

GÜNEŞİ TAKİP EDEN PARABOLİK OLUK TİPİ GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ İLE BUHAR ÜRETİMİ VE ABSORBSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİ UYGULAMASI

Levent ÇOLAK - Ali DURMAZ

ÖZET

Yaz aylarında Akdeniz ülkelerindeki oteller, hastaneler ve birçok özel ve kamu binaları için soğutma ciddi bir ihtiyaçtır. Günümüzde soğutma uygulamalarında genellikle elektrik tüketimi fazla olan kompresörlü veya vidalı soğutma grupları kullanılmaktadır. Güneş enerjisi ile işletilen soğurmalı (absorbsiyonlu) soğutma grupları, soğutma için gerekli enerji ihtiyacını azaltarak, soğutma giderlerini düşürmesinin yanısıra, CO₂ emisyonlarını da ciddi bir oranda azaltır.

TÜBİTAK tarafından desteklenen projede Sarıgerme'de bir otel için parabolik oluk tipi güneş kolektörleri ile entegre edilmiş soğurmalı soğutma sistemi geliştirilmektedir. Özellikle Akdeniz Bölgesi için uygun olan bu sistemlerde, ihtiyaç duyulan enerjinin büyük kısmı geliştirilen parabolik oluk tipi güneş kolektörleri tara-

findan sağlanırken, geri kalan kısmı mevcut buhar kazanları tarafından karşılanacaktır. Sistemden elde edilen güneşsel ısı, çift etkili soğurmalı soğutma grubunun ve çamaşırhanenin buhar ihtiyacı ile mutfaktaki sıcak su ihtiyacının temini gibi birçok uygulamalarda kullanılabilir.

-Bu tür uygulamalarda ısıtma ve soğutma yüklerinin büyük bir kısmının güneş enerjisi ile sağlanmasına çalışılmalıdır. Akdeniz Bölgesinin güneş enerjisi yönünden uygun iklim koşulları ve

Türkiye'deki düşük üretim maliyetleri dikkate alındığında, bu tür uygulamalar ekonomik bir yatırım olmasının yanında, elektrik ve LPG gibi, temel enerji kaynaklarının kullanımını ve CO₂ emisyonlarını da önemli oranda azaltır.

1. GİRİŞ

Güneş ısıma enerjisi dünyanın ekolojik dengesinin sürekliliğini sağlayan güne-

Levent ÇOLAK

1965 Ankara doğumludur. 1986 yılında ODTÜ Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Aynı Üniversiteden 1989 yılında Yüksek Mühendis ve Gazi Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünden 2003 yılında Doktor ünvanını almıştır. 1986-1989 yılları arasında ODTÜ Makine Mühendisliği Bölümünde Araştırma-Görevlisi olarak çalışmış, 1989-2001 yılları arasında tesisat ve taahhüt sektöründe Makine Mühendisi, Teknik Müdür, Satınalma Müdürü görevlerinde bulunmuştur. 2001 yılından itibaren ortağı olduğu Solitem Güneş Enerjisi Teknolojileri Ltd. Şti.'de Şirket Müdürü ve AR-GE Mühendisi olarak görev yapmakta olup, KOSGEB ve TÜBİTAK TİDEB projelerinin yürütülmesinden sorumludur. 2003-2004 akademik döneminden itibaren Başkent Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünde yarı zamanlı öğretim görevlisi olarak çalışmaya başlayacaktır.

Ali DURMAZ

1944 Denizli doğumludur. 1967 yılında Almanya Stuttgart Teknik Üniversitesi'nde lisansını, 1970 yılında Stuttgart Teknik Üniversite-si'nde Yüksek Lisansını ve Stuttgart Teknik Üniversitesi Enerji Fakültesi'nde de Doktorasını tamamlamıştır. 1976 yılında Yrd.Doç., 1979 yılında Doçent, 1985 yılında Profesör ünvanını almıştır. Çalışma ve ilgi alanları; Enerji Mühendisliği, Yanma ve Emisyon Kontrol Teknolojileri, Doğalgaz Mühendisliği, Hava Kirliliği Kontrolü, Termik Santraller, Kombine Çevrim Santralleri, Bölgesel Isıtma ve Endüstriyel Rehabilitasyon, Enerji Ekonomisi olup, ODTÜ ve Gazi Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümlerinde Öğretim Görevlisi olarak görev yapmıştır. Halen Gazi Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Enerji Anabilim Dalında Öğretim Görevlisi ünvanı ile çalışmakta ve aynı zamanda da GEÇER, Gazi Üniversitesi Enerji-Çevre Sistemleri ve Endüstriyel Rehabilitasyon, Araştırma Merkezinin Direktörlüğünü yürütmektedir.

lanlarını oluşturdular. Güneş ışınma enerjisi gece gündüz nedeniyle kesikli, ışın açısız ve atmosferik koşullar nedeniyle de çok düşük ekserjilidir. Bu nedenle güneş enerjisi doğal biçimiyle, fosil yakıtlar esas alınarak geliştirilen günümüz enerji dönüşüm teknolojilerinde, sınırlı düz kolektör uygulamaları dışında yaygın olarak kullanılamamaktadır. Güneş ışınma enerjisinin ekonomik sektörlerde yaygın biçimde kullanılabilir hale getirilebilmesi için, yüksek sıcaklıklarda iş akışkanı üretebilen yoğunlaştırıcı tür güneş kolektörlerine gereksinim vardır. Orta ve yüksek sıcaklık uygulamalarında (100-300 °C) çizgisel odaklamalı güneşi doğu-batı yönünde tek ekseninde takip eden ışın yoğunlaştırıcı sistemler, noktasal odaklamalı sistemlere kıyasla daha ekonomik olmaktadır. Bu nedenle ticari yönden pazarlanabilir ve sürekli kullanılabilir, yüksek verimli, düşük yatırım maliyetli ve hafif yoğunlaştırıcı güneş kolektörlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Sistem geliştirme işleminin deneme yanılmaya dayanan uzun erimli, zahmetli ve pahalı deneysel incelemelerle yapılması, pratik ve ekonomik olmamaktadır. Bu nedenle, sistem geliştirilmesinde daha etkin ve ucuz bir yaklaşım olan, sistemin matematiksel modelinin türetilmesi ve bilgisayar simülasyonlarıyla elde edilen veriler yardımıyla en uygun tasarım verilerinin belirlenmesi metodudur, önerilmektedir.

Akdeniz ülkelerindeki otel, hastane, kamu binası gibi yerlerde genellikle yaz aylarında soğutma ihtiyacı fazladır. Buralarda kullanılan soğutma sistemleri kompresörlü sistemler olup, yüksek miktarlarda elektrik tüketimine sebep olurlar. Diğer yandan, güneş kolektörleri ile elde edilen güneşsel ısı ile çalıştırılan soğurmalı soğutma gruplarındaki enerji tüketimi, elektrik enerjisinden güneşsel ısı

kolektörleri ile elde edilen ısı sadece soğurmalı soğutma gruplarında değil, proses buhar üretimi ve sıcak su temini için de kullanılır. Böylece kurulan sistemin birçok uygulamada kullanılmasıyla, işletme giderlerindeki ciddi azalma, bu tip sistemlerin amortisman süresini kısaltarak, sistemin ekonomik uygulanabilirliğini artıracaktır.

2. GÜNEŞ ENERJİSİ UYGULAMALARI

Güneş ışınımının teknolojik toplama ile yararlı enerjiye dönüştürülmesinde ısı veya fotovoltayik esaslardan yararlanılır. Isıl esasa dayanan sistemlerin daha geniş uygulama alanı bulunmaktadır. Genel olarak bu sistemler;

(a) Düşük sıcaklık uygulamaları (20-100 °C)

(b) Orta sıcaklık uygulamaları (100-300 °C)

(c) Yüksek sıcaklık uygulamaları (>300 °C) olarak gruplandırılabilir.

Düşük sıcaklık uygulamalarında daha çok düz kolektörler kullanılır. Bu uygulamalardan bazıları [1]:

(a) Konutların sıcak su temini

(b) Konut ısıtması

(c) Sera ısıtması

(d) Tarım ürünlerinin kurutulması

(e) Konut soğutması

(f) Yüzme havuzu ısıtması

(g) Güneş ocakları ve fırınları

(h) Arı su elde edilmesi

(i) Tuz üretimi

(j) Güneş pompaları

Yukarıda belirtilen uygulamalarda güneş ışınımı bir ısı değiştiricisi (genellikle düz toplayıcı) aracılığıyla bir akışkana (su, hava, halojenli hidrokarbonlar vs.) aktarılır ve sıcaklığı artan akışkan uygulama amacına göre depolanır veya sisteme doğrudan gön-

derilir.

Orta sıcaklık uygulamalarında, güneş ışınımının yansıtılarak veya kırılarak bir noktaya veya eksene yoğunlaştırıldığı odaklı toplayıcılar kullanılır. Sanayi için gerekli sıcak su veya buharın temini, büyük soğutma ve ısıtma sistemleri, odaklı toplayıcıların uygulama alanlarındadır. Bu

lerde; "heliostat" adı verilen, geniş bir alana gelen güneş ışınımını, güneşi izleyerek bir noktaya odaklayan sistemlerden yararlanır. Güneş fırınları ve güneşsel güç sistemlerinde yansıtıcı olarak aynalardan yararlanılmakta ve 3500 °C sıcaklığa kadar çıkabilmektedir. Fransa ve Amerika'da bulunan güneş fırınlarında metallerin eritilmesi için

ların uygulama alanlarından bazılarıdır. Bu uygulamalarda, genellikle güneşi takip eden mekanizmalara ihtiyaç vardır.

Orta sıcaklık uygulamalarında genellikle kullanılan parabolik oluk tipi ışın yoğunlaştırıcılarda, odak çizgisi boyunca konumlandırılan soğurucu boru içerisinden geçen iş akışkanı, soğurulan ışınım enerjisini alarak akışkan sıcaklığının yükselmesine neden olur. Parabolik yüzeye yapıştırılan (kaplanan) yüksek ışın yansıtma değerli yansıtıcı yüzeyden yansıyan ışın, boru çevresindeki cam örtüden geçerek emici (soğurucu) boru üzerine düşer. Bu ışınların büyük bir bölümü emiciliği yüksek, yansıtıcılığı düşük ışınma özelliğindeki seçici yüzey kaplı boru tarafından emilerek, güneşsel ısı olarak, iş akışkanına aktarılırken, kalan bölümü de borudan yansıyarak camdan dış ortama kaçar. Burada cam kılıfın en önemli görevi, dış hava sıcaklığına oranla sıcaklığı çok yüksek olan emici boru yüzeyinden çevreye olan ısı transferi kayıplarını azaltmaktır.

Parabolik oluk tipi güneş kollektöründe, emici boru üzerinde ideal odaklama, güneşten gelen direkt ışınların, kollektör açıklık alanının normali ile çakışması durumunda oluşur. Bunun için kollektör sisteminin güneşi iki eksende takip etmesi gerekir. Güneşin iki eksende izlenmesinin karmaşık ve pahalı olması nedeniyle, özellikle 100-300 °C arasındaki orta sıcaklık uygulamalarında tek eksende, doğu-batı yönünde güneş izlenmesi ekonomik yönden uygun olmaktadır.

Güneş ışınımından yararlanılarak 300 °C'nin üzerinde sıcaklık elde edilen sistem

neş tırımlarında metallerin eritilmesi, kesimi ve kalıplanması yapılmaktadır. Yüksek sıcaklıkta buhar elde edilerek bir türbin aracılığıyla elektrik üretilen güneşsel güç sistemlerinin uygulamaları da mevcut olup, üzerinde yoğun çalışmalar yapılmaktadır.

Orta ve yüksek sıcaklık güneş enerjisi uygulamaları ülkemizde henüz başlamış değildir. Bunun başlıca nedeni düz güneş kollektörleri ile istenilen sıcaklıklara çıkılamaması ve bu sıcaklıkta güneşsel ısı sağlayan sistemlerin henüz ticari olarak kullanılmamasıdır. Bunun için sistem yapıları, işletme ve çevresel koşullar dikkate alınarak yapılacak ekonomik analizlerin, bu uygulamaların ekonomik olduğunu ortaya koyması gerekmektedir.

Parabolik oluk tipi güneş kollektörlerinden oluşan sistemlerden elde edilen yüksek basınç ve sıcaklıktaki (12 atm. ve 180 °C) kızgın su kullanılarak yapılan başlıca uygulamalar proses buhar üretimi ve soğurmalı soğutmadır.

2.1. Güneş Enerjisi ile Proses Buhar Üretimi

Uygulamaları

Yüksek performanslı parabolik oluk tipi güneş kollektörleriyle sağlanan 180 °C sıcaklıkta ve 12 atm. basınçta kızgın suyun ısıtıcı akışkan olarak kullanıldığı buhar jeneratöründen elde edilen buharın kullanılacağı uygulamalar aşağıda sıralanmıştır [1]:

- (a) Sıcak kullanma suyu elde edilmesi,
- (b) Yüzme havuzu ısıtılması,

(c) Mahal ısıtılması, özellikle düşük sı

caklıkların yeterli olduğu yerden ısıtma sistemleri daha yüksek performansla yapılabilir. Ancak sadece mahal ısıtması yapılması, ısıtma ihtiyacının arttığı durumda güneş ışınımının azalması ve bunun sonucu fazla miktarda kollektör alanı gerektirmesi sebebiyle ekonomik değildir. Mahal ısıtması kombin sistemlerde yük dağılımının tüm yıla yapılması amacıyla kullanıldığı zaman, kurulan sistemden tüm yıl boyunca bir çok farklı uygulamada faydalanılması sebebiyle ekonomik olabilir.

-Soğurmalı soğutma çevrimleri, birincil (soğutucu) ve ikincil (emici) akışkan olarak adlandırılan, iki farklı akışkandan meydana gelen çevrim akışkanı (iş akışkanı çözeltisi) ve ısı enerjisi ile çalışan sistemlerdir. Buharlaştırıcıda buharlaşan akışkan birincil akışkan olup, soğutucu görevi yapmaktadır, bu akışkanın çevrimi gerçekleştirebilmesi için ikinci bir akışkan tarafından emilmesi (absorbe edilmesi) gerekir.

-Soğurmalı soğutma sistemleri, ayrı ayrı sağlanan ısı girdisiyle çalışırlar. Bu ço

(d) Endüstriyel mutfak ve çamaşırhanelerin yanısıra, turistik tesislerin mutfak ve çamaşırhanelerindeki buhar ihtiyacının sağlanması,

(e) Endüstriyel tesisler için yüksek kalite ve sıcaklıktaki proses buharının temini başlıca uygulamalardır. Proses buharı;

- Kurutulmuş gıda üretiminde ve gıdaların temizlenmesinde,

- Metalürji ve kimyasal işlemlerde,

- Büyük et kombinaları ve pişirilmiş gıda üretim tesislerinde, gıdaların ön pişirilmesinde,

- Tuğla ve gazbeton yapı malzemelerinin fırınlanması ve kurutulmasında,

- Tekstil sektöründeki boyahanelerin kurutma fırınlarında ve benzer birçok uygulamada kullanılabilir.

Ayrıca yüksek kaliteli buhar ile elektrik elde edilebilmektedir. Amerika'da bu amaçla yapılmış birçok tesis bulunmaktadır. Güneş enerjisi ile elektrik üretiminin suyun bulunmadığı ancak güneş ışınımının kuvvetli olduğu çöl ve çöl benzeri, arazi değerinin düşük olduğu kurak alanlarda uygulanabilirliği yüksektir. Türkiye'de Konya Ovası'nın çorak bölgeleri bu amaca en uygun alanlardır.

2.2. Güneş Enerjisi ile Soğurmalı Soğutma Sistemi Uygulamaları

Uygulamalarda, enerji toplayıcı olarak düz güneş kollektörleri kullanılmıştır. Bu kollektörlerde elde edilen su sıcaklığı en iyi teknolojiler kullanılsa da 120 °C'yi geçememekte ve ancak COP değeri düşük tek etkili soğurmalı soğutma grupları çalıştırılabilmektedir.

Sistemin ekonomik olması için tüm sistem performansının yükseltilmesi gerekli olup, ısı depolama yapılması, ısı kayıplarının azaltılması, kollektör ve kollektör alanlarının doğru boyutlandırılması gereklidir.

Güneş enerjisiyle elektrik üretmek, mekanik soğutma yapılması da mümkündür. Ancak soğurmalı soğutma sistemleriyle karşılaştırıldığında kesinlikle ekonomik değildir.

Güneş enerjisi yatırımlarının ilk yatırım

günlukla, tek etkili sistemlerde 80-130 °C sıcak/kızgın su veya maksimum 1 atm'deki düşük basınçlı buhardır. Bu tip sistemlerin soğutma etkinlik katsayısı (COP) değeri 0,7'yi aşmamakta olup, ancak tesiste ısı girdisi için yeterli atık ısı varsa ekonomik olabilmektedir. Günümüzde atık ısı olarak, doğal yer altı sıcak su kaynakları ve son zamanlarda da imalat ve prosesler sonucu veya kojenerasyon sistemleri çıktısı olan, egzost gazları ve ceket soğutma suyu ile bir eşanjörde üretilen kızgın su kullanılmaktadır [1].

Dolayısıyla sadece soğutma yapmak amacıyla turistik tesis veya endüstriyel tesislerde soğurmalı soğutma gruplarının kullanımı, yüksek ilk yatırım maliyeti ve yakıt ile üretilecek kızgın su ve buharın yüksek işletme maliyeti sebebiyle tercih edilmemektedir.

Hesaplamalar, atık ısı yerine temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olan güneş enerjisi destekli soğurmalı soğutma sistemlerinin, ısıtma ve soğutmada güneş enerjisinden yararlanılmasını mümkün kılabileceğini göstermektedir. Özellikle soğutma uygulamalarında, soğutma ihtiyacının artışının güneş ışınımının artışı ile aynı yönde olması sebebiyle, uygun sistemlerin kurulması güneş enerjisi ile soğutma yapılmasını ekonomik yapacaktır.

Ancak gerek literatürde yer alan araştırmalarda ve gerekse ticari olarak yapılan uy-

len soğutma ihtiyacını karşılamak için büyük kapasiteli cihazlar seçilmeli ve bu da direkt olarak toplayıcı (güneş kollektörü) miktarının ve ilk yatırım maliyetinin artmasına sebep olmaktadır.

Dolayısıyla sistemi ekonomik yapabilmek için, öncelikle COP değerinin yükseltilmesi gereklidir. Bu konuda son yıllarda yapılan çalışmalar sonucu imal edilen çift etkili soğurmalı soğutma gruplarıyla COP değeri 1,4'e kadar çıkmaktadır. Bu da gereksinim duyulan ayrıştırma ısı kapasitesinin, yarıya düşürülebilmesini ve buna bağlı olarak toplayıcı alanının da yarıya düşürülerek, ilk yatırım maliyetinin yaklaşık olarak % 50 oranında azaltılmasını sağlamaktadır.

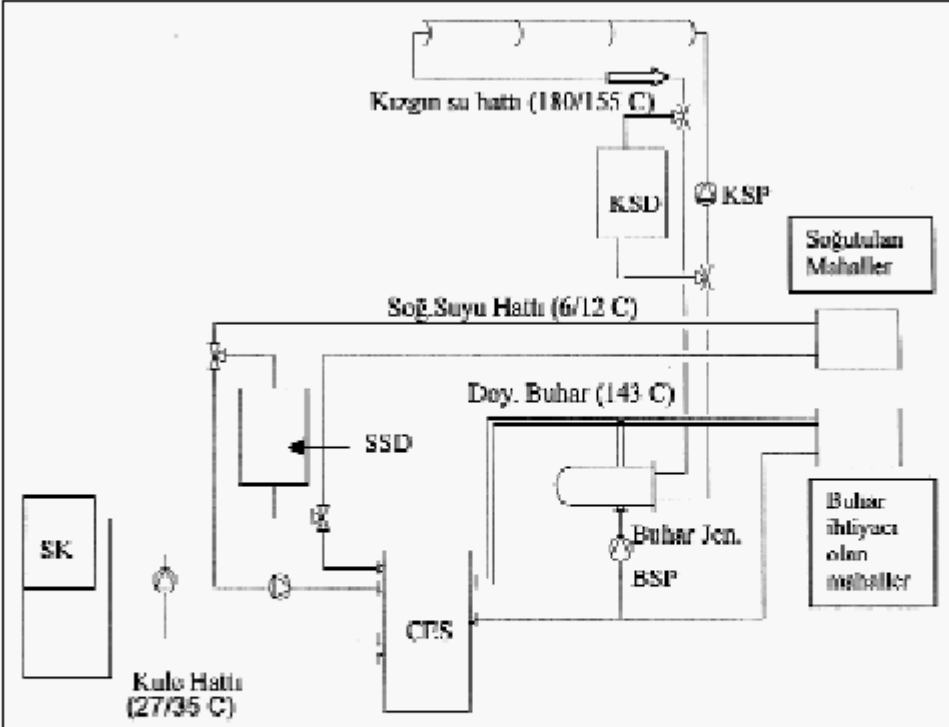
Ancak çift etkili soğurmalı soğutma grup-

maliyeti çok yüksektir. İşletme giderleri diğer konvansiyonel sistemlere göre az olmasına rağmen COP değeri düşük cihazlarla isteni-

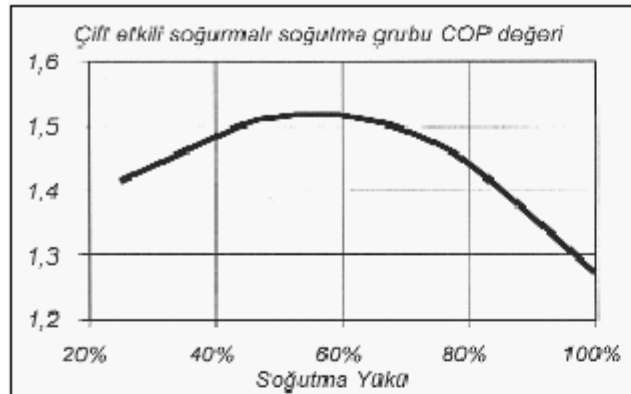
lerinin ayıracına sağlanan ısı girdisinin yüksek sıcaklıkta ve basınçta (4-8 atm), buhar olması gerekmektedir. 4 atm'de doymuş bu-

har sıcaklığının yaklaşık olarak 143 °C olması, bu sıcaklıkta buharı üretmek için daha yüksek sıcaklıkta buhar veya kızgın suyun temin edilmesi ihtiyacını doğurmaktadır.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan düz güneş kolektörleri ile maksimum 110-120 °C kızgın su elde edilebildiğinden, daha yüksek sıcaklıklara çıkmak için yoğunlaştırıcı gü-



Şekil 1. Güneş enerjisiyle çalıştırılan bir soğurmalı soğutma sistemi ve gerekli ekipmanların işletme akış şeması (POT: parabolik oluk tipi güneş kolektörü, KSD: kızgın su deposu, KSP: kızgın su pompası, SSD: soğutma suyu deposu, SK: soğutma kulesi, ÇES: çift etkili soğutma grubu, BSP: besi suyu pompası) [1].



Şekil 2. Çift etkili soğurmalı soğutma gruplarında COP değerinin yüke göre değişimi [3].

neş kolektörlerine ihtiyaç duyulmuştur.

Bu projede tasarımı ve prototip imalatı yapılan parabolik oluk tipi güneş kolektörleri ile 12 atm., 180 °C'de kızgın su elde edilebilmektedir. Dolayısıyla elde edilen bu özelliklerdeki kızgın su ile bir buhar jeneratöründe 143°C doymuş buhar rahatlıkla elde edilebilir. Bu konuda yapılan ön çalışmalarda, uygun kızgın su ve buhar debilerinde, kızgın su

nılarak elde edilen 143 °C doymuş buhar çift etkili LiBr-H₂O soğurmalı soğutma sisteminin ayıracına ısı girdisi olarak verilir. Böylelikle tahrik edilen soğurmalı soğutma sistemi, gereksinim duyulan soğutma ihtiyacını karşılar. Güneş enerjisiyle çalıştırılan bir soğurmalı soğutma sistemi ve gerekli ekipmanların işletme akış şeması Şekil 1'de verilmiştir [1].

Sonuç olarak parabolik oluk tipi kolektörün kullanımı ile güneş enerjisiyle çift etkili soğurmalı soğutma grupları çalıştırılabilecek ve tek etkililere göre iki kat yüksek COP değerine ulaşılması sayesinde, daha düşük kapasitede güneş enerjisi toplayıcıları ve soğutma sistemi kullanımı yeterli olacaktır. Böylece yatırımlara karar verilmesinde ülkemiz için çok önemli bir parametre olan ilk yatırım maliyeti düşürülebilecektir. Ayrıca gerek diğer enerji kaynaklarının azalması ve buna bağlı olarak pahalılaşması sonucu oluşan yüksek işletme maliyetlerinden kurtulu-

devresinin 180/155 °C, buhar devresinin ise 143/95 °C olarak çalışabileceği görülmüştür.

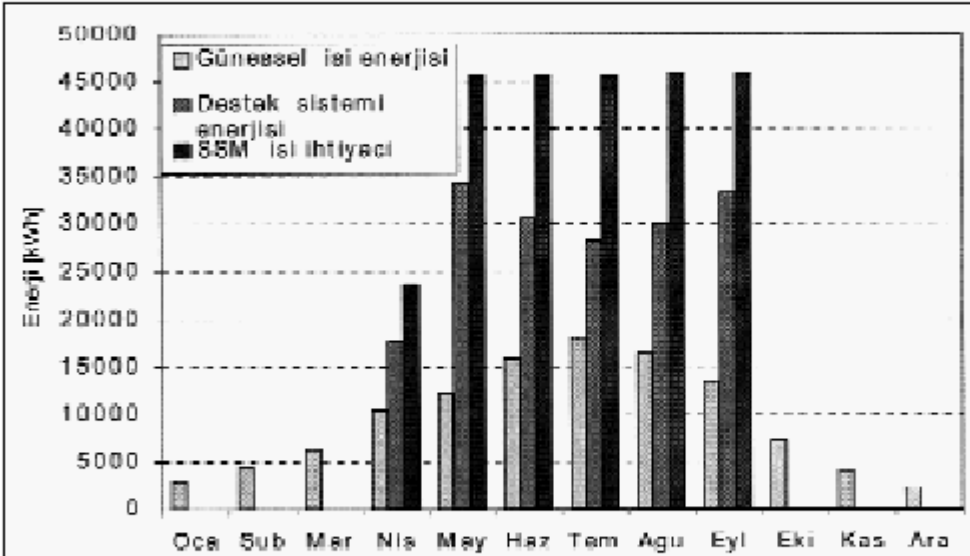
Güneş enerjisiyle üretilen kızgın su kulla-

nacak, gerekse de emisyonları azaltması sebebiyle çevre korunacaktır.

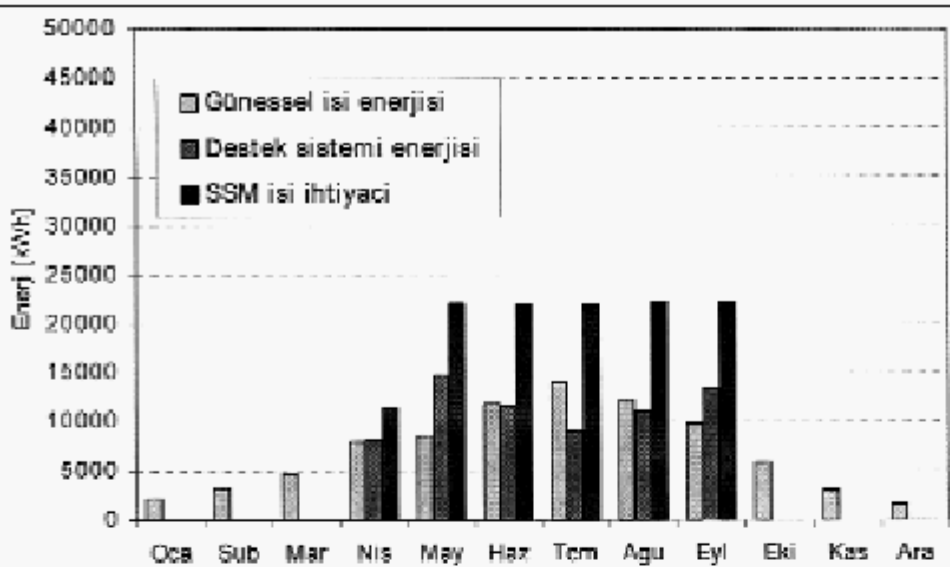
2.2.1. Tek ve Çift Etkili Soğurmalı Soğutma

Makineleri Üzerinde Yapılan Simülasyonlar

Tasarım ve imalatta kullanılacak teknikler hakkında karar verebilmek için güneş enerjisi tekniği ve parabolik oluk tipi kolektörler ile



Şekil 3. 150 m² kolektör alanı ile tahrik edilen tek etkili soğurmalı soğutma grubunun enerji simülasyonu - Güneş kolektörleri alanından ve destek sisteminden karşılanan aylık enerji miktarları ve soğurmalı soğutma makinesinin (SSM) gereksinimi olan aylık ısı enerjisi [3].



Şekil 4. 150 m² kolektör alanı ile tahrik edilen çift etkili soğurmalı soğutma grubunun enerji simülasyonu - Güneş kolektörleri alanından ve destek sisteminden karşılanan aylık enerji miktarları ve soğurmalı soğutma makinesinin (SSM) gereksinimi olan aylık ısı enerjisi [3].

Beklendiği gibi aynı oranda da soğutma yükünü karşılamak üzere kurulan, yüksek sıcaklık seviyesindeki parabolik oluk tipi kolektör alanından elde edilen yaklaşık yıllık 565 kWh/m²-yıl enerji ile tahrik edilen çift etkili soğurmalı soğutma makinesi, düşük sı-

tahrik edilen, tek ve çift etkili soğurmalı soğutma makineleri üzerinde simülasyonlar yapılmıştır.

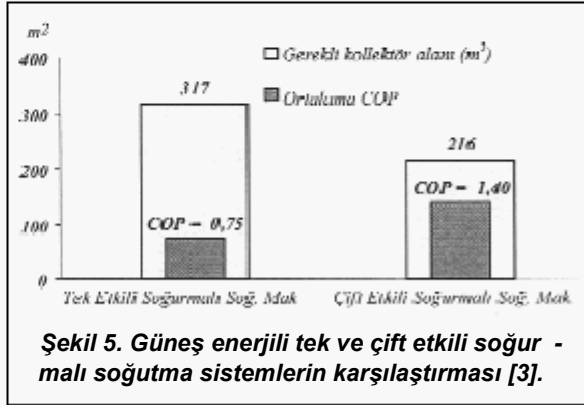
Bu simülasyonlarda Antalya'nın meteorolojik verileri kullanılarak, 15 Nisan - 30 Eylül arasındaki soğutma sezonu için, güneş kolektörlerinden elde edilen enerji, soğurmalı soğutma grubunun çalıştırılabilmesi için gereksinim duyduğu enerji ve destek sistemin-

caklık seviyesindeki yaklaşık yıllık 760 kWh/m²-yıl enerji ile tahrik edilen tek etkili soğurmalı soğutma makinesinden daha düşük enerjiye ihtiyaç duyar. Yoğunlaştırıcı tip kolektörlere özgü bir özellik olan küçük emici yüzey alanı sebebiyle, yüksek emici yüzey sıcaklıklarından kaynaklanan ısı kayıpları, sistemin tüm performansındaki yükselmenin yanında çok düşük kalır. Çünkü yüksek sı-

den alınması gerekli olan enerji miktarları hesaplanmıştır. Soğurmalı soğutma gruplarının Soğutma Etkinlik Katsayısı (COP) değerleri yükün bir fonksiyonu olarak modellenmiş olup, Şekil 2'de çift etkili soğurmalı soğutma makinesinin COP değeri, yükün bir fonksiyonu olarak verilmiştir.

Tek etkili soğurmalı soğutma makineleri için güneş kolektörleri giriş ve çıkış sıcaklıkları 80 °C – 110 °C olmasına karşın, bu değerler çift etkili makinelerde 155 °C – 180 °C'dir. Şekil 3 ve 4'de, tek ve çift etkili soğutma makinelerinin ihtiyaç duyduğu aylık enerji miktarları ile güneş ışınımından elde edilen ve destek sistemi ile sağlanan enerji miktarları da gösterilmiştir.

sıcaklık uygulaması sebebiyle artan ısı kayıpları, borunun üzerine yerleştirilen düşük demirli cam kılıf sayesinde azaltılmasına rağmen, kolektör verimini yaklaşık olarak % 25 oranında düşürürken, çift etkili soğurmalı



Şekil 5. Güneş enerjili tek ve çift etkili soğurmalı soğutma sistemlerin karşılaştırması [3].

soğutma makinesinin COP değerinin, tek etkili soğurmalı soğutma makinesinin COP değerine göre sağladığı performans artışı yaklaşık % 86'dir. Böylece tüm sistemin verimi yaklaşık % 47 oranında artar [1].

Buradaki en önemli noktalar, yüksek soğutma etkinlik katsayısına sahip çift etkili soğurmalı soğutma makinelerinin kullanımı ile, hem destek sistemi yakıt tüketiminin düşmesi, hem de kolektör alanının önemli oranda azalmasıdır (Bkz. Şekil 5). Bu şekilde sistemin, hem ilk yatırım maliyeti azaltılacak, hem de işletme giderleri konvansiyonel sistemlere göre çok az olan güneş enerjili soğurmalı soğutma sisteminin amortisman süresi kısaltılarak, yaygınlaşması sağlanacaktır. Konvansiyonel sistemlerle, verim ve fiyatlar yönünden yapılan karşılaştırmalar sonucunda, parabolik oluk tipi güneş kolektörleri ile çift etkili soğurmalı soğutma gruplarının birlikte kullanıldığı güneş destekli soğutma sistemlerinin, 100 kW üzerindeki soğutma yükleri için ekonomik olabileceği beklenmektedir. Türkiye'deki düşük üretim maliyetleri ve seçici yüzeyli boru, cam kılıf, yansıtıcı yüzey gibi ilk etapta yurt dışından ithal edilecek malzemelerin, zamanla yurt içinde üretilmesi ile, sistem fiyatını belirleyen en önemli maliyetlerden, güneş kolektörünün üretim maliyeti düşecek, bu da sistemin amortisman süresini daha da kısaltacaktır. Çift etkili soğur-

malı sistemlerin tüm çalışma süreci içerisinde genellikle % 50 ile % 80 kısmi yük altında çalıştığı bilindiğinden, bu sistemlerin ortalama COP'si 1,4 civarında kabul edilmektedir (Bkz. Şekil 2).

3. SARIGERME'DE GÜNEŞ ENERJİLİ BİR SOĞUTMA SİSTEMİ UYGULAMASI

Güneş enerjisi destekli soğutma uygulamalarında bugüne kadar farklı tiplerde kolektörler kullanılmıştır. Bunlar düz ve vakum tüplü kolektörlerle çalıştırılan absorpsiyonlu (soğurmalı) ve adsorpsiyonlu soğutma makineleridir.

Bu tip uygulamalarda parabolik oluk tipi kolektörlerin kullanımı Avrupa'da bilinmemekte olup, Amerika'da Berquam ve arkadaşları [2] tek etkili soğurmalı soğutma grupları ile parabolik oluk tipi kolektörleri kullanmışlardır. Krüger ve arkadaşları [3] ise tek etkili soğurmalı makinelerini incelemiştir.

Yaygın olarak kullanılmakta olan tek etkili soğurmalı soğutma makineleri,, genelde düz kolektörlerle tahrik edilmektedir. Düz kolektörlerle ulaşılabilen sıcaklıklar 80 °C – 110 °C arasında olup, sıcaklık yükseldikçe kolektör verimi azalmaktadır. Yapılan pazar araştırmalarında 80 °C'nin altındaki sıcaklıklarda tahrik edilen tek etkili soğurmalı soğutma makinelerinin kabul edilebilir yatırım maliyetlerine sahip olmadığı görülmüştür.



Bu nedenle soğutma uygulamalarında düz kollektörlerin kullanımı yaygınlaşmamıştır. Vakum tüplü kollektörler ise parabolik oluk tipleriyle kıyaslandığında çok pahalı olması sebebiyle yatırım maliyetini yükseltmekte ve parabolik oluk tipi kollektörlerin ulaştığı sıcaklıklara ulaşamamaktadır.

Sarıyerme'deki bir otelde TÜBİTAK Tİ - DEB proje desteği kapsamında yapılacak uygulamada, 116 kW soğutma yükünün güneş enerjisi ile karşılanması için Şekil 5'de akış şeması verilen bir sistem kurulacaktır. Burada kullanılacak parabolik oluk tipi kollektörler bu proje kapsamında Türkiye'de tasarlanmış olup, 5 m boyunda, 1,8 m eninde ve yaklaşık 9 m² açıklık alanına sahiptir. Bu kollektörde, toplayıcı alanının açıklık alanına oranı olan, geometrik yoğunlaştırma oranı 15 olup, her kollektörden 5-6 kWh enerji sağlanacağı hesaplanmıştır. Böylece kurulacak sistemde 20-24 adet kollektörün otelin bahçesine montajı yapılacaktır. Bu kollektörler, özel geliştirilen bilgisayar yazılımı ve fotosellerden oluşan güneşi takip sistemi ile kontrol edilen, bir motor redüktör grubu ile gün boyu 270° açisal hareket yaparak güneşi takip edecektir. Böylece kollektörün siyah krom seçici yüzey kaplanmış CrNi borusunun, gün boyunca güneş ışınlarını dik ola-

rak alması sağlanarak sistemin performansı arttırılacaktır [1].

Bu sistemde, ortalama 1,4 COP değerine sahip çift etkili soğurmalı soğutma grubunun çalıştırılması için gerekli olan ısı, 143 °C, 4 atm özelliklerinde buhar ile karşılanacaktır. Bu özellikte buharın üretileceği jeneratörün ısıtıcı akışkanı olarak, parabolik oluk tipi güneş kollektörlerinden elde edilen 180 °C, 12 atm özelliklerindeki kızgın su kullanılacaktır. Bu nedenle parabolik oluk tipi kollektörler 12 atm, 180 °C / 155 °C giriş - çıkış sıcaklıklarında çalışacak şekilde tasarlanmıştır.

Parabolik oluk tipi kollektörlerle toplanan direk güneş ışınımının kesintili ve geceleri hiç olmaması sebebiyle, sistem üzerine kollektörlerde üretilen fazla kızgın suyun depolanacağı kızgın su ısı depolama tankının yerleştirilmesi gerekmektedir. Bu şekilde otelin soğutma ihtiyacının olmadığı veya azaldığı saatlerde depolanan kızgın su desteği ile, güneş ışınımının olmadığı veya azaldığı durumlarda soğutma işlemi devam edebilecektir. Böylece sistemin gün boyu çalışma süresi uzatılarak, işletme giderlerinin azaltılması ile sistemin amortisman maliyeti ve süresi kısaltılacaktır.

Bu sistemde soğurmalı soğutma makinesinin sürekli çalışmasını sağlamak için, özellikle geceleri buhar üretimini destekleyecek bir buhar kazanına da ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, yeni kurulacak sistemlerde buhar kazanı ile soğurmalı soğutma grubunun desteklenmesi yerine, küçük kapasitede buhar sıkıştırımlı konvansiyonel bir soğutma grubu ile de geceleri soğutma ihtiyacı desteklenebilecektir. Burada çok tarifeli elektrik sa-





Şekil 7. Geliştirilen parabolik oluk tipi kollektörünün prototipi [1]

ğu 11:00 – 17:00 saatleri arasında, depolamadandan sonra, üretilen fazla buhar ile otelin mutfak, çamaşırhane, hamam ve sauna gibi alanlarında 300 – 700 kg/h'lik buhar ihtiyacı ve 60 °C'de sıcak su ihtiyacı karşılanacaktır. Böylece sisteme yapılan yatırımdan elde edilecek enerjinin kullanım alanı ve süresi artırılarak LPG ve elektrik tüketimi azaltılacaktır. Bu da otelin işletme giderlerinin düşmesini ve sistemin amortisman süresinin kısalmasını sağlayacaktır.

4. SONUÇ

Türkiye'nin uygun güneş kuşağı ve doğalgaz taşıyım güzergahı üzerinde olması, güneşsel ısı yükleri ile soğutma ısı yüklerinin çakışması nedeniyle, doğalgaz destekli güneş enerjili soğurmalı soğutma sistemlerinin Türkiye ekonomisi yönünden uygunluğunun derinliğine araştırılması gereklidir. Bu uygulamalarda soğutma yükü ve güneşsel ışın şiddeti aynı fazda olup birlikte artması, bu tür uygulamaların ekonomik olmasını destekler. Alışılmış soğurmalı soğutma sistemlerinde (tek etkili) üretilen soğunun, harcanan enerjiye oranı (COP değeri) yaklaşık 0,7-0,9 dolayındadır. Güneş enerjili soğurmalı soğutma sistemlerinin ekonomik yönden uygun olabilmesi, COP değerleri, tek etkili sistemlerin yaklaşık iki katı olan, çift etkili soğurmalı soğutma sistemlerinin kullanılmasını gerektirir. COP değerinin iki kat artması ile, soğurmalı soğutma sisteminin ısı girdisi, dolayısıyla da güneşsel ısıyı sağlayan kollektör sayısı yarıya düşer. Bu da toplam yatırım maliyetinin yaklaşık % 40 azalmasına neden olur. Çift etkili soğurmalı soğutma sistemleri sadece yüksek sıcaklıkta buhar ile çalıştırılabildiği için, buhar üretiminde kullanılacak yüksek sıcaklık ve ekserjide kızgın su üreten, parabolik oluk tipi güneş kollektörlerinin kullanılması gerekmektedir.

nedir. Burada çok kaliteli elektrik saraylarının kullanımı, geceleri kullanılan elektrik enerjisine daha düşük bedeller ödenmesini ve işletme giderlerinden tasarruf edilmesini sağlayacaktır.

Otel odalarındaki soğutma ihtiyacının azaldığı, fakat güneş ışınımının fazla oldu

soğutma uygulamalarında, güneşsel rejenerasyon ısı üreten parabolik oluk tipi kollektör sistemleri ile ilgili AR-GE çalışmaları yapılmalıdır.

Çift etkili soğurmalı soğutma grubunun kullanımı, güneş enerjisi ile soğutma yapımını avantajlı kılar. KOSGEB ve TÜBİTAK TİDEB tarafından desteklenen projede, Sarıgerme'deki bir otelin bahçesine kurulacak olan parabolik oluk tipi kollektörler ile buhar jeneratöründen elde edilen 4 atm'deki döymüş buharın bir kısmı soğutma için kullanılırken, diğer kısmı çamaşırhane, mutfak, havuz ısıtması, mahal ısıtması, sıcak su üretimi vb. farklı uygulamalarda kullanılarak yük faktörü artırılır. Böylelikle yüksek ilk yatırım maliyetine sahip bu sistemler, daha fazla uygulamada kullanılarak, işletme enerji giderlerinden tasarruf edilen miktar artırılır, bu da amortisman süresini azaltır. Kurulan sistem üzerinde yapılacak ölçümlerle, güneş enerjili soğutma sisteminin ve üretilen parabolik oluk tipi kollektörlerin termal testleri yapılabilecek, sistem ve elemanlarının performansı tespit edilecektir.

Türkiye'deki enerji krizi ve yükselen elektrik ve LPG giderleri göz önüne alındığında, güneşli günlerin 300 günden fazla olduğu Akdeniz Bölgesindeki oteller ve buhar ihtiyacı olan endüstriyel tesislerde, parabolik oluk tipi kollektörlerle toplanan güneş enerjisi ile buhar ve soğutma uygulamaları ekonomik olacaktır. Ayrıca bu uygulamalarda temiz bir enerji kaynağı olan güneş enerjisinin kullanımı ile çevreye atılan emisyonlar da azaltılacaktır. Bunu sağlamak üzere bir yandan sistemdeki en yüksek maliyete sahip olan parabolik oluk tipi güneş kollektörlerinin performansını yükseltecek çalışmalar yapılırken, diğer taraftan da üretim maliyetini düşürecek tekniklerle daha ucuz, fakat yüksek perfor-

rabolik oluk tipi güneş kollektörlerinin, kısa
bir süre içinde gerek Türkiye'deki birçok uy-
gulamada kullanılması, gerekse yurt dışına
ihracatı planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

[1] ÇOLAK, L., "Güneşi Takip Eden Para-
bolik Oluk Tipi Güneş Kollektörlerinin Mate-
matiksel Modellenmesi Tasarımı ve Teknik
Optimizasyonu, Doktora Tezi, Gazi Üniversi-
tesi, 2003.

[2] BERGQUAM, BREZNER, HEWETT,
AICHE Annual meeting in Los Angeles, CA,
Nov. 16-21, 1997.

[3] KRÜGER, D., LOKURLU, A., RICH-
HARTS, F., 5th Cologne Solar Symposium,
2001.