



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**DOĞRUDAN ABSORPSİYON İÇİN NANO
AKIŞKAN KULLANARAK KONSANTRE
GÜNEŞ KOLEKTÖRÜNÜN PERFORMANS
ANALİZİ**

Salim Madallah Mohammed MOHAMMED

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Aralık-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Salim Madallah Mohammed MOHAMMED tarafından hazırlanan “Doğrudan absorpsiyon için nano akışkan kullanarak konsantre güneş kolektörünün performans analizi” adlı tez çalışması 13.12.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof Dr. Şefik BİLİR

Danışman

Doç. Dr. Kevser DİNCER

Üye

Dr. Öğretim Üyesi Ali ATEŞ

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

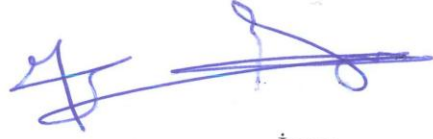
Prof. Dr. Mustafa YILMAZ
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.



İmza

Salim Madallah Mohammed MOHAMMED

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOĞRUDAN ABSORPSİYON İÇİN NANO AKIŞKAN KULLANILARAK KONSANTRE GÜNEŞ KOLEKTÖRÜNÜN PERFORMANS ANALİZİ

Salim Madallah Mohammed MOHAMMED

**Selçuk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr Kevser DİNCER

2019, 46 Sayfa

**Jüri
Doç. Dr. Kevser DİNCER
Prof. Dr. Şefik BİLİR
Dr. Öğretim Üyesi Ali ATEŞ**

Güneş enerjisi, insanların ısı enerjisi alanında ihtiyacını karşılayan, yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Parabolik oluk tipi güneş kolektörü (PTGK) ise en verimli olanlardan biridir. Bu çalışmada, PTGK’nde, 2 tip alıcı ve 2 tip nano akışkan kullanılarak sistemin performansı (ısı verim) deneysel olarak incelenmiştir. Alıcı tipleri helisel bakır borulu ve düz bakır borulu alıcıdır. Nano malzemeler ise Çok Duvarlı Karbon Nanotüp (MWCNT) ve nano bakıroksit (CuO)’tir. Deneysel sonuçlar birlikte analiz edildiğinde, hacimsel debinin artması ısı verimini arttırmıştır. Nano akışkansız helisel borunun ısı verimi saat 13:00’de % 26’ya kadar yükselirken, düz boru kullanıldığında ısı verim saat 12: 30’da % 20’e kadar yükselmiştir (90 L/h hacimsel debi için). MWCNT’lü nano akışkan kullanılan sistemin ısı verimi, CuO’lu nano akışkan kullanılan sistemin ısı veriminden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. 90 L/h hacimsel debide, MWCNT’lü nano akışkanlı helisel borulu PTGK’nün ısı verimi saat 13:00’da % 47 artarken, düz boru kullanıldığında ısı verim saat 12: 30’da % 34 artmıştır. Tüm sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, PTGK’nde MWCNT’lü nano akışkan ve helisel bakır borulu alıcı kullanılması, parabolik oluk tipi güneş kolektörünün ısı verimini arttırmıştır.

Anahtar Kelimeler: CuO nanoparçacık, çok duvarlı karbon nanotüp, parabolik oluk tipi güneş kolektörü, helisel boru, nano akışkan.

ABSTRACT

MS THESIS

PERFORMANCE ANALYSIS OF CONCENTRATED SOLAR COLLECTOR USING NANO FLUID DIRECT ABSORPTION

Salim Madallah Mohammed MOHAMMED

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE
OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE / DOCTOR OF PHILOSOPHY
IN MECHANICAL ENGINEERING**

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Kevser DINCER

2019, 46 Pages

Jury

**Advisor: Assoc. Prof. Dr. Kevser DINCER
Prof. Dr. Şefik BILIR
Asst. Prof Dr. Ali ATES**

Solar energy is a renewable energy source that meets the needs of people in the field of thermal energy. The parabolic trough type solar collector (PTSC) is one of the most efficient. In this study, the performance of the system (thermal efficiency) was investigated experimentally by using 2 types of receiver and 2 types of nanofluid in PTSC. Receiver types are helical copper tube and flat copper tube receiver. Nano materials are Multi-Walled Carbon Nanotube (MWCNT) and nano copper oxide (CuO). When the experimental results were analyzed together, the increase in volumetric flow rate increased the thermal efficiency. While the thermal efficiency of without nanofluid helical pipe increased to 26 % at 13:00 hours, the thermal efficiency increased up to 20 % at 12:30 hours when using straight pipe (for 90 L/h volumetric flow rate). It was determined that the thermal efficiency of the system using nanofluid with MWCNT was higher than that of the system using nanofluid with CuO. While the thermal efficiency of PTSC with nanofluid helical pipe with MWCNT increased by 47% at 13:00 hours, the thermal efficiency increased by 34 % at 12:30 hours using straight pipe. When all the results were evaluated together, the use of nanofluid and helical copper tube receiver with MWCNT increased the thermal efficiency of the PTSC.

Keywords: CuO nanoparticle, helical tube, multi-walled carbon nanotube, nano fluid, parabolic trough type solar collector.

ÖNSÖZ

Özendirici-faydalı yorumlarından dolayı ve yabancı uyruklu olduğum için durumumu anlayışla karşıladıkları için danışman Doç. Dr. Kevser DİNCER'e ve Dr. Öğr. Üyesi Amar Hasan HAMEED'e, şükranlarımı sunarım.

Akademik kariyerim boyunca beni desteklediği için aileme teşekkür ediyorum. Çünkü, akademik çalışmalarım için ahlaki destekleri, ilgileri ve teşvikleri olmasaydı, bu çabanın tamamlanması mümkün olmazdı.

Babam, kız kardeşime, oğlum ve eşime, hayatımdaki her şey için, sabrından, destekleyici ve paha biçilmez yardımından dolayı derin şükranlarımı sunarım.

Türkiye ve Irak'ta, çalışma dönemim boyunca yardım ve destekleri için arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Son olarak, çalışma süresi boyunca yardım ve destekleri için Dr. Saadoun Obaid'e teşekkür ederim. Ayrıca Dr. Abdel Fattah ve erkek kardeşim ve arkadaşım, Mühendis Mohamed Salam'a sınırsız destek ve yardımları için teşekkür ediyorum.

Salim Madallah Mohammed
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iy
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
1. GİRİŞ	1
1.1. Problem Tanımı.....	1
1.2. Araştırmanın Önemi.....	2
1.3. Tezin Amacı.....	3
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	100
3.1.Parabolik Oluk Tipi Güneş Kollektörü.....	10
3.1.1. Reflektör.....	13
3.1.2. Konsantrasyon oranı.....	15
3.2. Deneysel Sistem ve Deneysel Sistemin Parçaları.....	15
3.2.1. Deneysel sistem sehbası.....	16
3.2.2. Güneş reflektörü.....	16
3.2.3. Alıcı boru.....	17
3.2.3.1. Helisel bakır borulu alıcı.....	18
3.2.3.2. Düz bakır borulu alıcı.....	19
3.2.4. Kontrol valfi.....	19
3.2.5. Debimetre (Rotametre).....	20
3.2.6. Pompa.....	20
3.2.7. Isıl çiftler ve veri kaydedici (data logger).....	21
3.2.8. Güneş ışınımı ölçümü.....	21
3.3.Nano Akışkan.....	22
3.3.1. Baz akışkan (saf su).....	23
3.3.2. Nanoparçacıklar.....	23
3.3.3. Nano akışkanların termofiziksel özellikleri.....	23
3.3.4.Nano akışkanın etkin özgül ısı kapasitesi.....	24
3.3.5.Nano akışkanın etkin yoğunluğu.....	24
3.3.6. Nano akışkanın etkin ısıl iletkenliği.....	24
3.3.7. Etkin ısıl genleşme katsayısı.....	25
3.3.8. Hacim oranı.....	25
3.3.9. Isıl verim.....	25
3.3.10. CuO nanoparçacıklarının kullanma sebepleri.....	26
3.3.11. MWCNT'ün kullanma sebepleri.....	26
3.3.12. CuO ve MWCNT'lü nano akışkanın özellikleri.....	27

3.3.13. CuO ve MWCNT'li nano akışkanların hazırlanması.....	27
3.4. Deneylerin Yapılışı.....	30
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	31
4.1. Alıcı Boru Şeklinin Isıl Verim Üzerindeki Etkisi.....	31
4.2. Nano Akışkan Kullanımının Isıl Verim Üzerindeki Etkisi.....	33
4.2.1. Nano akışkan türünün ısı verim üzerindeki etkisi.....	36
4.3. Hacimsel Debisinin Isıl Verim Üzerindeki Etkisi.	38
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	41
5.1. Sonuçlar	41
5.2. Öneriler	41
ÖZGEÇMİŞ	43
KAYNAKLAR	44

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

A_a	: Kollektörün alanı (m^2)
C_p	: Özgül ısı ($J/(kg K)$)
C_R	: Kollektör konsantrasyon oranı (boyutsuz)
D_{ci}	: Alıcı bakır borunun iç çapı (mm)
D_{co}	: Alıcı bakır borunun dış çapı (mm)
D_{gi}	: Alıcı cam borunun iç çapı (mm)
D_{go}	: Cam borunun dış çapı (mm)
D_{sp}	: Nanoparçacık çapı (nm)
G	: Güneş ışınımı (W/m_2)
θ	: Geliş açısı
μ	: Dinamik viskozite (Pa. s)
ρ	: Yoğunluk (kg /m^3)
σ	: Stefan Boltzmann sabiti ($5.6697 \times 10^{-8} W / (m^2 K^4)$)
T_{amb}	: Ortam sıcaklığı (K)
T_c	: Cam kapak sıcaklığı (K)
T_f	: Akışkanın ortalama sıcaklığı (K)
T_i	: Giriş sıcaklığı (K)
T_o	: Çıkış sıcaklığı (K)
T_r	: Alıcının sıcaklığı (K)
Q	: Birim uzunluk için taşınım ısı iletimi (W/m)
\dot{m}	: Kütleli debi (kg/s)
W	: Kollektörün genişliği (m)
α	: Isıl yayılım katsayısı (m^2 /s)
β	: Isıl genleşme katsayısı ($1 / K$)
ϵ	: Alıcı bakır emisyonu (boyutsuz)
ϵ_g	: Cam emisyonu (boyutsuz)
η_{th}	: Isıl verim (boyutsuz)

Kısaltmalar

INDASC	: Dolaylı absorpsiyonlu güneş enerjisi kollektörü
DASC	: Doğrudan absorpsiyonlu güneş kollektörü
PTSC	: Parabolik oluk tipi güneş kollektörü

1. GİRİŞ

Enerji kaynaklarının maliyeti, gün geçtikçe artmasından dolayı, alternatif ve yenilenebilir enerji kaynakları giderek daha da cazip duruma gelmektedir. En verimli ve temiz bir sürdürülebilir kaynak olan güneş enerjisi, tüm Dünya nüfusunun enerji ihtiyacını karşılamaktan daha fazlasını yapabilir. Dünya yüzeyine düşen güneş enerjisi (radyan ışık ve ısı), yenilenemez tüm enerji kaynaklarının miktarından daha fazladır (güneş enerjisi saniyede 4 trilyon Watt'a eşittir). Bol bulunması ve sıfır CO₂ olması nedeniyle, güneş enerjisi kullanımı canlılar için son derece önemlidir. Güneş enerjisi, konut sıcak su üretimi, konut ısıtma, endüstriyel ısı ihtiyacı ve güneş enerji santrallerinde elektrik üretimi gibi çok çeşitli enerji ihtiyaçlarını karşılayabilmektedir. Parabolik oluk tipi kollektör, yüksek sıcaklık ihtiyacı olan uygulamalarda kullanılan bir çeşit konsantre kollektördür; elektrik üretimi ve endüstriyel işlemler, parabolik oluk tipi kollektörün güneş enerjisi kullanımı için kullanıldığı temel uygulamalardır. Tüm konsantre güneş enerjisi teknolojisi arasında, parabolik tipi oluk yoğunlaştırıcı, enerji üretimi için en gelişmiş teknolojidir. Parabolik oluk tipi yoğunlaştırıcı, bir boyutta düz olan ve diğer iki boyutta parabolik bir şekil olarak kavisli olan güneş kolektörüne odaklanan bir çizgidir. Yüksek yansıtıcılığa sahip aynalı film ile kaplanmıştır. Simetri düzlemine paralel olan parabolik oluk tipi kollektöre giren güneş ışınımı, konsantre güneş ışınımı almak için bir boru alıcının yerleştirildiği odak çizgisi boyunca konsantre edilir. Alıcı, konsantre güneş enerjisi sisteminin kalbidir. Bu nedenle birçok araştırmacı, konsantre güneş enerjisi sisteminin ısıl performansının iyileştirilebilmesi için çeşitli güneş alıcılarının tasarımına dikkat çekmektedir. Doğrudan absorpsiyonlu güneş denilen yeni teknik aracılığıyla, nanoteknoloji bu güneş enerjisi hasadı alanına girmiştir. Bu son zamanlarda, metalik borunun spektral seçici kaplaması ile güneş ışınımını emen geleneksel yöntemi kullanmak yerine, yeni nesil güneş kollektörlerinde, kullanılmaktadır. Yeni teknikte, güneş ışınımı nano akışkanı tarafından emilir. Nano akışkan, nanoparçacıkların bir cam borudan akan ve daha sonra emilen ısının soğuk bir akışkan içerisine taşınmasını sağlar. Nano parçacıkların akışkana eklenmesi, güneş kollektörünün verimini ve performansını arttırarak, akışkanın ısıl özelliklerini iyileştirmektedir.

1.1.Problem Tanımı

Fosil yakıt kıtlığı, yükselen yakıt fiyatları ve küresel ısınma şu anda önemli bir endişe konusudur. Dünya enerjisinin çoğu fosil yakıttan üretilmektedir. Ayrıca fosil yakıtlar iklim değişikliği, sera gazı emisyonu, küresel ısınma ve asit yağmuru gibi ciddi sorunlara neden olmaktadır (Hasanuzzaman ve ark., 2012; Reddy ve ark., 2013). Bu nedenle, enerji üretimini alternatif enerji kaynaklarına dönüştürmeye yönelik acil bir ihtiyaç gerekmektedir. Sıfır karbonlu bir enerji teknolojisi olan, güneş enerjisi üretim sistemi, sera gazı emisyonları dahil olmak üzere çevre sorunlarını önleyerek enerji güvenliğini sağlamak için mükemmel bir seçenektir (Ahmad ve ark., 2016). Sera gazı emisyonlarını azaltmak, sera gazı emisyonu hedeflerine ulaşmak Dünya'nın şu anki belirlemiş olduğu en önemli hedeflerindedir. Dünya'ki her ulusun bu paradigma değişimine dahil olması gerekmektedir. Güneş enerjisi hasadı, maliyeti ve yakılması nedeniyle meydana gelen çevre sorunlarından dolayı fosil yakıt tüketimini azaltmak açısından daha fazla gelişime ihtiyaç duymaktadır. Doğrudan Absorpsiyonlu Güneş Kollektörü (DASC), yeni nesil güneş kolektörleri için son zamanlarda kullanılan bir tekniktir. Güneş ışınımını absorbe etmek ve ısıyı borunun içindeki bir akışkana aktarmak için özel spektral boya ile boyanmış metal boru kullanmak yerine, bir cam boru içinde akan nano akışkan, doğrudan güneş ışığını absorbe eder ve ısı eşanjörü olarak kullanım için absorbe edilen enerjiyi taşır. Birçok araştırmacı, DASC'ların performansını sayısal ve deneysel olarak incelemiş ve geleneksel güneş kolektörleriyle karşılaştırmıştır. Suyun, dört akışkan arasındaki güneş ışınımı için en iyi soğurucu olduğu keşfedilmiştir. Bunlar, etilen, glikol, propilen glikol ve Otanicar tarafından test edilen terminol VP-1'dir (Otanicar ve ark., 2009). Bununla birlikte, yukarıda belirtilenler hala enerjinin yalnızca % 13'ünü absorbe eden zayıf bir emicidirler. Nanoparçacıklar genellikle opak ve siyah olabilecekleri için, nanoparçacıkların varlığı, güneş ışınımı absorpsiyonu için üstün yetenek sağlamaktadır.

1.1. Araştırmanın Önemi

Nanoakışkan DASC'lü bir sistemde devirdaim yapmaktadır. Nanoakışkan, bir cam borunun içerisinde akarken güneş ışınlarını absorbe eder. Nanoakışkan, ışınımdan ısıyı emer, daha sonra emilen ısıyı bir ısı eşanjörü vasıtasıyla soğuk bir suya aktarır. Geleneksel sistemde bulunan nano akışkan devirdaim yaparken, ısıyı güneş

kolektöründen ısı eşanjörüne iletir. Isı, ısı eşanjöründe, musluk suyu veya yüzme havuzu suyunun ısıtılması veya gerekli olan diğer herhangi bir uygulama için kullanılır. Nano akışkanın, geleneksel güneş kolektörlerinde kullanılması, nano akışkanın hazırlanması için çok miktarda nano parçacık gerektirmektedir. Çünkü nano akışkan, absorbe edilen ısıyı iletmek için bir ısı eşanjörünün içine akar ki dolayısıyla bu maliyetleri yükseltecektir.

Bu çalışma, yeni bir yaklaşım önermektedir; yeni sistem, herhangi bir ısı eşanjörü kullanmaksızın, devirdaim yapmayan nano akışkan ile kolektör borusu içinde devirdaim yapan su arasında doğrudan ısı alışverişi ilkesini kullanmaktadır. Toplam ısı direncindeki düşüşün bir sonucu olarak, sistemin genel verimliliği artacaktır. Ek olarak, iki yerine sadece bir devirdaim pompası kullanılmıştır. Nano akışkan ise devirdaim yapmamaktadır. Gerekli olan nano akışkan miktarı, devirdaim olmadığı için daha olur, bu da maliyeti düşürür.

1.2. Tezin Amacı

Bu araştırmanın asıl amacı, doğrudan ısı eşanjörü kullanarak, ısı direncinin azalması ile güneş enerjisi hasadının artırılmasıdır. Nano akışkanın % 0,05 hacim oranı ve nano akışkan olarak iki tür nanoparçacık olan CuO ve MWCNT'lü nano akışkan türünün sistem üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla kullanılmasıdır. Aynı zamanda, helisel ve düz bakır boru alıcı türünün, DASC'lü bir sistemde üzerindeki etkisini araştırmaktır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bir parabolik oluk tipi güneş kolektörü, güneş ışınımını parabolün odak çizgisinde konumlandırılmış bir alıcı boru yönünde yansıtma ve yoğunlaştırmak için tipik olarak ön şart sunumlarında, geçici olarak bir ayna veya eloksallı alüminyum levha olan parabol şeklindeki bir yansıtıcıyı işlemektedir. Alıcı boru, bakırdan veya yumuşak çelikten yapılabilir ve aynı zaman da daha yüksek verim elde etmek için ısıya dayanıklı siyah boya da sürülebilir. Alıcı, giren ışınımı içine çeker ve bunları, alıcı boru içinde akan akışkan bir ortam ile taşınan ve toplanan ısı enerjisiye dönüştürür. Isı nakil akışkanı, emme borusu boyunca akar, ısıtılır ve böylece ısıyı iletir. Bu tip kolektörler 400 ° C'ye kadar olan sıcaklıklara ulaşabilirler.

Öztürk ve ark., (2007) parabolik oluk tipi güneş kolektörü geometrisinin, güneş ışınımı olayının reflektör yüzeyi üzerindeki etkisini araştırdılar. Bunlar aynı zamanda alıcı boru içerisindeki toplam enerjiyi de hesapladılar. Üstelik bu model Isparta'da aylarca meteorolojik özellik için enerji ve ekserji modelleri bakımından analiz edilmiştir. Sonuçlar, birinci kanun ve ikinci kanun verimliliğine göre en yüksek verimlilik değerinin, en yüksek güneş ışınımı yoğunluğunun gözlemlendiği Temmuz ayında olduğunu göstermiştir. Birinci ve ikinci kanun verimlilikleri sırasıyla % 76 ve % 27'dir.

Li ve Wang, (2006) parabolik oluk tipi güneş kolektöründe su ve azot gibi iki tür akışkanın ısınma veriminin ve sıcaklığının hesaplanması için iki tip vakum borusu kullanmışlardır. Sonuçlar, kullanılan her iki vakum borusunun % 70 ila 80'lik ısıtma verimliliği sağladığını, ancak su kütle akış hızı 0,0046 kg/s'den az olduğunda, suyun kaynamaya başladığını gözlemlemişlerdir. Azota gelince, ısıtma verimliliği % 40 ve sıcaklık 320-460 °C arasındaydı. Simülasyon için bir model oluşturulmuştur. Deneysel sonuçların model ile karşılaştırıldığında, deneysel sonuçların ve % 5.2 doğrulukla uyumlu olduğu tespi etmişlerdir (Li ve Wang, 2006; Otanicar ve ark., 2009; Padilla ve ark., 2011; Lobón ve ark., 2014).

Padilla ve ark., (2011), sonlu elemanlar yöntemini kullanarak bir parabolik oluk tipi güneş kolektöründeki ısı iletiminin ayrıntılı hesaplarını ortaya koydular. Modeli analiz etmek için tek boyutlu sayısal metod kullanmışlardır. Daha sonrası, hesaplamalarda konvektif ve ışınımlı ısı iletimi korelasyonlarının yanı sıra her kesimde enerji ve kütle dengesi uygulanarak, alıcı boru ve vakum borusu birkaç kesime bölündü. Sonuçlar, Sanadia Ulusal Laboratuvarının ve diğer modellerin sonuçlarıyla karşılaştırıldı,

simülasyon sonuçları, sunulan modelin verimlilik ve ısı kayıplar açısından deneysel sonuçlarla karşılaştırıldığında daha iyi olduğunu göstermiştir.

Lobón ve ark., (2014), bir parabolik oluk tipi güneş kollektörde çok fazlı bir akışkan davranışı elde etmek için HAD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) metodolojisini ortaya koydular. Simülasyonun sonuçları, güneş ışınımında, giriş kütle debisinde ve çıkış buhar sıcaklığında değişiklik içeren geçici değerlerin farklı denominasyonu için deneysel zaman verileriyle güvenilir bir yakın uyuma olduğunu göstermiştir.

Isı transfer proseslerinden bir ısı alıcı boru da yapılan tüm ısı analizler; iletim, taşınım ve ışınım ile yapılır. Kalogirou, (2012) metal boru ve cam örtü duvarı vasıtasıyla alıcı bir borudaki iletimini incelemiştir. Isının aracı akışkana taşınımı ve vakum borusu ile alıcı borusu arasındaki halkaya taşınımı ve ortam havası ile bir vakum borusunun dış çapı ve de metal alıcı borunun ve cam örtü yüzeyinin gökyüzüne doğru dış çapından gelen ışınımı hesaplamışlardır. Isı verimlilik ve kayıpların sonuçlarını, Sandia National Laboratories'in deneysel verileriyle karşılaştırılarak doğrulanmıştır.

Al-Ansary ve Zeitoun (2011) gerek hava ile doldurulan gerekse tahliye edilen bir cam örtü ile kollektör boru açısından maliyet ve performans arasındaki açığı kapatmak amacıyla umut verici bir teknik sunmuşlardır. Borunun öne bakan yarı yüzünü bir yalıtım maddesi ile doldurmuşlardır. Reflektöre bakan yarı yüzü hava doldurulur veya hava tahliye edilir. Yalıtım malzemesine yüksek yoğunluklu güneş ışınımının düşmesini önlemek için yapılır. Isı yalıtım malzemesi kullanım sebebi, taşınım ve ışınım ile ısı kayıpları azaltacağı içindir. Simülasyonların sonuçları, ısı yalıtımı olarak fiberglas kullanıldığında, iletim ve taşınımından kaynaklanan kayıpların, havayla dolu bir boruya kıyasla % 25 oranında azaldığını göstermiştir. Yalıtım malzemelerinin ısı iletkenliği, yükselen sıcaklıklarla birlikte arttığı için yüksek sıcaklıkta çalışan uygulamalarda ısı yalıtımı kullanmanın yararını azaltacaktır. Al-Ansary ve Zeitoun, hava ile doldurulan veya tahliye edilen alıcılarla düşük sıcaklıktaki uygulamalar için alışmalarının uygun bir alternatif olabilecek bir model olduğunu belirtmişlerdir.

He ve ark., (2011) çeşitli geometrilerin, konsantrasyon oranlarının ve çeşitli kenar açılarının ısı akısı dağılımına etkilerini incelemiştir. Çözücünün eşleşmiş metodu kullanarak, parabolik oluk tipi güneş kollektörlerinin konsantre edici özelliği üzerinde bir Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) simülasyonu yapmışlardır. Sonuçlar, ısı akısı dağılımları üzerinde iki değişken etki olduğunu göstermiştir. Kenar açısı arttığında, maksimum ısı akışı değeri daha düşük hale gelir ve eğri $\phi = 90^\circ$ yönüne

doğru hareket eder. Ancak sıcaklık yalnızca GC artışıyla yükselir. Kenar açısının ısı aktarma işlemi üzerindeki etkisi, kenar açısı 15°'den küçük olduğunda ihmal edilebilir. Şayet kenar açısı 15°'den küçükse, cam kapak tarafından çok fazla ışın yansıtılır ve sıcaklık artışı çok daha düşük olur.

Cheng ve ark., (2012) Sonlu Hacim Metodu (FVM) ve Monte Carlo Işın İzleme Metodunu (MCRT) birleştirerek bütün parabolik oluk tipi güneş kollektör (PTGK) sistemi ve tekbiçimli (üniform) sayısal simülasyonların detaylı üç boyutlu hesaplama modelini tanıtmaktadırlar. Sonuçlar, MCRT kodunun iyi bir uyum içinde olduğunu gösteren ve kullanılan model ve yöntemin uygulanabilir ve güvenilir olduğunu kanıtlayan deneysel verilerle karşılaştırılmıştır.

Reddy ve Satyanarayana, (2008), gözenekli bir toplayıcı kullanarak parabolik bir Oluk Tipi Güneş Kollektörünün performansını sayısal olarak incelediler. Kollektörün ısı kazanımı özellikleri çeşitli kollektör geometrileri ve gözeneklilik açısından incelenmiştir. Alıcı boruda kaynaklanan ısı kayıplarını doğal taşınım olarak modellemişlerdir.

Nano akışkanlar, nanoparçacıkların bir baz akışkan içinde dağılmasıyla hazırlanmaktadır. Nano akışkanlarda kullanılan nanoparçacıklar, genellikle metallere, karbürlerden, oksitlerden veya karbon nanotüplerden yapılmaktadır. Genel baz akışkanları su, etilen glikol ve yağı içermektedir. Nano akışkanlar, ısı iletimindeki birçok uygulamada onları faydalı kılan yeni özelliklere sahiptirler. Çünkü, nano akışkan oluşturulduğunda, yoğunluk, özgül ısı kapasitesi, ısıl iletkenlik, taşınım ile ısı iletimi, ısıl yayılma ve viskozite gibi tamamen farklı bir termodinamik özelliklere sahip yeni bir akışkan tipi oluşturulur. Araştırmacılar nano akışkanların farklı özellikleri üzerinde çalışmaktadırlar. Sharifpur ve ark., (2017) Al₂O₃-gliserol nano akışkanının ısıl iletkenliğini incelediler. Sonuçlar, nanoparçacık boyutundaki düşüşle birlikte ısıl iletkenlikte nispeten önemli bir artış gösterdi. Barbés ve ark., (2014) CuO – su ve CuO-etilen glikol nano akışkanların ısıl iletkenliklerini araştırmışlardır. Belirli bir hacim oranı ve sıcaklıkta, nano akışkanın ısıl iletkenliğinin daha yüksek olduğu çalışmalarında vurgulamışlardır. Paul ve ark., (2010) Au-su nanoakışkanın, ısıl iletkenliğini nanoparçacık büyüklüğünün bir fonksiyonu olarak ölçtüler. Isı iletkenliğinin, nanoparçacık büyüklüğünün azalması ile arttığını gözlemlediler. Sonuçlar CuO-motor yağı nano-akışkanının en düşük ısıl iletkenliğe sahip olduğunu göstermiştir.

Araştırmacılar, nano akışkanlarda daha küçük yüzey nanoparçacıklarından ortaya çıkan hacim oranına göre daha büyük bir yüzey alanının artan ısı iletkenliğe yol açtığını gözlemişlerdir (Esfe ve ark., 2015).

Jafar ve ark. (2019) çeşitli büküm oranlarına sahip, kademeli ve kademesiz konik şeritlerin Nusselt sayısını ve sürtünme faktörünü etkisini incelemişlerdir. Büküm oranı 2 olduğunda, sürtünme faktörü ve Nusselt sayısının daha yüksek değere ulaştığını vurgulamışlardır.

Bellos ve Tzivanidis (2019), güneş enerjisi alıcılarındaki son eğilimleri gözden geçirmek ve yoğunlaştırıcı teknolojilere uygulanan performans yöntemleri üzerine bir literatür araştırması yapmışlardır. Güneş enerjisi toplayıcıları, orta ve yüksek sıcaklık seviyeleri gerektiren çeşitli uygulamalar için umut verici teknolojiler olduğunu, nano akışkanların çalışma akışkanları olarak kullanılmasına son yıllarda yoğun bir şekilde odaklanıldığını ve güneş enerjisi toplayıcılarının geliştirilmesine odaklanacağını açıkça gördüğünü çalışmalarında belirtmişlerdir.

Bellos ve ark., (2018) çalışmalarında, parabolik oluk tipi güneş kolektörlerde nanoakışkanların kullanımı, performanslarını artırmak için umut verici bir teknik olduğunu belirtmişler ve CuO nanopartiküllerinin Syltherm 800 (termal yağ) ve nitratl erimiş tuzu (% 60 (NaNO₃), % 40 KNO₃ içindeki dağılımını araştırmaktadır. Bazik akışkanlar olarak iki n

ormal çalışma akışkanı (termal yağ ve erimiş tuz) için nano akışkan kullanımının ısı ı verim üzerindeki etkisini incelemektir. LS-2 parabolik oluk kollektörünün modülünü, SolidWorks Flow Simulation'da geliştirilen hesaplamalı akışkanlar dinamiği programı ile incelenmiştir. Model doğruluğu, ısı ı verim ve akış kriterleri ile literatür sonuçları kullanılarak kontrol edilmiştir. Simülasyonlar, yağ kutuları için 650 K ve erimiş tuz için için 850 K'ye kadar olan sıcaklıklarda gerçekleştirmiştir. Yağ bazlı nano akışkanların kullanımı % 21.76'ya varan ısı ı verimin arttırmasına, tuz bazlı nano akışkan kullanımında ise ısı ı verimn % 0.26'ya kadar arttırmaya neden olduğunu, Nusselt sayı artışı, Syltherm 800-CuO için % 40'a ve erimiş tuz-CuO için ise % 13'e kadar arttığını, çalışmalarında belirtmişlerdir.

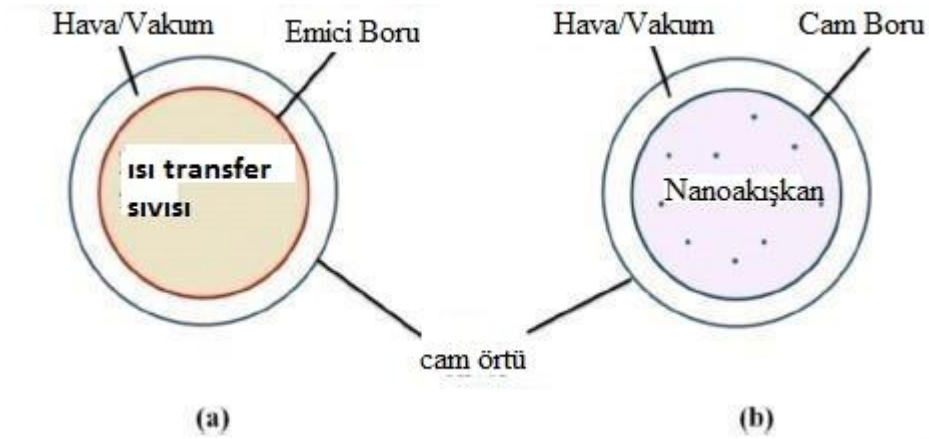
Bellos ve ark., (2018) PTGK'nde, % 6 CuO yağ bazlı nano akışkan ve dikdörtgen tipli pimlerin kullanımıyla incelenmiştir. Analizler, çeşitli sıvı sıcaklık seviyeleri için Solid Works hesaplamalı akışkanlar dinamiği ile modelleme yapılmıştır. Sonuç olarak, nano akışkan kullanımı % 0.76 ısı ı verim artışına, pim kullanımı % 1.10

ısı verim artışına ve bu tekniklerin birleşimi ile ısı verim artışının % 1.54'e yükseldiğini açıklamışlardır.

Abid ve ark., (2016) buhar santrali ile birleştirilen iki tip güneş kolektörünün enerji ve ekserji analizleri için nano akışkanlar ve erimiş tuzları kullanılarak incelemişlerdir. Parabolik çanak tipi (PD) ve parabolik oluk tipi (PT) güneş kolektörlerinde dört farklı çalışma akışkanı kullanmışlardır. Bunlar, alüminyum oksit (Al_2O_3) ve ferrik oksit (Fe_2O_3) bazlı nano akışkanlar ve LiCl-RbCl ve $NaNO_3$ - KNO_3 erimiş tuzlardır. Güneş ışınımının ve ortam sıcaklığının, güneş kolektörünün çıkış sıcaklığı, üretilen ısı hızı, üretilen net enerji, enerji verimliliği ve güneş enerjisi termik santralinin ekserji verimliliği gibi parametreler üzerindeki etkilerini gözlemlemek için parametrik bir çalışma yapmışlardır. Elde edilen sonuçlar, PD güneş kolektörünün çıkış sıcaklığının aynı çalışma koşulları altında PT güneş kolektörüne kıyasla daha yüksek olduğunu göstermiştir. PD ve PT güneş kolektörlerinin çıkış sıcaklığının, güneş ışınımının 400'den 1000 W/m^2 'ye kadar bir artışla sırasıyla 4809'dan 689.7 K ve 468.9'dan 624.7 K'ya yükseldiği görülmüştür. Her iki işletme parametresi için nano akışkanların erimiş tuzlara kıyasla daha yüksek enerjik ve ekzetik etkinliklere sahip olduğu gözlenmiştir.

Menbari ve ark., (2017) doğrudan absorpsiyonlu parabolik oluk tipi güneş kolektörlerindeki ikili nano akışkanların ısı iletkenliklerini deneysel olarak incelediler. Sonuçlar, güneş ışınımının absorbe edildiğini ve alıcı borunun uzunluğu boyunca önemli miktarda hissedilir ısıya dönüştürüldüğünü, ayrıca sistemin ısı veriminin, nano akışkanın ve akış hızının ağırlık konsantrasyonunun arttırılmasıyla yükseltilebileceğini göstermiştir.

Khullar ve ark., (2012a), nano akışkan bazlı yoğunlaştırıcı parabolik güneş kolektörünün (NCPSC) kullanılması sayesinde yeni güneş ışınımı enerjisi toplama/hasat etme fikrini ortaya koydular. NCPSC'yi matematiksel olarak modellenmiştir ve enerji denklemini çözmek için sonlu farklar yöntemi kullanmıştır. Sonuçlar, benzer durum altında ki geleneksel yoğunlaştırıcı parabolik güneş kolektörü ile karşılaştırıldığında, NCPSC modelinin, geleneksel kolektörden daha yüksek verimliliğe sahip olduğunu göstermiştir. Şekil 2.1'de, geleneksel parabolik güneş kolektörü ve NCPSC arasındaki farkı göstermektedir.



Şekil 2.1. Geleneksel kolektörler ile NCPSC arasındaki fark (Khullar ve ark., 2012a)

Khullar ve Tyagi (2012b), gaz emisyonunu 2200 kg/hane/yıl miktarına etkisi, fosil yakıt tüketimini azaltma ve kirlilik yüzdesini azaltma olasılığını gösterdiği, ısıtma uygulamalarında ki doğrudan absorpsiyon yönteminin fosil yakıtların kullanımına alternatif olarak kullanılması olasılığını incelemiştir.

Sokhansefat ve ark., (2014), Al_2O_3 -sentetik yağın tam gelişmiş türbülanslı karma taşınımli ısı iletimi koşulları altında parabolik oluk tipi güneş kolektöründeki ısı alıcı borusunun üç boyutlu bir sayısal çalışmasını, güneş kolektöründe gerçekleştirmişlerdir. Nano akışkan konsantrasyonunun, alıcı boru içindeki ısı iletim hızı üzerindeki etkisini incelemiştir. Sonuçlar, nanoparçacıkların konsantrasyonunu arttırmak, akışkanın ısı iletim katsayısını arttırdığını göstermiştir.

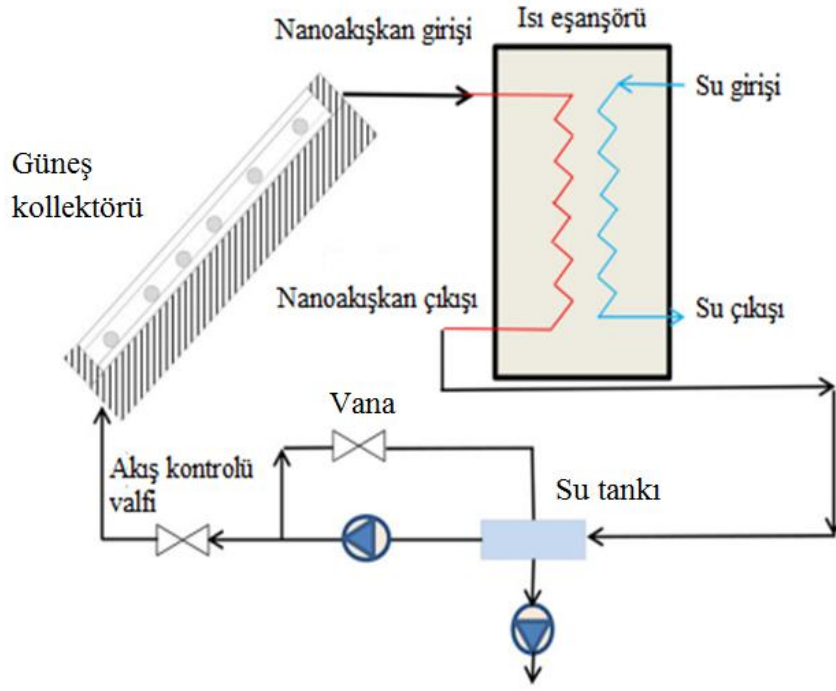
Bellos ve ark., (2016), aracı akışkan ile emici arasındaki taşınımli ısı iletim katsayısını artırarak, parabolik kolektörün ısıl verimlilik artışını incelemek için parabolik oluk tipi kolektörler tasarlayıp, simüle ettiler. Sonuçlar, ısı iletim katsayısını ve kolektörün ısıl verimliliğini arttırdığını gösterdi.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

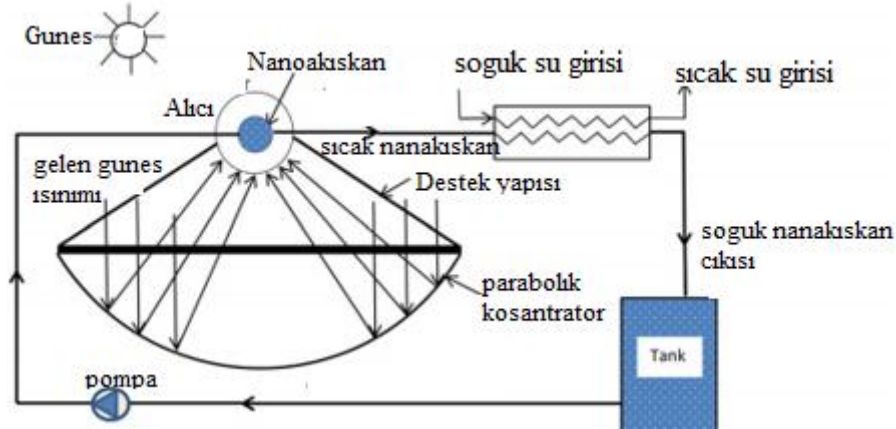
Bu çalışma, Türkiye'nin, Konya ilinin iklim koşullarında, nano akışkan ve nano akışkansız helisel ve düz tüp şeklindeki boru kullanılmasının, parabolik tip güneş kolektörü (PTGK)'nün performansı üzerinde etkilerinin araştırılması üzerine yapılmıştır. Deneyle 30, 60, 90 L/h hacimsel debilerde, günün 9:30-17:00 arası dönemlerinde yapılmış ve cihaz kapalı bir sistem kullanılmıştır.

3.1. Parabolik Oluk Tipi Güneş Kolektörü

Sıcak su temini, mahal ısıtması ve soğutması için güneş kolektörlerinin uygulanması, bina enerji tüketimini azaltmada önemli bir rol oynar. Geleneksel güneş kolektörleri için, güneş ışınım kolektörü ve boru/plaka duvarındaki spektral seçici kaplama tarafından emilir. Kötü kaplama dayanıklılığı, daha yüksek bir sıcaklıkta çalıştırılan bir güneş kolektörü için imalat maliyetinin ve güvenilirliğinin artmasına neden olabilir. Bu nedenle, nano akışkan bazlı doğrudan absorpsiyonlu güneş kolektörü önerilmektedir. Doğrudan absorpsiyonlu güneş kolektörünün geliştirilmesinden bu yana birçok araştırmacı bu kolektörlerin performansını sayısal ve deneysel olarak incelemiş ve geleneksel güneş kolektörleriyle karşılaştırmıştır. Geleneksel doğrudan absorpsiyonlu parabolik güneş kolektörünün esas parçaları alıcı, yansıtıcı ve ısı eşanjörüdür. Önemli parça, Pyrex (borosilikat) veya kuvars gibi camdan yapılmış alıcıdır. Şekil 3.1, dolaylı ısı eşanjörlü geleneksel doğrudan absorpsiyonlu güneş kolektörü sistemini göstermektedir. Nano akışkan cam boruya aktığında, güneş ışınımı cam duvardan geçer ve ışınım nanoparçacıklar tarafından absorbe edilir (Şekil 3.1a ve 3.1b).



Şekil 3.1a. Dolaylı ısı eşanjörlü geleneksel doğrudan absorpsiyonlu güneş kolektörü sisteminin şematik resmi (Hameed ve Nawaf, 2018)



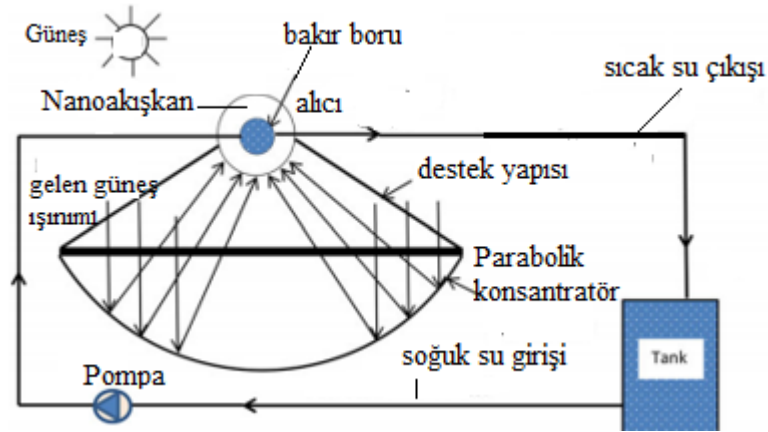
Şekil 3.1b. Dolaylı ısı eşanjörlü geleneksel doğrudan absorpsiyonlu güneş kolektörü sisteminin şematik resmi (Hameed ve Nawaf, 2018)

Nano akışkan, absorbe edilen ısıyı bir ısı eşanjörü vasıtasıyla soğuk bir suya iletir. Geleneksel doğrudan absorpsiyonlu güneş kolektöründe oluşan kayıplar, sıcak yüzeylerin yayılmasına ek olarak cam yüzeyden yansımaları ve taşınım nedeniyle olan kayıplardan ileri gelmektedir. Ayrıca, sistemin çıkış ısısı, ısı eşanjörünün ısı verimine bağlıdır. Isı eşanjörünün varlığı, içindeki ek ısı direnci nedeniyle sistemin genel verimliliğini azaltır. Bu ısı direnci azaltmak için, güneş kolektörünün tasarımını değiştirmeyi öneriyoruz. Yeni tasarım, iki hareketi tek bir yerde birleştirerek sistemin

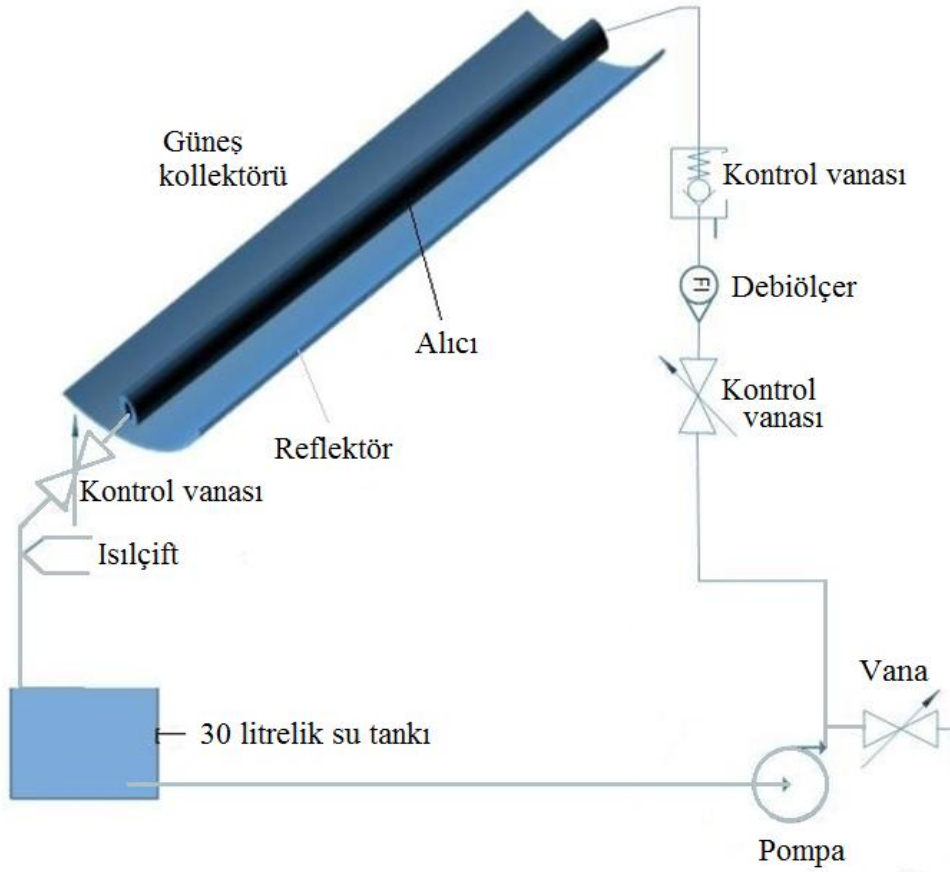
toplam ısıl direncini azaltacaktır. Toplam ısıl direnci azaltmak için güneş kollektöründe ısı emilimi ve ısı değişimi gerçekleşir (bkz. Şekil 3.2 ve 3.3). Toplam ısıl direncin azalması sonucunda, sistemin genel verimliliği artacaktır. Ek olarak, iki yerine bir devirdaim pompası kullanılır. Doğrudan ısı değişimi için sistemin ana hatları, Şekil 3.3'te gösterilmiştir. Mevcut kollektör, güneş ışınımını toplamak ve yakalamak için sabit bir nanoakışkan cam örtü kullanır. Bu enerji, ısı olarak, bir bakır borudan devirdaim edilen suya aktarılır. Şekil 3.2 ve 3.3 parabolik bir güneş kollektörünün şematik diyagramını ve ışın radyasyonunun reflektör tarafından alıcı boru üzerine nasıl yansıdığını göstermektedir. Sonraki bölümde, parabolik güneş kollektörünün modelleme denklemlerinin yanı sıra nanoparçacıkların eklenmesinden sonra akışkanın yeni ısıl özelliklerini hesaplamak için kullanılan modelleme denklemleri ve korelasyonları açıklanmaktadır. Bu bölümde, alıcı boruya odaklanacağız, çünkü bu boru güneş kollektörünün ana parçası olarak kabul edilir ve tüm ısıl işlemler onun içinde gerçekleştirilir.

Bu çalışmada kullanılan varsayımlar ve sabitler aşağıda belirtilmiştir.

- 1- Borunun içindeki yoğunluk (su) sabittir.
- 2- Her fazda ısıl ve kimyasal denge.
- 3- Akışkan bir fazdadır.
- 4- Model, kararlı hal şartlarında çalışır.



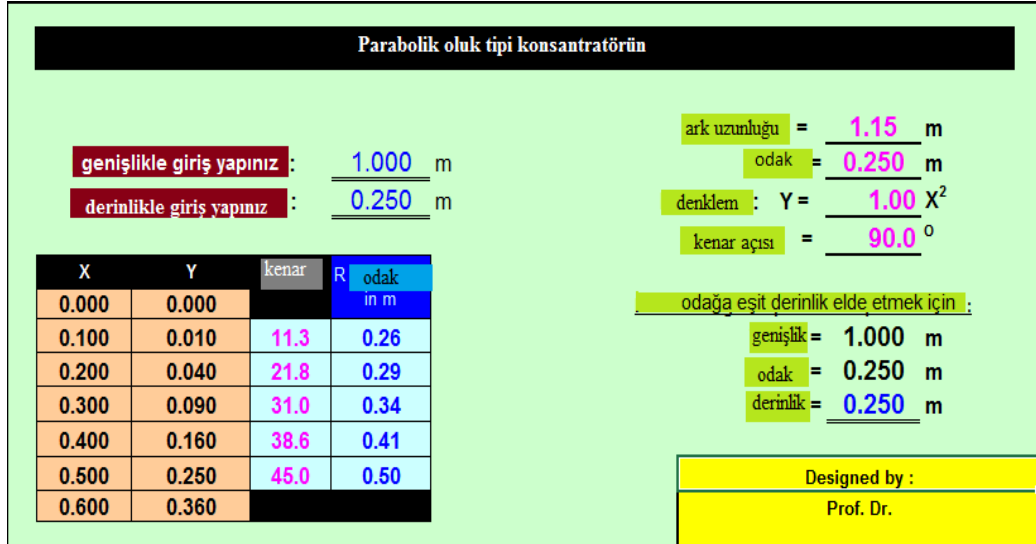
Şekil 3.2. Doğrudan ısı eşanjörlü yeni tip doğrudan absorpsiyonlu güneş kollektörünün şematik görünüşü (Hameed ve Nawaf, 2018)



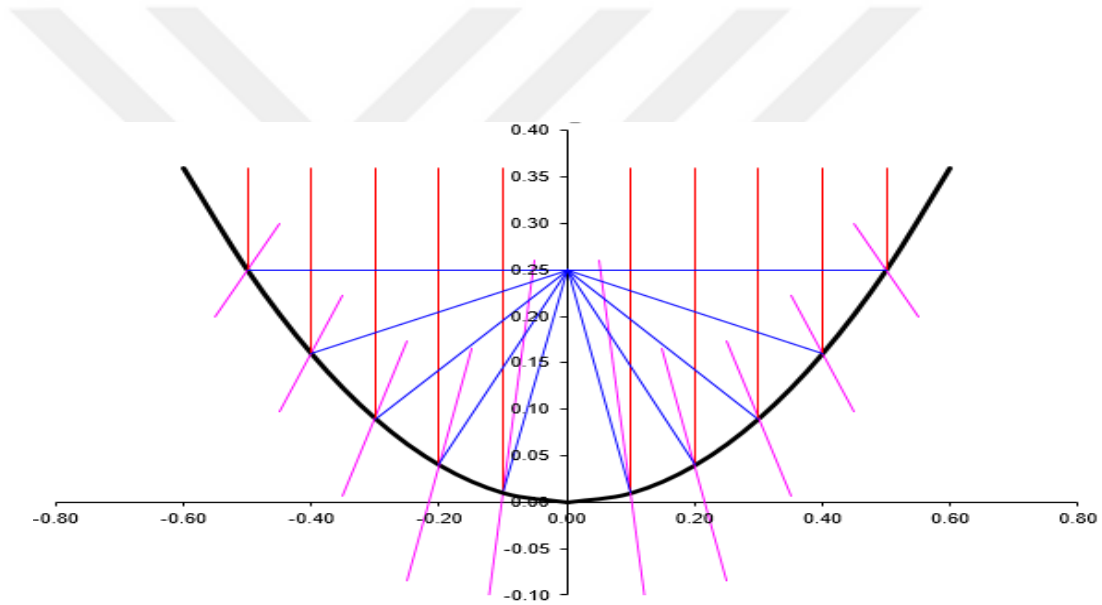
Şekil 3.3. Doğrudan ısı eşanjörlü doğrudan absorpsiyonlu güneş kolektörü sisteminin şematik diyagramı (Hameed ve Nawaf, 2018)

3.1.1. Reflektör

Bir parabolik oluk tipi güneş kolektörü, güneş ışınımını parabolün odak çizgisinde konumlandırılmış bir alıcı boru yönünde yansıtmak ve yoğunlaştırmak için tipik olarak ön şart sunumlarında geçici olarak bir ayna veya eloksallı alüminyum levha olan bir parabol şeklinde bir yansıtıcıyı işlemektedir. Parabolik oluk kolektör eğrisinin şeklini ve boyutlarını yüksek hassasiyetle belirlemek için Microsoft Excel programı, Şekil 3.4'de gösterildiği gibi hesaplamalarda kullanılmıştır. Parabolik denklem, Şekil 3.4'de gösterildiği gibi Excel programı ile programlanmıştır. Bu program, parabolün ark bölümünün odak uzaklığını ve açısını belirlediği tasarım değişkenleri referans alınarak, bölümün koordinatlarının ve istenen şeklin hesaplandığı programın bir örneğidir. Şekil 3.5, parabolik güneş kolektörünün son şeklini boyutlarla göstermektedir.



Şekil 3.4. PTGK tasarımı için Excel programını



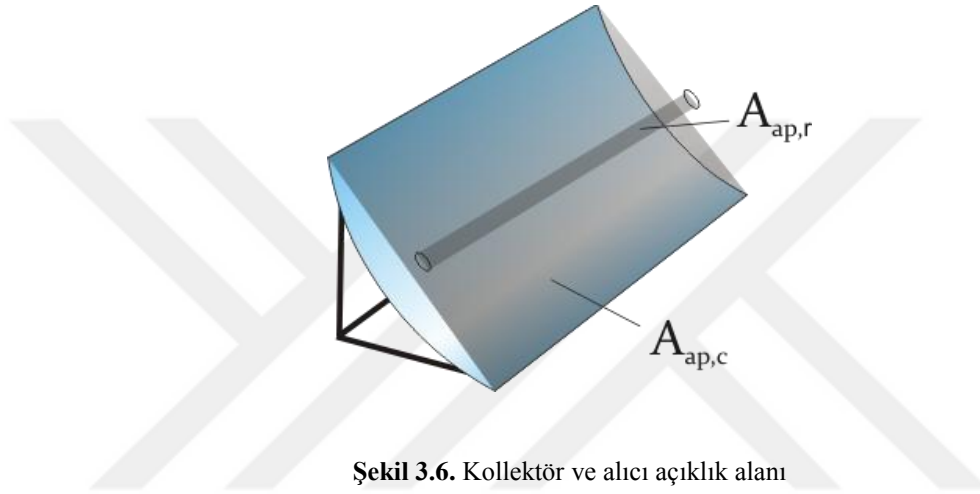
Şekil 3.5. PTGK'nün reflektör alanı ve açıklık alanı için geometrik yapısının ölçüm detayları

Doğrusal ölçümlerin yanı sıra, yüzey alanı ölçümleri de önemlidir. İlk olarak, önemli bir yapısal ölçüm olan açıklık alanı bulunmuştur. Açıklık alanı A_{ap} , açıklık genişliğinin (a) ve kollektör uzunluğu (l) ile çarpımından ($A_{ap}=a \cdot l$) hesaplanır. Oluk için malzeme ihtiyacını belirlemek açısından bir parabolik oluk yüzey alanı önemlidir. Alan aşağıdaki gibi hesaplanır (Denklem 3.1).

$$A = \left(\frac{a}{2} \sqrt{1 + \frac{a^2}{16f^2}} + 2f \cdot \ln \left(\frac{a}{4f} + \sqrt{1 + \frac{a^2}{16f^2}} \right) \right) \cdot l \quad (3.1)$$

3.1.2. Konsantrasyon oranı

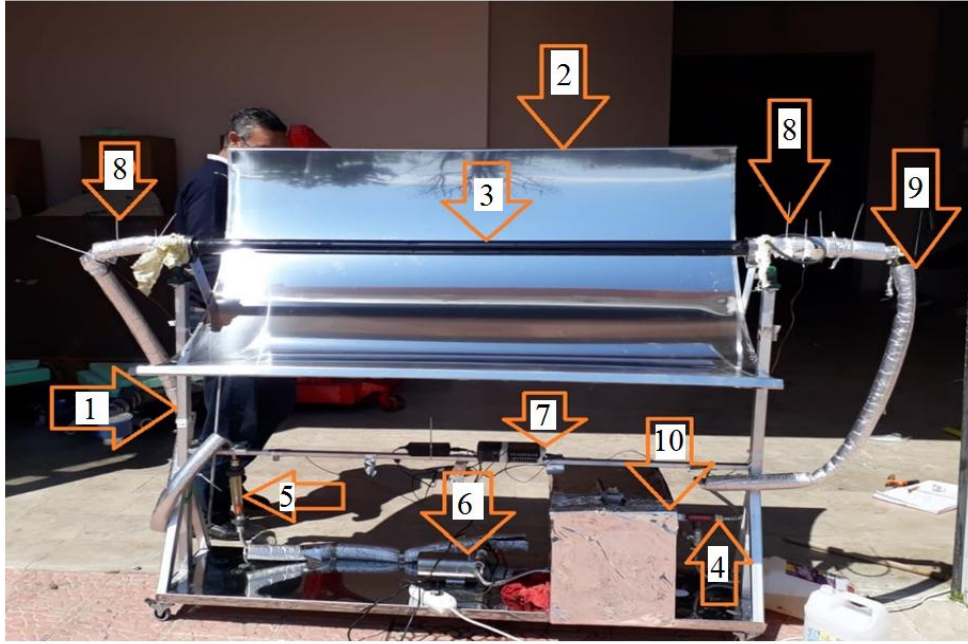
Konsantrasyon oranı, kollektörün merkez parametrelerinden biridir. PTGK'nün çalıştırma sıcaklıkları için belirleyicidir. Konsantrasyon oranı (C), kollektör açıklık alanının, alıcı açıklık alanına oranı olarak tanımlanmaktadır. $C = \text{etkili diyafram alanı} / \text{emme alanı} = [(w-d) \cdot l] / (\pi \cdot d \cdot l) = (W-d) / (\pi \cdot d)$ 'dir. Burada, W = açıklığın m^2 cinsinden genişliği, d = alıcı borunun m cinsinden dış çapıdır. Parabolik oluklar, Şekil 3.6'da gösterildiği gibi bütün alıcı boru yüzey alanının $= \pi \cdot d \cdot l$, alıcı açıklık alanı olduğu anlamına gelmektedir.



Şekil 3.6. Kollektör ve alıcı açıklık alanı

3.2. Deneysel Sistem ve Deneysel Sistemin Parçaları

Öncelikle parabolik oluk tipi güneş kollektörünün modeli tasarlanmıştır. Tasarlanmış olan model Şekil 3.7'de gösterildiği gibi üretilmiştir. Üretilen model, deneysel sistem sehbası, reflektör, kollektör ve boruları, kontrol valfleri, tank, debi ölçer, pompa, ısı çiftleri ve sıcaklıkların kaydedildiği ısı kontrol sisteminden oluşmaktadır.



1- Deneysel sistem sehbası, 2-güneş reflektörü, 3-alıcı,
4- kontrol valfi, 5-debimetre, 6- pompa 7-veri kaydedici, 8- ısıçiftler, 9- bağlantı elemanları, 10-su tankı
Şekil 3.7. Deneysel sistem ve parçaları

3.2.1. Deneysel sistem sehbası

1 m genişliğinde ve 1.60 m uzunluğunda ki çerçeve, kare kesitli çelik çubuklardan yapılmıştır. Şekil 3.7'de gösterildiği gibi açının değiştirilmesini sağlayan vidalı bağlantılar ve sütunlarla donatılmıştır. Kontrol mekanizması, kullanıcıya bir açı seçme özgürlüğü sağlamak için cıvataların üzerine sabitlenmiş dişli bir çubuktur.

3.2.2. Güneş reflektörü

Güneş reflektörü, Şekil 3.7'de gösterildiği gibi uygun bir odak mesafesi sağlamak üzere tasarlanmış parlatılmış bir krom çelik levhasından imal edilmiştir. İstenen parabolün koordinatları bir elektronik yazılım kullanılarak hesaplanmıştır. Metal ayna, özel bir haddelme cihazı ile oluşturulmuştur. Manuel izleme mekanizması dişli bir çubuktur. Bu mekanizma, kolektör boru üzerine gelen enerjiyi sabit tutmak için güneşin hareketini izlemek amacıyla kullanılır.

3.2.3. Alıcı boru

Alıcı boru, bakırdan veya yumuşak çelikten yapılabilir ve aynı zaman da ısıya dayanıklı siyah boya da sürülebilir. Alıcı, giren ışınları içine çeker ve bunları, alıcı boru içinde akan akışkan bir ortam ile taşınan ve toplanan ısıl enerjiye dönüştürür. Isı nakil akışkanı alıcı boru boyunca akar, ısıtılır ve böylece ısıyı iletir.

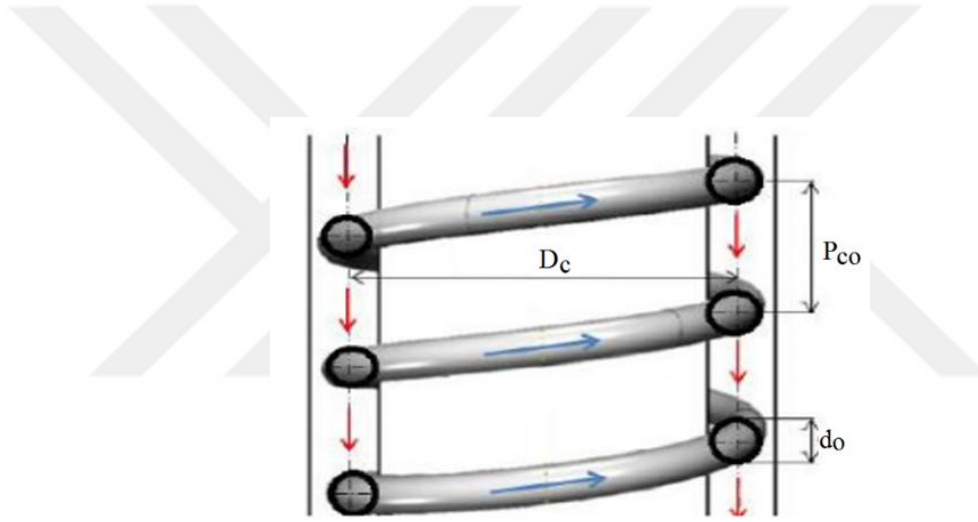
Geleneksel parabolik oluk tipi güneş kolektörünün alıcısı, ışınların odaklandığı bir alıcı boru içermektedir. Bu boru genellikle daha fazla ısı emmesi için siyah renkle kaplıdır. Bu çalışmada, yüksek ısıl iletkenliğinden dolayı alıcı boru tasarımı için bakır metal seçildi ($k = 401 \text{ W/mK}$). Arada oluşan boşluğa nano akışkan dolduruldu. Su bakır boru içinde devirdaim yaptı ve nano akışkan boşluğun içinde sabit kaldı. Gelen güneş ışınımı, cam borudan geçti, nanoparçacıklar tarafından emildi ve ısıya dönüştü. Nano akışkan içinde üretilen ısı, bakır duvar içinden devir daim yapan suya aktarıldı. Bu çalışmada, bakır alıcı borusu için iki model kullanıldı. Bunlardan birincisi helisel, ikincisi ise düz borudur. Helisel ve düz bakır boruya sahip 1.5 metre uzunluğundaki solar alıcı aynı yüzey alanına sahiptir. Çizelge 3.1, deneysel çalışmalarda kullanılan parabolik güneş kolektörünün özellikleri sunulmuştur.

Çizelge 3.1. Alıcı ve kolektörün özellikleri

Alıcı- cam boru			
Parametreler	Sembol	Birim	Değer
İç çap	Dgi	mm	44
Dış çap	Dgo	mm	48
Camın yayma oranı	ϵ_g	-	0.98
Cam geçirgenliği	τ_g	-	0.93
Malzeme türü	-	-	Pyrex camı
Birinci alıcı-düz bakır boru modeli			
İç çap	Dci	mm	20
Dış çap	Dco	mm	23
Bakırın yayma	ϵ_c	-	0
Malzeme türü	-	-	bakır
İkinci alıcı-helisel bakır boru modeli			
İç çap	dci	mm	5
Dış çap	dco	mm	6.35
Sargı hatvesi	Pco	mm	19
Merdane çapı		mm	38.6
Sarmal uzunluğu	L	m	5.4
Kolektör			
Genişlik	w	m	1
Uzunluk	L	m	1.5
Kenar açısı	\emptyset	deg	90°
Optik verimlilik	f	-	0.73
Odak	F	m	0.25
Yoğunlaştırma oranı	CR	-	6.3
Malzeme türü	-	-	Krom çelik (430L)

3.2.3.1. Helisel bakır borulu alıcı

Helisel bakır borulu alıcının dış çapı 6.35 mm ve kalınlığı 0.61 mm'dir. Borunun yuvarlanma çapı (d_o) 38,6 mm'dir ve sarılı boruların uzunluğu 6 m'dir. Borunun sarım sayısı (N_{coil}) 52 rulodur. Bobinler arasındaki ortalama mesafe 19 mm'dir (bkz. Şekil 3.8-3.9). Helisel boru, bir cam boru içine yerleştirilmiştir. Helisel borunun boyutu, helisel borunun içine yerleştirildiği cam borunun çapına bağlı olarak tasarlanmıştır. Cam boru seçiminde esneklik yoktur, çünkü mevcut boyuta sahip olan bu boru yerel piyasalarda mevcuttur. Helisel boru, cam boru boyutları dikkate alınarak sarılmıştır. Helisel borunun tasarımına ait ölçüler Çizelge 3.1'de sunulmuştur.



Şekil 3.8. Helisel boru tasarımı

Helisel borunun uzunluğunun tasarımında Denklem 3.2 kullanılmıştır (Reddy ve ark., 2008).

$$L_{coil} = N_{coil} \sqrt{(\pi d_o)^2 + p_{pitch}^2} \quad (3.2)$$

burada N_{coil} helisel borudaki bobinlerin sayısıdır, d_o bobin dış çapıdır ve hatve, helisel borudaki her iki bitişik sarım arasındaki ortalama mesafedir.



Şekil 3.9.. Helisel bakır boru

3.2.3.2. Düz bakır borulu alıcı

Düz bakır borulu alıcı, bir dış cam boru ve aynı ekseni paylaşan bir iç bakır boru ile yapılmıştır. Bakır boru, yatay olarak 1.5 metre uzunluğunda ve 23 mm çapındadır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Düz bakır boru alıcı

3.2.4. Kontrol valfi

Akışkanı kontrol etmek için, sistme 12 mm çapında bir valf monte edilmiştir. Ayrıca, akışkanın geri dönüşünü önlemek içinde bir çekvalfi ve akışkanın akış miktarı üzerinde tam ve doğru kontrolünü sağlamak ve doğru ölçümler elde etmek için, çıkış alanınada 12 mm çapında başka bir kontrol valfi de monte edilmiştir. Şekil 3.11 kontrol ve çekvalfimi göstermektedir.



Şekil 3.11. Kontrol ve çek valf

3.2.5. Debimetre (Rotametre)

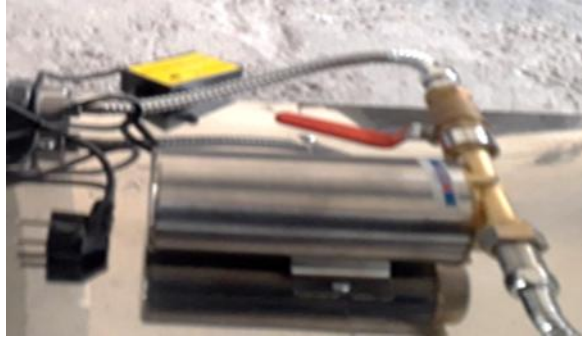
Alıcı borunun önüne 25 ila 250 L/h aralığında çalışma özelliği olan bir debimetre (Şekil 3.12) monte edilmiştir. Debimetre deneylerden önce kalibre edilmiştir ve ölçüm hatası ($\pm \% 8$)'dir.



Şekil 3.12. Rotametre

3.2.6. Pompa

Dakikada 25 litre hacimsel debiye sahip bir su devirdaim pompası (Şekil 3.13) kullanılmıştır. Deneyler için en yüksek debi, pompanın kapasitesinden önemli ölçüde düşük olan 90 L/h'dir.



Şekil 3.13. Deneysel ortamda kullanılan su pompası

3.2.7. Isıl çiftler ve veri kaydedici (data logger)

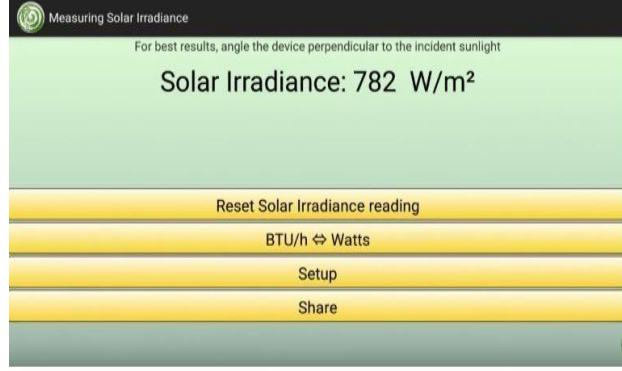
Bu çalışmada “T” tipi ısıl çift (Şekil 3.14) sıcaklık ölçümlerinde kullanılmıştır. Kaydedici tipi olan data logger GL240, sıcaklık verilerinin kaydı için kullanılmıştır. Data logger’ın hassasiyeti ($\pm 0.1\%$ of rdg +0.5)’tir.



Şekil 3.14. T tipi ısıl çift ve data logger GL240 cihazı

3.2.8. Güneş ışınımı ölçümü

Smartphone Okapi solar hesap makinesinin uygulanması ışınım yoğunluğunu ölçmek için kullanılmıştır. Smartphone’u kalibre ettikten sonra, güneş ışınımı ölçümüne ait bir örnek Şekil 3.15’de gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Güneş ışınımı ölçümüne ait bir örnek

3.3. Nano Akışkan

Nano kelimesi, *dwarf* (cüce) kelimesinin karşılığı olarak Yunanca'dan gelmektedir. Nano akışkan, bir baz akışkan içinde eşit oranda ve dengeli bir şekilde dağılmış nanoparçacıklar (1-100 nm) içeren yeni akışkan türüdür. Genel olarak bir metal veya metal oksit olan bu dağılmış nanoparçacıklar, nano akışkanın ısı iletkenliğini büyük ölçüde artırır ve daha fazla ısı iletimi sağlayarak iletim ve taşınım katsayılarını etkiler.

Nano akışkanlar, neredeyse yirmi yıldır gelişmiş ısı iletim akışkanları olarak kabul edilen uygulamalar için kullanılmaktadır. Bununla birlikte, nano akışkan sistemlerinin çok çeşitliliği ve karmaşıklığı nedeniyle, ısı iletimi uygulamaları için nano akışkan kullanımının potansiyel faydalarının boyutu konusunda bir anlaşma sağlanamamıştır. Isı iletimi açısından geleneksel akışkanlar ile nano akışkanlar karşılaştırıldığında, uygun bir şekilde dağılmış nanoparçacıklara sahip nano akışkanların avantajları aşağıda sunulmuştur.

- 1- Yüksek aktif yüzey alanı ve dolayısıyla parçacıklar ve akışkanlar arasında daha fazla ısı transfer yüzeyi.
- 2- Parçacıkların baskın Brown hareketi sayesinde yüksek dağılım/dispersiyon kararlılığı
- 3- Eşdeğer ısı transfer yoğunlaştırması elde etmek için saf akışkana kıyasla düşük pompalama gücü.
- 4- Sistemde oluşabilecek tıkanmaların düşük olması.

- 5- Farklı uygulamalara uyacak şekilde değişen parçacık konsantrasyonları ile ısı iletkenlik ve yüzey ıslanabilirliği dahil olmak üzere ayarlanabilir özellikler.

3.3.1. Baz akışkan (saf su)

Genel baz akışkanlar su, etilen glikol ve yağdır. Güneş kolektörlerinde kullanılan endüstriyel yağın yüksek fiyatı nedeni ile saf su (H₂O) bizleri, yüksek ısı iletkenliği, piyasalardaki kolaylıkla bulunabilirliği ve düşük fiyatından dolayı saf su kullanmamız yönünde motive etmektedir. Aracı akışkan olarak kullanılan musluk suyu iki fazda olabilir ve klorlu olması nanoparçacıklar açısından uygun değildir.

3.3.2. Nanoparçacıklar

Bir nano akışkan, nanometre boyutunda katı parçacıkları içeren bir akışkandır. Bu akışkanlar, nanoparçacıkların bir baz akışkan içinde dağılmasıyla hazırlanmaktadır. Nano akışkanlarda kullanılan nanoparçacıklar, genellikle metallerden, karbürlerden, oksitlerden veya karbon nanotüplerden yapılırlar. Genel baz akışkanlar su, etilen glikol ve yağ içerir. Nano akışkanlar, ısı iletimindeki birçok uygulamada onları faydalı kılan yeni özelliklere sahiptirler. Nano parçacıkların akışkana eklenmesi, termofiziksel özellikleri ve ısı özelliklerini artırır. Isı iletimi uygulamaları için nano akışkan hazırlanırken nanomalzemelerin seçiminde göz önünde bulundurulması gereken faktörler şunlardır: (i) termofiziksel özellikler, (ii) toksisite, (iii) kimyasal stabilite, (iv) kararlılık, (v) baz akışkan ile uyumluluk, ve (vi) maliyet.

Bu çalışmada iki tür nano malzeme kullanılmıştır.

- Bakır oksit
- Çok duvarlı karbon tüp.

3.3.6. Nano akışkanların termofiziksel özellikleri

Nano-akışkanların baz akışkanlara göre üstün oldukları düşünülmektedir, çünkü yoğunluk, özgül ısı kapasitesi, ısı iletkenlik, taşınım ile ısı iletimi, ısı yayılma ve viskozite gibi tamamen farklı bir termofiziksel özelliklere sahip yeni bir akışkan tipi

oluşturulur. Nano akışkanların termofiziksel özelliklerini tanımlamak için “Etkin” kelimesi, yaygın olarak kullanılmaktadır (örneğin, etkin viskozite ve etkin yoğunluk, etkin özgül ısı kapasitesi, etkin dinamik viskozite, etkin ısıl iletkenlik, etkin ısıl genleşme katsayısı gibi). Bu, baz akışkanın termofiziksel özellikleri ve nano akışkan arasında farklılık göstermek için yapılır.

3.3.4. Nano akışkanın etkin özgül ısı kapasitesi

Nano akışkan ve bakır parçacıkları arasındaki ısıl denge düşünülerek özgül ısı kapasitesi tahmin edilir. Nano akışkanın (Sokhansefat ve ark., 2014) özgül ısı kapasitesi Denklem 3.3’de ki gibidir.

$$C_{p_{nf}} = C_{p_f}(1 - \phi) + C_{p_p} \phi \quad (3.3)$$

Burada $C_{p_{nf}}$, nano akışkanın etkin özgül ısısı, C_{p_p} , nanoparçacıkların özgül ısısı, C_{p_f} , baz akışkanın özgül ısısı olup, tüm miktarlar, $J(kgK)^{-1}$ cinsindedir.

3.3.5. Nano akışkanın etkin yoğunluğu

Nano akışkanın etkin yoğunluğunu hesaplamak için nanoparçacıkların ve baz akışkanın homojenliği alınır. Ayrıca, baz akışkanın sadece akışkan fazda olduğu varsayılmaktadır. Nano akışkanın etkin yoğunluğu Denklem 3.4’de sunulmuştur (Sokhansefat ve ark., 2014).

$$\rho_{nf} = \rho_f (1 - \phi) + \rho_p \phi \quad (3.4)$$

Burada, ρ_{nf} nano akışkanın etkili yoğunluğu, ρ_f baz akışkanın yoğunluğu, ρ_p nanoparçacıkların yoğunluğu olup, tüm miktarlar kg/m^3 cinsindedir.

3.3.6. Nano akışkanın etkin ısıl iletkenliği

Bu çalışmada, katı-akışkan karışımların ısıl iletkenliğini hesaplamak için kullanılan en eski ve en çok kullanılmış model olan Maxwell modeli seçilmiştir (Maxwell, 1881). Model aşağıdaki gibidir.

$$k_{nf} = k_f \frac{k_p + 2k_f + 2\varphi(k_p - k_f)}{k_p + 2k_f - \varphi(k_p - k_f)} \quad (3.5)$$

Burada k_p nanoparçacıkların ısı iletkenliği, k_b baz akışkanın ısı iletkenliği, k_{nf} nano akışkanın etkin ısı iletkenliği olup, tüm miktarlar $W(mK)^{-1}$ cinsindedir.

3.3.7. Etkin ısı genleşme katsayısı

Isı genleşme özelliği, doğal taşınım içeren birçok ısı alma sisteminde önemli bir rol oynayan fiziksel bir özelliktir. Bir nano akışkanın hacimsel ısı genleşme katsayısı β , Denklem 3.6 ile hesaplanabilir (Tayebi ve ark., 2017).

$$\beta_{nf} = \varphi\beta_p + (1 - \varphi)\beta_f \quad (3.6)$$

Burada β_{nf} nano akışkanın ısı genleşmesi, β_p nanoparçacıkların ısı genleşmesi, β_f baz akışkanın ısı genleşmesi olup tüm miktarlar K^{-1} cinsindedir.

3.3.8. Hacim oranı

Nano akışkanın hazırlanmasında ki önemli parametrelerden biri hacim oranıdır. Bu, nanoparçacıkların toplam hacim oranı ile nanoparçacıkların ve baz akışkanın toplam hacim oranıdır. Hacim oranını hesaplamak için Denklem 3.7 kullanılmıştır.

$$\varphi = \left[\frac{\left(\frac{W_{CuO}}{\rho_{CuO}} \right)}{\left(\frac{W_{CuO}}{\rho_{CuO}} + \frac{W_{bf}}{\rho_{bf}} \right)} \right] \times 100 \quad (3.7)$$

3.3.9. Isı verim

Isı verim, su sıcaklığının artmasına ve kollektörü ile toplanan toplam güneş ışınımının ($G.A_a$) artışına bağlıdır. Ölçüm her 30 dakikada bir yapılmış ve ısı verim Denklem 3.8 kullanılarak hesaplanmıştır. Denklem 3.8'de giriş enerjisi ($G.A_a$) ile temsil edilir ve parabolik ayna alanı (A_a) tarafından toplanan güneş ışınımı (G)'nin

artmasına bağlıdır. Alıcının girişindeki ve çıkışındaki suyun sıcaklıkları ise sırasıyla T_i , T_o 'dir.

$$\eta_{th} = \frac{m \cdot C_p (T_o - T_i)}{G \cdot A \cdot a} \quad (3.8)$$

3.3.10. CuO nanoparçacıklarının kullanma sebepleri

Bu çalışmada, CuO nanoparçacıkları iki ana nedenden dolayı seçilmiştir. Bunlar aşağıda sunulmuştur.

- Oksijen, nanoparçacıkların baz akışkan ile karıştırılmasını kolaylaştırır.
- Bileşik akışkanın ısı iletkenliğini artıran yüksek bir ısı iletkenliğe sahiptir.

CuO nanoparçacıkları 32 nm çapında ve küreseldir (Senthilraja ve ark., 2015). 27 °C'deki, CuO nanoparçacıkların ve baz akışkanın termofiziksel özellikleri Çizelge 3.2'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.2. CuO nanoparçacıkların ve baz akışkanın termofiziksel özellikleri

Parametreler	sıcaklık	ρ	C_p	k	μ	β
Birim	°C	kg.m ⁻³	J.(kg.K) ⁻¹	W.(m.K) ⁻¹	Pa.s	K ⁻¹
H ₂ O	27	1000	4181.8	0.5984	0.00089	0.000207
CuO	27	6300	475	33	-	1.8x10 ⁻⁵

3.3.11. MWCNT'ün kullanma sebepleri

MWCNT özelliklerinden bazıları aşağıda sunulmuştur.

- Yüksek ısı iletkenlik
- Yüksek elektriksel iletkenlik
- Çok yüksek çekme mukavemeti
- Çok esnek – zarar vermeden önemli ölçüde bükülebilir
- Düşük ısı genleşme katsayısı

27 °C'deki, MWCNT'ün termofiziksel özellikleri Çizelge 3.3'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.3. MWCNT termofiziksel özellikleri

Parametreler	sıcaklık	ρ	C_p	k	μ	β
Birim	$^{\circ}\text{C}$	kg.m^{-3}	$\text{J}(\text{kgK})^{-1}$	$\text{W}(\text{mK})^{-1}$	Pa.s	K^{-1}
MWCNT	27	2400	796	3000		$(1.9 \pm 0,8) \times 10^{-5}$

3.3.12. CuO ve MWCNT'li nano akışkanın özellikleri

Bu çalışma kullanılan CuO/saf su nano akışkan ve MWCNT/saf su nano akışkanın fiziksel özellikleri yukardaki sunulmuş olan denklemler kullanılarak hesaplanmış ve Çizelge 3.4 ve 3.5'de gösterilmiştir. CuO'in 32 nm, MWCNT ise 20 nm boyutlarındadır.

Çizelge 3.4. % 0.05 konsantrasyonda ki CuO/ H₂O nanoakışkanın fiziksel özellikleri

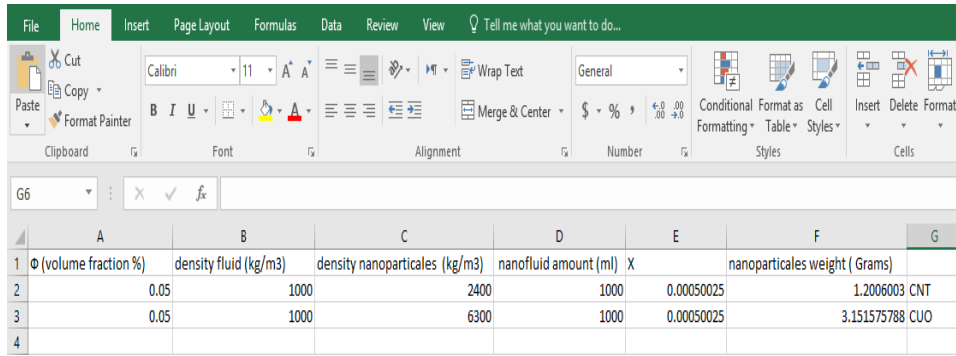
Parametreler	Birim	CuO nanoparçacıklar	Saf su	Nano akışkan	% 0.055 wt CuO/ saf su nano akışkan
C_p	$\text{J}(\text{kg.K})^{-1}$	475	4181.8	$C_{p_{nf}}$	4179.9466
ρ	kg.m^{-3}	6300	998.21	ρ_{nf}	1002.65
k	$\text{W}(\text{m.K})^{-1}$	33	0.5984	k_{nf}	0.599250883
μ	Pa.s	-	0.00089	μ	0.000891113
β	K^{-1}	0.000018	0.000207	β_{nf}	0.000889564

Çizelge 3.5. % 0.05 konsantrasyonda ki MWCNT /H₂O nano akışkanın fiziksel özellikleri

Parametreler	Birim	MWCNT	Saf su	Nano akışkan	% 0.05 wt MWCNT/ saf su nano akışkan
C_p	$\text{J}(\text{kg.K})^{-1}$	796	4181.8	$C_{p_{nf}}$	4180.107
ρ	kg.m^{-3}	2400	998.21	ρ_{nf}	1000.7
k	$\text{W}(\text{m.K})^{-1}$	3000	0.5984	k_{nf}	0.599298
μ	Pa.s		0.00089	μ	-
β	K^{-1}	$(1.9 \pm 0,8) \times 10^{-5}$	0.000207	β_{nf}	0.88965

3.3.13. CuO ve MWCNT'li nano akışkanların hazırlanması

Nano akışkanı hazırlamak için iki yöntem vardır. İlk yöntem tek aşamalı bir yöntemdir, ikincisi ise iki aşamalı bir yöntemdir. İki aşamalı yöntem, nano akışkanın hazırlanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, ekonomik olması nedeniyle iki aşamalı bir yöntem kullanılmıştır. Hacim konsantrasyonu hazırlamak için Şekil 3.16'da gösterildiği gibi Windows-Excel programı ile Denklem 3.7 kullanılmıştır.



	A	B	C	D	E	F	G
1	Φ (volume fraction %)	density fluid (kg/m ³)	density nanoparticales (kg/m ³)	nanofluid amount (ml) X		nanoparticales weight (Grams)	
2	0.05	1000	2400	1000	0.00050025	1.2006003 CNT	
3	0.05	1000	6300	1000	0.00050025	3.151575788 CUO	
4							

Şekil 3.16. Nano akışkanın hazırlanmasında kullanılan Windows-Excel programı

Bu çalışmada, laboratuvarda nano akışkanların hazırlanmasında izlenen adımlardır aşağıdakiler sunulmuştur.

1. Denklem 3.7 kullanılarak, excel programıyla hesaplanmış olunan hacim konsantrasyonları için CuO ve MWCNT, gram cinsinden tartılır. Şekil 3.17'de gösterildiği gibi gerekli ağırlıkları belirlemede için hassas terzi kullanılmıştır.



Şekil 3.17. Nanoparçacıkların hassas terazide tartılması

2. Uygun bir cam kapda nanoparçacıklara su eklenir ve daha sonra Şekil 3.18'da gösterildiği gibi alüminyum folyo ile cam kabın üstü kapatılır.



Şekil 3.18. Alüminyum folyo ile kaplanmış cam kaplar

- 3- Ultrasonik cihazın, Şekil 3.19'da gösterildiği gibi nano akışkan hazırlanmasından önce ve sonra temizlenmesi gerekir ve temizlenmiştir.



Şekil 3.19. Ultrasonik cihazın temizliği

- 4- Şekil 3.20'de gösterildiği gibi homojen bir karışım elde edilene kadar ultrasonik karıştırıcı cihazında 100 Hz frekansta üç saat karıştırılmıştır.



Şekil 3.20. Ultrasonik karıştırıcı cihazı

3.4. DeneYlerin Yapılışı

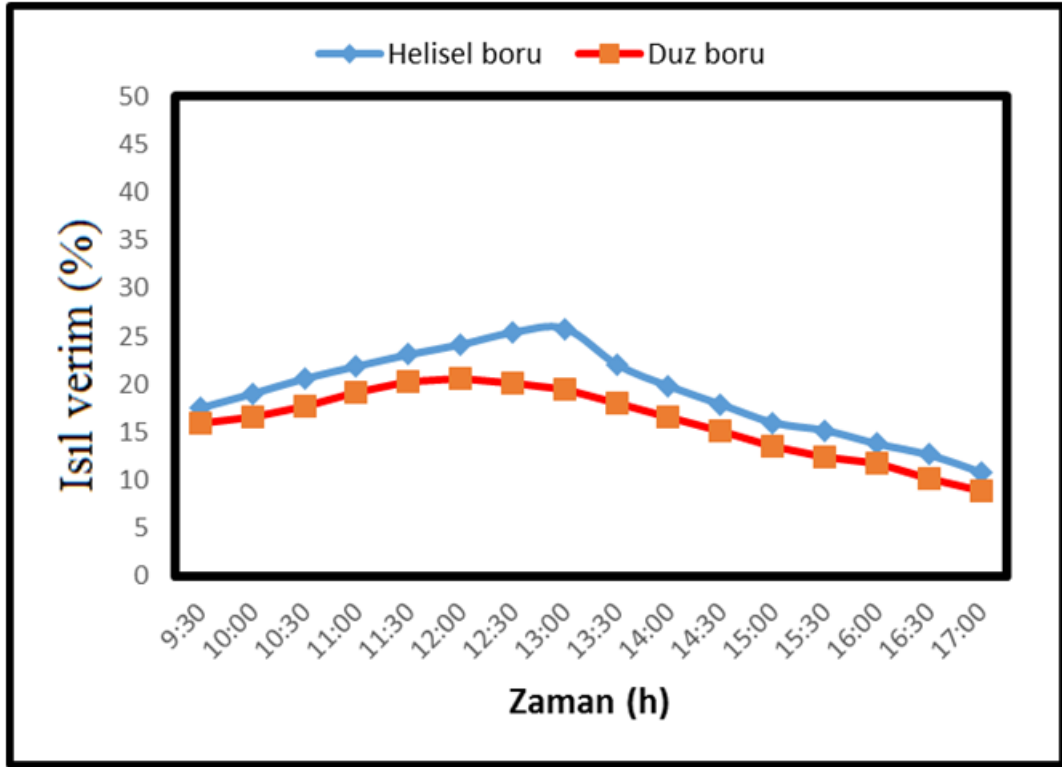
Bu alışma, Türkiye'nin Konya Őehrinin iklim koşullarında, nano akışkanlı ve nano akışkansız, helisel ve düz tp bakır boru alıcısının PTGK'nn ısıl verimine etkilerini araştırmak için yapılmıştır. Deneysel sistem kapalı bir sistemdir. Şekil 3.13'deki deneysel sistem deneyler için hazırlandı. PTGK deney düzeneği, 30 litre kapasiteye sahip bir su depolama tankına sahiptir. Su, devirdaim pompası ile 30 litrelik tanktan alınarak, debimetre, kontrol vanası, ekvalfi ve yalıtım borusu kullanılarak kapalı sistem de devirdaim ettirilmifitir. 30, 60 ve 90 L/h değerlerinde değişken hacimsel debileriyle kapalı devre kontrollü olarak çalıştırılmıştır. Sistem kararlı rejime geldikten sonra : 9:30-17: 00 saatleri arasındaki periyotta her yarım saatte, su giriş sıcaklığı T_i , su çıkış sıcaklığı T_o , atmosferik sıcaklık T_{amb} , güneş işinımı, I ve havanın hızı her yarım saatte ölçülmüştür. Su giriş, çıkış ve ortam sıcaklıkları, T tipi ısıl çiftlerle ölçülmüş ve data logger GL240 cihazı 10 kanal sıcaklık kaydedici ile kaydedilmiştir. Hava hızı, Termo-Anemometre ile (0-15m/s) aralığında ve ± 0.2 m/s hassasiyetindeki cihazla ölçülmüştür. Smartphone Okapi solar hesap makinesinin uygulaması işinim yoğunluğunu ölçmek için kullanılmıştır. Smartphone'u kalibre ettikten sonra, yararlı ısı kazanımları ve suyun ısıl verimliliği günlük test zamanına göre hesaplanmıştır. Hacimsel debiler rotametre ile ölçülmüştür. Ölçümler, nano akışkansız, nano akışkanlı, helisel boru ve düz boru alıcılı PTGK için aynı Şekilde yapılmıştır. Bu çalışmada, gün boyu yapılan testlerle aynı güneş yoğunluğunu bulmak için hava durumu programı kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

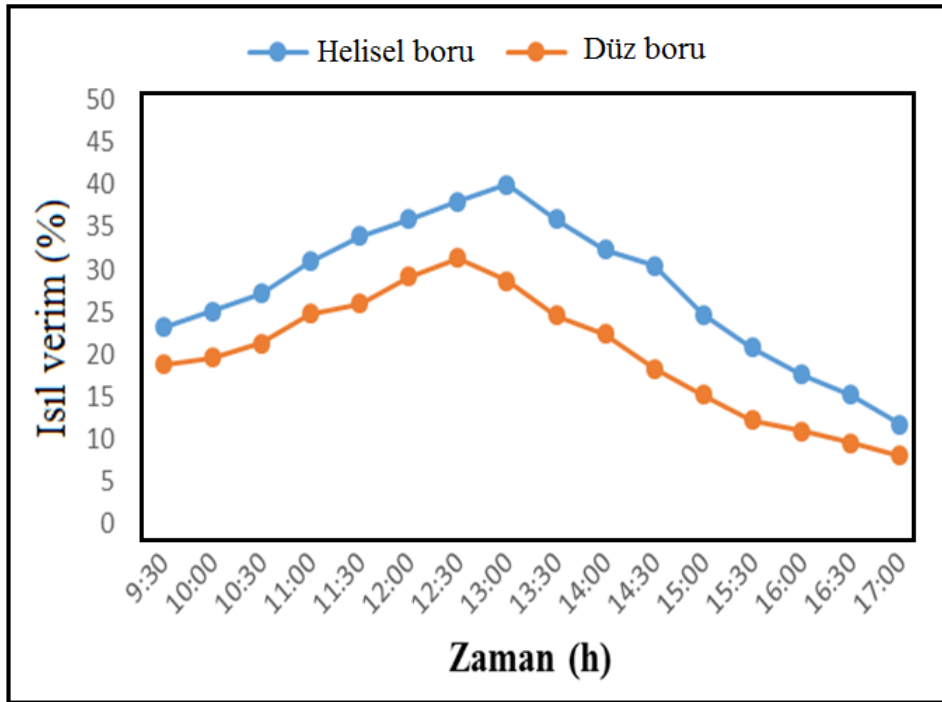
Bu çalışmada, doğrudan absorpsiyon için nano akışkan kullanarak konsantre güneş kolektörünün performans analizleri yapılmıştır. Deneysel sistem, Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Laboratuvarı'ndadır. Yapılmış olan deneysel çalışmanın analizleri aşağıda sunulmuştur.

4.1. Alıcı Boru Şeklinin Isıl Verim Üzerindeki Etkisi

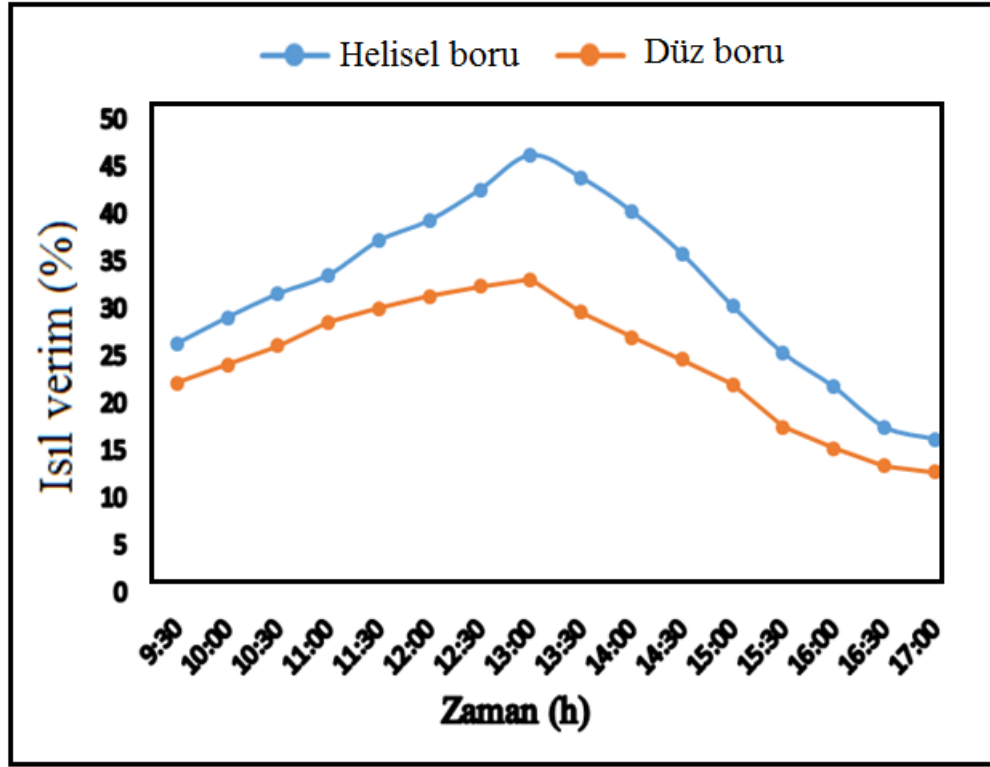
Bu çalışmada, tüm testler aynı hava koşulları altında yapılmıştır. Nano akışkansız, CuO/H₂O ve MWCNT/H₂O nano akışkanlı helisel ve düz boru alıcılı PTGK'nün ısı veriminin üzerindeki etkisi (90 L/h hacimsel debi için) sırasıyla Şekil 4.1 ila 4.3'de sunulmuştur. Şekil 4.1-4.3 birlikte incelendiğinde; güneş ışınlarının dik konuma gelinceye kadar olan zaman dilimi yani öğle vaktine kadar ısı verim artmış daha sonra ise düşmüştür. En yüksek ısı verimler, helisel boruda oluşmuştur. Helisel boru kullanıldığına verimliliğin 13:00'da, nano akışkan kullanmadan % 26, CuO/H₂O nano akışkan kullanıldığında % 40 ve MWCNT/H₂O nano akışkan kullanıldığında % 47 olduğu tespit edilmiştir. Düz boru için ise verimliliğin 12:30'da nano akışkan kullanmadan % 21, CuO/H₂O nano akışkan kullanıldığında % 30 ve MWCNT/H₂O nano akışkan kullanıldığında ise % 34 arttığı görülmüştür. Bu durum, borunun helisel (kavisli) yapısından dolayı, akışkanda merkezkaç kuvveti yaşanmasına neden olduğu içindir şeklinde düşünmekteyiz.



Şekil 4.1. Nano akışkansız helisel ve düz boru alıcılı PTGK'nün ısı veriminin zamana göre değişimi (90 L/h hacimsel debi için)



Şekil 4.2. CuO / H₂O nano akışkanlı helisel ve düz boru alıcılı PTGK'nün ısı veriminin zamana göre değişimi (90 L/h hacimsel debi için)

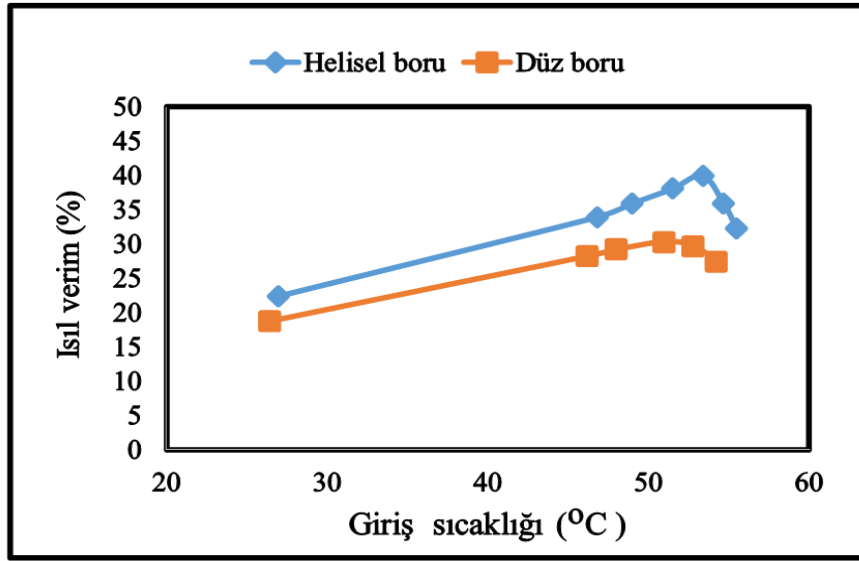


Şekil 4.3. MWCNT/ H₂O nano akışkanlı helisel ve düz boru alıcılı PTGK'nün ısı veriminin zamana göre değişimi (90 L/h hacimsel debi için)

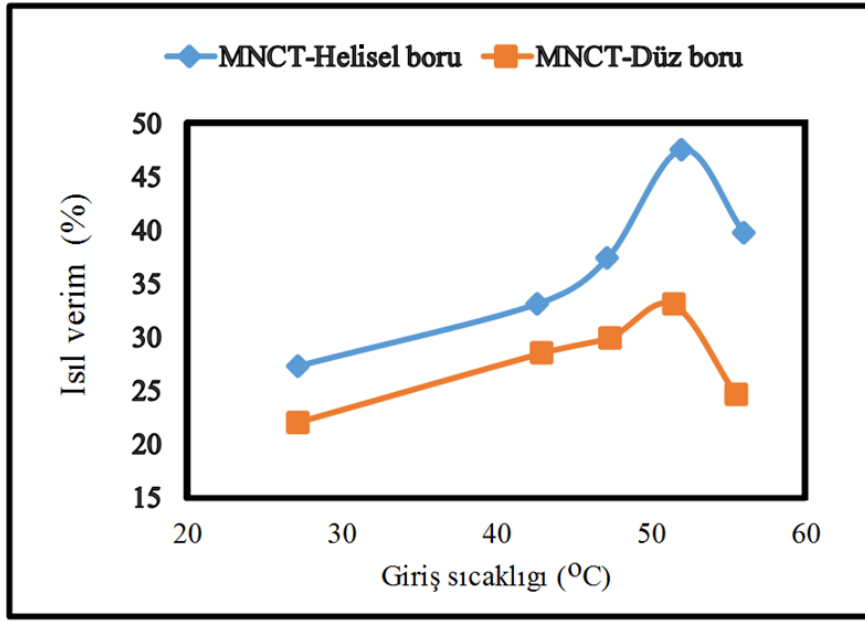
4.2. Nano Akışkan Kullanımının Isıl Verim Üzerindeki Etkisi

Akışkana nano parçacıkların eklenmesi, güneş kolektörünün verimliliğini ve performansını artırır. Akışkanın ısı özelliklerini ve yüzey alanını artırır. Nano akışkandaki nanoparçacıklar, yüksek aktif yüzey alanı olduğundan, parçacıklar ve akışkan arasında daha fazla ısı transferi oluşur. Parçacıkların rasgele hareketi olan Brown hareketi, nano akışkanların ısı taşınımındaki anormal artış için anahtar bir mekanizmadır (Singh, 2008). Şekil 4.2 ve 4.6'da gösterildiği gibi % 0.05 konsantrasyonunda CuO/H₂O nano akışkan ve helisel boru kullanıldığında PTGK'nün verimliliği saat 13:00'de % 40'a ulaşmıştır, düz boru kullanıldığında ise 12:30'da % 30'a ulaşmıştır. % 0.05 konsantrasyonunda MWCNT/H₂O nano akışkan ve helisel boru kullanıldığında, PTGK'nün verimliliği 13:00'de % 47'ye yükselmiş, düz boru da ise 13:30'da % 33'ye yükselmiştir (Şekil 4.3 ve 4.7).

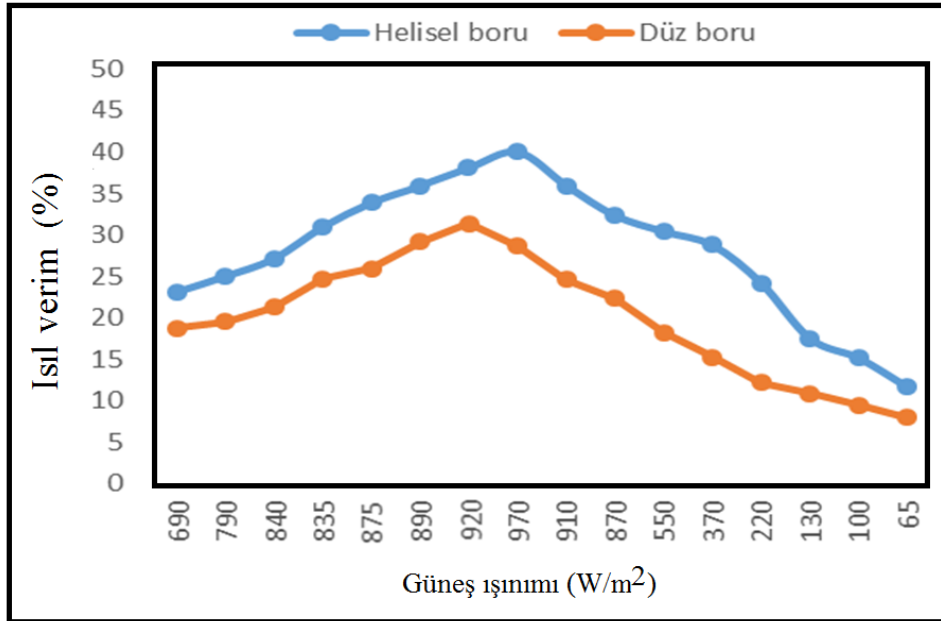
9:30'dan 14:00'e kadar olan sürede, su giriş sıcaklığı ve güneş ışınımına ait veriler alınmıştır. Bu verilere ait sonuçları, benzer koşullarda karşılaştırmak için Şekil 4.4-4.5 ve Şekil 4.6-4.7 çizilmiştir. Bu şekiller incelendiğinde, düz boruda 12:30'da ve helisel boruda 13:00'de maksimum verimliliğin olduğu görülür. Öğleye kadar, güneş ışınımı, giriş sıcaklığını artırarak verimliliğin yükselmeye devam ettiği görülür. Öğleden sonra ise (saat 13:00'den sonra), Şekil 4.6 ve 4.7'de gösterildiği gibi güneş ışınımının azalması nedeniyle verimlilik azalmıştır. Düz boruda, helisel boruya göre ısı verim düşük çıkmıştır. Çünkü düz boru, helisel borudaki gibi ikincil akışlara sahip değildir.



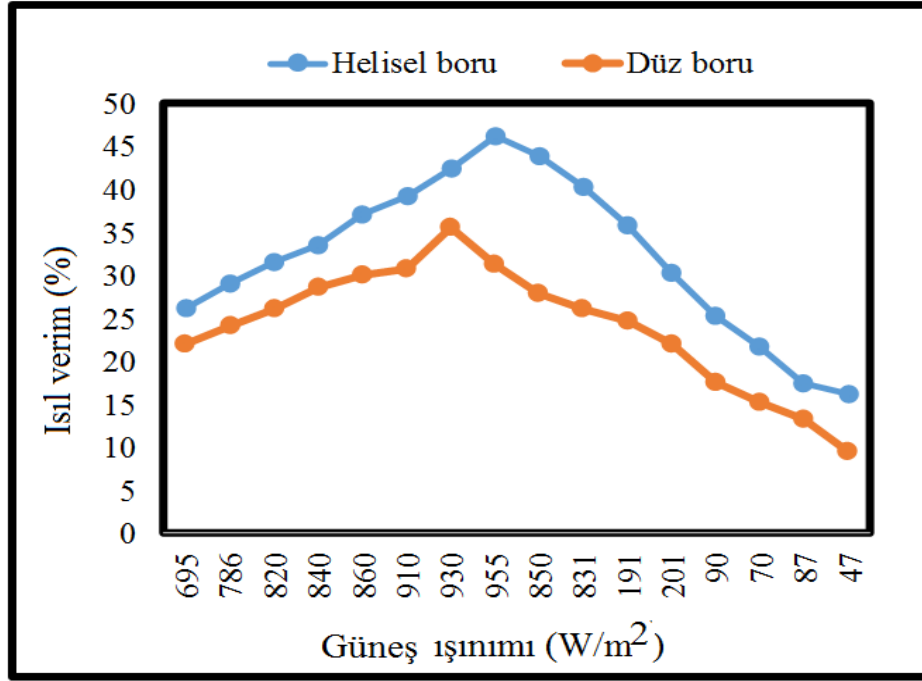
Şekil 4.4. 9:30'dan 14:00'e kadar olan bir süre için CuO/H₂O nano akışkanlı helisel ve düz boru alıcılı PTGK'nün ısı veriminin giriş sıcaklığına göre değişimi (90 L/h hacimsel debi için)



Şekil 4.5. 9:30'dan 14:00'e kadar olan bir süre için MWCNT/ H₂O nano akışkanlı helisel ve düz boru alıcılı PTGK'nün ısı veriminin giriş sıcaklığına göre değişimi (90 L/h hacimsel debi için)



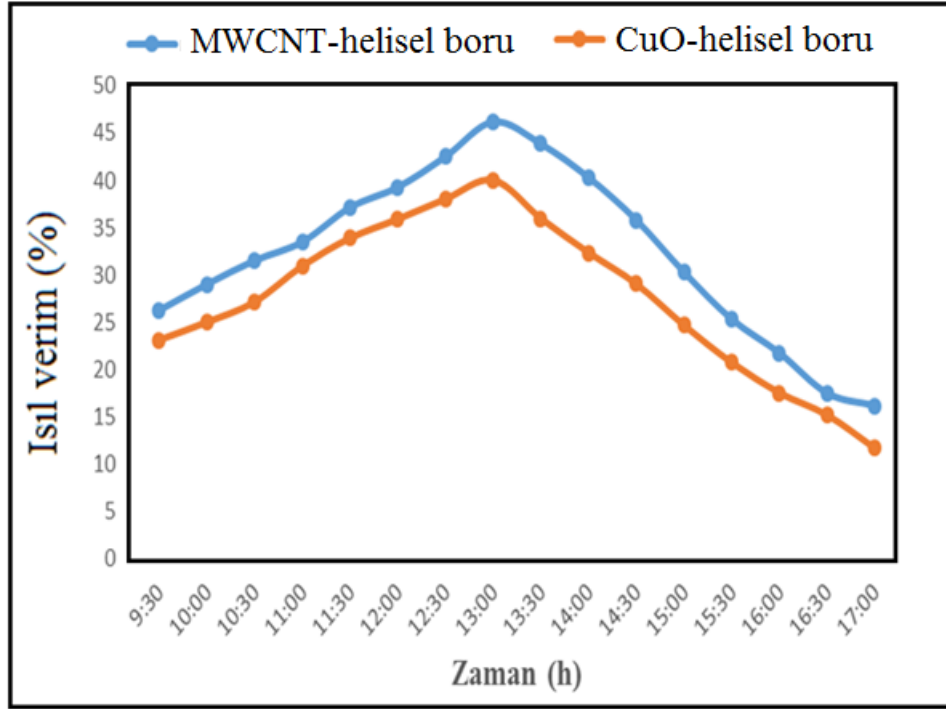
Şekil 4.6. CuO/ H₂O nano akışkanlı helisel ve düz boru alıcılı PTGK'nün ısı veriminin güneş ışınımına göre değişimi (90 L/h hacimsel debi için)



Şekil 4.7. MWCNT/ H₂O nano akışkanlı helisel ve düz boru alıcılı PTGK'nün ısı veriminin güneş ışınımına göre değişimi (90 L/h hacimsel debi için)

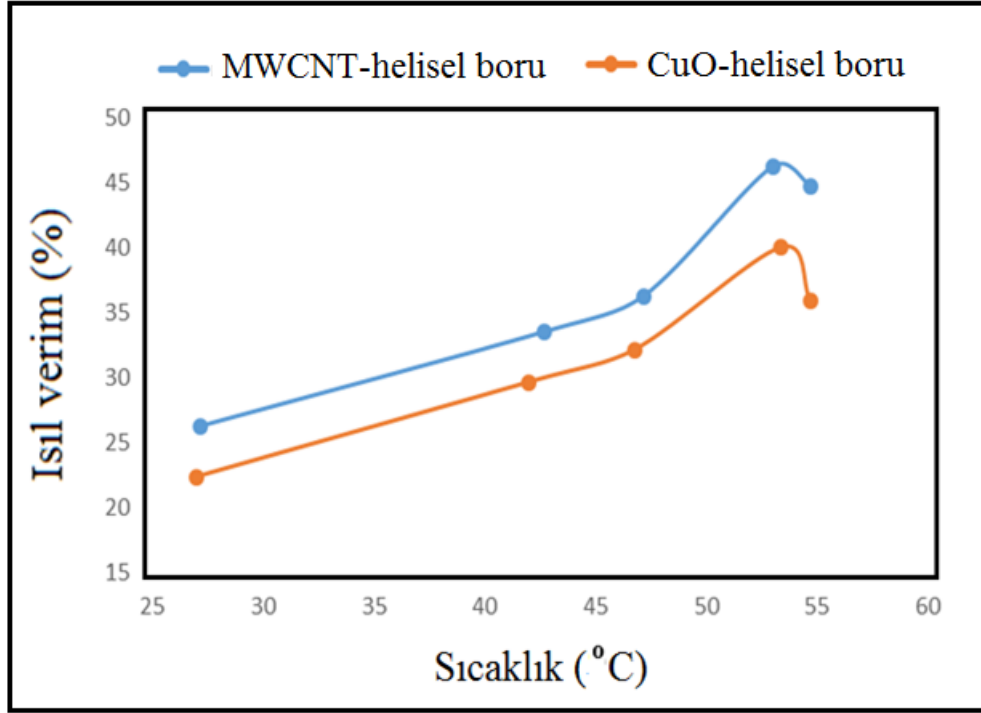
4.2.1. Nano akışkan türünün ısı verim üzerindeki etkisi

Şekil 4.8 'de, % 0.05 wt konsantrasyonunda CuO ve MWCNT nano akışkanlı helisel boru alıcılı PTGK'nün ısı veriminin zamana göre değişimi sunulmuştur. Şekil 4.8 incelendiğinde, CuO nano akışkanlı helisel boru alıcılı PTGK'nün ısı veriminin, MWCNT nano akışkanlı helisel boru alıcılı PTGK'nün ısı verimine göre daha düşük olduğu görülür. Bunun nedeni, MWCNT ısı iletim katsayısı, nano CuO'nun ısı iletim katsayısından daha düşüktür.



Şekil 4.8. Hacimsel debisi 90 L/h olan CuO / H₂O ve MWCNT/ H₂O nano akışkanlı helisel boru alıcılı PTGK'nün ısı veriminin zaman göre değişimi

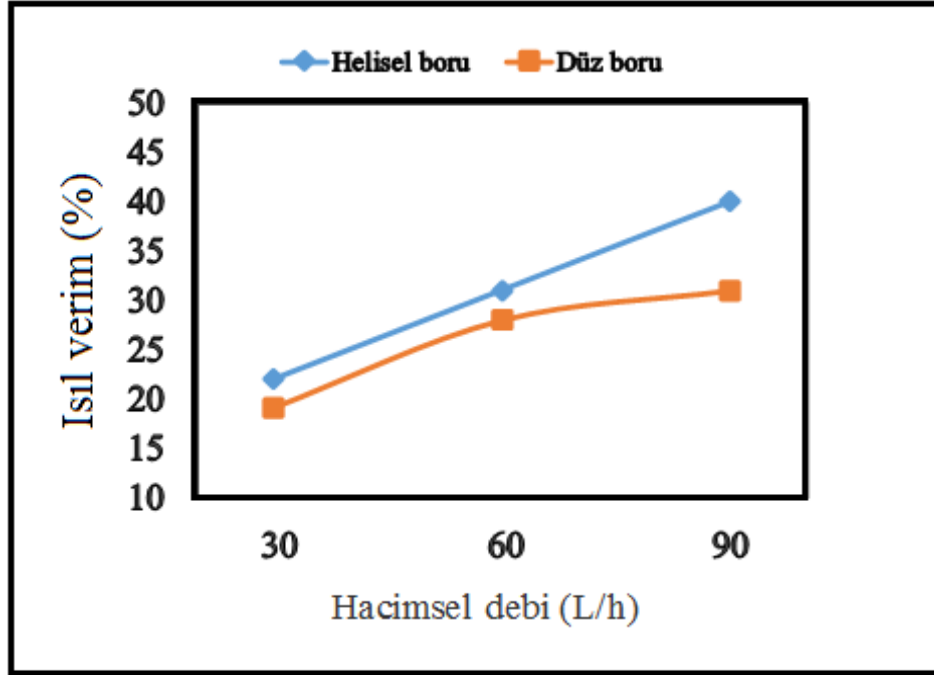
Şekil 4.9'da, hacimsel debisi 90 L/h olan CuO / H₂O ve MWCNT/ H₂O nano akışkanlı helisel boru alıcılı PTGK'nün sıcaklığının ısı verim üzerindeki etkisi sunulmuştur ve bu deneyler saat 9:30'dan 14'e kadar yapılmıştır. Şekil 4.9 incelenirse, zamanın öğleye doğru ilerlemesi ile güneşten kazanılan ışıma miktarı arttıkça sıcaklıkta artmıştır. Sıcaklığın artması ısı verimi arttırmıştır. Öğleden sonra ise güneşten kazanılan ışıma miktarı azalmıştır. Işıma miktarının azalmasıyla, sıcaklığın düşmesine neden olmuştur. Sıcaklığın düşmesi ise ısı veriminin düşmesine sağlamıştır.



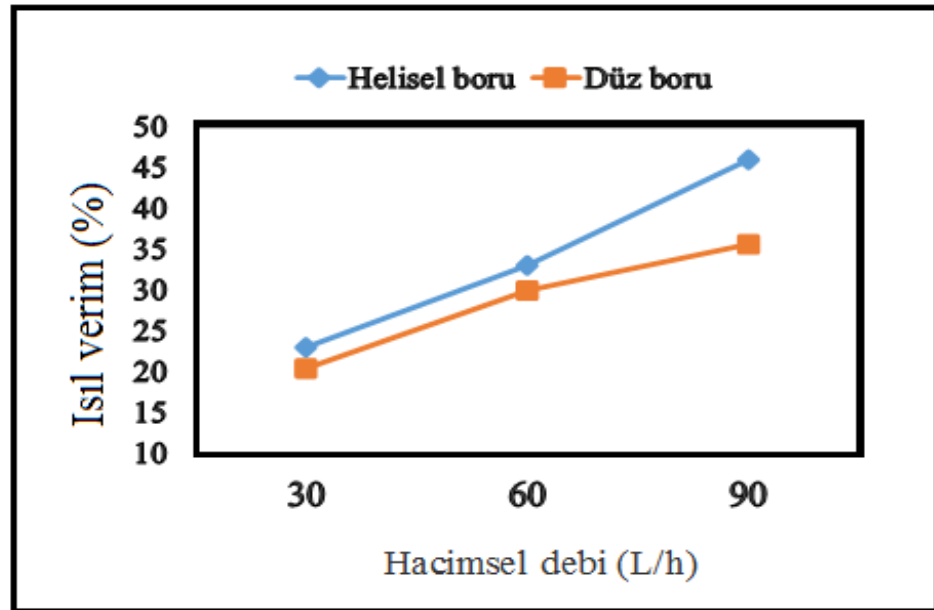
Şekil 4.9. Hacimsel debisi 90 L/h olan CuO ve MWCNT'li nano akışkanlı helisel boru alıcılı PTGK'nün sıcaklığının ısı verim üzerindeki etkisi

4.3. Hacimsel Debinin Isıl Verim Üzerindeki Etkisi

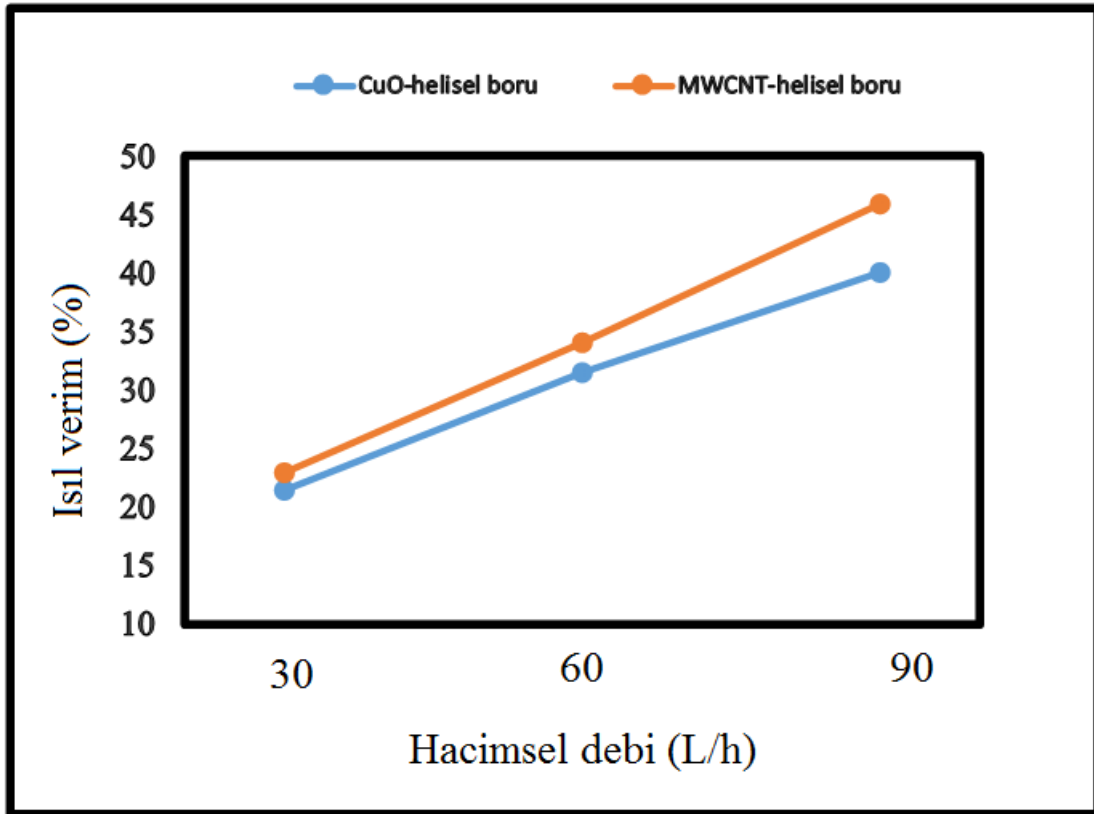
Hacimsel debinin, ısı verim üzerindeki etkisi için % 0.05 CuO/H₂O ve % 0.05 MWCNT/ H₂O konsantrasyonunda nano akışkan kullanılarak, helisel ve düz boru alıcı PTGK'nde incelenmiştir. Hem helisel hemde düz boru alıcılı PTGK'nde kullanılmış olan nano akışkanlarda, hacimsel debinin artması ile ısı veriminde arttığı tespit edilmiştir. Helisel borulu MWCNT nano akışkanlı PTGK'nün ısı verimi, helisel borulu CuO nano akışkanlı PTGK'nün ısı veriminden daha yüksek çıkmıştır. Aynı zamanda tüm deneyler birlikte değerlendirildiğinde, helisel boru alıcılı PTGK'nün ısı verimi, düz borulu PTGK'nün ısı veriminden daha fazla olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.10-4.12).



Şekil 4.10. CuO nano akışkanlı helisel ve düz boru alıcılı PTGK'nün ısı verimlerinin hacimsel debiye göre mukayesesi



Şekil 4.11. MWCNT'li nano akışkanlı helisel ve düz boru alıcılı PTGK'nün ısı verimlerinin hacimsel debiye göre mukayesesi



Şekil 4.12. CuO ve MWCNT'li nano akışkanlı helisel boru alıcılı PTGK'nün ısı verimlerinin hacimsel debiye göre mukayesesi

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, helisel ve düz boru alıcılı parabolik oluk tipi güneş kollektörünün CuO ve MWCNT'li nano akışkanın performansı (=ısı verimi) deneysel olarak incelenmiştir. Performans değerlendirme sonuçları aşağıda sunulmuştur.

5.1. Sonuçlar

- Tüm deneysel sonuçlar birlikte analiz edildiğinde, hacimsel debinin artması ısı verimi arttırmıştır.
- Nano akışkansız helisel borunun ısı verimi 90 L/h hacimsel debide saat 13:00' de % 26'ya kadar yükselirken, düz boru kullanıldığında ısı verim saat 12: 30'da % 20'e kadar yükselmiştir.
- % 0.055 ağırlığında CuO/H₂O içeren nano akışkanlı helisel boru kullanıldığında, ısı verim saat 13:00'da % 40'a kadar artarken, düz boru kullanıldığında ısı verim saat 12: 30'da % 30'a kadar artmıştır.
- % 0.055 ağırlığında MWCNT'li nano akışkanlı helisel borulu PTGK'nün ısı verimi saat 13:00'da % 47 artarken, düz boru kullanıldığında bu verim saat 12: 30'da % 34 artmıştır.
- % 0.055 ağırlığında MWCNT'li nano akışkan kullanılan sistemin ısı verimi, % 0.055 ağırlığında CuO'li nano akışkan kullanıldığında elde edilenden ısı verimden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.
- Kaynak araştırması bölümünde de sunulduğu gibi PTGK'nde nano akışkan kullanımı sistemin verimini arttırmaktadır. Bu tez kapsamında yapılan çalışmada da parabolik oluk tipi güneş kollektörünün ısı verimini arttırmıştır ve dolayısıyla bu çalışma literatür çalışması ile uyumludur.

5.2. Öneriler

Bu çalışmanın sonuçları analiz edildiğinde, yapılmış olan öneriler aşağıda sunulmuştur.

- Parabolik oluk tipi güneş kolektörünün ısı verimini arttırmak için düz boru yerine helisel borunun kullanılması.
- Isıl verimi arttırmak için su yerine nano akışkan kullanmak daha iyidir.
- MWCNT'li akışkan, PTGK'nün ısı verimini arttırmak için kullanılabilir.
- 100 °C'den düşük uygulamalar için su, baz nano akışkan olarak kullanılabilir. 100 °C'ün üstü önerilmez. Bu sıcaklığın üzerine çıkılırsa su kaynar. Buda istenmeyen bir durumdur.
- Farklı hacimsel debilerde, farklı nano akışkanlar kullanılarak, bu tez kapsamında yapılan deneysel çalışmalar yapılabilir.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Salim Madallah Mohammed MOHAMMED
Uyruğu : Irak
Doğum Yeri ve Tarihi : 25.06.1972
Telefon : +07906956092
Faks : -
E-Posta : salimmar71@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı	İlçe	İl	Bitirme Yılı
Lise	: Ramadi Erkek Lisesi	Ramadi	Anbar	1990
Üniversite	: Teknoloji Üniversitesi	Bağdat	Bağdat	14.07.1995
Yüksek Lisans	: Konya Teknik Üniversitesi	Selcuklu	Konya	Devam ediyor
Doktora	:			

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
1995	İskan Bakanlığı	Mühendis
2005	Anbar Sağlık İdaresi Baş	Mühendisi

UZMANLIK ALANI

Makine Mühendisliği

YABANCI DİLLER / İngilizce-Arapça

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR

Mohammed, S. M., Dincer, K., Hameed A. H., 2019, influence of nano fluid and receiver tube shape modification on the performance of solar parabolic trough collector with closed system, *International Journal of Science and Research (IJSR)*, (Kabul). (Yüksek Lisans Tezinden).

KAYNAKLAR

- Abid, M., Ratlamwala, T. A. H., Atikol, U., 2016, Solar assisted multi-generation system using nanofluids: a comparative analyzes, *International Journal of Hydrogen Energy*, 42, 33, 2017, 21429-21442.
- Al-Ansary, H. ve Zeitoun, O., 2011, Numerical study of conduction and convection heat losses from a half-insulated air-filled annulus of the receiver of a parabolic trough collector, *Solar Energy*, 85 (11), 3036-3045.
- Barbés, B., Páramo, R., Blanco, E. ve Casanova, C., 2014, Thermal conductivity and specific heat capacity measurements of CuO nanofluids, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 115 (2), 1883-1891.
- Bellos, E., Tzivanidis, C., Antonopoulos, K. ve Gkinis, G., 2016, Thermal enhancement of solar parabolic trough collectors by using nanofluids and converging-diverging absorber tube, *Renewable Energy*, 94, 213-222.
- Bellos, E., Tzivanidis, C., 2019, A review of concentrating solar thermal collectors with and without nanofluids, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 135:763-786.
- Bellos, E., Tzivanidis, C., Tsimpoukis, D., 2018, Thermal, hydraulic and exergetic evaluation of a parabolic trough collector operating with thermal oil and molten salt based nanofluids, *Energy Conversion and Management*, 156, 388-402.
- Bellos, E., Tzivanidis, C., Tsimpoukis, D., 2018, Enhancing the performance of parabolic trough collectors using nanofluids and turbulators, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, 358-375.
- Cheng, Z., He, Y., Cui, F., Xu, R. ve Tao, Y., 2012, Numerical simulation of a parabolic trough solar collector with nonuniform solar flux conditions by coupling FVM and MCRT method, *Solar Energy*, 86 (6), 1770-1784.
- Esfé, M. H., Saedodin, S., Wongwises, S. ve Toghraie, D., 2015, An experimental study on the effect of diameter on thermal conductivity and dynamic viscosity of Fe/water nanofluids, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 119 (3), 1817-1824.
- Hameed, A. H. ve Nawaf, M. Y., 2018, Direct Absorption Process in an Annular Space for Innovative Solar Collector, *Advanced Science Letters*, 24 (11), 8957-8961.
- He, Y.-L., Xiao, J., Cheng, Z.-D. ve Tao, Y.-B., 2011, A MCRT and FVM coupled simulation method for energy conversion process in parabolic trough solar collector, *Renewable Energy*, 36 (3), 976-985.
- Jafar, K.S., Arulprakasajothi, M. Beemkumar, N. Elangovan, K., 2019, Effect of conical strip inserts in a parabolic trough solar collector under turbulent flow, *Energy*

Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 13 Aug, 1-13.

- Kalogirou, S. A., 2012, A detailed thermal model of a parabolic trough collector receiver, *Energy*, 48 (1), 298-306.
- Khullar, V. ve Tyagi, H., 2012b, A study on environmental impact of nanofluid-based concentrating solar water heating system, *International Journal of Environmental Studies*, 69 (2), 220-232.
- Khullar, V., Tyagi, H., Phelan, P. E., Otanicar, T. P., Singh, H. ve Taylor, R. A., 2012a, Solar energy harvesting using nanofluids-based concentrating solar collector, *Journal of Nanotechnology in Engineering and Medicine*, 3 (3), 031003.
- Li, M. ve Wang, L., 2006, Investigation of evacuated tube heated by solar trough concentrating system, *Energy Conversion and Management*, 47 (20), 3591-3601.
- Lobón, D. H., Valenzuela, L. ve Baglietto, E., 2014, Modeling the dynamics of the multiphase fluid in the parabolic-trough solar steam generating systems, *Energy Conversion and Management*, 78, 393-404.
- Maxwell, J. C., 1881, *A Treatise on Electricity and Magnetism: pt. III. Magnetism. pt. IV. Electromagnetism*, Clarendon press.
- Menbari, A., Alemrajabi, A. A. ve Rezaei, A., 2017, Experimental investigation of thermal performance for direct absorption solar parabolic trough collector (DASPTC) based on binary nanofluids, *Experimental Thermal and Fluid Science*, 80, 218-227.
- Otanicar, T. P., Phelan, P. E. ve Golden, J. S., 2009, Optical properties of liquids for direct absorption solar thermal energy systems, *Solar Energy*, 83 (7), 969-977.
- Öztürk, M., Bezir, N. Ç. ve Özek, N., 2007, Optical, energetic and exergetic analyses of parabolic trough collectors, *Chinese Physics Letters*, 24 (7), 1787.
- Padilla, R. V., Demirkaya, G., Goswami, D. Y., Stefanakos, E. ve Rahman, M. M., 2011, Heat transfer analysis of parabolic trough solar receiver, *Applied Energy*, 88 (12), 5097-5110.
- Paul, G., Pal, T. ve Manna, I., 2010, Thermo-physical property measurement of nano-gold dispersed water based nanofluids prepared by chemical precipitation technique, *Journal of colloid and interface science*, 349 (1), 434-437.
- Reddy, K., Kumar, K. R. ve Satyanarayana, G., 2008, Numerical investigation of energy-efficient receiver for solar parabolic trough concentrator, *Heat Transfer Engineering*, 29 (11), 961-972.
- Reddy, K. ve Satyanarayana, G., 2008, Numerical study of porous finned receiver for solar parabolic trough concentrator, *Engineering applications of computational fluid mechanics*, 2 (2), 172-184.

- Senthilraja, S., Vijayakumar, K. ve Gangadevi, R., 2015, A comparative study on thermal conductivity of Al_2O_3 /water, CuO/water and Al_2O_3 -CuO/water nanofluids, *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 10 (4), 1449-1458.
- Sharifpur, M., Tshimanga, N., Meyer, J. P. ve Manca, O., 2017, Experimental investigation and model development for thermal conductivity of α - Al_2O_3 -glycerol nanofluids, *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 85, 12-22.
- Singh, A., 2008, Thermal conductivity of nanofluids, *Defence Science Journal*, 58 (5), 600-607.
- Sokhansefat, T., Kasaeian, A. ve Kowsary, F., 2014, Heat transfer enhancement in parabolic trough collector tube using Al_2O_3 /synthetic oil nanofluid, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33, 636-644.
- Tayebi, T., Chamkha, A. J., Djezzar, M. ve Bouzerzour, A., 2017, Natural convective nanofluid flow in an annular space between confocal elliptic cylinders, *Journal of Thermal Science and Engineering Applications*, 9 (1), 011010.