

**ODUN KÖMÜRÜ VE OKALİPTÜS (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) ODUN KÖMÜRÜNÜN ÖZELLİKLERİ**

Charcoal and Properties of Eucalypt (*E. Camaldulensis* Dehn.) Charcoal

**Sedat TÜFEKÇİ**

**Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü**

Eastern Mediterranean Forestry Research Institute

P.K. 18 33401 TARSUS

---

**DOĞU AKDENİZ ORMANCILIK ARAŞTIRMA MÜDÜRLÜĞÜ**

**DOA DERGİSİ (Journal of DOA)**

Sayı : 7

Sayfa: ....-....

Yıl: 2001

---

## ÖZET

Okalıptüs odununun kullanım alanlarından biri de odun kömürüne dönüştürülerek değerlendirilebilmesidir. Tarsus-Karabucak'ta üretilen yakacak odundan yapılan odun kömürü (mangal kömürü) üretimi yıllardır sürdürülmekte olup, giderek yaygınlaşmaktadır.

Bu yazıda, odun kömürünün kullanım alanları, okalıptüs odunundan üretim şekli ile okalıptüs odun kömürünün özellikleri ve kalitesi incelemeye alınmıştır.

Sonuç olarak, kül içeriğinin yüksek olması dışında diğer özellikleri bakımından okalıptüs (*E. camaldulensis*) odun kömürünün standartlara uygun olduğu belirlenmiştir.

---

**Anahtar Kelimeler** : Okalıptüs, Odun Kömürü, Yanma, Üretim

## ABSTRACT

One of usage areas of eucalyptus wood could be utilized transforming into charcoal. Charcoal productions making from fuel wood in Tarsus-Karabucak have been maintaining for years and spreading.

In this article, it is investigated usage areas of charcoal, methods of production from eucalyptus wood, eucalyptus charcoal's properties and its quality.

As a result, except high ash content the other properties of eucalyptus (*E. camaldulensis*) charcoal were suitable for standards.

---

**Key Words** : Eucalyptus, Charcoal, Burning, Production

## 1. GİRİŞ

Okalıptüs odununun kullanım alanlarından biri de, odun kömürüne dönüştürülerek değerlendirilebilmesidir. Tarsus-Karabucak'ta koru ve baltalık olarak işletilen okalıptüs ormanında, Tarsus Orman İşletme Müdürlüğünce yapılan yıllık traşlama kesimleri sonucunda elde edilen yakacak odun ile köklerinden odun kömürü (mangal kömürü) üretimi 1994 yılından beri sürdürülmekte olup, bu üretim çalışmaları giderek yaygınlaşmaktadır. Bu mınıtkada kömür üretimi, geleneksel dik (basit) torluklarla yapılmaktadır. 2001 yılı sonunda kesimi yapılan ağaçların odun vasfındaki emvalinin çoğu kömüre dönüştürülmüş, sökülün ve sökülümekte olan köklerinin önemli bir kısmı da kömür üretimine ayrılacaktır. Tarsus-Karabucak Orman İşletme şefliğı kayıtlarına göre, 2001 yılı istihsalinden elde edilen odunlardan bugüne kadar 220 ton kömür üretilerek piyasaya sürülmüştür. Görülüyor ki, sözü edilen yörede okalıptüs odunundan azımsanmayacak miktardaki kömür üretimi, hem istihdam hem de ekonomiye girdi sağlamaktadır.

1995 yılında 23000 PJ ( $10^{15}$  joule)'lük dünya toplam enerji üretiminin %7'si odun kökenli yakıtlardan oluşmakta olup, bunun %77'si geri kalmış ve gelişmekte olan ülkelerde tüketilmektedir. Kalan %23'ü gelişmiş ülkeler tarafından tüketilmekte ve bu da toplam enerji üretimlerinin sadece %2'sini oluşturmaktadır (FAO, 2001). Saraçoğlu (2001) da, dünyada ormanlardan 2 milyon tam kuru maddeye eşdeğer üründen yararlanıldığı ve 1990'da kesilen ağaçların % 53.9'unun yakacak odun ya da odun kömürü biçiminde enerji kaynağı olarak kullanıldığından söz etmektedir. Bu oran endüstrileşmiş ülkelerde % 12 iken Afrika, Asya ve Latin Amerika'da % 78.5–88.5 arasında değişmektedir. Bu veriler, sanayileri yeterli olmayan ülkelerin kendi doğal kaynaklarını, gelişmiş ülkelerin ise alternatif enerji kaynaklarını tüketmeye yöneldiklerinin bir göstergesidir. Türkiye'deki durumu ise DPT (1995), 1989 yılında ülkemizde üretilen yakacak odun miktarının 5345 kg petrol eşdeğeri (KEP), bunun enerjideki oranının da %10.2 olduğu, bu rakamların 1994'te 5482 KEP'e, toplam enerjideki payının ise %8.6'ya indiğı şeklinde açıklamaktadır. 2000 yılında yakacak odunun toplam enerji içindeki payının %5.8'e ineceğı tahmin edilmektedir. Paydaki bu değışim, yakacak odun yerine diğeri alternatif enerji kaynaklarına yönelmekte olduğumuzu göstermektedir.

FAO (2001), Türkiye'nin 1997 yılı yakacak odun tüketimini 85.71 PJ ( $10^{15}$  joule), odun kömürü tüketimini 0.02 PJ (odun tüketiminin %0.023'ü) olarak vermektedir. Bu, endüstrinin bir çok alanında önemli katkılar sağlayan odun kömürünün ülkemizde sadece mangal kömürü olarak kullanıldığına işaretir.

Okalıptüs (*E.camaldulensis*) odun kömürü ile ilgili bu yazıda, bünyesi kükürt içermediğinden yanma sonucu diğer kömür türlerine oranla havayı daha az kirleten ve yaşantımızda önemli yeri olan odun kömürünün; okalıptüs odunundan üretim şekli ile okalıptüs odun kömürünün özellikleri ve kalitesi irdelenmiştir.

### **1.1. Bir Enerji Kaynağı Olarak Odun Kömürü**

Odun kömürü, odunun havasız bir ortamda kömürleştirilmesiyle elde edilen katı kısımdır. Hava olmayınca odun kül oluncaya kadar yanmaz, fakat kimyasal olarak dekompoze olarak kömür halini alır (Göker ve Akbulut, 1994). TSE (1975)'ne göre odun kömürü, torluklarda odunun az hava akımı ile yakılmasından oluşan (kömürleşen) bir odun ürünüdür.

Plas (1995), bir enerji kaynağı olarak odun kömürünün avantaj ve dezavantajlarını şöyle sıralamaktadır:

#### *Avantajları:*

- 1-Dumansız yanar,
- 2-İyi depolanır,
- 3-Alevsiz yanar,
- 4-Basit ve ucuz bir şekilde üretilir,
- 5-Fosil yakıtlarından  $\frac{1}{2}$  -  $\frac{1}{4}$  daha ucuzdur

#### *Dezavantajları:*

- 1-Tekniğine uygun ocaklarda üretilmediğinde randıman % 8-9 gibi düşük olur ve çevre kirliliğine yol açar,
- 2-Verimsiz sobalarda kullanıldığında verim % 20-35'lere düşer,
- 3-Atmosfere karbondioksit ve metan gazlarını salar.

## 1.2. Odun Kömürünün Kullanım Alanları

Mangal kömürü olarak kullanılmasının yanında Anonim (1987), odun kömürünün siyah barut üretiminde, metallerin yüzey sertleştirilmesinde ve yeni tekniklerin uygulanması sonucu gram başına 300-2000 m<sup>2</sup> yüzey alanına sahip kömürlerin üretilmesiyle bir çok alanda kullanılmakta olduğundan söz etmektedir.

FAO (1987), odun kömürünün bazı uygulama alanlarını aşağıdaki gibi özetlemektedir:

Kimya endüstrisinde (karbon disülfid, sodyum siyanit ve karpit imali), metalurjide (demir filizinin arıtılması, demir silikon ile saf silikon üretimi, çeliğin sertleştirilmesi, bakır filizinin arıtılması, kalay filizinin arıtılması), çimento endüstrisinde yakıt olarak, aktif karbon'a dönüştürülmesi (su arıtma, klorlama, gaz arıtma, pil sanayi, şeker sanayi, ilaç sanayi, katalizör olarak), filtrelemede (içme suyu filtrasyonu, sigara filtresi), gaz jeneratörlerinde (makinelere için gaz üretimi, içeceklerin karbonizasyonu), meyvelerin kurutulmasında, baskı endüstrisi gibi birbirinden çok farklı ve çok sayıda endüstri alanında kullanılabilmektedir.

## 1.3. Odunun Kömürleştirilmesi ve Oluşan Ürünler

Kömürleşme (karbonizasyon) süreci 4 aşamada gerçekleşmektedir (Ferreira, 2000) :

1-Odun kurutma aşaması; higroskopik olarak emilen (absorbe edilen) suyun buharlaşması ile odunun kurutulmasıdır. Kurutma ısı aralığı 100-200 °C arasında değişir.

2-İlk kömürleşme aşaması; bazı kimyasal maddelerin (asetik asit, formik asit, su buharı, katran) ve yoğunlaşmayan gazların (metanol, etanol, hidrojen, karbonmonoksit, karbondioksit) oluştuğu ve sıcaklığın 180-200 °C'ye 250-300 °C'lere ulaştığı endotermik (ısı alma) safhasıdır.

3-Kömürleşme aşaması; 250-300 °C arasında odun enerji serbest durumuna geçmekte ve ısı vermeye başlamaktadır.

4-Son kömürleşme aşaması; 300 °C'nin üstündeki sıcaklıkta üretim süreci sona erer ve odun kömürü meydana gelir.

Okaliptüsün türlerinden *E.grandis*'te yapılan bir çalışmada (Anonim, 1982a), odunun kömürleştirilmesi sonucu meydana gelen ürünler aşağıdaki şekilde belirtilmektedir:

Odun kömürü (% 86 sabit karbonlu)	% 33
Sıvı ürünler (asetik asit, formik asit)	% 35.5
Katran	% 6.5
Yoğunlaştırılmayan gazlar	% 25

Yoğunlaştırılmayan gazların bileşenleri (Anonim, 1982b) :

Hidrojen	% 0.63
CO	% 34
CO <sub>2</sub>	% 62
Metanol	% 2.43
Etanol	% 0.13

#### **1.4. Torluk (Ocak) Kurma ve Yanma Olayı**

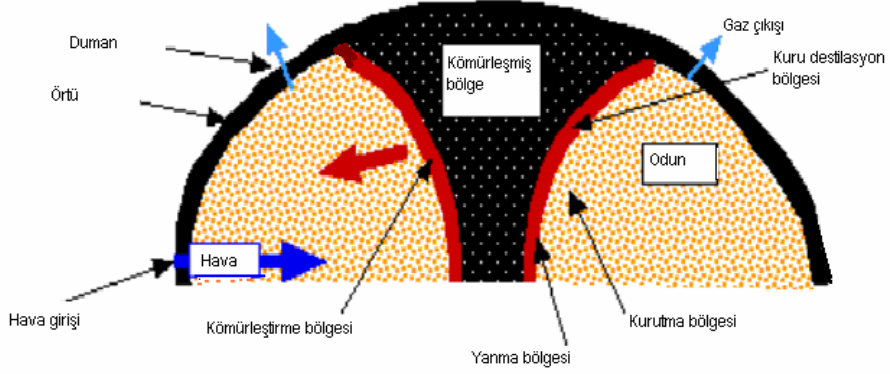
Torluk, mangal kömürü elde etmek üzere odunların genel olarak paraboloid şeklinde ve belli bir düzene göre istif edilerek üzerinin örtülmesi suretiyle yapılan bir ocaktır (TSE, 1975). Odun kömürü çoğunlukla torluklarda üretilmektedir. Torluk kurulacak yer, kömür oluşumunda önemlidir. Rüzgarın fazla etkili olduğu ve geçirgen bünyeye sahip topraklar üzerinde torluk kurulmamalıdır. Çünkü bu ortamlarda torluğa girecek olan hava odunların hızla yanarak kömürleşmesine neden olacak ve kül oranı yüksek, verimsiz bir kömür elde edilecektir. Bozkurt ve Göker (1981), torluk kurmak için en uygun toprağın killi kumlu topraklar olduğunu, bunların hem hava cereyanını sağlaması hem de kömürleşme sırasında meydana gelen ve sızan sıvı haldeki maddelerin ve katranın süzülmesini kolaylaştıracağını belirtmişlerdir.

Üç tip torluk bulunmaktadır. Bunlar; dik torluklar, yatık torluklar ve madeni torluklardır. Göker ve Akbulut (1994), odun kömürü üretiminin geçmiş yıllarda dik torluklarda üretildiğini, şimdi ise batı ülkelerinde mangal kömürü üretiminde taşınabilir metal ocakların yaygın olarak kullanıldığını belirtmişlerdir. Ancak maliyetin yüksek olması nedeniyle bunun yerine ülkemizde halen dik torluklar kullanılmaktadır.

Karabucak'ta okaliptüs odun kömürü genellikle, ince çaplı ve iyi kurutulmayan odunlar kullanılarak elde edilmekte olup, üretim dik torluklarda gerçekleştirilmektedir. Dik torluklarda odunlar, ortasına baca görevini sağlayacak bir direk konarak istiflenmekte ve dikine dizilen odunlar paraboloid bir şekle dönüşecek hale getirilmektedir (Resim 1). Yanma sırasında, dış ortamdan havanın girmesini önlemek için istifin üzerine okaliptüs yaprakları ve onun da üzerine killi bir toprak tabakası örtülmektedir. Torluğu sağlamlaştırmak için alt taraflarına odun parçalarından destekler konmaktadır. Odunların istif işlemi tamamlandıktan sonra ortadaki sıruk çıkartılıp içine köz atılarak yakma işlemine başlanmakta, ateşin ilerlemesini sağlamak için torluğun herhangi bir yerinden dairesel bir biçimde *gerdan* denilen bir oluk açılmaktadır. Bozkurt ve Göker (1981) bu aşamayı; "Önceleri bu deliklerden su buharı çıkmakta, daha sonraları ise sarı renkte bir duman yükselmektedir. En sonunda karbon monoksitten ibaret mavi renk meydana gelir. Mavileşme görülünce kömürleşme sona ermiş demektir" şeklinde ifade etmiştir. Şekil 1'de ise basit torlukta yanmanın ve yanma sonucu kömürleşmenin nasıl gerçekleştiği ve yanma yönü gösterilmektedir. Basit bir torlukta kömürleşme, istif hacmine bağlı olarak yaklaşık 10-14 gün içerisinde gerçekleşmektedir.



**Resim: 1- Basit (Dik) Torluk için Odunların İstiflenmesi**  
Photo : 1- Arrangement of Wood in the Simple Kiln



**Şekil : 1- Basit Torlukta Ateşin İlerleyişi ve Kömürleşme (Harris, 1999).**  
 Figure: 1- Progressing of Fire in the Simple Kiln and Carbonization (Harris, 1999).

Berkel ve Huş (1953), basit (dik ve yatık) torluklarda üretim yapmanın uzun zamana ve bunun da iş kaybına neden olduğunu, ancak basit torlukların madeni ocaklara oranla daha zengin ve randıman bakımından daha yüksek bir kömür verdiklerini ve bunun nedeni olarak da basit torlukların hararet muhafazasının seygar madeni ocaklara nazaran daha uygun olduklarını belirtmektedirler. Ancak Göker ve Akbulut (1994), seygar madeni ocaklarda kömür üretmenin; hava girişi ve gaz çıkışının iyi kontrol edilebilmesi, hızlı ve kolay işletilebilmesi, bakım giderlerinin daha az olması, %25 gibi daha yüksek verimin gerçekleşmesi ve kömürleştirme süresinin daha az (2-3 gün) olması gibi avantajlarından söz etmektedirler.

Bir torluğun hacmi, çevresi ile yüksekliğine bağlı olarak değişmektedir. Torluk hacmi aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmaktadır (Bozkurt ve Göker,1981);

$$V = \frac{C^2 \cdot h}{8 \pi} \sim \frac{C^2 \cdot h}{25} \quad (m^3)$$

V= Hacim (m<sup>3</sup>)

C = Torluğun çevresi (m)

h = Torluğun yüksekliği (m)

## 1.5. Okalıptüs Odun Kömürünün Kalitesi

FAO (1985)'ya göre kömürün kalitesi; nem içeriği, uçucu madde oranı, kül içeriği, karbon içeriği, fiziksel özellikleri, adsorbsiyon kapasitesine göre belirlenir.

Kömür verimini etkileyen etkenlerden biri de ağaç türüdür. Odundaki lignin miktarının artması, kömür verimi üzerinde olumlu etkiye sahiptir. Bundan dolayı sağlam odunlar tercih edilir. Odunun yoğunluğunun da yüksek olması tercih edilir, ancak çok yüksek yoğunluğa sahip odunlar kömürleşmesi sırasında kırılma eğiliminde olduklarından dolayı gevrek kömür verirler. Genellikle en iyi sonuçları, orta ve yüksek yoğunluğa sahip sağlam ve sert ağaçlar vermektedir. Odunlar mümkün olduğu kadar kuru olmalı ve 20 cm'den kalın olmalıdır (Göker ve Akbulut, 1994).

FAO (1979)'ya göre, okalıptüs odunundan mükemmel yakın odun kömürü elde edilmektedir. Okalıptüs kömürünün bir avantajı, yanarken patlama yapmamasıdır.

FAO (1979)'da %20 rutubet içerikli okalıptüs odununun ısıtma değerinin 16000 kJ/kg = 3824 Kcal/kg, kömürünün ise 28000 kJ/kg=6692 Kcal/kg olduğu belirtilmiştir. Saygıdeğer (1987), Tarsus-Karabucak'ta 5 okalıptüs türünün odununda yapmış olduğu kalori ölçümlerinde bu değere en yakın türün *E.tereticornis* (3797.8 Kcal/kg) olduğunu, *E.camaldulensis* odununun ise 4269.4 Kcal/kg ile en yüksek kalori değerine sahip olduğunu belirlemiştir.

Çeşitli ağaç türleri odunlarının basit torluklarda kömürleştirilmesinde elde edilen randımanlar şu şekildedir (Berkel ve Huş, 1953):

Ağaç cinsi	Kömür Randımanı (%)	
	Ağırlık	Hacim
Meşe	26.8	53.1
Kayın	22	55.9
Kestane	24.4	56.7
Kocayemiş	27.7	40

Yaptığımız değerlendirmeler sonucu *E.camaldulensis*'in kömür randımanı, ağırlık bakımından yaklaşık %24.9, hacim bakımından ise

%56.8 çıkmıştır. Bu değer diğer yapraklı ağaç türlerine yakındır. Hatta Uçar (1988) Brocksiepe'ye atfen; odunun yaklaşık 400 °C'lik sıcaklıkta gerçekleştirilen kömürleştirilmesi sonucunda okalıptüste %36.5, çamda %32.8, meşede %35.7, kayında %32.5 odun kömürü elde edildiğini ifade etmektedir. Bu sonuçlar, tekniğine uygun kömür üretimi yapıldığında ağaç türleri içinde okalıptüsün en yüksek randımanı verebileceğini göstermektedir.

Kömür randımanın düşük çıkmasının nedeni; kömür yapılan odunun nem içeriğinin yüksek olması (%20 nem içerikli olmalı), torluğa hava girişi ve gaz çıkışı kontrolünün tam yapılamaması, torluk yerinin çok havadar olması, kullanılan odunların düşük çaplı olması (en ideal çap 20 cm) gibi unsurlardır.

## 1.6. Tarsus - Karabucak'ta Üretilen Okalıptüs Odun Kömürünün Özellikleri

**İrilik** : Okalıptüs kömür örneklerinin iriliği TSE (1975)'ye göre belirlenmiştir. Yapılan eleme sonucunda; 0-20 mm (kırık) iriliğinde %40, 20-40 mm (parça) iriliğinde %46 ve 40 mm'den büyük (elleme) irilikte %34 oranında bulunmuştur. Bu sonuçlar TSE (1975) standardına göre I. ve II. sınıfa girmemiş ve sözü edilen koşullarda üretilen odun kömürü kırık ve parçalı yapılı bulunmuştur. Fakat III. kalite sınıfında irilik özelliği aranmadığından, okalıptüs odun kömürü irilik bakımından III. sınıfa girdiği söylenebilir.

**Rutubet Miktarı** : Sabit ağırlığa ulaşana kadar (103 °C ± 2 °C) kurutulan örnekte meydana gelen ağırlık kaybının, ilk ağırlığına oranı örneğin rutubet miktarını vermektedir. Rutubet miktarı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\text{Örneğin Rutubeti (\%)} = \frac{\text{Örneğin yaş ağırlığı} - \text{Örneğin. tam kuru ağı.}}{\text{Örneğin yaş ağırlığı}}$$

*E.camaldulensis* odunundan üretilen kömürün rutubet miktarı %4.6 oranında bulunmuştur. Odun kömürünün rutubet miktarı en çok %12 olmalıdır (Bozkurt ve Göker, 1981; TSE, 1988). *E.saligna*'nın kömüründe rutubet %5.1, meşe'de ise %3.5 bulunmuştur (FAO, 1987).

Bu sonuçlara göre, okalıptüs odun kömürünün rutubet içeriğinin standartlara uygun olduğu görülmektedir.

**Birim Hacim Ağırlığı:** Kömür numunesi hacmi ve ağırlığı önceden belirlenmiş bir tenekeye aralarında boşluk bırakılmayacak şekilde iyice yerleştirilmiştir. Teneke tartıldıktan sonra darası çıkartılarak kömürün ağırlığı bulunmuştur.

$$\text{Birim Hacim Ağırlığı (kg / m}^3\text{)} = \frac{\text{Ağırlık (kg)}}{\text{Hacim (m}^3\text{)}}$$

Yukarıdaki formül ile okalıptüs kömürünün birim hacim ağırlığı 235 kg/m<sup>3</sup> olarak hesaplandı. TSE (1975)'de, standartlara uygun odun kömürünün birim hacim ağırlığının 210-280 kg/m<sup>3</sup> arasında olması gerektiğinden elde edilen sonuca göre okalıptüs odun kömürü standartlara uygun düşmektedir denilebilir.

**Uçucu Madde Oranı:** Uçucu madde, kül fırınında belli bir sıcaklıkta (950 °C'ye kadar) belli bir süre ağzı kapalı krozelerde ısıtılan kömürün uçabilen kısmıdır. Bu maddeler bazı sıvı ve katran maddelerinden oluşmaktadır. Kömürleştirme sıcaklığı arttıkça kömürde verim düşmektedir. Bir numunenin uçucu madde yüzdesi şu formülle hesaplanır:

$$\text{Uçucu madde(\%)} = \frac{\text{Num. tam kuru ağ.} - \text{Kül fırınından num. ağ.}}{\text{Numunenin tam kuru ağırlığı}} \times 100$$

Bu çalışmada, okalıptüs odun kömüründe %18.8 oranında uçucu madde belirlenmiştir. *E.saligna*'da bu oran %25.8, meşe'de %13.3 olarak bulunmuştur (FAO, 1987). TSE (1988), I. sınıf odun kömüründe en çok %17 oranında uçucu madde olabileceğini öngörmektedir. Diğer sınıflar için bu miktar aranmamaktadır. Bu durumda okalıptüs kömürünün uçucu madde bakımından aranan özellikler içerisinde olduğu ancak I.sınıf içinde yer almadığı söylenebilir.

**Kül Oranı:** Kömürün çok yüksek sıcaklıkta (750 °C) ısıtılması sonucu yanan maddelerden geriye kalan anorganik mineral maddeler (silis,

kalsiyum ve magnezyum oksit) kül olarak adlandırılır. Kül yüzdesini hesaplamak için kullanılan formül şu şekildedir:

$$\text{Kül (\%)} = \frac{\text{Kül fırınından çıkan miktar}}{\text{Numunenin tam kuru ağırlığı}} \times 100$$

Kömürün kül miktarı kullanılan ağaç türüne göre %0.5 ile %5'ten fazla olabilir (Göker ve Akbulut, 1994). Yapılan çalışmada, okaliptüs odun kömürünün kül içeriği %5.9 çıkmıştır. Oysa bu oran *E.saligna*'da %2.6, meşe'de %2.1 olarak bulunmuştur (FAO, 1987). TSE, (1988)'ye göre I. sınıf odun kömüründe en çok %2, II. sınıfta %2.5, III. sınıfta ise %4 oranında kül bulunmalıdır. Bu durumda üretilen kömürün TSE standartları dışında kaldığı görülmektedir. Okaliptüste kül içeriğinin yüksek çıkması, kurulan torluklarının hava giriş ve çıkışlarının iyi kontrol edilememesinin yanında kömür yapımında kullanılan odunların ince çaplı ve nem içeriklerinin yüksek olması ve bunun sonucu olarak da üretilen kömürün ince bünyeli olmasından kaynaklanmaktadır. Böylece okaliptüs kömürünün yüksek kül içeriği bulundurduğu ve bu nedenle kolay yanabilen bir kömür olduğu söylenebilecektir.

**Sabit Karbon (C) Miktarı :** Göker ve Akbulut (1994), odun kömürünün sabit karbon miktarının %50 ile %95 arasında değiştiğini, iyi kalitede bir kömürün sabit karbon miktarının ise %75 civarında olması gerektiğini bunun da kömürleştirme sıcaklığına bağlı olduğunu ifade etmektedirler. Sabit karbon oranı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Karbon} = 100 - (\% \text{ rutubet} + \% \text{ kül} + \% \text{ uçucu madde})$$

Yapılan çalışmada, okaliptüs odun kömürünün sabit karbon içeriği %70.8 bulunmuştur. *E.saligna*'da bu oran %66.8, meşe'de %81.1 olarak bulunmuştur (FAO, 1987). Sanabria ve Paz (2001), Almeida (1983)'e atfen; 450 °C'lik final kömürleştirme sıcaklığında %76.42, 500 °C'de %80.34 karbon tespit etmiştir. Bu durumda, *E.camaldulensis* kömürü üretilirken final kömürleştirme sıcaklığının 450 °C'nin altında olabileceği buna rağmen sabit karbon içeriğinin kabul edilebilir düzeyde olduğu söylenebilir.

**Isıtma gücü (Kcal/kg) :** Anonim (1992) kaloriyi, “Normal atmosfer basıncında ısınma ısı 15 °C’lik suyunkine eşit olan bir cismin bir gramının sıcaklığının 1 °C yükseltmek için gerekli ısı miktarına eşit olan ısı birimi” olarak tanımlamıştır. TSE (1975)’ye göre I. sınıf odun kömürü en az 7500, II. sınıf 7000, III. sınıf ise 6500 Kcal/kg olmalıdır.

Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya bölümünün yapmış olduğu kalori tayininde; okalıptüs odun kömürünün ısıtma değeri 7155 Kcal/kg olarak çıkmıştır. TSE (1988)’ye göre bu değer ile okalıptüs odun kömürü, II. sınıf odun kömürü kapsamına girmektedir. FAO (1979), okalıptüs odun kömürünün ısıtma değerini 6692 Kcal/kg olarak vermişti. Brezilya’da madeni ocaklarda meşe odunundan elde edilen kömürün ısıtma değeri 7764 Kcal/kg olarak verilmiştir (FAO, 1985).

FAO (1987), biyolojik yakıtların ısıtma değerlerini ise şöyle vermiştir: yaş odun 15000 KJ/kg (Kjoule=0,2389 Kcal), kuru odun 19000 KJ/kg, kok kömürü 30000 KJ/kg, fuel oil 44000 KJ/kg, doğal gaz 45000 KJ/kg, gaz yağı 46000 KJ/kg ve odun kömürü 31000 KJ/kg (7400 Kcal/kg). Odun kömürünün biyolojik yakıtlar içinde azımsanmayacak bir yere sahip olduğu görülmektedir.

## **2. SONUÇ VE ÖNERİLER**

Dumansız ve alevsiz yanması, basit ve ucuz üretilmesi, mangal kömürü (pişirme, ısınma) kullanılmasının yanında çok geniş kullanım alanına sahip olması, yüksek ısıtma değerine sahip olması ve kükürt içermemesi nedeniyle yanarken havayı fazla kirletmemesi odun kömürü üretimini cazip hale getirmektedir. Ayrıca odun kömürü üretimi, ormanda üretim artıklarının ve kırık dalların rasyonel bir şekilde değerlendirilmesine ve çok önemli yan ürünler elde edilmesine de olanak sağlamaktadır.

Odun kömürünü okalıptüsten üretmenin önemi; okalıptüs odunundan randımanlı kömür elde edildiği (ağırlık bakımından %24.9, hacmen %56.8), istihsal artıkları ve kesilen ağaç köklerinin tamamının kullanılabilmesi ve kömürünün patlama yapmadan yanması gibi artıları bulunmaktadır. Elde edilen kömürün randımanının artırılması için; kömür yapılan odunun nem içeriğinin yüksek olmaması (yaklaşık %20

nem içermeli), torluğa hava girişı ve gaz çıkışının kontrolünün tam yapılması, torluk yerinin çok havadar olmaması ve kullanılan odunların düşük çaplı olmaması (20 cm'den kalın çaplı olmalı) gerekmektedir. *E.camaldulensis* odunundan üretilen kömürün fiziksel ve kimyasal özellikleri: rutubet içeriği %4.6, birim hacim ağırlığı 235 kg/m<sup>3</sup>, uçucu madde içeriği %18.8, karbon miktarı %70.8 ve ısıtma değeri 7155 Kcal/kg ile standartlara uygun özelliklerde çıkmıştır. Standartların üzerinde (%5.9) kül içeriğine sahip olması, kolay yanabilen bir kömür olacağını göstermektedir. Yüksek kül içeriğinin nedeni olarak, yukarıda sözü edilen şartlara uygun üretim yapılmamasından kaynaklandığını söylenebilir.

Tarsus-Karabucak'taki okalıptüs ormanından 2001 yılı istihsalı sonucu elde edilen odunlardan 220 ton kömür üretilmesiyle, hem istihdam hem de ekonomiye katkı sağlanmıştır. Bu katkıları daha da artırmak için; odun kömürü üretiminin uygun ortamlarda yetişmiş personel ile yapılması, gelişmiş tekniklerin (madeni ocaklarda üretim) uygulanması ile daha verimli-kaliteli odun kömürü elde edilebilecektir. Kömür üretimine obje olacak hızlı gelişen ağaç türleriyle ağaçlandırmaların yaygın bir şekilde sürdürülmesi ve enerji ormancılığı projelerinin geliştirilmesi zorunluluk oluşturmaktadır.

Yenilenemeyen enerji kaynaklarının hızla tüketilmesi, insanlığı yenilenebilir ve alternatif kaynaklara yönlendirmektedir. Bu kaynaklar içerisinde biyo-kütlenin önemli bir yeri bulunmaktadır. Biyolojik kütlenin neredeyse tamamını ormanlar oluşturmaktadır. Oduna olan gereksinimi karşılamak ve bu arada da ormanlar üzerindeki baskıyı azaltmak için biyolojik kütle üretimini artırıcı önlemler alınmalıdır. Bunun için rasyonel ve sürdürülebilir enerji politikaları ile verimli ormancılık uygulamalarına girişilmelidir.

## **TEŞEKKÜR**

Bu çalışmada her türlü yardımı gösteren Araştırma Müdürlüğümüz yönetici ve çalışanlarına, kömür üretimi ile ilgili kayıt ve bilgileri veren Tarsus Orman İşletme Müdürlüğüne, çeşitli ölçümlerde ve örnek almamızda destek sağlayan kömür üreticilerine ve kömür örneklerinin kalori tayininin laboratuvarlarında yapılmasına olanak sağlayan Orta Doğu Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Ali Gökmen ve bölüm çalışanlarına teşekkür ederim.

## YARARLANILAN KAYNAKLAR

- ALMEIDA, J.M., 1983** : Efeito da Temperatura Sobre Rendimiento e Propriedades Dos Productos da Carbonizacao de Eucalyptus grandis. Tesis de Meastria en Ciencias, Universidad Federal de Vicosa, Minas Gerais, Brasil.
- ANONİM, 1982a** : State of the Art Report on Charcoal Production in Brasil, Florestal Acestia S.A.
- ANONİM, 1982b** : Produção e Utilização do Carvão Vegetal. CETEC-Série Publicações Técnicas, 008.
- ANONİM, 1987** : Ana Brittanica Genel Kültür Ansiklopedisi, 15.Baskı, Cilt:11, İstanbul.
- ANONİM, 1992** : Meydan Larousse, Cilt:10, İstanbul.
- BERKEL, A., HUŞ, S., 1953** : Seyyar Madeni Kömür Ocaklarında Kömür İmaline ait Araştırmalar. İ.Ü. Orman Fak. Dergisi, Seri A, Cilt III, Sayı: 1 ve 2, s.17-27, İstanbul.
- BOZKURT, A.Y., GÖKER, Y., 1981** : Orman Ürünlerinden Faydalanma. İ.Ü. Orman Fak. Yayın No:297, 432 s. İstanbul.
- BROCKIEPE, H.G.** : Holzverkohlung- In: Ullmanns Encyklopadie der Technishen, Chemie, Weinheim, Verl. Chemie.
- DPT, 1995** : VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı (1996-2000), 307 s. Ankara.
- FAO, 1979** : Eucalypts for Planting, FAO Series No:11, 677 p. Rome.
- FAO, 1985** : Industrial Charcoal Making. FAO Forestry Paper 63, Rome.
- FAO, 1987** : Simple Technologies for Charcoal Making. FAO Forestry Paper 41, Rome.
- FAO, 2001** : What is Forest Energy. FAO Forestry Forum, Web Site: <http://www.fao.org/forestry/FOP/FOPH/ENERGY/import-e.stm>
- FERREIRA, O.C., 2000** : Emission of Greenhouse Effect Gases in Vegetal Coal Production. <http://ecen.com/eee20/emicarve.htm>
- GÖKER, Y., AKBULUT T., 1994** : Odun Kömürü ve Seyyar Madeni Kömür Ocaklarında Üretimi. İ.Ü.Orman Fak. Dergisi, Seri B, Cilt 44, Sayı: 3-4, s.35-49, İstanbul.
- HARRIS,P.J.F., 1999** : On Charcoal. Department of Chemistry, University of Reading, UK. Science Reviews, Vol.24, No.4, pp.301-306.
- PLAS, R. van der, 1995** : Burning Charcoal Issues. FDP Energy Note No.1, Web Site: <http://www.worldbank.org>
- SANABRIA, E.O., PAZ, J.M., 2001** : Pyrolysis of Woo. Web Site: <http://www.unne.edu.ar/cyt/2001/7-Tecnologicas/T-077.pdf>
- SARAÇOĞLU, N., 2001** : Türkiye'nin Uluslararası Enerji Politikalarında Enerji Ormanlarının Önemi. 1.Ulusal Ormancılık Kongresi, Türkiye Ormancılar Derneği, s.183-194, Ankara.
- SAYGIDEĞER, S., 1987** : Tarsus-Karabucak Eucalyptus Ormanlarında Bazı Eucalyptus Türleri Arasında Büyüme Hızı, Verim ve Kalori Değerleri Karşılaştırmaları. Kavak ve Hızlı Gelişen Yabancı Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Dergisi, 1987/1, İzmit.
- TSE, 1975** : Odun Kömürü. TS 1987, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- TSE, 1988** : Odun Kömürü-Kimyevi analiz. TS 6092, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- UÇAR, G., 1988** : Odun ve Orman Artıklarının Enerji ve Kimyasal Madde Kaynağı Olarak Değerlendirme Olanakları. İ.Ü.Orman Fak. Dergisi, Cilt 38, Seri B, Sayı 1, s.76-91, İstanbul.