

Sabit ve Hareketli Hava ile Isıtılan Güneş Kolektörlerinin Isıl Verimliliklerinin Karşılaştırılması ve Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi

Mehmet DAŞ¹, Ebru AKPINAR²

¹Erzincan Üniversitesi İliç Dursun Yıldırım Meslek Yüksekokulu
24700 İliç, ERZINCAN, mdas@erzincan.edu.tr

²Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü
23200 ELAZIĞ, ebruakpinar@firat.edu.tr

(Geliş/Received: 29.05.2017; Kabul/Accepted: 30.01.2018)

Özet

Bu çalışmada, sabit ve hareketli hava ısıtmalı güneş kolektörleri (HIGK) kullanılmıştır. Hareketli ve sabit güneş kolektörünün ısı performansları deneysel olarak araştırılmıştır. Deneysel verilerde, güneş kolektörlerinin giriş ve çıkış hava sıcaklıkları, radyasyon, hava hızı, emici plaka sıcaklıkları, toplayıcıların dış yüzey sıcaklıkları ve şeffaf örtü sıcaklıkları ölçülmüştür. Yapılan ölçümlere dayalı olarak her iki güneş kolektörlerinin ısı verimleri hesaplanmıştır. Deneysel verilerle hesaplanan ısı verim için yapay sinir ağı (YSA) modeli oluşturulmuştur. YSA modeli ile ısı verim değerleri tahmin edilmiştir. Sonuç olarak deneysel ve tahmin edilen ısı verimleri karşılaştırılmış, HIGK'nin daha verimli çalıştığı tespit edilmiştir. Yapay sinir ağı modelinin, sabit HIGK ve hareketli HIGK'lerinin ısı verimlerini başarıyla tahmin ettiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş Takip Sistemi, Güneş Kolektörü, Isıl Verim

Comparison of Thermal Efficiency of Fixed and Moving Air Heated Solar Collectors and Modeling with Artificial Neural Networks

Abstract

In this study fixed and moving air heated solar collectors (AHSC) were used. Moving and fixed solar collector's thermal performances were investigated experimentally. In the experiments, inlet and outlet air temperatures of solar collectors, radiation, air velocity, absorbent plate temperatures, outer surface temperatures of collectors and transparent cover temperatures were measured. The thermal efficiencies of both solar collectors were calculated according to the measurements. An artificial neural network (ANN) model was constructed for the thermal efficiency calculated from experimental data. Thermal efficiency values were estimated with ANN model. It has been determined that the artificial neural network model successfully predicts the thermal efficiencies of fixed AHSC and moving AHSC.

Keywords: Solar Tracking System, Solar Collector, Thermal Efficiency

1. Giriş

Günümüzde enerji ihtiyacı nüfus artışı, hızlı teknolojik gelişmeler, ekonomik büyüme ve küreselleşme gibi etmenlere bağlı olarak artmaktadır. Artan enerji ihtiyacına cevap verebilmek amacıyla insanoğlu mevcut enerji kaynaklarının yanı sıra alternatif enerji kaynaklarına yönelmeye başlamıştır [1].

HIGK uzun ömürlü, hafif, korozyon gibi problemleri olmayan düşük maliyetli basit cihazlardır. Konvansiyonel bir hava ısıtma kolektörü etrafı iyi yalıtılmış bir kasa, bu kasa içine yerleştirilen bir yutucu plaka ve en üste ise bir saydam örtüden meydana gelir. Hava akımının doğal veya cebri olması durumuna göre de sistemde bir fan yer alır. Güneş enerjili hava kolektörlerinde yutucu plaka ve hava arasındaki ısı transfer katsayısı düşüktür. Bu nedenle bu

kolektörler istenilen ısı verim değerlerinde çalışmamaktadır [2].

Literatürde güneş enerjisinden daha etkili bir şekilde faydalanmak için güneş takip sistemli çalışmalar yapılmıştır. İşcan, güneşi sürekli olarak gün içerisinde iki yönde takip edebilen güneş takip sistemi devresi tasarlamıştır. Yapılan sistemin gün içerisinde çalışma analizini yapmış ve tasarlanacak farklı güçler için maliyet analizi hazırlamıştır [3]. Demirtaş, bilgisayar kontrollü iki eksenli güneş takip sistemi tasarlamış ve imal etmiştir. Sistemin dikey ve yatay hareketini step motor (adım motoru) ile sağlamıştır. Elde edilen verileri bilgisayar ortamına kaydedebilmek için ve sistemi bilgisayar ile kontrol edebilmek için mikro denetleyici kontrollü bir ara birim kullanmıştır. Güneş takip sistemi ile takip edildiğinde normal gün ışığında 12 Volt, güneşe dik olduğu zamanlarda 18.5 Volt, güneşi yeterli hassasiyette takip edemediği veya havanın kapalı olduğu zamanlarda ise 10 Volt civarında gerilim üretmiştir. Hareketli sistemin üretimlerini sabit sistem ile karşılaştırdığında %35 daha fazla üretim elde ettiğini savunmuştur [4]. Seme and Štumberger, iki eksenli güneş takip sistemi üzerinde güneş radyasyonu ve Diferansiyel Evrim kullanarak güneş açıları için yeni bir tahmin algoritması geliştirmişlerdir [5]. Kırbas ve ark., güneş takip mekanizması kullanarak hava ısıtmalı güneş kolektörlerinde güneş enerjisinin etkin kullanımını sağlamışlardır. Çalışmalarında biri sabit biri hareketli olmak üzere iki adet kolektörün çıkış sıcaklıkları arasındaki farkı belirlemek için ölçümler yapmışlardır. Sabah ve öğleden sonra hareketli tipteki kolektörün çıkış sıcaklığının sabit olan kolektöre göre ortalama 5-12 °C daha fazla olduğu belirlemişlerdir [6].

Günümüzde güneş enerjisi ile çalışan sistemlerin verimini incelemek ve performansını arttırmak için yapay sinir ağları (YSA) ile çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Altıntaş ve ark, düz yutucu plaka ile konik yayların yerleştirildiği yutucu plakaya sahip hava ısıtmalı güneş kolektörlerinin verimi ve kolektör çıkış sıcaklığını incelemişlerdir. Elde ettikleri değerleri YSA ile tahmin etmiş ve %97 tahmin başarısı elde etmişlerdir [2]. Şevik ve ark., güneş destekli bir ısı pompalı kurutucuda mantar kurutmuşlardır. Deneylelerden elde edilen nem içeriği (MC), ayrılabilir nem oranı (MR) ve kurutma hızı (DR) değerleri Levenberg-Marquardt (LM) geri

yayılım öğrenme algoritması ve Fermi transfer fonksiyonu kullanılarak YSA ile modellemişlerdir. Geliştirilen modelin istatistiksel geçerliliğinin belirlenmesinde çoklu belirleme katsayısı (R^2), ortalama hata kareleri karekökü (RMSE), ve ortalama mutlak hata yüzdesi (MAPE) istatistik değerlerini kullanmışlardır [7]. Erentürk ve ark., farklı kuruma şartları ve farklı örnek kalınlıkları için havucun tek tabaka kuruma kinetiğini incelemişlerdir. Kuruma verileri kullanılarak kurutma eğrileri elde etmişlerdir. Kuruma kinetiğini ifade etmek amacıyla literatürde bulunan dört farklı kurutma modeli sisteme uygulamışlardır. Modellerin kıyaslanması, r , r^2 , χ^2 , ve SSR değerleri bulunarak yapmışlardır. Bunlara ek olarak nem içeriği tahmininde YSA modelleri uygulanmış ve seçilen modellerle kıyaslamışlardır [8]. Özdemir ve ark., farklı kurutma sıcaklıklarında (40, 45, 50 ve 55 °C) ve 0.5 (m/s) hava hızında ısı geri kazanımlı (CIRHR) konvektif-kızıl ötesi kurutma sisteminin deneysel performansını değerlendirmişlerdir. Sistemin enerji tüketimi ve kiviinin kurutma kinetiğini yapay sinir ağları (YSA) kullanılarak modellemişlerdir. Kurutma sisteminin enerji verimliliği değerlerini % 2.85 ve % 32.17 arasında elde etmişlerdir. YSA modeli, sistemin enerji tüketimini ve kiviideki nem içeriğini tahmin etmek için kullanmışlardır. YSA ağında Levenberg-Marquardt (LM) ve Fermi transfer fonksiyonlu geriye yayılım öğrenme algoritmalarını kullanmışlardır [9].

Bu çalışmada ısı verimi arttırmak için HIGK ne güneş takip özelliği kazandırılmıştır. Tasarlanan hareketli HIGK ve sabit HIGK'nin ısı verimlilikleri hem deneysel hem de YSA modeliyle bulunmuştur.

2. Materyal ve Metot

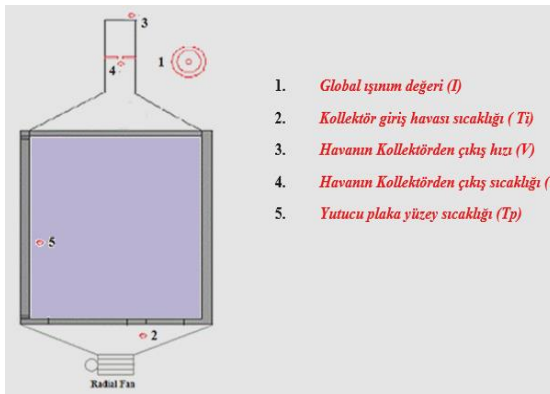
Hareketli ve sabit HIGK'leri 800mm x 1400mm ölçülerindedir ve yutucu plakaları siyaha boyanmış trapez sacdan oluşmaktadır. HIGK'nin performansını etkileyen en önemli faktörlerden biri güneş ışığından maksimum düzeyde faydalanmaktır. Bunun için güneş ışınlarının kolektöre sürekli 90°'de gelmesi gerekir. Hareketli HIGK güneş ışınlarının kolektöre dik açıda gelebilmesi için programmable logic controller (PLC) sistemi ile

güneşi doğu-batı ve kuzey-güney yönlerinde takip edecek şekilde tasarlanmıştır. Sabit HIGK ise azimut açısına göre Elazığ ili için 42° ye sabitlenmiştir. Sabit ve hareketli kolektörlerin performansını ölçmek için kurulan deney düzeneği Şekil-1.'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Deney Düzeneği

Deney düzeneğinin kurulumundan sonra sistem açık hava koşulları altında çalıştırılarak gerekli ölçümler yapılmıştır. Kolektörlerin ısı verimlerinin hesaplanması için kolektörlerin girişinden, çıkışından, yutucu plaka ve saydam örtü üzerinden çeşitli ölçümler yapılmıştır. Deney setindeki ölçüm noktaları Şekil-2.'de verilmiştir. Ölçümler Mayıs 2017'de saat 08:00-17:00 arasında Elazığ ilinde yapılmıştır. Veri kaydetme aralığı 30 dakika olarak ayarlanmıştır



Şekil 2. Ölçüm Noktaları

Hava hızı ölçümü için $\pm 0,2$ (m/s) hassasiyetli hotwire tip anemometre kullanılmıştır. Kolektörlerin çıkış hava kanalına anemometre yerleştirilerek hava hızları ölçülmüştür. Kolektörlerin giriş ve çıkış hava sıcaklıkları

ölçümü için her iki bölgeye birer adet ısı sensör monte edilerek sıcaklıklar ölçülmüştür. Yutucu plaka yüzey sıcaklığı için plaka üzerine ısı sensör yerleştirilmiştir. Kullanılan ısı sensörler $\pm 0,5^\circ\text{C}$ hassasiyetlidir. Global radyasyon miktarı ölçümü için solar radyasyon ölçer kullanılmıştır. Deneylerde hava sıcaklığı, hava hızı, yüzey sıcaklığı ve güneş ışınımı değerleri ölçülmüştür. Bu ölçümler yardımıyla kütleli debi ve ısı verim hesaplamaları yapılmıştır.

3. Yöntem

Güneş enerjili hava kolektöründe faydalı enerji, kolektörden geçen akışkanın giriş ve çıkış sıcaklığına bağlı olarak,

$$Q_u = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_o - T_i) \quad (1)$$

şeklinde hesaplanır. Burada, \dot{m} , kolektörden geçen havanın kütleli debisi (kg/s), C_p havanın özgül ısıdır (J/kgK), T_i ve T_o sırasıyla kolektör hava giriş ve çıkış sıcaklıklarıdır ($^\circ\text{C}$).

Kolektörden geçen havanın kütleli debisi ise,

$$\dot{m} = \rho \cdot V \cdot A_k \quad (2)$$

şeklinde hesaplanır. Burada ρ havanın yoğunluğu (kg/m³), V hava akış hızı (m/s), A_k ise kolektörün çıkış kesit alanı (m²)'dir.

Termodinamiğin I. kanunundan faydalanarak kolektörün ısı verimi;

$$\eta = \frac{\dot{m} \cdot C_p \cdot (T_o - T_i)}{I \cdot A_C} \quad (3)$$

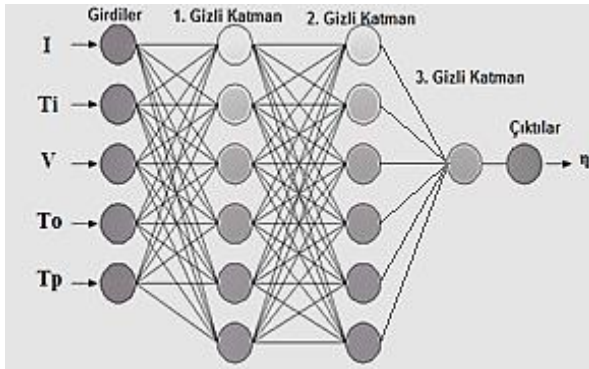
şeklinde belirlenir. Burada, η ısı verimi, I kolektör yüzeyine gelen güneş ışınımı (W/m²), A_C ise güneş ışınımının direkt olarak vurduğu yutucu plaka yüzey alanıdır (m²).

4. Verilerin Yapay Sinir Ağları İle Modellenmesi

Yapay sinir ağları ya da kısaca YSA; insan beyninin çalışma sisteminin yapay olarak benzetimi çabalarının bir sonucu olarak ortaya

çıkıştır. YSA, belirli değerlere dayanarak, girdi alanında olan noktaları çıktı alanında olan eş noktalara belli bir fonksiyonla bağlamaktadır [9]. Yapay sinir ağları, örüntü tanıma, tahmin etme, sınıflandırma vb. geniş uygulama alanına sahiptir. Yapay sinir ağları, insanlara benzer olarak örnekler ile öğrenirler. Bu nedenle veri seti, eğitim ve test kümesi olarak iki kısma ayrılır [10].

Sistemde, yapay sinir ağları beş giriş ve bir çıkış olarak modellenmiştir. Havanın kolektöre giriş sıcaklığı (T_i), yutucu plaka yüzey sıcaklığı (T_p), global radyasyon (I) değeri, havanın çıkış hızı (V) ve kolektör havası çıkış sıcaklığı (T_o) giriş bilgisi olarak alınmıştır. Çıkış bilgisi olarak ısıl verim (η) kullanılmıştır. Toplam olarak 5 katmandan oluşan modelin girdi katmanı 5 girdi için 5 nöron, birinci gizli katman 6 nöron, ikinci gizli katman 6 nöron, üçüncü gizli katman için 1 nöron ve çıktı katmanı ise sadece tek bir nöron içermektedir. Oluşturulan YSA modelinin yapısı Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. YSA model yapısı

Isıl verim değerlerinin yapay sinir ağı ile modellenmesinde MATLAB 2016a yazılımı kullanılmıştır. Bilgi kümesinde 190 adet giriş ve 38 adet çıkış bilgisi bulunmaktadır. Bu bilgilerden 160 tanesi eğitim işleminde kullanılmıştır. 68 tanesi ise test işleminde kullanılmıştır. Öğrenme algoritması olarak Feed Forward Back Propagation (ileri doğru beslemeli ve geriye yayılım) algoritması kullanılmıştır. Eğitim için Levenberg Marquardt algoritması kullanılmıştır.

YSA ile HIGK'nin modellenmesinden elde edilen sonucun doğruluk oranı, Root Mean Square Error (RMSE) ve Mean Square Error (MSE) kullanılarak belirlenmiştir.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (DATA_{exp,i} - DATA_{ANN,i})^2 \quad (4)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{m=1}^n (\eta_{ANN,i} - \eta_{exp,i})^2}{n}} \quad (5)$$

Sabit ve Hareketli kolektörlerin ısıl verimleri için oluşturulan YSA modelleri için hata oranları Tablo 1.'de gösterilmiştir.

Tablo 1. YSA yapısı hata oranları

Sabit kolektör ısıl verimi için YSA hata oranları	
Mean-Squared Error	0.595
Root mean-Square error	0.838
Hareketli kolektör ısıl verimi için YSA hata oranları	
Mean-Squared Error	0.452
Root mean-Square error	0.674

Isıl verim değerleri tahmini için kullanılan YSA modelinin parametreleri ve yapısı Tablo 2.'de gösterilmiştir.

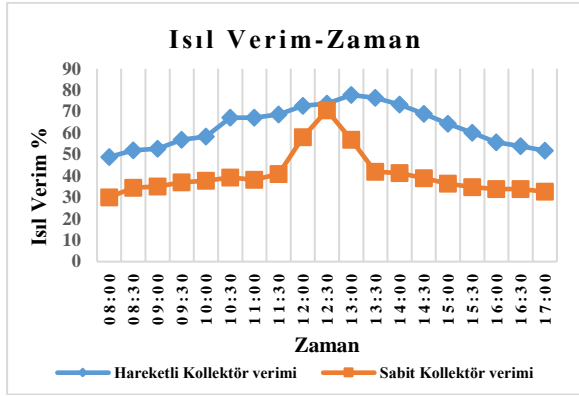
Tablo 2. YSA yapısı ve parametreleri

Katman Sayısı	3
Katmanlardaki Nöronlar	6-6-1
Ağırlık Değerleri	Random
Aktivasyon Fonksyonu	Logsig
Transfer Fonksyonu	Tangent
Öğrenme Fonksyonu	Sigmoid Transfer Feed-Forward Backpropagation

5. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, sabit HIGK ile hareketli HIGK'lerinin ısıl performansı deneysel olarak incelenerek ısıl verimi YSA ile tahmin edilmiştir.

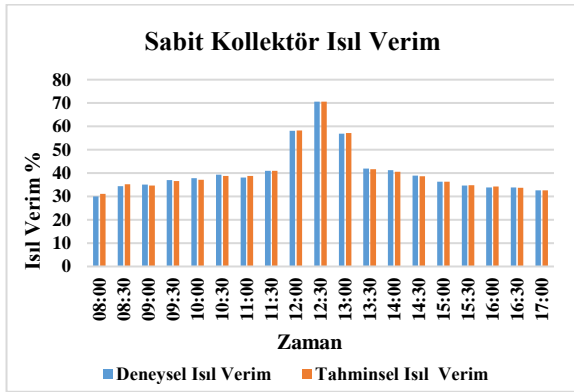
Hareketli ve sabit güneş kolektörlerinin ısıl verimleri Denklem 3'e göre hesaplanmış ve elde edilen değerler Şekil 4.'te gösterilmiştir.



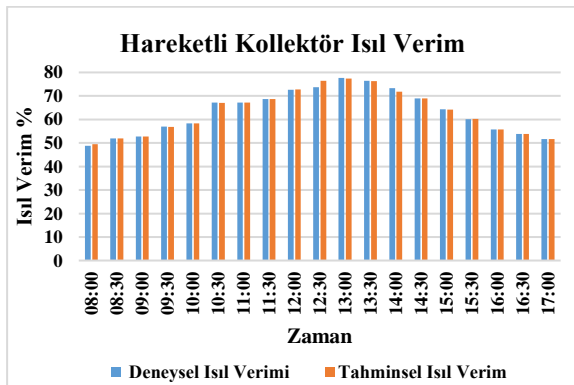
Şekil 4. Zamanla ısı verim değişimi

Hareketli kolektörün verimi ortalama % 63 civarındayken sabit kolektörün ortalama verimi %40 civarındadır. Saat 12:30 da alınan ölçümlere göre ısı verimler neredeyse her iki kolektör için eşittir.

Şekil 5.'te ve Şekil 6.'da sırasıyla sabit HIGK'nin ve hareketli HIGK'nin deneysel ve tahminsel ısı verim değerleri verilmiştir.



Şekil 5. Sabit HIGK'nin ısı verim grafiği



Şekil 6. Hareketli HIGK'nin ısı verim grafiği

Hareketli ve sabit kolektörler için deneysel ve tahmin edilen ısı verim değerleri neredeyse birbirine çok yakındır.

6. Sonuçlar

Bu çalışmada sabit ve hareketli HIGK'lerinin performansı deneysel olarak test edilmiştir. Deneylemlerden toplanan veriler ile kolektörlerin ısı verimi elde edilmiştir. Hareketli HIGK'nin ısı verimi sabit HIGK'ye göre yaklaşık 1.5 kat daha yüksek olduğu görülmüştür. PLC sistemi ile hareket özelliği kazandırılan HIGK'nin güneş takip özelliğinden dolayı ısı verimliliği daha fazla olduğu anlaşılmıştır.

Yapay Sinir Ağlarının tahmin yeteneğini geliştirmek için ağ eğitilmiştir. Oluşturulan YSA modeli ile tahmin edilen ısı verim ve gerçekte ölçülen ısı verim değerleri birbirine benzerlik göstermektedir. Hareketli ve sabit HIGK'lerinin ısı verimlerini YSA'nın %96 oranındaki doğru tahminlemesi ile başarılı bir modelleme olduğu sonucuna varılmıştır.

7. Teşekkür

Bu çalışma, 2017- M.F. 16.54 numaralı proje kapsamında Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

8. Kaynaklar

- Keçel S. (2007). Türkiye'nin değişik bölgelerinde evsel elektrik ihtiyacının güneş panelleri ile karşılanmasına yönelik model geliştirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.*
- Altınbaş V., Akgül B.M., Abuşka M. (2015). Yutucu plaka üzerine konik yayların yerleştirildiği güneş enerjili hava kolektörünün ısı verim analizi ve yapay sinir ağları ile modellenmesi. *Termodinamik Sempozyumu, 12, 1807-1816*
- Demirtaş, M. (2006). Bilgisayar kontrollü güneş takip sisteminin tasarımı ve uygulaması. *Politeknik Dergisi, 9, 247-253.*
- İşcan, S., Özcan, Z. O., Gürleyen, Ş., Karayel, R. (2012). Güneş takip sistemi. *Proje Tabanlı Mekatronik Eğitim Çalıştayı, Çankırı-Ilgaz-Turkey.*
- Seme, S. and Štumberger, G. (2012). A novel prediction algorithm for solar angles using solar radiation and Differential Evolution for dual-axis

sun tracking purposes. *Solar Energy*, **85**, 2757-2770.

6. Kırbaş, İ., Aydoğan, B., Uyumaz, A. (2013). Hava ısıtmalı güneş kolektörlerinde güneş takip mekanizması kullanımı. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **4**, 74-84.

7. Şevik S., Aktaş M., Özdemir B. (2014). Güneş destekli ısı pompalı bir kurutucuda mantarın kuruma davranışlarının yapay sinir ağı kullanılarak modellenmesi. *Journal Of Agricultural Sciences*, **20**, 187-202.

8. Ertürk S., Ertürk K. (2006). Havuç kuruma kinetiğinin tahmininde regresyon analizi ve yapay sinir ağlarının kıyaslanması. *Türkiye*, **9**, 819-822.

9. Özdemir, M. B., Aktaş, M., Şevik, S., & Khanlari, A. (2017). Modeling of a convective-infrared kiwifruit drying process. *International Journal of Hydrogen Energy*, **28**, 18005-18013.

10. Teti, R., Jemielniak, K., O'Donnell, G., Dornfeld, D. (2010). Advanced monitoring of machining operations. *Cirp Annals-Manufacturing Technology*, **59**, 717-739.

11. T. Findik, Ş. Taşdemir and I. Şahin. (2010). The use of artificial neural network for prediction of grain size of 17-4 pH stainless steel powders. *Sci. Research and Essays*, **5**, 11, 1274-1283.