

Yapı Blok ve Kaplama Malzemesi Olarak Kullanılan Sıkı-tüf (Küfeki) Volkanik Hammaddesinin Fiziko-Mekanik Özellikleri

Emre Sancak, İsmail Uzun ve Osman Çankıran

Yapı Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 32260 Türkiye.
Tel: +90 (246) 211 1702-1465; Fax: +90 (246) 237-1283, esancak@tef.sdu.edu.tr, iuzun@tef.sdu.edu.tr, cankiran@tef.sdu.edu.tr

Özet—Mimar Sinan'ın çoğunlukla eserlerinde kullandığı, Isparta ve çevresinde de yığma yapılarda sıkı tüflerin taşıyıcı duvar elemanı ve kaplama elemanı olarak kullanıldığı bilinmektedir.

Bu çalışmada Küfeki olarak adlandırılan sıkı tüflerin fiziko-mekanik özellikleri araştırılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalarda ortalama birim hacim ağırlığı 1465 kg/m^3 , özgül ağırlığı 2340 kg/m^3 , su emme miktarı % 19.71, Porozite 62.8 ve Kompozite 37.2 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar Türk Standartlar Enstitüsü (TSE) tarafından kabul edilen niteliklere uygun olduğu görülmüştür. Ayrıca ocak sulu numuneler üzerinde yapılan tek eksenli basınç deneyinde numunelerin ortalama direnci 6.1 MPa olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler —Sıkı-tüf, Duvar elemanı, fiziko-mekanik özellikler.

Abstract— It is known that the compact-tuffs, Architecture Sinan mostly used in his works of art, are used as a load-bearing wall element and the cladding materials in Isparta and its region.

In this study, the physico-mechanical properties of the compact-tuffs called Kufeki (in Turkish) were investigated. The experimental studies shown that average unit weight, specific density, water absorbtion rate, porosite, and composite values were 1465 kg/m^3 , 2340 kg/m^3 , 19.71%, 62.8%, and 37.2%, respectively. The results obtained are in accordance with TSE specifications and requirements. Besides, the specimens with natural moist have unaxial compressive strength of 6.1 Mpa.

Index Terms— Compact-tuff, Wall element, Physico-mecanical properties.

I. GİRİŞ

Mimar Sinan İstanbul'un genel görünümünü etkileyen Şehzade, Süleymaniye, Mihrimah Sultan külliyelerini, Osmanlı döneminde Bakırköy çevresinde çıkarılan küfeki taşının yoğun ve homojen tabakalarından hazırlanan bloklarla inşa etmiştir [1].

Küfeki taşı üst Miyosen (Sarmasian) dönemi formasyonudur ve matris yapısı çok büyük oranda CaCO_3 (% 93-100) dan oluşmaktadır, bol kavkılı, boşluklu kripto-kristalli bir kireçtaşıdır. Mactra, Melanopsis, Helix kavkuları ve Krinoid parçaları içermektedir [2]. İçerdiği kavkılar ne deni ile doğal bir “kompozit” malzemedir. Kayaç doğada masif, çatlaksız ve yönlennemiş bir yapıda bulunur. Yapıda esas olarak küfeki taşının iki farklı düzey oluşumları kullanılmıştır. Alt düzeyleri bol fosil kavkılı ve iri taneli olan formasyonun (A türü), üst düzeyleri daha az kavkılı ve killi-kumludur (B türü). Sinan yapılarında çoğunlukla “alt düzey formasyonu” kireçtaşını kullanmıştır [3].

Tüfler volkanizma sırasında şiddetli patlama ile yer kabuğunun yüzeyine püsküren, boyutları 2mm'den küçük lav parçalarının taşlaşması ile oluşan, kor kırıntılı dokulu piroklastik kayaçlardır. tüfler bağlayıcı bir hamur (matriks) içinde dağılan, camsı lavın cam kırıntıları, pomza (camsı dokulu) ve diğer volkanik kayaç parçaları, feldispat, kuvars, biyotit, manyetit, hornblend gibi püskürmeden önce oluşmuş mineraller, kil, zeolit gibi bozuşma ürünleri ile feldispat, kristobalit, tiridimit gibi volkanik camın devitrifiye ürünlerini içerirler. camsı malzeme yüzeydeki çabuk soğuma sonucunda oluşmuştur. tüfler, doğal puzolan olan ve endüstride tras olarak kullanılan değerli bir malzemedir. türkiye'de genç tüfler yaygın olarak bulunurlar [4].

Yapısında su mevcuttur, bu suyun bir bölümü uçarken bir bölümü de dış çeperlerden içeriye doğru zamanla gelişen kalınlıkta karbonatlaşmanın sonucunda oluşan katman içinde hapsolmaktadır. Bünyede suyun varlığı dinamik yükler altında yapının taşıma gücüne önemli ilave katkı getirmektedir. Dolayısıyla sıkı tüflerin nem oranı ve basınç dayanımı zamana bağımlı olarak değişkenlik göstermektedir. [5, 6].

Isparta ve ilçelerinde de Selçuklu ve Osmanlı eserlerinde duvar ve kaplama malzemesi olarak sıkı-tüf, tras veya köhke taşı olarak bilinen hammadde, blok ve kaplama malzemesi kullanılmıştır. Aradan geçen uzun zamana rağmen bu yapıların duvar ve kaplamaları az bir deformasyona uğramıştır. Köhke taşları; Isparta Valilik Binası'nın dış

cephesi kaplamasında, Kapalı Çarşı, Askerlik Şubesi, Ulu Cami gibi bazı yapıların dış kaplamalarında kullanılmıştır. Ayrıca konut olarak kullanılan birçok yığma yapılarda taşıyıcı eleman olarak kullanıldığı bilinmektedir [7, 8].

Ülkemizin değişik yerlerinde Mimar Sinan'ın inşa ettiği eserlerde en yaygın kullandığı taş türü (Maktralı kireç taşı) küfeki taşıdır. Özellikle Osmanlı İmparatorluğu döneminde İstanbul'daki eserlerinin çoğunda kullanılan bu malzeme Bakırköy, Safraköy, Sazlıbosna ve Haznedar civarındaki küfeki taş ocaklarından elde edilmiştir [3]. Sinan'ın eserlerinde kullandığı Küfeki taşları kaba işlenmiş nitelikten, kesme taş ve zengin bezemeli düzeye kadar kademelenme göstermektedir. Küfeki taşı yalnız örgü ve dışta cephe kaplama malzemesi olarak değil, iç mekanda, duvarlarda, taşıyıcı öğelerde, döşeme kaplamalarında, kemerlerde, portal ve mihraplarda, parmaklıklarda da kullanılmıştır [9, 10]. Ayrıca Davutpaşa Kışlası su deposu binasının duvarında da Küfeki taşı kullanılmıştır [11].

Bir çalışmada Isparta Köhke taşı (sıkı-tüf) üzerinde araştırmalar yapılmıştır [12]. Isparta da yüzeylenen kaynaklanmış tüfler, gölcük volkanizmasının ürünüdür. Kaynaklanmış tüfler porfiratik dokuda olup, fenokristalleri sanidin, oligoklaz, piroksen, anfibol ve opak minerallerden oluşmaktadır. Kaynaklanmış tüflerin içerisinde %15 oranında zeolitler yer almaktadır. Zeolit mineralleri de analcime' den oluştuğu için, yapı taşı olarak kullanıldığında binanın nem içeriğini düzenlemektedir. Kaynaklanmış tüflerin taşından yapılmış cami, kilise ve antik binaların aradan 1500 yıl gibi bir süre geçmesine rağmen sağlam kaldığı görülmüştür. Yapılan çalışmada kaynaklanmış tüflerin mukavemeti, yoğunluk ve gözenekliliği ölçülmüştür. Gözenek oranının yüksek olması (%40), ısı yalıtımı açısından faydalıdır. Betonun ısı yalıtımına kıyasla binaların dış duvarlarında %60 lara varan yakıt tasarrufu sağlanacağı hesaplanmıştır. Ayrıca kaynaklanmış tüfler Göltaş çimento fabrikası tarafından tras olarak değerlendirilmekte ve üretilen çimentoya puzolanik etki yaparak çimentonun kalitesini arttırmakta ve çimentonun dış etkilerle korozyonunu engellemektedir [13].

Ozkahraman ve Bolatturk [14] yaptıkları çalışmada; Isparta sıkı tüflerinin yapı kaplama taşı olarak kullanılması durumunda sağlayacağı ısı enerjisi tasarrufunu araştırmışlardır. Sonuç olarak bu malzemenin yüksek oranda poröz olması (40%) nedeni ile termal iletkenlik katsayısının 0.4 W/m K değerinde kalmasını sağladığını bunun da ısıtma enerjisi sarfiyatında % 60'a varan tasarruf sağlandığını açıklamışlardır (duvar teşkilinde; 7cm tuf kaplama+20cm beton duvar+3 cm kalınlığında sıva kullanılması durumunda).

Bir başka araştırmada Isparta- Dereboğazı mevkiindeki yataktan elde edilen tuf numunelerinin donma-çözünme çevrimlerine maruz bırakıldıktan sonra fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişim incelenmiştir. Sonuç olarak bu malzeme donam-çözünme periyotlarından önemli derecede olumsuz etkilenmektedir. Fiziksel özelliklerde 10 donma-çözünme çevriminden sonra meydana gelen olumsuz değişim, mekanik özelliklerde 25 döngüden sonra daha belirgindir [7].

Şimşek ve Erdal [15] tarafından yapılan çalışmada, Bitlis-Ahlat yöresinden temin edilen ignimbritin (Ahlat taşı) bazı mekanik ve fiziksel özelliklerini belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre Ahlat taşı, aşınma, eğilme ve basınç dayanımının önemli olduğu yerler ile donma-çözülmenin etkili olduğu bölgelerde kullanılmamalıdır. Ancak bu taş, dekoratif amaçlı kaplama malzemesi olarak kullanılabilir.

Kalite itibarıyla, doğal yapı taşlarında, renk, desen, görünüş, sertlik, sağlamlık, dış etkenlere karşı dayanım ve kesilip parlatılabilme gibi özellikler önem kazanmaktadır. Ancak birincil derecede öncelikli parametre ise, yatağın işletilip-işletilmeyeceği hususunda önemli olan çıkarılacak blokların rengi, deseni ve görünüşüdür. Ancak bu hususların önemi, ülkemizde son yıllarda kavranmaya başlamıştır. Örneğin, aşınma özelliği tespit edilmemiş bir kayaç, eğer merdiven basamağı veya yer döşemesinde kullanılmış ise çok kısa zamanda aşınmaya maruz kalmakta ve ekonomik açıdan olumsuz bir sonuç sergilemektedir [16].

Gözenekli yapıları nedeniyle çeşitli eriyik veya atmosferik suların dolaşımına uygun olan tüfler, kolayca aşınma uğrayan kayaç gruplarından birisidir. Ayrıca ihtiva ettikleri cam parçacıkları kolayca değişime uğrarlar. Değişimin en belirgin olanı silisleşme ve killeşme yine camsal tüflerin camsı kısımları kolaylıkla bentonitik killere dönüşmesidir. Metamorfik kayaçlarla kesilmiş olan tüflerin tanınması zordur. Değişime uğramış tüflerin tanınması için petrografik yöntemlerden yararlanılır [17]. Volkanik faaliyetler sonucu oluşan ve dekoratif olarak kullanılan mağmatik kayaçlar, sedimanter ve metamorfik olanlara göre daha dayanıklıdır. Fakat çıkartılmaları ve işlenmeleri daha zordur.

Doğal yapı taşlarında aranan özellikler genel olarak şu şekildedir:

- Renk özelliği ve desen homojenliği
- Blok verme özelliği ve kesilip cilalanma
- Jeomekanik ve fiziksel özellikleri
- Atmosferik ve kimyasal etkilere dayanım.

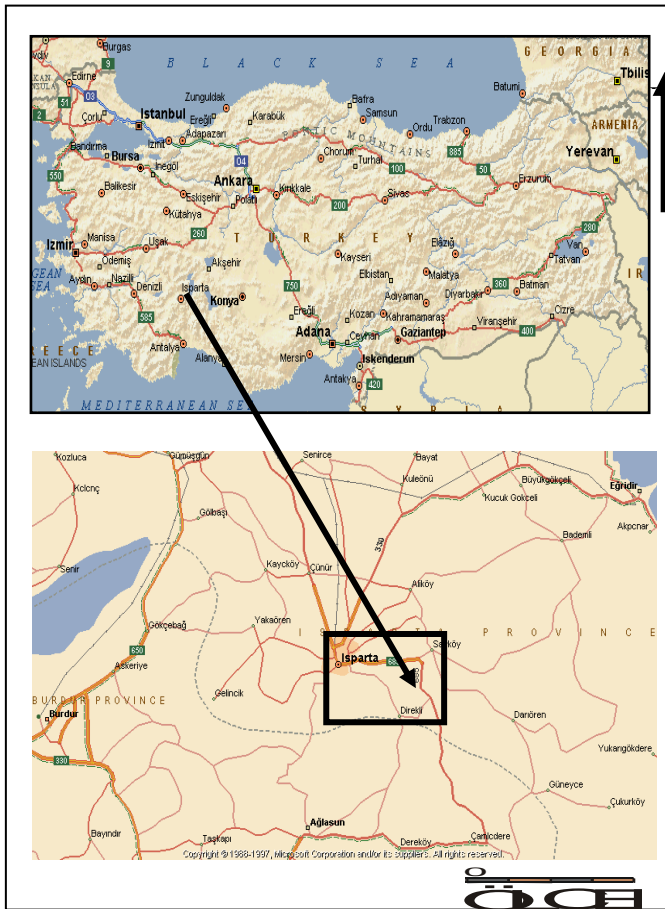
Uygulamada bu özelliklerden daha iyi özellikleri taşlara ve daha yüksek değerlere ihtiyaç duyulduğunda, değerler gerektiği kadar artırılmalıdır. Kullanış yerine, taşın türüne göre gerekli özel şartlar ayrıca aranmalıdır [18, 19].

Bu çalışma Isparta yöresinde yaygın olarak özellikle taşıyıcı duvar elemanı olarak kullanılan Isparta-Sav sıkı-tüflerinin (Küfeki) mühendislik ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi amacı ile yaklaşık 10 yıldır sürdürülmekte olan büyük bir araştırmanın bazı sonuçlarını içermektedir. Proje üç konuyu açıklamak ve sıkı-tüflerin bilimsel ve mühendislik kurallarına göre kullanımını sağlamak üzere geliştirilmiştir. Projenin birinci amacı bu çalışmaya konu edilmiştir. Bu kapsamda bu çalışmanın amacı; sıkı-tüflerin doğal yapı taşı özelliği taşıyıp taşımadığının belirlenmesidir. Araştırılmasına devam edilen diğer iki araştırma hedefinden birincisi: sıkı-tüf malzemelerinin 10 yıl boyunca takip edilen dayanım gelişimi özelliği ve üçüncü olarak da duvar örgü elemanı olarak kullanım performansının belirlenmesi amaçlanmaktadır (Termomekanik özellikleri de bu kapsamda belirlenecektir).

II. DENEYSSEL ÇALIŞMA

Materyal ve Yöntem Materyal

Sıkı-tüf malzemesi, Isparta-Sav kasabası civarındaki ocaklardan temin edilmiştir. Isparta'nın güneyinde ve batısında geniş bir yayılım gösteren pliyosen yaşlı proklastik istif içerisinde ignimbiritler (tras-tüf) bulunur. Traki-andezitik bir volkanizmaya bağlı olan tras düzeyinin kalınlığı 20-150 m arasında değişim gösterir[20]. Özellikle belirli bir nem oranına sahip olarak ocaklardan çıkartılan malzeme, ocak suyunu kaybetmeden kesme taş olarak işlenmekte ve nemini kaybettikçe sertleşmektedir. Zaman geçtikçe dayanım kazanarak amaçlanan görevlere yerine getirmektedir. Çalışma alanının yer bulduru haritası Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası

Deneysel çalışmalarda kullanılan sıkı-tüflerin ocaktan çıkarıldıktan ve kesilerek şekillendirildikten sonraki durumları Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Isparta-Sav Kasabası'ndan temin edilen sıkı-tüflerin görünümü

Yöntem

Süleyman Demirel Üniversitesi (SDÜ) Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Malzeme ve Beton Laboratuvarlarında Isparta-Sav sıkı-tüfleri üzerinde fiziksel ve mekanik özelliklerin belirlenmesi amacı ile atmosfer koşullarında su emme oranı tayini, özgül ağırlık tayini, tek eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Sıkı-tüflerin fiziksel özellikleri TS 699'a [21] göre belirlenmiştir.

III. DENEYSSEL BULGULAR VE TARTIŞMA

Fiziko-Mekanik Özellikler

Birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, porozite, kompasite ve su emme miktarları beşer adet 100x100x100 mm'lik küp numuneler üzerinde ilk hafta içerisinde tayin edilmiştir. Bu deneylerden elde edilen sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir.

TABLO 1.
SIKI TÜFLERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Veri Kaynağı	BHA (kg/ m ³)	Özgül Ağırlık	Su emme (%)	Porozite	Kompasite
Bu çalışmada ¹	1465	2.34	19.71	62.8	37.2
Arioğlu vd. [3]	2200	2.50	5.00	12-13	87-88
Özkahraman ve Işık [12]	1400	2.38	20.00	40(38-42)	60
Alyıldız, [7]	1450	2.46	19.70	43.18	56.82

¹ Bu çalışmada verilen değerler 5(beş) örneğin ortalamasıdır.

Sıkı-tüflerin mekanik özellikler için tek eksenli basınç aleti kullanılmıştır. Tek eksenli basınç direncinin tespitinde her deney için beşer adet 100x100x100 mm'lik küp numuneler kullanılmıştır. Bu numunelerin birim hacim ağırlıkları belirlendikten sonra tek eksenli basınç deneyi yapılmış ve sonuçlar Tablo II'de verilmiştir.

TABLO II.
TEK EKSENLI BASINÇ DENEYİ SONUÇLARI

Veri Kaynağı	Ocak sulu		2 hafta sonra		4 hafta sonra		9 hafta sonra	
	BHA ¹ (kg/m ³)	Basınç direnci (MPa)	BHA (kg/m ³)	Basınç direnci (MPa)	BHA (kg/m ³)	Basınç direnci (MPa)	BHA (kg/m ³)	Basınç direnci (MPa)
Bu çalışmada ³	1674	6.1	1384	6.7	1375	7.04	1370	7.08
Özkahraman ve Işık [12]	1400	5.9-11.8 ²	---	---	---	---	---	---
Arıoğlu vd. [3]	2200	20-30	---	---	---	45	---	---
Alyıldız, [7]	1450	6.24 MPa	---	---	---	---	---	---

¹: BHA: Birim Hacim Ağırlık

²: Doğal kaynaklanmış tuf taşlarının mukavemeti numunenin kuruluşuna göre 5.9– 11.8 MPa arasında değişmektedir. Numunenin nem içeriği arttıkça mukavemeti azalmaktadır.

³: Bu araştırmada verilen değerler 5 (beş) örneğin ortalamasıdır.

Isparta ve yöresinde blok ve kaplama elemanı olarak kullanılan sıkı tuf veya halkın köhke ismini verdiği yapı malzemesi üzerinde yapılan deneysel çalışmalarla elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Sıkıtüflerin birim hacim ağırlıkları incelendiğinde; ocaktan ilk çıktığı anda bünyesinde bulunan doğal nem miktarı ortalama % 9.5 miktarındadır. Bu nem tüflerin havayla temasından sonra azalarak % 2.5 – 3 miktarlarına kadar düşmektedir. BHA'na göre kullanımına kadar 5–7 hafta geçtiğinde ortalama 1375 kg/m³ olmaktadır. Mimar Sinan'ın eserlerinde kullandığı özellikle Şehzade Camii yapımında taşıyıcı elemanların yapımında tercih ettiği tuf bloklar 2200 kg/m³ BHA değerlerine sahiptir [3].

Bu çalışmada kullanılan sıkı-tuf örneklerin porozite (gözeneklilik) miktarları incelendiğinde ortalama % 62.8 oranında boşluklu olduğu görülmektedir. Hacimce su emme deneyine tabi tutulduğunda ise % 19.70 oranına yakın su emdiği ve boşluklarının hepsinin dolmadığı görülmektedir. Bu durum yapı fiziği açısından olumlu bir değer olup sıkı tuf içerisindeki boşlukların birbirleriyle bağlantılı olmadığını göstermektedir. Yapılarda aranan ısı ve ses yalıtımı bu malzeme ile istenen miktarlara yakın bir niteliktedir [14].

Mimar Sinan'ın eserlerinde, yapıların dış duvarlarında, gövde örgüsü ve dış kaplama olarak, iç mekanlarda iç duvar malzemesi ve döşeme kaplama malzemesi olarak, taşıyıcı ayaklarda, kemer vs. yapı elemanlarında tercih ettiği İstanbul yöresi tuf blokların aynı yaşlardaki porozite ve BHA değerleri incelendiğinde; bu değerlerin Isparta –Sav sıkı-tüflerine göre BHA için %24 daha fazla ve porozite için yaklaşık 5 kat daha az gözenekliliğe sahip olduğu görülmektedir. Bunun da basınç dayanımını doğrudan etkilediği düşünüldüğünde Isparta yöresi sıkı-tüflerinin basınç dayanımının 6.1-7.1 MPa aralığında değişirken, İstanbul yöresi tüflerin basınç dayanımlarının 20-45 MPa aralığında değişmesinin nedeni olarak görülebilir(Tablo II).

Tek eksenli basınç dirençleri sonuçlarının incelenmesinde Türk Standartları Enstitüsü'nce diğer yapı malzemelerinden bazılarının ortalama direnç değerlerinin verildiği Tablo III'den faydalanılmaktadır.

TABLO III.
DİĞER YAPI MALZEMELERİN DİRENÇLERİ

Yapı malzeme çeşidi	Yapı malzeme cinsi	Ortalama basınç direnci (MPa)
Beton briketler	Yüksek dayanımlı Beton Briketler	12.25
	Normal dayanımlı Hafif Beton Briketler	7.35
Harman tuğlaları	Dolu harman tuğlası	4.90
	Düşey delikli harman tuğlası	4.90
Fabrika tuğlaları	Dolu tuğla	19.60
	Seyrek delikli	17.65
	Az delikli	9.80
	Çok delikli	4.90
	Yatay delikli	3.53

Tablo III'e göre; yığma bina inşaatında blok elemanı olarak kullanılan sıkı-tüflerin ocaktan çıktıktan sonra ortalama direnç değerleri diğer yapı malzemeleri ile karşılaştırıldığında; yatay ve çok delikli tuğlalar ile harman tuğlalarından daha iyi olduğu, bunun yanında beton briketlerden düşük dirence sahip olduğu görülmektedir.

IV. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmada Isparta ve yöresinde yaygın olarak kullanılan Isparta-Sav sıkı-tüflerinin fizikomekanik özellikleri araştırılmış ve sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

BHA'a göre Isparta-Sav yöresi sıkı-tüfleri hafif yapı malzemesi sınıfına girmektedir. Deney sonuçlarının Türk Standartlarında yapı taşları için öngörülen sınır değerlerle karşılaştırıldıklarında, sıkı tüflerin yapı malzemesi olarak bazı detaylarda kullanması mümkündür. Diğer yandan deney

sonuçlarının hafif yapı malzemeleriyle karşılaştırılması durumunda, tüflerin fiziksel ve mekanik özellikler açısından kullanılabilir nitelikte oldukları anlaşılmaktadır. Yapı malzemesi olabileceği yönünde önemli bir özellik olan ısı ve ses yalıtım özellikleri bakımından porozitesinin fazla olması TS 825'te [22] öngörülenden daha olumludur.

Deney sonuçlarından Isparta Sav Kasabası sıkı-tüflerinin yapı malzemeleri (briket, harman tuğlası, fabrika tuğlası vb.) gibi binalarda kullanılabilirliği görülmektedir. Ancak sıkı-tüflerin gelişi güzel şekillerde piyasaya arz edilmemesi bir kontrolden geçerek piyasaya arzı gerekmektedir. Modern işletmecilik metotlarıyla hem verimi arttıracak, hem de kullanılmayan malzeme çıkması minimum seviyeye inecektir. Bunun için yapılacak kesim atölyeleri, Türkiye'de doğal taş tuğlaları veya doğal tuf tuğlaları gibi isimlerle anılan yeni bir iş kolunun doğmasına sebep olacaktır. Bunun yanı sıra yöresel kaynakların da değerlendirilmesinin ve ekonomiyi kazandırılmasının önemi büyüktür.

V. KAYNAKLAR

- [1] Z. Ahunbay, "Tarihi çevre koruma ve restorasyon" 5.Baskı YEM Yayıncılık, Nisan, 188s. İstanbul, 2009.
- [2] C. Sayar, ve Arıç, C. "Geological Study of the Region Between the Golden Horn (Haliç) and the Lake Küçükçekmece, near Istanbul, Turkey", Bulletin of I.T.U , Vol.10, No.2, 1957.
- [3] N. Arıoğlu, Tuğrul, A., Zarif, H., Girgin, Z.C, Arıoğlu, E. "Küfeki Taşının Dayanıklılık Analizi : Şehzade Camii Örneği-I" *Yapı Dergisi*, Yapı Endüstri Merkezi, Eylül, 1999a.
- [4] A. Tankut ve Türkmenoğlu A., "Tüflerin Çimentoda Kullanılabilirliği, Çimento ve Beton Araştırma- Geliştirme Enstitüsü, Araştırma Projesi Raporu, Proje No: Ünpr 96/11, T.Ç.M.B., Haziran, Ankara, 1999.
- [5] Z. Tuncel ve Arıoğlu, E. "Alçı Malzemesinin Basınç ve Çekme Dayanımlarında Yükleme Hızının Etkisi" 4.Ulusal Kaya Mekanik Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Zonguldak, Ekim 1998.
- [6] O. Çankıran, ve Uzun, İ., "Pomza Taşlı Blok Elemanları: Bims bloklar" *Yapı Malzemesi- İnşaat Malzemeleri İhtisas Dergisi*, (43), 164-167, İstanbul, 1999.
- [7] İ.S. Alyıldız, "Isparta-Dereboğazı Tüflerinde Donma-Çözülme Periyotlarının Fiziko-Mekanik Davranışlarına Etkisi" SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, 76s, Isparta, 2003.
- [8]A. Türk ve Öçal H. "Isparta Kenti Konut Dışı Sivil Mimari Yapıları ve Özellikleri" Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,11-1 : 38-47, 2007.
- [9] K. Erguvanlı ve Ahunbay, Z. "Mimar Sinan İstanbul'daki Eserlerinde Kullandığı Taşların Mühendislik Jeolojisi ve Mimarlık Özellikleri", *Mühendislik Jeolojisi Bülteni*, S. 11, İstanbul, 1989.
- [10] N. Arıoğlu, ve Arıoğlu, E. "Mimar Sinan'ın Seçtiği Taş : Küfeki ve Çekme Dayanımı, 14.Türkiye İnşaat Mühendisliği Teknik Kongresi, İzmir, Ekim 1997.
- [11] F. Tuncer, "Davutpaşa Kışlası Yapıları" EJOS, IV (2001) (=M. Kiel, N.Landman & H. Theunissen (eds.), Proceedings of the 11th International Congress of Turkish Art, Utrecht-The Netherlands, August 23-28, 1999.
- [12] H. T. Özkahraman ve Işık E. C. "Isparta Kaynaklanmış Tüflerinin Kaplama Taşı Olarak Kullanılmasının Önemi ve Uygun Yapıştırma Harcı Üretimi" Türkiye IV. Mermer Sempozyumu (Mersem'2003) Bildiriler Kitabı, 18-19 Aralık, ss:201-211, 2003.
- [13] A. Bilgin ve Sargin S., "Building Stones And Environmental Interaction In Isparta (Turkey) Region", International Symposium on Industrial Minerals and Building Stones, (IMBS)İstanbul, 2003.
- [14] H.T. Ozkahraman ve Bolatturk A."The use of tuff stone cladding in buildings for energy conservation " *Construction and Building Materials*, 20 (7): 435-440, 2006.
- [15] O. Şimşek, ve Erdal M. "Ahlat Taşının (İgnimbrit) Bazı Mekanik ve Fiziksel Özelliklerinin Araştırılması" *G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 17(4):71-78, 2004.
- [16] A. Şentürk, Gündüz, L. ve Sarıışık, A., "Yapı ve Kaplama Malzemesi Olarak Kullanılan Endüstriyel Kayaçlara Teknik Bir Bakış", *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, s.331-338, İzmir, 1995.
- [17] H. Marulcu, "Isparta Dereboğazı Tüflerinin Mühendislik Özellikleri" İTÜ. Maden Müh. Böl. Diploma Çalışması, 58s., İstanbul, 1984.
- [18] G. Chene, Bastian, G., Brunjail, C., "Accelerating Weathering Of "Tuffean" Blocks Submitted to Wetting-Cycles", *Materials and Structures*, S. 525-532, 1998.
- [19] TS EN 1467 "Doğal Taşlar - Ham Bloklar – Özellikler" Türk Standartları Enstitüsü, 13s. Ankara, 2005.
- [20] G. Selçuk "Dereboğazı (Isparta) Yöresi Tras Yataklarının Özellikleri" SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, 69s, Isparta, 1992.
- [21] TS 699, "Doğal yapı taşları - İnceleme ve laboratuvar deney yöntemleri" Türk Standartları Enstitüsü, 42 s., Ankara, 2009.
- [22] TS 825 "Binalarda ısı yalıtım kuralları" Türk Standartları Enstitüsü, 80 s., Ankara, 2008.