة سيوداد ريال

6-11-1 المشروع الناميبيا [11]:

صرحت شركة الملكية الفكرية الجنوب أفريقية هان أند هان عن تخطيطها لإقامة برج الطاقة الشمسية في ناميبيا, بكفاءة إنتاجية تبلغ 400 ميغاواط وبتكلفة تقدر بـ 150 مليون دولار أمريكي, يأتي هذا المشروع في إطار الجهود المبذولة لمعالجة النقص في إمدادات الكهرباء بالبلاد. يطلق البرج عليه اسم Greentower ويصل ارتفاعه إلى 1.5 كيلو متر مع قطر يصل 280 مترا يرتكز الية عمله على إنتاج تيارات الهوائية صاعدة يحفز العنفات لإنتاج الطاقة الكهربائية مما يساعد على إنتاج 400 ميغاواط وتصل مساحة الدفنية إلى 38.5 كيلومترا مربعا أي ما يعادل قطرا يصل 7 كيلومترات. وأكد الرئيس التنفيذي لشركة أن المشروع قد نال على المصادقة الرسمية من الحكومة الناميبيية, مشيرا إلى أن شركة توزيع الكهرباء الوطنية سيساعد جزئيا في تمويل دراسة فائدة.



الشكل (1-24) صورة تبين المدخن الشمسية الناميبيية

8-11-1 نموذج مصر [17]:

أجريت دراسة على استغلال المدخنة الشمسية في بعض المواقع في مصر من جهة النظرية, مع تحقيق تخمين لكمية الطاقة المنتجة, وقد تم بلورة نمط رياضي بسيط يستند على ميزان الطاقة لتحديد إنتاج الطاقة من هذه المداخن, علاوة على دراسة أثر العوامل البيئية المختلفة والأبعاد الهيكلية على عملية إنتاج الطاقة, تبين النتائج أن سعة الرياح داخل المدخنة تزيد بأكثر من سبعة أضعاف مقارنة بسرعة الرياح الحرة خارجها, وتدل التقديرات إلى أن محطة طاقة شمسية بمدخنة بارتفاع 500 متر وقطر 50 مترا, إلى جانب مجمع بقطر 3000 متر, يتيح إنتاج ما بين $(1.6 - 1.7) \times 10^8$ كيلوواط ساعة سنويا.



الشكل (1-25) المدخنة الشمسية في مصر

12-1 النماذج أولية التجريبية للمداخن الشمسية [11]:



الشكل (1.26) نماذج أولية التجريبية للمداخن الشمسية

13.1 الخاتمة

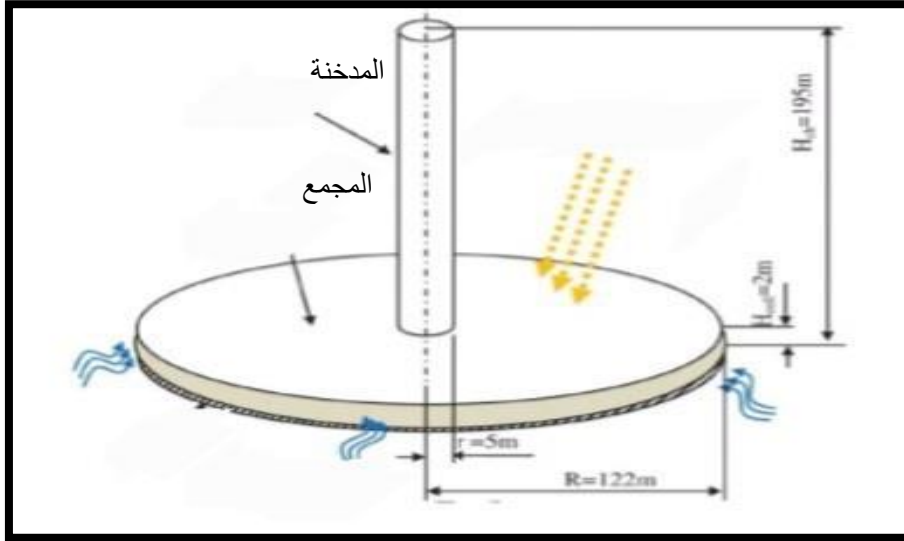
لقد ركزنا في هذا الفصل على تقديم تعريف شامل للمدخنة الشمسية ، و عرضنا شرح مبسطا لمكوناتها الأساسية بهدف تسهيل فهمها للقارئ. موضحا مبدأ عملها والية تشغيلها ، إلى جانب تسليط الضوء على بعض الظواهر التي تؤثر على أدائها ، وذكر إنجازات السابقة وحالية من مختلف أنحاء العالم و أبرز الدراسات التي أجراها الباحثون حول هذه التقنية ، مع المناقشة أهم النتائج التي توصلوا إليها بشأن فعاليتها في إنتاج الكهرباء ومزاياها و عيوبها.

الفصل الثاني

التحليل الرياضي
للمدخنة الشمسية

1-2 المقدمة:

يهدف هذا الفصل لدراسة المعادلات الرياضية التي تحكم عمل المدخنة الشمسية، إلى جانب بعض الافتراضات التي تم اعتمادها لتبسيط النموذج ، إذ يعتمد أداء النظام على مجموعة من العوامل والمتغيرات المختلفة تشمل الظروف البيئية، مثل الإشعاع الشمسي ودرجات الحرارة، بالإضافة إلى الموقع والأبعاد الهندسية للنظام كارتفاع المدخنة ونصف قطر المجمع الشمسي والمواد المستخدمة وخصائصها الحرارية. كما أن العلاقة بين المعادلات المختلفة تؤدي إلى تكوين مجموعة متكاملة تصف سلوك النظام بدقة. تركز هذه الدراسة على تحليل ديناميكيات المدخنة الشمسية من خلال النماذج الرياضية التي تمثل مكوناتها الأساسية (العنفات والمجمع).



الشكل (1-2) رسم تخطيطي للمدخنة الشمسية وأبعادها

2-2 الافتراضات المعتمدة في النموذج التحليل الرياضي [1]:

- ❖ يتصرف الهواء مثل الغاز مثالي
- ❖ التدفق خلال المجمع متماثل.
- ❖ التأثير الحراري أو تدفق الهواء، يتم بسبب قوة الطفو (دافعة أرخميدس).
- ❖ لا وجود إهمال الضياعات الحرارية لفقدان الحرارة من جدار المدخنة.
- ❖ يتم إهمال خسائر ضياعات احتكاك الهواء المتدفق عبر المدخنة .
- ❖ درجة الحرارة تحت الطبقة العازلة تساوي درجة حرارة الوسط المحيط.
- ❖ الضغط في نهاية مخرج المدخنة هو الضغط الجوي.

بناء على هذه الافتراضاتم إجراء هذا التحليل الرياضي لكل من المدخنة و المجمع و التوربين للمدخنة الشمسية، حيث أن مصدر الحرارة المعتمد هنا هو أشعة الشمس خلال النهار بفرض أنها تسخن السطح وتسخن الصفيحة السوداء، وتدفق الهواء عن طريق نقل الحرارة بالحمل وكذلك إنبعاثات إشاعية على سقف المجمع كما يوضح الشكل (2.1)

3-2 النموذج الرياضي للمدخنة:

1-3-2 كفاءة امدخنة الشمسية [2] :

تعرف كفاءة الكلية بأنها حاصل ضرب ثلاثة كفاءات فردية للمدخنة الشمسية وتعطى بالعلاقة التالية:

$$\eta = \eta_{coll} \cdot \eta_c \cdot \eta_{wt} \quad (1-2)$$

حيث:

η_{coll} : كفاءة المجمع (%)

η_c : كفاءة المدخنة (%)

η_{wt} : كفاءة التوربين (%)

2-3-2 كفاءة المجمع [2]:

تُعرف كفاءة الطاقة المجمع الشمسي على أنها النسبة بين كمية الحرارة \dot{Q} و الإشعاع الشمسي الكلي الساقط على سطح المجمع، والذي يُحسب بضرب شدة الإشعاع الشمسي G في مساحة سطح المجمع A_{coll} تعبير أولى عن كفاءة المجمع:

$$\eta_{coll} = \frac{\dot{Q}}{G \cdot A_{coll}} \quad (2-2)$$

حيث:

\dot{Q} : كمية الحرارة [w]

G : الإشعاع الشمسي [w/m^2]

A_{coll} : مساحة سطح المجمع [m^2]

تُعبّر كمية الحرارة النبعثة عند مخرج المجمع كل وحدة زمنية بالعلاقة التالية :

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (3-2)$$

حيث:

\dot{m} : معدل تدفق كتلة للهواء [kg/s]

C_p : الحرارة النوعية للهواء [$J/kg.k$]

ΔT : فرق درجة حرارة بين مدخل ومخرج المجمع [k]

$$\dot{m} = \rho_{coll} \cdot V_c \cdot A_c \quad (4-2)$$

حيث:

ρ_{coll} : كثافة الهواء عند المخرج المجمع [kg/s]

$V_c = A_{coll}$: سرعة الهواء عند مدخل المدخنة و عند مخرج المجمع [m/s]

A_c : مساحة مقطع عرضي [m^2]

نعوض \dot{m} في عبارة \dot{Q} نتحصل على كفاءة المجمع

$$\eta_{coll} = \frac{\rho_{coll} \cdot V_c \cdot A_c \cdot C_p \cdot \Delta T}{G \cdot A_c} \quad (5-2)$$

تعبير الثانية عن كفاءة المحمّع:
من خلال تطبيق ميزان الطاقة

$$\dot{Q} = \alpha \cdot A_c \cdot G - \beta \cdot \Delta T \cdot A_{coll} \quad (6-2)$$

حيث:

α : معامل الامتصاص الفعال الاشعاع الشمسي للمجمّع

β : معامل فقدان الطاقة [w/m² · k]

$$\eta_{coll} = \alpha - \frac{\beta \cdot \Delta T}{G} \quad (7-2)$$

ومنه نتحصل على السرعة

$$V_c = \frac{\alpha \cdot A_{coll} \cdot G \cdot \beta}{\rho_{coll} \cdot A_c \cdot C_p \cdot \Delta T} \quad (8-2)$$

3-3-2 كفاءة المدخنة [2]:

تعرف الكفاءة المدخنة من خلال:

$$\eta_{ch} = \frac{P_{tot}}{\dot{Q}} \quad (9-2)$$

حيث:

\dot{Q} : كمية الحرارة [kg/s]

P_{tot} : طاقة موجود في السائل [Pa]

يتمّ تعبير عن الطاقة المائل بشكل التالي :

$$P_{tot} = \Delta p_{tot} \cdot V_{C \max} \cdot A_C \quad (10-2)$$

حيث:

Δp_{tot} : الفرق في الضغط الكلي مع ارتفاع المدخنة.

يمكن تقسيم فرق في الضغط Δp_{tot} إلى مركبتين : الضغط الساكن والديناميكي . وبإهمال الفواقد الناتجة

عن الاحتكاك نحصل على :

$$\Delta p_{tot} = \Delta p_s + \Delta p_d \quad (11-2)$$

مع:

Δp_s : فرق الضغط الساكن والذي يتناقص داخل التوربين.

Δp_d : المركبة الديناميكية التي تصف الجريان الهواء داخل المدخنة .

إذا افترضنا أن $\Delta p_s = 0$ فإن فرق الضغط الكلي سيكون عندئذ هو الضغط الذي يسبب تسارع حركة

الهواء داخل المدخنة وبالتالي:

$$\Delta p_{tot} = \Delta p_d$$

يستخدم فرق الضغط كامل لتسريع الهواء داخل المدخنة ، وبالتالي يتحول كليا إلى طاقة حركية:

$$P_{tot} = \frac{1}{2} \dot{m} \cdot V_{C \max}^2 \quad (12-2)$$

تقييم سرعة تدفق الهواء في المدخنة بتطبيق معادلة حفظ كمية الحركة على مقطع من البرج ، مما يعطي :

$$\rho_c V_c \frac{d(V_c)}{dz} = - \frac{dp}{dz} - (\rho_c - \rho_e) \cdot g$$

$$(13-2)$$

من المعادلة (13-2) وبعد التحويل يمكن استنتاج تعبير سرعة تدفق في المدخنة .

$$V_c = \sqrt{\frac{2}{\rho_c} \left(- \int_0^{H_c} dp - \int_0^{H_c} (\rho_c - \rho_e) \cdot g \cdot dz \right)} \quad (14-2)$$

حيث:

g : تسارع ناتج عن الجاذبية.

Hc : ارتفاع المدخنة.

pe : كثافة الهواء في البيئة الخارجية.

pc : كثافة الهواء داخل المدخنة. 2

عند إهمال فقدان الاحتكاك في المدخنة (نظرا للعلاقة المثلثية بين مساحة السطح وحجم المدخنة)، نحصل على السرعة القصوى لتدفق الهواء .

$$V_c \max = \sqrt{-\frac{2}{\rho_c} \left(\int_0^{H_c} (\rho_c - \rho_e) \cdot g \cdot dz \right)} \quad (15-2)$$

وبالتالي ومع افتراض التبسيط بأن توزيع درجات الحرارة متوازية داخل المدخنة يمكن وصف السرعة التي تصل إليها تيارات الحمل الحراري الطبيعي بواسطة معادلة تورشيلي ومعطاة بصيغة التالية:

$$V_c \max = \sqrt{-2 \cdot g \cdot H_c \cdot \frac{\Delta T}{T_a}} \quad (16-2)$$

ΔT : فرق في درجة الحرارة بين المدخل ومخرج المجمع.

T_a : درجة الحرارة المحيط.

من خلال دمج المعادلات (9-2) (10-2) (11-2) (15-2) نستنتج بذلك كفاءة المدخنة:

$$\eta_{ch} = \frac{g \cdot H_{ch}}{C_p \cdot T_a} \quad (17-2)$$

حيث :

Hch : ارتفاع المدخنة [m]

T_a : درجة حرارة الهواء [k]

g : الجاذبية [m/s]

3-3-2 كفاءة التوربين [2]:

التوربين مركب في قاعدة المدخنة يحول الطاقة حركية تدفق الهواء الصاعد إلى طاقة دورانية .

❖ **انخفاض الضغط**

يمكن التعبير عن انخفاض الساكن عبر التوربين باستخدام معادلة برنولي:

$$\Delta P_s = \Delta P_{tot} - \frac{1}{2} \rho_c \cdot V_c^2 \quad (18-2)$$

❖ **القدرة النظرية**

تعطى القدرة النظرية للتوربين بالعلاقة :

$$P_{wt} = V_c \cdot A_c \cdot \Delta P_s \quad (19-3)$$

بالمقارنة بين التدفق الحجمي والقدرة الكهربائية ، تمثل ΔP_s الجهد الكهربائي E:

$$W = I \cdot E \equiv Q_v = A_c \cdot V_c$$

المصطلحان ΔP_s و V_c مرتبطان بالمعادلة (19-2) وبالتالي:

$$Q_v = \sqrt{\frac{\rho k}{2} (\Delta P_{tot} - \Delta P_s)} \quad (20-2)$$

❖ القدرة القصوى

القدرة $P = Q_v \cdot \Delta P_s$ تصبح صفرا عندما $\Delta P_s = 0$ (ماس كهربائي بالمقارنة مع القدرة الكهربائية)

عندما $\Delta P_s = \Delta P_{tot}$ ، لا توجد حمولة مركبة وتأخذ Pwt قيمة قصوة بين هلتين نقطتين الطرفيتين.

ومن ثم :

$$P_{wt} = \Delta P_s \cdot \sqrt{\frac{\rho k}{2} (\Delta P_{tot} - \Delta P_s)} \quad (21-2)$$

اشتقاق المعادلة (21-2) يسمح بحساب النقطة المثلى :

$$\Delta P_s = \frac{2}{3} \Delta P_{tot} \quad (22-2)$$

بإدخال المعادلة (22-2) في المعادلة (18-2) نجد:

$$P_{tot} = \frac{2}{3} \Delta P_{tot} \cdot V_{c \max} \cdot A_c \quad (23-2)$$

تتحقق القدرة القصوى عندما يستخدم التوربين 2/3 فرق الضغط الكلي وهذا يتوافق مع نقطة القدرة القصوى لمحطة توليد الطاقة الكهرومائية.

يمكننا أن نلاحظ أن القدرة القصوى عند التوربين تمثل ثلثي القدرة المنتجة بين المجمع والمدخنة (في غياب حمل التوربين)

4-2 المعادلة الاستمرارية [3-4]:

المجمع :

$$\frac{1}{r} \frac{\partial(\rho u r)}{\partial r} = 0 \quad (24-2)$$

المدخنة:

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial z} = 0 \quad (25-2)$$

5-2 معادلة حفظ الزخم [3-4]:

المجمع:

$$u \frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \rho u \frac{\partial u}{\partial r} = - \frac{\partial u}{\partial r} \mu \left[\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} r u \right) \right] \quad (26-2)$$

المدخنة:

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \rho v \frac{\partial v}{\partial z} = u \left[\frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right] - (\rho_0 - \rho) \cdot g_z \quad (27-2)$$

6-2 المعادلة حفظ الطاقة [3-4]:

المجمع:

$$\frac{\partial(\rho c_p T)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u c_p T)}{\partial r} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[(\lambda r) \frac{\partial T}{\partial r} \right] - \nabla \cdot q_r \quad (28-2)$$

المدخنة :

$$\frac{\partial(\rho c_p T)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho v c_p T)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial z} \left[\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right] \quad (29.2)$$

7-2 معادلة التوازن الطاقوي:

تهدف معادلة توازن الطاقة إلى تبسيط تمثيل ما يحدث داخل المنظومة من خلال توضيح الفرق بين مدخلات الطاقة ومخرجاتها. ويمكن التعبير عن هذه المعادلة بصيغة مبسطة تعطى بالعلاقة التالية: الطاقة الداخلة = الطاقة الخارجة + الطاقة المخزنة

$$E_{in} = E_{out} + E_s \quad (30.2)$$

ويُعد هذا المفهوم أساساً لفهم الديناميكا الحرارية، حيث تنص على أن الطاقة لا تُخلق ولا تُفنى، ويجب أن يتم حسابها بشكل دقيق أو بأخر بما يعرف بمبدأ انخفاض الطاقة في هذه الحالة، وتظهر الاختلافات بين الطاقة الداخلية والخارجية كتغير في الطاقة المخزنة.

7-2-1 معادلة التوازن الحراري [5]:

معادلة التوازن الطاقة لتيار الهواء الساخن داخل المجمع:

$$\rho_{in} \cdot V_{in} \cdot C_p \cdot H_{ch} \cdot \frac{\partial T_f}{\partial r} = h_c \cdot (T_f - T_c) + h_c \cdot (T_f \cdot T_e) \quad (31.2)$$

نعتبر نقل الحرارة بالحمل لسطح التلامس ومنه نقوم بمكاملة المعادلة السابقة لنحصل على درجة حرارة السطح.

$$T_f(r) = \frac{1}{2} [T_c + T_e + (2T_a - T_e) e^{\frac{2\pi h}{c_p}} (r^2 - r_0^2)] \quad (32.2)$$

8-2 الخاتمة:

في هذا الفصل تم تقديم دراسة نظرية شاملة من خلال تطوير نموذج رياضي الذي يُسهم في تحليل معادلات التوازن الحراري والسرعة والطاقة الكهربائية المنتجة داخل المدخنة الشمسية، تم التطرق إلى مختلف الظواهر الفيزيائية المؤثر في أداء النظام، كما يُعد هذا النموذج أداة فعالة للتحقق من صحة النتائج المتحصل عليها، يساهم تقييم وتحسين كفاءة أداء المدخنة الشمسية.

الفصل الثالث

التجربة ومناقشة

النتائج

3-1 المقدمة:

سنقوم في هذا الفصل بدراسة تجريبية لتقييم أداء نظام المدخنة الشمسية باستخدام نموذج مصغر في ولاية الوادي، وتشمل هذه الدراسة تحليل تأثير عدة متغيرات مثل ارتفاع المدخنة وقطر المجمع بالإضافة إلى الظروف المناخية كدرجة الحرارة وشدة الإشعاع الشمسي على معدل الإخراج الطاقوي للنظام. من أجل تحسين فعالية العزل الحراري وتقليل الضياع الحرارية تم استخدام ألياف النخيل كمادة عازلة كما تُعد من المواد الطبيعية المتوفرة محليا وتتميز بخصائص حرارية ملائمة من أبرزها معامل التوصيل الحراري منخفضاً مما يدل على أنها مادة جيدة للعزل الحراري ولديها قدرة معتدلة على تخزين الحرارة وكذلك سرعة انتقال الحرارة داخل المادة وقد تم اعتماد حالتين تجريبيتين في هذه الدراسة الأولى باستخدام العازل الحراري والثانية بدون أي عازل.

3-2 موقع وخصائص منطقة الدراسة وادي سوف (الجزائر) [1]:

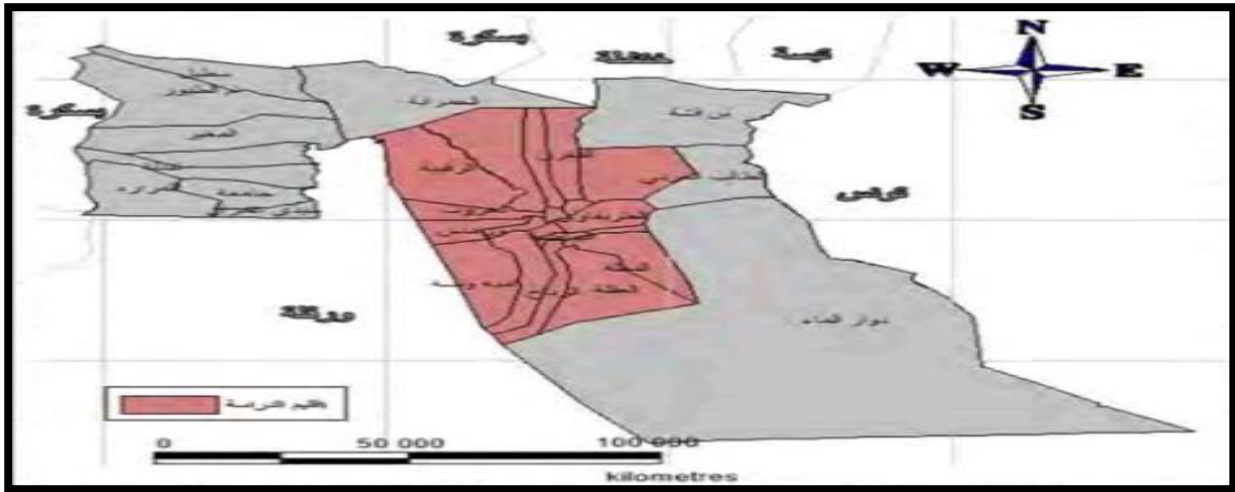
تتمركز منطقة الوادي سوف في جنوب الشرقي من الجزائر، تندرج ضمن العرق الشرقي الكبير وتشغل موقعا فعّالاً في النطاق الصحراوي وتمتد حدودها الإدارية كما يلي:

شمالاً: ولاية تبسة، الخنشلة، بسكرة

جنوباً: ولاية ورقلة

شرقاً: الجمهورية التونسية

غرباً: ولايتي الجلفة و ورقلة



الشكل (3-1): خريطة الموقع الإداري لولاية وادي سوف

تُعد منطقة وادي سوف بفضل موقعها الفلكي والجغرافي وخصائصها المناخية وجهة مثالية لاستثمار الطاقة الشمسية، إذا تتمركز داخل نطاق الشمسي، والذي يتصف بما يلي [2]:

- ❖ كمية الإشعاع الشمسي: $5700 - 6100$ [kwh/m²].
- ❖ مدة السطوع الشمسي: حوالي 3900 ساعة في السنة.
- ❖ معدل الطاقة المتحصل عليها تقدر ب: 2650 KWh/m² /ans
- ❖ درجات الحرارة المتوسطة 32 C°.

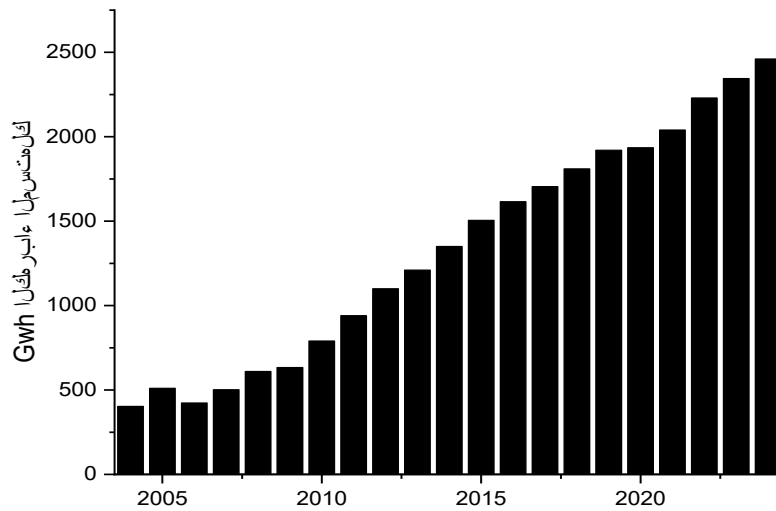
3-3 الهدف من اختيار منطقة الدراسة:

- ❖ لأنها تتميز بارتفاع المعدلات الإشعاع الشمسي على مدار العام مما يجعلها البيئة مثالية لاستغلال الطاقة الشمسية بشكل فعّال.
- ❖ نظراً لامتلاكها مساحات صحراوية واسعة قابلة لاستغلالها في مشاريع الطاقة دون تعارض مع الأنشطة الزراعية.
- ❖ قلة استغلال مصادر الطاقة المتجددة بالمنطقة رغم توفر الإمكانيات.
- ❖ سعي لإبراز مساهمة المنطقة الصناعية في التنمية الوطنية من خلال موقعها الاستراتيجي ودورها في الاستثمار.
- ❖ إتاحة الإمدادات الطاقوية مطلوبة لتشغيل النظام.

4-3 الهدف من الدراسة:

- ❖ تطوير أداء هذه الأنظمة والرفع من قدرتها الإنتاجية.
- ❖ تعيين العوامل المؤثرة على كفاءة المدخنة الشمسية.
- ❖ الاعتماد على موارد الطاقة المتجددة التي تساهم في الحد من الانبعاثات الكربون وتعزيز أمن الطاقوي.
- ❖ اقتراح تقنية منخفضة التكلفة وعالية أداء لإنتاج الكهرباء بالمناطق النائية ومعزولة عن الشبكة الكهربائية.
- ❖ استفادة من التقنيات والتكنولوجيا الحديثة لتطبيق حلول مبتكرة لإنتاج الطاقة الكهربائية باستخدام الموارد الطبيعية المحلية.

بالنظر إلى التقدم التكنولوجي المتسارع و النمو السكاني المستمر يشهد العالم بشكل عام، وولاية وادي سوف بالجزائر بشكل خاص، تزايد ملحوظاً في استهلاك الطاقة الكهرباء ويظهر الشكل (2.3) هذا الارتفاع التدريجي في الطلب على الكهرباء في المنطقة، حيث من المتوقع أن يبلغ الاستهلاك حدود 3000Gwh في أفق 2050 أمام هذا الواقع تبرز الحاجة الملحة إلى تبني مصادر طاقة بديلة والمستدامة مثل تقنية المدخنة الشمسية التي تمثل خياراً واعداً لتعزيز أمن الطاقة وتخفيف الاعتماد على المصادر التقليدية.



الشكل (2-3): منحنى توزيع استهلاك السنوي في ولاية اودي سوف بالجزائر [3]

3-5 الأبعاد الهندسية لنموذج التجريبي:

نلخص أهم قياسات لأداء المدخنة الشمسية في الجدول التالي:
الجدول (3-1): قياسات الهندسية لنموذج المدخنة الشمسية لولاية وادي سوف

البيانات	الأبعاد
ارتفاع المدخنة	3 m
قطر المدخنة (حامل التوربين)	10 Cm
ارتفاع المدخل المجمع	[2m-4m]
نصف قطر المجمع	[0.1m-1.0m]
بعد المجمع عن الأرض	15 Cm



الشكل (3-3): صورة تبين نموذج التجريبي للمدخنة الشمسية في ولاية وادي سوف

3-6 خصائص المواد المستعملة في النموذج التجريبي للمدخنة الشمسية:

الشكل (3-2): المواد المستعملة في مدخنة الشمسية وخصائصها

المجمع

0.97	الإنبعاثية
0.2w/m.k	توصيل الحرارة
1.591	معامل الانكسار
1200kg/m ³	الكثافة
1300j/kg.k	السعة الحرارية
الحديد	المادة

المادة لاصقة على المجمع(الزفت)

0.92	الإنبعاثية
0.52w/m.k	توصيل الحرارة
1840J/kg.k	السعة الحرارية
0.9	الخشونة
206kg/m ³	الكثافة

المدخنة

0.91	الإنبعاثية
0.14w/m.k	توصيل الحرارة
500J/kg,k	السعة الحرارية
1380kg/m ³	الكثافة
pvc	المادة

الشكل (3-3): خصائص الحراري ألياف النخيل [4]:

ألياف النخيل

0.0737 w/m. k	التوصيل الحراري
7.20×10 ³ J/kg.	السعة الحرارية
85.0×10 ³ kg/m ³	كثافة
2.30×10 ⁻³ m ² /s	معامل الانتشار
25.00 m ⁻¹	معامل الامتصاص



الشكل (3-4): صورة تبين ألياف النخيل

3-7 أجهزة القياس المستعملة في التجربة:

1.7.3 جهاز قياس الإشعاع الشمسي (Solari mètre):

هو جهاز إلكتروني يحول الإشعاع الشمسي إلى قيم رقمية يتم عرضها بشكل فوري عبر الحاسوب مما يسمح بالحصول على القيمة فعلية للإشعاع الشمسي بـ $[W/m^2]$



الشكل (3-5): صورة تبين جهاز قياس الإشعاع الشمسي

1-7-3 المولد الكهربائي: وتعطى الكفاءة الخاصة بالمولد كالتالي $\tau_{elec} = 0.9$



الشكل (3-6) صورة تبين المولد الكهربائي

3-7-3 جهاز الانيمومتر: هو جهاز لقياس سرعة الهواء داخل نقاط المجمع



الشكل (3-7): صورة تبين جهاز لقياس سرعة الهواء

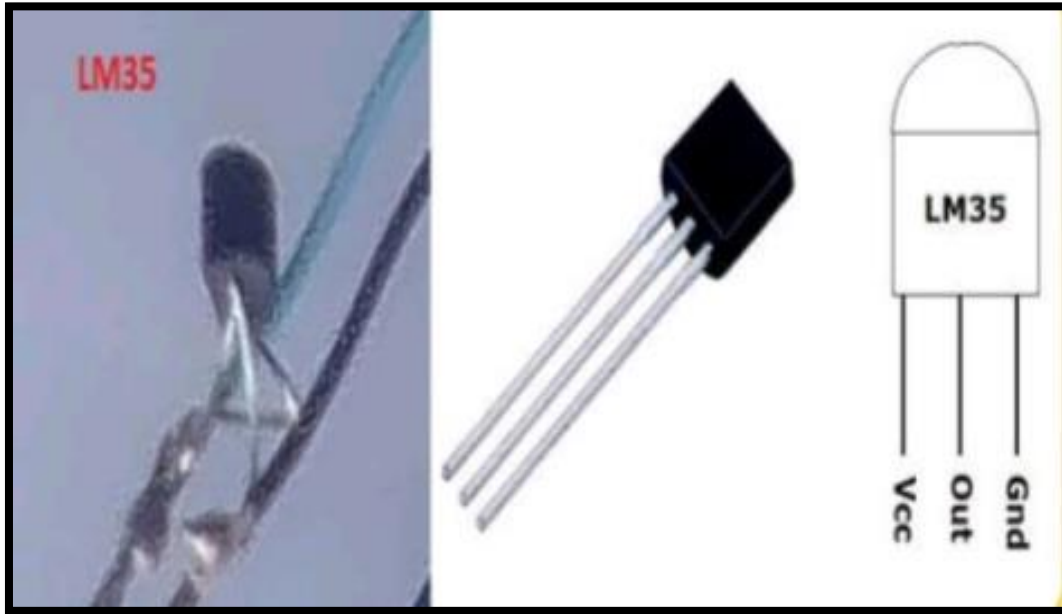
4-7-3 جهاز الترموكابل :



الشكل (3-8): صورة تبين جهاز الترموكابل لقياس درجة حرارة الجو

5-7-3 اللاقط القياس درجة الحرارة:

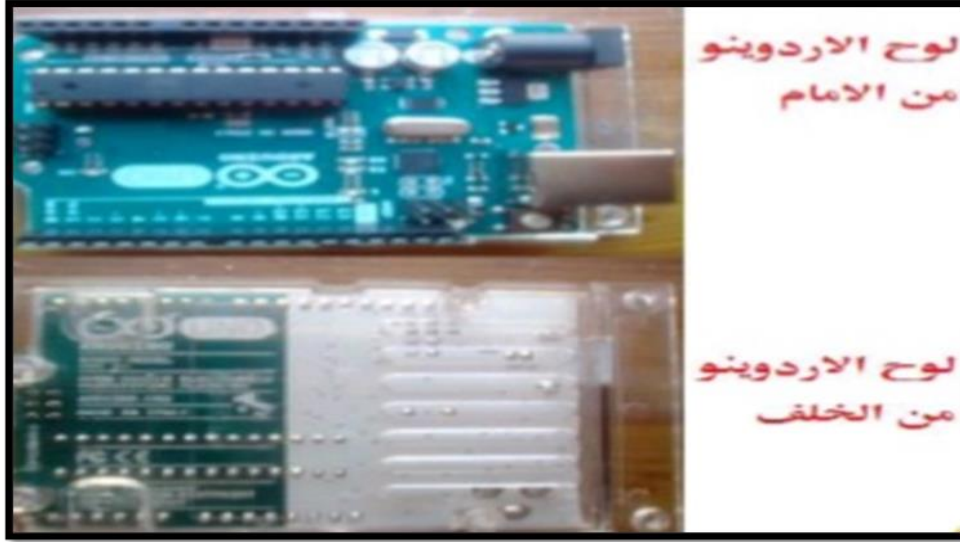
هو عبارة عن مركب إلكتروني يمكنه ترجمة معلومات الوسط الخارجي من ظواهر متعددة إلى إشارة كهربائية قابلة للمعالجة، وهنا نستعمل لاقط الحرارة LM35 الذي يعمل مع الأردوينو.



الشكل (3-9): صورة تبين اللاقط الحرارة

6-7-3 لوح الاردوينو [5]:

هو عبارة عن لوح تطوير إلكتروني يتكون من دائرة إلكترونية مفتوحة المصدر مع متحكم دقيق يتم برمجته مع الحاسوب الذي يربط من خلال USB ، تستخدم هذه اللوحة في تشغيل المجسات والأدوات الكهربائية من أجل الاستشعار وتنفيذ المهام المختلفة بشكل دقيق وفعال، وقد استخدمنا الاردوينو من نوع Arduimo uno كما هو موضح في الصورة:



الشكل (3-10): صورة تبين لوح الاردوينو

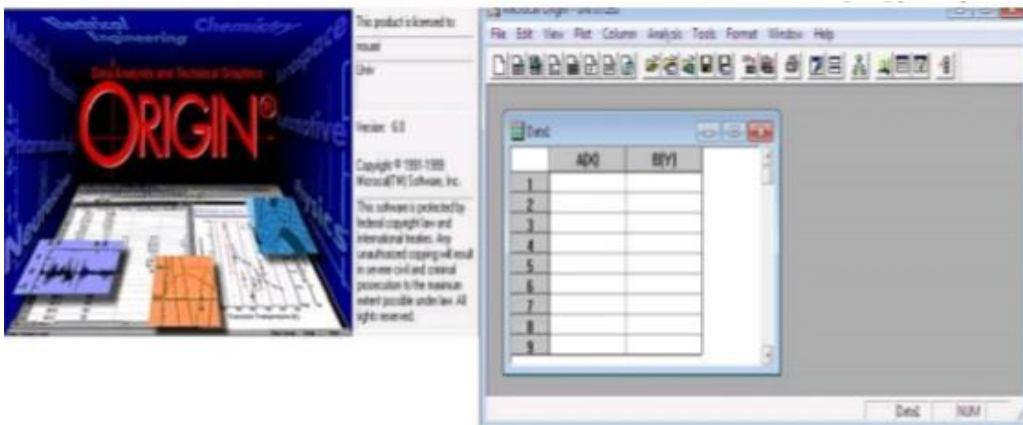
7-7-3 الدينامو متر:

هو آلة تستخدم لقياس عزم الدوران المحركات وقياس الطاقة وقدرة التي تنتجها الآلة أو محرك عن طريق قياس سرعة دوران.

8-3 البرامج المستعملة:

3-8-1 برنامج الاوروجين [6]:

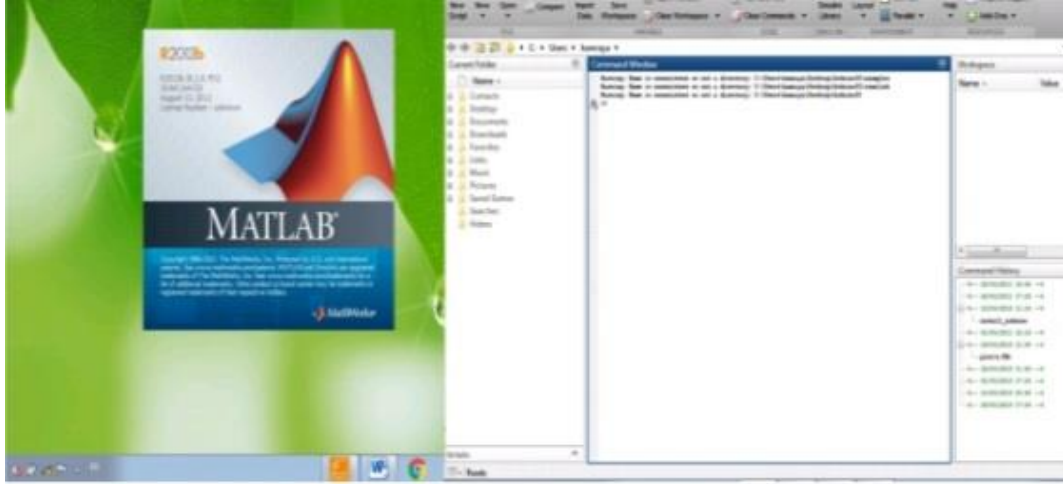
يُعد برنامج من أبرز البرمجيات المتخصصة في التحليل البيانات ورسم المنحنيات ويستخدم على نطاق واسع في المجالات العلمية والهندسية، يتميز بواجهة متعددة الاستخدامات تجمع بين سهولة تعامل والدقة في الأداء، كما يتيح البرنامج إمكانية استيراد ملفات من برامج أخرى مثل الماطلاب والاكسل بطريقة سهلة وفعالة.



الشكل (3-11): صورة تبين برنامج الاوروجين

3-8-3 برنامج الماتلاب [7]:

هو برنامج عالي المستوى الأداء وهو عبارة عن الوسط برمجة سهل الاستخدام يكون فيه التفاعل بين المستخدم والبرنامج من أسهل وأسرع ما يكون إلى وسط آخر، علاوة على كل ذلك توجد في الماتلاب مكتبة دوال الرسم والمحاكاة التي تمكنك من عرض نتائج كصور ثنائية الأبعاد وثنائية الأبعاد بسهولة تعجز عنها الكثير من البرمجيات أخرى في هذا المجال، إن استخدام الماتلاب كالة حاسبة أو في صورته تفاعلية تعتبر من أهم مميزات الماتلاب والتي لا توجد في أي لغة برمجة أخرى.



الشكل (3-12): صورة تبين برنامج الماتلاب

3-8-3 برنامج الاردوينو [8]:

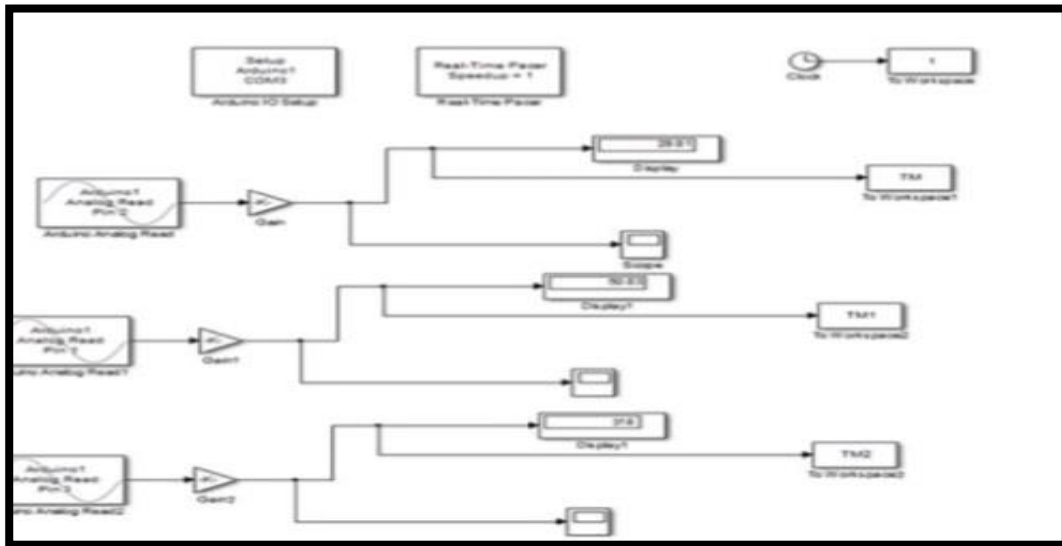
يُعد البرنامج من أبسط وأشهر بيئات البرمجة المستخدمة مع اللوحات الكترونية، تتم كتابة التعليمات البرمجة للوحة الاردوينو باستخدام لغة Arduino C استُمدت من لغة C، تتكون بيئة تطوير من أربعة أسام رئيسية كما هو موضح في الصورة:

- ❖ شريط القوائم.
- ❖ شريط الأدوات.
- ❖ منطقة كتابة الأوامر والبرمجيات.
- ❖ منطقة التنبيهات والأخطاء البرمجة.

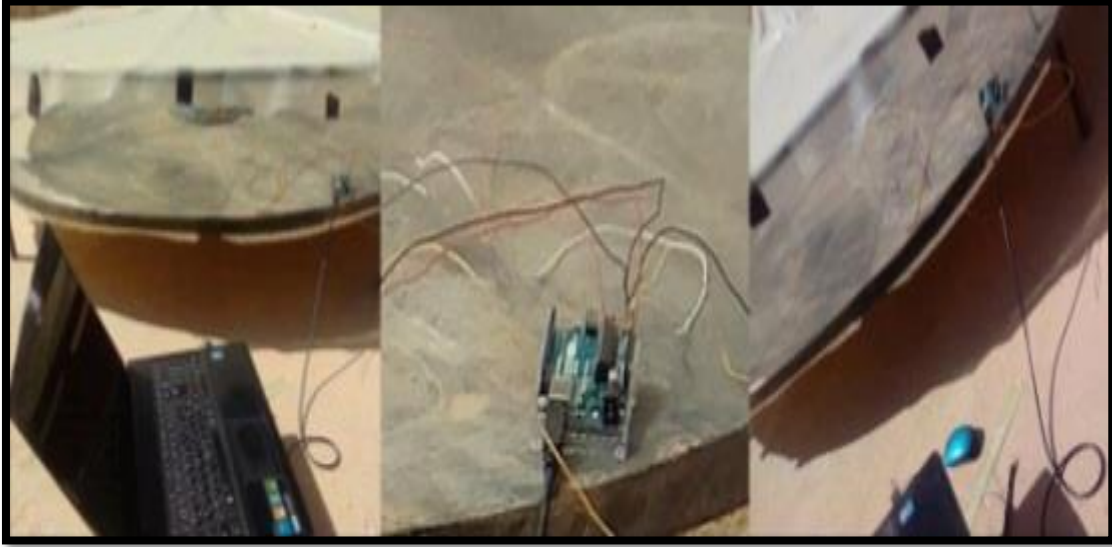


الشكل (3-13): صور توضح البيئة التطوير الاردوينو

تم قياس درجة الحرارة بالمعدات خاصة الاردوينو الذي نستعمل الماطلاب لربط الاردوينو ولاقط والحاسوب عبر توصيل الاتي:



الشكل (3-14): صورة تبين مخطط برنامج العمل المخصص لقياس درجة الحرارة الاردوينو



الشكل (3-15): صورة تبين كيفية العمل بالاردينو لقياس درجة الحرارة

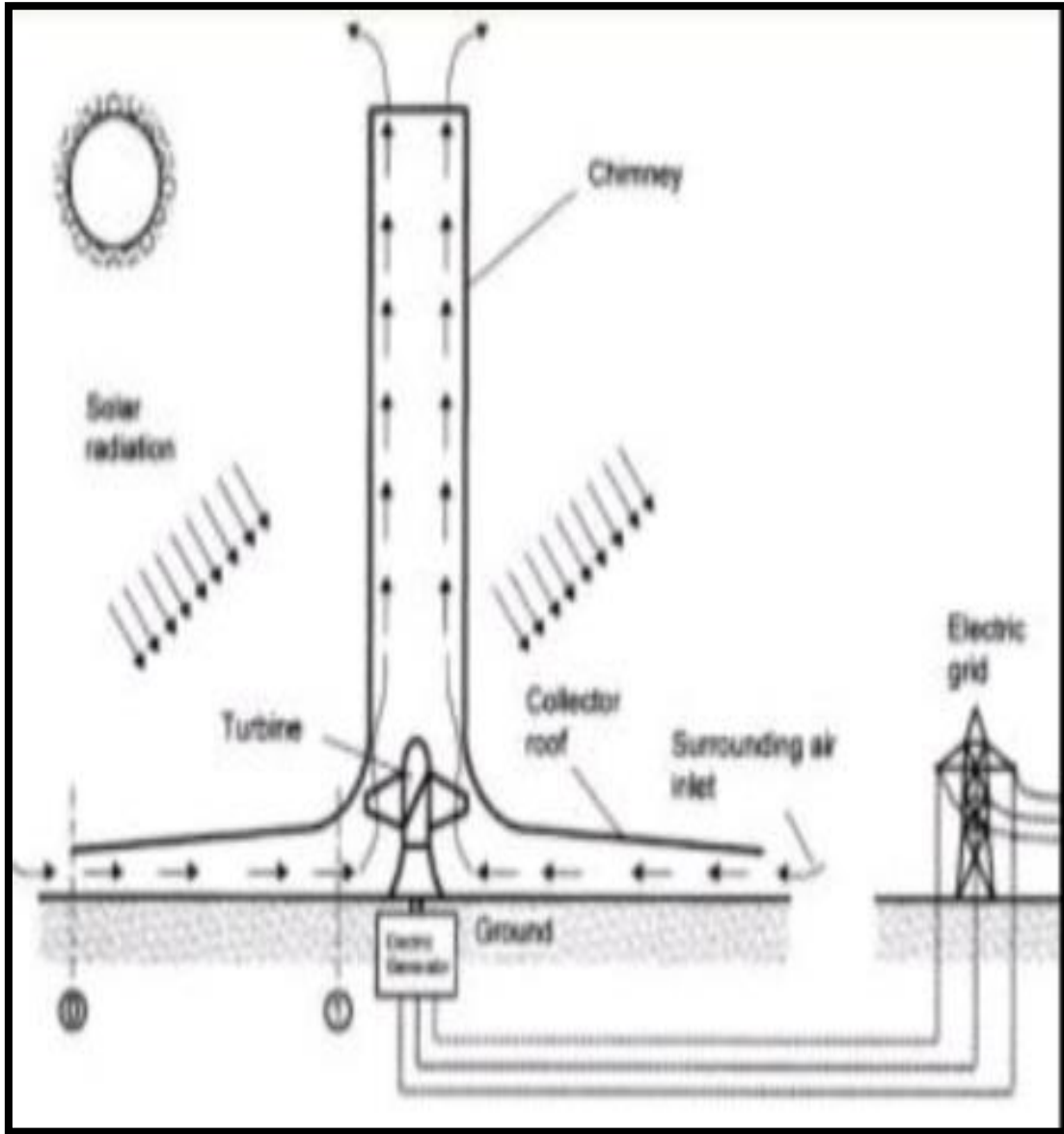
3-9 الظروف الجوية التي تمت فيها التجربة:

- ❖ سرعة الرياح 14 Km/h.
- ❖ شدة الإشعاع الشمسي W/m^2 (800 – 1200).
- ❖ درجات الحرارة المحيطة $32^{\circ}C$

3-10 التجربة (6 ماي 2025):

استنادًا إلى هذه الدراسة التجريبية لتقييم كفاءة المدخنة الشمسية تم إجراء القياسات في 6 ماي وذلك على النموذج المدخنة الشمسية في جنوب الجزائر (ولاية وادي سوف) والخصائص المناخية للمنطقة، من خلال هذه التجارب يتم التركيز على دراسة وتحليل متغيرين أساسيين هما :

- ❖ الدراسة الأولى: توزيع درجات الحرارة في وجود عازل حراري اسفل المجمع.
- ❖ الدراسة الثانية: وتوزيع درجات الحرارة في غياب عازل حراري اسفل المجمع.
- ❖ الدراسة الثالثة: سرعة الهواء في وجود عازل حراري أسفل المجمع.
- ❖ الدراسة الرابعة: سرعة الهواء في غياب عازل حراري أسفل المجمع.



الشكل (3-16): رسم تخطيطي لمدخنة الشمسية التي تستعمل لإنتاج الكهرباء

11-3 النتائج التجريبية ومناقشة:

1-11-3 توزيع درجات الحرارة:

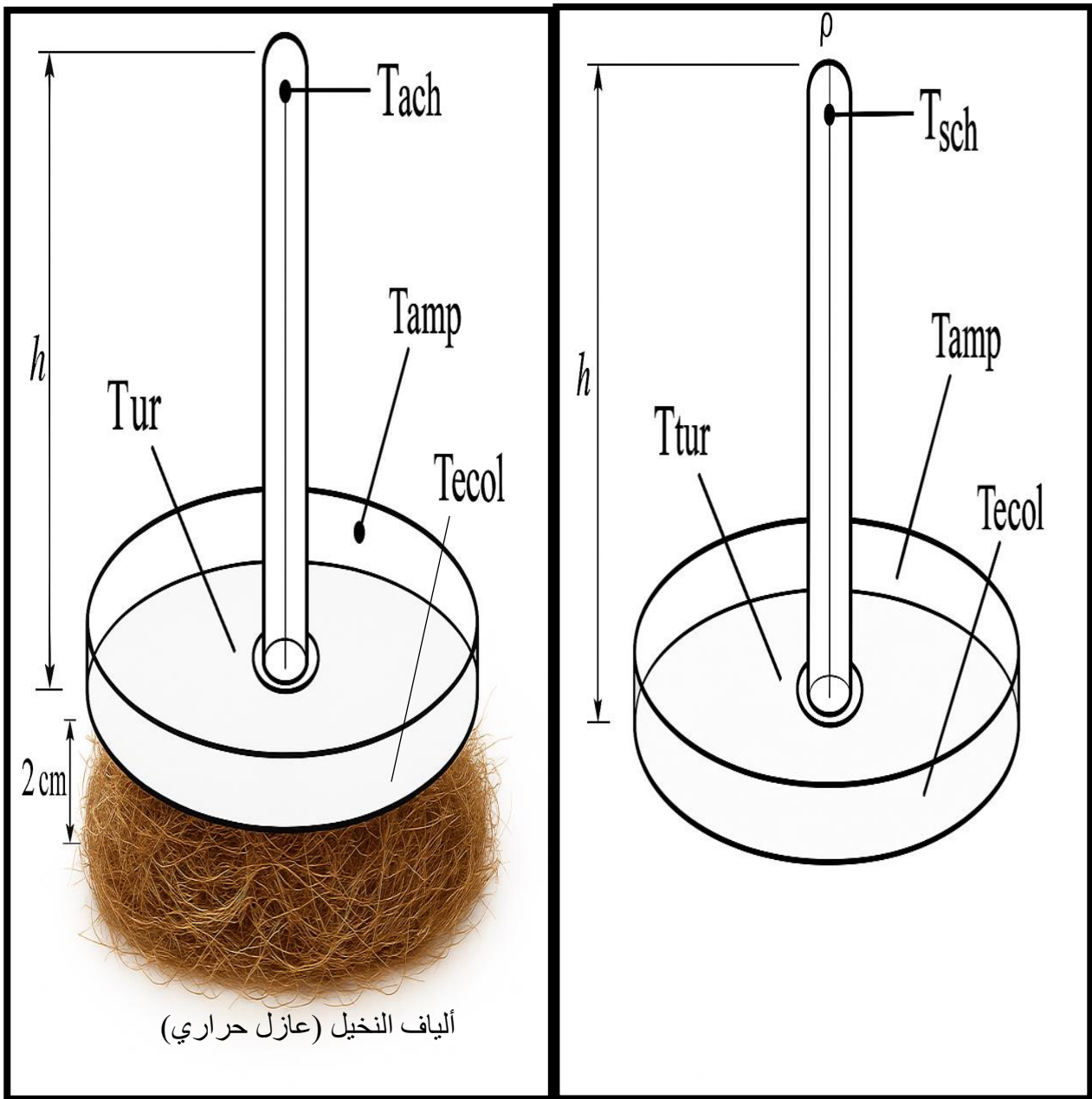
في هذه الدراسة تم التركيز على تحديد أقصى قدرة من إنتاج الطاقة الكهربائية، نظرًا لتعدد العوامل المؤثرة على اختلاف هذه القيمة، وبناءً على ذلك تم إجراء تحليل لتوزيع درجات الحرارة في مواقع متعددة من المدخنة الشمسية خلال الفترات الزمنية المختلفة وقد نفذت هذه التجارب على حالتين:

- ❖ التجربة الأولى : غياب العازل الحراري أسفل المجمع.
- ❖ التجربة الثانية : إضافة عازل حراري من ألياف النخيل (معامل توصيل الحراري 0.1190w/m.k) أسفل المجمع.

تم تعيين أربعة درجات حرارة منتشرة على المدخنة الشمسية:

- ❖ T_{tur} : درجة حرارة مركز المدخنة ($^{\circ}\text{C}$).
- ❖ T_{sch} : درجة حرارة مخرج المدخنة ($^{\circ}\text{C}$).
- ❖ T_{ecol} : درجة حرارة مدخل المجمع ($^{\circ}\text{C}$).
- ❖ T_{amp} : درجة حرارة الجو ($^{\circ}\text{C}$).

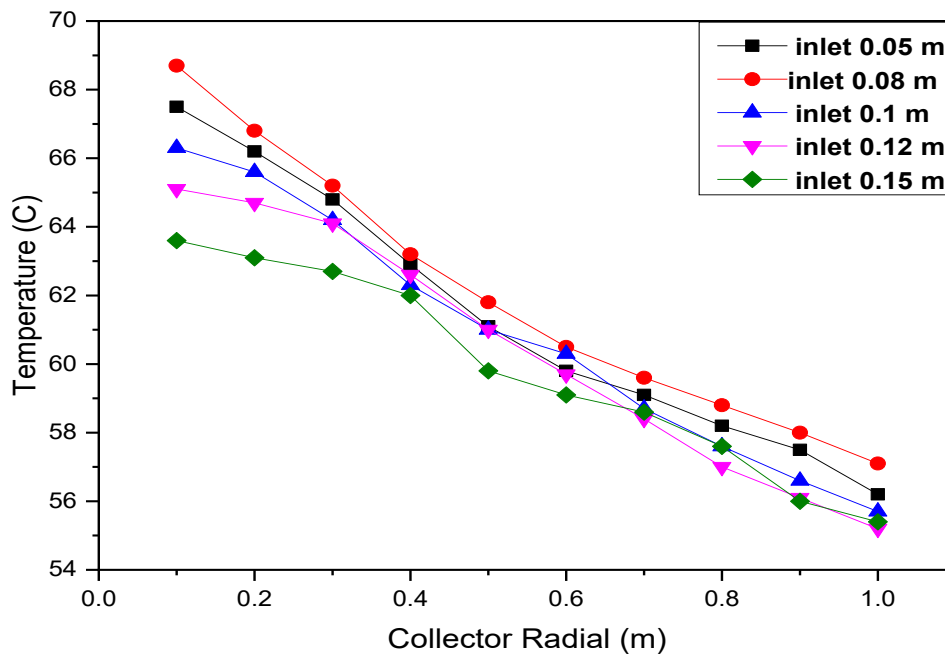
تم تثبيت اللواقط الحرارية في مواضع معينة لها في جميع أنحاء المدخنة ، الرسم الاتي يوضح مخطط توضيحي لتثبيت اللاقط مع تبين العازل الحراري أسفل المدخنة.



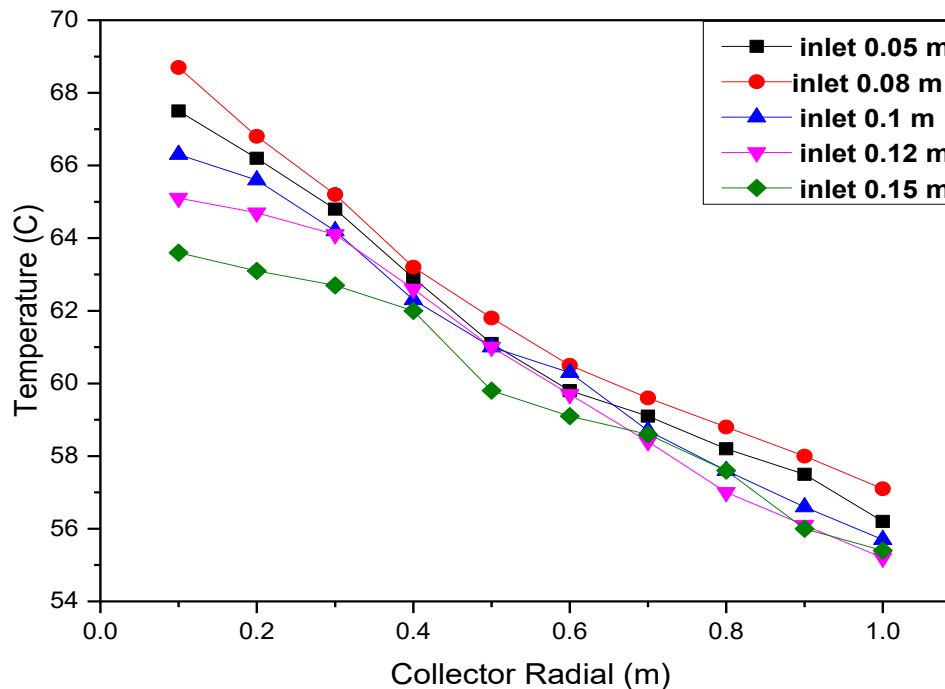
الشكل (18.3): توزيع درجات الحرارة على المدخنة في وجود عازل حراري أسفل المجمع

الشكل (17.3): توزيع درجات الحرارة على المدخنة في غياب عازل حراري أسفل المجمع

2-11-3 توزيع درجة الحرارة على نصف القطر المجمع في وجود وغياب العازل الحراري



الشكل (3-19): منحنى تغير درجة الحرارة بدلالة نصف قطر المجمع في وجود العازل الحراري



الشكل (3-20): منحنى تغير درجة الحرارة بدلالة نصف القطر المجمع في غياب العزل الحراري

❖ يظهر الشكل (3-19): منحنى تغير درجة الحرارة بدلالة نصف قطر المجمع في وجود العازل الحراري

من الواضح أن المنحنى يمكن تقسيمه إلى ثلاثة مجالات:

(0.4m–0.1m): حيث نلاحظ اختلاف واضح لقيم درجات الحرارة عند مختلف فتحات مدخل كلما زاد نصف قطر المجمع ، عند الفتحة 0.08m بلغت درجة الحرارة 68.7°C وهي أعلى قيمة مما يدل على أن توزيع حراري متوازن وساهم العازل الحراري في الحد من الفقد مما أدى إلى أداء حراري مستقر. أما عند الفتحة 0.05m بلغت درجة الحرارة 67.6°C وهي أقل من نظرتها عند الفتحة 0.08m ويعود ذلك إلى تركيز العالي للإشعاع نتيجة لصغر الفتحة إلا أنه لم يحقق توزيع متوازن للحرارة بسبب تراكمها الكبير في مركز المجمع، أما عند الفتحات الكبير 0.15m, 0.12m, 0.10m بلغت درجات الحرارة على التوالي 64.6°C , 66.8°C ، 63.2°C ثم تنخفض درجة الحرارة بشكل مستمر و هذا راجع إلى أن فعالية العازل أصبحت محدود مع زيادة حجم فتحة المدخل وارتفاع معدل تدفق الهواء مما يؤدي إلى فقد أسرع للحرارة بفعل التبريد.

(0.7m–0.4m): حيث نلاحظ درجات الحرارة عند مختلف فتحات في انخفاض تدريجيا متواصل نتيجة الابتعاد عن مركز المجمع وضعف التركيز الإشعاع ومع ذلك ساهم العازل الحراري في تقليل الفقد الحراري وتميزت الفتحات الصغير باستقرار نسبي في التدرج الحراري بينما كانت الفتحات الأكبر أكثر تأثير بانخفاض درجة الحرارة يعكس هذا السلوك تأثير الموقع الهندسي للفتحات على توزيع الحرارة داخل المجمع مع بقاء فعالية العازل الحراري في تقليل شدة الانحدار الحراري.

(1.0m–0.7m): حيث نلاحظ انخفاضا واضحا في درجات الحرارة مما يعكس ضعف التركيز الإشعاع كلما اقتربنا من الحافة و رغم ذلك ساهم العازل الحراري في الحفاظ على قدر معين من الحرارة وتقليل الفقد الحراري عبر القاعدة الفتحات ذات أقطار الصغيرة وأظهرت تدرجا حراريا أقل حدة في حين سجلت الفتحات الأكبر قيمة حرارية أدنى مع اقترابها من الحد الخارجي مما يبرز نتائج الهندسي في توزيع الحرارة ضمن هذا النطاق.

حيث نلاحظ كذلك أن القيم درجات الحرارة عند نصف قطر 1.0m, 0.1m أعلى خاصة عند الفتحة 0.08m في حالة وجود العازل الحراري مقارنة في حالة غياب العازل الحراري .

❖ يظهر الشكل (3-20): منحنى تغير درجة الحرارة بدلالة نصف قطر المجمع في غياب العازل الحراري أسفل المجمع

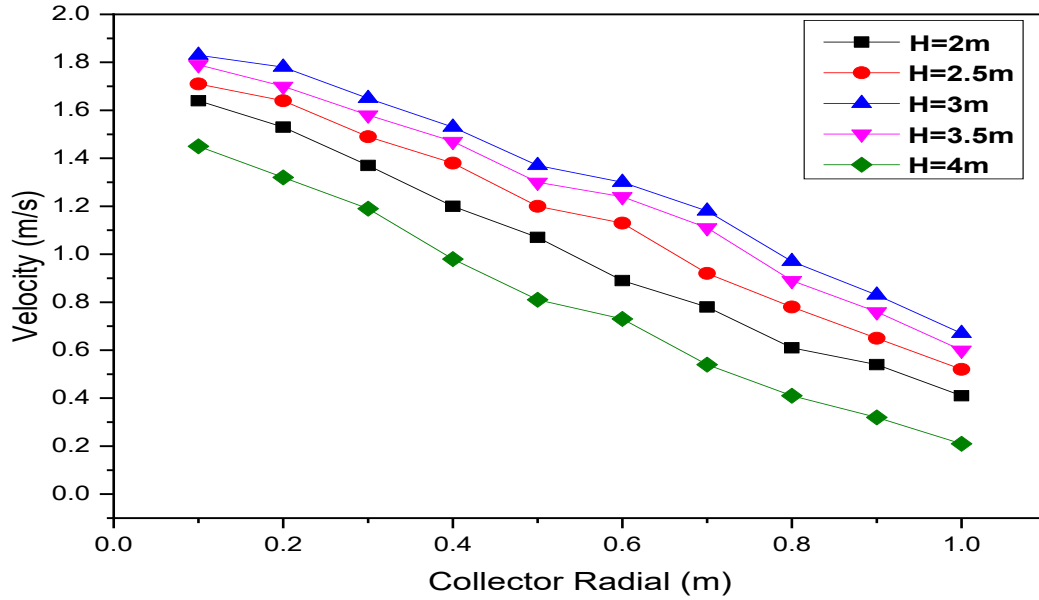
يمكن تقسيم المنحنى إلى ثلاثة مجالات:

(0.4m-0.1m): حيث نلاحظ اختلاف واضحا في سلوك توزيع درجة الحرارة بين مختلف فتحات عند الفتحة 0.08m سجلت أعلى قيمة لدرجة حرارة مما يدل على تركيز حراري أكبر في المركز المجمع ومع ازدياد قطر الفتحة حتى 0.15m انخفضت درجات الحرارة تدريجيا بسبب زيادة فقدان الحراري الناتج عن تحسين التهوية يشير هذا إلى أن أبعاد الفتحة الدخول تؤثر بشكل مباشر على توزيع الحرارة داخل المجمع.

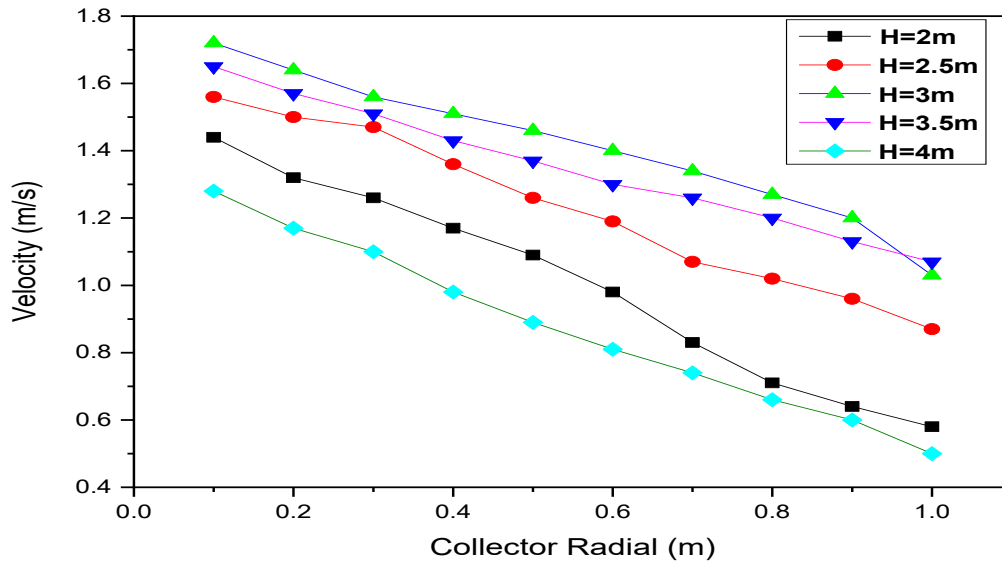
(0.7m-0.4m): حيث نلاحظ انخاضاً تدريجياً في درجة الحرارة عند مختلف الفتحات مع ازدياد نصف القطر وسجلت الفتحات الصغيرة (0.05m و 0.08m) درجات حرارة أعلى نسبياً نتيجة تركيز الإشعاع بالقرب من المركز في حين سجلت الفتحات الأكبر (0.15m,0.12m,0.10m) انخاضاً أكبر لدرجات الحرارة ويعود ذلك إلى ضعف التركيز الحراري وارتفاع تأثير الخسائر الحرارية بسبب غياب العازل الحراري مما يؤدي إلى تراجع فعالية نقل واحتفاظ المجمع بالطاقة الحرارية في هذا النطاق.

(1.0m-0.7m): حيث نلاحظ انخفاضاً متقارب في درجات الحرارة عند مختلف الفتحات ويشير هذا التقارب إلى أن تأثير قطر الفتحة يصبح محدوداً في هذه المنطقة من المجمع ويعود ذلك إلى تراجع شدة الإشعاع الحراري وازدياد فقدان الحرارة باتجاه الحافة وغياب العازل الحراري مما يؤدي إلى توزيع حراري شبه منتظم وضعيف في هذا النطاق.

3-11-3 تأثير نصف قطر المجمع و ارتفاع المدخنة على سرعة الهواء في وجود وغياب العازل الحراري



الشكل (21.3): منحنى تغير سرعة الهواء بدلالة نصف قطر المجمع وارتفاع المدخنة في وجود العازل الحراري



الشكل (22.3): منحنى تغير سرعة الهواء بدلالة نصف قطر المجمع وارتفاع المدخنة في غياب العازل الحراري

❖ يظهر الشكل (21.3): منحنى تغير سرعة الهواء بدلالة نصف القطر المجمع وارتفاع المدخنة في وجود العازل الحراري

يمكن تقسيم المنحنى إلى ثلاثة مجالات:

(0.4m–0.1m): حيث نلاحظ أن السرعة تتناقص تدريجاً مع تزايد نصف القطر وهذا راجع إلى تمدد مساحة المجمع مما يؤدي إنخفاض ضغط الهواء وبالتالي تقليل سرعته، تظهر أعلى قيم لسرعة الهواء عند ارتفاع المدخنة 3m و3.5m مما يدل على أن هذين ارتفاعين يوازنان توازناً مناسباً بين فرق الضغط داخل النظام وقوة السحب أما بالنسبة عند ارتفاعين 2m و2.5m سرعة الهواء أقل وهذا يعود إنخفاض ارتفاع المدخنة وضعف قدرة سحب بينما عند ارتفاع 4m تكون سرعة الهواء في أدنى قيمة لها مقارنة بين ارتفاعات أخرى هذا راجع إلى زيادة مقاومة احتكاك وفقدان الضغط داخل المدخنة مما يؤدي إلى ضعف فعالية السحب رغم ارتفاع الكبير.

(0.7m–0.4m): حيث نلاحظ انخفاض السرعة الهواء مع زيادة نصف القطر هذا رجع إلى اتساع المجمع وتوزيع الحرارة على مساحة كبير مما يقلل من تسخين الهواء وبالتالي يقل الضغط بين المدخنة و المجمع كما أن أفضل أداء عند ارتفاعين 3m و3.5m لأنه يحقق توازن بين فرق الضغط والخسائر الناتجة عن الاحتكاك أما عند ارتفاعات الضغير والكبير جدا تسباب في ضعفا في حركة الهواء ,

(1.0m–0.7m): حيث نلاحظ إنخفاض سرعة الهواء بشكل مستمر و هذا يعود إلى ضعف التسخين الناتج عن كبر حجم المجمع وبالتالي توزيع الحرارة على مساحة أكبر كما تبين أنه عند ارتفاعات المتوسطة حافظت على أداء أفضل حيث حققت توازن جيداً بين فرق في الضغط الناتج عن تسخين الهواء وخسائر الاحتكاك داخل المدخنة أما بنسبة ارتفاعات القصير لا تولد ضغط كافي بسبب قصر ارتفاع المدخنة مما يؤدي إلى ضعف سحب الهواء وعند ارتفاع الكبير رغم زيادة فرق في الضغط إلا أن الهواء يتعرض لخسائر احتكاك أكبر داخل المدخنة مما يؤدي إلى فقدان جزء من الضغط وتقليل سرعة الهواء.

حيث نلاحظ أيضاً أن قيم السرعات الهواء عند نصف قطر المجمع 1.0m و0.1m أعلى في حالة وجود العازل الحراري أسفل المجمع خاصة عند ارتفاع 3m مقارنة في حالة غياب العازل حراري.

❖ يظهر الشكل (22.3): منحنى تغير سرعة الهواء بدلالة نصف قطر المجمع وارتفاع المدخنة في غياب العازل الحراري

يمكن تقسيم المنحنى إلى ثلاثة مجالات

(0.4m–0.1m): حيث نلاحظ أن سرعة الهواء منخفضة عند جميع ارتفاعات وهذا راجع على فقدان جزء كبير من الحرارة المخزنة في المجمع باتجاه الأرض مما يؤدي إلى انخفاض درجة حرارة الهواء داخله بالتالي تقليل فرق الكثافة الذي يولد الضغط اللازم لسحب الهواء نحو أعلى و رغم هذا انخفاض العام فإنه عند ارتفاعات المتوسطة تحقق أداء أفضل مقارنة بارتفاعات أخرى بسبب توازن النسبي بين فرق الضغط وقوة الفقد الناتجة عن احتكاك أما عند ارتفاعات الصغير فكان فرق الضغط غير كافي لتحريك الهواء بكفاءة وعند ارتفاع الكبير انخفاض أداء نتيجة احتكاك دون وجود تسخين كافي لتعويض ذلك و عليه فإن غياب العازل الحراري في هذا المجال يضعف أداء النظام ويقلل من فعالية سحب الهواء.

(0.7m–0.4m): حيث نلاحظ انخفاض سرعة الهواء وهذا راجع إلى غياب العازل الحراري الذي يؤدي إلى فقدان جزء كبير من الطاقة الحراري مما يقلل فعالية تسخين الهواء داخل المجمع نتيجة لذلك لا يتولد فرق حراري كافي بين الهواء الساخن و البارد لإحداث فرق ضغط فعال داخل المدخنة حيث يساهم في تعزيز سحب الهواء إلا أن ضعف التسخين في هذا المجال يجعل تأثير فرق ارتفاع محدودا ولا يكفي للتغلب على خسائر الاحتكاك داخل المدخنة خصوصا عند نصف القطر الكبير حيث يبتعد الهواء عن المركز التسخين .

(1m–0.7m): حيث نلاحظ انخفاض سرعة الهواء و تصل إلى أدنى قيمها عند مختلف ارتفاعات في هذا المجال مقارنة بين المجالات السابقة مما يدل على ضعف أداء و فقدان جزء كبير من الطاقة الحرارية و هذا يؤدي إلى ضعف تسخين الهواء موجود داخل المجمع خصوصا عند حواف، تزداد مساحة المجمع ولكن لا تقسر هذه زيادة إلى تحفيز في حركة الهواء لأن الحرارة التموفرة لا تكفي لتسخين الهواء المتزايد و نتيجة لذلك يكون فرق الكثافة بين الهواء الساخن و البارد ضعيفا مما ينتج عنه فرق ضغط حراري منخفض داخل المدخنة و من جهة أخرى عند ارتفاعات الكبير تكون خسائر احتكاك داخل المدخنة أكبر أما عند ارتفاعات الصغير فهي لا توفر فرق ضغط كافي مما يؤدي إلى سرعات ضعيفة.

12-3 مقارنة نتائج التجربة بالدراسة السابقة :

في هذه التجربة تم استخدام عازل حراري من ألياف النخيل ذات المعامل 0.0737 w/m.k وذلك لتقييم تأثيره على كفاءة المدخنة الشمسية بمقابل استخدام في دراسة السابقة عازل من البولسترين ومعامل توصيل الحراري 0.003 w/m.k ، أظهرت نتائج أن العازل الحراري من ألياف النخيل حقق نتائج أفضل في رفع كفاءة المدخنة الشمسية وقدرتها إنتاجية من خلال تقليل الفقد الحراري وتحقيق توزيع حراري أكثر تجانساً ، مقارنة بالعازل الحراري من البولسترين .

13-3 أهم الاستنتاجات:

- ❖ الفتحة $0,08 \text{ m}$ تمثل حالة مثالية تجمع بين كفاءة العازل ومعدل تدفق الهواء المناسب.
- ❖ وجود العازل الحراري ساهم في تحسين الأداء المجمع من خلال تقليل الفقد الحراري وتحقيق توزيع حراري أكثر تجانساً خاصة في المناطق البعيدة عن المركز .
- ❖ وجود العازل الحراري ساهم في تحسين الأداء الحراري بزيادة سرعة الهواء وتقليل الفقد الحراري نحو الأسفل مما عزز فعالية السحب الطبيعي داخل المجمع .
- ❖ ارتفاع 3 m هو ارتفاع المثالي وأكثر الكفاءة حيث سجلت عنده أعلى سرعات مما يوفر توازن أفضل بين حجم الهواء الساخن وفرق الضغط.

14-3 الخاتمة:

خلال هذا الفصل تم تقديم النتائج التجريبية المتوصل إليها وتحليلها ومناقشتها إذ تم تحديد الظروف المناخية المحيطة والابعاد الهندسية لتحقيق الأداء الأمثل لزيادة فعالية المدخنة الشمسية بالإضافة إلى ذلك تم دراسة تأثير المواد مستعمل كالعازل حراري و دوره في رفع درجات الحرارة و الحد من الفواقد الحرارية في المجمع



الخاتمة العامة

الخاتمة العامة:

كان الهدف الرئيسي من دراستنا هو رفع كفاءة المدخنة الشمسية وقدرتها الإنتاجية من خلال الحد من الفواقد الحرارية في المجمع لنموذج المصغر في ولاية الوادي ذو الأبعاد التالية:

قطر المجمع 2m وارتفاع المدخنة 3m وارتفاع مدخل المجمع 8cm وقطر المدخنة 10cm سمك العازل الحراري 3cm ودراسة متغيرين أساسيين هما سرعة الهواء ودرجة الحرارة حيث أن سرعة الهواء دراسة عند مختلف ارتفاعات (2m، 2.5m، 3m، 3.5m، 4m) وذلك عندما تكون أنصاف أقطار المجمع في المجال [0.1m-1m] وكذلك دراسة توزيع درجة الحرارة وتباينها داخل المجمع وتأثير العازل الحراري أسفل المجمع .

من خلال دراستنا توصلنا إلى عدة استنتاجات وهي كمايلي

- ❖ وجود العازل الحراري ساهم في تحسين الأداء المجمع من خلال تقليل الفقد الحراري وتحقيق توزيع حراري أكثر تجانساً خاصة في المناطق البعيدة عن المركز .
- ❖ وجود العازل الحراري ساهم في تحسين الأداء الحراري بزيادة سرعة الهواء وتقليل الفقد الحراري نحو الأسفل مما عزز فعالية السحب الطبيعي داخل المجمع
- ❖ ارتفاع 3m هو ارتفاع المثالي وأكثر الكفاءة حيث سجلت عنده أعلى السرعات مما يدل على يوفر أفضل توازن بين حجم الهواء الساخن وفرق الضغط.

بفضل النتائج المتوصل إليها يمكن الاعتماد عليها لإجراء المزيد من الأبحاث على المدخنة الشمسية مع أخذ متغيرات إضافية بعين الاعتبار.

- ❖ يوصى باستخدام العازل الحراري من ألياف النخيل لتحسين كفاءة المجمعات الشمسية وتقليل الفقد الحراري.
- ❖ يفضل تعزيز العزل في المناطق البعيدة عن مركز المجمع حيث يكون الفقد الحراري أكبر.
- ❖ دراسة عوازل طبيعية مختلفة ومقارنة فعاليتها في تأثير على المدخنة الشمسية.
- ❖ اعتماد ارتفاع 3m للمجمع يوفر أفضل توازن بين التهوية وفعالية الحراري.
- ❖ تجنب الارتفاعات الكبيرة لأنها تؤدي إلى انخفاض سرعة الهواء بسبب فقد الضغط والحرارة.

قائمة المراجع

❖ مراجع عربية:

[1] فروحات حدة، الطاقة المتجددة كمدخل لتحقيق التنمية المستدامة في الجزائر دراسة موقع مشروع تطبيق طاقة شمسية في جنوب الكبير بالجزائر، مجلة البحث ، العدد 11 ، 2012 ،صفحة 149.

[2] وسيلة واعر، إكرام مرعوش، الطاقة الشمسية وطاقة الرياح نحو سياسة تنموية وطنية للجنوب الجزائر، مجلة الاقتصاد الصناعي، المجلد 11، العدد 1، 2021، صفحة 590-607.

[3] عبد الله عبد الدائم و عيسى سلوم ، تحليل التوازن الطاقوي و توازن الإكسيري لمحطة طاقة شمسية ذات مدخة عائمة ، مجلة جامعة البحث، المجلد38، العدد24 عام 2016.

[4] S. Djimli et all, Study the Possibility of Implementing a Solar chimney Power Plant in Algeria (Case study: Constantine), 19th International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICRE PQ21), Almeria, Spain.

مراجع الفصل الأول:

❖ المراجع العربية:

- [2] مريم حميدي، إنتاج الطاقة الكهربائية باستعمال المدخنة الشمسية، مذكرة ماستر، فيزياء وإشعاع، جامعة الشهيد حمه لخضر، الوادي الجزائر، صفحات 4-5، 2019،
- [3] فرحاني حسام، دراسة عددية الأداء نظام محطة مدخنة الشمسية: دراسة حالة في الجزائر مذكرة ماستر الهندسة الميكانيكية، طاقوية، جامعة العربي التبسي، التبسة صفحات 16-18، 2019 - 2020

❖ المراجع الأجنبية:

- [1] T. Taher, processus de la convection naturelle laminaire dans la chemine solaire, Magister en Physique universite de Constantine, p.83.2010
- [4] Long Shi et all, Determining the influencing factors on the performance of solar chimney in building, Renewable and Sustainable Energy Reviews,88,223-238.
- [5] Cheloufi Djassem, Réalisation et expérimentation d'un feu solaire, Master, Génie mécanique, Université Kasdi Merbah Ouargla, 06/08/2014.
- [6] M. SEMAI Hakim, Recherche d'une configuration optimale d'une centrale solaire à cheminée, DOCTORAT EN SCIENCES, UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID – TLEMCEN, Algérie, 153, 2017.
- [7] Amel Dhahri, Ahmed Omri, A Review of solar Chimney Power Generation Technology, International Journal of Engineering and Advanced Technology IJEAT ISSN :2249_ 8958, Volume-2, Issue-3, February2013, p2.
- [8] Tayebi Tahir, contribution al etude Numerique de la convection naturelle laminaire dun Systeme radial de Chauffage Solaire, Doctorat, Physique, Energies Renouvelables, Universite Constantine 1, Constantine, p 5-6,2014.
- [9] Oukil Abdelhak Temtam Fouazi, Production de Lelectricite a Partir Dune Cheminée Solaire, Master, Génie Mécanique, Univerite de Bouira Akli Mohand Oulhadj, Bouira, p 18-19,2016.
- [10] M. SEMAI Hakim, Recherche pour un aménagement optimal d'une cheminée solaire centrale, Docteur en Sciences, Physique Energétique, Université Abou-Bekr Belkaid Tlemcen, 09-07-2017.

- [11] A. Azizi, Contribution à l'étude et l'optimisation d'une cheminée solaire cas du Sahara Algérien, Thèse de doctorat, Université Hassiba Benbouali de Chlef, Département de Génie Mécanique, Faculté de Technologie, Chlef ,2019.
- [12] OUKIL ABDELHAKIM, TEMTAM FOUAZI, Production d'électricité à partir d'un foyer solaire, Master, Université de Bouira, Bouira, p18-19, 2016.
- [13] LakhLakhdari M'd Sighér et Mokrani Omar Ben Khettab, Étude expérimentale d'une cheminée solaire dans le sud algérien, région de Ouargla (Master, Université Kasdi Merbah, Ouargla, Faculté des Sciences Appliquées, Département d'Ingénierie des Procédés, Ouargla, p21-22.2017.
- [14] Chergui, Modélisation des écoulements dans les cheminées solaires, Mémoire de magister, École Nationale Polytechnique, Département de Génie Mécanique, Algérie, p 9, 2007.
- [15] LABIAD MERIEM, Effet de la poussière sur les performances d'une centrale solaire à cheminée: Étude expérimentale, Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah Ouargla, Faculté des sciences appliquées, Département de génie des procédés, Ouargla, p26,2021.
- [16] D. Cheloufi, Réalisation et expérimentation d'une cheminée solaire (Mémoire de master, Université Kasdi Merbah Ouargla, Ouargla ,2014.
- [17] A.A. El-Haroun, Performance evaluation of solar chimney power plants in Egypt, International Journal of Pure and Applied Sciences and Technology, 13(2), 49–59,2012.

- [1] Amin Mohamed El-Ghonemy, Solar Chimney Power Plant with Collector, IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR –JECE), ISSN :2278–8735. Volume 11, Issue 2, Ver IPP 28–35 (Mar–Apr.),2016.
- [2] Mohamed Nassim KHIAT, Analyse de l' Aspect Technico- Economique des Centrales à Cheminée Solaires, Mémoire de master, Département de Génie Mécanique, Ecole Nationale Polytechnique, Algérie, p 33– 35,2016.
- [3] Ferziger, J.H, Perić, M, Computational Methods for Fluid Dynamics. Springer,2002.
- [4] Launder, B.E. and Spalding, D. B, Numerical the Computation of Turbulent Flows. Comput Methods Appl Mech, Vol .3 pp269–289 ,1974.
- [5] M.G. e. all, An experimental study on the thermal performance of a solar chimney with different dimensional parameters, Renewable Energy,2016.

❖ مراجع عربية:

[1] نور الايمان مدني، منطقة وادي سوف في الثورة التحريرية الجزائرية 1954-1962 ، مذكرة مكملة لنيل شهادة الماستر ، جامعة محمد لخضر بسكرة، الجزائر ، 19-22 ، من 170 ، 2014.

[2] مقالة سهيلة واكني، اثارها الاقتصادية لمصادر الطاقة المتجددة في الجزائر وأفاقها المستقبلية ، جامعة الشلف ، الجزائر، صفحة 31.

[3] شركة الوطنية للكهرباء والغاز ولاية وادي سوف بالجزائر.

[7] محمد ابراهيم العدوى ، التحليل العددي مع التطبيق على الماطلاب ، قسم الإلكترونيات والاتصالات والحاسبات ، كلية هندسة بلوان ، جامعة حلوان، صفحة 2 ، 2018.

[8] سعد الرميظي واخرون ، احتراف الاردوينو في 10 أيام ، عمان ، صفحة 9-28 الطبعة الثانية ، 2015.

❖ مراجع الأجنبية:

[4] E. LOUIS ET ALL, THERMAL PROPERTIES OF OIL RAFFIA PALM FIBRES, GLOBAL JOURNAL OF PURE AND APPLIED SCIENCES, VOL

[5] KRAMA Abdelbasset, Etude et réalisation d'une carte de contrôle par Arduino via le système Androïde, Master, Universite Kasdi Merbah Ouargla,2015.

[6]<http://www.Originlab.com>

الملخص:

المدخنة الشمسية هي نظام يستخدم الطاقة الشمسية لتسخين الهواء وتوليد تيار هوائي يدير توربينات لإنتاج الكهرباء ويعد حلا فعلا ونظيف خاصة في مناطق جنوب الجزائر، في هذا البحث أجريت دراسة تجريبية لزيادة أداء المدخنة الشمسية وقدرتها الإنتاجية وذلك من خلال الحد من فواقد الحرارة في المجمع لنموذج المصغر في ولاية وادي، حيث تم دراسة متغيرين سرعة الهواء وكذلك تحقق من تأثير العازل الحراري على توزيع درجة الحرارة، ولقد أظهرت النتائج فعالية العازل الحراري في الحد من فواقد الحرارة

الكلمات المفتاحية: المدخنة الشمسية، إنتاج الكهرباء، الطاقة الشمسية، الطاقة المتجددة.

Abstract

The solar chimney is a system that utilizes solar energy to heat air and generate an airflow that drives turbines to produce electricity. It is an efficient and clean solution, particularly in the regions of southern Algeria. This research conducted an experimental study to enhance the performance and production capacity of the solar chimney by reducing thermal losses in the collector of the experimental model in the state of. The El oued province study examined two variables : air velocity and the effect of thermal insulation on temperature distribution. The results demonstrated the effectiveness of thermal insulation in minimizing thermal losses.

Keywords : Solar chimney, electricity generation, solar energy, renewable energy.