T.C
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÜNEŞ ENERJİSİNİN FARKLI MALZEMELERE DEPOLANMASININ ARAŞTIRILMASI

İlhami ERCAN

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2019

Prof. Dr. Hüsamettin BULUT danışmanlığında. İlhami ERCAN 'ın hazırladığı **"Güneş Enerjisinin Farklı Malzemelere Depolanmasının Araştırılması"** konulu bu çalışma 21/02/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman	:Prof. Dr. Hüsamettin BULUT	……
Üye	:Doç.Dr. İsmail HİLALİ	……
Üye	:Doç. Dr. Önder KAŞKA	…….....

Bu Tezin Makina Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof. Dr. İrfan ÖZBERK
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin. Çizelge, Şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı. 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ vi
SİMGELER DİZİNİ vii
1.GİRİŞ 1
1.1.Türkiye'de Güneş Enerjisi 2
1.2.Güneş Enerjisinin Bazı Isıl Uygulamaları 3
1.2.1.Güneş enerjisi ile kurutma 4
1.2.2.Havuz suyunun güneş enerjisi ile ısıtılması 4
1.2.3.Güneş fırınları veya ocakları 4
1.2.4.Havalı güneş kollektörleri 5
1.3.Enerji Depolama 6
1.3.1.Isıl (Termal) enerji depolama yöntemleri 6
1.3.2.Isı depolama sisteminde istenen özellikler 9
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 10
3.MATERYAL ve YÖNTEM 15
3.1.Deney Düzeneği 15
3.1.1.Bazalt taşları 17
3.1.2.Urfa taşı 18
3.1.3.Çakıl taşları 19
3.1.4.Ölçüm aletleri 20
3.2.Deneysel Ölçüm 24
3.3.Taşlarda Isı Transferi Hesabı 28
4.ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 32
4.1.Güneş Enerjili Değişken Sıcaklıkta Isıl Depolama (Şarj) ve Deşarj İşlemleri 32
4.1.1.Bazalt taşı analizleri 32
4.1.2.Urfa taşı analizleri 36
4.1.3.Çakıl taşı analizleri 38
4.2.Sabit Sıcaklıkta Taşların Isıl Depolama (Şarj) ve Deşarj İşlemleri 40
4.2.1.Bazalt taşı analizleri 40
4.2.2.Çakıl taşı analizleri 41
4.3.Bazalt ve Urfa Taşının Mukayesesi 43
4.3.1.Bazalt ve Urfa taşının güneş enerjili değişken sıcaklıkta ısıl depolama (şarj) ve deşarj işlemlerinin mukayesesi 43
4.3.2.Bazalt ve Urfa taşının sabit sıcaklıkta ısıl depolama (şarj) ve deşarj işlemlerinin mukayesesi 46
4.4.Deneysel Analiz ve Teorik Hesaplar ile Taşlara Verilen Enerjinin Mukayesesi 48
5.SONUÇLAR ve ÖNERİLER 54
5.1.Sonuçlar 54
5.2.Öneriler 55
ÖZGEÇMİŞ 59

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GÜNEŞ ENERJİSİNİN FARKLI MALZEMELERE DEPOLANMASININ ARAŞTIRILMASI

İlhami ERCAN

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hüsamettin BULUT
Yıl:2019, Sayfa:59

İklimlendirme sistemleri, tüketilen toplam enerjide önemli bir paya sahiptirler. Bu durum Türkiye gibi enerjide dışa bağımlı ülkelerin, ısıtma ve soğutma uygulamaları için gerekli olan enerji ihtiyacını karşılamak ve enerji tüketimini düşürmek için farklı alternatif çözümler geliştirmelerini gerekli kılmıştır. Isıl depolama teknolojileri, enerji verimliliği ve enerjinin sürdürülebilirliği açısından önemli bir çözümdür. Katı, sıvı ve faz değiştirici malzemelerin kullanıldığı birçok farklı ısıl depolama yöntemleri vardır. Bu çalışmada çakıl taşı, farklı geometrilerdeki Urfa taşı ve bazalt taşının ısıl enerji depolama özellikleri deneysel olarak Şanlıurfa iklim şartlarında incelenmiştir. Bu amaç için taşın içine yerleştirildiği bir yalıtımlı kutu, bir havalı güneş kolektörü veya ısıtıcı, bir fan ve ölçüm cihazlarından meydana gelen bir deney düzeneği kullanılmıştır. Analiz ve hesaplamalar için güneş ışınım miktarı, hava giriş ve çıkış sıcaklıklıkları, taş sıcaklıkları ve ortam sıcaklığı ölçülerek dataloggerda veriler kaydedilmiştir. Ayrıca hava hızı bir anemometre ile ölçülmüştür. Farklı günlerde yapılan ölçümlere göre taşların ısıl enerji depolama miktarları, şarj ve desarj süreleri tespit edilerek zamana bağlı sıcaklık değişimleri incelenip teorik hesaplama sonuçları ile karşılaştırma yapılmıştır. Ayrıca ele alınan taşların sabit sıcaklıkta da şarj ve desarj durumları incelenmiştir. Yapılan incelemenin sonucunda deneysel çalışmada kullanılan doğal taşlardan bazalt taşının ısıl depolama özelliğinin Urfa taşına göre daha yüksek olduğu ve taşın geometrik şeklinin ısıl depolama üzerine etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Doğal taşların ısıl depolama potansiyellerinin ısıtma ve kurutma sistemlerinde enerji verimliliği açısından kullanılabileceği görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER: Isıl Enerji Depolama, Urfa Taşı, Bazalt Taşı, Çakıl Taşı, Güneş Enerjisi.

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTIGATION OF THE STORAGE OF SOLAR ENERGY IN DIFFERENT MATERIALS

İlhami ERCAN

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Hüsamettin BULUT
Year:2019, Page:59

Air conditioning systems have a substantial share in total energy consumption. Energy dependent countries such as Turkey need to develop different alternative solutions in order to reduce its energy consumption and to meet energy required for heating and cooling applications. Heat storage technologies are an important solution in terms of energy efficiency and energy sustainability. There are many different thermal storage methods using solid, liquid and phase modifying materials. In this study, thermal energy storage properties of pebbles, Urfa stone and basalt stone at different geometric shapes were investigated experimentally under Şanlıurfa climate conditions. For this purpose, an experimental setup inculing an insulated box where the stone is placed inside, an air solar collector or a heater, a fan and the measuring devices have been used. Solar radiation, air inlet and outlet temperatures, stone temperatures and ambient temperature were measured and recorded by using a data logger for the analysis and calculations. Air velocity was measured with an anemometer. Charge and discharge times, and the thermal energy storage potentials of the stones were determined according to the measurements carried out for different days and the time dependent temperature changes were examined. The charge and discaharge charactheristics of the stones were also investigated for constant temperature conditions. The experimental results were compared with that of theoretical calculations. As a result of this study, it was determined that the thermal storage capacity of the basalt stone is higher than that of the Urfa stone and the shape of the stone effects on thermal energy storage. It has been also observed that the thermal storage potential of natural stones can be used in terms of energy efficiency in heating systems and drying applications.

KEY WORDS: Thermal Energy Storage, Urfa Stone, Basalt Stone, Pebble Stone, Solar Energy

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında değerli tecrübe ve birikimleriyle beni yönlendiren danışmanım Sayın Prof. Dr. Hüsamettin BULUT'a ve destekleriyle yanımda olan Makine Mühendisliği Bölümündeki tüm öğretim üyelerine teşekkür ederim. Ayrıca Yunus DEMİRTAŞ başta olmak üzere bölümümüzün tüm araştırma görevlilerine bana sağladıkları imkan ve kolaylıklardan dolayı teşekkür ederim. Son olarak aileme; bana duydukları güvenden dolayı çok teşekkür ederim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Havalı güneş kollektörünün kesit ve açılmış görünüşü 5
Şekil 1.2. Enerji depolama yöntemleri 7
Şekil 3.1. Adyabatik hacim 15
Şekil 3.2. Havalı güneş kolektörü 16
Şekil 3.3. Havalı güneş kolektörlü ve adyabatik hacimli ısıl depolama deney düzeneği 17
Şekil 3.4. Deneylerde kullanılan farklı geometrilerdeki bazalt taşları 18
Şekil 3.5. Deneylerde kullanılan farklı geometrilerdeki Urfa taşları 19
Şekil 3.6. Deneylerde kullanılan çakıl taşları 20
Şekil 3.7. Anemometre (Hız ölçer) 21
Şekil 3.8. Datalogger (Veri Kayıt Cihazı) 22
Şekil 3.9. Piranometre (Güneş ışınımı ölçer) 22
Şekil 3.10. Elektrik sayacı 23
Şekil 3.11. Elektrikli Isıtıcı 23
Şekil 3.12. Hız anahtarlı fan 24
Şekil 3.13. Deney Düzeneğindeki Ölçüm Noktaları 27
Şekil 3.14. Sabit Sıcaklıkta Yapılan Deneyler İçin Ölçüm Noktaları 28
Şekil 4.1. 06 Şubat 2018 tarihinde hacim giriş-çıkış sıcaklığı, bazalt taşı sıcaklığı ve güneş ışınımının zamanla değişimi 32
Şekil 4.2. 07 Şubat 2018 tarihinde hacim giriş-çıkış sıcaklığı, bazalt taşı sıcaklığı ve güneş ışınımının zamanla değişimi 33
Şekil 4.3. 30 Ekim 2018 tarihinde hacim giriş-çıkış sıcaklığı, bazalt taşı sıcaklıkları (Küp: 5x5x5 cm, 7x7x7 cm ve Silindir: 6x10 cm) ve güneş ışınımının zamanla değişimi 34
Şekil 4.4. 30 Ekim 2018 tarihinde küp (5x5x5 cm, 7x7x7 cm) ve silindir (6x10 cm) bazalt taşlarında şarj ve deşarj işleminde sıcaklıkların ve güneş ışınımının zamanla değişimi 34
Şekil 4.5. 31 Ekim 2018 tarihinde hacim giriş-çıkış sıcaklığı, bazalt taşı sıcaklıkları (Küp: 5x5x5 cm, 7x7x7 cm ve Silindir: 6x10 cm) ve güneş ışınımının zamanla değişimi 35
Şekil 4.6. 26 Kasım 2018 tarihinde hacim giriş-çıkış sıcaklığı, bazalt taşı sıcaklıkları (Küp: 10x10x10 cm ve Levha: 30x30x3 cm) ve güneş ışınımının zamanla değişimi 36
Şekil 4.7. 19 Şubat 2018 tarihinde şarj ve deşarj işleminde hacim giriş-çıkış ve Urfa taşı sıcaklığının (küp:10x10x10 cm) ve güneş ışınımının zamanla değişimi 37
Şekil 4.8. 01 Kasım 2018 tarihinde şarj ve deşarj işleminde hacim giriş-çıkış ve Urfa taşı sıcaklığının (küp: 5x5x5 cm, 7x7x7 cm, silindir: 6x10 cm, küre: 5 cm) ve güneş ışınımının zamanla değişimi 38
Şekil 4.9. 03 Kasım 2018 tarihinde şarj ve deşarj işleminde hacim giriş-çıkış ve çakıl taşı (çap: 2-6 cm) sıcaklıklarının ve güneş ışınımının zamanla değişimi 39
Şekil 4.10. 06 Kasım 2018 tarihinde şarj ve deşarj işleminde hacim giriş-çıkış ve çakıl taşı (çap: 2-6 cm) sıcaklıklarının ve güneş ışınımının zamanla değişimi 39
Şekil 4.11. Sabit sıcaklıkta şarj (44 ºC) ve deşarj (21 ºC) işleminde hacim giriş-çıkış ve bazalt taşı (levha: 30x30x3 cm, küp: 10x10x10 cm) sıcaklıklarının değişimi 40
Şekil 4.12. Sabit sıcaklıkta şarj (69 ºC) ve deşarj (23 ºC) işleminde hacim giriş-çıkış ve bazalt taşı (levha: 30x30x3 cm, küp: 10x10x10 cm) sıcaklıklarının değişimi 41
Şekil 4.13. Sabit sıcaklıkta şarj (52 ºC) ve deşarj (28 ºC) işleminde hacim giriş-çıkış ve çakıl taşı sıcaklıklarının değişimi 42
Şekil 4.14. Sabit sıcaklıkta şarj (67 ºC) ve deşarj (32 ºC) işleminde hacim giriş-çıkış ve çakıl taşı sıcaklıklarının değişimi 42
Şekil 4.15. Sabit sıcaklıkta şarj (99 ºC) ve deşarj (26 ºC) işleminde hacim giriş-çıkış ve çakıl taşı sıcaklıklarının değişimi 43
Şekil 4.16. 09 Kasım 2018 tarihinde şarj ve deşarj işleminde hacim giriş-çıkış, Urfa ve bazalt taşı sıcaklıklarının ve güneş ışınımının zamanla değişimi 44
Şekil 4.17. 15 Kasım 2018 tarihinde şarj ve deşarj işleminde hacim giriş-çıkış, Urfa ve bazalt taşı sıcaklıklarının ve güneş ışınımının zamanla değişimi 44
Şekil 4.18. 15 Kasım 2018 tarihinde şarj ve deşarj işleminde hacim giriş-çıkış, Urfa ve bazalt taşı sıcaklıklarının zamanla değişimi 45

Şekil 4.19. 16-20 Kasım 2018 tarihlerinde şarj ve deşarj işleminde hacim giriş-çıkış, Urfa ve bazalt taşı sıcaklıklarının ve güneş ışınımının zamanla değişimi 45
Şekil 4.20. Yüksek ve düşük sabit sıcaklıklarda sarj ve deşarj işleminde Urfa ve bazalt taşları..... 46
sıcaklıklarının değişimi 46
Şekil 4.21. Sabit sıcaklıkta şarj (99 ºC) ve deşarj (26 ºC) işleminde hacim giriş-çıkış, değişik geometrilerdeki Urfa ve bazalt taşı sıcaklıklarının değişimi 47
Şekil 4.22. Farklı sabit sıcaklıklarda şarj ve deşarj işlemi sırasında hacim giriş-çıkış, değişik..... 47
geometrilerdeki Urfa ve bazalt taşı sıcaklıklarının değişimi 47
Şekil 4.23. Sabit sıcaklıkta şarj (96 ºC) ve deşarj (26 ºC) işleminde hacim giriş-çıkış, değişik..... 48
geometrilerdeki Urfa ve bazalt taşı sıcaklıklarının değişimi 48
Şekil 4.24. Şarj durumunda bazalt taşının teorik ve deneysel ısıl gücünün karşılaştırılması 50
Şekil 4.25. Şarj durumunda Urfa taşının teorik ve deneysel ısıl gücünün karşılaştırılması 51
Şekil 4.26. Bazalt taşının deneysel ısıl gücünün şarj hava sıcaklığı ile değişimi 52
Şekil 4.27. Bazalt taşının deneysel ısıl gücünün şarj hava sıcaklığı ile değişimi 52
Şekil 4.28. Bazalt taşının deneysel ısıl gücünün şarj hava hızı ile değişimi..... 53
Şekil 4.29. Urfa taşının deneysel ısıl gücünün şarj hava hızı ile değişim..... 53

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli 3
Çizelge 1.2. Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı 3
Çizelge 3.1. Hava kolektörü yapımında kullanılan malzemeler 16
Çizelge 3.2. Doğal Taşların Termofiziksel Özellikleri 20
Çizelge 3.3. Ölçüm yapılan tarihler, taşların geometrik boyutları ve ölçüm şartları 25
Çizelge 4.1. Şarj Durumunda Değişik hava hızı ve sıcaklıklarında taşların teorik ve ısıl güçleri ... 49

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

$\dot{Q}_{taş}$	Taşın ısıl gücü (W)
$\dot{Q}_{hava}$	Havanın ısıl gücü (W)
$Q_{taş}$	Taşın aldığı veya verdiği ısıl enerji (J)
ρ_h	Havanın yoğunluğu (kg/m^3)
V	Havanın hacime giriş hızı
A	Hacim giriş kesit alanı (m^2)
C_p	Havanın özgül ısı (J/kgK)
ΔT_{12}	Hacim giriş-çıkış havası sıcaklık farkı (K)
$m_{taş}$	Taşın kütlesi (kg)
$C_{taş}$	Taşın özgül ısısı (J/kgK)
Δt	Zaman farkı (s)
Re	Reynold sayısı
L	Karakteristik uzunluk (m)
v	Kinematik viskozite(m^2/s)
h	Isı geçiş katsayısı (W/m^2K)
$\propto$	Isıl yayınım katsayısı (m^2/s^2)
k	Isı iletim katsayısı (W/mK)
P_r	Prandtl sayısı
μ_a	Dinamik Viskozite (kg/m s)
μ_s	Kinematik vizkozite m^2/s)
T_d	Dış hava sıcaklığı (°C)
T_t	Hacim içerisinde bulunan taşların sıcaklıkları (°C)
T_{kg}	Kolektör giriş sıcaklığı (°C)
$T_{kç}$	Kolektör çıkış sıcaklığı (°C)
I_g	Güneş ışınımı (W/m^2)
T_{hg}	Hacim giriş sıcaklığı (°C)
$T_{hç}$	Hacim Çıkış sıcaklığı (°C)
T_o	Oda sıcaklığ (°C)

1. GİRİŞ

Ülkelerin kalkınmaları, enerjiye ve enerji kaynaklarının varlığına bağlı olduğundan enerji insanlık tarihinde her zaman önemli rol oynamıştır. Günümüzde temel problemlerden biri, sınırlı enerji kaynaklarıyla artan enerji ihtiyacının karşılanmaya çalışılmasının yanında kullanılan enerji kaynaklarının sebep olduğu geri dönülmez biçimdeki doğa ve çevre tahribidir. Enerji kaynakları arasında en fazla tüketilen fosil yakıtların hem tükenme eğilimine girmesi hemde çevre kirliliğinin temel sebeplerinden biri olması; dünyanın alternatif enerji kaynakları arayışına girmesine sebep olmuştur. Bu alternatif enerji kaynakları; güneş enerjisi, hidrolik enerji, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, biokütle enerji ve dalga enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı birçok avantajı beraberinde getirmekle beraber özellikle enerjide dışa bağımlı olan ülkelerin yerli kaynaklarla enerji ihtiyacını karşılaması ve çevresel zararlarının olmaması bu avantajların başında gelmektedir.

Dünyadaki enerji ihtiyacının her geçen gün artış göstermesi konvansiyonel kaynaklara olan ihtiyacı da arttırmaktadır. Dünyadaki enerji ihtiyacının büyük bir bölümünün karşılandığı bu konvansiyonel veya yenilenemez enerji kaynaklarının başında kömür, doğal gaz ve petrol gelmektedir. Konvansiyonel yakıtların kullanılması, sera gazı salınımını arttırmakta ayrıca küresel ısınmanın da en temel sebebi olmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, çevre dostu ve sürdürülebilir bir enerji sağladıklarından dolayı gelecekte artan enerji ihtiyacını karşılamak noktasından çok önemli olarak değerlendirilen enerji kaynakları konumundadırlar (Hadjipaschalis ve ark, 2009).

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında en büyük potansiyele sahip olan güneş enerjisi; kullanım açısından pek çok avantaja sahiptir. Bunların başında çevre kirliliğine sebep olmaması, üstün ve kompleks bir teknoloji gerektirmemesi ve yerel olarak uygulanabilmesi gelmektedir. Bu üstünlükleri sebebiyle güneş enerjisi; günümüzde üzerinde yoğun çalışmaların yapıldığı bir konu olmuştur. Binaların

ısıtılması, soğutulması, iklimlendirme uygulamaları, endüstriyel çalışmalar, gıda kurutulması ve elektrik üretimi güneş enerjisinin yaygın olarak kullanıldığı alanlardır (Karim ve Hawlader. 2004). Güneş enerjisinden faydalanılarak yapılan ısıtma uygulamalarında özellikle sıcak su üretimi başı çekmektedir. Diğer ısıl uygulamalar ise istenen seviyede değildir (Kelek, 1996; Toğrul ve Pehlivan, 2002).

Türkiye; yenilenebilir enerji kaynakları açısından coğrafik konumu nedeniyle şanslı bir bölgede yer almaktadır. Özellikle Güneydoğu Anadolu, Akdeniz ve Ege bölgelerinde oldukça zengin güneş enerjisi potansiyeli mevcut olduğu halde, yeteri kadar kullanılamadığı düşünülmektedir. Türkiye'de güneş enerjisi ile ilgili çalışmalar 1973 yılından itibaren başlamış olup güneş enerjili sıcak su sistemleri 1975 yılında kullanımı yaygınlaşmıştır (Kılıç ve Öztürk, 1984).

Güneş enerjisi temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olması bakımından genel olarak ilk yatırım dışında herhangi bir maliyet gerektirmeyen özellikle konut, gıda, tekstil ve kimya gibi endüstriyel alanda, düşük sıcaklık uygulamalarında kolaylıkla kullanılabilmektedir. (Oğulata. 1997). Bununla beraber Dünya' da ve Türkiye' de özellikle son yıllarda havalı güneş kolektörlerinin kullanımında büyük bir artış görülmektedir (Benli ve Durmuş, 2002).

Bu çalışmanın temel amacı havalı tip güneş kolektörü kullanılarak bazalt taşı, Urfa taşı ve çakıl taşı gibi farklı doğal malzemelerin adyabatik bir hacim içerisine konularak ısıl enerji depolanmasının araştırılmasıdır. Ayrıca elektrikli ısıtıcı kullanılarak malzemelerin sabit sıcaklık durumunda da deneysel analizinin yapılması hedeflenmiştir. Güneş enerjisinden yararlanarak Şanlıurfa iklim şartlarında doğal taşların ısıl depeolama uygulanabilirliği teorik ve deneysel olarak araştırılmıştır.

1.1. Türkiye'de Güneş Enerjisi

Yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli açısından ülkemiz şanslı konumdadır. Türkiye, rüzgâr, güneş ve hidrolik enerjide iddialıdır. Ancak bunlar içerisinde güneş enerjisi Türkiye'de daha çok sıcak üretiminde yaygındır.

Elektrik İşleri Etüt (EİE) İdaresi Genel Müdürlüğünün (yeni adı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (EİGM), Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden alınan 1966-1982 arası uzun dönem ölçüm verilerine göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat ve ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl olarak hesaplamıştır (Çizelge 1.1). Türkiye'nin sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli bölgeden bölgeye farklılık göstermekle beraber Çizelge 1. 2.'de görüldüğü gibi Güney Doğu Anadolu Bölgesi ve Akdeniz Bölgesi en yüksek, Karadeniz Bölgesi ise en düşük güneş enerjisi potansiyeline sahiptir (Varınca ve Gönüllü, 2006).

Çizelge 1.1. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli

Aylar	**Aylık Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m^2-ay)**	**Güneşlenme Süresi (Saat/ay)**
Ocak	51.75	103.0
Şubat	63.27	115.0
Mart	96.65	165.0
Nisan	122.23	197.0
Mayis	153.86	273.0
Haziran	168.75	325.0
Temmuz	175.38	365.0
Ağustos	158.40	343.0
Eylül	123.28	280.0
Ekim	89.90	214.0
Kasim	60.82	157.0
Aralik	46.87	103.0
Toplam	1311	2640
Ortalama	3.6 kWh/m^2-gün	7.2 saat/gün

Çizelge 1.2. Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı

Bölge	**Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m^2-yıl)**	**Güneşlenme Süresi (Saat/yıl)**
G.Doğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
Iç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

1.2. Güneş Enerjisinin Bazı Isıl Uygulamaları

Güneş enerjisinin ana uygulamalarından biri olan ısıl uygulamalarından bazıları aşağıda verilmiştir (Kırbaş, 2006).

1.2.1. Güneş enerjisi ile kurutma

Birçok sanayi sektöründe uygulanan temel işlemlerden biri kurutmadır. Gıda, kâğıt, tekstil, seramik, kimya ve deri sanayinde kurutmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Güneş enerjisi ile kurutma işleminde esas olarak yapılan; kurutulacak maddeyi direkt güneş ışınımı etkisinde bırakmak veya güneşle ısıtılan havayı doğal veya zorlanmış dolaşımla malzemenin üzerinden veya içinden geçirmektir. Güneş enerjisi ile kurutma işlemleri arasında en yaygın olan gıda ürünlerinin kurutulması işleminde; sebze ve meyvelerin bozulmadan ve besin değerini kaybetmeden uzun süre saklanabilmesi ve korunabilmesi sağlanabilmektedir.

1.2.2. Havuz suyunun güneş enerjisi ile ısıtılması

Güneş enerjisi kullanılarak havuz suyunun ısıtılması, doğrudan veya dolaylı olarak yapılabilir. Havuz suyu güneş kollektörlerinde dolaşım yaparak ısıtma sağlanırsa buna doğrudan ısıtma; kollektör içinde güneş enerjisi ile ısıtılan su bir ısı değiştirici yardımıyla havuz suyunu ısıtması durumunda buna da dolaylı ısıtma denir. Ayrıca güneş enerjisi yardımcı veya ek ısıl enerji kaynağı olarak da havuz ısıtmasında faydalanılmaktadır. Havuz ısıtma maliyetini önemli oranda düşüren bu uygulama da; havuz suyu kolektörlerden geçmemekte, sisteme eklenen bir ısı değiştiricisi ile kollektörlerde ısınan su ısısını havuz suyuna vermektedir. Su sıcaklığı istenen değerde olmadığında esas ısıtma sistemi devreye girmektedir. Bu sistemler kurulurken özellikle seçilecek kollektör alanının havuz suyunu ısıtmak için yeterli olması gerekmektedir.

1.2.3. Güneş fırınları veya ocakları

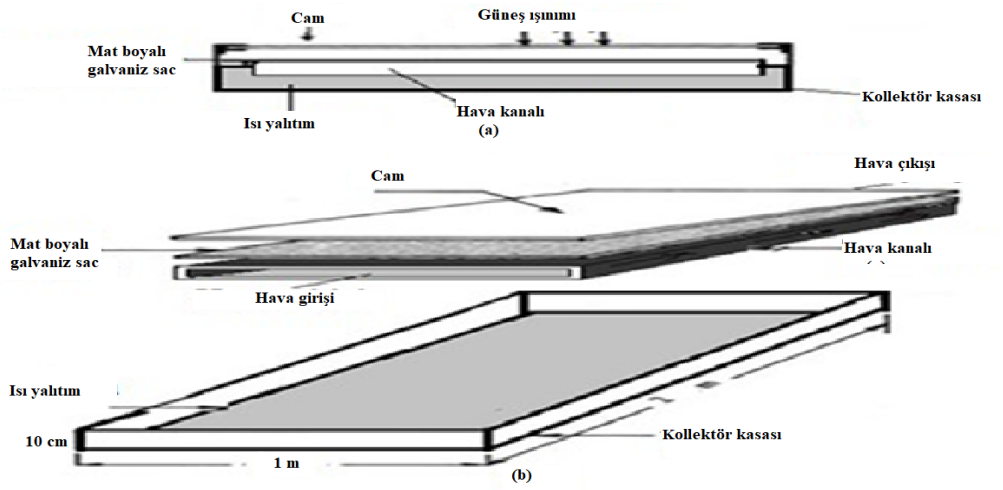
Güneş fırınları veya ocakları, güneş enerjisinden faydalanarak gıdaların pişirildiği güneş enerjisi ısıl uygulamalarındanadır. Araştırmacılar tarafından geliştirilen güneş fırınları ve ocakları ticari olarak da kullanım potansiyeli bulmuştur. Kamplarda ve pikniklerde kullanılmak üzere farklı özelliklere sahip güneş ocakları

geliştirilmiştir. Güneş fırınları veya ocakları özellikle Çin, Hindistan ve Pakistan'da yaygın bir biçimde kullanılmaktadırlar.

1.2.4. Havalı güneş kollektörleri

Havalı güneş kollektörleri, güneş enerjisinin ısısını mahal ısıtılması için kullanılacak havaya aktaran araçlardan biridir. Bu sistemlerde temel olarak; cam veya plastik malzemeden yapılmış geçirgen örtü, yutucu plaka ve bu plakaya bağlı veya altına yerleştirilmiş kanal veya borular, kasa ve yalıtım malzemesinden oluşmaktadır (Şekil 1.1). Havalı güneş kollektörlerin en önemli elemanı, gelen güneş enerjisini yutan ve bu enerjiyi havaya aktaran emici yani yutucu plakalardır (Kırbaş, 2006).

Havalı güneş kollektörleri, ürün kurutma ve hacim ısıtma uygulamalarında kullanılabilir. Kurutma uygulamalarında havalı kollektörün ısıl performansının en iyi ve ayrıca ekonomik olmalıdır (Karım ve Hawlader, 2006; El-Sebaii ve ark., 2001). Günümüzde havalı güneş kollektörleriyle ilgili akış ve ısı transferi karakteristiklerinin belirlenmesine ve iyileştirilmesine yönelik çalışmalar sürmektedir. Düz yüzeyli havalı kollektörlerin kullanımı oldukça yaygındır. Kollektörlerde havanın akımı, emici plakanın üstünden, altından veya her iki tarafından da geçirelebilinmektedir (Karım ve Hawlader, 2006).



Şekil 1.1. Havalı güneş kollektörünün kesit ve açılmış görünüşü

1.3. Enerji Depolama

Günümüzde enerji ihtiyacı özellikle artan nüfus ve sanayileşmeden dolayı hergeçen gün artmaktadır. Bununla beraber enerji üretimi ve tüketimi arasındaki fark hızla artmaktadır. Ülkemiz gibi enerjide dışa bağımlı ülkelerin mevcut enerji kaynaklarından en etkili ve verimli şekilde yararlanmaları gerektiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca enerji talebindeki artışın karşılanması için yapılması gerekenlerden biri, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin verimli depolanması ve ihtiyacı karşılayacak şekilde dönüşümlerin geliştirilmesidir.

Enerjinin depolanması ile ilgili araştırmacılar tarafından kapsamlı araştırmalar yapılmaktadır. Enerjinin istenildiği zaman ve istenilen yerde kullanabilmek için onu saklamaya depolama denir. Enerji depolamada verimlilik; yüksek depolama kapasitesi, yüksek şarj/deşarj verimi, kendiliğinden boşalmanın ve kapasite kayıplarının az olması, uzun ömür, ucuzluk, enerji yoğun olması (kWh/kg veya kWh/litre) gibi özelliklere bağlıdır. Bu sistemlerde kullanılacak deponun enerjiyi en az hacimde ve ağırlıkta depolayabilmesi istenmektedir. Isıl, mekenik veya elektriksel olmak üzere farklı formlarda enerji depolama yöntemleri bulunmaktadır (Boztepe, 2006).

1.3.1. Isıl (Termal) enerji depolama yöntemleri

Isı enerjisi, maddenin iç enerjisindeki değişimden faydalanılarak depolanır. Duyulur ısı, gizli ısı, tepkime ısısı ya da bunların birleşimi şeklinde ısı enerjisi depolanabilir. Şekil 1.2.'de enerji depolama yöntemleri gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Enerji depolama yöntemleri

1.3.1.1. Duyulur ısı depolama

Duyulur ısı depolama yönteminde, ısı depolamada kullanılacak maddenin sıcaklığındaki değişim sonucunda ortaya çıkan duyulur ısıdan yararlanılır. Bu yöntemde kullanılacak ısı depolama malzemesinin; yüksek bir ısı kapasitesine sahip olması, yanma ve alevlenme özelliğinin olmaması, sahip olduğu özelliklerini uzun süre koruyabilmesi, zehirli ve korozif olmaması istenir. Bununla beraber ısıl depolama malzemesinin kolay elde edilebilir ve maliyeti düşük olması gerekir. Su ve çakıl taşı, elde edilebilme kolaylığı ve ucuzluğu nedebiyle en çok tercih edilen duyulur ısı depeolamada kullanılan maddelerdir. Su, sıvılı sistemlerde, çakıl taşı ise havalı sistemlerde depo malzemesi olarak tercih edilmektedir.

Günümüzde birçok ısı depolama uygulanmasında duyulur ısı depolama yönteminde yararlanılır. Bu yöntemde; sıvı, katı ve sıvı ile katının beraber olduğu hibrit materyaller kullanılabilir. Duyulur ısı depolamada kullanılan materyallerin büyük bir çoğunluğu bol miktarda bulunmaktadır. Bu materyallerin kullanımındaki bir diğer avantaj; ısı depolamada yararlanılmak üzere geliştirilmiş olan mevcut teknoloji etkin sistemlerinin tasarımlanması için uygun olmasıdır. Bu sistemde depolama ve geri kazanma süresince depolama materyalinin sıcaklığı değişir. Duyulur ısı depolama sisteminin avantajı; çok sayıda depolama ve geri kazanma çevriminin gerçekleşebilmesidir. Bununla beraber sistemin dezavantajı ise, gereksinim duyulan depo hacminin büyük olmasıdır (Öztürk, 2015).

Duyulur ısı depolayan ısı depolama üniteleri, istenilen sıcaklıkta ısı sağlanabilmesi için, özel tasarım ve işletimsel özellikleri gerektirir. Endüstriyel uygulamalarda, depolama materyalinin duyulur ısısından yararlanarak, 120 °C'den 1250°C'ye kadar değişen sıcaklıklarda ısı sağlayan, yüksek sıcaklıkta ısı depolama cihazları yaygın olarak kullanılmaktadır.

1.3.1.2. Gizli ısı depolama

Gizli ısı maddenin faz değişimi esnasında çevreden aldığı veya çevreye verdiği ısıdır. Bu işlem esnasında saf maddelerin sıcaklığı değişmez. Gizli ısının duyulur ısıya göre en büyük avantajı; transfer edilen enerji miktarı daha yüksek olduğundan ihtiyaç duyulan depo sisteminin boyutlarının daha küçük olmasıdır.

Isıl enerjiyi gizli ısı şeklinde depolayabilen maddelere; Faz Değiştiren Maddeler (FDM, Phase Change Material-PCM) denir. Isı depolama materyalinin faz değiştirmesi iç enerjisinin değişmesine bağlıdır. Uygun sıcaklık aralığında, depolamada kullanılan maddenin faz değiştirmesi ile ortaya çıkan gizli ısı depolanabilir. Gizli ısı depolamada, gizli ısı değerleri yüksek olan ve belirli sıcaklıklarda faz değişimlerine uğrayan maddelerden yararlanılır. Gizli ısı depolamada katı-katı ve katı-sıvı en uygun faz değişimleridir. Sıvı-buhar faz değişimi, gaz fazın depolanmasının basınçlı depolama kaplarını gerektirmesi sebebiyle ısı depolamaya uygun olmamaktadır.

1.3.1.3. Termokimyasal ısıl depolama

Isıl depolamada kullanılan yöntemlerden bir diğeri de termokimyasal ısı depolama yöntemidir. Bu yöntemin esasını; ekzotermik olarak tepkimeye girebilen iki veya daha fazla kimyasal bileşikte tersinir tepkimeler süresince kimyasal bağlarda ısı depolanması oluşturur. Prensip olarak termokimyasal depolama sisteminin ömrü sınırsızdır. Isı depolama kapasitesi; kimyasal bağların tersinir olarak ayrışma ve birleşmesi sırasında, ısı değeri yüksek olan kimyasal tepkimeler gerçekleştiğinden dolayı genellikle yüksektir. Gizli ısı depolama sistemleri ile

karşılaştırıldığında termokimyasal yöntemle ısı depolayan sistemler daha karmaşık bir yapıya sahiptir.

1.3.2. Isı depolama sisteminde istenen özellikler

Ekonomik olarak uygulanabilirlik, ısı depolama için gerekli olan süre ve işletme şartları, ısı depolama yönteminde hacim seçiminde göz önüne alınması gerekir. Yapılacak ısı depolama uygulaması için belirlenecek yöntem, ısı depolamanın etkinlik ve ekonomikliği kullanılacak sistemin tasarımına da bağlıdır. Eğer birim hacimde iç enerji değişiminin fazla olduğu ısı depolama malzemesi kullanılırsa, ısı depolama için gerekli hacim az olur. Bir ısı depolama sisteminde olması gereken özellikler aşağıda sıralanmıştır;

- Sistemde depolanan ısı bütünüyle geri alınabilmelidir.
- Isı depolama malzemesinin birim kütle veya hacimdeki ısı depolama kapasitesi yüksek olmalıdır.
- Isı depolama malzemesi çalışma sıcaklığı aralığında istenen ve uygun özelliklere sahip olmalı ve bu özellikleri değişmemlidir.
- Şarj ve desarj etkinliğinde azalma olmaksızın, çok sayıda tekrarlanabilmelidir.
- Isı depolama malzemesi aşındırıcı, zehirli ve yanıcı olmamalıdır.
- Isıl depolama sistemi, ucuz ve kullanım ömrü uzun olmalıdır (Yılmaz, 2005).

.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Isı depolama ile ilgili yurtiçinde ve dışında çok değerli çalışmalar yapılmıştır. Aşağıda konu ile ilgili bazı çalışmalar verilmiştir.

Stahl ve ark. (1994), oluşturdukları güneş evi ile Almanya'nın Freiburg kentinde bir evin kendi kendine enerjisini üretebileceğini saptamışlardır. Enerjisini üreten evde, güneş enerjisinden ısıtma. Havalandırma, pişirme ve elektrik enerjisi üretilmiştir. Çalışmalarında sıcak su, ısıtma, elektrik ve bütün enerji ihtiyaçları yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisi tarafından karşılanmaktadır.

Rabin ve ark. (1995), düşük sıcaklıkta suyun güneş enerjisi ile ısıtılarak depolanması ve toplamasını bir arada yapan düzlemsel güneş kollektörü tasarlamışlar ve deneysel bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Deneylerde faz değiştirici malzeme olarak CaCl, KCl ve NaCl belirli oranlarda su ile karıştırılarak kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarında kullanılan düzeneğin ekonomik olarak analizi yapılmış ve sonuçlar birbiryle karşılaştırılmıştır.

Baştençelik ve ark. (1996), yaptıkları çalışmada 180 m^2'lik bir serayı ısıtmak için PCM depolaması sistemini deneysel olarak incelemişlerdir. Güneş enerjisi ile yapılan bu sistemde; 6000 kg parafin içeren tank içerisinde güneşin olduğu zamanlarda mevsimlik olarak depolanmıştır.

Öztürk (1999), tarafından yapılan çalışmada; gizli ısı tekniği ile güneş enerjisi depolama uygulamaları için faz değiştiren materyal (PCM) seçiminde dikkat edilmesi gereken ölçütler, gizli ısı depolama sistemlerinin etkinlik ve uygulanabilirliği ile gizli ısı depolama sistemlerinde karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri tartışılmıştır.

Simith ve Perry (1999), sahada yaptıkları çalışmalarında değişik dolgu yataklarındaki malzemeleri ve farklı çapta boru yapıları kullanarak; dolgu miktarı, kanal çapı ve dolgunun ısıl iletkenliğinin yer altı termal enerji depolama sistemlerinde

ilişkisini incelemiş ve ekonomik ve verimli sistemler yapmak için ısıl performans testleri yapmışlardır.

Üçgül ve ark. (2003), çalışmalarında yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisinin bilinçli, verimli kullanımı, tükenmez ve çevreye olan katkısından dolayı, yenilenebilir enerji kaynağı olması açısından büyük önem kazandığını ifade etmişlerdir. Birçok kaynaklarda güneş enerjisi bedava kaynak olarak tanıtılmasına karşın, bedava olmadığını savunmuşlardır. Çalışmalarında kullanılan yenilebilir enerji kaynağı olan güneşin kontrollü kullanımı ve toplanması için değişik sistemler gerektiği ve bu sistemlerin bir maliyeti bulunduğu ifade edilmiştir. Ancak, fosil enerji kaynaklarının oluşturdukları çevresel zararların büyük olmasından dolayı güneş enerjisinin toplanması ve kullanılması dünyamız için daha verimli yenilebilir enerji kaynağı olduğunu belirtmişlerdir.

Dinçer ve Hepbaşlı (2004), Kanada'da bulunan University of Ontario Institute of Technology (UOIT) yerleşkesinin ısıtma ve soğutmasında kullanılan kuyu içi ısıl enerji depolama sistemini detaylı olarak analiz etmişlerdir. İncelenen sistem; kuyu içi ısı değiştiricileri (KID), ısıtma/soğutma üniteleri ve ısı dağıtım alt sisteminden oluşmakta ve ısıtılan/soğutulan yapı sayısı 8 adet olup, toplam yüzey alanı 80 000 m^2 'dir.

Günerhan (2005), duyulur ısı depolama yöntemini ve bazalt taşını incelemiştir. Çalışmada duyulur ısıl depolama sistemine ait teorik hesaplamalar yapılmıştır. Sonuç olarak Harry Thomasson yönteminin kullanımı ile bazalt taşının ısıl depolama malzemesi olarak kullanılabilir olduğunu belirtmiştir.

Güneş enerjisi ile yapılan mahal ısıtması çalışmaları önceleri sulu, daha sonra havalı tip güneş kollektörleri üzerine olmuştur. Ayrıca ısı pompası çalışmalarında da güneş enerjisinden faydalanılmıştır. Havalı güneş kollektörlerin doğrudan kullanılması, donma ve sızıntı problemlerinin olmaması gibi birçok üstünlükleri olduğundan uygulama alanları sürekli artmaktadır. Dolayısıyla havalı güneş kollektörleri üzerine yapılan çalışmalar, genelde ısıl performansının arttırılması

uygulamaları ve yapısı ile ilgilidirler (Karslı, 2007; Gao ve ark, 2007).

Alay ve ark. (2009), mikro-kapsüllenmiş FDM'ler üzerine çalışmışlardır. FDM'ler belirli sıcaklık aralıklar fazlarını degiştirirler. Mikro FDM'ler faz değiştiren maddelerin ince ve esnek bir polimer kabuk içerisine kapatılması ile üretilmektedirler. Mikro-kapsüllenmiş FDM'ler (MikroFDMler), faz değiştiren malzemelerin büyük yüzey alanlarından dolayı ısı transfer oranlarının yüksek olduğu ve küçük olmaları dolayısı ile de kolay uygulanabilmektedirler. Mikro FDM'lerde, kabuk maddesi olarak poli (etil akrilat) polimeri ve çekirdek maddesi olarak n-hekzadekan kullanılmıştır. Üretilen mikroFDMler; Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FT-IR) spektroskopisi ve Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılarak karakterize edilmişler ve ısıl özellikleri diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) yöntemi ile tespit edilmiştir.

Kozak (2012), enerji depolama yöntemlerini ele almıştır. Enerjinin istenen zaman ve yerde kullanılmaya hazır olması için enerji depolamaya ihtiyaç olduğunu ve enerjiyi çok farklı şekillerde depolama yöntemleri bulunduğunu ifade etmiştir. Enerji depolama ile bir yandan enerjinin kullanıldığı alanlarda oluşan atık enerjiyi depolama diğer yandan, yalnız belirli zamanlarda enerji verebilen yenilenebilir enerji kaynaklarının enerjisini depolayarak, enerji üretim zamanı ile ihtiyaç arasında olan uyuşmazlığı gidermeyi hedeflemiştir. Enerji kaynaklarının yeterli olmamsı ve giderek kaynakların azalması sebebiyle yenilenebilir enerji kaynakları ve enerjinin depolanmasının çok önemli olduğu vurgulanmıştır.

Utlu ve ark. (2014), Yıdız Teknik Üniversitesi Davutpaşa kampüsündeki Yıldız Yenilenebilir Enerji Evi'nin güneş kollektörleri ile ısıtılmasını ve ısıl enerji depolamanın kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Buna bağlı olarak güneş enerjisi ve toprak kaynaklı ısı pompasını yeşil binalarda ısıtma amaçlı kullanımı sırasında, ısıl enerji saklama sistemlerinin ihtiyacını da incelemişlerdir. Bu yöntemle çalışmalarında ısıl enerji saklamada kullanılan farklı yöntemler araştırılmış ve mukayesleri yapılmıştır. FDM'nin gizli ısısından yararlanılarak oluşturulan gizli ısı depolarının verimliliği incelenerek güneş panelleri, toprak kaynaklı ısı pompası ve faz değiştiren madde olarak parafin kullanılan gizli ısı deposu ile çalışan bir ısıtma sisteminin

termodinamik analizleri yapılmıştır. Farklı toprak sıcaklıkları ve güneş ışınımına göre enerji depolama miktarının değişimi incelenmiştir.

Arjunan ve ark. (2014), çakıl taşı ve parafinin ısıl depolama özelliğini araştırdıkları çalışmada; gündüz saatlerindeki yüksek ısı enerjisi potansiyelinin depolanarak akşam ve gece saatlerinde kullanılabilmesini araştırmışlardır. Gündüz saatlerinde güneşin olduğu saatlerde güneşten elde ettiği ısı enerjisini saklayarak güneşin olmadığı zamanlarda sakladığı enerjiyi kullanmaktadır.

Özsoy (2015), Isparta şehrinde bulunan müstakil tek katlı bir evin, güneş enerjisi ile ısıtılması durumu incelenmişitr. Isıtma sisteminde 12 adet düzlemsel güneş kollektörü, 60 m^3 kapasiteli bir depo ve propilen glikol - su üzerinde kullanılmıştır. Isıtmada depolanan su sıcaklığı 50 °C'in üzerine çıktığında doğrudan kullanılmıştır. Depodaki su sıcaklığı 50°C' nin altına düştüğünde destek amaçlı bir ısı pompası devreye girerek su sıcaklığı yükseltilmiştir. Isıtma ihtiyacı TS 825 standardına göre aylık olarak hesaplanmış ve ortalama değerlerden günlük değerler hesaplanmıştır. En yüksek ısıtma ihtiyacının 19 Ocak günü 346.12 MJ olduğu ve Eylül - Aralık ayları arasında ısıtma ihtiyacının doğrudan depodan sağlandığı. Ocak - Mayıs ayları arasında ısı pompasının zamanla devreye girerek ısıtma sağlandığı belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonuçlarına göre depolanan enerjinin bina ısıtmasında genellikle doğrudan kullanılabilirliği belirlenmiş ve ısı pompası desteğininde önemli olduğu ortaya konulmuştur.

Lefebvre ve Tezel (2017), ısıtma uygulamaları için termal enerji depolamak ve kimyasal. Duyulur, gizli ve mekanik enerji depolama süreçlerini teknolojik olarak gözden geçirmiştir.

Kılıçkap ve Yıldız (2018), gizli ısı depolamalı düzlemsel bir güneş kolektör deposu tasarlayarak sıcaklıklar ve verim değişimini deneysel olarak incelemişlerdir. Güneş enerjili kolektör depo sisteminde enerji depolanması için faz değişim maddesi Kalsiyum klorür hekzahidrat ($CaCI.6H_2O$) kullanmışlardır.

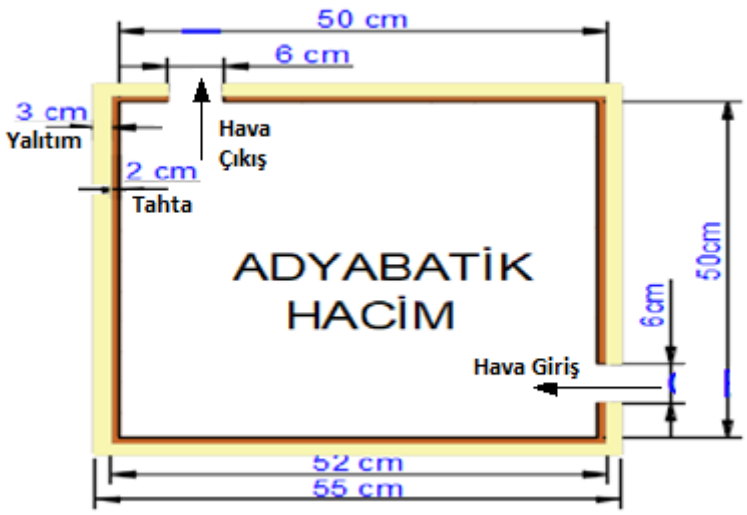
Elde edilen sonuçlarda deşarj süresince faz değişim maddesinin kullanıldığı depodaki su sıcaklığının ve depo veriminin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak yapılan literatür taramasında çakıl taşı ve bazalt ile ilgili çok sınırlı çalışma olmasına rağmen Şanlıurfa'da bulunan doğal taşlar olarak bazalt taşı, Urfa taşı ve çakıl taşlarının ısıl depolama özelliklerini inceleyen çalışmaya rastlanmamıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Deney Düzeneği

Bu çalışmanın temel amacı havalı tip güneş kollektörlü bir ısıtma sistemi kullanarak, adyabatik bir hacim içerisine Şanlıurfa'da bulunan doğal taşlar konularak ısıl depolama özelliklerinin belirlenmesi ve uygulanabilirliğinin deneysel araştırılmasıdır. Deneysel düzenek temelde bir adyabatik hacim ve havalı güneş kollektörü sisteminden veya ısıtıcıdan meydana gelmiştir. Enerji depolamanın yapıldığı adyabatik hacim (50x50x50 cm) Şekil 3.1.'de şematik olarak gösterilmiştir. Şekil 3.2.'de ise fan, yalıtımlı dairesel hava kanalı, hava giriş çıkış davlumbazları ve jet çarpmalı havalı güneş kollektöründen meydana gelen güneş enerjili havalı kollektör sistemi verilmiştir. Çizelge 3.1'de havalı kollektörün malzemeleri verilmiştir. Şekil 3.3'te, havalı güneş kolektörlü ve adyabatik ısıl depolama hacimli deney düzeneği şematik olarak gösterilmiştir. Deneyler Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Güneş Enerjisi laboratuvarında (37° 10' K enlem, 38° 59" Doğu boylamı ve 511 m rakım) yapılmıştır.



Şekil 3.1. Adyabatik hacim

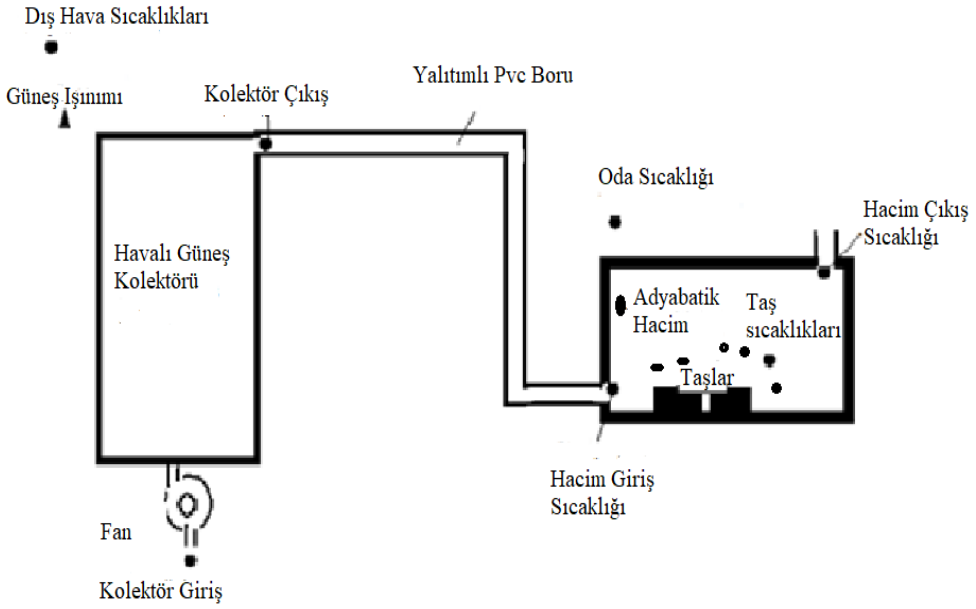


Şekil 3.2. Havalı güneş kolektörü

Çizelge 3.1.'de havalı güneş kollektörü yapımında kullanılan malzemelerin özellikleri belirtilmiştir. Çizelge de kullanılan malzemelerin piyasadan kolaylıkla temin edlebilen malzemeler olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.1. Hava kolektörü yapımında kullanılan malzemeler

Hava Kolektörü Kısmı	Malzeme Kısmı
Kolektör kasası	Çelik
Jet plaka (delikli)	Galvanizli çelik, kalınlık 0.40 mm
Cam	Sertleşmiş cam 4mm
Yutucu plaka	Galvanizli sac, kalınlık 0.60mm
Seçici yüzey	Mat siyah boya
Yalıtım	Cam yünü
Giriş ve çıkışlar	Galvanizli çelik çapı, d=15cm
2 Adet Profil	Demir



Şekil 3.3. Havalı güneş kolektörlü ve adyabatik hacimli ısıl depolama deney düzeneği

Deneysel çalışmada Şanlıurfa'da bulunan doğal taşlar olarak Urfa taşı, bazalt ve çakıl taşı kullanılmıştır.

3.1.1. Bazalt taşları

Bazalt, akıcı ve bazik lavların soğuma sonucu katılaşması ile oluşmuştur. Bazalt, binlerce yıllık volkanik hareketler sonucu oluşmuş bir kaya çeşididir. Bazalt dünyada en yaygın olarak bulunan volkanik kayaç türüdür. Bazalt düz gözeneksiz veya boşluklu yani gözenekli yapıda olabilir. Gözenekli bazalt taşları, lavların hava ile teması veya lavdan çıkan gaz tanecikleri sonucu oluşmuştur. Gözenekli taşın iç kısımlarında boşluklar küçülür ve sayıları azalır. Bu tür gözenekli bazaltlarda suyu daha fazla emelir ve soğurma özelliği fazladır. Gözeneksiz bazaltlar ise düz bir yapıya sahiptir (Erkan, 1995).

Şanlıurfa ili siverek ilçesinde Karacadağ zirvesinde volkanik patlama sonucunda, bazalt bölgede çok geniş alana yayılmıştır. Karacadağ bazalt taşı gözenekli ve gözeneksiz olarak bulunmaktadır. Bazalt çevre düzenlemelerinde, doğal görünüm süs taşları olarak, asfalt yol ve parke taşı yol yapımında kullanılmaktadır. Ayrıca inşaat sektöründe beton yapımında, duvar örmede, zemin kaplamada, cephe

kaplamada, taş yünü ısı yalıtım yapımında değerlendirilmektedir. Bazaltın diğer birçok kullanım alanı mevcut olup kullanım alanları her geçen gün artmaktadır (Anonim, 2019).

Çalışmada kullanılan bazalt taşı Şanlıurfa, Siverek tarafında bulunan gözeneksiz bazalt taşıdır. Deneylerde değişik geometrilerde levha 30x30x3 cm, küp 10x10x10 cm, 7x7x7 cm, 5x5x5 cm ve silindir 6 cm çap x 10 cm yükseklik bazalt taşlar kullanılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Deneylerde kullanılan farklı geometrilerdeki bazalt taşları

3.1.2. Urfa taşı

Şanlıurfa kireçtaşı olarak bilinen Urfa taşı; Türkiye'de özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yerel alanda hem iç hem de dış bina uygulamalarında kullanımı yaygındır. Ayrıca kesilmesi ve şekillendirilmesi kolay olduğundan farklı amaçlar için kullanılabilmektedir. Bu kireçtaşları düşük maliyetli olmasına rağmen inşaat malzemeleri dışında yeteri miktarda dayanıklı olmaması başka yerlerde yaygın olarak kullanılmasını engellemektedir (Turgut ve ark, 2008).

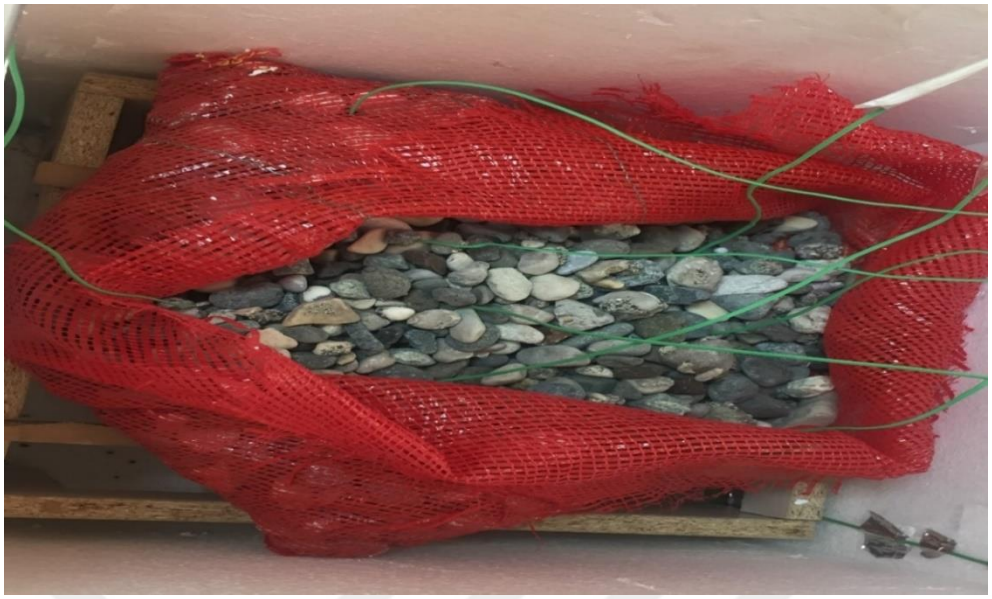
Deneylerde Urfa taşları, farklı geometrik şekillerde küp (10x10x10 cm, 7x7x7 cm, 5x5x5 cm), silindir (6x10 cm) ve küre (5 cm) olarak kullanılmıştır (Şekil 3.5). Taşlar Şanlıurfa merkezde bulunan taş ocaklarından temin edilmiştir.



Şekil 3.5. Deneylerde kullanılan farklı geometrilerdeki Urfa taşları

3.1.3. Çakıl taşları

Çakıl taşları doğada doğal olarak bulunan deniz, göl kıyılarında, akarsu boylarında suyun aşındırması sonucu parçalanmış, sivrilikleri kaybolmuş, genelde toparlak (oval) ya da yassı biçiminde çapı 2 mm ile 70 cm arasında olan irili ufaklı taş parçalarıdır. Deniz ve göl kenarında bulunan doğal çakıl taşları dalgaların ileri sürüp tekrar geri çekmeleri sonucunda aşınan taş parçaları genellikle yassı veya yayvan biçimlerde bulunur. Akarsu kenarlarında bulunan çakıl taşları akarsuların akıntısının itiş gücüyle taş parçacıklarını döndürerek sürüklemesinden, aşındırmasından kaynaklı genelde toparlak ve yuvarlak biçimlerde bulunur (Anonim, 2019). Şekil 3.6.'da çalışmada kullanılan çakıl taşları gösterilmektedir. Çakıl taşları Fırat nehri kenarından toplanmıştır. Çakıl taşların ortlama çapı 2 cm ile 6 cm arasında değişmektedir.



Şekil 3.6. Deneylerde kullanılan çakıl taşları

Çalışmada kullanılan Şanlıurfa'da bulunan doğal taşların termofiziksel özellikleri Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Doğal Taşların Termofiziksel Özellikleri (Turgut ve ark, 2008. Günerhan, 2005)

Malzeme	**Yoğunluk, ρ (kg/m^3)**	**Isı İletim Katsayısı, k (W/mK)**	**Özgül Isı, C (J/kgK)**	**Isı Yayılım Katsayısı, α (10^{-6} m^2/s)**	**Isı Kapasitesi, ρC (10^6 J/m^{3}K)**
Urfa Taşı	2570	1.420	1041	0.66	2.68
Bazalt	2800	1.513	1500	0.36	4.20
Çakıl	2050	1.730	1840	0.46	3.77

3.1.4. Ölçüm aletleri

Hacim giriş ve çıkış noktalarındaki hava hızını ölçmek için pervane tipi hızölçer kullanılmıştır. Pervane tipi probuyla 0.1 çözünürlükte 0.40-30 m/s hava hızına kadar hızları ölçmektedir. Kullanılan hız ölçer Şekil 3.7.' de gösterilmektedir.



Şekil 3.7. Anemometre (Hız ölçer)

Sıcaklık ve güneş ışınımı ölçümlerinde Şekil 3.8.'de görüldüğü gibi K tipi termocouple ile sıcaklık ölçümü yapılan ve kayıt altına alan cihaz olan datalogger kullanılmıştır (Şekil 3.8.). Aynı anda 60 kanaldan okuma yapabilmektedir. K tipi termocouple kullanılarak 0.1 °C çözünürlükte ölçüm yapılabilmektedir. Ayrıca veriler 1 ile 3600 saniye arasında dataloggerda kayıt edilebilmektedir. Güneş ışınım miktarını ölçmek için piranometre kullanılmıştır (Şekil 3.9.). Güneş ışınım miktarı sıcaklıklar ile birlikte eş zamanlı olarak dataloggerda kayıt edilmiştir. Sabit sıcaklıkta yapılan deneylerde ısıtıcı ve fan elektrik enerjisinin tüketim miktarını belirlemek için kullanılan elektrik sayacı Şekil 3.10'da görülmektedir.



Şekil 3.8. Datalogger (Veri Kayıt Cihazı)



Şekil 3.9. Piranometre (Güneş ışınımı ölçer)



Şekil 3.10. Elektrik sayacı



Şekil 3.11. Elektrikli Isıtıcı



Şekil 3.12. Hız anahtarlı fan

3.2. Deneysel Ölçüm

Şanlıurfa'da bulunan doğal taşların güneş enerjili havalı kolektörden değişken sıcaklıkta ve elektrikli ısıtıcı ile sabit sıcaklıkta ölçüm aldığımız tarihler Çizelge 3.3'de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi 21 adet ölçüm alınmış olup bazı deneylerde tüm taşlar veya bazıları beraber şarj ve deşarj işlemine tabi tutulmuştur.

Çizelge 3.3. Ölçüm yapılan tarihler, taşların geometrik boyutları ve ölçüm şartları

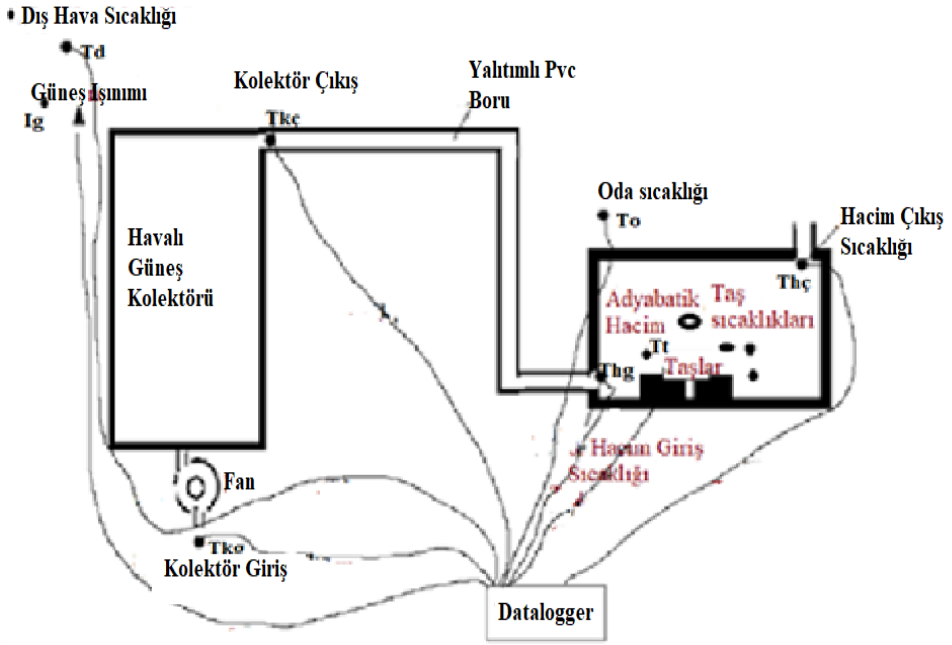
Tarih	**Taşların Geometrileri ve Ölçüleri (cmxcmxcm)**	**Hava Hızı (m/s)**	**Güneş Kolektörlü-Değişken Sıcaklık: (minimum.-maksimum) (°C)**	**Sabit Sıcaklık: Şarj - Deşarj (°C)**
BAZALT TAŞI				
06.02.2018	Küp (10x10x10)	5.3	10-40	-
07.02.2018	Küp (10x10x10)	3.6	12-40	-
30.10.2018	Küp (7x7x7,5x5x5) ve Silindir (6x10)	3.6	22-48	-
31.10.2018	Küp (7x7x7,5x5x5) ve Silindir (6x10)	5.3	24-46	-
26.11.2018	Levha (30x30x3) ve Küp (10x10x10)	2.6	18-30	-
12.12.2018	Levha (30x30x3) ve Küp (10x10x10)	2.5	-	44-21
13.12.2018	Levha (30x30x3) ve Küp (10x10x10)	4.6	-	69-23
URFA TAŞI				
19.02.2018	Küp (10x10x10)	5.3	17-42	-
01.11.2018	Küp (7x7x7, 5x5x5), Silindir (6x10) ve Küre	4.3	25-45	-
URFA VE BAZALT TAŞLARI				
09.11.2018	Küre, Silindir, Küp	5.3	20-36	-
15.11.2018	Küre, Silindir, Küp	4.3	15-29	-
16.11.2018	Küre, Silindir, Küp	2.6	11-34	-
20.11.2018	Küre, Silindir, Küp	2	-	45-23
21.11.2018	Küre, Silindir, Küp	3.1	-	97-30
22.11.2018	Küre, Silindir, Küp	2.85	-	70-24
23.11.2018	Küre, Silindir, Küp	4	-	96-26
ÇAKIL TAŞLARI				
03.11.2018	Çakıl Taşı (çap 2-6 cm)	3.6	20-34	-
05.11.2018	Çakıl Taşı (2-6 cm)	2.45	-	52-28
05.11.2018	Çakıl Taşı (çap 2-6 cm)	3.4	-	67-32
07.11.2018	Çakıl Taşı (çap 2-6 cm)	3.6	-	99-26
06.11.2018	Çakıl Taşı (çap 2-6 cm)	5.2	20-33	-

Deneysel ölçümler için bir havalı güneş kollektörü ve yalıtımlı hacimden oluşan bir deney düzeneği kurulmuştur. Temelde değişken ve sabit sıcaklıkta şarj ve deşarj olmak üzere iki farklı deneyler yapılmıştır. Havalı güneş kollektörlü deneylerde ısıl depolama yani şarj süresince besleme havası sıcaklığı güneş ışınımına bağlı olarak değişkendir. Sabit sıcaklıkta şarj ve deşarj durumunda ise güneş enerjisi

kullanılmamıştır. Sabit hız ve sıcaklık elde etmek için elektrikli ısıtıcı olan elektrikli rezitansdan yararlanılmıştır. Analizler için farklı hız, sıcaklık ve zamanlarda ölçümler alınmıştır. Şanlıurfa iklim şartlarında bir güneş kollektörü yalıtımlı pvc boru ile çapı 100 mm et kalınlığı 3.2 mm, hacim giriş çapına bir redüksiyon takılıp boru çapı 60 mm düşürülerek adyabatik hacime giriş yapılmıştır. Hacim giriş-çıkış sıcaklıkları, hacim ortam sıcaklığı, dış-iç ortam sıcaklıkları ve taş sıcaklıkları termocouple ile ölçülmüştür.

Deneyler, değişik gün ve aralıklarda yapılmıştır. Hava hızının taşın ısıl depolamasına etkisini belirlemek için deneyler, fan üzerindeki hız anahtarı yardımıyla farklı hava hızlarında tekrarlanmıştır. Taşların desarj özelliklerinin belirlenmesi için çalışma şartları değiştirilmeden deneylere güneşin olmadığı saatlerde ve gece boyunca sabaha kadar devam edilmiştir.

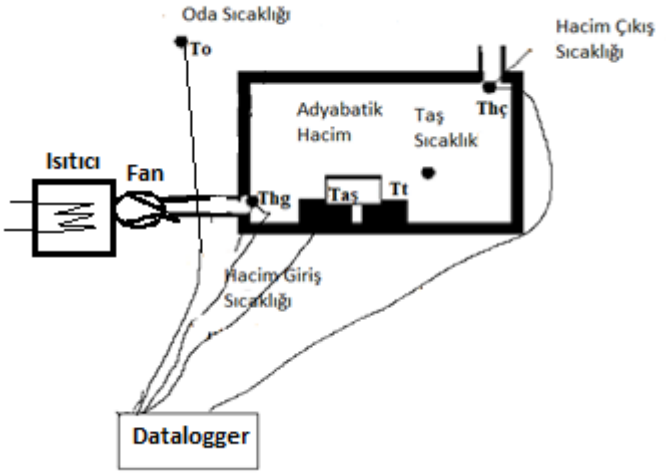
Deney düzeneğindeki ölçüm noktaları Şekil 3.13.'te gösterilmiştir. Deneysel çalışmada görüldüğü gibi taş noktalarında, dış ortam sıcaklığı ve iç ortam sıcaklığı termocouple ile sıcaklık ölçümleri alınmıştır. Ayrıca piranometre ile güneş ışınım değerini gün içerisinde göstermektedir. Deney odası dışında dış hava sıcaklığı (T_d), hacim içerisindeki taş sıcaklıkları (T_t) , kolektör giriş sıcaklığı (T_{kg}), kolektör çıkış sıcaklığı ($T_{kç}$), Güneş ışınımı (I_g), hacim giriş sıcaklığı (T_{hg}), hacim çıkış sıcaklığı ($T_{hç}$) ve oda sıcaklığı (T_o) ile ölçülmüştür. Ölçüm verileri, deney süresi boyunca 10 saniye aralıklarla datalogger cihazı ile kayıt altına alınmıştır.



Şekil 3.13. Deney Düzeneğindeki Ölçüm Noktaları

Havalı güneş kollektöründe gün boyunca güneş ışınımındaki değişime göre hava sıcaklığı farklı olmaktadır.

Dolayısıyla ısıl depolama yani şarj işlemi değişken sıcaklıkta yapılmaktadır. Sabit sıcaklıkta ısıl depolama için fanlı elekrikli bir ısıtıcı kullanılmıştır. Şekil 3.14.'de sabit sıcaklıkta ısıl depolama için oluşturulan deney düzeneği bulunmaktadır. Datalogger kayıt cihazına sıcaklık ölçümleri için K tipi ısıl çiftler (termocouple) bağlanmıştır. Ölçümler kayıt altına 10 saniyede bir yapılmıştır. Şekil 3.14.'de sabit sıcaklıktaki deneyler için ölçüm noktaları verilmiştir.



Şekil 3.14. Sabit Sıcaklıkta Yapılan Deneyler İçin Ölçüm Noktaları

3.3.Taşlarda Isı Transferi Hesabı

Taşlar ve hava akımı arasındaki ısı transferi, teorik olarak dış yüzeylerde zorlanmış akışta ısı taşınımı problemi olarak ele alınmıştır. Dolayısıyla taşların geometrik şekilleri gözönününe alınarak küp, küre, silindir ve dik levha üzerinden zorlanmış taşınımdaki ampirik denklemler kullanılmıştır. Isıl depolamanın teorik hesabında kullanılan denklemler aşağıda verilmiştir:

Adyabatik ısı deposunda havanın verdiği ısı; aşağıdaki denklem ile hesaplanabilir.

$$\dot{Q}_{hava} = \rho_h V A C \Delta T_{12} \quad (3.1)$$

$\dot{Q}_{hava}$:Deney hacminde havanın ısıtma gücü (W)

ρ_h :Havanın yoğunluğu (kg/m^3)

V :Havanın hacime giriş hızı (Çizelge 3.1'de hava hızları verilmiştir).

A :Havanın hacme giriş alanı (m^2)

C :Havanın özgül ısısı (j/kg.K)

ΔT_{12} :Hava giriş-çıkış sıcaklık farkı (K)

Taşın aldığı enerji yani taşın depo ettiği enerji, $Q_{taş}$, denklem 3.2. ve taşın ısıl gücü, $\dot{Q}_{taş}$, denklem 3.3 ile hesaplanmaktadır.

$$Q_{taş} = m_{taş} C_{taş} \Delta T \quad (3.2)$$

$$\dot{Q}_{taş} = \frac{Q_{taş}}{\Delta t} \quad (3.3)$$

$Q_{taş}$:Taşın aldığı enerji (J)

$\dot{Q}_{taş}$:Taşın ısıl gücü (W)

$m_{taş}$:Taşın kütlesi (kg)

$C_{taş}$:Taşın özgül ısısı (J/kg.K)

ΔT :Taşın ilk ve son durumdaki sıcaklıklarının farkı (K)

Δt :Ölçümde ilk ve son durumdaki zaman farkı (s)

Zorlanmış ısı taşınımı ile hava ile taş arasındaki ısı transfer hızı (taşın şarj veya deşarj durumundaki ısıl gücü):

$$\dot{Q} = hA\Delta T_{ht} \quad (3.4)$$

Nusselt Sayısı:

$$Nu = \frac{h L}{k} \quad (3.5)$$

Ortalama Nusselt sayısı değişik geometrik şekiller için aşağıda verilen ampirik eşitlikler ile hesaplanabilir (Çengel. 2011).

Silindir;

$$Nu_{silindir} = 0.3 + \frac{062 Re^{\frac{1}{2}} Pr^{\frac{1}{3}}}{\left(1+\left(\frac{0.4}{Pr}\right)^{\frac{2}{3}}\right)^{\frac{1}{4}}} \left(1 + \left(\frac{Re}{282000}\right)^{\frac{5}{8}}\right)^{4/5} \quad (3.6)$$

Küre;

$$Nu_{küre} = 2 + \left(0.4Re^{\frac{1}{2}} + 0.06Re^{\frac{2}{3}}\right) Pr^{0.4} \left(\frac{\mu a}{\mu s}\right)^{1/4} \quad (3.7)$$

Kare ve küp için;

$$Nu_{kare.küp} = 0.102Re^{0.675}Pr^{1/3} \quad (3.8)$$

Levha;

$$Nu_{levha} = 0.228Re^{0.612}Pr^{1/3} \quad (3.9)$$

Teorik olarak şarj süresi, Δt (s), aşağıdaki bağıntı ile bulunabilir.

$$\Delta t = \frac{Q_{taş}}{\dot{Q}} \quad (3.10)$$

Reynold sayısı:

$$Re = \frac{\mathrm{VL}}{\nu} \quad (3.11)$$

Isı yayılım katsayısı:

$$\propto \; = \frac{k}{\rho C} \quad (3.12)$$

Burada;

h	:Isı geçiş katsayısı (W/m^2K)
A	:Taşın ısı transfer yüzey alanı (m^2)
ΔT_{ht}	:Hava ve taş yüzey sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkı (K)
V	: Havanın hacime giriş hızı (m/s)
L	:Karekteristik uzunluk (m)
v	:Kinematik viskozite (m^2/s)

μ	:Dinamik viskozite (kg/ms)
k	:Isı iletim katsayısı (W/mK)
ρ	:yoğunluk (kg/m^3)
C	:Özgül ısı (J/kgK)
Pr	:Prandtl sayısı

3.5 eşitliğinden Nusselt sayısı ile taş ve hava akımı arasındaki ısı transfer katsayısı, h, bulunur. Daha sonra eşitlik 3.4' den taşın aldığı veya verdiği ısı miktarı hesaplanır.

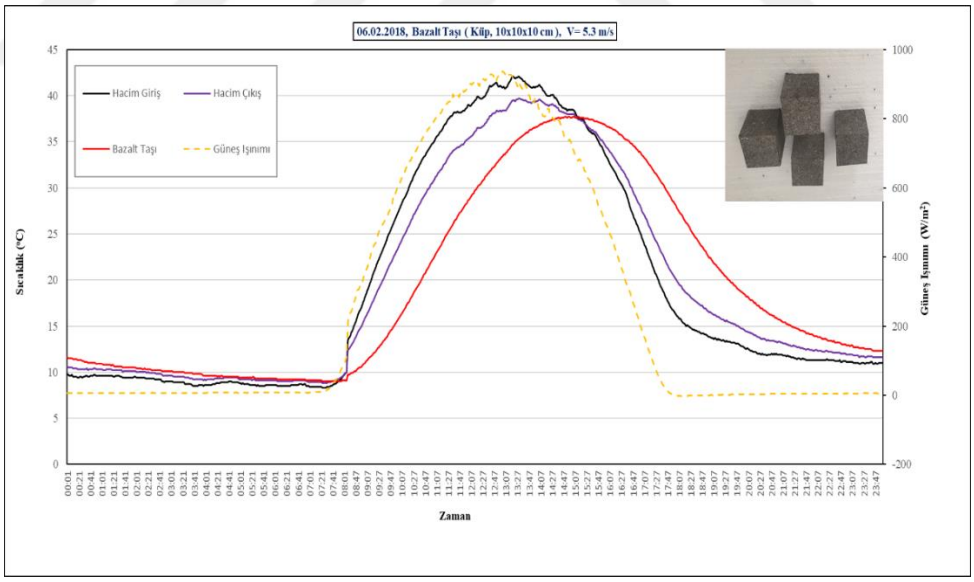
Denklem (3.12)' de, ρC, ısı kapasitesidir. Isı iletim katsayısı yüksek ve ısı kapasitesi düşük olan malzemelerin ısı yayılım katsayıları büyük olur. Yüksek ısı yayılım katsayısı; ısı depolamanın az, düşük ısı yayılım katsayısı ise; ısının büyük miktarda malzeme içinde emildiğini gösterir (Çengel, 2011).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

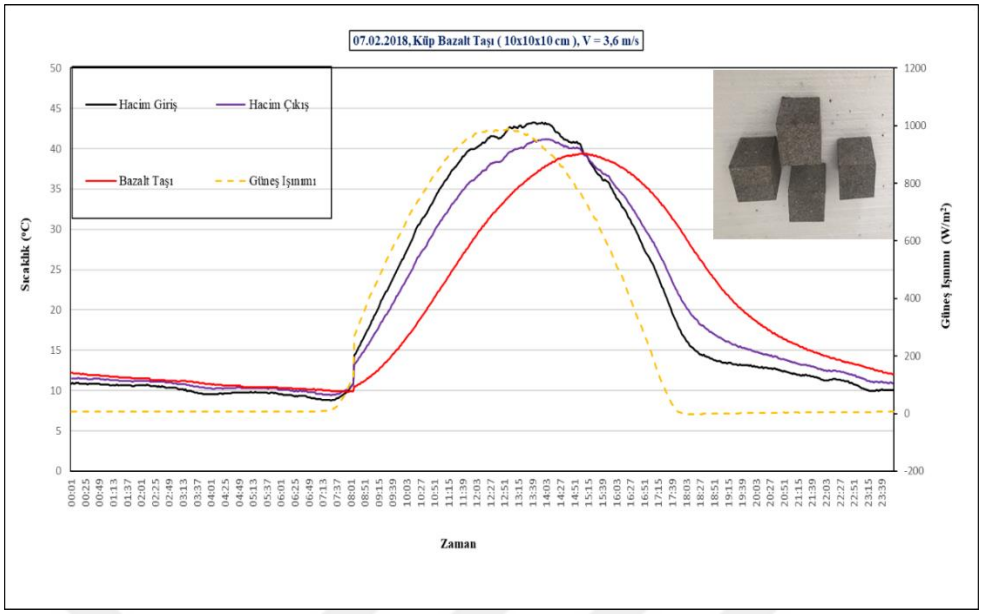
4.1. Güneş Enerjili Değişken Sıcaklıkta Isıl Depolama (Şarj) ve Deşarj İşlemleri

4.1.1. Bazalt taşı analizleri

Şekil 4.1. ve 4.2., 6 ve 7 Şubat 2018 tarihlerinde küp bazalt taşı (10x10x10 cm), hacim giriş-çıkış sıcaklığı ve güneş ışınımının zamanla değişimini göstermektedir. Şekillerden güneş ışınımı ve sıcaklığının farklı faz kaymaları için benzer değişiklikleri gösterdiğini göstermektedir. Hacim giriş sıcaklığında 30 dakikalık bir faz kayması, bazalt taşı sıcaklığında ise 60 dakikalık bir faz kayması tespit edilmiştir. 15:30'dan sonra bazalt taşı deşarj konumuna geçmekte ve hacim çıkış sıcaklığı giriş sıcaklığından daha yüksek olmaktadır. Bazalt taşının sıcaklığının gece geç saatlere kadar havaya verildiği görülmektedir.

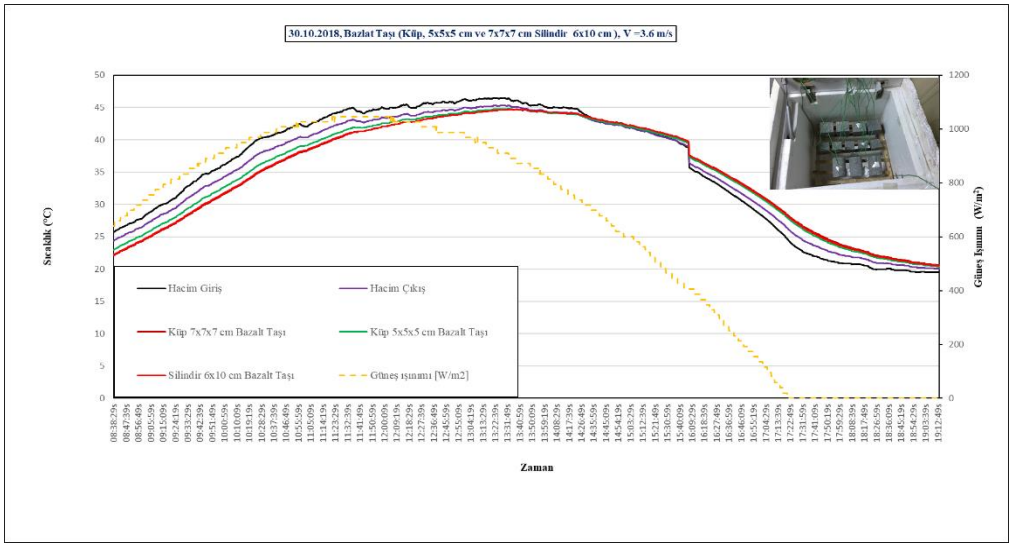


Şekil 4.1. 06 Şubat 2018 tarihinde hacim giriş-çıkış sıcaklığı, bazalt taşı sıcaklığı ve güneş ışınımının zamanla değişimi

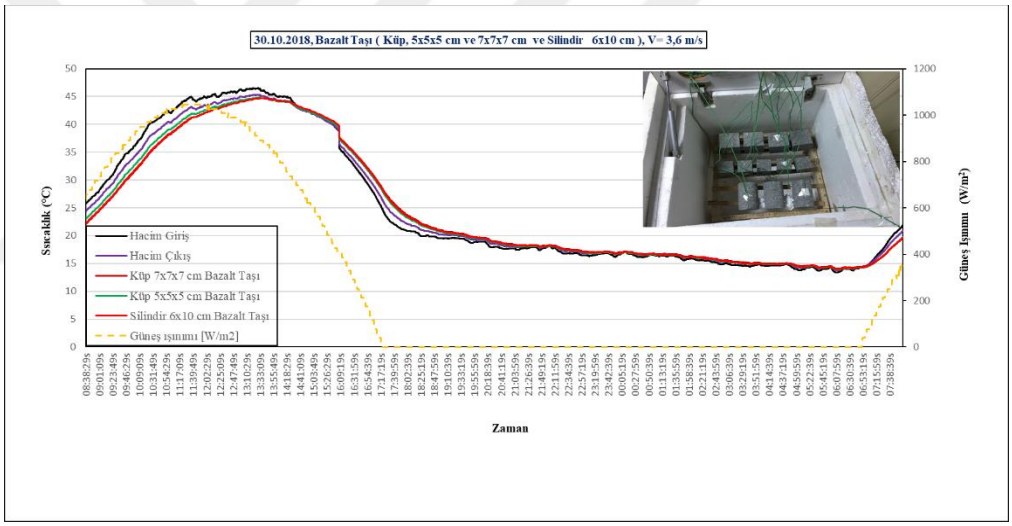


Şekil 4.2. 07 Şubat 2018 tarihinde hacim giriş-çıkış sıcaklığı, bazalt taşı sıcaklığı ve güneş ışınımının zamanla değişimi

Şekil 4.3. ve 4.4.'de 30 Ekim 2018 tarihinde farklı ölçülerde bazalt taşları ve hız ölçüsü 3.6 m/s seviyede olan zamanla bazalt taşı, hacim giriş-çıkış sıcaklığı ve güneş ışınımı değişimini göstermektedir. Şekiller güneş ışınımı ve sıcaklığının farklı faz kaymaları için benzer değişiklikleri gösterildiği görülmektedir. Hacim giriş sıcaklığında 90 dakikalık bir faz kayması tespit edilmiştir. 14: 40'dan sonra bazalt taşı deşarj konumuna hareket eder ve hacim çıkış sıcaklığı, giriş sıcaklığından daha yüksek olur. Şekilde görüldüğü gibi tüm taşların eğimleri hemen hemen eşit olduğu ve silindirik bazalt taşının ısınması ve deşarj olması diğer taşlara göre daha geç olduğu görülmektedir. Bazalt silindirik taş diğer taşlara göre daha iyi ısı depoladığı görülmektedir. Bazalt taşının sıcaklığının gece geç saatlere kadar havaya verildiği görülmektedir.



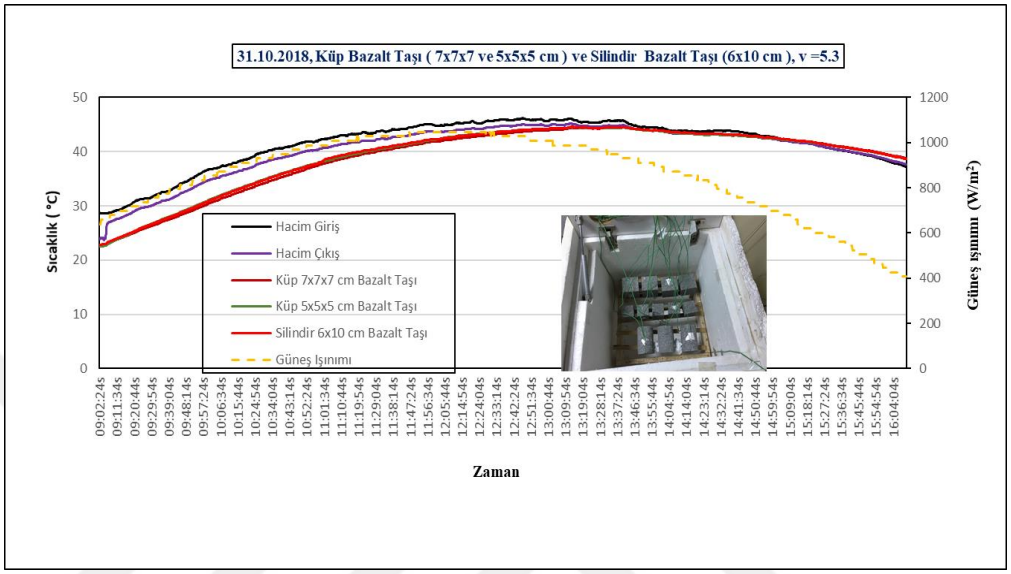
Şekil 4.3. 30 Ekim 2018 tarihinde hacim giriş-çıkış sıcaklığı, bazalt taşı sıcaklıkları (Küp: 5x5x5 cm, 7x7x7 cm ve Silindir: 6x10 cm) ve güneş ışınımının zamanla değişimi



Şekil 4.4. 30 Ekim 2018 tarihinde küp (5x5x5 cm, 7x7x7 cm) ve silindir (6x10 cm) bazalt taşlarında şarj ve deşarj işleminde sıcaklıkların ve güneş ışınımının zamanla değişimi

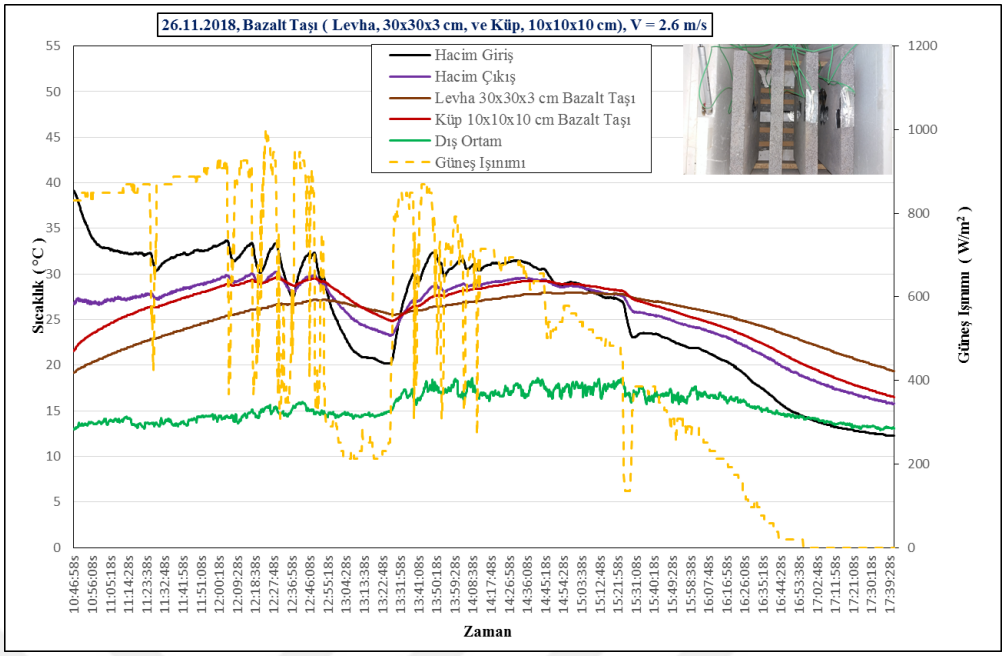
Şekil 4.5. 31 Ekim 2018 tarihlerinde farklı ölçülerde bazalt Taşlar ve hız ölçüsü maksimum seviyede olan zamanla bazalt taşı hacim giriş-çıkış sıcaklığı ve güneş ışınımı değişimini göstermektedir. Şekilden güneş ışınımı ve sıcaklığının farklı faz kaymaları için benzer değişiklikleri gösterdiğini göstermektedir. Hacim giriş sıcaklığında 150 dakikalık bir faz kayması tespit edildi. 14:50'dan sonra bazalt taşı deşarj konumuna hareket eder ve hacim çıkış sıcaklığı giriş sıcaklığından daha yüksektir. Şekilde görüldüğü gibi tüm taşların eğimleri hemen hemen eşit olduğu ve silindirik bazalt taşının ısınması ve deşarj olması diğer taşlara göre daha geç olduğu

burada da görülmektedir. Bazalt silindirik taş diğer taşlara göre daha iyi ısı depoladığı yaptığımız deneyde tespit edildi. Taşlarda 5x5x5 cm daha iyi ısındığı ve daha çabuk soğuduğu görülüyor. Bazalt taşının sıcaklığının gece geç saatlere kadar havaya verildiği görülmektedir.



Şekil 4.5. 31 Ekim 2018 tarihinde hacim giriş-çıkış sıcaklığı, bazalt taşı sıcaklıkları (Küp: 5x5x5 cm, 7x7x7 cm ve Silindir: 6x10 cm) ve güneş ışınımının zamanla değişimi

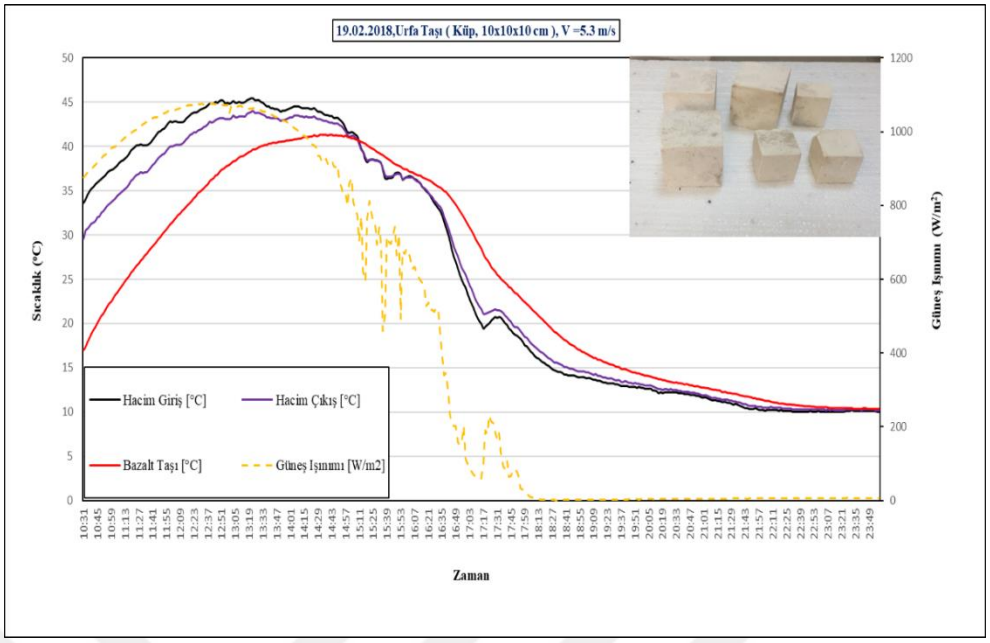
Şekil 4.6. 26 Kasım 2018 tarihlerinde farklı ölçülerde bazalt taşlar ve hızı 2.6 m/s olan zamanla bazalt taşı hacim giriş-çıkış sıcaklığı ve güneş ışınımı değişimini göstermektedir. Hacim giriş sıcaklığında güneşin kesikli olmasından dolayı ve hava bulutlu olduğu için güneş ışınımı ciddi düşüşler olmuştur. Güneş az ve havanın bulutlu olmasından dolayı deşarj süresi erken saatlerde olmaktadır. Saat 13:10' dan sonra bazalt taşı deşarj konumuna doğru hareket eder ve hacim giriş sıcaklığı çıkış sıcaklığından daha yüksektir. Şekilde görüldüğü gibi tüm taşların eğimleri hemen hemen eşit olduğu ve levha bazalt taşının ısınması ve deşarj olması küpe göre daha geç olduğu burada görülmektedir. Bazalt levha taş, küp taşlara göre daha iyi ısı depoladığı tespit edilmiştir. Bazalt taşının sıcaklığının geç saatlere kadar havaya verildiği görülmektedir.



Şekil 4.6. 26 Kasım 2018 tarihinde hacim giriş-çıkış sıcaklığı, bazalt taşı sıcaklıkları (Küp: 10x10x10 cm ve Levha: 30x30x3 cm) ve güneş ışınımının zamanla değişimi

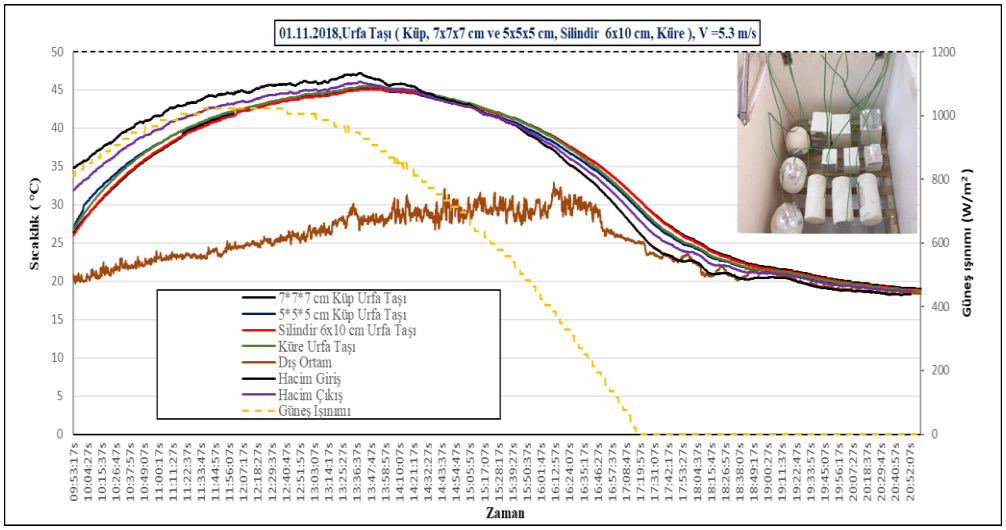
4.1.2. Urfa taşı analizleri

Şekil 4.7.'de 19 Şubat 2018 tarihlerinde Urfa taşı, hacim giriş-çıkış sıcaklığı ve güneş ışınımının zamanla değişimini göstermektedir. Şekilde, güneş ışınımı ve sıcaklığının farklı faz kaymaları için benzer değişiklikleri gösterdiğini göstermektedir. 15:00 'den sonra Urfa taşı deşarj konumuna geçer ve hacim çıkış sıcaklığı giriş sıcaklığından daha düşüktür. Urfa taşının sıcaklığının gece geç saatlere kadar havaya verildiği görülmektedir.



Şekil 4.7. 19 Şubat 2018 tarihinde şarj ve deşarj işleminde hacim giriş-çıkış ve Urfa taşı sıcaklığının (küp:10x10x10 cm) ve güneş ışınımının zamanla değişimi

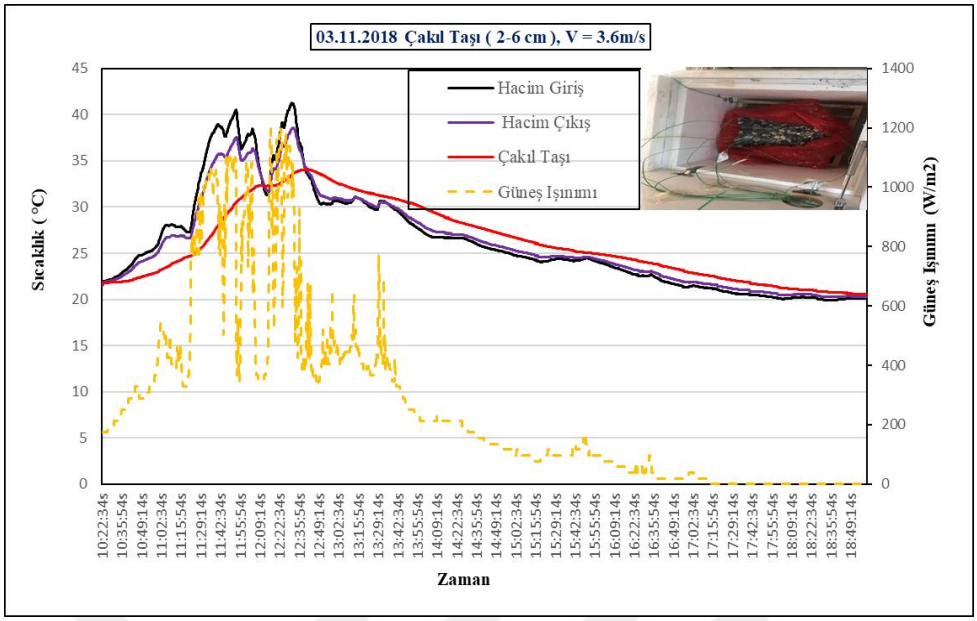
Şekil 4.8. 01 Kasım 2018 tarihlerinde farklı ölçülerde Urfa Taşları ve hız ölçüsü maksimum seviyede olan zamanla Urfa taşları, hacim giriş-çıkış sıcaklığı ve güneş ışınımı değişimini göstermektedir. Şekilde, güneş ışınımı ve sıcaklığının farklı faz kaymaları için benzer değişiklikleri gösterdiğini göstermektedir. Hacim giriş sıcaklığında 120 dakikalık bir faz kayması tespit edildi. 14: 00'den sonra Urfa taşı deşarj konumuna hareket eder ve hacim çıkış sıcaklığı giriş sıcaklığından daha yüksektir. Şekilde görüldüğü gibi tüm taşların eğimleri hemen hemen eşit olduğu ve silindirik bazalt taşının ısınması ve deşarj olma süresi diğer taşlara göre daha geç olduğu görülmektedir. Urfa silindirik taşının diğer taşlara göre daha iyi ısı depoladığı tespit ediliyor. Taşlarda 5x5x5 daha iyi ısındığı ve daha çabuk soğuduğu görülüyor. Dış ortam ile taşların ısınmaları orantılı olarak değiştiğini görülmektedir. Urfa taşının sıcaklığının gece geç saatlere kadar havaya verildiği görülmektedir.



Şekil 4.8. 01 Kasım 2018 tarihinde şarj ve deşarj işleminde hacim giriş-çıkış ve Urfa taşı sıcaklığının (küp: 5x5x5 cm, 7x7x7 cm, silindir: 6x10 cm, küre: 5 cm) ve güneş ışınımının zamanla değişimi

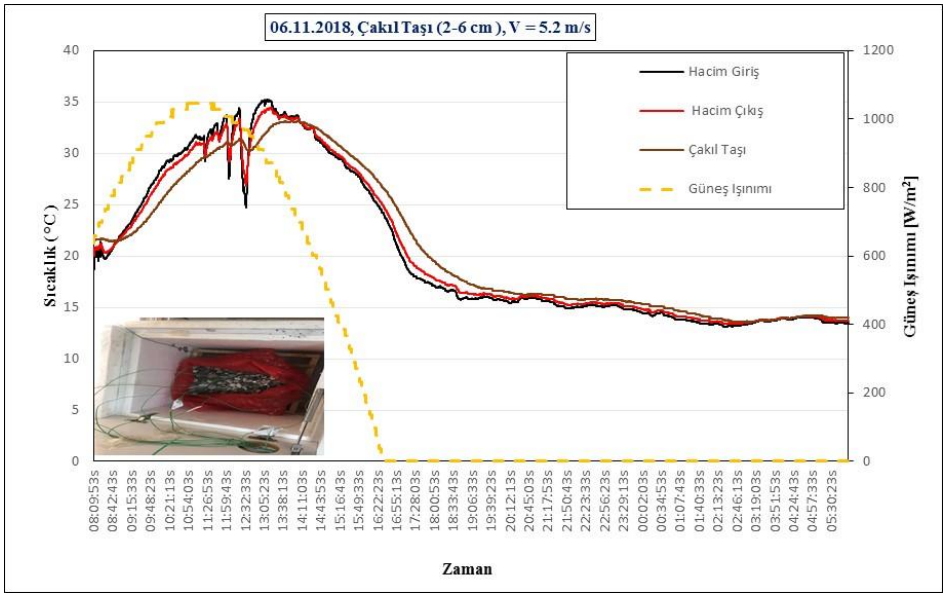
4.1.3. Çakıl taşı analizleri

Gün içinde değişken güneş ışınımının çıkış havası sıcaklığı ve ısıl depolama üzerindeki etkisi Şekil 4.9.'da görülmektedir. Havanın parçalı bulutlu olduğu günde yapılan deneyde güneş ışınımındaki dalgalanma hava çıkış sıcaklığında güneş ışınımındaki değişime benzer olmasına rağmen taş sıcaklığında önemli bir değişime neden olmamıştır.



Şekil 4.9. 03 Kasım 2018 tarihinde şarj ve deşarj işleminde hacim giriş-çıkış ve çakıl taşı (çap: 2-6 cm) sıcaklıklarının ve güneş ışınımının zamanla değişimi

Şekil 4.10.'da, 06 Kasım 2018 tarihinde 5.2 m/s hava hızı için hacim giriş-çıkış ve çakıl taşı sıcaklıkları ve güneş ışınımının zamanla değişimi gösterilmiştir. Şekilden güneş ışınımı bulutlu vakitlere geldiğinde bile yalıtımlı hacim içindeki ısıl enerji ile birlikte çakıl taşının şarjı devam ettiği tespit edilmiştir. Çakıl taşı Saat 08:00 ile 14:00 arasında şarj konumundadır. Deşarj ise gece saat 21:00'e kadar devam etmiştir.

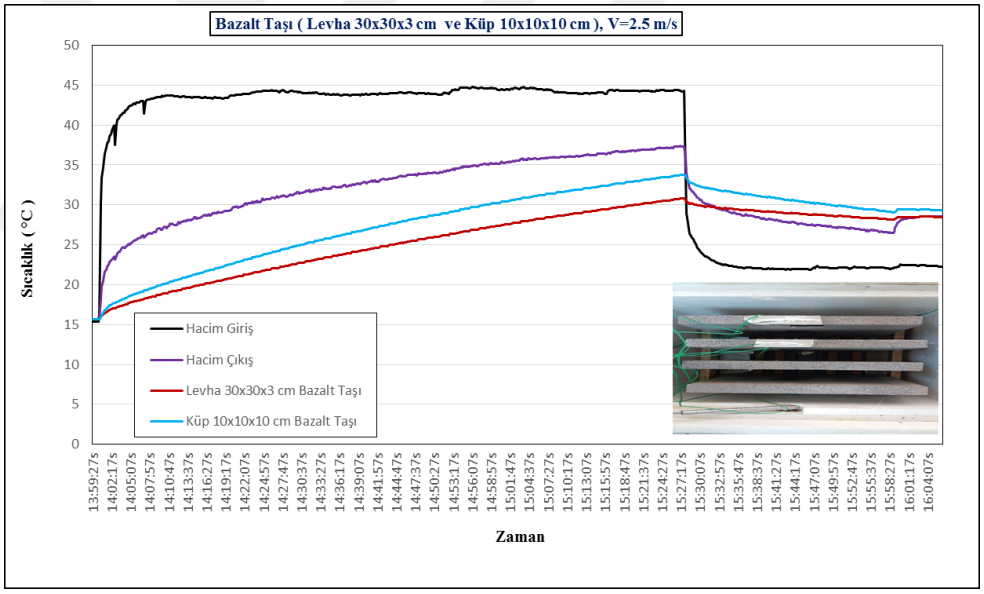


Şekil 4.10. 06 Kasım 2018 tarihinde şarj ve deşarj işleminde hacim giriş-çıkış ve çakıl taşı (çap: 2-6 cm) sıcaklıklarının ve güneş ışınımının zamanla değişimi

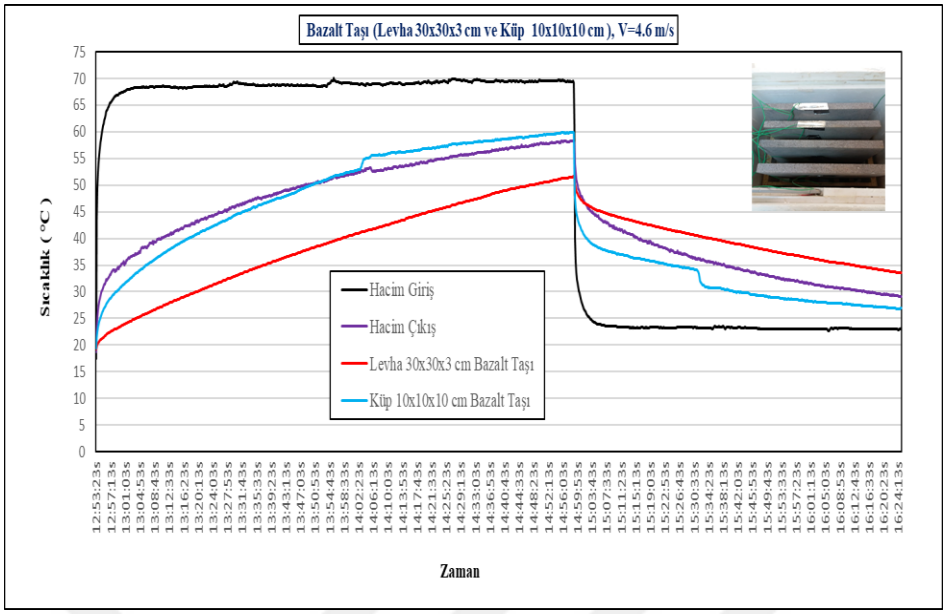
4.2. Sabit Sıcaklıkta Taşların Isıl Depolama (Şarj) ve Deşarj İşlemleri

4.2.1. Bazalt taşı analizleri

Şekil 4.11. ve 4.12.'de, hava hızının 2.5 m/s ve 4.6 m/s olduğu ve sabit sıcaklıkta şarj ve deşarj durumunda, bazalt taşı sıcaklığının zamanla değişimi verilmiştir. Hacim giriş-çıkış sıcaklığı ve sabit sıcaklıkta ısıtıcı olarak, rezitans kullanılarak yapılan ölçümlerde taşların ısı depolama değişimi, şarj süresi sabit sıcaklıktaki, taşlardaki zamanla sıcaklık değişimi ve hıza göre değişimi Şekil 4.11.'den anlaşılmaktadır. Hız ve sıcaklık artıkça şarj süresi erken olduğu görülmektedir. Hızı fazla olan deneyde sıcaklık daha yüksek olduğu görülmektedir. Deneyde kullanılan taşlardan, ölçüsü (10x10x10 cm) olan küp bazalt taşının daha erken rejime girdiği tespit edilmiştir.



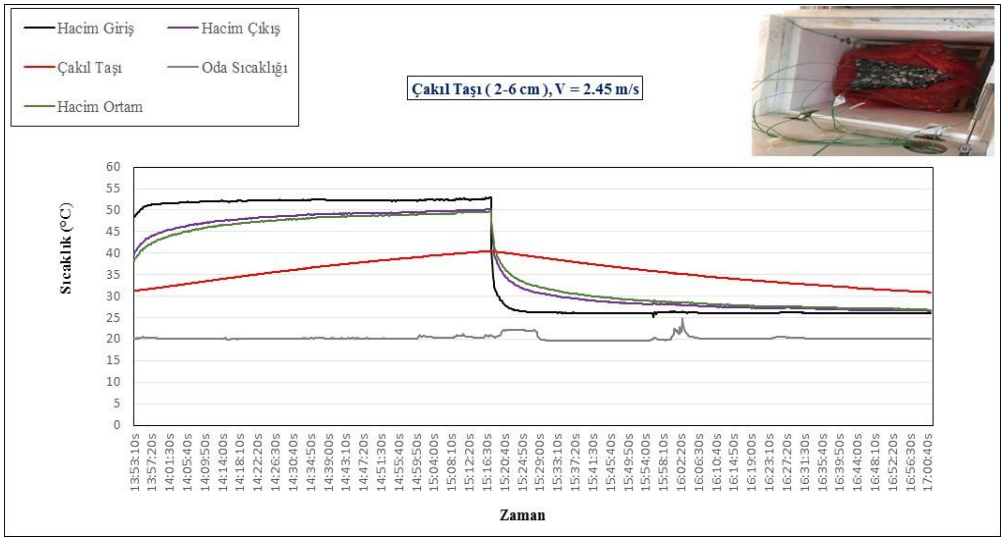
Şekil 4.11. Sabit sıcaklıkta şarj (44 °C) ve deşarj (21 °C) işleminde hacim giriş-çıkış ve bazalt taşı (levha: 30x30x3 cm, küp: 10x10x10 cm) sıcaklıklarının değişimi



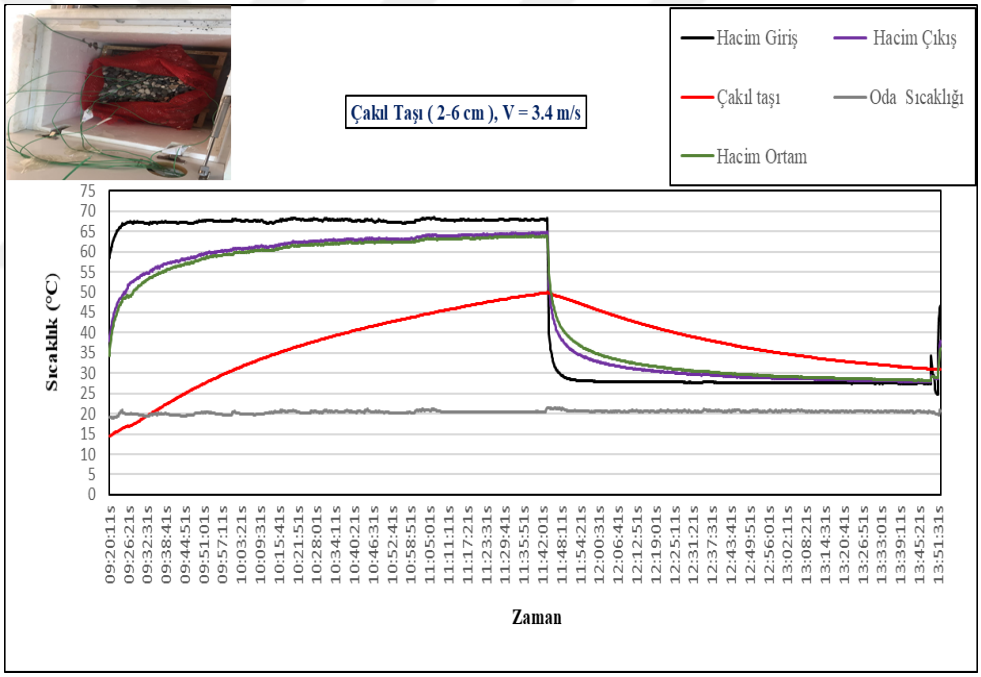
Şekil 4.12. Sabit sıcaklıkta şarj (69 ºC) ve deşarj (23 ºC) işleminde hacim giriş-çıkış ve bazalt taşı (levha: 30x30x3 cm, küp: 10x10x10 cm) sıcaklıklarının değişimi

4.2.2. Çakıl taşı analizleri

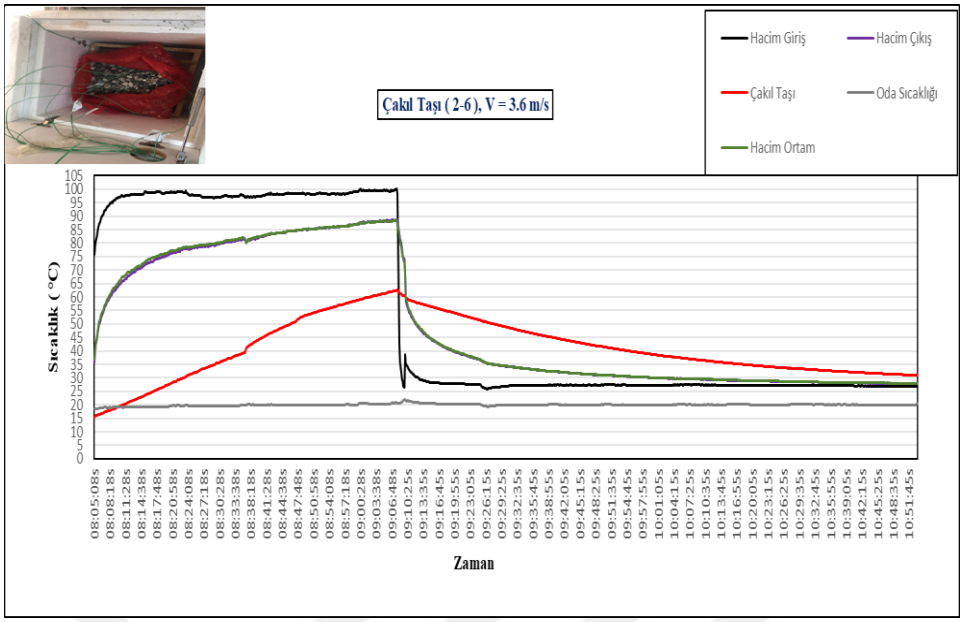
Şekil 4.13., 4.14. ve 4.15.'de, 05 Kasım 2018 tarihinde yapılan ve hava hızının 2.45 m/s, 3.4 m/s ve 3.6 m/s olduğunda çakıl taşlarının sabit sıcaklıkta şarj ve deşarjı görülmektedir. Hacim giriş sıcaklığı sabit sıcaklıkta rezitans ile yapılan ölçümlerde taşların ısıl depolama değişimi görülmektedir. Şarj süresi sabit sıcaklıktaki sıcaklık ve hıza göre değişimi grafikte görülüyor. Hız ve sıcaklık artıkça şarj süresi erken olduğu görülmektedir.



Şekil 4.13. Sabit sıcaklıkta şarj (52 °C) ve deşarj (28 °C) işleminde hacim giriş-çıkış ve çakıl taşı sıcaklıklarının değişimi



Şekil 4.14. Sabit sıcaklıkta şarj (67 °C) ve deşarj (32 °C) işleminde hacim giriş-çıkış ve çakıl taşı sıcaklıklarının değişimi

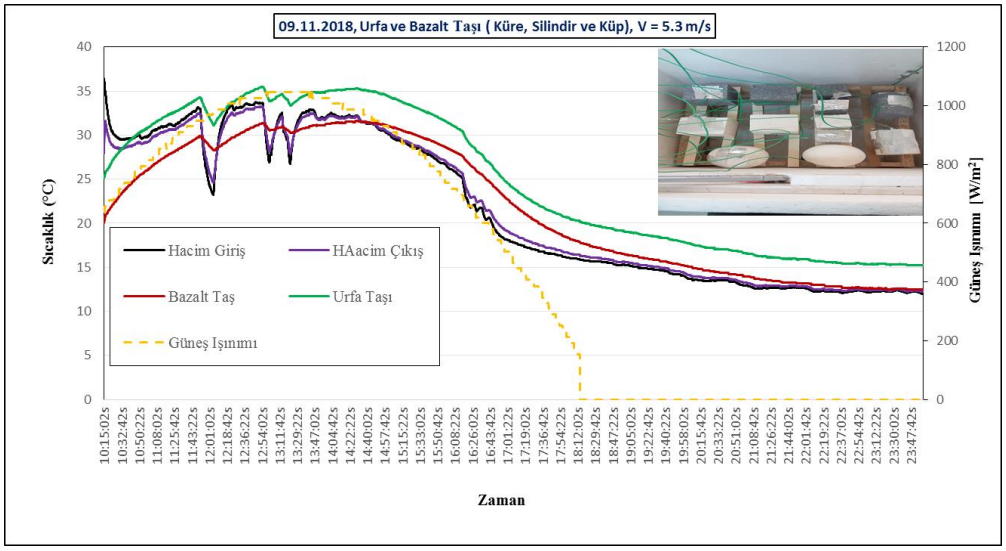


Şekil 4.15. Sabit sıcaklıkta şarj (99 °C) ve deşarj (26 °C) işleminde hacim giriş-çıkış ve çakıl taşı sıcaklıklarının değişimi

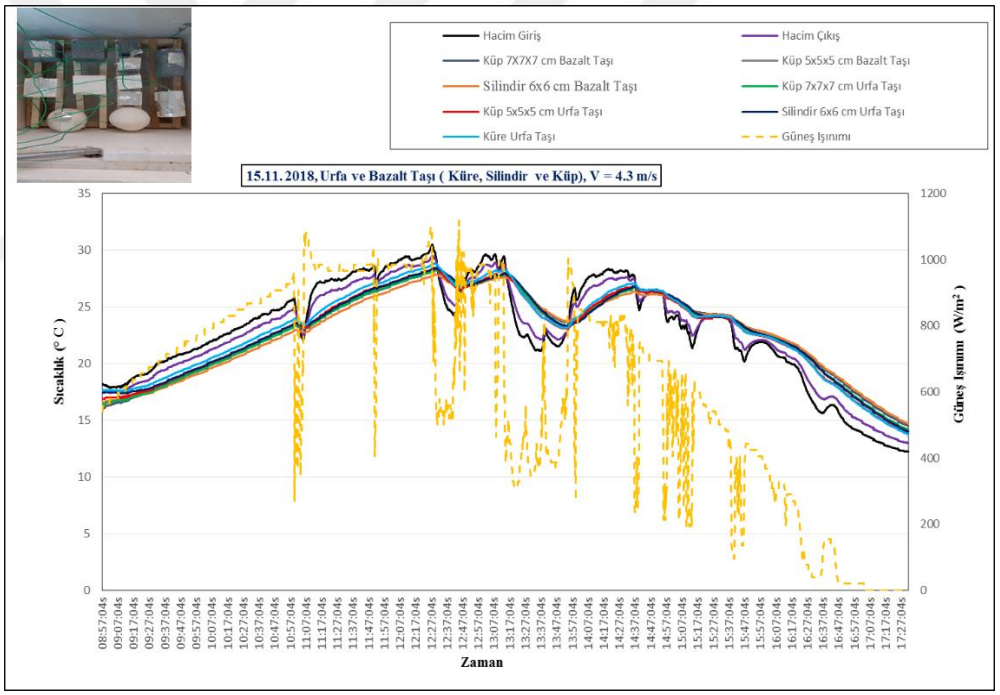
4.3. Bazalt ve Urfa Taşının Mukayesesi

4.3.1. Bazalt ve Urfa taşının güneş enerjili değişken sıcaklıkta ısıl depolama (şarj) ve deşarj işlemlerinin mukayesesi

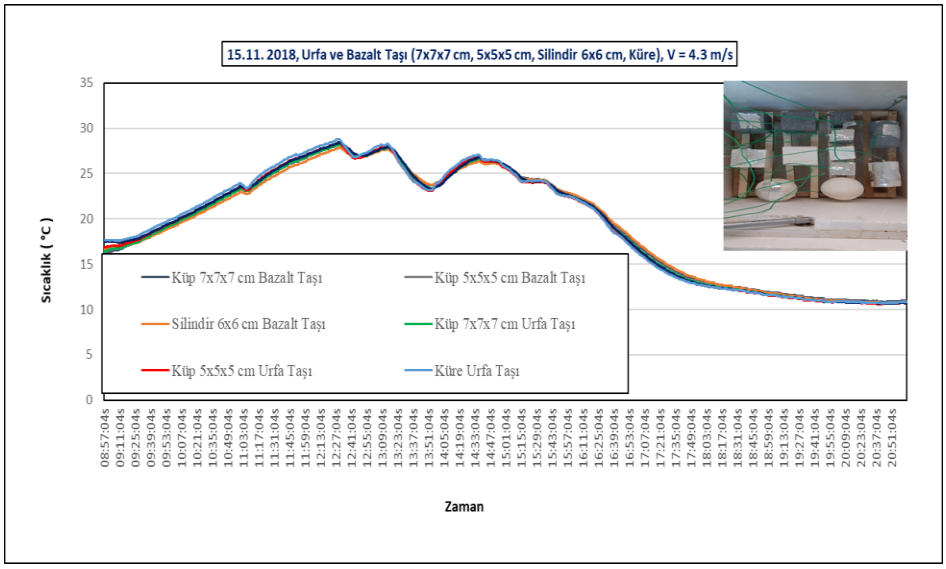
Şekil 4.16., 4.17. ve 4.18.'de, değişik tarihlerde farklı geometrik şekillerdeki Urfa ve bazalt taşlarının 4.3 m/s hava hızında şarj ve deşarj işleminde sıcaklıklarının ve güneş ışınımının zamanla değişimi gösterilmiştir. Şekillerden, güneş ışınımı ve sıcaklığının farklı faz kaymaları için benzer değişiklikleri gösterdiği görülmektedir. Taşlarda, küre geometrisindeki Urfa taşının diğer taşlara göre daha iyi ısındığı ve daha geç soğuduğu görülmüştür. Taşların şarj ve deşarj eğimlerinin hemen hemen aynı olduğu grafiklerden görülmektedir. Güneş ışınımı ile tüm taşların şarj süresi orantılı olarak artığı tespit edilmiştir. Ayrıca silindirik bazalt taşının diğer taşlara göre geç ısındığı ve geç soğuduğu şekillerden belirlenmiştir.



Şekil 4.16. 09 Kasım 2018 tarihinde şarj ve deşarj işleminde hacim giriş-çıkış, Urfa ve bazalt taşı sıcaklıklarının ve güneş ışınımının zamanla değişimi

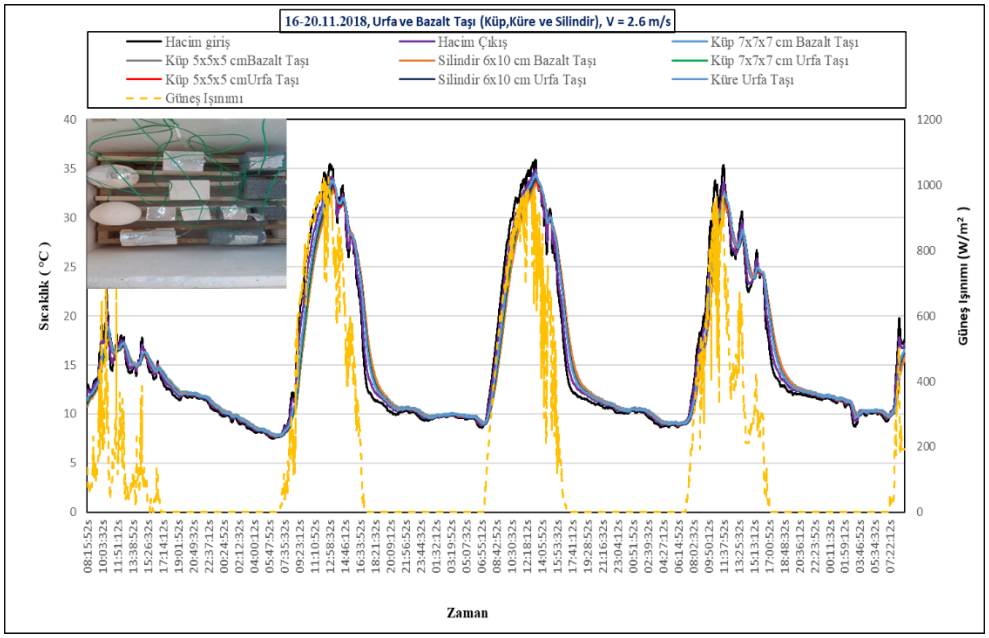


Şekil 4.17. 15 Kasım 2018 tarihinde şarj ve deşarj işleminde hacim giriş-çıkış, Urfa ve bazalt taşı sıcaklıklarının ve güneş ışınımının zamanla değişimi



Şekil 4.18. 15 Kasım 2018 tarihinde şarj ve deşarj işleminde hacim giriş-çıkış, Urfa ve bazalt taşı sıcaklıklarının zamanla değişimi

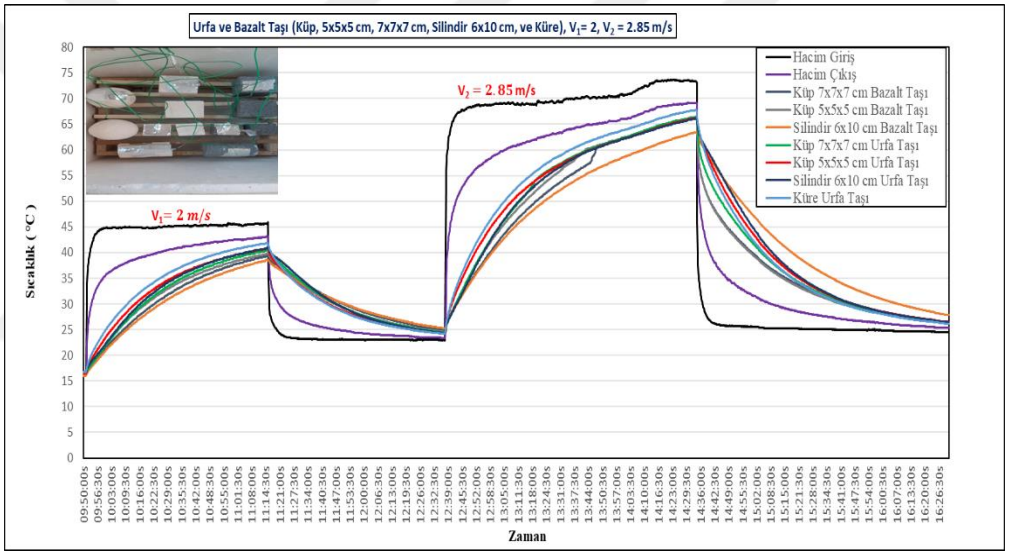
Şekil 4.19.'da, 16-20 Kasım 2018 tarihlerinde yapılan ölçümlere bakıldığında güneş ışınımı ile taşların ısıl depolama süreleri orantılı olarak artığı görülmektedir. Küre Urfa taşı şarj ve deşarj sürelerinin diğer taşlara göre daha erken olduğu belirlenmişir. Fakat silindirik bazalt taşı, şarj ve deşarj süresi diğer taşlara göre daha geç olduğu ve verimi daha yüksek olduğu şekilden tespit edilmiştir.



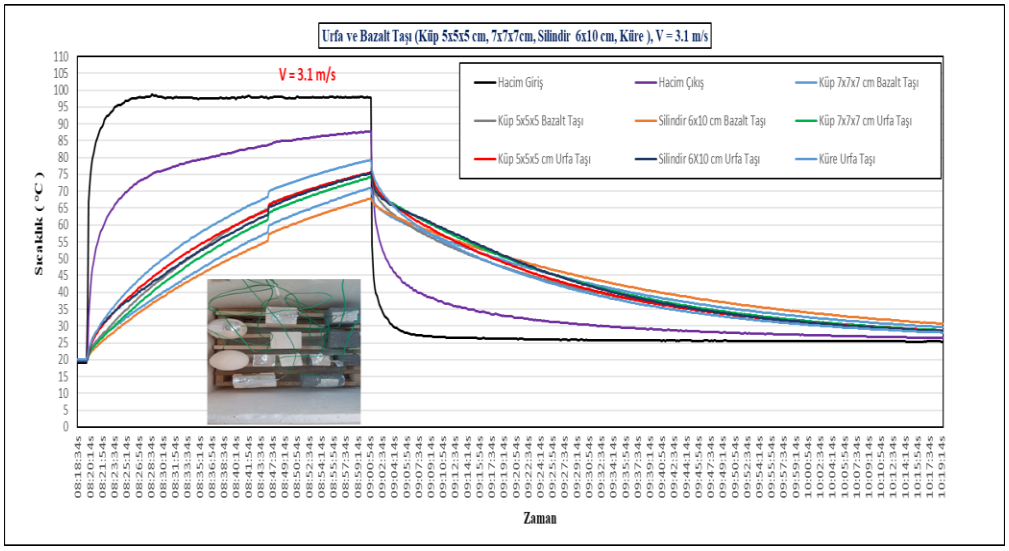
Şekil 4.19. 16-20 Kasım 2018 tarihlerinde şarj ve deşarj işleminde hacim giriş-çıkış, Urfa ve bazalt taşı sıcaklıklarının ve güneş ışınımının zamanla değişimi

4.3.2. Bazalt ve Urfa taşının sabit sıcaklıkta ısıl depolama (şarj) ve deşarj işlemlerinin mukayesesi

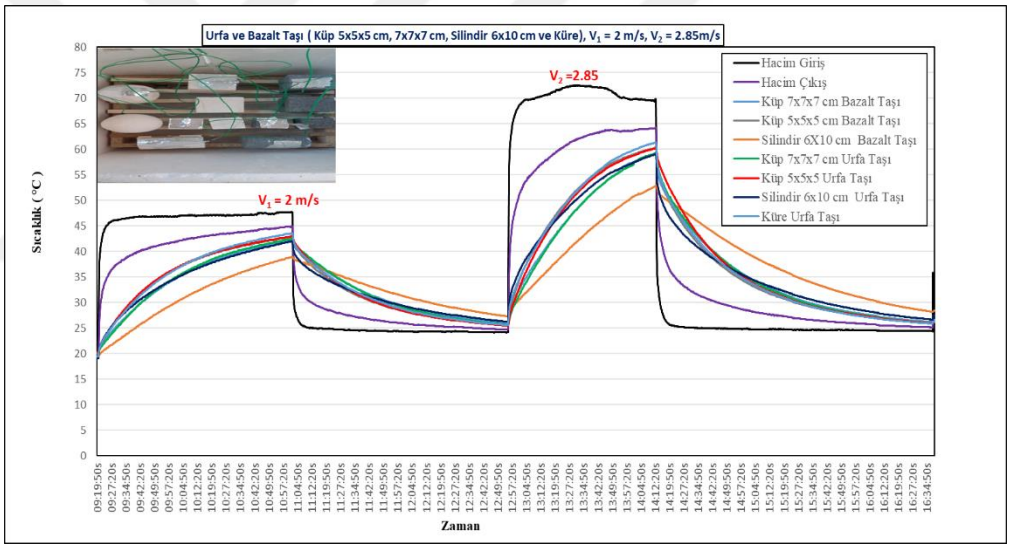
Şekil 4.20. ve 4.21.'de, 20-21 Kasım tarihlerinde datalogger cihazı ile alınan kayıtlara bakıldığında rezistans ile taşların ısıl depolama süreleri orantılı olarak artmaktadır. Küre Urfa taşı şarj deşarj süreleri diğer taşlara göre daha erken rejime girildiği gösterilmektedir. Fakat silindirik bazalt taşı şarj ve deşarj süresi diğer taşlara göre daha geç olduğu ve verimi daha yüksek olduğu grafikten anlaşılmaktadır. Ayrı ayrı ve birlikte de aynı yalıtımlı hacim içerisinde konulup depolama yapılabileceği görülmektedir.



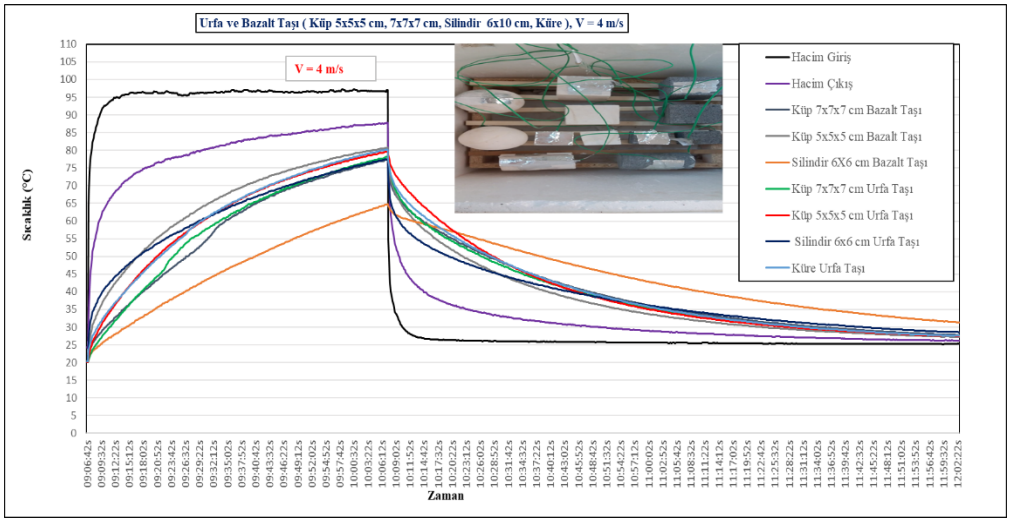
Şekil 4.20. Yüksek ve düşük sabit sıcaklıklarda sarj ve deşarj işleminde Urfa ve bazalt taşları sıcaklıklarının değişimi



Şekil 4.21. Sabit sıcaklıkta şarj (99 ºC) ve deşarj (26 ºC) işleminde hacim giriş-çıkış, değişik geometrilerdeki Urfa ve bazalt taşı sıcaklıklarının değişimi



Şekil 4.22. Farklı sabit sıcaklıklarda şarj ve deşarj işlemi sırasında hacim giriş-çıkış, değişik geometrilerdeki Urfa ve bazalt taşı sıcaklıklarının değişimi



Şekil 4.23. Sabit sıcaklıkta şarj (96 ºC) ve deşarj (26 ºC) işleminde hacim giriş-çıkış, değişik geometrilerdeki Urfa ve bazalt taşı sıcaklıklarının değişimi

4.4. Deneysel Analiz ve Teorik Hesaplar ile Taşlara Verilen Enerjinin Mukayesesi

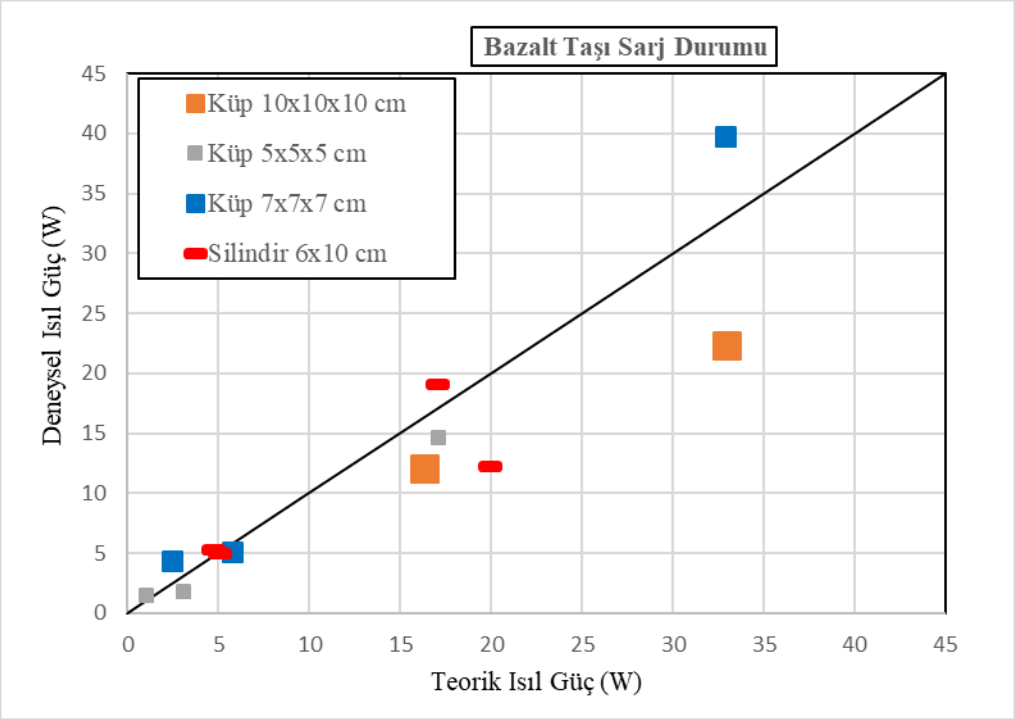
Bölüm 3.3.'te verilen ısı transferi denklemleri kullanılarak değişik hava hızı ve şarj sıcaklıklarında taşların teorik ve ısıl güçleri hesaplanmış ve Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Çizelgeden aynı şarj sıcaklıkları için, hava hızı artığında taşın ısıl gücünün de artığı görülmektedir. Benzer şekilde aynı hava hızında, şarj hava sıcaklığı artırıldığında taşların ısıl güçleri artmaktadır. Çizelgeden deneysel ve teorik sonuçlar arasında genel olarak bir uyum olmakla beraber, önemli bazı sapmalar tespit edilmiştir. Bu farkların, deneysel ölçüm hatalarından ve amprik denklemlerden kaynaklanan hatalardan olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.1. Şarj Durumunda Değişik hava hızı ve sıcaklıklarında taşların teorik ve ısıl güçleri

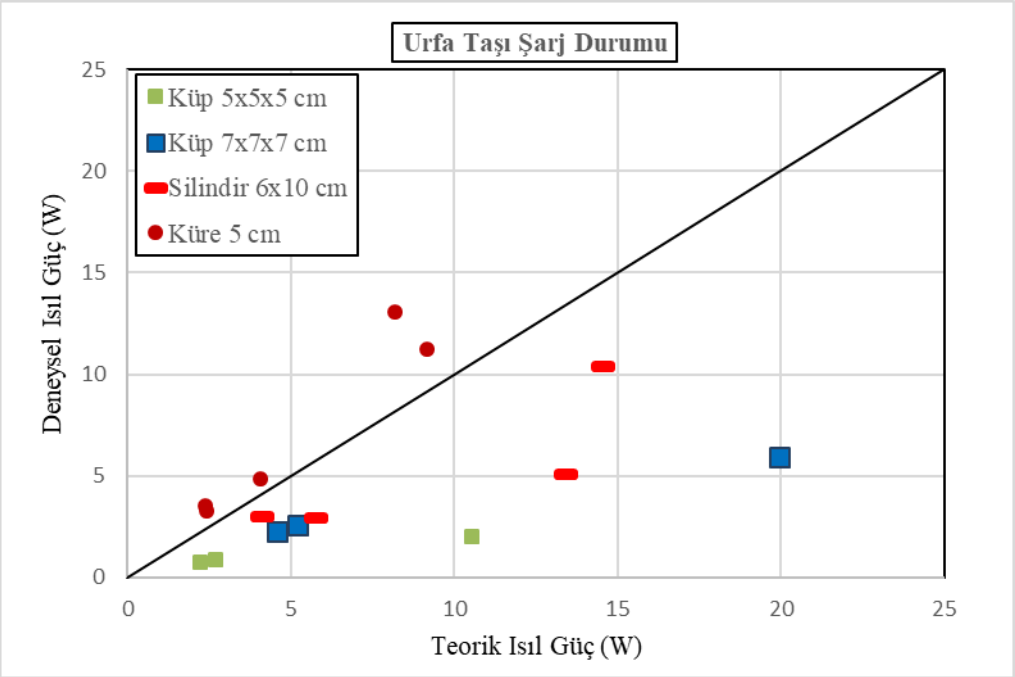
Taş	Geometri	Boyut (cm)	V (m/s)	Şarj Hava Sıcaklığı (°C)	Teorik Isıl Güç (W)	Deneysel Isıl Güç (W)
Bazalt	Küp	10x10x10	2.5	45	16.32	12.05
		10x10x10	4.6	70	32.98	22.36
		5x5x5	2	45	3.05	1.84
		5x5x5	2	40	1.00	1.52
		5x5x5	4	100	17.08	14.62
		7x7x7	2	45	5.72	5.09
		7x7x7	2	40	2.40	4.38
		7x7x7	4	100	32.91	39.67
	Silindir	6x10	2	45	4.71	5.32
		6x10	2	70	5.04	5.00
		6x10	3.1	100	17.04	19.17
		6x10	4	100	19.92	12.33
Urfa	Küp	5x5x5	2	45	2.71	0.87
		5x5x5	2	45	2.24	0.76
		5x5x5	4	100	10.52	1.99
		7x7x7	2	45	5.20	2.57
		7x7x7	2	45	4.57	2.29
		7x7x7	4	100	19.97	5.91
	Silindir	6x10	2	45	4.12	3.01
		6x10	2	70	5.74	2.98
		6x10	3.1	100	14.54	10.41
		6x10	4	100	13.38	5.10
	Küre	5	2	45	2.39	3.55
		5	2	46.7	2.43	3.26
		5	2.85	69	4.05	4.82
		5	3.1	98	8.18	13.07
		5	4	96	9.18	11.24

Şekil 4.24. ve 4.25.'te sırasıyla Bazalt ve Urfa taşının şarj durumundaki teorik ve deneysel ısıl güçleri karşılaştırılmıştır. Şekil 4.24.'ten teorik ve deneysel sonuçların birbiriyle uyumlu olduğu ve düşük ısıl güçlerde teorik ve deneysel değerler arasında önemli farkların olmadığı görülmüştür. Ancak 7x7x7 cm küpte deneysel ısıl güç daha yüksek ve 10x10x10 cm küpte teorik ısıl güç yüksek çıkmıştır. Teorik ve deneysel değerler arasında en iyi uyumu 5x5x5 cm boyutundaki küpün gösterdiği Şekil 4.24'ten tespit edilmiştir. Şekil 4.25.'ten Urfa taşında teorik ve deneysel ısıl güçler arasında önemli farkların olduğu görülmektedir.

Şekilden küre hariç diğer geometrilerde deneysel ısıl güç değerlerinin her zaman teorik ısıl güç değerlerinden düşük olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.24. ve 4.25.'ten bazalt taşının Urfa taşına göre daha iyi ve yüksek ısıl güce sahip olduğu ve deneysel ve teorik ısıl güçlerinin daha uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

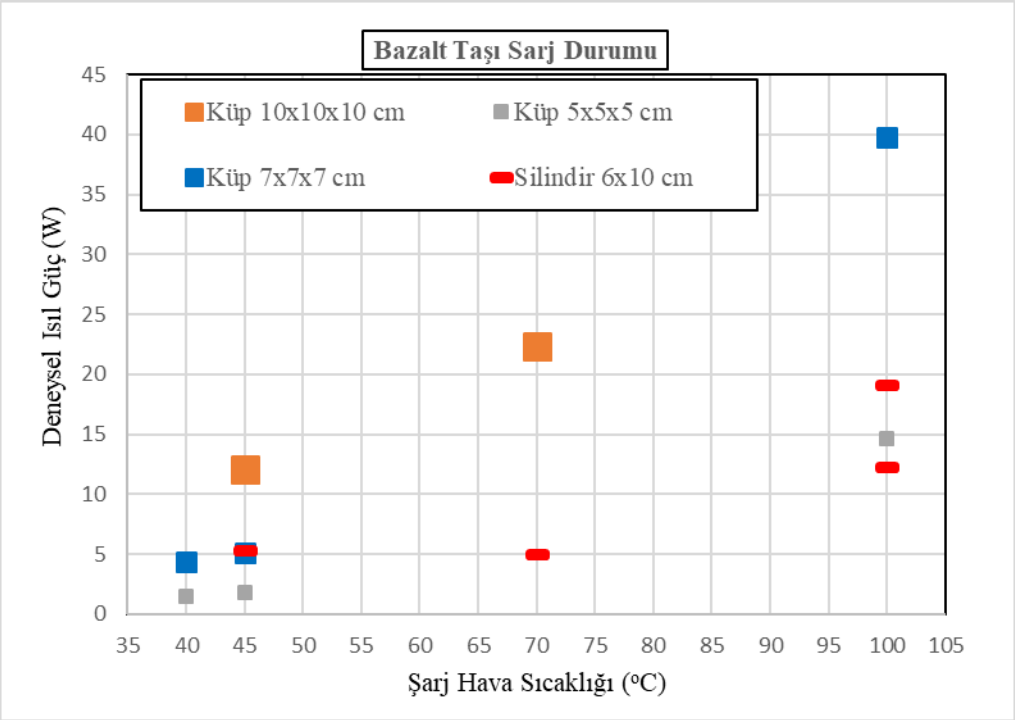


Şekil 4.24. Şarj durumunda bazalt taşının teorik ve deneysel ısıl gücünün karşılaştırılması

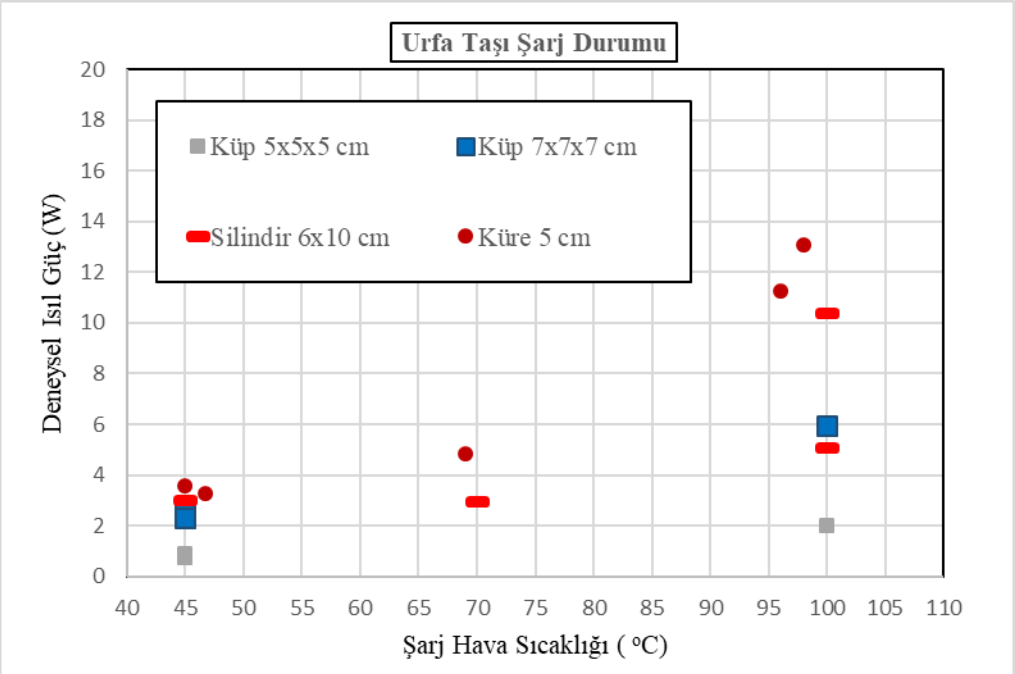


Şekil 4.25. Şarj durumunda Urfa taşının teorik ve deneysel ısıl gücünün karşılaştırılması

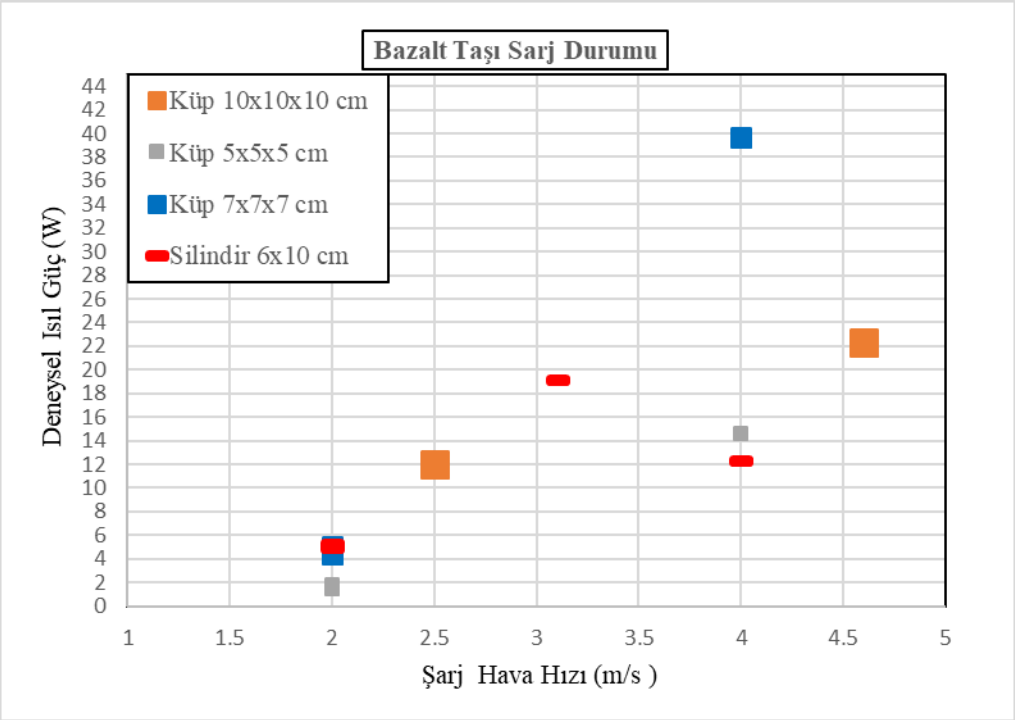
Şekil 4.26. ve 4.27.'de sırasıyla bazalt ve Urfa taşının deneysel ısıl gücünün şarj hava sıcaklığı ile değişimi verilmiştir. Şekilden şarj hava sıcaklığı artıkça taşların ısıl gücü arttığı belirlenmiştir. Şekil 4.28. ve 4.29.'da ise sırasıyla bazalt ve Urfa taşı için şarj hava hızı değişiminin deneysel ısıl güç üzerindeki etkisi görülmektedir. Şekilden şarj hava sıcaklığı artıkça taşların ısıl gücü arttığı belirlenmiştir. Bazalt taşında hava hızı artıkça genelde ısıl güç artmıştır. Sadece 4 m/s iken silindir ve 5x5x5 cm küpte şarj sıcaklığından dolayı ısıl güç azalmıştır.



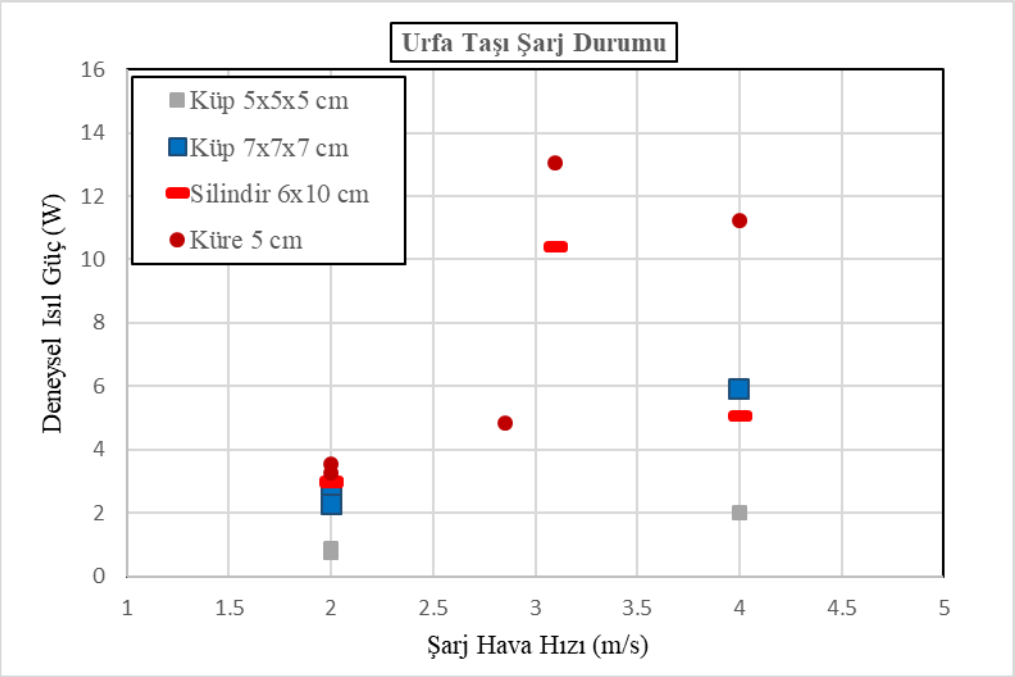
Şekil 4.26. Bazalt taşının deneysel ısıl gücünün şarj hava sıcaklığı ile değişimi



Şekil 4.27. Bazalt taşının deneysel ısıl gücünün şarj hava sıcaklığı ile değişimi



Şekil 4.28. Bazalt taşının deneysel ısıl gücünün şarj hava hızı ile değişimi



Şekil 4.29. Urfa taşının deneysel ısıl gücünün şarj hava hızı ile değişim

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada, yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneş enerjisinin farklı doğal taşlarda ısıl enerji olarak depolamasının teorik ve deneysel analizi yapılmıştır. Şanlıurfa bulunan doğal taşlar olarak bazalt, Urfa ve çakıl taşlarının ısıl depolama özelliklerinin olduğu görülmüştür. Bu taşların ısıl depolama özelliklerini karşılaştırmak için teorik ve deneysel ısıl depolama güçleri hesaplanıp karşılaştırılmıştır. Sabit sıcaklık ve değişken sıcaklık şartlarından şarj ve deşarj durumları şekilerde gösterilmiştir. Deneysel ve teorik çalışmadan aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Isıl enerji depolamada iklim şartlarının ve güneş enerjisinin etkisinin önemli olduğu,
- Havalı kollektörlerle güneş enerjisinin taşlarda depo edilebileceği,
- Güneş enerjisi ile taş sıcaklıklarının 45 ^{o}C nin üstüne çıkalabildiği,
- Güneş ışınımının etkisi sisteme bir zaman kayması ile olduğu,
- Deneyler için kullandığımız taşların geometrik şekillerinin taşların ısıl depolama özelliği üzerinde etkili olduğu görülmüştür.
- Deney sonuçları incelendiğinde bazalt taşının diğer taşlardan daha yüksek ısıl depolama özelliğine sahip olduğu gözlemlenmiştir.
- Taşların geometrik şekillerine göre depolama özelliği en iyi olan küre taşı olduğu belirlenmiştir.
- Deneysel ve teorik değerler arasındaki sapma Bazalt taşına göre Urfa taşında daha fazla olduğu tespit edilmiştir.
- Teorik hesaplamalarda kullanılan ampririk eşitliklerin deneysel sonuçlarla uyumlu olmasına rağmen ısı taransferi problemini tam olarak yansıtmaması ve deneysel hatalar, teorik ve deneysel değerler arasında önemli sapmalara neden olmuştur.

Sonuç olarak, Şanlıurfa'da bulunan doğal taşların ısıl depolama özellikleri olduğu görülmüştür. Bazalt, Urfa ve Çakıl taşlarının ısı depolama özelliklerine sahip olduğu ve ısı depolama malzemesi olarak kullanılabileceği görülmektedir.

5.2. Öneriler

- Isıtma sisteminde en verimli performansı elde etmek için otomasyon sisteminin kurulması depolanan enerjinin daha verimli kullanılmasını sağlar.
- Isıl depolamada hacim olarak depo yapısının, kapasitesinin ve yalıtımının uygun seçilmesi gerekmektedir.
- Yaz aylarında, özellikle güneş enerjisi, kurutma sistemlerinde gündüz doğal taşlarda depolanarak, gece saatlerinde deşarj edilerek kesintisiz enerji kaynağı olarak kullanılabilir.
- Güneşin kesikli olmasından dolayı yeterli derecede güneş olmadığı zamanlarda taşlara ısı depolamak için elektrikli rezistans kullanılabilir.
- Kullanım yerine göre taşların geometrik şekli seçilebilir.
- İhtiyaç duyulan ısı depolama için teorik hesaplar yapılıp, kullanıcak malzeme miktarı seçilmelidir.
- Isı depolama hacmi yalıtılarak yer altına konularak toprak altı sıcaklığında tutulabilir. Çünkü atmosfer havası sıcaklığı değişken olup düşük sıcaklıklara gelebilmektedir.

KAYNAKLAR

ALAÇAKIR, F.B., 2001. Ülkemizde Elektrik Üretimini Destekleyen Bir Çözüm: Güneş Pilleri. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, İzmir. 182-185.

ALAY, S., GODE, F., ve ALKAN, C., 2009. Isıl Enerji Depolama İçin Poli(Etil Akrilat)/Hekzadekan Mikrokapsüllerin Üretilmesi ve Karakterizasyonu. Teknolojik Araştırmalar Dergisi, 3:33-46.

BAŞTENÇELİK, A., PAKSOY, H.Ö., and ÖZTÜRK , H. H., 1996. Greenhouse Heating with Solar Energy and PCM Storage. Acta Horticulturae, 443: 63-70.

BENLİ, H., ve DURMUŞ, A., 2002. Havalı Güneş Kolektörleri ve Gizli Isı Depolama Yöntemi Kullanılarak Sera Isıtılması. Mühendis ve Makine, 48: 569.

BOZTEPE, M., 2006. "Enerji Depolama". http://www.solar-academy.com/menuis/Enerji-Depolama-EES-Yeni-Enerji-Kaynaklari-2006115408.pdf(29.01.2019).

ÇENGEL, Y.A., 2003. Heat Transfer A Pratical Approach (Second Edition). McGraw-Hill, USA, 874.

LEFEBVRE, D., and TEZEL, F. H., 2017. A Review of Energy Storage Technologies with a Focus on Adsorption Thermal Energy Storage Processes for Heating Applications. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 67: 116-125.

DİNÇER, İ., ve HEPBAŞLI, A., 2004. Kanada'nın En Büyük Kuyu İçi Isıl Enerji Depolama Sistemi : Bir Uygulama. VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.

EL-SEBAİİ, A. A., ABOUL-ENEİN, S., RAMADAN, M. R. I., SHALABY, S. M., and MOHARRAM, B. M. (2011). Investigation of Thermal Performance of-Double Pass-Flat and V-Corrugated Plate Solar Air Heaters. Energy, 36(2), 1076-1086.

ERKAN, Y., 1995. Magmatik petrografi. Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendislik Bölümü Raporu, Ankara, 44.

GAO, W., LIN, W., LIU, T. and XIA, C., 2007. Analytical and Experimental Studies on the Thermal Performance of Cross-Corrugated and Flat-Plate Solar Air Heaters. Applied Energy, 84: 425–44.

GUNERHAN, H., and HEPBASLİ, A., 2005. Utilization of Basalt Stone as a Sensible Heat Storage Material. Energy Source, 27: 1357-1366.

HADJIPASCHALIS, I., POULLIKKAS, A., and EFTHIMIOU, V., 2009. Overview of Current and Future Energy Storage Technologies for Electric Power Applications. Renewable And Sustainable Energy Reviews, 13.6-7: 1513-1522.

HAUER, A., 2002. Thermal Energy Storage With Zeolite for Heating and Cooling Application. IEA. ECES IA Annex 17. Advanced Thermal Energy Storage Through Phase Change Materials and Chemical Reactions-Feasibility Studies and Demonstration Projects. 3rd Workshop. 1-2 October 2002. Tokyo. Japan.

HAWLADER, M.N. A., CHOU, S. K., and ULLAH, M. Z., 2001. The Performance of a Solar Assisted Heat Pump Water Heating System. Applied Thermal Engineering, 21(10): 1049-1065.

KARIM, M. A. and HAWLADER, M. N. A., 2004. Development of Solar Air Collectors for Drying Applications. Energy Conversion and Management, 45: 329-344.

KARIM, M.A. and HAWLADER, M.N.A., 2006. Performance Investigation of Flat Plate. V-Corrugated and Finned Air Collectors. Energy, 31: 452-470.

KARSLI, S., 2007. Performance Analysis of New-Design Solar Air Collectors for Drying Applications. Renewable Energy, 32: 1645–1660.

KELEK, N. Ü., 1996. Hava Isıtıcılı Optimum Güneş Kollektörü Dizaynı. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri,65s.

KILIÇ, A., ve ÖZTÜRK. A., 1984. Güneş Işınımı ve Düz Toplayıcılar. Segem, Ankara.

KILIÇKAP, S., ve YILDIZ, C., 2018. Faz Değişim Maddeli Kolektör Depo Veriminin Deşarj Süresince Değişimi. 1st International Engineerıng and Technology Symposium, Batman

ÖZKAYA, M. G., KIRBAŞ, İ., ve İNCİLİ, V.,2007. Havalı Güneş Kollektörünün Performansının Deneysel Olarak İncelenmesi. Politeknik Dergisi, 10(3), 253-256.

KOZAK, M., ve KOZAK, Ş., 2012. Enerji Depolama Yöntemleri. SDU International Technologic Science, 4. (2). 17-29.

GENÇOĞLU, M.T., ve CEBECİ, M., 2001. Büyük Hidroelektrik Santrallar ile Küçük Hidroelektrik Santralların Karşılaştırılması. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 265-271. İzmir.

OĞULATA, R. T., 1997. Enerji Tasarrufunda Dikkat Edilecek Hususlar. TSE, Ankara. 9(2): 429-433.

ÖZSOY, A., 2015. Güneş Enerjisinin Isıtma Amaçlı Mevsimlik Depolanması ve Isı Pompası Destekli Kullanımı. Suleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Science, 19(2), 54-59, 2015.

RABIN, Y., BAR-NIV, I., KORIN, E., and MIKIC, B., 1995. Integrated Solar Collector Storage System Based on a Salt Hydrate Phase-Change Material. Solar Energy, 55: 425-444.

SMITH, M.D., and PERRY, R.L., 1999. Borehole Grouting :Field Studies and Thermal Performance Testing. Ashrae Transactions, MN-00-2-4.

STAHL, W., VOSS, K., and GOETZBERGER, A., 1994. The Self Sufficient Solar House in

Freiburg. Solar Energy, 52: 111-125.

TOĞRUL, İ. T., ve PEHLİVAN, D., 2002. Konik Yoğunlaştırmalı Bir Güneş Enerjili Hava Isıtıcının Verimine Farklı Absorber Yüzey Kullanımının Etkisi. Isı Bilimi ve Tekniği, 22(2): 47-53.

TURGUT, P., YESİLNACAR, M. İ., and BULUT, H., 2008**.** Physico-Thermal and Mechanical Properties of Şanlıurfa Limestone, Turkey. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 67(4), 485-490.

UTLU, Z., AYDIN, D., ve KINCAY, O., 2013. Yeşil Bina Uygulamalarında Gizli Isı Depolama Sistemlerinin Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Tesisat Mühendisliği, Sayı 144.

ÜÇGÜL, İ., SELBAŞ, R., ŞENOL, R., ve KIZILKAN. Ö., 2003. Güneş Güç Sistemlerinin Heliostat Alan Düzenlemesi ve Termodinamik Analizleri. ULIBTK'03 14.Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi Bildiri Kitabı, Isparta. s.373-380.

VARINCA, K. B., ve GÖNÜLLÜ, M. T., 2006. Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve bu Potansiyelin Kullanım Derecesi Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma. UGHEK'2006, I. Ulusal Güneş Ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, Eskişehir.

YILMAZ, M.Ö., 2005. Yeraltı Termal Enerji Depolamada Kullanılan Farklı Dolgu Maddelerinin Termal Özelliklerinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 64s.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	İlhami ERCAN
Uyruğu	T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi	Şanlıurfa 01.01.1988
Telefon :	5412576125
e-mail :	ilhamiercan@outlook.com

EĞİTİM

Derece	**Adı. İlçe. İl**	**Bitirme Yılı**
Lise:	Davut Zeki Akpınar Lisesi ŞANLIURFA	2007
Üniversite:	Mustafa Kemal Üniversitesi HATAY	2014

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2014-2015	Şanlıurfa MMO	Makine Mühendisi
2015-2018	Şanlıurfa Siverek Belediyesi	Makine Mühendisi
2018-…	Şanlıurfa Valiliği	Makine Mühendisi

YAYINLAR

ERCAN, İ., BULUT, H., and DEMİRTAŞ, Y., 2018. Experimental Investigation of Thermal Storage Proporties of Different Materials Using Solar Air Collector. 1. International Technological Sciences and Design Symposium (ITESDES 2018), 27-29 June 2018, Giresun, Turkey.