

Nevşehir Pomzasından Üretilen Briketlerin Isı ve Ses İletkenlikleri Açısından Değerlendirilmesi

Y. Erdoğan & E. Yaşar

Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Adana, Türkiye

ÖZET: Son zamanlarda pomza, endüstriyel hammadde olarak birçok avantaja sahip olmasından dolayı yapı ve İnşaat sektöründe geniş kullanım alanı bulmuştur. Pomzanın avantajları olarak düşük birim hacim ağırlığı, yüksek ısı ve ses izolasyonu, kolay sıva tutması, deprem yük ve davranışları karşısındaki elastikiyet, ekonomik oluşu, kolay işlenebilirliği ve işçilikten tasarruf gibi özellikler sayılabilir. Bu çalışmada, Nevşehir pomzasının jeolojik, fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlendikten sonra yapı malzemesi olarak uygun karışım oranlarında farklı boyut ve şekillerde briketler üretilmiştir. Daha sonra briketlerin mühendislik özellikleri belirlenerek fiziksel ve mekanik özellikleri açısından Türk Standartlarına uygunluğu araştırılmıştır. Ayrıca Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümünde oluşturulan ısı ve ses izolasyonu laboratuvarında briket örneklerinin yalıtım karakteristikleri incelenmiş ve endüstriyel alanda kullanılabilirliği araştırılmıştır. Elde edilen veriler neticesinde briketlerin birim hacim ağırlığı: 650-700 kg/m³, ısı iletkenlik değeri: 1,5 - 2 W/mK, ses izolasyonu: 31-49 Rw (dB), Elastisite modülü: 6580-7850 MPa ve tek eksenli basma dayanımı: 2,8-3,4 MPa değerleri arasında oldukları tespit edilmiştir. Yapılan deney sonuçlarından Nevşehir yöresi pomzalarından üretilen briketlerin yapı sektöründe gerek depremsellik açısından gerekse ısı ve ses izolasyonunu sağlaması açısından oldukça ekonomik bir malzeme olduğu belirlenmiştir.

ABSTRACT: In recent years, pumice having a number of advantages according to industrial raw materials widespread increases usability in construction and building sector. These advantages of pumice are having low unit volume weight, high thermal and sound insulation, easily taken plaster and workability, elastic materials due to earthquake forces and behaviour, economic and saving workings. In the study, the geological, physical and chemical properties of Nevşehir pumice as aggregate material were determined and various dimension and type briquettes as building material in convenient mixing ratio were produced. The engineering features of briquette were found and appropriateness of briquette characteristics to Turkish standards were investigated. Furthermore, thermal and sound insulation properties of briquettes in the thermal and sound insulation laboratories in the Department of Mining Engineering at Çukurova University were studied and usability in industrial sector was investigated. The unit volume weight of approximately 650-700 kg/m³, thermal conductivity of 1,5-2 W/mK, sound insulation of 31-49 Rw (dB), Young Elasticity Modulus 6580-7850 MPa and uniaxial compressive strength of 2,8-3,4 MPa of briquettes research values were found respectively. Briquettes which are produced from Nevşehir pumice due to laboratory test results in building sector are quite economic construction materials in terms of earthquake, and thermal and sound insulation.

1. GİRİŞ

Depremselliğin, gürültü kirliliğinin ve enerji tüketiminin dünya üzerinde hızla artış göstermesinden dolayı dayanıklı, hafif, ses ve ısı geçirgenliği az olan malzemelerin inşaat sektöründe kullanımının arttığı görülmektedir. Bu yüzden birim hacim ağırlığı düşük, porozite ve ısı-ses izolasyonu yüksek, atmosferik şartlara dayanıklı, kolay işlenebilir ve yüksek puzzolanik aktivitesi ile

Nevşehir bölgesindeki asidik pomzalar yapı ve inşaat sektöründe tercih edilmektedir (Yaşar&Erdoğan, 2001).

Bu üstün fiziksel özelliklerinden dolayı pomza, günümüzde birçok endüstride geniş kullanım alanına sahiptir. Dünya'da inşaat sektöründen, tekstil sanayisine, tarımdan kimya alanına kadar birçok farklı alanda kullanım olanağı bulunan pomzaların endüstriyel hammadde olarak tanıtılması ve endüstrinin pomza madenciliğine olan ilgisinin

arttırılması da çalışmanın diğer bir amacını oluşturmaktadır.

Yapı amaçlı olarak kullanılan malzemelerde ısı iletkenliği ile akustik konforun sağlanması, günümüzde temel olarak aranan Özelliklerin başında gelmektedir. Bu bakımdan doğal yapı taşlarının fiziko-mekanik özelliklerinin yanı sıra, ısı iletkenlikleri ve ses absorpsiyonunun belirlenmesi detaylı bir çalışma gerektirmektedir.

Yapılarda ısısal konfor hesaplamaları, bina ısı yalıtım analizlerinde, günümüz ısı yönetmelikleri bakımından önemli bir konu olmuştur. Özellikle 8 Mayıs 2000 tarihinde Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından yürürlüğe konan "Binalarda Isı Yönetmeliği" ve 14 Haziran 2000 tarihinden itibaren revize edilerek yürürlüğe giren "TS 825 Isı Yalıtım Standardı", yeni yapılan konutlarda ısısal konforun sağlanması, prensip ve uygulama kriterlerini tanımlamakla birlikte, ısısal konfor açısından malzemelerde aranan özellikleri de belirtmektedir.

Yapılarda ısı yalıtımını sağlayan başlıca etmen, kullanılan yapı malzemesi ve malzemenin ısısal özellikleridir. İnşaat sektöründeki uygulamalarda gözenekli pomzaların ısı yalıtım malzemesi olarak kullanılması giderek yaygınlaşmıştır.

Aynı şekilde içerisinde yasadandan belirli ölçülerde sınırlandırılmış kapalı mekanlarda akustik yönden konfor sağlamak için, malzeme ve yapı düzeni ile ilgili olarak iki önemli etken vardır. Birincisi sesin yansımaları veya yankı, diğeri de ses iletimi veya bunun tersi olan ses yalıtımıdır. (Gündüz v.d., 1998, Uğur, 2001).

Doğal yapı ve kaplama kayaçları incelendiğinde, yapısal özelliklerine bağımlı olarak, farklı ses yalıtım özellikleri gösterdikleri bilinmektedir.

Pomzaların ısı ve ses iletim özelliklerinin deneysel normlarla incelemelerinin yapılması, çalışmanın diğer bir amacını oluşturmaktadır. Bu amaçla Nevşehir pomzalarından üretilen briketler iyi bir ısı ve ses yalıtım malzemesi olurken enerji tasarrufuna da olanak sağlayacaktır.

Laboratuvar ortamında hazırlanan briketler üzerine yapılan ısı iletkenliğinin tespitinde Fourie kanunu olarak da bilinen denklem kullanılarak briketlerin ısı iletkenlik değerleri hesaplanmıştır (Kakaç, 1998). Bu denklemde;

$$\lambda = \frac{Q \cdot h}{(A \cdot \Delta T \cdot t)} \quad (1)$$

- λ : ısı iletkenlik değeri (W/mK),
 Q : ısı miktarı (W/m²),
 h : ısı iletiminin yapıldığı briketin kalınlığı (m),
 A : ısıtılan briketin yüzey alanı (m²),
 ΔT : Briket üzerinde ısı farklılığı (°C),
 t : Isıtma süresi (saat).

Isı iletkenlik değeri (X); ısının miktarına (Q), ısı iletkenliği belirlenecek olan malzemenin kalınlığına (h), yüzey alanına (A) ve bu işlemler gerçekleşirken geçen süreye (t) bağlıdır.

Ayrıca ısı iletkenlik değeri, malzemenin su içeriğine, porozitesine, kristal ve mineral yapısına, makro ve mikro süreksizlik durumuna ve tane büyüklüğüne bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu özelliklerin her biri ısı iletkenlik değerlerini değiştirdiğinden bu Özelliklerin etkisinin ayrı ayrı çalışılması hem bilimsel alanda hem de inşaat sektöründe olumlu gelişmelere imkan sağlayacaktır.

Yapı ve inşaat sektöründe kullanılan doğal taşlar, tuğlalar, briketler ve beton gibi taşıyıcı malzemelerin ses absorpsiyon özellikleri incelendiğinde bu konu ile ilgili bilimsel niteliği olan çalışmalara pek rastlanılmamaktadır. Bu amaçla yapı sektöründe kullanılan lier türlü malzemenin konforlu, ses ve gürültü önleyici ortamlarda yaşanıma isteğiyle daha detaylı incelenmesi gerekmektedir. Yapılan çalışma da ayrıca Nevşehir pomzasından elde edilen briketlerin ses absorpsiyon değerlerinin belirlenmesi için Çukurova Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümünde doğal yapı malzemelerinin ses absorpsiyon özelliklerini belirlemek amacıyla laboratuvar ve donanımları yapılmıştır. Laboratuvarda yapılan derinleştirmelerinde elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

Bu çalışma ile Nevşehir bölgesinde üretilmekle olan asidik pomzaların tüketim açısından laboratuvar şartlarında fiziksel ve kimyasal Özellikleri tespit edilmiştir. Pomzaların mühendislik özellikleri belirlendikten sonra optimum şartlarda 4 tip ve boyutta briketler tasarlanarak üretimi yapılmıştır. Briketlerin fiziksel ve mekanik özellikleri tespit edilerek ısı ve ses iletim özellikleri belirlenerek endüstriyel alanda kullanılabilirliği araştırılmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANI VE JEOLJİSİ

Ülkemizin MTA tarafından yapılan çalışmalar neticesinde 3 milyar m³'lük pomza rezervine sahip olduğu belirtilmektedir. En çok talep gören asidik pomza Nevşehir bölgesindeki beyaz renkli pomzadır. Türkiye pomza üretimi 90'lı yılların başında 400 bin ila 700 bin ton mertebesinde İken 1992-2002 arasında üretim 550.000 ton ile 1250.000 ton seviyesine çıkmıştır. Üretilen pomza Türkiye'nin pomza rezervi Çizelge 1'de sunulmuştur.

Kapadokya Bölgesi'ndeki Erciyes, Hasandağı, Melendiz ve Güllüdağ jeolojik devirlerde aktif oldukları bilinen volkanların püskürmeleri Üst Miyosen'de başlayıp Holosen'e kadar sürmüştür.

Neojen gölleri altındaki yanardağlardan çıkan lavlar, plato, göller ve akarsular üzerinde 100-150m kalınlığında, farklı sertlikte bir tuf tabakası meydana getirmiştir. Bu tabakanın yapısında tufün dışında, lüff«, ignimbrit tuf, lahar, volkan külü, kil, kumtaşı, marn, aglomera ve bazalt gibi kayaçlar da bulunmaktadır (Erdoğan, 1997).

Ana kayalardan püsküren maddelerle şekillenen plato, şiddeti daha küçük volkanların püskürmeleriyle sürekli değişime uğramıştır. Üst Polisen'den başlayarak, başta Kızılırmak olmak üzere akarsu ve göllerin bu tuf tabakasını aşındırmaları nedeniyle bölge bugünkü halini almıştır.

Çizelge 1. Türkiye pomza rezervi

Yer	Rezerv (m ³)
Nevşehir-Avanos -Ürgüp	400.412.834
Derin Kuyu	48.660.500
Kayseri - Gömec	13.250.000
Kayseri -Develi	58.500.000
Kayseri- Talaş Tomarza	725.000.000
Bitlis-Tatvan	1.100.000.000
Bitlis-Ahlat	210.000.000
Van Erciş - Kocapınar	154.625.000
Van - Mollakasım	5.950.000
Ağn - Doğubevazil	26.875.000
Kars - Iğdır	40.156.250
Kars - Sarıkamış	1.875.000
Kars - Diğer	11.718.750
Ankara-G üdül-Tekköy	8.070.000
İsparta - Gölcük	30.983.250
Toplam	2.836.076.584

Kayseri, Kırşehir, Niğde ve Aksaray arasındaki bölgede Orta Anadolu ara masifinin temeli Paleozoik-Alt Jura yaşlı metamorfiklerle temsil olunmakta, Metamorfik seriyi üste doğru Üst Jura-Kretase yaşlı bir ofiyolit karmaşığı takip etmektedir (Batum, 1978). Metamorfik seri ile ofiyolit karmaşığının bileşimleri granitten gabroya kadar değişen çeşitli intrüzif kayaçlarla yer yer kesilmişlerdir (Kelin, 1963). Bölgede Eosen ve Oligasen'e ait sedimanier birimler kendilerinden daha yaşlı birimler üzerine oturmakta, onların da üzerinde Senozoyik'in geniş yayımlı volkanitleri ile sedimanter kayaçları yer almaktadır.

Neojen yaşlı volkano-sedimanter birimlerin yer aldığı inceleme alanında litolojik farklılıklar göz önüne alınarak on iki birim ayırtlanmıştır (Şekil 1) (Açıkgöz, 1980).

Bu birimler;

- Cemilköy Tüferi (Cmt)
- Taşkınpaşa (Tfm)
- Başköy üyesi (Tfnij)

- Şahinefendi Üyesi (Tfni)
- Devretderesi Üyesi (Tfm3)
- Kızıkaya İgnimbirileri (Kzi)
- Keçiderebenti Pomzası (Pm?)
- Güzelöz Gösel Sedimanian (Gsd)
- Akpınar Kireçtaşları (Akcl)
- Karakaya Bazaltları (Kbz_{a,n})
- Alahopu Pomzası (Prtrj)
- Alüvyon (Ako-Pıru)

YAS		SMGE		LİTOLOJİ		
		Alak Pm4	Pm3	Kbz a-b	Avc1	
		Alak Pm4	Pm3	Kbz a-b	Avc1	
SENOZOYİK	KIVIRGİN	KIVIRGİN	KIVIRGİN	KIVIRGİN	KIVIRGİN	ALAHOPU POMZASI Eski göl çukurluğunda 0,5-50mm arasında değişen pomzası
						ALAHOPU POMZASI Eski göl çukurluğunda 0,5-50mm arasında değişen pomzası
						KARAKAYA BAZALT LARI Bölgenin gel oken granolitik bazaltları ve kırıltı ile ayrılan bazaltlardan oluşur
						AKPYNAR KIREÇTAŞLARI Kahverengimsi beyaz, bel kenelikle deşir, dayanımlıdır
						GÜZELÖZ GÖSEL SEDİMANİYARI Kumtaşı, kil ve silt iktisatı içinde ilti sınırdır
						KEÇİDEREBENTİ POMZASI Beşçizim gel kumtaşı tabakası
						KIZILKAYA ŞUBARİTİLERİ Ayrıca yüzeyle çarpmış siltli tabakalarla çarpmış gibidir
						TAKSINPAŞA F DEVRETDERESİ ÜYESİ İnce ve orta kumtaşıyla çarpmış tabakalardan oluşur
						TAKSINPAŞA F ŞAHİNEFENDİ ÜYESİ Kumtaşı, silt, marn ve kilcektir çarpmış tabakalardan oluşur. Falekamaç dolular içerir
						TAKSINPAŞA F BAŞKÖY ÜYESİ Kumtaşı çarpmış tabakalardan oluşur. İnce ve orta kumtaşıyla çarpmış gibidir
						CEMİLKÖY TÜFERİ Boyutu 0,5-40 gr renklili çarpmış tabakalardan oluşur. Çarpmış tabakalardan oluşur

Şekil 1. Çalışma alanının genel litolojik kesiti

Çalışma alanındaki birimlerin konumu genellikle yatay ve yataya yakın olup 5°-10°D-GD'ya eğilimlidir. Yapılan gözlemlerde çalışma alanında fay ve kıvrım gibi yapısal elemanlar saptanmamıştır.

Bunun dışında Kızılırmak'ın güney bölgesinin jeolojik yapısını bazalt ve Mezozoik yaşlı tabakalar, ırmağın kuzey bölgesini Oligo-Miyosen birimleri. Eosen flişi, metamorfik seri ve graniit tabakalar oluşturur. "Peribacası" diye adlandırılan oluşumlar, vadi yamaçlarından inen sel sularının ve rüzgarın, tüflerden oluşan yapıyı aşındırmasıyla ortaya çıkmıştır. Alt kısımlarda bulunan ve daha kolay aşınan malzemenin derin bir şekilde oyulmasıyla yamaç gerilemiş, böylece üst kısımlarında bulunan

şapka sayesinde aşınmadan korunan konik biçimli gövdeler ortaya çıkmıştır. Daha çok Ürgüp civarında bulunan şapkalı peribacaları, konik gövdelidir ve tepe bölümlerinde bir kaya bloğu yer almaktadır. Gövde tüf, tüffit ve volkan külünden ibaret bir kayaçtan, şapka kısmı ise lahar ve ignimbrit gibi sert kayalardan oluşmaktadır.

Yörede birçok volkanik çıkış bacası mevcuttur. Asit kökenli bir lakım volkanik çıkışlar oldukça yaygın pomza yataklarının oluşmasına neden olmuştur. Yapılan çalışmalar sonucunda Nevşehir ve çevresinde 1,5 milyar m³'ü aşan pomza rezervi saptanmıştır. Daha önce bahsedildiği gibi otokton ve allokton olarak oluşan pomzalar farklı yerlerde farklı özelliklerde gözlenmektedirler (Bilgin ve Ercan, 1981; Doyuran, 1980).

3. MATERYAL VE METOT

Pomzaların briket yapımında hafif yapı malzemesi olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesinde fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bilinmesi son derece önemlidir. Bu amaçla çalışma bölgesinden alınan numuneler Çukurova Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölüm Laboratuvarlarına getirilerek deneyleri yapılmıştır.

Briket yapımında kullanılan malzemeler;

Çimento; su ile reaksiyona girerek sertleşen bir bağlayıcıdır. Briketlerin yapılmasında çimento olarak Adana Çimento Sanayimden alınan Portland Çimento (PC 32.5) kullanılmıştır.

Agrega; briket yapımında kullanılan agregalar TS 706 EN 12620'ya uygun olarak seçilmiştir. Bu çalışmada kullanılan asidik pomza agregalan Nevşehir'de faaliyet gösteren Serhat Madencilik ve Soylu Madencilğe ait ocaklardan getirilmiştir. Briket yapımında Nevşehir asidik pomzasından başka hiçbir katkı malzemesi kullanılmamıştır (Şekil



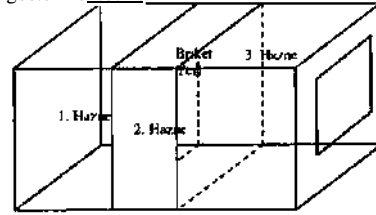
Şekil 2. Asidik pomzadan bir görünüş

Karışım suyu; kuru haldeki çimento ve agregayı plastik, işlenebilir bir kütle haline getirme ve çimento ile kimyasal reaksiyon yaparak plastik kütleli sertleşmesini sağlama işlevini yerine getirir. Briketin yapılmasında kullanılacak su miktarı oldukça önemlidir. Su miktarının az olduğu briquette, briket harcının kıvamı susuz olacağından agrega taneleri birbirini tutmaz ve dağılma yaşanır. Aynı şekilde briket harcına fazla kıvam kazandırmak amacıyla fazladan su katmak betonun mukavemetini düşürmektedir. Optimum su-çimento oranını saptamak için bilimsel niteliği olan çalışmalar incelenmiş ve deneme yanılma yöntemiyle çok sayıda deney yapılarak en uygun su miktarı hesaplanmıştır. Bu çalışmada karışım suyu olarak normal içme suyu şebekesinden alınan 20°C su kullanılmıştır.

Deney aletleri; Nevşehir pomzasından üretilen briketlerin ısı ve ses iletkenliklerinin tespiti amacıyla Türk standartlarına uygun olarak laboratuvar ve ekipmanlar temin edilmiştir. Bu çalışma amacıyla Nevşehir pomzasından üretilen 4 farklı briket örneğinin ısı izolasyonunu tespit etmek amacıyla Şekil 3'de görülen izolasyon etüvü üretilmiştir. Etüv üç hazneden oluşmaktadır. Birinci hazne ısıyı üreten kısım olup sıcaklık 1200°C'ye kadar çıkabilmektedir. İkinci kısımda ısı izolasyonunun tespiti istenen briket, beton veya kaya plaka örneğinin bulunduğu ve yalıtımının sağlandığı kısımdır. Üçüncü hazne ise izolasyon değeri istenen malzemenin geçen ısı miktarının bulunduğu ve ne kadar ısı miktarının geçtiğinin ölçüldüğü haznedir.

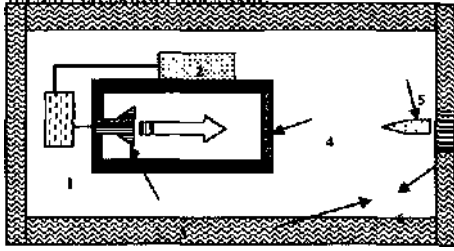
Isı iletkenlik değeri malzemenin kalınlığına, yüzey alanına, geçen enerji miktarına, deney zamanına ve ısı farkının değişimine bağlı olarak hesaplanabilmektedir.

Bu düzenekte briket, fırının orta haznesine (ikinci hazne) konmaktadır. Ön kısımdan (birinci hazne) üretilen ısı vantilatör yardımıyla üflenerek bloğu geçip bloğun arka tarafına (üçüncü hazne) iletilmesi deneyin ana prensibini oluşturur. Birinci ve üçüncü haznedeki ısı farkı briketin ne kadarlık ısıyı absorbe ettiğini veya ne kadarlık bir ısıyı iletmediğini göstermektedir.



Şekil 3. Isı izolasyonunun hesabında kullanılan etüv

Briketlerin ses absorpsiyonlarının tespiti için kaplaması ses geçirmez bir kılıfla kaplanarak oluşturulmuş ses odasında gerçekleştirilmiştir. Bu odada Şekil 4'den görüleceği üzere bir adet ses üretici ve ses boyutunu (genliğini) daha büyük genlikli ses boyutlarına yükselmesini sağlayacak bir amfi bulunmaktadır. Amfiden alınan elektriksel enerjiyi ses enerjisine dönüştüren ölçüm kutusunun arka bölümüne konulmuş bir hoparlör bulunmaktadır. Ses yalıtım özellikleri belirlenecek olan briket örneğinde belirli bir mesafede sabit bir konumda yerleştirilen bir ses ölçme makinesi ile ölçüm gerçekleştirilmektedir.



(1. Amfi, 2. Ses Uretil. 3 Hoparlör. 4. Briket, 5. Ses Ölçme makinesi (dB), 6 Oda içinde ses geçirmeyi önleyen kılıflar)

Şekil 4. Ses ölçüm odasının şematik görünümü

4. BRİKET YAPIMINDA KULLANILAN POMZALARIN GENEL ÖZELLİKLERİ

TS 406'da öngörülen tanımlamalar neticesinde briketler; kum, çakıl, tuf, cüruf ve bims gibi agreganın, çimento ve su karışımlarının özel kalıplara dökme ve dövme, sıkıştırma veya titreşim verilmesi suretiyle elde edilen bir inşaat malzemesidir. Duvarda kullanılanlar duvar briketi ve döşemede dolgu olarak kullanılanlara da döşeme briketi adı verilir. Briket imal edilecek betonun birim hacim ağırlığı duvar briketlerinde 1600 kg/m³ ve döşeme briketlerinde ise 1400 kg/m³'den fazla olmamalıdır. Duvar briketleri, ancak yük taşımayan yerlerde ve bacalarda kullanılır. Genellikle ebatlar 11x6x23, 10x20x40, 20x20x40, 30x20x40 olmak üzere içi dolu veya delikli olarak dikdörtgen prizma biçiminde olmalıdır.

Döşeme briketlerinde ise, delik eksenine doğrultusunda yapılan net yüzeye göre basınç direnç değeri 15 kg/cm²'den az, su emme değeri % 20'den fazla, don tesirine maruz briketlerde don sonu basınç direncinde % 25'den fazla bir düşüş olmaması istenir. Normal döşeme briketlerinde, boşlukları bütün briket boyunca devam etmesine karşın döşemelerin kenarlarında bir tarafı kapalı briketler

kullanılmalıdır. Briketlerin kenarları keskin, istenilen ebatta, yüzleri düzgün, kırık ve çatlakların bulunmaması istenir. Üretilen briketler, hava tesirlerine karşı korunmalı ve 15 gün geçmeden kullanılmaması gerekir.

Yapılması düşünülen briketlerde, tüvenan pomza örneklerinin öğütülerek kimyasal analizleri yapılmıştır (Çizelge 2). Daha sonra numuneler elenerek beton granülometresine uygun olacak şekilde 0-0,5, 0,5-1, 1-2, 2-4 ve 4-8 mm aralıklarında elek analizleri yapılmış ve her bir elek aralığı için birim hacim ağırlık ve su emme deneyleri yapılmıştır (Çizelge 3).

Pomzaların su emme yetenekleri, hızları ve içerdiği nem miktarları endüstri alanında sıkça kullanılan fiziksel bir özelliktir.

Yapılan kimyasal analizler neticesinde asidik pomza da ortalama %71,2 SiO₂, %16,30 Al₂O₃, %1,72 Fe₂O₃, %0,63 CaO, %0,52 Na₂O+K₂O ve %9,70 diğer tali bileşenler bulunmaktadır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Asidik pomzanın kimyasal analizi

Bileşim	%
SiO ₂	71,12
Al ₂ O ₃	16,30
Fe ₂ O ₃	1,72
CaO	0,63
Na ₂ O+K ₂ O	0,52
Diğer	9,70
Toplam	100

Neşehir asidik pomzası TS 3529 ve 3526 standartlarında belirtilen kriterlere uygun olarak deneyleri yapılmış, her bir granülometriye göre elde edilen birim hacim ağırlık ve su emme değerleri bulunarak elde edilen sonuçlar Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Asidik pomzaların birim hacim ağırlık ve su emme değerleri

Elek aralığı	Birim Hacim Ağırlık (kg/m ³)	Su Emme (%)
16-8	334,75 ± 9,50	45,30 ± 1,15
8-4	370,73 ± 16,61	37,42 ± 1,27
4-2	416,39 ± 20,94	31,13 ± 1,83
2-1	513,61 ± 25,81	27,11 ± 1,55
1-0,5	597,80 ± 43,70	22,26 ± 0,29
<0,5	683,81 ± 33,59	16,96 ± 0,87

S. BRİKET KARIŞIM HESAPLARI VE DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Araziden alınan tüvenan şeklindeki Nevşehir pomza örnekleri çeneli kırıcıda kırılarak 0-0.5, 0.5-I, 1-2, 2-4 ve 4-8 mm'lik elek aralıklarına göre sınıflaması yapılmıştır. Pomzaların genel sınıflandırılmasından sonra fiziksel ve mekanik Özellikler olarak en iyi mühendislik kriterlerini sunan briket su-çimento-agrega karışım oranlarının tespiti için gerek teorik gerekse de pratik olarak çok sayıda karışım hesapları ve deneyleri yapıldıktan sonra endüstriyel alanda en uygun karışım hesabım veren optimum su, çimento ve agregası karışım oranları belirlenmiştir (Çizelge 4) (Atış, vd., 2000, Yaşar, vd., 2004). Dört farklı boyut ve tipte üretimi yapılan briketlerde Çizelge 4'de verilen karışım oranları uygulanmıştır.

Çizelge 4. Briketlerin karışım oranları

Elek aralığı (mm)	Agregası miktarı (kg/m ³)
8-4	140
4-2	114
2-1	80
1-0.5	94
<0.5	142
Çimento	114
Su	120

Sınıflama ve kırma işlemleri TS 706 EN 12620 standartlarının öngördüğü şekilde olmuştur. Tüm deneyler oda sıcaklığının 22°C, nem miktarının %65-70 olduğu I gün içerisinde uygun oda ve çevre şartlarında gerçekleştirilmiştir.

Üretilen briketlerin boyutları 100x190x400mm, 150x190x400mm, 200x190x400mm ve 250x190x400mm (geniş boşluklu) olarak tasarlanmıştır. Briketlerin üretiminde kullanılan presin briket üzerine uyguladığı basınç miktarı 8 bar civarındadır.

Briketler 4 farklı tip ve boyutta oldukları için ayrı ayrı incelenmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

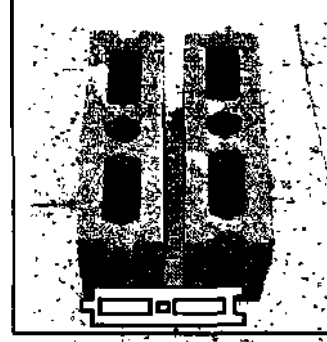
5.1. Bir Sıra Üç Boşluklu Briket (10ux200x400mm)

Bir sıra üç boşluklu briket, TS 406'da öngörülen tanımlamalara uygun olarak üretilmiştir. Belirli aralıklarda sınıflandırılmış pomza örnekleri çimento ve su karışımının özel kalıplara dökülerek, 8 bar'lık bir basınçla prese edilmek suretiyle elde edilmiştir.

İnşaat sektöründe özellikle bina içlerindeki duvarlarda sıklıkla kullanılan bir boyut olan 100x190x400 mm boyutları tercih edilmesi briketin tasarım amacını oluşturmaktadır (Şekil 5). Üretilen

380

bir sıra üç boşluklu briketin 7, 14 ve 28 günlük zaman süreleri boyunca fiziksel ve mekanik özellikleri incelenerek birim hacim ağırlık, tek eksenli basma dayanımı, Young Elastisite modülü, ısı ve ses iletkenlik rie-gpirleri ölçülmüştür.



Şekil 5. Bir sıra iki boşluklu briket

Üretilen bir sıra üç boşluklu briketlerde ilk Önce birim hacim ağırlık değerleri hesaplanmıştır. Bir sıra üç boşluklu briketlerde birim hacim ağırlık değerleri 620 ve 645 kg/m³ arasında değişmektedir. Bir sıra üç boşluklu briketlerin zamana bağlı basma dayanım değerleri 7, 14 ve 28 günlük zaman diliminde sırası ile 2.28, 2.72 ve 2.88 MPa olarak bulunmuştur. Isı iletkenlik değeri 7. gün sonunda 0.18 W/mK iken 28 gün sonunda 0.17 W/mK olarak hesaplanmıştır. Briketlerin ses absorpsiyon değerleri 7, 14 ve 28 gün için sırasıyla 28,4, 30,6 ve 31,2 dB olarak bulunmuştur.

Bir sıra üç boşluklu briketler üzerine yapılan fiziksel ve mekanik deneylerin sonuçları Çizelge 5'de verilmiştir.

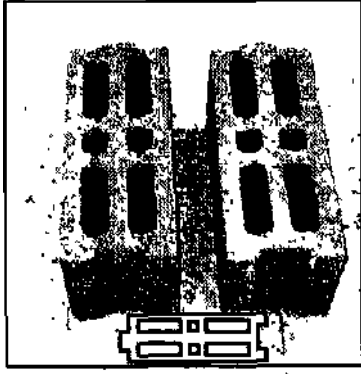
Çizelge 5. Bir sıra üç boşluklu briket örneklerinin 7, 14 ve 28 günlük birim hacim ağırlık, tek eksenli basma dayanımı, Elastisite modülü, ısı ve ses iletkenlik değerleri

Deneyin	7 Gün	14 Gün	28 Gün
Zaman			
Birim Hacim Ağırlık (kg/m ³)	645±49	630±42	620±38
T.E.Basma Davanımı (MPa)	2,28±0,36	2,72±0,35	2,88±0,34
Elastisite Modülü (MPa)	6850±320	6900±350	7220±370
Isı İletkenlik Değeri (W/m.K)	0,180±0,029	0,175±0,028	Q.170±0,024
Ses İletkenliği (dB)	28,4±2,63	30,6±2,97	31,2±3,28

5.2. İki Sıra Altı Boşluklu Briket (150x200x400mm)

İki sıra altı boşluklu briket, TS 406'da öngörülen tanımlamalar neticesinde üretilmiştir. Belirli aralıklarda sınıflandırılmış pomza örnekleri çimento, ve su karışımının özel kalıplara dökülerek, 8 bar'lık bir basınçla pres edilmek suretiyle elde edilmiştir.

İnşaat sektöründe özellikle bina iç ve dış duvar kaplamalarında, orta ölçekli fabrika ve yurtlarda sıklıkla kullanılan bir boyut olan 150x190x400 mm boyutları tercih edilmesi briketin tasarım amacını oluşturmaktadır (Şekil 6). Üretilen iki sıra altı boşluklu briketin 7, 14 ve 28 günlük zaman süreleri boyunca fiziksel ve mekanik özellikler incelenerek birim hacim ağırlık, tek eksenli basma dayanımı, Young Elastisite modülü, ısı ve ses iletkenlik değerleri ölçülmüştür.



Şekil 6 İki sıra altı boşluklu briket

İki sıra altı boşluklu briketlerde birim hacim ağırlık değerleri 639 ve 656 kg/m³ arasında değişmektedir.

İki sıra altı boşluklu briketlerin basma dayanım değerleri 7, 14 ve 28 günlük zamanlarda sırası ile 2.46, 2.80 ve 2.91 MPa olarak bulunmuştur.

Isı iletkenlik değeri 7. gün sonunda 0.181 W/mK iken 28 gün sonunda 0.174 W/mK olarak hesaplanmıştır. Briketlerin ses absorpsiyon değerleri 7, 14 ve 28 gün için sırasıyla 30,5, 32,9 ve 34,4 dB olarak bulunmuştur.

İki sıra altı boşluklu briketler üzerine yapılan fiziksel ve mekanik deneylerin sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir.

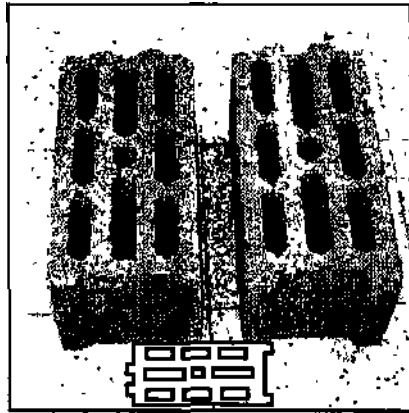
Çizelge 6. İki sıra altı boşluklu briket örneklerinin 7, 14 ve 28 günlük birim hacim ağırlık, tek eksenli basma dayanımı, Elastisite modülü, ısı iletkenlik ve ses iletkenlik değerleri

Deneyin Zaman	7 Gün	14 Gün	28 Gün
Birim Hacim Ağırlık (ks/ırf)	656±51	641±45	639±37
T E.Basma Dayanımı (MPa)	2,46+0,39	2.80+0,41	2.91 ±0,39
Elastisite Modülü (MPa)	7050±330	7100+350	7270±380
IM İletkenlik Değeri (W/m.K)	0.181±0,033	0.175+0,032	0,17410,026
Ses İletkenliği (dB)	30,5±2,97	32.9+3.01	34,4+3.11

5.3. Üç Sıra Dokuz Boşluklu Briket (200x200x400mm)

Üç sıra dokuz boşluklu briket, standartlara uygun olarak üretilmiştir. Belirli aralıklarda sınıflandırılmış pomza örnekleri çimento ve su karışımının özel kalıplara dökülerek, 8 bar'lık bir basınçla prese edilmek suretiyle elde edilmiştir.

İnşaat sektöründe özellikle otellerde, büyük iş ve alışveriş merkezlerinde, yüksek ısı ve ses konforunun arandığı yerlerde kullanılan bir boyut olan 200x190x400mm'lik briket boyutları tercih edilmiştir (Şekil 7). Üretilen üç sıra dokuz boşluklu briketin 7, 14 ve 28 günlük zaman süreleri boyunca fiziksel ve mekanik özellikler incelenerek birim hacim ağırlık, tek eksenli basma dayanımı, Young Elastisite modülü, ısı ve ses iletkenlik değerleri ölçülmüştür.



Şekil 7 Üç sıra dokuz boşluklu briket

Üç sıra dokuz boşuklu briketlerde birim hacim ağırlık değerleri 641 ve 667 kg/m³ arasında değişmektedir.

Üç sıra dokuz boşuklu briketler için 7, 14 ve 28 günlük zaman dilimlerinde, tek eksenli basma dayanım değerleri sırası ile 2.82, 3.17 ve 3.26 MPa değerleri bulunmuştur.

Isı iletkenlik değeri 7. gün sonunda 0.190 W/mK iken 28 gün sonunda 0.175 W/mK olarak hesaplanmıştır. Briketlerin ses absorpsiyon değerleri 7, 14 ve 28 gün için sırasıyla 33,7, 36,7 ve 38,5 dB olarak bulunmuştur.

Üç sıra dokuz boşuklu briketler üzerine yapılan fiziksel ve mekanik deneylerin sonuçları Çizelge 7'de verilmiştir.

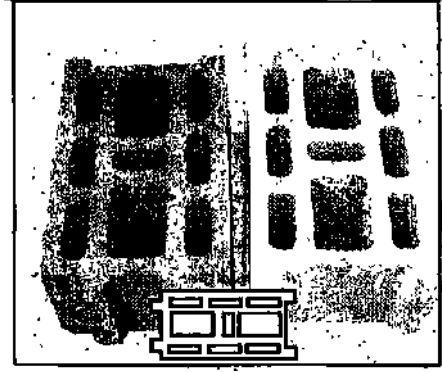
Çizelge 7. Üç sıra dokuz boşuklu briket örneklerinin 7, 14 ve 28 günlük birim hacim ağırlık, tek eksenli basma dayanımı, Elastisite modülü, ısı iletkenlik ve ses iletkenlik değerleri

Deneyin Zaman	7 Gün	14 Gün	28 Gün
Birim Hacim Ağırlık (kg/m ³)	667±52	652±42	641±39
T.E.Basma Dayanımı (MPa)	2.82±0.48	3,17±0,49	3,26±0,49
Elastisite Modülü (MPa)	7100±350	7250±425	7580±450
Ki iletkenlik Değeri (W/m.K)	0,190±0,035	0,175±0,035	0,175±0,031
Ses İletkenliği (dB)	33,7±3,09	36,7±3,41	38,5±3,57

5.4. Üç Sıra Dokuz Geniş Boşluklu Briket (250x200x400mm)

Üç sıra dokuz geniş boşuklu briket, standartlarda uygun olarak üretilmiştir. Belirli aralıklarda sınıflandırılmış pomza örnekleri çimento ve su karışımının özel kalıplara dökülerek, 8 bar'lık bir basınç verilerek suretiyle elde edilmiştir.

Yapı ve inşaat sektöründe dış cephe kaplamacılığında, yüksek ısı ve ses konforu isteyen iş merkezlerinde kullanılan bir boyut olan 250x190x400 mm boyutları tercih edilmesi briketin tasarım amacını oluşturmaktadır (Şekil 8). Üretilen üç sıra dokuz geniş boşuklu briketin 7, 14 ve 28 günlük zaman süreleri boyunca fiziksel ve mekanik özellikleri incelenerek birim hacim ağırlık, tek eksenli basma dayanımı, Young Elastisite modülü, ısı ve ses iletkenlik değerleri ölçülmüştür.



Şekil 8. Üç sıra dokuz geniş boşuklu briket

Üç sıra dokuz geniş boşuklu briketlerde birim hacim ağırlık değerleri 642 ve 668 kg/m³ arasında değişmektedir.

Üç sıra dokuz geniş boşuklu briketler için 7, 14 ve 28 günlük zaman dilimlerinde tek eksenli basma dayanım değerleri sırası ile 2.74, 3.06 ve 3.11 MPa bulunmuştur. Isı iletkenlik değeri 7. gün sonunda 0.190 W/mK iken 28 gün sonunda 0.180 W/mK olarak hesaplanmıştır. Briketlerin ses absorpsiyon değerleri 7, 14 ve 28 gün için sırasıyla 44,7, 47,8 ve 49,3 dB olarak bulunmuştur.

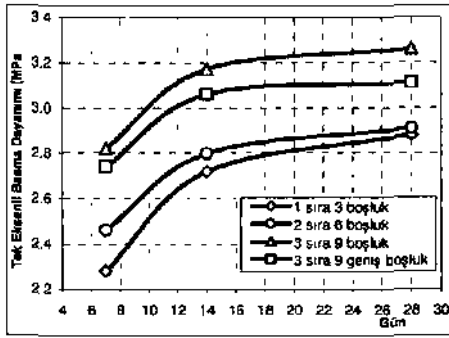
Üç sıra dokuz geniş boşuklu briketler üzerine yapılan fiziksel ve mekanik deneylerin sonuçları Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 8. Üç sıra dokuz geniş boşuklu briket örneklerinin 7, 14 ve 28 günlük birim hacim ağırlık, tek eksenli basma dayanımı, Elastisite modülü, ısı iletkenlik ve ses iletkenlik değerleri

Deneyin Zaman	7 Gün	14 Gün	28 G Ün
Birim Hacim Ağırlık (kg/m ³)	668±50	652±47	642±40
T.E Basma Dayanımı (Mpa)	2,74±0,40	3,06±0,41	3,11±0,47
Elastisite Modülü (MPa)	7100±360	7240±430	7570±500
Isı İletkenlik Değeri (W/m.K)	0,190±0,038	0,185±0,035	0,180±0,034
Ses İletkenliği (dB)	44,7±4,12	47,8±4,25	49,3±5,02

Genel olarak briketlerden elde edilen deneysel sonuçlar incelendiğinde; Çizelge 7'den görüldüğü üzere en yüksek tek eksenli basma dayanım değeri

üç sıralı dokuz boşluklu briketlerin 28 gün sonundaki basma dayanım değeri olmuştur. Briketlerin tek eksenli basma dayanım değelerinin zamana bağılı olarak göstermiş oldukları değişim Şekil 9'da verilmiştir.

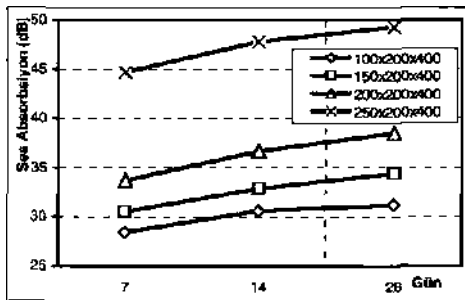


Şekil 9. Zamana bağılı briketlerin tek eksenli basma dayanım değeri

Briketlerin Young Elastisite modülleri ise 6850 MPa ile 7580 MPa arasında değişmektedir.

Briketlerin ısı iletkenlik değeri; minimum ısı iletkenlik değeri 0.170 W/mK ve maksimum ısı iletkenlik değeri de 0.190 W/mK şeklinde bulunmuştur.

Tüm briketler bir bütün olarak incelendiğinde ses absorpsiyon değelerinin oldukça iyi olduğu gözlemlenmiş ve hafif yapı malzemesinden üretilen briketlerin ses izolasyonu yönünden standartlara oldukça uygun olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Zamana bağılı briketlerin ses absorpsiyon değeri

Yapılan tüm deneylerin sonucunda hafif yapı elemanı pomzadan üretilen briket örneklerinde

düşük yoğunluk, yüksek dayanım ve oldukça iyi bir ısı ve ses izolasyonu sağlaması ve elde edilen verilerin tamamını standartlara uygun olması sebebiyle briketlerin endüstriyel alanda artan bir hızla kullanılabilceği düşünülmektedir.

6. SONUÇLAR

Nevşehir asidik pomzalarının kullanılması ile hazırlanan briket örnekleri üzerinde yapılan deney sonuçlarına göre, bölgede çıkarılan asidik pomzanın yüksek dayanım, düşük yoğunluk, ısı ve ses izolasyon değerlerinde oldukça iyi sonuçlar göstermesinden dolayı Nevşehir asidik pomzasının briket yapımında kullanılabilirliğinin mümkün olduğu görülmüştür. Briketlerin binalarda taşıyıcı elemanlara ve zemine daha az yük uygulayacağından bu briketlerden yapılan binaların depreme karşı daha dayanıklı olacağı hesaplanmaktadır. Bunun önemi de son yıllarda ülkemizde gerçekleşen depremlerin ardından daha iyi anlaşılmaktadır. Ayrıca pomzadan üretilen briketlerin kullanılması ile yapılan binalarda ısı ve ses izolasyonu olarak diğer tuğla ve briketlere nazaran daha iyi bir yalıtım sağladığından ısıtma ve soğutma giderleri büyük oranlarda azalacaktır. Bu da başta enerji tasarrufu sağlaması ve çevre kirliliğini azaltması sebebiyle yurdumuza milyonlarca dolarlık tasarruf sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Yazarlar MMF2003DS numaralı Doktora projesine desteğinden dolayı Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine ve ARDEMİR Ltd. Şü'ne katkılarından dolayı teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- Açıkgöz, F., Öz, M., 1980; Nevşehir Ürgüp, Kaymaklı çevrelerinin pomza prospeksiyon raporu, MTA, Ankara.
- Atış, C. D., Akçaözöglü, K., Özcan, F., 2000; Su-çimento oranının beton dayanımına etkisi, *Ç.Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, S.91-98.
- Batum, İ., 1978; Nevşehir'in güneybatısındaki Gullüdağ, Acıgöl yöresi volkanitlerinin jeoloji ve petrografisi. *Yer Bilimleri*, C:4 No: 1. 2.50-69.
- Bilgin, A.,Z. ve Ercan, T., 1981; Ceyhan-Osmaniye yöresindeki kuvaterner bazaltlarının jeolojisi, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*. 42/1. 21-30.
- Doyuran, V., 1980; Erzin -Dörtöl ovalarının hidrojeolojisi ve yeraltı suyu işletme çalışmaları.

Y. Erdoğan    . Yujur

- ODTÜ Müh. Mim. Fak. Jeoloji Müh. Doçentlik Tezi, 885 s. (yayınlanmamış).
- Erdoğan, M.. 1997; Nevşehir- rgup dolayı sünger taşı yatakları ve  zellikleri. /. *İsparta Pomza Sempz.* 213-218.
- Gündüz. L.. 1998; *Pomza Teknolojisi*. Cilt 1, İsparta.
- Gündüz. L., 1998; *Pomza Teknolojisi*, Cilt II. İsparta.
- Kakaç. S.. 1998;  rneklerle ısı transferi, *Tıp&Teknik Yayınlan.* 358s, Ankara
- Ketin, I., 1963; 1/500.000  lgeekli Türkiye jeoloji haritası Kayseri paftası, MTA yayınlarından.
- TS 406,1988; Beton bloklar, "BriketlerDuvarlar için", 17s, Ankara.
- TS 706 EN-12620, 2003; Beton agregalan, Ankara.
- TS 825, 1998; Binalarda ısı yalıtım kuralları. Sis, Ankara.
- TS 3526. 1980; Beton Agregalarında  zg l Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini
- TS 3529, 1980; Beton Agregalarının Birim Ağırlıklarının Tayini, Ankara.
- Uğur, I., 2001; Doğal Yapı ve Kaplama taslarının ses akustiği ve kayaç parametreleri ile ilişkisinin incelenmesi, Süleyman Demirel Üniv. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, İsparta.
- Yaşar E.. Erdoğan Y.. Kılıç. A., 2004; Effect of limestone aggregate type and water-cement ratio on concrete strength, *Materials Letters*, Volume 58. Issue 5. Pages 772-777.
- Yaşar, E.. Erdoğan. Y., 2001; Toprakkale bazaltının doğal taş end strisindeki yeri. 4. *Endüstriyel Hammaddeler Semp.* İzmir.