

**TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPALARINDA
TOPRAK TÜRÜNÜN ISI POMPASI
PERFORMANSINA ETKİSİNİN
İNCELENMESİ**

**2019
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ**

YUNUS YILMAZ

**TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPALARINDA TOPRAK TÜRÜNÜN ISI
POMPASI PERFORMANSINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Yunus YILMAZ

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Enerji Sistemleri Anabilim Dalında

Yüksek Lisans Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

KARABÜK

Haziran 2019

Yunus YILMAZ tarafından hazırlanan “TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPALARINDA TOPRAK TÜRÜNÜN ISI POMPASI PERFORMANSINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK

Tez Danışmanı, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. .../.../2019

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan :

Üye :

Üye :

...../...../2019

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Filiz ERSÖZ

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdür V.



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Yunus YILMAZ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPALARINDA TOPRAK TÜRÜNÜN ISI POMPASI PERFORMANSINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Yunus YILMAZ

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK

Haziran 2019, 80 sayfa

Yapılan bu çalışmada Toprak kaynaklı ısı pompası deney seti yapılmıştır. Bu deney çalışmasında Killi Toprak, Killi Kırmızı Toprak, Kahverengi Orman Toprağı, Kırmızı Toprak ve Kum materyalleri kullanılmış olup her materyalin 10'ar dk.lık zaman periyotlarında totalde 2 saatlik zaman sürecindeki performans etki analizleri sonucunda değerler belirlenmiştir.

Enerji tüketiminin en az olduğu materyal deney rapor sonuçlarına göre en verimli toprak türünün kırmızı toprak olduğu belirlenmiş buna kıyasla sırasıyla killi kırmızı toprak, killi toprak, kahverengi orman toprağı bu sırayı izlemiş ve deney rapor sonuçlarına göre en fazla enerji tüketiminin olduğu ve buna binaen en verimsiz materyalin kum olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler : Toprak kaynaklı ısı pompası, enerji, performans, periyot.

Bilim Kodu : 928.1.233



ABSTRACT

M. Sc. Thesis

THE RESEARCH OF THE THE SOIL TYPE EFFECT ON THE HEAT PUMP’S PRODUCTIVITY IN GROUND SOURCE HEAT PUMPS

Yunus YILMAZ

**The University of Karabük
The Institute of Science and Technology
The Department of Energy Systems Engineering**

Thesis Advisor:

Prof. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK

June 2019, 80 pages

In this completed work the experimental set for the ground source heat pump has been done. In this experimental work Clayey Soil, Clayey Red Soil, Brown Forest Soil and Sand materials were used, the values were identified as a result of productivity effect analysis conducted for each material within 10 min. time periods and in total with 2 hours time period.

According to the results from the report of the experiment red soil, being the most productive soil, is identified as the material with the lowest energy consumption, in contrast to this others were aligned in the following order: clayey red soil, clayey soil, brown forest soil, and according to the results of experiment report sand was identified as the material with the highest energy consumption and consequently as the least productive material.

Key Words : Ground source heat pumps, energy, productivity, period.
The Science Code : 928.1.233



TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Prof. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Sevgili ailem, eşim Mehtap ve kızım Meryem'e manevi yardımlarını esirgemediğim yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

Murat ÖZTÜRK arkadaşşıma yardım, ilgi ve alakasından dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	3
LİTERATÜR TARAMASI.....	3
2.1. TOPRAKLARIN GENEL ÖZELLİKLERİ VE ISIL ETKİLEŞİMLERİ	3
2.2. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI ARŞİV ARAŞTIRMASI.....	4
BÖLÜM 3	9
GENEL BİLGİLER	9
3.1. TOPRAĞIN ISIL İLİŞKİLİ FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ	9
3.1.1. Isı Kapasitesi.....	9
3.1.2. Isı İletkenlik Katsayısı	10
3.1.3. Isısal Yayınım (Difüzivite).....	10
3.2. ISI POMPASI	10
3.2.1. Isı Pompası Tanımı	10
3.2.2. Isı Pompası Çevrim Şeması	11
3.2.2.1. Kompresörler	12
3.2.2.2. Kondenserler (Yoğuşturucular)	13

	<u>Sayfa</u>
3.2.2.3. Genişleme Valfi (Kısıлма vanası)	14
3.2.2.4. Buharlaştırıcı (Evaporatör)	14
3.2.3. Enerji Kaynaklarının Isı Pompalarında Kullanım Durumları.....	15
3.2.4. Isı Pompası Türleri	18
3.2.4.1. Hava Kaynaklı Isı Pompaları (HKIP)	18
3.2.4.2. Su Kaynaklı Isı Pompaları (SKIP)	19
3.2.4.3. Toprak Kaynaklı Isı Pompaları (TKIP)	21
 BÖLÜM 4	 27
UYGULAMA ÇALIşMALARİ	9
4.1. DENEYSEL ÇALIşMALAR VE SONUÇLARI	27
4.1.1. Uygulama Çalışmaları ile Verilerin Alınması	29
4.1.1.1. Toprak Materyallerinin Ortalama Verileri.....	32
 BÖLÜM 5	 52
SONUÇLAR	52
 BÖLÜM 6	 75
TARTIşMA, DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER	75
 KAYNAKLAR	 77
 ÖZGEÇMİş	 80

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Isı pompası çevrim şeması	11
Şekil 3.2. Isı pompası ve enerji döngüsü.....	16
Şekil 3.3. Hava kaynaklı ısı pompası uygulamaları.....	18
Şekil 3.4. Su kaynaklı ısı pompası ısıtma şeması.	20
Şekil 3.5. Yatay tip toprak kaynaklı ısıtma şeması.	25
Şekil 3.6. Dikey tip toprak kaynaklı ısıtma şeması.	26
Şekil 4.1. Deney setine ait düzenek.	27
Şekil 4.2. Toprak haznesinin boyutları	28
Şekil 4.3. Toprak haznesi.	28
Şekil 4.4. Buharlaştırıcı serpantin.	29
Şekil 5.1. Enerji tüketiminin grafik ile gösterimi.....	55

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1. Killi toprağın (1.fan) veriler tablosu.....	32
Çizelge 4.2. Killi toprağın (2.fan) veriler tablosu.....	33
Çizelge 4.3. Killi toprağın (3.fan) veriler tablosu.....	34
Çizelge 4.4. Killi toprağın (4.fan) veriler tablosu.....	35
Çizelge 4.5. Killi kırmızı toprağın (1.fan) veriler tablosu	36
Çizelge 4.6. Killi Killi kırmızı toprağın (2.fan) veriler tablosu.....	37
Çizelge 4.7. Killi Killi kırmızı toprağın (3.fan) veriler tablosu.....	38
Çizelge 4.8. Killi Killi kırmızı toprağın (4.fan) veriler tablosu.....	39
Çizelge 4.9. Kahverengi orman toprağının (1.fan) veriler tablosu	40
Çizelge 4.10. Kahverengi orman toprağının (2.fan) veriler tablosu	41
Çizelge 4.11. Kahverengi orman toprağının (3.fan) veriler tablosu	42
Çizelge 4.12. Kahverengi orman toprağının (4.fan) veriler tablosu	43
Çizelge 4.13. Kırmızı toprağın (1.fan) veriler tablosu.....	44
Çizelge 4.14. Kırmızı toprağın (2.fan) veriler tablosu.....	45
Çizelge 4.15. Kırmızı toprağın (3.fan) veriler tablosu.....	46
Çizelge 4.16. Kırmızı toprağın (4.fan) veriler tablosu.....	47
Çizelge 4.17. Kumun (1.fan) veriler tablosu	48
Çizelge 4.18. Kumun (2.fan) veriler tablosu	49
Çizelge 4.19. Kumun (3.fan) veriler tablosu	50
Çizelge 4.20. Kumun (4.fan) veriler tablosu	51
Çizelge 5.1. Toprak türlerinin fan devirlerine bağlı enerji tüketim tablosu	53
Çizelge 5.2. Killi toprağın (1.fan) 120 dakikalık deney sonuçları.....	55
Çizelge 5.3. Killi toprağın (2.fan) 120 dakikalık deney sonuçları.....	56
Çizelge 5.4. Killi toprağın (3.fan) 120 dakikalık deney sonuçları.....	57
Çizelge 5.5. Killi toprağın (4.fan) 120 dakikalık deney sonuçları.....	58
Çizelge 5.6. Killi kırmızı toprağın (1.fan) 120 dakikalık deney sonuçları	59
Çizelge 5.7. Killi kırmızı toprağın (2.fan) 120 dakikalık deney sonuçları	60
Çizelge 5.8. Killi kırmızı toprağın (3.fan) 120 dakikalık deney sonuçları	61

Sayfa

Çizelge 5.9. Killi kırmızı toprağın (4.fan) 120 dakikalık deney sonuçları	62
Çizelge 5.10. Kahverengi orman toprağının(4.fan)120 dakikalık deney sonuçları...	63
Çizelge 5.11. Kahverengi orman toprağının(4.fan)120 dakikalık deney sonuçları...	64
Çizelge 5.12. Kahverengi orman toprağının(4.fan)120 dakikalık deney sonuçları...	65
Çizelge 5.13. Kahverengi orman toprağının(4.fan)120 dakikalık deney sonuçları...	66
Çizelge 5.14. Kırmızı toprağın (1.fan) 120 dakikalık deney sonuçları	67
Çizelge 5.15. Kırmızı toprağın (2.fan) 120 dakikalık deney sonuçları	68
Çizelge 5.16. Kırmızı toprağın (3.fan) 120 dakikalık deney sonuçları	69
Çizelge 5.17. Kırmızı toprağın (4.fan) 120 dakikalık deney sonuçları	70
Çizelge 5.18. Kumun (1.fan) 120 dakikalık deney sonuçları	71
Çizelge 5.19. Kumun (2.fan) 120 dakikalık deney sonuçları	72
Çizelge 5.20. Kumun (3.fan) 120 dakikalık deney sonuçları	73
Çizelge 5.21. Kumun (4.fan) 120 dakikalık deney sonuçları	74

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

E	: toplam enerji tüketimi (Wh)
K	: toplam ısı geçiş katsayısı (W/m^2K)
L	: uzunluk (m veya cm)
Q	: ısı kaynağından alınan ve ısıtılmak istenen ortama verilen ısı (W)
P	: basınç (bar)
T	: sıcaklık (K veya $^{\circ}C$)
V	: hacim (m^3 veya cm^3)
V	: hız (m/s)
H	: entalpi, ısı taşınım katsayısı (kJ/kg veya W/m^2K)
k	: ısı iletim katsayısı (W/m^2K)
$\dot{m}$	: kütleli debi (kg/s veya m^3/s)
C	: özgül ısı (kJ/kgK)
q	: yoğunluk (kg/m^3)
ΔT	: sıcaklık farkı ($^{\circ}C$)
A	: alan (m^2)
()	: denklem numarası
[]	: referans numarası
Comp	: kompresör (Ekovat)
Cond	: kondenser
Soil	: toprak
Water	: su
Air	: hava
İ	: giriş
O	: çıkış

KISALTMALAR

TKIP	: Toprak Kaynaklı Isı Pompası
TID	: Toprak Isı Değiştiricisi
HKIP	: Hava Kaynaklı Isı Pompası
SKIP	: Su Kaynaklı Isı Pompası
SASA	: Sürekli Akış, Sürekli Açık
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
STK	: Soğutma Tesir Katsayısı
ITK	: Isıtma Tesir Katsayısı
Q^*_B	: Buharlaştırıcı Kapasitesi
Q^*_Y	: Yoğuşturucu Kapasitesi
COP	: Verim Katsayısı (Coefficient Of Performance)
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım rgt

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Enerjiye duyulan ihtiyacın karşılanmasındaki sıkıntılar enerjiyi daha kontrollü ve verimli kullanılmasını gerekli kılmıştır. Isı pompalarının kullanılmasıyla tüketilen enerji miktarında önemli ölçüde tasarruf yapmak mümkündür. Isı pompaları, sıcaklığı düşük ortamlarda bulunan (hava ve su gibi) enerji kaynaklarını, sıcaklığı daha yüksek bir ortama aktarabilen cihazlardır. Isı pompası türlerinden olan Toprak kanyaklı ısı pompaları (TKIP) düşük ses seviyesi, düşük gaz salınımları, düşük enerji tüketimi, düşük bakım gerekliliği ve düşük işletme giderleri ile konforlu, ekonomik ve rantabl ısıtma mekanizmalarındandır.

Bu teknolojide yüzeysel jeolojik katmanlarda ısı rejiminin minimal olması esastır. Isıtma yapılacak alanın hem ekolojik hemde ekonomik olarak ısıtılmasında elverişli olmaktadır.

Dünyada kıt ve rezerv bakımından tükenmesi kaçınılmaz olan enerji kaynakları ham maddeleri yerine ikame olabilecek alternatif yeni enerji kaynaklarının bulunması ve kullanılması gerekliliği kaçınılmazdır. Bu gerçekten yola çıkılarak yenilenebilir ucuz maliyetli, kaliteli ve çevre sağlığı yönünden zararı minimal seviyede veya az zararlı enerji kaynaklarına yönelik buluş, teknolojik geliştirme ve AR-GE çalışmaları yapılarak uygun enerji kaynaklarının bulunması sağlanmalıdır. Ülkemizde imzası bulunan Birleşmiş Milletler Kyoto Sözleşmesi gereğince dünyanın ekosistemine zarar vermeyecek yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirilmesi şarttır. Teknoloji, sanayi, ticaret ve ulaşım hacminin yükselmesiyle artan ihtiyaçlara paralel olarak baş gösteren enerji ihtiyaçlarının doğurduğu Uluslararası gerginlik ve kutuplaşma savaşların, çatışmaların, iç ve dış huzursuzlukları kaynağı haline gelebilmekte ve temel unsurları oluşturabilmektedir.

Enerji Milli Güvenlik açısındanda önemlidir. Örnek olarak akaryakıt olmadan ne gemiler ne uçaklar nede tanklar çalışır. Fakat bir çok kesimce kınanan ve protesto edilen Nükleer Enerji fosil yakıtlardan ve enerji kaynaklarından daha az zararlıdır. Fakat son derece güvenlik önlemleri alınması radyoaktif artıkların uzaya gönderilmesi koşuluyla temiz enerji olarak kullanılabilir. Nükleer enerjiye bağlı kalmak yerine daha temiz olan çevre dostu, ekosisteme zarar vermeyen enerji kaynakları da mevcuttur. Buna örnek olarak geliştirilen ısınmada kullanılacak ve diğer enerji kaynaklarına ihtiyacı azaltacak ve maliyetleri düşürecek Toprak kaynaklı ısı pompaları kullanılarak enerji verimliliğinin sağlanmasıyla enerji ihtiyaçlarının giderilmesi de ayrı bir alternatiftir. Toprak içerisinde ısı değişimi yani rejimi daha az ve stabl a yakın olması Toprak kaynaklı ısı pompası kullanımının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Toprak kaynaklı ısı pompalarının çeşitli toprak türlerinde marjinal enerji üretimi ve iletimi sağlayacak toprak türlerinin tespiti ve sonuçlarını içeren rapor uygulamalı analizler ve sentezler oluşturularak sonuca ulaşılacaktır.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR TARAMASI

2.1. TOPRAKLARIN GENEL ÖZELLİKLERİ VE ISIL ETKİLEŞİMLERİ

Günümüz teknolojileriyle toprak sadece tarımsal faaliyetlerde kullanılmayıp sanayi ve enerji üretim teknolojilerinde de kullanılabilir. Toprağın türü, fiziksel ve kimyasal özellikleri, ısı depolama ve iletim işlevlerinden faydalanılarak enerji üretim sistemlerinde de kullanılması gerekliliği oluşmuş olup ucuz, temiz, alternatif ve yenilenebilir enerji özelliği bulunmaktadır [1].

Havadaki ısı değişimleri toprak sıcaklığıyla doğrudan bağıntılıdır. Toprağın farklı sayılabilecek diğer özellikleride hava-toprak-nem ısı ilişkileridir. Bu ilişkiler toprak cinslerinin ayırımına gösterge olmaktadır. Toprak 0,5 m. yeraltındaki ısı ile değerlendirilmektedir. Toprağı yıl içindeki ısı değişimleri; Cryic, Frigid, Mesic, Thermic ve Hyperthermic olarak tanımlanmaktadır [1].

Fiziksel, kimyasal ve biyolojik oluşumların tümü toprak bünyesinde sıcaklığı direkt etkilemektedir [2].

Bitkisel oluşum, kök solunumu, mikrobiyolojik faaliyet, ayrışma olayları, hava kapasitesi, suyun buharlaşması, suyun hareket ve bulunuşu komple toprak sıcaklığıyla ölçütlendirilmektedir [3].

Toprak tarafından absorbe edilen ısı enerjisi miktarı, toprağın bünyesine aldığı güneş enerji ölçüsüne bağlıdır. Güneş aracılığıyla gelen enerji konveksiyonel olarak toprak ısısına dönüşerek direk toprak ısı değerlerine etki etmektedir. Bu ısı değer toprağın kimyasal yapısı, görünümü ve bir çok değişkenine bağlıdır [4].

Toprağın ısı iletkenliği toprağı oluşturan katı, sıvı ve gaz fazlarının miktarları ile yakından ilişkili bulunmaktadır. Bunlar arasında katı faz en yüksek iletkenliğe sahiptir. Daha sonra sırasıyla sıvı ve gaz fazları gelmektedir. Bir toprağın hacim ağırlığı artıkça diğer etmenler aynı kalmak koşuluyla ısı iletkenliği artar. Çünkü metreküp ağırlığıartıkça toprak sıkışmasıda artmaktadır. Toprak tanecikleri aralarında suyun olması hava olmasına nazaran ısı konveksiyonunu arttırmaktadır. Suyun ısı iletkenliği havanınkine kıyasla yaklaşık 25 kez daha iyidir. Bu nedenle toprakta su içeriğı artıkça, hava içeriğinin azalmasına bağılı olarak ısı geçişı artmaktadır. Diğer etmenler aynı olduğunda nemli bir toprak ısıyı kuru toprağı kıyasla 10 kez daha hızlı iletmektedir [5].

Su, toprağın ısı iletim kapasitesini artırmakla birlikte, özgül ısının yüksekliğı nedeniyle, toprak sıcaklığını yükselmesi için gerekli ısı miktarını da artırmaktadır [6].

Toprağın ısı özelliklerinin bilinmesi mühendislik, agronomi, bilimsel tarım ve toprak bilimi gibi birçok alanda gereklidir. Son zamanlarda bu özelliklerin teknik olarak ölçülmesine yönelik önemli çalışmalar yapılmaktadır. Tohumların çıkış ve çimlenmesi, dikim şartlarının sağlanması mikroklimanın etkisi altındadır. Mikroklima ise toprağın ısı özelliklerinden önemli derecede etkilenmektedir [6].

2.2. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI ARŞİV ARAŞTIRMASI

Çalışma tekniğı olarak termodinamik esasları Soğutma makinesi ile aynı olan bu düzeneğin ana koşulunu Carnot 1824’de bulmuştur [7].

Dinamik yapıda olan havayı akışkan araç olarak kullandığı bu mekanizmada dış ortamda bulunan hava bir silindir içine çekilerek ve hacim olarak büyütülerek sıcaklığın ve basıncın azaltılması sağlanır. Hava, dış ortamdaki ısı değıştiricisi vasıtasıyla genleştirilir, dış ortamdaki ısı soğuyan hava vasıtasıyla çekilir. Hava ısıdıktan sonra tekrar normal atmosferik hava basıncı kadar sıkıştırılıp odaya iletilir. Sıkıştırılan hava atmosferin normal sıcaklığından fazladır. “Isı yükselticisi” diye adlandırdığı mekanizmanın yanmaya aktarılan enerjisinin %3’ü ile ısıyı meydana

getirdiğini belirtmiştir. Bilim insanları ve mühendisleri 80 yıllık süre zarfına yakın yaptıkları araştırmalarla ısınma ergonomisinde ısı pompası aktif rol alabilecektir kanısına varmışlardır [7].

Boru sayısı tek olan ayrıca tip olarak yatay konumlu sıcaklık düzenleyicisi ile düzeneğin dizaynındaki değerler üzerine deneyler yapıldı. Verim ve sarfiyat miktarlarını belirlemeye yönelik dijital programlar bularak, araştırmalarını Oklahoma’da farklı 2 konutta elde ettiği sonuçları karşılaştırılmıştır. Maliyet açısından verimli üretimi yakalamak için çeşitli tahliller yapılmıştır [8].

Hibrit bir sisteme sahip olan ısı pompasının ısı değiştiricisi ile soğutma kulesini kullanarak ısıtma ve soğutma üzerine ortalama 2 yıla yakın bir süreçte verimlilik analizlerini yapmıştır [9].

TKIP’nın verimliliğine esas olan kuralların tespitine ulaşmak için bilgisayar kaynaklı bir program kullanılarak TKIP’lerinin kullanıldığı ısıtma, soğutma ve hava esaslı model uygulaması çalışmaları gerçekleştirildi [10].

Düşey konumlu toprak ısı değiştirici projesine yönelik çalışmalar yapılarak bu projeye yönelik düşey konumlu toprak ısı değiştiricisi malzemlerinden olan dolgu malzemelerinin tesir ve ısı iletim metodunu kullanıldı. Yapılan çalışmalar sonucunda ısı değiştiricisinin sıcaklığı ve dizaynına olan etkilerini ise delik çapı, dolgu malzemesi ve boru tipleri ve ısısal farklılıklar olarak açıklanmıştır [11].

1912’de lisansı isviçreye bağlı TKIP’nın yararları anlatılıp paylaşıldı. Toprak içinde dolandırılan metal yapılı serpantinler sayesinde ısının elde ediliş metodu gösterildi. HKIP; toprak serpantinlerinde meydana gelen korozyonun bu malzemelerin işlevini kaybettirmesiyle daha da önemli konuma gelmiştir. TKIP korozyon sorunu ile ikinci planda kalmış durumdayken plastik boruların sisteme dahil olmasıyla TKIP’larına yönelik araştırma-geliştirme yöntemleri artarak devam etmiştir [12].

TKIP’sı ABD’de 1940 – 1950 tarihlerinde anılmaya başlandı. O günün şartları itibariyle kullanılan malzelerin uygunsuzluğu ve doğalgazın ucuzluğu sebebiyle

TKIP'na olan girişimlerin duraksamasına sebep oldu. Bu duraksama petrolde başlayan 1973 ambargosuyla İsveç kentinde tekrar hareketlenerek Oklahoma State University'de geliştirmeye yönelik eğitime başlandı [13].

90'lı yıllar itibariyle ABD'de ortalama yüz bin TKIP'sı çeşitli alanlarda uygulanırken 1985 yılına kadar Amerika'da yaklaşık dört bin TKIP'nin faaliyette olduğu bildirilmiştir [14].

TKIP'sı 1997'nin sonlarında ortalama üç yüz bini geçerek mahal ısıtma-soğutma-iklimlendirme amaçlarında kullanılmıştır [15].

ABD'de elektrik enerjisinden tasarruf etmek amacıyla mahal ısıtma-soğutma-iklimlendirme alanlarında TKIP'nin kullanımını arttırmaya yönelik çeşitli eğitimler düzenlenmiştir [16].

Toprağın kuruluk ve nem oranına bağlı yapılan çalışmalar sonucuyla 1949 yılında toprağın ısıyı iletme katsayısı yapılan çeşitli analizlerle açıklanmıştır [16].

Toprak bünyesine ısıyı göndermek veya ısıyı topraktan almak amacıyla kullanılan boru materyallerinin ısı geçişlerini belirlemek amacıyla Kelvin Çizgisel Kaynak Teorisinin uygunluğu 1954'te belirtilmiştir [16].

Toprak içinde bulunan bir ısı mahalinin ve bu mahal çevresinde oluşan toprağın ısı geçişleri ile ilgili araştırmalar yapılmıştır [16].

Jeotermal kaynakların uygulama alanlarına yönelik yapılan analizlerde; 50°C'den daha düşük seviyede bulunan jeotermal kaynakların ısı pompalarında, 50°C ve 80°C aralıklarında bulunan jeotermal kaynakların direkt kullanımda ve son olarakta 130°C'den fazla olan jeotermal kaynaklarında elektriğin üretilmesinde kullanılabileceği saptanmıştır [16].

1982 yılında ABD’de 15000 m² ye yakın alanı olan bir okula TKIP kurulumu yapılarak kış mevsiminde ısıtılarak, yaz mevsimlerinde ise soğutularak bu teknolojiiden yararlanılmıştır [16].

İsveçte 1985 yılında araştırma-geliştirme amacıyla yürütülen eğitimlerde iki farklı alan üzerinde 10 m den 40 m ye kadar toprağın yıllık absorbe ettiği enerjiyi dikey borulama metodu kullanarak elde edilen analiz sonuçlarını paylaşmışlardır [16].

90’lı yıllarda su ve hava endeksli sistemlerin araştırması yapılarak bu çalışmada nehirleri bir depo kaynağı olarak kullanması sonucu pompaların mekaniksel uygunluğu, yeraltı hatlarının dizaynı ve depo olarak kullanılan nehirlerin seviye ve öz yapısal durumlarına yönelik bilgiler aktarıldı [16].

1992 yılında sırasıyla 22°C ve 13°C olan jeotermal kaynaklar ile 11266 e 549 kW lık TKIP’sı kurulumunda aldığı sonuçları belirtmiştir [16].

1994 yılında Rusya’nın maliyet olarak uygunluğuna yönelik yapılan çalışmada yeraltı su kaynaklarının yüksek seviyelerde kullanılmasının yerine maliyeti daha düşük bir yöntem olan TKIP kullanımının öngörüldüğü çalışmaları açıklamıştır [16].

1998 yılında TKIP sistemlerinin teknik yapısının antifriz ile olan durumlarını belirtmiştir [16].

Hibrit bir sisteme sahip olan ısı pompasının ısı değiştiricisi ile soğutma kulesini kullanarak toprağın ısı değiştiricilerinin miktarlarının düştüğünü analiz etmiştir [16].

TKIP ile 2000 yılında toprağın fiziksel durumlarına bağımlı olarak yüzeyden dip kısımlara doğru bünyesinde bulundurdıkları ısı miktarı yıllık olarak belirlenmiştir [16].

Hava-su ve su kaynaklı ısı pompalarının aynı şartlardaki verimliliklerine dair analizler yapılmıştır [16].

2005 yılında TKIP düzeneğiyle İzmirde bir sera mahalinin ısınmasıyla düzeneğin özyapısal verimliliği üzerine bulgular elde edilmiştir. Ayrıca kullanılan bu düzeneğin potansiyel enerjisinin kullanılabilirliğine yönelik maliyet araştırması da gerçekleştirilmiştir [16].

2007’de kerestelerin kurumasında kullanılmak üzere dizayn edilen ısı pompasında enerji ve ekserji çözümlemeleri gerçekleştirilerek enerji tüketimi ve ekserji yitimleri saptanmıştır [16].



BÖLÜM 3

GENEL BİLGİLER

3.1. TOPRAĞIN ISIL İLİŞKİLİ FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Toprağın bünyesinde tuttuğu sıcaklık çeşitli özellikleri ile ilişkilidir. Bu özellikler rengi, nem durumu ve kimyasal yapıları olarak kısaca söylenebilir. Saymış olduğumuz özellikler toprağın güneşten aldığı enerjiyi yansıtma kapasitesine bağlı olarak değiştirmekte ve toprağın ısısal durumu ortaya çıkmaktadır. Toprağın açık renkte olması yansımayı arttırırken nemli, kimyasal yapısının organik zenginliğinin fazlalığı ve koyu renkte olması ise bu yansımaya kapasitesini düşürmektedir. Güneş ışınlarının yeryüzüne geliş açıları bu yansımaya kapasitesini değiştirmekte olup yansımının değişkenlik göstereceği anlaşılmaktadır. Toprak ısısının daha randımanlı bir durumda kullanılmasını sağlamak için yansımaya kapasitesi minimal sevilere çekilmelidir ki buda ısınmanın ve sistemlerin daha performans yüksekliğine etki edecektir. Kış aylarında arazinin yüzeysel olarak boş kalmaması, yararlı atıkların toprağa karışması ve toprağın su tutma kapasitesine dikkat edilerek yansımaya kapasitesi minimal sevilere çekilmelidir [17].

3.1.1. Isı Kapasitesi

Isı kapasitesi belirlemede kullanılan metod toprağın absorpsiyon miktarıdır yani diğer bir deyişle kalorimetrik metodla ölçülmektedir. Isısal kapasite toprağın özelliklerine bağlıdır. Fiziksel ve kimyasal yapı, metreküp miktarına düşen ağırlık ve nem oranıyla yakından ilişkilidir. Özellikle anlaşılabacağı gibi nemin artması demek daha fazla enerji tüketilerek istenilen ısıcıklığa ulaşılması gerekeceğinden ısı kapasite durumunun artacağı anlamındadır. Yani nemli toprak ve kuru toprak karşılaştırması ile bu sonucu vermektedir [18].

3.1.2. Isı İletkenlik Katsayısı

Toprağın ısı geçişi olarakta tanımlanır. Bu ısı geçişi toprağın katmanları arasındaki geçiş hızı olarak bilinir. Aynı zaman da birim alan başına düşen ısı miktarıdır. Isı geçiş durumu her toprakta farklılık göstermektedir. Toprağın ısı iletim durumu; fiziksel ve kimyasal özelliklerine, nem ve organik madde yoğunluğuna ve hava ile temas durumuna göre değişiklik göstermektedir [19].

3.1.3. Isısal Yayınım (Difüzivite)

Nem miktarının artışı ile ısı iletkenlik durumunun azalım göstermesi ve ısısal kapasitenin de artması söz konusudur. Isı iletiminin hızı ısı iletkenliğinde meydana gelen hıza göre daha büyüktür. Isısal yayınım da bu duruma benzer şekilde yani ısı iletkenliği durumunda ki gibi hızlı artış göstermektedir [20].

3.2. ISI POMPASI

3.2.1. Isı Pompası Tanımı

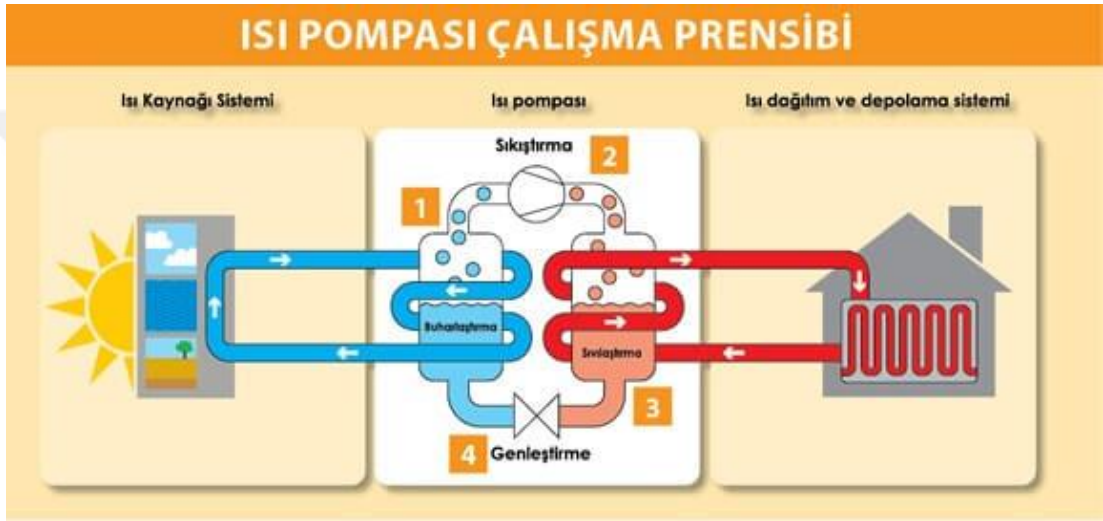
Elektrik enerjisi ile ısıнын ortam değiştirerek diğer bir deyişle ısıнын taşınma teorisine uygun şekilde yer değiştirmesi ısı pompası tanımını vermektedir. Teknik aşamalar ile enerji elde etme yöntemleri daha az maliyette sağlanabilmektedir [21].

Isı pompaları günümüzde yeni bir kavram olduğundan işlevsellik olarak yabancı gelmektedir. Her evde kullanılan buzdolapları, dondurucular ve klimalar bu teknoloji ile çalışmaktadırlar. Isı pompası olarak adlandırmanın yapılması ısıнын taşınma teorisin ile ilişkilidir. Enerji her daim var olduğundan sıfırlanamayacağından sadece değişime uğramaları söz konusudur. Isı pompalarında bu taşınım da görev aldıklarından aktarma anlamına gelecek olan pompa ismini almışlardır [21].

Mahal içerisindeki suların devir-daim durumuda suya ısı pompoası tarafından gönderilen enerji ile olmaktadır. Isı pompaları düşük sıcaklık ile daha yüksek verimli üretim sistemleridir [21].

Isı pompası sistemleri kullanılacağıımız olan enerjinin % 75'ini toprak, su ve havadan yani diğer bir deyişle güneşten % 25 lik kısmı ise elektrik enerjisi vasıtasıyla karşılamaktayız. % 75 lik olarak adlandırılan doğal enerji aynı zamanda tükenmeyecek bir enerjidir. Isı pompaları klima görevi gibi çalışabilmektedirler hem ısıtma hemde soğutma işlevi yapmaktadır [21].

3.2.2. Isı Pompası Çevrim Şeması



Şekil 3.1. Isı pompası çevrim şeması.

- 1- Kompresör
- 2- Yoğuşturucu (Kondenser)
- 3- Genişleme valfi (Kısılma vanası)
- 4- Buharlaştırıcı (Evaporatör)

Yukarıdaki elemanlar yardımıyla buharlaştırmacıda olan soğutucu akışkanın düşük olan basınç ve sıcaklığı ile ilk kaynağından alınan ısı enerjisinin meydana getireceği sıcaklıktaki fark soğutma görevi gören akışkanda sıcaklık artışına neden olacaktır vede soğutma görevinde ki akışkan zamanla kaynamaya başlayarak buhar haline geçecektir [21].

Buharı sıkıştırma, sıcaklığını ve basıncını arttırma görevini de kompresör yapmaktadır [21].

Buharlaşan soğutucu akışkan kondensere iletilir ve burdaki ısıtma suyu sıcaklığı, buhar fazına geçen akışkanın yoğuşma sıcaklığına göre daha da düşük seviyede olacağından akışkan kendi ısını ısıtma suyuna göndererek sıvı faza dönecektir [21].

Genleşme valfinden kompresör tarafından oluşturulan yüksek basınç geçerken düşecektir. Buharlaştırıcıya düşmüş olan sıcaklık ve azalan basınçla girecektir. Böylece kapalı sistem çevirimi sonlanmış olacaktır [21].

3.2.2.1. Kompresörler

Santrifüj Kompresörler : Santrifüj metodu uygulamaları belirli sistemlerde kullanılmaktadır. Kademeli sistemler, depolama sistemleri ve ısı transfer sistemleri bunlara örnek verilebilir. Yüksek katlı binalarda kullanıldığı kadar endüstriyel alanlarda da kullanılabilmektedirler [22].

Vidalı Kompresörler : Düşük kapasiteden yüksek kapasitelere doğru değişken tipte yüksek sıkıştırma değerleri vermektedir. Kapasite miktarları değişken kapılar ve kayar kanatlar vasıtasıyla düzenlenir. Bu tip kompresörlerde yağ ayırıcılara ihtiyaç duyulmaktadır. Kapasite kontrolleri basit yapıdadır [22].

Rotatif Kompresörler : Kademesi yüksek olan çalışma alanlarında düşük kademeli olarak işlev görürler.kapasite oranları yüksek ama sıkıştırma değerleri ise alt seviyelerdedir. Kapasite kontrolünde azaltma durumu zamanı fazla imkanlara sahip değildirler [22].

Pistonlu Kompresörler : 1800 ile 350000 Watt a kadar en sık kullanılan kompresör tipleridir [22].

Scroll Kompresörler : Hareket kabiliyeti olan bu tip kompresör ler yer değiştirebilen ve yörünge hareketi meydana getirebilen cihazlardır. Isı pompalarında

giderek rağbet görmeye başlamıştır. Gürültü ve titreşim yönüyle ergonomik olarak nitelendirilebilir [22].

3.2.2.2. Yoğuşturucular (Kondenserler)

Kısacası yoğuşturucu ve soğutucu diye adlandırabiliriz. Kompresörün kızgın şekilde yolladığı soğutucu akışkan burda yoğuşarak soğutulmaktadır. Kondenserler bu işlemi su ile yapabildikleri gibi hava aracılığıyla da gerçekleştirebilmektedirler.

Genel olarak 6 başlıkta açıklayabiliriz [22].

- 1- Su tankı içine gömülü tip
- 2- İç içe borulu tip
- 3- Boru demetli tip
- 4- Atmosferik tip
- 5- Evaporatif tip
- 6- Hava ile soğutmalı tip

Su tankı içine gömülü tip : Buhar halindeki soğutucu akışkan üst kısımdan girer ve yoğuşarak alt kısımdan çıkar. İyi bir soğutma yapılabilmesi için akışların zıt yönlü olması gerekir. Yani suyun da tanka alttan girip üstten çıkması gerekir [22].

İç içe borulu tip : Bu tipte bir boru içine çapı daha küçük, bir tane veya daha fazla boru yerleştirilmiştir. Soğutma suyu içteki borulardan, yoğuşmakta olan soğutucu akışkan ise iki boru arasındaki boşluktan geçer. Bu tip kondenserler az yer işgal ettikleri gibi kolaylıkla büyütülüp küçültülebilirler [22].

Boru demetli tip : Bu tipte silindir şeklindeki tank içine borular yerleştirilmiştir. Silindirin iki ucu kapalıdır, borular içinden su geçer. Üst taraftan silindire giren buhar halindeki soğutucu akışkan boru demetini yalayarak yoğuşur, dip kısımda toplanır ve sıvı deposuna geçer. Bunların yatay ve dikey tipleri vardır. Dikey tipleri kule tip kondenser olarak adlandırılır. Çok kullanılan bir kondenser şeklidir [22].

Atmosferik tip : Bu tip kondanselerde soğutucu akışkanın içinden geçtiği serpantin borular hem hava ve hem de su ile temastadır. Serpantin borunun üzerine su akıtılır ve böylece soğuma sağlanır. Akan su ise aşağıda toplanır ve tekrar pompa ile devreye sokulur. Bu arada suyun bir kısmı da buhar haline geçer. Burada soğuma hem hava hem de su yardımıyla sağlanmaktadır [22].

Evaporatif tip : Bu tipin çalışma prensibi ve şekli atmosferik tipe benzer. Atmosferik tipe göre daha az soğutma suyuna ihtiyaç gösterir. Soğutma suyunun üst kısımdan basınçla ve küçük zerrecikler halinde püskürtülmesiyle verim arttırılır. Su zerreciklerinin hava ile birlikte sürüklenmemesi için hava hızının 2-3 m/s civarında olması gerekir. Ayrıca vantilatörden önce bir su tutucunun eklenmesi de yararlı olur [22].

Hava ile soğutmalı tip : Bu tip kondanselerde soğutmayı sağlayan havadır. Burada alınan ısı hava sıcaklığı ile kondenser sıcaklığı arasındaki farka ve havanın hareketine bağlıdır. Ev tipi buzdolaplarında ve pastane, süpermarketlerde kullanılan buzdolaplarında bu tip kondanselerden yararlanılır. Evde kullanılan buzdolaplarında kondenserde soğuma havanın doğal dolaşımı ile olur. Fakat süpermarket ve pastane gibi yerlerde kullanılanlarda ise vantilatör ilavesiyle hava hareketi hızlandırılmıştır [22].

3.2.2.3. Genişleme Valfi (Kısılma vanası)

Basınç ayarlama görevi görmektedir. Diğer bir deyişle basınç düşürücüdür. Otomatik kullanım şekli olduğu gibi termostatik versiyonu da bulunmaktadır [23].

3.2.2.4. Buharlaştırıcı (Evaporatör)

Akışkanın soğutma işleminin yapılacağı mahalin soğutulması görevi evaporatörler vasıtasıyla gerçekleşir [24].

İletkenlik katsayıları fazla olan değişik malzemelerden üretilirler. Temizlik bakımları dikkat gerektiren alanlardır. Ayrıca buzlanma görülebileceğinden bu bakımlarında ayrıca dikkat etmek gerekmektedir [24].

Su ve hava soğutması da kullanılan farklı bir çok çeşitleri bulunmaktadır [24].

3.2.3. Enerji Kaynaklarının Isı Pompalarında Kullanım Durumları

Yukarıdaki şemada da görüldüğü gibi ısı pompasında kullanılan enerji güneşle başlayıp toprak, su, ve hava ile kaynak oluşturularak ısı çevriminin temel unsurları oluşturulmaktadır [25].

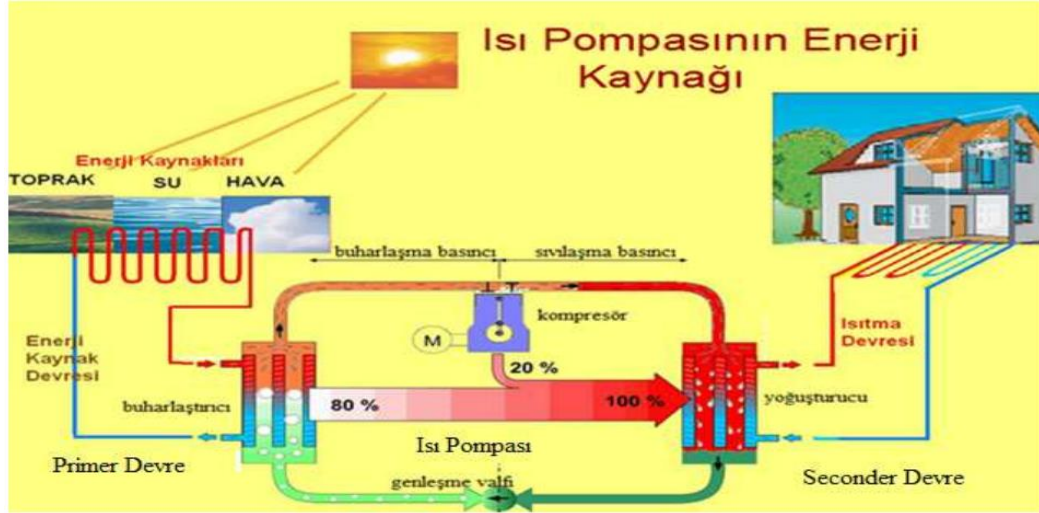
Günümüzde maliyeti en düşük ve sürdürülebilirlik açısından en kullanışlı sistemler arasında güneş enerjisi ile çalışan sistemler yer almaktadır [25].

Çevreye zarar vermeyen doğal ve tükenmez enerji kaynağımız olan güneş enerji sistemleri üzerine her geçen daha da artan teknolojik yatırımlarla farkındalığını göstermektedir [25].

Toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinde en önemli parametre, topraktan çekilen ısıdır. Bu bağlamda toprak özellikleri temel etkindir [26].

Toprak tabakası, kışın yeryüzünün altında veya yeraltı sularında depolanmış ısının ortama, yazın ortamdaki ısının yeraltına taşınmasında doğanın bize verdiği bu avantajı kullanır. Kısaca yer altı; kışın bir ısı kaynağı, yazın ise bir ısı çukuru olarak davranmaktadır [26].

Toprak güneş ışınları ile gelen ısıyı depo eder. Bazı durumlar da ısıyı bir ortamdan diğerine transfer eder [27].



Şekil 3.2. Isı pompası ve enerji döngüsü.

Bir toprağın sıcaklık derecesini ve sıcaklığını yayma özelliğini etkileyen faktörler şunlardır.

İklim : Güneş ışınları ne kadar dik gelirse ve atm sıcaklığı ne kadar yüksek olursa toprağın sıcaklığı da yüksek olur.

Toprak rutubeti : Islak ve rutubetli topraklar genellikle düşük sıcaklığa sahip soğuk topraklardır.

Toprağın drenaj durumu : Drenajı ve havalanması bozuk topraklar genellikle soğuk topraklardır.

Organik madde : Organik maddece zengin topraklar çoğunlukla sıcak ve ılık topraklardır. Çünkü burada ki sıcaklık iki kaynaktan ortaya çıkar. Bunlar ;

- 1- Organik madde koyu renkli olduğu için güneşten gelen ısıyı daha fazla absorbe ve depo eder.
- 2- Topraktaki organik madde parçalanması sırasında ortaya önemli miktarda ısı çıkar.

Toprağın mineral madde miktarı : Genel olarak çeşitli inorganik yapıdaki mineralleri ihtiva eden topraklar çabuk ısınırlar örneğin kuvars bakımından zengin olan kırmızı topraklar daha çabuk ısınırlar ve ısıyı daha kolay iletirler.

Toprağın su miktarı : Topraklarda depo edilen su aktıkça o toprağın ısınması ve ısıyı yayması zorlaşır. Buna karşılık kurak topraklar daha çabuk ısınırlar.

Toprağın yön durumu : Güney yönlerdeki topraklar daha çabuk ısınırlar. Buna karşılık gelen kuzey yönlerdeki topraklar daha geç ısınırlar [27].

Enerji transferindeki en pratik yollardan birisi Su dur. Su soğutmalı sistemler, diğer kaynaklı sistemlere göre hem çok daha verimli ve plakalı eşanjörler vasıtası ile çok küçük hacimlerde, yüksek kapasiteler elde edilebilmektedir [28].

Tüm sistemdeki su hacminde depolanan enerji, daha az değişken ve şartlandırılması da kolaylıkla yapılabildiği için, sistemin düşük soğutucu gaz basıncında çalışmasını ve dolayısı ile daha az enerji tüketilmesini sağlamaktadır [28].

Hava, ısı pompası için ucuz bol bir ısı kaynağıdır. En büyük yararları, sürekli bulunmasından başka, her ortamda kullanılması; kullanılan ekipmanların makul boyutlarda olması ve düşük işletme ve tesis maliyetleri gerektirmesidir [28].

Hava kaynaklı ısı pompalarının iki büyük dezavantajı sıcaklık değişimi ve buzlanma problemidir. Hava kaynaklı ısı pompalarının tasarımı hava sıcaklığı değişimi ile çok ilgilidir. Bir çok yerde hava sıcaklığının değişimi büyüktür. Buna göre, ısıtma yükü, hava sıcaklıklarının düşük olduğu zaman, yüksek değerlerde olmalıdır. 0 °C veya daha alçak sıcaklıklarda ısı değiştirici yüzeylerinde don meydana gelir. Periyodik olarak donun çözülmesi gerekir [28].

3.2.4. Isı Pompası Türleri

3.2.4.1. Hava Kaynaklı Isı Pompaları (HKIP)

Dış (çevre) yani hava en ucuz enerji kaynağıdır. Çevre havası her yerde bulunabildiğinden ve serbestçe kullanılabildiğinden dolayı ısı pompaları için evrensel bir ısı kaynağı/çukuru durumundadır. HKIP'ler kışın dış havadan enerjiyi çekerek iç ortama aktarır iç ortamın ısınmasını sağlar iken, yazın iç ortamdan ısı çekerek, çektikleri ısıyı dış havaya aktarmakta ve soğutulmuş havayı iç ortama göndererek soğutma yapmaktadırlar [28].



Şekil 3.3. Hava kaynaklı ısı pompası uygulamaları.

HKIP'nin ilk yatırım maliyetinin toprak ve su kaynaklı ısı pompalarına göre daha düşük olması nedeniyle ılıman iklimlerde çok fazla tercih edilmektedirler [29].

Hava sıcaklığının karasal iklimlerde mevsimler arasında büyük değişim göstermesi nedeniyle, HKIP karasal iklimlerde sınırlı bir kullanıma sahiptir. Çünkü iç ve dış sıcaklıklar arasındaki fark arttıkça ısı pompasının performansı azalır [29].

HKIP sistemlerinde, hava sıcaklığı 0°C'ye veya altına indiğinde ısı pompasının buharlaştırıcısında donma problemi ortaya çıkmakta ve oluşan buz, sistemin performansını düşürmektedir. Oluşan buz çözmek için defrost uygulaması yapılması zorunlu olmakta bu durum da enerji tüketimini artırmakta ve COP'yi düşürmektedir. Dış hava sıcaklığının kış aylarında 0°C veya daha düşük olduğu bölgelerde HKIP çoğunlukla ek ısıtıcıyla birlikte kullanılmaktadırlar [29].

Split ve paket tip ısı pompaları (klima cihazları) ve klima santralleri hava kaynaklı ısı pompaları arasında yer almaktadır. Özellikle evler, bürolar, otel odaları vb. küçük alanlarda hava kanalı gerektirmeyen split klimalar yaygın olarak kullanılmaktadır. Okul, hastane, fabrika, alışveriş merkezi vb. gibi daha büyük alanlarda ise merkezi sistem klima santralleri, kanal tipi split klimalar ve paket tip klima cihazları kullanılmaktadır [29].

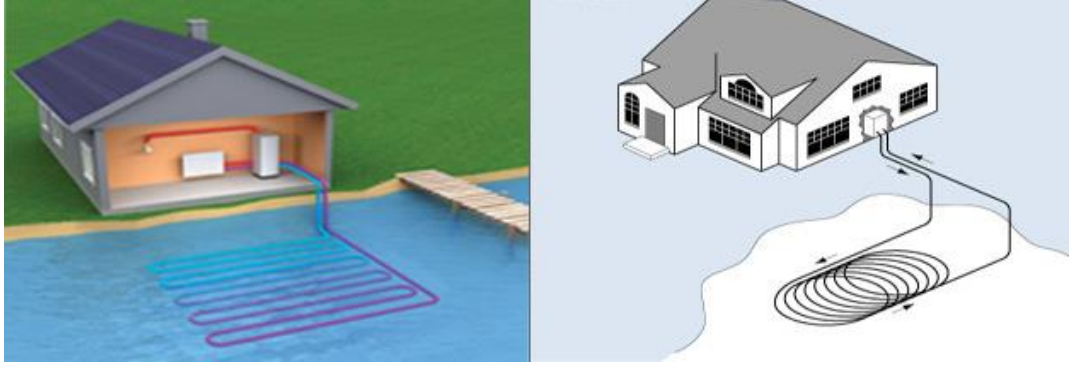
Hava kaynaklı ısı pompalarının üç çevrimi vardır: ısıtma çevrimi, soğutma çevrimi ve buz çözme (defrost) çevrimi [29].

HKIP ile sıcak su elde etme, ısıtma ve soğutma yapılabilir [29].

3.2.4.2. Su Kaynaklı Isı Pompaları (SKIP)

Su kaynaklı ısı pompası sistemleri ısı kaynağı olarak suyu kullanırlar. Kullandıkları su kaynakları ve borulama mekanizmalarına göre gruplandırılabilirler [29].

Derinliği denizlere göre daha az olan göl veya nehirleri ısı kaynağı olarak kullanan ısı pompaları çalışma prensibi toprak kaynaklı ısı pompasına benzer. Kılcal borular şekilde görüldüğü gibi yatay biçimde en az 2,5 m derinliğe yerleştirilmelidir. Boru içerisinde bir pompa yardımıyla dolaştırılan antifreeze su karışımı ısı kaynağından aldığı enerjiyi ısı pompası içerisinde dolaştırılan ısı taşıyıcı akışkana aktarır. Isı taşıyıcı akışkan da enerjisini ısıtma ve kullanma sıcak suyu sistemlerine aktarır [29].



Şekil 3.4. Su kaynaklı ısı pompası ısıtma şeması.

Deniz suyu büyük çaplı ısı ihtiyaçlarında kullanılan mükemmel bir çözümdür. 25-50 m derinliklerde deniz suyu sıcaklığı 5-8 C derecelerde sabittir. Bu sıcaklık değerleri de yüksek performans katsayıları olarak geri döner. Deniz suyu ısı kaynağı olarak kullanıldığı zaman dikkat edilmesi gereken faktörler ise su altına yerleştirilen kılcal borulamaların ve pompa sisteminin korozyona dayanıklı olması ve sistem içerisinde oluşabilecek organik kirlenmenin minimum seviyelerde tutulmasıdır [29].

Isı pompaları için en uygun ısı kaynağı ise yer altı sularıdır çünkü yer altı suları kış sezonunda bile yüksek sıcaklıklara ulaşmaktadır. Yer altı suları ısı kaynağı olarak kullanıldığı zaman sistem tasarımında 2 farklı kuyu ihtiyacı oluşmaktadır. Kuyulardan bir tanesinden sürekli olarak sıcak su ihtiyacı karşılanırken, ısı pompası içerisinde çevrimini tamamlayan ve enerjisini ısıtma sistemine aktaran dönüş suyu diğer kuyuya boşaltılır. Kuyu içerisinde alınan suyun direk ısı pompası içerisinde dolaştırılacak olması kuyudan numune alınıp test edilmesi ve gerekli yerlerden onay alınması gerekliliğini oluşturmaktadır. Yer altı sıcak suyunun direk ısıtma çevriminde kullanıldığı sistemler açık çevrim olarak da adlandırılmaktadır [29].

Toprak ve su kaynaklı ısı pompaları ilk yatırım maliyetleri, hava kaynaklı ısı pompalarına göre çok daha yüksektir. Ancak toprağın ve suyun sıcaklığı, hava ile kıyaslandığında daha az değişken olduğu için hava kaynaklı ısı pompalarına göre daha verimli çalışabilmektedirler. İç hava-dış hava sıcaklık farkının yüksek olduğu iklim bölgelerinde ya da ısı ihtiyacının fazla olduğu büyük işletmelerde tercih edilebilirler; fakat bunun için çevrenizde yeterli büyüklükte bir su kaynağı veya toprak altı müsait alanınız olmalıdır [29].

3.2.4.3. Toprak Kaynaklı Isı Pompaları (TKIP)

Toprak kaynaklı sistemlere olan ilgi, Oklahoma Eyalet Üniversitesi'nde, güneş enerjisi takviyeli ısı pompası sistemleri üzerine yapılan araştırmalar sırasında ortaya çıktı. Isı pompalarını enerji depolamada takviye etmek ve toprakla temas sonucu fazladan enerji depolamak amacıyla; büyük, yalıtılmış, gömülü depolar tasarlandı [30].

Yüzey alanı/hacim oranı büyük olan sistemlerin (uzun ve ince bir tank ya da bir boru) en iyi olduğunu anlamak uzun sürmedi. Enerjinin, kolektörler yerine topraktan daha kolay ve daha ucuza elde edilebileceği görülünce, güneş enerjili sistemlere olan ilgi azaldı [30].

TKIP üzerinde ilk çalışmalar, ikinci dünya savaşından sonra başlamış ve son 20 yıl içerisinde bu konu üzerindeki çalışmalar iyice yoğunlaşmıştır. 1950'lerde, önce Ingersoll daha sonra Penrod topraktan, borular vasıtası ile ısı çekilmesinin matematik olarak modellenmesi üzerinde çalışmış ve topraktaki sıcaklık dağılımlarını iyi bir yaklaşıklıkla elde etmiştir. Son yıllarda Baker da konutlar için toprak kaynaklı ısı pompaları uygulamalarında, toprak ısı değiştiricilerinin tasarımı üzerinde çalışmış ve yaptığı deneysel çalışmada elde ettiği sonuçların, teorik olarak elde edilen sonuçlara uygunluğunu göstermiştir [30].

Son yıllarda bu konuda özellikle Amerika Birleşik Devletleri, İsveç ve Kanada'da çalışmalar yapılmıştır. ABD'de Kavanaugh dikey toprak ısı değiştiricilerinde ısı geçişini incelemiş, ayrıca U-tüp ve eş eksenli dikey ısı değiştiriciler üzerinde çalışmalar yapmıştır. Eş eksenli dikey ısı değiştiricileri üzerinde, ayrıca Oklahoma Eyalet Üniversitesi, Kuzey Carolina Eyalet Üniversitesi ve Louisiana Eyalet Üniversitesi'nde araştırmalar yapılmıştır. İsveç'te ise çalışmalar, bölünmüş tip ısı değiştiricileri üzerinde yoğunlaşmıştır [30].

Yine ABD'de Bose; çeşitli şekillerde yerleştirilmiş yatay toprak ısı değiştiricileri üzerinde çalışmıştır. Bose toprak kaynaklı ısı pompalarının, güneş enerjisinden kaynak olarak faydalanan ısı pompalarıyla birlikte çalışmalarını da incelemiştir. Yine

bu konu üzerinde Avrupa Ekonomik Topluluğu Komisyonu, bir fizibilite çalışması yaptırarak, sistemin Kopenhag, Paris ve Marsilya'da uygunluğunu araştırmıştır [30].

Toprak Kaynaklı Isı Pompası Çalışma Prensibi

Toprak altı su devresi, su ve glikolden oluşan bir ısı taşıyıcı akışkan içerir. Bu devre üzerinden ısı taşıyıcı akışkana topraktan enerji transferi gerçekleşir. Bu işlem sonucunda akışkan sıcaklığı cihaz girişine yaklaşık olarak 0°C civarındadır. 0°C'deki ısı taşıyıcı akışkan, evaporatörde soğutucu akışkan ile karşılaşır ve ısı alış verişini gerçekleştirir. Soğutucu akışkan ise evaporatöre girdiğinde sıvı fazdadır ve yaklaşık -10°C civarındadır. Soğutucu akışkan 0°C'ye geldiğinde kaynamaya başlar. Evaporatörden sonra kompresöre ulaşmadan önce gaz halindedir ve sıcaklığı 0°C civarındadır. Gaz fazındaki soğutucu akışkanın basıncı kompresör içinde artar ve gazın sıcaklığı 0°C'den 100°C'ye çıkar. Sıcak gaz daha sonra kondensere gönderilir. Isı, kondenser üzerinden pompa yardımı ile bina içi ısıtma (radyatör veya yerden ısıtma) ve sıcak su sistemine (boyler) iletilir. Kondenser içerisinde enerjisini kaybeden gaz soğur fakat basıncı genleşme vanasına gönderilirken hala yüksektir. Soğutucu akışkan basıncı genleşme vanasında düşürülür, sıcaklığı ise yaklaşık olarak -10°C'dir. Isı transfer akışkanı, toprakta depolanmış enerjiyi toplamak için tekrar ısı pompasından ayrılır [31].

Toprak Kaynaklı Isı Pompası Çeşitleri

Açık çevrim sistemler : Açık sistemlerde, kapalı sistemlerdeki ısı taşıyıcı akışkan yerine, ısı kaynağı olarak kullanılan yerüstü veya yeraltı suyu doğrudan ısı taşıyıcı akışkan olarak kullanılır. Açık sistemler öncelikle suyun çekildiği ana kuyulardan, ana ve enjeksiyon kuyularından veya yüzey su sistemlerinden oluşurlar [32].

Açık sistemleri tasarlarken birkaç özel faktör göz önünde bulundurulmalıdır. Birinci önemli faktör kullanılan suyun kalitesidir. Açık çevrimli sistemlerde soğutucu akışkan ile yerüstü veya yeraltı suyu arasındaki ısı değiştiricisi kirlenme, korozyon veya tıkanma tehlikesi ile karşı karşıyadır. İkinci önemli faktör ısı kaynağı veya kuyusu olarak kullanılan su kütlesinin yeterliliğidir. Üçüncü önemli faktör dönüş

suyunun ne yapılacağıının belirlenmesidir. Dönüş yeraltı veya yerüstü suyu enjeksiyon kuyuları ile toprağa geri verilebildiği gibi göl, ırmak gibi yüzey sistemlerine aktarılabilir. Bu konuda yerel kanunlar veya düzenlemeler açık sistemin fizibilitesini etkileyebilir. Kuyu tasarımına bağlı olarak açık sistemler, tüm toprak kaynaklı ısı değiştiricileri kurulumlarından daha fazla pompalama yüküne ihtiyaç duyar. Bununla birlikte, ideal şartlarda, açık çevrim uygulaması toprak ısı değiştiricisi sistemleri içinde en ekonomik olanıdır [32].

Kapalı çevrim sistemler : Kapalı çevrimli sistemler yeraltına gömülü bir boru şebekesinden oluşur ve bu şebekeyi oluşturan yüksek güçlü plastik borular ısı değiştiricisi vazifesi görürler. Boru şebekesi ısı taşıyıcı akışkanla doldurulur ve genellikle ısı taşıyıcı akışkan olarak su veya su-antifriz karışımı kullanılır. Kapalı çevrimli sistemlerde, ısı taşıyıcı akışkanın borular içerisinde dolaşımını sağlamak üzere, bir pompa bulunur [32].

Tüm sistem göz önüne alındığında toprak kaynaklı ısı pompası sistemleri soğutucu akışkan ile yaşam alanı arasında, ısı taşıyıcı akışkan ile soğutucu akışkan arasında ve ısı taşıyıcı akışkan ile jeokütle arasında toplam üç adet çevrim gerçekleştirirler. Soğutucu akışkan çevrimi ile ısı taşıyıcı akışkan arasındaki enerji alışverişi bir ısı değiştirici vasıtasıyla sağlanır. Bu ısı değiştiricisi, toprak ısı değiştiricisi ile ısı pompası sisteminin ortak bir elemandır ve soğutma sezonunda soğutucu akışkanın yoğunlaşmasını sağlarken ısıtma sezonunda buharlaşmasını sağlar. Yazın soğutma ihtiyaçları nedeniyle toprak ısı değiştiricisindeki akışkanın sıcaklığı artar ve soğutucu akışkandan aldığı bu ısıyı daha düşük sıcaklıktaki toprağa verir ve çevrimini tamamlar. Kışın ise ısıtma ihtiyaçları nedeniyle sıcaklığı düşen ısı taşıyıcı akışkan kaybettiği enerjisini kendinden daha yüksek sıcaklıkta olan topraktan alarak çevrimini tamamlar. Kapalı çevrimli sistemlerde toprak ısı değiştiricilerinin yatay, spiral, düşey ve yüzey suyuna daldırılmış değişik kurulumları vardır [32].

Düşey toprak ısı değiştiricileri genellikle arsa alanının kısıtlı olduğu durumlarda kullanılır. Kuyuların derinlikleri genellikle 22.9-91.4 m arasındadır. Kapalı çevrimli toprak ısı değiştiricisindeki borular düşey kuyunun içerisinden geçirilirler. Toprak ısı değiştiricili ısı pompası sistemlerinin tasarımında ısı değiştiricisinin döşenmesi

gereken alanın azaltılmasının bir amaç olduğu düşünülürse, düşey toprak ısı değiştiricili ısı pompası sistemlerinin diğer sistemlere üstünlüğü ortaya çıkar [33].

Kapalı devre çevrim sistemleri, toprak ısı değiştirici tiplerine göre yatay ve dikey olmak üzere iki gruba ayrılırlar.

Yatay Tip Toprak Kaynaklı Isı Pompaları

Toprak ısının çekilmesi, toprak yüzeyine paralel ve genellikle çok devreli olarak yerleştirilen geniş yüzeyli plastik borularla gerçekleştirilmektedir. Bir devrenin uzunluğu 100 m'yi geçmemelidir, aksi takdirde ısı taşıyıcı akışkan sirkülasyonu için gerekli pompa gücü yüksek olmaktadır.

Her devre, sistemin havasının atılmasını sağlayabilmek için, en yüksek noktada bulunması gereken bir kollektöre bağlanmaktadır.

Zaman zaman toprakta oluşan buzlanmanın, sistemin işletimine ve yüzey bitki örtüsü üzerinde olumsuz etkileri bulunmamaktadır. Mümkün mertebe derin kök yapan bitkilerin toprak ısı değiştiricisinin uygulandığı bölgelere dikilmemesine dikkat edilmelidir.

Boruların sivri taşlardan hasar görmemeleri için kum ile örtölmeleri de önemlidir.

Boruların üzeri toprakla doldurulmadan önce mutlaka bir hidrolik basınç testi yapılmalıdır. Muhtemel hasarların hemen fark edilebilmesi için, basınç testine toprak dolumu yapılırken devam edilmelidir.

Özellikle yeni inşaatlarda, gerekli toprak hafriyatları genellikle büyük bir ekstra masraf gerektirmeden yapılabilir.

Topraktan çekilebilecek ısı miktarı, öncelikle toprağın nemi olmak üzere birçok faktöre bağlıdır. Özellikle nemli ve killi topraklarda olumlu sonuçlar alınmaktadır. Kum oranı yüksek topraklar, yatay uygulamalar için çok uygun değildir [34,35]

Avantajları;

- 1- Uygun maliyetler
- 2- Isı pompasının yüksek yıllık performans katsayıları [34,35].

Dezavantajları;

- 1- Hassas uygulama gerekliliği, usulüne uygun olmayan yerleştirmede hava birikimi problemleri
- 2- Geniş alan gereksinimi
- 3- Uygulanan arazinin yapılaşma için kullanılamaması [34,35].



Şekil 3.5. Yatay tip toprak kaynaklı ısıtma şeması.

Dikey Tip Toprak Kaynaklı Isı Pompaları

Kolay borulama ve az yer gereksinimi nedeniyle dikey toprak ısı değiştiricileri son yıllarda giderek yaygınlaşmaktadır. Genel olarak uç kısmında özel birleştirme parçaları (U formunda) ile birbirine kaynatılan iki veya dört paralel plastik boruya

sahip boru demetinden oluşmaktadır. Plastik borular, dört borulu sistemde uç kısımlarından bağımsız akışlı iki devre oluşturacak şekilde birbirine bağlanmaktadır. Bunlara çift U borulu sistem denilir. Uygun hidrojeolojik şartlarda yüksek ısı çekişi sağlanabilmektedir. Dikey toprak ısı değıştiricilerinin yerleştirilmesi ve planlanması için toprak özellikleri ve yer altı şartları hakkında tam bir bilgiye sahip olunması şarttır. Dikey toprak ısı değıştiricileri konusunda uzmanlaşmış, malzeme seçimi ve yerleştirilmesinin yanı sıra gerekli ruhsatların alınması ile ilgili hizmetleri de sunan uzman firmalara danışılmalıdır. Uzman jeologlara veya jeoloji ile ilgili makamlara da danışılabilir [35].

Avantajları;

- 1- Güvenilir
- 2- Az yer gereksinimi
- 3- Isı pompasında yüksek yıllık performans katsayıları [35].

Dezavantajları;

- 1- Genel olarak yüksek yatırım maliyeti
- 2- Bazı zeminlerde uygulama zorlukları [35].



Şekil 3.6. Dikey tip toprak kaynaklı ısıtma şeması.

BÖLÜM 4

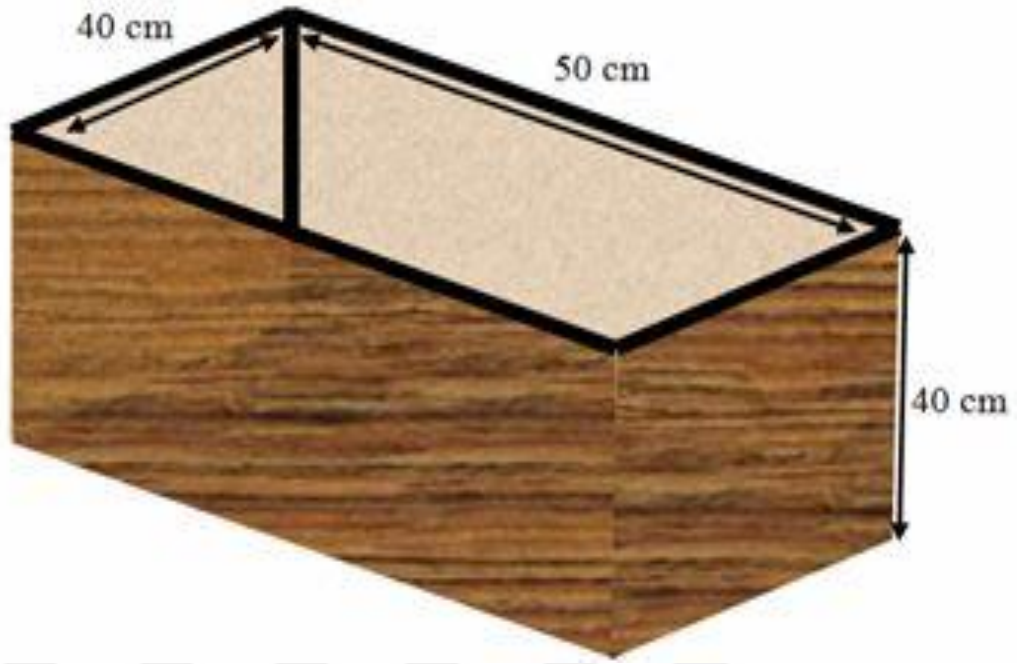
UYGULAMA ÇALIŞMALARI

4.1. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE SONUÇLARI

Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı Laboratuvarında dizayn edilen Toprak Kaynaklı Isı Pompası ile Toprak Kaynaklı Isı Pompalarında Toprak Türünün Isı Pompası Performansına Etkisinin İncelenmesi ile ilgili olarak yapılan deneyler sonucunda killi toprak, killi kırmızı toprak, kahverengi orman toprağı, kırmızı toprak ve kum materyalleri analiz edilerek ayrı ayrı verileri elde edilmiştir.



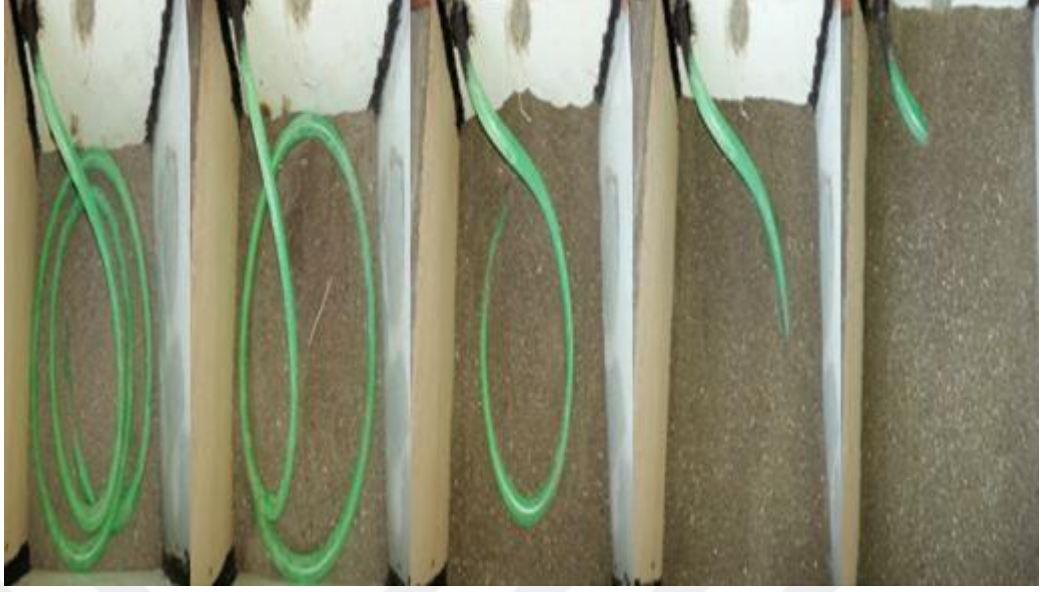
Şekil 4.1. Deney setine ait düzenek.



Şekil 4.2. Toprak haznesinin boyutları.



4.3. Toprak haznesi.



Şekil 4.4. Buharlaştırıcı serpantin.

4.1.1. Uygulama Çalışmaları ile Verilerin Alınması

Dizayn edilen Toprak Kaynaklı Isı Pompası (TKIP) ile killi toprak, kırmızı toprak, kahverengi orman toprağı, kırmızı toprak ve kum materyalleri ile farklı topraktürlerinin ısı pompasındaki enerji tüketimi detayına ilişkin araştırmalar ve sonuçlara ilişkin veriler hesaplanmıştır.

Dizayn edilen TKIP deney seti vakum ile içinde bulunan hava alınmıştır. Soğutucu akışkan olarak R-134a kullanılmış, sisteme 250 gr soğutucu akışkan ilavesi yapılmıştır. Gerekli denemeler yapılarak deney düzeneğinin kullanılabilir durumda olduğu gözlemlenmiştir.

Yapılan incelemeler ve uygulanan donatılar ile sistemin 2 saatlik periyodik aralıklarla Sürekli Akış, Sürekli Açık olarak verileri kaydedildi. Tüm bu sistem ile çalışmamekanizmaların harcadığı toplam enerji sayaç vasıtasıyla tespit edilmiştir.

Deney mahali ile dış ortam hava sıcaklıkları arasındaki ısı alış-verişi minimize edilmesi için gerekli hassasiyet gösterilmiştir.

Isı ölçüm sensörleri aracılığıyla alınan değerler 10 ar dakikalık peryotlarla totalde 2 saat olmak üzere elde edilen veriler kaydedilmiştir. Ortam sıcaklığında aynı zaman da kayıt altına alınmıştır.

TKIP uygulama cihazında killi toprak, killi kırmızı toprak, kahverengi orman toprağı, kırmızı toprak ve kum olmak üzere 5 çeşit toprak türü üzerinde 4 farklı fan devrinde olmak üzere toplam 20 uygulama yapılarak elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır.

Uygulama çalışması sırasında toprak türleri ile yapılan çalışmada her bir toprak türüne 1.fan devirli, 2.fan devirli, 3.fan devirli ve 4.fan devirli olarak ölçümlerin ısı pompasındaki enerji tüketimine olan bağıntıları tespit edildi. TKIP uygulama cihazının toprak haznesi hacmi sabit tutularak her toprak türünden ortalama 100 kg miktarında kullanılmıştır. Uygulama çalışmasında; ortam sıcaklığı, toprak sıcaklığı, su giriş sıcaklıkları ve su çıkış sıcaklıkları, kompresör giriş çıkış sıcaklıkları, kondenser çıkış sıcaklıkları ile ayrıca kompresör giriş ve çıkış basıncı, kondenser giriş ve çıkış hava hızı ve sıcaklığı olmak üzere 10 dakikalık peryotlarla 2 saat süresince değerler kaydedildi. Kayıt altına alınan değerlere bağlı olarak cihazın Yoğuşturucu kapasitesi, Buharlaştırıcı kapasitesi, toplam enerji tüketimi, ITK ve STK değerleri tek tek hesaplanarak kayıt altına alındı.

TKIP deney uygulama cihaz seti sistemine ait soğutma ve ısıtma tesir katsayıları hesaplanırken entalpi değerlerine temel teşkil eden sıcaklık verileri, deney setinin istikrarlı çalıştığı zaman dilimden 2 saatlik toplam sıcaklıklar 10' ar dakika peryotlarla kayıt altına alınarak bu verilerin son 20 dakika ortalaması baz alınarak seçilmiştir. Bu sıcaklık verilerine ait entalpi değerleri solkane adlı program yardımıyla elde edilmiştir.

Buharlaştırıcı kapasitesi ve yoğuşturucu kapasitesi hesaplanırken yine son 20 dakika ortalama baz alınmıştır. Anemometre ile sistemin kondenser hava çıkış sıcaklığı ve hızı ölçülmüş ve hesaplamalarda bu veriler kullanılmıştır. Enerji tüketimine ait verilerin ilk ve son değerleri kaydedilmiş olup, son ölçüm değerinden ilk ölçüm

değeri çıkarılarak 1 saatlik enerji tüketimi hesaplanmıştır. Uygulama ile ilgili değerlere ait veri sonuçları aşağıdaki gibidir.

E	: Enerji tüketimi (Wh)
T _{Soil}	: Toprak sıcaklığı (°C)
T _{Water, i}	: Suyun eşanjöre giriş sıcaklığı (°C)
T _{Water, o}	: Suyun eşanjörden çıkış sıcaklığı (°C)
T _{Comp, o}	: Soğutucu akışkanın kompresörden çıkış sıcaklığı (°C)
T _{Comp, i}	: Soğutucu akışkanın kompresöre giriş sıcaklığı (°C)
P _{Comp, o}	: Kompresör çıkış basıncı (bar)
P _{Comp, i}	: Kompresör giriş basıncı (bar)
T _{Cond, o}	: Soğutucu akışkanın yoğuşturucudan çıkış sıcaklığı (°C)
T _{Air, o}	: Hava çıkış sıcaklığı (°C)
T _{Air, i}	: Hava giriş sıcaklığı (°C)

Isıtma ve soğutma tesir katsayı hesabı aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

$$STK = \frac{m'(h^1 - h^4)}{m'(h^2 - h^1)} \quad (4.1)$$

$$ITK = \frac{m'(h^2 - h^3)}{m'(h^2 - h^1)} \quad (4.2)$$

Uygulamanın buharlaştırma kapasitesi hesabı aşağıdaki eşitlik kullanılarak yapılmıştır.

$$Q'_B = m'c\Delta T \quad (4.3)$$

Uygulamanın yoğuşurma kapasitesi hesabı aşağıdaki eşitlik kullanılarak yapılmıştır.

$$Q'_Y = m'c\Delta T \quad (4.4)$$

$$m' = AVg \quad (4.5)$$

4.1.1.1. Toprak Materyallerinin Ortalama Verileri

Farklı toprak türlerinin ısı pompasının enerji tüketimine etkileri(TKIP) uygulama seti ile analiz edilerek sayısal veriler elde edilmiştir. Kullanılan toplam 5 farklı toprak türünün ortalama verileri aşağıda 20 tablo halinde gösterilmiştir.

Killi Toprak ile Yapılan Deneye Ait Veriler (1.Fan devirli)

Uygulama cihazının 1. kademeli fan devri ile enerji tüketimine yönelik deney yapılmıştır. Totalde 2 saat süre ile 10’ar dakikalık peryotlarla elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır. Kayıt altına alınan veriler son 20 dakikalık verilerin ortalaması baz alınarak hesaplanmış olup bu hesaplamalar 4.1., 4.2., 4.3., 4.4., 4.5. numaralı bağıntılar kullanılarak elde edilmiştir. Uygulama sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.1. Killi toprak (1.Fan) veriler tablosu.

Toprak Türü	Killi Toprak
Fan Kademe Durumu	1
Ortam Sıcaklığı (°C)	30,9
Toprak Sıcaklığı (°C)	30
Hava Çıkış Hızı (m/s)	0,25
Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	71,7
Emme (Alçak) Basıncı (bar)	3,2
Basma (Yüksek) Basıncı (bar)	15,5
Kondensör Çıkış Sıc. (°C)	69,05
Kompresör Çıkış Sıc. (°C)	104,55
Kompresör Giriş Sıc. (°C)	36,6
Suyun Giriş Sıcaklığı (°C)	34,25
Suyun Çıkış Sıcaklığı (°C)	35,85
ITK	2,808
STK	1,808
Q_Y (W)	615,06
Q_B (W)	334,96
Enerji Tüketimi (Wh)	695

Killi Toprak ile Yapılan Deneye Ait Veriler (2.Fan devirli)

Uygulama cihazının 2. kademeli fan devri ile enerji tüketimine yönelik deney yapılmıştır. Totalde 2 saat süre ile 10’ar dakikalık peryotlarla elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır. Kayıt altına alınan veriler son 20 dakikalık verilerin ortalaması baz alınarak hesaplanmış olup bu hesaplamalar 4.1., 4.2., 4.3., 4.4., 4.5. numaralı bağıntılar kullanılarak elde edilmiştir. Uygulama sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 4.2. Killi toprak (2.Fan) veriler tablosu.

Toprak Türü	Killi Toprak
Fan Kademe Durumu	2
Ortam Sıcaklığı (°C)	32
Toprak Sıcaklığı (°C)	30,35
Hava Çıkış Hızı (m/s)	0,65
Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	53,2
Emme (Alçak) Basıncı (bar)	2,6
Basma (Yüksek) Basıncı (bar)	13
Kondensör Çıkış Sıc. (°C)	53,6
Kompresör Çıkış Sıc. (°C)	23,35
Kompresör Giriş Sıc. (°C)	87,1
Suyun Giriş Sıcaklığı (°C)	28,3
Suyun Çıkış Sıcaklığı (°C)	26,8
ITK	3,472
STK	2,472
$\dot{Q}_Y$ (W)	830,934
$\dot{Q}_B$ (W)	314,025
Enerji Tüketimi (Wh)	659

Killi Toprak ile Yapılan Deneye Ait Veriler (3.Fan devirli)

Uygulama cihazının 3. kademeli fan devri ile enerji tüketimine yönelik deney yapılmıştır. Totalde 2 saat süre ile 10’ar dakikalık peryotlarla elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır. Kayıt altına alınan veriler son 20 dakikalık verilerin ortalaması baz alınarak hesaplanmış olup bu hesaplamalar 4.1., 4.2., 4.3., 4.4., 4.5. numaralı bağıntılar kullanılarak elde edilmiştir. Uygulama sonuçları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.3. Killi toprak (3.Fan) veriler tablosu.

Toprak Türü	Killi Toprak
Fan Kademe Durumu	3
Ortam Sıcaklığı (°C)	32,05
Toprak Sıcaklığı (°C)	29,9
Hava Çıkış Hızı (m/s)	1,05
Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	47,6
Emme (Alçak) Basıncı (bar)	2,2
Basma (Yüksek) Basıncı (bar)	11
Kondensör Çıkış Sıc. (°C)	48,7
Kompresör Çıkış Sıc. (°C)	21,6
Kompresör Giriş Sıc. (°C)	77,1
Suyun Giriş Sıcaklığı (°C)	25,4
Suyun Çıkış Sıcaklığı (°C)	23,4
ITK	3,976
STK	2,976
$\dot{Q}_Y$ (W)	984,54
$\dot{Q}_B$ (W)	418,7
Enerji Tüketimi (Wh)	632

Killi Toprak ile Yapılan Deneye Ait Veriler (4.Fan devirli)

Uygulama cihazının 4. kademeli fan devri ile enerji tüketimine yönelik deney yapılmıştır. Totalde 2 saat süre ile 10'ar dakikalık periyotlarla elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır. Kayıt altına alınan veriler son 20 dakikalık verilerin ortalaması baz alınarak hesaplanmış olup bu hesaplamalar 4.1., 4.2., 4.3., 4.4., 4.5. numaralı bağıntılar kullanılarak elde edilmiştir. Uygulama sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 4.4. Killi toprak (4.Fan) veriler tablosu.

Toprak Türü	Killi Toprak
Fan Kademe Durumu	4
Ortam Sıcaklığı (°C)	30,5
Toprak Sıcaklığı (°C)	29,3
Hava Çıkış Hızı (m/s)	1,45
Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	43,6
Emme (Alçak) Basıncı (bar)	2,2
Basma (Yüksek) Basıncı (bar)	11
Kondensör Çıkış Sıc. (°C)	46,65
Kompresör Çıkış Sıc. (°C)	18,5
Kompresör Giriş Sıc. (°C)	71,55
Suyun Giriş Sıcaklığı (°C)	26,3
Suyun Çıkış Sıcaklığı (°C)	24,25
ITK	4,306
STK	3,306
$\dot{Q}_Y$ (W)	1145,3
$\dot{Q}_B$ (W)	429,1
Enerji Tüketimi (Wh)	621

Killi Kırmızı Toprak ile Yapılan Deneye Ait Veriler (1.Fan devirli)

Uygulama cihazının 1. kademeli fan devri ile enerji tüketimine yönelik deney yapılmıştır. Totalde 2 saat süre ile 10’ar dakikalık periyotlarla elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır. Kayıt altına alınan veriler son 20 dakikalık verilerin ortalaması baz alınarak hesaplanmış olup bu hesaplamalar 4.1., 4.2., 4.3., 4.4., 4.5. numaralı bağıntılar kullanılarak elde edilmiştir. Uygulama sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 4.5. Killi kırmızı toprak (1.Fan) veriler tablosu.

Toprak Türü	Killi Kırmızı Toprak
Fan Kademe Durumu	1
Ortam Sıcaklığı (°C)	30,4
Toprak Sıcaklığı (°C)	30,6
Hava Çıkış Hızı (m/s)	0,25
Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	70,4
Emme (Alçak) Basıncı (bar)	3
Basma (Yüksek) Basıncı (bar)	15
Kondensör Çıkış Sıc. (°C)	67,3
Kompresör Çıkış Sıc. (°C)	34,25
Kompresör Giriş Sıc. (°C)	103,6
Suyun Giriş Sıcaklığı (°C)	32,05
Suyun Çıkış Sıcaklığı (°C)	33,5
ITK	2,820
STK	1,820
$\dot{Q}_Y$ (W)	603
$\dot{Q}_B$ (W)	303,5
Enerji Tüketimi (Wh)	688

Killi Kırmızı Toprak ile Yapılan Deneye Ait Veriler (2.Fan devirli)

Uygulama cihazının 2. kademeli fan devri ile enerji tüketimine yönelik deney yapılmıştır. Totalde 2 saat süre ile 10'ar dakikalık periyotlarla elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır. Kayıt altına alınan veriler son 20 dakikalık verilerin ortalaması baz alınarak hesaplanmış olup bu hesaplamalar 4.1., 4.2., 4.3., 4.4., 4.5. numaralı bağıntılar kullanılarak elde edilmiştir. Uygulama sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 4.6. Killi kırmızı toprak (2.Fan) veriler tablosu.

Toprak Türü	Killi Kırmızı Toprak
Fan Kademe Durumu	2
Ortam Sıcaklığı (°C)	30,9
Toprak Sıcaklığı (°C)	30,6
Hava Çıkış Hızı (m/s)	0,65
Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	52,1
Emme (Alçak) Basıncı (bar)	2,6
Basma (Yüksek) Basıncı (bar)	13
Kondensör Çıkış Sıc. (°C)	52,45
Kompresör Çıkış Sıc. (°C)	21,35
Kompresör Giriş Sıc. (°C)	81,7
Suyun Giriş Sıcaklığı (°C)	25,1
Suyun Çıkış Sıcaklığı (°C)	23,2
ITK	3,730
STK	2,730
$\dot{Q}_Y$ (W)	830,9
$\dot{Q}_B$ (W)	397,7
Enerji Tüketimi (Wh)	654

Killi Kırmızı Toprak ile Yapılan Deneye Ait Veriler (3.Fan devirli)

Uygulama cihazının 3. kademeli fan devri ile enerji tüketimine yönelik deney yapılmıştır. Totalde 2 saat süre ile 10'ar dakikalık periyotlarla elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır. Kayıt altına alınan veriler son 20 dakikalık verilerin ortalaması baz alınarak hesaplanmış olup bu hesaplamalar 4.1., 4.2., 4.3., 4.4., 4.5. numaralı bağıntılar kullanılarak elde edilmiştir. Uygulama sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 4.7. Killi kırmızı toprak (3.Fan) veriler tablosu.

Toprak Türü	Killi Kırmızı Toprak
Fan Kademe Durumu	3
Ortam Sıcaklığı (°C)	30,6
Toprak Sıcaklığı (°C)	29,9
Hava Çıkış Hızı (m/s)	1,05
Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	45,5
Emme (Alçak) Basıncı (bar)	2,4
Basma (Yüksek) Basıncı (bar)	12
Kondensör Çıkış Sıc. (°C)	46,95
Kompresör Çıkış Sıc. (°C)	20,4
Kompresör Giriş Sıc. (°C)	73,6
Suyun Giriş Sıcaklığı (°C)	26,75
Suyun Çıkış Sıcaklığı (°C)	26
ITK	4,243
STK	3,243
$\dot{Q}_Y$ (W)	943,3
$\dot{Q}_B$ (W)	157,01
Enerji Tüketimi (Wh)	630

Killi Kırmızı Toprak ile Yapılan Deneye Ait Veriler (4.Fan devirli)

Uygulama cihazının 4. kademeli fan devri ile enerji tüketimine yönelik deney yapılmıştır. Totalde 2 saat süre ile 10’ar dakikalık periyotlarla elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır. Kayıt altına alınan veriler son 20 dakikalık verilerin ortalaması baz alınarak hesaplanmış olup bu hesaplamalar 4.1., 4.2., 4.3., 4.4., 4.5. numaralı bağıntılar kullanılarak elde edilmiştir. Uygulama sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 4.8. Killi kırmızı toprak (4.Fan) veriler tablosu.

Toprak Türü	Killi Kırmızı Toprak
Fan Kademe Durumu	4
Ortam Sıcaklığı (°C)	30,8
Toprak Sıcaklığı (°C)	29,1
Hava Çıkış Hızı (m/s)	1,45
Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	44,3
Emme (Alçak) Basıncı (bar)	2,2
Basma (Yüksek) Basıncı (bar)	11
Kondensör Çıkış Sıc. (°C)	46
Kompresör Çıkış Sıc. (°C)	17,9
Kompresör Giriş Sıc. (°C)	68,75
Suyun Giriş Sıcaklığı (°C)	23,4
Suyun Çıkış Sıcaklığı (°C)	22,6
ITK	4,541
STK	3,541
$\dot{Q}_Y$ (W)	1180,37
$\dot{Q}_B$ (W)	167,48
Enerji Tüketimi (Wh)	619

Kahverengi Orman Toprağı ile Yapılan Deneye Ait Veriler (1.Fan devirli)

Uygulama cihazının 1. kademeli fan devri ile enerji tüketimine yönelik deney yapılmıştır. Totalde 2 saat süre ile 10'ar dakikalık periyotlarla elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır. Kayıt altına alınan veriler son 20 dakikalık verilerin ortalaması baz alınarak hesaplanmış olup bu hesaplamalar 4.1., 4.2., 4.3., 4.4., 4.5. numaralı bağıntılar kullanılarak elde edilmiştir. Uygulama sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 4.9. Kahverengi orman toprağı (1.Fan) veriler tablosu.

Toprak Türü	Kahverengi Orman Toprağı
Fan Kademe Durumu	1
Ortam Sıcaklığı (°C)	31,2
Toprak Sıcaklığı (°C)	31
Hava Çıkış Hızı (m/s)	0,25
Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	78,3
Emme (Alçak) Basıncı (bar)	3
Basma (Yüksek) Basıncı (bar)	15
Kondensör Çıkış Sıc. (°C)	75,65
Kompresör Çıkış Sıc. (°C)	34,85
Kompresör Giriş Sıc. (°C)	108,3
Suyun Giriş Sıcaklığı (°C)	34,1
Suyun Çıkış Sıcaklığı (°C)	37,45
ITK	2,481
STK	1,481
$\dot{Q}_Y$ (W)	710,03
$\dot{Q}_B$ (W)	701,32
Enerji Tüketimi (Wh)	716

Kahverengi Orman Toprağı ile Yapılan Deneye Ait Veriler (2.Fan devirli)

Uygulama cihazının 2. kademeli fan devri ile enerji tüketimine yönelik deney yapılmıştır. Totalde 2 saat süre ile 10'ar dakikalık periyotlarla elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır. Kayıt altına alınan veriler son 20 dakikalık verilerin ortalaması baz alınarak hesaplanmış olup bu hesaplamalar 4.1., 4.2., 4.3., 4.4., 4.5. numaralı bağıntılar kullanılarak elde edilmiştir. Uygulama sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 4.10. Kahverengi orman toprağı (2.fan) veriler tablosu.

Toprak Türü	Kahverengi Orman Toprağı
Fan Kademe Durumu	2
Ortam Sıcaklığı (°C)	31,7
Toprak Sıcaklığı (°C)	30,4
Hava Çıkış Hızı (m/s)	0,65
Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	69,4
Emme (Alçak) Basıncı (bar)	3
Basma (Yüksek) Basıncı (bar)	15
Kondensör Çıkış Sıc. (°C)	68
Kompresör Çıkış Sıc. (°C)	23,55
Kompresör Giriş Sıc. (°C)	91,4
Suyun Giriş Sıcaklığı (°C)	28,6
Suyun Çıkış Sıcaklığı (°C)	27,95
ITK	2,973
STK	1,973
$\dot{Q}_Y$ (W)	1477,65
$\dot{Q}_B$ (W)	136,07
Enerji Tüketimi (Wh)	703

Kahverengi Orman Toprağı ile Yapılan Deneye Ait Veriler (3.Fan devirli)

Uygulama cihazının 3. kademeli fan devri ile enerji tüketimine yönelik deney yapılmıştır. Totalde 2 saat süre ile 10'ar dakikalık periyotlarla elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır. Kayıt altına alınan veriler son 20 dakikalık verilerin ortalaması baz alınarak hesaplanmış olup bu hesaplamalar 4.1., 4.2., 4.3., 4.4., 4.5. numaralı bağıntılar kullanılarak elde edilmiştir. Uygulama sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 4.11. Kahverengi orman toprağı (3.fan) veriler tablosu.

Toprak Türü	Kahverengi Orman Toprağı
Fan Kademe Durumu	3
Ortam Sıcaklığı (°C)	31,3
Toprak Sıcaklığı (°C)	30,65
Hava Çıkış Hızı (m/s)	1,05
Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	51,3
Emme (Alçak) Basıncı (bar)	2,4
Basma (Yüksek) Basıncı (bar)	12
Kondensör Çıkış Sıc. (°C)	51,45
Kompresör Çıkış Sıc. (°C)	22,05
Kompresör Giriş Sıc. (°C)	79,85
Suyun Giriş Sıcaklığı (°C)	26,65
Suyun Çıkış Sıcaklığı (°C)	25,15
ITK	3,803
STK	2,803
$\dot{Q}_Y$ (W)	1266,3
$\dot{Q}_B$ (W)	293,09
Enerji Tüketimi (Wh)	679

Kahverengi Orman Toprağı ile Yapılan Deneye Ait Veriler (4.Fan devirli)

Uygulama cihazının 4. kademeli fan devri ile enerji tüketimine yönelik deney yapılmıştır. Totalde 2 saat süre ile 10'ar dakikalık periyotlarla elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır. Kayıt altına alınan veriler son 20 dakikalık verilerin ortalaması baz alınarak hesaplanmış olup bu hesaplamalar 4.1., 4.2., 4.3., 4.4., 4.5. numaralı bağıntılar kullanılarak elde edilmiştir. Uygulama sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 4.12. Kahverengi orman toprağı (4.fan) veriler tablosu.

Toprak Türü	Kahverengi Orman Toprağı
Fan Kademe Durumu	4
Ortam Sıcaklığı (°C)	31,3
Toprak Sıcaklığı (°C)	30,95
Hava Çıkış Hızı (m/s)	1,45
Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	49,7
Emme (Alçak) Basıncı (bar)	2,2
Basma (Yüksek) Basıncı (bar)	11
Kondensör Çıkış Sıc. (°C)	51,2
Kompresör Çıkış Sıc. (°C)	17,75
Kompresör Giriş Sıc. (°C)	78,7
Suyun Giriş Sıcaklığı (°C)	23,45
Suyun Çıkış Sıcaklığı (°C)	22,65
ITK	3,644
STK	2,644
$\dot{Q}_Y$ (W)	1608,804
$\dot{Q}_B$ (W)	167,48
Enerji Tüketimi (Wh)	657

Kırmızı Toprak ile Yapılan Deneye Ait Veriler (1.Fan devirli)

Uygulama cihazının 1. kademeli fan devri ile enerji tüketimine yönelik deney yapılmıştır. Totalde 2 saat süre ile 10'ar dakikalık periyotlarla elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır. Kayıt altına alınan veriler son 20 dakikalık verilerin ortalaması baz alınarak hesaplanmış olup bu hesaplamalar 4.1., 4.2., 4.3., 4.4., 4.5. numaralı bağıntılar kullanılarak elde edilmiştir. Uygulama sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 4.13. Kırmızı toprak (1.Fan) veriler tablosu.

Toprak Türü	Kırmızı Toprak
Fan Kademe Durumu	1
Ortam Sıcaklığı (°C)	30,55
Toprak Sıcaklığı (°C)	27,9
Hava Çıkış Hızı (m/s)	0,25
Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	64,5
Emme (Alçak) Basıncı (bar)	3,2
Basma (Yüksek) Basıncı (bar)	15,5
Kondensör Çıkış Sıc. (°C)	63,35
Kompresör Çıkış Sıc. (°C)	34,75
Kompresör Giriş Sıc. (°C)	102,8
Suyun Giriş Sıcaklığı (°C)	34,45
Suyun Çıkış Sıcaklığı (°C)	34,85
ITK	2,980
STK	1,980
$\dot{Q}_Y$ (W)	511,7963
$\dot{Q}_B$ (W)	83,74
Enerji Tüketimi (Wh)	680

Kırmızı Toprak ile Yapılan Deneye Ait Veriler (2.Fan devirli)

Uygulama cihazının 2. kademeli fan devri ile enerji tüketimine yönelik deney yapılmıştır. Totalde 2 saat süre ile 10'ar dakikalık periyotlarla elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır. Kayıt altına alınan veriler son 20 dakikalık verilerin ortalaması baz alınarak hesaplanmış olup bu hesaplamalar 4.1., 4.2., 4.3., 4.4., 4.5. numaralı bağıntılar kullanılarak elde edilmiştir. Uygulama sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 4.14. Kırmızı toprak (2.fan) veriler tablosu.

Toprak Türü	Kırmızı Toprak
Fan Kademe Durumu	2
Ortam Sıcaklığı (°C)	31
Toprak Sıcaklığı (°C)	27,15
Hava Çıkış Hızı (m/s)	0,65
Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	51,9
Emme (Alçak) Basıncı (bar)	2,6
Basma (Yüksek) Basıncı (bar)	13
Kondensör Çıkış Sıc. (°C)	52,1
Kompresör Çıkış Sıc. (°C)	19,5
Kompresör Giriş Sıc. (°C)	79,4
Suyun Giriş Sıcaklığı (°C)	24
Suyun Çıkış Sıcaklığı (°C)	21,1
ITK	3,810
STK	2,810
$\dot{Q}_Y$ (W)	819,1755
$\dot{Q}_B$ (W)	607,115
Enerji Tüketimi (Wh)	651

Kırmızı Toprak ile Yapılan Deneye Ait Veriler (3.Fan devirli)

Uygulama cihazının 3. kademeli fan devri ile enerji tüketimine yönelik deney yapılmıştır. Totalde 2 saat süre ile 10'ar dakikalık periyotlarla elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır. Kayıt altına alınan veriler son 20 dakikalık verilerin ortalaması baz alınarak hesaplanmış olup bu hesaplamalar 4.1., 4.2., 4.3., 4.4., 4.5. numaralı bağıntılar kullanılarak elde edilmiştir. Uygulama sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 4.15. Kırmızı toprak (3.Fan) veriler tablosu.

Toprak Türü	Kırmızı Toprak
Fan Kademe Durumu	3
Ortam Sıcaklığı (°C)	31
Toprak Sıcaklığı (°C)	27,45
Hava Çıkış Hızı (m/s)	1,05
Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	42,6
Emme (Alçak) Basıncı (bar)	2,6
Basma (Yüksek) Basıncı (bar)	12,5
Kondensör Çıkış Sıc. (°C)	47,25
Kompresör Çıkış Sıc. (°C)	19,05
Kompresör Giriş Sıc. (°C)	72,4
Suyun Giriş Sıcaklığı (°C)	21,95
Suyun Çıkış Sıcaklığı (°C)	21,15
ITK	4,437576
STK	3,437576
$\dot{Q}_Y$ (W)	734,454
$\dot{Q}_B$ (W)	167,48
Enerji Tüketimi (Wh)	628

Kırmızı Toprak ile Yapılan Deneye Ait Veriler (4.Fan devirli)

Uygulama cihazının 4. kademeli fan devri ile enerji tüketimine yönelik deney yapılmıştır. Totalde 2 saat süre ile 10'ar dakikalık periyotlarla elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır. Kayıt altına alınan veriler son 20 dakikalık verilerin ortalaması baz alınarak hesaplanmış olup bu hesaplamalar 4.1., 4.2., 4.3., 4.4., 4.5. numaralı bağıntılar kullanılarak elde edilmiştir. Uygulama sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 4.16. Kırmızı toprak (4.fan) veriler tablosu.

Toprak Türü	Kırmızı Toprak
Fan Kademe Durumu	4
Ortam Sıcaklığı (°C)	31
Toprak Sıcaklığı (°C)	29,95
Hava Çıkış Hızı (m/s)	1,45
Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	41,9
Emme (Alçak) Basıncı (bar)	2,4
Basma (Yüksek) Basıncı (bar)	11,5
Kondensör Çıkış Sıc. (°C)	45,3
Kompresör Çıkış Sıc. (°C)	13,5
Kompresör Giriş Sıc. (°C)	65,85
Suyun Giriş Sıcaklığı (°C)	19,2
Suyun Çıkış Sıcaklığı (°C)	16,95
ITK	4,652667
STK	3,652667
$\dot{Q}_Y$ (W)	953,0415
$\dot{Q}_B$ (W)	471,0375
Enerji Tüketimi (Wh)	617

Kum ile Yapılan Deneye Ait Veriler (1.Fan devirli)

Uygulama cihazının 1. kademeli fan devri ile enerji tüketimine yönelik deney yapılmıştır. Totalde 2 saat süre ile 10'ar dakikalık periyotlarla elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır. Kayıt altına alınan veriler son 20 dakikalık verilerin ortalaması baz alınarak hesaplanmış olup bu hesaplamalar 4.1., 4.2., 4.3., 4.4., 4.5. numaralı bağıntılar kullanılarak elde edilmiştir. Uygulama sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 4.17. Kum (1.fan) veriler tablosu.

Toprak Türü	Kum
Fan Kademe Durumu	1
Ortam Sıcaklığı (°C)	31,4
Toprak Sıcaklığı (°C)	31,1
Hava Çıkış Hızı (m/s)	0,25
Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	79,9
Emme (Alçak) Basıncı (bar)	3,4
Basma (Yüksek) Basıncı (bar)	16
Kondensör Çıkış Sıc. (°C)	76,95
Kompresör Çıkış Sıc. (°C)	33,35
Kompresör Giriş Sıc. (°C)	108,95
Suyun Giriş Sıcaklığı (°C)	34,8
Suyun Çıkış Sıcaklığı (°C)	38,2
ITK	2,464296
STK	1,464296
$\dot{Q}_Y$ (W)	731,1375
$\dot{Q}_B$ (W)	711,79
Enerji Tüketimi (Wh)	719

Kum ile Yapılan Deneye Ait Veriler (2.Fan devirli)

Uygulama cihazının 2. kademeli fan devri ile enerji tüketimine yönelik deney yapılmıştır. Totalde 2 saat süre ile 10'ar dakikalık periyotlarla elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır. Kayıt altına alınan veriler son 20 dakikalık verilerin ortalaması baz alınarak hesaplanmış olup bu hesaplamalar 4.1., 4.2., 4.3., 4.4., 4.5. numaralı bağıntılar kullanılarak elde edilmiştir. Uygulama sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 4.18. Kum (2.fan) veriler tablosu.

Toprak Türü	Kum
Fan Kademe Durumu	2
Ortam Sıcaklığı (°C)	31,6
Toprak Sıcaklığı (°C)	30,5
Hava Çıkış Hızı (m/s)	0,65
Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	70,5
Emme (Alçak) Basıncı (bar)	3,5
Basma (Yüksek) Basıncı (bar)	15,5
Kondensör Çıkış Sıc. (°C)	69
Kompresör Çıkış Sıc. (°C)	24,85
Kompresör Giriş Sıc. (°C)	91,95
Suyun Giriş Sıcaklığı (°C)	30
Suyun Çıkış Sıcaklığı (°C)	29
ITK	2,980856
STK	1,980856
$\dot{Q}_Y$ (W)	1524,686
$\dot{Q}_B$ (W)	209,35
Enerji Tüketimi (Wh)	707

Kum ile Yapılan Deneye Ait Veriler (3.Fan devirli)

Uygulama cihazının 3. kademeli fan devri ile enerji tüketimine yönelik deney yapılmıştır. Totalde 2 saat süre ile 10'ar dakikalık periyotlarla elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır. Kayıt altına alınan veriler son 20 dakikalık verilerin ortalaması baz alınarak hesaplanmış olup bu hesaplamalar 4.1., 4.2., 4.3., 4.4., 4.5. numaralı bağıntılar kullanılarak elde edilmiştir. Uygulama sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 4.19. Kum (3.fan) veriler tablosu.

Toprak Türü	Kum
Fan Kademe Durumu	3
Ortam Sıcaklığı (°C)	30,8
Toprak Sıcaklığı (°C)	30,35
Hava Çıkış Hızı (m/s)	1,05
Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	51,5
Emme (Alçak) Basıncı (bar)	2,6
Basma (Yüksek) Basıncı (bar)	12,5
Kondensör Çıkış Sıc. (°C)	52,25
Kompresör Çıkış Sıc. (°C)	22,45
Kompresör Giriş Sıc. (°C)	80,5
Suyun Giriş Sıcaklığı (°C)	27,95
Suyun Çıkış Sıcaklığı (°C)	26,2
ITK	3,812668
STK	2,812668
$\dot{Q}_Y$ (W)	1310,621
$\dot{Q}_B$ (W)	366,3625
Enerji Tüketimi (Wh)	681

Kum ile Yapılan Deneye Ait Veriler (4.Fan devirli)

Uygulama cihazının 4. kademeli fan devri ile enerji tüketimine yönelik deney yapılmıştır. Totalde 2 saat süre ile 10’ar dakikalık periyotlarla elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır. Kayıt altına alınan veriler son 20 dakikalık verilerin ortalaması baz alınarak hesaplanmış olup bu hesaplamalar 4.1., 4.2., 4.3., 4.4., 4.5. numaralı bağıntılar kullanılarak elde edilmiştir. Uygulama sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 4.20. Kum (4.fan) veriler tablosu.

Toprak Türü	Kum
Fan Kademe Durumu	4
Ortam Sıcaklığı (°C)	30,3
Toprak Sıcaklığı (°C)	28,55
Hava Çıkış Hızı (m/s)	1,45
Hava Çıkış Sıcaklığı (°C)	50,8
Emme (Alçak) Basıncı (bar)	2,4
Basma (Yüksek) Basıncı (bar)	11,5
Kondensör Çıkış Sıc. (°C)	52,6
Kompresör Çıkış Sıc. (°C)	19,55
Kompresör Giriş Sıc. (°C)	81,65
Suyun Giriş Sıcaklığı (°C)	23,2
Suyun Çıkış Sıcaklığı (°C)	22,2
ITK	3,547497
STK	2,547497
$\dot{Q}_Y$ (W)	1792,418
$\dot{Q}_B$ (W)	209,35
Enerji Tüketimi (Wh)	660

BÖLÜM 5

SONUÇLAR

Deneylerde kullanılan 5 farklı toprak materyalleri için ayrı ayrı 4 farklı fan devirlerinde ölçümler alınmıştır.

Toprağın ısı iletkenliği toprağı oluşturan katı, sıvı ve gaz fazlarının miktarları ile yakından ilişkili bulunmaktadır. Bunlar arasında katı faz en yüksek iletkenliğe sahiptir. Daha sonra sırasıyla sıvı ve gaz fazları gelmektedir. Bir toprağın hacim ağırlığı arttıkça diğer etmenler aynı kalmak koşuluyla ısı iletkenliği artar. Çünkü hacim ağırlığı arttıkça toprağın boşluk oranı, buna bağlı olarak hava miktarı azalmakta ve katı taneler birbirine daha sıkı bir şekilde temas etmektedirler [5].

Kullanılan toprak türlerinin fan devirlerine bağlı olarak ısı iletkenliklerindeki artış ile soğutucu akışkana ısı transferi arttığından sistemin yoğuşma ve buharlaşma basınçları daha düşük seviyelerde işlem görmüştür.

Kullanılan toprak materyallerinin türleri toprağın fiziksel ve kimyasal yapılarından ve fan devirlerinden dolayı deney sonuçlarında gözüken su giriş ve çıkış değerlerinde tüm toprak türlerinin 1.fan devirlerinde su çıkış sıcaklığı su giriş sıcaklığına göre artış gösterirken diğer tüm fan devirlerinde ise su çıkış sıcaklığı su giriş sıcaklığına göre düşmüştür. Bunun sebebi; Isı iletkenliği arttıkça soğutucu akışkana ısı transferi gerçekleşmiş hatta ısı transferinde artış olmasıdır.

Toprak çeşitlerinde kompresör giriş-çıkış ve kondenser çıkış sıcaklıklarında düşüşler gözlenmiştir.

Fan devirlerinin artışıyla ısı iletkenliği daha etkin hale geldiğinden evaporatöre daha fazla ısı gönderilmiş olup evaporatör ve yoğunlaştırucu kapasiteleri artarak sistemin STK değerinin artışıyla ITK değeride artmıştır.

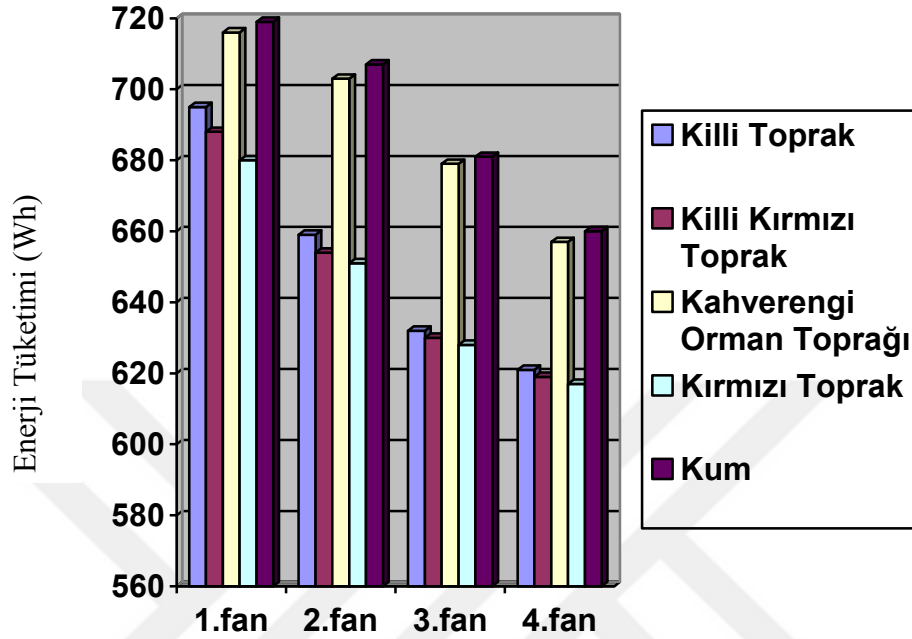
Deneylerde 4 farklı fan devirleri ile işlem yapılmıştır. Hava çıkış hızı ve sıcaklığı anemometre ile sisteme giren hava sıcaklığında dijital termometre ile kayıt altına alınmıştır. Hava çıkış hızı 4 farklı fan olduğundan 4 ayrı sonuç gözlenmiştir. 1.fan devri ile 0,25 m/s, 2.fan devri ile 0,65 m/s, 3.fan devri ile 1,05 m/s, 4. fan devri ile 1,45 m/s şeklinde hava hızı sonuçları elde edilmiştir.

Killi toprak, killi kırmızı toprak, kahverengi orman toprağı, kırmızı toprak ve kum ile yapılan deneyler sonucunda enerji tüketimi ve basamak aşamaları ile ilgili gözlemler ve veriler elde edilmiştir. Enerji tüketimi tablosu çizelge 5.1. de görülmektedir.

Çizelge 5.1. Toprak türlerinin fan devirlerine bağlı enerji tüketim tablosu.

TOPRAK TÜRÜ	ENERJİ TÜKETİMİ (Wh)			
	1.fan	2.fan	3.fan	4.fan
Killi Toprak	695	659	632	621
Killi Kırmızı Toprak	688	654	630	619
Kahverengi Orman Toprağı	716	703	679	657
Kırmızı Toprak	680	651	628	617
Kum	719	707	681	660

Uygulama sonuçlarının 1,2,3 ve 4. fandevirlerine göre enerji tüketiminin grafik ile gösterimi aşağıdaki gibidir.



Şekil 5.1. Enerji tüketiminin grafik ile gösterimi.

Deney sonuçlarına göre kullanılan materyallerde oluşan enerji tüketiminin büyükten küçüğe göre sıralaması; Kum > Kahverengi orman toprağı > Killi toprak > Killi kırmızı toprak > Kırmızı toprak şeklinde oluşmuştur.

Enerji tüketiminin en az olduğu materyal deney rapor sonuçlarına göre en verimli toprak türü olan kırmızı toprak olduğu belirlenmiş buna kıyasla sırasıyla killi kırmızı toprak, killi toprak, kahverengi orman toprağı bu sırayı izlemiş ve deney rapor sonuçlarına göre en fazla enerji tüketiminin olduğu ve buna binaen en verimsiz materyalin kum olduğu belirlenmiştir.

Uygulama analiz ölçümlerinin yapıldığı 10'ar dakikalık periyotlarla toplam 120 dakikalık 20 deney sonucunun tüm veri sonuçları Çizelge 5.2. ile Çizelge 5.21 arasında toplam 20 adet çizelge şeklinde aşağıdaki gibi sunulmuştur.

Çizelge 5.2. Killi toprağın (1.fan) 120 dakikalık deney sonuçları.

	0.dk	10.dk	20.dk	30.dk	40.dk	50.dk	60.dk	70.dk	80.dk	90.dk	100.dk	110.dk	120.dk
Tair,i (°C)	29,9	30,1	30,1	30	30,2	30,2	30,3	30,4	30,5	30,6	30,8	30,9	30,9
Pcomp,i (bar)	3,6	2,4	2,8	3	3	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
Pcomp,o(bar)	4	13,5	14,5	15	15	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5
Tsoil (°C)	29,9	29,8	29,8	29,8	29,8	29,8	29,9	29,9	29,5	29,6	29,8	29,9	30,1
Twater,i (°C)	29	29	29,2	29,7	30,4	31,2	31,8	32,3	32,8	33,2	33,6	34,1	34,4
Twater,o (°C)	29,4	29,3	30,1	31,4	32,6	33,3	33,6	34,1	34,6	35,1	35,7	35,8	35,9
Tcomp,i (°C)	29,7	28,6	30,5	32,4	33,8	34,9	34,4	34,7	35,8	35,5	36,3	36,8	36,4
Tcomp,o (°C)	29,9	71,5	84,3	92,2	96,9	99,8	101,8	102,5	103,1	103,5	104,2	104,3	104,8
Tcond,o (°C)	30,3	54,1	60,2	66,5	67,2	68,6	69,5	67,7	69,5	69,7	68,4	68,6	69,5
Vair (m/s)													0,25
Tair.o (°C)													71,7
kwh	22,08												22,775

Çizelge 5.3. Killi toprağın (2.fan) 120 dakikalık deney sonuçları.

	0.dk	10.dk	20.dk	30.dk	40.dk	50.dk	60.dk	70.dk	80.dk	90.dk	100.dk	110.dk	120.dk
Tair,i (°C)	32	32	32	32	31,9	31,9	32	31,9	31,9	31,9	31,9	32	32
Pcomp,i (bar)	3,6	2,4	2,4	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
Pcomp,o(bar)	4	12,5	12,5	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Tsoil (°C)	30,1	30,1	30,3	30,3	30,4	30,4	30,4	30,4	30,4	30,3	30,3	30,4	30,3
Twater,i (°C)	32,3	32,3	31,2	30,5	30	29,5	29,1	28,7	28,5	28,5	28,4	28,3	28,3
Twater,o (°C)	32,8	30,2	29,4	28,9	28,1	27,9	27,9	27	27,1	27,1	27	26,8	26,8
Tcomp,i (°C)	32,4	28,3	27,7	27,5	27,1	26,3	26	26	25,3	25,3	24,9	23,5	23,2
Tcomp,o (°C)	32,7	71,4	78,1	81,6	83,2	84,4	84,6	84,8	84,9	85,2	86,4	86,9	87,3
Tcond,o (°C)	32,4	49,4	49,9	51,5	51,8	52	52,2	52,7	52,4	52,9	53,3	53,5	53,7
Vair (m/s)													0,65
Tair,o (°C)													53,2
kwh	22,794												23,453

Çizelge 5.4. Killi toprağın (3.fan) 120 dakikalık deney sonuçları.

	0.dk	10.dk	20.dk	30.dk	40.dk	50.dk	60.dk	70.dk	80.dk	90.dk	100.dk	110.dk	120.dk
T _{air,i} (°C)	32,4	32,4	32,2	32,1	32,1	32,1	32,1	32	32	32	32,1	32	32,1
P _{comp,i} (bar)	3,6	2,4	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
P _{comp,o} (bar)	4	11,5	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
T _{soil} (°C)	30,4	30,3	30,3	30,3	30,2	30,1	30,1	30,1	30,1	30	30	29,9	29,9
T _{water,i} (°C)	32,2	31,3	30,4	29,5	29	28,6	28,1	27,6	27	26,6	26,1	25,7	25,1
T _{water,o} (°C)	32,5	29,2	28,1	27,8	26,9	26,4	26,2	25,8	25,5	25,3	24,5	23,6	23,2
T _{comp,i} (°C)	32,3	27,8	26,6	25,6	25,4	25,1	24,2	23,7	22,9	22,4	22,1	21,8	21,4
T _{comp,o} (°C)	32,5	69,5	72,2	72,7	73,3	73,8	74	74,5	75,1	75,7	76,2	76,7	77,5
T _{cond,o} (°C)	32,8	45,5	45,9	45,6	45,9	45	45,7	46,2	46,9	47,4	47,9	48,4	49
V _{air} (m/s)													1,05
T _{air,o} (°C)													47,6
kwh	23,498												24,13

Çizelge 5.5. Killi toprağın (4.fan) 120 dakikalık deney sonuçları.

	0.dk	10.dk	20.dk	30.dk	40.dk	50.dk	60.dk	70.dk	80.dk	90.dk	100.dk	110.dk	120.dk
Tair,i (°C)	30,9	30,9	30,8	30,7	30,7	30,7	30,6	30,6	30,6	30,6	30,5	30,5	30,5
Pcomp,i (bar)	3,6	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Pcomp,o(bar)	4	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Tsoil (°C)	30,2	30	30	29,9	29,8	29,7	29,6	29,6	29,5	29,4	29,4	29,3	29,3
Twater,i (°C)	30,7	30,1	29,5	29,1	28,8	28,5	28,3	27,8	27,5	27,1	26,8	26,5	26,1
Twater,o (°C)	30,9	29,6	29,1	28,7	28,4	27,1	25,9	25,5	25,2	24,8	24,6	24,4	24,1
Tcomp,i (°C)	30,9	23,7	23,2	22,5	22,3	22	21,7	21,2	20,6	20,2	19,5	18,8	18,2
Tcomp,o (°C)	31	62,6	65	65,8	66,2	66,8	67,6	68,8	69,3	69,7	70,6	71,3	71,8
Tcond,o (°C)	30,9	42,9	43,9	44,3	44,8	45	45,3	45,5	45,8	46	46,2	46,5	46,8
Vair (m/s)													1,45
Tair,o (°C)													43,6
kwh	24,135												24,756

Çizelge 5.6. Killi kırmızı toprağın (1.fan) 120 dakikalık deney sonuçları.

	0.dk	10.dk	20.dk	30.dk	40.dk	50.dk	60.dk	70.dk	80.dk	90.dk	100.dk	110.dk	120.dk
Tair,i (°C)	29,8	30	30	30,2	30,3	30,4	30,4	30,4	30,4	30,4	30,4	30,4	30,4
Pcomp,i (bar)	3,6	2,4	2,6	2,8	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Pcomp,o(bar)	4	13,5	14	14,5	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Tsoil (°C)	30,4	30,3	30,3	30,4	30,5	30,6	30,5	30,5	30,5	30,6	30,6	30,6	30,6
Twater,i (°C)	29,8	29,8	29,9	30,3	30,4	30,4	30,5	30,7	30,9	31,2	31,5	31,9	32,2
Twater,o (°C)	29,7	29	28,9	29,4	30,1	30,1	30,8	31,3	31,8	32,3	32,7	33,3	33,7
Tcomp,i (°C)	29,6	27,7	29,8	30,8	30,9	31,2	31,7	32,2	32,6	33,1	33,6	34	34,5
Tcomp,o (°C)	29,8	72,5	84,1	90,4	94,9	97,3	98,9	100,1	101	101,9	102,6	103,3	103,9
Tcond,o (°C)	29,8	53,5	56,2	58,2	60,5	60,6	61,4	62,2	63,4	64,3	65,5	66,7	67,9
Vair (m/s)													0,25
Tair.o (°C)													70,4
kwh	24,76												25,448

Çizelge 5.7. Killi kırmızı toprağın (2.fan) 120 dakikalık deney sonuçları.

	0.dk	10.dk	20.dk	30.dk	40.dk	50.dk	60.dk	70.dk	80.dk	90.dk	100.dk	110.dk	120.dk
Tair,i (°C)	30,6	30,7	30,7	30,7	30,8	30,8	30,8	30,8	30,9	30,9	30,9	30,9	30,9
Pcomp,i (bar)	3,6	2,4	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
Pcomp,o(bar)	4	12,5	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Tsoil (°C)	30,4	30,4	30,4	30,3	30,3	30,4	30,4	30,5	30,5	30,5	30,6	30,6	30,6
Twater,i (°C)	30,5	29,7	28,8	28,2	27,8	27,3	27	26,6	26,3	25,9	25,6	25,2	25
Twater,o (°C)	31,6	27,6	27,4	26,8	25,9	25,2	25	24,8	24,6	24,1	23,7	23,4	23
Tcomp,i (°C)	31	27	26,4	26,4	25,2	24,4	23,8	23,4	23,1	22,6	22,2	21,6	21,1
Tcomp,o (°C)	31,2	68,7	70,2	71,3	72	73,2	74,4	75,7	77,1	78,3	79,8	81,1	82,3
Tcond,o (°C)	31	47,6	48,3	48,7	49,1	49,4	49,8	50,1	50,7	51,3	52	52,2	52,7
Vair (m/s)													0,65
Tair.o (°C)													52,1
kwh	25,45												26,104

Çizelge 5.8. Killi kırmızı toprağın (3.fan) 120 dakikalık deney sonuçları.

	0.dk	10.dk	20.dk	30.dk	40.dk	50.dk	60.dk	70.dk	80.dk	90.dk	100.dk	110.dk	120.dk
T _{air,i} (°C)	30,8	30,9	31	31	30,6	30,6	30,6	30,6	30,6	30,6	30,6	30,6	30,6
P _{comp,i} (bar)	3,6	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
P _{comp,o} (bar)	4	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
T _{soil} (°C)	30,3	30,3	30,2	30,2	30,1	30,1	30,1	30,1	30	30	30	29,9	29,9
T _{water,i} (°C)	30,8	30,5	29,9	29,6	29,4	29	28,6	28,3	28	27,7	27,3	26,9	26,6
T _{water,o} (°C)	30,9	29,8	29,7	29,5	29	28,6	28,2	27,9	25,5	27,1	26,6	26,2	25,8
T _{comp,i} (°C)	30,7	27,6	27,1	26,5	25,9	25	24,1	23,3	22,5	21,9	21,3	20,6	20,2
T _{comp,o} (°C)	30,9	66,9	67,2	68,1	68,4	69	69,7	70,4	71,2	71,8	72,5	73,3	73,9
T _{cond,o} (°C)	30,9	42,8	43	43,4	43,9	44,8	45	45,4	45,7	46,1	46,5	46,8	47,1
V _{air} (m/s)													1,05
T _{air,o} (°C)													45,5
kwh	26,109												26,739

Çizelge 5.9. Killi kırmızı toprağın (4.fan) 120 dakikalık deney sonuçları.

	0.dk	10.dk	20.dk	30.dk	40.dk	50.dk	60.dk	70.dk	80.dk	90.dk	100.dk	110.dk	120.dk
T _{air,i} (°C)	29,9	30,3	30,6	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8
P _{comp,i} (bar)	3,6	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
P _{comp,o} (bar)	4	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
T _{soil} (°C)	30,1	30,1	30,1	30,1	30	29,9	29,8	29,7	29,6	29,5	29,4	29,3	29,1
T _{water,i} (°C)	29,9	28,7	28,2	27,7	27,1	26,4	26	25,6	25	24,4	24	23,6	23,2
T _{water,o} (°C)	29,9	28,4	27,5	27	26,4	26	25,6	25,1	24,8	24	23,2	22,7	22,5
T _{comp,i} (°C)	30	26	25,2	25	24,6	24	23,1	22,2	21,4	20,7	19,7	18,5	17,3
T _{comp,o} (°C)	30,2	61,4	62,8	63,5	64	64,6	65	65,8	66,4	66,9	67,7	68,2	69,3
T _{cond,o} (°C)	30	39,1	39,4	39,9	40,4	41,3	41,8	42,7	43,6	44,3	44,9	45,8	46,2
V _{air} (m/s)													1,45
T _{air,o} (°C)													44,3
kwh	26,743												27,362

Çizelge 5.10. Kahverengi orman toprağının (1.fan) 120 dakikalık deney sonuçları.

	0.dk	10.dk	20.dk	30.dk	40.dk	50.dk	60.dk	70.dk	80.dk	90.dk	100.dk	110.dk	120.dk
T _{air,i} (°C)	30,9	31,1	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2
P _{comp,i} (bar)	3,6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
P _{comp,o} (bar)	4	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
T _{soil} (°C)	30,8	30,6	30,9	30,9	30,9	30,9	30,9	30,9	30,9	30,8	30,9	31	31
T _{water,i} (°C)	30,2	29,3	29,3	29,9	30,3	31	31,4	32,4	32,8	32,8	33,2	33,5	34,7
T _{water,o} (°C)	30,2	32,9	32,9	33,8	34,1	34,5	34,8	35,3	35,8	36,2	36,6	37,1	37,8
T _{comp,i} (°C)	30,7	24,7	24,9	25,1	25,9	26,8	27,7	28,9	30,1	31,4	32,8	34,2	35,5
T _{comp,o} (°C)	30,9	77,3	82,5	87	91,6	96,2	101,4	104,9	106,2	106,9	107,5	107,9	108,7
T _{cond,o} (°C)	31	60,8	63,5	67,4	69,7	71,8	72,4	72,9	73,6	74,2	74,7	75,5	75,8
V _{air} (m/s)													0,25
T _{air,o} (°C)													78,3
kwh	27,365												28,081

Çizelge 5.11. Kahverengi orman toprağının (2.fan) 120 dakikalık deney sonuçları.

	0.dk	10.dk	20.dk	30.dk	40.dk	50.dk	60.dk	70.dk	80.dk	90.dk	100.dk	110.dk	120.dk
Tair,i (°C)	31,2	31,3	31,4	31,4	31,5	31,5	31,5	31,6	31,6	31,6	31,7	31,7	31,7
Pcomp,i (bar)	3,6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Pcomp,o(bar)	4	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Tsoil (°C)	31	30,9	30,7	30,6	30,6	30,6	30,5	30,5	30,5	30,5	30,4	30,4	30,4
Twater,i (°C)	31	30,5	30,3	30,1	29,8	29,6	29,5	29,5	29,3	29,1	28,9	28,7	28,5
Twater,o (°C)	31,2	30,8	30,2	30	29,6	29,4	29,2	29	28,8	28,6	28,3	28,1	27,8
Tcomp,i (°C)	31	27,2	26,8	26,5	26,1	25,9	25,5	25	24,7	24,4	24,1	23,7	23,4
Tcomp,o (°C)	31,2	77,7	78,9	80,5	82	83,2	84,6	85,8	87	88,2	89,5	90,7	92,1
Tcond,o (°C)	31,2	58	58,9	59,9	60,8	61,5	62,5	63,7	64,9	65,7	66,5	67,4	68,6
Vair (m/s)													0,65
Tair,o (°C)													69,4
kwh	28,084												28,787

Çizelge 5.12. Kahverengi orman toprağının (3.fan) 120 dakikalık deney sonuçları.

	0.dk	10.dk	20.dk	30.dk	40.dk	50.dk	60.dk	70.dk	80.dk	90.dk	100.dk	110.dk	120.dk
Tair,i (°C)	31,4	31,3	31,3	31,3	31,3	31,3	31,3	31,3	31,3	31,3	31,3	31,3	31,3
Pcomp,i (bar)	3,6	2,6	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Pcomp,o(bar)	4	12,5	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Tsoil (°C)	31,4	31,3	31,3	31,2	31,1	31	31	30,9	30,9	30,8	30,7	30,7	30,6
Twater,i (°C)	31,3	30,1	29,6	29,1	28,7	28,4	28,1	27,8	27,4	27,1	26,9	26,7	26,4
Twater,o (°C)	31,4	29,3	28,8	28,5	27,9	27,5	27,1	26,5	26,2	25,8	25,6	25,3	25
Tcomp,i (°C)	31,2	26,7	25,8	24,9	24,3	23,9	23,7	23,5	23,2	22,9	22,5	22,2	21,9
Tcomp,o (°C)	31,4	71,5	72	72,5	73,3	74,5	75,4	76,3	77,2	78,2	79	79,5	80,2
Tcond,o (°C)	31,3	47,4	47,8	48,1	48,7	49,2	49,7	50,1	50,5	50,9	51,4	51,8	52,1
Vair (m/s)													1,05
Tair,o (°C)													51,3
kwh	28,791												29,47

Çizelge 5.13. Kahverengi orman toprağının (4.fan) 120 dakikalık deney sonuçları.

	0.dk	10.dk	20.dk	30.dk	40.dk	50.dk	60.dk	70.dk	80.dk	90.dk	100.dk	110.dk	120.dk
T _{air,i} (°C)	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,3	31,3	31,3	31,3	31,3	31,3
P _{comp,i} (bar)	3,6	2,4	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
P _{comp,o} (bar)	4	11,5	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
T _{soil} (°C)	31,4	31,4	31,4	31,3	31,3	31,2	31,2	31,2	31,1	31,1	31	31	30,9
T _{water,i} (°C)	31,3	30,7	29,9	29,6	29,3	28,7	27,9	27,1	26,3	25,4	24,6	23,8	23,1
T _{water,o} (°C)	31,3	29,7	29,4	29,1	28,9	28,4	27,1	26,3	25,8	25	24	23,1	22,2
T _{comp,i} (°C)	31,2	23,6	23,2	22,4	21,9	21,4	20,8	20	19,4	18,9	18,5	18	17,5
T _{comp,o} (°C)	31,3	68	69,7	70,9	71,8	72,7	73,5	74,7	75,9	76,8	77,6	78,5	78,9
T _{cond,o} (°C)	31,2	44	45,1	46,3	47,2	48,1	49,2	49,9	50,2	50,6	50,8	51,1	51,3
V _{air} (m/s)													1,45
T _{air,o} (°C)													49,7
kwh	29,473												30,13

Çizelge 5.14. Kırmızı toprağın (1.fan) 120 dakikalık deney sonuçları.

	0.dk	10.dk	20.dk	30.dk	40.dk	50.dk	60.dk	70.dk	80.dk	90.dk	100.dk	110.dk	120.dk
T _{air,i} (°C)	29,1	29,4	29,5	29,6	29,8	29,9	30,1	30,2	30,4	30,4	30,5	30,5	30,6
P _{comp,i} (bar)	3,6	2,4	2,6	2,8	3	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
P _{comp,o} (bar)	4	13,5	14	14,5	15	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5
T _{soil} (°C)	27,4	27,1	27,3	27,4	27,4	27,5	27,6	27,6	27,7	27,7	27,8	27,9	27,9
T _{water,i} (°C)	28,2	27,6	27,9	28,7	30	31,2	32,1	32,8	33,2	33,6	34,1	34,4	34,5
T _{water,o} (°C)	28,3	28	28,1	29	30,2	31,4	32,7	33,1	33,8	34,4	34,6	34,8	34,9
T _{comp,i} (°C)	28,5	27,8	28,6	29,8	31,7	32,6	33,3	33,6	33,7	34,3	34,4	34,8	34,7
T _{comp,o} (°C)	29	71,3	83,1	90,7	95,7	98,6	100,2	101,3	102,2	102,5	102,9	102,8	102,8
T _{cond,o} (°C)	28,8	52,4	58,9	65,5	68,2	69,5	69,2	68,2	67,8	66,5	66,2	64,5	62,2
V _{air} (m/s)													0,25
T _{air,o} (°C)													64,5
kwh	30,132												30,812

Çizelge 5.15. Kırmızı toprağın (2.fan) 120 dakikalık deney sonuçları.

	0.dk	10.dk	20.dk	30.dk	40.dk	50.dk	60.dk	70.dk	80.dk	90.dk	100.dk	110.dk	120.dk
T _{air,i} (°C)	30,7	30,7	30,7	30,8	30,9	30,9	30,9	31	30,9	31	30,9	31	31
P _{comp,i} (bar)	3,6	2,4	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
P _{comp,o} (bar)	4	12,5	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
T _{soil} (°C)	27,8	27,9	27,6	27,7	27,6	27,5	27,5	27,4	27,4	27,3	27,2	27,2	27,1
T _{water,i} (°C)	30,5	29,2	27,2	26,1	26,2	26,1	26	25,4	24,8	24,2	24	24	24
T _{water,o} (°C)	30,6	29,3	27,7	26,9	26	25,2	24,8	24,2	23,3	23	22,4	21,2	21
T _{comp,i} (°C)	30,7	26,4	25,3	24	23,5	22,7	22,2	22	21,8	21,2	20,6	19,8	19,2
T _{comp,o} (°C)	30,9	67,7	67,9	68,4	68,9	71,9	72,5	73,8	74,9	75,6	76,9	78,3	80,5
T _{cond,o} (°C)	31	47,2	47,7	48,1	48,7	49,2	49,6	49,9	50,4	50,9	51,4	51,9	52,3
V _{air} (m/s)													0,65
T _{air,o} (°C)													51,9
kwh	30,815												31,466

Çizelge 5.16. Kırmızı toprağın (3.fan) 120 dakikalık deney sonuçları.

	0.dk	10.dk	20.dk	30.dk	40.dk	50.dk	60.dk	70.dk	80.dk	90.dk	100.dk	110.dk	120.dk
T _{air,i} (°C)	30,8	30,9	30,9	30,9	30,9	30,9	30,9	31	31	31	31	31	31
P _{comp,i} (bar)	3,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
P _{comp,o} (bar)	4	13	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
T _{soil} (°C)	27,8	27,9	28,1	28,2	28,1	28	27,9	27,8	27,7	27,6	27,6	27,5	27,4
T _{water,i} (°C)	30,8	29,7	28,8	28	27,4	26,6	26,1	25,3	24,4	23,9	23	22,2	21,7
T _{water,o} (°C)	30,9	29,5	28,5	28	27,2	26,1	25,8	24,9	24,3	23,4	22,6	21,6	20,7
T _{comp,i} (°C)	30,8	26,5	25,5	24,8	23,9	23,5	22,8	21,9	21,3	20,8	20,2	19,5	18,6
T _{comp,o} (°C)	30,9	68,9	69,2	69,4	69,8	70,1	70,5	71	71,2	71,6	71,9	72,3	72,5
T _{cond,o} (°C)	30,9	44,9	43,5	43,5	44,4	44,7	45,3	45,5	45,7	46,1	46,5	47	47,5
V _{air} (m/s)													1,05
T _{air,o} (°C)													42,6
kwh	31,469												32,097

Çizelge 5.17. Kırmızı toprağın (4.fan) 120 dakikalık deney sonuçları.

	0.dk	10.dk	20.dk	30.dk	40.dk	50.dk	60.dk	70.dk	80.dk	90.dk	100.dk	110.dk	120.dk
Tair,i (°C)	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
Pcomp,i (bar)	3,6	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Pcomp,o(bar)	4	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5
Tsoil (°C)	30,8	30,7	30,7	30,3	30,3	30,3	30,2	30,2	30,1	30,1	30,1	30	29,9
Twater,i (°C)	30,9	29,9	27,5	26,3	24,8	23,6	22,8	21,7	20,5	20	19,6	19,3	19,1
Twater,o (°C)	31	30	28,3	26	23,7	22,8	21,9	20,8	19,6	18,9	18	17,1	16,8
Tcomp,i (°C)	30,9	19,8	18,9	18,2	17,4	16,9	16,5	15,9	15,5	14,8	14,3	13,9	13,1
Tcomp,o (°C)	31	58	59,6	60,3	61,1	61,6	62,2	62,8	63,1	63,9	64,6	65,5	66,2
Tcond,o (°C)	30,9	41,7	42	42,2	42,4	42,6	42,9	43,2	43,6	44	44,4	45,1	45,5
Vair (m/s)													1,45
Tair,o (°C)													41,9
kwh	32,1												32,717

Çizelge 5.18. Kumun (1.fan) 120 dakikalık deney sonuçları.

	0.dk	10.dk	20.dk	30.dk	40.dk	50.dk	60.dk	70.dk	80.dk	90.dk	100.dk	110.dk	120.dk
T _{air,i} (°C)	31	31	31,1	31,1	31,1	31,2	31,3	31,3	31,3	31,3	31,3	31,4	31,4
P _{comp,i} (bar)	3,6	3,2	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
P _{comp,o} (bar)	4	15,5	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
T _{soil} (°C)	30,9	30,9	30,9	30,9	31	31	31	31	31,1	31,1	31,1	31,1	31,1
T _{water,i} (°C)	30,9	30,9	30,9	31	31,2	31,4	31,7	32,9	33,4	33,4	33,7	34,5	35,1
T _{water,o} (°C)	30,8	33,5	33,5	34,4	35,3	36,1	36,5	36,9	37,2	37,5	37,8	38,1	38,3
T _{comp,i} (°C)	31	25,5	25,8	26,2	26,9	27,8	28,6	29,5	30,4	31,7	32,9	34,5	36,2
T _{comp,o} (°C)	31	78	83,2	87,2	92,3	96,9	101,9	105,9	107	107,8	108,1	108,4	109,5
T _{cond,o} (°C)	30,9	61,9	64,8	68,8	71,3	73,6	74,7	75,1	75,7	76,1	76,4	76,8	77,1
V _{air} (m/s)													0,25
T _{air,o} (°C)													79,9
kwh	32,721												33,44

Çizelge 5.19. Kumun (2.fan) 120 dakikalık deney sonuçları.

	0.dk	10.dk	20.dk	30.dk	40.dk	50.dk	60.dk	70.dk	80.dk	90.dk	100.dk	110.dk	120.dk
T _{air,i} (°C)	31,2	31,3	31,3	31,3	31,3	31,3	31,4	31,5	31,5	31,6	31,6	31,6	31,6
P _{comp,i} (bar)	3,6	3	3	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
P _{comp,o} (bar)	4	15	15	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5
T _{soil} (°C)	31	30,9	30,8	30,8	30,7	30,7	30,7	30,6	30,6	30,5	30,5	30,5	30,5
T _{water,i} (°C)	31,2	30,8	30,7	30,6	30,4	30,4	30,3	30,3	30,2	30,2	30,2	30,1	29,9
T _{water,o} (°C)	31,2	30,8	30,6	30,4	30,3	30,2	30	29,8	29,6	29,5	29,3	29,1	28,9
T _{comp,i} (°C)	31,2	28,7	28,4	28	27,6	27,2	26,9	26,5	26,1	25,8	25,4	25	24,7
T _{comp,o} (°C)	31,3	79,3	80,5	82	82,6	83,8	84,7	86	87,2	88,6	89,9	91,3	92,6
T _{cond,o} (°C)	31,2	59,1	60,2	61,1	61,8	62,4	63,6	64,5	65,3	66,2	67,4	68,6	69,4
V _{air} (m/s)													0,65
T _{air,o} (°C)													70,5
kwh	33,48												34,187

Çizelge 5.20. Kumun (3.fan) 120 dakikalık deney sonuçları.

	0.dk	10.dk	20.dk	30.dk	40.dk	50.dk	60.dk	70.dk	80.dk	90.dk	100.dk	110.dk	120.dk
T _{air,i} (°C)	31	31	31	31	31	30,9	30,9	30,9	30,9	30,8	30,8	30,8	30,8
P _{comp,i} (bar)	3,6	2,8	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
P _{comp,o} (bar)	4	13	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
T _{soil} (°C)	30,9	30,8	30,8	30,7	30,7	30,6	30,6	30,5	30,5	30,5	30,4	30,4	30,3
T _{water,i} (°C)	30,9	29,7	29,6	29,5	29,4	29,2	29,1	28,9	28,7	28,6	28,4	28,1	27,8
T _{water,o} (°C)	30,8	28,9	28,6	28,2	28	27,8	27,5	27,3	27	26,8	26,5	26,3	26,1
T _{comp,i} (°C)	31	27,5	26,6	25,9	25,5	24,6	24,2	23,9	23,6	23,3	22,9	22,6	22,3
T _{comp,o} (°C)	30,9	72,9	73,2	73,6	74,3	75,1	75,7	76,6	77,5	78,4	79,3	80,1	80,9
T _{cond,o} (°C)	30,7	48,7	49,3	49,7	50,1	50,7	51	51,2	51,5	51,7	51,9	52,1	52,4
V _{air} (m/s)													1,05
T _{air,o} (°C)													51,5
kwh	34,19												34,871

Çizelge 5.21. Kumun (4.fan) 120 dakikalık deney sonuçları.

	0.dk	10.dk	20.dk	30.dk	40.dk	50.dk	60.dk	70.dk	80.dk	90.dk	100.dk	110.dk	120.dk
T _{air,i} (°C)	30,9	30,9	30,9	30,8	30,8	30,6	30,6	30,6	30,4	30,3	30,3	30,3	30,3
P _{comp,i} (bar)	3,6	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
P _{comp,o} (bar)	4	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5
T _{soil} (°C)	30,5	30,4	30,2	29,9	29,9	29,6	29,3	29,3	29,1	28,9	28,8	28,6	28,5
T _{water,i} (°C)	30,6	27,6	25,9	25,6	25,2	24,9	24,7	24,4	24	23,8	23,5	23,3	23,1
T _{water,o} (°C)	30,6	26,8	25,4	24,6	24,1	23,7	23,5	23,1	22,8	22,6	22,4	22,2	22,2
T _{comp,i} (°C)	30,9	22,8	22,6	22,2	22	21,9	21,7	21,3	20,9	20,6	20,2	19,8	19,3
T _{comp,o} (°C)	30,5	68,5	71,7	76,1	78,5	79,6	80,5	80,9	81	81,2	81,5	81,5	81,8
T _{cond,o} (°C)	30,2	45,5	45,6	46,8	47,5	48,6	49,5	50,4	50,8	51,5	51,9	52,4	52,8
V _{air} (m/s)													1,45
T _{air,o} (°C)													50,8
kwh	34,874												35,534

BÖLÜM 6

TARTIŞMA, DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Yaşamın tüm evrelerine bakıldığında temelin enerji kriterine dayandığı görülmektedir. Bu evreler yapmış olduğumuz deney çalışmasının dışında gibi görünen alanlarda bile enerji kökenliliğinin görülmesi alenidir. Ülkelerin gücü kendi üretimine dayanır ki bu güç üretimin doğal, ekonomik, alternatif v.b olgularıyla rahatlığa, güce ve gelişime kapı açar.

Toprak alternatif enerjinin deposu diyebileceğimiz gibi sektörel gözle bakıldığında da tüm üretimin de temelini oluşturmaktadır. Sadece enerji üretimini kısas almak yerine daha geniş çapta bu enerjiyi finanse etmenin evreleri toprağın ne kadar değerli bir kaynak olduğunu gözler önüne sermektedir. Örneğin; gıda sektörü üzerine bir yorumlama yapacak olursak üretimin toprakta başlayacağı hatta bu üretimin toprağın daha derinlerinde olacağı ilk akla gelen olgulardır. Buda toprağın enerji deposu ve verim olgusunu akla getirecektir ki yer altı kaynakları, yağmur suları ve güneş bu olgunun enerji ihtiyacının kaynaklarıdır.

Dünyada BM Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından açıklanan çeşitli veri raporlarında belirtildiği gibi dünyanın azalan su kaynakları ve erozyonla kaybedilen topraklar dünyanın hızla yükselen enerji ihtiyacı trendine göre gıda maliyetlerinin azaltılması gerekliliğini uygun görmektedir. Enerjiyi gıda sektöründen başlayarak bir yorumlama yapmak gereksinimi insanın yaşamı için beklide ilk sırada beslenme olgusu geldiğinden böyle bir yorumlama hissetmek hiç de yanlış olmayacaktır. Yani daha doğrusu temiz, doğal ve alternatifli üretebileceğimiz enerji bizim yaşam evrelerimizin sadece ısınmada değil tüm alanlarda karşımıza çıkacaktır. İnsan sağlığının temel gıda ihtiyaçlarında enerji sektöründen yakinen ilgili olduğu unutulmaması gerekliliği tüm insanlarımıza vurgulanmalı ve empoze edilmelidir.

TKIP toprağı yok etmediğı ve ekosistemi bozmadığı sürece en az zararlı enerji üretim sistemlerindendir.

Kurulum ve kullanım maliyetlerinin aşılması ile sonraki zamanlarda elde edilen enerji ileriye dönük olarak kendini amorti edecek hatta karlı bir işe dönüşecek en azından daha da uzuca enerji temin edilebilecek hale gelineceğinden dolayı bu projelerin önemi artmakta ve ortaya çıkmaktadır.

Özellikle enerji üretimleri esnasında oluşabilecek çevre ve hava kirliliğini hesaba katmamız gerekir ki en büyük dikkat edilmesi gereken noktalardan olan çevre ve hava kirliliğı bakımından TKIP sağlığı tehdit etmemektedir. Enerji ihtiyacında TKIP ciddi bir alternatiftir. Bu itibarla enerji maliyeti ve enerji üretimi esnasında ortaya çıkan olumsuz etkileri de dolaylıda olsa azaltılacak alternatif enerji üretim sistemlerindendir.

TKIP’da kullanmış olduğumuz R-134a soğutucu akışkan türü değiştirilerek farklı türlerdeki soğutucu akışkanlar ile deneyler yapılarak elde edilecek sonuçlar yapmış olduğumuz deney sonuçlarına göre TKIP performansının enerji tüketimi yönünden kıyaslaması yapılabilir.

Bu enerji üretimi ve enerji karşılama metodu genişletilmeli, farklı sektörlerde de geliştirilip uygulanabilir duruma getirilerek ülke ekonomisine, üretimine ve teknolojisine kazandırılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Soil Survey Staff, 1999. Keys to Soil Taxonomy. USDA. SMSS. **Technical Monograph** No:19.
2. Öztekin, T., Öztekin, S., Oğuz, İ., Tokat-Kazova Koşullarında Saatlik Torak Sıcaklıklarının Periyodik Sinüs Dalga Eşitliği ile Tahmini, **Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi**, 1, 55-60, 2008.
3. Tonkaz, T., Doğan, E., Aydemir, S., GAP Bölgesi Toprak Sıcaklıklarının Alansal Değişimleri ve Hava Sıcaklığı ile İlişkileri, **HR.Ü.Z.F.Dergisi** 11(1/2), 55-61, 2007.
4. Yılmaz, T., Teorik ve Uygulamalı Isı Transferi, **Papatya Yayıncılık**, İstanbul, 1999.
5. Kolyasev, F.E., ve Gupalo A.I., 1958, **On the correlation of heat and moisture properties of soils**, Special Report, No, 40: 106-112 (Publication No. 629) Highway Res. Bd., Nat. Acad. Sci., Washington, USA.
6. Gruham, B.S. ve Lal R., 1985, **Thermal conductivity, thermal diffusivity and thermal capacity of some Nigerian soils**, **Soil Science**, 139, 74-80.
7. Ünlü, K., Hava ve toprak kaynaklı ısı pompalarına etki eden parametrelerin incelenmesi, Doktora Tezi, **Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Bursa, Türkiye (2005)
8. Martin, S.D.A Design and Economic Sensitivity Study of Single-Pipe Horizontal Ground Coupled Heat Pump Systems, **Ashrae Transactions**, Part 1, Vol. 96, Sayfa : 634-642, 1990.
9. Hetteplace, G. and Sullivan, W. Performance of a Hybrid Ground-Coupled Heat Pump System, **Ashrae Transactions**, Part 1b, Vol. 104, Sayfa :763-770,1998.
10. Ealy, P.F. ve Uğursal, V.I. Performance and Economic Feasibility of Ground Source Heat Pumps in Cold Climate, **International Journal of Energy Research**, Vol. 21, Sayfa: 857-870, 1997.
11. Spilker, E.H. Ground-Coupled Heat Pump Loop Design Using Thermal Conductivity Testing and the Effect of Different Backfill Materials on Vertical Bore Length, **Ashrae Transactions**, Part 1b, Vol. 104, Sayfa : 775-779, 1998.
12. Couvillion, R. J. Field and Laboratory Simulation of Earth-Coupled Heat Pump Coils, **Ashrae Transactions**, Part 2b, Vol. 91, Sayfa : 1326-1334, 1985

13. Hughes, P.J., Loomis, L., O'neil, R.A. and Rizzuto, J. Results of the Residential EarthCoupled Heat Pump Demonstration in Upstate New York, **Ashrae Transactions**, Part 2b, Vol. 91, Sayfa : 1307-1325,1985.
14. Boissavy, C. Ground Source Heat Pump Systems, Bölüm 14 , **International Summer School on Direct Application of Geothermal Energy**, Geothermal District Schemes (Editörler: K. Dimitrou, O. Mertoğlu ve K. Popouski), Course Text, Makedonya, 1997.
15. Orkustofnun, I.F. **Geothermal Direct Use Around the World, Geothermal Bulletin, Geothermal Resources Council**, Vol. 27, No. 8, Sayfa : 235-239, Kasım 1998.
16. İnternet: Yer kaynaklı ısı pompalarının teknolojik gelişimi ve Türkiye'deki uygulanabilirliği,
<http://www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/11655/2270/c56b3157-91ef-42c4-8802-13a78ec7e1d7.pdf?sequence=1>
17. Mamedov R.G., 1989. **Azerbaycan SSR topraklarının agrofiziksel özellikleri**. Bakü, Elm, 244s.(s.172- 192), (Rusça).
18. Chudnovskii A.F., 1976. **Toprakların Isı Fiziği**. Moskova, Nauka,353s. (Rusça).
19. İsaçenko V.P.,Osipova V.A., Sukomel A.S., 1981. **Isı iletimi**. Moskova, Energoizdat, 417s.(s.8-24). (Rusça).
20. Voronin A.D.,1986. Toprak fiziğinin esasları. **İzdatelstvo Moskovskogo Universiteta**, 246s. (Rusça).
21. İnternet: Isı pompası tanımı ve çalışma prensibi
<https://www.tesisat.org/isi-pompasi-nedir-isi-pompasi-nasil-calisir.html>
22. İnternet: Kompresörler ve Yoğuşturucular
[https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/5177/mod_resource/content/0/Hafta %206.pdf](https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/5177/mod_resource/content/0/Hafta%206.pdf)
23. İnternet: Genleşme valfleri
<http://portal.canovateenerji.com/tr-TR/genlesme-valfi>
24. İnternet: Buharlaştırıcılar
<http://portal.canovateenerji.com/tr-TR/buharlastirici>
25. İnternet: Enerji Kaynaklarının Isı Pompalarında Kullanım Durumları
<https://www.enerjiportali.com/yenilenebilir-enerji-kaynaklari-nelerdir/>
26. Develioğlu, M. 2012. “Yer Kaynaklı Isı Pompalarının Teknolojik Gelişimi ve Türkiye'deki Uygulanabilirliği,Yüksek Lisans Tezi, **Hacettepe Üniversitesi, Temiz Tükenmez Enerjiler Anabilim Dalı**

27. İnternet: Toprak ile ilgili genel bilgiler
<http://gmyobitkisel.gumushane.edu.tr/media/uploads/gmyobitkisel/files/toprak-dersi-notlar.pdf>
28. İnternet: Hava kaynaklı ısı pompaları
<http://portal.canovateenerji.com/tr-TR/hava-kaynakli-isi-pompasi>
29. İnternet: Su kaynaklı ısı pompaları
<http://www.emagrup.com/tr/su-kaynakli-isi-pompalari>
30. Akçasarı, E., (2004) Toprak Kaynaklı Isı Pompalarının Termo-Ekonomik Analizi *FBE Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı* Proses Programında Hazırlanan Yüksek Lisans Tezi
31. İnternet: Toprak kaynaklı ısı pompaları
<https://docplayer.biz.tr/5547535-Isi-pompalari-wps-140-c-toprak-kaynakli-isi-pompasi-calisma-prensibi.html>
32. Demir, H., 2006, Toprak Kaynaklı Isı Pompası ve Toprak Isı Değiştiricilerinin Optimizasyonu ve Geliştirilmesi, Doktora Tezi, *YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, 145 s.
33. Ataman. H., 1991. "Toprak kaynaklı bir ısı pompası tesisinin tasarımı ve optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. 114s.
34. İnternet: Isı pompaları
<http://www.portail-artisans.com/concept-eco-energie/pompes.php>
35. İnternet: Toprak Kaynaklı Isı Pompası Çeşitleri
<https://core.ac.uk/download/pdf/50610571.pdf>

ÖZGEÇMİŞ

Yunus YILMAZ 1982 yılında VAN'ın Muradiye ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini doğduğu ilçe Muradiye'de tamamladı. 2007 yılında Selçuk Üniversitesi Kadınhanı Faik İçil Meslek Yüksekokulu Doğalgaz, Isıtma ve Sıhhi Tesisat Teknolojisi, 2012 yılında Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat Öğretmenliği ve 2015 yılında Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği bölümlerinden mezun oldu.

ADRES BİLGİLERİ,

Adres : Mithatpaşa mah.dağ yolu sk.güneş evler sitesi

A Blok No:49, Kat:4, Daire No:10

ZONGULDAK

Tel : (0 541) 398 15 47

E-posta : yunusyilmaz560465@gmail.com