



Evaporatörü Direkt Güneş Destekli Isı Pompasının Tasarımı, İmalatı ve Performans Deneyleri

Derya ÇAVUŞ^{1,*}, Hüseyin USTA²

¹ *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Teknikokullar 06500 Ankara, TURKEY*

² *Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Teknikokullar 06500 Ankara, TURKEY*

Başvuru:23/07/2015 Kabul:13/08/2015

ABSTRACT

In this study, the heat pump set-up was designed and manufactured by using principle of a vapor compression refrigeration cycle and its componenets. R404a was used as refrigerant and 1,71 m²-solar collector, instead of evaporator, was also used in the system. The condenser is placed in to a water container which has a 40 liter capacity and heat pump was tested under the winter conditions. As a result of the experiments, the water temperature of the heat pump was observed to increase to 44,6 °C, the COP is determined as 2,19. Accordingly, it was concluded that the use of the heat pump system designed for floor heating systems or domestic hot water systems is available.

Keywords: *Heat pump, solar collector, COP.*

1. GİRİŞ

Fosil kaynakların tükenebilir olması ve çevreye olumsuz etkisi sebebiyle alternatif enerji kaynakları önem kazanmıştır. Alternatif enerji kaynaklarından güneş, rüzgâr, jeotermal enerji, biyokütle gibi enerji türleri ön planda olup, bunların içerisinde en büyük alternatif enerji kaynağı güneş enerjisidir. Güneş enerjisinin, sürekli yenilenmesi ve masrafsız olması sebebiyle geniş bir kullanım alanına sahiptir.

Güneş enerjisinden kollektör yardımı ile direk su ısıtma yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak güneş ışınımının yeterli olmadığı mevsimlerde su sıcaklığını

yükseltmek için sisteme ısı pompası ilave edilebilir. Isı pompaları buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi prensibine göre çalışır ve ısıyı düşük sıcaklıktaki ortamdan yüksek sıcaklıktaki ortama taşırlar

2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Güneş destekli ısı pompalarının tasarımlarının gelişmesinde, hava kaynaklı ısı pompalı su ısıtıcı tasarımları öncü rol oynamıştır. Hava kaynaklı ısı pompalı su ısıtıcıları tasarımı 1950'li yıllarda ortaya konulmuş ancak yüksek kurulum maliyetlerinden dolayı yeterli ilgi görmediğinden geri planda kalmıştır.

*Corresponding author, e-mail: deryacvs@gmail.com

1980'li yıllarda enerji maliyetlerinin artması neticesinde genel politikaların enerji tasarrufu yapılması için elektrik tüketen sistemlerin daha az elektrik enerjisi tüketmesi yönündeki gelişmesinden dolayı tekrar üzerinde durulmuştur.

Ancak, hava kaynaklı ısı pompalı su ısıtıcılarının mevcut performanslarının daha da artırılması için birçok araştırma yapılmış ve güneş enerjisinin ısı pompası ile birlikte kullanılması durumunda verimliliğin artacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Bu konuda çalışmalar, havayı ısı kaynağı olarak kullanan ısı pompası buharlaştırıcıları yerine güneşi direk ısı kaynağı olarak kullanan kolektör (buharlaştırıcı) panelleri tasarımlarının geliştirilmesi yönünde yoğunlaşmıştır. DX-SAHP'ler (direk genişmeli güneş destekli ısı pompası), Rankine soğutma çevrimi ve buharlaştırıcı olarak kullanılan güneş kolektöründen oluşmuştur. Buharlaştırıcı olarak kullanılan güneş kolektörleri, buharlaştırıcı (kolektör paneli) olarak adlandırılabilir. Çevrim akışkanı buharlaştırıcı içinde güneş enerjisini direk olarak absorbe ederek buharlaşır.

Direk genişmeli ısı pompalı su ısıtıcı kavramı ilk olarak Sporn ve Ambrose tarafından 1955 yılında ortaya konulmuştur. DX-SAHP su ısıtıcıları birçok araştırmacı tarafından günümüze kadar incelenmiştir.

Bu konuda yapılan çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmektedir;

Usta, H. yüksek lisans tezinde, ısı borusundan faydalanarak güneş enerjisi destekli ısı pompası deney seti kurmuştur. Deneyinde, çalışma sıvısı olarak ısı pompası çevriminde R12, ısı borusunda ise etanol kullanmıştır. 1 m³ deney kamarası kullanarak, 1 m² kolektör yüzeyine sahip ısı borulu ısı pompasının ısıtma tesir katsayısını hesaplamıştır [1].

DX-SAHP'ların geleneksel SAHP'ların kullanılmasına göre çeşitli avantajları vardır. Bunlardan birisi kolektör içinde R-134a veya hidroflorokarbon çevrim akışkanının dolaşmasından dolayı korosif problemlerin oldukça azalmasıdır. Bu durum, içinden su geçen ve ömrü çoğunlukla 10 sene ile sınırlı olan güneş kolektörlerine göre çevrim akışkanı kullanan güneş kolektörlerinin ömrünü oldukça arttıracaktır [2].

DX-SAHP'ların bir başka önemli avantajı da, çok soğuk havalarda geleneksel güneş kolektörlerinde yaşanan donma problemlerinin çevrim akışkanının donma noktasının çok düşük olmasından dolayı ortadan kalkmasıdır. Diğer bir deyişle, su kullanan kolektörlerin donma problemlerini önlemek için etilen glikol-su karışımı gibi antifriz özellikli kolektör akışkanı kullanan ek bir su döngüsü eklenmesi gerekmektedir. Böyle bir ek döngü kullanılmadığı takdirde güneş enerjili sistem donma durumuna karşı oldukça hassas olacaktır. Sistem için bir tehdit olan donma problemi, DX-SAHP sistemlerinin kullanılmasında ile ortadan kalkacağından geleneksel SAHP'lerde gerekli olan bu ek döngünün neden olacağı bir miktar verimlilik kaybının ortadan kalkmasıyla sistemin performansı artacaktır [3].

Huang, B. J. ve Chyng, J. P. tarafından integral tip güneş destekli ısı pompası su ısıtıcısının tasarım ve test edilmesi konusunda bir çalışma yapılmıştır. Depolama tankı ve Rankine çevrim ünitesi daha küçük bir boyut elde etmek için birleştirilmiştir. Yapılan testlerde 3,83'lük bir COP elde edilmiştir [4].

Çomaklı, Ö. ve arkadaşları tarafından, Türkiye'nin Karadeniz Bölgesinde evsel ısıtma için enerji depolu güneş destekli ısı pompası sisteminin performansını araştırmak için bir deney düzeneği kurulmuştur. Deneysel sonuçlar, kullanılan ısı pompasından 1992'nin ısıtma sezonu boyunca Aralık-Mayıs aylarında elde edilmiştir. Isıtma sezonu boyunca deneysel olarak elde edilen sonuçlar, kolektör verimini, ısı pompasının performans katsayısını (COP), sistem COP'unu, depolama verimini ve sistemin toplam enerji tüketimini hesaplamak için kullanılmıştır. Kolektör veriminin, ısı pompası COP'unun, sistem COP'unun ve depolama veriminin aritmetik ortalama değeri, sırasıyla % 70, % 4,5, % 4 ve % 60 bulunmuştur [5].

Çok fonksiyonlu aile tipi DX-SAHP sisteminin Çin'de Shanghai Jiao Tong Üniversitesi tarafından tasarımı yapılmış ve üretilmiştir. 2004 yılının ilk yarısında sistem üzerinde farklı çalışma modlarında sistem bileşen uyumlarını analiz etmek ve sistemin uzun dönemdeki termal performansını ortaya koymak için çeşitli deneyler yapılmıştır. Su tankı içerisindeki su sıcaklık değişimi ve hava sıcaklık değişimlerinin ısıtma/soğutma kapasiteleri ve sistemin elektrik gücü tüketimindeki etkiler araştırılmıştır. Birçok deneysel veri ve sistemin çalışması ve bileşenlerin uyumu için pratik yollar elde edilmiş ve ortaya konulmuştur [5].

İleri, A. tarafından, güneş destekli R22-DEGDME absorpsiyonlu ısı pompası sistemi ile, Ankara için saatte bir data kullanılarak bir bilgisayar simülasyonu ile 100 kW soğutma kapasitesi araştırılmıştır. Yazları jeneratör, kışları evaporatör güneş enerjisini almış diğer talepler de yardımcı ısıtıcılar tarafından karşılanmıştır. Sistemin performansı güneş enerjisinden sağlanan yük bölü münden değerlendirildiğinde, araştırmadaki biçim ve boyutların, iklimden, kaynak sıcaklık limitinden, kolektör tipi ve alanından çoğunlukla etkilenmekte, fakat depolama tankının boyutundan az etkilenmekte olduğu belirtilmiştir [6].

Yamankaradeniz, R. ve Horuz, I. tarafından İstanbul'da kışın güneşli günler için, güneş enerjisi kaynaklı ısı pompasının teorik ve deneysel incelemesi yapılmıştır. Teorik çalışmada, İstanbul şartlarında açık günler için anlık, aylık ve mevsimlik ortalama ısıtma tesir katsayıları ve sistemin diğer özellikleri incelenmiştir. Isı pompası devresinde 0,75 kW gücünde tam hermetik kompresör, hava soğutmalı maksimum 4,5 kW soğutma kapasiteli yoğunlaştırıcı, enerji deposu içerisine daldırılmış maksimum 3,5 kW ısı çekebilen buharlaştırıcı ve soğutucu akışkan olarak da R-12 kullanılmıştır [7].

1980'li yıllardan itibaren DX-SAHP'ler ile ilgili çalışmaların çoğunda çevrim akışkanı olarak R-12 (CCl2F2) kullanılmıştır. Montreal protokolü ile R-12 soğutucu akışkanının yasaklanma sürecine girmesi ile bu çalışmalar sonucu elde edilen verilerin kullanılabilirliği

azalmış ve ortaya çıkan yeni çevrim akışkanları için çalışma yapılması ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu konuda, Hawlader ve arkadaşları R-134a (CF₃CH₂F) çevrim akışkanı kullanarak Singapur ortam koşulları için DX-SAHP için deneysel ve teorik çalışmalar yapmıştır. Kollektör-buharlaştırıcı paneli yükü ile kompresör kapasitesi arasındaki uyumu sağlayabilmek için değişken hızlı kompresör kullanılmıştır. Yaptığı çalışmalar sonucunda sistem performansının kollektör alanından, kompresör hızından ve güneş ışınımından etkilendiğini ortaya koymuştur [8].

Bununla birlikte R-134a, R404a, R410a ve R407c kullanarak DX-SAHP'ler ile değişik çevrim akışkanları kullanarak termodinamik analizler yapmıştır. R-12 yerine diğer çevrim akışkanlarının kullanılması ile ortaya çıkabilecek performans azalmalarını araştırmıştır. Sonuçlar, en yüksek ısı pompası etkinlik katsayısının R-12 gazı kullanılarak elde edildiğini bunu sırasıyla R-22 ve R-134a gazlarının izlediğini ortaya koymuştur. R-12 gazı yerine R-134a soğutucu akışkanı kullanıldığında 0-20 °C kollektör sıcaklığı arasında performans katsayısı düşüşü % 2-4 arasında gerçekleşmiştir. Karışım çevrim akışkanlarında R-410A, R-407C veya R-404A göre daha verimli olduğu görülmüş ancak R-134a gazı kadar verimlilik değeri ortaya koyamamıştır. R-410A gazı R-134a gazına göre % 15-20 daha az COPIP değeri ortaya koymuştur. Yapılan araştırmalar sonucunda, DX-SAHP sistemlerinin farklı iklim koşullarında performans katsayısının 2 ila 9 ve kollektör verimliliğinin %40 ila % 98 (hatta % 100 üzerinde) arasında değiştiği değişik çalışmalar ile gösterilmiştir. (Chata (2005))

Badescu, V. bir ısı depolama ünitesiyle tamamlanan alan ısıtmada kullanılan güneş destekli bir ısı pompası modeli üzerine çalışma yapmıştır. Güneşli hava ısıtıcıları, ısı pompasında buhar sıkıştırma işi için ve diğer maksatlar için termal enerji sağladığı ve termal enerji depolama ünitesinin, toplanan güneş enerjisinin kullanımında birçok etki sağladığı ifade edilmiştir [9].

Kaygusuz, K. tarafından yapılan çalışmada ısı pompalı bir güneşli ısıtma sisteminin performansı deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel sonuçlar ısıtma sezonu boyunca Kasım ayından Nisan ayına kadar elde edilmiştir. Ortalama mevsimlik ısıtma performans değerleri, seri ve paralel ısı pompası sistemleri için sırasıyla 4,0 ve 3,0 olarak bulunmuştur. Ayrıca güneşli ısıtma sisteminin analizi için bir matematiksel model geliştirilmiştir. Örneğin sistemin, COP, teorik kollektör sayıları, kollektör verimi, ısıtma kapasitesi, kompresör gücü ve depolama tankındaki sıcaklıklar gibi model parametreleri, deneysel sonuçlar kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışmada, teorik modelin, deneysel sonuçlarla uygun olduğu belirtilmiştir [10].

Torres Reyes, E. ve arkadaşları, çalışmalarında havayı ısıtmak için güneş destekli ısı pompasının teoriksel ve deneysel ekserji analizini yapmışlardır. Güneş destekli yada bilinen bir ısı pompası ile çalışan deneysel bir prototip, ekserjetik verimi, tüm sistem tersinmezliğini ve teçhizatların tersinmezliklerini belirlemek için test edilmiş. Evaporasyon ve kondensasyon basamaklarında çalışan akışkanın optimum sıcaklığını belirlemek için bir metodoloji ileri sürülmüştür [11].

Esen, M. çalışmasında, ısı pompası ile alan ısıtmada kullanılan güneş destekli bir gizli ısı deposunun ısı performansını incelemiştir. Silindirik faz değişimi depolama hakkında deneysel ve teoriksel olarak araştırma yapmıştır [12].

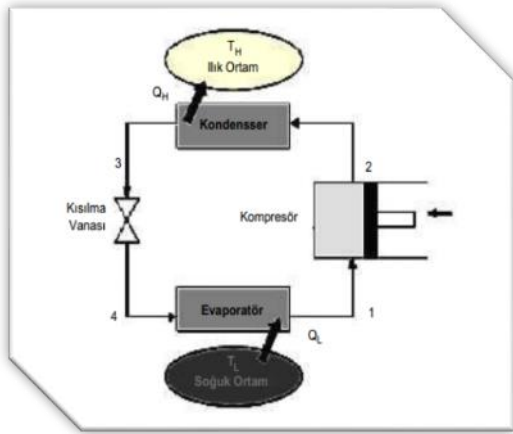
Kuang, Y. H. ve arkadaşları tarafından, düz plaka kolektörlü basit bir güneş destekli ısı pompası sistemi, bir sıcak su depolama tankı ve bir su kaynaklı ısı pompası kurulmuştur. Yaptıkları çalışmada, tüm sistemin ve bu sistemin temel elemanlarının termal performansını, Kuzey Çin'de 2000-2001 ısıtma sezonu boyunca deneysel olarak incelemişlerdir. Deneysel olarak elde edilen sonuçlardan, potansiyel kullanıcılar için bir güneş destekli ısı pompası sisteminin gelişimi ve ilk tasarımında yardımcı olabilecek bazı önemli sonuçlar ve öneriler çıkarılmışlardır [13].

Araştırmalar sonucu, hava kaynaklı ısı pompaları yerine güneş enerjisinden doğrudan yararlanılarak hazırlanan ısı pompalarının veriminin daha yüksek olduğu ayrıca SAHP'ler yerine DX-SAHP'lerin kullanımı ile sistem ömrünün uzunluğu, kullanılan akışkan türüne göre COP'un artması ve soğuk havalarda sistemin kullanımı ile avantaj sağlaması gibi parametrelerin doğruluğu kanıtlanmıştır.

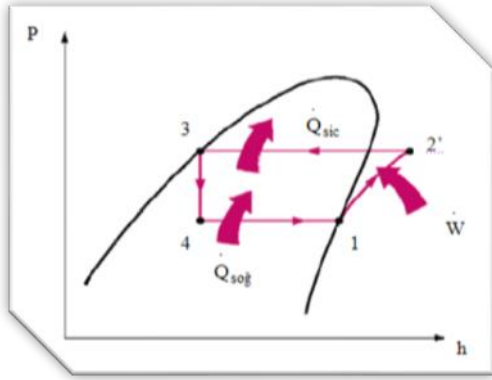
Bu çalışmadaki amaç, DX-SAHP'in R404a akışkanı ile hazırlanan deney setinin tasarımı, imalatı ve performans deneyleri hakkında yeni bilgilere ulaşmak.

3. BUHAR SIKIŞTIRMALI SOĞUTMA ÇEVİRİMİ

Buhar sıkıştırma soğutma çevrimi, kompresör, yoğunlaştırıcı, genleşme valfi ve buharlaştırıcının birbirine seri olarak bağlandığı kapalı bir devredir. Sistemin çalışması için önce havası boşaltılır ve sisteme soğutkan adı verilen bir miktar akışkan enjekte edilir. Kompresör çalıştırıldığında gaz halindeki akışkan yüksek basınç ve sıcaklıkta yoğunlaştırıcıya girer, burada çevreye ısı atarak yoğunlaşır. Kondanserden sıvı halde çıkan akışkan genleşme valfinden geçerek düşük basınçta evaporatöre girer. Evaporatörde düşük basınç ve sıcaklıkta çevreden ısı çekerek buharlaşır. Çevrimi tamamlayan akışkan doymuş buhar halinde tekrar kompresöre döner. Buhar sıkıştırma soğutma devresinin elemanları Şekil 1'de gösterilmiştir. Soğutma çevrimine ait log (P) ve entalpi (h) diyagramında izlediği yol ise Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Buhar sıkıştırırmalı soğutma sisteminin elemanları



Şekil 2. Buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimi log P-h diyagramı [15]

Bu çevrimde akışkan sırasıyla ;

(1-2) Doymuş buhar halindeki akışkan kompresör tarafından buharlaşma basıncından yoğunlaşma basıncına sıkıştırılır,

$$\dot{Q}_{komp} = \dot{m} \cdot (h_2 - h_1) \quad (1)$$

(2-3) Sabit basınçta soğutulmuş yoğuşturularak yoğuşturularak (doymuş sıvı hale kadar),

$$\dot{Q}_{yoğ} = \dot{m} \cdot (h_2 - h_3) \quad (\text{yoğuşturucu kapasitesi}) \quad (2)$$

(3-4) Herhangi bir ısı ve iş alışverişi olmaksızın, akışkana direnç gösteren bir genişleme valfinden geçen akışkanın basıncı yoğunlaşma basıncından buharlaşma basıncına kısılır,

(4-1) Sabit basınçta ısıtılarak buharlaştırma.

$$\dot{Q}_{buh} = \dot{m} \cdot (h_1 - h_4) \quad (\text{buharlaştırıcı kapasitesi}) \quad (3)$$

Bu eşitliklerde, \dot{m} , akışkanın kütleli debisini (kg/sn) ve h , akışkanın özgül entalpisini (kcal/kg) ifade etmektedir.

Akışkanın kompresör tarafından mekanik bir iş harcanarak sıkıştırılmasına 'kompresörlü soğutma sistemi' adı verilir. Buhar sıkıştırırmalı soğutma çevriminde kullanılan dört elemanın tümü sürekli akışlı olduklarından, dört hal değişiminin tümünden oluşan çevrim de sürekli akışlı hal değişimleri olarak ele alınabilir. İş ve ısı terimlerine göre soğutmanın kinetik ve potansiyel enerji değişimleri genelde küçük olduğu için ihmal edilebilirler. Böylelikle birim kütle için sürekli akışlı enerji denklemi aşağıdaki gibi sadeleştirilebilir;

$$(q_g - q_c) + (w_g - w_c) = h_g - h_c \quad (4)$$

Yoğunlaştırıcı ve buharlaştırıcıda herhangi bir iş etkileşimi olmayıp, kompresör adyabatik olarak kabul edilir. Bu sistemde yoğuşturucudan yararlanılırsa ısıtma amaçlı kullanılır ve ısı pompası olarak adlandırılır. Buharlaştırıcıdan yararlanılırsa sistem soğutma yapar ve soğutma makinası olarak adlandırılır. Bu durumda buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimine göre çalışan bir soğutma makinası ve ısı pompasının etkinlik katsayıları (sırasıyla COP_{SM}, COP_{IP}) aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

$$COP_{SM} = \frac{Q_L}{W_{netgiren}} \quad (5)$$

$$COP_{IP} = \frac{Q_H}{W_{netgiren}} \quad (6)$$

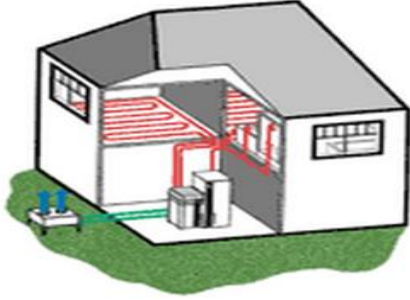
4. ISI POMPASI VE ÇALIŞMA PRENSİBİ

Isı pompaları soğutma makinası prensibine göre çalışırlar. Bir soğutma makinasının kullanım amacı soğutulan ortamdaki ısıyı çekilerek bu ortamın düşük sıcaklıkta tutulmasını sağlamak iken ısı pompalarının kullanım amacı ısıtılan ortamın yüksek sıcaklıkta tutulmasını sağlamaktır. Soğutma makinalarında evaporatörden yararlanılırken ısı pompalarında ise kondanserden yararlanılır. Burada evaporatör tarafından düşük sıcaklıklı ortamdaki çekilen ısı kondanser tarafından yüksek sıcaklıktaki ortama aktarılır.

Isı pompaları yararlanılan kaynağa göre sınıflandırılır. Hava kaynaklı, toprak kaynaklı, su kaynaklı Güneş destekli gibi

4.1. Hava kaynaklı ısı pompaları

Hava kaynaklı ısı pompası Şekil 3'te görülmektedir.

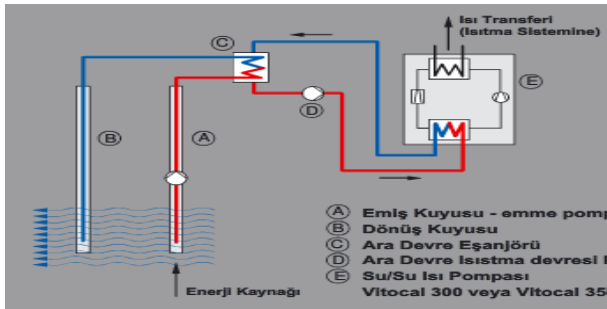


Şekil 3. Hava kaynaklı ısı pompası [16]

Hava, ısı pompası için ucuz, bol bir ısı kaynağıdır. En büyük yararları, sürekli bulunmasından başka, her ortamda kullanılabilir olmasıdır. Dış ortam havasından ısının çekilmesi prensibiyle çalışırlar. Buharlaştırıcı aracılığıyla havadan çekilen ısı, yoğunlaştırıcıda çevrim akışkanının yoğunlaşmasıyla suya verilir ve böylece sıcak su elde edilmiş olunur. Hava kaynaklı ısı pompalarının en büyük dezavantajları düşük dış ortam sıcaklığıdır.

4.2. Su kaynaklı ısı pompaları

Su kaynaklı ısı pompası Şekil 4'te görülmektedir.



Şekil 4. Su kaynaklı ısı pompası tasarımı [17]

Kuyulardan, göllerden, nehirlerden, şehir şebekesinden ve üretim işlerinden elde edilen su, ısı kaynağı olarak kullanılabilir.

Bunları;

Yeraltı suyu, yerüstü suyu olarak ele alabiliriz.

Yeraltı suyu

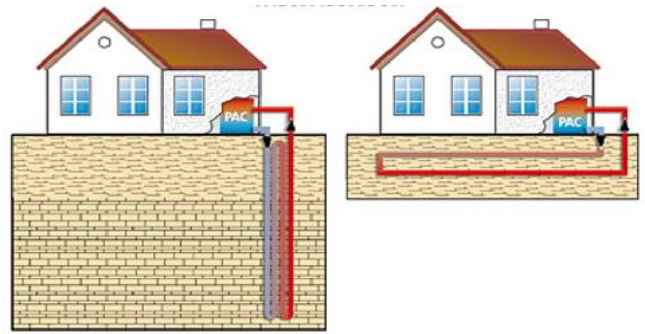
Kuyu suyu 45-150 metre derinliklerde kuzey ülkelerinde 10 °C , güney ülkelerinde ise 16 °C civarında elde edilebilir. 10 metre ve daha fazla derinliklerde yeraltı suyunun yıl boyunca sıcaklığının çok fazla değişmemesi büyük bir avantajdır. Kuyu suyundan yararlanıldığında, sıcaklığı düşmüş olarak buharlaştırıcıyı terk eden suyun kaynak sıcaklığını düşürmemek için birdaha kullanılmamak üzere başka bir kuyuya atılması gerekmektedir. Yer altı suları uygun derinlikte ve sıcaklıkta, yeterli miktar ve kalitede bulunduğu takdirde sıcaklığının nispeten sabit kalması nedeniyle ısı pompaları için tercih edilebilir. Ancak bakım ve sondaj maliyetinin yüksek olması kullanımını zorlaştırmaktadır.

Yerüstü suyu

Su kaynağı olarak göller, nehirler gibi yerüstü sularından yararlanıldığında sıcaklık, kuyu sularına göre değişken olmakla birlikte hava kadar değişmemektedir. Ülkemizdeki yerüstü sularının sıcaklıkları 0 °C' nin altına düşmemesi büyük bir avantajdır. Denizlerimizde 25-50 metre derinliklerde sıcaklığın 8 °C civarında olması uygun sıcaklık şartlarını sağlamaktadır. Kaynak olarak su kullanıldığında ısı değiştiricilerinde yüzey minimum ölçülerde olmaktadır.

4.3. Toprak kaynaklı ısı pompaları

Toprak kaynaklı ısı pompaları, buharlaştırıcısında topraktan çekilen ısıyı kullanır. Toprakla olan ısı alışverişi, toprağa gömülmüş yatay veya dikey toprak ısı değiştiricileri ile sağlanır. Toprak altına gömülen boru sistemine 'toprak ısı değiştiricisi' adı verilir. Bu borular vasıtasıyla toprağın ısısı, ısı taşıyıcı akışkana aktırılır. Toprağın altındaki borularda ısı taşıyıcı akışkan olarak; doğrudan soğutucu akışkan veya su-antifriz karışımı kullanılır. Eğer toprağa gömülü boruların içinde doğrudan soğutucu akışkan kullanılırsa soğutucu akışkan miktarının artmasına neden olur. Sistemin maliyeti ve kullanım kolaylığı göz önüne alındığında su-antifriz karışımı kullanılması tercih edilir. Toprak ısı değiştiricileri, toprağa Şekil 5'te ki gibi yatay veya dikey olarak yerleştirilebilir. Isı değiştiricilerinin boyutlandırılması ve seçimini toprağın bileşimi, içerdiği nem, yoğunluğu, gömme derinliği gibi faktörler etkiler. Isı kaynağı olarak toprağın kullanılması hava ve su kaynaklı sistemlere göre kurulum maliyeti açısından daha pahalı bir sistemdir.

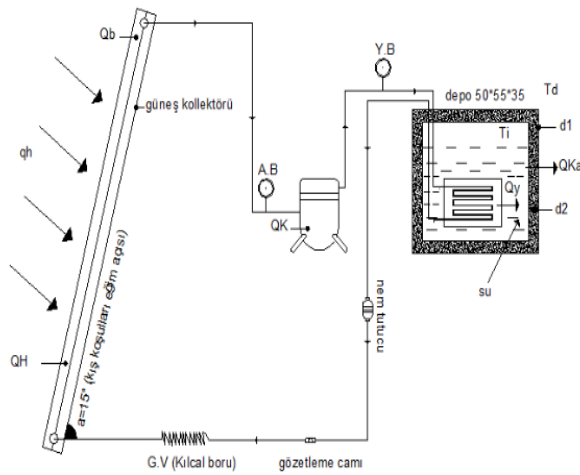


Şekil 5. Boruların Yatay ve Dikey Yerleşimi [18]

5. MATERYAL METOT

Deney seti güneş kolektörü (buharlaştırıcı), kondanser (yoğuşlaştırıcı), genişleme valfi ve kompresörün seri olarak bağlandığı kapalı bir devreden oluşturuldu.

Tasarım ve imalatı yapılan güneş enerjisi destekli ısı pompası deney setinin şematik görünüşü Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Güneş enerjisi destekli ısı pompası deney seti
Sistemde 1,71 m²'lik güneş kolektörü yardımı ile güneş ışınımının toplanması amaçlanmıştır. Güneş kolektörü aynı zamanda ısı pompasının evaporatörü konumunda olduğundan toplanan enerji ısı pompası çevrimine aktarılmıştır. Sistemin kondanseri ise 40 lt'lik bir su kabına daldırılarak su sıcaklığının yükselmesi gözlemlenmiştir.

Gözlemler sırasında kullanılan cihazlar;

8 kanallı dijital termometre : Aynı anda sekiz farklı ölçümü kapasitesine sahip, dijital ekranlı ısı gösterge cihazıdır.

Termokupl : Termokupl veya ısı çift olarak adlandırılan bu sensör farklı noktadaki sıcaklıkları ölçmek için kullanılır. 8 kanallı dijital termometre ile değerler okunur.

Radyasyon ölçüm cihazı (solarmetre) : UV ışınlarının ölçümünde kullanılmıştır. Güneşi emen yüzeyi ve dijital

6. GRAFİKLER VE YORUMLAR

Deneyler Şubat-Mart 2014 tarihleri arasında açık hava koşullarında gerçekleştirilmiştir. Ölçümler 8 kanallı dijital termometre kullanarak termokupllar aracılığı ile 15 dakikalık aralıklarla yapılmıştır. Güneş radyasyon ölçümleri ise solarmetre ile eş zamanlı yapılmıştır. Hesaplamalarda, 19 ve 21 Mart 2014 tarihlerinde gerçekleştirilen deneylerden elde edilen veriler

göstere aparatı ile birbirine bağlı bir cihazdır. Güneşi absorbe eden yüzeyi güneş kolektörü ile aynı açıya gelecek şekilde kolektöre yerleştirilmiştir ve dijital ekrandan anlık radyasyon miktarını okumada kullanılmıştır.

Sistem performansı aşağıdaki eşitlikler kullanılarak belirlenmiştir.

Sistemin güneş ısı kazancı aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır:

$$\dot{Q}_{kol} = A_c \cdot F_b \cdot I \quad (W) \quad (7)$$

Burada, A_c , F_b ve I sırasıyla, kollektör yüzey alanını, eğim açısı faktörünü ve birim yüzeye gelen güneş radyasyonunu ifade etmektedir. Sistemin güneş kollektörü ısı pompası evaporatörü olup, kollektördeki ısı kazancı aynı zamanda ısı pompası evaporatör yüküdür ve bu durumda kollektör ısı yükü, evaporatör ısı yüküne eşittir.

$$\dot{Q}_{kol} = \dot{Q}_{buh} \quad (8)$$

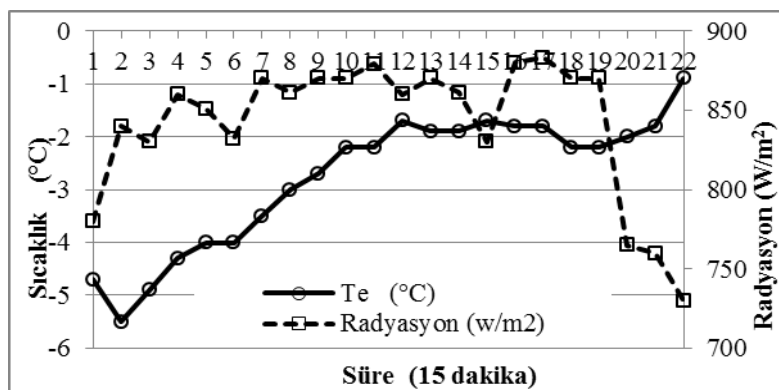
Eşitlik 8, Eş. 3'e göre yeniden düzenlenirse evaporatör ısı yükünü veren eşitlik aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$\dot{Q}_{kol} = A_c \cdot F_b \cdot I \quad (W) \quad (9)$$

Eş. 6 aşağıdaki gibi yeniden düzenlenerek ısı pompası ısıtma tesir katsayısı belirlenmesi için aşağıdaki eşitlik elde edilir.

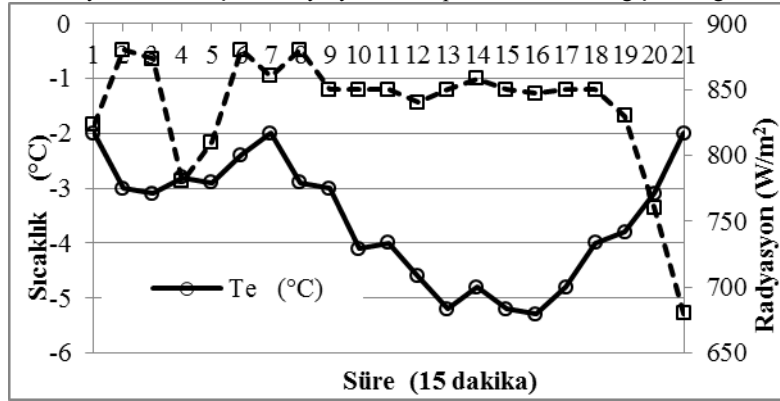
$$COP_{IP} = \frac{\dot{Q}_{yog}}{\dot{W}_{net,giren}}$$

kullanılmıştır. Deneylerin yapıldığı tarihlerde ortalama hava sıcaklığı 16 °C ve 17 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 7. 19 Mart 2014 günü radyasyon ve evaporatör sıcaklık değişimi

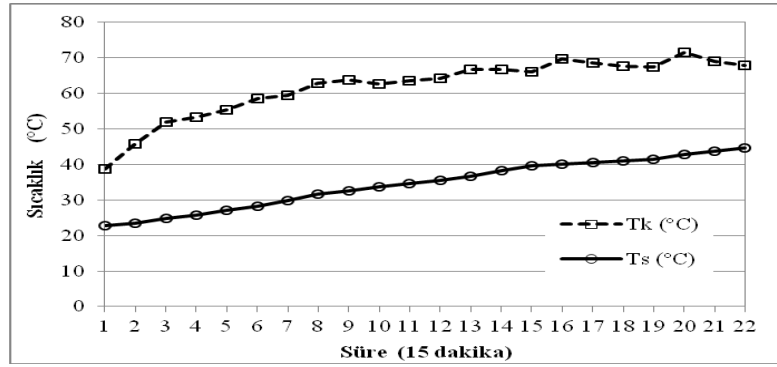
Şekil 7'de deney süresince ölçülen radyasyon ve evaporatör sıcaklık değişimleri görülmektedir.



Şekil 8. 21 Mart 2014 günü radyasyon ve evaporatör sıcaklık değişimi

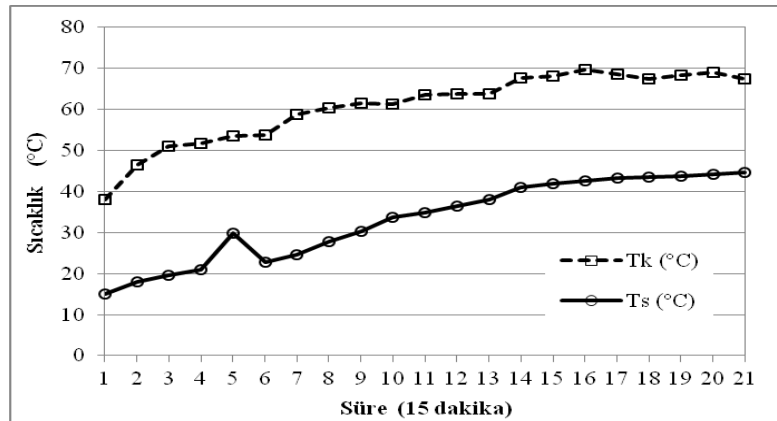
Şekil 7 ve 8'de ayrı günlerde yapılan radyasyon ve evaporatör sıcaklık değişim eğrilerinden görüldüğü gibi genel olarak radyasyon değeri arttıkça evaporatör yüzey sıcaklığı da artmaktadır. Bu sistemin bir avantajı olarak

radyasyonun ani düşüşlerinde kolektör yüzeyinden ve yüzeye temas eden elemanlardan ısı çekildiği için evaporatör sıcaklığı artmaya devam etmektedir.

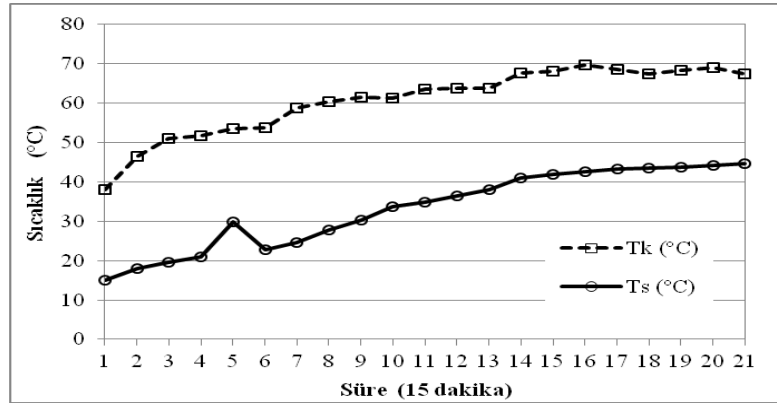


Şekil 9. Kondenser ve su sıcaklıklarındaki değişimi

Şekil 9'de 19 Mart 2014 günü deney süresince ölçülen kondenser ve su sıcaklıklarındaki değişimler görülmektedir.



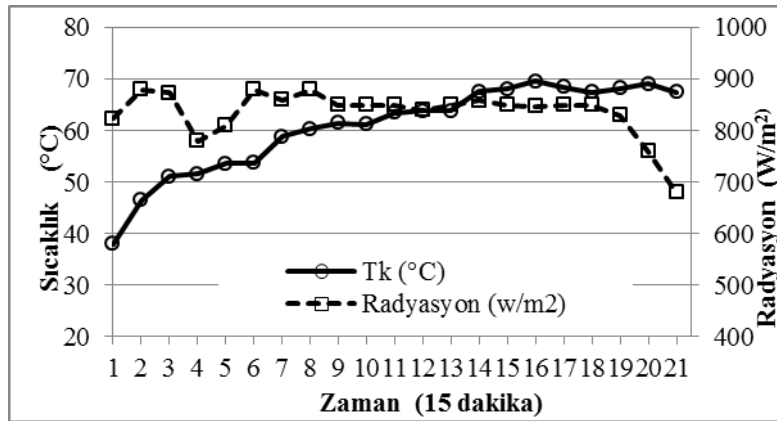
Şekil 10. Kondenser ve su sıcaklıklarındaki değişimi



Şekil 11. Kondenser ve su sıcaklıklarındaki değişimi

Şekil 9, 10 ve 11'de kondanser sıcaklığının yükselen bir eğim gösterdiği, su sıcaklığında da buna paralel yükseldiği gözlemlenmiştir. Su sıcaklığının daha da yüksek sıcaklıklara ulaşmasını kondanser yüzey sıcaklığı

sınırlamıştır. Bu deneysel yöntem daha yüksek kondanser sıcaklığı tasarlandığında daha yüksek su sıcaklığı elde edileceğini göstermektedir.

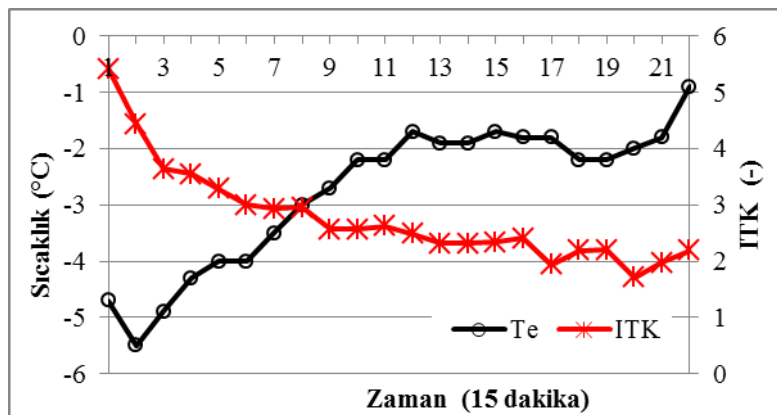


Şekil 12. 21 Mart 2014 tarihinde radyasyon ve kondenser sıcaklık değişimi

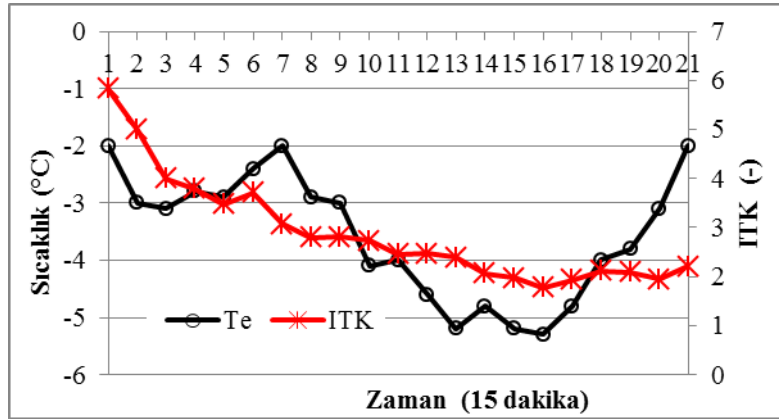
Şekil 12'de evaporatörün (güneş kolektörünün) absorbe ettiği ısı miktarı radyasyon değerine paralel olarak artmaktadır. Absorbe edilen ısı kondanserden atılacağı için radyasyon değeri ne kadar yüksek ise evaporatör o kadar ısı emer ve kondanserden atılan ısıda o kadar yüksek olur. Güneşin konumundan kaynaklı akşam saatlerine doğru düşen radyasyon değerine rağmen

kondanser sıcaklığında ani düşüşlerin olmama sebebi ise evaporatörün dış ortamdan hala ısı çekmesine bağlıdır.

Şekil 13 ve Şekil 14'te 19 Mart 2014, Şekil 15 ve Şekil 16'da sırasıyla 21 Mart 2014 tarihlerinde yapılan deneyler sonucu elde edilen veriler ışığında hesaplanan ITK değerleri verilmiştir.



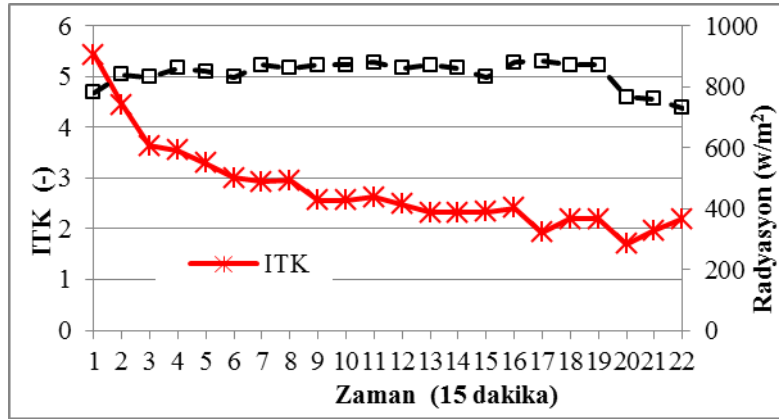
Şekil 13. 19 Mart 2014 tarihinde farklı evaporatör sıcaklıkları için ITK değişimi



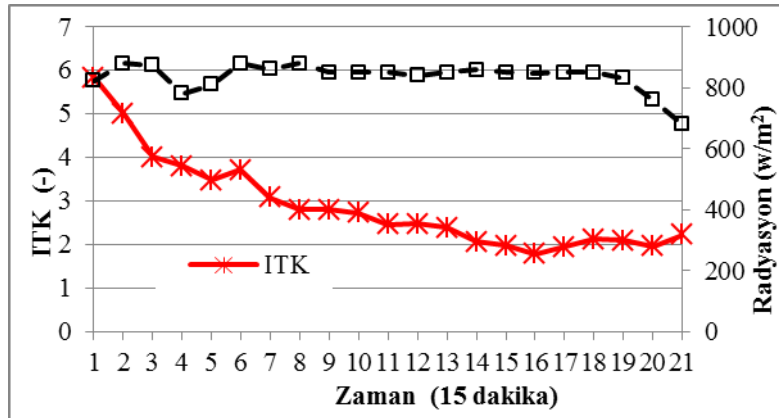
Şekil 14. 21 Mart 2014 tarihinde farklı evaporatör değerleri için ITK değişimi

Şekil 13 ve 14'de deneyler sonucunda elde edilen verilerden yararlanılarak hazırlanan evaporatör ve ITK eğrileri oluşturulmuştur. Kullanılan soğutkanın entalpi ($h=kj/h$) değerlerinden yararlanılarak hazırlanan ITK

değerleri göstermiştir ki, evaporatör entalpi değerleri arttıkça kompresöre düşen yük artacaktır. Bunun sonucu olarak ITK değerlerinde düşüşler gözlenmiştir.



Şekil 15. 19 Mart 2014 tarihinde farklı radyasyon değerleri için ITK değişimi



Şekil 16. 21 Mart 2014 tarihinde farklı radyasyon değerleri için ITK değişimi

Şekil 15 ve 16'da grafiklerde radyasyon değerleri arttıkça ITK'da düşüş gözlemlenmektedir. Bunun sebebi akışkanın kritik nokta sıcaklığının kondanser sıcaklığına yakın olduğu ve kondanser sıcaklığı arttıkça evaporatör

sıcaklığı artmasıdır. Radyasyon değeri düşük hava koşulları ve mevsim geçişleri için R404a akışkanının daha uygun olacağı söylenebilir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sonuç olarak bu çalışmada 1,71 m²'lik yüzey alanına sahip kollektör ve R404a gazı kullanılarak elde edilen deneysel sonuçlara göre COPIP ortalama 2,19, su sıcaklığı 44,6 °C olarak bulunmuştur. Bu sıcaklıktaki su, kullanma suyu ile yerden ısıtma sistemlerinde direkt veya yardımcı enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Literatür çalışmalarıyla kıyaslandığında Kış şartları için daha uygun yaz şartları için ise dezavantajlı bir gaz olduğu söylenebilir. Sistemin etkinliğini arttırmak için değişik soğutucu akışkan denenebilir, kollektör yüzey alanı, kompresör gücü değiştirilerek farklı sistemler tasarlanabilir.

Güneş enerjisi destekli literatürde yapılmış çalışmalar ile kıyaslandığı birkaç cümle eklenmesi uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Usta, H., 'Isı Borulu Güneş Kollektörü Destekli Isı Pompası' Yüksek Lisans Tezi Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-4, 8-20 (1988).
- [2] Kılıç, H., 'Güneş Enerjisi Destekli Isı Pompasının Tasarımı, İmalatı ve Performans Deneyleri' G.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü 2006.
- [3] Kuang, Y.Hand Wang, R.Z., 2005 Performance of multi-functional direct-expansion solar assisted heat pump system, Solar Energy, Article in press.
- [4] Chata, G.F.B., Chaturvedi S.K and Almgobel, A., 2005 Analysis of adirect expansion solar assisted heat pump using different refrigerants, Energy Convension and Monagemant, 46:26142624p.
- [5] Huang, B,J., AND Chyng, J.P., 'İntegral-type solar-assisted heat pump water heater', Renewable Energy, 16 (1-4): 731-734 (1999).
- [6] Çomaklı, Ö., Kaygusuz., and Ayhan, T., 'Solar-assisted heat pump and enrgy storage for residential heating', Solar Energy, 51 (5):357-266 (1993).
- [7] İleri, A., 'Yaerly simulation of a solar-aided R22-DEGDME absorption heat pump system', Solar Energy, 55 (4): 255-265 (1995).
- [8] Yamankaradeniz, R. and Horuz , I., 'The theoretical and experimental investigation of the characteristics os solar-assisted heat pump of clear days', İnternational Communications in Heat and Mass Transfer, 25 (6): 885-898 (1998).
- [9] Hawlader, M. N .A., Chou, S.K. and Ullah, M.Z., 'The performance of a solar assisted heat pump water heating system', Applied Termal Engineerring, 21 (10): 1049-1065 (2001).
- [10] Badescu V., ' Model of a solar-assisted heat-pump system for space heating integrating a termal energy storage unit', Energy and Buildings, 34 (7): 715-726 (2001).
- [11] Kaygusuz, K., 'Experimental and theoretical investigation of a solar heating system with heat pump' Renewable Energy, 21 (1): 79-102 (2000).
- [12] Torres Reyes, E., Picon Nuñez , M. and Cervantesde J.G., ' Exergy analysis and optimizationof a solar-assisted heat pump', Energy, 23 (4): 337-344 (1998).
- [13] Esen, M., Termal performance of a solar aided-latent heat store used for space heating by heat pump', Solar Energy, 69 (1): 15-25 (2000).
- [14] Y.H. Kuang, R.Z. Wang and L. Q. Yu, experimental study on solar assisted heat pump system for heat supply, Energy Conversion and Managamet, Vol. 44, Issue 7, May 2003, pp. 1089-1098.
- [15] Yunus A.ÇENGEL., Micheal A. Boles., Termodinamik Mühendislik Yaklaşımıyla, B:6;289.
- [16] <http://trdocs.org/docs/index-25126.html?page=2>
- [17] <http://www.akifermuhendislik.com/dusey-kaptorlu-isi-pompasi>
- [18] http://www.viessmann.com.tr/content/dam/internet-tr/prospekte/mesleki_pompasi.pdf