

## ÇELTİK SAPI KÜLÜ ELDE EDİLMESİNDE PUZOLANİKLİK AÇISINDAN UYGUN YAKMA SICAKLIĞI ARAŞTIRILMASI

Serhat Oğuzhan Kıvrak\*, Celalettin Başyiğit

**Özet:** Beton yapıların çeşitleri her geçen gün artmaktadır. Betonun özelliklerini iyileştirmek dayanıklılığını arttırmak ve ekonomi sağlamak amacıyla beton üretiminde çimento ile birlikte puzolanik özellikte mineral malzemeler kullanılmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, tarımsal atıklardan, belirli işlemler sonucunda elde edilen külün puzolanik malzeme olarak kullanılabilmesi belirtilmektedir. Ülkemizde tarım potansiyeli oldukça yüksektir. Çeltik yetiştirilen bölgelerde, özellikle hasat mevsimi sonrasında meydana gelen çevre kirliliği küçümsenmeyecek boyuttadır. Hem ülke ekonomisine katkıda bulunmak, hem de meydana gelen çevre kirliliğinin azaltılabilmesi için çeltik sapı külünün endüstriye kazandırılması fayda sağlayacaktır. Bu çalışmada, tarımsal atıklardan, çeltik sapı 400°C, 500°C, 600°C 700°C, 800°C, 900°C ve 1000°C sıcaklıklarda kontrollü olarak 1,5 saat yakılarak, öğütülmesi sonucunda kül elde edilmiştir. Elde edilen küllerin puzolanik özelliği fiziksel ve mekanik yöntemlerle analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, puzolanik aktivitesi en iyi olan küllerin, 600°C sıcaklıkta kontrollü olarak 1,5 saat yakılarak elde edilen çeltik sapı külleri olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Puzolan, çeltik sapı külü.

## INVESTIGATION OF SUITABLE BURNING TEMPERATURE FOR PRODUCING RICE STRAW ASH FOR POZZOLANIC

**Abstract:** Types of concrete structures is increasing every day. Cement concrete production in order to improve the properties, increase the resistance of concrete and ensure the economy with pozzolanic materials are used in mineral properties. In recent years studies, the pozzolanic material of the ash obtained from agricultural waste, certain operations can be used as indicated. In our country is very high agricultural potential. Rice is grown in regions, sized environmental pollution can not be underestimated, especially occurring after the harvesting season. To give the ash of rice straw industry for both contribute to the country's economy and reduce the environmental pollution will be useful. In this research, the rice straw from agricultural wastes as controlled temperatures 400°C, 500°C, 600°C 700°C, 800°C, 900°C and 1000°C for 1,5 hours as a result of burning and grinding the ash is obtained. Pozzolanic feature of the obtained ashes were analyzed by physical and mechanical methods. Result of the analysis, temperature of 600 degrees centigrade (600°C) for 1,5 hours in a controlled incineration of rice straw ashes obtained from the ash pozzolanic activity was found to be the best.

**Keywords:** Pozzolan, rice straw ash.

\* Hitit Üniversitesi Meslek Yüksekokulu, İnşaat Teknolojisi Programı, Çorum. E-posta: [oguzhankivrak@hitit.edu.tr](mailto:oguzhankivrak@hitit.edu.tr)

## 1. Giriş

Çimentonun niteliklerini iyileştirmek dayanıklılığını arttırmak ve ekonomi sağlamak amacıyla beton üretiminde çimento ile birlikte puzolanik özellikte mineral malzemeler kullanılmaktadır (Biricik vd. 1996).

Bir puzolanın reaksiyonunda bağladığı kireç miktarı ne kadar fazla ise aktivitesi o kadar büyüktür ve puzolanik özelliği o kadar yüksektir. Bu özellik en çok puzolanın özgül yüzeyine bağlıdır. Puzolanik özelliği etkileyen bir diğer faktör de puzolanın içerdiği Amorf SiO<sub>2</sub> ile SiO<sub>2</sub> gibi reaktif maddelerdir (Massazza, 1989).

Kullanılan doğal puzolanlardan başka uçucu kül, curuf ve silis dumanı gibi endüstriyel yan ürünler de kullanılmaktadır. Ayrıca tarım artıklarından puzolan malzeme elde edilmesi amacıyla deneysel çalışmalar sürdürülmektedir (Biricik vd. 1996).

Tarımsal atıklardan olan, çeltik sapı tarlada biçildiği haliyle bırakılmakta, besleyici özelliği olmadığından dolayı yem olarak kullanılamamakta, tarladan bertaraf etmek için yakılmaktadır. Kontrolsüz bir şekilde yapılan bu yakma sonucunda, toprağın yapısı bozulmakta, toprakta yaşayan canlılar olumsuz etkilenmekte ve ciddi çevre sorunları ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada, çeltik sapı kültü elde edilmesinde puzolaniklik açısından en uygun yakma sıcaklığının tespit edilmesi amaçlanmıştır.

## 2. Puzolanlar

Puzolanlar, kendi başlarına bağlayıcılık değeri olmayan veya çok az bağlayıcılık gösterebilen, fakat ince taneli durumda olduklarında ve sulu ortamda kalsiyum hidroksit ile birleştirildiklerinde hidrolik bağlayıcılık özelliğine sahip olan silisli veya silisli alüminli malzemeler olarak tanımlanmaktadır. Puzolanların yapısında büyük miktarda yer alan silisin ve alüminin yanı sıra, bir miktar da demir oksit, kalsiyum oksit, alkaliler ve karbon bulunabilmektedir (Erdoğan, 2003).

Puzolanlar, herhangi bir bağlayıcılık özelliğine sahip olmasalar da, normal sıcaklıklarda, sulu ortamlarda, kireçle birleşerek bağlama özelliğine sahip, suda çözünmeyen kararlı bileşikler oluşturan bileşenler içeren maddelerdir. Bu davranış, puzolanların karakteristik özelliğidir (Massazza, 1989).

Almanlar puzolana “tras” demektedirler, ülkemizde de bu deyim yaygındır ve standartlarımıza geçmiştir (Akman, 1990).

Puzolanik katkı malzemeleri, su tutucu özellik gösterirler ve doğadan serbest olarak elde edildiği gibi bir sanayi kuruluşunun yan ürünü olarak da elde edilebilir (Şimşek, 2004).

### 2.1. Tarımsal atıkların puzolanik özellikleri

Bitkiler büyürken bünyelerine kökleri ile topraktan çeşitli mineraller ve silikatlar alırlar. Anorganik maddelerin, özellikle silikatların yıllık bitkilerde ağaç türlerindeki daha yüksek oranda bulunduğu bilinmektedir. Yıllık bitkilerden pirinç, buğday, ayçiçeği, tütün ve benzeri tarım ürünlerinin sap ve yaprakların özellikle katikula tabakası nedeniyle silis ve

silikat yönünden zengindir. Anorganik bileşenler bitki bünyesinde serbest tuz veya partiküller halinde veya kısmen liflerin anyonik gruplara bağlı katyonlar halinde bulunmaktadır (Rydholm, 1965).

Tarımsal atıklardaki organik maddelerin yanması, yeni kristal fazların oluşumu veya amorf maddelerin kristallenmesi olayları egzotermik birer reaksiyondur. Bu reaksiyon sonunda ağırlıkta azalma olur ve kül elde edilir. Yakma işlemi sonucu organik maddelerin yapısının bozulmasına termaldekomp pozisyon denir (Biricik vd. 1996).

Toz halde öğütülerek inceltilen bu kül kireçle karıştırıldığında bağlayıcılık özelliğine sahip bir malzeme elde edilir. Bu malzemenin niteliği büyük ölçüde yakma sıcaklığına, yakma süresine, ani soğutmaya ve öğütme koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterir (Biricik vd. 1996).

### **3. Malzeme ve Yöntem**

#### **3.1. Malzeme**

Deneylerde kullanılacak olan külü elde etmek için, Çorum ili, Osmaniye ilçesinde çeltik hasat sonrası tarlada kalan saplar kullanılmıştır.

#### **3.2. Deney örneklerinin hazırlanması**

Çeltik sapı öncelikle, hacmi küçültmek için, özel hazırlanmış tel kafeslerde kontrolsüz olarak kendi halinde ön yakmaya tabi tutulmuştur. Ön yakma ile elde edilen malzeme, sıcaklık ve zaman bakımından kontrollü olarak 400°C, 500°C, 600°C, 700°C, 800°C, 900°C, 1000°C'de 1.5 saat süreyle yakılmış ve oda sıcaklığına kadar ani bir şekilde soğutulmuş kül elde edilmiştir. Elde edilen kül, değirmende öğütülerek inceltirilmiştir.

#### **3.3. Yöntem**

Elde edilen küllerin, XRD analizleri yapılmış, elde edilen sonuçlara göre SEM görüntüsü alınmış ve mekanik deneye tabi tutulmuştur. Yapılan çalışmalar sonucunda ise puzolaniklik özelliğinde en uygun sıcaklık derecesi tespit edilmiştir.

### **4. Deneysel Bulgular ve Değerlendirme**

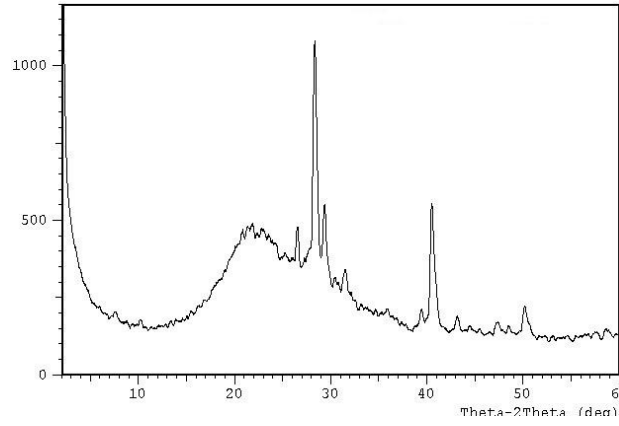
Puzolanik aktivitenin belirlenmesi için fiziksel ve mekanik deneyler yapılmıştır.

#### **4.1. Puzolanik aktivitenin fiziksel deneylerle belirlenmesi**

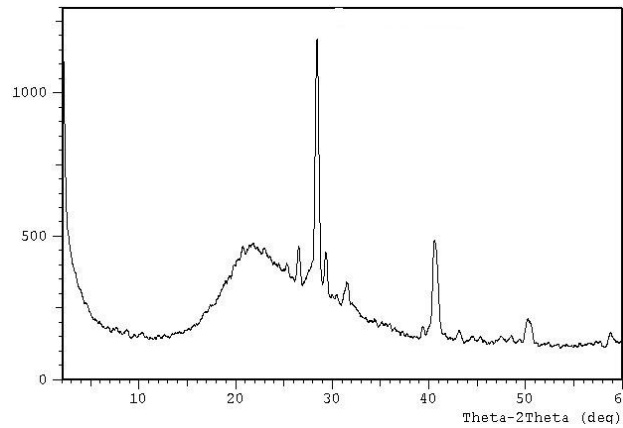
Puzolanik aktivitenin fiziksel yollarla incelenmesi için bütün kül grupları üzerinde, XRD analizi yapılmıştır. Çeltik sapı külü XRD sonuçları, sırasıyla Şekil 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7'de verilmiştir. XRD analizinde, 1,5 saat süre ile 400°C, 500°C, 600°C, 700°C, 800°C, 900°C ve 1000°C sıcaklıkta yakılan ÇSK örneklerinin bütün gruplarında belirgin piklere rastlanmıştır. Ancak bu pikler içerisinde amorf yapının en belirgin olduğu külün 600°C'de yakılan ÇSK olduğu belirlenmiştir. 600°C sıcaklıkta yakılan küllerin SEM görüntüleri alınmış ve EDS analizleri çıkarılmıştır. SEM görüntüleri Şekil 8'de, EDS sonuçları ise Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Çeltik sapı külünün EDS sonuçları

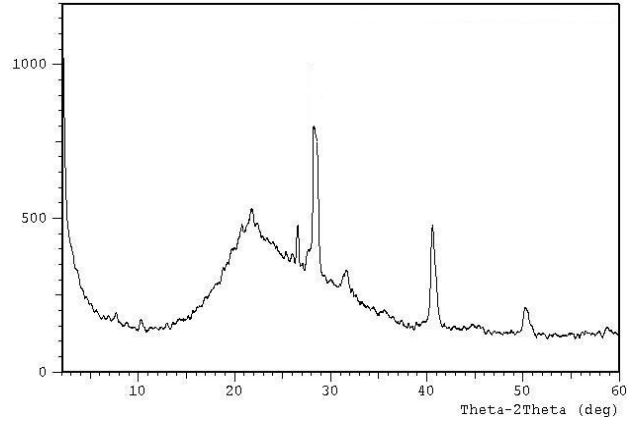
Element	600°C Çeltik Sapı Külü (%)
Mg	2,14
Al	0,43
Si	29,71
P	0,77
Cl	3,34
K	7,04
Ca	3,81
O	52,76



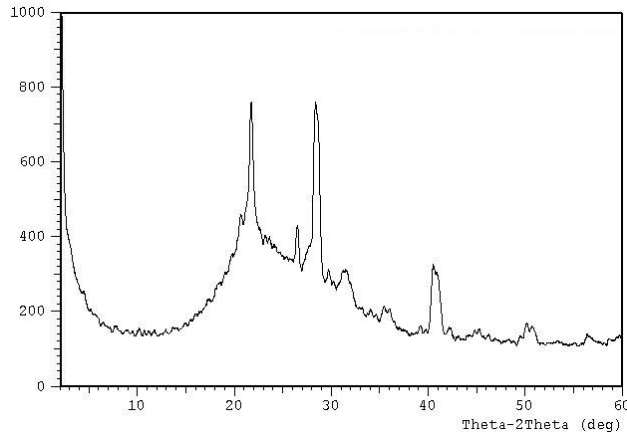
**Şekil 1.** 400°C’de yakılan çeltik sapı külünün XRD analizi



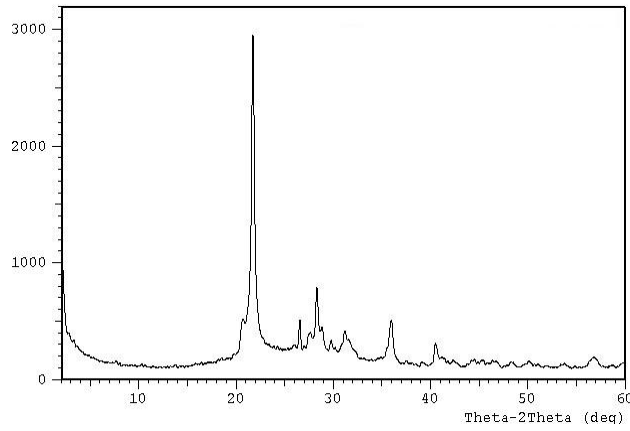
**Şekil 2.** 500°C’de yakılan çeltik sapı külünün XRD analizi



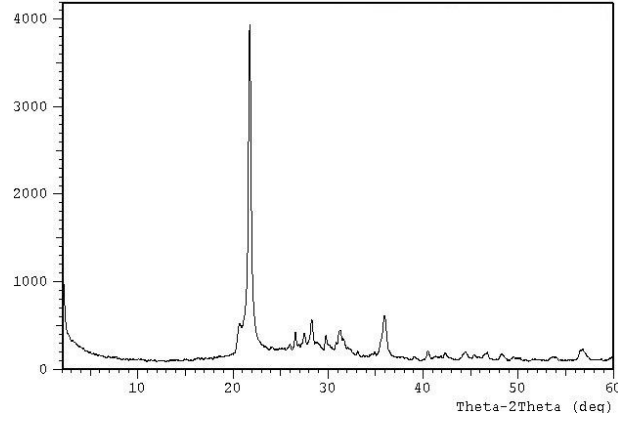
Şekil 3. 600°C’de yakılan çeltik sapı külünün XRD analizi



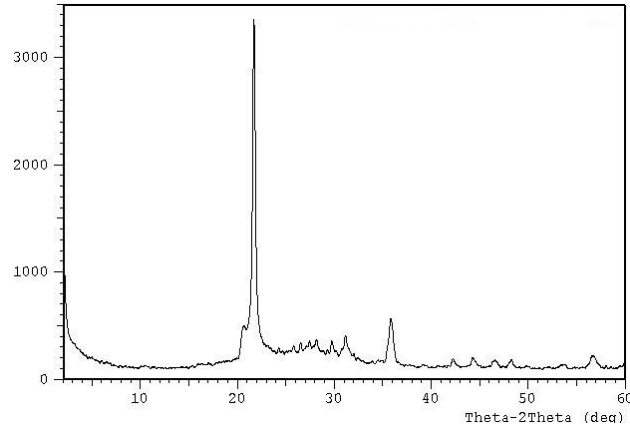
Şekil 4. 700°C’de yakılan çeltik sapı külünün XRD analizi



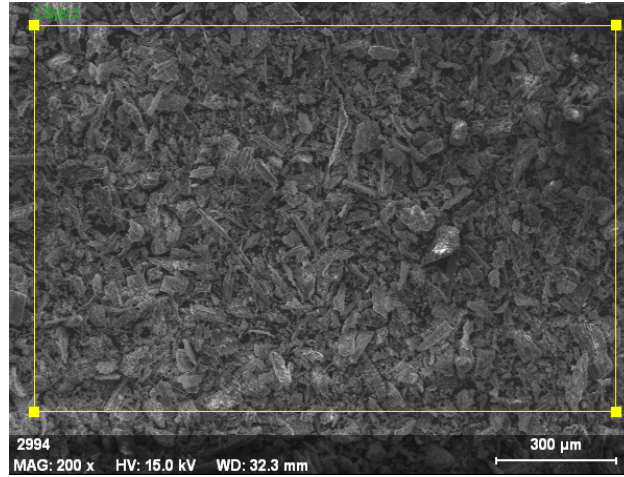
Şekil 5. 800°C’de yakılan çeltik sapı külünün XRD analizi



Şekil 6. 900°C’de yakılan çeltik sapı külünün XRD analizi



Şekil 7. 1000°C’de yakılan çeltik sapı külünün XRD analizi



Şekil 8. 600°C’de yakılan çeltik sapı külünün SEM görüntüsü

#### 4.2. Puzolanik aktivitenin mekanik deneylerle belirlenmesi

Mekanik deneyler, TS EN 196-1'e uygun olarak 40x40x160 mm. ölçülerindeki prizmalar üzerinde yapılmıştır. Üç adet deney numunesi hazırlamak için gerekli malzeme miktarları, Tablo 2'de verilmiştir (TS 25, 2008).

**Tablo 2.** Puzolanik aktivite deneyi için kullanılan malzeme miktarları

Malzemeler	Standart Miktarlar
Standart Kum	1350 gr
Sönmüş Küreç	150 gr
Puzolan	$T = 2 \times 150 (\delta p / \delta k)$
Su	$0,5 \times (150 + T)$

Tablo 2'de belirtilen harç karışım oranlarına göre üretilen puzolanlı harç, kalıplara yerleştirildikten sonra, kalıpların üzeri buharlaşmayı önleyecek şekilde 210x185 mm ölçüsünde ve 6 mm kalınlıktaki camla kapatılarak, 24 saat süre ile  $23 \pm 2$  °C'lık oda sıcaklığında bekletildi. 24 saat sonunda kalıplar sökülmeden  $55 \pm 2$ °C sıcaklığındaki bir etüv içinde 6 gün daha bekletildi. Daha sonra numuneler etüvden çıkarılarak oda sıcaklığına gelinceye kadar soğumaya bırakıldı. Bu süre sonunda numuneler TS EN 196-1'e göre basınç dayanımı tayini deneyine tabi tutuldu. Deney sonuçları ortalama değerleri Tablo 3'de verilmiştir. Bu deney sonucuna göre, küllerin puzolanik özelliğe sahip olduğu görülmüştür.

**Tablo 3.** Çeltik sapı külünün puzolanik aktivite deney sonuçları ve standart değerleri

Puzolan	Basınç Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )
Standart Değer (TS 25'e göre min.)	4
600°C'de Çeltik Sapı Külü	9,4

#### 5. Sonuçlar

Kül üzerinde yapılan XRD analizinde, numunelerin tamamında belirli piklere rastlanmıştır. Bu pikler içerisinde amorf yapının en belirgin olduğu 600°C'de yakılan çeltik sapı külü olduğu görülmektedir. Puzolanik aktivite için önemli bir gösterge olan amorf yapının 600°C sıcaklıkta elde edilen küllerde daha yoğun olduğu tespit edilmiş ve yakma sıcaklığı belirlemede XRD analizi sonuçları yol gösterici nitelikte olmuştur. Bu doğrultuda 600°C'de elde edilen kül üzerinde yapılan mekanik deney sonucu da olumlu çıkmıştır. Sonuç olarak, çeltik sapı külünün puzolanik malzeme olarak kullanılabilmesi görülmüştür.

Bu çalışmada kullanılan kül fırınının kül elde etme kapasitesi düşük olduğundan, daha büyük kül elde etme kapasiteli, sürekli bir sistemde çalışabilecek daha büyük verimli bir fırın geliştirilmesi önerilmektedir.

Çeltik sapı külü elde etme sürecinde, farklı sıcaklık sürelerine tabi tutularak puzolanik aktivitesinin araştırılması faydalı olacaktır.

## 6. Kaynaklar

- Akman, M.S., 1990. Yapı Malzemeleri. İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, 1408, 162, İstanbul.
- Biricik, H., Berktaş, İ., Aköz, F., Tulgar, A. N., 1996. Buğday Sapı Külünün Puzolanik Özelliklerinin Araştırılması. 4. Ulusal Beton Kongresi, 369-380.
- Erdoğan, T.Y., 2003. Beton. ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş., TA439.E73, 741, Ankara.
- Massazza, F., 1989. Puzolanlar. Puzolanlı Çimentolar ve Kullanım Alanları, Seminer, TÇMB, 406, Ankara.
- Rydholm, S.A., 1965. Pulping Processes. Interscience Publishers, 1269 pp., New York.
- Şimşek, O., 2004. Beton ve Beton Teknolojisi. Seçkin Yayıncılık, ISBN 9753478097, 247, Ankara.
- TS 25, 2008. Doğal puzolan (tras)-Çimento ve betonda kullanılan-Tarifler, gerekler ve uygunluk kriterleri, 14, Ankara.