

An Investigation with Neural Network of Heat Loss for Optimum Insulation

Bekir Cirak*

Siirt University, Engineering Faculty, Department of Mechanical Engineering, Kezer Campus, Siirt, Turkey

*Received Date: 08 Mar 2017

Revised Date: 20 Apr 2017

Accepted Date: 24 Apr 2017

Published Online: 07 Jul 2017

Abstract

In this study, two different artificial neural network models were used for insulation and non-insulation of the heating pipes used for heating in buildings and two different artificial neural networks (YSA) models for the insulated and non-insulated states of the building walls. 3-layer forward feed in YSA models designed for these situations and a back-propagation model is preferred. The sigmoid transfer function is used in the hidden layer and the linear transfer function is used in the output layer. Back propagation artificial neural network topology is preferred as YSA model and the data were presented to the network in normalized form. The temperature values obtained from the network are compared with the measured temperature values and the results are very close to one another. In this way, the use of artificial neural network method for estimation of 4 different internal models, definition of models and the prediction power has increased. In the random and periodic time interval, the inner plaster thickness is 2 cm, the outer plaster thickness is 3 cm and according to the wall width of 17 cm, 10 cm thick insulation (xps material insulated) and according to the non-insulated wall parameters The statistical data generated from this table that is not based on a nonlinear formula, ie, YSA, is introduced to the network structure and the results obtained by testing from the YSA model in the Matlab environment after training were compared and values very close to each other were determined. Again, in a random and periodic time interval insulated with 100 mm pipe size (insulated stapler material) and the values obtained from the table according to the uninsulated pipe parameters and the results from the YSA model were compared and compared very close values have been determined.

Keywords

Artificial Neural Network, Inside and Outside Wall, Insulation, Loss of Heat

*Corresponding Author: Bekir Cirak, bekircirak@mynet.com

Optimum Yalıtım için Kayıpların Yapay Sinir Ağları ile İncelenmesi

Bekir Çırak*

Siirt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği, Keser Yerleşkesi, Siirt, Türkiye

*Gönderi Tarihi: 08 Mar 2017

Düzeltilme Tarihi: 20 May 2017

*Kabul Tarihi: 24 May 2017

*Çevrimiçi Yayın Tarihi: 07 Tem 2017

Özet

Burada yapılan çalışmada binalarda ısıtma için kullanılan kalorifer borularının yalıtımlı ve yalıtımsız durumları için iki ayrı yapay sinir ağı modeli ve bina duvarlarının yalıtımlı ve yalıtımsız durumları için iki ayrı yapay sinir ağı (YSA) modeli olmak üzere toplamda 4 ayrı model kullanılmıştır. Bu durumlar için tasarlanan YSA modellerinde 3 katmanlı ileri beslemeli ve geri yayımlı bir model şekli tercih edilmiştir. Gizli katmanda sigmoid transfer fonksiyonu, çıkış katmanında ise doğrusal transfer fonksiyonu kullanılmıştır. YSA ağ topolojisi olarak geri yayımlı yapay sinir ağı topolojisi tercih edilmiş ve veriler normalize edilerek ağa sunulmuştur. Ağdan elde edilen sıcaklık değerleri gerçekte ölçülen sıcaklık değerleri ile mukayese edilmiş ve sonuçların biri birlerine çok yakın olduğu görülmüştür. Bu durumda 4 farklı iç modelin tahmini için yapay sinir ağları metodunun kullanımı, modellerin tanımı ve tahmin etme gücünü artırmıştır. Rastgele ve periyodik zaman aralığı içinde iç sıva kalınlığı 2 cm, dış sıva kalınlığı 3 cm olan ve 17 cm duvar genişliğine göre, ayrıca 10 cm kalınlığında yalıtımlı (xps malzeme yalıtımlı) ve yalıtımsız duvar parametrelerine göre tablodan alınan değerler YSA ağ yapısına tanıtıldıktan sonra ve eğitildikten sonra Matlab ortamında YSA modelinden test edilerek alınan sonuçlar karşılaştırılmış ve birbirine çok yakın değerler tespit edilmiştir. Yine rastgele ve periyodik zaman aralığı içinde 100 mm boru boyutuna göre yalıtımlı (stropiyer malzeme yalıtımlı) ve yalıtımsız boru parametrelerine göre tablodan alınan değerler ile YSA modelinden alınan sonuçlar karşılaştırılmış ve birbirine çok yakın değerler tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler

Yapay Sinir Ağları, İç ve Dış Duvar, Yalıtım, Isı Kaybı

*Sorumlu Yazar: Bekir Çırak, bekircirak@mynet.com

1. GİRİŞ

Yalıtımla tasarruf edilen enerji en temiz enerjidir. Günümüzde hiçbir birey ya da topluluk parasını ödemeye hazır olsa bile enerji israfında özgür değildir. Ülkemizin ekonomik konumu dikkate alındığında enerji ithali için harcanan dövizden sağlanacak tasarrufun önemi ortadadır. Yalıtımlı ve yalıtımsız duvardaki ısı kayıpları ile daha yüksek sıcaklık farklarının olduğu tesisattaki ısı kayıpları göz önüne alındığında yalıtımın ne kadar önemli olduğu görülmektedir. Günümüzde ülkelerin enerji politikalarında, enerji tasarrufu önemli bir konudur. Sınırlı enerji kaynakları, fosil yakıtların kullanımı sonucu oluşan çevre kirliliği, enerji ihtiyacının büyük bir bölümünün ithal edilmesi, yakıt maliyetleri, enerji tasarrufunu zorunlu hale getirmiştir. Ülkemizdeki enerji tüketiminin önemli bir kısmını oluşturan binalardaki ısı kayıpları, binalara ısı yalıtımının uygulanması ile azaltılabilir. Isınma döneminde, sıcaklığın yüksek olduğu iç ortamdan dış ortama doğru bir ısı kaybı meydana gelir. Yalıtım, yapı elemanlarından gerçekleşen ısı kaybını azaltır. Kullanılan yalıtım malzemesinin kalınlığı ısı konfor ve enerji tasarrufu açısından oldukça önemlidir. Çünkü düşük yalıtım kalınlığı ısının içeriden dışarıya ya da dışarıdan içeriye daha fazla geçmesine neden olur ve sonuçta ısı konfor ve enerji tasarrufu üzerinde olumsuz bir etki oluşturur.

Binalar için enerji tüketiminin minimum değerlere düşürülmesinde ulusal düzenlemeler getirilmesi bir zorunluluktur. Bu nedenle Türkiye'nin bu yöndeki ihtiyaçları düşünülerek 1999 yılında "Binalarda ısı yalıtım kuralları" (TS 825) belirlenmiştir. TS 825'e göre Türkiye için dört farklı derece belirlenmiş ve bu bölgeler Şekil 1'de gösterilmiştir. Binaların ısı yükü ihtiyaçlarını belirleyen en önemli parametre iklim şartlarıdır. 15°C taban sıcaklığı ve 20°C iç ortam sıcaklığı için DD değerleri birinci bölge için 1500'den daha az, dördüncü bölge için 4500'den daha fazladır.



Şekil 1. Türkiye'nin iklim bölgeleri (TSE 825)

İnsanlığın gelişimi ile beraber ihtiyaçlarda çeşitlenerek artmış ve bu durum beraberinde çeşitlenerek artan bu ihtiyaçların enerjiyle karşılanması mecburiyetini doğurmuştur. Avrupa ülkeleri enerji kaynakları bakımından fakir ülkeler arasında yer almaktadır. Ancak enerji kaynakları bakımından zengin olmak yeterli değildir. Bu kaynakların ekonomik ve etkin kullanılması ile enerji sorununa çözüm bulunabilecektir. Bu durum enerji tesisatlarının ve binaların yalıtımlarını ve izolasyonlarını gerektirir. Yalıtımla sağlanacak olan enerji tasarrufunun önemi giderek artmaktadır [1].

Yapay sinir ağları kavramı beynin çalışma ilkelerinin sayısal bilgisayarlar üzerinde taklit edilmesi fikri ile ortaya çıkmış ve ilk çalışmalar beyni oluşturan biyolojik hücrelerin ya da literatürdeki ismiyle nöronların matematiksel olarak modellenmesi üzerinde yoğunlaşmıştır. Yapay sinir ağlarının gerçek dünya problemlerine adapte edilebilir olması da avantajlarından bir tanesidir [2].

Yapay sinir ağları insan beyninin işleyiş şeklinden yola çıkmış olsa da henüz beynin hızına ulaşamamasına rağmen, karmaşık eşleştirmelerin hassas bir biçimde gerçekleşebilmesi ve yapısal gürbüzlüğe sahip olmaları nedeniyle ki gün geçtikçe uygulama alanları genişlemektedir. Yapay sinir ağlarının modelleri birbirinden bağımsız ve paralel olarak çalışabilen proses elemanlarının hiyerarşik bir şekilde organizasyonundan oluşur. Girdi elemanı bir dış kaynaktan gelebileceği gibi, diğer bir sinirden de gelebilir. Bir sinir hücresine birden fazla girdi gelebilir [3].

Keleşoğlu ve Fırat yaptıkları bir çalışmada tuğla duvardaki yalıtım hesaplarını yapay sinir ağları ile incelemişlerdir [4]. Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde Dombaycı vd. Farklı enerji kaynaklarının kullanılması durumunda dış duvarları için optimum yalıtım kalınlığını sıcaklık derecesi-gün sayısını esas alarak hesaplamışlardır. Enerji kaynağı olarak kömür kullanıldığında optimum yalıtım kalınlığını incelemişlerdir [5]. Bolattürk, Isparta bölgesindeki binaların duvar ve çatı döşemeleri için optimum yalıtım kalınlıkları ve enerji tasarruflarını araştırmıştır. Binaların dış duvarlarındaki optimum yalıtım kalınlığı yıllık ısıtma ve soğutma yüklerine dayandırarak analiz etmiştir [6]. Çomaklı ve Yüksel Erzurum, Kars ve Erzincan gibi Türkiye'nin en soğuk üç şehri için optimum yalıtım kalınlığının sayılarını esas alarak araştırmışlardır [7]. Öztuna, Edirne ilinde optimum duvar yalıtım kalınlığının enerji tasarrufuna etkisini derece gün sayısını kullanarak incelemiştir [8].

Literatürdeki çalışmalara kıyasla burada yapılan çalışmanın farkı gerek duvar gerekse boru yalıtım kalınlıklarının yapay sinir ağları yöntemi ile tahmin edilmesidir. Bunun için yalıtımlı ve yalıtımsız olmak üzere 4 ayrı model kurulmuş olmasıdır. Bu modellere göre minimum hata

ile 4 ayrı kalınlık miktarının tahmini yapılmıştır. Optimum kalınlık değeri simülasyonla yakalanmaya çalışılmıştır.

2. ISI TRANSFERİ

Isının geçişi olarak da tanımlanan günümüzde ısı transferinin teknik ve bilimsel ilkeler doğrultusunda oluşması istenir. Çünkü enerjinin bir parçası olarak ısının üretildiği kadar tüketilmesi ve en az kayıpla kullanılması gerekmektedir. Isı ve ısı kaynaklarının ekonomik ve etkin kullanılması ile enerji sorununda çözümün bir parçasıdır. Bu durum enerji tesisatlarının ve binaların yalıtımlarını ve izolasyonlarını gerektirir. İnsan sağlığı için zararlı olan bu gazlar, yakıt tüketiminin artmasına bağlı olarak artış göstermektedir [9].

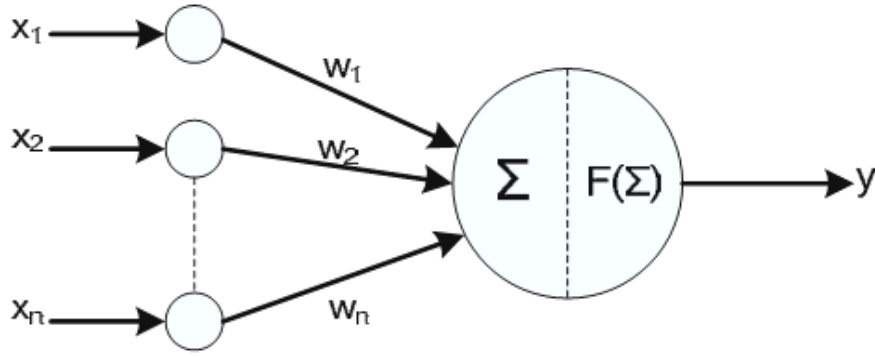
2.1. Isı Yalıtımı

Yalıtım malzemesi, dış ortam ile iç ortam arasında ısı bağımsızlığını artıran, ısı kaçaklarını önleyen, günümüz ısı ekonomisinin temelini oluşturan hayati bir malzemedir. İç ortamın ısıtılmasında dengeli bir ısı oluşumu sağlayarak stabil bir ısıtma sağlarlar. Bu konuda yalıtım malzemesinin cinsi ne olursa olsun ısı geçirgenlik katsayısı ve yalıtım gücü önemlidir. Tesisatlar da ısıtma borularının geçtikleri ortam sıcaklıkları da dikkate alınmalıdır. Yalıtım kalınlığı uygunluğu da dış ortam sıcaklığı, bina duvar yapısının katmanları, yalıtım malzemesinin özellikleri gibi unsurlardan etkilenmektedir. Bu hususların hepsi dünyada ISO ve Türkiye’de TSE tarafından norm hale getirilerek disipline edilmiştir. Ancak yalıtım kültürü ve tekniği arttıkça bu norm değerler de değişmektedir. Hatta yalıtım ve malzemesinin kanserojen özellik taşıyıp taşımadığı bile tartışılmaktadır. TSE ye göre binalarda iç ortam sıcaklığının 18-20 °C, duvar sıcaklığının 16-18 °C olması, iç ortam sıcaklığı ile dış ortam sıcaklığı arasındaki farkın 30-40 °C olması gerekmektedir. Ancak bu normlar, gerçekte tam sağlanamamaktadır. Burada yalıtımın önemi büyüktür. Ancak bir gerçek daha vardır ki, yalıtımın kaliteli ve hassas olması yalıtım maliyetini ve inşaat ekonomisini artırmaktadır [9].

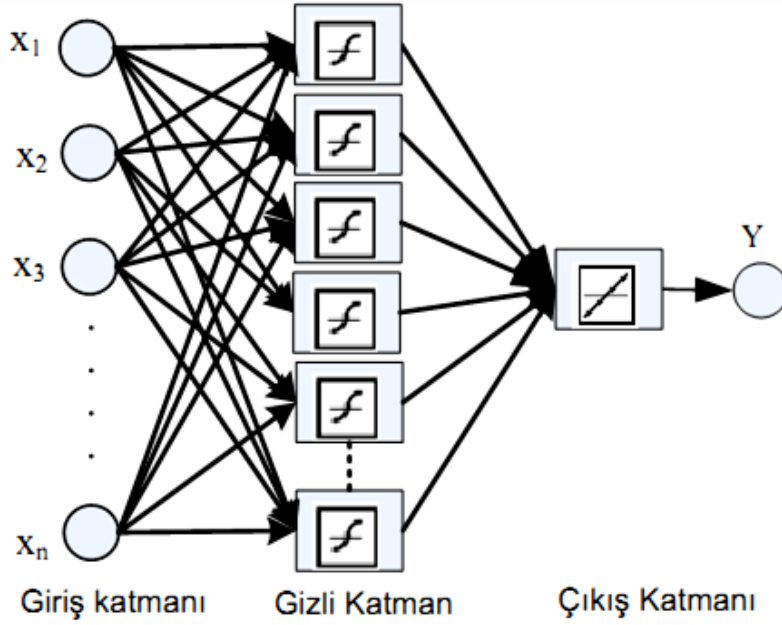
3. YAPAY SİNİR AĞLAR

Yapay Sinir Ağları, insan beynindeki nöronlara benzer olarak meydana getirilen yapay nöronların değişik bağlantı geometrisi ile birbirlerine bağlanmasıyla oluşan sistemlerdir. Şekil 2’de gösterilen bir sinir hücresi kendisine gelen giriş değerlerinin ağırlıklı toplamını aldıktan sonra bir aktivasyon fonksiyonundan geçirerek bir çıktı değeri oluşturur. Aktivasyon fonksiyonu doğrusal olabileceği gibi YSA’nın amacı gereği genelde doğrusal olmayan transfer fonksiyonları tercih edilirler [10].

En yaygın transfer fonksiyonları doğrusal fonksiyon, eşik fonksiyonu ve sigmoid fonksiyonlarıdır. Şekil 3’de ileri beslemeli bir YSA modeli görülmektedir.



Şekil 2. Nöronun yapısı

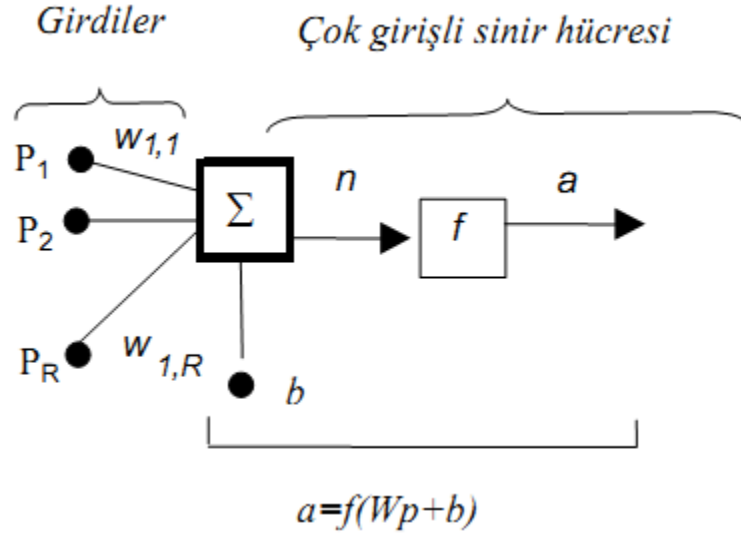


Şekil 3. YSA modeli

3.1. Çok Katmanlı Sinir Ağı

Yapay sinir ağlarının modelleri birbirinden bağımsız ve paralel olarak çalışabilen proses elemanlarının hiyerarşik bir şekilde organizasyonundan oluşur. Girdi elemanı bir dış kaynaktan gelebileceği gibi, diğer bir sinirden de gelebilir. Bir sinir hücresine birden fazla girdi gelebilir. Birden fazla girdilerin olduğu sinir hücresi yapısı Şekil 4’de olduğu gibidir. Her bir bireysel girdi $p_1, p_2, p_3, \dots, p_R$, W ağırlık matrisinin $w_{1,1}, w_{1,2}, \dots, w_{1,R}$ uygun elemanlarıyla ağırlıklandırılmıştır. Bu çalışmada kullanılacak olan ağ tipi çok girişli ağ yapısını oluşturmaktadır [11].

Yapay sinir ağlarının parametrelerinin güncellenmesi için, en çok kullanılan yöntem hata geriye yayma yöntemidir. Ses tanıma problemlerinden nonlinear sistem tanılama ve denetimi problemlerine kadar yapay sinir ağları ile çözüm üretilen birçok alanda başarı ile kullanılan bu yöntem, kuadratik bir maliyet fonksiyonunun zaman içinde, ağ parametrelerinin uyarlanması ile minimizasyonuna dayanmaktadır. Bu eğitim metodu hataların geri yayılması veya delta kuralının genelleştirilmesi olarak da bilinir.



Şekil 4. Çok girişli sinir ağı

İleri besleme sırasında, her girdi birimi, girdi sinyaline ulaşır ve gizli katmanlardan bu sinyaller yayılır. Her bir gizli katman onun aktivasyonunu hesapladıktan sonra, sinyalini çıktı birimine gönderir. Çıktı katmanı da gelen sinyalin aktivasyonunu hesaplar ve ağıın çıktı değerini oluşturur [12].

3.2. YSA Modelinin Eğitimi ve Performansı

Bir YSA modelinin performansı, gerçek çıktı değerleri ile YSA modelinin oluşturduğu çıktı değerleri arasındaki sapma (hata) miktarının azlığına bağlıdır. Bu hata miktarlarının analizi için üç istatistiksel değer kullanılmıştır. Bunlar RMS istatistiksel hata miktarı (root-mean-squared), R^2 (mutlak değişim yüzdesi), OYH (ortalama yüzde hata) değerleridir. Çentik faktörü çıktı değerine göre bu hata miktarları aşağıdaki formüllerle hesaplanır [12].

$$\text{İstatistiksel Hata Miktarı;} \quad \text{RMS} = \left[\frac{1}{p} \sum_j |t_j - o_j|^2 \right]^{1/2} \quad (1)$$

$$\text{Mutlak Değişim Yüzdesi;} \quad R^2 = 1 - \frac{\sum_j (t_j - o_j)^2}{\sum_j (o_j)^2} \quad (2)$$

$$\text{Ortalama yüzde Hata;} \quad \text{OYH \%} = \frac{\sum_j \left(\frac{t_j - o_j}{t_j} \times 100 \right)}{p} \quad (3)$$

3.3. YSA Modelinde Test

Eğitme işlemlerinden sonra YSA modelinden elde edilen sonuçlarla teorik (gerçek) hesap sonuçları istatistiksel hata miktarına göre Microsoft Excel'de karşılaştırılır. İstatistiksel hata analizlerinde eğitim ve test verilerinin performansı birlikte değerlendirilir.

4. MATERYAL VE YÖNTEMLER

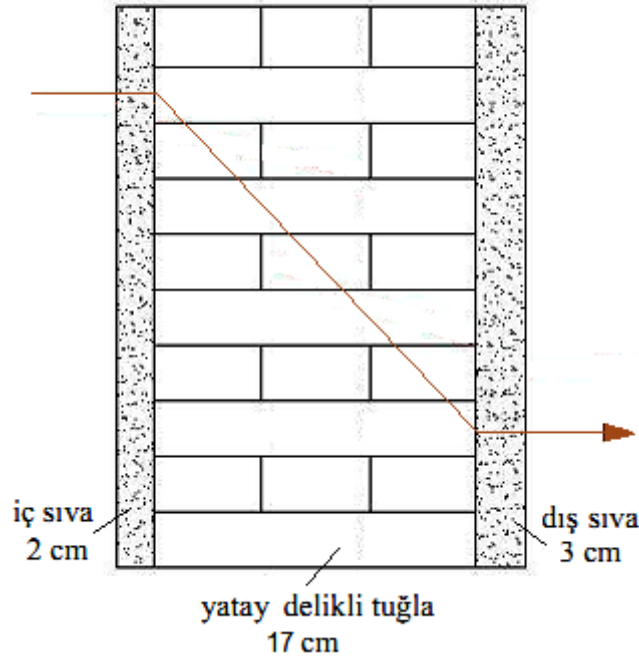
4.1. Duvar Yapısı

Buradaki uygulamada, enerji tasarrufunu en çok sağlayan ve en çok tercih edilen duvar tipi olan sandviç duvar tipi tercih edilmiştir. Yalıtımlı ve yalıtımsız duvarlar için yapılan

hesaplamlarda, iklim koşulları göz önünde bulundurularak İç ortam sıcaklığı 20 °C, dış ortam sıcaklığı -8 °C seçilmiştir.

4.1.1. Yalıtımsız Duvar Yapısı

Yalıtımsız duvar bileşenleri, 2 cm iç sıva, 17 cm yatay delikli tuğla ve 3 cm dış sıvadan oluşmaktadır. Uygulamalarda kullanılan yalıtımsız duvarın yapısı Şekil 5’de gösterilmiştir.

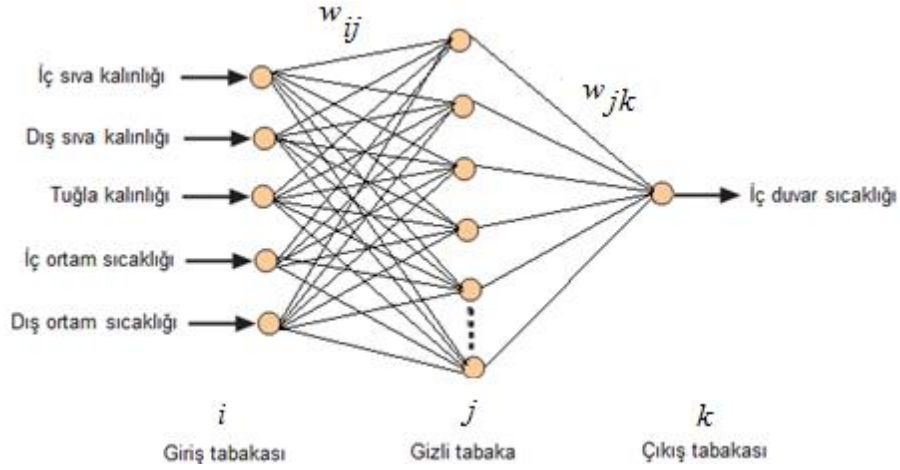


Şekil 5. Yalıtımsız duvar yapısı

4.1.2. Yalıtımsız duvar için YSA

Problem için geri yayımlı yapay sinirağı tercih edilmiştir. Bu ağda 1 giriş katmanı, 1 ara katman ve 1 çıkış katmanı kullanılmıştır. Girdi katmanında beş işlem elemanı bulunmaktadır. Şekil 6’da görüldüğü gibi ara katmanda 9 adet yapay nöron kullanılmıştır. Ağın çıkışı ise iç duvar sıcaklığıdır.

Ağın girdi elemanlarına rastgele çeşitli değerler verilerek oluşturulan eğitim ve test setinde 60 adet örnek bulunmaktadır. Bu örneklerin 30 adedi eğitim için diğer 30 adedi ise test için kullanılmıştır. Yalıtımsız duvar için yapılan 1-a uygulamada yalıtım değerleri kullanılmayarak. Giriş ve çıkış değerleri normalize edilmiş ve ağa tanıtılmıştır. Çizelge 1’de görüldüğü gibi çeşitli ağ yapıları ve öğrenme oranları denenerek en doğru sonuç elde edilmeye çalışılmıştır. Yapılan denemeler sonucunda 9 nörondan oluşan bir ara katman uygun görülmüş, momentum katsayısı 0.979 ve öğrenme oranı 0.85 alındığında ağ daha uygun sonuçlar vermiştir.



Şekil 6. Yalıtımsız duvar için YSA modeli ağ yapısı

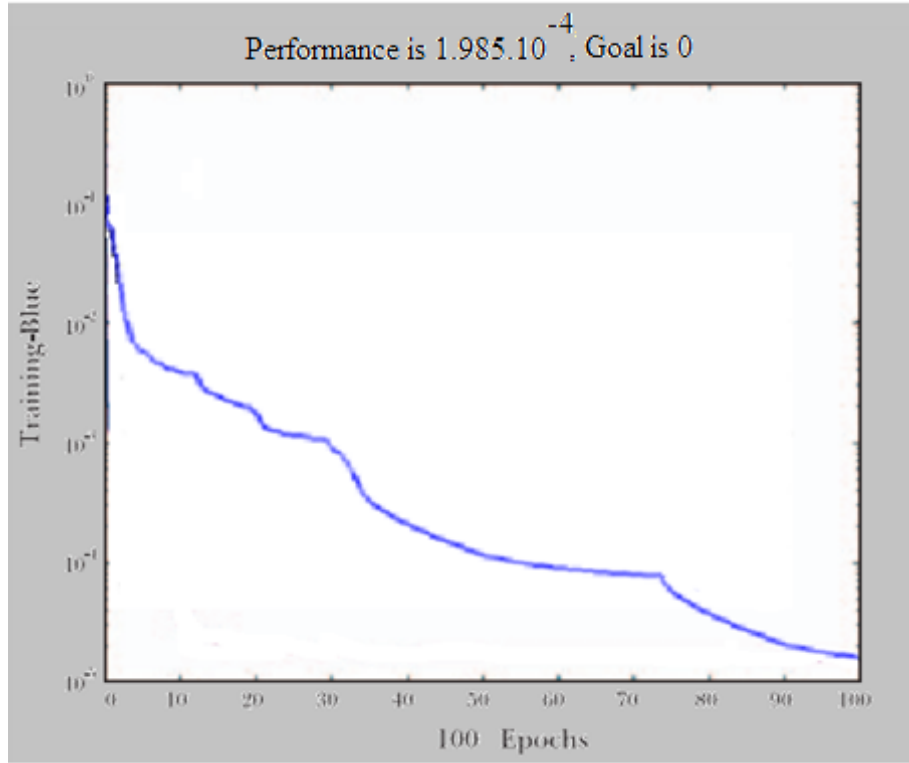
Ağın eğitimi tamamlandıktan sonra ağın performansını test etmek amacıyla eğitim setindeki örneklerden tamamen farklı değerler kullanılarak ağ test edilmiştir. Ağın test setinde kullanılan örnekler ve sonuçların karşılaştırılması Çizelge 3’de verilmiştir. Yapay sinir ağını eğittikten ve test ettikten sonra problem için verilen değerler ağa sunulursa elde edilen duvar iç yüzey sıcaklığı 17.056 °C olarak bulunur. Bu problemin sayısal çözümü sonucunda elde edilen duvar iç yüzey sıcaklığı 17.00 °C’dir [9].

Çizelge 1. Yalıtımsız duvar için YSA da kullanılan eğitim ve test değerleri (İlk 30 değer YSA eğitimi, son 30 değer ise YSA testi için kullanılmıştır)

No	Giriş						Çıkış İç Duvar Sıcaklığı (°C)
	İç Sıva Kalınlığı (m)	Dış Sıva Kalınlığı (m)	Tuğla Kalınlığı (m)	İç Ortam Sıcaklığı (°C)	Dış Ortam Sıcaklığı (°C)	İç Duvar Sıcaklığı (°C)	
1	0.01	0.03	0.15	18	-6	8.5	
2	0.015	0.01	0.19	20	-8	10.5	
3	0.02	0.025	0.17	19	-9	18.5	
4	0.015	0.015	0.19	22	-7	12.54	
5	0.01	0.03	0.15	21	-10	14.5	
6	0.02	0.02	0.17	18	-8	16.5	
54	0.015	0.025	0.19	19	-9	18.5	
55	0.02	0.01	0.15	21	-7	20	
56	0.01	0.015	0.17	20	-8	19.5	
57	0.015	0.02	0.19	22	-10	18	
58	0.02	0.025	0.17	21	-9	19	
59	0.01	0.015	0.15	19	-6	10.5	
60	0.015	0.03	0.19	18	-8	8.5	

Aktivasyon fonksiyonu olarak “tangent sigmoid fonksiyonu”, ağın eğitilmesi için öğrenme tipi olarak “danışmanlı öğrenme” uygulanmıştır. Bu parametreler kullanılarak MATLAB’ta hazırlanan programda YSA eğitilir. Matlab programı ağırlık değerlerini rastgele belirleyip her bir örneği sırasıyla ağa sunarak çalışmaktadır. Bu ağın iterasyona bağlı hata değişimi Şekil 7’de

verilmiştir. Şekil 7 incelendiğinde yapılan YSA modelinin performansının oldukça iyi olduğu görülmektedir.



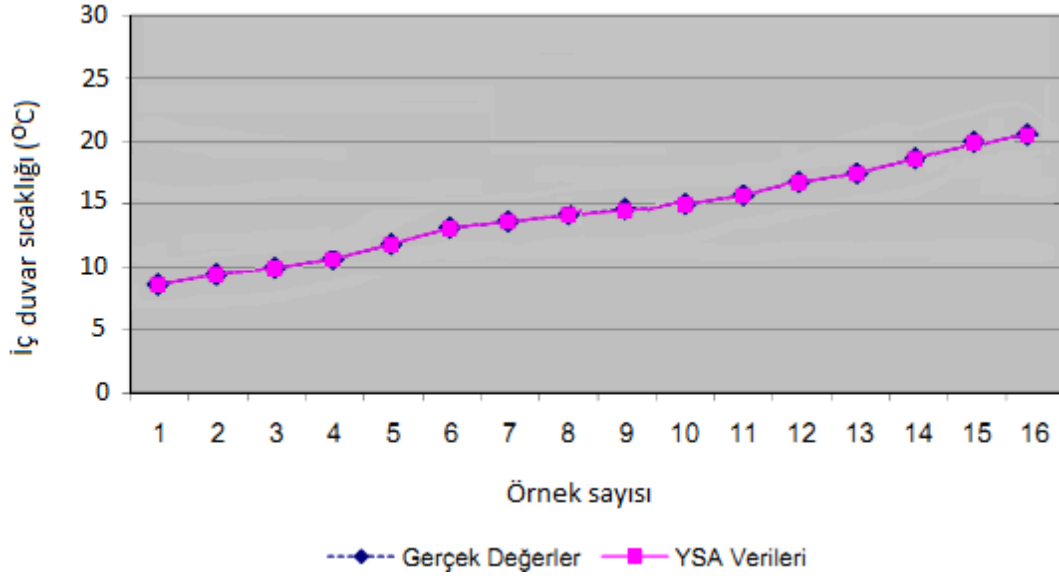
Şekil 7. Yalıtımsız duvar için YSA performans grafiği

Çizelge 2. Yalıtımsız duvar için YSA hata miktarları

Gerçek Değerler	YSA Değerleri	RMS	R ²	OYH
8.500	8.515	0.000155	0.998238	0.001649
10.500	10.510	0.000270	0.999779	0.022123
12.500	12.520	0.002652	0.998238	0.175855
14.500	14.495	0.002706	0.998136	0.186020
16.500	16.490	0.000834	0.999407	0.059229
17.00	17.058	0.002652	0.999749	0.186020
18.00	18.072	0.000944	0.999391	0.060891
18.500	18.500	0.001729	0.999779	0.143873
19.00	19.030	0.001504	0.998559	0.125336
20.00	20.105	0.000155	0.999910	0.009037

Çizelge 2’de görüldüğü gibi (1), (2) ve (3) denklemleri ile hesaplanan RMS değerleri çok düşük, R² değeri 1’e oldukça yakın ve OYH değerinin düşük olduğu görülebilir.

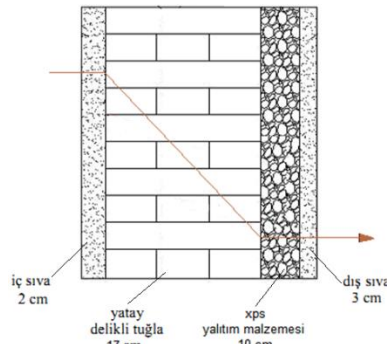
Şekil 8’deki grafik, yapılan YSA çalışmasının yalıtımsız iç duvar sıcaklık miktarının belirlenmesinde çok yakın sonuçlar aldığını göstermektedir. Gerçek değerler ile YSA modelinden elde edilen değerlerin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 8. Yalıtımsız duvar yapısı için iç duvar sıcaklığının YSA modelinden elde edilen sonuçlarla gerçek sonuçların karşılaştırılması

4.1.3. Yalıtımlı duvar yapısı

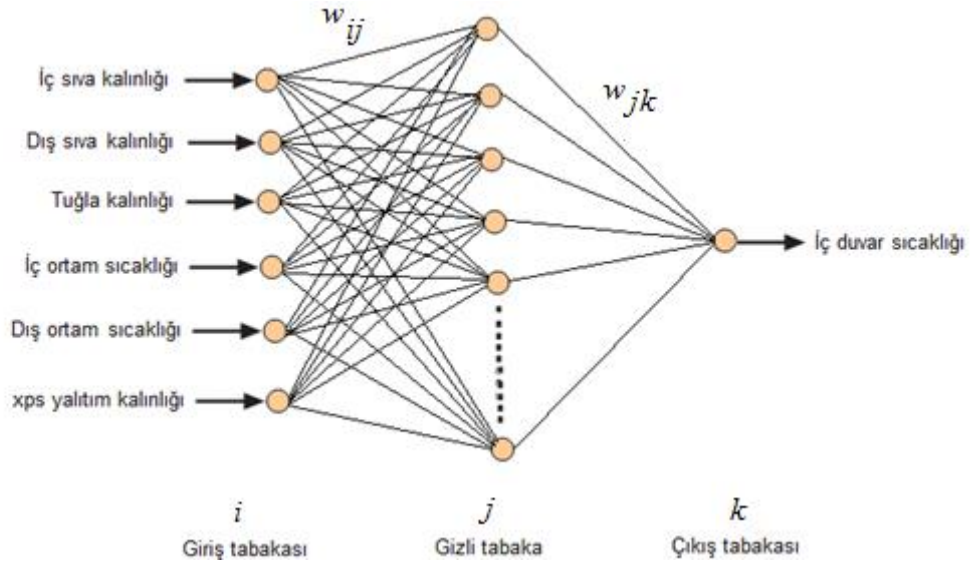
Yalıtımlı duvar bileşenleri ise, 2 cm iç sıva, 10 cm xps yalıtım malzemesi, 17 cm yatay delikli tuğla ve 3 cm dış sıvadan oluşmaktadır. Hesaplamalarda kullanılan yalıtımlı duvarın yapısı Şekil 9’da gösterilmiştir.



Şekil 9. Yalıtımlı duvar yapısı

4.1.4. Yalıtımlı duvar için YSA

Problem için 1 giriş, 1 ara ve 1 çıkış katmanı bulunan geri yayımlı yapay sinir ağı kullanılmıştır. Şekil 10’a göre girdi katmanında 6 işlem elemanı bulunmaktadır. Ara katmanda 9 adet yapay nöron kullanılmıştır. Ağıın çıkışı ise yalıtımlı duvarın iç duvar sıcaklığıdır.



Çizelge 3’de görüleceği üzere ağıın girdi elemanlarına rastgele çeşitli değerler verilerek oluşturulan eğitim ve test setinde 60 adet örnek bulunmaktadır. Bu örneklerin 30 adedi eğitim için diğer 30 adedi ise test için kullanılmıştır. Yalıtımlı duvar için yapılan 1-b uygulamada, giriş ve çıkış değerleri normalize edilmiş ve ağa tanıtılmıştır. Çeşitli ağ yapıları ve öğrenme oranları denenerek en doğru sonuç elde edilmeye çalışılmıştır. Yapılan denemeler sonucunda 9 nörondan oluşan bir ara katman uygun görülmüş, momentum katsayısı 0.979 ve öğrenme oranı 0.85 alındığında ağ daha uygun sonuçlar vermiştir.

Çizelge 3. Yalıtımlı duvar için YSA’ da kullanılan eğitim ve test değerleri (İlk 30 değer YSA eğitimi, son 30 değer ise YSA testi için kullanılmıştır)

No	Giriş						Çıkış
	İç Sıva Kalınlığı (m)	Dış Sıva Kalınlığı (m)	xps Yalıtım Kalınlığı (m)	Tuğla Kalınlığı (m)	İç Ortam Sıcaklığı (°C)	Dış Ortam Sıcaklığı (°C)	İç Duvar Sıcaklığı (°C)
1	0.01	0.03	15	0.15	18	-6	13
2	0.015	0.01	17	0.19	20	-8	17.67
3	0.02	0.025	16	0.17	19	-9	21.9
4	0.015	0.015	15	0.19	22	-7	25.74
5	0.01	0.03	18	0.15	21	-10	15.73
6	0.02	0.02	19	0.17	18	-8	16.45
54	0.015	0.025	16	0.19	19	-9	18.67
55	0.02	0.01	18	0.15	21	-7	27.73
56	0.01	0.015	17	0.17	20	-8	23.69
57	0.015	0.02	19	0.19	22	-10	30.01
58	0.02	0.025	15	0.17	21	-9	19.39
59	0.01	0.015	2051	0.15	19	-6	15.78
60	0.015	0.03	2050	0.19	18	-8	17.97

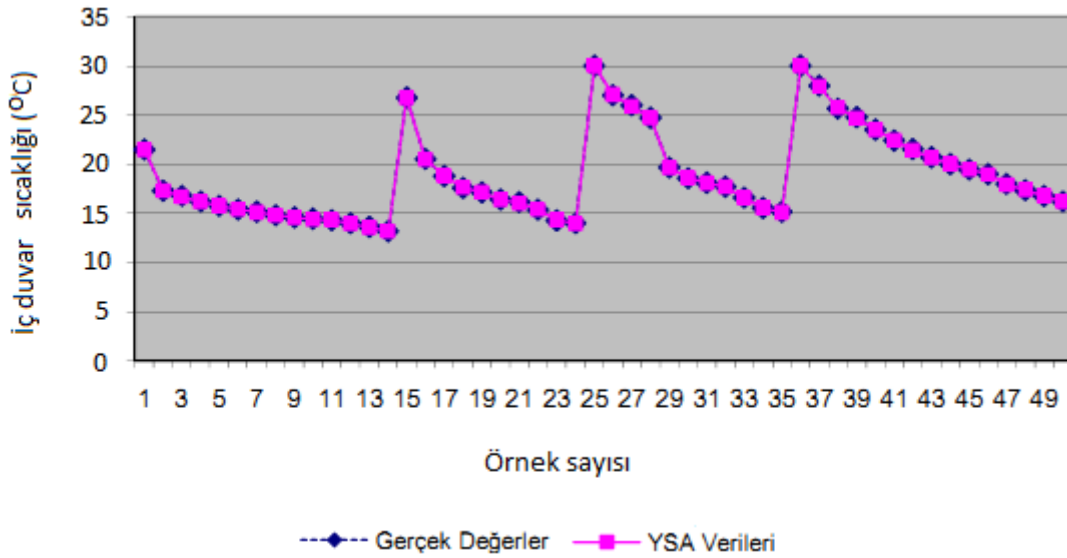
Yapay sinir ağını eğittikten ve test ettikten sonra, problem için verilen değerler ağa sunulursa elde edilen iç yüzey sıcaklığı 19.80 °C olarak bulunur. Bu problemin sayısal çözümü sonucunda elde edilen iç yüzey sıcaklığı 19.82 °C’dir [9].

Ağın eğitimi tamamlandıktan sonra ağın performansını test etmek amacıyla eğitim setindeki örneklerden tamamen farklı değerler kullanılarak ağ test edilmiş ve bulunan sonuçlar Çizelge 4’de karşılaştırılmıştır. Çizelge 4 incelendiğinde yapılan YSA modelinin performansının oldukça iyi olduğu görülebilir. Burada RMS değerleri çok düşük, R^2 değeri 1’e oldukça yakın ve OYH değerinin düşük olduğu görülebilir.

Çizelge 4. Yalıtımlı duvar için YSA hata miktarları

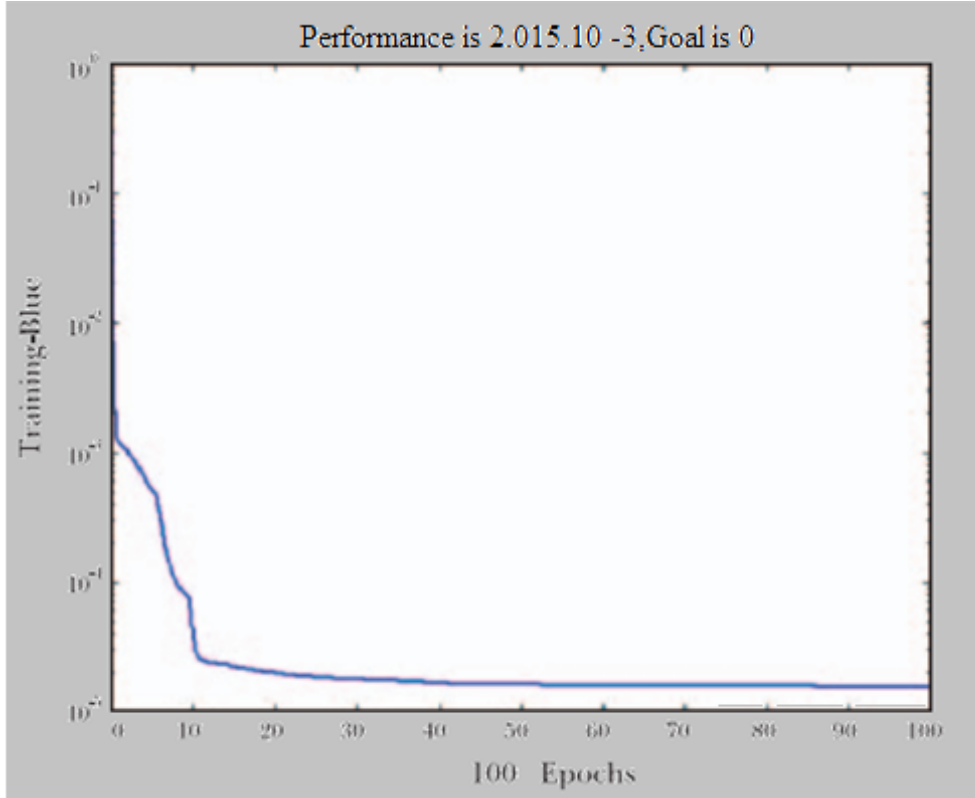
Gerçek Değerler	YSA Değerleri	RMS	R^2	OYH
13.00	13.10	0.002652	0.999749	0.186020
15.730	15.805	0.000944	0.999391	0.060891
17.760	17.681	0.001729	0.998745	0.175855
19.390	19.989	0.002706	0.998136	0.143873
21.900	21.910	0.000834	0.999407	0.059229
23.690	23.645	0.000155	0.998238	0.001649
25.740	25.751	0.000270	0.999779	0.022123
27.730	27.742	0.000028	0.998559	0.009037
19.00	19.030	0.001504	0.999910	0.125336
30.01	30.00	0.000322	0.999984	0.025063

Şekil 11’de gerçek sıcaklık değerleri ile YSA modelinden elde edilen sıcaklık değerlerinin birbirine çok yakın olduğunu ve yapılan YSA çalışmasının, yalıtımlı iç duvar sıcaklık miktarının belirlenmesinde çok yakın sonuçlar aldığını göstermektedir.



Şekil 11. Yalıtımlı duvar yapısı için iç duvar sıcaklığının YSA modelinden elde edilen sonuçlarla gerçek sonuçların karşılaştırılması

Aktivasyon fonksiyonu olarak tangent sigmoid fonksiyonu, ağın eğitilmesi için öğrenme tipi olarak danışmanlı öğrenme uygulanmıştır. Bu parametreler kullanılarak MATLAB’ta hazırlanan programda YSA eğitilir. Matlab programı ağırlık değerlerini rastgele belirleyip her bir örneği sırasıyla ağa sunarak çalışmaktadır. Bu ağın iterasyona bağlı hata değişimi ve performans grafiği Şekil 12’de verilmiştir.



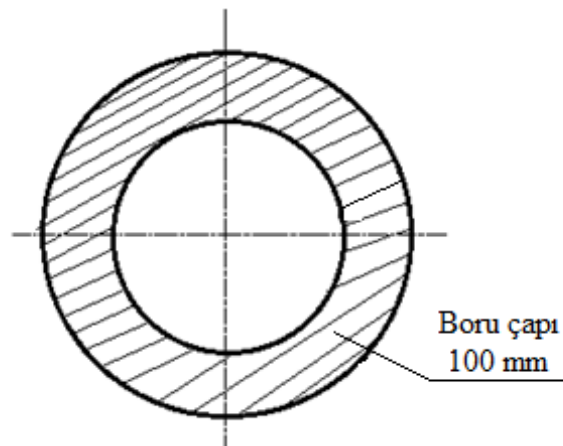
Şekil 12. Yalıtımlı duvar için YSA performans grafiği

4.2. Boru Yapısı

Yalıtımsız bir boruda ısı kaybı daha fazladır ve hesabı net ve hassas değildir. Çünkü borunun bulunduğu ortamın cinsi ve sıcaklığı, boru yüzeyine doğrudan değişkenlik göstererek temas eder. Cihaz ışınları, hava akımı ve rüzgar şiddeti, sulu ortam ise su sıcaklığı, korozyon gibi etkenler önemlidir. En önemlisi ise bu değerlerin sabit olmaması ve ölçme zorluğudur.

4.2.1. Yalıtımsız boru yapısı

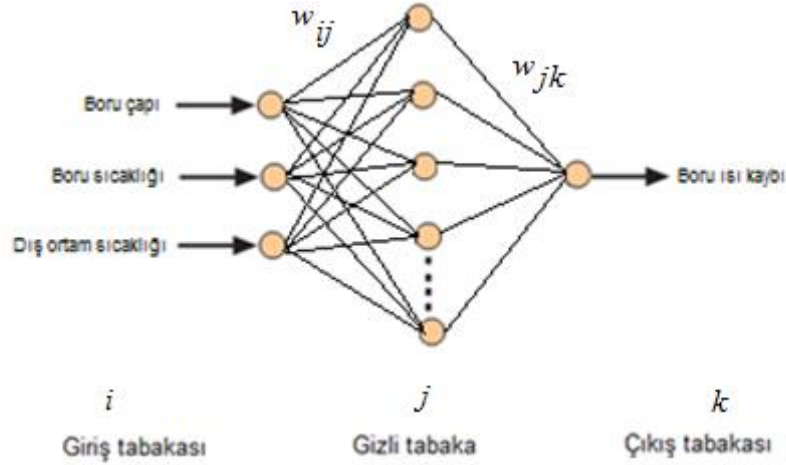
Şekil 13’de gösterilen yalıtımsız borudaki ısı kaybı, tahmin konusunda başarılı sonuçlar veren YSA kullanılarak tespit edilmiştir. Yapılan uygulamada referans olarak boru çapı 100 mm, boru iç sıcaklığı 150 °C ve dış ortam sıcaklığı 15 °C alınmıştır.



Şekil 13. Yalıtımsız boru yapısı

4.2.2. Yalıtımsız boru yapısı için YSA

Bu uygulamada kullanılan YSA'da Şekil 14'de görüldüğü gibi 3 girdi, 1 çıktı ve 7 adet nörondan oluşan 1 gizli katman kullanılmıştır.



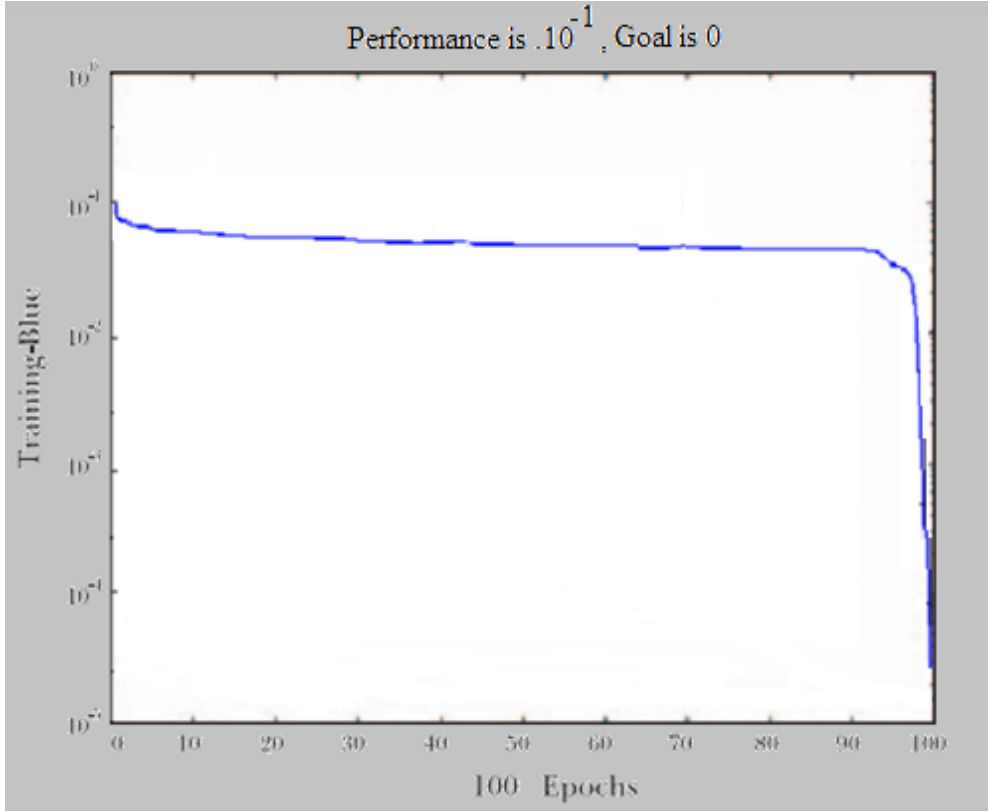
Şekil 14. Yalıtımsız boru için YSA modeli ağ yapısı

Yalıtımsız boru için YSA'da kullanılan eğitim ve test değerleri Çizelge 5'de verilmiştir. Burada 60 adet veri örneklendirilmiş, bunların 30 adedi eğitim için, diğer 30 adedi ise test için kullanılmıştır. Bu değerler ağa sunulurken normalize edilmiştir. Boru ısı kayıpları, seçilen boru çapına göre TSE çizelgelerinden alınmıştır [9].

Çizelge 5. Yalıtımsız boru için YSA'da kullanılan eğitim ve test değerleri (Uygulama No: 2-a, İlk 30 değer YSA eğitimi, son 30 değer ise YSA testi için kullanılmıştır)

No	Giriş			Çıkış
	Boru Çapı (m)	Boru Sıcaklığı (°C)	Dış Ortam Sıcaklığı (°C)	Boru Isı Kaybı (Kcal/mh)
1	0.05	300	10	500
2	0.15	150	15	1500
3	0.20	225	20	2000
4	0.25	300	25	1000
5	0.05	375	30	2500
6	0.10	75	15	3000
54	0.20	225	20	1500
55	0.25	75	30	2500
56	0.15	150	10	1000
57	0.10	375	25	3500
58	0.25	300	15	1500
59	0.15	225	30	500
60	0.20	375	20	3000

Yapılan denemeler sonucunda bir ara katman uygun görülmüş, momentum katsayısı 0.98 ve öğrenme oranı 0.75 olarak seçildiğinde ağ daha uygun sonuçlar vermiştir. Bu parametrelerin kullanıldığı ağ, Matlab ortamında geliştirilen programla eğitilmiş ve test edilmiştir. Matlab programı ağırlık değerlerini rastgele belirleyip her bir örneği sırasıyla ağa sunarak çalışmaktadır. Bu ağın iterasyona bağlı performans grafiği Şekil 15'de verilmiştir.



Şekil 15. Yalıtımsız boru için YSA performans grafiği

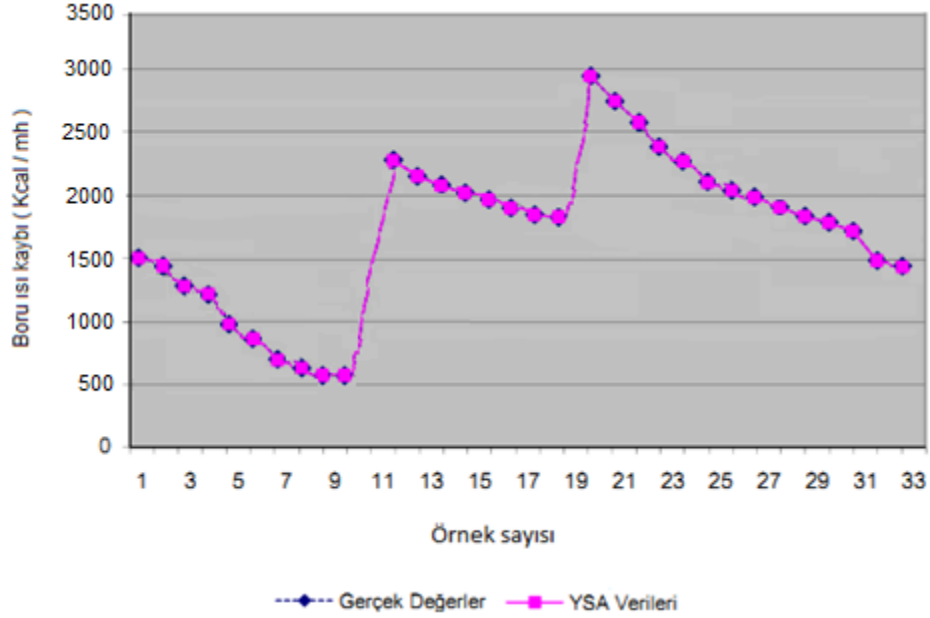
Çizelge 5’de verilen eğitim setinin uygulanması sonucu borudaki ısı kaybı 2000.010 kcal/mh bulunmuştur. Bu problemin çözümü neticesinde 2000 kcal/mh olarak bulunmuştur [9]. Sonuç göz önüne alındığında yapay sinir ağından yeterli hassasiyette bir sonuç elde edildiği görülür. Çizelge 6 incelendiğinde yapılan YSA modelinin performansının oldukça iyi olduğu görülebilir. (1), (2) ve (3) denklemleri sonucunda elde edilen RMS değerleri çok düşük, R^2 değeri 1’e oldukça yakın ve OYH değerinin düşük olduğu görülebilir.

Çizelge 6. Yalıtımsız boru için YSA hata miktarları

Gerçek Değerler	YSA Değerleri	RMS	R^2	OYH
500.010	500.017	0.000270	0.999984	0.001649
1000.15	1000.19	0.000028	0.999391	0.060891
1500.014	1500.016	0.002652	0.998238	0.175855
2000.00	2000.010	0.002706	0.998136	0.186020
2500.025	2500.349	0.000834	0.999407	0.059229
3000.50	3000.65	0.000322	0.999749	0.025063
3500.00	3500.018	0.000270	0.999779	0.022123
1250.050	1250.065	0.001729	0.999749	0.186020
2750.150	2750.125	0.001504	0.999391	0.060891
3250.650	3250.950	0.000155	0.999407	0.175855

Çizelge 6’ya göre boru ısı kaybı değerleri ile YSA modelinden elde edilen değerlerin birbirine çok yakın olduğu, yani yalıtımsız boru ısı kaybı miktarının belirlenmesinde çok yakın sonuçlar aldığı görülmektedir.

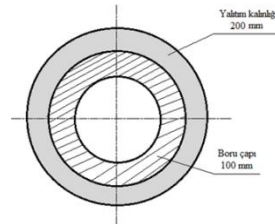
Şekil 16'daki grafik incelendiğinde, gerçek yalıtımsız boru ısı kaybı değerleri ile YSA modelinden elde edilen değerlerin birbirine çok yakın olduğu, burada yapılan YSA çalışmasının, yalıtımlı boru ısı kaybı miktarının belirlenmesinde çok yakın sonuçlar aldığı görülmektedir.



Şekil 16. Yalıtımsız boru yapısı için ısı kaybının YSA modelinden elde edilen sonuçlarla gerçek sonuçların karşılaştırılması

4.2.3. Yalıtımlı boru yapısı

Bu uygulamada 100 mm'lik referans boru çapı, 150 °C'lik boru sıcaklığı ve 15 °C' lik dış ortam sıcaklığındaki bir boru 200 mm kalınlığında bir yalıtım malzemesi ile yalıtılmıştır (Şekil 17).



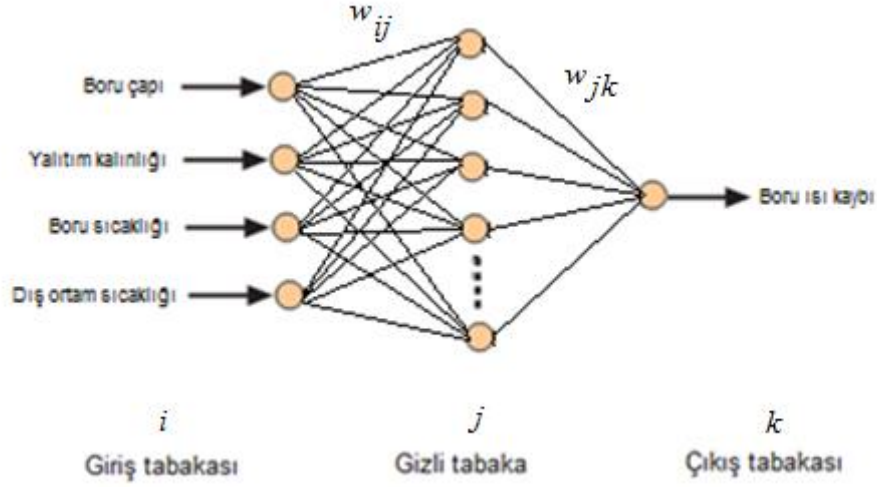
Şekil 17. Yalıtımlı boru yapısı

4.2.4. Yalıtımlıboru yapısı için YSA

Bu uygulamada kullanılan YSA'da Şekil 18'de görüldüğü gibi 4 girdi, 1 çıktı ve 8 adet nörondan oluşan 1 gizli katman kullanılmıştır. Ağın girdi elemanlarına çeşitli değerler verilerek oluşturulan eğitim setinde 25 adet örnek bulunmaktadır.

Ağın eğitim setinde kullanılan değerler Çizelge 7'de verilmiştir. Geri yayımlı bir yapay sinir ağı kullanılarak burada oluşan ısı kaybı tespit edilmiştir. Bu örnekler ağa sunulurken değerler normalize edilmiştir. Yapılan denemeler sonucunda bir ara katman uygun görülmüş, momentum kat sayısı 0.98 ve öğrenme oranı 0.8 olarak seçildiğinde ağ daha uygun sonuçlar

vermiştir. Bu parametrelerin kullanıldığı ağ Matlab ortamında geliştirilen programla eğitilmiş ve test edilmiştir.



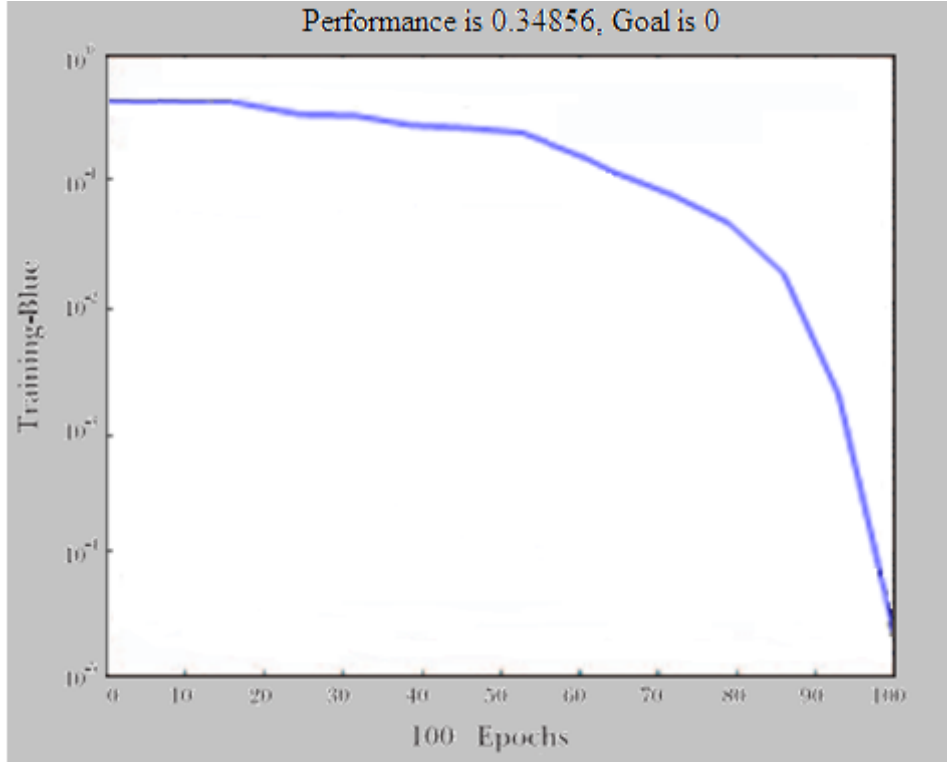
Şekil 18. Yalıtımlı boru için YSA modeli ağ yapısı

Çizelge 7. Yalıtımlı boru için YSA dakullanılan eğitim ve test değerleri (Uygulama No: 2-b, İlk 30 değer YSA eğitimi, son 30 değer ise YSA testi için kullanılmıştır)

No	Giriş				Çıkış Boru Isı Kaybı (Kcal/mh)
	Boru Çapı (m)	Yalıtım Kalınlığı (m)	Boru Sıcaklığı (°C)	Dış Ortam Sıcaklığı (°C)	
1	0.45	0.1	300	10	50
2	0.50	0.3	150	15	150
3	0.40	0.15	250	20	75
4	0.25	0.2	300	25	100
5	0.35	0.25	350	5	125
6	0.25	0.35	200	15	100
54	0.30	0.25	200	20	150
55	0.25	0.1	250	5	75
56	0.45	0.35	150	10	50
57	0.30	0.15	350	25	100
58	0.25	0.3	300	15	150
59	0.35	0.2	200	5	125
60	0.40	0.1	150	20	75

Bu problemde 0.8 öğrenme oranı ve Çizelge 9’da verilen eğitim setinin uygulanması sonucu yalıtımlı borunun ısı kaybı 100.029 Kcal/mh olarak bulunmuştur. Bu problemin çözümü neticesinde yalıtımlı borunun ısı kaybı 100.034 Kcal/mh bulunmuştur [9]. Buna göre sonuca yeterli hassasiyette yaklaşıldığı görülmüştür.

Bu ağın iterasyona bağlı hata değişimi Şekil 19’da verilmiştir. Şekil 19 incelendiğinde yapılan YSA modelinin performansının oldukça iyi olduğu görülmektedir.



Şekil 19. Yalıtımlı boru için YSA performans grafiği

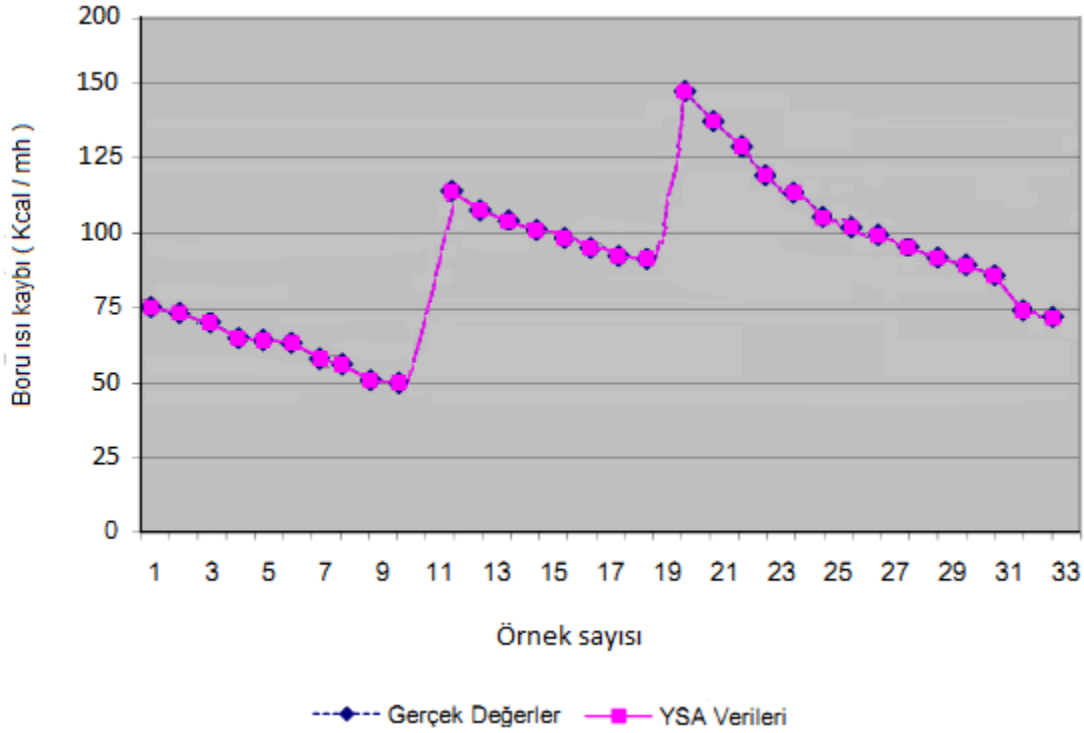
Matlab programı ağırlık değerlerini rastgele belirleyip her bir örneği sırasıyla ağa sunarak çalışmaktadır. Ağın test dataları ve test sonuçlarının karşılaştırılması Çizelge 8’de verilmiştir. Burada yapılan YSA modelinin performansının oldukça iyi olduğu görülmektedir. (1), (2) ve (3) denklemleri ile hesaplanan RMS değerleri çok düşük, R^2 değeri 1’e oldukça yakın ve OYH değerinin düşük olduğu görülebilir. Gerçek boru yalıtım kalınlığı 100 mm ye karşın YSA’nın aynı değeri 100.015 mm olduğu tablodan görülmektedir. Diğer verilen gerçek boru parametrelerine [9] karşılık YSA ağının yakın değerler tahmin ettiği Çizelge 10’da ve gerçek ısı kayıpları ile YSA’nın tahmin ettiği ısı kayıplarının biri birine ne kadar yakın olduğu da Şekil 20’de görülmektedir.

Çizelge 8. Yalıtımlı boru için YSA hata miktarları

Gerçek Değerler	YSA Değerleri	RMS	R^2	OYH
50.024	50.078	0.000834	0.999407	0.059229
75.00	75.020	0.000155	0.998238	0.001649
100.034	100.029	0.002652	0.998238	0.175855
125.078	125.093	0.002706	0.998136	0.186020
150.038	150.084	0.000834	0.999407	0.059229
150.00	150.029	0.000322	0.999749	0.025063
125.010	125.027	0.000270	0.999779	0.022123
100.00	100.015	0.000028	0.998559	0.009037
75.013	75.018	0.001504	0.998745	0.125336
50.00	50.016	0.000155	0.999910	0.009037

Şekil 20’deki grafik incelendiğinde, gerçek yalıtımlı boru ısı kaybı değerleri ile YSA modelinden elde edilen değerlerin bir birine çok yakın olduğu, burada yapılan YSA

çalışmasının yalıtımlı boru ısı kaybı miktarının belirlenmesinde çok yakın sonuçlar aldığı görülmektedir.



Şekil 20. Yalıtımlı boru yapısı için ısı kaybının YSA verileri ile gerçek verilerin karşılaştırılması

5. SONUÇ

Bu çalışmanın 1-a ve 1-b uygulamasında, yalıtımlı ve yalıtımsız duvardaki ısı kaybının incelenmesi için iki ayrı YSA modeli kullanılmıştır. Duvar, iç sıva, dış sıva, yalıtım malzemesi kalınlık değerleri ile iç ve dış ortam sıcaklıkları giriş değerleri olarak tanımlanmış; iç duvar sıcaklığı ise çıkış değeri olarak ağa sunulmuştur. 2-a ve 2-b uygulamasında ise yalıtımlı ve yalıtımsız borudaki sıcaklık ve boru çapına bağlı olarak oluşan ısı kaybı incelenmiştir. Yapay sinir ağı modeli kurularak yapılan bu çalışmada yaklaşık ve hassas sonuçlar elde edilmiştir. Yani rastgele ve periyodik zaman aralığı içinde iç sıva kalınlığı 2 cm, dış sıva kalınlığı 3 cm olan ve 17 cm duvar genişliğine göre, ayrıca 10 cm kalınlığında yalıtımlı (xps malzeme yalıtımlı) ve yalıtımsız duvar parametrelerine göre [9] tablodan alınan değerler ile bu tablodan alınan doğrusal olmayan yani bir formüle dayanmadan oluşturulan istatistiksel veriler YSA ağı yapısına tanıtıldıktan sonra ve eğitildikten sonra Matlab ortamında YSA modelinden test edilerek alınan sonuçlar karşılaştırılmış ve biri birine çok yakın değerler tespit edilmiştir. Yine rastgele ve periyodik zaman aralığı içinde 100 mm boru boyutuna göre yalıtımlı (stropiyer malzeme yalıtımlı) ve yalıtımsız boru parametrelerine göre [9] tablodan alınan değerler ile YSA modelinden alınan sonuçlar karşılaştırılmış ve biri birine çok yakın değerler tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] M.Ö. Ültanır, *21. Yüzyıla Giderken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi*, Yayın No: TÜSİAD-T/98-12/239 (TÜSİAD Yayınları, İstanbul, **2013**).
- [2] J. Wang, B. Malakooti, *A Feed for wardneural network for multiple criteria decision making*. Computers Operations Research, 19:2 (**1992**) 151-167.
- [3] A.M. Flitman, *Towards probabilistic foot tipping: A hybrid approach utilising genetically defined neural networks and linear programming*, Computer Operating Research, 33:7 (**2006**) 2003-2022.
- [4] Ö. Keleşoğlu, A. Fırat, *Tuğla Duvardaki ve Tesisattaki Isı Kaybının Yapay Sinir Ağları İle Belirlenmesi*, Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi, 18 (1) (**2006**) 133-141.
- [5] M. Gölcü, A. Dombaycı, S. Abalı, *Denizli için optimum yalıtım kalınlığının enerji tasarrufuna etkisi ve sonuçları*, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 21(4) (**2006**) 639-644.
- [6] A. Bolattürk, *Determination of optimum insulation thickness for building walls with respect to various fuels and climate zones in Turkey*, Applied Thermal Engineering, 26 (11-12) (**2006**) 1301-1309.
- [7] K. Çomaklı, B. Yüksel, *Optimum insulation thickness of external walls for energy saving*, Applied Thermal Engineering, 23 (4) (**2003**) 473-479.
- [8] S. Öztuna, E. Dereli, *Edirne ilinde optimum duvar yalıtım kalınlığının enerji tasarrufuna etkisi*, Trakya Univ. J. Sci., 10(2) (**2009**) 139-147.
- [9] T.H. Karakoç, E. Binyıldız, O. Turan, *Binalarda ve Tesisatta Isı Yalıtımı*, No: G20 (ODE Teknik Yayınları, **1999**).
- [10] B. Cirak, R. Kozan, *Prediction of the Coating Thickness of Wire Coating Extrusion Processes Using ANN*, Journal of Modern Applied Science, 3(7) (**2009**) 52-67.
- [11] Ş.Ö. Şahin, *Yapay sinir ağları yardımı ile dinamik bir senaryo analizi*, Doktora tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, **2001**.
- [12] S. Wang, N.P. Archer, *A neural network technique in modelling multiple criteria multiple person decision making*, Computers Operations Research, 21:2 (**1993**) 127-142.
- [13] B. Çırak, *Plastik Boru Üretimi Prosesinde Ekstrüzyon parametrelerinin YSA ile incelenmesi*, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 3(1) (**2014**) 33-42.
- [14] Ç. Elmas, *Yapay Sinir Ağları* (Seçkin Yayıncılık, Ankara, **2003**).