

# BİNALARIN SOĞUTULMASINDA GÜNEŞ ENERJİSİ KAYNAKLI ABSORBSİYONLU ISI POMPASININ DENEYSEL İNCELENMESİ

Bilsay PASTAKKAYA  
Nurettin YAMANKARADENİZ  
Salih COŞKUN

## ÖZET

Binaların ısıtılması ve soğutulması için kullanılan enerji miktarı gün geçtikçe artmaktadır. Enerji kullanımı ile ilintili çevresel ve ekonomik sorunlar, enerji ihtiyacının temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmasını daha önemli hale getirmektedir. Bu noktada güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu sistemler, kullanımlarının yaygınlaşması ile birlikte, söz konusu sorunların çözümünde önemli rol oynamaktadır. Bu çalışmada, Bursa Uludağ Üniversitesi'nde kurulan güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu ısı pompası sistemi ile yapılan soğutma uygulaması deneysel olarak incelenmiştir. Deney tesisatında yer alan LiCl-H<sub>2</sub>O akışkan çifti ile çalışan, dâhili enerji depolamalı absorpsiyonlu ısı pompası, 30 m<sup>2</sup> taban alanına sahip bir test odasının günlük soğutma yükünü karşılamak için kullanılmıştır. Absorpsiyonlu sistemin çalışması için gereken termal enerji, güneş kolektör sistemi ile sağlanmıştır. Güneş kolektör sistemi, her biri 2,5 m<sup>2</sup> yüzey alanına sahip 16 adet düz güneş kolektöründen oluşmaktadır. Güneş enerjisinin yetersiz olduğu durumlarda kullanılmak üzere yardımcı sistem olarak elektrikli ısıtıcı kullanılmıştır. Yapılan deneysel çalışmada, absorpsiyonlu ısı pompasının, dâhili enerji depolama özelliği sayesinde, ek bir enerji depolama sistemine ihtiyaç duymadan, gece saatlerinde de çalışmasını sürdürerek, mahalin günlük tüm soğutma yükünü karşıladığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:**Absorpsiyonlu Sistem, Güneş Enerjisi, Isı Pompası, Isıtma-Soğutma

## ABSTRACT

Energy usage for heating and cooling of the buildings is increasing day by day. Because of the economical and ecological problems related to the usage of energy the use of clean and renewable energy sources is becoming more important. Widespread use of solar absorption systems is important to addressing global environmental and economic problems. This study examines experimentally the cooling application of a solar absorption system in Uludag University, Bursa. A lithium chloride (LiCl) solar absorption heat pump with interior energy storage is used for cooling a test room that had a total floor space of 30 m<sup>2</sup>. The thermal energy to drive the absorption system was delivered by the solar collector field, consists of 16 flat plate solar collectors with selective absorber areas of 2.5 m<sup>2</sup>. An electric heater was used as auxiliary systems for the absorption cooling application when the solar energy was insufficient. The results showed that the interior energy storage of the absorption system enabled it to satisfy the cooling demand of the test room, without any additional energy storage, during the night while solar energy was not available.

**Key Words:**Absorption System, Solar Energy, Heat Pump, Heating-Cooling

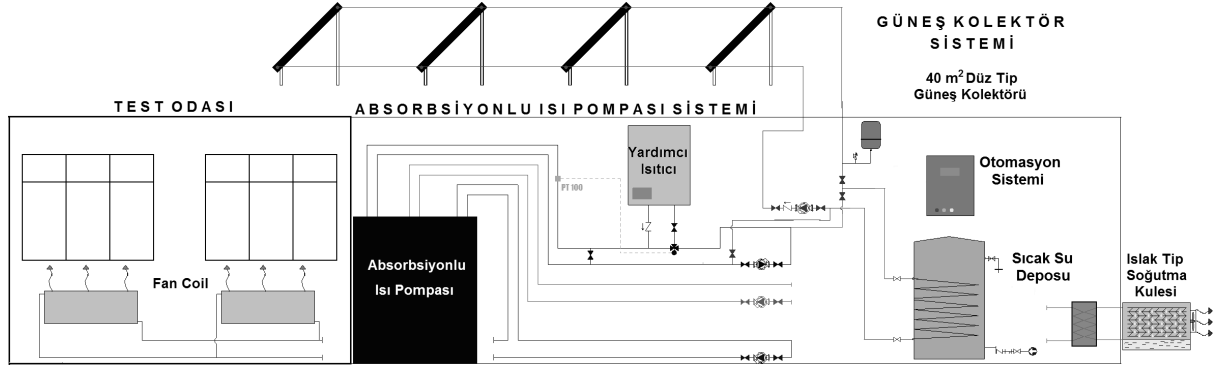
## 1. GİRİŞ

Enerji kullanımına bağlı çevresel ve ekonomik sorunlar, enerji ihtiyacının temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması için önemini her geçen gün arttırmaktadır. Yaşamsal faaliyetlerin konfor şartları altında sürdürülebilmesi için yaşam alanlarının ısıtılması ve soğutulmasında harcanan enerji, küresel ölçekte toplam enerji tüketiminde önemli bir paya sahiptir. Binaların soğutulması için harcanan enerji miktarı, küresel ısınma ve iklim değişiklikleri ile paralel olarak hızla artış göstermektedir. Bu durum özellikle sıcak yaz günlerinde elektrik dağıtım şebekelerinin yetersiz kalmasına sebep olmaktadır. Enerji kaynağı olarak temiz ve yenilenebilir enerji kaynağı kullanan, yardımcı enerji kaynağı ihtiyacı asgariye indirilmiş iklimlendirme sistemlerinin kullanımı, söz konusu sorunlar için önemli bir çözüm alternatifi olmaktadır. Günümüzde yapıların ısıtılması ve soğutulması amacıyla kullanılan ve enerji kaynağı olarak güneş enerjisini kullanan birçok ısıtma-soğutma sistemi mevcuttur. Bu sistemlerin işletim maliyetleri düşüktür ve enerji ihtiyacı tamamen temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağından sağlanmaktadır [1]. Binaların hem ısıtma hem de soğutma ihtiyacını karşılayabilen, güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu ısı pompası sistemlerinin kullanımı, sistem verimlilikleri ve işletim maliyetlerinin düşüklüğü nedeni ile gittikçe yaygınlaşmaktadır. Uluslar arası Enerji Acentesi'nin Güneş Enerjisi Kaynaklı Isıtma-Soğutma Programı'nda yer alan çalışmalar ile güneş enerjisinin söz konusu uygulamalarda kullanımının yaygınlaştırılması ve sistem ile ilgili araştırma-geliştirme faaliyetlerinin sağlanması amaçlanmıştır [2],[3]. Konu ile ilgili yayınlanan rehber kaynaklar [4],[5] ve geliştirilen bilgisayar yazılımları ile yapılan çalışmalar [6],[7],[8] daha doğru tasarımların yapılmasına olanak sağlamıştır. Uluslar arası ölçekte yapılan uygulama çalışmaları ile [9],[10],[11] güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin çalışma prensipleri ve sistem performansları ayrıntılı şekilde sunulmuştur. Güneş enerjisi, atmosferik olaylardan ve mevsimsel değişimlerden etkilenmektedir ve sadece gündüz saatlerinde elde edilebilmektedir. Bu nedenle güneş enerjili ısıtma-soğutma sistemlerinde enerjinin depolanması ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Enerjinin depolanması için gereken ek ekipman ihtiyacı, sistemin kurulum maliyetini ve amortisman süresini arttırmakla birlikte, klasik ısıtma-soğutma sistemleri ile rekabet gücünü azaltmaktadır. Ekonomik ve verimli bir enerji depolama sistemleri ile bu sorun önemli ölçüde ortadan kaldırılabilmektedir.

Bu çalışmanın amacı, güneş enerjisi kaynaklı bir ısı pompası sisteminin dâhili enerji depolama özelliği sayesinde sağladığı faydaların ve sistemin çalışma performansının uygulamalı olarak incelenmesi ve elde edilen sonuçların sunulmasıdır. Çalışmada, Bursa Uludağ Üniversitesi'nde kurulan güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu ısı pompası sistemi ile yapılan soğutma uygulaması deneysel olarak incelenmiştir. Deney tesisatında yer alan dâhili enerji depolamalı absorpsiyonlu ısı pompası sistemi, bir test odasının günlük soğutma yükünü karşılamak için kullanılmıştır. Absorpsiyonlu sistemin çalışması için gereken termal enerji, güneş kolektörleri ile sağlanmıştır. Güneş enerjisinin yetersiz olduğu durumlarda kullanılmak üzere yardımcı sistem olarak elektrikli ısıtıcı kullanılmıştır. Örnek bir yaz günü için elde edilen ölçüm sonuçları sunulurken elde edilen değerler yorumlanmıştır.

## 2. MATERYAL ve YÖNTEM

Deney tesisatı, temel olarak test odası, absorpsiyonlu ısı pompası sistemi ve güneş kolektör sistemi olarak üç bileşenden oluşmaktadır (Şekil 1.). Sistem; Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Laboratuvarı Binası'nda oluşturulmuştur.



Şekil 1. Deneysel tesisatın şematik görünümü

## 2.1. Test Odası

Test odası,  $30 \text{ m}^2$  taban alanına sahiptir ve brüt hacmi  $84 \text{ m}^3$ 'tür. Odanın dış ortama cepheli duvarı güney-batı yönüne bakmaktadır ve bu yapı bileşeni üzerinde  $9 \text{ m}^2$  çift camlı pencereler yer almaktadır. Odanın diğer duvarları, iç ortama komşudur ve tüm duvarlar  $50 \text{ mm}$  kalınlığında ekstrüde polistren yalıtım plakaları ile içten yalıtılmıştır (Şekil 2.). Geleneksel hesap metotları ve yerel meteorolojik değerler kullanılarak [12] yapının soğutma yükü  $4,2 \text{ kW}$  olarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamada, odanın soğutma yükünün %60'lık kısmını, güneş enerjisinden kaynaklanan ışıyım kazançlarının oluşturduğu görülmüştür.



Şekil 2. Test odası

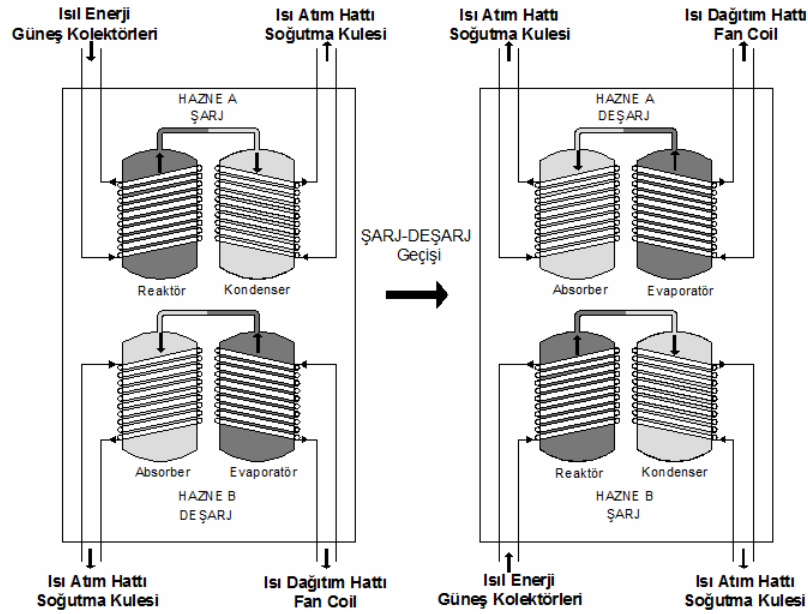
## 2.2. Absorbsiyonlu Isı Pompası Sistemi

Absorbsiyonlu ısı pompası sistemi, dâhili enerji depolamalı absorbsiyonlu ısı pompası, yardımcı ısıtıcı, ısı dağıtım, ısı atım ve otomasyon sistemlerinden oluşmaktadır.

Absorbsiyonlu sistem seçiminde, ticari olarak üretimi yapılan, LiCl- Su akışkan çiftli, nominal  $20 \text{ kW}$  soğutma kapasiteli dahili enerji depolama özelliğine sahip bir cihaz tercih edilmiştir [13]. Cihazın dâhili enerji depolama özelliği sayesinde sistemin belirtilen avantajlarından faydalanılarak daha düşük bir kurulum ve işletim maliyetine sahip, daha kompakt bir sistem tasarımı sağlanmıştır. Konu ile ilgili yapılan çalışmalar [14],[15], söz konusu sistemin dâhili enerji depolama özelliğinin sağladığı faydaları göstermektedir. Isı pompası sistemi, sürekli çevrim ile çalışan geleneksel absorbsiyonlu sistemlere göre önemli farklılıklara sahiptir. Sürekli çevrim ile çalışan geleneksel absorbsiyonlu bir ısı pompası sisteminin çalışma prensibi, önceki çalışmalarda detaylı olarak verilmiştir [1]. Dâhili enerji depolamalı ısı pompası, birbirinden bağımsız iki eş hazne ve bu haznelere harici hatlara bağlayan bir pompalama ünitesinden oluşmuştur. Harici tesisatlar, termal enerji hattı, ısı atımı hattı ve ısı dağıtım hattıdır. Cihaz

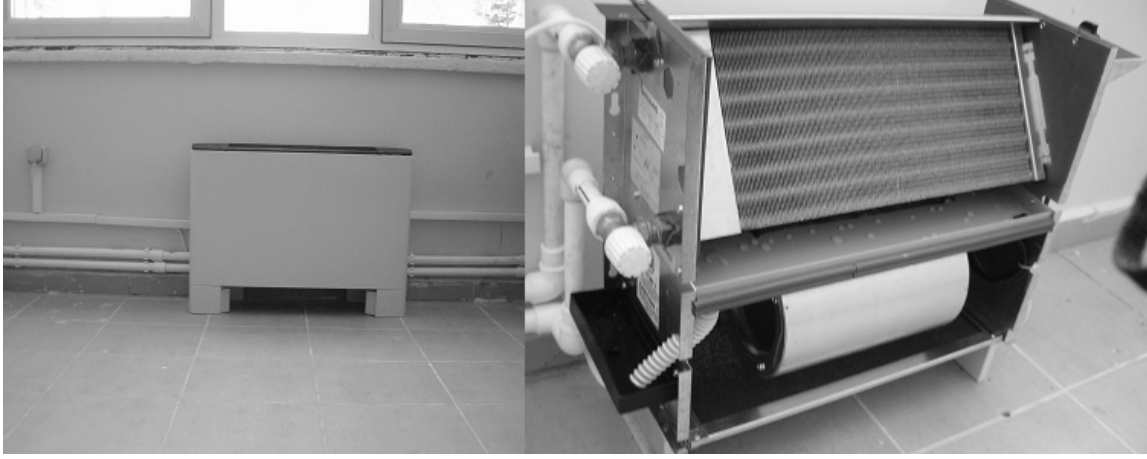
içerisinde, enerjiyi LiCl tuzuna şarj edebilen ve depolama tankı olarak kullanılabilen veya tuzda depolanan enerjiyi soğutma enerjisi şeklinde deşarj edebilen Hazne-A ve Hazne-B olmak üzere birbirinden bağımsız iki hazne bulunmaktadır. Haznelerin şarj-deşarj geçişleri manüel ya da cihazın farklı çalışma modlarına göre otomatik olarak gerçekleştirilebilmektedir [16]. Her hazne, iki farklı bölmeden oluşmuştur. Bu bölmelerden, biri LiCl tuzu ile diğeri ise su ile doldurulmuştur. Şarj olayı esnasında Hazne-A'da, tuz bölümünde bulunan eriyik (reaktör), dışarıdan verilen ısı enerjisi ile kurutulur, oluşan su buharı diğeri bölme (kondenser) gönderilir. Kondenserde oluşan ısı enerjisi ise ısı atım hattında yer alan soğutma kulesi vasıtasıyla dışarı atılır. Deşarj olayını gerçekleştiren Hazne-B'de, tuz ile dolu olan bölümde (absorber); su ile dolu olan bölümde (evaporatör) soğutma olayını gerçekleştirmek için ortamdaki çekilen ısı enerjisi ile oluşan su buharı absorbe edilir. Bu esnada, evaporatör ile soğutma olayı gerçekleştirilirken, absorpsiyon olayı esnasında absorberde oluşan ısı enerjisi soğutma kulesi vasıtasıyla dışarı atılır. Şarj-Deşarj geçişi ile şarj modunda olan Hazne-A deşarj moduna geçerek soğutma olayını gerçekleştirirken, deşarj modundaki Hazne-B şarj moduna geçerek ısı enerjisinin depolanmasını sağlar. (Şekil 3.).

Absorpsiyonlu ısı pompası sisteminin, soğutma işlevini gerçekleştirirken absorber ve kondenserinde oluşan ısı enerjisinin etkin bir şekilde atımı, sistemin soğutma performansı açısından büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle ısı atım sisteminde 35 kW kapasiteli ıslak tip soğutma kulesi kullanılmıştır. Absorpsiyonlu cihazın dâhili ısı atım tesisatında kullanılan akışkan ile soğutma kulesi tarafında kullanılan akışkanın farklı olması nedeni ile bu iki hat arasındaki ısı geçişini sağlamak için bir plakalı ısı değiştiricisi kullanılmıştır. Soğutma kulesi ve plakalı ısı değiştiricisi arasındaki sirkülasyon, soğutma kulesi fanı ile eş zamanlı olarak çalışan tek kademeli bir pompa vasıtasıyla sağlanmıştır.



Şekil 3. Absorpsiyonlu ısı pompasının çalışma prensibi

Absorpsiyonlu cihaz tarafından elde edile soğutma enerjisinin test odasına gönderilerek, odanın soğutma yükünün karşılanması, ısı dağıtım sistemi ile gerçekleştirilmektedir. Isı dağıtım sistemi, oda içerisinde pencere önlerine simetrik olarak yerleştirilen 2,2 kW soğutma kapasitesine sahip iki adet fan coil'den oluşmaktadır. Fan coil'ler, oda sıcaklığına bağlı olarak oda termostatu tarafından otomatik olarak devreye girmekte ve odanın soğutma yükünü karşılamaktadır (Şekil 4.). Isı atım-ısı dağıtım sistemlerinde taşıyıcı akışkan olarak %15 derişimli propilenglikol-su karışımı, soğutma kulesi tarafında ise şebeke suyu kullanılmıştır. Isı atım ve ısı dağıtım hatlarındaki dolaşım, otomasyon sistemi tarafından kontrol edilen üç kademeli pompalar vasıtasıyla sağlanmaktadır. Pompalar, deneysel çalışma boyunca, en yüksek kademede sabit debi değerinde çalıştırılmıştır. Sistemde yer alan 1000lt hacmindeki dâhili ısı değiştiricili sıcak su deposu ile aynı zamanda güneş enerjisi ile sıcak kullanım suyunun üretimi de mümkün olmaktadır.



**Şekil 4.** Isı dağıtım sisteminde yer alan fan coiller

Güneş enerjisinin elde edilemediği ya da yetersiz kaldığı durumlarda, güneş kolektör hattına bir üç yollu vana vasıtasıyla seri olarak bağlanan ve çalışması otomasyon sistemi ile kontrol edilen 9,6 kW ısıtma kapasiteli bir elektrikli ısıtıcı, gerekli ek enerjinin absorpsiyonlu sisteme aktarılması için kullanılmaktadır. Absorpsiyonlu cihazın reaktör girişindeki su sıcaklığını ölçen PT 100 sensörü tarafından kontrol edilen üç yollu vana, sıcaklık değerinin istenilen çalışma sıcaklığından düşük olması durumunda devreye girerek, elektrikli ısıtıcının güneş kolektör hattına seri olarak bağlanmasını sağlamaktadır (Şekil 1.). Sistemde yer alan tüm ekipmanların kontrolü ve koordinasyonu PLC otomasyon sistemi ile kontrol edilmektedir. Bu sayede sistemin toplam veriminin artırılması ve kontrolünün daha kolay yapılabilmesi amaçlanmıştır.

### **2.3. Güneş Kolektör Sistemi**

Güneş kolektör sisteminin oluşturulmasında yüksek enerji verimli düz tip güneş kolektörleri kullanılmıştır. Bu sayede güneş enerjisinin yüksek verimle ve daha ekonomik bir şekilde elde edilmesi amaçlanmıştır. Güneş kolektörleri, her biri 2,5 m<sup>2</sup> yüzey alanına sahip, 16 adet düz kolektörden oluşmaktadır. Birbirine seri olarak bağlanan dört kolektörden oluşan dört ayrı kolektör grubunun, birbirine paralel olarak bağlanması ile sistemden en yüksek su sıcaklığı ve en yüksek debi değerlerinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Güneş kolektör sistemi, test odasının yer aldığı binanın çatısına, 30° eğim açısıyla, güney-doğu yönüne bakacak şekilde kurulmuştur (Şekil 5.). Sistemde taşıyıcı akışkan olarak kullanılan %15 derişimli propilenglikol-su karışımının sirkülasyonu, otomasyon sistemi tarafından zaman kontrollü olarak çalıştırılan üç kademeli pompa vasıtasıyla sağlanmıştır.



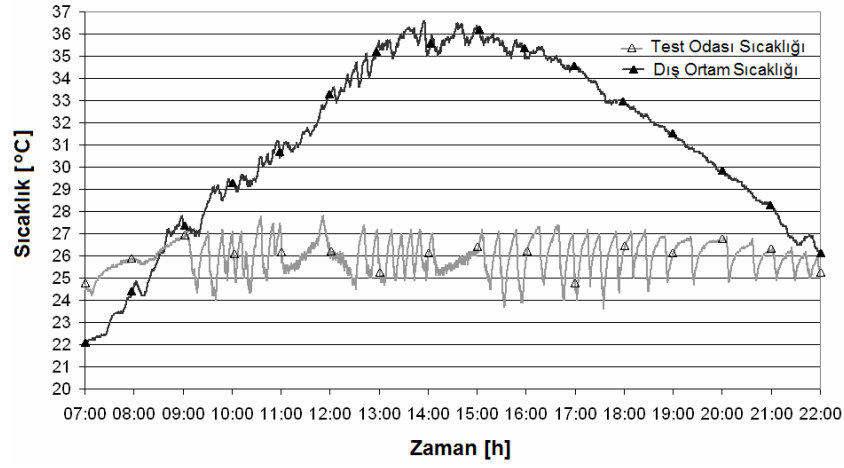
**Şekil 5.** Güneş kolektörleri

Deneyde, sistem performansına etki eden parametrelerin ölçümü işlemlerinde, otomatik ölçüm kaydetme özelliğine sahip dijital ölçüm cihazları kullanılmıştır. Ayrıca ısı pompası cihazında dâhili

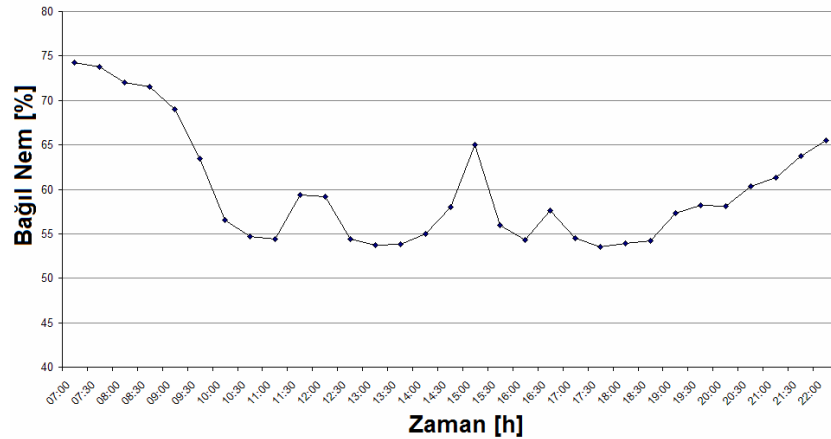
olarak yer alan bilgisayar kontrollü ölçüm kayıt sistemi ile ısı pompası sistemine ait ölçüm değerlerinin eldesi sağlanmıştır.

## SONUÇ

Çalışmada, güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu ısı pompası sistemi ile bir test odasının tüm günlük soğutma yükünün karşılanması deneysel olarak incelenmiştir. Güneş enerjisinin yeterli olmadığı durumlarda yardımcı enerji kaynağı olarak elektrikli ısıtıcı kullanılmıştır. Deneysel çalışma, 2010 yılında, dış sıcaklık değerinin yüksek olduğu, gökyüzünün açık ve bulutlanmanın görülmeyeceği tipik bir Ağustos gününde gerçekleştirilmiştir. Test odasının sıcaklık değeri 25–27°C arasında tutulmuştur. Dış ortam sıcaklığının, oda içerisinde istenen sıcaklık değerlerine ulaşması ile soğutma uygulaması başlamış, bu değer altına düşmesi sonucunda ise sonlandırılmıştır. Deney boyunca test odası ve dış ortamın sıcaklık değerlerinin değişimi Şekil 6.'da, oda içerisindeki bağıl nemin değişimi Şekil 7.'de görülmektedir.



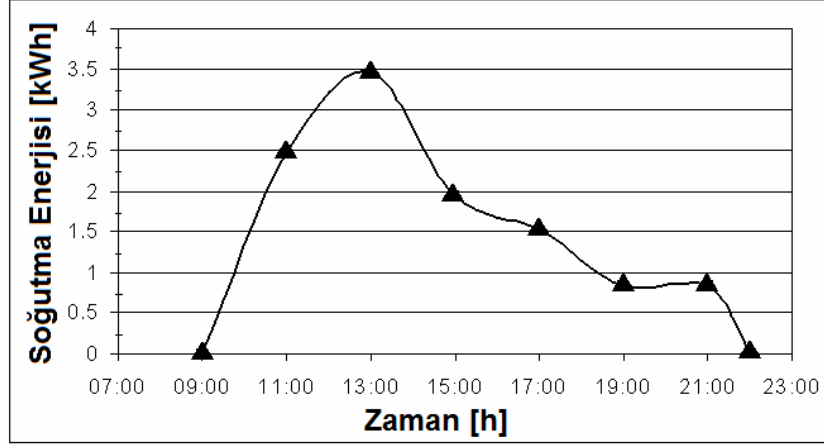
Şekil 6. Test odası ve dış ortam sıcaklığının zamana bağlı değişimi



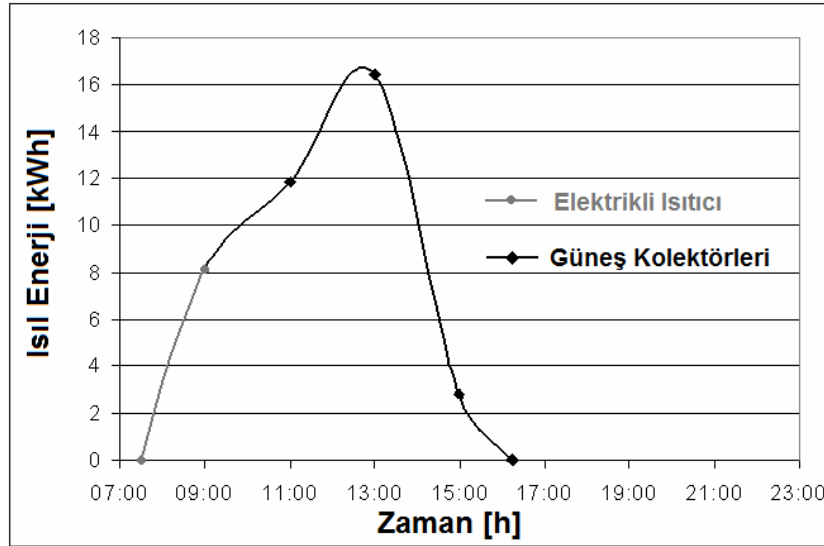
Şekil 7. Test odasındaki bağıl nemin zamana bağlı değişimi

Güneş enerjisinin, absorpsiyonlu cihazın şarj olması için yetersiz kaldığı 07:30 – 09:00 saatleri arasında elektrikli ısıtıcı devreye girerek, sistemin şarj olması için gereken ek enerjinin teminini sağlamıştır. Absorpsiyonlu cihaz, soğutma periyodu boyunca 11,07 kWh'lik soğutma sağlayarak, test odasının günlük tüm soğutma yükünü karşılamıştır. Deney boyunca, absorpsiyonlu sistemin hazneleri

arasında, 09:05, 11:45 ve 15:00 saatlerinde üç adet Şarj-Deşarj geçişi yapılmıştır. Geçişler, haznede depolanan enerjinin tükenmesi ile birlikte manüel olarak gerçekleştirilmiştir. Test odası için sağlanan soğutma enerjisinin zamana bağlı değişimi Şekil 8.'de görülmektedir. Absorbsiyonlu sistem, dâhili enerji depolama özelliği sayesinde, güneş enerjisinin elde edilemediği gece periyodunda da çalışmasını sürdürerek, test odasının soğutma yükünü karşılamıştır. Absorbsiyonlu sistemin çalışması için güneş enerjisi ve yardımcı enerji kaynağı tarafından sağlanan ısı enerjisinin zamana göre değişimi Şekil 9.'de görülmektedir.

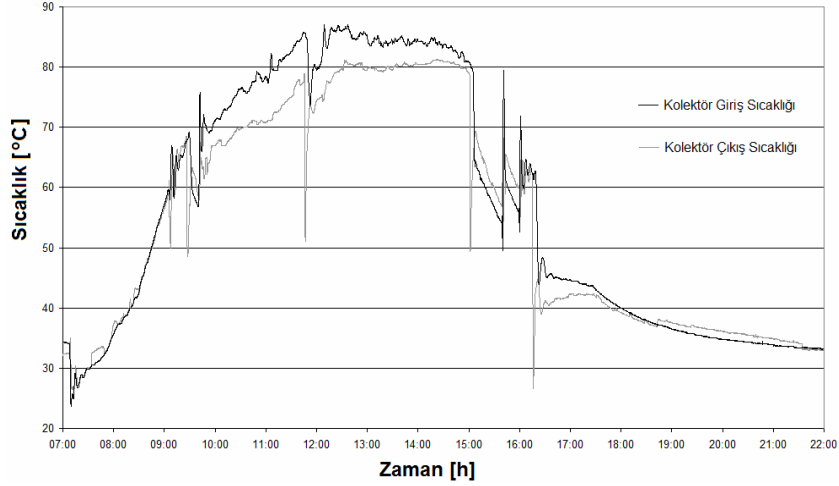


**Şekil 8.** Absorbsiyonlu cihaz tarafından sağlanan soğutma enerjisinin zamana bağlı değişimi



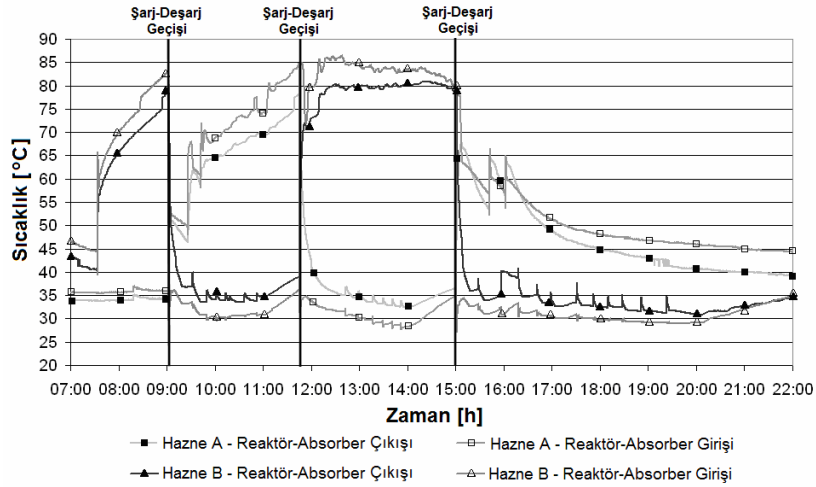
**Şekil 9.** Absorbsiyonlu cihaz için sağlanan ısı enerjisinin zamana bağlı değişimi

Elektrikli ısıtıcı, soğutma periyodundan önce 07:30–09:00 saatleri arasında çalışarak, güneş enerjisinin yetersiz olduğu zaman diliminde, 8,1 kWh değerinde ısı enerjisinin, cihazın B haznesinde depolanmasını sağlamıştır. Dış sıcaklık değerinin, arzu edilen iç sıcaklık değerini aşması ile birlikte şarj-deşarj geçişi gerçekleştirilmiş, bu şekilde absorbsiyonlu sistem soğutma uygulamasına başlamıştır. 09:25 itibariyle, güneş kolektör sisteminden elde edilen su sıcaklığı, absorbsiyonlu sistemin çalışması için gereken değerlere ulaşmış ve 16:15'e kadar absorbsiyonlu sistemi besleyerek, soğutma uygulaması için toplam 31,02 kW'lık ısı enerjisinin, güneşten eldesi sağlanmıştır. Saat 16:15'ten sonra güneş kolektörlerinden gelen sıcak suyun sıcaklık değeri, absorbsiyonlu cihazın çalışması için yeterli olmadığından, kolektörlerden gelen sıcak su, sistemde yer alan 1000lt hacmindeki sıcak su tankına gönderilerek, sıcak kullanım suyu eldesinde kullanılmıştır. Şekil 10. kolektör sisteminde elde edilen su sıcaklığının zamana göre değişimini göstermektedir.



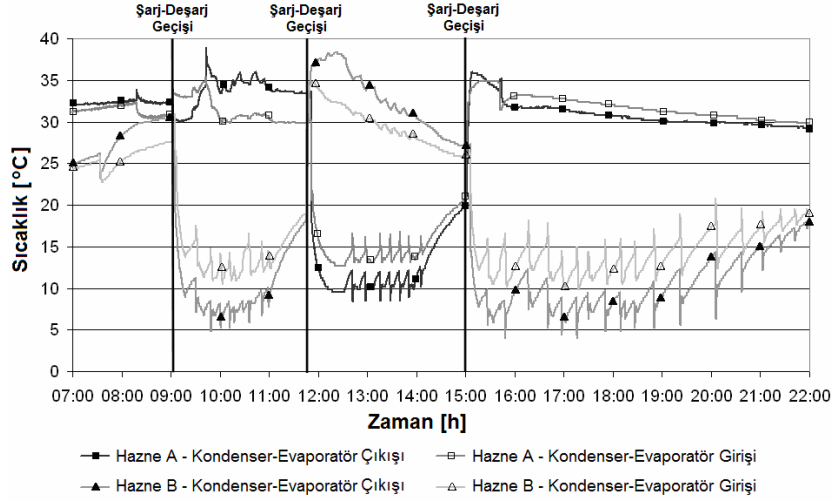
**Şekil 10.** Kolektör giriş-çıkış sıcaklıklarının zamana bağlı değişimi

Soğutma periyodu boyunca, absorpsiyonlu cihazın reaktör-absorber ve kondenser-evaporatör sıcaklıklarının değişimi, sırasıyla Şekil 11. ve Şekil 12’de görülmektedir. Kondenser-absorber sıcaklıklarının, deney boyunca 30-35 °C arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Ayrıca evaporatör sıcaklığının 5°C’ye kadar düştüğü ve evaporatör gidiş dönüş sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkının önemli ölçüde değişmediği görülmüştür. Güneş enerjisi eldesinin en yüksek değerlere öğlen saatlerinde ulaştığı ve güneş kolektörlerinden elde edilen sıcaklık değeri 87 °C’ye kadar yükseldiği tespit edilmiştir. Hazneler arasındaki şarj-deşarj geçişlerinde, hazneler arasındaki sıcaklık farkından ötürü, kolektör sıcaklıklarında ani düşüşler olduğu görülmüştür.



**Şekil 11.** Absorpsiyonlu cihaz reaktör-absorber sıcaklıkları





**Şekil 12.** Absorbsiyonlu cihaz kondenser-evaporatör sıcaklıkları

Bir soğutma sisteminde, soğutma tesir katsayısı (STK) birim iş başına yapılan soğutma miktarı olarak tanımlanır [17]. Absorbsiyonlu sistem için soğutma tesir katsayısı, evaporatörden sağlanan soğutma enerjisinin, reaktöre verilen ısıl enerjiye oranı olarak tanımlanabilir. Buna göre deneysel çalışmada, absorbsiyonlu sistemin günlük çalışma için, soğutma tesir katsayısı şu şekilde hesaplanmıştır:

$$STK = \frac{Q_{\text{evaporatör}}}{Q_{\text{reaktör}}} = \frac{11,07}{39,12} = 0,28$$

## TARTIŞMA

Yapılan deneysel çalışmada, bir mahalın günlük tüm soğutma yükü, güneş enerjisi kaynaklı absorbsiyonlu ısı pompası ile karşılanması incelenmiştir. Güneş enerjisinin yetersiz kaldığı durumlarda, yine temiz bir enerji kaynağı olan elektrik enerjisi kullanılarak, yardımcı ısıtıcı vasıtasıyla gereken ek enerji miktarı karşılanmıştır. Bu durum, enerji kullanımına bağlı çevresel sorunlara alternatif çözümler konusunda sistemin önemini ortaya koymaktadır. Absorbsiyonlu sistemin dâhili enerji depolama özelliği sayesinde, gün boyunca elde edilen güneş enerjisi, gece saatlerinde de kullanılarak, test odasının tüm günlük soğutma ihtiyacı karşılanmıştır. Klasik güneş enerjisi kaynaklı absorbsiyonlu sistemlerde, enerjinin depolanması ihtiyacı söz konusudur. Lof ve Tybout'un bildirdiğine göre, sıcak su deposu kapasitesi, m<sup>2</sup> güneş kolektörü başına 50 kg'dır [18]. Buna göre harici bir enerji depolama sistemi kullanılması durumunda, mevcut sistemde yer alan 40m<sup>2</sup> güneş kolektörü için gereken sıcak su deposu 2000 kg kapasitesinde olmalıdır. Bu noktada absorbsiyonlu sistemin dâhili enerji depolama özelliği, sistemin kurulum maliyeti ve kurulum için gereken alan açısından önemli faydalar sağlamıştır. Yardımcı enerji kaynağı olarak ek bir ısıtıcı sisteminin kullanılması, absorbsiyonlu ısı pompası sisteminin, tüm soğutma uygulaması boyunca kullanımına imkân tanıyarak, farklı bir soğutma sisteminin, mevcut sisteme dâhil edilmesi ihtiyacını ortadan kaldırmıştır. Yardımcı enerji kaynağı olarak elektrikli ısıtıcının kullanımı; bu cihazın ilk yatırım maliyetinin alternatiflerine göre daha düşük olması ve kullanımı esnasında ek bir dağıtım hattına ihtiyaç duymaması nedeni ile kurulum maliyeti açısından önemli bir avantaj sağlamıştır. Ayrıca elektrikli ısıtıcı, binanın sıcak kullanım suyu ihtiyacının karşılanması ve kış döneminde binanın ısıtılması için de kullanılabilir.

Klasik tuz eriyikli absorbsiyonlu soğutma sistemlerinin soğutma tesir katsayılarınının 0,7 mertebelerinde olduğu düşünüldüğünde, sistemin,soğutma periyodu boyunca soğutma tesir katsayısınının 0,28 oluşu bir dezavantajdır. Sistem veriminin düşüşü ile birlikte, sistemin kullanımının getirdiği faydalar da azalacaktır. Absorbsiyonlu sistemin çalışma prensibinden kaynaklanan, şarj-deşarj geçişlerinde, sıcak olan kondenser bölümünün, soğutma işlevini sağlayan evaporatöre dönüşmesi sürecinde sıcaklık

farkından kaynaklanan verim düşüşü söz konusu olmaktadır. Ayrıca absorber-kondenser sıcaklığının yükselmesi ve ısı atım sisteminin, dış sıcaklık değerine bağlı olarak ısı atımını etkili bir şekilde gerçekleştirememesi, absorpsiyonlu cihaz veriminin ve cihaz soğutma kapasitesinin hızlı bir şekilde azalmasına neden olmaktadır [16]. Test odasının dış duvarında bulunan pencere alanlarının geniş olması, odanın ışınım kazançlarının yüksek olmasına sebep olmuştur. Bu nedenle özellikle güneş ışınımının yüksek olduğu öğle saatlerinde, fan coil sistemi çok sık devreye girip çıkarak, sistem verimi olumsuz etkilemiştir. Ayrıca ısı dağıtım sisteminde, cebri üflemlili fan coil sisteminin yer alması, evaporatör çalışma sıcaklıklarının düşük seçilmesine neden olmuştur. Bu sıcaklık değerinin düşmesi ile birlikte, sistem veriminin göreceli olarak azalması söz konusu olmaktadır. Bu nedenle alternatif bir ısı dağıtım sisteminin kullanılması, aynı soğutma değerlerinin daha yüksek evaporatör sıcaklıklarında elde edilebilmesine imkân vererek, sistem veriminin artışını sağlayabilir. Soğutma uygulaması boyunca, oda içerisindeki bağıl nemin arzu edilen seviyelerde kaldığı görülmüştür. Absorpsiyonlu cihazın Şarj-Deşarj geçişlerinde bağıl nemin arttığı gözlenmiştir.

Soğutma uygulamalarında güneş enerjisinin kullanımı, enerji ile ilgili sorunlara alternatif çözümler üretme noktasında oldukça büyük öneme sahiptir. Bu sistemler ile ilgili teknolojilerin geliştirilmesi, doğru şekilde tasarlanan ve uygulanan projelerin, ticari ölçekte hayata geçirilmesi, sistemin kullanımını sağlayacağı faydaları önemli ölçüde arttıracaktır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Uludağ Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri, 2008/63 Eysel ve Endüstriyel Isı Pompası Uygulamaları Projesi kapsamında desteklenmiştir. Yazarlar, Uludağ Üniversitesi Rektörlüğüne ve emeği geçen diğer şahıs ve kuruluşlara katkılarından ötürü teşekkür eder.

## KAYNAKLAR

- [1] Pastakkaya B., Ünlü K., Yamankaradeniz R., Isıtma ve Soğutma Uygulamalarında Güneş Enerjisi Kaynaklı Absorpsiyonlu Sistemler, Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Dergisi, Sayı 57, 25-32, 2008.
- [2] IEA Task 25. Solar Assisted Air Conditioning of Buildings  
<http://www.iea-shc.org/task25/objectives.htm>, Erişim tarihi: 31.07.2011.
- [3] IEA Task 38. Solar Air-Conditioning and Refrigeration  
<http://www.iea-shc.org/task38/objectives.htm>, Erişim tarihi: 31.07.2011.
- [4] Solar Energy Applications Laboratory, Solar Heating And Cooling of Residential Buildings: Sizing, Installation And Operation of Systems, Colorado State University, University Press of the Pacific, 2005.
- [5] Henning H.M., Solar-Assisted Air-Conditioning in Buildings – A Handbook for Planners, Springer Wien New York, 2007.
- [6] Karamangil, M.I., Coskun, S., Kaynakli, O., Yamankaradeniz, N. A simulation study of performance evaluation of single-stage absorption refrigeration system using conventional working fluids and alternatives. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 14, 7, 1969-1978, 2010.
- [7] Eicker U., Pietruschka D., Design and performance of solar powered absorption cooling systems in office buildings, Energy and Buildings, 41, 81–91, 2009.
- [8] Atmaca İ., Yiğit A., Simulation of solar-powered absorption cooling system, Renewable Energy, 28, 8, 1277-1293, 2003.
- [9] Syed A, Izquierdo M., Rodríguez P., Maidment G., Missenden J., Lecuona A., Tozer R., A novel experimental investigation of a solar cooling system in Madrid, International Journal of Refrigeration, 28, 6, 859-871, 2005.
- [10] M. Izquierdo, R. Lizarte, J.D. Marcos, G. Gutiérrez, Air conditioning using an air-cooled single effect lithium bromide absorption chiller: Results of a trial conducted in Madrid in August 2005, Applied Thermal Engineering, 28, 1074–1081, 2008.

- [11] A. Pongtornkulpanicha S., Thepa M., Amornkitbamrung C., Butcher C., Experience with fully operational solar-driven 10-ton LiBr/H<sub>2</sub>O single-effect absorption cooling system in Thailand, *Renewable Energy*, 33, 943–949, 2008.
- [12] Yamankaradeniz R., Horuz İ., Coşkun S., Kaynaklı Ö., Yamankaradeniz N., İklimlendirme Esasları ve Uygulamaları, Dora Yayıncılık, 2008.
- [13] ClimateWell CW20 SolarChiller, www.climatewell.com, Erişim tarihi: 31.07.2011.
- [14] Soutullo S., San Juan C., Heras M.R., Comparative study of internal storage and external storage absorption cooling systems, *Renewable Energy*, 36, 5, 1645-1651, 2010.
- [15] Sanjuan C., Soutullo S., Heras M.R., Optimization of a solar cooling system with interior energy storage, *Solar Energy*, 84, 1244–1254, 2010.
- [16] ClimateWell, Design Guidelines for solar Cooling, CW10-CW20, v9\_32\_1, 2009
- [17] Yamankaradeniz R., Horuz İ., Kaynaklı Ö., Coşkun S., Yamankaradeniz N., Soğutma Tekniği ve Isı Pompası Uygulamaları, Dora Yayıncılık, 2009.
- [18] Lof GOG., Tybout RA., The design and cost of optimized systems for residential heating and cooling by solar energy, *Solar Energy*, 16, 9-18, 1974.

## ÖZGEÇMİŞ

### Bilsay PASTAKKAYA

1982 yılında Bursa'da dünyaya geldi. 1999 yılında Uludağ Üniversitesi Müh.Mim. Fak. Makine Mühendisliği Bölümü'nde başladığı lisans eğitimini 2003 yılında tamamlayıp, aynı yıl Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Eğitimine başladı. 2005 yılında tamamladığı Yüksek Lisans eğitiminin ardından aynı yıl, aynı kurumda doktora eğitimine başlamıştır ve eğitimini sürdürmektedir. 2010 yılında University of South Florida-Clean Energy Research Center'dan aldığı davet üzerine, bu kurumda absorpsiyonlu sistemler konusunda araştırma çalışmalarına katılmıştır. 2005 yılından beri Uludağ Üniversitesi Orhangazi Meslek Yüksekokulu'nda Öğretim Görevlisi olarak çalışmakta ve araştırma konuları ile ilgili yerli ve yabancı kuruluşlara teknik danışmanlık hizmeti vermektedir.

### Nurettin YAMANKARADENİZ

2004 yılında Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2005 yılında Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu İklimlendirme ve Soğutma Teknolojisi programında öğretim görevlisi olarak çalışmaya başladı. 2007 yılında Uludağ üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği termodinamik bilim dalında yüksek lisansını tamamladı. Halen aynı üniversitede doktora çalışmasına devam etmektedir.

### Salih COŞKUN

1990 yılında Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 1990-1992 yılları özel sektörde çalıştı. 1992-1998 yılları arasında aynı fakültede araştırma görevlisi olarak çalıştı. Aynı üniversitede 1994' de yüksek lisans 2000 yılında ise doktora çalışmalarını tamamladı. 1998 yılından beri Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu İklimlendirme ve Soğutma Teknolojisi programında öğretim üyesi olarak çalışmaktadır.