

# Güneş Enerjisinin Duyulur Isı Olarak Depolanabilirliği

Ahmet CAN  
Berrin KARAÇAVUŞ\*

## Özet

Güneş enerjisinin gece-gündüz değişimlerinden etkilenmeyecek şekilde toprak altında depolanarak sıcak su ihtiyacının karşılanması, deneysel olarak araştırılmıştır. Bu amaçla toplayıcılarla absorplanan güneş enerjisinin, toprağın altına yerleştirilmiş silindirik ısı depolama ünitesine aktarıldığı ısıtma sistemi tesis edilmiştir. Türkiye'de Edirne ilinde ( 41° 39 ' 54'' N ) güneş enerjisinin depolanarak, enerji üretimi ve tüketimi arasındaki farkı dengeleyecek biçimde başka bir zaman diliminde kullanılması, bu yöntemin dikkate değer enerji tasarrufu sağlayacağını göstermiştir.

Deneysel çalışma esnasında, güneş enerjisi depolama ünitesi ve çevresi toprak içinde sıcaklıklar ölçülmüştür. Sıcaklık ortalamalarının aylara göre değişimi verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Güneş enerjisi, Güneş enerjisi depolama, Güneş enerjisi ile ısıtma.

## 1. GİRİŞ

Günümüzde artan enerji tüketimine karşılık yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi giderek artmaktadır. Endüstriyel tesislerde ve konutlarda enerji ihtiyacı kullanıma bağlı olarak zaman içinde değişim göstermektedir. Bina sektöründe enerjinin yaklaşık % 50 değerinde kullanıldığı günümüzde; enerji ihtiyacını sınırlamak, binalarda enerji ihtiyacını azaltmak ve yenilenebilir enerjilerinin kullanım oranını arttırmak üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Güneş enerjisinin kullanılmasında, yani düşük sıcaklıklı ısı üretiminde depolama üzerine geliştirilmiş bilginin bugünkü düzeyi yönünden spesifik ısı kapasitesinin ve dönüşüm ısısının kullanılması yöntemleri ağırlıklı olarak öne çıkmaktadır.

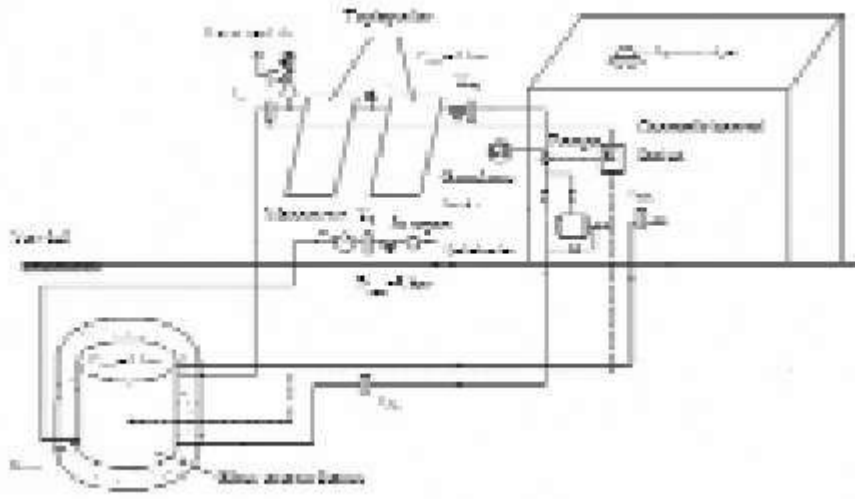
Güneş enerjisinin yer altında ısı enerjisi şeklinde depolanması ile ilgili olarak bugüne kadar çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Lund ve Östmann, güneş

enerjisinin toprak altında bulunan silindirik bir ısı değiştiricisine aktarılması ve ısıtma mevsimlerinde ısı pompası desteği ile konutların ısıtılmasında ısı depolama tesisatının performansının hesaplanması için sayısal bir model geliştirmiştir [1]. Brunström, güneş toplayıcıları, kaya mağaralar, konutlar ve yardımcı ısıtma sisteminden oluşan bir ısıtma sistemini İsveçli Lykebo'da kurmuş ve kurduğu sistem üzerinde ölçümler yapmıştır [2]. İnallı, yer altında bulunan silindirik depo ile güneşli ısıtma sisteminin teorik analizini yapmıştır. Depo çevresinde sıcaklık dağılımı iki boyutlu olarak alınmıştır. Isı transferi problemi, sonlu kompleks fourier dönüşüm tekniği ve sonlu farklar metodu uygulanarak çözülmüştür [3]. Yumrutaş ve Ünsal, küresel bir tank içerisinde mevsimlik enerji depolamalı ve ısı pompalı bir konut ısıtma sisteminin analizini yapmışlardır [4].

Bu çalışmada, duyulur ısı depolama maddesi ola-

\*Prof. Dr., Trakya Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü

\*\*Araştırma Görevlisi, Trakya Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü



Şekil 1. Sistem tesisat şeması

rak depo içinde su, depo dışında kum kullanılmak üzere güneş enerjisinin depolandığı bir sistem kurulmuştur. Depo yer altına yerleştirilmiştir. Deneysel çalışma esnasında silindirik ısı depolama ünitesinde, çevresinde ve toprak içinde sıcaklıklar ölçülmüştür.

## 2. DENEY TESİSATININ TANITIMI

Deney tesisatı, güneş enerjisi absorptörleri ve ısı depolama ünitesi olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Güneş enerjisi absorptör ünitesi 4 m<sup>2</sup>'lik absorber yüzeyine sahip vakum borulu kolektörlerden oluşmaktadır. Güneş enerjisi depolama ünitesi yer altına yerleştirilmiş olup silindirik depo ve etrafına doldurulmuş kum hacminden oluşmaktadır. Etrafındaki kum ile beraber ünitenin çapı 1350 mm, yüksekliği 1400 mm'dir. Güneş enerjisi depolama ünitesi, çapı 650 mm ve yüksekliği 700 mm olarak imal edilmiştir. Silindirik ısı depolama ünitesinin yeryüzüne olan mesafesi 400

mm'dir. Güneş enerjisi depolama ünitesi 50 mm, sisteme ait bağlantı boruları 9 mm'lik elastomerik kauçuk köpüğü ile yalıtılmıştır. Sistemin tesisat şeması Şekil 1'de verilmiştir.

Güneş enerjisi toplama ünitesi kolektörlerde % 25 Etilen Glikol ve % 75 Su karışımı şeklindeki absorptör akışkan ile toplanan enerji, yer altında bulunan ısı depolama ünitesine 1 numaralı ısı değiştiricisi aracılığı ile aktarılmaktadır. Güneş enerjisi deposu içinde ısı depolama maddesi bulunmaktadır. Şekil 2'de güneş enerjisi depolama ünitesine ait elemanlar ve Tablo 1'de ısı değiştiricilerinin karakteristikleri verilmiştir.

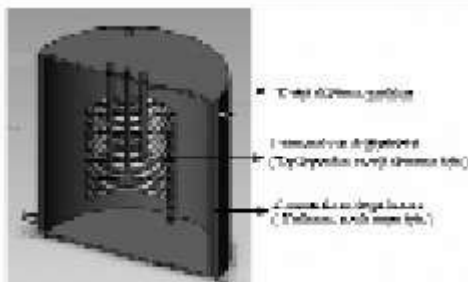
Sıcak su ihtiyacını karşılamak üzere düzenlenen 2 numaralı ısı değiştirici şebeke suyu ile bağlantılıdır.

## 3. ÖLÇÜMLER

Silindirik ısı depolama ünitesinin yer altındaki konumu şematik olarak Şekil 3'te verilmiştir. ısı depolama ünitesi ve çevresindeki sıcaklıkların değişimi geçici rejimde iki boyutlu olarak belirlenmiştir.

Deneyler esnasında yapılan ölçümler üç grupta toplanmaktadır. Birinci grup, toplayıcı ile ilgili ölçümlerdir. Sırası ile toplayıcı çıkış sıcaklığı  $T_{cç}$ , toplayıcı giriş sıcaklığı  $T_{cg}$  ve toplayıcıda dolaşan ısı taşıyıcı akışkanının güneş enerjisi deposundan çıkış sıcaklığı  $T_{dç}$  ölçülmüştür.

İkinci grup ölçümler ise, yatay yüzeye gelen güneş ışınımı  $I$ , dış hava sıcaklığı  $T_0$ , rüzgar hızı  $VR$



Şekil 2. Güneş enerjisi deposu elemanları

Tablo 1. Güneş enerjisi depolama ünitesindeki ısı değiştiricilerinin karakteristikleri

Yatay	Dikey	Dikey
$T_{cç}$	$T_{cg}$	$T_{dç}$

Ölçüm Noktası	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	0	0	0
2	0	0	0,5
3	0	0	1,0
4	0	0	1,5
5	0	0	2,0
6	0	0	2,5
7	0	0	3,0
8	0	0	3,5
9	0	0	4,0
10	0	0	4,5
11	0	0	5,0
12	0	0	5,5
13	0	0	6,0
14	0	0	6,5
15	0	0	7,0
16	0	0	7,5
17	0	0	8,0
18	0	0	8,5
19	0	0	9,0
20	0	0	9,5
21	0	0	10,0
22	0	0	10,5
23	0	0	11,0
24	0	0	11,5
25	0	0	12,0
26	0	0	12,5
27	0	0	13,0
28	0	0	13,5
29	0	0	14,0
30	0	0	14,5
31	0	0	15,0
32	0	0	15,5
33	0	0	16,0
34	0	0	16,5
35	0	0	17,0
36	0	0	17,5
37	0	0	18,0
38	0	0	18,5
39	0	0	19,0
40	0	0	19,5
41	0	0	20,0
42	0	0	20,5
43	0	0	21,0
44	0	0	21,5
45	0	0	22,0
46	0	0	22,5
47	0	0	23,0
48	0	0	23,5
49	0	0	24,0
50	0	0	24,5
51	0	0	25,0
52	0	0	25,5
53	0	0	26,0
54	0	0	26,5
55	0	0	27,0
56	0	0	27,5
57	0	0	28,0
58	0	0	28,5
59	0	0	29,0
60	0	0	29,5
61	0	0	30,0
62	0	0	30,5
63	0	0	31,0
64	0	0	31,5
65	0	0	32,0
66	0	0	32,5
67	0	0	33,0
68	0	0	33,5
69	0	0	34,0
70	0	0	34,5
71	0	0	35,0
72	0	0	35,5
73	0	0	36,0
74	0	0	36,5
75	0	0	37,0
76	0	0	37,5
77	0	0	38,0
78	0	0	38,5
79	0	0	39,0
80	0	0	39,5
81	0	0	40,0
82	0	0	40,5
83	0	0	41,0
84	0	0	41,5
85	0	0	42,0
86	0	0	42,5
87	0	0	43,0
88	0	0	43,5
89	0	0	44,0
90	0	0	44,5
91	0	0	45,0
92	0	0	45,5
93	0	0	46,0
94	0	0	46,5
95	0	0	47,0
96	0	0	47,5
97	0	0	48,0
98	0	0	48,5
99	0	0	49,0
100	0	0	49,5

Tablo 2. Ölçüm noktaları koordinatları

Ölçüm Noktası	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	0	0	0
2	0	0	0,5
3	0	0	1,0
4	0	0	1,5
5	0	0	2,0
6	0	0	2,5
7	0	0	3,0
8	0	0	3,5
9	0	0	4,0
10	0	0	4,5
11	0	0	5,0
12	0	0	5,5
13	0	0	6,0
14	0	0	6,5
15	0	0	7,0
16	0	0	7,5
17	0	0	8,0
18	0	0	8,5
19	0	0	9,0
20	0	0	9,5
21	0	0	10,0
22	0	0	10,5
23	0	0	11,0
24	0	0	11,5
25	0	0	12,0
26	0	0	12,5
27	0	0	13,0
28	0	0	13,5
29	0	0	14,0
30	0	0	14,5
31	0	0	15,0
32	0	0	15,5
33	0	0	16,0
34	0	0	16,5
35	0	0	17,0
36	0	0	17,5
37	0	0	18,0
38	0	0	18,5
39	0	0	19,0
40	0	0	19,5
41	0	0	20,0
42	0	0	20,5
43	0	0	21,0
44	0	0	21,5
45	0	0	22,0
46	0	0	22,5
47	0	0	23,0
48	0	0	23,5
49	0	0	24,0
50	0	0	24,5
51	0	0	25,0
52	0	0	25,5
53	0	0	26,0
54	0	0	26,5
55	0	0	27,0
56	0	0	27,5
57	0	0	28,0
58	0	0	28,5
59	0	0	29,0
60	0	0	29,5
61	0	0	30,0
62	0	0	30,5
63	0	0	31,0
64	0	0	31,5
65	0	0	32,0
66	0	0	32,5
67	0	0	33,0
68	0	0	33,5
69	0	0	34,0
70	0	0	34,5
71	0	0	35,0
72	0	0	35,5
73	0	0	36,0
74	0	0	36,5
75	0	0	37,0
76	0	0	37,5
77	0	0	38,0
78	0	0	38,5
79	0	0	39,0
80	0	0	39,5
81	0	0	40,0
82	0	0	40,5
83	0	0	41,0
84	0	0	41,5
85	0	0	42,0
86	0	0	42,5
87	0	0	43,0
88	0	0	43,5
89	0	0	44,0
90	0	0	44,5
91	0	0	45,0
92	0	0	45,5
93	0	0	46,0
94	0	0	46,5
95	0	0	47,0
96	0	0	47,5
97	0	0	48,0
98	0	0	48,5
99	0	0	49,0
100	0	0	49,5



Şekil 3. Isı depolama ünitesinin yeraltındaki durumu

değerleri ile ilgili ölçümler olmuştur.

Üçüncü grup ölçümleri, ısı depolama ünitesi ve çevresindeki sıcaklık değerleri oluşturmuştur. Ölçüm noktalarının koordinatları Tablo 2'de verilmiştir.

#### 4. YER ALTINDA BULUNAN SİLİNDİRİK ISI DEPOLAMA ÜNİTESİ VE ÇEVRESİNDE AYLIK SICAKLIK ORTALAMA DEĞERLERİ

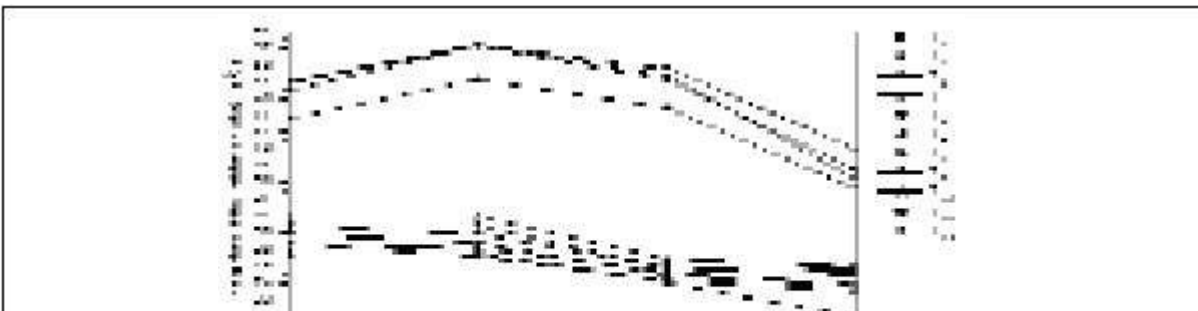
Isı depolama ünitesi içindeki suyun ve çevresindeki kumun sıcaklık ortalama değerlerinin aylara göre değişimi, Şekil 4'te grafik olarak verilmiştir. Genel olarak 3 numaralı ölçüm noktasındaki depo su

sıcaklığı en düşük değerdedir. Depo merkezinden (1 numaralı ölçüm noktasından) z yönünde derinlere gidildikçe ortalama depo su sıcaklık değerleri düşmektedir. 2005 Eylül ve Ekim aylarında, depo civarındaki toprak ve dış hava sıcaklık değerleri düştüğünden 1 numaralı ölçüm noktasındaki sıcaklık en yüksek değerdedir. Bunun sebebi ise 1 numaralı ölçüm noktasının deponun merkezinde olması ve dolayısı ile ısı kaybından çok etkilenmemesidir.

Depo merkezine r yönünde daha yakın alt ve üst yüzeydeki kum sıcaklıkları daha yüksek değerler almaktadır. Bunun sebebi ise hem yan yüzlerden daha fazla ısı kaybı olması hem de dış gömlek şeklindeki ısı değiştiricisine daha uzak olmasıdır. Depo su sıcaklığının artması ile r yönünde merkezde daha yakın noktadaki kum sıcaklık değerleri artış göstermektedir. Yanal yüzlerden daha fazla ısı kaybı

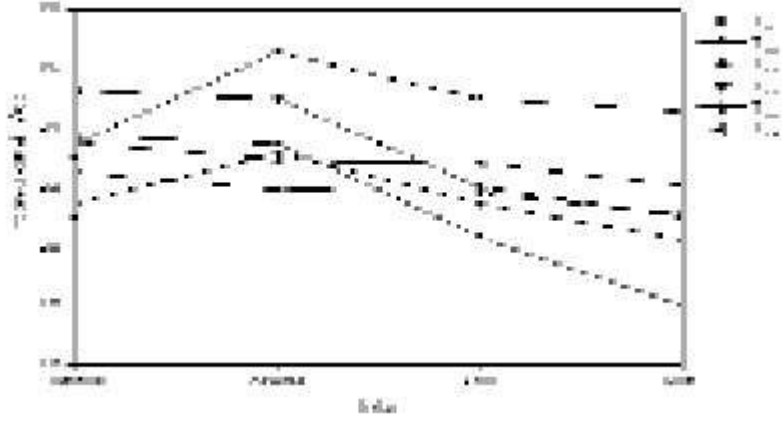
olması nedeni ile genel olarak yan yüzlerdeki kum sıcaklıkları daha düşük değerlerdedir.

Isı depolama ünitesi ve civarındaki ortalama toprak sıcaklıklarının aylara göre değişimi Şekil 5'te verilmiştir. Isı depolama ünitesinin alt yüzündeki toprak sıcaklıkları, üst yüzündeki toprak sıcaklıklarına göre daha yüksek değerlerdedir. Bunun sebebi ise, toprak üst yüzeyinden rüzgar hızına bağlı olarak taşınım ile dış havaya olan ısı kaybıdır. 2005 Ağustos ayında güneş enerjisi depolama ünitesindeki su sıcaklık değerlerinde artış kaydedilmiştir. Depolama ünite

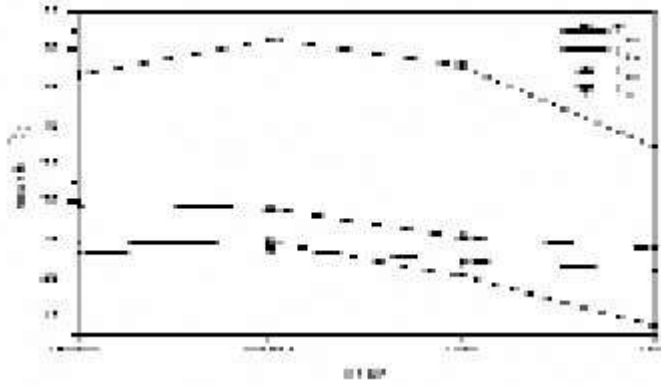




Şekil 4. Isı depolama ünitesinde aylık ortalama sıcaklıklar



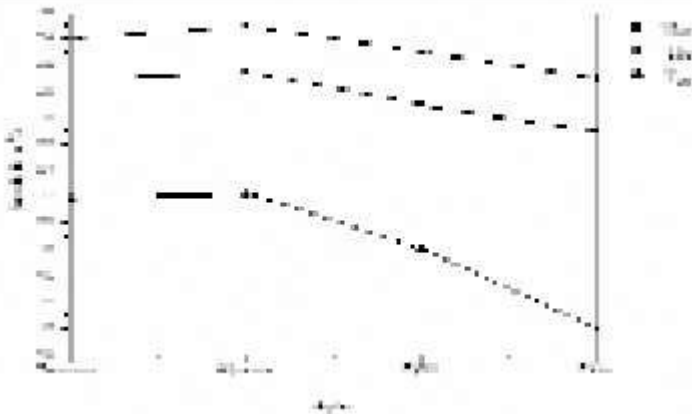
Şekil 5. Isı depolama ünitesi civarındaki toprak sıcaklıkları



Şekil 6. Ortalama sıcaklık değerlerinin aylara göre değişimi

sinden olan ısı kaybının artmasıyla yanal yüzlerdeki toprak sıcaklıklarında en yüksek değerlere ulaşılmıştır.

Depolama ünitesindeki sıcaklıkların ortalama değerlerinin aylara göre değişimi Şekil 6'da verilmiştir. Dış hava ortalama sıcaklık değerlerinin



düşmesi ile toplayıcılarda absorplanan güneş enerjisi miktarı azalmaktadır. Buna bağlı olarak depolama ünitesindeki su sıcaklık değerleri daha düşük ölçülmektedir. Kumda ve topraktaki sıcaklıkların ortalama değerleri ise bu değişimden daha az etkilenmektedir.

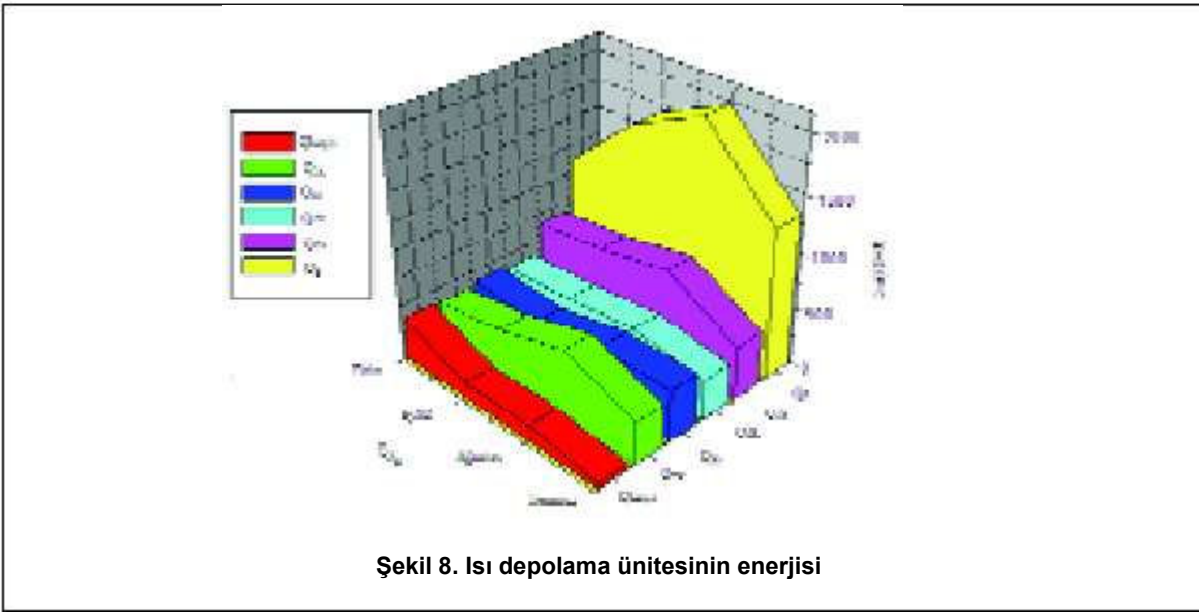
Geceleri saat 23 00'te depolama ünitesi çevresindeki kum içinde, toprakta ve dış havadaki sıcaklıkların ortalama değerlerinin aylara göre değişimi Şekil 7'de verilmiştir.

Isı depolama ünitesinin enerji değerleri Şekil 8'de verilmiştir. 2005 Eylül ve Ekim aylarında topraktan sağlanan kazanç artmıştır. Isı depolama ünitesinden olan ısı kaybı 2005 Ağustos ayında maksimum değerleri almıştır. Bunun sebebi depo su sıcaklık değerlerinin bu ay içinde en yüksek değerlere ulaşılmasıdır.

şılmasıdır.

## 5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Silindirik ısı depolama ünitesi ve civarındaki sıcaklıklar, tamamı ile ısı depolama ünitesine aktarılan enerji ve dolayısı ile dış hava sıcaklığı, ışınım, ısı depolama ünitesinden sıcak su kullanımıyla çekilen enerjinin ve ısı kaybının fonksiyonudur. Depo dışındaki kuma, toprağa olan ısı kaybı azalmaktadır. Gece saatlerinde yüksek depo su sıcaklıklarında etraftaki kuma ve toprağa ısı geçişi artmaktadır. Depo dışında gömlek şeklinde düzenlenen ısı değiştiricisinden kullanım suyu dolaştırılarak toprağın ve kumun enerjisinden verimli şekilde faydalanılmıştır. Bunun sonucunda sirkülasyon pompasının sabahın daha erken saatlerinde devreye girdiği tespit edilmiştir.



Güneş enerjisi deposunun yeryüzünde olduğu durumda geceleri dış hava sıcaklık değerlerinin düşmesinden ötürü daha fazla ısı kaybı olacaktır. Kurulan sistemde, özellikle gece saatlerinde sıcak su kullanımı ile enerji çekilmesi durumunda, depodan kum ve toprağa olan ısı kaybı da bir ölçüde değerlendirilmiş olur.

Sonuç olarak, Türkiye Edirne ilinde (41° 39' 54" N) güneş enerjisinin maddelerin spesifik ısı kapasitesinden yararlanarak yer altında toprakta ısı şeklinde depolanabileceği tespit edilmiştir. Bununla ilgili olarak tüketilmek üzere gereksinim duyulan ısı enerjisinin önemli bir bölümünün depolanan enerjiden sağlanabileceği anlaşılmıştır. Diğer bir anlamıyla enerjiye gereksinimin az olduğu an güneş enerjisinin depolanabileceği ve başka bir zaman diliminde kullanılmasıyla dikkate değer enerji tasarrufu sağlanabileceği anlaşılmıştır.

## KAYNAKLAR

- 1- Lund, P. D., Östmann, M. B., A numerical model for seasonal storage of solar heat in the ground by vertical pipes, Solar Energy 34(4), pp. 351-366, 1985
- 2- Brunström, C., Larson, M., Holst, P., Zinko, H., Hillström, C.G., The Lyckebo Project a Swedish Central Solar Heating Plant with Seasonal Storage, Report no. UL-FUD-B 85: 13, 1985
- 3- İnallı, M., Design parameters for a solar heating System with an underground cylindrical tank, Energy 23(12), pp. 1015-1027, 1998
- 4- Yumrutaş, R., Ünsal, M., Analysis of solar aided heat pump system with seasonal thermal energy storage in surface tanks, Energy 25(2000), pp. 1231-1243, 2000

<b>SEMBOLLER</b>	<b>İNDİSLER</b>
<i>C</i> spesifik ısı kapasitesi	<i>c<sub>g</sub></i> kollektör giren
<i>D</i> çap	<i>cç</i> kollektör çıkan
<i>L</i> yeryüzüne olan mesafe	<i>dç</i> depo çıkan
<i>P</i> basınç	<i>h</i> hidrolik
<i>Q</i> enerji	<i>ko</i> kum ortalama
<i>t</i> zaman	<i>p</i> sabit basınç
<i>T</i> sıcaklık	<i>so</i> su ortalama
<i>w</i> sarım adım aralığı	<i>0o</i> dış hava ortalama
	<i>to</i> toprak ortalama
	<i>ds</i> depolanan su
	<i>dk</i> depolanan kum
	<i>g</i> giren
	<i>kzç.t</i> topraktan kazanç
	<i>KS</i> kullanım suyu
	<i>TK</i> toplam kayıp