

Bir Turizm Tesisinde Toprak Kaynaklı Isı Pompası Sisteminin İncelenmesi

Arif KARABUĞA*, Melik Ziya YAKUT², Reşat SELBAŞ³

¹*İstanbul Aydın Üniversitesi, Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu, Otomotiv Teknolojisi, İstanbul, Türkiye*

²*Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği, Isparta, Türkiye*

³*Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji sistemleri Mühendisliği, Isparta, Türkiye*

*arifkarabuga@aydin.edu.tr

ÖZET

Turizmde enerjiye olan ihtiyacın gün geçtikçe artması enerji giderlerindeki maliyet artışına da neden olmaktadır. Bu sebepten dolayı turizm işletmecileri enerji tasarrufunun yanı sıra enerji maliyetini azaltmak için alternatif enerji kaynaklarından yararlanmaktadırlar. Bu çalışmada bir turizm tesisinde ki toprak kaynaklı ısı pompası (TKIP) sisteminin incelenmesi yapılmıştır. Kurulan ısı pompası ile tesisin ısıtma, soğutma ve sıcak su ihtiyacı karşılanmaktadır. Elde edilen ısıtma, soğutma ve sıcak su için TKIP' nin kurulmadan önceki ve kurulduktan sonraki enerji tüketimleri kıyaslanarak elde edilen tasarruf hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar yapılırken elektrik birim fiyatı ile motorinin litre birim fiyatı Türkiye'deki 2016 yılı verilerine göre kabul edilmiş ve sonuçlar buna göre değerlendirilmiştir.

Bu çalışmanın sonucunda ısı pompası sisteminin kurulumundan öncesindeki ve sonrasındaki ısıtma, soğutma ve sıcak su ihtiyacı için harcanan elektrik ve yakıt giderleri karşılaştırıldığında, bir oda için yıllık 922.914 tl yani yaklaşık % 66 oranında tasarruf sağlanmıştır. Geri ödeme süresi ise 7.3 yıl olarak bulunmuştur, fakat kompresörde iyileştirme yapıldıktan sonra kompresörün tükettiği elektrik yılda 33,926.4 kWh azalarak iyileştirme süresi 6.5 yıla düşmüştür.

Anahtar Kelimeler: Toprak Kaynaklı Isı Pompası, Termodinamik, Isı pompası

Investigation of Ground Source Heat Pump System in a Tourism Plant

ABSTRACT

The increasing need for energy in tourism causes the increase in the cost of energy expenditures. For this reason, tourism operators benefit from alternative energy sources in order to reduce energy cost as well as energy saving. In the study, a ground source heat pump (GSHP) system in a tourism plant was investigated. With the heat pump, the heating, cooling and hot water requirements of the plant are meet the needs. The energy costs before and after the establishment of GSHP were compared. During these calculations, the electricity unit price and the unit price of the diesel fuel per liter have been accepted according to the year 2016 data in Turkey and the results are evaluated accordingly.

As a result of this study, it is estimated that the electricity and fuel expenses spent for heating, cooling and hot water before and after the installation of the heat pump system are saved by approximately 66%.

Keywords: Ground Source Heat Pump, Thermodynamic, Heat Pump

GİRİŞ

Fosil yakıtlara bağlı olan enerji kaynakları uzun vadede enerji tüketimine çözüm getirmeyeceği ve çevreye olan zararları nedeniyle ülkelerin farklı enerji kaynakları aramasına neden olmuştur. Yenilenebilir enerji kaynakları ve nükleer santraller kömür, petrol ve doğalgaza alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Real olarak sunulan bu iki farklı alternatif incelendiğinde nükleer santrallerin yatırım maliyetleri güneş, rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha fazladır ve bu santralin kullanım yerine uzak olması dağıtım nakil hatlarına olan ihtiyacı da ön plana çıkarmaktadır. Bu parametreler dikkate alındığında yenilenebilir enerji kaynakları yatırım için öne çıkmaktadır.

Ayrıca Türkiye'nin ekonomik yapısı incelendiğinde, dış borçlar kaleminde enerji giderleri büyük yer kaplamaktadır. Ülkemizin 2016 yılsonu enerji görünümüne bakıldığında 1.442 GWh'lik enerji ihracatı yapıldığı görülmektedir. Bu durumun önüne geçmek amacıyla yerli üretimden ve yerli enerji kaynaklarından faydalanılması gerekmektedir.

Çevre kirliliği, karbondioksit salınımları incelendiğinde turizm sektörünün de bu konuda büyük bir paya sahip olduğu kabul edilmelidir. Dünya çapında karbon dioksit salınımının % 5'i turizm sektöründe kaynaklanmaktadır. 2020 yılında uluslararası turist sayısının 1.6 milyar ve Avrupa'daki turistik destinasyon ülkelerinin otel kapasitelerinin % 35 artacağı düşünüldüğünde turizm sektörü için karbon dioksit salınımının önüne geçilmesinde alternatif enerji kaynaklarının önemi daha net anlaşılmaktadır (Karabuğa ve ark., 2015).

Enerji ihracatındaki giderlerimiz, turizm sektöründeki çevre kirliliği ve enerji nakil hatlarındaki kayıplar göz önüne alındığında kullanım yerinde enerji üretimi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi artmaktadır. Bu değerler ve parametrelere dikkate alarak turizm sektörü için güneş enerjisine alternatif olarak kullanılacak bir enerji kaynağı olan ısı pompası sistemleri önem kazanmaktadır.

Isı pompası, ısı enerjisini bir ortamdan diğer bir ortama taşıya ve elektrikle beslenen bir sistemdir. Bilindiği üzere enerji vardan yok edilemez, yoktan var edilemez, sadece ya biçim değiştirir ya da bir yerden bir yere taşınır. Isı pompası da adını, ısı enerjisini bir ortamdan diğer bir ortama "pompalama" veya "taşıma" kabiliyetinden alır (Yamankaradeniz ve ark., 2009). Yani bu tanımdan da anlaşılacağı gibi ısı pompaları ısı üreten değil bir mahaldeki ısıyı başka bir mahalle enerji harcayarak aktaran sistemlerdir. Isı pompasında amaç ısı üretmek değil ısı taşımak olduğu için ısı kaynağına gerek duymaktadır. Isı pompaları kaynaklarına göre 4 ana gruba ayrılır. Bunlar;

- Toprak kaynaklı
- Hava kaynaklı
- Su kaynaklı
- Diğer kaynaklar

Isı pompası sistemlerinde dış hava, toprak, nehir suyu, göl suyu gibi bir ortam kış şartlarında düşük sıcaklık kaynağı olarak kullanılarak, bu ortamlardan alınan ısı, ısıtılması hedeflenen hacme aktarılır. Yaz şartlarında ise serinletilmesi hedeflenen hacimden alınan ısı yüksek sıcaklık kuyusu olarak görev yapan dış hava, toprak, nehir suyu, göl suyu vb. ortamlara aktarılmaktadır. Sıcaklık kaynağı olarak kullanılacak ortamın seçilmesi ise iklim şartları, coğrafik yerleşim, ilk yatırım maliyeti gibi pek çok faktöre bağlı olmaktadır (Evirgen, 2009). TKIP'sı sistemleri jeokütlenin ısınısını kullanırlar ve etkinlik katsayıları diğer kaynaklara göre daha yüksektir. Hava kaynaklı ısı pompaları (HKIP) çalışma prensibi klima sistemlerine çok benzemektedir. HKIP'larının en büyük dezavantajı etkinlik katsayılarının düşük olmasıdır. Bunun en önemli sebebi de ısı kaynağı olarak kullanılan havanın değişken olmasıdır. Havanın günlük ve anlık değişimleri etkinlik katsayısının değişken olmasına

sebepler olur. Su kaynaklı ısı pompaları (SKIP) kaynak olarak kuyu sularını, yer altı sularını, yer üstü sularını kullanır. Etkinlik katsayıları HKIP' larına göre yüksektir. Isı pompalarında bunlardan başka atık sular, baca gazları, güneş enerjisi gibi çeşitli ısı kaynakları da kullanılmaktadır.

Isı pompalarının en rekabetçi olduğu bölgeler, Türkiye'nin güney bölgelerinde olduğu gibi yazın soğutma yükünün büyük, kışın ısıtma yükünün küçük olduğu yerlerdir. Bu bölgelerde ısı pompası konutları ve iş yerlerinin ısıtma ve soğutma yükünün tümünü karşılayabilir. Öte yandan yazın soğutmanın az, kışın ısıtmanın oldukça fazla olduğu yörelerde ısı pompaları ekonomik değildir (Çengel ve Bole, 2011).

Bu çalışmada bir turizm tesisinde kurulmuş alternatif enerji kaynaklarından biri olan toprak kaynaklı ısı pompası (TKIP) sisteminin incelenmesi yapılmıştır. Bu inceleme sonucunda ısıtma, soğutma ve sıcak su üretimi için harcanan enerji miktarı bulunmuş ve TKIP sistemi kurulduktan sonra enerji giderlerinde ne kadarlık bir tasarruf sağlandığı hesaplanmıştır. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde,

(Çokgez Kuş ve Çomaklı, 2015), yaptıkları ısı pompası çalışmalarında, su-hava, su-su, hava-hava ve hava-su' dan oluşan dört farklı çalışma şekli ile COP değeri hesaplanmıştır. COP değerinin en yüksek olduğu kompresör gücüne göre yıllık elektrik maliyeti bulunmuştur. Isı pompası ile elektrikli ısıtıcı kıyaslanarak ekonomik analiz yapılmış ve ekonomik analizde geri ödeme süresi metodu ve net bugün ki değer metodunu uygulamışlardır.

(Zhang vd., 2016), Çinde yazın sıcak kışın soğuk olan bir bölgede konut uygulamaları için toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin performans analizi yapmışlardır. Çalışmada beş farklı konut incelenmiştir. Hesaplamalar sonucunda COP değerleri ve Enerji Verimlilik Oranı (EER) sırasıyla, 3.36 – 5.94 ve 1.95 – 4.35 arasında değiştiğini bulunmuştur.

(Kaya, 2009), yapmış olduğu çalışmada ısı pompası ve kombi ısıtma sistemlerinin ekonomik maliyetlerini incelemiş ve bu maliyetleri karşılaştırmıştır. Kondanser sıcaklığının 60°C olması durumunda ısı pompası sisteminin kombiye göre daha avantajlı olduğunu, kondanser sıcaklığının 100°C olması durumunda maliyetlerin birebir olacağı ve kondanser sıcaklığının 100°C üzerinde olması durumunda ısı pompası sisteminin maliyetinin kombi ısıtma sistemine göre daha fazla olacağı bulunmuştur.

(Yan vd., 2016), Güneş enerjili ejektör - kompresör ısı pompası çevriminin enerji ve ekserji verimliliği analizini yapmışlardır. Klasik kompresörlü ısı pompası çevriminin yerine güneş enerjili ejektör - kompresör ısı pompası çevrimini inceleyerek birbirleri arasında kıyaslama yapmışlardır. Çalışma sonucunda klasik kompresörlü sisteme göre COP, ısıtma kapasitesi ve ısıtma ekserji çıktısı sırasıyla % 15.3, 38.1 ve 52.8 olarak iyileştiği ölçülmüştür.

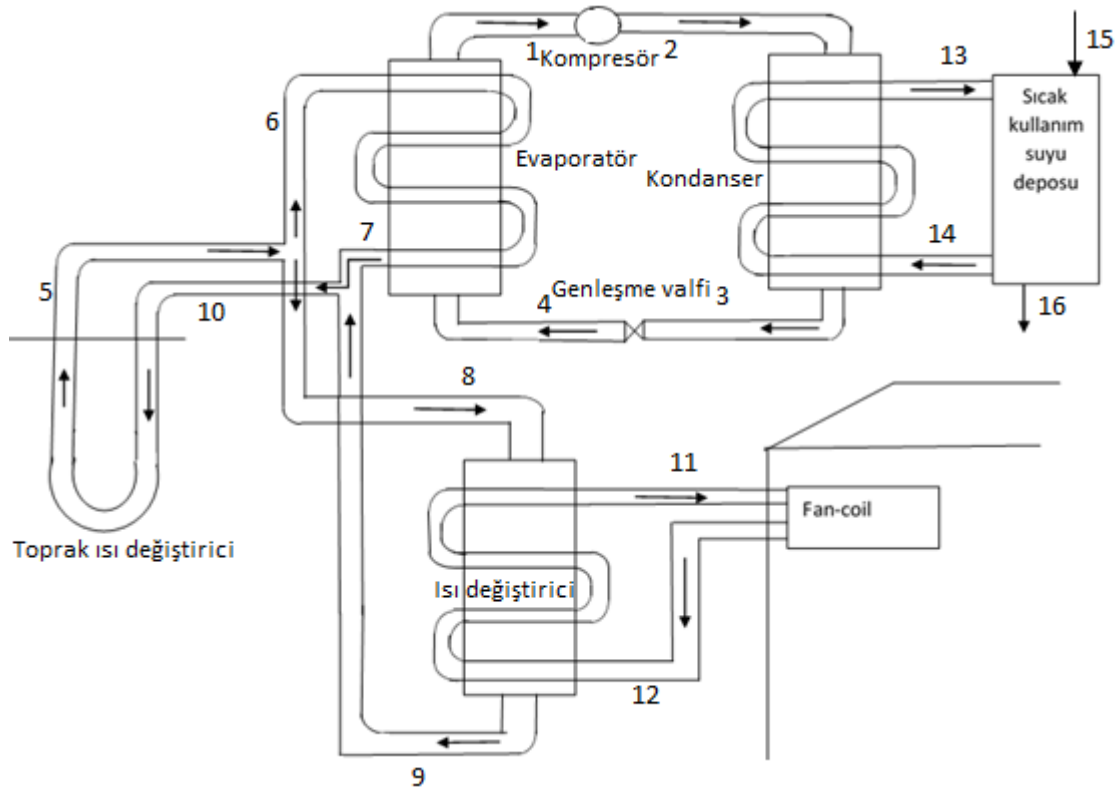
(Suleman vd., 2014), Güneş enerjisi entegreli ısı pompası sistemlerinin enerji ve ekserji analizini yapmışlardır. Bu çalışmada endüstriyel ısıtma için güneş enerjili ısı pompasının geliştirilmesi incelenmiştir. Çalışma sonuçlarında görülüyor ki enerji ve ekserji verimi sırasıyla % 58 ve % 75 olarak bulunmuştur. Ayrıca ısı pompası çevriminin energetik COP'sinin ve ekserji veriminin sırasıyla 3.54 ve % 42.5 olarak hesaplanmıştır. Dahası sistemin energetik COP ve ekserji veriminin sırasıyla 2.97 ve % 35.7 olduğu hesaplanmıştır.

(Öztürk, 2014), Bir kombine toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinin enerji ve ekserji analizi adlı çalışma yapmıştır. Bu çalışmada bu çalışmada buharlaştırıcı eleman olarak çalışan PV/T' li bir bileşik toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin enerji ve ekserji analizini yapmış ve verimsizliklerin yerlerini belirlemiştir. Ayrıca sistemdeki soğutma kulesinin performansını incelemiş ve sistemin maksimum soğutma verimi için ideal çalışma parametreleri seçilmiştir. Sonuç olarak sistemin ekserji verimliliği, COPsys ve COPex sırasıyla %74.72, % 2.895 ve % 0.39 olarak bulunmuştur.

MATERYEL VE YÖNTEM

TKIP kurulan bina Antalya ilinde bulunan otelin lojmanına aittir. Lojmanda iki bina ve toplamda 89 daire vardır. Her bir daire 24 m² dir. Kurulan TKIP sistemi ile binaların hem ısıtma hem soğutma hem de sıcak su ihtiyacı karşılanmaktadır.

TKIP sistemini üç bölüme ayırabiliriz. Bunlar; toprak altı borulama, ısı pompası, ısıtma/soğutma yapılacak mahal. Toprak altı borulama, ısı yüklü soğutucu akışkan borular vasıtasıyla toprak altına inerek toprakla ısı transferinde bulunmasını sağlar. Bu çalışmada toprak altı borulama yapılırken 12 tane kuyu açılmıştır ve toprak sıcaklığının sabit olduğu 125 metre derinliğine inilmiştir. Toprak altı borulamada akışkan olarak antifreeze-su karışımı kullanılmıştır. Isı pompası, topraktan aldığı ısıyı ısıtılacak/soğutulacak ortama aktarmasını sağlar. Isı pompasında kullanılan akışkan ise R410a soğutucu akışkanı kullanılmaktadır. Isıtma/soğutma yapılacak mahal, ısı pompasından sonra ısıtma veya soğutma yapılacak bölümdür. Şekil 1’ de TKIP’ nin akış şemasını göstermektedir.



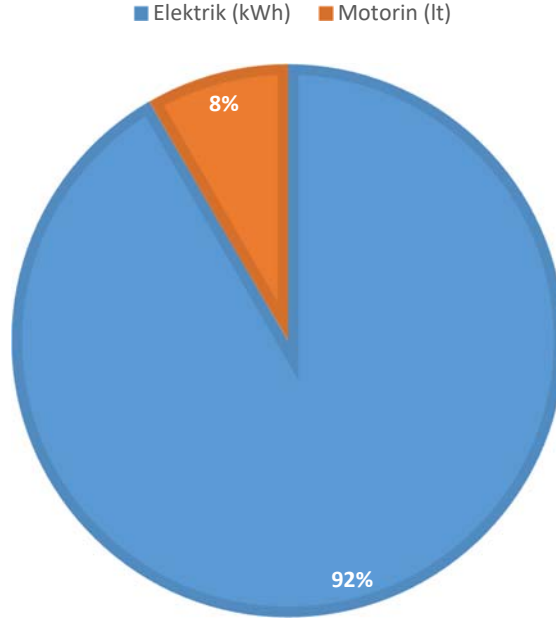
Şekil 1. TKIP akış şeması

Sistem üzerinde 1 noktasından kompresöre giren soğutucu akışkan R410a yüksek basınç ve sıcaklıkta kızgın buhar olarak kompresörden ayrılır. 2 noktasından kızgın buhar olarak ısı değiştiricisine giren soğutucu akışkan sıcak su kullanım deposundan gelen su ile ısı transferine girer ve sabit basınçta yoğunlaşarak ısı değiştiricisinden ayrılır. 3 noktasından genişleme valfine giren akışkan sabit entalpide 4 noktasından ısı değiştiricisine girer. Buradaki ısı değiştiricisi genişleme valfinden gelen soğutucu akışkanla 6 noktasından jeokütleden gelen su ile ısı transferinde bulunur ve doymuş buhar olarak 1 noktasından çıkar. Jeokütleden gelen akışkan ısı eşanjöründe soğutucu akışkanla ısı transferinde bulunarak ısısının bir kısmını soğutucu akışkana verir ve soğuk olarak 7 noktasından çıkar. 5 noktasından jeokütleden gelen akışkanın % 65’ i 6 noktasına giderken kalan % 35’ lik oran 8 noktasına gider. 8 noktasından ısı değiştiriciye giren akışkan fan-coilden gelen akışkanla ısı transferinde bulunarak fan-

coilden gelen akışkanın ısını alır ve 9 noktasından ısı değiştiriciden ayrılır. 7 noktasından gelen akışkan ile 9 noktasından gelen akışkan birleşerek 10 noktasından toprak altına gönderilir. Toprak altına gönderilen akışkan burada yer küre ile ısı transferinde bulunur ve ısınma akışkan 5 noktasında toprak altından çıkar.

TKIP Kurulmadan önceki enerji tüketimi

Bu çalışmada incelenen TKIP sistem kurulmadan önceki enerji tüketimi iki ana giderden oluşmaktadır. Bunlar, sıcak su üretilesi amacıyla kullanılan motorin yakıtı ve odaları ısıtmak ve soğutmak amacıyla kullanılan elektrik enerjisidir.



Şekil 2. TKIP kurulmadan önceki tüketim oranları

Şekil 2' de ısıtma, soğutma ve sıcak su üretimi için yıllık tüketilen elektrik enerjisini ve motorini toplam tüketimdeki oranını göstermektedir. Motorin yakıtı TKIP sistemi kurulmadan önce 1 saat sabah 1 saat akşam olmak üzere günde 2 saat çalıştırılmaktadır. TKIP sistemi kurulmadan önce 2009 yılında otel tesisinde 58 adet oda bulunmaktadır. Enerji tüketim değerleri bu 58 odaya aittir. TKIP sistemi kurulmadan önce motorin tüketim değerleri Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 1. Yıllık motorin tüketim

Aylar	Oda sayısı	Çalışma saati	Tüketim miktarı (litre)	Aylar	Oda sayısı	Çalışma saati	Tüketim miktarı (litre)
Ocak	58	2	1,100	Temmuz	58	2	760
Şubat	58	2	1,200	Ağustos	58	2	800
Mart	58	2	950	Eylül	58	2	1,100
Nisan	58	2	900	Ekim	58	2	1,050
Mayıs	58	2	750	Kasım	58	2	1,150
Haziran	58	2	700	Aralık	58	2	1,150

Tüketim miktarı dikkate alınarak sıcak su için yıllık üretilen ısı miktarı;

$$Q = m * \rho * H_u \quad (2.1)$$

Burada m kütle miktarını, ρ motorinin yoğunluğunu ve H_u motorinin alt ısı değerini tanımlamaktadır. Sıcak su üretim kapasitesi ise;

$$\dot{Q}_k = \frac{Q * 4.185}{t} \quad (2.2)$$

Burada t saniye cinsinden yıllık zamanı göstermektedir. Sıcak su üretimi için harcanan yıllık enerji gideri;

$$\dot{W}_y = Q_k * t_y \quad (2.3)$$

Burada t_y sistemin yıllık çalışma süresini göstermektedir. Elektrik tüketimi, ısıtma ve soğutma yapmak amacıyla TKIP sistemi kurulmadan önce 2 saat sabah, 2 saat öğlen ve 2 saat akşam olmak üzere günde 6 saattir. Şekil 3' de TKIP kurulmadan önceki ısıtma ve soğutma için harcanan elektrik tüketimi aylara göre verilmektedir.

Tablo 2. TKIP kurulmadan önceki elektrik tüketimi

Aylar	Oda sayısı	Çalışma saati	Elektrik tüketimi (kWh)
Ocak	58	6	13,686
Şubat	58	6	9,336
Mart	58	6	16,130
Nisan	58	6	10,323
Mayıs	58	6	5,787
Haziran	58	6	4,088
Temmuz	58	6	8,953
Ağustos	58	6	12,135
Eylül	58	6	27,143
Ekim	58	6	6,469
Kasım	58	6	6,105
Aralık	58	6	7,039

TKIP Kurulduktan Sonraki Enerji Tüketimi

TKIP sistemi kurulduktan sonra mevcut olan 58 odalık binanın yanına yeni bir ek bina yapılarak oda sayısı yaklaşık % 53 artırılarak 89 oda olmuştur. Kurulan bu sistemle hem ısıtma hem soğutma hem de sıcak su üretimi yapılmaktadır. Ayrıca kurulan TKIP sistemi ile 24 saat ısıtma, soğutma ve sıcak su üretimi yapılmaktadır.

TKIP kurulduktan sonra sıcak su üretimi de tek bir kaynaktan elde edildiği için motorin ücreti ortadan kalmıştır ve sadece pompaları çalıştırmak amacıyla elektrik tüketimi yapılmaktadır. Kurulumdan sonraki elektrik tüketim değerleri tablo 3' de verilmiştir.

Tablo 3. TKIP kurulduktan sonraki elektrik tüketimi

Aylar	Oda sayısı	Çalışma saati	Elektrik tüketimi (kwh)
Ocak	89	24	17,524
Şubat	89	24	15,589
Mart	89	24	14,660
Nisan	89	24	11,073
Mayıs	89	24	8,529
Haziran	89	24	8,863
Temmuz	89	24	15,720
Ağustos	89	24	14,640
Eylül	89	24	11,944
Ekim	89	24	5,741
Kasım	89	24	10,416
Aralık	89	24	16,384

Kurulan TKIP sisteminin geri ödemesi süresini bulabilmek için denklem 2.4' den faydalanılmıştır.

$$\text{Geri ödeme süresi} = \frac{\text{Yatırım maliyeti}}{\text{Yıllık tasarruf}} \quad (2.4)$$

Geri ödeme süresi, yatırımın kazançlarının yatırımın maliyetine eşit oluncaya kadar geçen süredir. Geri ödeme süresi analizinde her yatırımın kazançları birikimli olarak ele alınmaktadır. Birikimli kazanç ne zaman yatırım maliyetine eşit olursa o zamana kadar geçen süre geri ödeme süresi olarak alınır (Çokgez Kuş ve Çomaklı, 2015; Okka, 2009). Kurulan sistemin ilk yatırım maliyeti yaklaşık 600,000 tl' dir. Yıllık tasarrufu bulabilmek için ise TKIP sistemi kurulduktan sonraki ve kurulmadan önceki bir oda için tüketim değerlerinin farkı alınır ve oda sayısı ile çarpılır. TKIP kurulduktan sonra ısıtma, soğutma ve sıcak su için kompresör ve pompalara elektrik enerjisi harcanır. Isı pompası içerisinde bulunan kompresörün kapasitesi;

$$\dot{W}_k = \dot{m}(h_o - h_i) \quad (2.5)$$

Burada h entalpi değerini ve m ise çevrimdeki akışkanın kütleini simgelemektedir. TKIP' nin COP değeri yani performans katsayısı ise;

$$\text{COP} = \frac{\dot{Q}_{\text{eva}}}{\dot{W}_k} \quad (2.6)$$

Denklemleri ile hesaplanır. Burada ise evaporatörün kapasitesini tanımlamaktadır ve denklem 2.7 ile hesaplanır.

$$\dot{Q}_{\text{eva}} = \dot{m}(h_o - h_i) \quad (2.7)$$

ARAŞTIRMA BULGULARI

TKIP kurulmadan önceki sıcak su üretimi için kullanılan yıllık motorinin tüketim miktarı tablo 1' de verilmiştir. Yıllık motorin tüketim miktarından yolla çıkararak sıcak su üretim

kapasitesi denklem 2.2' den ve sıcak su üretimi için yıllık elektrik tüketimi denklem 2.3' den faydalanarak bulunmuştur. Ayrıca TKIP kurulmadan önceki ısıtma ve soğutma amacıyla yıllık elektrik tüketim değerleri tablo 2' de ve TKIP kurulduktan sonraki yıllık elektrik tüketim değeri tablo 3' de verilmiştir. Bulunan bu değerler aşağıdaki tablo 4' de gösterilmiştir.

Tablo 4. Yıllık elektrik ve motorin tüketimi

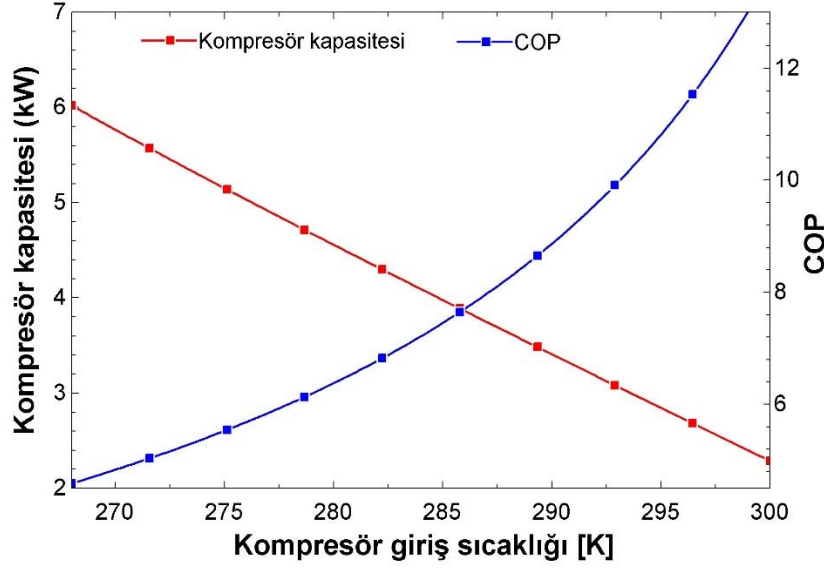
TKIP kurulmadan önceki elektrik tüketimi	127,194 kWh
TKIP kurulmadan önceki motorin tüketimi	11,610 litre
TKIP kurulduktan sonraki elektrik tüketimi	151,083 kWh
TKIP kurulduktan sonraki motorin tüketimi	-
Elektrik birim fiyatı	0.276 tı/kWh
Motorin birim fiyatı	3.70 tı/litre

Tablo 4 incelendiğinde TKIP kurulduktan sonra elektrik tüketimi kurulumdan önceki tüketime göre artmıştır, fakat burada dikkat edilecek en önemli husus oda sayılarındaki farklılıktır. TKIP kurulmadan önce tek blok ve 58 oda mevcuttu fakat kurulumdan sonra 2 blok ve 89 oda olmuştur. Tablo 5' de yıllık motorin tüketim miktarına bağlı kalınarak sıcak su üretim kapasitesi bulunarak, yıllık sıcak su üretim kapasitesi için yıllık elektrik enerjisi tüketimi hesaplanmıştır.

Tablo 5. Motorinin özellikleri ve yanma sonucunda elde edilen veriler

Yıllık motorin tüketimi	11,610 litre
Motorin alt ısı değeri	10,256 kcal/kg
Motorinin yoğunluğu	0.83 kg/lt
Yıllık üretilen ısı	98,829,892.8 kcal
Motorinin sıcak su üretim kapasitesi	13.11 kW
Sistemin yıllık çalışma süresi	730 saat
Yıllık enerji gideri	9,570.3 kWh

Çalışmada kompresör giriş sıcaklığındaki artışa bağlı olarak kompresör kapasitesindeki ve COP' deki değişim gözlenmiştir. Ayrıca kompresör kapasitesindeki değişime bağlı olarak elektrik tüketiminin değişim hesaplanmıştır. Şekil 3' de kompresör giriş sıcaklığındaki değişime bağlı olarak kompresör kapasitesindeki ve COP' de ki değişim gösterilmiştir. Bununla birlikte kompresörün kapasitesindeki değişimle elde edilen yıllık elektrik tüketim tasarrufu denklem 2.4' den faydalanarak hesaplanmış ve geri ödeme süresi bulunmuştur.



Şekil 3. Kompresör ve COP' deki değişim

Sıcak su üretimi için yıllık elektrik tüketimi de ısıtma ve soğutma amacıyla yapılan elektrik tüketimine eklendiğinde, yıllık elektrik tüketimi bulunmuş olur ve bir yıldaki elektrik tüketimini bir oda için hesapladığımızda kurulum öncesi ve kurulum sonrası yıllık tasarruf tablo 6' de gösterilmiştir.

Tablo 6. Yıllık tasarruf oranı

TKIP kurulmadan önceki tüketim (59 oda)	80,703.864 t l
TKIP kurulduktan sonraki tüketim (89 oda)	41,698.900 t l
TKIP kurulmadan önceki bir oda için	1,391.44 t l
TKIP kurulduktan sonraki bir oda için	468.526 t l
Bir oda için yıllık tasarruf	922.914 t l
Yıllık tasarruf oranı	% 66
Geri ödeme süresi	7.3 yıl
İyileştirme sonrası geri ödeme süresi	6.5 yıl

TARTIŞMA ve ÖNERİLER

Bu çalışmada Antalya ilinde bulunan bir otel tesisine kurulan TKIP sisteminin kurulum öncesi ve kurulum sonrası enerji tüketim değerleri, yıllık tasarruf, geri ödeme süresi incelenmiştir.

- * TKIP kurulumundan sonra tesisteki oda sayısı yaklaşık olarak % 53 oranında artmıştır. Bu artış elektrik tüketim değerini artırsa da motorin tüketiminin önüne geçmiştir. Ayrıca oda sayılarındaki bu fark elektrik tüketimini artırıyor olsa da bir oda için tüketim değerleri

kıyaslandığında tablo 6' da görüldüğü gibi odabaşına yıllık tasarruf miktarı 922.914 tl ve yıllık tasarruf oranının % 66 olduğu hesaplanmıştır.

- * TKIP kurulduktan sonra elektrik tüketimleri incelendiğinde, elektrik tüketimi sadece kompresör ve pompalardan oluşmaktadır. Isı pompasındaki kompresörün şebekeden çektiği elektrik 6 kW olarak ölçülmüştür. Bu şartlarda kurulumun geri ödeme süresi 7.3 yıl olarak hesaplanmıştır.
- * Kompresör giriş sıcaklığının artırılması ile kompresörün elektrik tüketimi azalmakta ve COP değeri artmaktadır.
- * Kompresör giriş sıcaklığının 285 K' e çıkarılmasıyla kompresör için elektrik tüketimi 3.8 kW' olacağı bulunmuştur. Kompresördeki bu iyileştirme yıllık 33,926.4 kWh' lik elektrik tasarrufu sağlamaktadır. Kompresördeki iyileştirme sayesinde elde edilen bu tasarruf ile geri ödeme süresi tekrar hesaplandığında, geri ödeme süresinin 6.5 yıl olarak hesaplanmıştır.

KAYNAKLAR

- Çokgez Kuş A., Çomaklı K., 2015. Farklı Kaynaklı Isı Pompası Sistemlerinin Ekonomik Analizi. Tesisat Mühendisliği, sayı 148 Temmuz/Ağustos, 13-21.
- Evirgen Y.F., 2009. Karayollarında Buzlanmayı Engelleyici Toprak Kaynaklı Isı Pompası Sisteminin Analizi ve PLC-SCADA ile Denetimi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 104 s.
- Karabuğa A., Yakut M.Z., Yakut G., Selbaş R., Üçgül İ., 2015. Renewable Energy Solutions for Tourism. European Scientific journal March 2015 Speacial Edition, 188-194.
- Kaya M, 2009. Isı Pompası ve Kombi Isıtma Sistemleri Maliyet Analizlerinin Karşılaştırılması. Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt: 6, No: 2, 2009 (39-47).
- Okka, O., 2009. Mühendislik Ekonomisi Teori ve Çözümlü Problemler, Nobel Yayın Dağıtım, 1076, Ankara, 2009.
- Öztürk M., 2014. Energy and Exergy analysis of a Combined Ground Source Heat Pump System. Applied Thermal Engineering, 73 (2014), 362-370.
- Suleman F., Dince I., Agelin-Chaab M., 2014. Energy and Exergy Analyses of An Integrated Solar Heat Pump System. Applied Thermal Engineering 73 (2014), 559-566.
- Yamankaradeniz R., Horuz İ., Kaynaklı Ö., Çoşkun S., Yamankaradeniz N., 2009. Soğutma Tekniği ve Isı Pompası Uygulamaları. Dora Yayıncılık, Bursa 2009. 690 s.
- Yan G., Bai T., Yu J., 2016. Energy and Exergy Efficiency Analysis of solar Driven Ejector-Compressor Heat Pump Cycle. Solar Energy 125 (2016), 243-255.
- Zhang S., Zhang L., Wei H., Jing J., Zhou X., Zhang X., 2016. Field testing and performance analyses of ground source heat pumpsystems for residential applications in Hot Summer and Cold Winterarea in China. Energy and Buildings 133 (2016), 615-627.