

# Güneşle Aktif Soğutma Sistemi Üzerine Bir Yaklaşım: İtalya ve Türkiye İçin Örnek Uygulama

Andrea KINDINIS  
Stefano P. CORGNATI  
Emanuele BIANCO  
Zerrin YILMAZ

## ÖZET

Güneşle soğutma sistemleri, konut yapılarında enerji korunumu ve aynı zamanda kullanıcı konforunu arttırmada bir alternatif sunmaktadır. Bu çalışmada yaz dönemi süresinde konutlardaki soğutma enerjisi ihtiyacını karşılamada soğurmalı (absorbsiyonlu) soğutma grubu ile birlikte çalıştırılan ısı güneş sisteminin etkililiği incelenmiştir.

Güneşle soğutma sisteminin analizinde sayısal hesaplamalar gerçekleştirilmiş, Simulink® aracılığıyla dinamik modellemeler oluşturulmuş; analizi yapılan konut binası İtalya ve Türkiye’de yer alan farklı iklimsel verilere sahip şehir koşullarında test edilmiştir.

Binaların soğutma ihtiyaç profilleri ele alındığında, çalışılan güneşle soğutma sisteminin farklı şehirlerdeki etkililiğinin ortaya koyulması amacı ile, güneşle soğutma sisteminin enerji performansı; enerji tüketimi, karbondioksit salımı ve ekonomiklik açılarından geleneksel bir sistem ile karşılaştırılmıştır.

Sonuçlar; soğutma günlerinin yılın büyük bir bölümünü oluşturduğu Akdeniz ikliminde ve özellikle günlük soğutma yüklerinin çok yüksek olmadığı konut yapılarında, güneş ile soğutmanın etkili bir teknik olduğunu göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş ile soğutma sistemleri, konut binaları

## 1. GİRİŞ

Binalarda enerjinin rasyonel kullanımı konusu dünyada hem yerel hem de ulusal bir politika olarak büyümektedir. Bu durum, fosil enerji fiyatlarının son beş yıldır artmasına bağlı olarak petrol sektöründeki istikrarsızlığın ve dünyadaki büyük sanayi ülkelerinin sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik vardıkları ortak anlaşmanın sonucudur.

Sanayileşmiş ülkelerde tüketilen birincil enerjinin %35’i konut ve üçüncül hizmet yapılarında kullanılmaktadır. Binalar tarafından tüketilen toplam enerjinin ise %81’i iç mekân iklimsel konforunun kontrolünde kullanılmaktadır. Konut binalarının enerji tüketimi, genellikle soğutma amaçlı iklimlendirme sistemlerinin yaygın olarak kullanılmaya başlanmasına bağlı olarak, sürekli bir artış göstermektedir.

## Abstract:

Solar cooling may represent an alternative to save energy in residential buildings, and at the same time improving comfort of dwellings. The effectiveness of a solar thermal system coupled with an absorption chiller in order to satisfy the residential energy demand for cooling during the summer season is here investigated.

Numerical simulations have been carried out in order to analyse the solar cooling system, carried out through a Simulink® dynamic model; the analysed residential building has been studied in different cities with different climatic conditions located in Italy and in Turkey. Considering the cooling demand profile of the buildings, the energy performance of the solar cooling system was compared with a traditional one, in terms of energy consumptions, carbon dioxide productions and economic savings, with the purpose to find the effectiveness of solar cooling system for different cities.

Results show that solar cooling is a promising technique in the Mediterranean climate, which presents many cooling days per year, and especially for the residential building sector, characterized by cooling loads not too high during the day.

## Key Words:

Solar cooling, residential buildings

Fosil kaynaklı enerji tüketiminin sınırlandırılması için binalardaki enerji kullanım ihtiyaçlarının azaltılmasının yanı sıra yenilenebilir kaynaklardan binalara enerji sağlanması da önerilmektedir.

Güneş enerjisi destekli soğutma, yıl boyunca sıhhi sıcak su sağlayan ve yaz mevsiminde üretilen fazla sıcak su ile ısı soğutma gruplarının ihtiyacını karşılayan güneş enerjisine dayalı ısı bir santral sistemi olarak, konut yapılarında enerji korunumu sağlayacak aktif bir teknik olarak gözükmektedir.

Yıl boyunca sıcak suyun neredeyse tamamını sağlayabilecek bir güneş sisteminin tasarımında, sıcak aylarda ortaya çıkacak ısı üretimi ihtiyaç duyulandan fazla olacaktır. Bu nedenle, güneş enerjisi destekli soğutma sistemi ile birlikte çalıştırıldığında, sistemin çalışma verimi ve kapasitesi artırılmış olacaktır.

Yaz mevsimi süresince, binanın soğutma gereksinimi güneş ışınımının olduğu saatlerdir. Böylece güneş sistemindeki tüm ihtiyaç fazlası üretimin, geleneksel kazanlar ile birlikte, soğurmalı (absorpsiyonlu) soğutma sisteminin çalıştırılmasında kullanılması mümkündür. Ayrıca bu sayede soğutma sistemi, binanın elektrik enerjisi uç ihtiyaçlarını zorlamayacaktır. Sistem verimliliğini arttırmada ve HVAC sistemlerinin bina mimarisi ile entegrasyonunu geliştirmede sürekli ilerleme kaydeden teknolojik ilerlemeler sayesinde aktif güneş sistemleri belirgin teknik yenilikler sunabilmektedir.

Bununla birlikte konu üzerindeki spesifik teknik bilgilerin eksikliği ve yüksek sermaye maliyetleri, bu teknolojilerin yaygınlığını büyük ölçüde sınırlandırmaktadır. 2005 yılında Avrupa kıtası genelinde toplam 67 güneş destekli soğutma santrali bulunmakta ve büyük bir kısmı Almanya, İspanya ve Yunanistan'da yer almakta idi.

Bu bildirinin amacı, Li-Br soğurmalı (absorpsiyonlu) soğutma grubunun güneş santrali ile birlikte çalıştığı güneş enerjisi destekli bir soğutma sisteminin konut yapılarındaki çevresel, ekonomik ve enerji potansiyellerini incelemektir.

Örnek çalışma tipik bir konut yapısının Türkiye ve

İtalya iklimlerini temsil edecek şehirlerde (Ankara, İstanbul, İzmir, Milano, Torino, Venedik, Roma, Cagliari, Palermo) analiz edilmesi üzerinedir.

Çalışmada iki soğutma sistemi karşılaştırılmıştır; birinci sistem soğutucu ve radyan paneller ile oluşturulmuş geleneksel soğutma sistemi (G.S.S.), ikinci sistem ise güneş santrali (ısı güneş kolektörleri, ısı eşanjörü, ısı depolama tankı) ve yardımcı sistem olarak soğurmalı (absorpsiyonlu) soğutma sistemi ile radyan panellerin bir arada çalıştığı sistemdir (S.S.S.).

Analizler, dinamik modelleme yöntemi ile, 1 Haziran'dan 30 Eylül'e kadar olan zaman aralığı için yürütülmüştür. Bu amaçla, Matlab®/ Simulink® 'de gerçekleştirilen sayısal bir model geliştirilmiştir. Konut termo-fiziksel özellikleri, soğutma sistemi detayları ile dış hava sıcaklığı, nem ve güneşlenme zaman profillerini içeren bir iklim datası temeline dayanan modelleme iç ortam termal konfor koşullarını sağlamak için gerekli olan iç hava sıcaklığı, enerji ihtiyaçları ve CO<sub>2</sub> emisyonlarını hesaplayabilmektedir. Simülasyon sonuçları, güneş destekli soğutma teknolojisinin Akdeniz ülkelerinde tanıtılabilmesi üzerine bilgi sunmaktadır.

Sonuçlar üç indise göre analiz edilmiştir: enerji tüketimleri [kWh/m<sup>2</sup>], yıllık ekonomik tasarruf [€/m<sup>2</sup>], ve yıllık genel CO<sub>2</sub> üretimi [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>].

## 2. GÜNEŞ SANTRALİ VE BİNA MODELLEMESİ

### 2.1. Bina Modeli

Bina sonlu farklar yaklaşımı ile modellenmiştir. Birkaç malzeme katmanından oluşan her yapı elemanı üç katmana bölünmüştür. Her bir katmanın zaman içerisindeki sıcaklık değeri bitişik katmanlarda gerçekleştirdiği enerji dengesinin çözümü ile hesaplanmaktadır. İç mekan hava sıcaklığı aşağıdaki denklem ile ifade edilmektedir:

$$T_{a|i} = T_{a|i-1} + \frac{\sum_{m=1}^n \dot{q}_m \cdot \Delta\tau}{\rho_a \cdot c_a \cdot V_a} \Bigg|_i = T_{a|i-1} + \frac{\Delta\tau}{\rho_a \cdot c_a \cdot V_a} [\dot{q}_{ew} + \dot{q}_w + \dot{q}_{si} + \dot{q}_{end} + \dot{q}_{per} + \dot{q}_v + \dot{q}_{r,p}]_i \quad (1)$$

## Makale

Isı akışı terimleri sırası ile dış duvarlar, iç duvarlar, pencereler, güneş ışınımı, mekan içi aygıtlar, insanlar, havalandırma, radyan panelleri temsil etmektedir. Radyan paneller iç ortam operatif sıcaklığının 26°C'nin altında kalmasını sağlamaktadır.

### 2.2. Güneş Destekli Soğutma Sistemi Modeli

Güneş destekli soğutma santrali şeması, termal güneş kolektörleri, sıcak su tankı, yardımcı kazan ve radyan soğutma sistemi için gerekli soğutulmuş akışkanı üretecek olan soğurmalı (absorpsiyonlu) soğutma grubundan oluşmakta, Şekil 1'de verilmiştir.

#### 2.2.1. Isıl Güneş Kolektörleri

Bir grup vakum ısı güneş kolektörleri binanın çatısının en üst noktasına yerleştirilmiştir. Panellerin eğimi referans şehrin enlem değerlerine uymaktadır ve tümü güneye yönlendirilmiştir. Isıl güneş kolektörlerinin kış mevsiminde radyan panellere gelecek olan suyun ön ısıtılmasını sağlaması istenmektedir. Yaz boyunca kolektörler tarafından üretilen sıcak su soğutma sistemini çalıştırmada yeterli olacaktır. Isıl güneş kolektörü içerisinde yer alan akışkanın sıcaklığının yükselmesi denklemi aşağıdaki gibidir:

$$T_{in} - T_{out} = \frac{\eta \cdot I_s \cdot S}{\dot{m}_s \cdot c_p} \quad [2]$$

$T_{in}$  ve  $T_{out}$ , sırası ile akışkanın kolektöre giriş ve çıkış sıcaklıklarını,  $I_s$ , güneş ışınımı şiddetini,  $S$  kolektör yüzey alanını,  $\dot{m}_s$  ve  $c_p$  akışkanın akışı ve özgül ısı-

sını temsil etmektedir.  $\eta$  güneş panelinin verimliliği, güneş kolektörünün özgül tipolojisine ve iklim koşullarına göre değişkenlik göstermektedir.

#### 2.2.2. Isı Değiştirici ve Tank

Sıcak su tankı tüm gün ve gece boyunca sıcak su sağlanması için kullanılmaktadır. Sıcak su tankı bir ısı eşanjörü bağlantısı ile kolektörlere bağlanmıştır. Isı eşanjörü, ısı eşanjörü teorisine göre, üç kısımda modellenmiştir. Isı eşanjörünün her bir kısımda dönüştürülen ısı şu denklem ile ifade edilebilmektedir:

$$T_{o,p} = T_{i,p} + \frac{\dot{Q}_{s,p}}{\dot{m}_s c_p} \quad \dot{Q}_{s,p} = \frac{(T_{i,p} - T_3)}{\sum_i R_i} \quad [3]$$

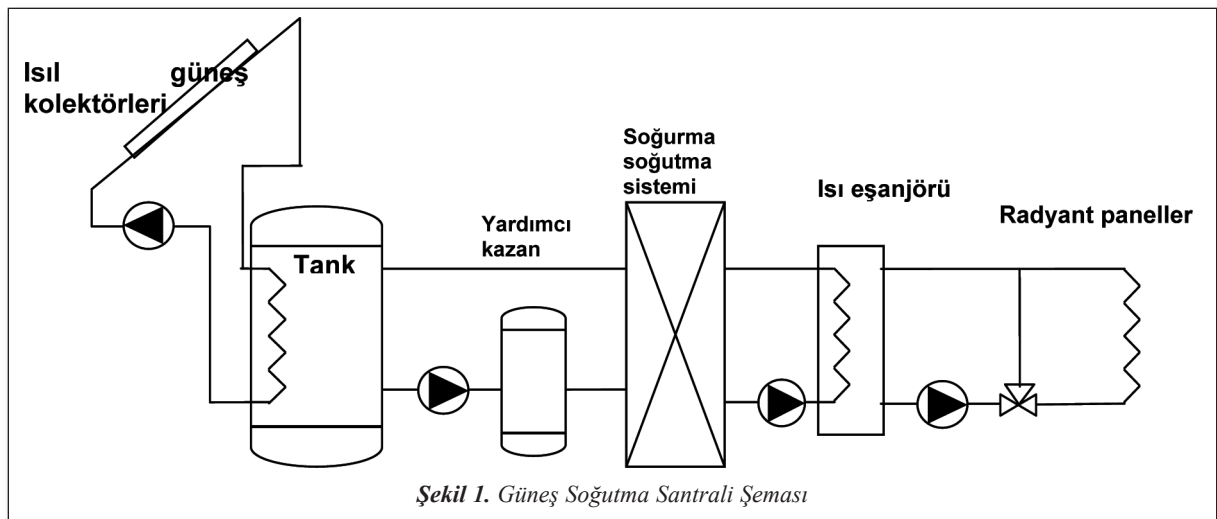
$T_{o,p}$  ve  $T_{i,p}$ , sırası ile ısı eşanjörünün p belirtilen kısmındaki akışkanın giriş ve çıkış sıcaklıkları [°C]

$\dot{Q}_{s,p}$ , ısı eşanjörünün belirtilen kısmında dönüştürülen ısı [W]

$R_i$ , akışkanın ve ısı eşanjörü kanalının ısı dirençleridir [°K/W].

#### 2.2.3. Yardımcı Isıtıcı

Yardımcı ısıtıcı geleneksel bir doğal gaz ısıtıcısıdır. Bu sistem tanktan gelen suyun soğurucu soğutma sistemini çalıştıracak yeterlilikte sıcak olmadığı durumlarda sisteme minimum ihtiyacı olan ısıyı sağlamak için kullanılmaktadır. Bu yardımcı sistemin amacı sıcak suyun, soğurmalı soğutma grubunun ihtiyacı olan, 77 °C'ye ulaşmasını sağlamaktır.



### 2.2.4. Soğurmalı Soğutucu ve Isı Değiştirici

Soğurmalı soğutucunun performansı soğutulan akışkanın sıcaklık değerine (ısı değiştiriciden dönen) ve tanktan çıkan sıcak suyun sıcaklık değerine bağlıdır. Soğutma kapasitesi ve COP değerleri açısından soğurmalı soğutucunun performansı Şekil 2’de gösterilmiştir.

Isı eşanjörü, gerekli sıcaklıktaki (genellikle yaklaşık 17°C) soğuk suyun sağlanması için, soğurucudan gelen soğutulmuş akışkanı radyan panellerden gelen su ile birleştirmektedir. Isı eşanjörünün verimliliği  $\varepsilon$  ve eşanjörden geçirilebilir maksimum ısı  $Q_{max}$  bilindiği durumda, iki akışkan arasında transfer edilen toplam ısı miktarı aşağıdaki denklem ile hesaplanabilmektedir;

$$Q = \varepsilon \cdot Q_{max} \quad [4]$$

### 2.2.5. Radyan Paneller

Radyan panel sistemine 17°C sabit sıcaklık ile giren

su 3°C yüksek bir sıcaklıkla sistemden çıkmaktadır. Radyan paneldeki borulardaki su akışı, hacmin işletim sıcaklığının (25°C – 27°C) lineer fonksiyonuna bağlı olarak, 0.15 ile 0.6 kg/s arasında değişim göstermektedir.

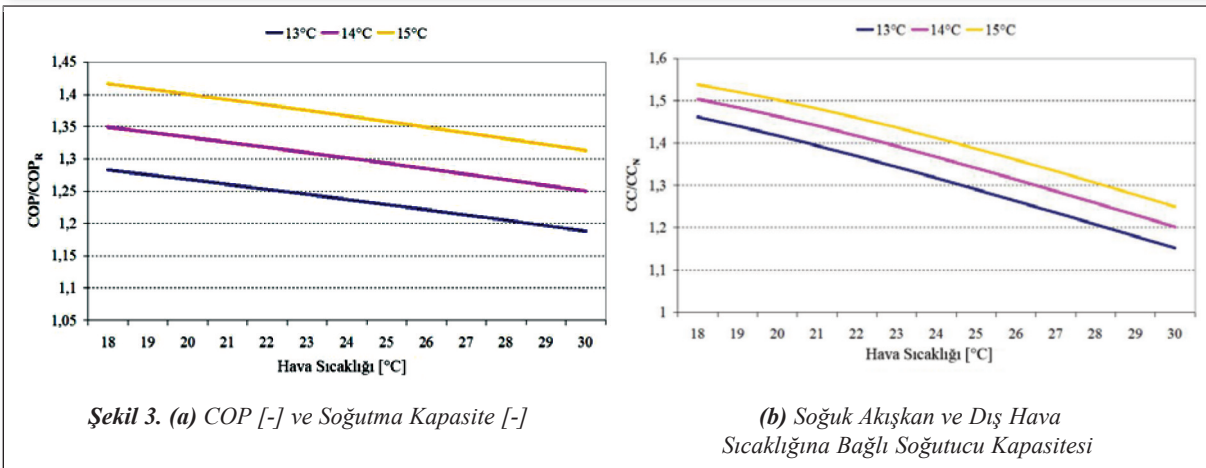
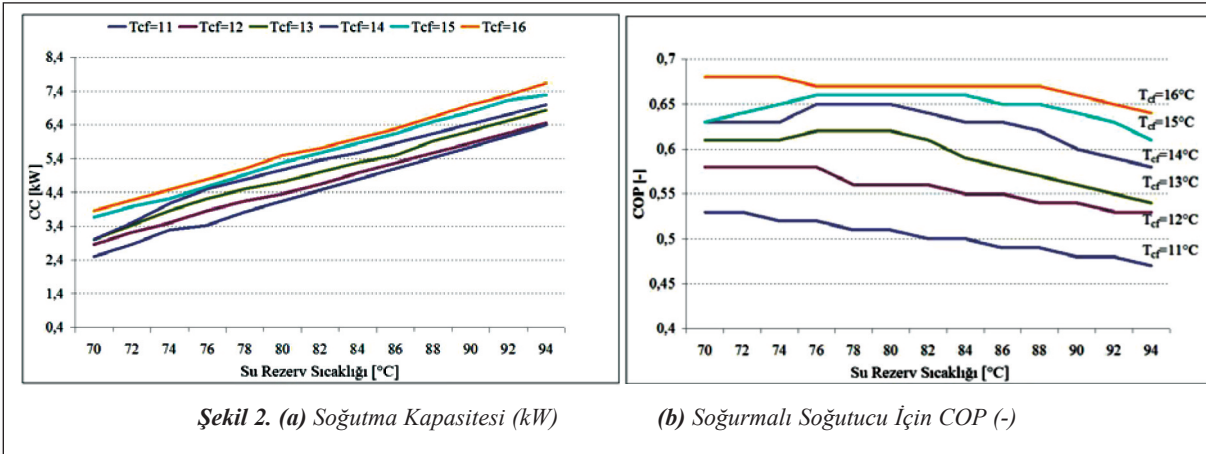
### 2.3. Geleneksel Soğutma Sistemi Modeli

Geleneksel soğutma sisteminde sıhhi sıcak su geleneksel kazanlardan elde edilirken, güneş santrali ve soğurmalı soğutucu yerine, radyan panellere soğutulmuş akışkan sağlayan soğutucu bulunmaktadır. Bu özellik iki soğutma sistemi arasındaki tek farklılıktır.

Dış hava sıcaklığı ve soğutulmuş akışkan çıkışının fonksiyonu olan soğutma ve COP, Şekil 3’te verilmiştir.

### 3. ÖRNEK ÇALIŞMA

Örnek çalışma tipik bir konut yapısının Türkiye ve



## Makale

İtalya iklimlerini temsil edecek şehirlerde (Ankara, İstanbul, İzmir, Milano, Torino, Venedik, Roma, Cagliari, Palermo) analiz edilmesi üzerinedir.

Tablo 1’de analiz edilen şehirlerin iklimsel koşulları özetlenmiştir.

Modellenen bina her bir katı 170 m<sup>2</sup> olan ve toplam yüzeyin %10’u pencerelerin oluşturduğu iki katlı bir yapıdır. Binanın şeması Şekil 4’te gösterilmiştir.

Tavan radyan sistemi ile (80 m<sup>2</sup> aktif yüzey) iç hava sıcaklığının 26°C civarında sağlanması amaçlanmaktadır. Bu amaç iki farklı soğutma sistemi ile ayrı ayrı sağlanmıştır: geleneksel soğutma sistemi ve güneş destekli soğutma sistemi. Güneş santralinin amacının sıhhi sıcak su sağlamak olması sebebi ile; 10 m<sup>2</sup> yüzey alanına sahip olan güneş kolektörleri ile

soğutma mevsimi süresince ihtiyaç fazlası üretilen sıcak su soğurmalı (absorbsiyonlu) soğutucunun çalışmasını sağlamaktadır. Geleneksel sistemde ise yıl boyunca sıhhi sıcak su geleneksel kazan sistemi ile üretilmektedir.

Yapının her bir katında 5 kişi yaşamaktadır. Yapının günlük kullanıcı profili ve iç ısı kazançları (aydınlatma ve elektrik kullanımından kaynaklanan) Şekil 5’teki gibidir.

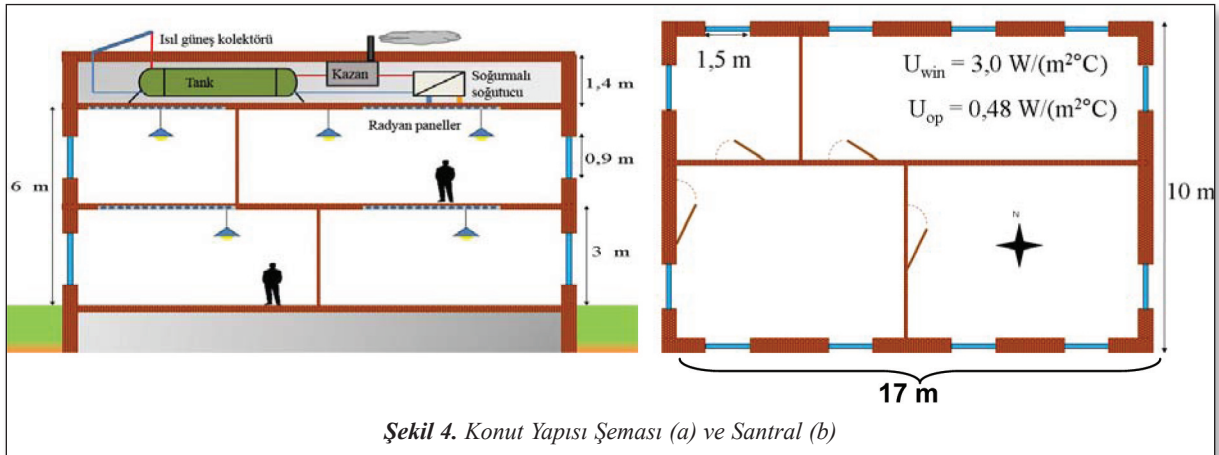
## 4. SİMÜLASYON SONUÇLARI

Geleneksel ve güneş destekli olmak üzere iki soğutma sisteminin karşılaştırılması 1 Haziran’dan 30 Eylül’e kadar olan soğutma dönemi için gerçekleştirilmiştir.

Sıhhi sıcak su sağlama açısından ise iki sistem tüm

**Tablo 1. Soğutma Derece Saatleri (CDH, 23°C için), Aylık Genel Güneşlenme (GSI), Ortalama Dış Hava Sıcaklığı (T)**

Şehirler	CDH [-]				GSI [Wh/m <sup>2</sup> ]				T [°C]			
	Haz.	Tem.	Agu.	Eylül	Haz.	Tem.	Agu.	Eylül	Haz.	Tem.	Agu.	Eylül
Ankara	532	1071	1095	264	6534	7113	6415	5184	17,0	21,5	21,1	17,1
İstanbul	522	1276	1346	364	6519	6560	5693	4544	21,6	24,1	24,2	20,8
İzmir	2285	2755	2425	1493	7572	7473	6744	5516	24,4	25,8	25,4	23,0
Milano	560	1332	830	223	5925	6827	5278	3783	19,7	23,1	22,2	17,6
Torino	386	1135	910	78	5885	6430	5521	3738	19,5	23,0	22,0	18,2
Venedik	706	1672	969	33	5390	6047	4930	3207	21,4	24,4	23,0	18,7
Roma	593	1439	1693	398	6338	6805	5793	4444	21,2	24,2	24,4	21,5
Cagliari	389	1331	1618	754	5034	5257	5022	4229	20,9	23,7	24,2	22,0
Palermo	588	1978	3009	1058	7268	7328	6617	4941	22,8	25,5	27,0	24,1



**Şekil 4. Konut Yapısı Şeması (a) ve Santral (b)**

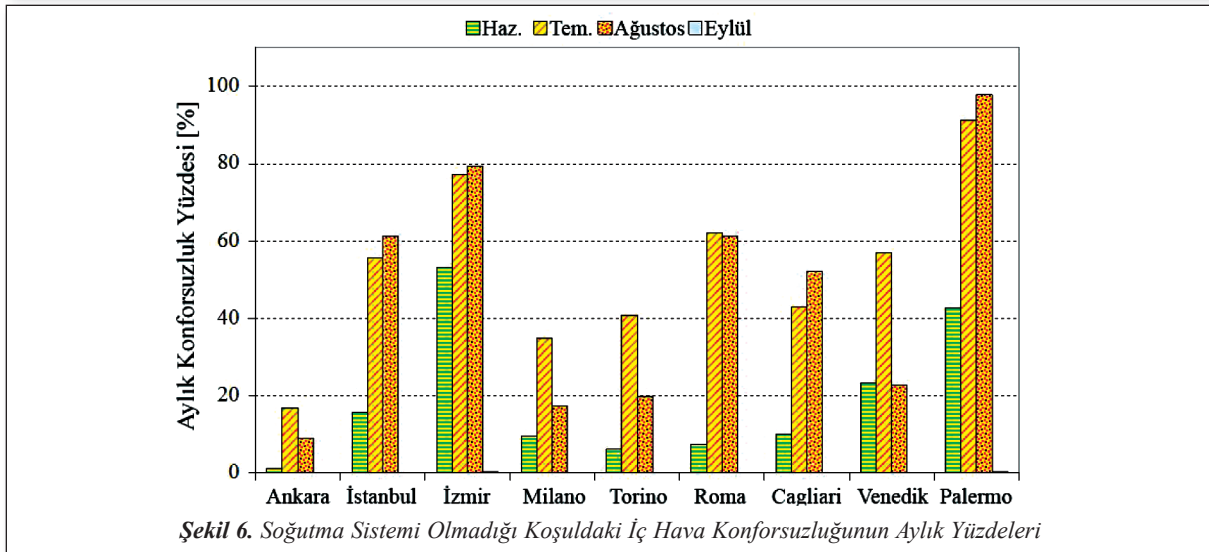
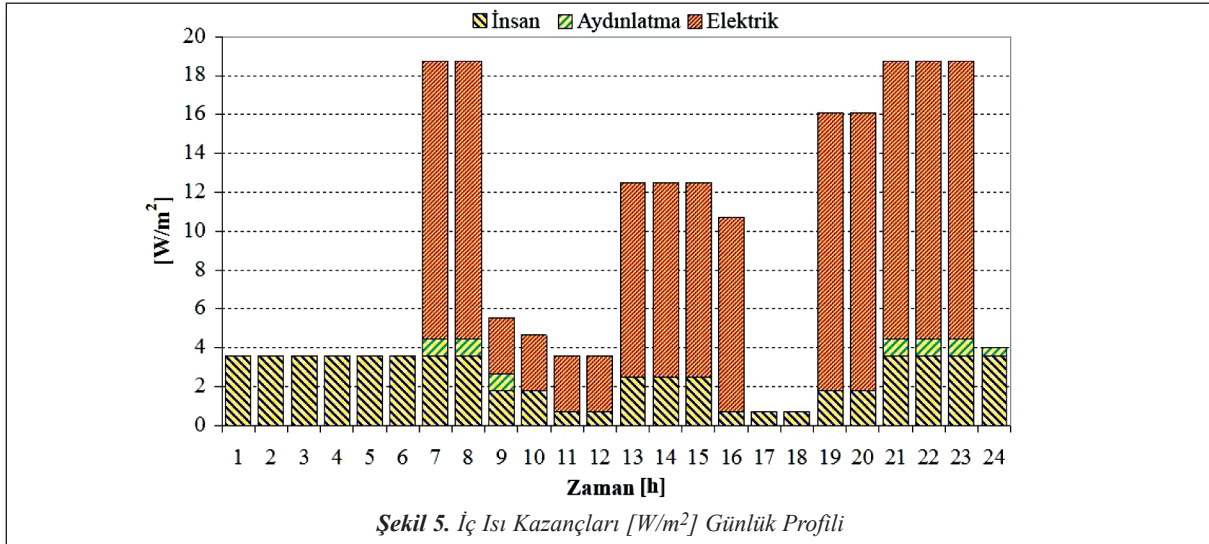
yıllık periyottaki performansları ile değerlendirilmiştir.

İki sistem ayrıca enerji tüketimleri, karbondioksit emisyonları, ve 25 yıl içerisindeki enerji tüketimlerinin ekonomik giderleri açılarından karşılaştırılmışlardır.

İki sistem, Tablo 1’de belirtilen iklim koşulları altında büyük farklılıklar göstermiştir. Hiçbir soğutma sistemi olmadan binanın içerisindeki ısı davranışı (pasif ısı davranış) ele aldığımızda, yaz dönemi süresindeki ısı durumu değerlendirmemiz mümkündür. Şekil 6’da farklı şehirlerde, sıcaklıkların 26°C’nin üzerinde olduğu zaman yüzdeleri verilmiştir.

Şekil 6’da yer alan şehirler üç gruba ayrılabilir: birinci grup Milano ve Torino ile temsil edilen, soğutma döneminin %20’sinde iç ortam sıcaklıklarının 26°C’nin üstünde olduğu serin yaz dönemine sahip; ikinci grup Roma, Cagliari, Venedik ve İstanbul’dan oluşan sıcak yaz dönemine sahip ve üçüncü grup olarak da tropikal iklim kuşağından biraz daha serin bir iklim kuşağına ait olan İzmir ve Palermo şehirlerinin oluşturduğu gruplardır.

Bu şehirler arasında Ankara belirgin bir soğutma ihtiyacı göstermemesi nedeni ile aşağıda gerçekleştirilen güneş santrali analizlerinde hesaba katılmamıştır.



## Makale

### 4.1. Enerji Analizleri

Şekil 7’de yıllık sıhhi sıcak su ve yaz soğutması için iki sistemin tükettiği birincil enerji miktarları gösterilmektedir; ulusal şebekeden elektrik üretimi için birincil enerji dönüştürme faktörü, Avrupa ortalama dönüştürme faktörü olarak, konvansiyonel olarak 0.4 kabul edilmiştir.

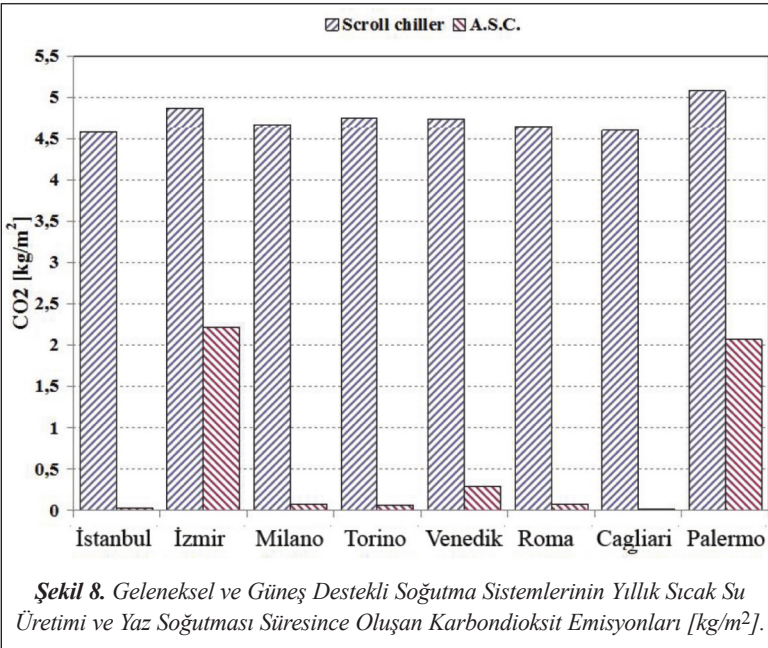
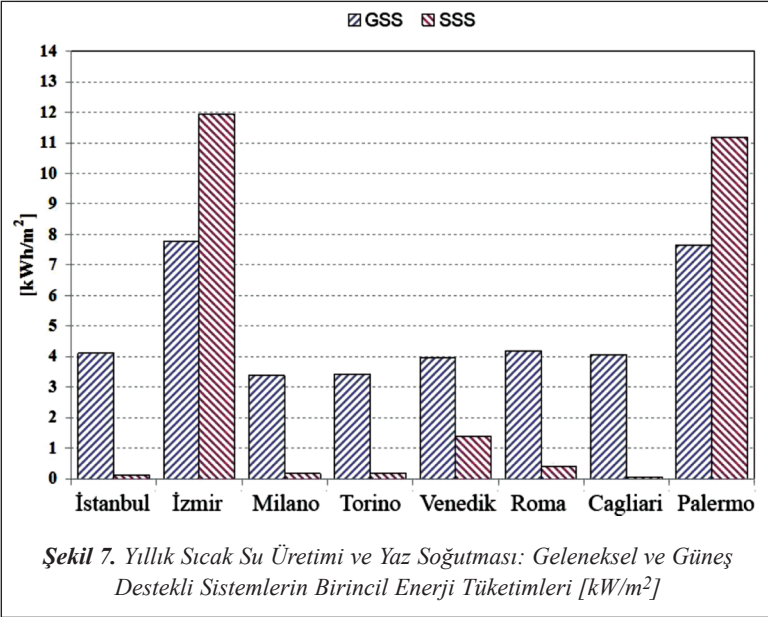
Seçilen şehirlerarasından en sıcak şehirler olan İzmir ve Palermo incelendiğinde, güneş destekli sistemin

birincil enerji ihtiyaçlarını belirgin bir şekilde azaltarak geleneksel sisteme göre daha iyi bir performans gösterdiği görülmektedir. Palermo ve İzmir şehirlerinin sonuçları farklılık göstermektedir. Bunun nedeni soğutma saatlerinin çok yüksek olduğu ve bu nedenle sistemin her gün çok sayıda saat boyunca açık kalması gerekliliğidir. Soğurmalı (absorpsiyonlu) soğutucunun bu durumda yalnızca güneş kolektörleri ile beslenmesi mümkün olmamakta, aynı zamanda doğal gaz ile çalışan geleneksel kazanlar ile de beslenmesi gerekmektedir.

Küçük boyutta bir soğurmalı (absorpsiyonlu) soğutucunun COP değeri düşük olacağından geleneksel soğutucu kullanımı en iyi çözümü sunmaktadır. Dolayısıyla, soğurmalı (absorpsiyonlu) soğutma grubunun yalnızca bir atık ısı kaynağı olduğu durumlarda kullanımının uygun olduğu görülmektedir.

### 4.2. Çevresel Analizler

Enerji analizlerinden sonra geleneksel soğutma istemi ile güneş destekli soğutma sisteminin karbondioksit emisyonları belirlenmiş ve sonuçları Şekil 8’de verilmiştir.



CO<sub>2</sub> emisyonları, sıhhi su için kullanılan metan, elektrik ve soğutma için kullanılan metan ile bağlantılıdır. Ulusal şebekeden kullanılan elektriğin çevresel dönüşüm katsayısı İtalya’daki şehirler için 0.402, Türkiye’de bulunanlar için 0.222’dir.

Şekil 8’den de anlaşılacağı gibi, güneş destekli soğutma sistemi kullanımı ile karbondioksit emisyonları yüksek oranlarda düşürülmektedir.

Sıhhi sıcak su üretimi için kullanılan bir geleneksel kazan ile yaz soğutması yapan geleneksel soğutucu sistemin toplam CO<sub>2</sub> emisyon oranları tüm şehirlerde, 4.5 kg/m<sup>2</sup>’ye yakın

bir değerde ölçülmüş, belirgin bir farklılık göstermemiştir. Buna karşılık, güneş destekli sistemle birlikte çalıştırılan soğurmalı (absorbsiyonlu) soğutma sisteminin aynı ihtiyaçları karşılamada ürettikleri CO<sub>2</sub> emisyonları, emisyonların 2 kg/m<sup>2</sup>'ye kadar çıktığı İzmir ve Palermo şehirleri haricinde, 0.5 kg/m<sup>2</sup>'nin altında ölçülmüştür.

#### 4.3. Ekonomik Analizler

Ekonomik analizler anuite yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Santral sisteminin maliyeti Tablo 2'de belirtildiği gibi; tesisat boruları maliyeti ve bakımları ele alındığında, geleneksel ve solar her iki sistemde de bileşenlerin toplam maliyetinin %35'ini oluşturduğu ortaya çıkmıştır.

Sistemlerin elektrik ve doğal gaz maliyetleri analizleri ise Tablo 3'te verilmiştir. Şekil 9'da verilen ekonomik maliyet analizi sonucunda, 25 yıllık ortalama soğutma ve sıhhi sıcak su üretimi için, %2 enflasyon ve %5 değerinde enerji fiyatlarının artışı hesaba katılarak, ortaya çıkan maliyetler, Palermo ve İzmir şehirleri haricinde, birbirlerine yakın değerlerde okunmaktadır.

Bu koşulda Palermo ve İzmir şehirlerinde, yaz dönemi süresince soğurmalı (absorbsiyonlu) soğutma sisteminin işletim maliyeti (daha önce açıklandığı gibi güneş destekli sistemin üretimi soğutma grubunun tüm ihtiyacını karşılayamamaktadır) güneş sistemi tercihini destekleyememektedir. Ancak, bu çalışmanın sabit bir yüzey alanına sahip güneş kolektörleri ve sabit hacimdeki su tankı ile gerçekleştirildiği belirtilmesi gerekmektedir. Bu nedenle İzmir ve Palermo şehirleri için bir solar sistem optimizasyonu, solar santralin genişletilmesi ile mümkün olabilmektedir.

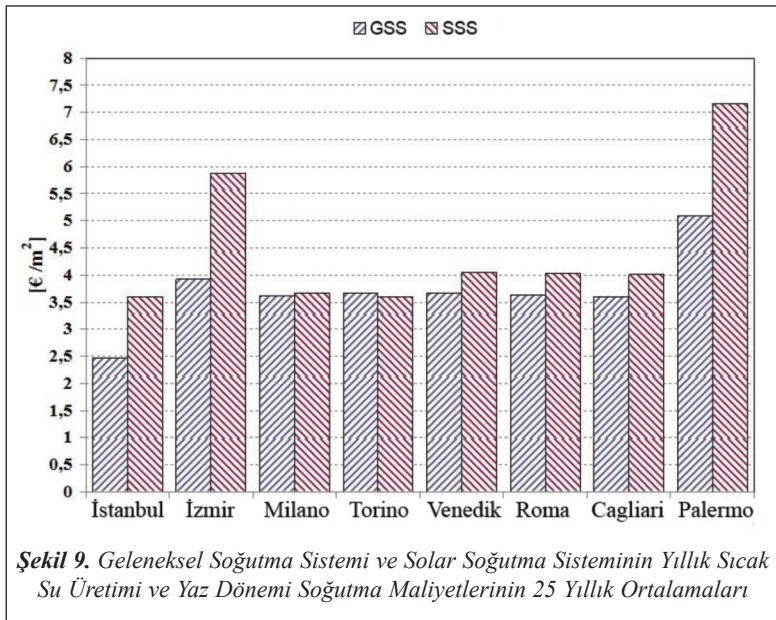
İtalyan şehirlerinde, geleneksel ve solar sistemin maliyetleri arasında belirgin bir farklılık olmaması, konut yapılarında maliyeti arttırmadan enerji tüketimi ve karbondioksit emisyonlarının azaltılmasına olanak sağlamanın bir sonucudur.

**Tablo 2. Solar ve Geleneksel Sistemdeki Bileşenlerin Maliyetleri (Euro bazında)**

	Bileşenler	Maliyet [€]
<b>Solar Soğutma Sistemi</b>	Termal güneş kolektörleri	3000
	Tank	6000
	Absorption chiller	3000
	Yardımcı kazan	2000
	Toplam	14000
	Kurulum + bakım + tes. boruları	3500
	<b>Toplam</b>	<b>17500</b>
<b>Geleneksel Soğutma Sistemi</b>	Kazan	2000
	Geleneksel soğutucu	2500
	Kurulum + bakım.	2250
	<b>Toplam</b>	<b>6750</b>

**Tablo 3. İtalya ve Türkiye'deki Elektrik ve Doğal Gaz Ücretleri**

Kaynak	Tutar	
	İtalya	Türkiye
Elektrik [€/kWh]	0,168	0,031
Doğal Gaz [€/m <sup>3</sup> ]	0,63	0,326





**Makale****5. SONUÇ**

Isıl güneş sistemlerinin içerisinde aktif solar soğutma sistemleri ilgi çeken bir sistem olarak gözükmektedir. Geleneksel soğutucu ile birlikte oluşturulan bir geleneksel soğutma sistemi ile solar santral (termal güneş kolektörleri, ısı eşanjörü, tank) ve yardımcı sistem olarak kazan ve radyan panellerden oluşturulmuş bir solar soğutma sisteminin performansları karşılaştırılmıştır. Solar santralin verimliliğini arttırma imkânı, yaz dönemi süresince üretilen fazla sıcak su ile bölgenin iklimsel koşullarına bağlıdır. Nispeten serin ve sıcak yaz iklimlerinde güneş destekli soğutma sistemleri enerji tasarrufu ve çevresel değerler açısından uygun görülmektedir. Yarı tropik yaz koşullarında ise güneşle soğutma sisteminde birincil enerjide belirgin bir tasarruf görülmemektedir.

Eğer soğutma yükleri günde bir iki saat sınırlıysa ve soğurmalı soğutucu hemen hemen tamamen güneş sisteminin sıcak suyu ile beslenirse enerji tüketiminde belirgin bir azalma elde edilebilir.

Çevresel değerlendirme sonuçları göstermiştir ki; güneş destekli soğurmalı soğutma sistemi geleneksel

sisteme göre CO<sub>2</sub> emisyonlarını 3 katı kadar düşürmektedir.

**KAYNAKLAR**

- [1] Duffie JA, Beckman WA. Solar engineering of thermal processes, Wiley, 1991.
- [2] Gordon Jeffrey M., Ng Kim Choon, High-efficiency solar cooling, Solar Energy, v. 68, n. 1, pp. 23– 31, 2000.
- [3] Hellman Hans-Martin, Ziegler Felix F., Simple absorption heat pump modules for system simulation programs, ASHRAE Transactions, v 105, n pt 1, 1999, pp. 780 – 787.
- [4] Balaras Constantinos A., Henning Hans Martin, WiemKen Edo, Solar cooling: An overview of European applications and design guidelines ASHRAE Journal, v 48, n 6, June, 2006, pp. 14-22.
- [5] Syed Athar et al., An efficiency comparison of solar cooling schemes, ASHRAE Transactions, v. 108, pt. 1, 2002, pp. 877-886.
- [6] Casals Xavier Garcia, Solar absorption cooling in Spain: Perspectives and outcomes from the simulation of recent installations, Renewable Energy 31, 2006, 1371–1389.