

ANTALYA İLİNDEKİ BİR OTEL BİNASI İÇİN GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ ISITMA VE ABSORBSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİNİN TEORİK İNCELENMESİ

E. Fuad KENT

ÖZET

Bu çalışmada, güneş enerjisi destekli ısıtma ve absorbsiyonlu soğutma uygulamasıyla Antalya ilindeki elli yataklı bir otelin yaz ve kış şartlarında iklimlendirilmesi ve sıcak su ihtiyacının karşılanması teorik olarak incelenmiştir. Öncelikle Antalya ili için güneş ışınımı ve meteorolojik veriler ile otelin ısıtma, soğutma ve sıcak su ısı yük değerleri hesaplanarak sunulmuştur. Isıtma çevrimi için sıvı dolaşimli aktif güneş enerjili ısıtma sistemi, soğutma için ise Lityum bromür-su akışkan çifti kullanan absorbsiyonlu soğutma sistemi tasarlanmıştır. Bu sayede güneş enerjisinden ısıtma ve soğutmada yararlanılarak yakıt maliyeti açısından tasarruf sağlanmıştır. Bu sistemlere ek olarak otelin sıcak su ihtiyacını karşılayan güneş enerjili su ısıtma sistemi de bu sistemlerin yanında yer almaktadır. Sistemin bütünü bir "solar combined system", diğer bir deyişle ısıtma ve soğutmanın birlikte yapıldığı güneş enerjili bütünlük bir sistem olmaktadır. Toplam toplayıcı alanı, toplayıcı alanına göre yıllık faydalanma oranının değişimi verilmiştir. Ayrıca güneş enerjisi tesisatının toplam maliyeti ve geri ödeme süresi hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, Isıtma, Absorbsiyonlu soğutma, Sıcak su

ABSTRACT

In this paper solar assisted heating and absorption cooling system and domestic hot water needs for a hotel having fifty rooms in Antalya have been theoretically investigated. First of all, solar radiation and meteorological data for Antalya and heating and cooling loads of the hotel building are given. For the heating cycle, active systems using liquid as the working fluid; and for the cooling cycle, solar-powered absorption cooling system with the absorption pair of lithium bromide and water are designed. In this way, solar energy is used to provide both heating and cooling requirements in the building which causes energy (fuel) savings. Domestic hot water needs are also supplied by solar energy heating system. The overall system comprises a "solar combined system". Total collector area and the annual rate of heating and cooling load requirements of the hotel building met by the solar system are given. Moreover, total cost of the solar system and pay back period of it are also presented.

Key Words: Solar energy, Heating, Absorption cooling, Hot water

1. GİRİŞ

Son yıllarda, fosil yakıtların yakın bir gelecekte tükenmesi ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle, çeşitli alanlardaki enerji gereksiniminin yenilenebilir enerji kaynaklarından kısmen veya tamamen sağlanmasına yönelik pek çok çalışma yapılmaktadır. Isı kaynağı olarak güneş enerjisinden

yararlanan absorpsiyonlu sistemler, hem sistem verimlilikleri, hem de işletme giderleri açısından sağladığı faydalar nedeniyle, alternatif sistemlerden çok daha umut vaat etmektedir. Ayrıca ozon tabakasına zarar verme ve küresel ısınma açısından ekolojik sisteme zarar vermeyen çevre dostu sistemlerdir. Güneş enerjisi kaynaklı ısıtma ve absorpsiyonlu soğutma sistemi uygulamalarının tanıtılması, çalışma prensibi, kullanımının önemi ve sistem performansına etki eden faktörleri ile farklı sistem tasarımı ve uygulama örnekleri [1] ve [2] de detaylı olarak verilmiştir. Lityum bromür-su akışkan çifti kullanan güneş enerjisi kaynaklı tek kademeli absorpsiyonlu soğutma sisteminin deneysel uygulaması, 2003 yılının yaz dönemi için Madrid'de gerçekleştirilmiştir [3]. Lityum bromür-su akışkan çifti kullanan güneş enerjisi kaynaklı ısıtma-soğutma sistemleri üzerinde yapılan çalışmalar geniş olarak [4] de verilmiştir. Güneş enerjili absorpsiyonlu sistemlerin simülasyonu [5], [6] ve [7] de anlatılmıştır. Absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin ikinci kanun analizleri ise [8], [9], [10] ve [11] de verilmiştir. Güneş enerjisi destekli absorpsiyonlu soğutma sistemi uygulaması güney Kıbrıs'taki tipik bir ev için [12] de modellenmiştir. [13] te ise, yine ev tipi güneş enerjili absorpsiyonlu soğutma sisteminin küresel ısınma açısından da diğer sistemlerle karşılaştırılarak modellenmesi yapılmıştır. [14] de Lityum bromür-su akışkan çifti kullanan güneş enerjisi destekli absorpsiyonlu soğutma sistemi deneysel olarak kurulmuş, bilgisayarla modellenmesinden elde edilen değerler deney datalarıyla doğrulanmıştır. Beyrut için güneş enerjisi destekli absorpsiyonlu soğutma sisteminin modellenmesi ve simülasyonu [15] de yapılmış ve gerçekleştirilen ekonomik analiz, absorpsiyonlu soğutma sisteminin ancak kullanım sıcak suyunun da bu sistemle birlikte ele alındığında diğer sistemlerle rekabet edebileceğini göstermiştir. Bu konudaki diğer çalışmalar ve güneş enerjisi destekli absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin çalışma prensipleri için [16] ya bakılabilir. Absorpsiyonlu sistemler, buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimlerinin aksine, mekanik güç yerine, ısı enerjisi kullandıklarından (sadece LiBr-su çözeltisini kaynatıcıya gönderen eriyik pompası için mekanik güce gereksinim vardır) sessiz ve güvenilir bir soğutma sağlarlar. Bu özellik burada inceleme konusu olan otel uygulamaları için son derece önemlidir. Enerjinin pahalı veya zor elde edilebileceği durumlarda ve özellikle atık ısı, jeotermal enerji veya güneş enerjisinin bol ve kullanılabilir olması durumunda absorpsiyonlu sistemler önem kazanırlar. Jeotermal enerji kaynaklı LiBr-su çifti kullanan absorpsiyonlu soğutma çevrimli bir soğuk oda tasarımı [17] de incelenmiştir. İzmir ili, Balçova bölgesinin jeotermal özellikleri dikkate alınarak, bölgenin ihtiyacı olan meyve depolaması için, elektrik ve doğal gazlı soğuk oda sistemlerine alternatif bir jeotermal kaynaklı absorpsiyonlu soğutma yapan bir soğuk oda tasarlanmıştır. Bu sistemin işletme maliyeti, elektrik (Mekanik buhar sıkıştırımlı soğutma sistemi) ve doğal gaz yakan absorpsiyonlu soğuk odaların işletme maliyeti ile karşılaştırılmıştır. Kayseri ili için, yine otel uygulaması olarak, ancak bu sefer yalnız kullanım sıcak suyu ve ısıtma sağlamak üzere tasarlanan güneş enerjisi destekli ısıtma sisteminin teorik incelemesi [18] ve [19] da verilmiştir.

Türkiye'de sektörlere göre enerji tüketim değerleri profiline bakıldığında % 40 sanayi, % 30 binalar, % 19 ulaşım, % 4,6 tarım ve %5.4 diğer sektörler gelmektedir. Görüldüğü gibi binaların ısıtma-soğutma ve kullanım sıcak su sistemleri için gereken enerjinin payı toplam tüketim değeri içinde son derece yüksek ve önemlidir. Bu nedenle ısıtma-soğutma sistemleri için gereken enerjinin, tamamen veya kısmen yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması, enerji tasarrufu yönünden çok önemli olup, temiz enerji kaynakları kullanması nedeniyle de enerji kullanımı ile ilgili sorunlara da çözüm getirecektir. Bu çalışmada, temiz ve yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisi destekli ısıtma ve absorpsiyonlu soğutma uygulamasıyla Antalya ilindeki elli yataklı bir otelin yaz ve kış şartlarında iklimlendirilmesi ve kullanım sıcak su ihtiyacının karşılanması teorik olarak incelenmiştir. Bu amaçla öncelikle Antalya ili için güneş ışınımı ve meteorolojik veriler ile otelin ısıtma, soğutma ve sıcak su ısı yük değerleri hesaplanarak sunulmuştur. Isıtma çevrimi için sıvı dolaşımli aktif güneş enerjili ısıtma sistemi, soğutma için ise Lityum bromür-su akışkan çifti kullanan absorpsiyonlu soğutma sistemi tasarlanmıştır. Bu sistemlere ek olarak otelin sıcak su ihtiyacını karşılayan güneş enerjili su ısıtma sistemi de bu sistemlerin yanında yer almaktadır. Sistemin tesisat şeması verildikten sonra, bu sistemden toplam ısı yüklerinin karşılanmasında hangi oranlarda faydalandığı (faydalanma oranı) belirtilmiş ve faydalanma durumunun yıl içindeki dağılımı verilmiştir. Ayrıca sistemin yatırım maliyeti, karlılık durumu ve geri ödeme süresi bilgilerini içeren ekonomik analizi yapılmıştır.

2. GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ KLİMA TESİSATININ TASARIMI

Bu çalışmada Antalya'daki 50 kişilik bir otelin sıcak su, ısıtma ve soğutma ihtiyacı için gerekli olan enerjinin belirli bölümünü güneş enerjisinden karşılayacak bir klima tesisatının tasarımı yapılmıştır. Tesisat şeması Şekil 1'de görülmektedir.

2.1. Binanın Isıtma ve Soğutma Yükü

Otel binası 1 bodrum, 1 zemin ve 3 normal kat olmak üzere 5 kattan oluşmaktadır. Çatı katı düz teras şeklindedir. Kat alanı (15 m x 11m) 165 m²'dir. Yapı elemanlarının ısı geçiş katsayıları sırasıyla, dış duvar için 1.03 W/m²-K, çift camlı pencere için 2.6 W/m²-K, dış kapı için 4.0 W/m²-K, döşeme için 0.58 W/m²-K ve tavan için 0.44 W/m²-K'dir.

İç tasarım şartları otel odaları için 20°C alınmıştır. Antalya ili için, dış tasarım şartları kış için +3°C; yaz için 39°C KT ve 28°C YT olarak alınmıştır. Binanın ısıtma ve soğutma yükleri, [20-22] nolu kaynaklardaki bilgiler yardımıyla hesaplanmıştır. Buna göre binanın ısıtma yükü 36819 W; soğutma yükü ise 50238 W duyulur ve 23722 W gizli olmak üzere toplam 73960 W olarak bulunmuştur.

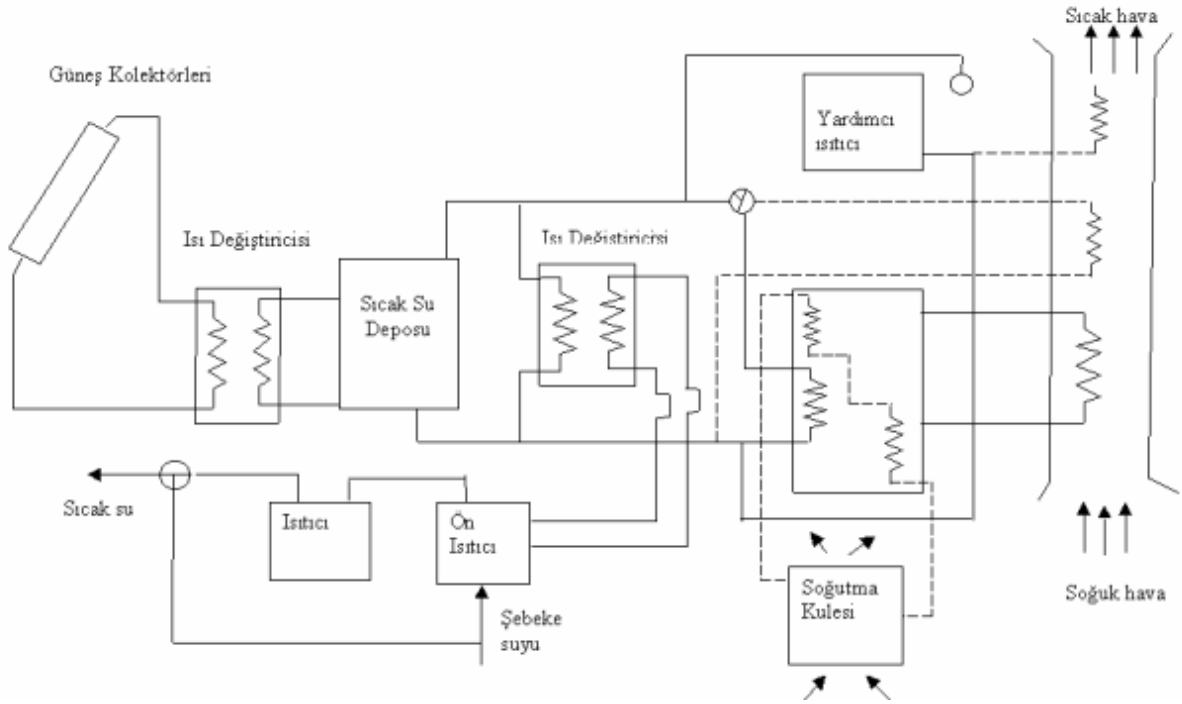
2.2. Aylık Isıl Yüklerin Hesabı

Bu kısımdaki hesaplamalarda [23-27] nolu kaynaklardan yararlanılmıştır.

Antalya ili için şebeke suyu sıcaklığı T_s , çevre sıcaklığı T_{cev} ve güneye dönük 30° eğik düzleme gelen günlük toplam güneş ışınımı değerleri H_T aşağıdaki Tablo 1'de verilmektedir. [24]. Güneye dönük 30° eğik düzleme gelen aylık toplam güneş ışınımı değerleri ise, n_i göz önüne alınan aydaki gün sayısı olmak üzere ($H_T n_i$) şeklinde hesaplanmıştır.

Tablo 1 Antalya için sıcaklıklar ve güneye dönük 30° eğik düzleme gelen toplam güneş ışınımı değerleri [24]

Aylar	Gün sayısı n_i	T_s (°C)	T_{cev} (°C)	H_T MJ/m ² -gün	$H_T n_i$ MJ/m ² -ay
Ocak	31	13.8	10.1	10.9	338
Şubat	28	12.7	10.7	13.2	370
Mart	31	13.9	12.8	16.0	496
Nisan	30	16.1	16.4	18.6	558
Mayıs	31	19.5	20.5	21.0	651
Haziran	30	23.5	25.0	22.3	669
Temmu	31	26.8	28.2	22.7	704
Ağustos	31	28.5	28.1	22.6	701
Eylül	30	27.8	24.9	20.7	621
Ekim	31	25.2	20.3	17.0	527
Kasım	30	21.5	15.6	13.9	417
Aralık	31	17.0	11.9	10.5	326



Şekil 1. Tesisat şeması.

Otelin günlük sıcak su ihtiyacı 3500 litre olarak belirlenmiş ve aylık sıcak su ısıll yükleri,

$$Q_{yi,ss} = m_y c_{p,su} (T_y - T_{\dot{s}i}) n_i \quad (1)$$

bağıntısı yardımıyla hesaplanmıştır. Burada $Q_{yi,ss}$ aylık sıcak su ısıll yükü, m_y günlük sıcak su ihtiyacı miktarı (3500 kg/gün olarak belirlenmiştir), $c_{p,su}$ suyun özgül ısısı (4.186 kJ/kg-C), T_y kullanım suyu sıcaklığı (50°C olarak alınmıştır) ve $T_{\dot{s}i}$ aylık ortalama günlük şebeke suyu sıcaklığıdır.

Bina için $(UA)_h$ değeri 1961 W/°C olarak belirlenmiş ve aylık ısıtma ısıll yükleri,

$$Q_{yi,ısıtma} = (UA)_h (T_{iç} - T_{çev}) n_i (24 \times 3600) \quad (2)$$

bağıntısı yardımıyla hesaplanmıştır.

Lityum bromür-su akışkan çifti kullanan absorpsiyonlu soğutma makinasının analizi [26] nolu kaynaktakine benzer şekilde yapılmıştır. Bu makine 74 kW soğutma yapabilecek kapasitede olup, buharlaştırıcı sıcaklığı 5°C, absorber çıkış sıcaklığı 32°C ve yoğuşturucu sıcaklığı 43°C'dir. Kaynatici sıcaklığı ise 90°C'dir. Bu şartlarda kaynaticıya verilmesi gerekli ısı miktarı 91.7 kW ve soğutma tesir katsayısı $COP_{SM}=0.81$ olmaktadır.

Daha sonra aylık soğutma yükleri belirlenmiş ve buharlaştırıcı yükü (Q_{buh}) ve soğutma tesir katsayısı (COP_{SM}) yardımıyla aylık kaynatici ısıll yükleri ($Q_{kaynatici}=Q_{buh}/COP_{SM}$) hesaplanmıştır.

Sıcak su, bina ısıtması ve soğutma makinesinin kaynaticısı için aylık ısıll yük değerleri Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 2. Sıcak su, bina ısıtması ve soğutma makinesinin kaynatıcısı için aylık ısı yük değerleri

Aylar	Sıcak Su Isıl Yükü $Q_{yi,SS}$ (MJ/ay)	Isıtma Isıl Yükü $Q_{yi,ısıtma}$ (MJ/ay)	Kaynatıcı Isıl Yükü $Q_{yi,kaynatıcı}$ (MJ/ay)	Toplam Isıl Yük $Q_{yi,toplam}$ (MJ/ay)
Ocak	16441	51998	-	68440
Şubat	15302	44120	-	59421
Mart	16396	37817	-	54213
Nisan	14900	18298	-	33199
Mayıs	13853	-	53479	67331
Haziran	11648	-	118336	129984
Temmuz	10537	-	159298	169835
Ağustos	9765	-	159298	169063
Eylül	9758	-	126301	136058
Ekim	11264	-	70546	81810
Kasım	12527	22365	-	34891
Aralık	14988	42544	-	57532
Yıllık	157377	217142	713430	1061778

2.3. Aylık Faydalanma Oranlarının Hesabı

Aylık güneş enerjisinden faydalanma oranları, f-chart yöntemi yaklaşımıyla hesaplanmıştır. f-chart yönteminde sıvılı tip sistemler için aylık faydalanma oranı, f_i

$$f_i = 1.029Y - 0.065X - 0.245Y^2 + 0.0018X^2 + 0.0215Y^3 \quad (3)$$

denkleminde hesaplanmaktadır. X ve Y parametreleri aşağıdaki şekilde verilmektedir:

$$X = F_R U_L \times \frac{F'_R}{F_R} \times (T_{ref} - T_{\text{cev}}) \times \Delta t \times \frac{A_c}{Q_{yi}} \quad (4)$$

$$Y = F_R (\tau\alpha)_n \times \frac{F'_R}{F_R} \times \frac{(\bar{\tau\alpha})}{(\tau\alpha)_n} \times H_T n_i \times \frac{A_c}{Q_{yi}} \quad (5)$$

Burada F_R toplayıcı ısı kazanç faktörü, F'_R/F_R ısı değiştiricisinin toplayıcı ısı kazanç faktörüne etkisi, U_L toplayıcı toplam ısı kayıp katsayısı (W/m^2-C), Δt göz önüne alınan aydaki toplam saniye sayısı, T_{cev} aylık ortalama çevre sıcaklığı, T_{ref} referans sıcaklık ($100^\circ C$), A_c toplam toplayıcı alanı (m^2), Q_{yi} aylık toplam ısı yük (J), H_T toplayıcı üzerine gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışınımı (J/m^2), n_i göz önüne alınan aydaki gün sayısı, $(\tau\alpha)_n$ normal doğrultuda gelen güneş ışınımı için toplayıcı yutma geçirme çarpımı ve $(\bar{\tau\alpha})$ aylık ortalama toplayıcı yutma-geçirme çarpımıdır.

Tesisatta düz toplayıcıların kullanıldığı ve binanın terasında güneye dönük olarak 30° eğimle yerleştirildiği varsayılmıştır. Verim parametreleri,

$$F_R (\tau\alpha)_n = 0.72 \quad F_R U_L = 4.5 W/m^2-C$$

olan $1.9 m^2$ lik seçici yüzeyli düz-toplayıcılar göz önüne alınmıştır.

Ayrıca, hesaplarda ısı değiştirici etkenliği 0.7,

$$\frac{F'_R}{F_R} = 0.96$$
$$\frac{(\bar{\tau\alpha})}{(\tau\alpha)_n} = 0.94$$

$$\frac{V_t}{A_c} = 75 \text{ litre/m}^2$$

alınmıştır. Burada, V_t depo hacmidir.

Toplayıcı devresinde birim toplayıcı alanı başına 50 kg/h-m² debide antifrizli-su ($c_p=3.64$ kJ/kg-C) dolaştırıldığı kabul edilmiştir. Güneş toplayıcıları ile güneş enerjisi depolama tankı arasında yer alan ısı değiştiriciden geçen suyun debisi ise birim toplayıcı alanı başına 100 kg/h-m² olarak alınmıştır.

Toplayıcı alanı $A_c=102 \text{ m}^2$ için f-chart yöntemiyle hesaplanan aylık faydalanma oranları f_i , Tablo 3'de verilmektedir. y_i , aylık ısı yükün (Q_{yi}) yıllık ısı yüke (Q_y) oranıdır. X ve Y ise f-chart yönteminde kullanılan parametrelerdir.

Tablo 3. Aylık faydalanma oranları (f_i)

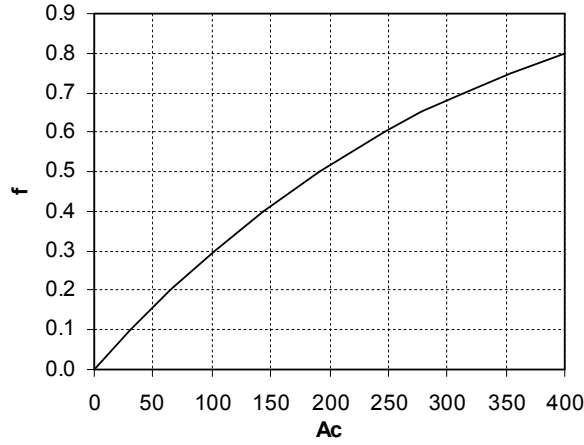
Aylar	y_i	X	Y	f_i	$f_i y_i$
Ocak	0.0645	1.55	0.328	0.215	0.0139
Şubat	0.056	1.61	0.413	0.285	0.0160
Mart	0.0511	1.90	0.608	0.423	0.0216
Nisan	0.0313	2.88	1.117	0.701	0.0219
Mayıs	0.0634	1.40	0.643	0.478	0.0303
Haziran	0.1224	0.66	0.342	0.282	0.0345
Temmuz	0.1600	0.50	0.275	0.233	0.0373
Ağustos	0.1592	0.50	0.275	0.233	0.0371
Eylül	0.1281	0.63	0.303	0.250	0.0320
Ekim	0.0771	1.15	0.428	0.325	0.0250
Kasım	0.0329	2.77	0.794	0.507	0.0167
Aralık	0.0542	1.81	0.376	0.242	0.0131

Yıllık faydalanma oranı, f

$$f = \sum f_i y_i \quad (6)$$

bağıntısı yardımıyla hesaplanmıştır. $A_c=102 \text{ m}^2$ için, yıllık faydalanma oranı, $f=0.30$ olarak bulunmuştur.

Benzer hesaplamalar farklı toplayıcı alanları için yapılmış ve sırasıyla 31 m², 65 m², 144 m², 191 m², 247 m², 313 m², 400 m², toplayıcı alanları için yıllık faydalanma oranları 0.1, 0.2, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 olarak bulunmuştur. Toplayıcı alanına göre yıllık faydalanma oranının değişimi Şekil 2'de verilmektedir.



Şekil 2. Toplayıcı alanına göre yıllık faydalanma oranının değişimi

2.4. Güneş Enerjisi Tesisatının Geri Ödeme Süresi

Yıllık faydalanma oranı %30 seçildiğinde 102 m² lik toplam toplayıcı alanı bulunmuştur. Bu durumda 1.9 m² lik toplayıcılardan 54 adet gereklidir. 1.9 m² lik toplayıcı maliyetinin 700 TL olduğu kabul edilirse toplam toplayıcı maliyeti 37800 TL olacaktır. Güneş enerjisi tesisatındaki toplayıcı ve diğer elemanların tahmini maliyeti Tablo 4'de verilmektedir.

Tablo 4. Güneş Enerjisi Tesisatındaki Elemanların Tahmini Fiyatları

	Adet	Birim Maliyet (TL)	Toplam Maliyet (TL)
Toplayıcı	54	700	37800
Boylar (4000 litre)	2	8500	17000
Isı Eşanjörü	2	1500	3000
Genleşme Tankı			3500
Pompalar	4	250	1000
Vanalar	Muh.		1000
Diğer			12000
TOPLAM			75300

Binanın yıllık ısı enerji ihtiyacının %30'unu karşılayacak güneş enerjisi tesisatının toplam maliyeti 75300 TL olarak bulunmuştur. Bu sadece güneş enerjisi ile ilgili kısımdaki tesisatta yer alan elemanların toplam tahmini maliyetidir. Dolayısıyla bu değer, ısıtma ve soğutma ile ilgili tüm tesisatın toplam maliyeti değildir.

Güneş enerjisi tesisatının kurulu olması halinde kazanda yakıttan belirli oranda tasarruf sağlanacaktır. Otelin yıllık toplam ısı ihtiyacı (Kullanım sıcak suyu, ısıtma ve Absorbsiyonlu soğutma makinasının kaynatıcısına verilmesi gereken toplam ısı) Kısım 2.2 de $Q_y=1061.8$ GJ olarak bulunmuştu. Buna göre otelin yıllık ısı enerji gereksiniminin %30'u ($fQ_y=318.54$ GJ) güneş enerjisi tesisatından, geriye kalan 743.26 GJ'lük bölümü ise kazan destekli yardımcı ısıtıcıdan karşılanacaktır.

Yakıt olarak fuel-oil 4 (kalorifer yakıtı) ve doğal gaz kullanım halleri için geri ödeme süreleri ayrı ayrı hesaplanarak karşılaştırma yapılacaktır.

Antalya'da Fuel-oil 4 kalorifer yakıtının güncel birim fiyatı 2.55 TL/kg olarak göz önüne alınmıştır. Alt ısı değeri 9700 kcal/kg, verim %81 alınırsa Fuel-oil 4 yakıtının birim enerji maliyeti 77.64 TL/GJ

olmaktadır. Yakıttaki tahmini yıllık fiyat artışı, son yıllardaki akaryakıt fiyat artışı istatistiklerinin incelenmesi sonucu, %20 olduğu kabul edilecektir.

Antalya'da doğal gazın birim fiyatı 0.63 TL/m^3 veya birim enerji maliyeti 16.7 TL/GJ olarak göz önüne alınacaktır. Doğal gazdaki tahmini yıllık fiyat artışının da %18 olduğu kabul edilecektir.

Ek ısıtma için kazandan sağlanan ısısal enerjinin yıllık maliyeti, fuel-oil 4 kalorifer yakıtının kullanılması halinde $743.26 \times 74.64 = 57706.7 \text{ TL}$; doğal gaz kullanılması halinde $743.26 \times 16.7 = 12412.44 \text{ TL}$ ve elemanlarının yıllık elektrik maliyeti yaklaşık olarak 200 TL olarak belirlenmiştir. Buna göre güneş enerjisi tesisatının ilk yıl için toplam maliyeti fuel-oil 4 yakıtı kullanılması halinde $C_s = 133206.7 \text{ TL}$; doğal gaz kullanılması halinde $C_s = 87912.44 \text{ TL}$ olarak hesaplanmıştır.

Buna göre otelin yıllık toplam ısısal enerji ihtiyacının %30'unu karşılayacak güneş enerjisi tesisatının geri ödeme süresi

$$N_p = \frac{\ln \left[\frac{C_s i_F}{f Q_y C_{F1}} + 1 \right]}{\ln(1 + i_F)} \quad (7)$$

formülü [25] yardımıyla, yakıt olarak fuel-oil 4 kullanılması halinde 4 yıl; doğal gaz kullanılması halinde ise 8.34 yıl olarak bulunmuştur.

Burada, N_p geri ödeme süresi, C_s güneş enerjisi tesisatının toplam (ilk yatırım) maliyeti (TL), i_F yakıt fiyatındaki enflasyon oranı, f güneş enerjisinden yıllık faydalanma oranı, Q_y yıllık toplam ısısal yük (GJ), C_{F1} yakıtın birim enerji maliyeti (TL/GJ) dir.

Güneş enerjisi destekli absorpsiyonlu sistemleri değerlendirirken ve diğer konvansiyonel sistemlerle karşılaştırırken, ozon tabakasına zarar vermeme ve küresel ısınma açısından ekolojik sisteme zarar vermeme yönlerinden çevre dostu özelliklerini de dikkate almak gerekir. Ayrıca otel uygulamaları için güneş enerjisi destekli absorpsiyonlu ısıtma-soğutma sistemleri sessiz ve güvenilir soğutma sağlamaları açısından da avantajlıdır.

SONUÇ

Bu çalışmada temiz ve yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisi destekli ısıtma ve absorpsiyonlu soğutma uygulamasıyla Antalya ilindeki elli yataklı bir otelin yaz ve kış şartlarında iklimlendirilmesi ve sıcak su gereksinimini karşılayacak bir sistem teorik olarak incelenmiştir. Bu amaçla öncelikle Antalya ili için güneş ışınımı ve meteorolojik veriler ile otelin ısıtma, soğutma ve sıcak su ısısal yük değerleri hesaplanarak sunulmuştur. Isıtma çevrimi için sıvı dolaşımli aktif güneş enerjili ısıtma sistemi, soğutma için ise Lityum bromür-su akışkan çifti kullanan soğutma sistemi tasarlanmıştır. Bu sistemlere ek olarak otelin sıcak su ihtiyacını karşılayan güneş enerjili su ısıtma sistemi de bu sistemlerin yanında yer almaktadır. Yıllık faydalanma oranı %30 seçildiğinde 102 m^2 lik toplam toplayıcı alanı bulunmuştur. Bu durumda 1.9 m^2 lik toplayıcılardan 54 adet gereklidir. Toplayıcı alanına göre yıllık faydalanma oranının değişimi verilmiştir. Ayrıca otel binasının yıllık ısısal enerji ihtiyacının %30'unu güneş enerjisinden karşılayacak güneş enerjisi tesisatının toplam maliyeti 75300 TL ve geri ödeme süresi, yakıt olarak fuel-oil 4 kalorifer yakıtı kullanılması durumunda 4 yıl; doğal gaz kullanılması halinde ise 8.34 yıl olarak bulunmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] Pastakkaya, B., Ünlü, K. ve Yamankaradeniz, R., Isıtma ve soğutma uygulamalarında güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu sistemler, TTMD Dergisi, 57, 25-32, 2008.
- [2] Yamankaradeniz, R., Horuz, İ. ve Coşkun, S., Soğutma tekniği ve uygulamaları, Vipaş A.Ş., Bursa, 2002.
- [3] Syed, A., Izquierdo, M., Rodriguez, P., Maidment, G., Missenden, J., Lecuona, A. ve Tozer, R., A novel experimental investigation of a solar cooling system in Madrid, International Journal of Refrigeration, vol. 28, 859-871, 2005.
- [4] Li, Z. F. ve Sumathy, K., Technology development in the solar absorption air-conditioning systems, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 4, 267-293, 2000.
- [5] Butz, L. W., Beckman, W. A. ve Duffie, J. A., Simulation of a solar heating and cooling system, Solar Energy, vol. 16, 129-136, 1974.
- [6] Eğrican, N. ve Yigit, A. Simulation of an absorption cooling system, Energy, vol. 17, 593-600, 1992.
- [7] Li, Z. F. ve Sumathy, K., Simulation of a solar absorption air conditioning system, Energy Conversion and Management, vol. 42, 313-327, 2001.
- [8] Eğrican, N., The second law analysis of absorption cooling cycles, Heat Recovery Systems and CHP, vol. 8, 549-558, 1988.
- [9] Karakaş, A., Eğrican, N. ve Uygur, S., Second law analysis of solar absorption-cooling cycles using lithium bromide/water and ammonia/water as working fluids, Applied Energy, vol. 37, 169-187, 1990.
- [10] Kaynaklı, O. ve Yamankaradeniz, R., Thermodynamic analysis of absorption refrigeration system based on entropy generation, Current Science, vol. 92, 472-479, 2007.
- [11] Kılıç, M. ve Kaynaklı, O., Second law based thermodynamic analysis of water-lithium bromide absorption refrigeration system, Energy, vol. 32, 1505-1512, 2007.
- [12] Florides G. A., Kalogirou S. A., Tassou S.A. ve Wrobel L. C. Modelling and simulation of an absorption solar cooling system for Cyprus, Solar Energy, Vol. 72, No 1, 43-51, 2002.
- [13] Florides G. A., Kalogirou S. A., Tassou S.A. ve Wrobel L. C. Modelling, simulation and warming impact assessment of a domestic-size absorption solar cooling system, Applied Thermal Engineering, Vol. 22, 1313-1325, 2002.
- [14] Hawlader M. N. A., Noval, K.S. ve Wood, B. D., Unglazed collector/regenerator performance for a solar assisted open cycle absorption cooling system, Solar Energy, Vol. 50, No 1, 59-73, 1993.
- [15] Ghaddar, N. K., Shihab, M. ve Bdeir, F. Modelling and simulation of solar absorption system performance in Beirut, Renewable Energy, Vol. 10, No 4, 539-558, 1997.
- [16] Kalogirou S. A., Solar Energy Engineering, Academic Press, 2009.
- [17] Şahin, T., izmir ili için jeotermal kaynaklı absorpsiyonlu soğuk oda tasarımı, Yüksek lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.
- [18] Kent, E. F. Ve Kaptan, İ. N., Kayseri ilindeki elli yataklı bir otel binası için güneş enerjisi destekli sıcak su ve ısıtma uygulaması, YEKS 2009, Kayseri, 2009.
- [19] Kent, E. F. Ve Kaptan, İ. N., Kayseri ilindeki elli yataklı bir otel binası için güneş enerjisi destekli sıcak su ve ısıtma uygulaması, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı 116, 20-27. 2010.
- [20] ASHRAE Temel El Kitabı (Fundamentals), Editör O.F. Genceli, Tesisat Mühendisleri Derneği, 1996.
- [21] Carrier Hava Koşullandırma Sistem Tasarımı, Cilt 1, Alarko Yayınları, 2004.
- [22] Karakoç, T. H., KTH Kalorifer Tesisatı Hesabı, Demirdöküm Teknik Yayınları, 2006.
- [23] Kılıç, A. ve Öztürk, A., Güneş Işınımı ve Düz Toplayıcılar, SEGEM, 1984.
- [24] Kılıç, A. ve Öztürk, A., Güneş Enerjisi, Kipaş Dağıtımcılık, 1983.
- [25] Duffie, J. A. ve Beckman, W. A., Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley&Sons, Inc., 1991.
- [26] Goswami, D. Y., Kreith, F. ve Kreider, J. F., Principles of Solar Engineering, Taylor&Francis, 2000.
- [27] ASHRAE, Active Solar Heating Systems Design Manual, 1988.

ÖZGEÇMİŞ

Emin Fuad KENT

1965 yılı İstanbul doğumludur. 1986 yılında İTÜ Makina Fakültesi'ni bitirmiş, aynı Üniversiteden 1988 yılında Yüksek Lisans ve 1994 yılında Doktor ünvanını almıştır. 1987-1996 Yılları arasında Araştırma Görevlisi, 1996-2002 yıllarında Yardımcı Doçent, 2002-2010 arasında Doçent olarak İTÜ Makina Fakültesi Termodinamik ve Isı Tekniği Anabilim Dalında görev yaptıktan sonra, 2010 yılında aynı üniversitede Profesör olmuştur. Ağustos 1993-Şubat 1994 arasında, TÜBİTAK bursu ile, Poitiers Üniversitesinde (Fransa), Şubat 1994-Nisan 1994 arasında Delft Teknoloji Üniversitesinde (Hollanda), Kasım 1994 de, British Council İstanbul desteğiyle Swansea Üniversitesi (UK) da, Şubat 1997'de, TÜBİTAK Doktora sonrası bursu ile, Leigh Üniversitesinde (ABD) ve Ağustos 2001'de, İTÜ Öğretim üyelerini uzun süreli destekleme programı kapsamında, Von Karman Enstitüsünde (Belçika) ve 2011 Haziran Eylül ayları arasında, İTÜ Öğretim üyelerini uzun süreli destekleme programı kapsamında, DTU Danimarka Teknik Üniversitesi, Akışkanlar mekaniği bölümünde misafir araştırmacı olarak ileri akım görüntüleme teknikleri konusunda çalışmalarda bulunmuştur. Akım görüntüleme yöntemleri, Isı pompaları, Absorbsiyonlu soğutma sistemleri ve Doğal taşıyım konularında çalışmaktadır.

E-mail:kente@itu.edu.tr

Adres: İTÜ Makina Fakültesi, İnönü Cad. No:87 34437 Gümüşsuyu, İstanbul.