

# KROM MAGNEZİT TUĞLA TOZUNUN PORTLAND ÇİMENTOSUNUN PRİZ BAŞLAMA ve BİTİŞ SÜRELERİNE ETKİSİNİN BULANIK MANTIKLA TAHMİNİ

**Ercan ÖZGAN ve Kürşat YILDIZ\***

Yapı Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Konuralp, Düzce

\*Yapı Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Teknikokullar, Ankara

[kursaty@gazi.edu.tr](mailto:kursaty@gazi.edu.tr)

(Geliş/Received: 11.09.2008 ; Kabul/Accepted: 03.03.2009)

## ÖZET

Bu çalışmada, portland çimentosunun (PÇ 42,5) ağırlıkça %0, %5, %10, %15, %20 ve %25'i yerine Krom Magnezit tuğla tozları konularak altı değişik karışım elde edilmiş ve çimentonun priz başlama ve bitişine olan etkisi araştırılmıştır. Sonuç olarak, %5 katkılı Krom Magnezit tuğla tozunun çimentoda priz başlama ve bitiş sürelerini kontrol çimentosuna göre nispeten kısalttığı ancak miktar arttıkça priz başlama ve bitiş süresinin uzadığı tespit edilmiştir. Deneylerle belirlenmemiş olan priz başlama ve bitiş süresinin Krom Magnezit tuğla tozu miktarına bağlı olarak tahmin edilebilmesi amacıyla da Bulanık Mantık metoduyla tahmin modeli oluşturulmuş ve oluşturulan modelin bu amaç için kullanılabileceği gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çimento, krom magnezit tuğla, tuğla tozu, bulanık mantık.

## PREDICTION THE EFFECT OF CHROME MAGNESIT BRICK DUST ON THE STARTING and FINISHING SETTING TIME OF PORTLAND CEMENT WITH FUZZY LOGIC

### ABSTRACT

In this study, Portland cement (PÇ 42,5) replaced with Chrome Magnesit brick dust as a ratio of its weight of %0, %5, %10, %15, %20, and %25. By this procedure, six different mixtures were prepared and effect of cement was investigated on the starting and finishing time of the setting. As a result, while the mixture with 5% Chrome Magnesit brick dust decreases the starting and finishing setting time in small amount with, the increasing amount of the Chrome Magnesit increases the starting and finishing setting time. Also, by using Fuzzy Logic method, prediction model was constituted based on the quantity of Chrome Magnesit brick dust to predict the starting and finishing time of the setting for cement which could not be determined with experimental. It was showed that the prediction model could be used to predict the starting and finishing time of the setting for cement based on the quantity of brick dust.

**Keywords:** Cement, chrome magnesit brick, brick dust, fuzzy logic.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

19.yüzyıl sonlarında hızla gelişmeye başlayan çimento endüstrisinde teknoloji ve kalite yönünden de önemli gelişmeler olmuştur. Portland çimentosunun üretimi, 28 günlük basınç dayanımında bazı imalat parametrelerinin etkilerini de kapsayan karmaşık bir süreçtir. Tane dağılımı ve yüzey alanı gibi fiziksel parametreler ile  $C_3S$ ,  $C_2S$ ,  $C_3A$ ,  $C_4AF$  ve  $SO_3$  gibi kimyasal parametreler 28 günlük basınç dayanımını

belirleyen en önemli üretim parametrelerinden bazılarıdır [1,2,3]. Bunların etkileri, yapılan bazı çalışmalarda belirlenmeye çalışılmıştır [4,5]. Osbaeck, Johansen ve daha sonra da Tsivilis v.d. tane çapının mukavemete etkisi üzerinde çalışmışlardır [6]. Osbaeck yaptığı çalışmada özellikle alkali etki açısından klinker kompozisyonunun etkisini incelemiştir [7]. Radjy ve Vunic hidrasyon ısısına bağlı olarak çimento pastasında ki boşluk oranının çimentonun basınç dayanımını tahmin etmek amacıyla

kullanılabileceğini göstermişlerdir [8]. Çimento; su ile temas ettiğinde reaksiyona girerek sertleşmeye başlar ve bu durum çimentonun priz almaya başlaması olarak ifade edilir. Standartlar, priz başlama süresini en az bir saat, priz bitişini ise 10 saat olarak belirtmektedir. Bu sürecin başlaması hızlı olursa, taze betonun taşınmasında ve yerleştirilmesinde oldukça güçlü çekişebilir. Diğer taraftan sertleşme gecikirse de beton, dayanımını istenilen zamanda kazanamaz ve kalıp sökme süresi gecikir dolayısıyla beton dış iklim koşullarından etkilenir [9,10]. Bu nedenle çimento içerisine farklı özelliklerde ve farklı miktarlarda malzemeler katılarak priz süresi azaltılmaya ya da arttırılmaya çalışılmıştır. Zhang L.M. yaptığı çalışmada Çimentoya MgO ve  $\text{NH}_2\text{PO}$  ilave ederek beton tamir malzemesi elde etmiş ve bu malzemenin normal çimentoya göre çabuk sertleşip priz süresini azalttığını ve basınca karşı da dayanıklı olduğunu belirlemiştir [11]. Pera J. ve Soudee E., yaptıkları çalışmada, Magnezyum fosfatın beton yüzeyindeki priz süresine etkisini araştırmışlar ve priz süresini azalttığını tespit etmişlerdir [12]. Bazı araştırmacılar, Magnezyumun prizi hızlandırıcı olduğunu savunurken bazıları ise bunun geciktirici etkisi olduğunu ifade etmişlerdir. Nilfroushan M.R. ve Sharp J.H., tarafından yapılan çalışmada Magnezyumun  $12^\circ\text{C}$  sıcaklıkta çimentonun priz süresinin gecikmesine neden olduğunu tespit etmişler ve bunun nedeni olarak yoğunlaşmanın yüksek olmasını göstermişlerdir.  $20^\circ\text{C}$  sıcaklıkta ise düşük yoğunlaşmanın çimentoda prizin hızlanmasına neden olduğunu tespit etmişler [13]. Harmuth H., Nevhers H., ve Schrempf S., çalışmalarında çimento içerisindeki MgO-Mg ( $\text{CH}_3\text{COO}$ )<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>O olan Magnezit bağlayıcı sisteminin sıvı kısmı olan Magnezyum klorit ve Magnezyum sülfat çözeltilerin prize olan etkisini araştırmışlar ve her ikisinin de prizi geciktirici etkisinin olduğunu belirlemişlerdir [14]. Çelik M.H. Şimşek O., ve Sancak E.,'nin çalışmalarında portland çimentosuna ağırlıkça %5, %10 ve %15 oranlarda Silis Dumanı konularak silis dumanının portland çimentosunun priz süresine etkisini incelemişler ve %5'lik karışımın priz süresine etkisinin olmadığını buna karşın %10 ve %15'lik karışımların priz sürelerini belirgin olarak geciktirdiğini tespit etmişlerdir [15]. Tantawi S.H., Yoğunlaşmış silis dumanlı çimentonun (CSF), beton katkıları ile birlikte aşındırıcı ortamdaki dayanıklılığını incelemiş ve normal kıvam için gerekli su miktarının beton katkı ilavesinin artışı ile orantılı olarak azaldığını tespit etmiştir. Ayrıca, katkı maddesinin priz başlangıç ve bitiş sürelerini geciktirdiğini ve katkı dozajının % 0,2 den 0,6 ya çıkartılması durumunda da priz sürelerinin nispeten kısaldığını belirlemiştir. Diğer taraftan yoğunlaşmış silis dumanlı (CSF) çimentoda silis dumanı oranı %2 den %20 ye çıkartıldığında priz başlama süresi azalmıştır. Ancak, CSF' nin %8–20 değerlerinde priz bitiş süresinin çok fazla değişmediğini buna karşın CSF ile birlikte beton katkı maddesi kullanıldığında ise priz başlama ve bitiş sürelerinin kısaldığını tespit etmiştir [16]. Naik T.R., Singh S.S., yaptıkları çalış-

mada, uçucu külün betonun priz ve sertleşme karakteristiklerine etkisini araştırmışlardır. Uçucu kül kaynağı ve uçucu kül miktarının priz başlama ve bitiş sürelerini büyük çapta etkilediğini ve genel olarak belirli bir sınıra kadar uçucu kül kullanıldığında gecikme olduğunu tespit etmişlerdir [17]. Çelik M.H., Aruntaş H.Y., ve Baran Y. çalışmalarında portland çimentosuna %5, %10, %15 ve %20 oranlarda uçucu kül kullanıldığında priz süresinin arttığını tespit etmişlerdir [18]. Roy S., Ghosh S.N., yalancı priz oluşumu ile ilgili araştırmalarında, çimento değirmeninde artan sıcaklık nedeniyle çimento üretimi sırasında meydana gelen yalancı priz oluşumu üzerinde jipsin hemidrata tekrar dönüşümünün, marın, mineral ve kimyasal olmak üzere üç farklı tipteki jips için %30–40 civarında olduğunu belirlemişlerdir [19]. Krom Magnezit tuğla tozunun çimentoda priz başlama ve priz bitiş sürelerini nispeten kısalttığı ancak miktar arttıkça priz başlama ve priz bitiş süresinin uzadığı tespit edilmiştir [20]. Çimentoda basınç dayanımının tahmini ile ilgili yapılan çalışmalarda regresyon ve diğer matematiksel modellerin kullanılabileceği önerilmiş ve son zamanlarda yapay sinir ağları ile ilgili çalışmalarda yapılmıştır [21,22,23,24]. Çimentonun mukavemetini belirleyen parametreler dikkate alındığında bulanık mantık ile modellemenin en iyi yaklaşım olduğu ifade edilmiştir. Her şeyden önce bulanık mantık yaklaşımı giriş değişkenlerini çıkış değişkenlerine dönüştürebilen kurallardan oluşmaktadır ve bu kurallarla sözel ifadeler sayısal ifadelere dönüştürülebilmektedir. Oluşturulan modelde kullanılan girdi verileri kolayca çıktı verisine dönüştürülebildiği için bulanık mantık metodu kolay bir kullanım sağlamaktadır. Fa-Liang 2 günlük çimento mukavemetini girdi olarak kullanıldığı bir bulanık mantık modeli geliştirmiş ve geliştirdiği bu modelle 28 günlük mukavemeti tahmin etmiştir [25]. Çimento hamurunun fiziksel ve kimyasal parametrelerinin girdi olarak kullanıldığı bir model oluşturularak basınç dayanımı tahmin edilmiştir [26–27].

Bu çalışmada, farklı miktarlardaki Krom Magnezit tuğla tozunun Portland Çimentonun priz başlangıç ve bitiş sürelerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla Konya Krom Magnezit Tuğla Fabrikasının ürettiği Krom Magnezit tuğla tozları, çimentonun yerine ağırlıkça %5, %10, %15, %20 ve %25 oranlarında kullanılarak çimentoda priz başlama ve bitiş sürelerine etkisi belirlenmiş ve elde edilen değerlerle referans değerler karşılaştırılarak aralarındaki ilişkiler belirlenmeye çalışılmıştır. Bulanık mantık metoduyla da Krom Magnezit tuğla tozuna bağlı olarak Portland Çimentosunun priz başlangıç ve bitiş süreleri tahmin edilmeye çalışılmıştır.

## 2. MALZEME ve METOD(MATERIAL and METHOD)

### 2.1. Malzemeler (Materials)

Magnezit menşeli tuğla; Konya Meram ilçesi keklik pınarı mevkiinden çıkartılan MgO  $1700^\circ\text{C}$  ateşte

pişirilerek sinterleştirilmekte ve malzemeye hem esneklik verilmesi hem de şok dayanımının artırılması amacıyla da içerisine krom eklenmektedir. Krom Magnezit karışımı 0–5 mm arasında agrega taneleri %3 Magnezyum sülfat bağlayıcı malzeme karıştırılarak harç meydana getirilmektedir. Bu harç kalıplara konularak 900 kg/cm<sup>2</sup> basınçla preslenmekte ve 1550 °C sıcaklıkta da pişirilmektedir. Krom Magnezit tuğlalar, fabrikadan hafif sıcak haldeyken hava almayacak şekilde naylon torbalara konularak deneyin yapılacağı laboratuara getirilmiştir. Krom Magnezit tuğlası toz haline getirildikten sonra 200 numaralı (0,75µ) elekten elenerek belirlenen oranlarda çimento içerisine ilave edilerek kullanılmıştır [12].

Deneylerde TS EN 197–1'e göre Set Çimento fabrikası tarafından üretilen PÇ 42,5 tipi çimento kullanılmıştır [10]. Fabrikadan alınıp laboratuara getirilen çimento normal şartlarda muhafaza edilmiş ve bir hafta sonra kullanılmaya başlanılmıştır. Çimento hamurlarının hazırlanmasında Ankara şehir içme suyu kullanılmıştır [20].

## 2.2. Metod (Method)

PÇ 42,5 içerisine ağırlıkça %0 (Referans), %5, %10, %15, %20 ve %25 oranlarında Krom Magnezit Tuğla tozu kullanılarak altı farklı karışım elde edilmiş ve TS EN 196–3'e göre kıvam deneyleri yapılmıştır [28]. PÇ 42,5 kontrol numunesi ve Krom Magnezit Tuğla tozu karışımları ile elde edilen çimento hamurlarının priz başlama ve bitiş deneyleri TS EN 196–3'e göre yapılmıştır [28]. Priz süresi ve kıvam suyu tayininde RMU 24100 Bergamo Viq Gremello 57 marka Vicat cihazı ile silindirik şekilde sonda ve vicat iğnesi kullanılmıştır. Bu işlemler 20 °C sıcaklık ve bağıl nemin %50–60 olduğu ortamda gerçekleştirilmiştir. Vicat aleti ile priz başlama ve sona erme süreleri, vicat iğnesinin cam levhaya 3-5 mm mesafe kalıncaya kadar çimento hamuruna batması için geçen süre priz başlama süresi, iğnenin cam levhaya 1mm mesafe kalıncaya kadar çimento hamuruna batması için geçen süre priz bitiş süresi olarak belirlenmiştir.

## 3. BULGULAR ve DEĞERLENDİRME (FINDINGS and EVALUATION)

Çalışmada kullanılan çimento hamurları üzerinde TS EN 196–3'e göre yapılan priz başlama ve bitiş deneylerinde elde edilen sonuçlar aşağıda gösterilmiştir (Tablo 1 ve Tablo 2).

Tablo incelendiğinde, Portland çimentosuna Krom Magnezit tuğla tozu ilavesi ile çimento hamurunun priz başlama süresinin referans değere göre ortalama;

%5 için %6,22 oranında kısaldığı buna karşılık %10 için %7,76, %15 için %8,38, %20 için %9,62 ve %25 için ise %12,11 oranında uzadığı görülmektedir.

Tablo incelendiğinde, Portland çimentosuna Krom Magnezit tuğla tozu ilavesi ile çimento hamurunun priz bitiş süresinin referans değere göre ortalama; %5 için %0,10, %10 için %10,76, %15 için %12,15, %20 için %13,64 ve %25 için ise %13,96 oranında uzadığı görülmektedir.

## 4. PRİZ BAŞLANGIÇ ve BİTİŞ SÜRESİNİN BULANIK MANTIKLA TAHMİNİ (PREDICTION OF STARTING and FINISHING SETTING TIME WITH FUZZY LOGIC)

Krom Magnezit tuğla tozu kullanılarak oluşturulan çimento hamurlarında, Krom Magnezit tuğla tozu miktarının çimentonun priz başlama ve bitiş sürelerine etkisi Matlab programı kullanılarak Bulanık Mantık metoduyla modellenmiş ve farklı Krom Magnezit miktarları için priz başlangıç ve bitiş süreleri tahmin edilmeye çalışılmıştır.

### 4.1. Bulanık Mantık Sistemi (Fuzzy Logic System)

Bulanık mantık sistemi üyelik fonksiyonu, bulanık mantık operatörleri ve if-then kurallarından oluşmaktadır [29]. Mamdani ve Sugeno olmak üzere iki tip bulanık mantık sistemi mevcuttur. Bu çalışmada çimentoda priz başlangıç ve bitiş sürelerinin tahmini için Mamdani sistemi kullanılmıştır [30, 31, 32]. Bulanık mantık modelinde Krom Magnezit tuğla tozu sistemin girdisi olarak kullanılırken priz başlangıç ve bitiş süreleri çıktı olarak kullanılmıştır. Oluşturulan Bulanık Mantık sistemi şematik olarak aşağıda gösterilmiştir (Şekil 1).

### 4.2. Üyelik Fonksiyonu (Membership Function)

Üyelik fonksiyonun derecesi “µ”; Krom Magnezit tuğla tozu miktarı, priz başlangıç süresi ve priz bitiş süreleri için oluşturulmuştur. Üyelik fonksiyonu grafiklerinde “y” değeri maksimum “µ=1” ve minimum “µ=0”'dir. Krom Magnezit tuğla tozu miktarı ve priz başlangıcı ile bitiş sürelerinin üyelik fonksiyonu grafikleri “çok az”, “az”, “orta”, “çok” ve “en çok” olmak üzere beş alt kategoride oluşturulmuştur (Şekil 2.a, b ve c).

### 4.3. Bulanık Mantıkta Kurallar (Rules for Fuzzy Logic)

Bulanık mantıkta, If-then kuralları bulanık mantığı oluşturan şartların formüle edilebilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu çalışma için örnek bir if-then kuralı aşağıdaki gibi yazılabilir;

“if Krom Magnezit tuğla tozu miktarı is en çok then priz başlangıç süresi is en çok ”

Burada, Krom Magnezit tuğla tozu miktarı sayısal değerlerle tanımlanmış ve “çok az”, “az”, “orta”, “çok” ve “en çok” şeklinde gruplandırılmış olan sözel ifadelerdir. Oluşturulan bulanık mantıkta Krom Magnezit tuğla tozu miktarı ile ilgi olarak yazılan

**Tablo 1.** Krom magnezit tuğla tozu kullanılan çimentonun priz başlama süreleri. (Starting setting times of the cement substituted chrome magnesit brick dust).

Numune No	Krom magnezit tuğla tozu oranları					
	% 0 Priz Baş. (dk)	% 5 Priz Baş. (dk)	% 10 Priz Baş. (dk)	% 15 Priz Baş. (dk)	% 20 Priz Baş. (dk)	% 25 Priz Baş. (dk)
1	211	207	231	228	235	244
2	219	201	234	238	238	243
3	214	196	229	232	233	235
<b>Ortalama</b>	<b>214,67</b>	<b>201,33</b>	<b>231,33</b>	<b>232,67</b>	<b>235,33</b>	<b>240,67</b>
Endeks (%)	100	93,78	107,76	108,38	109,62	112,11
<b>Bulanık mantıkla tahmin değeri</b>	<b>Referans</b>	<b>204</b>	<b>221</b>	<b>226</b>	<b>229</b>	<b>238</b>

kuralların “if” kısmı girdi olarak tanımlanırken “then” kısmından sonraki “Priz başlangıç ve bitiş süreleri” ise sonuç olarak isimlendirilmektedir. Bulanık mantık modelinde yazılan kurallar sistemin bir bütün olarak çalışmasını sağlamaktadır. “Priz başlangıç” ve “Priz bitiş” sürelerinin Krom Magnezit tuğla tozu miktarına bağlı olarak değişimi, yazılan kurallar sonucunda oluşan grafiklerle gösterilmiştir (Şekil3 ve Şekil4).

Bulanık mantık metoduyla tahmin edilen “Priz başlangıç” ve “Priz bitiş” süreleri ile deneyler sonucunda elde edilen “Priz başlangıç” ve “Priz bitiş” süreleri arasındaki ilişkiler aşağıda gösterilmiştir (Şekil5 ve Şekil6).

## 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER (RESULTS and RECOMMENDATIONS)

### 5.1. Sonuçlar (Results)

Farklı miktarda Krom Magnezit tuğla tozu ilavesinin çimentonun priz başlangıç ve bitiş sürelerine etkisinin incelendiği bu çalışmada, Bulanık Mantık metoduyla da Krom Magnezit tuğla tozu miktarına bağlı olarak priz başlangıç ve bitiş süreleri için tahmin modelleri oluşturulmuş ve deneysel sonuçlarla tahmin sonuçları karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Buna göre;

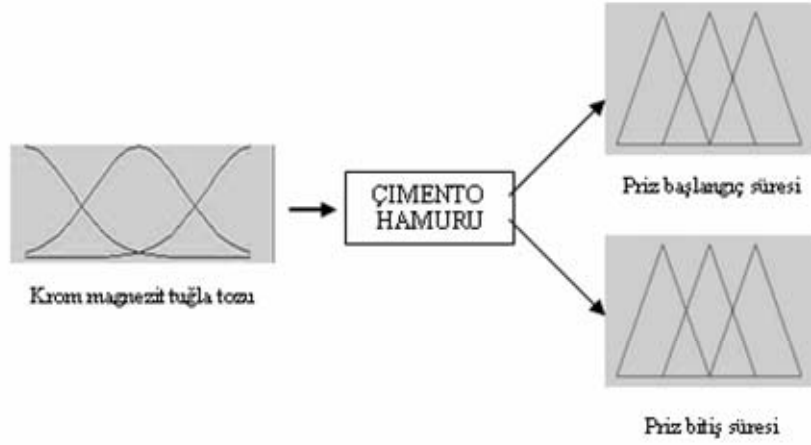
- Deneyler sonucunda, içerisine hiç Krom

Magnezit tuğla tozu katılmayan referans numunelerin en düşük priz başlangıç süresinin 211 dakika ve ortalama priz başlangıç süresinin ise 214,67 dakika olduğu belirlenmiştir. Buna karşın en düşük Priz bitiş süresinin 305 dakika ve ortalama priz bitiş süresinin ise 312,67 dakika olduğu belirlenmiştir.

- Deneyler sonucunda en düşük priz başlangıç süresi 196 dakika olarak ölçülmüş olup bu değer çimento içerisine %5 oranında Krom Magnezit tuğla tozu ilave edildiğinde elde edilmiştir. Bu grubun ortalama priz başlangıç süresi ise 201,33 dakika olarak belirlenmiş olup referans değerinin ortalamasından %6,22 daha azdır. Aynı grubun ortalama priz bitiş süresi de 313 dakika olarak ölçülmüş olup referans değerinden %0,10 kat daha fazladır.
- Çimento içerisine %10 oranında Krom Magnezit tuğla tozu ilave edildiğinde priz başlangıç süresi en az 229 ve en çok 234 dakika olarak, ortalama priz başlangıç süresi ise 231,33 dakika olarak ölçülmüştür. Buna karşılık ortalama priz başlangıç süresinin referans değere göre %7,76 oranında fazla olduğu tespit edilmiştir. Aynı grubun ortalama priz bitiş süresi ise 346,33 dakika olup referans değerinden %10,76 daha fazla olduğu belirlenmiştir.
- %15 oranında Krom Magnezit tuğla tozu ilave edildiğinde priz başlangıç süresi en az 228 ve en

**Tablo 2.** Krom magnezit tuğla tozu kullanılan çimentonun priz bitiş süreleri (Finishing setting times of the cement substituted chrome magnesit brick dust).

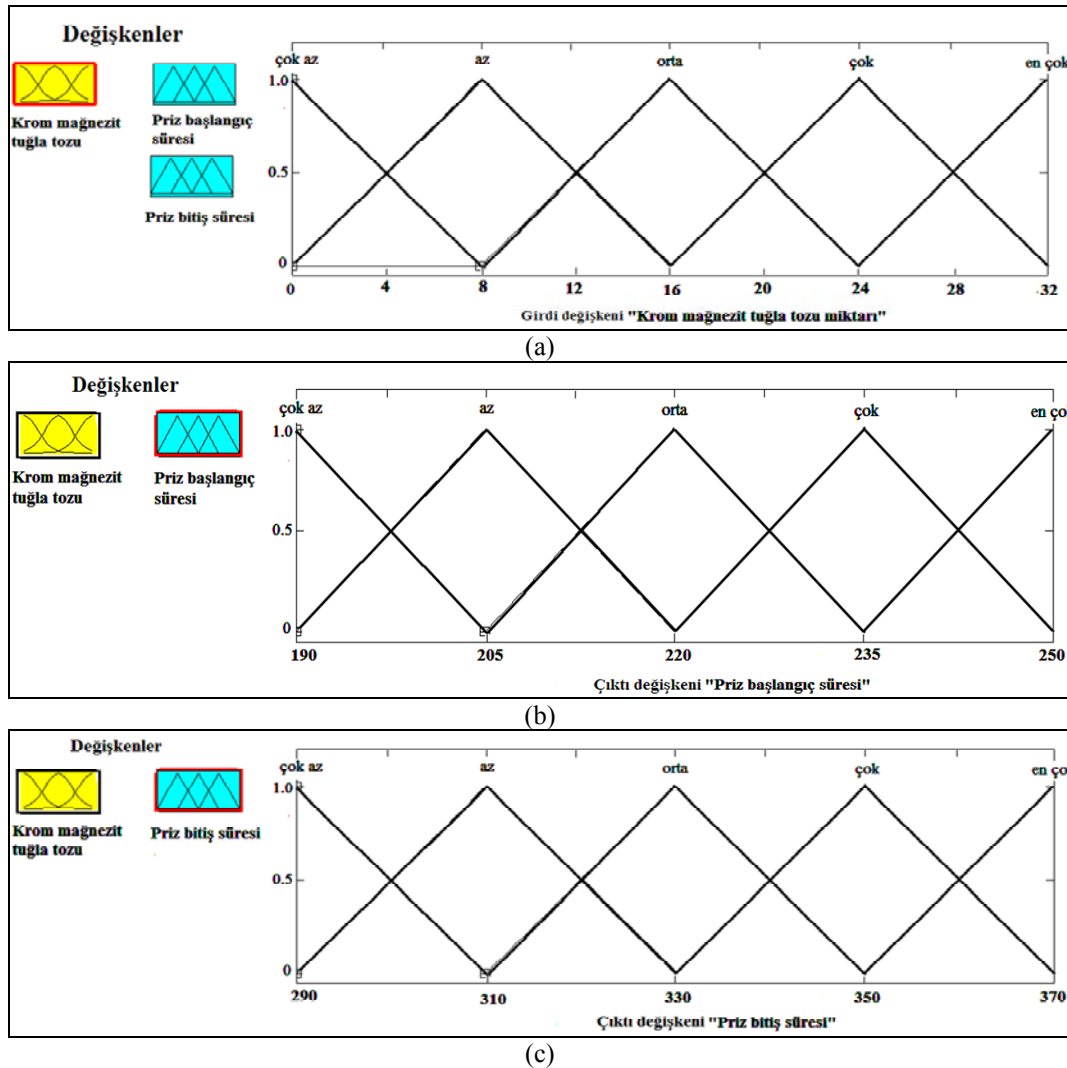
Numune No	Krom magnezit tuğla tozu oranları					
	% 0 Priz Bit. (dk)	% 5 Priz Bit. (dk)	% 10 Priz Bit. (dk)	% 15 Priz Bit. (dk)	% 20 Priz Bit. (dk)	% 25 Priz Bit. (dk)
1	305	321	346	349	355	360
2	317	312	351	356	360	357
3	316	306	342	347	351	352
<b>Ortalama</b>	<b>312,67</b>	<b>313,00</b>	<b>346,33</b>	<b>350,66</b>	<b>355,33</b>	<b>356,33</b>
Endeks (%)	100	100,10	110,76	112,15	113,64	113,96
<b>Bulanık mantıkla tahmin değeri</b>	<b>Referans</b>	<b>319</b>	<b>335</b>	<b>343</b>	<b>347</b>	<b>354</b>



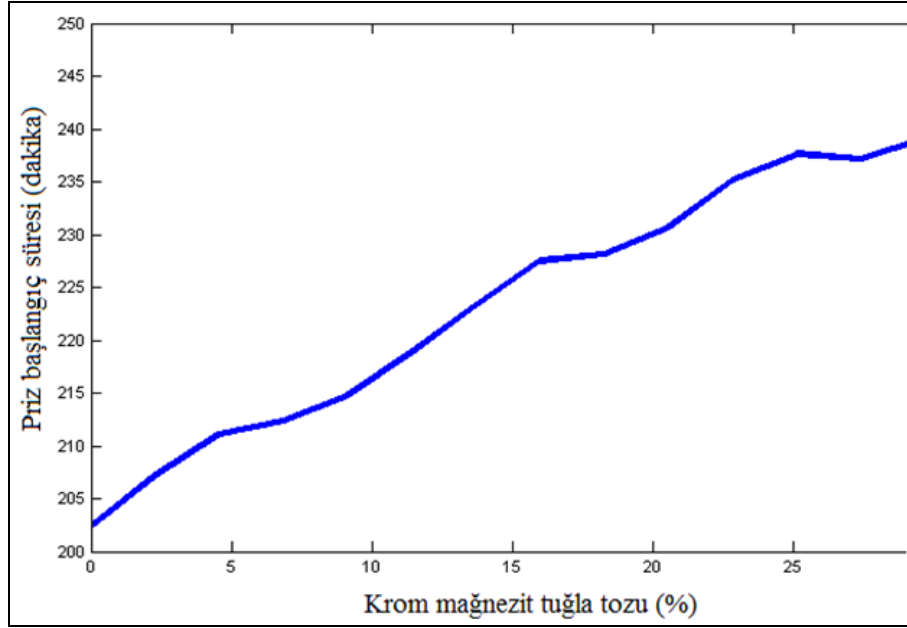
**Şekil 1.** Priz başlangıç ve bitiş süresinin tahmini için bulanık mantık sistemi. (Fuzzy Logic System for prediction of the starting and finishing setting time).

çok 238 dakika olarak, ortalama priz başlangıç süresi ise 232,67 dakika olarak ölçülmüştür. Buna karşılık ortalama priz başlangıç süresinin referans değere göre %8,38 oranında fazla olduğu tespit

edilmiştir. Aynı grubun ortalama priz bitiş süresi ise 350,66 dakika olup referans değerden %12,15 fazla olduğu tespit edilmiştir.

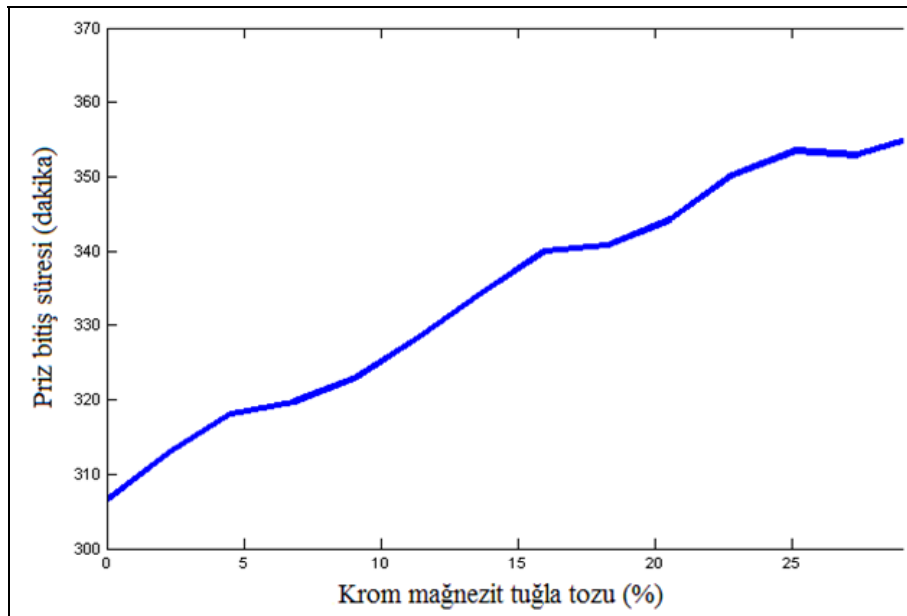


**Şekil 2.**a-Krom Magnezit tuğla tozu için üyelik fonksiyonu, b-Priz başlangıcı için üyelik fonksiyonu, c-Priz bitiş için üyelik fonksiyonu (a-Membership function for Chrome magnesit brick dust, b-Membership function for starting setting time, c-Membership function for finishing setting time)

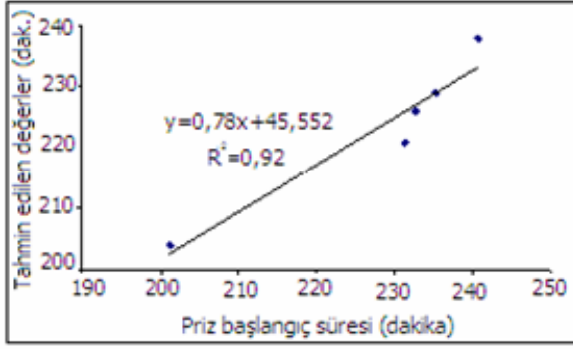


**Şekil 3.** Bulanık mantık modelinde “Priz başlangıç” süresinin Krom Magnezit tuğla tozu miktarına göre değişimi. (According to the quantity of the Chrome Magnesit brick dust changing the starting setting time for Fuzzy Logic model).

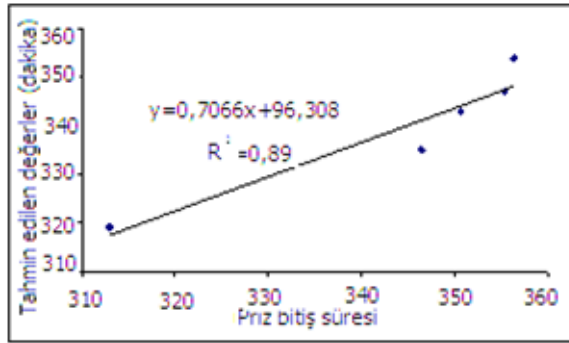
- %20 oranında Krom Magnezit tuğla tozu ilave edildiğinde priz başlangıç süresi en az 233 ve en çok 238 dakika olarak, ortalama priz başlangıç süresi ise 235,33 dakika olarak ölçülmüştür. Buna karşılık ortalama priz başlangıç süresinin referans değere göre %9,62 oranında daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Aynı grubun ortalama priz bitiş süresi ise 355,33 dakika olup referans değerden %13,64 fazla olduğu belirlenmiştir.
- %25 oranında Krom Magnezit tuğla tozu ilave edildiğinde priz başlangıç süresi en az 235 ve en çok 244 dakika olarak, ortalama priz başlangıç süresi ise 240,67 dakika olarak ölçülmüştür. Buna karşılık ortalama priz başlangıç süresinin referans değere göre %12,11 oranında daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Aynı grubun ortalama priz bitiş süresi ise 356,33 dakika olup referans değerden %13,96 daha fazla olduğu belirlenmiştir.
- Bulanık mantıkla oluşturulan tahmin modelinde priz başlangıç süresi için elde edilen tahmin değerleri ile deneysel sonuçların birbirine oldukça yakın olduğu ve tahmin sonuçları ile deneysel sonuçlar arasındaki korelasyon kat sayısının 0,92 olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan priz bitiş süresi için elde edilen tahmin değerleri ile deneysel sonuçların da birbirine yakın olduğu ve aralarındaki korelasyon kat sayısının da 0,89 olduğu belirlenmiştir.



**Şekil 4.** Bulanık mantık modelinde “Priz bitiş” süresinin Krom Magnezit tuğla tozu miktarına göre değişimi. (According to the quantity of the Chrome Magnesit brick dust changing the starting setting time for Fuzzy Logic model).



Şekil 5. Priz başlangıcı için deney sonuçları ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişki (Relationship between experimental and predicted values for starting setting time)



Şekil 6. Priz bitişi için deney sonuçları ve tahmin edilen değerler arasındaki ilişki (Relationship between experimental and predicted values for finishing setting time)

- Bu sonuçlar dikkate alındığında Bulanık Mantık metodunun Krom Magnezit tuğla tozu miktarına bağlı olarak çimentonun priz başlangıç ve bitiş sürelerinin tahmininde kullanılabileceği görülmüştür.

## 5.2. Öneriler (Recommendations)

Çimentoda priz geciktirici ya da hızlandırıcı olarak daha çok kimyasal malzemeler kullanılmaktadır. Ancak bu çalışmada geleneksel malzemelerden olan ve ülkemizin hemen her yerinde rahatlıkla bulunabilecek nitelikte olan Krom Magnezit tuğla tozunun çimentoda priz geciktirici ya da hızlandırıcı olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlar kullanılarak Bulanık Mantık metoduyla priz süreleri için tahmin modelleri oluşturulmuştur. Oluşturulan modellerin priz sürelerinin tahmininde de kullanılabileceği gösterilmiştir. Diğer taraftan, tuğla tozları genel olarak atık malzeme durumunda olup çevre kirliliğine de neden olmaktadır. Bu nedenle geleneksel malzeme olması, kolayca temin edilebilir olması, neredeyse hiç maliyetinin olmaması ve en önemlisi çevre kirliliğinin önlenmesi açısından kimyasal malzemelerle birlikte Krom Magnezit tuğla tozlarının da çimentoda priz geciktirici yada hızlandırıcı olarak kullanılabileceği görülmüştür. Bu nedenle Krom Magnezit tuğla tozu ilave edilen çimentoların eğilmede çekme, yarmada çekme, elastiklik modülü gibi mekanik özellikleri ve boşluk oranı, birim hacim ağırlıkları, su emme

oranları gibi fiziksel özellikleri ile ilgili deneyler de yapılarak sonuçların değerlendirilmesi gerektiği ve elde edilen sonuçların bulanık mantıkla modellenilebileceği düşünülmektedir.

Ayrıca normal beton ve Krom Magnezit tuğla tozu ilaveli betonlar üretilerek de aynı kapsam ve içeriklerde çalışmalar yapılabileceği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. H.F.W. Taylor, **Cement Chemistry**, Academic Press, London (1990).
2. D.P. Bentz, Three-dimensional computer simulation of Portland cement hydration and microstructure development. **The Journal of the American Ceramic Society**. 80 1 (1997), pp.3–21.
3. Y.M. Zhang and T.J. Napier-Munn, Effects of particle size distribution, surface area and chemical composition on Portland cement strength. **Powder Technology**. 83 3 (1995), pp. 245–252.
4. B. Osbaeck and V. Johansen, Particle size distribution and rate of strength development of Portland cement. **The Journal of the American Ceramic Society**. 72 2 (1989), pp. 197–201
5. N.J. Carino, The maturity method: theory and application. **Cement Concrete and Aggregates**, 6 2 (1984), pp. 61–73.
6. S. Tsivilis, S. Tsimas, A. Benetatou and E. Haniotakis, Study on the contribution of fineness on cement strength. **ZKG** 43 (1990), pp. 26–29.
7. B. Osbaeck, The influence of alkalis on the strength properties of Portland cement. **ZKG** 32 (1979), pp. 72–77.
8. F.F. Radjy and D.W. Vunic, Heat signature testing of concrete. In: **Proceedings of Structural Materials Technology—An NDT Conference (Atlantic City, NJ, 1994)**, Techomic Publishing, Lancaster, PA (1994), pp. 8–15.
9. Şimşek, O., **Yapı Malzemeleri**, A.Ü. Basımevi, Ankara 2000.
10. TS EN 197–1 “Genel Çimentolar- Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri”, **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, 2002.
11. Zhang, L.M., “Investigation of Phosphate Cement-Based Binder with Super High Early Strength for Repair of Concrete”, J. Wuhan Univ. Technol.-Mat Sci.Edit., 2001.
12. Pera, J., Soudee, E., “**Influence of Magnesia Surface on the setting Time of Magnesia Phosphate Cement**”, **Cement Concrete Research**, 32 (1), 153-157, 2002.
13. Nilforoushan, Mr., Sharp, J.h., “The effect of additions of Alkaline-Earth Metal Chlorides on the Setting Behavior of a Refractory Calcium Aluminate Cement”, **Cement and Concrete Research**, 25 (7), 1523-1534, 1995.

14. Harmuth, H., Nevherz H., Schrempf S., "Investigation of a Magnesia Binder in the System  $MgO-Mg(CH_3COO)_2-H_2O$ ", **Cement and Concrete Research**, 28 (6), 811-814, 1998.
15. Çelik, M.H., Şimşek, O., Sancak, E., "Silis Dumani Kullanımının Çimentonun Priz Başlama ve Bitiş Sürelerine Etkisi", **Politeknik Dergisi** Cilt:4 Sayı: 4, 55-60, 2001.
16. Tantawi, S.H., "Durability of Blended Cement Incorporating Condenset Silika Fume (CSF) in Aggressive Media in the Presence of Concrete Admixtures", **Iteceram** C.51, No:5 342-348, 2002.
17. Naik, T.R., Singh S.S., "Influence of Fly Ash on Seeing and Hardening Characteristics of Concrete System", **ACI Materials Journal**, 94 (5), 355-360, 1997.
18. Çelik M.H., Aruntaş H.Y., Baran Y., "Seyitömer ve Çayırhan Uçucu Küllerinin Portland Çimentosu-Uçucu Kül (PÇ-UK) Hamurunun Priz Başlama ve Bitiş Sürelerine Etkisi", **Politeknik Dergisi** Cilt:6 Sayı:1, 397-409, 2003.
19. Roy S., Ghosh S.N., Case Study of Rising Cement Mill Temperatures. Incidence of False Set **ZKG**, No:4 206-208, 2001.
20. Çelik M. H., Özgan E., Kösen N., "Krom Magnezit Tuğla Tozunun Portland Çimentosunun Priz Başlama ve Bitiş Sürelerine Etkisi" **Politeknik Dergisi**, Cilt 7, Sayı 1, 2004.
21. S. Tsivilis and G. Parissakis, A mathematical-model for the prediction of cement strength. **Cement and Concrete Research**, 25 (1995), pp. 9-14.
22. C.E. de Siquera Tango, An extrapolation method for compressive strength prediction of hydraulic cement products. **Cement and Concrete Research**, 28 7 (1998), pp.969-983.
23. S. Akkurt, S. Ozdemir, G. Tayfur and B. Akyol, The use of GA-ANNs in the modelling of compressive strength of cement mortar. **Cement and Concrete Research**, 33 (2003), pp. 973-979.
24. M. Sebastia, I.F. Olmo and A. Irabien, Neural network prediction of unconfined compressive strength of coal fly ash-cement mixtures. **Cement and Concrete Research**, 33 (2003), pp. 1137-1146.
25. G. Fa-Liang, A new way of predicting cement strength-fuzzy logic. **Cement and Concrete Research**. 27 (1997), pp. 883-888.
26. European Committee for Standardization (CEN), Methods of testing cement: Part 1. Determination of strength, **European Standard EN 196-1**.
27. Akurt S., Tayfur G., Can S., "Fuzzy logic model for the prediction of cement compressive strength" **Cement and Concrete Research**, Vol:34, Issue:8, Pages 1429-1433, 2004.
28. TS EN 196-3 "Çimento Deney Metotları-Bölüm3: Priz Süresi ve Hacim Genleşme Tayini" **Türk Standartları Enstitüsü**, 2002.
29. **Matlab Documentation Set**, The MathWorks Inc, 2004.
30. E., H., Mamdani, S, Assilian., "An Experiment in Linguistic Synthesis with a Fuzzy Logic Controller" **International Journal of Man-Machine Studies**, 7 (1): 1-15, 1975.
31. Sugeno, M., "Introductory survey of fuzzy control", **INFO. Sci.**, (36):1-2, 59-83. 1985.
32. Zadeh L., "Man and Computer, Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes", **IEEE Trans**, Vol. SMC-3 28-44, 1973.