

## Betonların Radyasyon Zırh Kalınlıklarının Yapay Sinir Ağları ve Çoklu Regresyon Metotları ile Tahmini

Celalettin BAŞYİĞİT<sup>1</sup>, Ayşe KAÇAR AKKAŞ\*<sup>2</sup>, M. Necip KURTARICI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü / ISPARTA

<sup>2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü / ISPARTA

Alınış Tarihi:06.06.2011, Kabul Tarihi:04.04.2012

**Özet:** Bu çalışmada, normal betonlar için belirlenen onuncu tabaka kalınlıkları kullanılarak farklı radyasyon değerlerinde betonların radyasyon soğurması için gerekli olan kalınlıklar yapay sinir ağları (YSA) ve çoklu regresyon metodları ile tahmin edilmiştir. Programa girdi parametresi olarak radyasyon enerji değerleri, onuncu tabaka kalınlıkları (OTK) ile transmisyon yüzde değerlerinin negatif logaritmasını ifade eden (n) değerleri ve beton zırh kalınlık değerleri ise çıktı parametresi olarak seçilmiştir. Çalışmanın sonucunda, geliştirilen modeller ile elde edilen çıktı değerlerinin veriler ile uyumlu olduğu ve radyasyona zırhlama hesaplarında alternatif bir çözüm yolu olarak kullanılabilceği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Radyasyon, Yapay Sinir Ağları, Beton, Radyasyon zırhlama

## Prediction of Radiation Shielding Thickness of Concretes by Artificial Neural Networks and Multiple Regression Methods

**Abstract:** In this study, concretes for using in radiation shielding thickness was determined in different energy ranges using tenth value layer by artificial neural networks (ANN) and multiple regression methods. Radiation energy values, Tenth value layers (TVL) and negatif logaritmic of transmission percent (n) were selected as input parameres and concrete shielding thickness values selected as output parameters Consequently, developed artificial neural networks and multiple regression models outputs were compared with theoretical results and it was seen that the results were harmonious.

**Keywords:** Radiation, Artificial Neural Networks, Concrete, Radiation Shielding

### Giriş

Radyasyon, bir ortamdan geçen enerji transferi, elektromanyetik dalgaların yayınımlı veya radyoaktif parçacıkların yayınımlı olduğu parçacık akımıdır (Johns, 1983). Yeryüzündeki tüm canlılar ve cansızlar havada suda toprakta ve hattâ kendi vücutları içerisinde doğal radyasyon kaynakları ve bunlara ek olarak insanlar tarafından üretilen yapay radyasyon kaynaklarının her an ışınımlı maruz kalmaktadırlar (TAEK, 1999). Günümüzde radyasyonun temel bilimde, tıpta, tarımda, endüstride ve askerî amaçlarla kullanılışı, çok büyük ve geniş boyutlara ulaşmıştır. Dünyada tıp, bilimsel araştırma, enerji, tarım ve endüstride ihtiyaçları gidermek için üç binden fazla nükleer tesis, bunlara ek olarak tıp merkezlerinde tedavi ve teşhis amacı ile radyasyon ışınları kullanılmaktadır (Özalp, 1980). Tıbbi alandaki radyasyon uygulamaları, radyasyonla görüntü elde edilmesi ve radyasyonun hücre veya tümörleri yok edebilme yeteneğine sahip olması temelinde dayanır. Bu iki özelliğinden dolayı radyasyon hastalıklarının teşhis ve tedavisinde kullanılmaktadır.

Bu tetkikler sırasında da hastalar değişik seviyede doz almaktadır (Kaçar, 2006). Radyasyon teknolojisi toplumsal yaşamı kolaylaştırmasının yanında maruz kalmaya bağlı birçok sağlık problemini de beraberinde getirmiştir. Radyasyon; etkisinde kalma süresine, şiddetine ve etkisinde kalan vücut bölgesine bağlı olarak, hücreyi parçalayabilir, zarar verebilir (Shapiro, 1972). Bu sebeple, radyasyon tehlikesini en aza indirecek korunma önlemlerinin alınması gerekmektedir (Kahya, 1985).

Radyasyondan korunmanın üç temel unsuru zaman, mesafe ve zırhlama kuralıdır. Radyasyon kaynağı ile insan arasında zırhlama malzemesi konulmasıyla maruz kalınacak doz azaltılır. X ve gama ışınlarının zırhlaması, zırh malzemesinin yoğunluğuna bağlıdır (Kılınçarslan, vd., 2007). Radyasyon kaynağı ile bu kaynağın sebep olduğu dozdan etkilenme olasılığı olan kişiler arasında kurşun, tuğla, beton, gibi malzemeden duvar konulmasına zırhlama ve kullanılan malzemeye de zırh malzemesi denir. Zırh malzemelerinin yoğunluğu ne kadar fazla ise X ve gama ışınlarını zırhlama etkinliği o kadar artar (Kılınçarslan, 2004). Radyasyon kaynağının enerjisi, kaynağın bulunduğu yer ve komşu mekânlar ile olan ilişkisi, meşguliyet biçimleri ve bu mekânlarda insanların bulunma sıklıkları ile bu kişilerin radyasyon ilişkisi dereceleri, zırh malzemesinin radyasyon soğurma katsayısı ve yoğunluğu, birincil veya ikincil zırh gibi parametreler zırh kalınlığı seçimini ve kullanılacak zırh malzemesi özelliklerini belirler. Bu parametrelerden birinin değişmesi yada yanlış tespit edilmesi, radyasyon korunması için yapılan zırhlamanın yetersiz kalmasına sebep olur (Kaçar, 2006).

Son 20 yıldan beri, yapay sinir ağları (YSA) ve bulanık mantık (BM) sistemlerine dayanan farklı modelleme yöntemlerinin kullanımı yaygınlaşmıştır. Malzeme davranışı için YSA ve BM sistemlerine dayanan modeller deney serilerinin sonuçlarıyla YSA ve BM sistemlerini eğiterek elde edilmektedir. Deneysel sonuçlar malzeme davranışı hakkında yeterli bilgi içerdiği takdirde geliştirilen YSA ve BM sistemleri sadece deneysel sonuçlar üretmeyecek, aynı zamanda da onların genelleştirme yetenekleriyle diğer deneylerdeki sonuçlara yaklaşabileceklerdir daha küçük hatâ

tahminlerinin yapılmasına imkân vermektedir (Pala, vd., 2007).

Bu çalışmada, NCRP 151'de verilen 1MeV ve 24MeV arası radyasyon şiddetlerine göre normal beton için belirlenen OTK'lar kullanılarak radyasyona maruz kalınan bölgeler için birincil beton duvar kalınlıkları Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Çoklu Regresyon metotları ile tahmin edilmiştir.

### Yapay Sinir Ağları

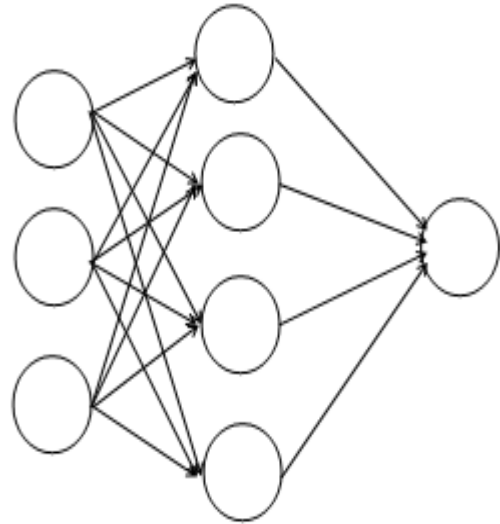
Yapay Sinir Ağları (YSA), insan beyni model alınarak geliştirilmiştir. Bir yapay sinir hücresi girdiler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıktılar olmak üzere beş ana kısımdan oluşmaktadır. Girdiler, diğer hücrelerden ya da dış ortamlardan hücreye giren bilgilerdir. Ağırlıklar, girdi kümesi veya kendinden önceki tabakadaki başka bir işlem elemanının bu işlem elemanı üzerindeki etkisini ifade eden değerlerdir. Toplama fonksiyonu girdiler ve ağırlıkların tamamının bu işlem elemanı üzerine etkisini hesaplayan bir fonksiyondur. Bu fonksiyon bir hücreye gelen net girdiyi hesaplar (Topçu ve Sarıdemir 2007; Günaydın ve Doğan, 2004). Girdi bileşenlerindeki ağırlıklar  $(NET)_j$  (1) ifadesi kullanılarak hesaplanır (Liu, vd., 2002).

$$NET_j = \sum_{i=1}^n w_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Burada;  $(NET)_j$ ,  $n$  sinir hücresi ile önceki tabakadan alınan girdinin  $j$ . sinir hücresinin toplam ağırlığı,  $w_{ij}$  önceki tabakadaki  $i$ . sinir hücresi ve  $j$ . sinir hücresi arasındaki ağırlık,  $x_i$  önceki tabakadaki  $i$ . sinir hücresinin çıktısıdır (Liu, vd., 2002). Aktivasyon fonksiyonu ise toplama fonksiyonundan elde edilen net girdiyi bir işlemden geçirerek hücre çıktısını belirleyen bir fonksiyondur. Genel olarak çok katmanlı algılayıcı modellerde aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonları kullanılır. Sigmoid aktivasyon fonksiyonu kullanılarak hesaplanan sinir hücresinin çıktısı Denklem (2) yardımı ile hesaplanır (Terzi ve Keskin, 2005).

$$OUTPUT_j = f(NET_j) = 1/[1 + \exp(-NET_j)] \quad (2)$$

Yapay sinir hücreleri bir araya gelerek yapay sinir ağını oluştururlar. Sinir hücrelerinin bir araya gelmesi rastgele olmaz. Genel olarak hücreler 3 ana katman halinde ve her katman içinde paralel olarak bir araya gelerek ağı oluştururlar. Bu katmanlar; Girdi Katmanı, Ara Katmanlar (Gizli Katman) ve Çıktı Katmanı'dır. Şekil 1. bu katmanların birbiri ile ilişkisini göstermektedir (Saltan ve Terzi, 2007).



Girdi Katmanı      Gizli Katman      Çıktı Katmanı

Şekil 1. Bir Yapay Sinir Ağı Örneği

### Yöntem

Bu çalışmada, NCRP 151 (NCRP Report No. 151, 2005)' de 1 MeV ve 24 MeV arası radyasyon şiddetlerine göre normal beton için belirlenen OTK değerleri ile birincil zırh malzemesi için hesaplanan B değerleri kullanılarak yapay sinir ağları ile radyasyon değerlerine göre birincil zırh kalınlıkları tahmin edilmiştir. B değerleri denklem (3) yardımı ile hesaplanmaktadır.

$$B = \frac{P d^2}{WUT} \quad (3)$$

Yukarıdaki P haftalık izin verilen maksimum doz miktarını ifade eder.(Sv/week). İzin verilen maksimum doz miktarı radyasyon ile çalışılan kontrollü alanlar için 0,01 Sv/ week radyasyon alanı olmayan kontrolsüz alanlar için 0.001 Sv/week olarak uluslararası radyasyondan korunma komitesi tarafından belirlenmiştir. (d), radyasyon kaynağının merkezinden zırhlı yapılacak yapı elemanına olan mesafedir. W, radyasyon kaynağının Gy/week biriminde çalışma yükünü göstermektedir. W değeri aşağıdaki parametrelerle denklem (4) kullanılarak hesaplanmıştır(NCRP Report No. 151, 2005).

Average No. of patients/day = 50

Average No. of fields/patient = 5

Average No. of MU/field = 50

1 MU = 1 cGy

Average No. of days/week = 5

$$W = 40 \frac{\text{patients}}{\text{day}} \cdot 5 \frac{\text{fields}}{\text{patient}} \cdot 50 \frac{\text{MU}}{\text{field}} \cdot 1 \frac{\text{cGy}}{\text{MU}} \cdot 5 \frac{\text{days}}{\text{week}} \quad (4)$$

T meşguliyet faktörünü göstermektedir ve radyasyon kaynağının bulunduğu odaya koşu olan mekânların işgal edilme sürelerine göre belirlenen faktördür. U radyasyon kaynağının çalışır halde olduğu süre içerisinde çıkan ışının yapı elemanları üzerinde oluşturduğu kullanım faktörüdür. Bu değerler doğrultusunda n değeri denklem (5) kullanılarak hesaplanır.

$$n = -\log(B) \quad (5)$$

n değerinin bulunmasının ardından denklem (6) kullanılarak X yani zırh kalınlığı hesabı yapılır.

$$X = n \times OTK \quad (6)$$

Bu çalışmada, zırh kalınlıkları YSA ve çoklu regresyon metotlarıyla tahmin edilmiştir.

### Geliştirilen YSA Modeli

Çalışmada, 1MeV ve 24MeV arasında farklı radyasyon değerlerine maruz kalan betonların kalınlıklarının hesaplanması için radyasyon şiddeti, radyasyon kaynağından uzaklık ve OTK' lar kullanılmıştır. Her radyasyon şiddeti için mesafeler 15 m' ye kadar hesaplanmıştır. Modellemede 135 veri kullanılmıştır. Verilerin 100 adeti modeli eğitmek için 35 adeti modeli test etmek için kullanılmıştır. YSA modellemesinde girdi parametresi ve çıktı parametresi değerlerinin her

birinin farklı birimlere sahip olmalarından dolayı bu değerler denklem (7) ile boyutsuz hale getirilmiştir.

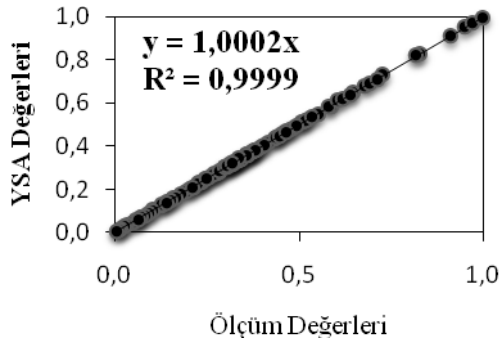
$$F = (Fi - Fmin)/(Fmax - Fmin) \quad (7)$$

Burada, F, boyutsuz değer, Fi, ölçümlerdeki değer, Fmax ve Fmin ölçümlerdeki maksimum ve minimum değerlerdir. Oluşturulan modelde 5 farklı gizli tabaka değerlerinin her biri için 10 farklı formülasyon kullanılarak sonuçlar ile uyumu en iyi olan gizli tabaka nöron sayısı belirlenmiştir. En iyi YSA modelini tespit ederken her bir model için iterasyon sayısı 10.000 ile sınırlandırılmıştır. Çalışmada, çok tabakalı ileri beslemeli YSA modeli kullanılmış olup ağırlıkların ayarlanmasında hatanın geriye yayılma algoritması kullanılmıştır. Modeller ve bu modellerle ait formülizasyona bağlı en iyi sonuçların hem eğitim hem de test aşaması için hesap sonuçlarıyla ilişkisi ve RMSE değerleri Çizelge 1.' de verilmiştir.

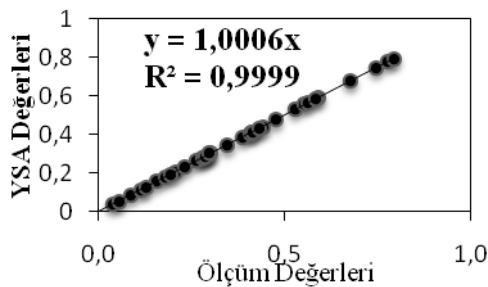
Çizelge 1. Hesap verileri ile oluşturulan YSA modelleri ve RMSE değerleri

Model	Fonksiyon	Eğitim R <sup>2</sup>	Test R <sup>2</sup>	Test RMSE
341	Tansig4	0.99	0.99	1.04
311	Logsig2	0.99	0.97	1.5
321	Logsig5	0.98	0.95	3.5
331	Tansig1	0.91	0.90	7.9
351	Tansig5	0.96	0.94	5.2

Çizelge 1.' de görüldüğü gibi test sonuçları ile en iyi uyumu gösteren modeldir. Şekil 2.'de Model 1' de hesaplanan değerler ile eğitim ve test çıktı değerlerinin eşleşme durumu grafikleri Şekil 2. ve Şekil 3.' de verilmiştir.



Şekil 2. Eğitim değerleri ile model değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 3. Test değerleri ile model değerlerinin karşılaştırılması

### Geliştirilen Çoklu Regresyon Modeli

Beton zırh kalınlığının tahmini amacıyla YSA modelinin yanı sıra araştırmacılar tarafından sıklıkla kullanılan yaygın bir metot olan çoklu doğrusal regresyon tahmin modeli de geliştirilmiştir.

Regresyon analizi bir bağımlı değişken ile bir bağımsız (basit regresyon) veya birden fazla bağımsız (çoklu regresyon) değişken arasındaki ilişkilerin bir matematiksel eşitlik ile açıklanması süreci olarak tanımlanmaktadır. Basit doğrusal regresyon modeli birçok durum için elverişli olabilmektedir. Ancak gerçek hayatta birçok modelin açıklaması için iki veya daha fazla açıklayıcı değişkene gerek duyulmaktadır. Birden çok açıklayıcı değişkenli modeller çoklu regresyon modeli olarak adlandırılmaktadır (Kalaycı, 2006). Basit ve çoklu doğrusal regresyon denklemlerinin formülize edilmiş biçimi sırasıyla Denklem 8 ve Denklem 9'da verilmiştir. Basit ve çoklu lineer regresyon model denklemleri aşağıdaki gibi yazılmaktadır.

$$y = b_0 + b_1X + \varepsilon \quad (8)$$

$$y = b_0 + b_1X_1 + \dots + b_nX_n \quad (9)$$

Model denklemlerde,

Y= Bağımlı değişkeni

Xi=Bağımsız değişkenleri

bi= Hesaplanan katsayı parametreleri

ε = Hata terimini ifade etmektedir.

Çalışmada diğer bir yöntem olan regresyon analizinde ise veriler SPSS programında düzenlenerek girdiler ile çıktı arasındaki ilişkiyi temsil eden model denklemi oluşturulmuştur. Model özeti Çizelge 2.'de görülmektedir.

Çizelge 2. Model Özet

Model	R	R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	Tahminin standart hatası
1	,977 <sup>a</sup>	,955	,954	77,75575

Regresyon analizi sonuçları değerlendirildiğinde beton zırh kalınlıkları değişimi için denklem şu şekilde ifade edilir.

$$Y = -792,057 + X1*0,564 + X2*2,139 + X3*367,822$$

Burada;

Y = zırh kalınlık değişimi,

X1 = MeV,

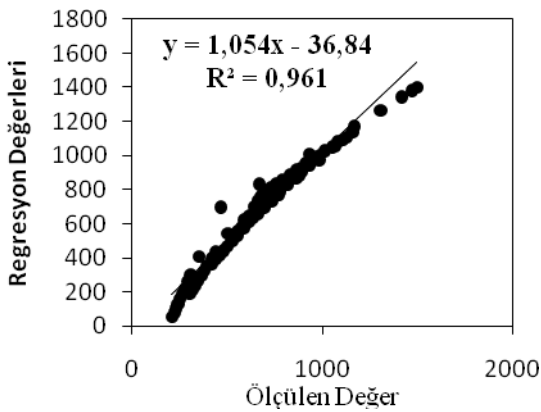
X2 = OTK,

X3= n değerini temsil etmektedir.

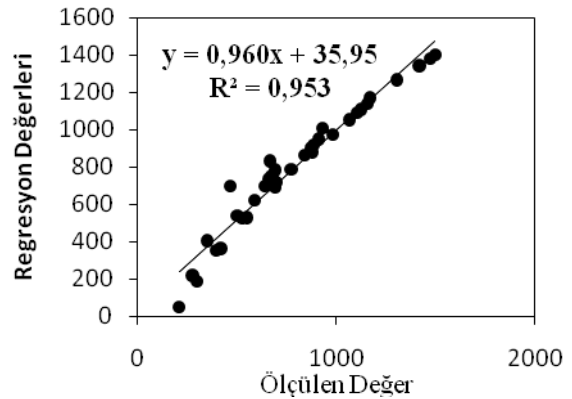
Regresyon analizinde model denklemi için katsayılar Çizelge 3. de görülmektedir. %95 güven aralığında tahmin edilen beton zırh kalınlıkları değişimi değerleri ile ölçülerek elde edilen beton zırh kalınlığı değişimi değerleri karşılaştırıldığında aralarında yüksek oranda (Eğitim seti için R<sup>2</sup>=953 test seti için R<sup>2</sup>=955) ilişki bulunmuş ve Şekil 4.'de ilişki grafiği verilmiştir. Şekil 5.'de ise model sonuçları ve ölçüm sonuçları arasındaki eşleşme grafiği görülmektedir. Şekil 6. ve Şekil 7.' da ise test seti için ilişki ve eşleşme grafikleri verilmiştir.

Çizelge 3. Regresyon analizinde model denklemi için katsayılar

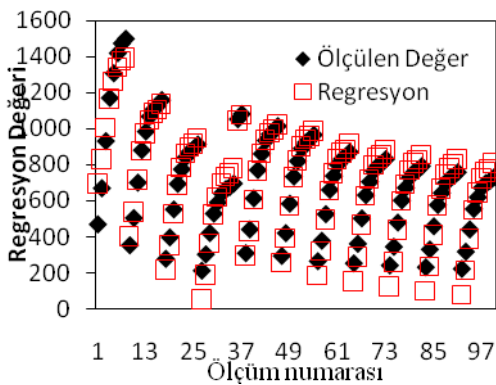
Model	Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış Katsayılar	t	Önemlilik düzeyi
	B	Std. hata	Beta		
(Sabit)	-792,057	45,869		-17,268	,000
MeV	,564	2,318	,013	,243	,808
OTK	2,139	,161	,685	13,264	,000
n	367,822	11,772	,675	31,247	,000



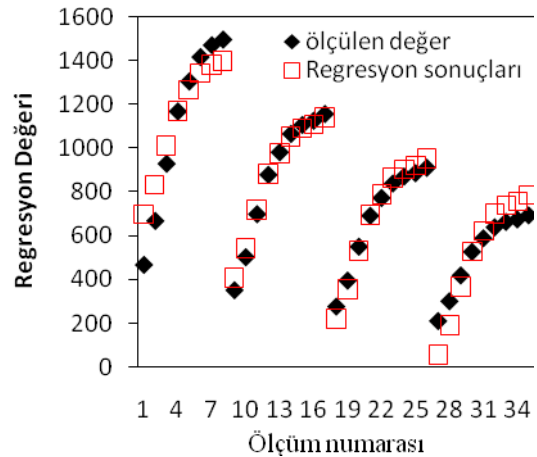
Şekil 4. Eğitim seti ilişki grafiği



Şekil 6. Test seti ilişki grafiği



Şekil 5. Eğitim seti için model sonuçları ve ölçüm sonuçları arasındaki eşleşme grafiği



Şekil 7. Test seti için model sonuçları ve ölçüm sonuçları arasındaki eşleşme grafiği



## Sonuçlar

Beton teknolojisi araştırmacıları genellikle yoğun ve uzun süreli deneysel çalışmalar yapmaktadır. Deneysel çalışmalar uzun süreli olmasının yanı sıra malzeme harcanarak yapıldığı için ekonomik yükümlülük gerektiren çalışmalardır (Beycioğlu, vd., 2008). Ayrıca radyasyonun insan üzerindeki olumsuz etkileri göz önüne alındığında tahmin gücü yüksek yapay zekâ programlarının kullanılabilirliği alternatif bir çözüm olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı farklı radyasyon değerlerine maruz kalan betonların radyasyon soğurmak için gerekli olan kalınlıklarının hesabı YSA ve çoklu regresyon programlarıyla tahmin edilmiştir. Geliştirilen model eğitim değerleri ile eğitildikten sonra test değerleri ile karşılaştırılmıştır. Beton kalınlıkları çok küçük hatalarla çok kısa sürede tahmin edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda radyasyon ile ilgili çalışmalarda deneysel zorlukların aşılması amacıyla Yapay Sinir Ağları ve Çoklu Regresyon metotlarının kullanılmasının faydalı olacağı görülmüştür.

## Kaynaklar

Beycioğlu, A., Kılınçarslan, Ş., Başıyigit, C., Emiroğlu, E., Akkurt, İ. 2008. Yapay Sinir Ağları İle Ağır Betonların Basınç Dayanımının Tahmini. Science and Engineering Journal of Fırat University, 4, 609-616.

Günaydın, H., M., Doğan, S., Z., A. 2004. Neural Network Approach for Early Cost Estimation of Structural Systems of Building. International Journal of Project Management, 22 (7), 595-602.

Johns, H.E., Cunningham, J.R. 1983. The Physics of Radiology, C. Thomas Publishers.

Kaçar, A. 2006. Yapılarda Radyasyon Kalkanı Olarak Kullanılan Barit Agregalı Ağır Beton Elemanların Zırh Kalınlık Hesaplarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 60s.

Kahya, S. 1985. Yüksek Aktiviteli Bir Nokta Gama Kaynağının Zırhlama Problemleri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 46s.

Kalaycı, Ş. 2006. SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri, Ankara. Asil Yayınları.

Kılınçarslan, Ş., Başıyigit, C., Akkurt, İ. 2007. Barit Agregalı Ağır Betonların Radyasyon Zırhlama Amacıyla Kullanımının Araştırılması. Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2, 393-399.

Kılınçarslan, Ş. 2004. Barit Agregalı Ağır Betonların Radyasyon Zırhlamasındaki Özellikleri ve Optimal Karışımlarının Araştırılması. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 132s.

Liu, S., W., Huang, J., H., Sung, J., C., Lee, C., C. 2002. Detection of Cracks Using Neural Networks and Computational Mechanics. Computer Methods in Applied Mechanics Engineering, 191, 2831-2845.

National Council on Radiation Protection Measurements, 2005. Structural shielding design and evaluation for megavoltage X-ray and gamma-ray radiotherapy facilities, NCRP Report No. 151, USA.

Özalpan, A. 1980. Radyobiyojoloji. İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi Basımevi No:152, İstanbul.

Pala, M., Özbay, E., Öztaş, A., Yüce, M., I. 2007. Appraisal of long-term effects of fly ash and silica fume on compressive strength of concrete by neural networks. Journal of Construction and Building Materials, 21(2), 384-394.

Saltan, M., Terzi, S. 2007. Modeling Deflection Basin Using Artificial Neural Networks With Cross-Validation Technique in Backcalculating Flexible Pavement Layer Moduli. Advances In Engineering Software, 39,588-592.

Shapiro, J. 1972. Radiation Protection, Harvard University Press, Cambridge.

TAEK. 1999. Nükleer Enerji, Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi Bilgiler- Haberler Sayı 57, İstanbul.

Terzi Ö., Keskin M., E. 2005. Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı Kullanılarak Günlük Tava Buharlaşması Tahmini, İMO Teknik Dergi, 3683-3693.

Topçu, İ., B., Sarıdemir, M. 2007. Prediction of Rubberized Concrete Properties Using Artificial Neural Network and Fuzzy Logic. Construction and Building Materials, 22, 532-540.