

GÜNEŞ ENERJİLİ NH₃-H₂O ABSORPSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİNİN İZMİR İLİ İÇİN İNCELENMESİ

Barış BOZKAYA
Özay AKDEMİR

ÖZET

Güneş enerjisi, absorpsiyonlu soğutma sistemleri için uygun ısı kaynaklarından biridir. Sistem için gerekli olan ısının büyük çoğunluğu, yeterli alana sahip, yüksek sıcaklıklarda verimli güneş kolektörleri ile sağlanabilir. Ek ısı ihtiyacı için doğal gaz, LPG, atık ısı, jeotermal enerji veya elektrik enerjisi kullanılabilir.

Bu çalışmada, tek etkili NH₃-H₂O çalışma akışkanlı absorpsiyonlu soğutma sisteminin, 5 aylık soğutma sezonu boyunca, soğutma yükünü karşılaması amacıyla generatöre verilmesi gereken ısıyı sağlaması için uygun kolektör alanı belirlenmiştir. Farklı özellikte kolektörler de incelenerek içlerinde en verimli olan vakum tüplü kolektör seçilerek sistem hesaplamaları yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Absorpsiyonlu soğutma, NH₃-H₂O, güneş enerjisi, güneş kolektörleri.

ABSTRACT

Solar energy is one of the suitable heat sources for the absorption cooling systems. Most of the energy required can be achieved by solar collectors that have enough area and efficient at the high temperatures. Natural gas, LPG, waste heat, geothermal energy or electrical energy can be used for additional energy.

In this study, suitable collector area of the NH₃-H₂O absorption cooling system is determined to supply the heat that must be given to the generator in order to provide cooling loads during 5 months cooling season. Also, collectors in various properties are examined and most efficient one, vacuum tube collector is selected for system calculations.

Key Words: Absorption refrigeration, NH₃-H₂O, solar energy, solar collectors.

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ve dünya nüfusundaki hızlı artış ile enerji ihtiyacı sürekli olarak artmaktadır. Buna karşılık ülkemiz ve dünya büyük bir enerji dar boğazı içerisinde. Klasik enerji türlerinin sürekli artan bu ihtiyacı ileride karşılayamaz duruma geleceği açıktır. Petrol ve mevcut enerji fiyatları günden güne artmaktadır. Bu durumda yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmak oldukça önem kazanmaktadır.

LPG, doğalgaz, atık ısı ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak bilinen güneş enerjisi, jeotermal enerji gibi enerji kaynakları absorpsiyonlu soğutma sistemleri için uygun ısı kaynaklarıdır.

Yaz aylarındaki klima sistemlerinin yoğun kullanılmasıyla, elektrik tüketimi aşırı derecede artmaktadır. Elektrik santrallerinin bu ihtiyaca karşılık verememesi ile birçok bölgede elektrik kesintileri ve aşırı yüklenmeden kaynaklanan arızalar gerçekleşmektedir. Yaz aylarındaki soğutma ihtiyacını karşılamak için yine bu aylarda en yüksek seviyelere ulaşan güneş enerjisinden faydalanmak bu sorunları ortadan kaldırmak için iyi bir yöntemdir.

2. GÜNEŞ ENERJİLİ NH₃-H₂O ABSORPSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİNİN İZMİR İLİ İÇİN DEĞERLENDİRMESİ

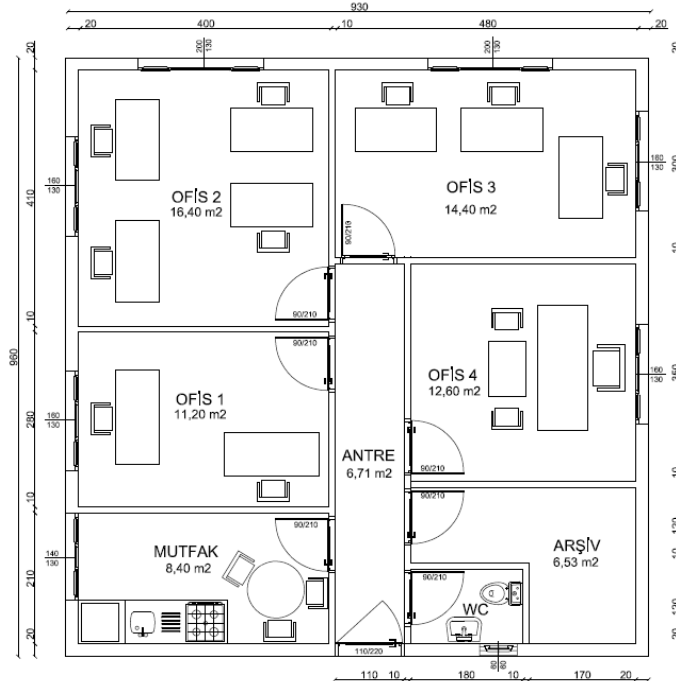
Tek etkili NH₃-H₂O çalışma akışkanlı absorpsiyonlu soğutma sisteminin hesaplamaları İzmir ilindeki tek katlı bir büro için yapılmıştır. Soğutma sezonu olan Mayıs-Eylül ayları boyunca sistemin soğutma yapabilmesi için generatöre gerekli olan ısı ihtiyacının güneş enerjisi ile karşılanması incelenmiştir.

İncelemenin gerçekleştirildiği yalıtımlı büro binasının soğutma yükü hesabında Tablo 1’de verilen 1975–2008 yılları içinde gerçekleşen ortalama en yüksek sıcaklıklar dikkate alınmıştır [1]. Ofis konfor sıcaklığı 25°C alınarak soğutma yükü paket program kullanılarak hesaplanmıştır.

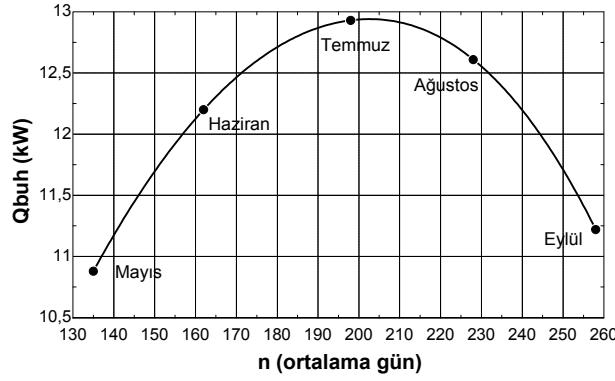
Tablo1. İzmir İli İçin Meteorolojik Veriler [1,2].

Ay	Ortalama Sıcaklık (°C)	H _v (MJ/m ² .gün)
Mayıs	26,0	22,4
Haziran	31,0	24,0
Temmuz	33,3	24,6
Ağustos	32,7	23,0
Eylül	29,2	18,4

Soğutma yükünün hesaplandığı yapının zemini toprak temaslı, üstü açık teraslı, tek katlı, kullanım amacı ofis olan bir binadır. Şekil 1’de mimari kat planı gösterilen yapının soğutma yükünün aylara göre değişimi Şekil 2’de verilmektedir.



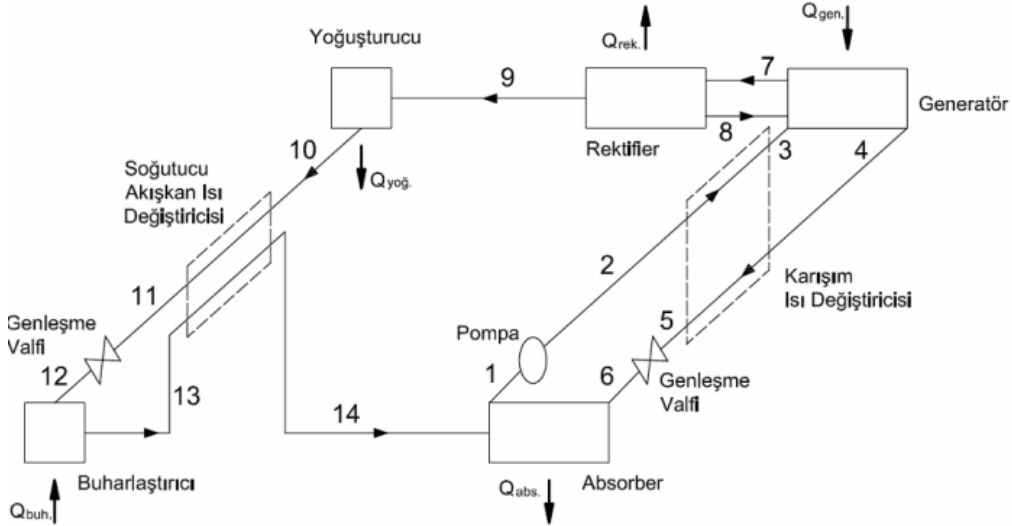
Şekil 1. Ofis binasının mimari kat planı.



Şekil 2. Soğutma Yükünün Aylara Göre Değişimi.

Şekil 3'de verilen absorpsiyonlu soğutma sisteminin termodinamik analizi aşağıda verilen kabuller dikkate alınarak İzmir ili için beş aylık soğutma sezonu boyunca değerlendirmeleri yapılmıştır.

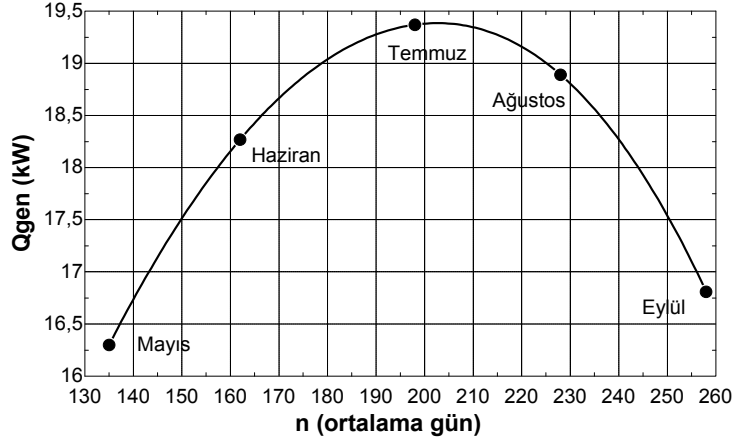
Buharlaştırıcı sıcaklığı 5°C, absorber ve yoğuşturucu sıcaklıkları 35°C, generatör sıcaklığı 90°C ve zenginleştirme kolonu çıkışındaki amonyak konsantrasyonu 0,999 kabulleri yapılarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Ayrıca buharlaştırıcı çıkışındaki buhar kalitesi 0,975, karışım ve soğutucu akışkan ısı değiştiricilerinin etkinlikleri 0,8 ve izantropik pompa etkinliği 0,75'dir. Bu kabuller sonucu absorpsiyonlu soğutma sisteminin soğutma etki katsayısı 0,665 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3. Tek Etkili NH₃-H₂O Çalışma Akışkanlı Absorpsiyonlu Soğutma Sistem Şeması.

Çalışmada ofis binasının aylara göre soğutma ihtiyacı buharlaştırıcı kapasitesi olarak kabul edilmiştir. Bu buharlaştırıcı yüklerine göre generatöre verilmesi gereken ısı miktarları Şekil 4'te verilmiştir.

Kollektörlerin sadece yaz aylarında kullanılacak bir sistem için bulunulan yerin enlem derecesinden 15° eksik bir açı ile yerleştirilmesi tavsiye edilmektedir [3]. Buna göre hesaplamalarda kollektörler yaz için 23° eğimli ve güneye yönelik olarak yerleştirilmiştir.



Şekil 4. Aylara Göre Generatöre Verilmesi Gereken Isı Miktarı.

İzmir ili için Tablo 1’de verilen yatay düzleme gelen aylık ortalama günlük güneş ışınımı değerleri kullanılarak, güneğe yönelik 23° ’lik eğik düzleme düşen aylık ortalama günlük ışınım değerleri, aylara göre gün uzunluğu değerleri ve günlük ortalama anlık ışınım değerleri aşağıda verilen denklemler kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar Tablo 2’de verilmektedir.

Tablo 2. İzmir İli İçin Güneğe Yönelik 23° ’lik Eğik Düzleme Düşen Aylık Ortalama Günlük, Günlük Ortalama Anlık Işınım Değerleri ve Aylara Göre Gün Uzunluğu Değerleri.

Ay	H_t (MJ/m ² .gün)	t_o (h)	I_e (W/m ²)
Mayıs	21,811	14,071	430,585
Haziran	22,644	14,613	430,433
Temmuz	23,524	14,368	454,807
Ağustos	23,400	13,447	483,390
Eylül	20,622	12,233	468,274

Deklinasyon açısı,

$$\delta = 23.45^\circ \sin\left(360 \frac{n+284}{365}\right) \quad (1)$$

güneş doğuş açısı,

$$\cos \omega_s = -\tan \varphi \tan \delta \quad (2)$$

atmosfer dışında yatay düzleme gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışınımı,

$$H_0 = (24/\pi)(3600 G_{sc}) [1 + 0,033 \cos(360 n/365)] [\cos \varphi \cos \delta \sin \omega_s + (2 \pi \omega_s/360) \sin \varphi \sin \delta] \quad (3)$$

aylık ortalama günlük açıklık indeksi,

$$K_T = H / H_0 \quad (4)$$

aylık ortalama günlük güneş ışınımının direkt ve yayılı bileşenleri,

$$\omega_s \leq 81,4^\circ \quad \text{ve} \quad 0,3 \leq \bar{K}_T \leq 0,8 \quad \text{için}$$

$$\bar{H}_d / \bar{H} = 1,391 - 3,560 \bar{K}_T + 4,189 \bar{K}_T^2 - 2,137 \bar{K}_T^3 \quad (5)$$

$\omega_s > 81,4^\circ$ ve $0,3 \leq \bar{K}_T \leq 0,8$ için

$$\bar{H}_d / \bar{H} = 1,311 - 3,022 \bar{K}_T + 3,427 \bar{K}_T^2 - 1,821 \bar{K}_T^3 \quad (6)$$

$$\bar{H}_b = \bar{H} - \bar{H}_d \quad (7)$$

ayın ortalama günü için eğik yüzeydeki güneş doğuş açısı,

$$\omega'_s = \min \left[\cos^{-1} \{ -\tan \phi \tan \delta \} ; \cos^{-1} \{ -\tan(\phi - \beta) \tan \delta \} \right] \quad (8)$$

kuzey yarım kürede güneye yönlendirilmiş düzlemler için ;

$$\bar{R}_b = A1 / A2 \quad (9)$$

$$A1 = \cos(\phi - \beta) \cos \delta \sin \omega'_s + (\pi / 180) \omega'_s \sin(\phi - \beta) \sin \delta$$

$$A2 = \cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + (\pi / 180) \omega_s \sin \phi \sin \delta$$

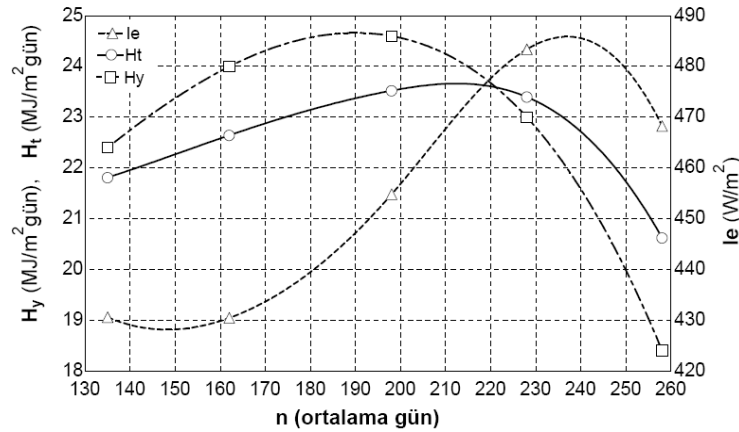
eğik yüzeye gelen aylık ortalama günlük ışınım yerin yansıtma oranı ortalama 0,2 alınarak,

$$\bar{H}_T = \bar{H}_b \bar{R}_b + \bar{H}_d [(1 + \cos \beta) / 2] + \rho (\bar{H}_b + \bar{H}_d) [(1 - \cos \beta) / 2] \quad (10)$$

$$t_o = (2 / 15) \cos^{-1} (-\tan \phi \tan \delta) \quad (11)$$

bağıntıları kullanılarak belirlenmektedir [4,5].

Şekil 5'te aylara göre yatay düzleme gelen aylık ortalama günlük, eğik düzleme düşen aylık ortalama günlük ışınım değerleri ve günlük ortalama anlık ışınım değerleri grafik halinde verilmiştir.



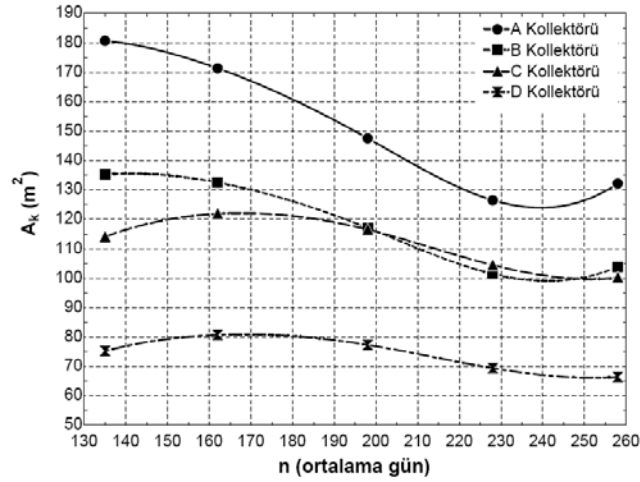
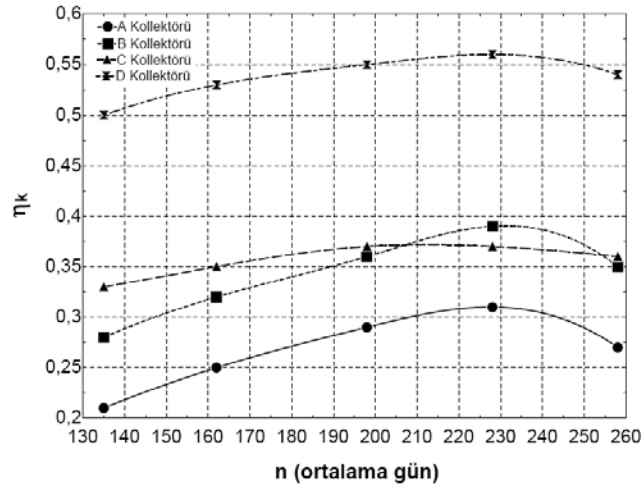
Şekil 5. Aylara Göre Yatay Düzleme Gelen Aylık Ortalama Günlük, Eğik Düzleme Düşen Aylık Ortalama Günlük Işınım Değerleri ve Günlük Ortalama Anlık Işınım Değerleri.

Tablo 3'te incelenen kollektörlerin, ısı kazanç faktörü ile efektif yutma geçirme katsayısının çarpımı ve ısı kazanç faktörü ile toplam ısı kayıp katsayısı çarpımları verilmiştir [5,6,7].

Tablo 3. Kollektör Cinslerine Göre Kollektör Parametreleri.

Kollektör adı	Kollektör tipi	$FR^*(\tau\alpha)$	FR^*U_L
A	Tek camlı seçici yüzeyli-1	0,7	3,3
B	Tek camlı seçici yüzeyli-2	0,8	3,5
C	Vakum tüplü-1	0,54	1,4
D	Vakum tüplü-2	0,8	2

Aylara göre generatöre verilmesi gereken ısının tamamını karşılayacak kollektör alanları Şekil 6'da, kollektör verimleri ise Şekil 7'de verilmiştir.

**Şekil 6.** Aylara Göre Gereken Isının Tamamını Karşılayacak Kollektör Alanları.**Şekil 7.** Aylara Göre Kollektör Verimleri.

İncelenen kolektörler arasında en yüksek verime sahip olan D kollektörü sistem için seçilerek hesaplamalar bu kollektör için yapılmıştır.

45 m², 55 m², 65 m², 75 m² ve 85 m² kollektör kullanılması durumunda Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında sağlanacak faydalı enerji miktarları (Q_f), absorpsiyonlu soğutma sisteminin soğutma yükünün tamamını karşılayabilmesi için generatöre verilmesi gereken ısı miktarları (Q_{gen}) ve güneş enerjisinden yararlanma oranları (SF) Şekil 8'de verilmiştir.

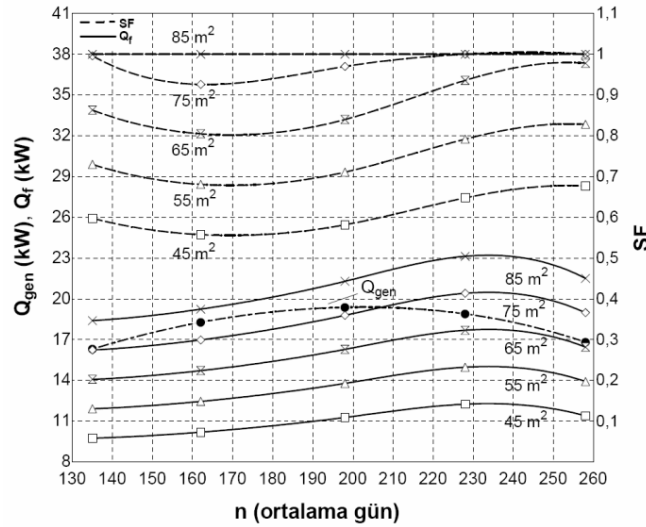
Kollektörlerden elde edilen faydalı ısı,

$$Q_f = \eta * A_T * I_e \quad (12)$$

güneş enerjisinden yararlanma oranı,

$$SF = 1 - \frac{Q_{ek}}{Q_{gen}} \quad (13)$$

bağıntılarından hesaplanmaktadır.



Şekil 8. Farklı Kollektör Alanlarında Elde Edilen Q_f ve SF Değerleri (D Kollektörü).

Güneş enerjili soğutma sistemi için kollektör alanı belirlenmesinde, soğutma ihtiyacının olduğu aylar esas alınarak, soğutma ihtiyacının %70-80'nin güneş enerjisiyle karşılanması ekonomik olmaktadır [7]. Buna bağlı olarak farklı kollektör alanlarıyla yapılan hesaplamalar sonucu en uygun kollektör alanı olarak soğutma yapılan beş aylık güneşten yararlanma oranı ortalaması 0,749 olan 55m²'lik kollektör alanı seçilmiştir.

A,B ve C kollektör tipleri için güneşten faydalanma oranınının 0,7-0,8 olduğu alanlar ve SF değerleri Tablo 4'te verilmidir. 0,7-0,8 güneşten yararlanma oranlarını sağlamak için diğer kollektörde çok daha büyük alanlar gerekmektedir. Alan kısıtlaması bulunan yerlerde yüksek verimli vakum tüplü kollektörlerin kullanılması uygun olmaktadır. Sistem tasarımında maliyet değerlendirmeleri de göz önünde bulundurularak tasarımlar gerçekleştirilmelidir.

Tablo 4. A, B ve C Kollektörler İçin SF'nin 0,7-0,8 Olduğu Kollektör Alanları.

Kollektör Adı	$A_k(m^2)$	SF
A	115	0,773
B	90	0,773
C	85	0,767

SONUÇ

COP'si 0,665 olan tek kademeli NH₃-H₂O çalışma akışkanlı absorpsiyonlu soğutma sisteminin 5 aylık soğutma sezonu boyunca generatöre verilmesi gereken ısının ekonomik olacak şekilde güneş enerjisiyle karşılanması için gerekli hesaplamalar yapılmış ve sistemin SF'sinin 0,749 olduğu 55m²'lik alan vakum tüplü kollektör için uygun bulunmuştur.

Yaz aylarındaki soğutma ihtiyacını karşılamak için yine bu aylarda en yüksek seviyelere ulaşan güneş enerjisinden faydalanmak konveksiyonel soğutma sistemlerindeki aşırı elektrik tüketimini ortadan kaldırmak için iyi bir yöntemdir.

Soğutma yükününün tamamını karşılaması için generatöre verilmesi gereken ısının kalanı ise elektrik, doğal gaz ve LPG gibi diğer enerji kaynaklarından sağlanabilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, "İl ve İlçelerimize Ait İstatistiki Veriler", <http://www.meteor.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=IZMIR> (Erişim tarihi 5 Ağustos 2010).
- [2] Isısan, "Güneş Enerjisi Tesisatı", 2003.
- [3] Bulut, H., "Bina Enerji Analizi ve Güneş Enerji Sistemleri için Eğimli Yüzeyle Gelen Toplam Güneş Işınım Şiddeti Değerlerinin Hesaplanması", IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Bildirileri, 435-445, 2009.
- [4] Duffie, J.A., Beckman, W. A., "Solar Engineering of Thermal Processes", John Wiley & Sons Inc., 2006.
- [5] Goswami, D.Y., Kreith, F., Kreider, J.F., "Principles of Solar Engineering", Taylor&Francis, USA, 1999.
- [6] Atmaca, İ., Yiğit, A., "Güneş Enerjisi Kaynaklı Absorpsiyonlu Soğutma Sisteminin Simülasyonu", DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 4:125-136, 2002.
- [7] Goralı, E., "Güneş Enerjili Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, 2007.

SEMBOLLER

A	Alan (m ²)
COP	Soğutma etki katsayısı
H	Aylık ortalama günlük ışınım değeri (MJ/ m ² gün)
i	Günlük ortalama anlık ışınım değeri (W/ m ²)
n	Ayı temsil eden ortalama gün
T	Sıcaklık (°C)
t _o	Gün uzunluğu
Q	Birim zamanda ısı geçişi (kW)
SF	Güneş enerjisinden yararlanma oranı
W _s	Güneş doğuş açısı
W' _s	Eğik yüzeydeki güneş doğuş açısı
x	Konsantrasyon (kg/kg)
δ	Deklinasyon açısı
η	Verim
φ	Enlem açısı

Altsimgeler

abs	Absorber
buh	Buharlaştırıcı
f	Faydalı
gen	Generatör
k	Kollektör
o	Atmosfer dışında yatay düzleme düşen
t	Eğik düzleme düşen
y	Yatay düzleme düşen
yoğ	Yoğuşturucu

ÖZGEÇMİŞ

Barış BOZKAYA

1985 yılı İzmir doğumludur. 2003 yılında Konak Anadolu Lisesi'nden mezun olmuştur. 2007 yılında Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiştir. Asözbey Mühendislik bürosunda iki yıl çalışmıştır. 2010 yılında Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisansını tamamlamıştır.

Özay AKDEMİR

1975 yılı Ankara doğumlu, evli ve bir erkek çocuk babasıdır. 1997 yılında Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nü bitirmiştir. Yüksek Lisans eğitimini 2001 yılında Ege Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde ve doktora eğitimini 2007 yılında Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde tamamlamıştır. 1998–2007 yılları arasında Ege Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmıştır. Halen Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde Öğretim Üyesi olarak çalışmaktadır.