



**Bu bir MMO
yayıdır**

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

ÖRNEK BİR YAPININ ISITMA-SOĞUTMA UYGULAMASINDA GÜNEŞ ENERJİSİ KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİNİN SİMÜLASYON TEKNİĞİ İLE İNCELENMESİ

**BİLSAY PASTAKKAYA
KÜRŞAT ÜNLÜ
RECEP YAMANKARADENİZ
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ**

ÖRNEK BİR YAPININ ISITMA-SOĞUTMA UYGULAMASINDA GÜNEŞ ENERJİSİ KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİNİN SİMÜLASYON TEKNİĞİ İLE İNCELENMESİ

Bilsay PASTAKKAYA
Kürşat ÜNLÜ
Recep YAMANKARADENİZ

ÖZET

Temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklı sistemlerin kullanımı her geçen gün önemini arttırmaktadır. Bu sistemlerin doğru bir şekilde tasarlanması ve projelendirilmesinde simülasyon tekniklerinin kullanımı büyük faydalar sağlamaktadır. Bu çalışmada, dinamik simülasyon tekniği kullanılarak Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği laboratuvarlarında inşa edilen bir konfor odasının, yıl boyu ısıtma, soğutma ve sıcak su ihtiyacının güneş enerjisi ile karşılanması incelenmiştir. Çalışmada simülasyon işlemleri için TRNSYS programında oluşturulan ClimateWell-Solar Cooling v1.1 yazılımı kullanılmıştır. Çalışma sonucunda güneş enerjisi sisteminin, konfor odasının yıllık ısıtma, soğutma ve sıcak kullanım suyu ihtiyacının güneş enerjisi ile karşılanma oranları sırasıyla %63, %99 ve %99 olarak hesaplanmıştır. Soğutma uygulamasında kullanılan absorpsiyonlu ısı pompası sisteminin soğutma periyodu boyunca soğutma tesir katsayısının yıllık ortalama değerinin 0,27 olduğu görülmüştür. Güneş enerjisinin kullanımı ile sağlanan enerji tasarrufuna bağlı olarak yıllık toplam 1296 TL ekonomik tasarruf elde edildiği ve CO₂ salınımında 11974 kg'lık azalma sağlandığı tespit edilmiştir. Çalışmada, güneş enerjisi kaynaklı ısıtma-soğutma uygulaması için dinamik simülasyon tekniği ile elde edilen sonuçların, deneysel sonuçlarla büyük benzerlik taşıdığı görülmüştür. Yenilenebilir enerji sistemlerinin projelendirilmesinde dinamik simülasyon tekniğinin ile yapılan analizlerin büyük faydalar sağlayacağı ve bu sistemlerin kullanımının yaygınlaştırılmasında önemli rol oynayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, Simülasyon tekniği, Isı pompası, Isıtma-soğutma.

ABSTRACT

The use of clean and renewable energy sources is becoming more important day by day. Using simulation techniques gains great benefits in designing and planning of these systems properly. In this article, solar fraction of energy supply for the annual heating, cooling and domestic hot water requirement of a test room built in Uludağ University Mechanical Engineering laboratories was investigated by using dynamic simulation technique. ClimateWell-Solar Cooling v1.1 build up with TRNSYS simulation programme was used in numerical analysis. The results of the study showed that solar fraction of energy supply for the annual heating, cooling and domestic hot water of the test room are 63%, 99% and 99% respectively. It was obtained that annual average coefficient of performance (COP) for cooling of the absorption system was 0.27 through the cooling period. 1296 TL economic savings for cooling, heating and domestic hot water demand and 11974 kg CO₂ savings were achieved annually by using solar energy. It was concluded that the results for the dynamic simulation technique and experimental analysis are similar. It is expected that the analyses, obtained by dynamic simulation technique in designing renewable energy systems, will provide great benefits and play a crucial role for wide spread use of these systems.

Key Words: Solar energy; Simulation technique, Heat pump, Heating-cooling.

1. GİRİŞ

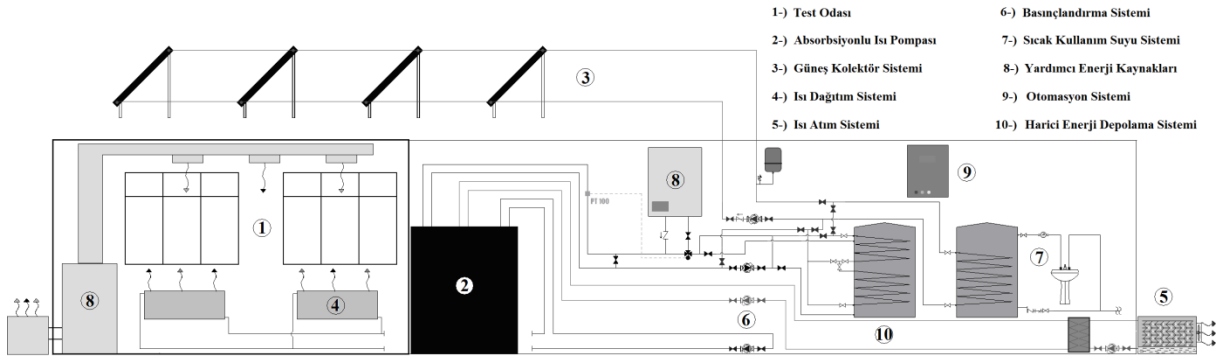
Enerji kullanımına bağlı sorunların artışına paralel olarak, yenilenebilir enerji kaynaklı evsel ve endüstriyel enerji sistemlerinin kullanımına yönelik ilgi de her geçen gün artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı çevresel ve sosyal açıdan önemli avantajlara sahip olsa da bu sistemlerin kurulum maliyetlerinin alternatiflerine göre yüksek oluşu bu sistemlerin kullanımının yaygınlaşması noktasında önemli bir sorun olmaktadır. Ayrıca günümüzde kullanılan geleneksel sistemlerin kurulumu ve işletimi için sahip olunan mevcut bilgi birikimi göz önüne alındığında, yenilenebilir enerji sistemlerinin tasarım ve uygulama noktasında güvenilirliği hala tartışma konusudur. Bu nedenle söz konusu sistemlerin tasarım ve projelendirilmesinde gereken hesaplamaların doğru bir şekilde yapılması, hem sistemden sağlanacak katma değer artışı hem de sistemin güvenilirliği açısından büyük önem arz etmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı tarafından gerçekleştirilen çalışmalar [1,2] ve sistem tasarımlarının için sunulan rehber kaynaklar [3-6], yenilenebilir enerjinin kullanımının yaygınlaştırılması ve sistem ile ilgili araştırma-geliştirme faaliyetlerinin sağlanması konusunda önemli yararlar sağlamıştır. Ayrıca geliştirilen simülasyon programları [7] sayesinde birçok farklı yenilenebilir enerji sisteminin doğru şekilde projelendirilmesi mümkün olmaktadır. Konu ile ilgili yapılan uygulamalı araştırma çalışmalarında [8,9] güneş enerjisi kaynaklı sistemlerin ısıtma ve soğutma amaçlı kullanımları deneysel olarak incelenerek, elde edilen sonuçlar ile farklı tasarımların hayata geçirilmesine önemli katkılar sağlanmıştır.

Bu çalışmada dinamik simülasyon tekniği kullanılarak Uludağ Üniversitesi Görükle yerleşkesinde inşa edilen bir konfor odasının [10] yıl boyu ısıtma, soğutma ve sıcak su ihtiyacının güneş enerjisi ile karşılanması incelenmiştir. Çalışmada simülasyon işlemleri için TRNSYS [7] programında oluşturulan ClimateWell-Solar Cooling v1.1 [11] yazılımı kullanılmıştır. Çalışma sonucunda güneş enerjisi kaynaklı sistemin, konfor odasının yıllık ısıtma, soğutma ve sıcak kullanım suyu ihtiyacının güneş enerjisi ile karşılanma oranları hesaplanmıştır. Soğutma uygulamasında kullanılan absorpsiyonlu ısı pompası sisteminin soğutma tesir katsayısı değerleri hesaplanmış, güneş enerjisinin kullanımı ile sağlanan enerji tasarrufuna bağlı olarak elde edilen ekonomik tasarruf değeri ve CO₂ salınımlarında sağlanan azalma miktarları tespit edilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Konfor Odası ve Güneş Enerjisi Sistemi

Pastakkaya tarafından gerçekleştirilen çalışmada [10] bir konutun güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu ısı pompası sistemi vasıtasıyla ısıtılması ve soğutulması deneysel ve sayısal olarak incelenmiştir. Bu amaçla Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü laboratuvar binasında oluşturulan deney tesisatı ile konunun deneysel olarak incelenmesi sağlanmış, TRNSYS simülasyon programı [7] ile de sistemin tüm yıllık ve belli şartlar altındaki çalışma performansları incelenerek, elde edilen deneysel veriler ile simülasyon sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada incelenen güneş enerjisi sistemini oluşturan bileşenler Şekil 1.'de görülmektedir.



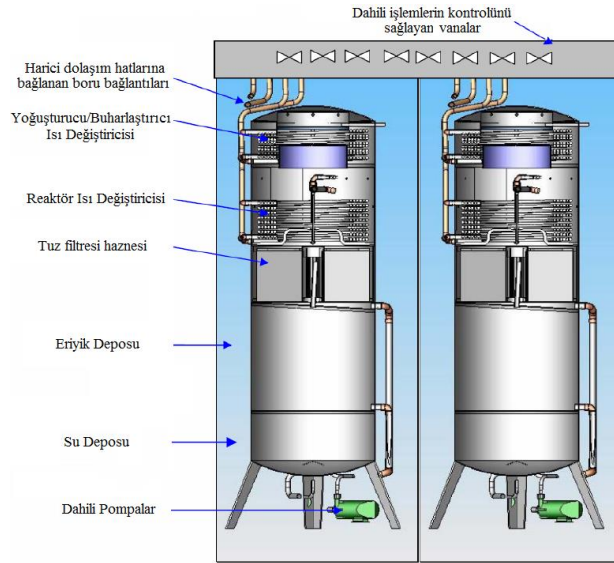
Şekil 1. Güneş enerjisi sisteminin şematik görünümü [10].

Çalışmada incelenen konfor odası, 30 m² taban alanına sahiptir ve brüt hacmi 84 m³'tür. Konfor odasının soğutma yükü değeri 4223 W, ısıtma yükü değeri ise 2069 W olarak tespit edilmiştir. Uygulamada 2280 W soğutma ve 7825 W ısıtma kapasitesine sahip fan-coiller, ısı dağıtım sistemi olarak tercih edilmiştir. Isı atım hattında 46 kW soğutma gücündeki ıslak tip soğutma kulesi kullanılmıştır. Sistemde ayrıca harici ısı depolama ve sıcak kullanım suyu eldesi için 2 adet 1000 lt hacminde boyler yer almaktadır.



Şekil 2. Konfor odası ve ısı dağıtım sistemi [10].

Çalışmada incelenen güneş enerjisi kaynaklı ısı pompası sistemi, ticari olarak üretilen ve dâhili enerji depolamalı LiCl-Su eriyikli bir absorpsiyonlu ısı pompası ve harici donanımlarından oluşmaktadır [12]. Tek kademeli ısı pompası sistemi 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 ve 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 atım 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. Bu sayede sistem ısıtma-soğutma uygulamasını gerçekleştirirken aynı zamanda termal enerjinin cihaz içinde dâhili olarak depolanmasını da sağlayabilmektedir. Haznelerin şarj-deşarj geçişleri manüel ya da cihazın farklı çalışma modlarına göre otomatik olarak gerçekleştirilebilmektedir [10]. Absorpsiyonlu ısı pompası şematik görünümü Şekil 3.'te yer almaktadır.



Şekil 3. Absorpsiyonlu ısı pompası sistemini şematik görünümü [13].

Çalışmada incelenen absorpsiyonlu sistem için gereken termal enerji, soğurucu yüzeyi titanyum kaplı ve yüksek ısı yalıtımlı düz tip güneş kolektörleri aracılığı ile güneş enerjisinden karşılanmaktadır. Güneş kolektör sistemi dört adet kolektörün seri olarak bağlandığı dörtlü kolektör paketlerinin paralel olarak bağlanması ile oluşmaktadır ve toplam 40 m² yüzey alanına sahiptir. Kolektörler binanın çatısında 30° eğim ve güney yönünden doğu yönüne doğru 40°'lik bir sapma ile yerleştirilmiştir. Güneş enerjisinin yetersiz kaldığı ya da elde edilemediği durumlarda yardımcı enerji kaynağı olarak 9,6 kW ısıtma gücünde elektrikli ısıtıcı kullanılmaktadır.



Şekil 4. Güneş kolektör sistemi [10].

2.2. Simülasyon Tekniği

Çalışmada incelenen konfor odasının tüm yıl boyunca ısıtma, soğutma ve sıcak kullanım suyu ihtiyacının tespiti ve bu ihtiyacın güneş enerjisi ile karşılanma oranının belirlenebilmesi için dinamik simülasyon programı TRNSYS [7] 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 [10]. 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 konfor odasının, güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu ısı pompası bileşenlerinin ve güneş kolektör sisteminin matematik modeline göre oluşturulan yazılım [11] ile tüm sistemin ısıtma ve soğutma periyotları boyunca simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Konfor odasının kurulu bulunduğu bölgenin meteorolojik özelliklerinin belirlenmesinde, Bursa iline ait Meteoroloji meteorolojik verileri [14] kullanılmıştır. Simülasyon parametrelerinde süre olarak aylık simülasyon tanımlanmış ve ısıtma-soğutma periyotları için her aya ait simülasyon işlemleri yapılarak, tüm yıl için sistemin çalışma özellikleri tespit edilmiştir. Simülasyonun gerçekleştirileceği bina tipi konut, binanın bulunduğu bölge Bursa-Türkiye olarak belirlenmiştir. Sistem için yardımcı enerji kaynağı olarak elektrikli enerji kullanılmıştır. Yardımcı ısıtma-soğutma sistemi olarak sırasıyla; ortalama verimi 0,7 olan elektrikli ısıtıcı ile soğutma tesir katsayısı 2 olarak belirlenen buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma sistemi seçilmiştir. Sistemin ekonomik analizi için, konutsal kullanımda ortalama elektrik birim fiyatı 0,24 kWh/TL [15] olarak alınmıştır.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

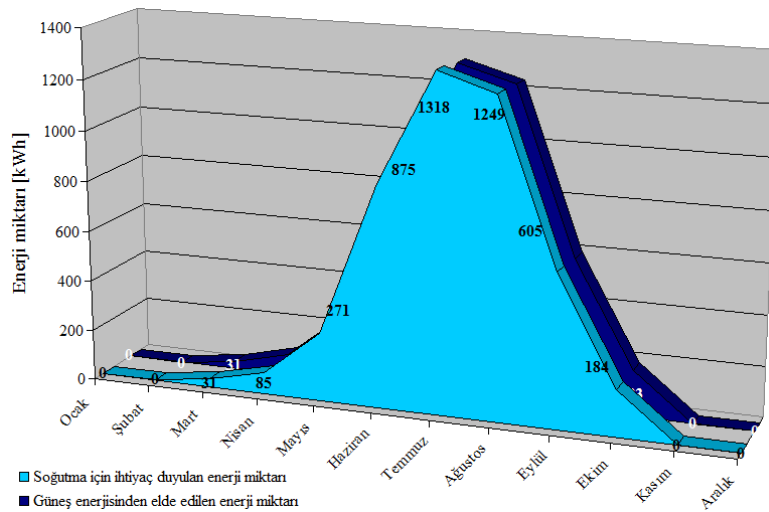
Bursa ilinde kurulan konfor odasının ısıtma-soğutma periyotları için yapılan simülasyon işlemleri sonucunda tüm bir yıl boyunca absorpsiyonlu sistem, konfor odasının soğutma ihtiyacının %99'luk kısmını, ısıtma ihtiyacının ise %63'lük bölümünü karşılamıştır. Ayrıca yapının yıllık sıcak kullanım suyu ihtiyacının %99'luk bölümü de güneş enerjisinden sağlanmıştır. Buna göre kurulan sistem, yapının soğutma ve sıcak kullanım suyu ihtiyacının tamamına yakını, ısıtma ihtiyacının %63'lük kısmını karşılayarak, çevresel ve ekonomik açıdan önemli faydalar sağlamıştır.

Tablo 1. Soğutma uygulaması aylık simülasyon sonuçları [10]

AYLAR	İhtiyaç duyulan enerji miktarı [kWh]		Güneş enerjisinden elde edilen enerji miktarı [kWh]		Güneş enerjisi ile ihtiyacın karşılanma oranı [%]		Absorbsiyonlu sistem STK değeri [-]
	Soğutma	Sıcak kullanım suyu	Soğutma	Sıcak kullanım suyu	Soğutma	Sıcak kullanım suyu	Soğutma
Mart	31	19	31	19	%100	%100	0,05
Nisan	85	42	84	42	%98	%100	0,12
Mayıs	271	56	268	56	%100	%99	0,21
Haziran	875	66	873	66	%100	%100	0,37
Temmuz	1318	81	1303	81	%99	%100	0,44
Ağustos	1249	94	1239	94	%99	%100	0,44
Eylül	605	85	593	85	%98	%100	0,32
Ekim	184	63	183	63	%99	%100	0,23

Soğutma periyodu için elde edilen değerler incelendiğinde (Tablo 1.), sistemin soğutma tesir katsayısının, kullanılabilir güneş enerjisi miktarı ve soğutma periyodunun uzunluğu ile doğru orantılı olarak değiştiği görülmektedir. Örneğin, Mart ayında soğutma ihtiyacının tamamı absorpsiyonlu sistem ile karşılanabilmektedir ancak sistemin soğutma tesir katsayısının 0,05 olduğu görülmüştür. Bunun nedeni Mart ayı içerisindeki soğutma periyodunun son derece kısa oluşu ve güneş enerjisinden elde edilen faydalı enerji miktarının az oluşudur. Soğutma periyotlarının uzadığı ve güneş enerjisi miktarının arttığı yaz aylarında, sistemin soğutma tesir katsayısı artarak 0,44 mertebelerine kadar ulaşmıştır. Simülasyon uygulamasında, günlük soğutma periyodu için ortalama soğutma tesir katsayısı 0,3 olarak hesaplanırken, Ağustos ayı için aylık soğutma periyodu ortalama soğutma tesir katsayısı değeri 0,44 olarak hesaplanmıştır. Daha uzun soğutma periyotlarında sistem daha verimli çalışmakta ve soğutma tesir katsayısı artmaktadır.

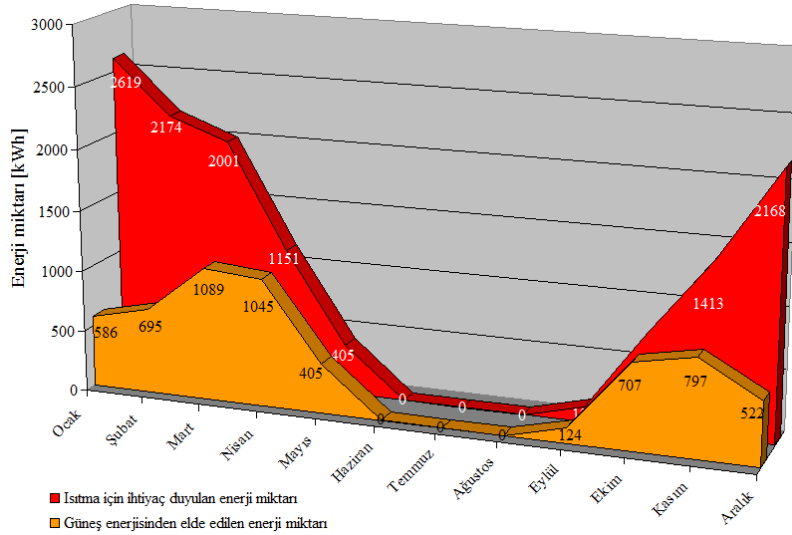
Konfor odasının yıllık soğutma enerjisi ihtiyacı ve soğutma ihtiyacının güneş enerjisi ile elde edilen miktarının grafiksel görünümü Şekil 5.'te yer almaktadır. Tüm yıl boyunca konfor odasının soğutma ihtiyacının tamamına yakını (%99), absorpsiyonlu sistem vasıtasıyla güneş enerjisi kullanılarak karşılanabilmektedir. Mart, Mayıs ve Haziran aylarında ise soğutma ihtiyacının tamamı güneş enerjisi ile karşılanmıştır. Ayrıca elde edilen simülasyon sonuçlarının, deneysel çalışma sonucunda elde edilen sonuçlarla büyük benzerlik taşıdığı görülmüştür [10].

**Şekil 5.** Konfor odasının yıllık soğutma ihtiyacı ve güneş enerjisi ile karşılanma miktarı.

Isıtma periyodu için elde edilen değerler incelendiğinde (Tablo 2.), tüm yıl boyunca test odasının ısıtma ihtiyacının %63'lük bölümünün güneş enerjisi ile karşılandığı görülmektedir. Isıtma periyodu boyunca Eylül ve Mayıs aylarında ısıtma ihtiyacının tamamı, Ekim ayında %89'u, Nisan ayında ise %91'lik bölümü güneş enerjisi ile karşılanmıştır. Güneş enerjisinin ısıtma ihtiyacını karşılama oranı kış aylarında azalsa da, bu oranın en düşük olduğu Ocak ayında dahi ihtiyacın % 22'lik bölümünün sistem ile karşılanabildiği tespit edilmiştir.

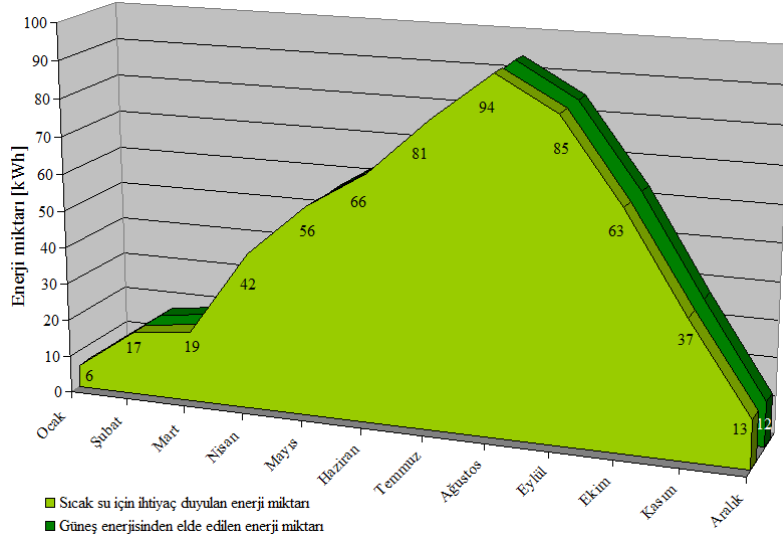
Tablo 2. Isıtma uygulaması aylık simülasyon sonuçları [10]

AYLAR	İhtiyaç duyulan enerji miktarı [kWh]		Güneş enerjisinden elde edilen enerji miktarı [kWh]		Güneş enerjisi ile ihtiyacın karşılama oranı [%]	
	Isıtma	Sıcak kullanım suyu	Isıtma	Sıcak kullanım suyu	Isıtma	Sıcak kullanım suyu
Eylül	124	85	124	85	%100	%100
Ekim	796	63	707	63	%89	%100
Kasım	1413	37	797	37	%56	%100
Aralık	2168	13	522	12	%24	%91
Ocak	26190	6	586	6	%22	%100
Şubat	2174	17	695	17	%32	%100
Mart	2001	31	1089	31	%54	%100
Nisan	1151	42	1045	42	%91	%100
Mayıs	405	56	405	56	%100	%100



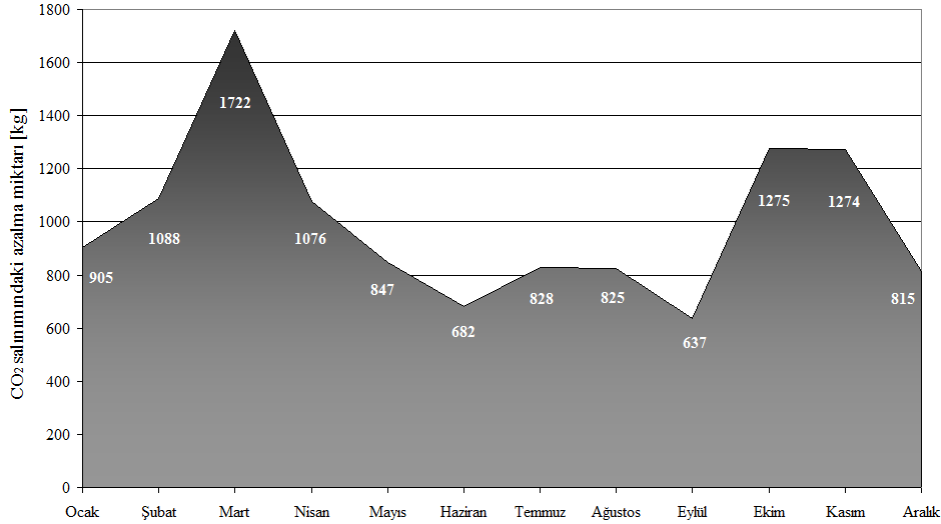
Şekil 6. Konfor odasının yıllık ısıtma ihtiyacı ve güneş enerjisi ile karşılama miktarı.

Şekil 7'de konfor odasının yıllık sıcak kullanım suyu ihtiyacı ve bu ihtiyacın güneş enerjisi ile elde edilen miktarı görülmektedir. Sıcak kullanım suyu ihtiyacının %99'luk bölümü güneş enerjisi sistemi ile karşılanmıştır. Bu oran Mayıs ve Aralık aylarında sırasıyla %99 ve %91 olup diğer aylarda sıcak kullanım suyu ihtiyacının tamamı güneş enerjisi ile karşılanmıştır.



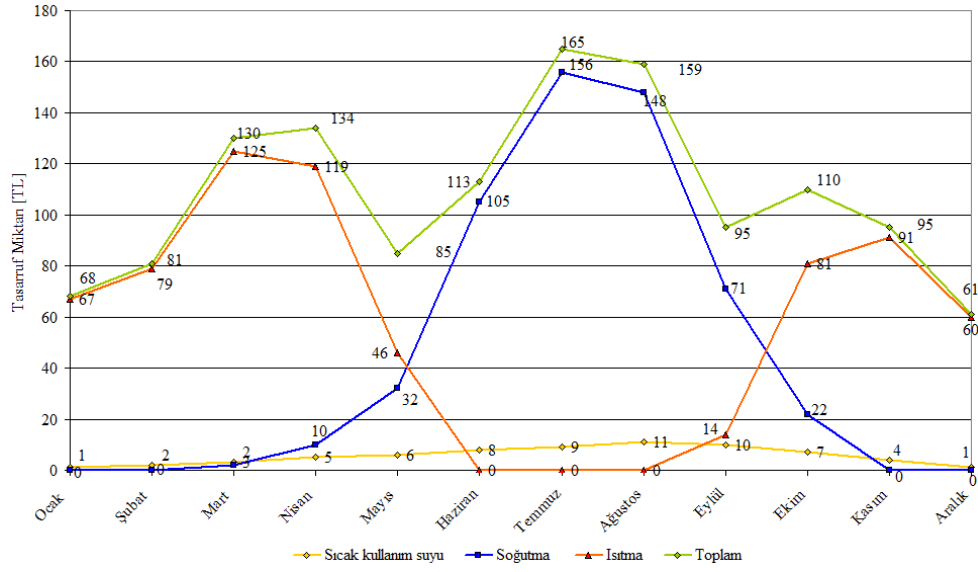
Şekil 7. Konfor odasının kullanım suyu ihtiyacı ve güneş enerjisi ile karşılanma miktarı.

Enerji tasarrufuna bağlı olarak enerji kullanımı sonucu atmosfere salınan CO₂ oranında da önemli miktarda azalma kaydedilmiştir. Yapılan simülasyon işlemi sonucunda, tüm yıl boyunca güneş enerjisinin kullanımına bağlı olarak toplam 11974 kg CO₂ salınımının engellendiği tespit edilmiştir. Bu miktar 5415 l. eş değer petrol kullanımına eşittir. Güneş enerjisi kaynaklı sistemin kullanımına bağlı CO₂ salınımında sağlanan azalma, enerji kullanımı ile ilintili sorunların çözümünde, kurulan sistemin sağlayacağı faydaların önemini ortaya koymaktadır. Şekil 8.'de, ısıtma-soğutma-sıcak kullanım suyu eldesi için güneş enerjisinin kullanımına bağlı CO₂ salınımındaki azalma miktarının aylık değişimi grafiksel olarak sunulmuştur.



Şekil 8. CO₂ salınımındaki azalma miktarının aylara göre değişimi.

Enerji ihtiyacının güneş enerjisi ile karşılanması, kullanılan fosil yakıt miktarını azaltarak ekonomik açıdan da önemli faydalar sağlamıştır. Test odası için yıllık simülasyon uygulamasında, güneş enerjisinin kullanımı ile sağlanan enerji tasarrufunun ekonomik analizi yapılmıştır. Yapılan analizde enerji kaynağı olarak elektrik enerjisi seçilmiştir. Şekil 9.'da güneş enerjisi kullanımının ısıtma, soğutma ve sıcak kullanım suyu temininde sağladığı ekonomik tasarruf miktarının aylara göre değişimi görülmektedir. Güneş enerjisinin kullanımı, enerji kullanımına bağlı yıllık toplam 1296 TL ekonomik tasarruf sağlamıştır. Bu tasarruf miktarının 682 TL ısıtma uygulamasından, 546 TL soğutma uygulamasından, 67 TL ise sıcak kullanım suyu eldesinden sağlanmıştır.



Şekil 9. Ekonomik tasarruf miktarının aylara göre değişimi.

4. SONUÇ

Bu çalışmada Bursa ilinde yer alan 30 m² kullanım alanına sahip örnek bir yapının ısıtma, soğutma ve sıcak kullanım suyu ihtiyacının güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu ısı pompası sistemi ile karşılanması sayısal olarak incelenmiştir. Yapılan simülasyon işlemleri sonucunda; güneş enerjisi kaynaklı sistemin yıl boyunca konfor odasının soğutma ihtiyacının %99'luk, ısıtma ihtiyacının %63'lük, ve sıcak kullanım suyu ihtiyaçlarının %99'luk kısmını karşıladığı tespit edilmiştir. Absorpsiyonlu sistemin soğutma periyodu boyunca soğutma tesir katsayısının yıllık ortalama değerinin 0,27 olduğu görülmüştür. Ayrıca güneş enerjili sisteminin ekonomik ve çevresel açıdan önemli faydalar sağladığı görülmüştür. Buna göre tüm yıl boyunca güneş enerjisinin kullanımına bağlı olarak sağlanan enerji tasarrufu sonucu yıllık toplam 1296 TL'lik ekonomik tasarruf sağlandığı ve 11974 kg CO₂ salınımının engellendiği görülmüştür.

Tüm yıl boyunca konfor odasının soğutma ihtiyacının tamamına yakını absorpsiyonlu sistem vasıtasıyla güneş enerjisi kullanılarak karşılanabilmektedir. Simülasyon sonucu göstermektedir ki soğutma uygulaması için absorpsiyonlu sistemin tercih edilmesi durumunda ek bir soğutma sistemine ihtiyaç duyulmadan yıllık tüm soğutma ihtiyacı bu sistem ile karşılanabilmektedir. Bu nedenle güneş enerjisinin yetersiz kaldığı durumlar için yardımcı enerji kaynağı olarak ek bir ısıtıcı sistemin kullanılması daha doğru bir yaklaşım olacaktır.

Yıllık ısıtma periyodu boyunca güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu sistem, soğutma ve sıcak kullanım suyu ihtiyacının tamamına yakını, ısıtma ihtiyacının ise önemli bir bölümünü karşılayarak, bu ihtiyaçların karşılanması için kullanılan enerji miktarında büyük tasarruflar sağlamıştır. Simülasyon uygulaması sonucunda, tamamen temiz, yenilenebilir ve dışa bağımlı olmayan güneş enerjisinin kullanımı ile hem çevresel hem de ekonomik açıdan önemli faydalar sağlandığı görülmektedir. Sistemin, yıl boyunca ısıtma ihtiyacının önemli bir bölümünü karşılaması ile amortisman süresinin kısalması ve işletme giderlerinin azalması noktasında önemli faydalar sağlanmaktadır. Özellikle, kış aylarında güneşlenme oranı yüksek ve dış ortam sıcaklığı ortalamasının göreceli olarak fazla olduğu bölgelerde, sistemin ısıtma uygulaması için kullanılması ile daha verimli ve uygulanabilir sistemlerin hayata geçirilmesi mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] ANONİM 1999. International Energy Agency, Task 25 - Solar assisted air conditioning of buildings. <http://www.iea-shc.org/task25/index.html>-(Erişim tarihi: 31.07.2011). 1999.
- [2] ANONİM 2006. International Energy Agency, Task 38 - Solar air-conditioning and refrigeration. <http://www.iea-shc.org/task38/index.html>-(Erişim tarihi: 31.07.2011), 2006.
- [3] HENNING H.M. Solar-assisted air-conditioning in buildings – A handbook for planners, Springer Wien New York, 136 pp., 2007.
- [4] ANONİM 2005a. Solar heating and cooling of residential buildings: Design of systems, Solar Energy Applications Laboratory Colorado State University, University Press of the Pacific, Hawaii, 632 pp., 2005.
- [5] ANONİM 2005b. Solar heating and cooling of residential buildings: Sizing, installation and operation of systems, Solar Energy Applications Laboratory Colorado State University, University Press of the Pacific, Hawaii, 744 pp.,2005.
- [6] HENNING, H.M. Solar-assisted air-conditioning in buildings – A handbook for planners, Springer Wien New York, 136 pp.,2007.
- [7] ANONİM 2015. TRNSYS – Transient systems simulation program, <http://www.trnsys.com/>-(Erişim tarihi: 01.01.2015).2015.
- [8] PASTAKKAYA B., YAMANKARADENİZ N., COŞKUN S., KAYNAKLI Ö., YAMANKARADENİZ R. Experimental Analysis of a Solar Absorption System with Interior Energy Storage. Journal of Energy in Southern Africa 23: 39-49, 2012
- [9] SYEDA., IZQUIERDO M., RODRÍGUEZ P., MAIDMENT G., MISSENDEN J., LECUONA A., TOZER R. 2005. A novel experimental investigation of a solar cooling system in Madrid, International Journal of Refrigeration, 28(6): 859–871.
- [10] PASTAKKAYA B., Bir konutun ısıtılması ve soğutulmasında güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu sistemlerin kullanımı, U.Ü. FenBil. En. Doktora Tezi, 198 s., 2012.
- [11] ANONİM 2010 a. ClimateWell-Solar Cooling Version 1.1, Sweden, 2010
- [12] 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,
- [13] BALES, C., NORDLANDER, S., TCA Evaluation lab measurements, modelling and system simulations, Solar energy research center, Borlänge, Sweden, 2005.
- [14] ANONİM 2011, Meteororm meteorolojik verileri, <http://meteororm.com/> (Erişim tarihi: 01.09.2011) 2011.
- [15] ANONİM 2012, TEDAŞ (Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi) 2012 tarifeleri, http://www.tedas.gov.tr/tarifeler_xls/2012_trf/ocak%202012.xls – (Erişim tarihi 22.01.2012) 2012.

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 ve araştırma konuları ile ilgili yerli ve yabancı kuruluşlara teknik danışmanlık hizmeti vermektedir.

Kürşat ÜNLÜ

1972 yılında Uşak'ta doğdu. İlk, orta, lise tahsilini Bursa'da tamamladı. 1996 yılında Uludağ Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Makine Mühendisliği Bölümü'nde Lisans eğitimini tamamlayıp, aynı yıl Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Eğitimine başladı. Aynı zamanda 1998 yılına kadar Doğan Gaz özel sektöründe Proje Mühendisi olarak çalıştı. Bu tarihten sonra Uludağ Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak çalışmalarını sürdürdü. 2005 yılında doktorasını tamamladı. İlgilendiği



konular; ısı pompaları, klima sistemleri, yenilenebilir enerji kaynakları ve doğal gaz sistemleridir. Halen Uludağ Üniversitesi Orhangazi Meslek Yüksekokulu'nda Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır.

Recep YAMANKARADENİZ

1954 yılında Bafra'da doğdu. 1975 yılında İTÜ Makine Fakültesi'nde doktorasını tamamladı. 1990 yılında Isı Tekniği dalında doçent oldu. 1995 yılında Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünde Profesör oldu. Halen Uludağ Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Makine Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi olarak görev yapmaktadır. Isıtma, soğutma, klima, doğalgaz ve yangın konularında çalışmalarını sürdürmektedir.