



**Bu bir MMO  
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

# **GÜNEŞ ENERJİSİ KAYNAKLI ABSORBSİYONLU ISI POMPASI SİSTEMİNİN FARKLI DERECE-GÜN BÖLGELERİ İÇİN ISITMA-SOĞUTMA PERFORMANSININ İNCELENMESİ**

**BİLSAY PASTAKKAYA  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ**

# GÜNEŞ ENERJİSİ KAYNAKLI ABSORBSİYONLU ISI POMPASI SİSTEMİNİN FARKLI DERECE-GÜN BÖLGELERİ İÇİN ISITMA-SOĞUTMA PERFORMANSININ İNCELENMESİ

*Investigation of the Cooling-Heating Performance of a Solar Absorption Heat Pump System for Different Degree-Day Regions*

**Bilsay PASTAKKAYA**

## ÖZET

Yapıların ısıtma soğutma ihtiyaçlarının karşılanmasında temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih edilmesi, enerji kullanımına bağlı sorunlar ile paralel oranda artış göstermektedir. Güneş enerjisi kaynaklı ısı pompası sistemleri bu sorunların çözümünde önemli bir alternatif oluşturmaktadır. Bu çalışmada, ülkemizde dört farklı derece gün bölgesinde yer alan illerimiz, İzmir, İstanbul, Ankara ve Erzurum'da yer alan örnek bir ofis binası için yıl boyu ısıtma, soğutma ve sıcak su ihtiyacının güneş enerjisi ile karşılanması incelenmiştir. Ayrıca, sistemde güneş enerjisi kullanımına bağlı CO<sub>2</sub> salınımdaki azalma ve ekonomik tasarruf miktarları hesaplanmıştır. 120 m<sup>2</sup> taban alanına sahip örnek yapının altı kişi tarafından kullanıldığı ön görülerek, yapının ısıtma, soğutma ve sıcak kullanım suyu ihtiyacının karşılanmasında, güneş enerjisi kaynaklı, LiCl-Su eriyikli absorpsiyonlu ısı pompası sistemi kullanılmıştır. Çalışmada simülasyon işlemleri TRNSYS programında oluşturulan ClimateWell-Solar Cooling v1.1 yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda farklı illerde yer alan yapıların yıl boyu soğutma ihtiyacının %80'inden, sıcak kullanım suyu ihtiyacının %90'ından, ısıtma ihtiyacının ise yarısından fazlasının güneş enerjisi ile karşılanabildiği görülmüştür. Güneş enerjisi kullanımına bağlı CO<sub>2</sub> salınımdaki yıllık toplam azalma miktarlarının 19 ilâ 24 ton arasında değiştiği, bu nedenle güneş enerjisi kaynaklı sistemin çevresel açıdan da önemli faydalar sağlayacağı sonucuna varılmıştır. Temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklı ısıtma-soğutma sistemlerinin tasarım ve uygulama aşamasında gerekli hesaplamaların doğru bir şekilde yapılması için simülasyon tekniklerinin kullanımının önemli faydalar sağlayacağı, bu sayede gelecekte daha uygulanabilir ve sürdürülebilir sistemlerin projelendirilmesi ve hayata geçirilmesinin mümkün olacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş enerjisi, Absorpsiyonlu ısı pompası, Simülasyon tekniği, Eko-yapılar

## ABSTRACT

The popularity of the use of clean and renewable energy sources to cover the energy demand of the buildings is increased with the problems related to the energy use. Solar powered heat pump systems are the significant alternative solutions for these problems. In this article, solar fraction of energy supply for the annual heating, cooling and domestic hot water requirement of a sample office building built in four different degree-day region of Turkey; İzmir, İstanbul, Ankara and Erzurum, were investigated. CO<sub>2</sub> and economic savings in the system related to the use of solar energy were also calculated. LiCl-H<sub>2</sub>O solar absorption heat pump system was used to cover heating, cooling and domestic hot water demand of the office room that had a the total floor area of 120 m<sup>2</sup> with six employees. ClimateWell-Solar Cooling v1.1 build up with TRNSYS simulation programme was used in numerical analysis. The results of the analysis showed that more than 80% of the cooling demand, 90% of the domestic hot water demand and half of the heating demand was derived from solar energy. Annual CO<sub>2</sub> savings by using solar energy were calculated between 19 – 24 tons, therefore it was concluded that using solar energy, provides great benefits for the environment. It is expected that using simulation techniques gains great benefits in design and construction of the clean and

renewable energy powered heating-cooling systems properly, thus there will be more feasible and sustainable projects in the future.

**Key Words:** Solar energy, Absorption heat pump, Simulation technique, Eco-buildings

## 1. GİRİŞ

Yapıların enerji ihtiyacının karşılanmasında, sürdürülebilir tasarım ve inşaa stratejilerinin takip edilmesi, enerji ve ekoloji alanında daha ekonomik ve uygulanabilir projelerin hayata geçirilmesi gerekmektedir. Ülkemizde temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklı sistemlerin kullanımının yaygınlaştırılması ve teknolojik açıdan alternatifleri ile rekabet edebilecek seviyeye ulaşması, konu ile yapılan akademik çalışmalar ve saha uygulamalarının, amacına hizmet edecek nitelikte olması ve katma değeri yüksek kazanımlar sağlaması, ulusal çıkarlarımız açısından büyük önem arz etmektedir. Avrupa ülkelerinde, birincil enerji tüketiminin %40'lık bölümü binaların enerji ihtiyacını karşılamakta kullanılmaktadır [1]. Bu nedenle yapıların enerji ihtiyacının karşılanmasında yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan, yüksek verimli/tasarruflu sistemlerin tercih edilmesi, enerji ile ilgili sorunların çözümü noktasında büyük faydalar sağlayacaktır. Güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu ısı pompası sistemleri, güneş enerjisinden elde edilen termal enerji vasıtasıyla ısıtma ve soğutma yapabilen sistemlerdir. Ayrıca sistemde yer alan güneş kolektörlerinden elde edilen sıcak su vasıtasıyla, direkt olarak mahalin ısıtılması ya da havuz ısıtma uygulamasının gerçekleştirilmesi, yapı sakinleri için ihtiyaç duyulan sıcak kullanım suyunun temini de mümkün olabilmektedir. Türkiye, 2640 saatlik yıllık toplam güneşlenme süresi ile bir güneş ülkesidir [2]. Bu nedenle ülkemizde, enerji kaynağı olarak güneşi kullanan ısıtma-soğutma sistemlerinin kullanımının araştırılmasına yönelik bilimsel çalışmalar, enerji ile ilgili sosyal, ekonomik ve ekolojik nitelikli sorunlarımızın giderilmesinde oldukça önemlidir. Bu çalışmada, dinamik simülasyon tekniği kullanılarak ülkemizde farklı derece-gün bölgelerinde yer alan illerimiz İzmir, İstanbul, Ankara ve Erzurum için, örnek bir ofis binasının yıl boyu ısıtma, soğutma ve sıcak su ihtiyacının güneş enerjisi ile karşılanması incelenmiştir. Çalışmada simülasyon işlemleri için TRNSYS [3] programında oluşturulan ClimateWell-Solar Cooling v1.1 [4] yazılımı kullanılmıştır. Çalışma sonucunda güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu ısı pompası sistemi ile konfor odasının yıllık ısıtma, soğutma ve sıcak kullanım suyu ihtiyacının güneş enerjisi ile karşılanma oranları hesaplanmıştır. Soğutma sezonu için, aylık ve yıllık ortalama soğutma tesir katsayısı (STK) değerleri belirlenmiştir. Ayrıca sistemin ekonomik ve ekolojik açıdan sağlayacağı faydaların belirlenmesi amacıyla yapılan simülasyon çalışması ile güneş enerjisinin kullanımı ile sağlanan enerji tasarrufuna bağlı olarak elde edilen ekonomik tasarruf değeri ve CO<sub>2</sub> salınımlarında sağlanan azalma miktarları tespit edilmiştir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Örnek Ofis Binası

Çalışmada incelenen örnek ofis binası, 120 m<sup>2</sup> taban alanına sahip, altı çalışan tarafından kullanılan tek katlı bir yapı olarak tasarlanmıştır. Yapının güney cephesinde 8 m<sup>2</sup>, kuzey cephesinde 1 m<sup>2</sup>, doğu ve batı cephelerinde ise 4 m<sup>2</sup> pencereler bulunmaktadır. Yapılan analizlerde, yapının duvar ve pencereleri için TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları [5] standardı tarafından tavsiye edilen ısı geçiş katsayıları kullanılmıştır (Tablo 1.) Ofis binası için yaz ve kış tasarım sıcaklık değerleri sırasıyla 25°C ve 20° olarak belirlenmiştir. Yapı sakinleri için sıcak kullanım suyu miktarı 20 l/gün, sıcaklık değeri ise 45 °C olarak tespit edilmiştir.

**Tablo 1.** Yapı elemanları ısı geçiş katsayıları [5]

İL	Enlem	TS 825'e göre derece gün bölgesi	Yapı elemanlarının TS 825'e göre tavsiye edilen ısı geçiş katsayıları [W/m <sup>2</sup> K]	
			Dış duvar	Pencere
İZMİR	38.52 K	1. Bölge	0,8	2,8
İSTANBUL	40.97 K	2. Bölge	0,6	2,8
ANKARA	40.12 K	3. Bölge	0,5	2,8
ERZURUM	39.95 K	4. Bölge	0,4	2,8

## 2.2. Güneş Kolektör Sistemi

Güneş kolektör sisteminin toplam yüzey alanı 30 m<sup>2</sup> ve sistem, yüzey alanı 3 m<sup>2</sup> olan vakum tüplü güneş kolektör ünitelerinin [6] bir araya getirilmesi ile oluşturulmuştur. Isı borusu özelliğinde olan vakum tüplü güneş kolektörlerinin kullanımı ile güneş enerjisinden daha yüksek verimlerle faydalanılması öngörülmüştür. Güneş kolektörleri ofis binasının çatısına 30° eğimle güney yönüne bakacak şekilde yerleştirilmiştir. Şekil 1.'de vakum tüplü güneş kolektörlerinden oluşan bir güneş kolektör sisteminin düz çatı uygulaması görülmektedir.

**Şekil 1.** Vakum tüplü güneş kolektörleri örnek uygulaması [7]

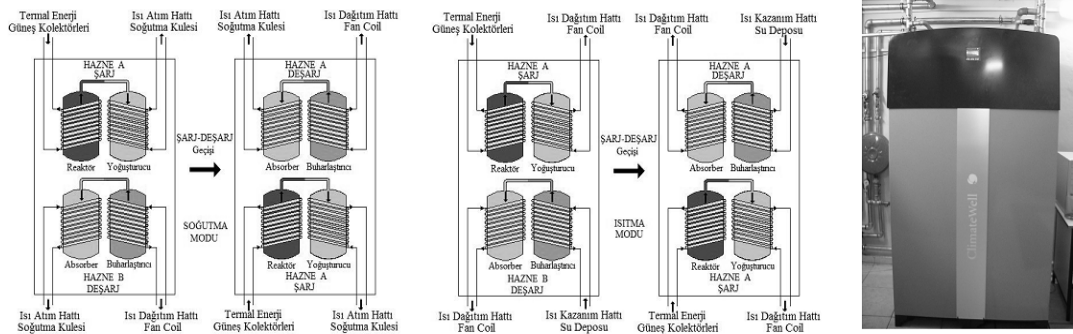
Güneş enerjisinden elde edilen sıcak suyun depolanması amacıyla, güneş kolektör sisteminde 1 m<sup>3</sup> hacminde harici bir su deposu bulunmaktadır. Bu deponun ısıtma ve soğutma sezonlarında tasarım sıcaklık değeri 95 °C olacak şekilde belirlenmiştir.

## 2.3. Absorbsiyonlu Isı Pompası Sistemi

Çalışmada, güneş enerjisi ile çalışan absorpsiyonlu ısı pompası sistemi, LiCl-H<sub>2</sub>O eriyikli ve dâhili enerji depolama özelliğine sahip, ticari olarak üretilen bir ısı pompası ünitesi, ısı dağıtım ve ısı atım hatlarından oluşmaktadır. Tek kademeli absorpsiyonlu ısı pompası cihazı [8], harici bir enerji depolama sistemine ihtiyaç duymaksızın termal enerjiyi kendi içerisinde depolama özelliğine sahiptir. Sistem, çevrim boyunca şarj-deşarj periyotları ile çalıştığından, kesikli absorpsiyonlu çevrim özelliğindedir. Isı pompası sistemi, sürekli çevrim ile çalışan geleneksel absorpsiyonlu sistemlere göre önemli farklılıklara sahiptir. Sistem, 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 şeklindedeşarj edebilen Hazne-A ve Hazne-B olmak üzere birbirinden bağımsız iki hazne bulunmaktadır. Haznelerin şarj-deşarj geçişleri manuel ya da cihazın farklı çalışma modlarına göre otomatik olarak gerçekleştirilebilmektedir. Her hazne, iki farklı bölmeden oluşmuştur. Bu bölmelerden, biri LiCl tuzu ile diğeri ise su ile doldurulmuştur. Sistemin soğutma modundaki şarj olayı esnasında Hazne-A'da, tuz bölmesinde (reaktör) bulunan eriyik, dışarıdan verilen termal enerji ile kurutulurken, oluşan su buharı diğerbölmeye

(yoğuşturucu) gönderilir. Yoğuşturucuda oluşan termal enerji 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 (buharlaştırıcı) soğutma olayını gerçekleştirmek için ortamdaki çekilen termal enerji ile oluşan su buharı absorbe edilir. Bu esnada buharlaştırıcı ile soğutma olayı gerçekleştirilerek, ısı dağıtım hattı aracılığıyla mahalin soğutma yükü karşılanır. Absorberde, absorpsiyon olayı esnasında oluşan termal enerji ısı atım hattındaki 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 termal enerjinin depolanmasını sağlar.

Sistemin ısıtma modundaki şarj olayı esnasında Hazne-A'da, reaktörde bulunan eriyik, dışarıdan verilen termal enerji ile kurutulur, oluşan su buharı yoğuşturucuya gönderilir. Yoğuşturucuda oluşan termal enerji ise ısı dağıtım hattı ile ısıtılmak istenen mahale gönderilir. Deşarj olayını gerçekleştiren Hazne-B de yer alan absorberde; buharlaştırıcı tarafından düşük sıcaklıklı bir ısı kaynağından (su deposu, yüzme havuzu) çekilen termal enerji ile oluşan su buharı absorbe edilir. Absorberde, absorpsiyon olayı esnasında oluşan termal enerji, yoğuşturucudakine benzer şekilde ısı dağıtım hattı ile mahale gönderilerek, mahalin ısıtılması sağlanır. Şarj-Deşarj geçişi ile şarj modunda olan Hazne-A deşarj moduna geçerken, deşarj modundaki Hazne-B şarj moduna geçerek termal enerjinin depolanmasını sağlar. Absorpsiyonlu sistemde, haznelerde yer alan tuzlu su eriyiği, hiçbir zaman diğer hazneye geçmemektedir. Reaktörde bulunan LiCl-Su eriyiği içerisindeki suyun, tamamen buharlaşarak yoğuşturucu haznesine geçmesi durumunda hazne tamamen şarj olmuş demektir ve bu durum sistemin çalışmasında herhangi bir aksaklığa sebep olmamaktadır. Bu nedenle klasik absorpsiyonlu sistemlerde görülen kristalizasyon tehlikesi, bu sistemde tamamen ortadan kalkmıştır [9]. Absorpsiyonlu ısı pompası sisteminin çalışma prensibi Şekil 2.'de görülmektedir.



Şekil 2. Absorpsiyonlu ısı pompası sistemi [9]

Çalışmada, absorpsiyonlu ısı pompası sisteminde yer alan ısı atım hattında 0,8 kW fan gücüne sahip, aksiyel fanlı ıslak tip soğutma kulesi kullanılmıştır. Simülasyon işlemlerinde ısı atım hattının tasarım sıcaklığının belirlenmesinde, her il için belirlenmiş olan tasarım değerleri kullanılmıştır [10]. Çalışmada ısı dağıtım sistemi olarak 12/17°C çalışma sıcaklığında hava kanalları kullanılmıştır.

## 2.4. Simülasyon Uygulaması

Çalışmada sayısal analiz işlemlerinin gerçekleştirilmesi için TRNSYS dinamik simülasyon programı [3] kullanılmıştır. Programın dinamik link kütüphane temelli yapısı sayesinde genel programlama dilleri kullanılarak; farklı cihaz, yapı ya da enerji sistemleri için oluşturulan matematik modellerin bu programda simüle edilebilecek program bileşeni haline getirilmesi mümkündür [9]. Program sayesinde ısıtma-soğutma uygulamasının yapılacağı yapının özellikleri ve sistemde kullanılan harici ekipmanların özellikleri kullanıcı tarafından belirlenmekte ve simülasyon sonucunda güneş enerjisi sisteminin çalışma özellikleri tespit edilebilmektedir. Çalışmada güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu ısı pompası bileşenlerinin ve güneş kolektör sisteminin matematik modeline göre oluşturulan ClimateWell-Solar Cooling v1.1 [4] yazılımı ile ofis binasının ve ısı pompası sisteminin ısıtma ve soğutma periyotları boyunca simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Ofis binasının kurulduğu ilin meteorolojik özelliklerinin belirlenmesinde, Meteorologik meteorolojik verileri [11] kullanılmıştır. Simülasyon

parametrelerinde süre olarak aylık simülasyon tanımlanmış, ısıtma-soğutma periyotları için her aya ait simülasyon işlemleri yapılarak, tüm yıl için sistemin çalışma özellikleri tespit edilmiştir. Simülasyonun gerçekleştirileceği bina tipi ofis, binanın bulunduğu bölge binanın kurulduğu il olarak belirlenmiştir. Simülasyon programında kontrol stratejisi olarak, güneş kolektörlerinden elde edilen termal enerjinin soğutma uygulamasında direkt olarak absorpsiyonlu cihaza verilmesi, ısıtma uygulamasında ise ısıtma ihtiyacı ve sıcak kullanım suyu eldesi için harici depolama tanklarına verilmesi öngörülmüştür. Konu ile ilgili yapılan yapılan deneysel çalışmalarda da ısıtma uygulaması için absorpsiyonlu cihazın yardımcı enerji kaynağı olarak kullanılmasının daha uygun olduğu tespit edilmiş, ayrıca deneysel ve sayısal analizler sonucunda elde edilen sonuçların birbirini doğruladığı bildirilmiştir [9]. Sistemde yardımcı ısıtma-soğutma sistemi olarak sırasıyla; ortalama verimi 0,7 olan elektrikli ısıtıcı ile soğutma tesir katsayısı 3 olarak belirlenen buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma sistemi seçilmiştir. Sistemin ekonomik analizi için, konutsal kullanımda ortalama elektrik birim fiyatı 0,42 kWh/TL [12] olarak alınmıştır.

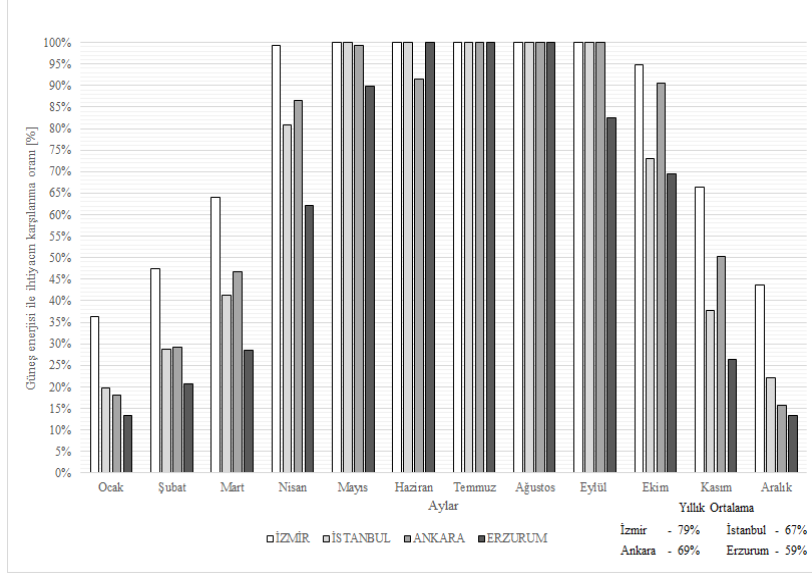
### 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Ülkemizin dört farklı derece-gün bölgesinde yer alan illerinde kurulu örnek ofis binalarının ısıtma ve soğutma uygulamaları için, aylık bazda yapılan simülasyon işlemleri sonucunda elde edilen toplam enerji değerleri, güneş enerjisi ile karşılama oranları, ortalama soğutma tesir katsayıları, güneş enerjisi kullanımına bağlı CO<sub>2</sub> tasarrufu ve ekonomik tasarruf değerleri Tablo 2.'de sunulmuştur.

**Tablo 2.** Tüm yıl boyunca ısıtma-soğutma uygulaması için simülasyon sonuçları

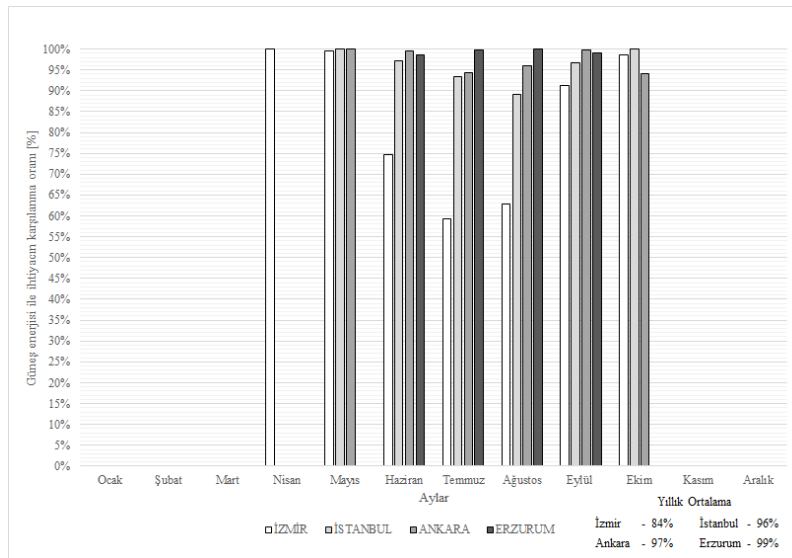
İLLER		İZMİR	İSTANBUL	ANKARA	ERZURUM
İhtiyaç duyulan yıllık toplam enerji miktarı [kWh]	Isıtma	16291	22375	27462	39323
	Sıcak kullanım suyu	1963	1963	1963	1963
	Soğutma	11401	4753	6083	2941
Güneş enerjisinden elde edilen yıllık toplam enerji miktarı [kWh]	Isıtma	8814	8794	10899	13406
	Sıcak kullanım suyu	1955	1934	1935	1931
	Soğutma	8484	4450	5891	2932
Güneş enerjisi ile yıllık ihtiyacının karşılama oranı [%]	Isıtma	79%	67%	69%	59%
	Sıcak kullanım suyu	100%	99%	99%	98%
	Soğutma	84%	96%	97%	99%
Yıllık ort. soğ. tes. kat. [-]	STK	0,44	0,36	0,38	0,35
Yıllık toplam tasarruf miktarı [TL]	Isıtma	5289	5275	6538	8044
	Sıcak kullanım suyu	1174	1159	1161	1157
	Soğutma	1188	624	824	411
	Toplam	7651	7058	8523	9612
CO <sub>2</sub> salınımindaki yıllık toplam azalma miktarı ve petrol eşdeğeri	CO <sub>2</sub> sal. azal. [kg]	19484	17981	21717	24487
	Petrol Eşd. [l]	8372	7725	9331	10522

Isıtma uygulaması için yapılan simülasyon sonuçları incelendiğinde, güneş enerjisi kullanımı ile yıl boyu ısıtma ihtiyacının önemli bir kısmının karşılanabildiği, özellikle mevsim geçişlerinde ihtiyacın tamamına yakınının karşılanabileceği görülmektedir. 4. derece-gün bölgesinde yer alan Erzurum ilinde bile, bu değer %59 olarak tespit edilmiştir. 1. derece-gün bölgesinde yer alan İzmir ilinde ise ısıtma ihtiyacının yaklaşık 4/5 oranında güneş enerjisi ile karşılanabildiği sonucuna varılmıştır. Güneş enerjili soğutma sistemlerinde, güneş enerjisi sistemin hem ısıtma hem de soğutma amaçlı kullanılabilir. Özellikle tasarlanması ile, sistemden yıl boyunca elde edilecek faydanın önemli ölçüde artmasını sağlanması, bu sayede sistemin geri ödeme süresinde önemli iyileştirmeler elde edilebilir.



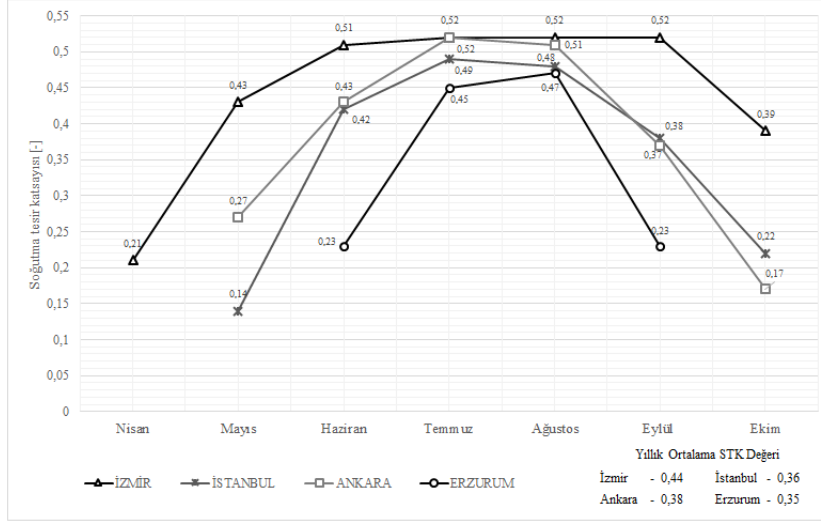
Şekil 3. Isıtma uygulaması simülasyon sonuçları

Soğutma uygulaması için elde edilen değerler incelendiğinde (Şekil 4), ikinci, üçüncü ve dördüncü derece-gün bölgelerinde, soğutma ihtiyacının tamamına yakınının güneş enerjisi ile karşılanabildiği görülmektedir. İzmir ili içinse bu değer %84 seviyesindedir. Sistem bileşenlerinde yapılacak küçük çaplı iyileştirmeler ya da soğutma uygulaması için çok küçük kapasiteli yardımcı enerji kaynakları kullanılarak, ofis binasının yıl boyunca soğutulması için ihtiyaç duyulan enerjinin tamamına yakını, güneş enerjisi ile karşılanabilir.



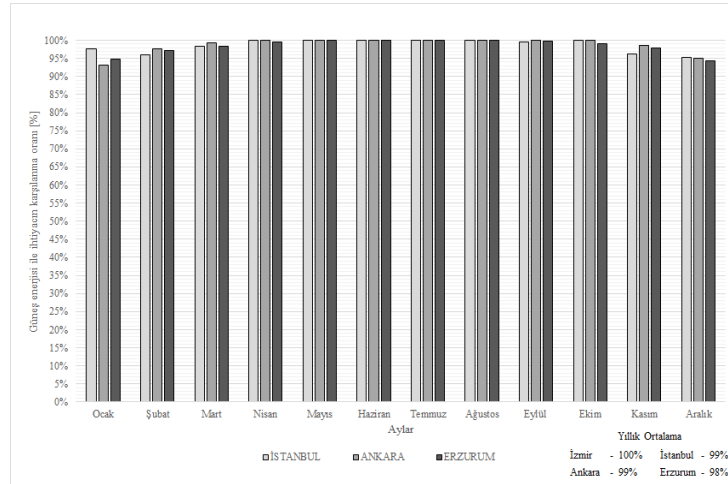
Şekil 4. Soğutma uygulaması simülasyon sonuçları

Absorbsiyonlu ısı pompası sisteminin soğutma periyodu boyunca soğutma tesir katsayılarının değişimi, grafiksel olarak Şekil 5.'te yer almaktadır. Buna göre yıl boyu ortalama soğutma tesir katsayısı değerlerinin 0,35 – 0,44 aralığında değiştiği görülmüştür. Güneş enerjisinin en verimli elde edildiği yaz aylarında soğutma tesir katsayılarının en yüksek değerleri aldığı görülmektedir. Soğutma periyotlarının daha kısa olduğu ve güneş enerjisinin daha az elde edilebildiği Nisan-Mayıs ve Eylül-Ekim aylarında, sistem performansı azalmaktadır. Tek kademeli klasik absorbsiyonlu soğutma sistemlerinin soğutma tesir katsayısının teorik olarak 0,6-0,7 arasında değiştiği [13] göz önüne alındığında, elde edilen sonuçlara göre sistem bileşenlerinin doğru olarak tasarlandığı söylenebilir.



Şekil 5. Soğutma tesir katsayılarının değişimi

Çalışmada, ofis çalışanlarının sıcak kullanım suyu ihtiyacının tamamına yakınının güneş enerjisi ile karşılanabildiği görülmektedir. Bu sayede, sistemden elde edilen net fayda artmakta, daha ekonomik ısıtma-soğutma sistemleri hayata geçirilmesi mümkün olmaktadır.

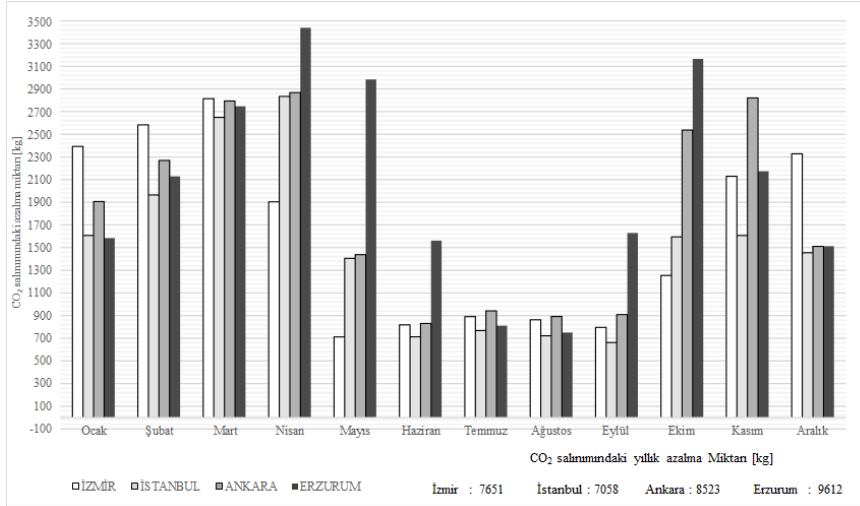


Şekil 6. Sıcak kullanım suyu ihtiyacı için simülasyon sonuçları

Tablo 2. incelendiğinde, ekonomik açıdan, güneş enerjisi kullanımına bağlı olarak elde edilen toplam tasarruf miktarında sıcak kullanım suyu eldesine bağlı tasarrufun, önemli bir payı olduğu görülmektedir. Toplam tasarruf miktarları incelendiğinde ise, güneş enerjisi kullanımına bağlı toplam ekonomik kazancın azımsanmayacak değerler aldığı görülmektedir, bu durum sistemin geri ödeme süresini azalmasına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır.



Enerji tasarrufuna bağlı olarak atmosfere salınan CO<sub>2</sub> oranında da önemli tasarruflar sağlandığı görülmektedir. Yapılan simülasyon işlemi sonucunda, tüm yıl boyunca güneş enerjisinin kullanımına bağlı olarak engellenen CO<sub>2</sub> salınımının yaklaşık 19 ilâ 24 ton arasında değiştiği görülmektedir. Bu miktar yaklaşık 8000 ilâ 10000 l. eş değer petrol kullanımına eşittir. Güneş enerjili sistemlerin kullanımının yaygınlaşması ile sağlanacak CO<sub>2</sub> salınımında azalma, enerji kullanımı ile ilgili ekolojik sorunların çözümünde önemli rol oynayacaktır. Şekil 7.'de, ısıtma-soğutma-sıcak kullanım suyu eldesi için güneş enerjisinin kullanımına bağlı CO<sub>2</sub> salınımındaki azalma miktarının aylık değişimi grafiksel olarak görülmektedir.



Şekil 7. CO<sub>2</sub> salınımındaki azalma miktarının aylara göre değişimi.

#### 4. SONUÇ

Bu çalışmada farklı derece-gün bölgelerinde yer alan İzmir, İstanbul, Ankara ve Erzurum illerinde kurulu 120 m<sup>2</sup> kullanım alanına sahip örnek bir ofis binasının ısıtma, soğutma ve sıcak kullanım suyu ihtiyacının güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu ısı pompası sistemi ile karşılanması incelenmiştir. Yapılan simülasyon işlemleri sonucunda; güneş enerjisi kaynaklı sistemin yıl boyunca farklı bölgelerde kurulu ofis binalarının soğutma ihtiyacının 84%-99% oranında, ısıtma ihtiyacının 59%-79% oranında, ve sıcak kullanım suyu ihtiyaçlarının tamamına yakını karşıladığı tespit edilmiştir. Absorpsiyonlu sistemin soğutma periyodu boyunca soğutma tesir katsayısının yıllık ortalama değerlerinin 0,35 – 0,44 değerleri arasında değiştiği, bu değerlerin yaz aylarında önemli ölçüde yükseldiği görülmüştür. Ayrıca güneş enerjili sistemi sayesinde, güneş enerjisinin kullanımına bağlı olarak 7651 – 9612 TL değerinde ekonomik tasarruf sağlandığı ve yaklaşık 19 ilâ 24 ton arasında CO<sub>2</sub> salınımının engellendiği sonucuna varılmıştır.

Yapılan simülasyon işlemleri sonucunda elde edilen değerler, güneş enerjili ısıtma-soğutma sisteminin, tekno-ekonomik açıdan uygulanabilir olduğunu göstermiştir. Ayrıca güneş enerjisi kullanımına bağlı olarak çevresel ve ekonomik açıdan önemli tasarruflar sağlanmıştır. Sistemin, farklı mevsimsel özelliklere sahip farklı derece-gün bölgelerinde kurulu olmasına rağmen, sistem performansının kabul edilebilir değerler arasında değiştiği görülmüştür. Ayrıca sistem bileşenlerinin belirlenmesinde, simülasyon işleminin sağladığı kolaylıklar vasıtasıyla, performansı daha yüksek, tekno-ekonomik açıdan daha uygulanabilir projelerin hayata geçirilmesi mümkün olmaktadır. Bu sayede sistemden elde edilen net fayda artmakta, sistemin geri ödeme sürelerinde önemli ölçüde azalmalar kaydedilmektedir. Tamamen temiz, yenilenebilir ve dışa bağımlı olmayan güneş enerjisi ile çalışan sistemlerinin kullanımının yaygınlaştırılması, enerji kullanımına bağlı sosyal, ekonomik ve ekolojik sorunların çözümünde büyük faydalar sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] HENNING H.M. Solar-assisted air-conditioning in buildings – A handbook for planners, Springer Wien New York, 136 pp., 2007.
- [2] ANONİM 2017a. T.C Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü-  
<http://www.eie.gov.tr/> (Erişim tarihi: 13.01.2017),
- [3] ANONİM 2017b. TRNSYS – Transient systems simulation program,  
<http://www.trnsys.com/>- (Erişim tarihi: 13.01.2017)
- [4] ANONİM 2010 a. ClimateWell-Solar Cooling Version 1.1, Sweden, 2010
- [5] ANONİM 2017c. Türk Standartları Enstitüsü TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları, 2008.
- [6] ANONİM 2017d. <http://www.viessmann.co.uk/en/residential-buildings/solar-thermal-systems/tube-collectors/vitosol-300t.html> (Erişim tarihi: 13.01.2017)
- [7] ANONİM 2017e. <http://www.earthsourceenergy.co.uk/> (Erişim tarihi: 13.01.2017)
- [8] ANONİM 2010 b. ClimateWell-Design\_ guidelines \_ cw 10 \_ cw 20 \_ v 9 \_ 32 \_ 1 \_ EN  
<http://www.climatewell.com/>- (Erişim tarihi:14.06.2010).2010,
- [9] PASTAKKAYA B., Bir konutun ısıtılması ve soğutulmasında güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu sistemlerin kullanımı,U.Ü. Fen Bil. En. Doktora Tezi,198 s., 2012.
- [10]ANONİM, 2009. ASHRAE American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers Hand Book, ASHRAE Inc, 2009, USA.
- [11]ANONİM 2011, Meteonorm meteorolojik verileri, <http://meteonorm.com/> (13.01.2017)
- [12]ANONİM 2017f, TEDAŞ (Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi) 2017 tarifeleri,  
[http://www.tedas.gov.tr/#!tedas\\_tarifeler](http://www.tedas.gov.tr/#!tedas_tarifeler)– (Erişim tarihi: 13.01.2017)
- [13] Sanjuan, C., Soutullo, S., Heras, M.R. Optimization of a solar cooling system with interior energy storage, Solar Energy, 84(7): 1244–1254. 2010

## ÖZGEÇMİŞ

### Bilsay PASTAKKAYA

1982 yılında Bursa'da dünyaya geldi. Uludağ Üniversitesi Müh.Mim.Fak. Makine Mühendisliği Bölümü'nde başladığı lisans eğitimini 2003 yılında tamamladı. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda 2005 yılında Yüksek Lisans, 2012 yılında Doktora eğitimini tamamladı. 2005 yılından beri Uludağ Üniversitesi Orhangazi Meslek Yüksekokulu Makine Programında Öğretim Görevlisi olarak çalışmakta, Enerji ve Ekoloji alanında çalışmalarını sürdürmektedir.