

ÜRE VE BORAKS ÇÖZELTİLİ GÜNEŞ HAVUZLARININ ISI DEPOLAMA KARAKTERİSTİKLERİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Hüseyin KURT, Mehmet ÖZKAYMAK, Emrah DENİZ

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, 78050/Karabük

Geliş Tarihi : 08.06.2005

ÖZET

Güneş havuzları, güneş enerjisini toplayan ve depolayan düşük maliyetli basit bir sistemdir. Yapılan bu çalışmada, güneş havuzunda, farklı yoğunluklara sahip üre ve boraks çözeltilerinin doğal ortamda ısı depolama karakteristikleri deneysel olarak incelenmiştir. Havuz içerisinde farklı konsantrasyonlarda yoğunluk gradyeni oluşturularak, sıcaklık ve yoğunluk gradyenlerindeki değişim dört farklı deneyde gözlemlenmiştir. Aynı dış ortam şartlarında üre çözeltili havuzda maksimum 28 °C depolama sıcaklığı ölçülürken, boraks çözeltili havuzda maksimum 36 °C depolama sıcaklığı ölçülmüştür. Havuz tabanı ile yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı, üre çözeltili havuzda 13 °C olurken, boraks çözeltili havuzda 17 °C olmuştur. Bu sonuçlara göre, boraks çözeltili havuzun ısı depolama karakteristiğinin, üre çözeltili havuzun ısı depolama karakteristiğinden daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Tuz tabakalı güneş havuzu, Üre ve boraks tuzu

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF HEAT STORAGE CHARACTERISTIC OF UREA AND BORAX SALT GRADIENT SOLAR PONDS

ABSTRACT

Salt gradient solar ponds are simple and low cost solar energy system for collecting and storing solar energy. In this study, heat storage characteristic of urea and borax solutions in the solar pond were examined experimentally. Establishing density gradients in different concentration, variations in the temperature and density profiles were observed in four different experiments. Maximum storage temperatures were measured as 28°C and 36 °C for the ponds with urea and borax solution, respectively. The temperature difference between the bottom and the surface of the pond were measured as 13 °C for urea and 17 °C for borax- solutions. According to these results, heat storage characteristic of the solar pond with borax solution was found to be better than urea solution.

Key Words : Salt gradient solar pond, Urea and borax solutions

1. GİRİŞ

Günümüzde insanlığın karşılaştığı ve birbiriyle çok sıkı bağımlı olan üç sorunu vardır. Bunlar, dünyada kullanılabilir fosil enerji kaynaklarının sınırlı olması,

fosil kökenli enerji kaynaklarının hızla azalması ve nüfus artışıyla birlikte çevrenin kirlenmesidir. Son yıllarda, bütün dünyada bu sorunların üstesinden gelebilmek amacıyla yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları konusunda yoğun bir çalışma gayreti olduğu görülmektedir. Güneş enerjisinin konut

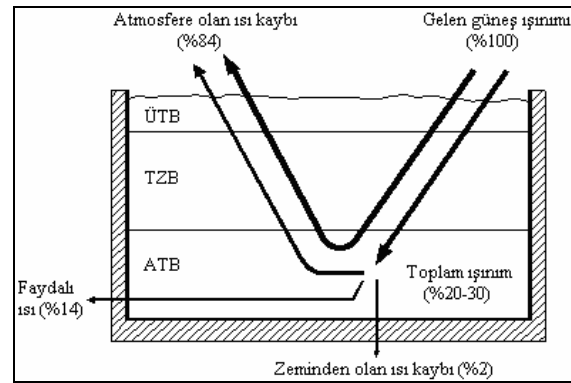
ısıtılmasından elektrik üretimine kadar geniş bir kullanım olanağına sahip olduğu yapılan çalışmalar ile ortaya konmuştur. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında ucuz, çevreyi kirletmeyen ve kolayca faydalanılabilen enerji kaynağı olarak güneş enerjisi dikkat çekmektedir. Ülkemiz, özellikle güney illerimiz güneşlenme potansiyeli bakımından zengin bir bölgede yer almaktadır. Sahip olunan bu potansiyelden optimum bir şekilde faydalanılması gerekir.

Güneş enerjisinden geniş ölçekli faydalanabilmek için güneş ışınımının iki temel karakteristiği olan düzensizlik ve düşük enerji yoğunluğu nedeniyle toplanması yanında uzun süre depolamayı gerektirmesi konusundaki problemlerin çözülmesi gerekmektedir. Düşük enerji yoğunluğu, çok büyük boyutlarda toplama aygıtı gerektirmektedir. Bundan dolayı güneş enerjisinden verimli bir şekilde faydalanabilmek için düşük maliyetli ve yüksek verimli toplayıcı ve depolayıcıların geliştirilmesi zorunlu hale gelmiştir.

Depolama, güneş enerjisinin kesintili olarak elde edilmesi nedeniyle güneş enerjisi uygulamalarının en kritik problemlerinden birisidir. Güneş enerjisi dönüşüm sistemlerinin enerji kayıpları nedeniyle depolama verimleri düşük olduğu gibi, elde edilen kullanılabilir enerjinin maliyeti de oldukça yüksektir. Düşük sıcaklık uygulamaları için depolama probleminin mantıklı çözümü, Şekil 1'de görüldüğü gibi yüzeyine gelen güneş ışınımının belirli bir kısmını toplayabilen ve topladığı bu ışınımı ısı enerjisi formunda uzun süre depolayabilen güneş havuzlarıdır. Yaz aylarında havuz depolama bölgesinde depolanan ısı, uzun süre muhafaza edilebildiğinden kış aylarında bu ısıdan faydalanılabilmesi açısından güneş havuzları ideal bir enerji depolama sistemleri olmaktadır. Güneş havuzlarında toplama ve depolama sistemleri arasında bir fark yoktur, her iki işlem aynı ortamda yapılmaktadır. Bu nedenle güneş havuzları, alternatif dönüşüm sistemlerine göre büyük bir avantaja sahiptir (Taşdemiroğlu, 1987; Kurt et al., 1998; 2000).

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda geliştirilen güneş havuzları, tuz tabakalı, zar örtülü, jel örtülü, bal peteği örtülü ve sıg güneş havuzları olmak üzere beş ayrı grupta incelenebilir (Özek ve ark., 2004). Bunlar arasında en geneli tuz tabakalı güneş havuzlarıdır (TTGH). Bu tip güneş havuzları, havuz içerisinde yapay olarak oluşturulan ve derinlikle artan bir tuz yoğunluk gradyeniye sahiptir. Havuzun tabanına kadar ulaşan güneş ışınımının soğurulmasıyla oluşan ısı enerjisinin başlatacağı taşınım hareketi bu yoğunluk gradyeni ile önlenir. Böylece, havuz tabanında soğurulan ışınım ısı

enerjisi olarak depolanabilmektedir. TTGH'lar genellikle üst taşınımlı bölge (ÜTB), taşınımsız ara bölge (TZB) ve alt taşınımlı bölge (ATB) olmak üzere farklı üç bölge içermektedir. ATB, tuz konsantrasyonunun en fazla olduğu bölge olup, sabit bir yoğunluğa sahiptir. Güneş enerjisi bu bölgede ısı enerjisi olarak depolandığı için bu bölge depolama bölgesi olarak da adlandırılabilir. ATB üzerinde, şeffaf yalıtıcı bir malzeme gibi hareket eden ve ÜTB'ye doğru azalan bir yoğunluk gradyeni içeren TZB bulunmaktadır. ÜTB, genellikle tuzsuz su ihtiva eden bölge olup, ince bir tabaka kalınlığına sahiptir (Taşdemiroğlu, 1987; Kurt et al., 1998; 2000).



Şekil 1. Tuz tabakalı güneş havuzunun fiziki yapısı.

Sodyum klorür (NaCl) çözeltisi içeren doğal güneş göllerinden esinlenerek, TTGH yoğunluk gradyeninin oluşturulmasında genel olarak NaCl tuzu kullanılmıştır. Daha sonraki yıllarda NaCl tuzunun kristalize olması nedeniyle yoğunluk gradyeninin oluşturulması ve sürekliliğinin sağlanması konusunda yaşanan problemler, araştırmacıları TTGH'nin en temel maddesi olan yeni tuz arayışına itmiştir. Yapılan çalışmalarla potasyum sülfat (K₂SO₄), potasyum nitrat (KNO₃), potasyum klorür (KCl), amonyum nitrat (NH₄NO₃), magnezyum klorür (MgCl₂), sodyum karbonat (Na₂CO₃) gibi farklı tuzların TTGH için uygun olup olmadığı ortaya konmuştur. Banat et al., (1994), 2 x 1 x 1 m. boyutlarında galvanizli sac'tan yapılan bir havuzda İsrail'de Ölü Denizden elde edilen karnalite adı verilen bir tuz çeşidini kullanarak TTGH'nin performansını incelemiştir. Havuz yüzey sıcaklığının 20 °C, dış ortam sıcaklığının ise 25 °C olduğu bir zamanda, havuzdan 50 °C depolama sıcaklığı elde edilmiştir. Pawar and Chapgaon (1995), 1x1x1.25 m. boyutlarında sac metalden yapılmış bir havuzda tarımsal gübre olarak bilinen üre (NH₂CO.NH₂) kullanılarak yoğunluk gradyeni oluşturulan bir TTGH'da sıcaklık ve yoğunluk profillerini incelemiştir. ÜTB ile ATB arasında 23 °C'lik sıcaklık farkı ölçülmüştür. Subhaker ve Murthy (1994), 1m çapında 0,7 m.

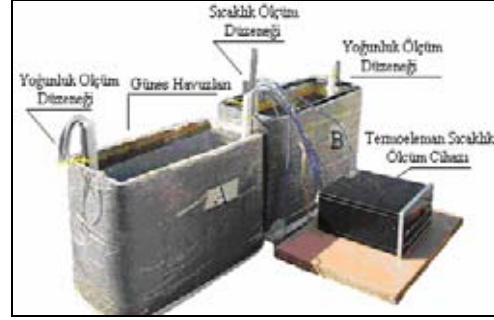
derinliğinde paslanmaz çelikten dairesel bir havuzda yoğunluk gradyeni $MgCl_2$ tuzu ile oluşturulmuş bir TTGH'da havuz yüzey sıcaklığı $30\text{ }^\circ\text{C}$ iken $55\text{ }^\circ\text{C}$ depolama sıcaklığı elde edilmiştir. Akoshile (1991), deney havuzu olarak 28 cm derinliğinde kilden yapılmış hiperbolik bir testiye kullanarak, yoğunluk gradyeni $NaCl$ ve $MgCl_2$ tuzlarından oluşturulmuş bir TTGH'da havuz yüzeyi ile tabanı arasında $20\text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık farkı ölçülmüştür. Bozdemir ve Kayalı (1987), $4.5 \times 4.5 \times 1.5$ m boyutlarında bir bahçe havuzuna benzer şekilde yapmış olduğu havuzda $NaCl$ tuzu kullanarak yapmış olduğu deneylerden yaz aylarında maksimum $60\text{ }^\circ\text{C}$ dolayında depolama sıcaklığı ölçmüştür. Aynı şekilde Ünal ve ark., (1998) uygulanabilir boyutlarda $10 \times 10 \times 2.5$ m. boyutlarında bir havuzda ağustos ayında $64\text{ }^\circ\text{C}$ depolama sıcaklığı elde etmişlerdir. Göktun (1983) laboratuvar ortamında güneş simülörü kullanarak, pleksiglas malzemeden $29 \times 19 \times 24$ cm boyutlarında bir havuzda KNO_3 tuzu kullanarak oluşturduğu bir TTGH'da $15\text{ }^\circ\text{C}$ 'lik sıcaklık farkı elde edilmiştir. Kurt (2000) laboratuvar şartlarında galvanizli sactan yapılmış $60 \times 50 \times 60$ cm boyutlarındaki bir havuzda Na_2CO_3 tuzunun TTGH'lar için uygun olup olmadığını incelemiş, havuzdan $12\text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık farkı elde etmiştir. Özkaymak (2004), aynı şekilde Na_2CO_3 tuzu kullanarak doğal ortamda $45 \times 20 \times 25$ cm. boyutlarında bir havuzda yapmış olduğu deneylerden ağustos ayında maksimum $49\text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ölçmüştür. Hassairi et al., (2001), yoğunluk gradyenini deniz suyu kullanarak oluşturdukları $2 \times 2 \times 1$ m. boyutlarındaki güneş havuzunda ağustos ayında $47\text{ }^\circ\text{C}$ depolama sıcaklığı elde etmişlerdir.

Bu çalışmada ise, yoğunluk gradyeni üre ve boraks kullanılarak oluşturulmuş küçük ölçekli bir TTGH'ın ısı depolama karakteristiği incelenmiştir. Deneyler sonucunda aynı şartlar altında ölçülen havuz depolama sıcaklığına göre, hangi tuzun güneş havuzunun yapısına daha uygun olduğu belirlenmiştir.

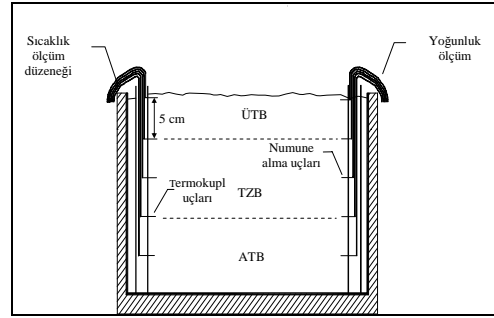
2. DENEYLER

Deneyler, Karabük'te 1-10 Eylül tarihlerde 10 günlük süre zarfında 08:00 ile 16:00 saatleri arasında, malzemesi cam olan $55 \times 35 \times 25\text{ cm}^3$ boyutlarında eşit hacme sahip iki adet havuzda yapılmıştır. Havuz tabanından ve yan yüzeylerinden meydana gelecek olan ısı kaybının mümkün olduğunca azaltılabilmesi amacıyla her iki havuzun yüzeylerine yalıtım yapılmıştır. Havuz tabanları 4 cm kalınlığında sytrafor ile, yan yüzeyleri önce 1 cm kalınlığında cam yünü ile cam yünü üzerine ise 2 cm

kalınlığında termoflex ile yalıtılmıştır. Havuzun tabanına kadar ulaşacak güneş ışınımının soğurulma oranını artırabilmek amacıyla havuz tabanları siyah mat boya ile boyanmıştır. Deneye hazır hale getirilmiş deney düzeneği Şekil 2'de, deney düzeneğinin şematik olarak görünümü ise Şekil 3'de görülmektedir.



Şekil 2. Deney düzeneği.



Şekil 3. Deney düzeneğinin şematik görünümü.

Havuzlarda sıcaklık ve yoğunluk ölçümünün yapılabilmesi için üzerinde 5 cm aralıklarla ölçüm noktaları belirlenmiş ince plastik borular, havuz yan yüzeylerine sabitlenmiştir. Borulardan biri üzerine sıcaklık ölçümünde kullanılan demir-konstantan termoelemanlar yerleştirilmiştir, diğerine ise yoğunluk ölçümünün yapılabilmesi için havuz içerisinden numune alabilecek serum hortumu uçları yerleştirilmiştir. Bir ucu havuz içerisinde diğer ucu havuz dışında olan serum hortumundan enjektörlerle havuzdan 5 cm aralıklarla numuneler alınarak 10 ml hacme sahip piknometreye doldurulmuştur. Önceden darası alınmış olan piknometrenin kütlesi, 0-310 gr aralığında ölçüm yapabilen Sartorius marka BP 310 P model hassas dijital bir terazide ölçülerek havuz yoğunluk dağılımı belirlenmiştir. Piknometrenin hassasiyeti $10\text{ ml} \pm 0.2\text{ ml}$, terazinin hassasiyeti ise $1\text{ gr} \pm 0.03\text{ mgr} - 50\text{ gr} \pm 0.1\text{ mgr}$ 'dir.

Havuzun sıcaklık dağılımı, havuz içerisinde beş ayrı noktadan demir-konstantan termoelemanlar ile doğrudan $^\circ\text{C}$ cinsinden ölçüm yapabilen Elimko, on iki kanallı sıcaklık ölçüm cihazıyla yapılmıştır. Deneylere başlamadan önce buz banyosu ortamında

0 °C'de termoelemanların doğruluğu kontrol edilmiştir. Havuz yüzeyine gelen ışınım şiddeti, 1500 W/m²'ye kadar ölçüm yapabilen ± % 1.5 hassasiyete sahip solar -130 tipi Haenni marka bir pironometre ile ölçülmüştür. Sıcaklık ve ışınım şiddeti ölçümleri gün içerisinde saatlik yapılırken, yoğunluk ölçümü günlük olarak yapılmıştır.

Havuzda derinlikle artan tuz yoğunluk gradyeni, farklı konsantrasyonlardaki çözeltilerin bir biri üzerine yerleştirilmesiyle oluşturulmuştur. Çözeltilerin doymuş hale gelebilmesi ve su içerisinde çözünmeyip asılı kalan partiküllerin dibe çökerek, berrak bir çözelti elde edilebilmesi amacıyla bir gün hazırlama kabında bekletilmiştir. Daha sonra ATB'den başlanılmak suretiyle havuz doldurulmaya başlanmıştır. Havuz tabanına 10 cm olarak seçilen ATB tabaka kalınlığı kadar yüksek konsantrasyonda çözelti doldurulmuştur. ATB üzerinde TZB, farklı konsantrasyonlarda ince tabakalar halinde, tabakaların bir birine karışmasını önlemek amacıyla, su yüzeyinde yüzebilen, tabanına küçük delikler açılmış küçük plastik bir kap içerisine bir hortum aracılığıyla çok küçük hızlarda akıtılarak dikkatli bir şekilde oluşturulmuştur. ÜTB ise, TZB'de olduğu gibi dikkatli bir şekilde tatlı su ile doldurularak havuz doldurma işlemi tamamlanmıştır. TZB tabaka kalınlığı 10 cm, ÜTB tabaka kalınlığı ise 5 cm olarak seçilmiştir. Kararlı bir yoğunluk gradyeninin oluşabilmesi için havuz doldurma işlemi tamamlandıktan sonra üç günlük bir bekleme süresini takiben deneylere başlanmıştır. Üre ile üç farklı yoğunluk gradyeni oluşturularak üç farklı deney yapılırken, boraksın suda çözünme oranının çok düşük olması nedeniyle bir deney yapılabilmektedir. Tablo 1'de deneylerde havuza doldurulan çözeltilerin yoğunluk dağılımının havuz derinliğiyle değişimi görülmektedir.

Tablo 1. Başlangıçta Havuza Doldurulan Çözelti Yoğunluğunun Havuz Derinliği ile Değişimi.

Derinlik (cm)	1. Deney (Üre)	2. Deney (Üre)	3. Deney (Üre)	4. Deney (Boraks)
	Yoğunluk (kg/m ³)	Yoğunluk (kg/m ³)	Yoğunluk (kg/m ³)	Yoğunluk (kg/m ³)
0	1000	1000	1000	1000
5	1025	1033	1050	1020
10	1050	1066	1100	1040
15	1075	1100	1150	1060
20	1075	1100	1150	1060

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

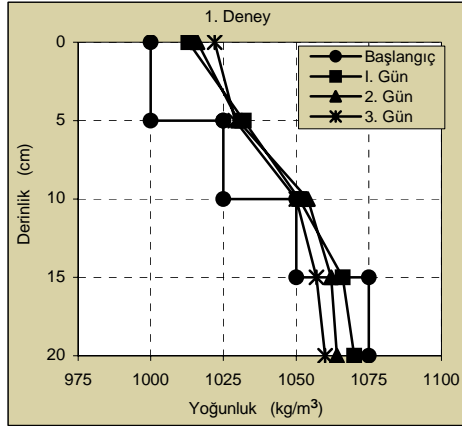
Deneylerde ölçülen yoğunluk ve sıcaklık değerleri havuz derinliğinin bir fonksiyonu olarak her bir deney için ayrı ayrı gösterilmiştir. Şekil 4, 5, 6 ve

Şekil 7'de havuz derinliğinin bir fonksiyonu olarak ölçülen havuz yoğunluk dağılımı verilmiştir. Başlangıç olarak seçilen değerler çözeltilerin havuza doldurulduğu değerlerdir. Şekillerden de görüldüğü gibi başlangıçta havuz içerisindeki yoğunluk profili merdiven basamağına benzer bir yapıya sahiptir. Havuz içerisinde kararlı bir yoğunluk gradyeninin oluşabilmesi için havuz doldurma işlemi tamamlandıktan sonra üç günlük bir bekleme süresini takiben deneylere başlandıktan dolayı birinci gün olarak seçilen değerler, havuz doldurulduktan sonraki dördüncü günün değerleri olmaktadır. Başlangıçta merdiven basamağına benzeyen yoğunluk profilleri zamanla havuz tabanından yüzeyine doğru kütle transferi nedeniyle lineer bir yapıya sahip olmuştur. Havuz tabanındaki yoğunluk değeri zamanla azalmakta, yüzeydeki yoğunluk değeri ise artmaktadır. Dolayısıyla başlangıçta havuz tabanı ile yüzeyi arasında oluşturulan yoğunluk gradyeninin değeri düşmektedir. Havuz tabanı ile yüzeyindeki yoğunluk değerleri kontrol altında tutulduğu müddetçe başlangıçta oluşturulan yoğunluk gradyeninin büyüklüğü korunabilecek ve havuz kararlı bir şekilde çalışabilecektir.

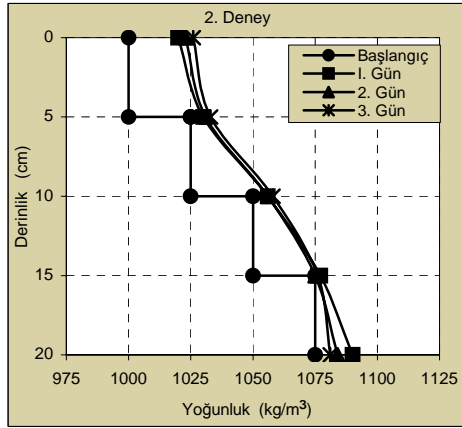
Üre çözeltiliyle yapılan deneylerden elde edilen yoğunluk dağılımları Şekil 4, 5 ve 6'da, boraks çözeltiliyle yapılan deneyden elde edilen yoğunluk dağılımı ise Şekil 7'de verilmiştir. Yoğunluk profillerinde havuz yüzeyinin yoğunluk değerindeki artış, havuz tabanı yoğunluk değerindeki azalmadan daha büyük olmuştur.

Üre çözeltili 1. deneyde yoğunluk değerindeki artış 22 kg/m³ olurken, havuz tabanındaki azalma 15 kg/m³, 2. deneydeki artış 26 kg/m³ olurken, azalma 19 kg/m³, 3. deneydeki artış 33 kg/m³ olurken, azalma ise 26 kg/m³ olmuştur. Boraks çözeltili yoğunluk değerindeki artış 18 kg/m³, azalma ise 12 kg/m³ olmuştur. Bu değerlerden havuz içerisinde tabandan yüzeye doğru oluşan kütle transferinin yoğunluk gradyeninin büyüklüğüne bağlı olduğu görülmektedir. Üre çözeltili 1. deneyde başlangıçta taban ile yüzey arasında oluşturulan yoğunluk gradyeninin büyüklüğü 75 kg/m³ iken havuz yüzeyindeki artış 22 kg/m³ olurken, 100 kg/m³'lük gradyen büyüklüğünde bu değer 26 kg/m³, 150 kg/m³'lük gradyen büyüklüğünde ise 33 kg/m³ olmaktadır (Tablo 2). Yoğunluk gradyen büyüklüğü arttıkça, havuz yüzeyindeki yoğunluk değerindeki artış miktarı da doğrusal olarak artmaktadır. Aynı şekilde havuz tabanı yoğunluk değerindeki azalma miktarı da yoğunluk radyen büyüklüğüne bağlı olarak doğrusal olarak azalmaktadır. Şekil 8'de gradyen büyüklüğüne bağlı olarak havuz yüzeyi yoğunluk değerindeki artış ve havuz tabanı

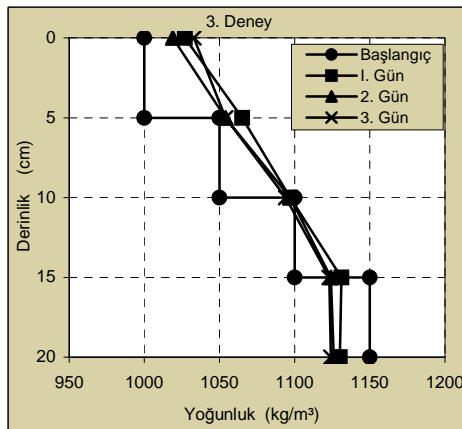
yoğunluk değerindeki azalma oranlarının karşılaştırılması görülmektedir.



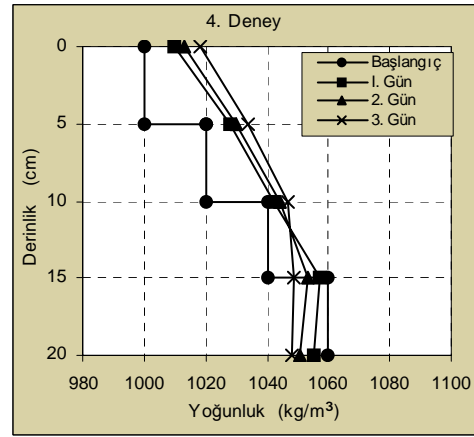
Şekil 4. Üre çözeltili havuz yoğunluğunun havuz derinliği ile değişimi (1. deney).



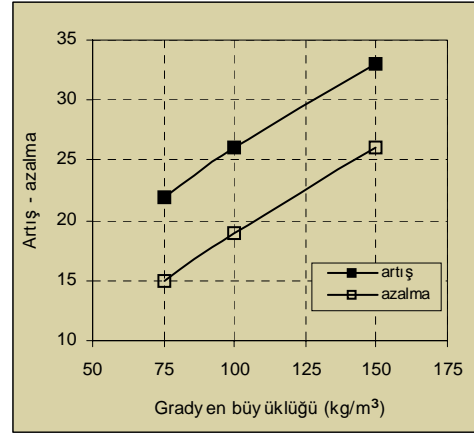
Şekil 5. Üre çözeltili havuz yoğunluğunun havuz derinliği ile değişimi (2. deney).



Şekil 6. Üre çözeltili havuz yoğunluğunun havuz derinliği ile değişimi (3. deney).



Şekil 7. Boraks çözeltili havuz yoğunluğunun havuz derinliği ile değişimi (4. deney).



Şekil 8. Üre çözeltili deneylerde gradyen büyüklüğüne bağlı olarak havuz yüzeyi ve tabanındaki yoğunluk değerlerinin değişimi.

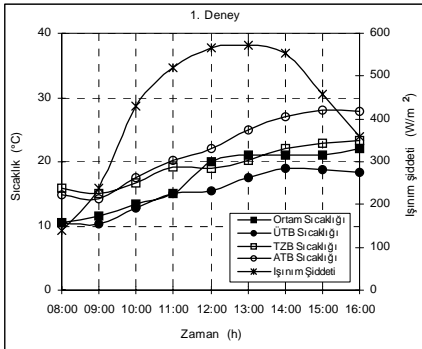
Tablo 2. Üre Çözeltili Deneylerde Gradyen Büyüklüğüne Göre Havuz Yüzeyi ve Tabanı Yoğunluk Değerlerindeki Artış ve Azalma Miktarları.

Deney	Gradyen büyüklüğü (kg/m³)	Yüzeydeki artış miktarı (kg/m³)	Tabandaki azalma miktarı (kg/m³)
1. deney	75	22	15
2. deney	100	26	19
3. deney	150	33	26

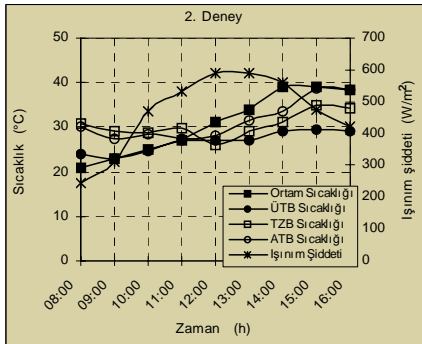
Şekil 9, 10 ve 11'de üre çözeltilisiyle, Şekil 12'de ise boraks çözeltilisiyle yapılan deneylerde gün içerisinde havuz bölge sıcaklıklarındaki değişim profili görülmektedir. Deneylerde havuz sıcaklığındaki değişim 3 günlük bir süre zarfında gözlemlendiğinden, son günde meydana gelen değişim incelenmiştir. Üre çözeltilisiyle 3 farklı deney yapılmış olup, birinci deneyde gün sonunda ortam sıcaklığı 22 °C dolayında olurken, ÜTB sıcaklığı 18 °C, TZB sıcaklığı 23 °C ve ATB sıcaklığı 28 °C

dolayında olmuştur. Bu deneyden havuz tabanı ile yüzeyi arasında 10 °C sıcaklık farkı elde edilmiştir. İkinci deneyde, ortam sıcaklığı 38 °C dolayında olurken, ÜTB sıcaklığı 29 °C, TZB sıcaklığı 34 °C ve ATB sıcaklığı 39 °C olmuştur. İkinci deneyden havuz tabanı ile yüzeyi arasında birinci deneyde olduğu gibi 10 °C sıcaklık farkı ölçülmüştür. Üçüncü deneyde ise, ortam sıcaklığı 38 °C olurken, ÜTB sıcaklığı 30 °C, TZB sıcaklığı 37 °C, ATB sıcaklığı 45 °C olmuştur. Bu deneyden havuz tabanı ile yüzeyi arasında ise 15 °C sıcaklık farkı elde edilmiştir. Birinci deneyde gün içerisinde ATB sıcaklık profilindeki değişim 13 °C olurken, ikinci deneyde 8 °C, üçüncü deneyde ise 17 °C olmuştur.

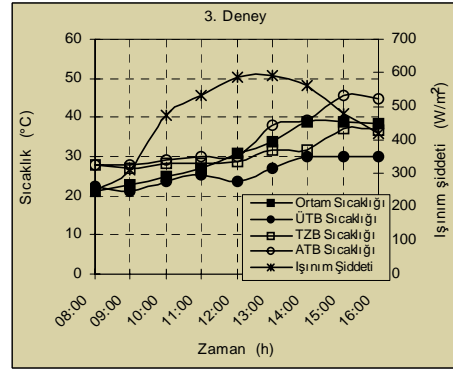
Boraks çözeltili deneyde ise, ortam sıcaklığı ve ÜTB sıcaklığı 22 °C olurken, TZB sıcaklığı 31 °C, ATB sıcaklığı 36 °C olmuştur. Havuz tabanı ile yüzeyi arasında 14 °C sıcaklık farkı elde edilmiştir. ATB sıcaklık profilindeki günlük değişim ise 17 °C olmuştur. Şekil 13'de ise, havuz içerisinde başlangıçta oluşturulan yoğunluk gradyeni büyüklüğünün birbirine yakın olduğu üre çözeltilisiyle yapılan 1. deney ile boraks çözeltilisiyle yapılan 4. deney ATB sıcaklıklarının karşılaştırılması görülmektedir.



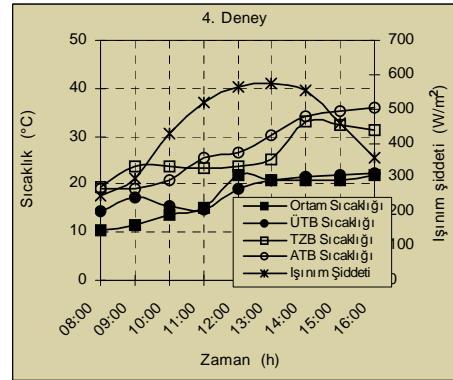
Şekil 9. Üre çözeltili 1. deneyde gün içerisinde havuz bölge sıcaklıklarının değişimi.



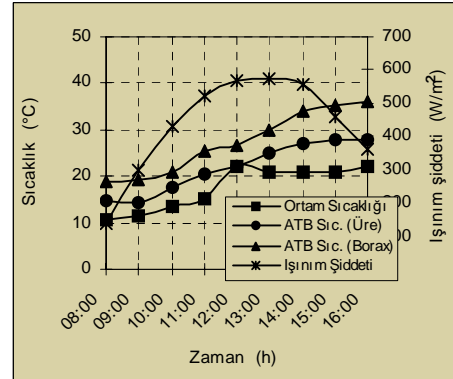
Şekil 10. Üre çözeltili 2. deneyde gün içerisinde havuz bölge sıcaklıklarının değişimi.



Şekil 11. Üre çözeltili 3. deneyde gün içerisinde havuz bölge sıcaklıklarının değişimi.



Şekil 12. Boraks çözeltili deneyde gün içerisinde havuz bölge sıcaklıklarının değişimi.



Şekil 13. Üre ve boraks çözeltili havuzda ATB sıcaklıklarının karşılaştırılması.

Boraks çözeltili deneydeki yoğunluk gradyeninin büyüklüğü 60 kg/m³, üre çözeltili deneydeki yoğunluk gradyeninin büyüklüğü ise 75 kg/m³'dir. Boraks çözeltili deneyde gün sonundaki ATB sıcaklığı 36 °C olurken, aynı şartlar altında üre çözeltili deneyden 28 °C ATB sıcaklığı elde edilmiştir. Boraks çözeltili deneyden elde edilen ATB sıcaklık profilindeki değişim 17°C olurken, üre çözeltili deneyde bu değer 13 °C olmuştur. Bu

sıcaklık farklarına göre havuzda bir gün boyunca depolanan enerji miktarı boraks çözeltili deneyde 1700 kJ/m^2 olurken, üre çözeltili deneyde bu değer 1300 kJ/m^2 olmaktadır. Şekil 13'de açık olarak görüldüğü gibi, üre çözeltili deneydeki yoğunluk gradyeni daha büyük olmasına rağmen boraks çözeltili deneyden elde edilen ATB sıcaklığından daha düşük bir sıcaklık elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre boraks çözeltili havuzun ısı depolama karakteristiğinin, üre çözeltili havuzun ısı depolama karakteristiğinden daha iyi olduğu söylenebilir.

4. SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmada yoğunluk gradyeni üre ve boraks çözeltilisiyle oluşturulan güneş havuzunun ısı depolama karakteristiği doğal ortamda yapılan deneysel çalışma ile incelenerek, başlangıçta oluşturulan yoğunluk gradyeninin büyüklüğüne göre havuz depolama sıcaklıkları tespit edilmiştir. Boraks çözeltili havuzdan $36 \text{ }^\circ\text{C}$ depolama sıcaklığı elde edilirken, üre çözeltili havuzdan $28 \text{ }^\circ\text{C}$ depolama sıcaklığı elde edilmiştir. Bu değerlere göre, boraks çözeltili havuzun ısı depolama karakteristiğinin, üre çözeltili havuzun ısı depolama karakteristiğinden daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Deneylerde ölçülen değerler, havuz içerisinde başlangıçta yeterli büyüklükte bir yoğunluk gradyeni oluşturulup, korunarak sürekliliği sağlanabildiği takdirde, havuzda uzun zaman aralığında ısı depolanabilmesinin mümkün olabileceğini göstermektedir. Güneş havuzu uygulaması için gerekli olan yüksek güneşlenme, ucuz bir tuz, temiz bir su kaynağı ve sızdırmaz bir zemin açısından Ülkemiz zengin bir kaynağa sahip olması nedeniyle düşük sıcaklık uygulamalarında güneş havuzundan yararlanılabilir.

5. KAYNAKLAR

Akoshile, C. O. 1991. Mini Solar Pond, Renewable Energy, 1 (3/4), 463-467.

Banat, F.A., El-Sayed, S.E. and El-Temtamy. 1994. Carnalite Salt Gradient Solar Ponds: An Experimental Study, Renewable Energy, 4 (2), 265-269.

Bozdemir, S., Kayalı, R. 1987. Güneş Havuzlarının Matematik Modeli ve Deneysel Verilerle

Karşılaştırılması, Doğa Bilim Dergisi, A7(3), 387-397.

Göktun, S. 1983. Güneş Enerjisinin Depolanması, Doktora Tezi, İTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Hassairi, M., Safi, M.J., Chibani, S. 2001. Natural Brine Solar Pond: An Experimental Study, Solar Energy, 70, 45-50.

Kurt, H., Binark, A.K., Halıcı, F. 1998. Mathematical Modeling of Salt Gradient Solar Pond as Solar Energy Storage Medium, TIEES-98, Second Trabzon International Energy and Environment Symposium, Trabzon, Turkey, pp.187-191.

Kurt, H. 2000. Güneş Havuzlarında Güneş Enerjisinin Toplama ve Depolama Karakteristiklerinin Deneysel ve Teorik Olarak İncelenmesi, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kurt, H., Halıcı, F., Binark, A. K. 2000. Solar Pond Conception-Experimental and Theoretical Studies, Energy Conversion and Management, 41, 939-951.

Özek, N., Çiçek, N., Yılmaz, İ., Kayalı, R. 2004. Yalıtımlı ve Yansıtıcı Kapağı Olan ve Olmayan İki Güneş Havuzunun Termal Performansının Karşılaştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8(2), 148-150.

Özçaymak, M. 2004. Experiments on Sodium Carbonate Solution for a Solar Pond at Natural Environment Technology, 7, 345-349.

Pawar, S. H., Chapgaon, A. N. 1995. Fertilizer Solar Ponds as a Clean Source of Energy: Some Observations From Small Scale Experiments, Solar Energy, 55 (6), 537-542.

Subhaker, D., Murthy, S. S. 1994. Saturated Solar Ponds: 3. Experimental Verification, Solar Energy, 53(6), 469-472.

Taşdemiroğlu, E. 1987. Salt Availability in Turkey and Its Potential Use in Solar Ponds, Resources and Conservation, 15, 215-228.

Ünal, G. G., Kıymaç, K., Bozdemir, S., Kayalı, R., Kurt, Z. 1988. Çukurova Bölgesinde Uygulama Boyutlarında Bir Güneş havuzunun Performansının Deneysel ve Kuramsal Olarak Saptanması, Tübitak Mühendislik Araştırma Grubu, Proje No: MAG-644/A, Adana.