

GRANÜL BOYUT DAĞILIMININ GRANİT KARO ÜRÜN ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Z.Bayer^{1,3}, N.Ay¹, N.Erginel²

¹Anadolu Üniversitesi, Malzeme Bilim ve Mühendisliği Bölümü, Eskişehir/Türkiye

²Anadolu Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Bölümü Eskişehir/Türkiye

³Yurtbay Seramik A.Ş., Eskişehir/Türkiye

ÖZET

Bu çalışmada, granül boyut dağılımının granit karo nihai ürün özelliklerine etkisi Faktöriyel Deney Tasarımı yöntemi ile incelenmiştir. Deneyler $2^3 \times 3^2$ çok faktörlü deney tasarımı ile tasarlanmıştır. Püskürtmeli kurutucuda üretilen standart granit karo granülleri alınarak 300 mikronluk elekten elenmiş ve elek altı, elek üstü olacak şekilde ayrılmıştır. Standart (SZ0) örnek içine 300 mikron üstü (SZ1) ve 300 mikron altı (SZ2) ilave edilerek; standart, iri tanelerden oluşan ve ince tanelerden oluşan üç karışım hazırlanmıştır. Ürün özelliklerini etkileyen faktörler olarak; boyut dağılımı (SZ0,SZ1,SZ2), granül nemi (%3, 6), şekillendirme basıncı (130, 140 bar), pişirme süresi (40, 60 dak), pişirme sıcaklığı (1175, 1210 ve 1225 °C) seçilmiştir. Numuneler üzerinde pişme küçülmesi, mukavemet, su emme değerleri ölçülmüş ve mikroyapı incelenmiştir. Tüm numunelerin pişme küçülmesi sonuçları standarda uygundur. Mukavemet ve % su emme değeri için en etkin faktörler sıcaklık ve süredir. 1210 °C/60 dak ve 1225°C/ 40- 60 dakika pişirme süresine tabi tutulan numunelerde mukavemet ve % su emme değerleri TS-EN 10545 standardına uygun bulunmuştur. Boyut dağılımı pişme küçülmesi ve pişme mukavemetinde etkin olup fiziksel ve mekanik özellikleri etkilediği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Deney Tasarımı, Granit Karo, Boyut Dağılımı.

THE EFFECT OF GRAIN SIZE DISTRIBUTION ON GRANITE TILE PRODUCT PROPERTIES

ABSTRACT

In this study, the effect of grain size distribution on the granite tile properties were investigated. Experiments were designed as $2^3 \times 3^2$ multi-level factorial design and individual effects of main factors and their interactions were determined. Standard granite granules that were produced by spray drier sieved from 300µm sieve and classified as above the sieve and under the sieve. By adding above 300µm sieve (SZ1), and under 300µm sieve (SZ2) into the standart sample (SZ0), three mixture were prepared as standart, the mixture consist of coarse grains and fine grains. Size distribution, grain moisture (%3, 6), pressure (130,140 bar), firing time (40,60 min.), firing temperature (1175, 1210, 1225 °C) as variables influencing of granite tile properties were investigated. Firing shrinkage, strength, water absorption and SEM measurements of the specimens were determined. The result of firing shrinkage of all samples is acceptable. Effective factors for firing strength and water absorption are temperature and time. Samples, fired at 1210°C/60min. and 1225°C/40-60 min. are suitable for TS-EN 10545. It was determined that size distribution was effective for firing strength and shrinkage.

Keywords: Experimental Design, Granite tile, Size Distribution.

1. GİRİŞ

Seramik karo üretiminde, son yıllarda teknolojiadaki yeniliklerle büyük sıçramalar yapılmıştır. Ülkemizin seramik karo alanında üretim ve kapasitelerde önemli artışlar gözlenmekte ve dünya pazarındaki payı artmaktadır [1]. Yer karolarının yüzeylerinin çizilmesi sonucu görünüm ve yüzey özelliklerinin bozulma problemleri porselen (granit) karolar ile aşılmıştır [2]. Seramik karo üretim sürecinde, kaliteyi ve teknik performansı etkileyen çok sayıda faktör olup bunlar; hammaddeden, üretim sürecinden, ekipmanlardan gelen faktörler olarak sıralanabilir.

Ürün özelliklerini etkileyen birden çok faktörden hangisinin daha etkili olduğunu anlayabilmek için deney tasarım yöntemleri kullanılmaktadır. Deney tasarımı sonucunda matematiksel modeller oluşturularak, çıktının en iyi duruma getirilmesi ve seviyelerinin belirlenmesi mümkün olmaktadır [3]. Deney tasarım yöntemlerinden biri de faktöriyel deney tasarımıdır. Faktöriyel deney tasarımında, deneyin bütün deneme ya da tekrarlarının her biri için, incelenen faktörlerin tüm kombinasyonları araştırılmaktadır [4].

Bu çalışmada çok faktörlü deney tasarımı kullanılarak % su emme, pişme küçülmesi ve mukavemet üzerinde süreç parametreleri; beş ana faktör etkisi (boyut dağılımı, granül nemi, şekillendirme basıncı, pişirme sıcaklığı, pişirme süresi) ve bunların birbiriyle olan etkileşimi üç tekrar yapılarak incelenmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneyisel çalışmada Yurtbay Seramik A.Ş.'den temin edilen granit karo granülleri kullanılmıştır. Püskürtmeli kurutucuda üretilen standart granit granülleri 300 mikronluk elekten elenmiş ve elek altı, elek üstü olacak şekilde ayrılmıştır. Birinci karışım standart(SZ0), ikinci karışım elek üstü ilave edilen (SZ1) ve üçüncü karışım elek altını içeren (SZ2)'dir. Deneylerde seçilen faktörler ve seviyeleri Çizelge 1' de dir. Numuneler Gabrielli marka kuru preste 100x50x8 mm boyutunda şekillendirilmiştir. Şekillendirilen numuneler laboratuvar tipi Nannetti marka rulolu fırında pişirilmiştir. % Su emme miktarı Gabrielli marka su emme kabında ISO 10545 Part 3 testine göre, mukavemetleri Gabrielli marka mukavemet cihazında ISO 10545 Part 4 testine göre ölçülmüştür [5, 6].

Çizelge 1. İncelenen faktörler ve seviyeleri

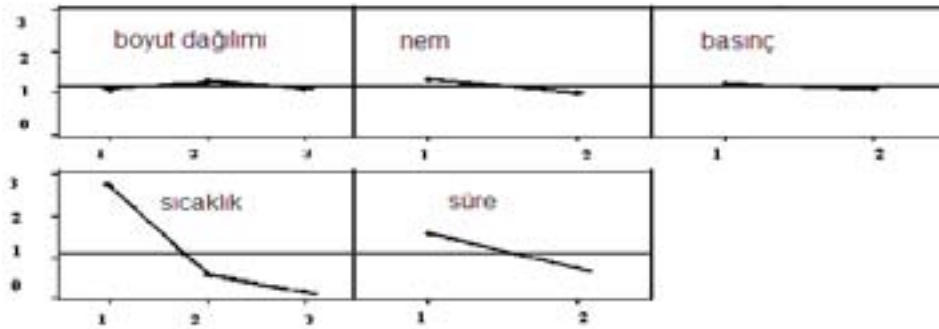
Faktörler/ Factors	Seviye Değerleri/ Levels		
	1	2	3
Boyut dağılımı/ Size distribution	SZ2	SZ0	SZ1
Granül nemi/Grain moisture (%)	3	6	-
Basınç/Pressure (bar)	130	140	-
Sıcaklık/Temperature (⁰ C)	1175	1210	1225
Süre/Time (dak)	40	60	-

3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

$2^3 \times 3^2$ çok faktörlü deney tasarımına göre hazırlanan 216 adet deney numunesinin % su emme, pişme küçülmesi ve pişme mukavemeti değerleri ölçülmüştür. Üretim süreçlerinden olan beş faktörün tek tek veya beraberce etkileşimleri deneyler sonucunda üretilen verilerden oluşturulan ANOVA Tablosu ile incelenmiştir. ANOVA Tablosu, faktörlerin seviyeleri arasında fark olup olmadığının ve etkileşimlerin anlamlı olup olmadığının belirlenebilmesini sağlamaktadır. Boyut dağılımı, granül nemi, basınç, sıcaklık ve süre ana faktörler; boyut dağılımı*nem, boyut dağılımı *basınç, boyut dağılımı *sıcaklık,

boyut dağılımı *süre nem*basınç, nem*sıcaklık, nem*süre, basınç*sıcaklık, basınç*süre, sıcaklık*süre, boyut dağılımı *nem* basınç, boyut dağılımı *nem*sıcaklık, boyut dağılımı * basınç *sıcaklık, boyut dağılımı *nem*süre, boyut dağılımı * basınç *süre, boyut dağılımı *sıcaklık*süre, nem* basınç *sıcaklık, nem* basınç *süre, nem*sıcaklık*süre, basınç *sıcaklık*süre, boyut dağılımı *nem* basınç *sıcaklık, boyut dağılımı *nem* basınç *süre, boyut dağılımı * nem* sıcaklık*süre, boyut dağılımı * basınç *sıcaklık*süre, nem* basınç *sıcaklık*süre, boyut dağılımı *nem * basınç * sıcaklık*süre etkileşim faktörleridir.

% Su emme değerlerine göre anlamlı derecede etkin olan beş ana faktör ve etkileşimlerini içeren ANOVA Tablosunda (Çizelge 2), DF: Serbestlik derecesi, Seq SS: Hata kareler toplamı, MS: Hata kareler ortalaması, F0: F değeri (F değeri en büyük olan faktör modelde en etkindir), P: P değeri kabul edilmeyen bölgenin oranını (kabul edilen α değerinden küçük P değerleri etkindir) ifade ediyor ve $\alpha=0,01$ değeri kullanılmıştır. Etkisi anlamsız olan ana faktörler ve etkileşim faktörleri ANOVA Tablosu hata terimine eklenmiştir. Faktör ana etki ve etkileşimlerinin P değeri 0,01'den büyük ise bu etkileşim ve etkiler hata terimine eklenir[7]. ANOVA Tablosunda etkisi olan faktörlerin etkileşim grafikleri Şekil 1'de görülmektedir. % Su emme için en etkin faktörler; sıcaklık %76,1, süre %9,7, nem % 8,4 etkindir ve bunlar toplam etkilerin %94,2' sini oluşturmaktadır.



Şekil 1. % Su emme için ana etkiler grafiği.

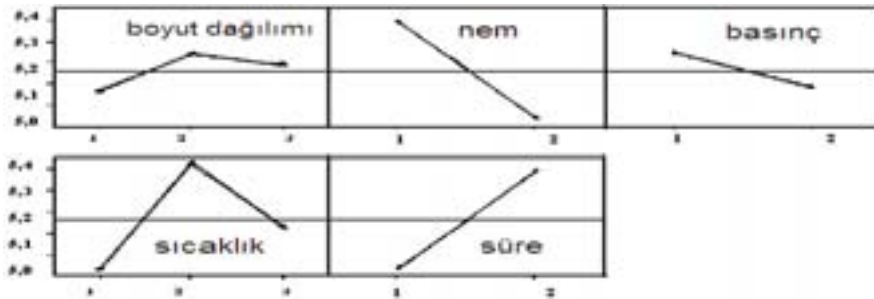
Çizelge 2. % Su emme için ANOVA Tablosu

Faktörler /Factors	DF	Seq SS	MS	F ₀	P
Boyut dağılımı/ size distribution	2	1,0784	0,5392	12,68	0,000
Nem/ moisture	1	2,7833	2,7833	65,48	0,000
Basınç /pressure	1	0,5088	0,5088	11,97	0,000
Sıcaklık/temperature	2	190,4518	95,2259	2240,60	0,000
Süre / time	1	24,2720	24,2720	571,10	0,000
Boyut dağılımı*sıcaklık/ Size dist.*temparature	4	0,6441	0,1610	3,78	0,002
Nem* sıcaklık/Moisture *temparature	2	2,6720	1,3360	31,43	0,000
Nem* süre/ Moisture *time	1	0,7168	0,7168	16,86	0,000
Basınç *sıcaklık/ Pressure*temperature	2	0,4504	0,2252	5,29	0,003
Sıcaklık*süre/ Temperature/time	2	20,9916	10,4958	246,96	0,000
Nem*sıcaklık*süre/Moisture*temperature*time	2	0,7516	0,3758	8,84	0,000
Boyut dağılımı*nem*basınç*süre Size dist.*moisture*pressure*time	4	0,6047	0,1512	3,55	0,003
Hata /error	119	5,0676	0,0425	-	-
Toplam / total	143	250,9934			

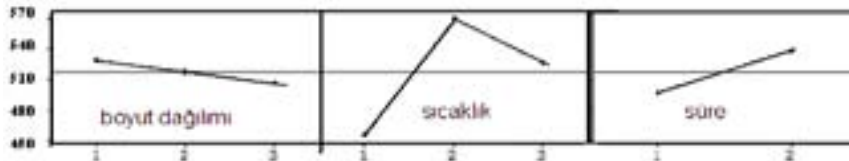
Şekil 1’de görülen; boyut dağılımı, nem ve basınç faktörlerinin % su emme değişimine olan etkisi çok küçükken, sıcaklık ve süre faktörleriyle değişim artmaktadır. TS-EN 10545-3 standardına göre granit karolardan beklenen su emme değeri % 0,5’in altında olmalıdır. 1175 °C’de sinterlenen numunelerde %3 su emme değeri ölçülmüştür. 1210°C’de pişen numunelerde % su emme 0–1 arasında, 1225°C’de sinterlenen numunelerde bu değer 0’a yakın bulunmuştur. Granit karolardan beklenen standarda uygun % su emme değeri için 1210°C/60 dak ve 1225 °C ‘de numunelerin 40 veya 60 dakika sinterlenmesi yeterlidir.

Pişme küçülmesi değerlerine göre ana faktörlerden süre (%19,8), nem (%19,7), sıcaklık (%15,4), etkileşim faktörlerinden sıcaklık*süre (%9,4), nem* sıcaklık (%7,8) boyut dağılımı* sıcaklık (%2,9) etkin olup, boyut dağılımı ve basınç %2’nin altında etkinliğe sahiptir ve ana etkiler grafiğinde etkileşim faktörlerinden dolayı yer almaktadır (Şekil 2). Granit karo standardına göre küçülme değerleri 6–7 arasında kabul edilmektedir. Hazırlanan tüm numunelerde küçülme değerleri standarda uygundur.

ANOVA Tablosu ve pasta grafiği verileri sonucunda pişme mukavemeti için en etkin faktörler; sıcaklık (%56,6), süre (%10,6), boyut dağılımı (%2,2), sıcaklık*süre (%1,9) şeklinde sıralanmıştır (Şekil 3). TS-EN 10545 standardına göre granit karolardan beklenen mukavemet değeri 450–600 kg/mm² olmalıdır. 1175 °C’de sinterlenen numunelerde pişme mukavemeti 450 kg/mm² ile standardın alt sınırında kalmaktadır. 1210°C’de pişen numunelerde pişme mukavemeti ≥ 570 kg/mm², 1225°C’de sinterlenen numunelerde bu değer 510–540 kg/mm² arasındadır. 40 dakika sinterlenmiş numunelerde pişme mukavemeti 480- 510 kg/mm² arasında, 60 dakika sinterlenmiş numunelerde bu değer 520–540 kg/mm² arasında değişmektedir. 300 mikrondan küçük granüllerin çoğunlukta olduğu SZ2 numunelerinin standart mukavemete ulaşma sorunu yoktur, mukavemet değerleri 510 kg/mm²’nin üzerinde ölçülmüştür. SZ0 numunelerinin mukavemeti standart değeri sağlamaktadır. İri tanelerden oluşan SZ1 numunelerinde standart mukavemet aralığının alt sınırında değerler ölçülmüştür.



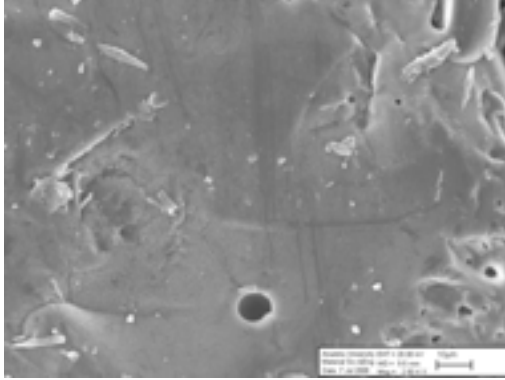
Şekil 2. Pişme küçülmesi için ana etkiler grafiği.



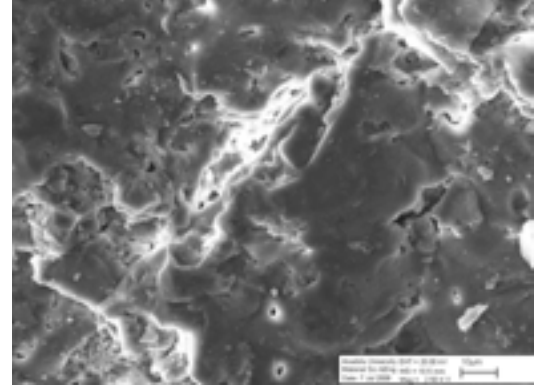
Şekil 3 Pişme mukavemeti için ana etkiler grafiği.

Mukavemet üzerinde en etkin faktör sıcaklık olduğu ve 2. seviyedeki sıcaklıkta en yüksek mukavemet değerleri elde edildiği bulunmuştur. Mukavemet açısından standardı sağlayan, farklı boyut dağılımına sahip örneklerdeki mukavemet farkını açıklamak için, %6 neme sahip, 140 barda şekillendirilmiş, 1210°C/60 dak. sinterlenmiş numunelerden örnekler alınarak mikroyapıları incelenmiştir. SZ2 numunesinin mukavemet değerleri ortalaması $629,07 \pm 20,08$ kg/mm²’dir. Yapıda ince tanelerin çok olması yüksek yüzey enerjisi sağlayıp, yüksek sıcaklıklarda temas noktalarının fazla olması sıkı

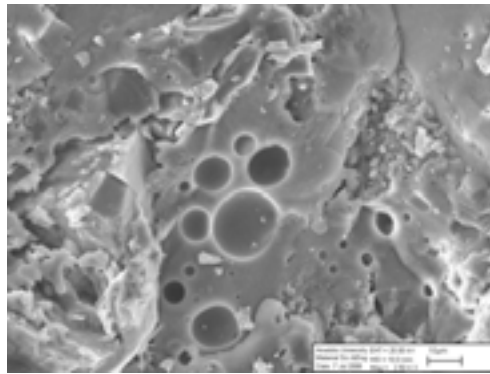
paket bir yapı elde edilmiş ve gözenekler yok denecek kadar azalmıştır, bunun sonucunda mukavemet değeri en yüksek değere ulaşmaktadır (Şekil 4). SZ0 numunesinin mukavemet ortalaması $591,38 \pm 17,34 \text{ kg/mm}^2$ olup mikroyapısında çok az gözenek mevcut olduğu ve iyi sinterlendiği izlenmektedir (Şekil 5). SZ1 numunesi mukavemeti ortalaması $577,52 \pm 19,61 \text{ kg/mm}^2$ olup çok ve büyük gözenekli mikroyapısıyla mukavemet düşüşünü açıklamaktadır (Şekil 6).



Şekil 4. 1210 °C'da pişirilmiş, SZ2 numunesinin görüntüsü.



Şekil 5. 1210 °C'de pişirilmiş SZ0 numunesinin görüntüsü.



Şekil 6. 1210 °C'de pişirilmiş SZ1 numunesinin görüntüsü.

4. SONUÇLAR

Bu çalışma sonucunda tane boyutu ve tane boyut dağılımının değişmesine ilave olarak granül nemi, şekillendirme basıncı, pişirme sıcaklığı ve süresi pişirme mukavemeti ve su emme üzerinde önemli etkilere sahip olduğu bulunmuştur.

SZ1 numunesinde büyük gözenekler nedeniyle granit karoların mukavemeti düşerken, % su emme değeri artış göstermiştir. SZ2 numunelerinin gözenekli yapıda olmaması yüksek mukavemetin oluşmasını sağlamıştır. % Su emme, pişirme küçülmesi ve mukavemeti için boyut aralığı dışında en etkin faktörler sıcaklık ve süredir. 1175 °C standartları sağlamak için yeterli bir pişirme sıcaklığı olmadığı ortaya çıkmıştır. Deneylerde 1210°C'den daha büyük sıcaklıklarda ve 40–60 dakika arasındaki pişirme sürelerinde standarda uygun sonuçlar elde edilmiştir.

5. KAYNAKLAR

1. Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş., Araştırma Müdürlüğü, "Sektörel Araştırmalar" ,SA-05-03-09, Ankara, Mayıs 2005.
2. GARCIA, P. B., *The New Revolution*, Qualicer G.C. 35-54, 2004.

3. <http://www.spac.com.tr/Egitim/Page3.aspx>
4. Montgomery, D. C., *Design and Analysis of Experiments*, John Wiley & Sons,
5. New York, 2001.
6. TS EN ISO 10545-4.
7. TS EN ISO 10545-3.
8. Ay, N., Erginel, N. ve Binal, G., “Deney Tasarımı ile süreç parametrelerinin optimizasyonu”, SERES 2007 Bildiriler Kitabı, sayfa: 151-160, Kasım 2007.