



Vakum Tüplü Kollektörlerin Güneş Havuzu Performansı Üzerine Etkisi

Ayhan Atız¹, İsmail Bozkurt^{2*}, Mehmet Karakılçık¹

¹Çukurova Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Adana

²Adiyaman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Adiyaman

ismail_bozkurt44@yahoo.com

Özet

Bu çalışma vakum tüplü güneş kolektörlerinin güneş havuzunun ısı depolama performansı üzerine etkisi ile ilgilidir. Deneysel çalışma için, 0.80 m yarıçaplı, 1.60 m derinlikli ve dört vakum tüplü güneş kolektörlü bir güneş havuzu sistemi Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye’de kurulmuştur. Vakum tüplü güneş kolektörleri tarafından toplanan ısı enerjisi bir ısı değiştirici sistem kullanılarak güneş havuzunun depolama bölgesine transfer edilmiştir. Sistemin sıcaklık ve yoğunluk dağılımları ısı çiftler ve hidrometreler kullanılarak ölçülmüştür. Deneysel çalışmalar 1, 2, 3 ve 4 vakum tüplü güneş kolektörü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, güneş havuzundaki sıcaklık artışları 1, 2, 3 ve 4 kolektör için sırasıyla 1.56, 2.37, 3.45 ve 4.01 °C olarak belirlenmiştir. Güneş havuzunun sıcaklığının dört gün içerisinde 15 °C’den 25 °C’ye kadar arttığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Güneş enerjisi, güneş havuzu, vakum tüplü güneş kolektörü.

The Effect of the Evacuated Tube Collectors on Solar Pond Performance

Abstract

The present study deals with the effect of the evacuated tube solar collectors on the heat storage performance of a solar pond. For the experimental work, a solar pond system with a radius of 0.80 m and a depth of 1.60 m and four evacuated tube solar collectors was built in Cukurova University in Adana, Turkey. Heat energy collected by evacuated tube solar collectors was transferred to the solar pond storage zone by using a heat exchanger system. The temperature and density distribution of the system were measured by using thermocouples and hydrometers. Experimental studies were performed by using 1, 2, 3 and 4

evacuated tube solar collectors. As a result, the temperature increases in the solar pond were determined as 1.56, 2.37, 3.45 and 4.01 °C for 1, 2, 3 and 4 collectors, respectively. It is seen that the temperature of the solar pond has increased from 15 °C to 25 °C within four days.

Keywords: Solar energy, solar pond, evacuated tube solar collector.

Giriş

Fosil yakıtların giderek azalması ve çevre kirliliğine sebep olması nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi hızla artış göstermektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygın olarak kullanılması önündeki en büyük engel yüksek maliyetler olarak karşımıza çıkmaktadır. Teknolojik gelişmeler ile birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım maliyeti ileriki yıllarda azalacak ve fosil yakıtlarla rekabet edebilecek seviyelere gelecektir. Yenilenebilir enerji kaynakları doğrudan ya da dolaylı olarak güneşten kaynaklanır. Ülkemiz güneş enerjisi bakımından oldukça zengin bir konumda bulunmaktadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti ölçümleri üzerinde EİE tarafından yapılan çalışmaya göre; Türkiye'nin yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat ve ortalama toplam ışınım şiddeti 1,311 kW saat/metrekare-yıl olarak hesaplanmıştır [1].

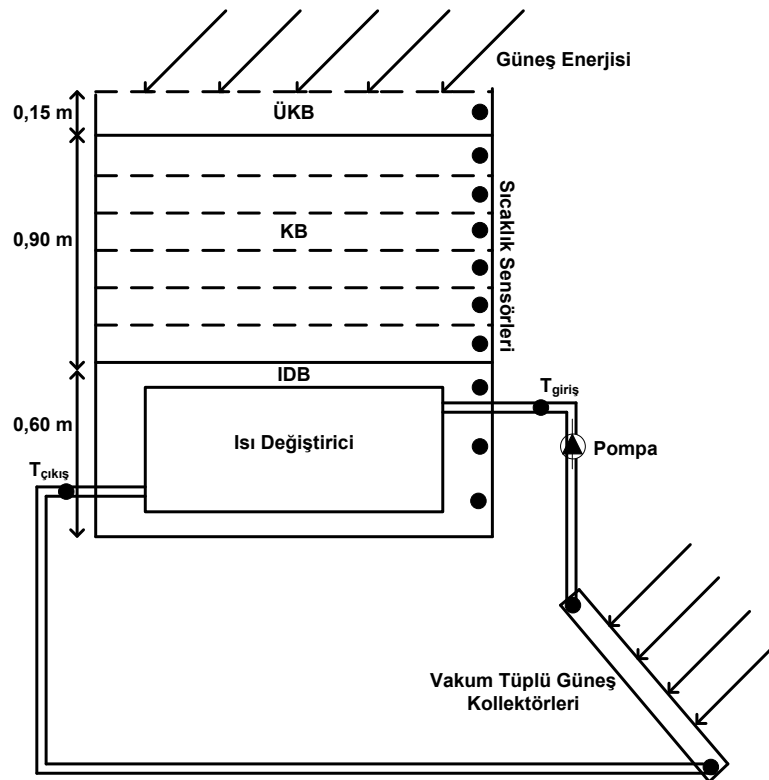
Güneş enerjisi sistemlerinden bazıları güneş havuzu ve güneş kolektörleridir. Güneş havuzları tabana doğru yoğunluğu artan tuzlu su tabakalarından oluşmaktadır. Güneş havuzunun yüzeyine gelen enerji bu tabakalardan soğurma, yansıma ve ilettime uğrayarak havuzun tabanına doğru ilerler. Böylece havuzun tabakalarında soğrulan enerji bu tabakalarda sıcaklık artışlarına sebep olur. Havuzun içinde oluşturulan yoğunluk gradyenti alt tabakalarda depolanan ısı enerjisinin üst tabakalara konveksiyonla geçmesini engellemektedir. Böylece havuzun alt tabakaları üst tabakaya göre daha sıcak kalabilmektedir. Diğer bir güneş enerjisi sistemi olan vakum tüplü güneş kolektörleri ise iç içe geçmiş iki cam tüpten oluşmaktadır. Isı kaybının en aza indirilmesi için tüpler arasındaki hava vakumlanmıştır. Dıştaki cam çevre koşullarına dayanıklı olarak üretilmiştir. İçteki cam ise siyah bir madde ile kaplanmış ve güneş enerjisini en iyi şekilde toplamak için tasarlanmıştır. Yuvarlak yüzeye sahip tüpler güneş ışınlarının gün içinde yüzeye dik olarak gelmesini sağlayarak gelen güneş ışınlarının yansımalarını azaltmaktadır [2].

Güneş havuzlarının ve kolektörlerinin performansının incelenmesi ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır [3-7]. Çeşitli saydam kapakların güneş havuzunun performansı üzerine etkisi, düzlemsel güneş kolektörleri ve havuzdan oluşan entegre sistemin enerji ve ekserji

analizleri Bozkurt ve ark. tarafından yapılmıştır [8-10]. Bu çalışmada güneş havuzunun ısı performansını arttırmak için vakum tüplü güneş kolektörleri kullanılmıştır. Kollektör sayısının havuzun sıcaklık ve yoğunluk dağılımı üzerine etkisi araştırılmıştır.

Sistemin Kurulması

Güneş havuzları genel olarak üç bölgeden meydana gelir. Bu bölgeler havuzun en alt kısmında bulunan ve çok yoğun tuzlu sudan oluşan Isı Depolama Bölgesi (IDB), bu bölgenin üstünden başlayarak yüzeye doğru yoğunluğu azalan tabakalardan oluşan Konveksiyonsuz Bölge (KB) ve son olarak havuzun yüzey kısmına yakın tatlı sudan oluşan Üst Konvektif Bölge (ÜKB)'dir. Konveksiyonsuz bölge havuzun en önemli kısmını oluşturmaktadır. Bu bölgede oluşturulan tuz yoğunluğu gradyenti konveksiyonla ısı kayıplarını önleyerek havuzun performansını arttırmaktadır. Güneş havuzu ve vakum tüplü güneş kolektörlerinden oluşan sistem Çukurova Üniversitesi Uzay ve Güneş Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezi (UZAYMER)'nde inşa edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Güneş havuzu ve vakum tüplü güneş kolektörlerinden oluşan sistem

Güneş havuzu 0.80 m yarıçapında 1.65 m yüksekliğinde silindir şeklindedir. Havuzun dış ve iç kısımları paslanmalara karşı siyah boya ile boyanmıştır. Ayrıca su geçirmez özel bir malzeme boyanın üzerine sürülerek havuzun tuzlu sudan korunması sağlanmıştır. Havuzun

taban ve yan duvarları 0.10 m kalınlığında cam yünü ile yalıtılmıştır. Havuzun depolama bölgesine silindirik kabuk biçimindeki ısı eşanjör sistemi yerleştirilmiştir. Eşanjör sistemi ile vakum tüplü güneş kolektörleri arasında gerekli bağlantılar yapılarak kollektörler tarafından toplanan enerjinin güneş havuzunun depolama bölgesine aktarılması sağlanmıştır.

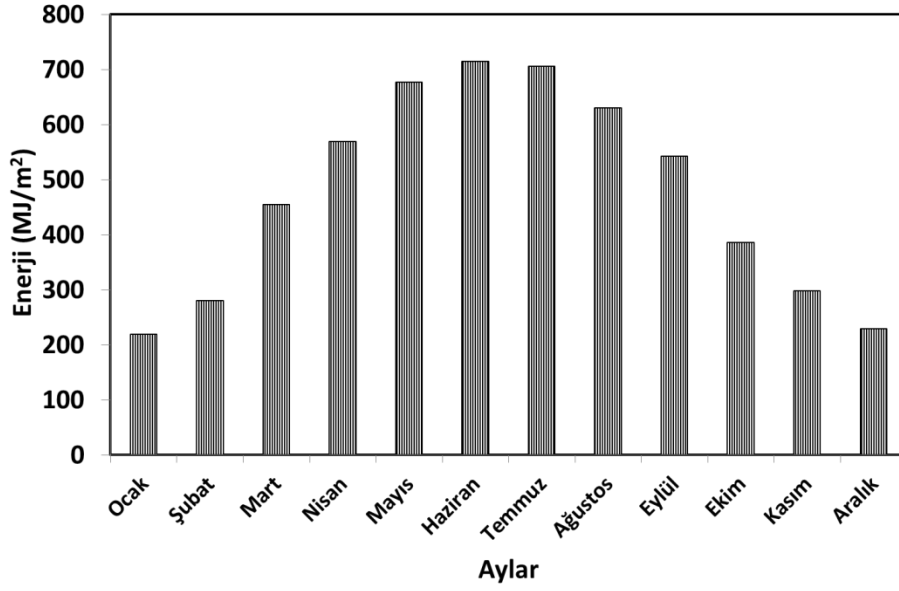
Güneş havuzunun iç bölgelerini oluşturmak için gereken çözeltiler karıştırıcı yardımıyla hazırlanmıştır. İstenilen yoğunluklarda hazırlanan tuzlu su çözeltileri dinlendirildikten sonra bir dalgıç motoru ve hortum vasıtasıyla havuza akıtılmak suretiyle iç bölgeler oluşturulmuştur. Öncelikle IDB için 1180 kg/m^3 yoğunluğundaki tuzlu su çözeltisi hazırlanmıştır. Hazırlanan tuzlu su çözeltileri tabandan itibaren 0.60 m yüksekliğe kadar doldurulmuştur. KB, yoğunlukları IDB'nin üst kısmından itibaren yukarıya doğru azalan tuzlu çözeltilerinin 0.15'şer m kalınlıkta tabakalar halinde üst üste yığılması ile oluşturulmuştur. Daha sonra KB'nin üzerine 0.15 m kalınlığında çeşme suyu doldurularak ÜKB oluşturulmuştur. Her biri 24 tüpten oluşan 4 ünite vakum tüplü güneş kollektörü ile güneş havuzu arasındaki bağlantılar yapılmıştır. Gereken yerlere vanalar yerleştirilerek vakum tüplü güneş kollektörü ünite sayısının sırasıyla 1, 2, 3 ve 4 olarak değiştirilebilmesi sağlanmıştır. Havuzun tuzlu su gradyanının ani sıcaklık artışlarından olumsuz olarak etkilenebileceği düşünülerek öncelikle 1 ünite kollektör kullanılmış daha sonra ünite sayısı giderek artırılmıştır. Böylece kullanılan kollektör sayısının havuzun performansı üzerindeki etkisi görülebilmektedir.

Güneş havuzun performansını havuzun iç bölgelerini oluşturan yoğunluk gradyenti oldukça etkilemektedir. Bu nedenle havuzu oluşturan bu tabakaların yoğunluklarının sürekli takip edilmesi gerekmektedir. İç bölgeleri oluşturan tabakaların yoğunlukları, yoğunluk ölçme aralıkları 1000-1100 ve 1100-1200 kg/m^3 arasında değişen hidrometreler yardımıyla yapılmaktadır. Sistemin sıcaklık ölçümlerini yapabilmek için J tipi ısı çiftler, dönüştürücü kart ve bilgisayardan oluşan ölçüm sistemi kullanılmıştır. Sıcaklık sensörleri Şekil 1'de görüldüğü gibi havuzun içine belirli aralıklarla ve ısı değiştirici sistemin giriş ve çıkışlarına yerleştirilmiştir. Böylece sistemin sıcaklık değerleri istenilen zaman aralıklarında ölçülebilmekte ve sıcaklık dağılım profili elde edilebilmektedir.

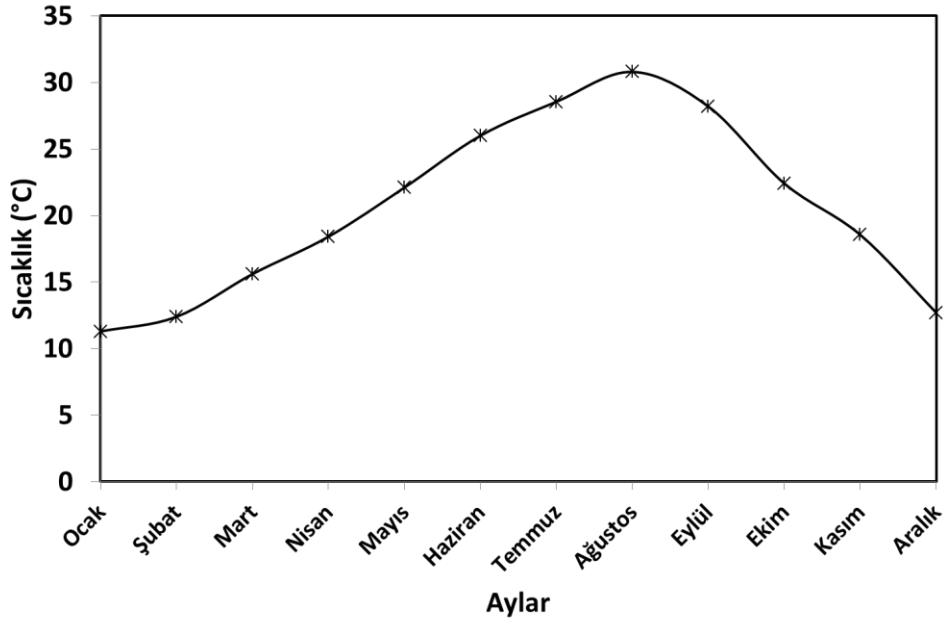
Bulgular ve Tartışma

Güneş enerjisi ile çalışan sistemlerin performansının belirlenmesi için sistemin kurulu olduğu bölgeye gelen güneş radyasyonu miktarının ve çevre sıcaklığının bilinmesi gerekmektedir. Adana ili için güneş radyasyonu ve çevre sıcaklığı verileri Şekil 2 ve 3'te görülmektedir. Şekil 2'de görüldüğü gibi en yüksek toplam güneş radyasyonu Haziran ayında

713.90 MJ/m², en düşük Ocak ayında 218.48 MJ/m² olarak gerçekleşmiştir. Şekil 3'te görüldüğü gibi en yüksek aylık ortalama sıcaklık 30.72 °C ile Ağustos ayında, en düşük aylık ortalama sıcaklık ise 11.30 °C ile Ocak ayında gerçekleşmiştir.



Şekil 2. Adana ili için aylık ortalama güneş radyasyonu verileri



Şekil 3. Adana ili için aylık ortalama çevre sıcaklığı verileri

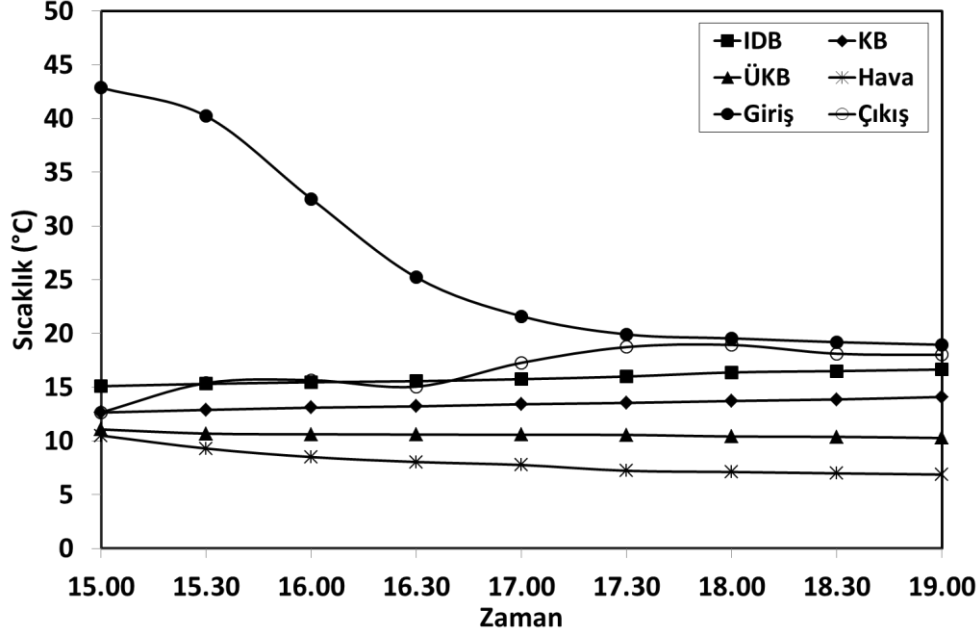
Güneş havuzlarında ısı enerjisinin depolanabilmesi için konveksiyonsuz bölgede tuz eğiminin kararlı tutulması gerekmektedir. Tuz gradyentinde meydana gelecek aşınmalar konveksiyonla ısı kaybını arttırarak havuzun depolama bölgesinde ısı depolamayı zorlaştıracaktır. Vakum tüplü güneş kolektörleri kullanılarak güneş havuzunun depolama bölgesine ısı transfer edilmesi ile havuzun sıcaklığında ani artışlar olabileceğinden havuzun tuz yoğunluğu gradyentinin takip edilmesi gerekmektedir. Vakum tüplü kolektörler ile sırasıyla 1, 2, 3 ve 4 ünite ile yapılan deneylerde havuzun yoğunluk ölçümleri deneylerin başlangıç ve sonunda yapılmıştır.

Tablo 1. Güneş havuzunun iç bölgelerinin yoğunluk değişimi (kg/m^3) (kullanılan vakum tüplü kolektör sayısına göre)

Yükseklik (m)		IDB				KB						ÜKB
		0.05	0.20	0.35	0.50	0.65	0.80	0.95	1.10	1.25	1.40	1.55
N=1	Başlangıç	1182	1180	1175	1165	1155	1130	1105	1082	1065	1050	1020
	Son	1182	1180	1174	1164	1156	1130	1105	1082	1065	1050	1020
N=2	Başlangıç	1182	1180	1175	1164	1156	1130	1105	1082	1065	1050	1020
	Son	1180	1175	1170	1162	1157	1131	1106	1082	1065	1049	1022
N=3	Başlangıç	1181	1178	1170	1162	1158	1131	1106	1080	1065	1049	1022
	Son	1180	1175	1170	1165	1160	1132	1107	1082	1065	1048	1023
N=4	Başlangıç	1180	1176	1170	1160	1160	1132	1107	1080	1065	1048	1023
	Son	1180	1175	1170	1160	1162	1132	1108	1080	1065	1048	1025

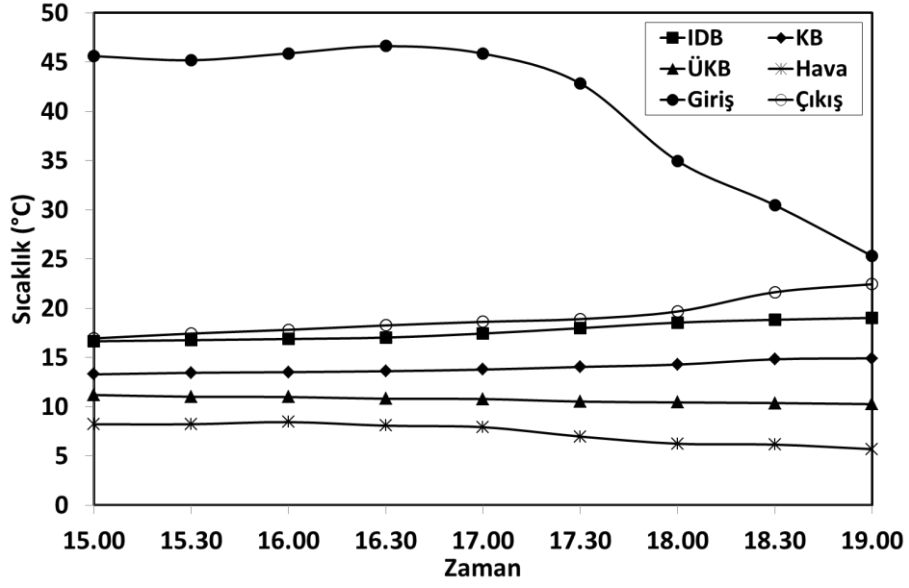
Yapılan ölçümler sonucunda elde edilen veriler Tablo 1’de verilmiştir. Tablo 1’de görüldüğü gibi güneş havuzunun tuz yoğunluğu gradyentinde önemli bir değişiklik olmamış havuzun tuz yoğunluğu gradyenti yaklaşık olarak sabit tutulabilmiştir. Deneysel çalışmalar çevre sıcaklığının oldukça düşük olduğu Aralık ayı içerisinde art arda gelen güneşli günlerde gerçekleştirilmiştir. Güneş havuzunun iç bölgelerinin sıcaklık ölçümleri ve aynı zamanda ısı değiştirici sistemin giriş ve çıkış sıcaklıkları ilgili yerlere yerleştirilen ısı çiftler vasıtasıyla istenilen zaman aralıklarında ölçülmüştür. Sistemin sıcaklık dağılımı kullanılan kolektör sayılarına göre Şekil 4-7’de görülmektedir. Şekil 4’te bir ünite vakum tüplü güneş kolektörü kullanıldığında havuzun iç bölgelerinin ve ısı değiştirici sistemin sıcaklık dağılımı görülmektedir. Şekil 4’te görüldüğü gibi vakum tüplü güneş kolektörü ile toplanan ısı enerjisi bir pompa ile güneş havuzunun depolama bölgesine yerleştirilen ısı eşanjörü vasıtasıyla depolama bölgesine aktarılmıştır. Isı değiştirici sistem havuzun ısı depolama bölgesine

yerleştirildiği için ısı aktarımından en çok etkilenen bölge IDB'dir. Üst konvektif bölge ise havuzun yüzey kısmında bulunduğu için çevre sıcaklığından çok fazla etkilenmekte ve ortalama hava sıcaklığına yakın sıcaklıklarda bulunmaktadır. Şekil 4 incelendiğinde IDB ve KB ortalama sıcaklıklarının bir vakum tüplü güneş kolektörü ile sırasıyla 1.56 °C ve 1.45 °C arttırılabildiği görülmüştür.



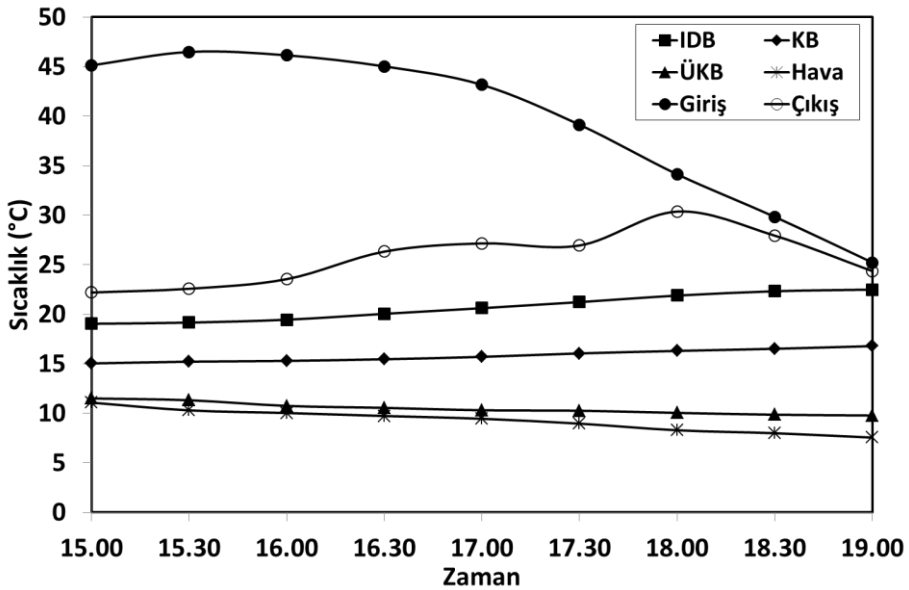
Şekil 4. Güneş havuzunun iç bölgeleri, ısı değiştirici sistemin giriş-çıkış sıcaklıkları ve hava sıcaklığının zamanla değişimi (bir ünite kolektör kullanıldığında)

Şekil 5'te iki ünite vakum tüplü güneş kolektörü kullanıldığında zamanla sistemin sıcaklık değişimi görülmektedir. Şekil 5'de görüldüğü gibi IDB ve KB ortalama sıcaklıklarının iki ünite vakum tüplü güneş kolektörü ile sırasıyla 1.37 °C ve 1.63 °C arttırılabildiği görülmüştür. İki ünite vakum tüplü kolektör kullanıldığında saat 17.30'dan sonra giriş sıcaklığında azalmanın başladığı ve 19.00'a kadar havuza ısı transfer edilebildiği anlaşılmaktadır.



Şekil 5. Güneş havuzunun iç bölgeleri, ısı değiştirici sistemin giriş-çıkış sıcaklıkları ve hava sıcaklığının zamanla değişimi (iki ünite kollektör kullanıldığında)

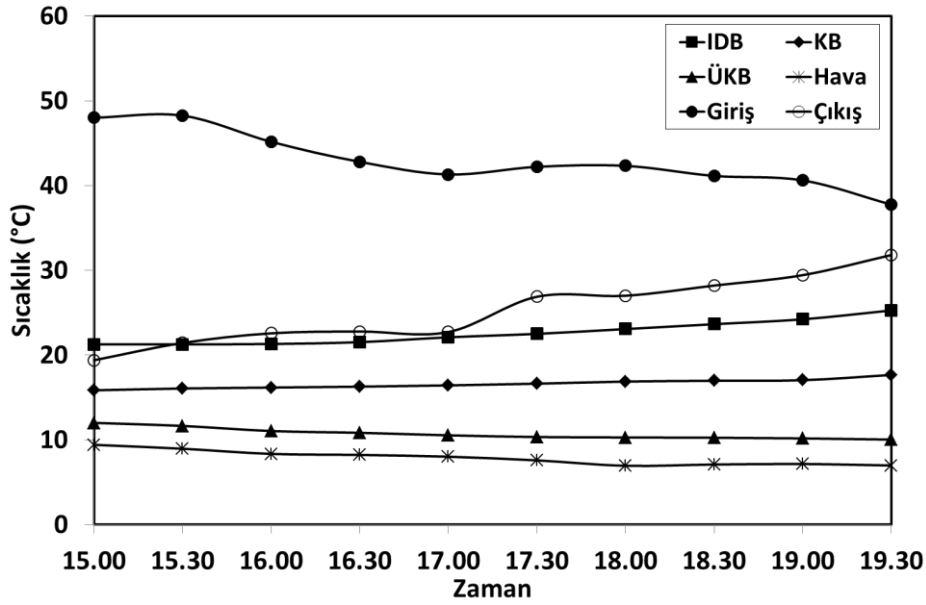
Şekil 6'da üç ünite vakum tüplü güneş kollektörü kullanıldığında zamanla sistemin sıcaklık değişimi görülmektedir.



Şekil 6. Güneş havuzunun iç bölgeleri, ısı değiştirici sistemin giriş-çıkış sıcaklıkları ve hava sıcaklığının zamanla değişimi (üç ünite kollektör kullanıldığında)

Şekil 6'da görüldüğü gibi IDB ve KB ortalama sıcaklıklarının üç ünite vakum tüplü güneş kollektörü ile sırasıyla 3.45 °C ve 1.75 °C arttırılabildiği görülmüştür. Üç ünite vakum tüplü kollektör kullanıldığında 15.00'dan 19.00'a kadar havuza ısı transfer edilebildiği

anlaşılmaktadır. Şekil 7’de dört ünite vakum tüplü güneş kollektörü kullanıldığında zamanla sistemin sıcaklık değişimi görülmektedir.



Şekil 7. Güneş havuzunun iç bölgeleri, ısı değiştirici sistemin giriş-çıkış sıcaklıkları ve hava sıcaklığının zamanla değişimi (dört ünite kollektör kullanıldığında)

Şekil 7’de görüldüğü gibi IDB ve KB ortalama sıcaklıklarının dört ünite vakum tüplü güneş kollektörü ile sırasıyla 4.01 °C ve 1.81 °C arttırılabildiği görülmüştür. Dört ünite vakum tüplü kollektör kullanıldığında daha uzun süre havuza ısı transfer edilebildiği ve havuzun sıcaklığında önemli miktarda artış sağlandığı anlaşılmaktadır.

Sonuçlar

Güneş kollektörleri ile elde edilen ısı enerjisi kullanılmadığı takdirde kısa süre içerisinde enerjisini kaybedecektir. Depolanan ısı enerjisinden meydana gelebilecek ısı kayıplarını en aza indirebilmek için daha düşük sıcaklıklarda ve daha uzun süre depolama kapasitesine sahip güneş havuzları güneş kollektörleri ile birlikte kullanılmıştır. Güneş havuzu ve vakum tüplü güneş kollektörleri ile yapılan deneyler sonucunda vakum tüplü güneş kollektörü kullanılarak havuzun tuz yoğunluğu gradyentini bozmadan ısı depolama bölgesine ısı aktarımı yapılabileceği görülmüştür. Çevre sıcaklığının oldukça düşük olduğu Aralık ayı içerisinde yapılan deneysel ölçümler havuzun ısı depolama bölgesi sıcaklığının sırasıyla 1, 2, 3 ve 4 ünite vakum tüplü güneş kollektörü kullanılarak dört gün gibi kısa bir süre içerisinde 10.18 °C arttırılabildiği belirlenmiştir. Kollektör sayısındaki artışa bağlı olarak sistemin güneşlenme alanı artmış ve böylece sisteme daha fazla enerjinin girmesi sağlanmıştır. Sonuç

olarak, vakum tüplü güneş kolektörleri kullanılarak elde edilen ısının güneş havuzuna aktarılması ile kış aylarında ısıtma yapılabilecek sıcaklık değerlerine ulaşılacağı anlaşılmaktadır.

Kaynaklar

- [1] N. Kılıç, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, *Ar-Ge Bülten Mart-Sektörel*, İzmir Ticaret Odası, 2008.
- [2] M.A. Ersöz, A. Yıldız, *Tesisat Mühendisliği*, 2013, **133**, 5.
- [3] M. Karakilcik, I. Dincer, I. Bozkurt, A. Atiz, *Energy Convers Manage*, 2013, **65**, 98.
- [4] M. Karakilcik, I. Dincer, M.A. Rosen, *Appl Thermal Eng*, 2006, **26**, 727.
- [5] M. Karakilcik, K. Kıymac, I. Dincer, *Int J Heat Mass Transfer*, 2006, **49**, 825.
- [6] M. Karakilcik, I. Dincer, *Int J Thermal Sciences*, 2008, **47**, 93.
- [7] N. Sharma, G. Diaz, *Solar Energy*, 2011, **85**, 881.
- [8] I. Bozkurt, M. Karakilcik, *Solar Energy*, 2012, **86**, 1611.
- [9] M. Karakilcik, I. Bozkurt, I. Dincer, *Int J Exergy*, 2013, **12**, 70.
- [10] I. Bozkurt, A. Atiz, M. Karakilcik, I. Dincer, *Int J Green Energy*, 2014, **11**, 404.