

## Kömür Atıklarının Farklı Değerlendirilmesi

\*<sup>1</sup>Rahmi KOCAMAN, <sup>2</sup>Serkan ATEŞ, <sup>3</sup>Birsen KOCAMAN, <sup>4</sup>Hasan TOPRAK

\*<sup>1</sup> Maden İşleri Genel Müdürlüğü, Üretim Yük. Mühendisi, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup> Bartın Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bartın, Türkiye

<sup>3</sup> Maden İşleri Genel Müdürlüğü, Maden Mühendisi, Ankara, Türkiye

<sup>4</sup> Bartın Mesleki Teknik ve Anadolu Lisesi, Makine Yük. Mühendisi, Bartın, Türkiye

### Özet

Yaşadığımız dünyada hammaddeye ve Enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün artarak devam etmektedir. Enerji ve hammadde ihtiyacının büyük kısmı madenlerden elde edilmektedir. Bugün Çin, ABD, Hindistan, Endonezya, Avustralya, Rusya ve Güney Afrika gibi ülkelerde kömür üretiminde ön sıralarda gelmektedirler. Ülkemiz açısından yerli enerji kaynaklarının kullanılması ise ayrı bir önem taşımaktadır. Söz konusu yerli kaynaklarımızdan birisi de kömür rezervlerimizdir. Kömürün en iyi şekilde değerlendirilmesi gerekir. Ülkemizde ise kömürün bir kısmı sanayide enerji üretiminde ve ısınma amaçlı kullanılmaktadır. Farklı amaçla kullanılması ile ilgili araştırmalar da devam etmektedir. Leonarditin tarımda kullanımı, hümik asit yapımı gibi. Bu kullanım alanları yanında termik santralde yakıldıktan sonra baca tozlarından beton yapımına katkı maddesi olarak eklenmesi gibi kullanım alanları vardır. Kömürün atıklarının da kullanılabilirliğine dikkat çekerek kalorifer atığından kompozit malzeme yapımında hammadde girdisi olarak değerlendirilmesi düşünülmüş ve kompozit malzeme yapımında kullanılabilirliği araştırılmıştır. Kompozit malzeme üretiminde takviye malzemesi olarak kullanılabilirliği sağlanmıştır. Bu çalışmada Kömürün çok önemli bir hammadde girdisi olduğuna dikkat çekilmeye çalışılarak kömür atığının bile değerlendirilebilirliği üzerinde durulmuştur. Bu şekilde kömürün ne kadar önemli bir maden olduğu ortaya konulmaya çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji, kömür, Kompozit Üretimi, Atık

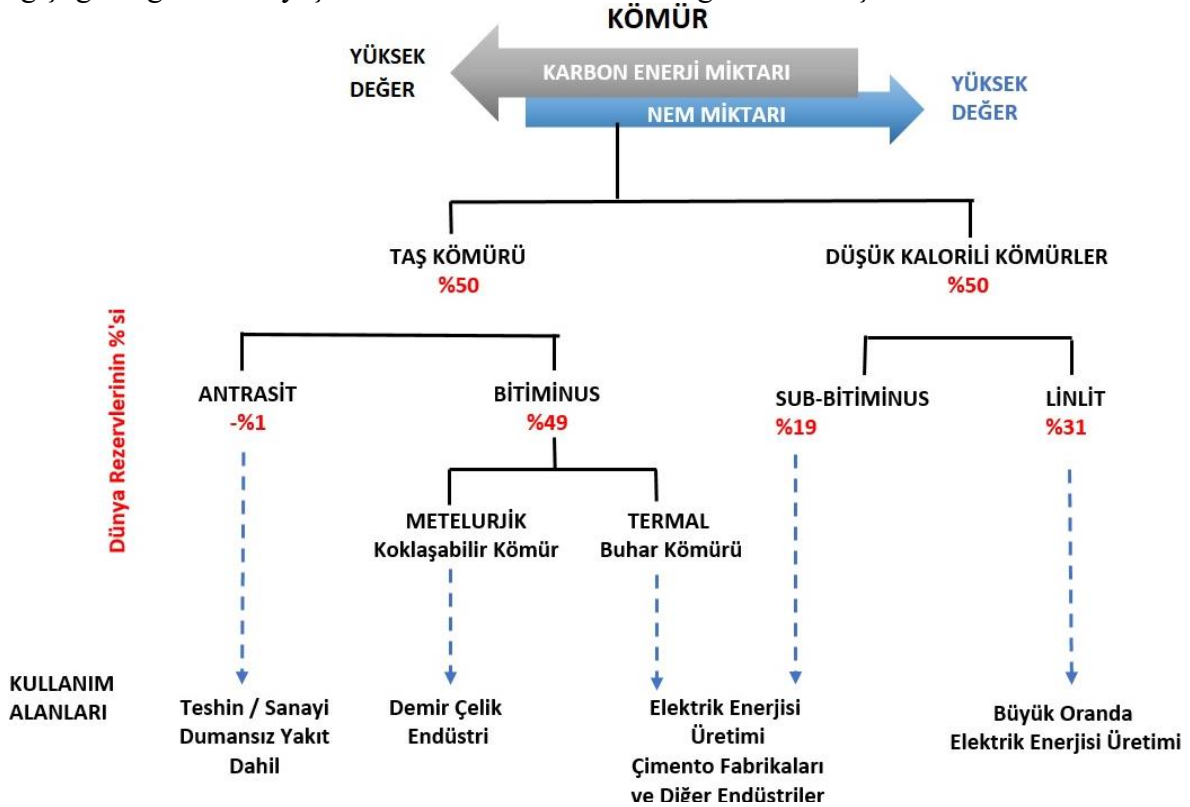
### Abstract

The need for the raw material and the energy in the world we live in continues to increase day by day. Most of the energy and the raw material needs are to meet from mines. The countries like China, USA, India, Indonesia, Australia, Russia and South Africa are coming on the top seats of coal production today. To be used domestic energy resources carries another special importance for our country. The coal reserves are one of our domestic resources. The coal has to be evaluated in the best way. Some part of the coal is being used for energy production in the industry and for heating purposes. The researchs are continuing for different usages like humic acid production by using leonardite on agriculture. By these usage areas there is another usage area like using as additive material for concrete production. By drawing attention to the usability of coal waste, it was considered to be used as raw material input in the construction of composite materials, and the availability of composite materials was investigated. The availability is provided as a reinforcing material in composite materials. In this study, it is focused on that the coal is a very important raw material input and the profitability of the coal waste. In this way, how important mine the coal is has been trying to put forward

**Key words:** Energy, Coal, Composite Production, Waste,

## 1. Giriş

Kömür yanabilen sedimanter organik bir kayadır. Kömür başlıca karbon, hidrojen ve oksijen gibi elementlerin bileşiminden oluşmuş olup, diğer kaya tabakalarının arasında damar haline uzunca bir süre (milyonlarca yıl) ısı, basınç ve mikrobiyolojik etkilerin sonucunda meydana gelmiştir. Kömür Organik olgunluğuna göre tiplere ayrılır; Kömür, nebatların bataklık alanlarda birikmesi sonucu oluşan tabakaların değişime uğraması neticesi meydana gelmiştir. Bu tabakalar üzerine çeşitli çökeltilerin birikmesi ve arz'ın hareketleri sonucu derinliklere gömülmüştür. Gömülmüş olan bu nebatlar; artan ısı ve basınca maruz kaldıklarında bünyelerinde fiziksel ve kimyasal değişikliğe uğrayarak kömüre dönüşürler. Bu süreç milyonlarca yıl içinde gerçekleşerek kömürler organik olgunluklarına göre Linyit, Alt bitümlü, Kömür, Bitümlü kömür ve Antrasit tiplerine ayrılırlar. Linyit ve kısmen Alt Bitümlü kömürler genellikle yumuşak, kırılğan ve mat görünüştedirler. Bu tip kömürlerin ana özelliği göreceli olarak yüksek nem içerirler ve karbon içerikleri düşüktür. Antrasit ve Bitümlü kömürler ise genellikle sert ve parlak görünüştedirler. Göreceli olarak nem içerikleri düşük olup, karbon oranları yüksektir. Jeolojik olarak kömürlerin yaşları 400 milyon yıl ile 15 milyon yıl arasında değiştiği ve genellikle yaşlı kömürler daha kaliteli olduğu belirtilmiştir.



Şekil 1. Kömürün sınıflandırılması [1]

Kömür Dünyada en yaşlı bir şekilde bulunan, güvenilir aynı zamanda düşük maliyetlerle elde edilebilen temiz bir fosil yakıttır. Kömür Dünya'da 50'den fazla ülkede üretilmektedir. Kömür rezervleri diğer fosil yakıtlar gibi (petrol ve doğalgaz) Dünya'nın belli bir bölümünde değil fakat tüm dünyada yaygın bir şekilde bulunmaktadır. Kömür kullanımı, depolaması ve nakliyesi açısından en emniyetli fosil yakıttır. Endüstriyel ve diğer alanlarda elektrik enerjisinin rekabetçi fiyatlarla ve güvenilir olarak temini açısından, kömürün Dünyada yaygın bir şekilde bulunuşu ve birçok ülke tarafından üretiliyor oluşu tedarikte güvenilirliği sağlamakta olduğu belirtilmiştir. Elektrik Enerjisi Üretiminde ucuz ve rekabetçi bir yakıt olması nedeniyle Dünya elektrik üretiminin yaklaşık %40' ı kömürden karşılanmaktadır. Kömür homojen olmayan,

kompakt, çoğunlukla lignoselülozik bitki parçalarından meydana gelen, tabakalaşma gösteren, içerisinde çoğunlukla C, az miktarda H- O- S ve N elementlerinin bulunduğu ama inorganik (kil, silt elementleri gibi) maddelerinde olabildiği, bataklıklarda oluşan, kahverengi ve siyah renk tonlarında olan, yanabilen, katı fosil organik kütlelerdir. Kömürler yakıt hammaddesi oldukları gibi, değişik amaçlarda (kok yapımı, kimyasal madde üretimi gibi alanlarda) da kullanılırlar [1].

Kömürün önemi ise Sanayide kullanımı ile başlamıştır. 20.yy.'da elektrik enerjisi üretiminde kullanılması nedeniyle kömür stratejik bir madde haline geldiği anlaşılmaktadır. Aynı zamanda dünya demir-çelik endüstrisi de kömüre bağlıdır ve metal sanayisinin ana girdilerinden biridir. Diğer enerji kaynaklarına göre Kömür durağan olduğu için taşınması, depolanması ve kullanılması en kolay fosil yakıttır. Kömür rezervleri birçok ülkede dağınık olduğu için tekelleşme ve bunun sonucu alıcıların zor durumda kalması zordur. Alıcılar hemen başka kaynaklara yönelebilir. Günümüzde gelişen teknoloji kullanılarak çevreye zarar vermeden kömür yakılabilir konuma gelmiştir. Kömür, dünya çapında hayati derecede önemli olan elektrik enerjisini sağlamada rekabet yaratır. Bütün dünyada elektrik enerjisinin ana kaynaklarından biri olduğu belirtilmiştir. Yaşadığımız dünyada enerji talebi özellikle güçlü bir şekilde ve devamlı olarak büyümeye devam etmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde enerji ekonomik büyüme ve yoksulluğun azalması için gerekli olmaktadır. Bütün enerji kaynakları talebi dengeli ve çeşitli olarak karşılayacak şekilde olması beklenir. Dünyada birincil enerji kaynaklarının en önemlisi ve en ucuzu kömür olarak görülmektedir. Tüm gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler öncelikle arz güvenliği yüksek olan kendi öz kaynaklarını kullanmaktadırlar. Kömür dünya çapında enerji güvenliği için hayati öneme sahiptir. Dünya enerji rezervinin büyük kısmını kömürün oluşturduğu bilinmektedir. Enerji açığı bulunan dünyada kömürün diğer fosil yakıtlara karşı üstünlüğünü sağlamlaştırmak için zararlı gaz ve diğer emisyonları azaltmalıdır. Gelişen teknoloji kömürü çevreye uyumlu enerji kaynağı haline getirmektedir. Aynı zamanda büyük ekonomik ve sosyal gelişme ile enerji güvenliğine sağladığı katkıyı da devam ettirmelidir [2]. Ülkemizde Petrol ve doğal gaz kaynakları bakımından dışa bağımlı olunması nedeniyle kömür stratejik bir madde haline gelmektedir ve enerji yatırımları bu yönde de değerlendirilmelidir. Ülkemizde kömürler yüksek oranda kül, kükürt, nem ve alkali bileşikler içermektedir. Kül, kükürt ve nem değerleri azaltılmış, kömürlerin sanayi ve ısıtma sektörlerinde daha fazla kullanılması mümkün olabilecektir. Bu kapsamda Kül miktarını azaltmaya yönelik teknolojilerin geliştirilmesi, Nem miktarını azaltmaya yönelik teknolojilerin geliştirilmesi, Briketleme / pelletleme teknolojilerinin geliştirilmesi, gibi çalışmalar MAM Kimyasal Teknolojiler Enstitüsünde yapıldığı, Isıl değeri düşük kömürlerin (Linyit, Turba ve Leonardit gibi) yakıt haricinde farklı alanlarda kullanılmasına yönelik birçok uygulama mevcuttur. Ekstraksiyon yöntemi ile kömürden hümitik asit ve montan vaksı gibi değerli ürünler üretilmekte olduğu belirtilmiştir. Linyit kömürleri ve/veya atık toz kömürlerin (şlamlardan kazanılan kömürler) doğrudan veya farklı kömürlerle veya çeşitli zirai artıklarla (biyo-kütle) briketleneceği belirtilmiştir. Kömürden Hümitik Asit Üretim Çalışmaları ise; Doğal organik polimer olarak adlandırılan hümitik asit, linyit, turba ve leonardit gibi kömürlerde bulunmaktadır [3]. Termik santrallarda yakıt olarak kullanılan tozlaştırılmış kömür atık olarak değişik karakterde kül ve cüruflardan uçucu küllerin katkılı çimento, yüksek dayanımlı beton, portland çimentosu, hafif agrega, duvar elemanları üretiminde, jeoteknik uygulamalarda ve yol yapımında kullanılmaktadır [4].

## 2. Kömürün Kullanım Alanları

### 2.1. Enerjide Kullanımı

Türkiye'de bulunan 38 Kömür ve linyit yakıtlı termik santrallerinin toplam kurulu gücü 17.322,30 MW'dır. 2015 yılında Kömür ve Linyit Yakıtlı Termik Santraller ile 72.791.886.039 kilovatsaat elektrik üretimi yapılmıştır [7].

Ülkemizin 2015 sonu itibariyle kömüre dayalı santral kurulu gücü bir önceki yıla göre 722 MW artarak 15.493 MW düzeyine yükselmiş olup toplam kurulu gücün %21,2'sine karşılık gelmektedir Toplam kurulu güç içerisinde yerli kömüre dayalı kurulu güç 9.428 MW (%12,9) ve ithal kömüre dayalı kurulu güç ise 6.064 MW (%8,3) şeklindedir. 2015 yılında kömüre dayalı (asfaltit dahil) santrallerden 73,9 TWh elektrik üretilmiş olup toplam üretim içerisindeki payı %28,5 düzeyindedir (TEİAŞ 2016b). Bu miktarın 34,3 TWh kısmı yerli kömüre (asfaltit dahil) aittir. Yerli kömürün toplam brüt elektrik üretimi içindeki payı 2015 yılında %13,2 olmuştur. İthal kömüre dayalı santrallerin elektrik üretimindeki payı ise 39,6 TWh ile %15,3 oranındadır. Yerli kömürün ülkemiz elektrik kurulu gücü ve brüt elektrik üretimi içindeki payı hızla düşmektedir. 2015 yılında ise Adana ve Bolu'da devreye alınan iki yeni termik santral ile yerli kömüre dayalı santrallerin toplam kurulu güç içerisindeki payı %12,9 düzeyine yükselbildiği belirtilmiştir [1].

**Tablo 1.** Mevcut kömürle çalışan termik santraller [7]

Kömür ve Linyit Yakıtla Termik Santraller Profili	
Aktif santral sayılı	38 adet
Kurulu Güç	17.510 MWe
Kurulu Güce Oranı	22,73%
Yıllık Elektrik Üretimi	~ 93.765 GWh
Üretimin Tüketime Oranı	36,06%
Şebeke Bağlantısı	38 var

### 2.2. Gazlaştırmada Kullanımı

Kömürden gaz üretimi 2 yolla mümkün olmaktadır; Kok üretimi esnasında uçucu maddenin parçalanması sonucu oluşan gaz. Gazlaştırma reaksiyonları sonucu elde edilen gaz. Koklaştırma esnasında yan ürün olarak önemli miktarda gaz çıkmaktadır. Kömür cinsine göre, 1 ton kömürden, 320-410m<sup>3</sup> gaz elde edilmekte olduğu, bu gaz 3800-4000 kcal/m<sup>3</sup> ısı değerine sahip olduğu belirtilmiştir. Koklaştırma esnasında elde edilen gazın ısı değeri yüksek olduğundan, şehir gazı olarak kullanılabilirliği düşünülmüştür

**Tablo 2.** Koklaşmada elde edilen gaz türleri

Gaz Türleri	Hacimsel%
CH <sub>4</sub>	25,0
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1,5
H <sub>2</sub>	55,0
CO	6,0
CO <sub>2</sub>	1,5
N <sub>2</sub>	11,0

Koklaştırmada elde edilen gaz türleri gazlaştırma yolu ile kömürden gaz üretimi, kömürün belirli bir sıcaklıkta, oksijen veya hava, su buharı, hidrojen ve karbondioksit gibi gazlaştırıcılarla, reaksiyona sokulması sonucu elde edilmektedir. Kömürün hava, oksijen ve hidrojenle reaksiyonu, ekzotermik bir reaksiyondur. Su buharı ve karbondioksitle reaksiyonu

ise endotermiktir. Gazlaştırma reaksiyonları yüksek sıcaklıkta meydana gelmektedir. Gazlaştırma işlemi yüksek sıcaklık prosesi olduğu belirtilmiştir.

–3 tip gazlaştırıcı vardır

- Hareketli yataklı
- Akışkan yataklı
- Sürüklemeli (toz kömür püskürtmeli)

–Yeraltı kömür gazlaştırması ise

- Dikey kuyular ve yatay bağlantı
- Kontrollü gerli çekmel enjeksiyon noktası

Birçok gazlaştırma proseslerinde, reaktörün giriş kısmında kömür ısınmakta ve koklaştırma gazları çıkmaktadır. Kömür, reaktörün gazlaştırma zonuna geldiğinde, gazlaştırma reaksiyonları gerçekte ve gazlaştırma gazları elde edilmektedir. Sonuçta ise, iki gazın karışımı bir gaz elde edilmektedir. Bu tip gazlaştırma için verilebilecek en iyi örnek, parça kömür gazlaştırılmasında kullanılan döner ızgaralı gazlaştırıcılarıdır. Kömürün hidrojenasyonu yolu ile metan üretimini sağlanabilirliği belirtilmiştir. Metanizasyon yöntemi ile gazlaştırma. Metan gazı üretimini mümkün kılan 2 reaksiyonda ekzotermik reaksiyonlardır ve bu nedenle de ısı kayıpları biraz yüksek olduğu belirtilmiştir. Metan gazı elde edilen iki reaksiyonun sonunda, gaz hacmi küçülmekte olduğu, gazlaştırmanın basınç altında yapılması, metan oluşumunu arttırmakta olduğu belirtilmiştir. Gazlaştırma reaktöründe, gazlaştırma sıcaklığı, gazlaştırma basıncı ve reaksiyona giren kok ve gazlaştırıcıların oranları, gaz bileşimini tayin etmekte olduğu belirtilmiştir [8].

## 2.3. Humik Asit yapımı

### 2.3.1. Leonarditten Elde Edilen Humik Asit

Leonardit; oluşumunu milyonlarca yılda bitki ve hayvansal atıkların hava alarak çürümesi sonucu oluşmuş tarım ve endüstriyel alanlarda hammadde olarak kullanılan değerli bir maddedir. En kaliteli humik asitte leonarditten elde edilir. Leonardit kullanılarak üretilen hümik ve fulvik asit içeren doğal organik toprak düzenleyicisi bir üründür. TKİ HÜMAS'ı diğer toprak düzenleyicilerden ayıran temel özellik leonarditten üretilmesi, hümik ve fulvik asit oranlarının yüksek düzeyde olması, devletin güven duyulan bir kurumu olan Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu tarafından üretilmektedir. [1]

Büyük çapta hümik asit üretimi, söz konusu maddelerden alkali ekstraksiyon yöntemi ile üretilmektedir. Modifiye humik asit türevlerinin pilot tesislerinde pilot ölçekte 50 kg'lık miktarlarda üretilmiş ve aşağıda belirtilen alanlarda kullanılabilirliği gösterilmiştir.

- Atık ve / veya içme suyu ile saflaştırılması
- Boya
- Seramik
- Çimento, sondaj sıvıları
- Değerli elementlerin geri kazanımı

Kömürden Organomineral Gübre Üretim Çalışmaları ise: Organik tarımda önemli bir yeri olan organomineral gübreler, bir veya birden fazla organik ürünün bir veya birden fazla basit veya kompoze kimyevi gübre ile reaksiyonu veya karışımı ile elde edilmektedir. Ticari olarak üretilmekte olan organik toprak düzenleyicileri ve organomineral gübrelerin elde edilmesinde hammadde olarak genellikle hümik asit içerikli kömür (linyit, leonardit, turbo) kullanılmaktadır. Bu kapsamda ülkemizin önemli bir doğal kaynağı olan linyit veya leonardit esaslı kömürden laboratuvar ve pilot ölçekte değişik oranlarda azot (N), fosfor (P), potasyum (K) ve kükürt (S) içeriğine sahip organomineral gübre üretimi gerçekteştirilmiş ve üretim prosesi ortaya çıkarıldığı belirtilmiştir. [3]

### 3. Kömür Atıklarının Değerlendirilmesi

Düşük kalorili linyit kömürlerinin yakıldığı termik santrallerde, elektrik üretimi sırasında toz haldeki kömürün yanması sonucu baca gazları ile sürüklenen ve elektro filtreler yardımı ile tutularak atmosfere çıkışı önlenen mikron boyutunda kül tanecikleri meydana gelmektedir. Endüstriyel bir atık olan ve uçabilen bu küllere, uçucu kül (UK) adı verilmektedir. Bu işlem esnasında daha iri taneli olan ve baca gazları ile birlikte atmosfere sürüklenemeyerek kazan tabanına düşen küllere de taban külü denilmektedir Türkiye’de genellikle çimento ve tuğla üretimi ile baraj yapımında kullanıldığı görülmektedir (Aruntaş vd, 2006).

**Tablo 3.** UK’lerin inşaat sektöründe kullanıldığı alanlar [10]

Malzeme	Kullanım amacı / yeri
Çimento Hammadde	Katkı ve ikame malzemesi olarak
Agrega	İnce agrega, iri agrega ve hafif agrega olarak
Beton	Katkı ve ikame malzemesi olarak
Tuğla, ateş tuğlası	Katkı malzemesi olarak
Kerpiç	Bağlayıcı malzeme olarak
Yapı malzemeleri	Blok, panel, duvar, gaz beton, beton boru, cam, boya, seramik, plastik, harç Çeşitli yapılar / uygulamalar
Çeşitli yapılar / uygulamalar	Baraj, otoyol, nükleer

Kızgut, S., Çuhadaroğlu, D., & Çolak, K., 2001 yaptıkları çalışmalarda; Termik santrallarda yakıt olarak kullanılan tozlaştırılmış kömür atık olarak değişik karakterde kül ve cürufun ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu şekilde atık olarak elde edilen çok ince küle "uçucu kül", baca gazlarıyla taşınamayan, yanma sonunda kazan tabanına düşen iri parçalı malzemeye ise taban külü adı verilmektedir (Yanma sonunda oluşan toplam külün yaklaşık %75-80'ini uçucu kül oluşturmaktadır. Uçucu küllerin fiziksel ve kimyasal özellikleri kullanılan kömürün özelliklerine ve yakma sistemine bağlı olarak değişmektedir. Uçucu küller kimyasal ve fiziksel yapıları nedeniyle söndürülmüş kireç ile birlikte su varlığında hidrolik bağlayıcılık özelliği kazandıkları için yapay puzolanlar sınıfında yer almaktadırlar. Uçucu küllerin katkılı çimento, yüksek dayanımlı beton, portland çimentosu, hafif agrega, duvar elemanları üretiminde, jeoteknik uygulamalarda ve yol yapımında kullanılmaktadır. Uçucu külün tuğla yapımında kullanımı ile bir atık malzemenin doğaya verilerek çevre kirlenmesinin engellenmesi yanı sıra:

- Külün ekonomik bir değer kazanması, Değirmende öğütme kolaylığı sağlaması,
- Kalıplama ve presleme için daha az güç gereksinimi,
- Kolay kuruma gibi avantajlar elde edildiği belirtilmiştir. Uçucu küllü tuğla yapımında kullanılacak külün karıştırılacağı kilin özellikleri önemlidir. Uçucu kül kullanıldığı yerde farklı davranış göstermekte olduğu belirtilmiştir. Türkiye uçucu küllerinin üretimi ve kullanım olanakları hakkında kapsamlı bir rapor hazırlanmış ve çeşitli üniversite ve kamu kuruluşlarının araştırma birimlerince de yapılmış çalışmalar mevcut olduğu belirtilmektedir [4].

Güler ve arkadaşları 2005 yaptıkları çalışmalarda; Uçucu kül atıklarının bir taraftan yarattığı sorunlar ve bu sorunların enerji üretimine paralel olarak artışı, diğer taraftan endüstriyel atık olarak geri kazanılmaya elverişli bir malzeme niteliği taşıması, çeşitli alanlarda değerlendirilmesi olanaklarının araştırılmasına neden olduğu belirtilmiştir. Gerçekten uçucu kül ve termik santralde onunla birlikte oluşan cüruf, içerdiği toksik maddelerin bir şekilde zararsız hale getirilmiş olması koşuluyla, mühendisliğin çeşitli dallarından, endüstride çeşitli

metallerin eldesine, hatta tarım alanına kadar çok geniş uygulama sahası bulunabileceği belirtilmiştir. Termik santral atıklarının bu şekilde değerlendirilmesi, depolama sorununu büyük ölçüde ortadan kaldıracak gibi, çevresel sorunları bertaraf edecek, özellikle kısıtlı diğer doğal hammaddelerden tasarruf edilmesini sağlayacağı, bunların da ötesinde nitelik ve nicelik açısından daha iyi ürünler elde edileceği belirtilmiştir [11].

Binici, H., Gemci, R., Küçükönder, A., Solak, H. H., 2012 yılında yayınlanan makalelerinde, Uçucu kül atıkları, pamuk atığı, barit ve ahşap tutkalı ile üreterek, üretilen kompozit yapının inşaat sektöründe kullanılacak hafif yapı malzemesi olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. K. Maraş Afşin –Elbistan bölgesinde bulunan termik santrallerin atığı olan uçucu kül kullanıldığı belirtilmiştir. Uçucu kül olarak Üretilen kompozitin (sunta panellerin) ses, eğilme dayanımı, radyasyon ve geçirgen özelliklerini de incelemiştir [12].

Ayrıca termik santral küllerinden yeraltı üretimi tamamlanan panoların arkasındaki boşluklara su ile beraber borularla basılarak ayak arkasında kalan kömürün hava ile teması kesilerek bir örtü tabakası oluşturulmakta ve bu şekilde yangınla mücadele edilmektedir. Soma havzasındaki yeraltı ocaklarında genel bir uygulama haline gelmiştir.

#### 4. Kompozit Malzemeler

Genel olarak kompozit malzeme fiziksel ve kimyasal özellikleri farklı olan iki veya daha fazla malzemenin bir araya gelerek oluşturduğu daha iyi mekanik özelliklere sahip olan malzemelerdir. Kompozit malzemenin yapısını fiberler ve matris oluşturur. En çok kullanılan şekliyle, matris malzeme içerisine daha farklı bir malzemenin fiber veya parçacık olarak konması ve kür işlemiyle tek bir yapı oluşturulmasıdır. Bu bileşenler birbirleri içinde çözünmezler veya karışımlar. Fiberler, kompozit yapının takviye elemanı olup mekanik mukavemeti sağlarlar. Matris, fiberleri bir arada tutan, fiberler arasında gerilim aktarımını sağlayarak mekanik yapının oluşumunu dolaylı olarak etkileyen ve fiberleri fiziksel ve kimyasal dış etkilere koruyarak kompozit yapının bir sistem olarak ortaya çıkmasını sağlayan ana yapıdır. Matris malzemesi olarak metal alaşımları kullanıldığı gibi daha uygun olan reçinelerde kullanılmaktadır. Matrislere (bağlayıcılar) örnek olarak polimer, seramik ve metalleri; güçlendiricilere örnek olarak ta fiberler, partiküller, whiskers (polimer, seramik veya metalde olabilir) verilebilir [13].

#### 5. Deneysel Çalışmalar

Bu çalışmamızda numune olarak, kalorifer katı yakıtı olarak kullanılan taşkömürünün yakıldıktan sonra kazan altından atılan cürufur seçilmiştir.



Şekil 2. Kalorifer katı atığı (kömür cürufu) görünüm



2 adet 25 kg numune torbalara doldurulup Üniversite laboratuvarına götürülmüştür. İşlem prosesi olarak ilk önce bilyalı değirmende öğütülme işlemine tabii tutulmuştur.



Şekil 3. Kalorifer katı atığı (kömür cürufu) görünüm



Şekil 4. Bilyalı değirmenden görünüm

Öğütülen Kalorifer katı atığı (kömür cürufu) 2. Aşama olarak boyutlandırma için sallantılı elekten geçirilmiştir. Eleme işlemi sonucu olarak 22, 45, 67, 80, 90 mikron numuneler hazırlanmış 22-59  $\mu\text{m}$  tane büyüklüğüne sahip olanlar kullanılmıştır.



Şekil 5. Malzemenin elekte elenmesinden görünüm

Kompozit malzemesi yapımı için hazırlanan matris malzemesi olarak Al6061 ve takviye malzemesi olarak da %1, %3 ve %5 oranlarında kömür atığı+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (alümina) alaşımı ve SiC hazırlanan numunelerde kullanılarak özel döküm potasına konulmuştur. Kompozit üretim yöntemi olarak sıcak döküm yöntemi seçilmiştir. %89 Al6061 +%5 kömür atığı+%3 SiC+%3 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> gibi farklı oranlarda kompozit numuneleri hazırlanmıştır.





Şekil 6. Özel potada ısıtılan malzemedan görünüm

Özel olarak hazırlanan döküm potasında Al 6061) 700°C de ergitilmiş, daha sonra sıcaklık 600°C ye düşürülerek bu sıcaklıkta takviye elemanı olarak kullanılan 45 µm tane büyüklüğüne sahip kömür atığı, 22-59 µm alüminyum oksit ( $Al_2O_3$ ) ve 22-59 µm silisyum karbür (SiC) tozlar ilave edilmiştir. Bulamaç halindeki karışım elle karıştırıldıktan sonra sıcaklığı 800°C ye çıkartılmış (süper ısıtma) ve bu sıcaklıkta 450 dev/dk. hızla mekanik olarak karıştırılmıştır. Karışım daha önceden 250°C sıcaklığa ısıtılmış olan metal kalıba dökülerek 300 mm uzunluğunda ve 30 mm çapında silindirik numuneler üretilmiştir



Şekil 7. Kalorifer katı atığı (kömür cürufu) kullanılarak gerçekleştirilmiş kompozit malzemedan görünüm [14].

## 6. Sonuç ve Öneriler

Ülkemiz açısından Kömürün en iyi şekilde değerlendirilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Kömür daha çok sanayide enerji üretiminde ve yakacak olarak kullanımının yanında farklı amaçla kullanılması ile ilgili çalışmalar da devam ettiği görülmüştür. Leonarditin tarımda kullanımı, hümkik asit yapımı gibi. Bu kullanım alanları yanında termik santralde yakıldıktan sonra baca tozlarının da beton yapımına katkı maddesi olarak eklenmesi gibi kullanım alanları vardır. Kömürün yakıldıktan sonra artıklarının bile değerlendirilebilirliğinin araştırılmasına dikkat çekerek kalorifer atığından kompozit malzeme yapımında hammadde girdisi olarak değerlendirilmesi düşünülmüş ve kompozit malzeme yapımında takviye malzemesi olarak kullanılabilirliği sağlanmıştır. Üretilen kompozitlerin aşınma testleri sonucunda AL6061 matrisimize takviye malzemesi olarak eklenen kömür atığı oranında 1% 'den %5 'e artarken kütle kaybı azaldığı için aşınma dayanımının iyileştiği görülmüştür. Bu nedenle aşınma dayanımını iyileştirici takviye malzemesi olarak kullanılabileceği anlaşılmıştır. Kömür atıkları

ekonomiye kazandırılarak hem ülke ekonomisine katkıda bulunabilir hem de bu atıklardan kaynaklanan çevre kirliliği azalmış olur. Bu Çalışmada Kömürün çok önemli bir hammadde girdisi olduğuna dikkat çekilmeye çalışılarak kalorifer katı atığı (kömür cürufu) bile değerlendirilmesinin üzerinde durulmuştur. Ülkemiz için kömür çok önemli bir madendir ve önemli bir maden olmaya devam edeceği düşünülmektedir.

Bir avuç kömür için canını verenlerin anısına saygılarımla



Şekil 10. Taş kömürü anıtı [15].

## 7. Kaynaklar

- [1] [www.enerji.gov.tr](http://www.enerji.gov.tr)
- [2] [http://www.karamaden.com.tr/komur/turkiyede\\_komur.htm](http://www.karamaden.com.tr/komur/turkiyede_komur.htm)
- [3] [http://kte.mam.tubitak.gov.tr/arastirma\\_alanlari/komur-esasli-alternatif-urunlerin-uretimi](http://kte.mam.tubitak.gov.tr/arastirma_alanlari/komur-esasli-alternatif-urunlerin-uretimi)
- [4] Kızgut, S., Çuhadaroğlu, D., & Çolak, K., 2001, Termik Santral Uçucu Külünden Tuğla Üretim Olanaklarının Araştırılması Türkiye 17. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi-TUMAKS ISBN 975-395-416-6 Zonguldak
- [6] <http://www.migem.gov.tr/tr-istatistik/Bilgileri>
- [7] <http://www.enerjiatlas.com/komur/>
- [8] <http://slideplayer.biz.tr/slide/3237303/>
- [9] <http://www.tki.gov.tr>
- [10] Aruntaş, Y. H., 2006 Uçucu Külün İnşaat Sektöründe Kullanım Potansiyeli Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 21(1),193-203, Ankara
- [11] G. Güler, E. Güler, Ü. İpekoğlu, H. Mordoğan, 2005, Uçucu Külün Özellikleri ve Kullanım Alanları, *Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı, IMCET*, İzmir
- [12] Binici, H., Gemci, R., Küçükönder, A., Solak, H. H., 2012, Pamuk Atığı, Uçucu Kül ve Barit İle Üretilen Sunta Panellerin Isı, Ses ve Radyasyon Geçirgenliği Özellikleri, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 8, No: 1, (s-16-25), K. Maraş
- [13] Ateş, S., Kocaman, R., 2017, Kömür Curufu (Kalorifer Katı Atığı), Sic Ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Takviyeli Al<sub>6061</sub> Matrisli Hibrit Kompozitlerin Aşınma Davranışlarının İncelenmesi, 2. Uluslararası Mühendislik Mimarlık Ve Tasarım Kongresi (s-503-504), Kocaeli
- [14] Kocaman, R., Ateş, S., & Toprak, H., 2016, Traditional Production and Wear Behavior of Composite Materials Reinforced Waste, International Conference on Advanced Technology & Sciences ICAT'16 e-ISSN-978-605-9119-74-0P-1215-1216-Konya
- [15] Rahmi Kocaman fotoğraf albümü, 2016