

ADSORPSİYONLU SU SOĞUTUCU TASARIMLARI VE UYGULAMALARI

Bülent ORHAN
Ali GÜNGÖR

ÖZET

Soğuk su, ticari ve endüstri uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde su soğutucu uygulamaları, çoğunlukla elektrik tahrikli kompresör kullanan sistemlerle yapılmaktadır. Bu tip sistemlere alternatif olarak, elektrik enerjisi yerine birincil enerji olarak ısı enerjisi (atık ısı veya güneş enerjisi) kullanan adsorpsiyonlu su soğutucu tasarımları geliştirilmiştir. Adsorpsiyonlu su soğutucular çok az elektrik tüketimi yapan ve çevreyle uyumlu sistemlerdir. Bu çalışmada, adsorpsiyonlu su soğutucu temel özellikleri ve prensipleri ortaya konulmuştur. Ayrıca, bu tip sistemlere ait tasarım karakteristikleri ve mevcut tasarımlar üzerinde durulmuştur. Adsorpsiyonlu su soğutucu sistemi kullanılan bazı ticari uygulamalar incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Adsorpsiyon, Su Soğutucu, Enerji, Güneş, Adsorbent, Adsorbat

ABSTRACT

Cold water is widely used in commercial and industrial applications. Water cooling applications in Turkey is often carried out for systems using electrically driven compressors. As an alternative to these types of systems, adsorption of water cooler designs using heat energy as primary energy (waste heat or solar energy) instead of electrical energy was developed. Adsorption of water coolers make very little power consumption and they are environmentally compatible systems. In this study, the basic features and principles of adsorption chiller have been determined. In addition, the design characteristics of this type of systems are discussed and it is focused on existing designs. Adsorption chiller system that are used in some commercial applications have been examined.

Key Words: Adsorption, Chiller, Energy, Solar, Adsorbent, Adsorbate

1. GİRİŞ

Türkiye, elektrik enerjisi üretimi ve tüketimi açısından çeşitli sorunlarla karşılaşmaktadır. Bu kapsamda, her yıl %10'ları aşan düzeylerde artan elektrik enerjisi talebini karşılayabilmek için gereken yatırımlar güçlükle sürdürülebildiğinden, ülke zaman zaman elektrik kesintilerinin eşiğine gelmektedir. Ülkemizde, elektrik tüketimini arttıran önemli bir unsur da soğutma sektörüdür. Özellikle güney bölgelerimizde bulunan konut ve ticari işletmelerde, soğutma için harcanan elektrik enerjisi tüketiminin toplam enerjiye oranı % 40 mertebesine ulaşmaktadır [1]. 6 Ağustos 2010 Cuma günü 700 milyon kWh tüketim ile Cumhuriyet tarihinin elektrik enerjisi kullanım rekorunun kırıldığını Enerji Bakanı Taner Yıldız tarafından açıklanmıştır. Bunun nedeninin, Türkiye genelinde artan sıcaklık ve sürekli çalıştırılan klimalar dolayısıyla artan elektrik ihtiyacı olduğu söylenmiştir. Bunun üzerine Enerji Yönetimi, kırsal bölgelerden başlamak üzere 1400 MW'lık kesinti uygulaması yapmıştır [2]. Bununla birlikte, aynı ay içinde, sektörün önde gelen firmalarından Türk Demir Döküm Pazarlama Yöneticisi Ufuk Atan'ın

basına yansıyan açıklamasında, Türkiye'de klima konusunda çok ciddi bir pazar potansiyeli olduğunu, ancak pazar hacminin şu anda potansiyelin altında kaldığını ve klima kullanılabilir her 10 evden sadece birinde klima bulunduğunu ve bu sayının artmasını umduğunu belirtmiştir [3]. Bu durum ülkemiz için göz ardı edilmemesi gereken önemli bir sonucu ortaya koymaktadır. Mevcut pazar hacmi ve insanların konfor alışkanlıklarının değişmesi ile önümüzdeki yıllarda klima kullanan ev sayısının çoğalacağı öngörüsüyle, ülkemizde yaşanan elektrik üretim sıkıntısının katlanarak artacağı açıktır.

Bunun yanında, ülkemizde elektrik üretimi büyük oranda, yaklaşık %65, fosil yakıt enerji kaynakları kullanılarak sağlanmaktadır. Türkiye fosil yakıt enerji açısından yaklaşık % 75 oranında dışa bağımlıdır ve ithal edilen kaynaklara yılda yaklaşık 40–50 milyar dolar ödeme yapılmaktadır. Diğer taraftan, fosil yakıtlar nedeniyle Türkiye'de bir yılda 300 milyon ton sera gazı üretilmektedir [4]. Türkiye'nin Kyoto Protokolüne katılmasının uygun bulunduğu ilişkin kanun tasarısı, 2009 yılında TBMM Genel Kurulunda kabul edilerek yasalaşmıştır. Ülkelerin atmosfere verdikleri zararlı sera gazlarını azaltmayı hedefleyen protokole Türkiye'nin uyabilmesi için milyarlarca dolarlık maliyete ulaşan adımların atılması gerekecektir. Bu bağlamda, Türkiye'de enerji üretiminde çok yaygın olan kömürle çalışan santrallerin sistemlerini yenilemeleri ve yüzde 1'in altında olan rüzgar ve güneş gibi kaynaklara dayalı yenilenebilir enerji sistemlerinin oranı yükseltilmesi gerekecektir [5].

Yaşanan bu durum, ülkemizde gerçekleştirilen soğutma uygulamalarında çevreyle uyumlu yenilikçi yöntemler kullanılması ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Adsorpsiyonlu su soğutucular bu yenilikçi yöntemlerden birisidir. Bu tip sistemler atık ısı ve güneş enerjisi ile birlikte kullanılabilir. Güneş enerjisinin soğutmada kullanılmasının en çekici yönü soğutma ihtiyacının güneş enerjisi ile artmasıdır. Güneşten elde edilen ısı enerjisi ile elektrik enerjisi tüketiminin azaltılarak soğutma elde edilebilmektedir. Güneş enerjili su soğutucu tasarımları ile yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması politikasına katkı sağlanmakla birlikte fosil yakıt tüketiminin azalmasını sağlayarak geleceğimizin korunmasına fayda sağlayacaktır.

2. ADSORPSİYONLU SU SOĞUTUCU TEMEL PRENSİPLERİ

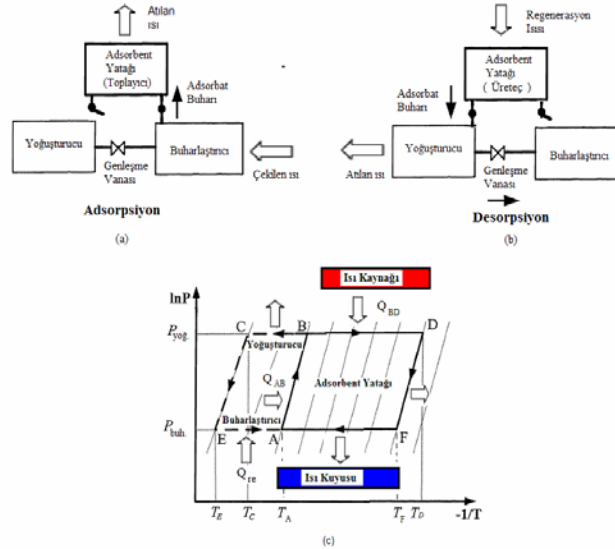
Adsorpsiyon, iki farklı fazdaki maddelerin ara yüzeyinde gerçekleşen yüzey olayıdır. Faz sınırlarındaki yüzey kuvvetleri katı ve akışkan madde ara yüzeyinde molekül konsantrasyonunun değişimine neden olur. Fiziksel adsorpsiyon adsorbent molekülü ve adsorbat molekülü arasındaki Van der Waals kuvveti sonucu olur. Katı adsorbent tarafından fiziksel olarak adsorbe edilen moleküller ısı uygulanarak tekrar ayrılabilir. Bu nedenle, fiziksel adsorpsiyon tersine çevrilebilir bir işlemdir [6].

Adsorpsiyonlu soğutucularda katı fazında bulunan ve soğutkanı adsorbe/desorbe eden maddelere "adsorbent" adı verilir. Adsorbent maddenin adsorpsiyon karakteristiği sistem performansını belirleyen önemli bir etkidir ve adsorbe edilen madde miktarı için adsorpsiyon izotermi tarafından belirlenir. Fiziksel adsorpsiyonda kullanılan adsorbentlerin performansı yüzey alanı, mikro-gözenekler, makro-gözenekler ve tanecik boyutları gibi adsorbent yüzey özelliklerine bağlıdır. Su gibi polar maddelere özel yatkınlığı olan adsorbentlere hidrofilye (su sever) adsorbentler denir. Bu maddelere silika jel ve zeolit örnek verilebilir. Sudan çok yağlar ve gazlara özel yatkınlığı olan adsorbent maddelere hidrofob (su sevmeyen) maddeler denir. Bu maddelere aktif karbon örnek verilebilir.

Adsorpsiyonlu soğutucularda adsorbent maddenin yapısına uygun olarak soğutkan maddeler kullanılır. Bu maddelere "adsorbat" adı verilir. Adsorbat madde sistem içinde dolaşarak çevrimin gerçekleşmesini sağlar. Soğutulmak istenen ortamdan ısı çekerek faydalı işi gerçekleştirir. Sistemde kullanılan adsorbat madde sistem performansını etkileyen diğer önemli etkidir. Adsorpsiyonlu soğutucu uygulamalarında su, metanol, etanol ve amonyak kullanılabilir.

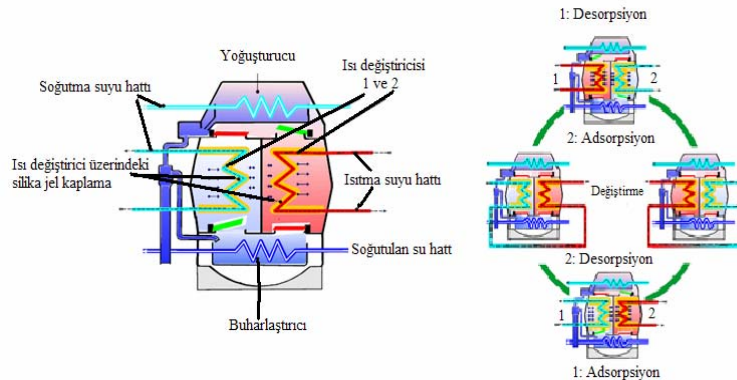
Temel adsorpsiyonlu çevrimde kullanılan ana elemanlar adsorbent yatağı, yoğunlaştırıcı, buharlaştırıcı ve genleşme valfidir. Başlangıç olarak düşünülürse, düşük basınca sahip buharlaştırıcıda bulunan adsorbat ortamdan ısı çekerek buharlaşır. Ortamdan çekilen bu ısı elde edilen faydadır. Buharlaştırıcıdan çıkan adsorbat, adsorbent yatağında yutulur. Bu işlem çevrimin adsorpsiyon kısmıdır. Adsorpsiyon sırasında dışarıya ısı atılır. Adsorpsiyon halinde bulunan adsorbent yatağına

“toplayıcı” adı verilir (Şekil 1 (a)). Bu işlemin ardından, adsorbent yatağı bir ısı kaynağı ile ısıtılır ve adsorbat, adsorbent yatağı tarafından desorbe edilir. Desorbe işlemi için ihtiyaç duyulan bu ısıya “regenerasyon ısı” ve desorpsiyon halinde bulunan adsorbent yatağına “üreteç” adı verilir (Şekil 1 (b)). Güneş enerjili sistemlerde, kolektörde elde edilen ısı enerjisi adsorbent yatağının ısıtılmasında kullanılır. Adsorbent yatağını terk ederek yoğuşturucuya gelen adsorbat ısını çevreye vererek yoğuşur. Sıvı adsorbat genişleme vanasından geçerek buharlaştırıcıya gelir ve temel adsorpsiyon soğutucu çevrimi tamamlanır. Şekil 1(c)’de tek adsorbent yataklı ideal adsorpsiyonlu soğutma çevrimine ait Clapeyron diyagramı ($\ln P$ vs $-1/T$) görülmektedir. Kesintili çalışan bu sistemde buharlaştırıcıda buharlaşan adsorbat, adsorbent yatağında yutulurken yoğuşturucuda işlem olmaz. Aynı şekilde, yoğuşma esnasında buharlaştırıcıda işlem olmaz.



Şekil 1. Adsorpsiyon Çevrimi Temel Elemanları

Adsorpsiyonlu su soğutucuların sürekli soğutma elde edebilmesi için en az iki adsorpsiyon yatağı bölümünün olması gerekmektedir. Adsorpsiyonlu su soğutucu tasarım yapısı, bir basınç kabı içindeki 4 farklı hazneden oluşmuştur (Şekil 2). Tasarımda, yukarıdan aşağıya doğru; ilk hazne yoğuşturucu, ortadaki iki hazne üreteç/toplayıcı adsorbent yatağı, en aşağıdaki dördüncü hazne de buharlaştırıcıdır. Üreteç/Toplayıcı hazneleri üste bulunan yoğuşturucuya ve altta bulunan buharlaştırıcıya flap valfleri ile bağlanmıştır. Hazneler içine ısı değiştiriciler yerleştirilmiştir. Isıtılan adsorbent yataktaki yoğuşturucuya bağlı valf, adsorbatın yoğuşturucuya desorbe olmasına izin verecek şekilde açılırken buharlaştırıcıya bağlı olan valf kapalıdır. Aynı anda, diğer adsorbent yatak soğutulmakta ve buharlaştırıcıya bağlı olan valf buharlaştırıcıdan gelen adsorbatı yutmaya izin verecek şekilde açılırken yoğuşturucuya bağlı olan valf kapalıdır. Isıtılan ve soğutulan yataklar ve valf yönleri çevrim sonunda değiştirilerek sürekli soğutma etkisi elde edilebilmektedir.



Şekil 2. İki Adsorbent Yataklı Adsorpsiyonlu Soğutucu Şeması [7]

Tasarım ile kapalı bir çevrim kullanılarak soğuk su elde edilmektedir. Mevcut ticari sistemlerde adsorbat olarak su ve adsorbent olarak silika-jel veya zeolit kullanıldığı görülmektedir. Silika jel, herhangi yapısal değişime uğramadan ve hacim artışı olmadan suyu rahatlıkla yutabilir. Aynı zamanda, sıcaklığının artması ile de suyu kolaylıkla desorbe edebilmektedir. Bunların yanında, bu işlemleri yapısını kaybetmeden çok uzun süre yapabilmektedir. Silika jelin aşırı ısıtılması halinde adsorpsiyon kapasitesi düşer. Bu yüzden silika jel, 200 °C altındaki sıcaklık uygulamalarında kullanılabilir. Silika jel güneş enerjisi gibi düşük nitelikli ısı kaynaklarında kullanımı için oldukça uygundur. Zeolit, kristal yapıda olup bu kristaller içinde düzenli boyutlarda mikro gözenekler bulundurur. Mikro gözenekler oldukça küçük ve düzenli olduğundan neredeyse aynı boyutta görünürler. Yaklaşık 40 farklı tipte doğal zeolit vardır. Bununla birlikte, 150 farklı tipte zeolit, yapay olarak sentezlenebilmekte ve A, X, Y, ZSM gibi bir harf veya harf grupları ile isim verilmektedir. Yapay zeolitler doğal zeolitlere göre daha pahalıdır, fakat daha iyi ısı transferi performansına sahiptir. Ticari olarak 4A, 5A, 10X ve 13X tip yapay zeolitler soğutma uygulamalarında kullanılmaktadır. Birçok zeolit 500 °C sıcaklıkta adsorpsiyon ve desorpsiyon özellikleri bozulmadan ısıtılabilir. Bu nedenle, zeolit adsorpsiyonlu su soğutucularda 200–300 °C sıcaklığa sahip ısı kaynağı ile birlikte rahatlıkla kullanılabilir [8].

Buharlaştırıcıda gerçekleşen buharlaşma, buharlaştırıcı basıncına bağlıdır. Normal atmosfer basıncında (760 mm Hg), su 100 °C sıcaklıkta buharlaşmaktadır. Bilindiği gibi, ortam basıncı düşürülürse suyun buharlaşma sıcaklığı da azalır. Sistemin buharlaştırıcısında 10–20 mm Hg vakum elde edilmesiyle su düşük sıcaklıklarda buharlaşarak çevresinden ısı çekebilmektedir. Sistem tamamen otomatik olarak temel olarak 4 adımda çalışır. Sistemin çalışmasından önce basınç kabı içindeki hava bir pompa yardımıyla boşaltılır. Bu işlem sadece başlangıç çalışmasında yapılır, daha sonra sadece periyodik olarak yapılır. İlk olarak su buharlaştırıcıya gelir ve soğutulan sudan ısı çekerek buharlaşır. İkinci adımda, buharlaşan su toplayıcı adsorbent yatağı tarafından adsorbe edilir. Üçüncü adımda adsorbe edilen su ısı enerjisi kullanılarak desorbe edilir. Adsorbent yatağı toplayıcı durumundan üreteç durumuna döner. Desorbe edilen su yoğunlaştırıcıda soğutma suyu kullanılarak yoğunlaştırılır. Çevrim yoğunlaştırıcıda yoğunlaşan suyun buharlaştırıcıya dönüşüyle tamamlanır. Gerçekleşen çevrimin çalışma süresi 5-7 dakikadır. İki adsorbent yatağından biri üreteç görevi yaparken diğeri toplayıcı görevi yapar. Çevrim zamanının sona ermesinden sonra adsorbent yatağındaki işlemler değiştirilir. Böylece, sürekli bir soğutma elde edilmiş olur.

Sistemin kontrolü buharlaştırıcıya giren soğutulan su sıcaklığı ile yapılır. Soğutulan su sıcaklığı istenilen değeri aştığında sistem adsorbent yatakları arasında üreteç/toplayıcı dönüşümünü devam ettirerek soğutma kapasitesini üst değerde tutar. Ancak, soğutulan su sıcaklığı arzu edilen sıcaklık limitinin altına düştüğünde sistem çevrim sonunda üreteç/toplayıcı dönüşümünü yapmaz. Bunun yerine, mevcut durumdaki üreteç ısıtılmaya devam edilir. Böylece, buharlaştırıcıda buhar üretimi azaltılarak soğutma kapasitesi düşürülür.

3. ADSORPSİYONLU SU SOĞUTUCU TİCARİ ÜRÜNLERİ VE UYGULAMALARI

Adsorpsiyonlu su soğutucu ticari olarak ilk kez Nishiyodo Kuchou Manufacturing Company tarafından 1986 yılında geliştirilip üretilmiştir. Mevcut durumda, Japonya'dan Nishiyodo ve Almanya'dan SorTech ve Invensor firmalarına ait adsorpsiyonlu su soğutucu ticari ürünleri bulunmaktadır. Bu sistemler tipik çalışma şartlarında 80 °C sıcak su sıcaklığı ile yaklaşık 0.6 COP değerlerinde çalışabilmektedir. Şirketlerin sunduğu ürünlerin soğutma kapasiteleri 5.5 kW ila 500 kW soğutma gücü aralıklarında değişmektedir. Alman SorTech firması 5.5 kW kapasiteye sahip SorTech ACS 05 ünitesini 2007 yılında piyasaya sunmuştur ve 2008 yılında ileri versiyonu olarak 7.5 kW kapasiteli SorTech ACS 08 modelini geliştirmiştir. Adsorpsiyonlu soğutucuların tipik COP değeri 0.5–0.6 olarak verilmektedir. Adı geçen firmalara ait ürünlerin bazı temel özellikleri Tablo 1 'de verilmiştir.

Adsorpsiyonlu soğutucuların en önemli avantajı 60°C sıcaklıktan başlayan düşük sıcaklığa sahip ısı kaynakları ile çalışabilmesidir. Ayrıca, nispeten basit mekanik yapısı, çalışma prensibi ve sağlamlığı bu tip sistemleri oldukça avantajlı kılmaktadır. Diğer alternatif ısı enerjisi tahrikli soğutucu olan adsorpsiyonlu soğutucularda yaşanabilecek kristelleşme problemi olmadığından sıcaklık kısıtlaması

bulunmamaktadır. Adsorpsiyonlu su soğutucular çok düşük çalışma maliyetine sahiptir. Sortech AG ACS 08 modelinin elektrik tüketimi sadece 20 W gücündedir. Su soğutucu sistemde sadece yoğunlaştırılmayan adsorbatın boşaltılması için kullanılan vakum pompası ve soğutkanın (su) boşaltılması sırasında kullanılan su pompası kullanılmaktadır.

Adsorpsiyonlu su soğutucularda soğutkan olarak su kullanılmaktadır. Bu durum, elektrik tahrikli kompresör kullanan soğutucularda kullanılan freon ve adsorpsiyonlu soğutucularda kullanılan Li-Br ve amonyak soğutkanların çevreye ve insanlara olabilecek zararlı etkilerinden kaçınılmasını, olası korozyonun önlenmesini sağlamaktadır. Ayrıca, adsorpsiyonlu su soğutucularda ihtiyaç duyulan kimyasal test ve soğutkan değişimi ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır. Adsorpsiyonlu su soğutucularda kompresör ihtiyacı olmadığından, titreşim ve gürültü sorunu olmayacaktır.

Adsorpsiyonlu sistemlerde dezavantaj olarak, diğer sistemler göre daha hacimli ve ağır olması söylenebilir. Ayrıca, henüz yeterli yaygınlığa ulaşmadığından fiyatları yüksektir. Bunun yanında, adsorpsiyonlu soğutucularda kullanılan silika jel ve zeolit düşük ısı iletim katsayısına sahiptir. Bu durum, çevrim süresini uzatmakta ve ısı değiştirici ve buna bağlı olarak sistem boyutlarını büyütülmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte ısı değiştirici teknolojisinde büyük gelişme potansiyeli mevcut olup, bu durum gelecekte oluşturulacak adsorpsiyonlu su soğutucu sistemlerinin hacim ve ağırlığının azalmasını sağlayabilecektir.

Tablo 1. Adsorpsiyonlu Su Soğutucu Ticari Ürünler ve Özellikleri [9,10,11]

Şirket	SorTech AG	SorTech AG	Nishiyodo	Nishiyodo	Invensor
Ürün Adı	ACS 08	ACS 15	NADAC-20	NADAC-	LTC 09
Çalışma Çifti	Su/Silika Jel	Su/Silika Jel	Su/Silika Jel	Su/Silika Jel	Su/Zeolit
Resim					
Soğutma Kapasitesi (kW)	7.5	15	79	572.3	11
Isıtma Sıcaklığı (Giriş-Çıkış) (°C)	75 /68	75/69	90/83.8	90/83.8	72/66
Soğutma Suyu Sıcaklığı (Giriş-Çıkış) (°C)	27/32	27/32	29.4/35	29.4/35	27/31.5
Soğutulan Su Sıcaklığı (Giriş-Çıkış) (°C)	18/15	18/15	12/6.7	12/6.7	18/14.5
COP	0.56	0.56	0.56	0.59	0.69
Boyutlar (LxDxH) (m)	0.79x1.06x0.94	0.79x1.35x1.45	2.3x2.65x1.5	2.31x2.86x4.82	1.3x0.65x1.65
Ağırlık (kg)	260	510	5500	16400	370
Elektrik Gücü (W)	20	30	200	400	20

Adsorpsiyonlu su soğutucu uygulamalarında ısı kaynağı olarak güneş enerjisi veya atık ısı kullanılabilir. Tipik güneş enerjili adsorpsiyonlu soğutma sistemi, güneş enerjisi toplayıcısı, depolama tankı, kontrol ünitesi, borular ve pompalar ve adsorpsiyonlu su soğutucusundan oluşur. Toplayıcı olarak piyasada bulunan yüksek verimli çift-cam toplayıcı veya vakum tüp toplayıcılar kullanılır.

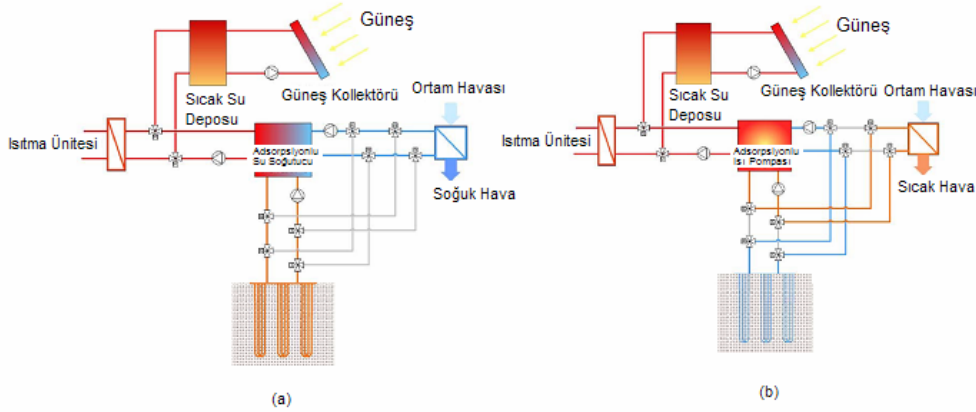
Ticari üretimi yapılan adsorpsiyonlu su soğutucuların başarılı birçok uygulaması vardır. Nitekim, Freiburg-Almanya'da bulunan Fraunhofer ISE Enstitüsü'ne ait 42 m² iklimlendirme alanı bulunan kantin mutfaklığı güneş enerjili adsorpsiyonlu soğutucu kullanılarak soğutulmaktadır. Soğutma yapabilmek için, SorTech ACS 05 adsorpsiyonlu soğutucu ile kapalı çevrim soğuk su ile soğutma yapan merkez hava iklimlendirme ünitesi kullanılmıştır. Yardımcı soğutucu kullanılmamaktadır.



Şekil 3. Fraunhofer ISE Ensttüsü, Freiburg-Almanya, Adsorpsiyonlu Su Soğutucusu [12]

Adsorpsiyonlu su soğutucusunun ihtiyaç duyduğu ısı enerjisi, düzlem tip güneş kolektörü ve buna yardımcı olarak enstitünün fosil yakıt kullanan boilerli ısı enerjisi ağı kullanılarak elde edilmektedir. Yardımcı ısıtma sistemi adsorpsiyonlu soğutucu için ısı enerjisi kaynağı desteği olmakta ve kış ayında ise sistemin ısı pompası olarak çalışması durumunda yardımcı ısı enerjisi kaynağı görevlerini yapmaktadır. 22 m² yüzey alanına sahip düzlem güneş toplayıcıları ile ihtiyaç duyulan 75 °C sıcak su elde edilmektedir. Yaz süresince, sistem soğutma amaçlı kullanılmaktadır. Soğutucusunun adsorpsiyon ısı her biri 80 m uzunluğunda üç toprak altı tüpü kullanılarak sistemden atılmaktadır.

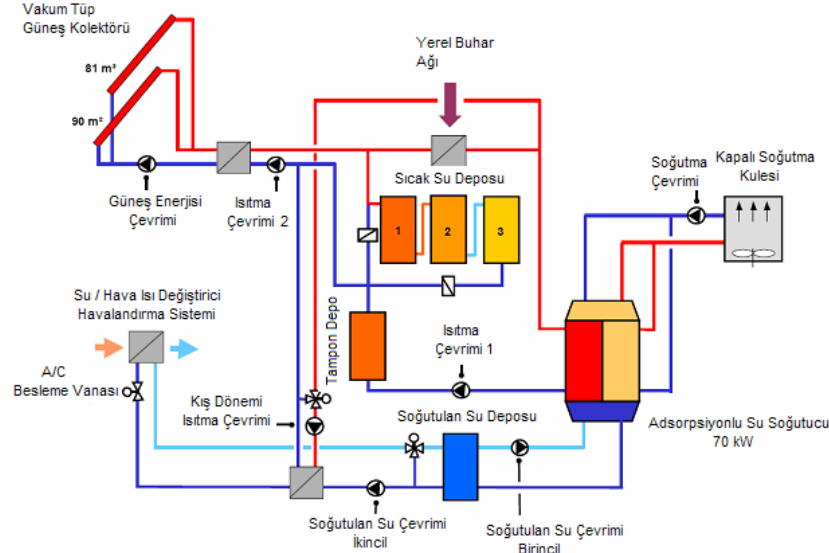
Haziran 2007 tarihinde 14 gün soğutma süresince ortaya çıkan verilere göre COP değeri 0.57 olarak gerçekleşmiştir. Yeraltı tüpleri uygulaması düşük sıcaklık seviyesinde ısı atımı için avantaj oluşturmuştur. Sistemin çalışması ile sistemin güvenilir olduğu ortaya çıkmıştır. Sistem konsepti oldukça umut vericidir: Soğutma kulesi ihtiyacı yoktur ve yaz ayında ısı atılan toprak altı tüpleri kış aylarında ısı pompası olarak kullanıldığında düşük sıcaklık ısı kaynağı olarak kullanılabilir. Sistem yaz aylarında soğutma (Şekil 4(a)) yapmakta ve kış aylarında ise ısı pompası makinesi (Şekil 4(b))olarak çalıştırılmakta ve yer altı tüpleri düşük sıcaklık ısı kaynağı olarak kullanılmaktadır. Böylece, sistem mutfağı hem ısıtabilmekte hem de soğutabilmektedir.



Şekil 4. Fraunhofer ISE Ensttüsü, Freiburg-Almanya, Soğutma Sistemi Şeması [12]

Almanya'da, Freiburg Üniversitesi hastanesinin 360 m² laboratuvar binasının soğutulması güneş enerjili adsorpsiyonlu soğutucu tarafından yapılmaktadır. Soğutulmuş su sıcaklığı yaklaşık 9 °C olmakta ve laboratuvar binasında bulunan iki hava tedarik ünitesindeki havanın soğutulması için kullanılmaktadır. Sistem teknolojisi Nishiyodo NAK 20 adsorpsiyonlu soğutucu kullanan kapalı soğuk su çevrimidir. Soğutucusunun soğutma operasyonu için ihtiyaç duyduğu 75 °C sıcaklığındaki sıcak suyun elde edilebilmesi iki ısı kaynağı bulunmaktadır. Bunlar, 167 m² vakum tüp toplayıcı güneş kolektöründen ve hastane buhar ağının ısı değiştiriciden yoğunlaşması ile elde edilen ısıdır. Laboratuvar binasının güneş enerjisinin olmadığı gece şartlarında da soğutma ihtiyacı olduğundan gerekli olan ek ısı kaynağı hastanenin yerel buhar ısı enerjisi ağı tarafından sağlanmaktadır. Bununla birlikte, ek fayda unsuru olarak, kış aylarında, güneş enerjisi toplayıcıları laboratuvarın ısıtılmasında yardımcı ısı kaynağı olarak kullanılmaktadır.

Kapalı soğutma kulesi adsorpsiyonlu soğutucudan ısı atımı için kullanılmaktadır. Sistemde, 6 m³ hacimli güneş sıcak su deposu (Seri bağlanmış üç depodan oluşan), 2 m³ hacimli tampon sıcak su deposu kullanılmaktadır. 2003 yılında elde edilen verilere göre COP değeri 0.42 olarak gerçekleştirilmiştir. Sistem güvenilirliği açısından iyi sonuçlar vermiştir [Şekil 5].



Şekil 5. Freiburg,Almanya Üniversitesi Hastane Laboratuvarı Soğutma Sistemi Şeması [12]

SONUÇ

Türkiye'nin enerji üretiminde dışa bağımlı olduğu bilinen bir gerçektir. Bu bağlamda, boşa kullanılan enerji, toplumsal refah ve ilerleme için harcanabilecek milli servetin yok olması anlamına gelmektedir. Elektrik İşleri Edüt İdaresi (EİE) tarafından açıklanan resmi verilere göre, Türkiye'nin yıllık güneşlenme süresi 2640 saat ve yataya düşen güneş ışınımı yıllık 1311 kWh/m² dir. Bununla birlikte EİE, son yıllar ortalamasının bu değerden % 20-25 daha fazla olduğunu da belirtmektedir. Bu bağlamda, ülkemiz güneş enerjisi açısından şanslı bir konumdadır [13].

Türkiye'nin tüm yüzeyine bir yılda düşen güneş enerjisi miktarı 977000 TWh'dir. Dolayısıyla Türkiye, 80 milyar Ton Eşdeğer Petrol (TEP) teorik güneş enerjisi potansiyeline sahip olup, bu değer 2000 yılı birincil enerji tüketiminin 900 katıdır. Bununla birlikte, ülkemizde bulunan 18 milyon konuttan 3,5-4 milyonu sıcak su için güneşten faydalanmaktadır. Bunun ülke ekonomisine katkısı 600 milyon dolar civarındadır. Sistemin daha da yaygınlaştırılması durumunda bu rakam 3,5 milyar dolara kadar çıkabilir. Güneş enerjisinden elde edilen ısı enerjisi yıllık üretimi 420 bin TEP civarındadır [1]. Bu haliyle ülkemiz dünyada kayda değer bir güneş kolektörü üreticisi ve kullanıcısı durumundadır. Bunun yanında, güneş enerjisinin su ısıtma yanında soğutma ile kullanılması durumunda ekonomik katma değeri daha da artacaktır. Ülkemizde güneş enerjisi sektörünün daha da gelişmesi ile iş gücü istihdamına da olumlu katkı getirecektir.

10 kW soğutma kapasitesinden küçük sistemler için 1.5 COP değerine sahip buhar sıkıştırımlı su soğutucunun 1 kWh soğutma elde etmek için sistemin ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisinin %60 oranında fosil yakıtlardan %29 oranında nükleer enerjiden, %11 oranında da rüzgar enerjisinden karşılanması durumunda sistemin 369 g/kWh CO₂ salınımı yapar. Bu bağlamda, 0.6 COP değerine sahip güneş enerjili adsorpsiyonlu su soğutucusunun kullanılması ile 1 kWh soğutma elde etmek için sistemin ihtiyaç duyduğu enerjinin %80 güneş enerji ile elde edilen ısı enerjisi ve %20 oranında elektrik enerjisinden karşılanması durumunda 83 g/kWh CO₂ salınımı yapacaktır. Adsorpsiyonlu soğutucuların kullanılması durumunda 1 kWh başına CO₂ salınımının yaklaşık %78 azalması demektir. Ayrıca, buhar sıkıştırımlı soğutucular 1 kWh soğutma elde etmek için 0.67 kWh elektrik enerjisi kullanırken,

adsorpsiyonlu su soğutucu sadece 0.15 kWh elektrik enerjisi kullanacaktır. Bu durum, sistemin elektrik tüketimini ve işletme maliyetlerini de oldukça düşürmektedir. Ayrıca, adsorpsiyonlu su soğutucuların ekonomik kullanım ömürleri oldukça yüksek olup yaklaşık 20 yıl olarak öngörülmektedir [14].

Güneş enerjili adsorpsiyonlu su soğutucuların büyük ticari potansiyelleri olmasına rağmen, ilk maliyetinin yüksek olması ve verimliliklerinin düşük olmasından dolayı elektrik tahrikli kompresör kullanan sistemlere karşı dezavantajlı görülebilir. Ancak, ilk maliyet probleminin teknolojik gelişmelerle ve sistemin yaygın kullanımı ile nispeten düşeceği öngörülebilmektedir. Güneş enerjisinin gücünü kullanarak yaz aylarında soğutma için kullanılacak elektrik miktarı düşürülebilir ve aynı zamanda CO₂ salınımı azaltılabilir. Bununla birlikte, soğutma için ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi tüketimi yerine; varolan güneş enerjisi, kurulan sistem aracılığı ile soğutmada kullanılabilir. Bu sebeple mevcut kurulu ısıtma sistemlerine, adsorpsiyonlu soğutma sistemleri dahil edilmesiyle, çok daha düşük maliyetler ile soğutma sağlanabilir. Bu bağlamda, ülkemizde güneş enerjili adsorpsiyonlu sistemlerin kullanımının yaygınlaşması ile elektrik enerjisinin verimli kullanılması sağlanmış olacaktır. Araştırmacıların ve üretici firmaların konuya eğilerek güneş enerjili adsorpsiyonlu soğutucu teknolojisinin ülkemize kazandırılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] EUROSOLAR, http://www.eurosolar.org.tr/w/index.php?option=com_content&task=view&id=27&Itemid=65
- [2] TEKNİKGÜNDEM, http://www.teknikgundem.com/Haber/Enerji/08082010/Taner-Elektrik_tuketiminde-tarihi-rekor-kirildi.php
- [3] KOBİFİNANS, www.kobifinans.com.tr/tr/sector/010502/25010
- [4] T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Kentleşme Şurası, “İklim Değişikliği, Doğal Kaynaklar, Ekolojik Denge, Enerji Verimliliği ve Kentleşme Komisyonu Raporu”, 2009, Ankara
- [5] MİLLİYET, <http://www.milliyet.com.tr/default.aspx?aType=HaberDetay&ArticleID=761241&Kategori=guncel&Date=31.05.2008&ver=20>
- [6] TCHERNEV D.I., “Solar air conditioning and refrigeration utilizing zeolites”, Proceedings of Meeting of Commissions E1-E2 Jerusalem. International Institute of Refrigeration; 1979, p. 209–215
- [7] ADSORPTION CHILLER NAK GBU TECHNICAL DESCRIPTION, <http://smartenergy.arch.uiuc.edu/pdf/clearinghouse/adsorption%20chiller.pdf>
- [8] Wang L.W., Wang R.Z. and Oliveria R.G., 2009, A review on adsorption working pairs for refrigeration, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13:518-534p
- [9] JAKOP U. and SAULICH S., “Development an investigation solar cooling systems based on small-scale sorption heat pumps”, Eurosun 2008; Lisbon-Portugal
- [10] ICOGEN, S.A, Brochure, Adsorption Chiller, www.icogen-sa.com
- [11] INVENSOR, Adsorption Chiller, LTC 09, www.invensor.com
- [12] SOLAİR, Best Practise Catalogue on Successful Running Solar Air Conditioning Appliances, 2008
- [13] ELEKTRİK İŞLERİ ETÜD İDARESİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ, <http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/tgues.html>
- [14] JAKOP U., “New Concepts and Promising technologies”, International Conference Sustainable Cooling Systems, 2008, Vienna-Austria

ÖZGEÇMİŞ

Bülent ORHAN

1978 yılı Ankara doğumludur. Orta Doğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Havacılık Mühendisliği Bölümü'nde 2001 yılında lisans eğitimini, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Bölümü'nde 2007 yılında yüksek lisans eğitimini tamamladı. Halen Ege Üniversitesi

Makina Mühendisliği Bölümü'nde doktora eğitimine devam etmektedir. Türk Hava Kuvvetleri Komutanlığı'nda mühendis subay olarak görev yapmaktadır.

Ali GÜNGÖR

1955 yılı Elazığ doğumludur. Ege Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nden 1977 yılında mühendis, 1979 yılında yüksek mühendis, aynı üniversitenin Güneş Enerjisi Enstitüsü'nden 1985 yılında doktor mühendis derecelerini aldı. 1986 yılında Kanada'da Brace Research Institute'de altı ay araştırmalarda bulundu. 1989 yılında Isı ve Madde Transferi Bilim Dalı'nda doçent oldu. 1996 yılında Ege Üniversitesi'nde profesör oldu. 1978 yılından itibaren değişik üniversite içi kurumlarda, Dokuz Eylül Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde ve Ege Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde çalıştı. Halen, Ege Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü'nde bölüm başkanıdır. Çalışma konuları; iklimlendirme, güneş enerjisi ısı uygulamaları, kurutma tekniği, ısı boruları, ısı pompaları, absorpsiyonlu ve adsorpsiyonlu soğutma, termodinamik, ısı ve madde transferi uygulamalarıdır.