

GÜNEŞ ENERJİSİNDEN ABSORBSİYON TEKNOLOJİSİ YARDIMI İLE GÜÇ ÜRETİMİ

İlhan Tekin ÖZTÜRK

Prof. Dr., Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Bu çalışmada, güneş enerjisinin enerji kaynağı olarak kullanılması durumunda absorpsiyonlu güç üretme çevrimi yardımı ile elektrik enerjisi üretiminin mümkün olup olmadığı incelendi. NH_3-H_2O akışkan çiftini kullanan absorpsiyonlu bir güç üretme sistemi teorik olarak tasarlandı, termodinamik analizi gerçekleştirildi ve Mersin ili için durumu incelendi. Çevrimin termodinamik verimi, değişik türbin giriş sıcaklıkları için % 16.4 ila % 28.97 olarak elde edildi. Tasarlanan çevrim için ayrıştırıcıda vakum borulu güneş toplayıcısı ve kızdırıcı içinde odaklı toplayıcıların kullanılmasının uygun olacağı görüldü. Absorpsiyonlu güç üretme çevriminin, ilave ısı kaynakları yardımı ile kesintisiz çalışma ve absorpsiyonlu soğutma sistemleri ile kombine çalıştırma imkanı bulunmaktadır. Absorpsiyonlu güç üretme çevriminin, güneş enerjisinden güç üretme çevrimlerine alternatif bir çevrim olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, absorpsiyon, güç üretimi

ABSTRACT

This study was carried out in order to examine whether electric energy could be generated by means of absorbtioned power generation cycle when solar energy is used as an energy source. An absorbtioned power generating system which uses NH_3-H_2O fluid couples was theoretically designed, its thermodynamic analysis was carried out, and the situation for Mersin was examined. The thermo dynamical efficiency of the cycle was determined between 16.4% and 28.97% for different turbine intake temperatures (türbin giriş sıcaklıkları). For the cycle designed, it was seen relevant to use vacuum piped solar accumulator in the decomposer and focused accumulators in the superheater. There is a chance for absorbtioned power generation cycle to work uninterruptedly with additional heat sources and operate combinatorily with absorbtioned cooling systems. We can see that the absorbtioned power generating cycle is an alternative cycle for the ones generating power from solar energy.

Keywords: Solar energy, absorption, power generation

Giriş

Buhar sıkıştırmalı soğutma çevrimlerine alternatif olarak geliştirilen absorpsiyonlu soğutma çevrimi güneş enerjisi, atık ısılar veya doğrudan gaz yakma sistemleri ile çalışabilmesinden dolayı, pompa için kullandığı elektrik enerjisi dışında, düşük sıcaklıkta ısı kaynağı kullanımı gerektiren bir çevrimdir. Buhar sıkıştırmalı çevrimlerin en büyük dezavantajı olan elektrik harcamasını, absorpsiyonlu çevrimler, sadece sistemde bulunan pompada kullanılan elektrik enerjisi seviyesine kadar düşürebilmektedirler.

Absorpsiyonlu soğutma sistemleri için oldukça fazla absorpsiyon çifti bulmak mümkün fakat uygulama açısından bugün en fazla kullanılanları klima sistemleri için, istenen şartlara uygun olmasından dolayı $LiBr-H_2O$ çifti ve daha düşük

sıcaklıklara soğutma için ise NH_3-H_2O akışkan çifti yaygın bir biçimde kullanılmaktadır [5,6].

Bilindiği gibi güneş enerjisinden sıcak su eldesi, bina ısıtması, sera ısıtması, kurutma, pişirme, soğutma ve proses ısısı üretimi için termal enerji kullanımı amaçlı faydalanılabildiği gibi bir termodinamik çevrime ısı kaynağı temin edilerek güç üretimi ve güneş pilleri yardımı ile elektrik enerjisi üretilmektedir.

Bu çalışmada güneş enerjisini kaynak olarak kullanan güç üretme sistemlerine (su buharlı çevrim ve güneş pillerine) alternatif olarak, ısı kaynağı olarak güneş enerjisini kullanan absorpsiyon teknolojisi yardımı ile güç üretme sistemi incelenecektir.

Absorbsiyonlu soğutmanın buhar sıkıştırılmalı soğutma çevriminden temel farkı; düşük sıcaklıktaki ve basınçtaki soğutucu akışkan buharının sıvı fazdaki bir akışkan ile eriyik hale getirilerek, bu eriyiğin bir pompa yardımı ile basıncı yükseltilip, bir ayırıştırıcıda ayırıştırılan soğutucu akışkanın yüksek basınçta elde edilmesidir. Absorbsiyonlu soğutma çevrimlerinde elde edilen bu soğutucu akışkan buharı, yoğuşturucuya, genleşme valfine ve oradanda soğutucuya giderek soğutucuda gerekli soğutmayı gerçekleştirmektedir.

Bu tür sistemlerde, ayırıştırıcıdan elde edilen yüksek basınçtaki soğutucu akışkan buharı gerekirse (ilave yakıt kullanılarak) kızgın buhar durumuna getirilip daha sonra bir türbinde, basıncı absorber basıncına kadar düşürülerek güç üretimi mümkün olmaktadır.

Bu çalışmada basit bir absorbsiyonlu güç üretme çevrimi oluşturularak, bu çevrimin ayırıştırıcısında ve kızdırıcısında güneş enerjisi ısı kaynağı olarak kullanılmak üzere, Mersin şartlarında bu çevrimin performansı incelenecektir.

Absorbsiyonlu Güç ÜRETME ÇEVİRİMİ

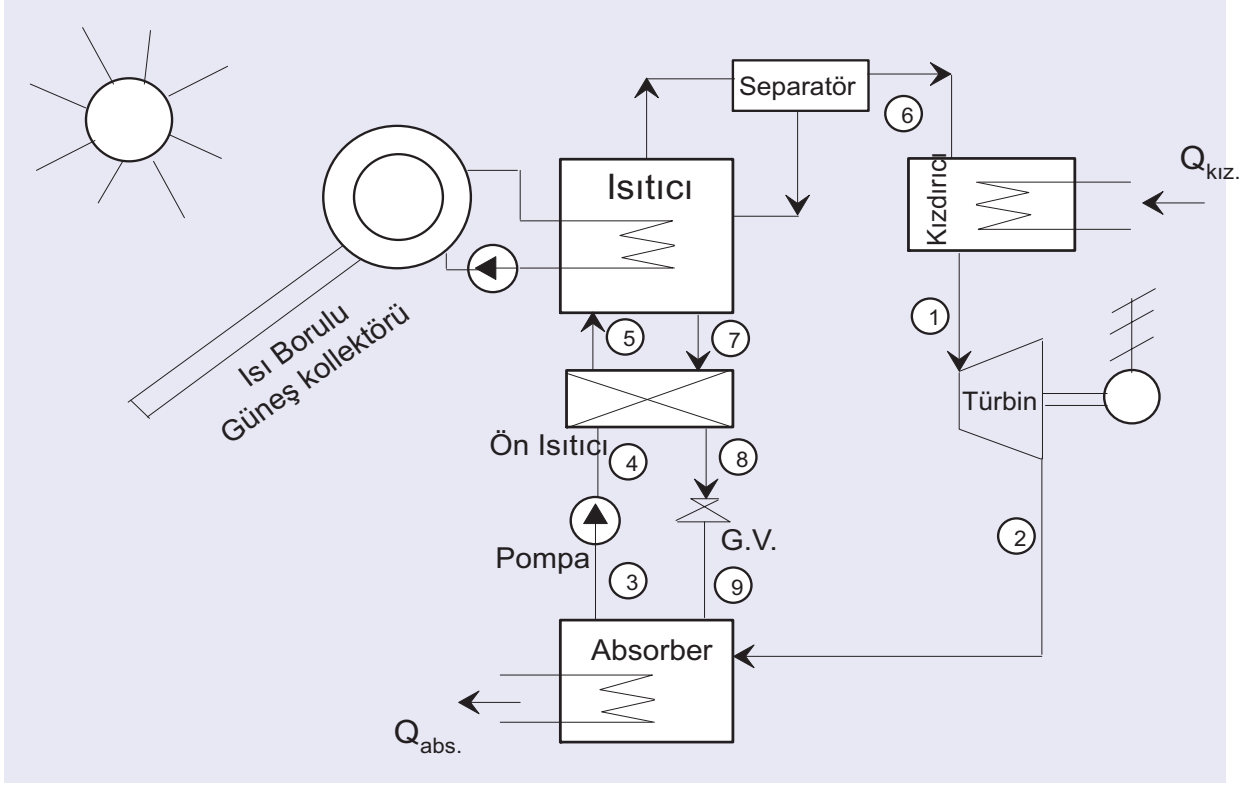
Bu konuda ilk çalışma 1983 yılında Kalina tarafından yapılmış olup, bu çalışmada bir kombine güç üretme çevriminin baca gazlarının atık ısısından faydalanılarak absorbsiyonlu güç üretme çevrimi kullanılarak çevrimde ilave güç üretimi düşünülmüş ve bu çevrim literatürde Kalina çevrimi olarak adlandırılmaktadır [1].

Diğer taraftan gaz türbinli bir çevrimin atık ısısından faydalanılarak, absorbsiyonlu güç üretimi söz konusu olursa bu çevrimin elektrik enerjisi üretiminin yaklaşık % 3.7 civarında artırılacağı [2] nolu kaynakta belirtilmiştir. Bu çevrimin kullanımı, özellikle atık ısılardan bir ısıtma veya absorbsiyonlu soğutmaya ihtiyaç duyulmadığı durumlarda faydalı olabilir.

Eğer absorbsiyonlu çevrime yeteri kadar sıcaklıkta ve kapasitede ısı beslenebilirse elektrik enerjisi üretimi gerçekleştirilebilecektir. Isı kaynağı olarak atık ısılar, güneş enerjisi ve doğrudan gaz yakmalı sistemler veya bunların birleştirildiği sistemlerin kullanılacağı görülmektedir. Bu çalışmada güneş enerjisini ısı kaynağı olarak kullanan bir absorbsiyonlu güç üretme çevrimi incelenecektir. Absorbsiyon çifti olarak sisteme uygunluğundan dolayı $NH_3 - H_2O$ çifti seçilmiştir.

Şekil 1'de basit şeması verilen, güneş enerjisini kaynak kullanan absorbsiyonlu güç üretme çevriminin çalışma prensibi aşağıdaki gibi açıklanabilir.

Absorber'e 2 numaralı hatla gelen düşük basınç ve sıcaklıktaki amonyak buharı, genleşme valfinde basıncı düşürülen, 9 numaralı akış hattındaki düşük konsantrasyondaki eriyik tarafından, absorberde bir miktar dışarı ısı atarak absorbe edilir. Bu eriyiğin basıncı pompa yardımı ile ısıtıcı ve ayırıştırıcı basıncına yükseltilir. 4 nolu akış hattına ayırıştırıcıdan gelen 7 nolu akış hattı ile bir ön ısıtma yapılır. Isıtıcıda güneş enerjisinden temin edilen enerji



Şekil 1. Basit Bir Güneş Enerji Kaynaklı Absorbsiyon Güç Üretme Çevriminin Tesisat Şeması

vasıtası ile $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ de elde edilen amonyak buharı seperatöre giderek içerdiği su zerreciklerinden ayrıştırılarak, kızdırıcıya sevk edilir. Kızdırıcıda, odaklı güneş enerjisi toplayıcısı yardımı ile elde edilen yüksek sıcaklıktaki akışkan yardımı ile veya ilave yakıt kullanılarak, amonyak buharı kızdırılır. Elde edilen kızgın amonyak buharı, bir türbinden geçirilmek suretiyle güç üretimi gerçekleştirilir.

Absorbsiyon Çevriminde Kullanılabilecek Güneş Toplayıcılarının Seçimi

Isıtıcı ve seperatör birlikte ayrıştırıcı olarak adlandırılabilir ve amonyak su çiftini kullanan absorpsiyonlu sistemde ayrıştırıcı için gerekli sıcaklık aralığı $80 - 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'dir. Vakum borulu veya

ısı borulu olarak adlandırılan güneş enerjisi toplayıcıların enerji toplama verimleri bahsedilen bu sıcaklıklar için % 70 - % 58'dir. Toplayıcıda daha yüksek sıcaklıklara gidildikçe bu toplama verimleri daha da düşmektedir, örneğin $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ için yaklaşık % 42 değerine inmektedir [7]. Bu yüzden güneş enerjisini çevrimde etkin kullanabilmek için ayrıştırıcısında düşük sıcaklıklı toplayıcılar (vakum borulu) ve kızdırıcı içinde odaklı toplayıcılar tercih edilmelidir. Ya da bu iki toplayıcının birlikte kullanıldığı bir kombine toplama sistemi de tercih edilebilir.

Örnek olarak incelediğimiz çevrimde, güneş enerjisinden temin edilen enerjinin sıcaklık seviyeleri değişik kademelerde kullanılmak üzere; $T \geq 1400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $140 \geq T \geq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ düzeyinde olması

gerekıyor. Bu sıcaklık seviyelerinin ikincisinin elde edilmesinde vakum tüplü ısı borulu güneş toplayıcılarının daha etkin olacağı önerilmektedir [7, 8, 6]. Özellikle 140 °C' nin üstündeki sıcaklıklar için odaklı toplayıcılar daha uygun olacaktır. Güneş toplayıcılarının nerelerde ve hangi sıcaklık aralıklarında kullanılabileceği konusunda ilgili kaynaklardan daha geniş bilgi temin edilebilir. Güneş toplayıcılarında yüksek sıcaklıklara çıkıldıkça dönüşüm veya enerji toplama veriminin düştüğü söylenebilir. Bu çalışmada ısıtıcıda enerji kaynağı olarak güneş enerjisinin kullanılması ve güneş enerjisini toplayıcı olarak ısı borulu toplayıcısı (vakum tüplü), kızdırıcı içinde odaklı toplayıcılar ya da ilave yakıt kullanılması düşünülmüştür.

Çevrimin Termodinamik Analizi:

Çevrimin ayrıştırıcısındaki, kızdırıcısındaki, ısı gereksinimi ve absorberden çekilmesi gerekli ısı miktarı ile türbinden elde edilen güç aşağıdaki bağıntılar yardımı ile hesaplanabilir. Bu hesaplamalarda sistemin kararlı rejimde çalıştığı, cihazlardan çevresine ısı kaybının olmadığı, pompada sarf edilen işin ihmal edildiği, sürtünmeden dolayı basınç kayıplarının ihmal edildiği varsayılarak her bir cihaz için termodinamiğin birinci kanunu yazılarak ilgili bağıntılar elde edilmiştir.

Ayrıştırıcıda kullanılan ısı miktarı;

$$Q_{ay} = m_6 h_6 + m_7 h_7 - m_5 h_5 \quad (1)$$

Kızdırıcıda kullanılan ısı miktarı;

$$Q_{kiz} = m_6 (h_1 - h_6) \quad (2)$$

Absorberden çekilen ısı miktarı;

$$Q_{ab} = m_3 h_3 - m_9 h_9 - m_2 h_2 \quad (3)$$

Türbinden üretilen güç (ideal ve izentropik türbin kullanılması durumunda);

$$W = m_6 (h_2 - h_1) \quad (4)$$

Ön ısıtıcının kapasitesi;

$$Q_{ö1} = m_4 (h_5 - h_4) = m_7 (h_7 - h_8) \quad (5)$$

Şeklinde yazılabilir. Ayrıca güneş enerjisinden çevrime beslenmesi gereken enerji ve çevrimin verimi (pompada sarf edilen işin ihmal edilmesi durumunda) aşağıdaki bağıntılar yardımı ile hesaplanabilir.

$$Q_{GB1} = Q_{ay} + Q_{kiz} \quad (6)$$

$$\eta = \frac{W}{Q_{GB1}} \quad (7)$$

Çevrimin bazı noktalarında gaz fazında amonyak ve NH₃-H₂O akışkan çiftini içeren sıvı fazda eriyik kullanıldığı için bu noktaların termodinamik özellikleri bu karışım için hazırlanmış diyagramlardan veya ilgili bağıntılardan elde edilmelidir [5,9,10].

Örnek Çevrimin Oluşturulması:

Absorbsiyonlu güç üretme çevrimi tasarlanırken literatürde yayınlanmış absorbsiyonlu soğutma sistemlerinde kullanılan basınç ve sıcaklık basamakları tercih edilmiş [3, 4, 5] ayrıca gaz türbinli tesislerin atık ısılarını kullanan

absorbsiyonlu güç üretme çevrimi de değerlendirilmiştir [1,2]. Bu değerlendirme sonucu türbine giriş basıncı 1500 kPa ve çıkış basıncıda 250 kPa ila 100 kPa arasında değişken alınmıştır.

verim durumu analiz edilmiş olup sonuçlar Tablo 3'de özetlenmiştir.

Mersin şartlarında yatay yüzeye gelen güneş

Tablo 1. Basit Absorbsiyonlu Güç Üretimi Çevriminin, Türbin Giriş Sıcaklığı 140°C ve Türbin Çıkış Basıncı 200 kPa için, Akış Noktalarındaki Sıcaklık, Basınç, Entalpi ve Kütle Değerleri ile Faz Durumları

Akış No	T (°C)	P (kPa)	h (kJ/kg)	H ₂ O (kg)	NH ₃ (kg)	Faz
1	140	1500	1570	-	1	gaz
2	-15	200	1260	-	1	gaz
3	35	200	-75	1.466	2.2	eriyik
5	90	1500	188.5	1.466	2.2	eriyik
6	120	1500	1525	-	1	gaz
7	120	1500	305	1.466	1.2	eriyik
8	40	1500	-57.3	1.466	1.2	eriyik

Tablo 2. Şekil 1'de Verilen Absorbsiyonlu Güç Üretme Çevrimi İçin Tablo 1'Esas Alındığında, Muhtelif Cihazların Kapasiteleri

Cihaz	Kapasite (kJ/kg NH ₃)
Ayrıştırıcı	1647
Ön ısıtıcı	966
Absorber	1382
Kızdırıcı	45
Türbin	310

Şekil 1 temel alınarak hazırlanan çevrimin tipik özellikleri (kütle akışı, sıcaklık ve basınç değerleri) Tablo 1'de verilmiştir. Tasarlanan bu çevrim için çeşitli cihazlardaki enerji akışı Tablo 2'de verilmiştir. Ayrıca değişik kızdırma sıcaklıkları için çevrimin

enerjisinin yıllık ortalama değeri 13600 (kJ/m²gün) ve günlük ortalama güneşlenme süresi ise yaklaşık 8.3 (saat/gün) dür. Eğik yüzeyden dolayı yıllık ortalama R=1.229 düzeltme faktörü [11] esas alınır. Eğik yüzeye gelen güneş enerjisi miktarı yıllık ortalama 16714 (kJ/m²gün) değerinde olacaktır. Vakum borulu toplayıcının verimini [7], 120 °C için % 58 ve sistemin toplayıcı dışındaki (bağlantı boruları ve depodaki yalıtımın iyi yapıldığı varsayılarak) verimini de % 85 kabul edersek, 16714x0.58x0.85 = 8240 (kJ/m² gün) miktarındaki güneş enerjisi bizim absorbsiyonlu güç üretme sisteminin ayrıştırıcısına beslenecek değer olarak elde edilir.

Tablo 3. Değişik Kızdırma Sıcaklıklarında ve Türbin Çıkış Değerleri ile Absorbsiyonlu Çevrime Sağlanması Gereken İlave Isı, Absorber Kapasitesi, Türbinden Elde Edilen İş ve Çevrimin Verimi

T ₁ (°C)	P ₂ (kPa)	T ₂ (°C)	Q _{abs} (kJ/kg NH ₃)	Q _{kız} (kJ/kg NH ₃)	W _{türbin} (kJ/kg NH ₃)	η (%)
120	250	-10	1377	-	270	16.40
140	200	-15	1382	45	310	18.30
180	150	8	1432	150	365	20.30
260	100	35	1487.1	355	515	25.70
360	100	110	1662.1	625	610	26.85
440	100	160	1777.1	855	725	28.97

Güneş enerjisi ısı kaynağı olarak düşünüldüğünde; (% 16.4 verim 120 °C için esas alındığında) $8240 \times 164 = 1351.4$ (kJ/m²gün) minimum absorpsiyonlu güç üretme çevriminden elektrik üretme potansiyeli mevcut olacaktır. Bu durumda eğik yüzeye ulaşan güneş enerjisinin (120 °C'de ayrıştırıcıya beslenmesi halinde) bu çevrimle elektrik enerjisine dönüşüm verimi $(1351.4/16714) \times 100 = \% 8$ civarında olacaktır.

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Absorpsiyonlu güç üretme çevrimi için ısı kaynağı olarak güneş enerjisinin kullanılabilmesi ve bu enerjinde çevrime ayrıştırıcıda düşük sıcaklıkta ve kızdırıcı içinde yüksek sıcaklıkta beslenmesinin çevrimin verimini arttıracığı görülmektedir.

Güneş enerjisini enerji kaynağı olarak kullanarak güç üreten güneş pillerinin verimleri yaklaşık % 15 'ler civarındadır. Absorpsiyonlu çevrim de ısı borulu ve odaklayıcı toplayıcıların birlikte kullanılması durumunda bu verime yüksek kızdırma sıcaklıklarında kolaylıkla ulaşmak mümkün görülmektedir. Fakat hangisinin avantajlı olacağı hususunda ekonomik değerlendirme yapıldıktan sonra kesin bir yargıya varılmalıdır.

Bununla beraber güneş enerjisi kaynaklı su buharı üretilerek oluşturulan Rankine çevriminde daha yüksek basınçlar söz konusu olduğu için daha yüksek buharlaştırıcı sıcaklığı ve daha fazla buharlaştırma ısısına ihtiyaç vardır. Örneğin su buharlı çevrimde,

buharlaştırıcı basıncı 1554 kPa ve sıcaklığı 200 °C için 1934 (kJ/kg) buharlaşma enerjisi gerekmektedir. Oysa tasarlanan absorpsiyonlu çevrimde amonyağı ayrıştırmak için ısıtıcıya beslenen enerji daha düşük sıcaklıkta (120 °C için) 1612 (kJ/kg NH₃) dir.

Ayrıca NH₃ ile çalışan ve ısı kaynağı olarak güneş enerjisini kullanan klasik Rankine çevrimi tasarlamak mümkündür. Fakat yeterli seviyede güç üretimi için kondenserdeki amonyak yoğunlaşma sıcaklığı düşük olduğu için, bu yoğunlaşmayı sağlayacak çevre ortamını (0 °C' nin altında) bulmak oldukça zordur. Belki kutuplar bu proses için uygun olabilir. Bu durumda da yeterli güneş enerjisini kutuplarda temin etmek güç olacaktır.

Absorpsiyonlu güç üretme sistemlerinde güneşin olmadığı durumlarda (gece bile) ilave ısı kaynağı (atık ısı veya doğal gaz) yardımı ile kesintisiz güç üretimi söz konusu olmaktadır. Bu durum özellikle güneş pillerine karşı bir avantaj oluşturmaktadır ve tesisin kullanım süresini uzattığı için yatırımın kısa sürede geri dönüşünü sağlayabilecektir.

Diğer bir hususta absorpsiyonlu güç üretme çevrimi absorpsiyonlu bir soğutma sistemi ile birlikte tesis edilerek ihtiyaç duyulduğunda soğutma işlevinde yerine getirecek şekilde kombine çalıştırılabilir.

Güneş pilleri için bahsettiğimiz husus güneş

enerjisi kaynaklı güç üretme sistemlerinin tümü için geçerli olup detaylı bir ekonomik analiz yapılarak bu çevrimin diğerlerine göre avantajları ortaya konulmalıdır.

KAYNAKÇA

1. **Kalina, A.I.**, 'Combined Cycle and Waste Heat Recovery Power Systems Based On A Noval Thermodynamic Energy Cycle Utilising Low Temperature Heat For Power Generation', ASME paper 83-JPGC-GT-3, 1983.
2. **Jose, A. Borgert and Velasquez**, 'Exergoeconomic Optimization of a Kalina Cycle for Power Generation', Int. J. Exergy, Vol. 1 No. 1, 2004, pp. 18-28.
3. **Sahoo, P.K., R. D. Misra and Gupta A.**, 'Exergoeconomic Optimization of an Aqua-Ammonia Absorption Refrigeration System', Int. J. Exergy, Vol. 1 No. 1, 2004, pp. 82-93.
4. **Ataer, Ö.E and Gögüş, Y.** 'Comparative Study of Irreversibilities in an Aqua-Ammonia Absorption Refrigeration System', Int. J. Refrigeration, Vol. 14, No.3, 1991, pp.86-92
5. **Kaynaklı, Ö, Karadeniz, R.** 'H₂O-LiBr ve NH₃-H₂O Eriyiği Kullanan Tek Kademeli Soğurmalı Soğutma Sistemlerinin Karşılaştırılması', DEÜ Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 5, Sayı:2, Mayıs 2003, sh. 73-87.
6. **Büyükalaca, O., Yılmaz, T.**, 'Güneş Enerjisi Ile Soğutma Teknolojilerine Genel Bir Bakış', TMMOB Makina Mühendisleri Odası Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi, 20-21 Haziran 2003, Sh. 48-61.
7. (<http://www.solarserver.de/wissen/sonnenkollektoren-e.html>)-(How much energy does a solar collector provide - which collector is suitable for which situation)

8. http://www.apricus-solar.com/solar_energy.htm (Solar Tubes, Heat Pipes)
9. M. Conde Engineering, 'Properties of working fluids NH₃-H₂O', 2004.
10. Soğutucu Akışkanların Özellikleri, Tesisat Mühendisleri Derneği, Teknik Yayınları:2, (Çeviren Osman Genceli), Haziran 1997.
11. Sıhhi Tesisat Proje Hazırlama Teknik Esasları, Bölüm 16, 'Güneşli su ısıtıcılarının projelendirilmesi', Makina Mühendisleri Odası yayın no: 122, 1987 İstanbul, sh. 110-127.

Odamız çalışmalarına



adresinden ulaşabilirsiniz