

Briket Üretiminde Uçucu Kül ve Taş yünü Atıklarının Kullanımının Araştırılması

Mustafa Eken¹

Özet

Termik santrallerin bir yan ürünü olarak adlandırılan uçucu küller atık olarak santrallerde depolanma sorunu ve çevresel kirliliğine neden olmaktadır. Bu çalışmada uçucu küllün çimento ikame malzemesi olarak kullanıldığı ve atık taş yünlerinin eklenmesi ile briket üretiminin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Çimento yerine %30 oranında uçucu kül, pomza agregası yerine %5-10-15 oranlarında atık taş yünleri eklenerek briket üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen briket numuneleri üzerinde ısı iletkenlik ve ultrasonik ses geçirgenlik deneyleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda uçucu kül ve atık taş yün katkılı briket numunelerin üretilmesi ile literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

1. Giriş

Dünyada en çok kullanılan yapı malzemesi grubu içerisinde yer alan betonun mekanik ve teknolojik özelliklerinin geliştirilmesi ile ilgili sürekli farklı çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Özellikle betonun birim hacim ağırlığının düşürülmesi ve hafif beton ile ilgili çalışmalar son yıllarda gelişerek önemini arttırmış, birçok alanda uygulanması ile de geniş kullanım alanına sahip olacağı belirtilmiştir [1-2]. Hafif beton üretiminde hafif agregaların kullanılmasının temel unsur alındığı, birim hacim ağırlığının düşük, teknolojik özellikleri yüksek bir yapı malzemesi olarak tanımlamak mümkündür [3]. Literatürde hafif beton ile ilgili çalışmalar yer almaktadır. Demirboğa [4] yaptığı çalışmada, hafif betonun teknolojik özelliklerinin normal betona göre iyi olduğunu, dayanım ve yüksek sıcaklık gibi bazı durabilite özelliklerinin de gelişmeye katkı sağladığını ifade etmiştir. Öztürk [5] yaptığı çalışmada, pomza ve perlit katkılı hafif beton üretimi gerçekleştirmiştir. Hafif betonun

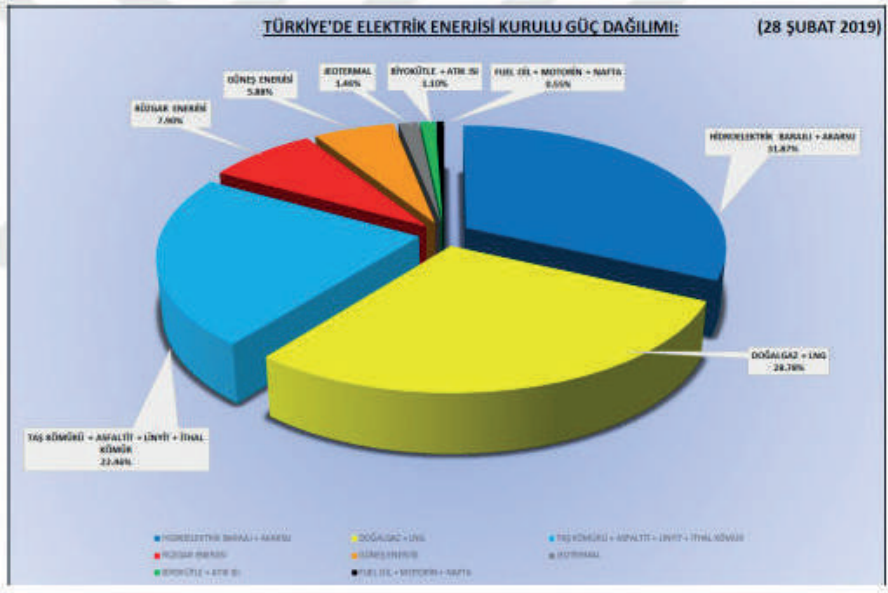
1 Asistant Prof. Dr. Kahramanmaraş İstiklal Üniversitesi, Elbistan Meslek Yüksekokulu, İnşaat Teknolojisi Bölümü, mustafaeken.me@gmail.com, ORCID NO: 0000-0002-7559-876X

fiziksel, mekanik ve teknolojik özelliklerini araştırmış ve sonuç olarak da üretilen hafif betonun ısı-ses yalıtımında, zemin yalıtımında kullanılabileceğinin belirtmiştir.

İnşaat sektöründe enerjinin büyük bir kısmı ısıtma-soğutma giderleri ile olduğu belirtilmektedir. Enerji kaybının yaklaşık olarak %50'si binadaki duvar yapı malzemelerinden kaybedildiği ifade edilmiştir [6-10]. Meydana gelen enerji ve ısı kaybının azaltılması için duvarların yalıtım özelliği taşıyan malzemeler ile örülmesi ve kaplanması gerekmektedir [11]. Briket sahip olduğu 1800 kg/m³'ten düşük birim hacim ağırlığı ile hafif beton blok yapı malzemeleri grubunda yer almaktadır [12-13]. Briketler, kum, ince agrega, çimento ve su karışımı ile üretilen karmaşık yapıya sahip olmaması ile de inşaat sektöründe duvar blok malzemesi, asmolen, baca elamanı, lento ve peyzaj mimarisi gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır [14-16].

Doğal kaynakların tüketiminin hızlı olması, çevresel etki faktörlerinin giderek artması ve doğal kaynaklarının koruma altına alınma fikrini ortaya çıkarmıştır. Gelişmekte olan ülkelerde ulaşım, barınma, baraj gibi projeler ülkelerin ekonomileri için büyük bir fon oluşturmaktadır [17]. Bu amaçla doğal ve atık malzemelerin kullanımı sürdürülebilirliğe katkı sağlayacaktır.

Ülkemiz enerji gereksinimlerini kömürle çalışan termik santrallerinden, güneş enerji santrallerinden vb. farklı enerji kaynaklarının çalışmasından temin edilmektedir. 2019 yılında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının verileri incelendiğinde elektrik üretim miktarının %22,46'sının kömür kaynaklarından, %28,78'sinin doğal gaz kaynaklarından, %31,87'sinin hidrolojik enerji kaynaklarından, %7,9'unun rüzgâr enerji kaynaklarından, %5,9'unun güneş enerji kaynaklarından, %1,46'sının jeotermal enerji kaynaklarından ve %1,65'inin ise diğer enerji kaynaklarından temin edildiği ifade edilmiştir. Şekil 1'de enerji kaynakları ve üretim yüzdeleri verilmiştir [18].



Şekil 1. Türkiye'de elektrik enerjisi kurulu güç dağılımı

Kömürün yakılması ile meydana gelen külün yaklaşık %80'i uçucu kül olarak ortaya çıkmaktadır. Elde edilen verilere göre yılda yaklaşık olarak 20 milyon ton uçucu kül temin edilmektedir. Ortaya atık olarak çıkan bu yüksek miktardaki malzemenin değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır [19].

Literatürde farklı malzemeler kullanılarak briket üretimi gerçekleştirilmiştir. Akyol [20], yaptığı çalışmada uçucu kül, polistiren köpük ve pomza agregasının kullanılması ile hafif beton blok malzemesi üretimi gerçekleştirmiş ve çalışma sonucunda üretilen numunelerin inşaat sektöründe kullanımının uygun olduğu belirtilmiştir. Çuhadaroğlu [21], fındık kabuğu katkılı briket üretimi gerçekleştirmiş ve çalışma sonucunda fındık kabuğu katkısının briket üretiminde kullanılabilirliğini, ısı-ses yalıtımında da katkı sağladığı ifade edilmiştir.

Bu çalışmada Ceyhan Sugözü Termik Santrali uçucu külü ve taş yünü atık katkılı briket üretimi amaçlanmıştır. Uçucu kül katkı oranı %30 ve taş yünü atıkları %5-10-15 oranlarında pomza yerine ikame edilerek briket üretilmiştir. Üretilen briket numunelerinin ultrasonik ses ve ısı iletkenlik deneyleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler ile uçucu kül ve taş yünü atık katkılı briket numunelerinin ses ve ısı gibi teknolojik özelliklerine katkı sağladığı belirtilmiştir.

2. MATERYAL ve METOT

2.1. Materyal

2.1.1. Pomza

Briket üretimi için kullanılan 0-8 mm boyutlarına ait pomza (Şekil 1) agregasına ait fiziksel Tablo 1’de, kimyasal özellikler Tablo 2’de, elek analizi Tablo 3’te verilmiştir.



Şekil 1. Pomza agregası

Tablo 1. Pomza fiziksel ve kimyasal özellikler

Fiziksel Özellik	Değerler
Gevşek yığın yoğunluk (Nemli numune)	548-648 kg/m ³
Gevşek yığın yoğunluk (Kuru numune)	398-448 kg/m ³
Özgül kütle	2,325 g/cm ³
Su emme oranı	% 28-68
Gözeneklilik	% 40-85
Renk	Beyaz-Açık gri
pH	5,5-6

Tablo 2. Pomza kimyasal özellikler

İçerik	%
SiO ₂	70,35
Al ₂ O ₃	13,90
Fe ₂ O ₃	1,40
TiO ₂	0,00
MnO	0,10
CaO	1-2
MgO	0,50
Na ₂ O	3,50
K ₂ O	3,55
FeO	0,90

Tablo 3. Pomza elek analizi

Standart Elekler (mm)	Elekten üstü kalan (g)	Elekten geçen (g)	Elekten geçen (%)
11,2	0	3000	100
8	672	2328	77,6
5,6	387	1941	64,7
4	333	1608	53,6
2	564	1044	34,8
1	330	714	23,8
0,5	159	555	18,5
0,25	207	348	11,6
Elek altı	348	0	0

2.1.2. Uçucu kül

Çalışmada temin edilen külünün kimyasal bileşenleri Tablo 3'te verilmiştir. SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃ oranı toplamda % 60,24'dür. S+A+F oranının % 50 üzerinde ve CaO oranının % 10'dan yüksek olması (% 17,74), uçucu külün ASTM C 618 standardına göre C sınıfı yüksek kireçli uçucu kül sınıfında olduğunu göstermiştir.

Tablo 3. Uçucu kül kimyasal içeriği

İçerik	%
SiO ₂	35,50
Al ₂ O ₃	12,96
S+A+F	60,24
CaO	17,74
TiO ₂	0,63
Cr ₂ O ₃	0,02
MgO	2,34
Na ₂ O	0,16
K ₂ O	1,43
SO ₃	1,74
P ₂ O ₅	0,13
KK	2,83

2.1.3. Çimento

Çalışmadaki tüm numunelerde TS EN 197-1 standardına göre CEM I 42.5 R tipi çimento kullanılmıştır.

Tablo 4. Çimento kimyasal ve fiziksel özellikler

İçerik (%)	Çimento
Kimyasal analiz test sonuçları	
SiO ₂	18.50
Al ₂ O ₃	5.33
Fe ₂ O ₃	2.79
CaO	64.37
MgO	3.40
SO ₃	2.45
Na ₂ O+K ₂ O	0.60
SrO	-
Kızdırma kaybı (%)	0.52
Fiziksel analiz test sonuçları	
Özgül ağırlık g/cm ³	3.14
İncelik g/cm ²	3315

2.1.4. Taş yünü

İnorganik malzemelerin 1350-1400°C sıcaklıklarda elyaf haline getirilmesi ile ortaya çıkan yalıtım malzemesi grubunda yer almaktadır. Taş yünü ısı, ses, akustik ve yangın yalıtımına karşı dayanıklı olduğu belirtilmektedir. Çalışmada kullanılan taş yünü atıkları MUSYAK Dış Cephe, Ses ve Isı Yalıtım Sistemleri Şanlıurfa/Türkiye bölgesinde faaliyet gösteren şirketten elde edilmiştir.

2.2. Metot

2.2.1. Briket üretimi

Pomza agregası kullanılarak üretilen briketlerin %30 oranında uçucu kül çimentodan ikame edilerek eklenmiş daha sonra taş yünü atıkları %5-10-15 oranlarında eklenerek briket karışımı elde edilmiştir. Üretilen briket numunelerinin karışım oranları ve isimlendirmeleri Çizelge 6'da verilmiştir. Üretilen numuneler Maraş'ta bulunan briket fabrikasından temin edilen aynı ölçülerdeki katkısız referans numuneleriyle karşılaştırılmıştır. Üretilen briketler TS EN 771-3, TS EN 772-16-20 standartlarında verilen yönergeler dikkate alınarak üretilmiştir. Briketlerin boyut ve konfigürasyon testi 0,1 mm hassasiyetindeki kumpas yardımıyla ölçülerek briketlerin genel görünüşleri, numune boyutları ve kusurluluk durum tespiti yapılmıştır (Şekil 2- Şekil 3).



Şekil 2. Briket üretimi, boyut konfigürasyon ve deneysel şema

Tablo 6. Briket karışım oranları

Samples		Su Kg/m ³	Çimento Kg/m ³	Uçucu kül Kg/m ³	İnce agrega Kg/m ³	İri agrega Kg/m ³	Taş Yünü Atıkları (%)
Referans	R	105	245	-	550	2370	-
Taş Yünü Atıkları	T1-%5	105	171,5	73,5	550	2351,5	118,5
	T2-%10	105	171,5	73,5	550	2133	237
	T3-%15	105	171,5	73,5	550	2014,5	355,5

2.2.2. Isı iletkenlik katsayısı

Üretilen 17x35x17 cm boyutlarındaki briket numunelerinin ısı iletkenlik değerleri ASTC C 1113-90 standardında belirtilen numunelere göre KSÜ ÜSKİM laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

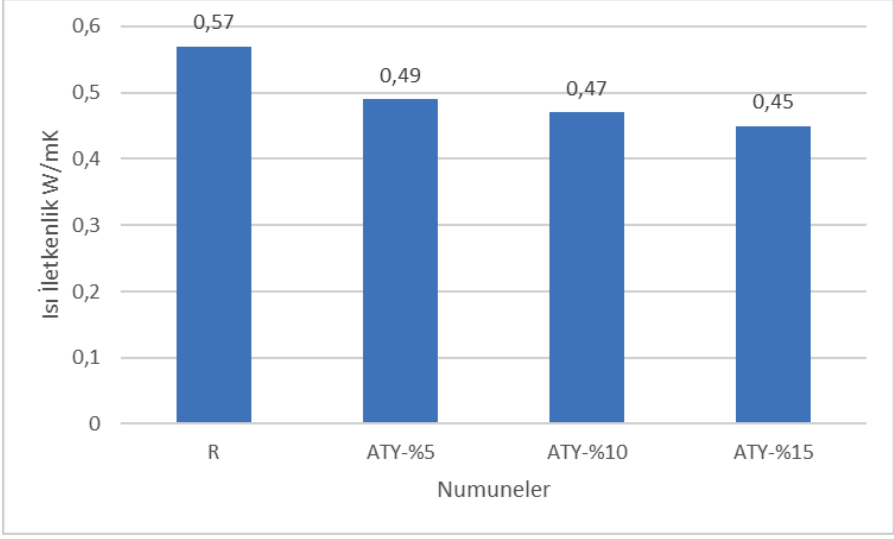
2.2.3. Ultrasonik ses geçirimsizliği

Ultrasonik penetrasyon hızı ASTM C 597 standardına göre belirlendi. R, T1, T2 ve T3 katkılı numuneler ultrasonik penetrasyon hızı testine tabi tutuldu. Ultrasonik penetrasyon hızı, belirli bir yol boyunca ses dalgalarının katettikleri yol dikkate alınarak geçen sürenin ölçülmesi prensibine dayanır. Ses dalgalarının yayılma hızı malzeme içerisindeki boşluk oranı ile ilişkili olduğu bilinmektedir. Boşluk oranı, malzemenin mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkileyen parametrelerdendir.

3. BULGULAR

3.1. Isı İletim Katsayısı Değerleri

Briket numunelerinin ısı iletkenlik katsayıları ASTM C 1113-90 standardına göre Şekil 3'te verilmiştir.

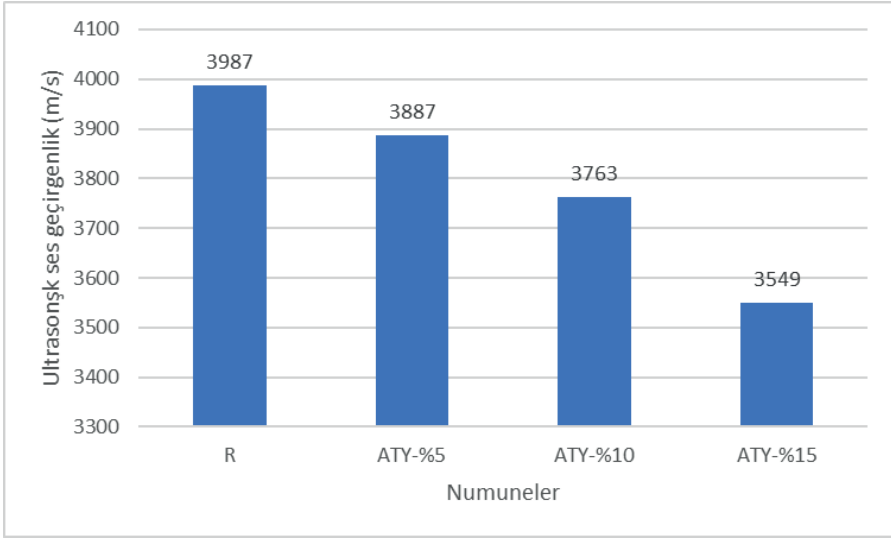


Şekil 3. Isı İletkenlik deney sonuçları

Briket numunelerin ısı iletkenlik katsayıları 0,45 W/mK- ile 0,57 W/mK arasında değerler içermektedir. En yüksek ısı iletkenlik değerine 0,57 W/mK ile R numunesinden elde edilirken, en düşük ısı iletkenlik değerine ise 0,45 W/mK ile T3 katkıli numuneden elde edilmiştir. Diğer atık taş yünü katkıli numuneler ATY-%5-ATY-%10 sırasıyla 0,49-0,47 W/mK değerleri ile R numunesine göre daha düşük ısı iletkenlik değerleri vermişlerdir. Briket numunelerin üretiminde kullanılan doğal lif katkıli numunelerin ısı iletkenlik değerlerinde ATY katkıli numunelerin R katkıli numunelere oranla daha iyi ısı iletkenlik değerleri verdiği Şekil 3'te görülmektedir. ATY sahip olduğu özellik bu değerlerin elde edilmesini açıkça göstermektedir ve literatürde de benzer sonuçlar ile desteklenmektedir [22,23].

3.2. Ultrasonik ses geçirimsiliği

Briket numunelerinin ultrasonik ses geçirimsiliği ASTM C 597 standardına göre Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Ultrasonik ses geçirgenlik sonuçları

Briket numunelerin ultrasonik ses geçiş hızları 3549 ile 3987 m/s arasında değerler içermektedir. En yüksek ses geçirgenlik değerine 3987 m/s ile R numunesinden elde edilirken, en düşük ses geçirgenlik değerine ise 3549 m/s ile ATY-%15 katkılı numuneden elde edilmiştir. Diğer doğal lif katkılı numuneler ATY-%5-ATY-%10 sırasıyla 3887-3763 m/s değerleri ile R numunesine göre daha düşük ses geçirgenlik değerleri vermişlerdir. Briket numunelerin üretiminde kullanılan doğal lif katkılı numunelerin ses geçirgenlik değerlerinde T katkılı numunelerin R katkılı numunelere oranla daha iyi ses geçirgenlik değerleri verdiği Şekil 4'te görülmektedir. ATY malzemesinin sahip olduğu özellik bu değerlerin elde edilmesini açıkça göstermektedir ve literatürde de benzer sonuçlar ile desteklenmektedir [22,23].

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Uçucu kül ve atık taş yünü katkılı briketlerin çalışmada elde edilen sonuçları aşağıda sıralanmıştır.

- Briket numunelerinin üretilmesi sonucunda gözlemlenen boyut ve konfigürasyon değerleri standartlara uygundur.
- Briket numunelerinin ısı iletkenlik değerleri arasında en iyi ölçüm değerine ATY-%15 katkılı numunede ulaşılmıştır.
- Briket numunelerinin ultrasonik ses geçirgenlik değerleri arasında en iyi ölçüm değerine ATY-%15 katkılı numunede ulaşılmıştır.

5. KAYNAKLAR

- [1] Turgutalp, Ü., 1978. Sarıkamış Yöresi Doğal Hafif Agregasıyla Üretilen Betonların Tarımsal Yapılarda Kullanılabilme Olanakları Üzerine Bir Araştırma, Doçentlik Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- [2] Türkmen, İ., 1997. Van – Erciş Pomzasından Üretilen Hafif Betonun Donma Çözülme Dayanıklılığının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- [3] Akçaözöğlü, S., 2008. Atık Pet Şişe Kırıklarının Hafif Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- [4] Demirboğa, R., 1999. Silis Dumanı ve Uçucu Külün Perlit ve Pomza ile Üretilen Hafif Beton Özellikleri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- [5] Öztürk, M., 2012. Pomza ve Perlit İçerikli Hafif Betonun Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi”, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- [6] Energy, transport and environment indicators, Eurostat (2011). (online datacode: nrg 100a).
- [7] The State Planning Organization (DPT), Ninth Development Plan, 2008. Tuğla ve Kiremit Sanayii Raporu (in Turkish), vol. 1, DPT 2773, ÖIK 703, Ankara, Turkey.
- [8] Balaras, C.A., Drousa, K., Argiriou, A.A., 2000. Asimakopoulos, D.N. Potential for energyconservation in apartment buildings, Energy and Buildings 31(2), 143-154.
- [9] Feng, Y. 2004. Thermal design standards for energy efficiency of residential buildingsin hot summer/cold winter zones, Energy and Buildings 36, 1309-1312.
- [10] Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on theEnergy performance of buildings, Official Journal of the European Union 153(2010, May).
- [11] Coz Díaz, J.J., García Nieto, P.J., Domínguez Hernández, J., Álvarez Rabanal, F.P., 2010. A FEM comparative analysis of the thermal efficiency among floors made up ofclay, concrete and lightweight concrete hollow blocks, Applied Thermal Engineering 30(17-18), 2822-2826.
- [12] Özel, M. 2011. Thermal Performance and Optimum Insulation Thickness of Building Walls With Different Structure Materials. Applied Thermal Engineering, 31(17-18), 3854-63.
- [13] Postacıoğlu, B. 1987b. Yapı Malzemesi Dersleri, İ. T. Ü. İnşaat Fakültesi, İ. T. Ü. Matbaası, İstanbul.
- [14] Kocaman, P., 2009. Bims Agregaların ve Bimsbeton Ürünlerin Mimarlık ve Sürdürülebilirlik Açısından Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- [15] Termobims A. Ş., 2007. Termofor Ürünleri Kataloğu, Konya
- [16] Toklu, K., 2009. Pomza Taşından Üretilen Bims Blok Kalitesinin Artırılma Olanaklarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi., İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [17] Pamuk R., Kuruoğlu M., 2016. İnşaat Sektöründe Sürdürülebilirlik ve Bina İnşaatlarında Evrensel Uygulama Örnekleri Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik 9(1), 161177.
- [18] (<https://www.teias.gov.tr/tr/elektrik-istatistikleri>)
- [19] Aruntaş, H., Y., 2006. Uçucu Küllerin İnşaat Sektöründe Kullanım Potansiyelleri, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Ankara.
- [20] Akyol, O. 2010. Polistiren Taneli Köpük Katkı ile Bimsblok Duvar Elemanı Üretimini Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- [21] Çuhadaroğlu, B. 2005. Thermal conductivity analysis of a briquette with additive hazelnut shells. *Building and Environment*, 40, (7): 942-948.
- [22] Fathima, M., Balasubramanian, A., 2006. Effect of plant growth regulators on the quality of bast fibres in *Abelmoschus esculentus* (Linn.) Moench. *Acta Bot. Croat.* 65 (1), 101-112.
- [23] Anbukarasi, K. & Kalaiselvam, S. 2015. Study of effect of fibre volume and dimension on mechanical, thermal, an water absorption behaviour of luffa reinforced epoxy composites. *Mater. Des.*, 66, 321–330.