

GÜNEŞ VE HAVA KAYNAKLI ISI POMPASI SİSTEMİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ

Aydın DİKİCİ *
Abdullah AKBULUT **
Fevzi GÜLÇİMEN *

Konutların ısıtılması amacıyla güneş, hava ve güneş+hava kaynaklı bir ısı pompası sistemi deney düzeneği kurulmuştur. Bu deney düzeneğinde; 6 adet düzlemsel güneş kolektörü, bir adet sıcak su deposu, bir adet su kaynaklı plakalı buharlaştırıcı, bir adet hava kaynaklı buharlaştırıcı, bir adet sirkülasyon pompası, ve deneyler esnasında ölçüm değerlerinin alınmasında kullanılan yardımcı elemanlar bulunmaktadır.

Bu çalışmada; güneş enerjisi kaynaklı, hava kaynaklı ısı pompaları araştırılmıştır. Deneylere ilave olarak, güneş kaynaklı ve hava kaynaklı ısı pompalarının ikili grup halinde deneyleri de yapılmıştır. Elde edilen deney sonuçlarına göre; güneş ve hava kaynaklı ısı pompalarının performans analizleri yapılmış ve bu sonuçlar güneş+hava kaynaklı ısı pompası sisteminin performansı ile karşılaştırılmıştır. Deneyler, 2003 yılı Ocak, Şubat ve Mart aylarına ait ısıtma sezonunda yapılmıştır. Yapılan performans analizleri sonuçlarına göre Elazığ'da güneş ve hava kaynaklı ısı pompası sistemlerinin tekli kullanılması yerine Güneş ve Hava kaynaklı ısı pompalarının birlikte kullanılmasının daha iyi sonuçlar verdiği ve sistemin performans katsayısının da daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Anahtar sözcükler : Isı pompası, Güneş kaynaklı ısı pompası, hava kaynaklı ısı pompası.

An experimental a heat pump set-up was constructed for domestic heating by adding of solar source, air source and solar + air source. The experimental set-up consist of six plate solar water collectors, one heating water tank, one plate type water evaporators, one circulation pumps, one air source evaporator and auxiliary apparatus was used during measurements.

In this study, heat pumps with solar source, air source were investigated. In addition, experiments were performed with combination of solar source and air source heat pump too. According to obtained the experimental results; performance analysis of solar and air source heat pumps' was conducted and this results were compared to solar + air heat pumps' performance coefficient. The experiments were conducted in heating season of 2003 from January to march. According to result of the experiments performed, using of combination of the solar and air sourced heat pumps has higher efficiency than using of the solar and air sourced heat pumps, separately.

Keywords : Heat pump, solar sourced heat pump, Air sourced heat pump

* Arş.Gör.Dr., Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makina Eğitimi Bölümü

** Arş.Gör., Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makina Eğitimi Bölümü

GİRİŞ

Çağımızda enerjinin sağlanması insanlığın temel sorunlarından biri olmuştur. Gelişen teknoloji ile paralel olarak enerji ihtiyacı da artmaktadır. Gelişmişliğin bir ölçüsü olarak görülen enerji tüketimi arttıkça fosil kökenli yakıtlara olan talebi de beraberinde arttırmaktadır. Fosil kökenli yakıtların hızla azalması, hidroelektrik enerji santrallerinin gerek kurulabileceği yerlerin gerekse mümkün olan enerji üretim kapasitelerinin sınırlı olması, acil enerji ihtiyacını karşılama gayretlerini hızlandırmıştır. En hızlı ve etkili çözüm ise 20. asrın ikinci yarısından itibaren elektrik enerjisini gittikçe artan nispette nükleer santraller vasıtasıyla üretmek olmuştur. Nükleer enerjinin kullanılmasıyla ortaya çıkan çevre meseleleri, radyasyon tehlikesi, enerji üretimi yanı sıra atom bombası imalatı imkânının varlığı ve nükleer santrallerin tesisi ile işletmesi için yüksek teknolojilerin gerekmesi; alternatif kaynaklardan faydalanma fikrini desteklemiştir. Güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi ve jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi ve fosil kaynakların hatta nükleer enerjinin yerini alarak insanlığa temiz ve sonsuz enerji sağlamak fikri, hem bilim adamlarının hem de onlara destek sağlayan siyasetçileri gayrete getirmiştir [1].

2025 yılına kadar olan dönemde petrol ve doğal gaz talebinde artışın sürmesi, dünya enerji talebinin büyük miktarının fosil yakıtlardan sağlanması beklenmektedir. Global ısınma ve çevre sorunu üzerinde kitleler bilinçlendikçe, yenilenebilir enerji kaynaklarına talebin artacağı vurgulanmaktadır. Nükleer enerjinin sınırsız potansiyeli nedeni ile enerji bütçelerinde payının artması, yeni ve yenilenebilir kaynaklardan, yeni enerji teknolojilerinden yararlanılması üzerinde durulmaktadır [2].

Enerji sorununun önem kazandığı günümüzde yeni enerji kaynaklarına yönelik çalışmalar hızla artmaktadır. Isı pompaları, elektrikli ısıtmaya göre 3 ile 6 kat avantajlı olmaları, çevre kirlenmesine neden olmamaları, endüstriyel uygulamalarda kullanılabilmeleri gibi özellikleri nedeni ile son yıllarda üzerinde yoğun çalışmalar yapılan bir konu haline gelmiştir [3].

Ev ısıtması için ilk ısı pompalarından biri İngiltere'de Sumner tarafından kendi evinde başarılı bir şekilde kurulmuştur. Isı, atmosferik çevre havasından çekilmiştir. Daha sonra yapılan çalışmalar ile ısı 1 m derinlikteki topraktan çekilmeye başlanmıştır. Bu sistemin ortalama ısıtma tesir katsayısı 2.8 'e ulaşmıştır ve günümüzde hala kullanılmaktadır [4].

Yamankaradeniz, güneş enerjisi destekli bir ısı pompası deney düzeneği kurarak çalışma yapmıştır. Kurduğu deney düzeneği altı adet düzlemsel güneş kollektörü, bir adet sıcak su deposu ve ısı pompası sisteminden meydana gelmektedir. 1982 yılının Mart, Nisan ve Mayıs aylarında yaptığı deneyler sonucunda ısı pompasının performans katsayısı 4 ile 5 arasında değiştiğini aynı aylar için kollektör veriminin ise % 25 ile % 65 arasında değiştiğini bulmuştur. Elde ettiği sonuçlara göre güneş enerjisi destekli ısı pompası sistemlerinin diğer tip ısı pompası sistemleri ile rekabet edebileceği sonucuna varmıştır [3].

Berntsson, çeşitli ısı kaynaklarını tanımlayarak ısı pompası tasarımında dikkate alınması gereken parametreleri belirtmiştir. Berntsson ısı kaynaklarını dış ortam havası, ekzoz havası, göl ya da nehir suyu, toprak, kaya olmak üzere beş farklı grupta ele almıştır [5].

Kaygusuz, yaptığı çalışmasında, gizli ısı enerji depolu güneş ve hava kaynaklı ısı pompası sistemi kurarak, bu iki kaynaklı sistemin ortam ısıtılması için optimum kullanımını araştırmıştır. Çalışmasında, güneş kollektörlerinden gelen sıcak suyun ısı enerjisi ısı pompasının sulu buharlaştırıcısında soğutucu akışkana aktarılmıştır. Aynı zamanda güneş kollektörlerinden alınan enerjinin bir kısmı güneşin olmadığı akşam saatlerinde kullanılmak üzere faz değiştiren madde içeren bir depoda depolanmıştır. Bu çalışmasında güneş enerjisinin ısı pompası sistemleri için önemli bir enerji kaynağı olduğunu rapor etmiştir [6]. Araştırmacının faz değiştiren madde

ile birlikte çalışan güneş enerjisi destekli ısı pompaları ile ilgili literatürde pek çok çalışması yayınlanmıştır [7,8,9,10,11].

Çomaklı, 18 adet düzlemsel güneş kollektörü, bir adet gizli ısı enerji depolama tankı ve hava kaynaklı bir buharlaştırıcının bulunduğu ısı pompası deney düzeneğini Trabzon'da kurarak çeşitli deneyler yapmıştır. 1990 yılında değişik ısı kaynaklı üç ısı pompası için ayrı ayrı deneyler yapmıştır. Deney sonuçları bir bilgisayar programı yardımıyla değerlendirilerek sistemlerin performans katsayıları ayrı ayrı elde edilmiş ve birbiri ile karşılaştırılmıştır. Güneş kollektörlü enerji depolu seri ısı pompası sistemi dinamik benzeşim modeli kurularak deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır [12,13].

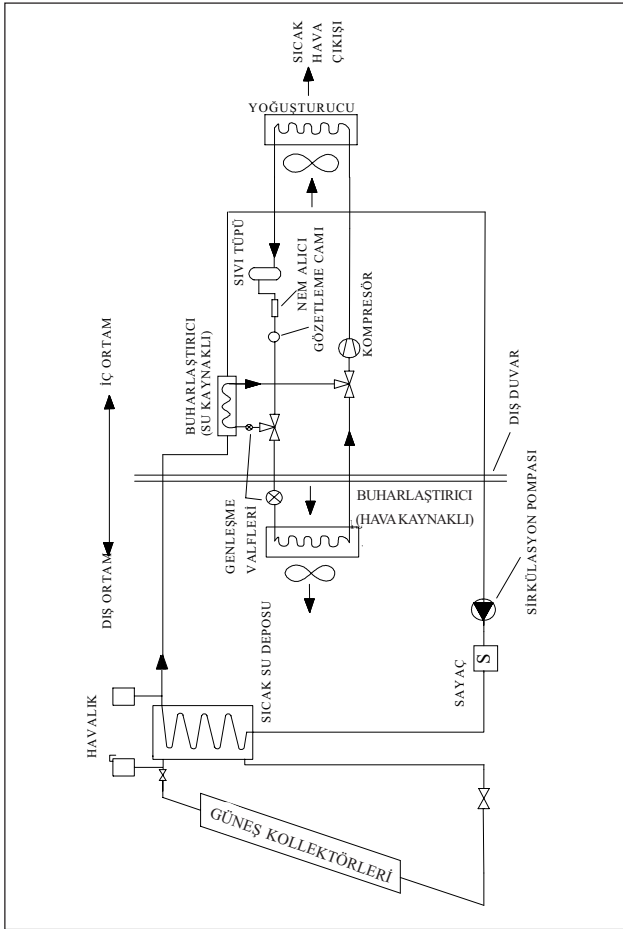
De Swardt ve Meyer, yaptıkları çalışmada, yer kaynaklı bir ısı pompası ile hava kaynaklı bir ısı pompasını performans açısından karşılaştırmışlardır.

Araştırmacılar, belediyenin içme suyu şebekesinden ısı çeken yer kaynaklı bir ısı pompası ile hava kaynaklı bir ısı pompasının deneysel ve teorik performanslarını ortam ısıtılması ve soğutulması bakımından karşılaştırmışlardır. Yeraltında kilometrelerce uzanan içme suyu şebekesinin ısı kaynağı olarak yeterli olabileceğini düşünen araştırmacıların yaptığı çalışmada ısı transferini, zemindeki topraktan yer ısı değiştirgecine su aracılığıyla en direkt olarak sağlamışlardır. Yer kaynaklı ısı pompası ile hava kaynaklı ısı pompasının deneysel ve benzetim sonuçlarını ısıtma ve soğutma açısından karşılaştırmışlardır. Her iki tip ısı pompasının performans katsayıları ve kapasiteleri bölgenin iklim verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Deneysel ve benzetim sonuçlarından elde edilen verilere göre ısı kaynağı olarak belediye su şebekesinin kullanımının endüstriyel iklimlendirmede özellikle de ısıtma modunda kullanıldığı zaman daha uygun olduğu sonucuna varmışlardır [14].

DENEY DÜZENEĞİNİN TANITILMASI

Deney Seti

Deney seti esas olarak iki ayrı devrenin birleşiminden meydana gelmektedir. Bunlar ısı çekilen ortamlara göre; hava kaynaklı buharlaştırıcı devresi ve güneş enerjisiyle hazırlanan sıcak suyu enerji kaynağı olarak kullanan devredir (Şekil 1).



Şekil 1. Güneş+Hava Kaynaklı Isı Pompası Sistemi Deney Seti

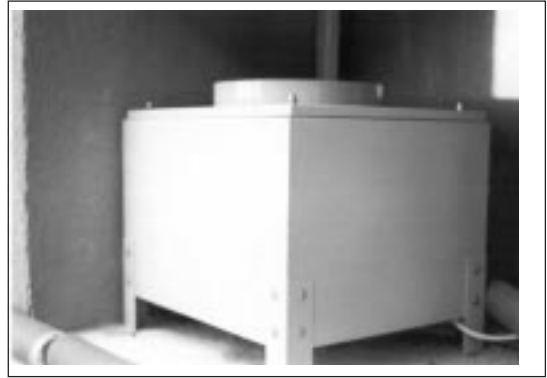
Bina dışı üniteler; Güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemi ve hava kaynaklı buharlaştırıcı devresinden oluşmaktadır. Bina içi üniteler ise; sıcak su hattı buharlaştırıcı- ısı değiştirgeci devresi ile yoğuşturucu devresinden oluşmaktadır.

Bina içi üniteler, kontrol ve ölçme kolaylığı sağlaması amacıyla bir kasa içerisinde toplanmıştır. Kasa

içerisinde; 1.5 HP gücünde bir kompresör, güneş enerjili ısı pompası devresi üzerinde bir adet plakalı ısı değiştirgeci, plakalı ısı değiştirgecinden sirküle eden su debisini ölçmek için su sayacı, kompresör, Freon-22 çıkış hattı üzerinde sıvı tüpü, gaz devresindeki nemi almak için kurutucu, kasanın üst ön kapağı arkasında yoğuşturucu ve vantilatör bulunmaktadır. Kasanın yan tarafında bulunan cep içerisinde Freon-22 devresinin çeşitli noktalarındaki basınçları ölçmek için manometreler, vantilatörün devrini ayarlayabilmek için Dimmer (voltaj ayarlayıcı) bulunmaktadır. Ayrıca deney setinin çeşitli sıcaklık ölçüm noktalarından gelen ısı çiftlerin toplandığı terminal bulunmaktadır.

Deney düzeneğinde 1.5 HP, R22, 2900 dev/dak, Tecumseh CAJ4519T Hermetik tip kompresör kullanılmıştır.

Alçak ve Yüksek Basınç Presostatı (Kombine Otomatik), Kompresörün giriş ve çıkış hattındaki basınçlara göre kompresörü devreye alıp devreden çıkaran elemandır. Kompresörün maksimum çıkış basıncı emniyet açısından 2000 kPa'a ve minimum emme basıncı ise 50 kPa olacak şekilde ayarlanmıştır.

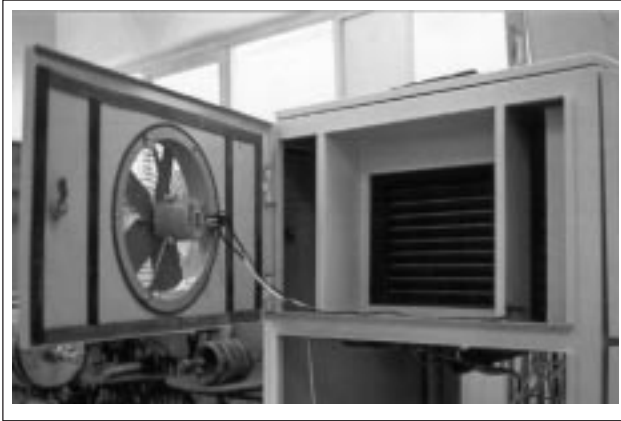


Şekil 2. Hava Kaynaklı Buharlaştırıcı

Hava kaynaklı buharlaştırıcı, dış ortam havasından ısı çekmek amacıyla ayrı bir koruyucu kasa içerisinde laboratuvar penceresinin dış tarafında denizliğin üzerinde ayakları üzerine yerleştirilmiştir. (Şekil 2)

Buharlaştırıcının içinde bulunduğu kasa, zemine, duvara veya tavana monte edilebilecek şekilde yapılmıştır. Kasanın üzerinde bulunan kapak açılıp kapanabilmekte ve 50 W, 1400 d/dak ve 1000 m³/h kapasiteli bir vantilatörü üzerinde taşımaktadır. Piyasada standart olarak bulunabilen buharlaştırıcı, 0.12 mm kalınlığında alüminyum kanatlı ve 3/8" çapındaki dikişsiz bakır borudan imal edilmiş 5.5 m² ısı transfer yüzey alanına sahiptir.

Yoğuşturucu, iç ortamda bulunan kasa içerisinde kendisine ayrılan yerinde bulunmaktadır. Yoğuşturucunun ön kapağı üzerinde 1000 m³/h kapasiteli 50 W gücünde bir fan bulunmakta ve yoğuşturucu üzerinden iç ortam havasını emerek ısıtıp yine iç ortama göndermektedir. Bu fanın devir sayısı bir dimmer (voltaj ayarlayıcı) vasıtasıyla ayarlanabilmektedir. Voltaj ayarlayıcı yardımıyla fanın devir sayısı değiştirilerek iç ortama gönderilen havanın debisi ve sıcaklığı değiştirilebilmektedir. Yoğuşturucu da yine hava kaynaklı buharlaştırıcı ile aynı ölçülerdedir.(Şekil.3)



Şekil 3. Yoğuşturucu ve Fanın Önden Görünüşü

Güneş enerjisi devresinden gelen sıcak su hattı üzerinde 14 plakalı, 208*78*41 mm ölçülerinde bir adet plakalı ısı değiştirgeci kullanılmıştır.

Kasa; kompresörü, bir adet devir daim pompasını, yoğuşturucu fanını, bir adet su sayacını, sıvı tüpünü, nem

alıcı, gözetleme camını, manometreleri, su ve hava kaynaklı ısı değiştirgeçlerini içerisine alacak şekilde sanayide imal edildi. Kasa, içerisinde ısı pompası elemanlarının rahatlıkla sökülüp takılabilmesi için yeteri kadar büyüktür. Şekil 4'de kasa önden görülmektedir.



Şekil 4. Kasanın Önden Görünüşü

Piyasada standart olarak bulunabilen düzlem güneş kollektörlerinin yüzey alanı 90x190 cm ölçülerinde olup 12 boru geçişli ve alüminyum plakalıdır. Sistemde altı adet kollektör kullanılmıştır. Kapalı devre kollektörlerden ısınarak çıkan ve hacimsel olarak % 50 antifrizli sıcak su 180 litre hacminde ve içerisinde 13.5 m, 3/4" çapında bakır borudan yapılmış bakır ısı değiştirgecinden geçerek ısısını depodaki suya bırakmaktadır. Depoda ısınan su, kapalı bir devrede plakalı bir ısı değiştirgeci üzerinden geçirilerek ısısını ısı pompasının buharlaştırıcısındaki Freon-22'ye bırakmaktadır. Kapalı devre içerisinde dolaşan suyun debisi su sayacı ile ölçülüp devre üzerindeki vanalar yardımıyla değiştirilebilmektedir.

Sıcak su deposu, bakır borudan yapılmış bir serpantini içinde bulunduran 180 litre hacminde olup 5 cm kalınlığında cam yünüyle izole edilmiştir. Bakır boru 3/4" çapında 13.5 m uzunluğunda sarmal boru (serpantin) şeklinde depo içerisine yerleştirilmiştir.

DENEYLERİN YAPILIŞI VE ISI POMPASI SİSTEMLERİNİN PERFORMANS ANALİZLERİ

Güneş Kaynaklı Isı Pompası Sistemi

Bu sistemle yapılan deneyler, sabah saat 9.00' da başlayıp güneş batıncaya kadar devam etmiştir. Deneysel veriler 30'ar dakikalık aralıklarla alınmıştır. Bazen güneş battıktan sonra deneylere 1-2 saat daha devam edilmiştir. Güneş kolektörleriyle elde edilen sıcak su sadece ısı pompası için ısı kaynağı olarak kullanılmış ve herhangi bir radyatör vb. ısıtıcıda kullanılmamıştır.

Hava Kaynaklı Isı Pompası Sistemi

Dış ortam havasından ısıtının çekildiği bu sistemde deneyler esnasında buharlaştırıcı fanı sürekli olarak çalıştırılmış ve mümkün olduğunca buharlaştırıcı yüzeylerinin karlanması önlenmeye çalışılmıştır. Her gün sadece bir deneyin yapılmasına ve deneylere sabah saatlerinde başlanmasına özen gösterilmiş ancak öğlen ve akşam saatlerinde de deneylere başlandığı olmuştur.

Güneş + Hava Kaynaklı Isı Pompası Sistemi

Güneş ve hava kaynağı birlikte kullanılarak sistemin performansı ele alınmıştır. Deneylerde yine buharlaştırıcı fanı sürekli çalıştırılmıştır.

Isı Pompası Sisteminin Performans Analizi

Soğutucu akışkanın kütleli debisi aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

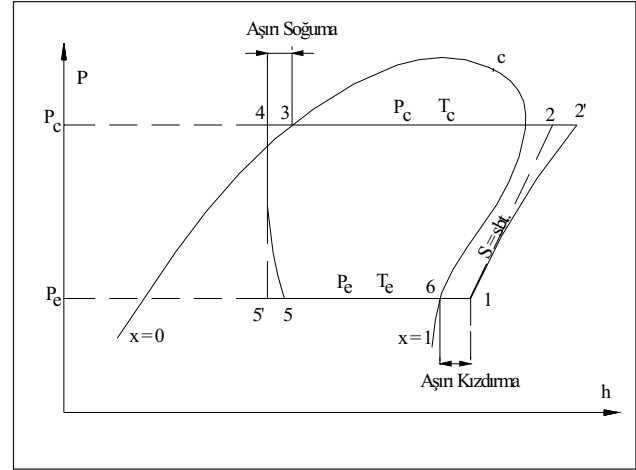
$$\dot{m}_f = \frac{\eta_v \cdot V_s \cdot S_d}{v_{öz} \cdot 60} \quad (1)$$

Burada; \dot{m}_f : Isı pompası devresinde dolaşan soğutucu akışkanın kütleli debisi [kg/s], V_s : Kompresörün strok hacmi [m^3 /dev], η_v : Kompresörün hacimsel verimi, S_d : Kompresörün devir sayısı [dev/dak], $v_{öz}$: Kompresörün

girişinde soğutucu akışkanın özgül hacmi [m^3 /kg] olarak tanımlanmıştır.

Isı Pompasının Yoğuşturucusundan Alınan Isı Miktarı;

$$Q_c = \dot{m}_f (h_2 - h_3) \quad (2)$$



Şekil 5. Isı Pompasının P-H Diyagramı

Isı pompasının çevrim hesabında Şekil 5'de verilen diyagram esas alınmıştır. Bu ısı pompası çevriminde 1-2' tersinir adyabatik sıkıştırma, 1-2 adyabatik olmayan tersinir sıkıştırma, 2-4 sabit basınçta yoğuşma, 4-5' sabit entalpide genişleme, 4-5 sabit olmayan entalpide genişleme ve 5-1 sabit basınçta buharlaşmayı göstermektedir. Ayrıca diyagram üzerinde 3-4 arası aşırı soğuma ve 6-1 arası aşırı kızdırma olmaktadır.

Isı Pompasının Buharlaştırıcısının Çektiği Isı Miktarı;

$$\dot{Q}_c = \dot{m}_f (h_1 - h_5) \quad (3)$$

Isı Pompası Kompresörüne Verilen Güç;

$$\dot{W}_{komp} = \frac{\dot{m}_f (h_2 - h_1)}{\eta_m} \quad (4)$$

Isı Pompasının Performans Katsayısının Hesabı;

$$COP = \frac{\dot{Q}_c}{\dot{W}_{sis}} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} \cdot \eta_m \quad (5)$$

Sistemlerin Performans Katsayısının Hesabı;

$$\text{COP}_{\text{sis}} = \frac{\dot{Q}_c}{\dot{W}_{\text{sis}}} \quad (6)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Burada

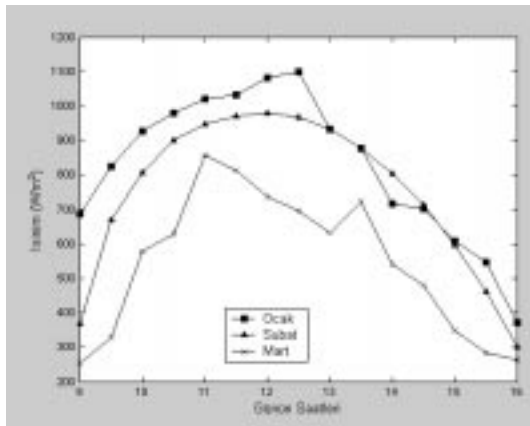
$$\dot{W}_{\text{sis}} = \dot{W}_{\text{komp}} + \dot{W}_{\text{fanlar}} + \dot{W}_{\text{sp}} \text{ 'dır.}$$

Burada; Q_c : Yoğuşturucunun verdiği ısı [kJ/s], h_2 : akışkanın kompresör çıkışındaki entalpisi [kJ/kg], h_3 : Akışkanın yoğuşturucu çıkışındaki entalpisi [kJ/kg], Q_c : Buharlaştırıcının çektiği ısı miktarı [kJ/s], h_1 : Akışkanın buharlaştırıcı çıkışındaki entalpisi [kJ/kg], h_5 : Akışkanın buharlaştırıcı girişindeki entalpisi [kJ/kg], \dot{W}_{komp} : Kompresöre verilen güç [kW], η_m : Kompresörün mekanik verimi, \dot{W}_{sis} : Sisteme verilen toplam güç [kW], \dot{W}_{sp} : Sirkülasyon pompalarına verilen güç [kW] olarak tanımlanmıştır.

SONUÇ

Elazığ İli bölgesinde güneş, hava ve güneş kaynaklı ısı pompası ile hava kaynaklı ısı pompasının birlikte kullanıldığı ısı pompası sistemlerinin konutların ısıtılmasında kullanılabilirliği incelenmiştir. Bu sistem üç değişik şekilde çalıştırılarak ölçümler yapılmıştır.

Deneyler esnasında güneş ışınlamaları 2002-2003 ısıtma



Şekil 6. Günümlerine Göre Ocak, Şubat ve Mart Ayları İçin Işınım Değerleri

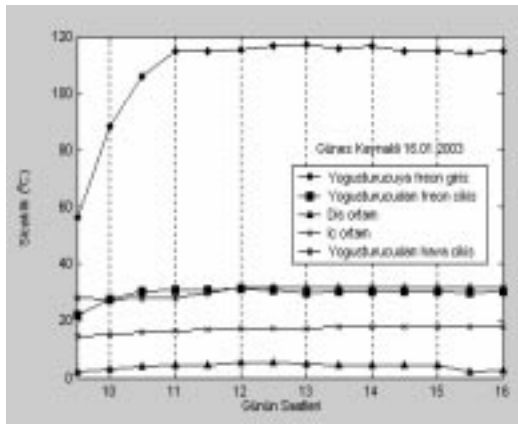
sezonu boyunca, yatayla 38° açı yapacak şekilde yerleştirilen Kipp-Zonen Solarimetresi ile günlük ölçülmüştür.

Güneş destekli ısı pompası sisteminde, deneyler esnasında kollektör giriş ve çıkış sıcaklıkları, plakalı ısı değiştiricisine su giriş ve çıkış sıcaklıkları, kompresör Freon-22 giriş ve çıkış sıcaklıkları, plakalı ısı değiştiricisine Freon-22 giriş ve çıkış sıcaklıkları, yoğuşturucuya Freon-22 giriş ve çıkış sıcaklıkları; Deney setinin çeşitli noktalarına yerleştirilen T tipi (Cu-Co) termo eleman çiftler yardımıyla her 30'ar dakikalık zaman aralıklarıyla ölçülmüştür. Dış ortam hava sıcaklığını ölçmek amacıyla bir ısı çift, laboratuvar binasının dış duvarından 1.5 m uzaklıkta güneş ışınlamını direkt görmeyecek şekilde yerleştirilmiş ve dış ortam hava sıcaklığındaki değişimler yarımşar saatlik aralıklarla ölçülmüştür. Laboratuvar binasının iç ortam sıcaklıkları, dış pencereden 1.5 m içeride ve yoğuşturucudan çıkan ısıtılmış hava akımının direk temas etmediği bir noktaya yerleştirilmiş olan ısı çift yardımıyla ölçülmüştür. Isıl çiftler, korozyon nedeniyle hatalı ölçüm yapma ihtimaline karşı vernik ile izole edilmiştir. Isı pompası devresinde kompresör girişinde ve çıkışındaki Freon-22 basınçları, yoğuşturucudan ısıtılarak çıkan havanın sıcaklıkları ve sistemin harcadığı elektrik sarfiyatı periyodik olarak ölçülmüştür.

Hava kaynaklı ısı pompası ile yapılan deneyler esnasında, dış ortam ve iç ortam sıcaklıkları, kompresör giriş ve çıkışındaki Freon-22 gazının basınç ve sıcaklıkları, buharlaştırıcıya giren ve çıkan Freon-22'nin sıcaklıkları, yoğuşturucuya giren ve çıkan Freon-22'nin sıcaklıkları, yoğuşturucudan çıkan ısıtılmış havanın sıcaklıkları, sistemin harcadığı güç periyodik olarak ölçülmüştür.

Ocak ayına ait güneş kaynaklı ısı pompası için yoğuşturucu ve buharlaştırıcıya Freon-22 giriş-çıkış sıcaklığı, iç ve dış ortam sıcaklıkları ile yoğuşturucudan hava çıkış sıcaklığının günün saatlerine göre değişimi Şekil 7'de verilmiştir. Görüldüğü üzere yoğuşturucuya Freon-22 giriş sıcaklığı saat 9.00'da 56.4 °C iken kısa bir süre

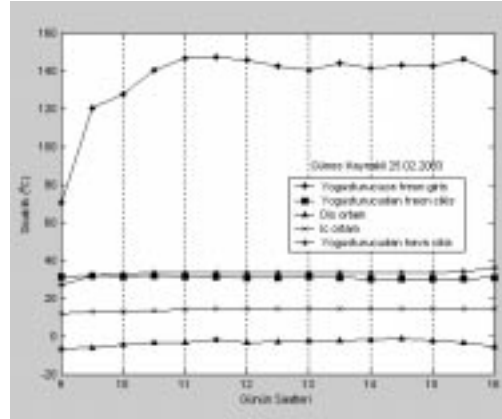
sonra bu değer ciddi bir şekilde artmış ve 116.8 °C değerine erişmiştir. Yoğuşturucudan Freon-22 çıkış sıcaklığı günün saatlerine göre 22.2°C ile 31.2°C arasında değişmektedir. Dış ortam sıcaklığı 1.9 °C ile 5.3 °C arasında, iç ortam sıcaklığı ise 14.7 °C ile 18 °C arasında değişmektedir. Yoğuşturucudan hava çıkış sıcaklığında, deneylerin yapıldığı saatlerde değişimin fazla olmadığı gözlenmiştir. Yoğuşturucudan hava çıkış sıcaklığı 27.8 °C ile 32 °C arasında değişmektedir.



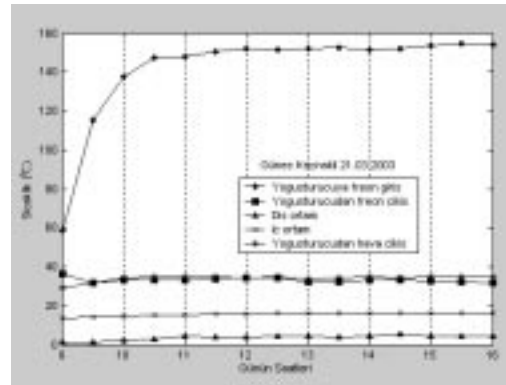
Şekil 7. Günün Saatlerine Göre Farklı Noktalardaki Sıcaklık Değişimi

Şubat 2003 tarihinde güneş kaynaklı ısı pompası için yapılan deneylerde yoğuşturucuya Freon-22 giriş ve çıkış sıcaklıkları sırasıyla 68.4 °C ile 145 °C ve 28.1 °C ile 30 °C arasında değişmektedir. Görüldüğü gibi dış ortam sıcaklığının -1.2 °C ile -6.8 °C arasında ve iç ortam sıcaklığı ise 11.6 °C ile 14.6 °C arasında değişmektedir. Yoğuşturucudan hava çıkış sıcaklığının 25.3 °C ile 32 °C arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 8).

Mart 2003 tarihinde güneş kaynaklı ısı pompası için yapılan deneylerde yoğuşturucuya Freon-22 giriş sıcaklığı 64.3 °C ile 151.2 °C arasında, çıkış sıcaklığı ise 29.7 °C ile 35.9 °C arasında değişmektedir. Dış ortam ve iç ortam sıcaklıkları sırasıyla 0.8 °C ile 4.2 °C ve 14.8 °C ile 18.4 °C arasında değişmektedir. Yoğuşturucudan hava çıkış sıcaklığının 30.1 °C ile 35.6 °C arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 9).



Şekil 8. Günün Saatlerine Göre Farklı Noktalardaki Sıcaklık Değişimi

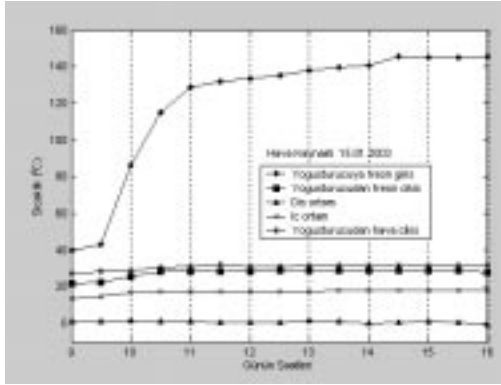


Şekil 9. Günün Saatlerine Göre Farklı Noktalardaki Sıcaklık Değişimi

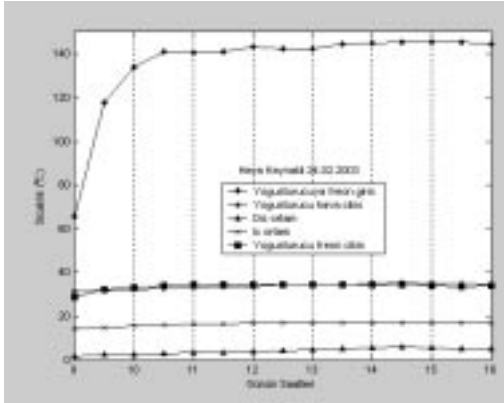
Ocak 2003 tarihine ait hava kaynaklı ısı pompası için yoğuşturucu ve buharlaştırıcıya Freon-22 giriş-çıkış sıcaklığı, iç ve dış ortam sıcaklıkları ile yoğuşturucudan hava çıkış sıcaklığının günün saatlerine göre değişimi şekil 3.4'de verilmiştir. Görüldüğü üzere yoğuşturucuya Freon-22 giriş sıcaklığı saat 9.00'da 43 °C iken saat 15.30'da 150 °C 'ye yaklaşmıştır. Yoğuşturucudan Freon-22 çıkış sıcaklığı günün saatlerine göre 22.5 °C ile 28.8 °C arasında değişmektedir. Dış ortam sıcaklığı -0.4 °C ile 1.8 °C arasında, iç ortam sıcaklığı ise 14.6 °C ile 18.1 °C arasında değişmektedir. Yoğuşturucudan hava çıkış sıcaklığı ise 28.4 °C ile 32.2 °C arasında değişmektedir (Şekil 10).

Şubat 2003 tarihinde hava kaynaklı ısı pompası için yapılan deneylerde yoğuşturucuya Freon-22 giriş ve çıkış sıcaklıkları sırasıyla 65.7 °C ile 144.9 °C ve 31.2 °C ile

34.9 °C arasında değişmektedir. Görüldüğü gibi dış ortam sıcaklığının 1.5 °C ile 5.8 °C arasında ve iç ortam sıcaklığı ise 14.2 °C ile 16.9 °C arasında değişmektedir. Yoğuşturucudan hava çıkış sıcaklığının 28.7 °C ile 34.5 °C arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 11)



Şekil 10. Günün Saatlerine Göre Farklı Noktalardaki Sıcaklık Değişimi



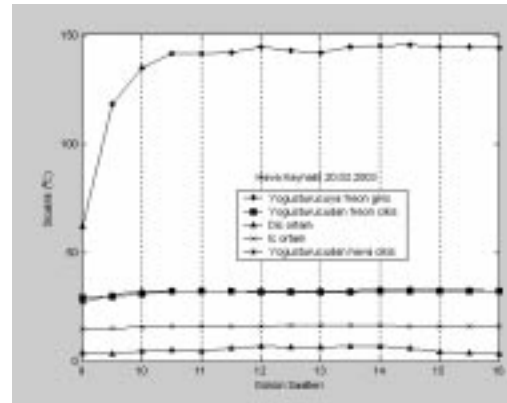
Şekil 11. Günün Saatlerine Göre Farklı Noktalardaki Sıcaklık Değişimi

Mart 2003 tarihinde hava kaynaklı ısı pompası için yapılan deneylerde yoğuşturucuya Freon-22 giriş sıcaklığı 62.8 °C ile 146.6 °C arasında, çıkış sıcaklığı ise 30.3 °C ile 32.2 °C arasında değişmektedir. Dış ortam ve iç ortam sıcaklıkları sırasıyla 3.7 °C ile 7 °C ve 14.6 °C ile 16.6 °C arasında değişmektedir. Yoğuşturucudan Freon-22 çıkış sıcaklığının 27.9 °C ile 33.9 °C arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 12).

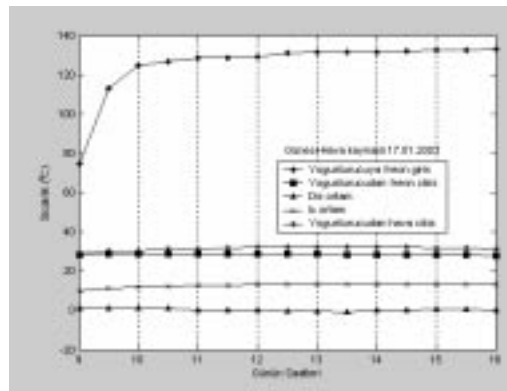
Ocak 2003 tarihine ait güneş ve hava kaynaklı ısı

pompası için yoğuşturucu ve buharlaştırıcıya Freon-22 giriş-çıkış sıcaklığı, iç ve dış ortam sıcaklıkları ile yoğuşturucudan hava çıkış sıcaklığının günün saatlerine göre değişimi Şekil 3.7'de verilmiştir. Görüldüğü üzere yoğuşturucuya Freon-22 giriş sıcaklığı 75.5 °C ile 134. °C arasında değişmektedir. Yoğuşturucudan Freon-22 çıkış sıcaklığı günün saatlerine göre 29.3 °C ile 29.8 °C arasında değişmektedir. Dış ortam sıcaklığı -0.8 °C ile 1.2 °C arasında, iç ortam sıcaklığı ise 11.1 °C ile 14.5 °C arasında değişmektedir. Yoğuşturucudan hava çıkış sıcaklığı ise 30.1 °C ile 33.2 °C arasında değişmektedir (Şekil 13).

Şubat 2003 tarihinde güneş+hava kaynaklı ısı pompası için yapılan deneylerde yoğuşturucuya Freon-22 giriş ve çıkış sıcaklıkları sırasıyla 70.6 °C ile 136.4 °C ve 27.7 °C ile 29.8 °C arasında değişmektedir. Görüldüğü gibi dış



Şekil 12. Günün Saatlerine Göre Farklı Noktalardaki Sıcaklık Değişimi



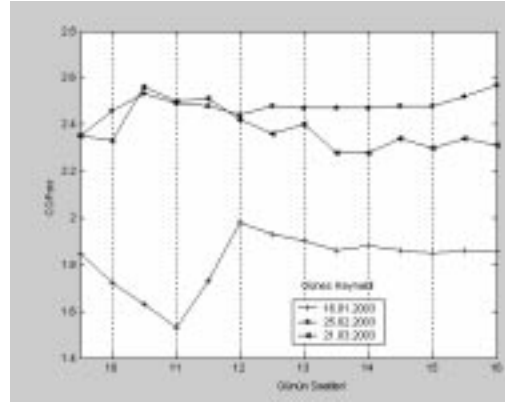
Şekil 13. Günün Saatlerine Göre Farklı Noktalardaki Sıcaklık Değişimi

ortam sıcaklığının -2.2 °C ile 3.3 °C arasında ve iç ortam sıcaklığı ise 11.3 °C ile 15.1 °C arasında değişmektedir. Yoğuşturucudan hava çıkış sıcaklığının 29 °C ile 32.8 °C arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 14)

Mart 2003 tarihinde güneş+hava kaynaklı ısı pompası için yapılan deneylerde yoğuşturucuya Freon-22 giriş sıcaklığı 72.2 °C ile 130.1 °C arasında, çıkış sıcaklığı ise 27.5 °C ile 32.8 °C arasında değişmektedir. Dış ortam ve iç ortam sıcaklıkları sırasıyla 0.4 °C ile 7.1 °C ve 13.1 °C ile 18.1 °C arasında değişmektedir. Yoğuşturucudan Freon-22 çıkış sıcaklığının 29.6 °C ile 34.8 °C arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 15).

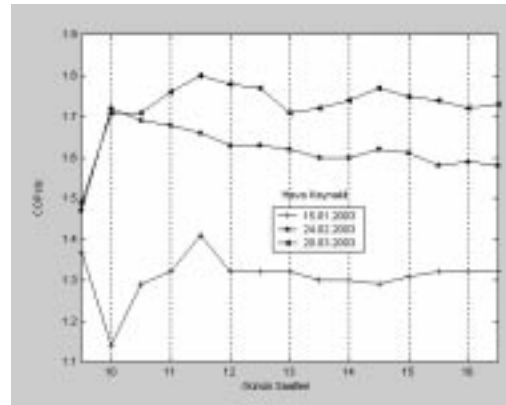
Şekil 16'da güneş kaynaklı ısı pompasının, deneylerin yapıldığı her üç ay için günün saatlerine göre COP_{sis} değerlerinin değişimi verilmiştir. COP_{sis} değerleri ocak

ayı için 1.53 ile 1.98 arasında, Şubat ayı için 2.35 ile 2.98 değerleri arasında ve son olarak Mart ayı için 2.28 ile 2.56 arasında değiştiği belirlenmiştir.

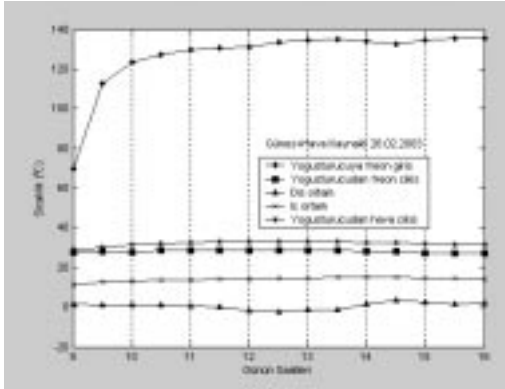


Şekil 16. Güneş Kaynaklı Isı Pompası Sisteminde Cop_{sis}'in Günün Saatlerine Göre Değişimi

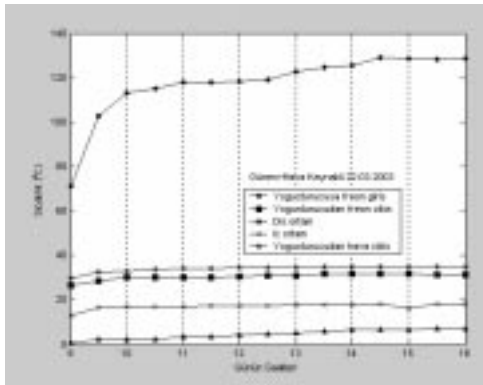
Hava kaynaklı ısı pompası için günün saatlerine göre COP_{sis} değerlerinin Ocak, Şubat ve Mart ayı için değişimleri Şekil 17'de verilmiştir. Görüldüğü üzere ocak ayı için COP_{sis} değeri 1.14 ile 1.41 arasında, Şubat ayı için 1.47 ile 1.72 değerleri arasında, Mart ayı için COP_{sis} değeri 1.55 ile 1.80 arasında değişmektedir.



Şekil 17. Hava Kaynaklı Isı Pompası Sisteminde Cop_{sis}'in Günün Saatlerine Göre Değişimi



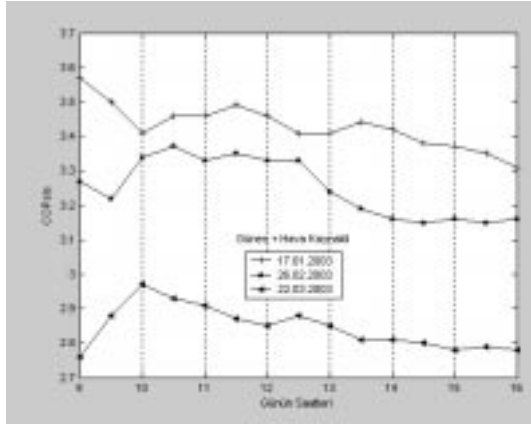
Şekil 14. Günün Saatlerine Göre Farklı Noktalardaki Sıcaklık Değişimi



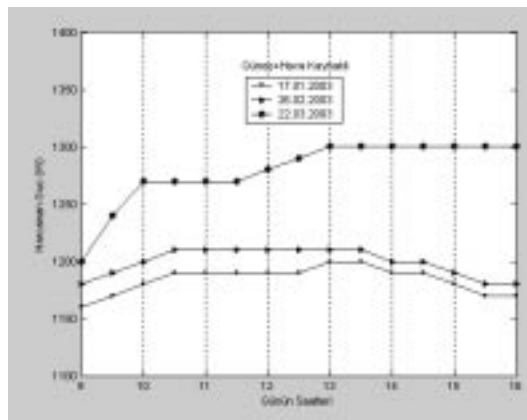
Şekil 15. Günün Saatlerine Göre Farklı Noktalardaki Sıcaklık Değişimi

ocak ayı için 3.31 ile 3.57 arasında, Şubat ayı için 3.08 ile 3.37 değerleri arasında ve son olarak mart ayı için 2.76 ile 2.99 arasında değiştiği belirlenmiştir. Ocak ayında, COP_{sis} değerinin diğer aylara göre daha yüksek çıkmasının nedeni, deneylerin yapıldığı günlerde havaların diğer aylara göre daha güneşli olmasıdır. Mart ayında ise havalar daha yağışlı geçmiştir.

Şekil 19'da güneş ve hava kaynaklı ısı pompası için günün saatlerine göre, deneylerin yapıldığı her üç ay için harcanan gücün değişimi verilmiştir.



Şekil 18. Güneş+Hava Kaynaklı Isı Pompası Sisteminde COP_{sis}'in Günün Saatlerine Göre Değişimi



Şekil 19. Günün Saatlerine Göre Harcanan Güç

SONUÇ

Sonuç olarak; her üç sistem performans katsayıları açısından karşılaştırıldığında en avantajlı ısı pompası sisteminin güneş+hava kaynaklı ısı pompası sistemi olduğu görülmektedir. Deneylerin yapıldığı her ay için günün saatlerine göre COP_{sis} değerlerinin değişimi incelendiğinde en düşük COP_{sis} değeri hava kaynaklı ısı pompası sistemidir. Güneş kaynaklı ısı pompası sisteminin performans katsayısı, güneş ve hava kaynaklı ısı pompası sisteminin performans katsayısı değerine yakın çıkmaktadır ancak deneylerin yapıldığı her üç ay için en yüksek değer, güneş ve hava kaynaklı ısı pompalarının birlikte kullanıldığı sistemden elde edilmiştir. Isı pompası sistemlerinin performans katsayılarını belirleyen diğer bir hususta yoğunlaştırıcıdan hava çıkış sıcaklığıdır. Deneylerin yapıldığı her üç ay için yoğunlaştırıcıdan hava çıkış sıcaklığı değerlerine bakıldığında en düşük değer hava kaynaklı ısı pompası sisteminde, en yüksek değerinde güneş ve hava kaynaklı ısı pompası sisteminde olduğu belirlenmiştir.

Tek başına bir ısı kaynağının (güneş, toprak veya hava) ısıtmada yetmediği durumlarda ikinci bir ısı kaynağının da beraberinde devreye alınması hem sistemin performansını artırmakta hem de ısıtma için yeterli olmaktadır.

Güneş enerjisi destekli ısı pompaları, ilk kurulum maliyetlerinin yüksek olması ve geri ödeme süresinin çok uzun olması nedeniyle karlı bir yatırım olarak görülmemektedir.

Hava kaynaklı ısı pompaları, piyasada bol ve ucuz olarak bulunabilmektedir. Ancak yoğun ısıtma ihtiyacının olduğu Aralık ve Mart ayları arasında ısıtma ihtiyacına cevap verecek nitelikte olmaması nedeniyle, hava kaynaklı ısı pompası sistemine dayalı ısıtma tesisleri kuracak kişilere tavsiye edilmez.

KAYNAKÇA

1. Reay, D.A., Mac Michael, D.B.A., Heat Pumps, June, 1988.
2. Tüsiad Raporu, 1999, 21.Yüzyıla GİRerken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi, Bölüm1.
3. Yamankaradeniz, R., 1982, Güneş Enerjisi Kaynaklı Isı Pompasının Teorik ve Deneysel İncelenmesi, Doktora Tezi, İTÜ, İstanbul.
4. Sumner, J.A., 1976, Domestic Heat Pumps, Prism Press, Dorchester
5. Berntsson, T., 2002, Heat Sources-Technology, Economy and Environment, Int J. Refrig., 25:428-38.
6. Kaygusuz, K., 1995, Performance of Solar-Assisted Heat Pump Systems, Applied Energy, Vol.51, No.2, pp.93-109.
7. Kaygusuz, K., 1999, Investigation of a Combined Solar-Heat Pump System for Residential Heating. Part 1: Experimental Results, Int. Journal of Energy research, Vol.23:1213-1223.
8. Kaygusuz, K., 2000, Calculation of Required Collector Area of a Solar Assisted Series Heat Pump for Domestic Heating, Energy Sources, 22:247-256.
9. Kaygusuz, K., 2003, Phase Change Energy Storage for Solar Heating Systems, Energy Sources, Vol.25, No.8, pp.791-807.
10. Kaygusuz, K., 1999, Investigation of a Combined Solar-Heat Pump System for Residential Heating. Part 2: Simulation Results, Int. Journal of Energy Research, Vol.23:1225-1237.
11. Kaygusuz, K., Ayhan, T., 1999, Experimental and Theoretical Investigation of Combined Solar Heat Pump System for Residential Heating, Energy Conv. & Management, Vol.40, pp.1377-1396.
12. Çomaklı, Ö., 1991, Güneş Kolektörlü Enerji Depolu Isı Pompası Sisteminin Deneysel ve Teorik İncelenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
13. Çomaklı, Ö., 1990, Karadeniz Bölgesi İçin Bir Isı Pompası Sistemi Deney Düzenegi, Mühendis Makina, Cilt: 31, Sayı: 369, Sayfa.19-26.
14. De Swardt, C.A., Meyer, J.P., 2001, A Performance Comparison between Air-Source and a Ground-Source Reversible Heat Pump, International Journal of Energy Research, Vol.25, No. 10, pp.899-910.

ODA DERGİLERİ 2005 YILI ABONE FORMU

Adı-Soyadı	:	.....
Meslek	:	.....
İşyeri Adı	:	.....
Adres ve Posta Kodu	:	.....
Telefon	:	.....
e-posta	:	.....
Kayıtlı Olduğunuz ODA	:	.....
Oda Sicil No	:	.....
İSTENİLEN DERGİ		
Dergi		Yıllık Abone Bedeli
[] Mühendis ve Makina.....		30 YTL
[] Endüstri Mühendisliği.....		15 YTL
[] Tesisat Mühendisliği.....		18 YTL
Tek Dergi Bedelsiz	<input type="checkbox"/> Mühendis ve Makina	<input type="checkbox"/> Endüstri Mühendisliği
	<input type="checkbox"/> Endüstri Mühendisliği	<input type="checkbox"/> Tesisat Mühendisliği
Ödenen Miktar	:	.....
Ödeme Şekli	:	.....
Gereğini bilgilerinize sunarım.	Tarih .....	..... / 2005 İmza
<ul style="list-style-type: none"> • 96954 No.lu Posta Çeki hesabına, fotokopisiyle beraber bir dilekçe • İş Bankası Yenişehir/ANK. Şb. 4218 89872 Hs. Banka dekontu ile beraber bir dilekçe 		

