

## Fosfojips ve Perlit Katkılı Sıvaların Su Emme Miktarlarının 2<sup>4</sup> Deneysel Tasarım Yöntemiyle Belirlenmesi<sup>†</sup>

Başak Mesci Oktay<sup>1</sup>, Elif Odabaş<sup>2</sup>, Mesut Kurnaz<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü/ Mühendislik Fakültesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye

<sup>2</sup> Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü/ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Türkiye  
\*(mesutkurnaz@gmail.com)

**Özet** – Bu çalışmada sıva içerisine gübre fabrikası atığı olan fosfojips ve doğal bir mineral olan perlit katılarak oluşturulan malzemenin su emme kapasitesi incelenmiştir. Farklı oranlarda fosfojips ve perlit sıva içerisine katkı maddesi olarak eklenmiştir. 2<sup>4</sup> tam faktöriyel tasarım kullanılarak optimizasyon yapılmıştır. ANOVA analizi yapılarak hangi faktörlerin etkili olduğu araştırılmıştır. Bu faktörlerin oluşturulan katkılı sıvanın su geçirgenliği üzerinde anlamlı bir etkisinin olup olmadığı incelenmiş ve optimum değerler tespit edilmiştir. Aynı zamanda Pareto çizelgesi de oluşturularak ana ve ikili etkileşimlerinin hesaplanan Pareto değerine göre anlamlılığı test edilmiştir. Deneysel çalışmalar sonucunda optimum katkı miktarları tespit edilmiştir.

*Anahtar Kelimeler – Sıva, perlit, fosfojips, deneysel tasarım*

## Determination of the Water Absorption Quantities of Plaster Containing Phosphogypsum and Perlite Using 24 Full Factorial Design

**Abstract** – In this study, the water absorption capacity of the material formed by adding phosphorus phosphogypsum and natural mineral perlite into the plaster was investigated. Phosphogyps and perlite were added as additives in the plaster at different ratios. Optimized using 24 full factorial design. ANOVA analysis was conducted to determine which factors were effective. The effect of these factors on the water permeability of the added plaster was investigated and optimum values were determined. At the same time, a Pareto chart was created and tested for significance according to the calculated Pareto value of the main and binary interactions. As a result of the experimental studies, optimum additive amounts have been determined.

*Keywords – Plaster, perlite, phosphogypsum, experimental design*

### I. GİRİŞ

Sıvalar, uygulandıkları yapı elemanlarının yüzeylerini örtmeleri ve düzgün göstermelerinin yanı sıra, yapının tümünü atmosfer koşullarından, çevre faktörlerinden ortaya çıkan olumsuz etkileri olabildiğince ortadan kaldırmak ve bina elemanlarını etkileyen olumsuz faktörlerden korumak amacıyla yapının iç ve dış yüzeylerine uygulanan koruyucu bir tabakadır. Sıvalar, geçirimsiz olmalı, gözeneksiz olmalı, yüzey nefes alabilmeli ve buhar geçirgenliği yüksek olmalı, duvarı, iç, dış ve kendi yapısındaki fiziksel, kimyasal ve mekanik etkilerden korumalıdır [1,2].

Dünya nüfusunun artmasına bağlı olarak, hayati önem taşıyan beslenme sorunu ortaya çıkmış, ekilebilir tarım alanlarının sınırlı olusundan dolayı, gittikçe artan dünya nüfusunun beslenmesi için bu alanlardan daha fazla ürün elde etme yoluna gidilmiştir. Bu nedenle tarımın modernleşmesi gerekmiştir. Modern tarımda kimyasal gübrelerin, özellikle fosfatlı gübrelerin önemi çok büyüktür. Bundan dolayı canlıların gelişmesinde etkin bir besin maddesi olan fosfata, dünyadaki açlığın ortadan kaldırılmasında önemli stratejik bir hammadde olarak bakılmaktadır. Bu amaca yönelik yapılan araştırmalar sonucu dünyada elverişli fosfat yatakları bulunmuş ve geliştirilmiştir. Nüfus artışına bağlı olarak gıda

temini gerektiğinden gelecekte fosfatlı gübrelere olan ihtiyaç daha da artacaktır [3]. Fosfat kayasının değerlendirilmesi ve fosforik asit üretimi sonrası fosfojips atık ürün olarak ortaya çıkmakta olup; örneğin Samsun TÜGSAŞ Gübre fabrikasında günde 3150 ton, Bandırma Bağfaş Gübre fabrikasında 3500 ton gibi büyük miktarlarda ele geçmekte ve önemli depolama problemleri yanında çevre kirliliğine de sebep olmaktadır [4,5].

Perlit ısıyla genleşme özelliği olan, genleştirildiğinde çok hafif ve gözenekli hale geçen bir kayadır. Perlitte en önemli özellik, hidrasyona uğramış camsı silika yapısındaki %2-5 arasında bileşik halinde içerdiği sudur ve bu su perlitin kararlılığını sağlamaktadır [6]. Perlit genleştirilmiş olarak kullanıldığı gibi ham olarak da geniş kullanım alanlarına sahiptir. Ham perlit kimyasal bileşimi itibariyle silisli ve alüminyumlu bileşikler içerdiğinden kalsiyum esaslı bağlayıcılar ile kimyasal tepkimeye girerek hidrolik aktivite gösterir. Bu özelliği nedeniyle yapı sektöründe geniş çapta kullanılmaktadır [7].

Bu çalışmada; günümüzde en büyük sorunlardan biri olan çevre sorununun çözümüne katkıda bulunabilmek için sanayi atığı olan fosfojips ve ülke ekonomimizin en güçlü sektörü olan inşaat sektöründe kullanım alanı bulması ülke çıkarları

<sup>†</sup> This is an extended version of a conference paper (ISMSIT2017).

açısından büyük yararlar sağlayabileceği düşünülen perlitin siva üretiminde kullanılmasını araştırılmıştır. 2<sup>4</sup> tam faktöriyel deneysel tasarım ile optimizasyon yapılmıştır.

## II. MATERYAL VE METOD

### A. Materyal

Bu çalışmada TS EN 197-1'e uygun olan CEM I 42,5 portland çimentosu kullanılmıştır. CEM I 42,5 R Tip Çimentonun, yaklaşık % 63,81'i CaO'den, % 18,54'i SiO<sub>2</sub>'den, % 5,25'i Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>'den, % 2,74'ü Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>'den, % 3,43'ü SO<sub>3</sub>'den oluşmaktadır. Agregası olarak TS EN 197-1'e uygun yıkanmış elenmiş doğal kum tercih edilmiştir. Endüstriyel atık olarak Gübre Fabrikası atığı kullanılmıştır. Endüstriyel atık örneklerinin yaklaşık % 41,25'i SO<sub>3</sub>, % 31,48'i CaO'den, % 31,245'i Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>'den oluşmaktadır. Minerolojik katkı olarak İç Anadolu Bölgesi'nin zengin perlit yataklarından biri olan Çankırı yöresinde üretilmiş olan genişletilmiş perlit kullanılmıştır. Genleştirilmiş perlitin kimyasal içeriği yaklaşık olarak, % 71,8 SiO<sub>2</sub>, % 12,9 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, % 4,30 K<sub>2</sub>O, % 3,17 Na<sub>2</sub>O şeklindedir.

### B. Yöntem

#### B.1. Numunelerin Hazırlanması

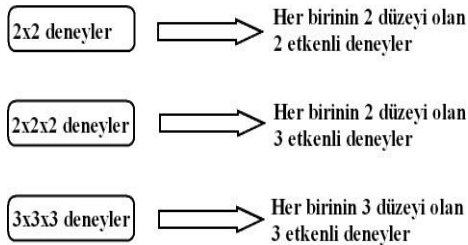
Üretilen malzemenin, binaların dış cephelerinde siva malzemesi olarak kullanımı amaçlanmıştır. Siva numuneleri TS 1481 Dış Siva Yapım Kurallarına uygun olarak yapılmıştır. Numuneler, 40x40x160 mm'lik boyutlarda üretilmiştir [8].

#### B.2. Su Emme (absorbsiyon) Deneyleri

Su emme deneyleri 4x4x16 cm'lik prizmatik numuneler 7 gün standartta belirtilen kür havuzunda bekletildikten sonra ağırlıkları sabitleninceye kadar etüvde kurutulmuştur. Ardından örnekler tamamen su içerisine gömülecek şekilde su içerisinde bekletilmiş ve zamana bağlı (0,10, 60, 100, 1440 dk.) aralıklarla ağırlık değişimleri ölçülmüştür.

#### B.3. Tam Faktöriyel Deneysel Tasarım

Bir deneyin uygulanması, her bir faktörün test edilecek belirli bir düzeye sahip olduğu bir tasarlanmış deney kümesidir. Tam faktöriyel deneyler iyileştirme sürecinin eniyileme ve modelleme adımında yer alırlar. Şekil 1'de çeşitli tam faktöriyel tasarımlar görülmektedir [9,10].



Şekil 1. Tam faktöriyel deney tasarımları

Eniyileme tasarımları, etkenlerin değişik düzeylerinde denendiği ve gerekli tüm etkileşimlerin sonucuna göre yapılan çalışmalardır. Benzer şekilde, modelleme tasarımları ise deneysel sistemi en iyi temsil eden regresyon denkleminin bulunmasına dayanmaktadır. Regresyon denkleminin genel ifadesi aşağıdaki eşitlikte verilmektedir.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i + \left( \sum_{i=1}^n \beta_i x_i \right)^2 + \left( \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \beta_{ij} x_i x_j \right) \quad (1)$$

Yukarıdaki eşitlikte, Y süreç çıktısı, sabit terim, her bir girdinin/etkenin, doğrusal katsayısı, ise ve etkenleri arasındaki etkileşim katsayılarıdır. Regresyon denklemi, ANOVA testi yardımıyla elde edilmektedir.

ANOVA diğer bir adıyla değişinti analizi ile gözlene değişimleri çeşitli bölümlere ayırma yöntemi ile değişkenlerin birbiri üzerindeki etkilerini incelemeye yarayan bir grup modelleme türüdür. Bu tez çalışmasında ANOVA tablosu Minitab 16 (sınırlı deneme sürümü) yazılımı ile %5 güven aralığında elde edilmiştir.

Bu çalışmada fosfojips ve perlit için 4 düzey öngörülmüştür. Fosfojips için çimento miktarının %0, %5, %10 ve %15'i, perlit için de kum miktarının %0, %5, %10 ve %15'i seçilmiştir. Dolayısı ile 2<sup>4</sup> tam faktöriyel deneysel tasarım elde edilmiştir. Tablo 1' de oluşturulan deneysel tasarım görülmektedir.

Tablo 1. 2<sup>4</sup> Deneysel Tasarım

Deney no	Fosfojips (%)	Perlit (%)	Çimento (%)	Kum (%)
1	10	0	90	100
2	0	15	100	85
3	10	15	90	85
4	5	0	95	100
5	5	5	95	95
6	0	10	90	100
7	0	0	100	100
8	15	10	85	90
9	10	10	90	90
10	15	0	85	100
11	5	10	95	90
12	15	15	85	85
13	0	5	100	95
14	5	15	95	85
15	15	5	85	95
16	10	5	90	95

## III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Tablo 2'de su emme deney sonuçları görülmektedir.

Deney no	Sıva Numuneleri		Su Emme
	Fosfojips (%)	Perlit (%)	
1	10	0	15.555
2	0	15	34.680
3	10	15	18.000
4	5	0	18.000
5	5	5	21.000
6	0	10	30.000
7	0	0	23.590
8	15	10	9.090
9	10	10	17.500
10	15	0	11.000
11	5	10	23.000
12	15	15	11.000
13	0	5	26.300
14	5	15	25.500
15	15	5	11.864
16	10	5	15.384

Tablo 3'te su emme deney sonuçları için ANOVA tablosu görülmektedir.

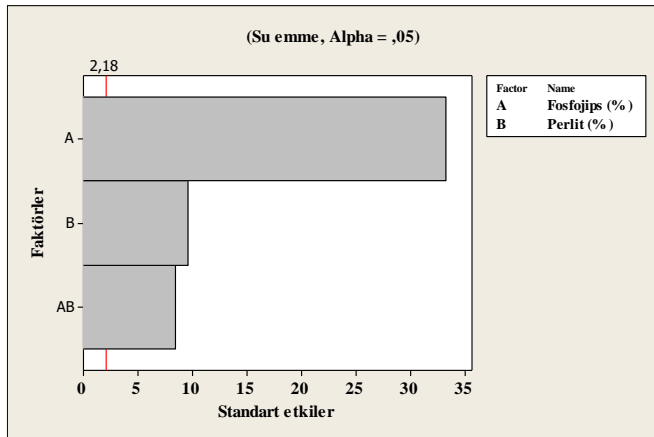
Tablo 3. Su emme deneyi için ANOVA test sonuçları

Kaynak	Etki	Katsayı	SE Kat.	T-Değeri	p-değeri	Yorum			
Sabit		19.466	0.1979	98.35	0.000	Anlamlı	30.000	30.1720	-0.17197
Fosfojips (%)	-17.693	-8.847	0.2655	-33.31	0.000	Anlamlı	23.590	22.7362	0.85381
Perlit (%)	5.111	2.556	0.2655	9.62	0.000	Anlamlı	9.090	10.4646	-1.37458
Fosfojips (%)	-6.043	-3.021	0.3563	-8.48	0.000	Anlamlı	17.500	17.0337	0.46629
*Perlit(%)							11.000	11.0857	-0.08566
							23.000	23.6028	-0.60284
							11.000	10.1540	0.84596
							26.300	26.4541	-0.15408
							25.500	25.9779	-0.47792
							11.864	10.7751	1.08888
							15.384	16.0014	-0.61744

S=0.7917, PRESS=16.30, R2=%99.07, R2(tahmin)=%97.98, R2(düz.)=%98.83

	SD	SS	Düz. SS	Düz. MS	F	P	Yorum
Ana etkiler	2	753.713	753.713	376.857	601.23	0.000	Anlamlı
İkili etkiler	1	45.078	45.078	45.078	71.92	0.000	Anlamlı
Artık hatası	12	7.522	7.522	0.627			
Toplam	15	806.314					

Tablo 3’de açıkça görüldüğü gibi, su emme üzerinde fosfojips ve perlit katkıları istatistiksel olarak (0.000 < 0.05 old. için) anlamlıdır. Bunun yanında, fosfojips ve perlit’in ikili etkileşimleri de istatistiksel olarak (0.000 < 0.05 old. için) anlamlıdır. Benzer şekilde Pareto çizelgesi de ana ve ikili etkileşimlerinin hesaplanan Pareto değerine göre anlamlılığını test etmekte kullanılabilir (Şekil 2).



Şekil 2. Su emme deneyi için Pareto çizelgesi

Pareto çizelgesine göre de, fosfojips (33.31) ve perlit (9.62) katkılarının hesaplanan Pareto değerleri 2.18’den büyük olduğu için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Perlit ile fosfojips ikili etkileşimleri de (8.48) istatistiksel olarak anlamlı olduğu açıkça görülmektedir. Su emme (SE) deneyi için elde edilen regresyon denklemi aşağıdaki eşitlikte verilmektedir.

$$SE = 22.73 - fosfojips * 0.7767 + perlit * 0.7435 - fosfojips * perlit * 0.053 \quad (2)$$

Tablo 4’te su emme deneyinden elde edilen deneysel veriler ile yukarıdaki Eşitlik 2’den elde edilen model sonuçları ve atıklar görülmektedir.

Table 4. Su emme deneyi için deneysel veriler ve model sonuçları

Su Emme (cm/s <sup>1/2</sup> )/1000	Eşitlik (2) (cm/s <sup>1/2</sup> )/1000	Atıklar
15.555	14.9692	0.58583
34.680	33.8899	0.79014
18.000	18.0660	-0.06598
18.000	18.8527	-0.85268
21.000	21.2278	-0.22776

Yukarıdaki eşitlik (2)’de elde edilen regresyon denklemi deneysel sistemi %98.83 doğrulukla temsil etmektedir.

#### IV. SONUÇLAR

Deneye dayalı bu araştırma ile elde edilen bulgular ve oluşturulan 24 tam faktoriyel deneysel tasarım ile bu bulguların değerlendirilmesi sonucunda, amaca uygun nitelikte sıva elde edilebildiği saptanmıştır. Numunelerde su emme (absorbsiyon) belirlenmesi için yapılan deneyde su emme üzerinde fosfojips ve perlit katkıları istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar vermiştir. Bunun yanında fosfojips ve perlitin ikili etkileşimleri de istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar vermiştir. Perlit katkılı sıvaların yüksek su emme kapasitesinden dolayı, bu sıvaların dış ortamlarda kullanılamaması bir dezavantaj gibi görünse de, betonların dış yüzeylerine uygulanacak olan sıvanın ticari su izolasyon malzemeleriyle sıvanın su yalıtımı yapıp, dış ortamlarda kullanımı sağlanmış olacaktır. Genleştirilmiş perlit katkılı sıvaların su emme oranları incelendiğinde, sıva karışımlarındaki perlit miktarı arttıkça ortalama gözenek boyutlarının büyüdüğü sonucuna varılabilmektedir.

#### REFERENCES

- [1] H. Ersoy, “Cephelelerin Korunması ve Sıva”, *İnşaat Malzemeleri ve Uygulamaları Dergisi*, 1989, s.16-39.
- [2] R. Cerny, A. Kunca, V. Tydlit, J. Drchalova, P. Rovnanikova, “Effect Of Pozzolanic Admixtures On Mechanical, Thermal And Hygric Properties Of Lime Plasters”, *Construction and Building Materials*, vol.20, 2006, s. 849–857.
- [3] M. Singh, “Effect Of Phosphatic And Fluoride Impurities Of Phosphogypsum On The Properties Of Selenite Plaster”, *Cement and Concrete Research*, vol.33, 2003, s.1363–1369.
- [4] C.A. Gregory, D. Saylak, W.B. Led beter, “The use of by-product phosphogypsum for road bases and subbases”, *Transportation Research Record*, 1994, s. 47-52.
- [5] A. Turabi, A. Okucu, N. Değirmenci, “Fosforik asit üretim atığı fosfojipsin stabilizasyonu malzemesi olarak kullanım olanaklarının araştırılması”, 4. Mühendislik Mimarlık Sempozyumu, 2002, Balıkesir, s. 93.
- [6] Devlet Planlama Teşkilatı, “8. Kalkınma Planı (2001-2005) Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu”, Ankara, 2001.
- [7] L.H. Yu, H. Ou, L.L. Lee. “Investigation on Pozzolanic Effect of Perlite Powder in Concrete” *Cement and Concrete Research*, 2003, vol.33, s.73-76.
- [8] TS 1481, Sıva Yapım Kuralları –Bina Dış Yüzeylerinde Kullanılan, Türk Standartları Enstitüsü, (1988), Ankara.
- [9] E. Odabaşı. Endüstriyel Atık ve Minerolojik Katkılı Sıvaların Mekanik ve Fiziksel Özelliklerinin Deneysel Tasarım Yöntemi ile İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalı, (2012), Samsun.
- [10] T. Mutuk, ve B. Mesci, “Analysis of mechanical properties of cement containing boron waste and rice husk ash using full factorial design”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 69, (2014), s. 128-132