

Yerçekimi Destekli Bakır-Su Isı Borusu İçin Deneysel Bir Çalışma

Ahmet ÖZSOY*
Mustafa ACAR**

Özet

Isı borulu ısı geri kazanım sistemleri, iş akışkanı olarak uygun soğutucu akışkanların kullanılmasıyla iklimlendirme uygulamalarında kullanım alanı bulmaktadır. Bu çalışmada, ısı geri kazanımı amacıyla imal edilmiş olan bir ısı borusu deneysel olarak çalışılmıştır. Isı borusunda malzeme olarak bakır boru ve iş akışkanı olarak da saf su kullanılmıştır. Isı borusunun buharlaştırıcı kısmına elektrikle ısı enerjisi verilip, yoğuşturucu tarafından su ile çekilmiştir. Isı borusu üzerindeki çeşitli noktaların sıcaklıkları ile iç ortam sıcaklığı ısı çiftleriyle bilgisayar yardımıyla ölçülerek kaydedilmiştir. Ayrıca su debisi ve giriş sıcaklığı ile iç ortam basıncı da ölçülmüştür. Deneysel çalışmalar 0–90° aralığındaki çeşitli eğim açılarında yapılmıştır. Yapılan hesaplamalarla ısı borusunun çeşitli çalışma koşullarındaki davranışı incelenerek, kondenserden transfer edilen ısı miktarı ve toplam ısı transferi kat sayısı deneysel verilere dayanarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: ısı borusu, termosifon

1. GİRİŞ

Isı borusu; iki fazlı, kapalı, yüksek ısı iletebilme özelliğine sahip bir ısı transfer cihazıdır. Klasik olarak dairesel şekilde (boru tipi) yapılabileceği gibi, düzlemsel veya çok daha değişik şekillerde yapılabilir. Isı borusu esas olarak içerisinde bir miktar çalışma sıvısı bulunan, havası alınmış kapalı bir hazneden ibarettir. Hazne cidarına, çalışma sıvısının akışını düzenlemek amacıyla uygun bir fitil yerleştirilir. Çalışma sırasında buharlaştırıcı (evaporatör) bölgesindeki ısı, çalışma sıvısının bir kısmını buharlaştırır ve kısa zamanda haznenin içi saf buharla doymuş hale gelir. Sistemden ısı çekilmesi nedeniyle yoğuşturucu (kondenser)

bölgesinde hazne cidarı nispeten soğuk olacağı için bu bölgede yoğuşma başlar. Yoğuşan sıvı zerrecikleri tekrar evaporatöre döner ve çevrim tamamlanır. Yoğuşmuş akışkanı tekrar evaporatöre geri getirmek için yerçekimi kuvveti veya kılcal, merkezkaç, osmotik, manyetik vs. kuvvetler kullanılır. En çok kullanılan yöntem kılcal kuvvetlerden yararlanmaktır (Dunn ve Reay 1994, Faghri 1994, Peterson 1994). Aşağıdaki tabloda (Tablo 1) yoğuşan sıvının evaporatöre dönüşünde uygulanan kuvvete göre cihazın adlandırılması verilmiştir.

Tablo 1. Sıvının evaporatöre dönüşünde uygulanan

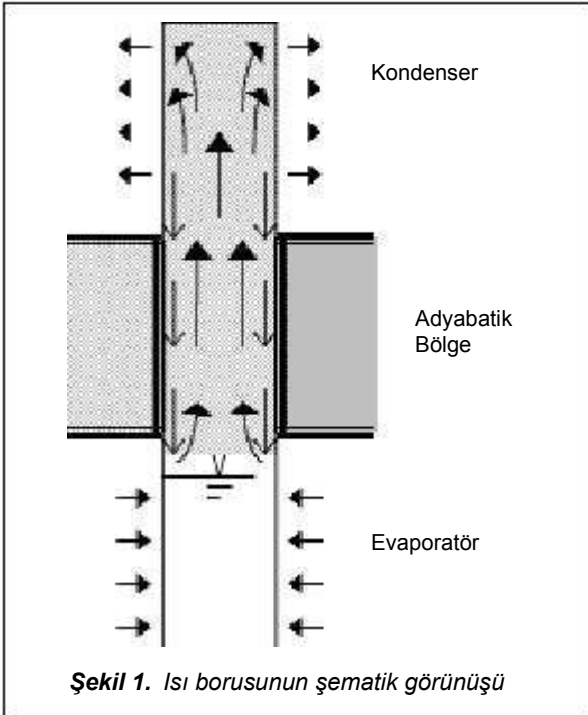
* Öğr. Gör., Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makina Eğitimi Bölümü.

** Öğr. Gör., Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makina Eğitimi Bölümü.

Uygulanan Kuvvet	Cihazın Adı
Yerçekimi kuvveti	Termosifon
Kapiler kuvvet	Standart ısı borusu
Merkezci kuvvet	Dönel ısı borusu
Elektrostatik kuvveti	Elektrohidrodinamik ısı borusu
Magnetik kuvveti	Magnetohidrodinamik ısı borusu
Osmotik kuvvetler	Osmotik ısı borusu

Şekil 1'de ısı borusunun şematik gösterimi verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi ısı borusu üç temel bölümden oluşur. Bunlar sıcak ortamdan ısının çekildiği evaporatör bölgesi, çekilen ısıyı düşük sıcaklıktaki ortama aktaran kondenser bölgesi ve ısı alışverişinin olmadığı adyabatik bölgedir. Evaporatörde gizli ısıyı vererek gaz fazından sıvı fazına dönen akışkan, ısı borularında gözenekli bir yapıya sahip olan fitil yardımıyla kondensere döndürülür. Bu gözenekli yapı ayrı bir malzemeden örülmüş, dokunmuş malzemeler olabileceği gibi ısı borusu iç yüzeyine mekanik olarak oluşturulmuş yiv şeklinde veya toz metalurji si ile üretilmiş gözenekli bir yapı da olabilmektedir.

Isı borusu içerisinde faz dönüşümü ile ısı ta



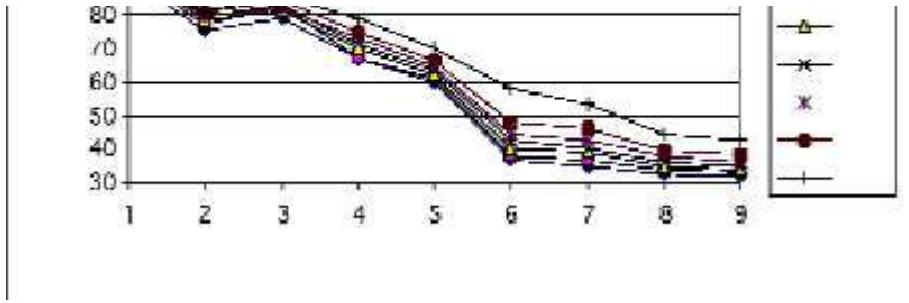
şeyler akışkan olarak çalıştırma şartlarına bağlı olarak çok değişik akışkanlar kullanılabilir. Orta sıcaklıklarda en çok kullanılan akışkanlar su, metanol, amonyak ve diğer soğutucu akışkanlardır. Isı borusu malzemesi olarak çalışma şartlarına bağlı olarak kullanılan iş akışkanı ile uyumlu çalışabilecek alüminyum, bakır, çelik, seramik veya diğer malzemelerde kullanılabilir. Malzeme seçiminde en önemli konu akışkan ile uyumlu olması, yani çalışma esnasında gaz üretiminin olmamasıdır (Faghri 1994).

Isı boruları çok geniş sıcaklık aralığında, değişik ebatlarda, sabit veya esnek şekillerde, silindirik, düzlemsel, dönel veya kullanma yerine ve amacına uygun olarak imal edilebilirler. Günümüzde ısı borularının kullanım alanı çok genişmiştir. Bu yelpaze içerisinde bilgisayar CPU'larının soğutulmasından nükleer santrallere, uzay araçlarındaki kullanımdan elektronik sanayisine, çeşitli proseslerin kontrolünden güneş enerjisi uygulamalarına, iklimlendirme tesislerinden otoyollara, yada petrol boru hatlarına ve daha birçok uygulama alanında yer bulabilmektedir. Özellikle iklimlendirme sistemlerinde ve büyük sistemlerde de havanın ön ısıtılması amacıyla ısı geri kazanım uygulamalarında kullanılmaktadır (Habebullah vd.1997, Güngör 1995, Dube 1996, Wu vd. 1997, Lin vd. 2005, Noie ve Majideian, 2000).

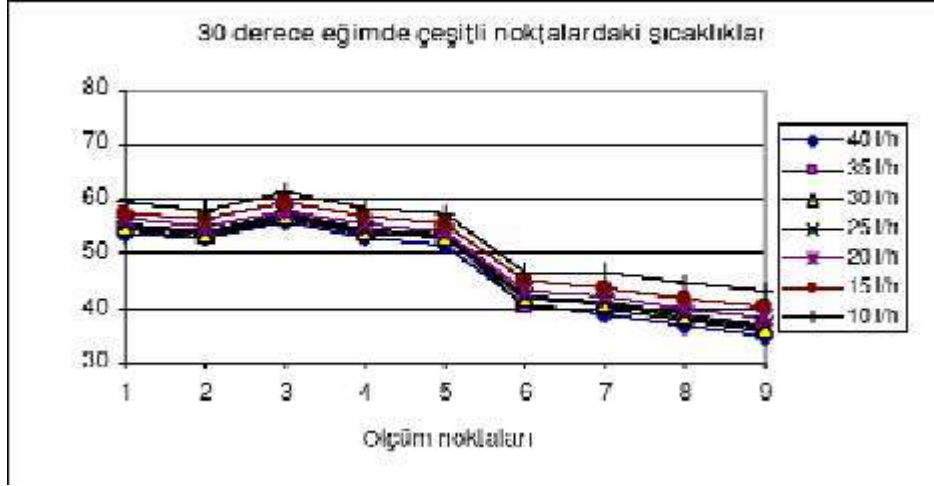
2. MATERYAL ve METOT

DeneySEL çalışma 22 mm çapındaki ve 1,2 mm et kalınlığında bakır boru kullanılmıştır. Isı borusunun evaporatör ve kondenser kısımları 35 cm, adyabatik kısım ise 10 cm ve toplam boy ise 80 cm uzunluğundadır. Isı borusunda iş akışkanı olarak saf su kullanılmıştır. Öncelikle ısı borusu içi yabancı maddelerden uygun şekilde temizlendikten sonra vakum pompası ile 160 mm Hg (torr) basınca kadar vakum edilmiştir. Vakum işleminin amacı ısı borusu içindeki yoğuşmayan gazlardan kurtulmaktır. Vakumlama işleminden sonra ısı borusu içine literatüre uygun şekilde (Faghri 1994) yaklaşık evaporatör bölümünün %50'si oranında saf su şarjı yapılmıştır. Evaporatör kısmına elektrikli dirençle ısı enerjisi verilmiş, verilen ısının miktarı ayarlı bir trafo (varyak trafo) ile





Şekil 2. Yatay konumda (0 derece eğim) ısı borusunun çeşitli noktalarında ölçülen yüzey sıcaklıkları



Şekil 3. 30 derece eğim açısında çeşitli noktalarında ölçülen yüzey sıcaklıkları

ayarlanmıştır. Kondenser kısmı 35 mm çapın -
daki bir boru ile oluşturulmuş ve ısıyı çekmek
için şebeke suyu kullanılmıştır.

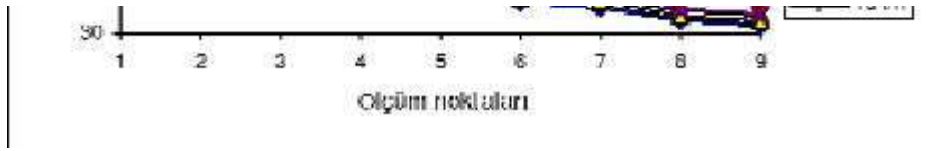
Isı borusu yüzeyindeki sıcaklık dağılımını gör -
mek için evaporatör bölgesine 4 adet, konden -
ser bölgesine 4 adet ve adyabatik bölgeye ise
1 adet K tipi ısı çift yerleştirilmiştir. Ayrıca ısı
borusu içindeki buhar sıcaklığını ölçmek ama -
cıyla 1 adet ve kondenser bölgesine giren ve
buradan ısı alıp çıkan soğutma suyu sıcaklığı -
ni ölçmek içinde birer adet ısı çift kullanılmış
tır. Kondenslerden geçen soğutma suyu debisi -
ni ölçmek için debimetre kullanılmıştır. Isı bo -
rusu içindeki basıncı ölçmek içinde basınç ma -
nometresi kullanılmıştır. Sisteme varyak trafo
ile verilen elektrik enerjisini ölçmek amacıyla
uygun şekilde bir Voltmetre ve birde Amper -

metre bağlanmıştır. Isı borusu üzerindeki sı -
caklıklar K tipi termokupıllardan gelen sinyalle -
ri alan bir elektronik kart yardımıyla bilgisayar -
dan sıcaklık olarak okunmuştur. Elektronik
karttan alınan sinyalleri sıcaklığa dönüştür -
mek için bir yazılım programı kullanılmıştır. Isı
borusu dış yüzeyinden ortama olan ısı kayıp -
larını önlemek amacıyla evaporatör kısmı taş -
yünü ile kondenser kısmı ise camyünü ile yalı -
tılmıştır.

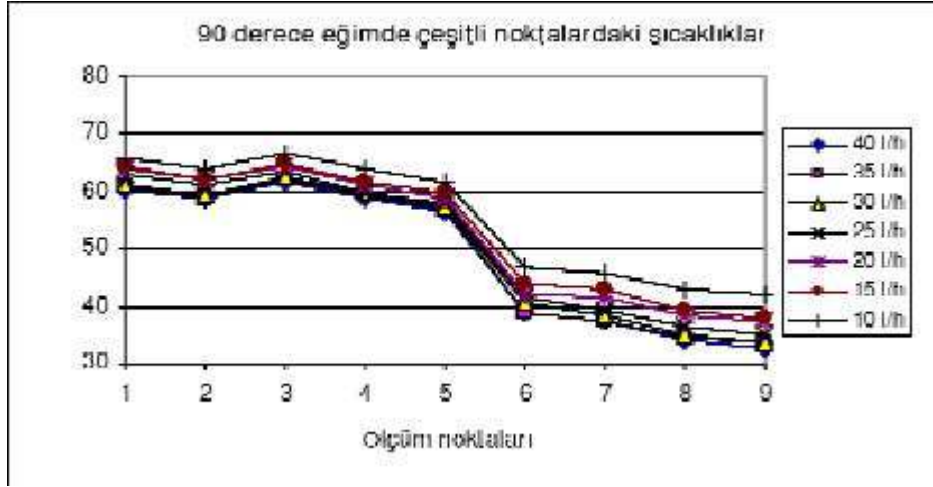
3. DENEY SONUÇLARI

Deneysel çalışmada ısı borusunun evaporatör
kısına 200 W'lık ısı verilmiştir. Isı borusu 0-
90 derece arasındaki eğimlerde aynı güçte ça -
lıştırılmıştır. Kondenser kısmında sistemden
ısıyı çeken suyun debisi 10-40 l/h'lik aralıkta
ayarlanarak sıcaklık dağılımı gözlenmiştir.





Şekil 4. Isı borusunun 60 derece eğim açısında çeşitli noktalarında ölçülen yüzey sıcaklıkları



Şekil 5. Isı borusunun 30 derece eğim açısında çeşitli noktalarında ölçülen yüzey sıcaklıkları

Aşağıdaki Şekil 2-5'de çeşitli eğimlerde çalıştırılan ısı borusunun yüzey sıcaklıkları diyagramları halinde verilmiştir. Diyagramlardan da görüleceği gibi evaporatör bölgesindeki sıcaklık dağılımı 0o eğim açısı hariç olmak üzere yaklaşık birbirine yakın değerler ölçülmüştür. 0 derece eğim açısındaki çalışmada evaporatör bölgesi yüzey sıcaklığı özellikle 1 noktasında diğer ölçüm noktalarına kıyasla çok daha fazla ölçülmüştür. Soğutma suyunun debisinin azalmasıyla doğal olarak kondenseri terkeden su sıcaklığı da arttığı için kondenser bölgesi yüzey sıcaklığı da göreceli olarak artmıştır.

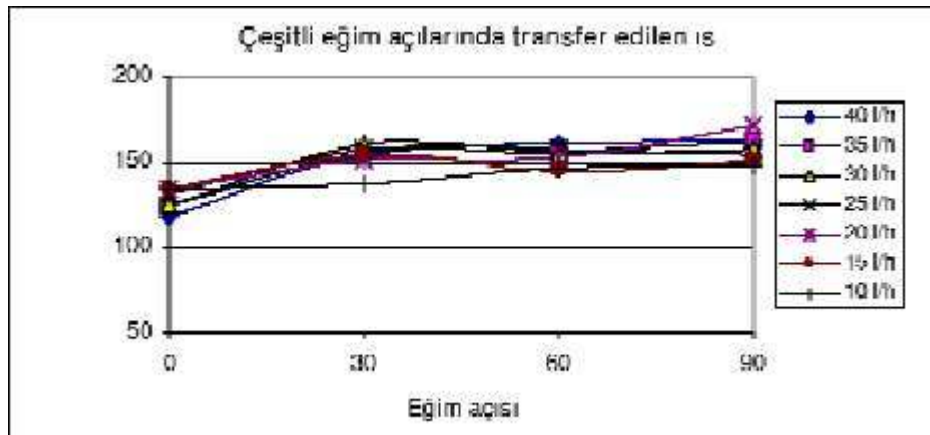
Şekil 6'da çeşitli eğim açılarında 10-40 l/h debi aralığında ısı borusunun kondenser kısmından çekilen ısı miktarı görülmektedir. Şekil

6'dan görüldüğü gibi ısı borusunun sadece yatay konumunda (0 derece eğim açısında) sistemden çekilen ısı azalmakta, diğer eğim açılarında (30-90 derece) fazla bir değişiklik olmadığı görülmektedir.

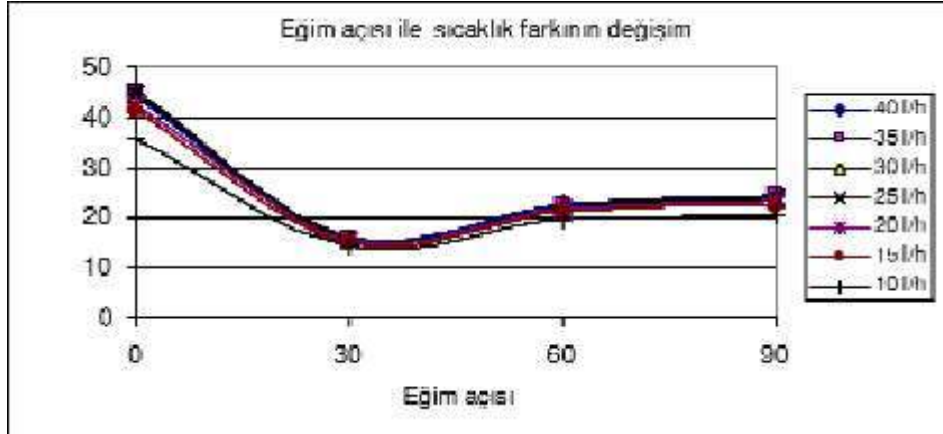
Isı borusu yüzeyinden ölçülen sıcaklık değerlerinin ortalamasının eğim açısı ile değişimi Şekil 6'da görülmektedir. 30-90 derece eğim açılarındaki sıcaklık dağılımının bütün debilerde ve eğim açılarındaki yaklaşık aynı olduğu, ancak ısı borusunun yatay konumunda ise ısı transferinin az olması nedeniyle sıcaklık farkının arttığı gözlenmiştir.

4. SONUÇ

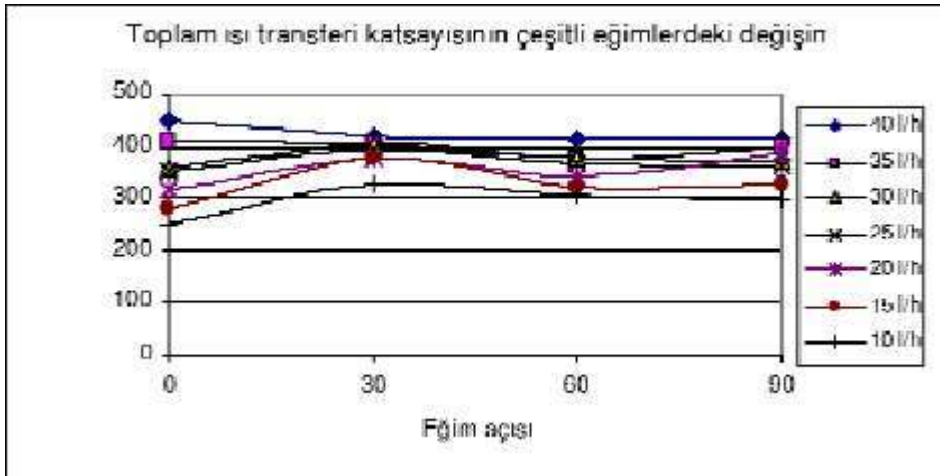
Bu çalışmada bakır-su ısı borusunun sabit bir



Şekil 6. Isı borusunun çeşitli eğimlerinde kondenserden çekilen ısı



Şekil 7. Isı borusunun çeşitli eğimlerinde evaporatör ve kondenser yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkının değişimi



Şekil 8. Isı borusunun kondenser bölgesi için toplam ısı transferi katsayıları

güçte çalıştırılması esnasında ısı borusu yüzeyindeki sıcaklık dağılımı ve kondenserden transfer edilen ısı miktarı çeşitli eğim açıları ve değişik soğutma suyu debilerinde deneysel olarak incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda eğim açısının 0 derece olduğu konumda transfer edilen ısının diğer eğim açılarına kıyasla daha az olduğu görülmüştür. 30-90 derece eğim açıları arasında transfer edilen ısı miktarlarında ise fazlaca bir değişimin olmadığı gözlemlenmiştir. Isı borusundan yatay konumda transfer edilen ısı miktarının az olması nedeniyle evaporatör ve kondenser yüzeyleri arasındaki sıcaklık farkının da arttığı gözlemlenmiştir. Kondenser bölgesi için hesaplanan toplam ısı transferi katsayısının da 0 derecedeki eğim hariç olmak üzere yaklaşık olarak 300-400 W/m²C aralığında değiştiği hesaplanmıştır.

- Technology" 874 p., Taylor and Francis, London, Great Britain.
- Güngör A., 1995, "İklimlendirmede Enerji Geri Kazanımında Isı Borulu Isı Değiştiriciler" Makine Mühendisleri Odası, II. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, Bildiriler Kitabı s.639-655, İzmir.
- Habebullah M.H., Akyurt M., Najjar Y.S.H., 1997. "A Heat Pipe Assisted Waste Heat Recovery and Utilization System", Transaction of Mechanical Engineering, v.ME22 No.2 pp.55-59, Australia.
- Lin S., Broadbent J., McGlen R., 2005, "Numerical Study of Heat Pipe Application in Heat Recovery Systems", Pergamon, Applied Thermal Engineering, vol.25, pp.127-133, Great Britain.
- Noie-Baghban, S.H., and Majideian, G.R.,

Sonuç olarak ısı borulu sistemlerin çok küçük eğim açıları ile ısı geri kazanım amaılı olarak alıştırılabilecekleri grlmştr.

KAYNAKLAR

- Dube V., Sauciuc I., Akbarzadeh A., 1996, "Design Construction and Testing of a Thermosyphon Heat Exchanger for Medium Temperature Heat Recovery", Proceedings of the 5th. International Heat Pipe Symposium, pp 273-279, Melbourne, Australia.
- Dunn, P.D., Reay, D.A., 1994, "Heat Pipes" 348 p., Fourth Edition, Elsevier Science Ltd. Great Britain.
- Faghri A., 1995, "Heat Pipe Science And
- 2000, "Waste Heat Recovery Using Heat Pipe Heat Exchanger (HPHE) for Surgery Rooms in Hospital", Pergamon, Applied Thermal Engineering, vol.20, pp.1271-1282, Great Britain.
- Peterson G.P., 1994, "An Introduction to Heat Pipes Modeling, Testing, and Applications", John Wiley and Sons Inc., 356p., New York,.
- Wu X.P., Johnson P., Akbarzadeh A., 1997, "Application of Heat Pipe Heat Exchangers to Humidity Control in Air Conditioning Systems" Pergamon, Applied Thermal Engineering, vol.17, No.6, pp.561-568, Great Britain.

DZELTME

Dergimizin 86. sayısında "Sıvılı Dzlemsel Gneř Kolektrlerinde Verim Artırma Olanakları" makalesinde makale yazarlarının Sibel Ağı ve Hüseyin Günerhan'ın unvanları yanlış yazılmıştır. Dođrusu; Sibel Ağı - Makine Mühendisi, Hüseyin Günerhan - Yrd. Doç. Dr., Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi olmalıydı. Yapılan yanlışlık için özür dileriz.