

GÜNEŞ ENERJİLİ HAVUZ TİPİ DAMITICININ ISIL ANALİZİ

Emin El^{1*}, Gülşah Çakmak¹, Zeki Argunhan², H. Lütfi Yücel¹, Cengiz Yıldız¹

¹Fırat Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye

²Batman Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Batman, Türkiye

*eminel85@hotmail.com

Özet: Suyun kullanım amacına yönelik olarak istenilen kaliteye getirilmesi için arıtılması işlemi su yönetimi açısından önemli alanlardan biridir. Bu çalışmada, bu amaç için güneş enerjili damıtma sistemleri ve bu sistemleri oluşturan bileşenler incelenip güneş enerjili havuz tipi bir damıtıcının ısı analizi yapılmıştır. Örnek bir model üzerinde sayısal benzetim yapılmış ve elde edilen teorik sonuçlar yorumlanmıştır. Böylece kurulması planlanan sistemin daha verimli olması için gerekli tasarım şartları ortaya konmuştur.

Anahtar kelimeler: Damıtma, Güneş Enerjisi, Isıl Analiz

Thermal Analysis of Solar-Energy Pool-Type Distiller

Abstract : One of the most areas of water management is distillation of water in order to upgrade it to the desired quality level as appropriate for its usage purpose. In this paper solar-energy distillation systems and the components that make up these systems is examined and the thermal analysis of a solar-energy pool-type distiller has been performed. Digital simulation has been prepared on a sample model and theoretical results obtained have been interpreted; finally, the design terms needed for making the planned system more efficient have been presented.

Key words: Distillation, Solar Energy, Thermal analysis

1.GİRİŞ

Nüfus artışı, sanayileşme ve etkin tarım faaliyetleri, dünyanın kısıtlı yeraltı ve yerüstü kaynaklarını tüketmekte ve çevre sorunlarını arttırmaktadır. Sanayileşme ve gelişme hamlelerine paralel olarak ülkemizde de kaynak tüketimi hızla artmaktadır. Dünyada ve ülkemizde su kaynaklarının giderek tükenmesi ve mevcut su kaynaklarının kullanılamayacak duruma gelmesi, su temini konusunu ön plana çıkarmaktadır [1].

Bu nedenle mevcut suyun kullanım amacına yönelik olarak istenilen kaliteye getirilmesi için arıtılması işlemi hayati önem taşımaktadır. Arıtma sürecinde kullanılacak petrol, doğal gaz, elektrik gibi enerji kaynakları yüksek maliyetli ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Bu nedenle arıtma süresince enerji kaynağı olarak yenilenebilir enerjilerin kullanılması gerekmektedir. Mevcut yöntemlerdeki temel enerji ısı enerjisidir. Bu amaç için birçok yöntem geliştirilmiş olup, bu yöntemlerin birbirine göre avantaj ve dezavantajları mevcuttur. Bu yöntemlerden biride güneş enerjisiyle damıtma yöntemidir. Güneş enerjili damıtıcı sistemlerinin çalışma prensibi diğer damıtıcı sistemlerden daha basit olup, bu sistemlerin kullanımı sırasında ara bir işlem gerekli değildir. Bu yöntemde su güneş enerjisi ile buharlaştırıldıktan sonra yoğunlaştırılarak yabancı maddelerden arındırılmaktadır. Ülkemiz, bulunduğu coğrafi konum nedeniyle güneşten oldukça yüksek seviyede yararlanacak bir potansiyele sahiptir. Bu nedenle güneş enerjili damıtma sistemlerinin kurulması ve çalıştırılması diğer sistemlere göre daha ekonomik olmaktadır.

Son yıllarda damıtma sisteminin farklı tasarımı ve verimi artırma yöntemleri üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Jiang ve arkadaşları, direkt ısıtılı güneş enerjili tuzlu damıtma sisteminin performansını incelemişlerdir. Deney sonuçlarını teorik analizlerle uyum içinde olduğunu saptamışlardır [2]. Shatat ve arkadaşları, tuzlu su damıtma sisteminin 1.7 m² açık alanlı güneş kolektör ısı borusuna bağlı olarak çok aşamalı performans analizini deneysel olarak araştırmışlardır. Damıtma işlemleri için bir enerji sistemine dayalı matematiksel model kullanılmış ve her bir damıtma tipi için yazılan kütle korunumunun diferansiyel denklemlerinin simülasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında belirli bir güneş kolektörünün alanı için damıtıcı tipi, sayısı ve tasarım boyutlarının belirlenmesini sağlamışlardır [3]. Zamen ve arkadaşları, güneş enerjili sistemlere eklenen modele, toplam güneş enerjili nemlendirme-nem alma sistemini optimize etmişlerdir. Bu optimize çalışmasının amacı ise temiz su üretim maliyetinin azaltılmasıdır. Maliyet

amaç fonksiyonu ile elde edilen çözümlere göre alınan sonuçların diğer amaç fonksiyonlarına göre maliyetin %7-28 daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Buna ek olarak yapılan geri dönüşümlerin, nemlendirme-nem alma işlemlerinin belirli termal enerji tüketimini azaltmasına ve verimliliğini de arttırmasına rağmen üretim maliyetini arttırdığını belirlemişlerdir [4]. Esfahani ve arkadaşları, taşınabilir bir güneş enerjili damıtıcının imalatı için girişimde bulunmuşlardır. Yaz ve kış sonuçları birbirleri arasında karşılaştırılarak, yaz mevsimindeki verimin kış mevsimindekine göre daha etkili olduğu sonucuna varmışlardır [5].

Bu çalışmada, güneş enerjili damıtma sistemleri incelenmiş ve bu sistemlerden biri olan güneş enerjili havuz tipi bir damıtıcının ısı analizi yapılmıştır. Sistemin ısı kazanç ve kayıpları belirlenmiştir. Böylece kurulması planlanan sistemin daha verimli olması için gerekli tasarım şartları ortaya konmuştur.

2. GÜNEŞ ENERJİLİ DAMITMA SİSTEMLERİ

Güneş enerjisiyle damıtmadaki temel teori, doğada var olan su çevriminin minyatür olarak yeniden yapılandırılmasıdır. Küresel su çevriminde güneş, su kaynaklarını ve yüzey sularını buharlaştırmaktadır, hayvan ve bitkilerde solunuma sebep olmaktadır. Atmosferdeki nem arttıkça buhar bulutlarda yoğunlaşmakta ve uygun soğutma koşulları ile dünyaya yağmur olarak geri dönmektedir. Güneş enerjili havuzla damıtma işlemi dünyada doğal olarak gerçekleşmektedir. İlk yapılan damıtıcıların mantığı bu döngüye dayanmaktadır. Geliştirilen damıtma sistemleri de bu prensibe göre çalışmaktadır. Damıtma havuzuna alınan su, güneş enerjisiyle buharlaştırılmaktadır. Buharlaşan su, daha soğuk saydam örtüde yoğunlaşmaktadır. Yoğuşan su toplanarak içilebilir ve kullanılabilir su elde edilmektedir. Bu konu üzerine çalışmalarını yoğunlaştıran araştırmacılar, daha iyi verim elde edebilmek için çeşitli tipte damıtma sistemleri tasarımları yapmışlardır. Bunun neticesinde de çok değişik modelde güneş enerjili damıtma sistemleri ortaya çıkmıştır.

Güneş enerjisi ile yapılan damıtma sistemleri başlıca 2 kısımda incelenebilir. Sisteme su akışının sürekli olmadığı "pasif", akışın sürekli olduğu sisteme ise "aktif" sistemler denir. Aktif sistemlerdeki temel amaçlardan birisi damıtıcı içerisinde bulunan suyun sıcaklığının düşüşünü engellemektir. Dış kaynaktan havuza aktarılan ısı enerjisi buharlaştırıcı yüzeyin sıcaklığını artırır. Dış kaynaktan termal enerji ile beslenme düzenlenmesi iki şekilde olur [6]. Bunlardan ilki; konvensiyonel tip güneş enerjili damıtıcıda gün içerisinde havuz-

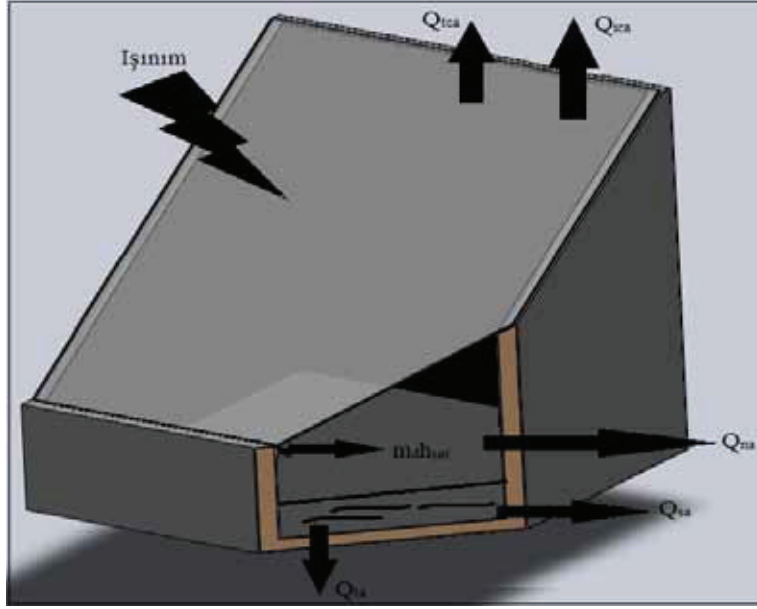
daki su kütlesinde depolanmış olan ısı enerjisinin, güneş ışığının olmadığı gece saatlerinde buharlaşma için kullanılmasıdır. Bu durumun gerçekleşmesi için su derinliğinin mümkün olduğu kadar fazla olması gerekir. Çünkü su miktarı ile depolanan ısı enerjisi miktarı arasında bir doğru orantı mevcuttur [6]. İkincisi ise; Ön ısıtmalı su uygulamasıdır. Bu uygulamada havuzun içine sabit akışlı sıcak su ile beslenmesi söz konusudur. Bu sistemlerde bir damıtıcı ve sistemi sıcak su ile besleyen kolektörler vardır.

Pasif güneş damıtıcıların tek eğimli ve çok eğimli çeşitleri vardır. Bu sistemlerde eğim olduğundan yoğunlaşma yüzey alanı daha azdır ve toplama kanalı tek taraflı olup, yoğunlaşan akış da eğim yönünde olacaktır. Çok eğimli pasif solar damıtıcılarda ise yoğunlaştırıcı yüzeyinde yani üst kapakta 2-4 tane eğim bulunmaktadır. Yoğunlaşan buharın akış yönü eğim yönünde olmakta ve eğim sayısı kadar toplama kanalı bulunmaktadır.

Pasif damıtıcılar ayrıca havuz tipi ve fitilli olarak çeşitlendirilirler. Güneş enerjili havuz tipi damıtıcılar genel olarak güneş ısınlarının geçmesini sağlayan saydam örtü, suyun konulduğu havuz ve damıtılan suyun toplandığı oluklar olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır. Havuz tipi damıtıcıda, damıtma havuzunun cam kapağı ve su geçirmeyen zarlı iç yüzeyi bulunmaktadır. İç yüzeyde absorbe işleminin hızlanması için siyah malzeme kullanılır. Cam kapak, güneş radyasyonunu içeri geçirir kısa dalga ve siyah taban sayesinde su ısınmaya baslar ve buhar miktarı artar. Taban aynı zamanda infrared (uzun dalga) ısınlarını da geçirir ve bu, havuza yansıtılıp güneş enerjisi havuzun içinde hapsedilir (sera etkisi). Isıtılmış su buharlaşır ve camda yoğunlaşır. Yoğunlaşmış su, depolama tankına gider. Fitilli pasif güneş damıtıcılarda ise havuz tipi damıtıcılardaki tuzlu suyun toplandığı ve buharlaşmanın olduğu havuzun yerini su emici fitil almıştır. Bu tip damıtıcılar, havuz tipi damıtıcılara sistem olarak çok benzemekle beraber onlardan en büyük farkları, tuzlu suyun kapiler etkisi ile sıvı emici bir fitile emdirilip bu fitil üstünden buharlaştırılmasıdır [7].

2.1. Teorik analiz

Bir güneş enerjili damıtıcıda üretilen damıtılmış su miktarı öncelikle güneş ısınım miktarına bağlı olup, daha sonra diğer faktörlerden etkilenir. Bu tip damıtıcılarda temel enerji kaynağı güneş enerjisidir. Damıtıcıya gelen ısınımın bir miktarı emici yüzey tarafından emilerek suyun buharlaşmasında kullanılır. Bir kısmı uzaya geri yansırken, bir kısmı da ısı kayıplarından dolayı dış ortama tekrar geri döner[8].



Şekil 1. Damıtma sisteminde meydana gelen ısı kayıpları

Şekil 1’de tek havuzlu tek eğimli bir damıtıcı yüzeyine gelen toplam ışınlım ve kayıplar görülmektedir. Damıtıcının cam örtüsü üzerine gelen ışınlımın bir kısmı geri yansımaktadır. Cam yüzeyden atmosfere yansıyan ışınlım miktarı (I_y), aşağıdaki şekilde ifade edilebilir;

$$I_y = I_r \cdot r_c \cdot A_c \quad (1)$$

Cam yüzeyinden atmosfere ışınlımla kaybedilen toplam ısı transferi ise;

$$Q_{ica} = \epsilon_c \cdot \sigma [(T_c/100)^4 - (T_g/100)^4] \quad (2)$$

şeklinde yazılabilir. Bu denklemde T_g gökyüzü sıcaklığı olup genellikle ortam sıcaklığından 20°C düşük alınır. Cam yüzeyde yansıma ve ışınlımla kayıpların yanında taşınım ile meydana gelen ısı kayıpları da mevcuttur. Bu kayıp ısı aşağıdaki denklemle ifade edilebilir.

$$Q_{tca} = h_r (T_c - T_a) \quad (3)$$

(3) denkleminde kullanılan h_r rüzgâr ısı taşınım katsayısı olup Wattmuf bağıntısı yardımıyla izleyen denklemler kullanılarak hesaplanabilir [9];

$$h_r = 2.8 + 3V; V \leq 5 \text{ m/s} \quad (4)$$

$$h_r = 6.15V^{0.8}; V > 5 \text{ m/s} \quad (5)$$

Bu denklemde V rüzgar hızı olarak tanımlanmaktadır. Yukarıda ifade edilen (2) ve (3) numaralı denklemler damıtıcının cam yüzeyinden olan ısı kayıplarıdır. Damıtıcı içerisinde ise su yüzeyinden, damıtıcı tabanından ve su yüzeyi ile cam örtü arasında buharlaşan nemli havadan atmosfere doğru meydana gelen ısı kayıpları mevcuttur. Bu denklemler sırasıyla;

Su yüzeyinden atmosfere ısı kaybı;

$$Q_{sa} = K_s(T_s - T_a) \quad (6)$$

Damıtıcı tabanından atmosfere ısı kaybı;

$$Q_{ta} = K_t(T_t - T_a) \quad (7)$$

Su yüzeyi ile cam örtü arasında buharlaşan nemli havadan atmosfere ısı kaybı;

$$Q_{na} = K_n(T_n - T_a) \quad (8)$$

şeklinde hesaplanır. Bu denklemlerde yer alan ısı transfer katsayıları ise;

$$\frac{1}{K_s} = \sum_{l=1}^i \frac{1}{k} + \frac{1}{h_a} \quad (9)$$

$$\frac{1}{K_t} = \frac{1}{h_s} + \sum_{l=1}^i \frac{1}{k} + \frac{1}{h_a} \quad (10)$$

$$\frac{1}{K_n} = \frac{1}{h_n} + \sum_{l=1}^i \frac{1}{k} + \frac{1}{h_a} \quad (11)$$

şeklinde hesaplanabilir.

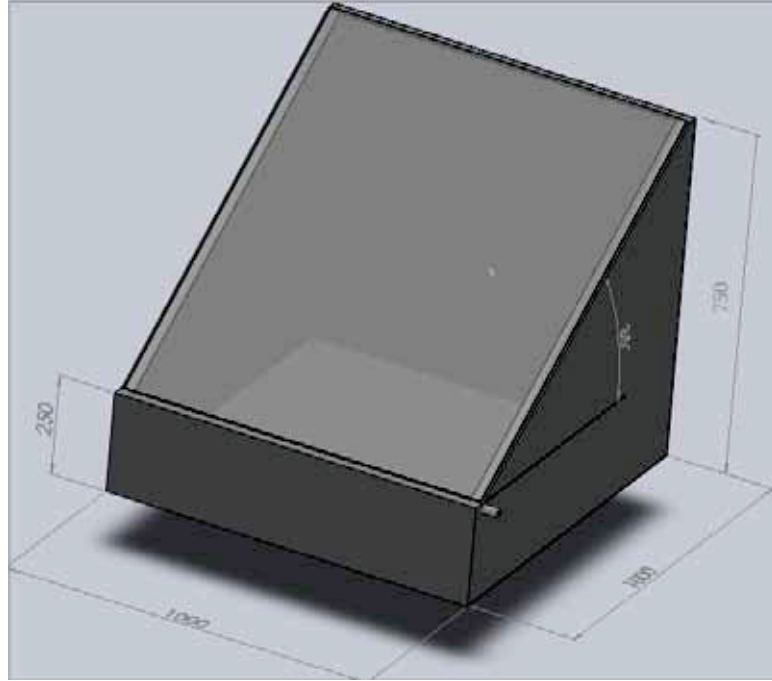
Tek havuzlu tek eğimli damıtıcı sistemi için genel enerji dengesi ile birlikte damıtılan su miktarı yazılacak olursa;

$$IA_c = I_r A_c + Q_{ica} A_c + Q_{tca} A_c + Q_{sa} A_{sa} + Q_{ta} A_{ta} + Q_{na} A_{na} + m_d h_{sat} \quad (12)$$

denklemini elde edilir.

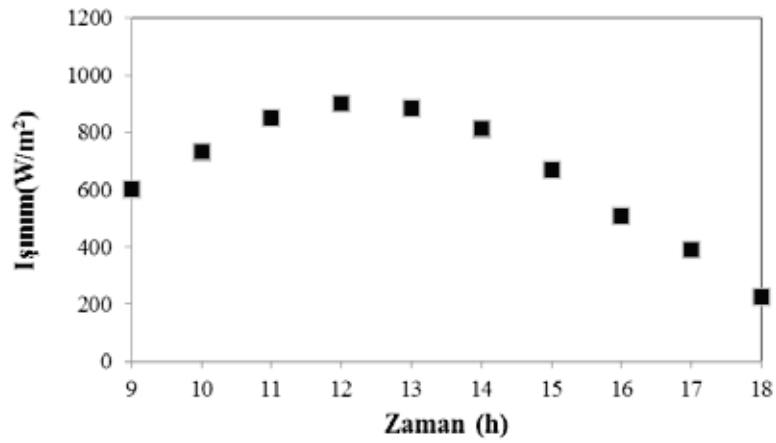
2.2. Örnek model

Örnek model olarak şekilde görüldüğü gibi 1 m² taban alanına sahip bir damıtıcı sistemi alınmıştır. Damıtıcının 2 mm sac malzemeden yapıldığı ve 1 cm kalınlığında cam yünü ile yalıtıldığı kabul edilmiştir.



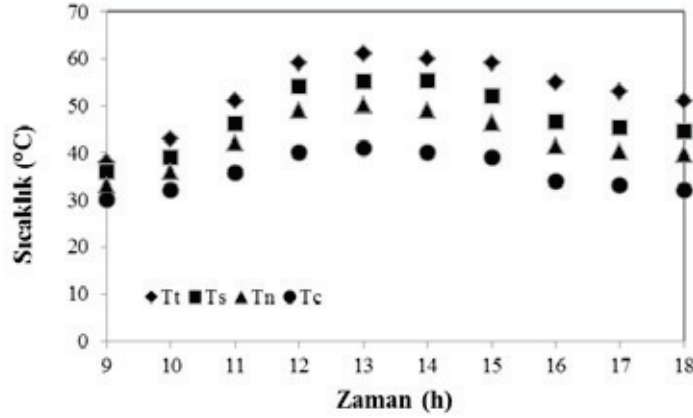
Şekil 2. Isıl analiz için ele alınan örnek model

Hesaplamalarda kullanılan ışınlam şiddeti ve ısıl analiz için kullanılan belirli noktalardaki sıcaklıklar Şekil (3) ve (4)'de grafiklere aktarılmıştır. Maksimum güneş ışınlam şiddeti 900 W/m^2 dir.



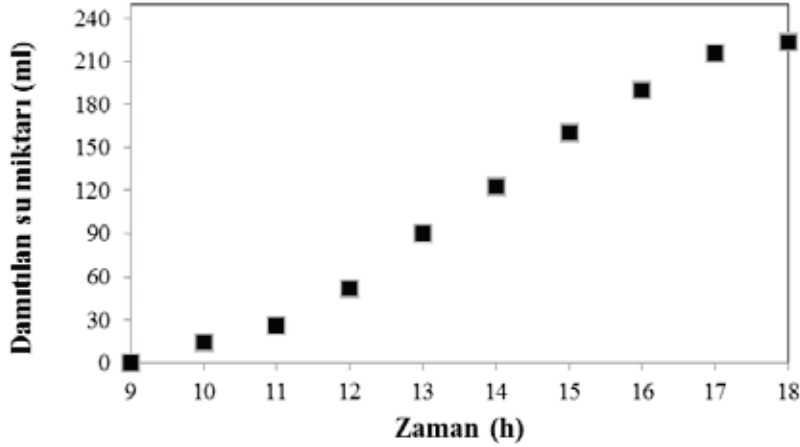
Şekil 3. Gün boyunca damıtıcı üzerine düşen ışınlam şiddeti

Şekil (4)'de verilen sıcaklıklara göre damıtıcı tabanında, su yüzeyinde, damıtıcı içindeki nemli havada ve cam yüzeyinde maksimum sıcaklık değerleri sırasıyla 61,56,50 ve 41°C'dir.



Şekil 4. Isıl analiz için kullanılan sıcaklıklar

Teorik analiz sonucu damıtıcıda elde edilen su miktarları Şekil (5)'de gösterilmektedir. Saat 18:00'de 223 ml su damıtılmış olup gün boyunca damıtma miktarının arttığı gözlenmektedir.



Şekil 5. Isıl analiz sonucu hesaplanan su miktarı

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Küresel ısınma veya iklim değişikliği, kirlilik, kuraklık ve çölleşme, nüfus artışı, kentleşme, sanayileşme, aşırı tüketim, sulak alanların kurutulması, tarımsal sulama yanlışlıkları ve daha pek çok insan kaynaklı tehdit, kullanılabilir su kaynaklarının azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle doğal kaynakların ve özellikle su kaynaklarının taşıma ve yenilenme kapasitesinin dikkate alınması artık bir zorunluluktur. Su dünyada en değerli ve kıtlığı yaşam için en ciddi tehdit olan bir kaynaktır. Giderek stratejik bir değer haline gelen su için verilen mücadelenin petrol kaynakları için verilen mücadeleye kadar büyük önem taşıyacağı açıktır.

Bu çalışmada, güneş enerjili su damıtma sistemleri incelenmiş ve değişik tasarımlar içinden örnek model olarak yapımı ve kullanımı kolay, ekonomik, taşınabilir bir tasarım seçilmiştir. Yapılan ısıl analiz sonucunda bir damıtma sisteminde meydana gelebilecek kayıplar göz önüne konulmuş ve damıtılan su miktarı teorik olarak hesaplanmıştır. Meydana gelen ısıl kayıpların azaltılması ve farklı tasarımlarla sistemde daha fazla damıtılmış su elde etmek mümkün olacaktır.

4. SEMBOLLER

A	: Alan, m ²
h	: Isı taşınım katsayısı W/m ² K
h _{sat}	: Suyun entalpisi, kJ/kg
I	: Işınım, W/m ²
K	: Toplam ısı transfer katsayısı, W/m ² K
k	: Isı iletim katsayısı W/m K
m	: Su miktarı, kg/m ² s
Q	: Isı transfer miktarı W
r	: Camın yansıtma oranı
T	: Sıcaklık, °C
V	: Rüzgâr hızı, m/s
ε	: Emisivity
σ	: Stefan boltzmann sabiti, W/m ² K ⁴

5. İNDİSLER

- a : Çevre
c : Cam kapak
d : Damıtılmış
g : Gökyüzü
n : Nemli hava
s : Taban
t : Emici Yüzey
y : Yansıyan
na : Nemli havanın temas ettiği yüzey
sa : Suyun temas ettiği yüzey
ta : Taban

6.KAYNAKLAR

- [1] Muhiddin C., Etemoğlu Akın B., Atakan A., 2002. Deniz suyundan tatlı su eldesinin teknik ve ekonomik analizi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 7(1): 147-160.
- [2] Jiang J., Tian H., Cui M., Liu L., 2009. Proof-of-concept study of an integrated solar desalination system, *Renewable Energy*, 34: 2798-2802.
- [3] Shatat MIM., Mahkamov K., 2010. Determination of rational design parameters of a multi-stage solar water desalination still using transient mathematical modelling, *Renewable Energy*, 35: 52-61.
- [4] Zamen M., Amidpour M., Soufari S.M., 2009. Cost optimization of a solar humidification-dehumidification desalination unit using mathematical programming, *Desalination*, 239 : 92-99.
- [5] Esfahani J.A., Rahbar N., Lavvaf M., 2010. Utilization of thermoelectric cooling in a portable active solar still – An experimental study on winter days, *Desalination*, 269, (1-3): 198-205.
- [6] Voropoulos K., Mathioulakis E., Belessiotis V., 2004. A hybrid solar desalination and water heating system, *Desalination*, 164: 189-195.
- [7] Cay Y., Atik K., Cingiz Z., 2007. Güneş enerjisiyle damıtma sisteminin farklı havuz yüzeyleri için deneysel olarak incelenmesi. uygulaması, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi.
- [8] Bilgiç Y., 2008. Güneş enerjili su damıtma sistemlerinde genişletilmiş yüzeylerin ısı ve kütle transferi üzerindeki etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [9] Wattmuf, J.H., Charters, W.W.S., Proctor, D., 1977. Solar and wind induced external coefficients for solar collectors. *Compress*, Vol. 2, pp. 56.