

PARABOLİK OLUK TİPİ GÜNEŞ KOLEKTÖRLERİN PERFORMANS ANALİZİ

Harun Kemal ÖZTÜRK*

Pamukkale Üniversitesi, Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi, Temiz Enerji Evi, Kınıklı, 20070, Denizli

Görkem ŞANLI, Ahmet YILANCI

*Pamukkale Üniversitesi, Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi, Temiz Enerji Evi, Kınıklı, 20070, Denizli
http://tee.pau.edu.tr*

ÖZET

Ülkelerin çoğu enerji ihtiyaçlarını birincil kaynaklar olarak adlandırılan petrol, kömür, doğal gaz gibi fosil kaynakları kullanarak elde ederler. Bu kaynakların kullanılması sonucu oluşan emisyonlar çevre kirliliğinin yanı sıra küresel ısınmaya neden olmaktadır. Bu kaynaklar rezervlerinin sınırlı olmasından dolayı ömürleri bitecektir. 1971 yılındaki ilk petrol krizinden sonra ülkeler çıkarları doğrultusunda enerjide dışa bağımlı olmak istememişlerdir ve bu doğrultuda enerji ihtiyaçları için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmişlerdir. Emisyonu olmaması, kolay bulunabilmesi ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre maliyetinin daha ucuz olmasından dolayı güneş enerjisi üzerinde yoğunlaşmışlardır. Teknolojik gelişmelerin her geçen gün artmasıyla güneş enerjisinden elektrik üretilmesi konusunda çalışmalar üzerinde durulmuş ve özellikle güneş enerjisinden yüksek sıcaklıklarda buhar elde ederek elektrik üretimi yaygınlaşmaya başlamıştır. Buhar ve buhar türbinleri kullanarak elektrik üretimi için yüksek sıcaklıklara ihtiyaç vardır. Orta ve yüksek sıcaklık uygulamaları için yoğunlaştırıcı güneş sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemlerin başında da parabolik oluk tipi güneş kolektörleri gelmektedir. Sistem güneş ışınlarını yansıtıcı yüzey sayesinde parabolik oluk tipi güneş kolektörünün odak noktasında yer alan alıcı boruya yansıtarak yoğunlaştırma yapmaktadır. Sistemin en önemli kısmı yansıtıcı yüzeyleri ve toplayıcı kısmıdır. Toplayıcı kısım emici boru ve üzerine kaplanan seçici yüzeyden oluşmaktadır. Bu çalışmada farklı seçici yüzey ve emici boru malzemeleri kullandığımızda performanstaki değişimler incelenecektir.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, parabolik oluk tipi güneş kolektörleri, seçici yüzey malzemeleri, emici boru malzemeleri

Performance Analysis of Parabolic Trough Solar Receivers

ABSTRACT

Most country supply their energy need from fossil energy resources such as oil, coal, natural gas called as primary energy resources. Emission that occurs due to use of fossil fuels causes to the global in addition environmental pollution. Since the reserve of fossil fuels is limited, these energy resources will be exhausted. After first energy crisis in 1971, all the countries is directed to renewable energy sources in order to be independent in energy. Since solar energy is the free of emission, easy to find and cheap if it is compared with other renewable energy resources, most of countries are concentrated on solar energy. Because of technological development, electricity production from solar energy studies increased and particularly production of high temperature vapor become widespread. In order to produce electricity using vapor and vapor turbine, high temperature is needed. Concentrated solar systems can be used for medium and high temperature. One of the most important solar receivers is Parabolic Trough Solar Receivers in that category. Solar radiation is reflected through the parabolic surface to focal point surface. Most important parts of the system are reflective surfaces and receivers. Receiver part is combine of absorbent pipe that coated with selective surface. In this study, the performances of Parabolic Trough Solar Receivers will be investigate for different selective surface and absorbent pipes material.

Keywords : Solar energy parabolic trough solar receivers, selective surface and absorbent pipes material

* İletişim yazarı

* Bu makale, 16-17 Ekim 2009 tarihlerinde TMMOB Makina Mühendisleri Odası tarafından Kayseri’de düzenlenen V. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu’nda bildiri olarak sunulmuştur.

GİRİŞ

Günümüzde enerji tüketimi oldukça artmıştır. Dünya nüfusunun hızlı artması, teknolojik gelişmeler, yaşam standartlarının artması bu durumu tetiklemiştir. Enerji ihtiyacı daha çok konvansiyonel kaynaklar olan kömür, petrol, doğal gaz gibi yakıtlarla sağlanmaktadır. Bu yakıtların kullanımının birçok zararı vardır. Rezervlerinin sınırlı ve dünyanın belirli bölgelerinde bulunması nedeniyle enerjide, ülkeler dışı bağımlı hâle gelmektedir. Ayrıca emisyonları sayesinde küresel ısınma ve çevre kirliliğine yol açmaktadır. Bütün bu nedenlerle yenilebilir enerji kaynakları ön plana çıkmıştır. Yenilebilir enerji kaynaklarının en başında güneş enerjisi, rüzgar enerjisi ve jeotermal enerji gelmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları içinde en çok kullanılan güneş enerjisidir. Güneş dünyanın en büyük enerji kaynağıdır. Emisyonu yoktur dolayısıyla çevre kirliliği yaratmaz ve bulunması kolaydır.

Güneş enerjisi üzerindeki ilk çalışmalar, ısıtma, kurutma, sıcak su elde etme ve pişirme üzerine olmuştur. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte buhar üretimi, elektrik üretimi güneş enerjisinin uygulama alanları olmuştur. Özellikle güneş enerjisinden elektrik üretilmesi konusunda çalışmalar yoğunlaşmış ve güneş enerjisinden yüksek sıcaklıklarda buhar elde ederek elektrik üretimi yaygınlaşmaya başlamıştır. Buhar ve buhar türbinleri kullanarak elektrik üretimi için yüksek sıcaklıklara ihtiyaç vardır.

Güneş yoğunlaştırıcıları, güneşten gelen ışınları belirli bir bölgeye yoğunlaştıran sistemlerdir. Güneş yoğunlaştırıcıları, güneş ışınlarından yüksek sıcaklıklarda yararlanmak için kullanılmaktadır. İki tip güneş yoğunlaştırıcısı mevcuttur. Bunlar eksen boyunca yoğunlaştırıcılar ve noktasal yoğunlaştırıcılar. Parabolik oluk tipi yoğunlaştırıcılarla eksen boyunca yoğunlaştırma yapılmaktadır. Parabolik oluk tipi yoğunlaştırıcılar, odak eksenini boyunca yerleştirilmiş emici boru içerisinden geçen akışkan, emilen enerjiyi alarak sıcaklığı yükselir. Parabolik şekilde dizayn edilmiş yansıtıcı yüzeyler, güneş ışınlarını odak ekseninde yer alan ve eksen boyunca olan emici boruya yansıtır. Emici boru üzerine gelen enerji, boru içindeki akışkana verilerek akışkanın sıcaklığı artırılmış olur. Emici boru üzerine yansıtıcılığı düşük, soğurması yüksek olan selektif malzeme ile kaplanır. Böylece yoğunlaştırılmış enerjinin çoğunun boruda soğurulması amaçlanır. Yoğunlaştırma işlemi neticesinde borunun sıcaklığı yükselmektedir. Emici borudan çevreye oluşan sıcaklık farkından dolayı ısı transferi olmaktadır. Bu durum emici boruda sıcaklığı düşüreceğinden istenmemektedir. Bu yüzden emici borunun çevresi cam örtüyle kaplanmıştır. Cam örtü ile emici boru arası vakumlanmıştır. Böylece ortamdaki daha sıcak emici borudan çevreye olan ısı kayıplarının azaltılması sağlanmıştır.

Literatürde parabolik oluk tipi güneş kolektörleri konusunda

çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Çolak [1], çalışmasında yüksek sıcaklık güneş ışınma enerjisi uygulamalarıyla ilgili teknik, ekonomik ve çevresel yönden uygun parabolik oluk tipi güneş kolektörlerinin tasarımını ve prototip imalatını ve geliştirilmesini tasarlamıştır. Bu amaçla güneş enerjisi ile ilgili optik ve ısı transferi mekanizmalarının parabolik oluk tipi güneş yoğunlaştırıcılarına yönelik matematiksel modelleri türetmiştir. Bu sayede güneş kolektörlerini hesaplanır biçime dönüştürmüştür. Bakos [2], sürekli parabolik oluk kolektörün iki eksenli güneş takip sistemi üzerinde çalışmıştır. Kolektörün topladığı enerjiyi ölçmüş ve 40° güneşe doğru eğilmiş sabit yüzeyli kolektör ile kıyaslamıştır. Sonuç olarak hareketli iki eksenli güneş takip eden kolektörün sabit kolektörden %46.46 daha fazla enerji topladığını elde etmiştir. Valan Arasu ve Sornakumar [3], sıcak su üreten parabolik oluk kolektörler için fiberglasla güçlendirilmiş parabolik oluğun dizayn ve üretimini yapmışlardır. Çalışmalarında toplam parabol kalınlığı 7 mm olmuştur. Fiberglasla güçlendirilmiş parabolik oluk 34 m/s hızla esen rüzgârın uygulayacağı kuvvete denk bir yük altında test edilmişler rüzgâr yükünden dolayı paraboldeki biçim bozukluğunun kabul edilebilir olduğunu bulmuşlardır. Bu kolektörün ısı performansını ASHRAE Standart 93'e göre yapmışlar. Bu teste göre parabol yüzey hatalarındaki dağılımın standart sapmasını 0.0066 olarak tahmin etmişlerdir. El Fadar, Mimmet, Azzabakh, Perez-Garcia ve Castaing [4], güneş adsorpsiyonlu soğutma sistemi tasarlamışlar. Düz kolektör yerine parabolik oluk tipi kolektörler kullanmışlardır ve düz kolektörle kıyaslamışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre parabolik oluk tipi kolektörle daha yüksek sıcaklık ve performans ulaşılmıştır. Garcia-Valladares ve Velazquez [5], tek ve çift geçişli parabolik oluk tipi güneş kolektörlerinin ısı ve akış davranışlarının nümerik simülasyonlarını incelemişlerdir. Çalışmalarında Sandia National Laboratories sağlanan deneysel verileri kullanmışlardır. İki geçişli parabolik oluk kolektör kullanıldığında ısı transfer kayıplarının azaldığını görmüşlerdir. Ayrıca Reynold sayısı, kanal kalınlık oranı ve geri çevrim oranı arttığı zaman, istenen ısı transfer artışı ve çevreye olan ısı kayıplarının düşüşünün arttığını elde etmişlerdir.

Bu çalışmada farklı seçici yüzey ve emici boru malzemelerinin ısı performansına etkileri incelenmiştir.

PARABOLİK OLUK TİPİ GÜNEŞ KOLEKTÖRLERİ

Parabolik oluk tipi güneş kolektörleri, güneşten parabolik yüzeye gelen ışınları sistemin odağında yer alan ve eksen boyunca uzanan emici boruya yoğunlaştırma yapan sistemlerdir. Emici boru malzemeleri olarak genellikle alüminyum, bakır ve paslanmaz çelik kullanılır. Bu malzemelerin içinde piyasada en çok bulunanı çeliktir.

Tablo 1. Kullanılan Seçici Yüzeyle Kaplanmış Emici Boruların Işıma Özellikleri [1]

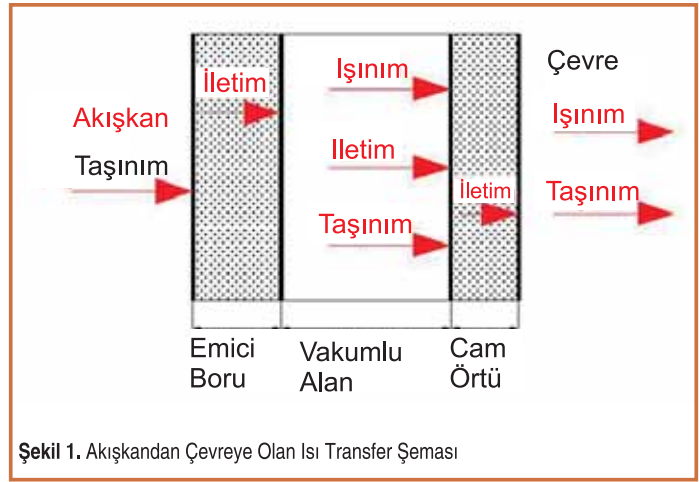
Selektif Yüzeyle Kaplama	Alt Kaplama (Emici Boru)	Güneş ışınlarını emme oranı (α)	Güneş ışınlarını yama oranı (ϵ)
Krom	Çelik	0,95	0,16
Krom	Çinko	0,91	0,08
Krom	Bakır	0,92	0,08

Bakırın ısı iletim katsayısı yüksek fakat diğer malzemelere göre daha pahalıdır.

Emici boruya yoğunlaştırılan ışınların büyük bir bölümünün emici boru tarafından emilmesi istenir. Bu yüzden emici boru selektif malzemelerle kaplanır. Selektif malzemeler, emiciliği yüksek yansıtıcılığı düşük malzemelerdir. Kısa dalga boylu ışınları tamamına yakını emen, buna karşın uzun dalga boylu ışınları olabildiğince az yayan yüzeyler olarak da tanımlanabilir. Bu malzemeleri kaplama işlemi, püskürtme yöntemi, elektroliz kaplama, kimyasal banyo ile kaplamayla olur [1].

Emici boruya gönderilen ışınlar borunun ısınmasına neden olur. Bu durumda boru sıcaklığı çevre ortam sıcaklığından yüksek olacaktır. Oluşan sıcaklık farkından dolayı emici borudan çevreye ısı transferi gerçekleşmektedir. Dolayısıyla ısı transferi akışkanına daha az enerji aktarılacaktır. Bu ısı kayıpları engellemek için emici borunun çevresi cam örtüyle kaplanır. Böylece ısı kayıpları azaltılmış olur.

Literatürde cam örtünün et kalınlığı diğer boyutlara oranla çok küçük kabul edildiğinden cam örtü iç yüzeyiyle dış yüzeyi arasında iletimle olan ısı kayıpları ihmal edilebilir.



Şekil 1. Akışkandan Çevreye Olan Isı Transfer Şeması

Tablo 2. Kullanılan Bazı Cam Malzeme Yüzeylerin 0.3-3 μm Dalga Boyu Aralığındaki Yansıtıcılık, Soğuruculuk ve Geçirgenlikleri [1]

Cam	Geçirgenlik (τ)	Soğuruculuk (α)	Yansıtıcılık (ρ)
Pyreks	0.90	0.02	0.08
Klasik pencere camı	0.87	0.04	0.09
Düşük demirli borosilikat cam	0.92	0.02	0.06

Isıl Analiz

Yansıtıcı yüzeyden odakta yer alan emici boruya yansıtılan güneş ışınlarının büyük bir bölümü emici boru tarafından yutulur. Bu işlem sonunda emici boru içinde geçen akışkanın sıcaklığı yükselir. Dolayısıyla akışkan ve çevre arasında sıcaklık farklı oluşur. Bunun sonucunda da akışkandan çevreye ısı transferi meydana gelir. Akışkandan çevreye olan ısı transferi akışkanla emici boru yüzeyi arasında taşınım, emici boru iç yüzeyi ve dış yüzeyi arasında iletim, emici boru dış yüzeyiyle cam örtünün iç yüzeyi arasında iletim-taşınım-ışınım (eğer vakumlu alan içindeki hava tam olarak alınmışsa iletim-ışınım, alınmamışsa taşınım-ışınım), cam örtü iç yüzeyiyle dış yüzeyi arasında iletim, cam örtü dış yüzeyiyle çevre arasında taşınım-ışınım şeklinde olmaktadır.

Emici borudan çevreye olan ısı kaybını Q_k olarak tanımlarsak, emici boru ile cam tüpün iç yüzeyi arasındaki ışıma ve iletim ısı transferi toplamına eşit olmaktadır.

$$Q_k = \frac{2\pi k_{eff} L}{\ln(D_{c\ddot{o}i} / D_{ebd})} (T_{eb,ort} - T_{c\ddot{o}i}) + \frac{\pi D_{ebd} L \sigma (T_{eb,ort}^4 - T_{c\ddot{o}i}^4)}{\frac{1}{\epsilon_{eb}} + \frac{1 - \epsilon_{c\ddot{o}}}{\epsilon_{c\ddot{o}}} \left(\frac{D_{ebd}}{D_{c\ddot{o}i}}\right)} \quad (2,1)$$

Eşitlik 2.1 daha sade bir biçimde yazarsak [6];

$$Q_k = (h_{ebt} + h_{ebt})(T_{eb,ort} - T_{c\ddot{o}i}) \quad (2,2)$$

Yatay emici boru ile eşmerkezli cam örtü arasındaki halka şeklinde çevrilmiş doğal taşınım ısı transfer katsayısı h_{ebt} ,

Raithby ve Hollands'a ait korelasyon kullanılarak aşağıdaki gibi tanımlanır [6].

$$h_{ebt} = \frac{2 * k_{eff}}{D_{ebd} * \ln(D_{c\ddot{o}} / D_{ebd})} \quad (2.3)$$

k_{eff} etkin iletim katsayıdır. Literatürde emici boru ile cam örtü arasındaki alanda eğer hava tam boşaltılmışsa taşınımın ısı transferi olmaz. Ancak içeride hava bulunursa, hava hareketsiz olacağından iletimle ısı transferi olacağı söylenmektedir. Bundan dolayı iletimle ısı transferi doğal taşınımın da etkisi düşünülerek hesaba alınır. Bu yüzden hesaplama da ısı iletim katsayısı k yerine k_{eff} katsayısı kullanılır.

k_{eff} aşağıdaki denklemlerden elde edilir [7];

$$\frac{k_{eff}}{k} = 0,317(Ra^*)^{1/4} \quad (2.4)$$

$$(Ra^*)^{1/4} = \left[\frac{\ln(D_{ebd} / D_{c\ddot{o}})}{b^{3/4} (1/D_{ebd}^{3/5} + 1/D_{c\ddot{o}}^{3/5})^{5/4}} \right] Ra^{1/4} \quad (2.5)$$

$$Ra = \frac{g * \beta * \Delta T * L^3}{\alpha * \nu} \quad (2.6)$$

Eşitlik 2.2'deki h_{ebi} katsayısı [6];

$$h_{ebi} = \frac{\sigma(T_{ebd}^2 + T_{c\ddot{o}})(T_{ebd} + T_{c\ddot{o}})}{\frac{1 - \epsilon_{eb}}{\epsilon_{eb}} + \frac{1}{F_{rc}} + \left(\frac{1 - \epsilon_{c\ddot{o}}}{\epsilon_{c\ddot{o}}}\right) \frac{D_{ebd}}{D_{c\ddot{o}}}} \quad (2.7)$$

şeklinde tanımlanır.

Emici boru ile cam örtü arasında olan ısı transfer toplamı, cam örtüdeki et kalınlığından dolayı oluşan iletimle ısı transferine, cam örtü dış yüzeyinden çevreye olan ışınlım ve taşınımın ısı transferi toplamına eşittir.

Cam örtü iç yüzey ve dış yüzey arasındaki iletimle ısı transferi;

$$Q_k = \frac{2\pi k_{c\ddot{o}} L (T_{c\ddot{o}i} - T_{c\ddot{o}d})}{\ln\left(\frac{D_{c\ddot{o}d}}{D_{c\ddot{o}i}}\right)} \quad (2.8)$$

Cam örtü dış yüzeyinden çevreye olan ışınlım ve taşınımın ısı transferi;

$$Q_k = \pi D_{c\ddot{o}d} L h_w (T_{c\ddot{o}d} - T_a) + \epsilon_{c\ddot{o}} \pi D_{c\ddot{o}d} L \sigma (T_{c\ddot{o}d}^4 - T_g^4) \quad (2.9)$$

şeklinde gösterilir.

Genel olarak Q_k [6];

$$Q_k = U_L A_{ebd} (T_{ebd} - T_a) \quad (2.10)$$

$$U_L = \left(\frac{1}{(h_{ebt}) + (h_{ebi})} + \left(\frac{1}{(h_{c\ddot{o}t}) + (h_{c\ddot{o}r})} \left(\frac{A_{ebd}}{A_{c\ddot{o}}} \right) \right) \right)^{-1} \quad (2.11)$$

Toplam ısı kayıp bulunduktan sonra emici boru aktarılan net güneş ışınlım enerjisi gelen ışınlımdan ısı kayıplar çıkarılarak bulunur.

$$Q_{IEN} = Q_G - Q_k \quad (2.12)$$

$$Q_G = GI * \rho_{yy} * \tau_{c\ddot{o}} * \alpha_{c\ddot{o}} * K * \gamma \quad (2.13)$$

Buraya kadar emici boru dış yüzeyinden çevreye olan ısı transferi ve emici boruya aktarılan net enerji hesaplanmıştır. Emici boru içinde geçen akışkan ile emici boru arasındaki ısı transferi de göz önüne alınacak olursa, emici boru dış yüzeyi ile çevre arasındaki toplam ısı kayıp katsayısı U_L yerine, emici boru içindeki akışkandan çevreye olan toplam ısı transfer katsayısı U_0 yazılmalıdır. U_0 katsayısı [6];

$$U_0 = \left[\frac{1}{U_L} + \frac{D_{ebd}}{h_a D_{ebi}} + \frac{D_{ebd} \ln(D_{ebd} - D_{ebi})}{2k_{ebi}} \right]^{-1} \quad (2.14)$$

olarak gösterilir.

Emici boru içindeki akışkandan emici boru iç yüzeyine taşınımın ısı transferi olur. Isı taşınım katsayısı (h_a) akışkan laminar veya türbülanslı olmasına göre farklılık gösterir. Boru içi akışın tam gelişmiş olması varsayılırsa h_a hesaplanabilir. Bu varsayımın yapılmasının nedeni $\frac{uzunluk}{\text{çap}}$ oranının

büyük olmasıdır, genellikle 20'den fazladır. Reynold sayısı (Re) 2000'den küçükse akış laminardır ve ısı transfer katsayısı h_a [1],

$$Nu = 3,66$$

Re sayısı 2000'den büyükse ısı transfer katsayısı h_a ,

$$Nu = 0,023 Re^{0,8} Pr^{0,4} \quad (2.15)$$

denklemlerinden yola çıkarak hesaplanır. Burada;

$$Re = \frac{VD_{ebi}}{\nu_a} = \frac{\rho_a D_{ebi}}{\mu_a} \quad (2.16)$$

$$Pr = c_s \frac{\mu_a}{k_a} \quad (2.17)$$

$$Nu = \frac{h_a D_{ebi}}{k_a} \quad (2.18)$$

$$h_a = \frac{Nu * k_a}{D_{ebi}} \quad (2.19)$$

V: Akışkanın hızıdır. Akışkanın debisi \dot{m} ise, V aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$V = \frac{\dot{m}}{\rho_a \left(\frac{\pi}{4} D_{ebi}^2 \right)} \quad (2.20)$$

Birim kolektör boyundaki akışkana aktarılan ısı [6],

$$\dot{q}_k = \frac{A_{aa} G I_{YI}}{L} - \frac{A_{ebd} U_L}{L} (T_{ebd} - T_a) \quad (2.21)$$

Eşitlik 2.21'de T_{ebd} sıcaklığı bilinmemektedir. Bu yüzden literatürde bu sıcaklık yerine ortalama akışkan sıcaklığı T_s kullanılarak denklemin çözülmesinin kolaylaştırılması sağlanmıştır. Bu işlem için kolektör verim faktörü F' , ısı kazanç faktörü F_R ve akış faktörü F'' 'nin belirlenmesi gerekmektedir [6].

$$F' = \frac{1/U_L}{\frac{1}{U_L} + \frac{D_{ebd}}{h_a D_{ebi}} + \left(\frac{D_{ebd}}{2k_{eb}} \ln \left(\frac{D_{ebd}}{D_{ebi}} \right) \right)} \quad (2.22)$$

$$\dot{q}_k = F' \frac{A_{aa}}{L} \left[G I_{YY} - \frac{A_{ebd}}{A_{aa}} U_L (T_s - T_a) \right] \quad (2.23)$$

Kolektör ısı kazanç faktörü F_R , akışkana geçen faydalı ısı enerjisinin, yutucu yüzeyin her yerinin akışkan giriş sıcaklığında olması durumundaki iş akışkanına geçen ısı enerjisine oranı olarak tanımlanır. Akışkan sıcaklığının akış doğrultusunda değişmesi ve ortalama değerinin tahmininin zor olması nedeniyle, akışkana geçen ısı enerjisi, kolektör giriş sıcaklığına bağlı olarak da ifade edilebilir [6].

$$F_R = \frac{\dot{m} c_s}{A_{ebd} U_L} \left[1 - \exp \left(- \frac{A_{ebd} U_L F'}{\dot{m} c_s} \right) \right] \quad (2.24)$$

Kolektör akış faktörü F'' , F_R 'nin F' 'ne oranıdır [6].

$$F'' = \frac{F_R}{F'} = \frac{\dot{m} c_s}{A_{ebd} U_L F'} \left[1 - \exp \left(- \frac{A_{ebd} U_L F'}{\dot{m} c_s} \right) \right] \quad (2.25)$$

Akış yönünde sıcaklık artışı olmadığı durumlarda $F_R = F'$ alınır [6]. Sistemimizde akışkanın kolektöre giriş ve çıkış sıcaklıklarının ne olduğunu bildiğimizden sadece F'' 'nü bulmamız akışkana aktarılan enerjiyi hesaplamak için yeterli olacaktır.

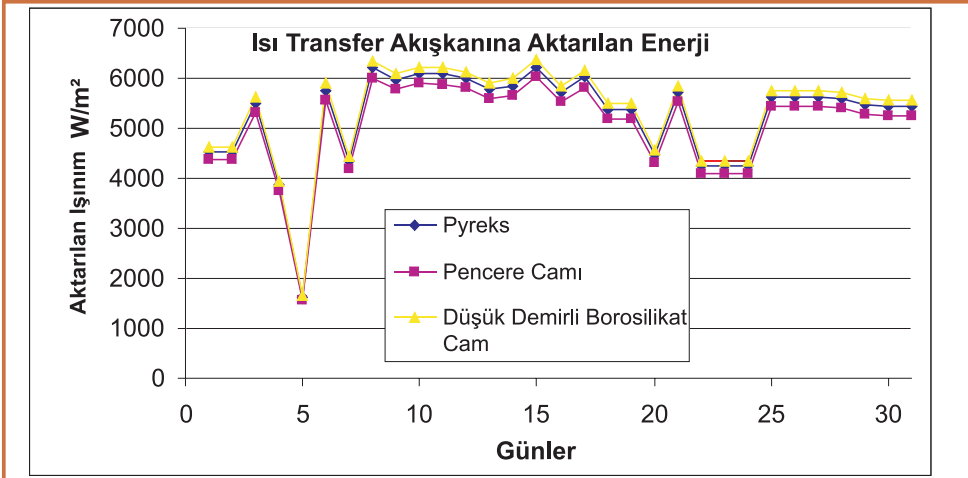
BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Tablo 3'te yer alan karakteristik değerlere sahip bir parabolik oluk tipi güneş kolektörünün ısı analizi teorik olarak yapılmıştır.

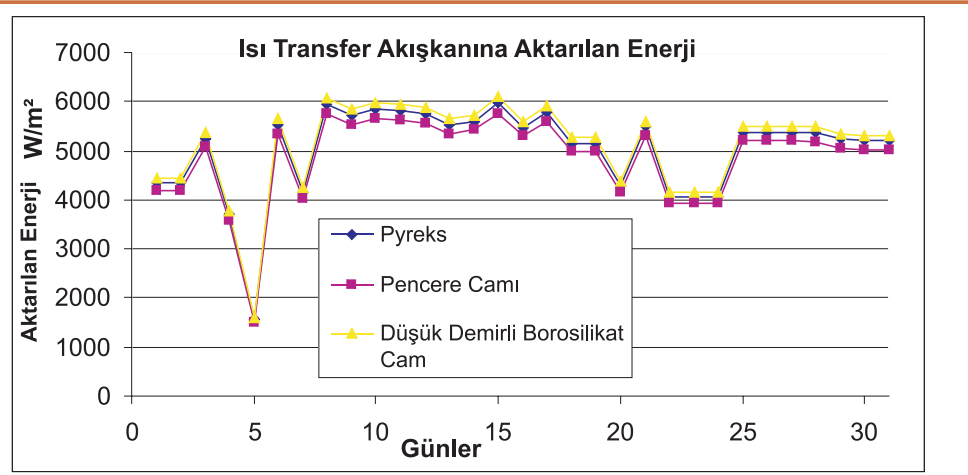
Tablo 3. Kullanılan Karakteristik Değerleri

Toplam Kolektör Uzunluğu	48 m
Açık Alan	240 m ²
Modül Sayısı	Her olukta 4 modül
Modül Açıklığı	5 m
Modül Uzunluğu	12 m
Odak Uzaklığı	1.75 m
Parabol Boyu	5.397 m
Minimum Gerekli Emici Boru Çapı	0.0523 m
Kenar Açısı	71.07°
Yoğunlaştırma Oranı	30.4271

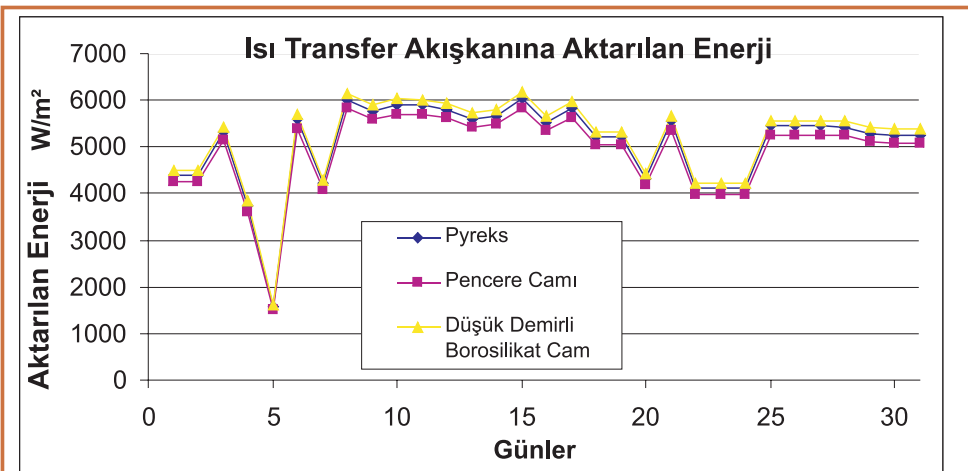
Mayıs, Haziran ve Temmuz ayları için gün içindeki güneş ışınım ve dış hava koşulları değerleri Pamukkale Üniversitesi Temiz Enerji Evinde bulunan "Vantage Pro2 Station" cihazından alınmıştır. Hesaplama yapılırken vakum alanın kaybolmadığı göz önünde bulundurulmuştur. Çalışmada farklı emici boru malzemeleri ve farklı cam örtü malzemeleri kullanılması durumunda emici boruda toplanan enerji belirtilen aylar için hesaplanmıştır. Emici boru malzemeleri olarak Krom-Nikel paslanmaz çelik üzerine krom selektif yüzeyli malzeme, çinko üzerine krom selektif yüzeyli malzeme ve bakır üzerine krom selektif yüzeyli malzeme seçilmiştir. Cam örtü malzemesi olarak ise pyreks, pencere camı ve düşük demirli borosilikat cam seçilmiştir. Mayıs ve Temmuz ayları için ortalama güneşlenme süresi 14 saat iken Haziran ayı için ortalama güneşlenme süresi 15 saattir. Grafiklerde Denizli ili Mayıs, Haziran ve Temmuz ayları için ısı transfer akışkanına aktarılan net enerji gösterilmektedir.



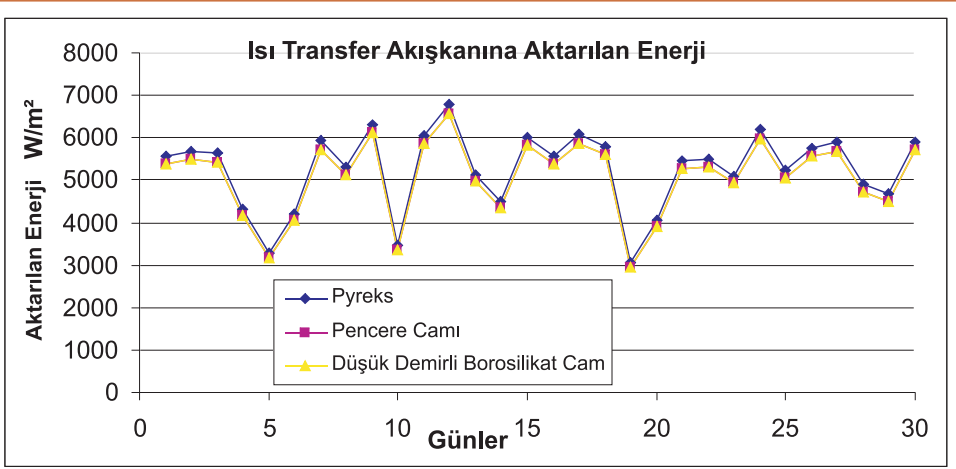
Şekil 2. Emici Boru Malzemesi Olarak Paslanmaz Çelik Üzerine Krom Kaplanması Durumunda Farklı Cam Örtü Malzemeleri Kullanılarak Mayıs Ayı İçin Isı Transfer Akışkanına Aktarılan Enerji



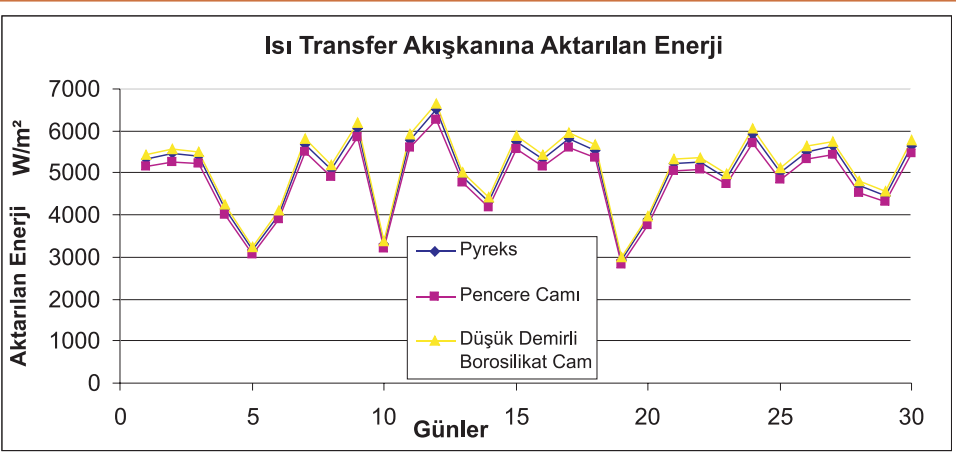
Şekil 3. Emici Boru Malzemesi Olarak Çinko Üzerine Krom Kaplanması Durumunda Farklı Cam Örtü Malzemeleri Kullanılarak Mayıs Ayı İçin Isı Transfer Akışkanına Aktarılan Enerji



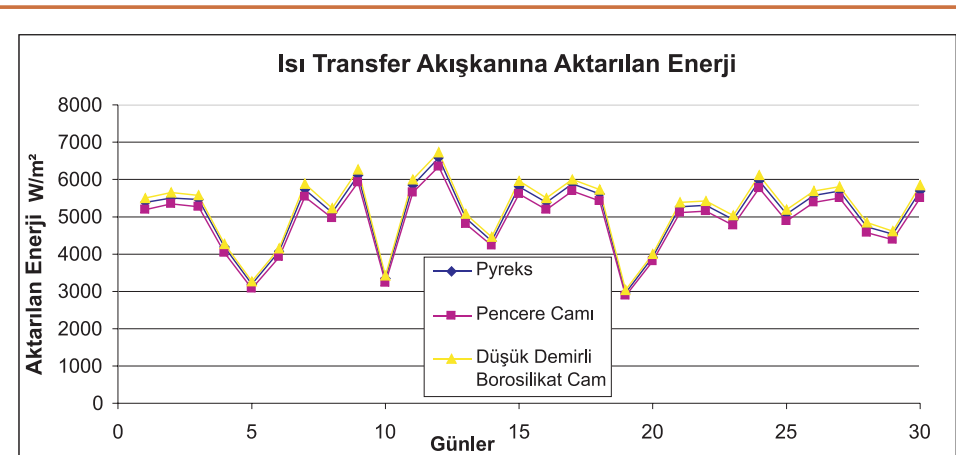
Şekil 4. Emici Boru Malzemesi Olarak Bakır Üzerine Krom Kaplanması Durumunda Farklı Cam Örtü Malzemeleri Kullanılarak Mayıs Ayı İçin Isı Transfer Akışkanına Aktarılan Enerji



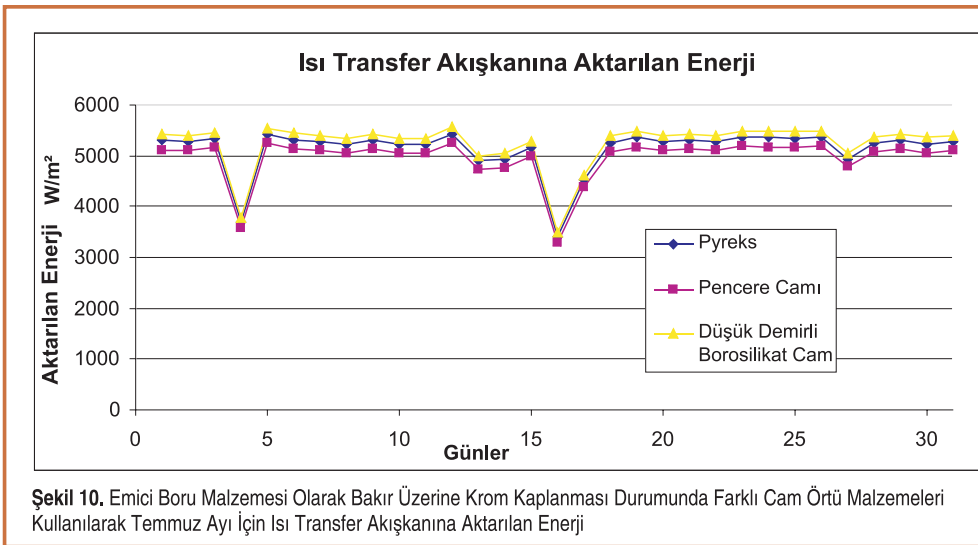
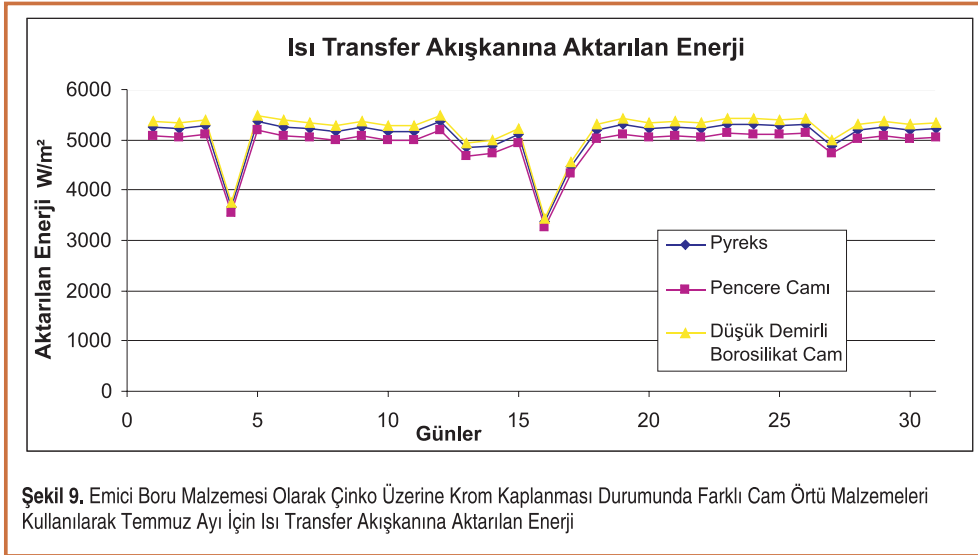
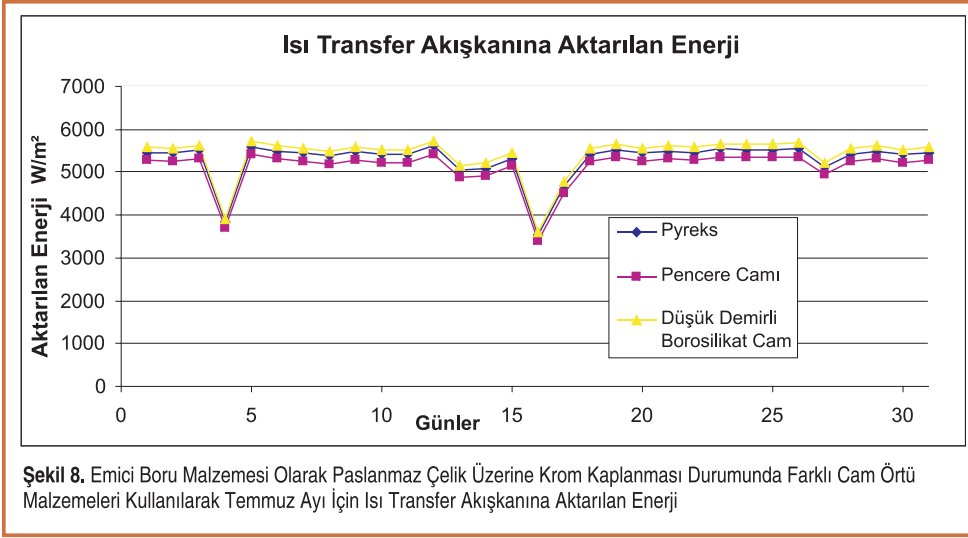
Şekil 5. Emici Boru Malzemesi Olarak Paslanmaz Çelik Üzerine Krom Kaplanması Durumunda Farklı Cam Örtü Malzemeleri Kullanılarak Haziran Ayı İçin Isı Transfer Akışkanına Aktarılan Enerji



Şekil 6. Emici Boru Malzemesi Olarak Çinko Üzerine Krom Kaplanması Durumunda Farklı Cam Örtü Malzemeleri Kullanılarak Haziran Ayı İçin Isı Transfer Akışkanına Aktarılan Enerji



Şekil 7. Emici Boru Malzemesi Olarak Bakır Üzerine Krom Kaplanması Durumunda Farklı Cam Örtü Malzemeleri Kullanılarak Haziran Ayı İçin Isı Transfer Akışkanına Aktarılan Enerji



Tablo 4. Kullanılan Malzemelere Göre Isı Transfer Akışkanına Aktarılan Aylık Ortalama Enerji

Kullanılan Malzeme Çifti	Isı Transfer Akışkanına Aktarılan Aylık Ortalama Enerji (W/m ²)		
	Mayıs	Haziran	Temmuz
Krom-Nikel Paslanmaz Çelik Üzerine Krom Kaplama, Pyreks Cam Örtü	5245,871	5241,78	5292,749
Krom-Nikel Paslanmaz Çelik Üzerine Krom Kaplama, Pencere Camı Cam Örtü	5071,009	5067,054	5116,325
Krom-Nikel Paslanmaz Çelik Üzerine Krom Kaplama, Düşük Demirli Borosilikat Cam Örtü	5362,446	5358,264	5410,366
Çinko Üzerine Krom Kaplama, Pyreks Cam Örtü	5024,993	5021,073	5069,897
Çinko Üzerine Krom Kaplama, Pencere Camı Cam Örtü	4857,493	4853,704	4900,901
Çinko Üzerine Krom Kaplama, Düşük Demirli Borosilikat Cam Örtü	5136,659	5132,653	5182,562
Bakır Üzerine Krom Kaplama, Pyreks Cam Örtü	5080,212	5076,25	5125,61
Bakır Üzerine Krom Kaplama, Pencere Camı Cam Örtü	4910,872	4907,042	4952,757
Bakır Üzerine Krom Kaplama, Düşük Demirli Borosilikat Cam Örtü	5193,106	5189,055	5239,513

Kullanılan malzemelere göre aylık ortalama akışkana aktarılan enerji Tablo 4'te gösterilmiştir.

SONUÇ

Hesaplamalardan görüldüğü gibi Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında ısı transfer akışkanına aktarılan enerji en çok krom-nikel paslanmaz çelik üzerine, krom kaplamalı emici boru malzemesi ve cam örtü malzemesi olarak düşük demirli borosilikat cam seçildiğinde olmaktadır. Kullanılan selektif yüzey kaplı çelik malzemenin emiciliği kıyaslandığı diğer malzemelere göre daha iyidir. Aynı şekilde Borosilikat cam örtü malzemesinin güneş ışınları geçirme oranı diğer malzemelere göre yüksekken, soğurma ve yayıcılık değerleri düşüktür. Bu yüzden parabolik oluk tipi güneş kolektörü sistemimizde kullanılacak ideal emici boru ve cam örtü malzemeleri olarak krom-nikel paslanmaz çelik üzerine krom kaplama ve düşük demirli borosilikat cam seçilmelidir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar desteklerinden dolayı Bereket Enerji A.Ş.'ye teşekkür ederler.

SEMBOLLER

ρ : Parabolik yüzey olarak kullanılan yansıtıcı malzeme yansıtma katsayısı
L : Kolektör uzunluğu (m)

b : Parabolün x eksenindeki yarım uzunluğu (m)
 D_{ebi} : Emici boru iç çapı (m)
 D_{ebd} : Emici boru dış çapı (m)
 $D_{cö}$: Cam örtü çapı (m)
GI : Atmosferden geçip kolektöre düşen ışınlam (W/m²)
 ρ_y : Yansıtıcı yüzey yansıtma katsayısı
 GI_{yy} : Parabolik yansıtıcı yüzeye düşen güneş ışınlamı
 k_{eff} : Hareketli hava ile aynı miktarda ısıyı iletmesi gereken boşluktaki hareketsiz havanın etkin ısıl iletkenliği
k : Isı iletim katsayısı
 $T_{eb,ort}$: Emici boru ortalama sıcaklığı (°C)
 $T_{cöi}$: Cam örtü iç sıcaklığı (°C)
 T_{ebd} : Emici boru dış sıcaklığı (°C)
 ΔT : Emici boru ile cam örtü iç yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı ($\Delta T = T_{ebd} - T_{cöi}$)
 σ : Stefan-Boltzman sabiti (W/m²K⁴)
 $\epsilon_{cö}$: Cam örtü ısı yayıcılık katsayısı
 ϵ_{cb} : Emici boru ısı yayıcılık katsayısı
 $h_{cöt}$: Cam örtü ile dış hava arasındaki rüzgâra bağlı zorlanmış ısı taşınım transfer katsayısı
 $h_{cöi}$: Cam örtü ile dış hava arasındaki ışınlam transferi katsayısına eşit taşınım transfer katsayısı

h_{ebi} : Emici boru yüzeyi ile cam örtü arasındaki ışıma eşdeğer ısı taşınım katsayısı
 R_a : Rayleigh sayısı
 R_a^* : Düzeltilmiş Rayleigh sayısı
 g : Yer çekimi ivmesi (m/s^2)
 β : Hacimsel genişleme katsayısı ($\beta = 1/T_{eb,c\ddot{o}}$)
 α : Emici boru ile cam örtü arasındaki havanın $T_{eb,c\ddot{o}}$ sıcaklığındaki ısı yayılım hızı
 ν : Emici boru ile cam örtü arasındaki havanın $T_{eb,c\ddot{o}}$ sıcaklığındaki kinematik viskozitesi
 Q_{INE} : Isı transfer akışkanına aktarılan net enerji (W/m^2)
 Q_G : Cam örtüye gelen güneş ışımasını (W/m^2)
 Q_k : Isı enerji kaybı (W/m^2)
 h_a : Dış ortam havasının taşım ısı transfer katsayısı
 $A_{c\ddot{o}}$: Cam örtü dış yüzey alanı (m^2)
 A_{aa} : Gölgenmeyen açık kolektör alanı (m^2)
 K : Işın gelme açısı düzeltme faktörü
 U_o : Emici boru içindeki akışkandan çevreye olan toplam ısı transfer katsayısı
 U_L : Emici boru dış yüzeyi ile çevre arasındaki toplam ısı kayıp katsayısı
 k_{ebi} : Emici boru iletim katsayısı
 T_a : Dış ortam sıcaklığı (K)

T_g : Gökyüzü sıcaklığı (K)
 A_{abd} : Emici boru dış yüzey alanı (m^2)

KAYNAKÇA

1. **Çolak, L.** 2003. Güneşi Takip Eden Parabolik Oluk Tipi Güneş Kolektörlerinin Matematiksel Modellemesi, Tasarımı ve Teknik Optimizasyonu, Gazi Üniversitesi, Ankara, 268.
2. **Bakos, G. C.** 2006. Design and Construction Of A Two-axis Sun Tracking System For Parabolic Trough Collector Efficiency Improvement, Renewable Energy, 31: 2411-2421.
3. **Valan Arasu, A., Sornakumar, T.** 2007. Design, Manufacture And Testing Of Fiberglass Reinforced Parabola Trough For Parabolic Trough Solar Collectors, Solar Energy, 81: 1273-1279.
4. **El Fadar, A., Mimet, A., Azzabakh, A., Perez-Garcia, M., Castaing, J.** 2009. Study of a New Solar Adsorption Refrigerator Powered By A Parabolic Trough Collector, Applied Thermal Engineering, 29:1267-1270.
5. **Garcia-Valladares, O., Velazquez, N.** 2009. Numerical Simulation of Parabolic Trough Solar Collector: Improvement Using Counter Flow Concentric Circular Heat Exchangers, International Journal of Heat and Mass Transfer, 52: 597-609.
6. **Duffie J.A., Beckman W. A.** 2006. Solar Engineering of Thermal Processes Third Edition.
7. **Kıncay, O., Onan, C.** 2008. Yoğunlaştırıcı Güneş Enerjisi Sistemleri.

<http://omys.mmo.org.tr/muhendismakina/>

TMMOB MAKİNA MÜHENDİSLERİ ODASI

Mühendis ve Makina Dergisi

Online Makale Yönetimi



| ANA SAYFA (GİRİŞ SAYFASI) |

YAZAR

HAKEM

EDİTÖR

» HOŞGELDİNİZ

YAZAR GİRİŞİ

e-Posta :

Şifre :

[Yeni Kullanıcı](#) | [Şifremi Unuttum](#)

MÜHENDİS VE MAKİNA DERGİSİ'ne makale gönderebilmek için sisteme kayıt olmanız gerekmektedir. Kayıt olabilmek için sol kısımda yer alan [Yeni Kullanıcı] bağlantısına tıklayınız.

Daha önce kayıt olduysanız, e-posta adresiniz ve şifrenizi girmeniz yeterlidir.

Şifrenizi hatırlamıyorsanız, şifrenizin e-posta adresinize gönderilebilmesi için [Şifremi Unuttum] bağlantısına tıklayınız.

Sistemle ilgili sorularınızı yayin@mmo.org.tr e-posta adresine gönderebilirsiniz.