

## **BAZI YERLİ KÖMÜRLERİN TERMOGRAVİMETRİK KARAKTERİSTİKLERİNE İSTATİSTİKSEL YAKLAŞIM**

### **A STATISTICAL APPROACH TO THE THERMOGRAVİMETRIC CHARACTERISTICS OF SOME TURKISH COALS**

**Cem ŞENSÖĞÜT, Ö. Serdar YILDIRIM, İbrahim ÇINAR ve A. Hadi ÖZDENİZ**  
*Selçuk Üniversitesi, Müh. Mim. Fak., 42079 Kampüs-Konya*

#### **ÖZET**

Kömüre uygulanan ısı işlem metotları ile, kömürün birtakım fiziksel özellikleri sıcaklığın bir fonksiyonu olarak tespit edilebilir. Bu konu üzerine literatürde rastlanan en yaygın teknikler; diferansiyel termik analiz, termogravimetric analiz ve diferansiyel termogravimetric analiz teknikleridir.

Bu çalışmada bazı Türk kömürlerinin termogravimetric davranışları ile birlikte fiziko-kimyasal özellikleri belirlenmiştir. İlave olarak, kömürün termogravimetric davranışları ve fiziko-kimyasal özellikleri arasındaki ilişki istatistiksel olarak verilmiştir.

#### **ABSTRACT**

A number of physical features of coal can be determined as a function of temperature through the methods of thermal treatment applied to coal itself. The most common techniques given in literature on this matter are the differential thermal analysis, the thermogravimetric analysis and the differential thermogravimetric analysis techniques.

In this work, both the thermogravimetric behaviour and the physico-chemical characteristics of some Turkish coals have been determined. Additionally, the relationship between the thermogravimetric behaviour and the physico-chemical characteristics of the coal have also been given in a statistical manner.

## 1. GİRİŞ

Kömürlere uygulanan ısı analiz yöntemleri ile kömürlere ait bazı fiziksel özellikler ölçülebilmektedir. Bu çalışmalarda amaç, ısı karşısında oluşan nem kayıpları ve ağırlık azalmaları ile birlikte reaksiyon ısıları ve faz dönüşümlerinin bulunmasıdır (Sütçü ve ark., 1999). Literatürde çoğunlukla değinilen teknikler, diferansiyel termik analiz (DTA), termogravimetrik (TG) analiz ve diferansiyel termogravimetrik (DTG) analiz teknikleridir. Belirtilen bu ısı analizlerin kömürlere uygulanabilmesi için aşağıdaki şartlar yerine getirilmelidir (Küçükbayrak, 1998):

- kömürün fiziksel bir özelliği ölçülmelidir,
- yapılan bu ölçüm, doğrudan veya dolaylı olarak sıcaklığın bir fonksiyonu şeklinde ifade edilmelidir ve
- sıcaklık, ölçüm sırasında kontrollü olarak arttırılmalıdır.

Bu çalışmada, ülkemizin belli başlı linyit ve taşkömürü işletmelerinden alınan on adet kömür numunesinin fiziko-kimyasal ve termik özellikleri ile bunların istatistiksel yorumları üzerinde durulmuştur.

## 2. DİFERANSİYEL TERMİK ANALİZ (DTA)

Bu yöntemde, fırın sıcaklığı ile analiz edilen kömür numunelerinin sıcaklığı arasındaki fark ( $\Delta T$ ) kaydedilmekte, oluşan endotermik ve ekzotermik reaksiyonlar ısı analiz eğrileri ile belirlenmektedir. Eğrilerde görülen piklerin meydana getirdikleri alanlar gözönünde bulundurularak, açığa çıkan ve absorblanan reaksiyon ısıları hesaplanabilmektedir. DTA'nın kullanımı ile saptanabilen kömüre ait özellikler şöyledir (Pope ve ark., 1977; Küçükbayrak, 1998):

- |                                             |                                     |
|---------------------------------------------|-------------------------------------|
| - tahmini yaş                               | - tutuşma sıcaklığı                 |
| - çeşitli gaz atmosferlerinde karbonizasyon | - kendiliğinden yanmaya yatkınlık   |
| - mineral bileşenleri                       | - minerallerin faz değişimi         |
| - minerallerin erime sıcaklıkları           | - yanma eğrisi                      |
| - piroliz                                   | - sıvılaştırma                      |
| - hidrojenasyon                             | - ekz. ve end. reaksiyonlardaki ısı |

## 3. TERMOGRAVİMETRİ (TG)

Termogravimetrik analizde, numune azot atmosferinde sabit bir hız ile ısıtılıp/soğutulurken, ağırlığındaki değişme zamana veya sıcaklığa bağlı olarak kaydedilmektedir. Elde edilen eğriler ile, numune ağırlığının ısı etkisiyle nasıl değiştiği tespit edilebilmektedir. Kömürde ısı etkisiyle meydana gelen ve kütle değişikliğine sebep olan reaksiyonlar, en hassas bir şekilde termogravimetrik analiz yöntemiyle incelenebilir (Karatepe ve ark., 1992).

## 4. DİFERANSİYEL TERMOGRAVİMETRİ (DTG)

Diferansiyel termogravimetrik analizde ise, numunedeki ısı etkileşim nedeniyle meydana gelen ağırlık değişiminin zamana göre birinci türevi alınmaktadır. Bu

yöntemle elde edilen eğrilerde, eğn altında kalan kısımda gerçekleşen toplam ağırlık değişimi görülmektedir.

## 5. DENEY KOŐULLARI

Deneysel çalışmalarda kullanılan cihaz 25-1600°C aralığında alışan Netsch firmasının STA 429/3/6 modelidir. Bu cihaz ile katı sistemlerde ısı etkisi ile meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişimler incelenebilmektedir.

Termik zelliklerin tayininde kullanılacak on adet değişik linyit ve taşkömürü ocaklarına ait kömür numunesinin nem, uçucu madde (UM), sabit karbon (SK), k! ve toplam kükürt (TK) analizleri gravimetrik yöntemler ile tespit edilmiştir (izelge 1).

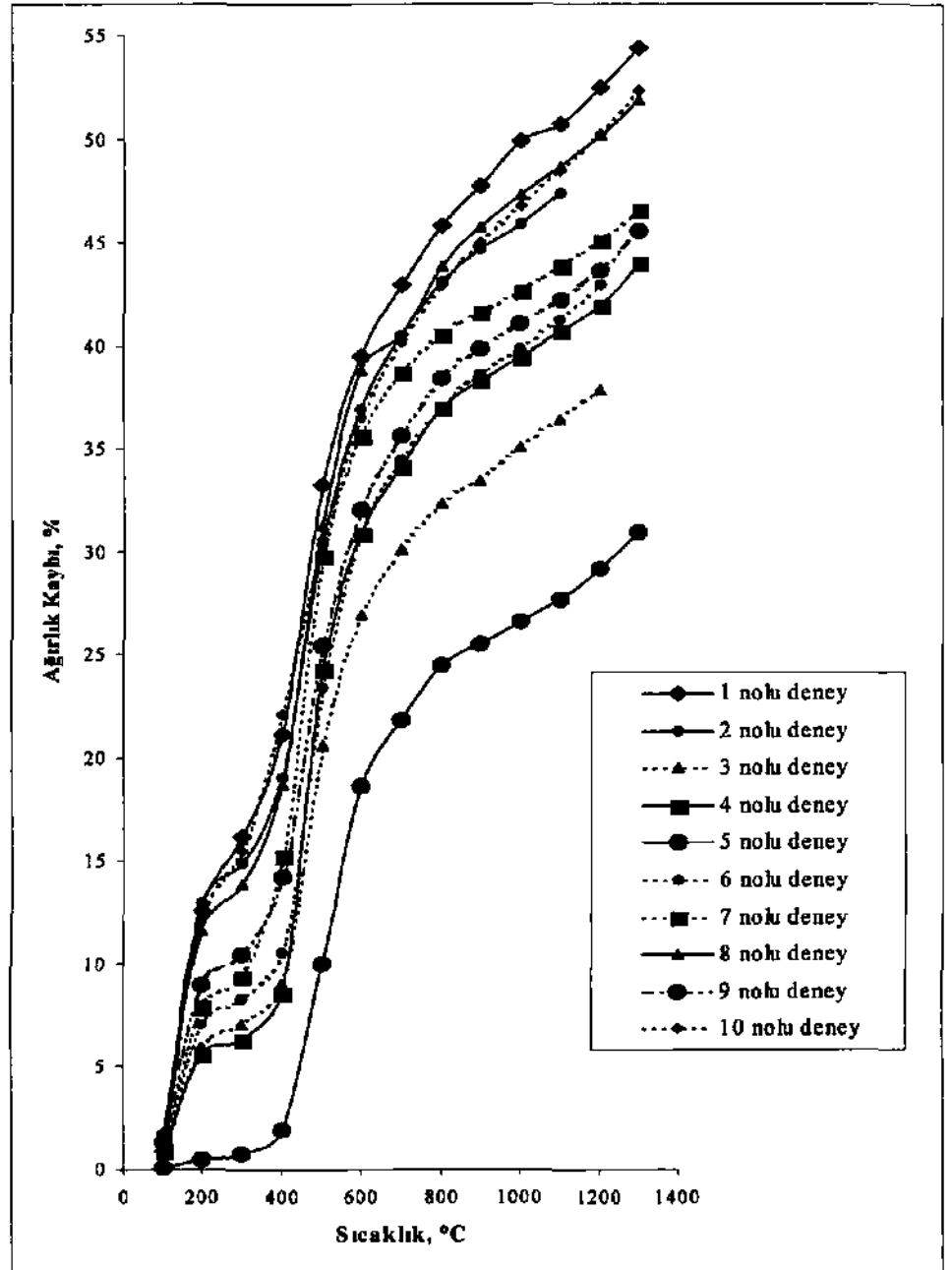
Çizelge 1. Kömür numunelerinin alındığı yerler ve zellikleri.

| Den No | Numunenin alındığı yer                       | Sertlik (Shore) | -106 um elekalıtı % | Nem % | Kül % | UM %  | SK %  | TK % | A.ID Kcal/kg | CC'  | 02°  |
|--------|----------------------------------------------|-----------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|------|--------------|------|------|
| 1      | Ermenek linyitleri (Polat Madencilik)        |                 |                     | 13,8  | 4,83  | 40,68 | 40,33 | 1,27 | 4968         | 4,62 | 1,51 |
| 2      | Aydın linyitleri (şahmalı İşletmesi)         |                 |                     | 13,96 | 27,61 | 31,39 | 24,69 | 2,35 | 3333         | 4,11 | U    |
| 3      | Oltu linyitleri (Balkaya ocağı)              | 64,4            |                     | 4,38  | 27,76 | 37,43 | 27,86 | 3,73 | 4638         | 2,82 | 1,43 |
| 4      | Oltu linyitten (Harmanbaca ocağı)            | 37,9            | 91                  | 1,36  | 25,03 | 46,33 | 25,56 | 1,72 | 5038         | 3,35 | 1,41 |
| 5      | Taşkömürü (Asma işletmesi)                   | 51,2            | 63,2                | 2,05  | 5,21  | 34,18 | 58,23 | 0,68 | 7791         | 1,42 | 1,5  |
| 6      | Tunblek linyitleri (Ömerler yeraltı ocağı) | 65,1            | 59,22               | 12,02 | 22,54 | 38,32 | 26,76 | 1,34 | 4256         | 3,24 | 1,57 |
| 7      | Oltu linyitleri (Karakutuk ocağı)            | 63,3            | 47,21               | 1,65  | 5,52  | 58,66 | 32,59 | 1,58 | 6089         | 4,13 | 1,2  |
| 8      | Ermenek linyitleri (Kömür İşletmeleri AŐ)    | 49,8            | 66,9                | 3,8   | 6,21  | 60,48 | 28,28 | 1,23 | 5339         | 4,21 | 1,48 |
| 9      | Soma linyitleri (Eynez yeraltı ocağı)        | 58,2            | 53,18               | 10,11 | 20,13 | 44,41 | 24,94 | 0,87 | 4108         | 3,45 | 1,44 |
| 10     | Beypazarı linyitleri (OAL İşletmesi)         | 50,1            | 80,94               | 19,86 | 22,31 | 39,53 | 15,7  | 4,35 | 3625         | 4,13 | 1,56 |

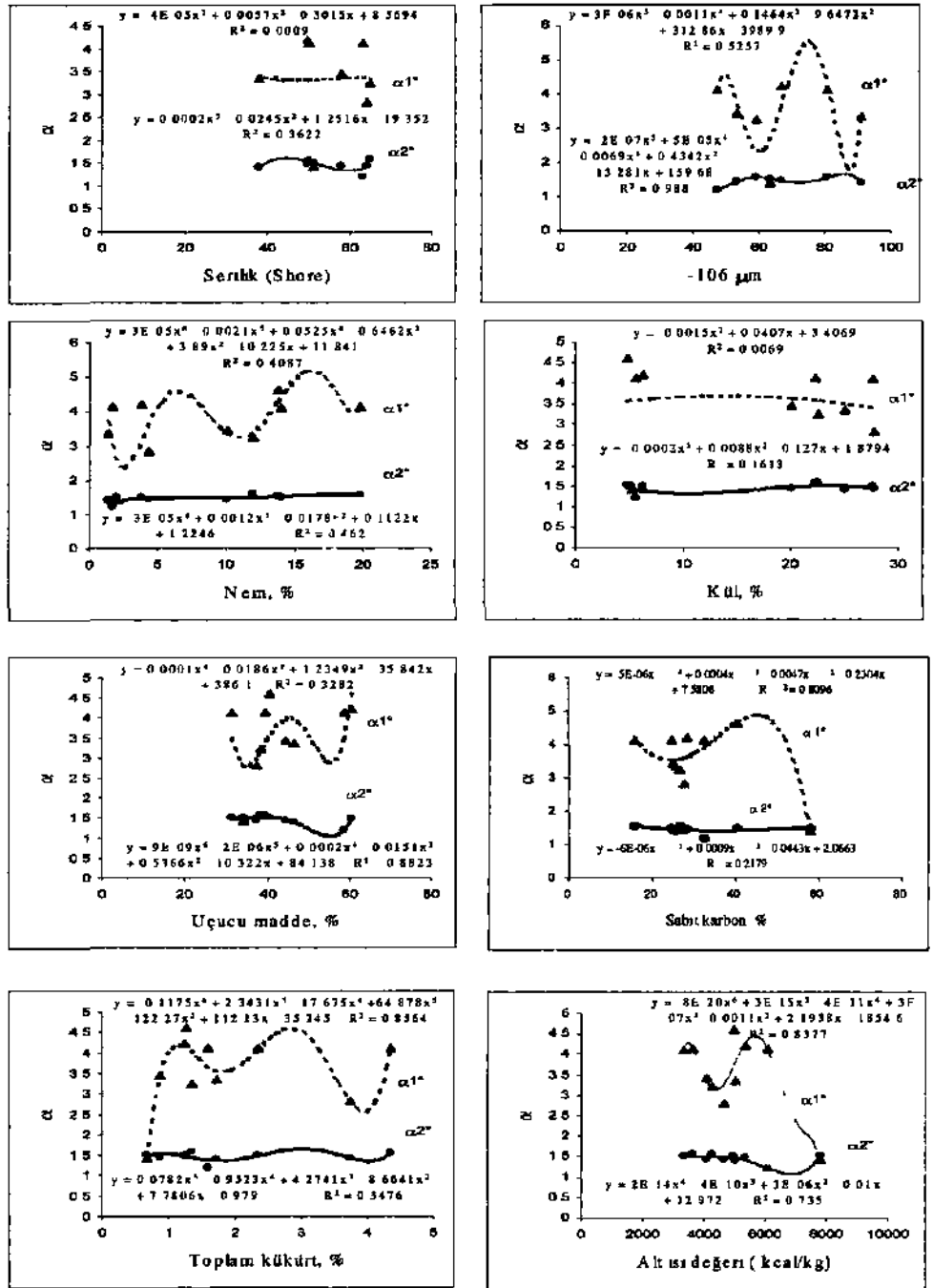
a, TG eğrisinin 500°C'nin altında kalan kısmının eğimi  
 a2 TG eğrisinin 500°C'nin üstünde kalan kısmının eğimi

TG çalışmalarında azot atmosferinde 10°C/dakika'lık ısıtma hızı, 100 mg'lık 106 um altına öğütülmüş örnekler ve 120 mm/saat kağıt hızı ile çalışılmıştır. Isıtma İşlemi başlatılmadan önce 15 dakika süreyle, sistemden azot gazı geçirilerek ortamdaki hava tamamen uzaklaştırılmıştır. Yapılan çalışmalara ait değerlerden TG eğrileri çizilmiş ve bu eğriler şekil 1'de verilmiştir. Burada görüldüğü üzere her bir örneğin ağırlık kaybı bir diğerinden farklılık taşımaktadır. En fazla ağırlık kaybı Ermenek linyitinde, en az ağırlık kaybı ise Asma taşkmrnde gerçekleşmiştir. Elde edilen bu eğrilerin ana değişim noktası ve eğrilerdeki ağırlık kaybının medyan değerı olan 500°C'nin her iki tarafında kalan eğri parçalarının eğimleri belirlenmiş ve sayısallaştırılan bu değerler de izelge 1'de gösterilmiştir. Sayısallaştırılan bu eğimler TG eğrisini karakterize ettiğinden, bu değerlerin kömür numunelerine ait fiziko-kimyasal özellikleri ile istatistiksel değerlendirilmesi yapılarak şekil 2'de verilmiştir.

istatistiksel değerlendirme bilgisayar ortamında Microsoft Excel 97 programı ile yapılmıştır. şekil 2'de verilen her bir grafikte, TG eğrisinin 500°C altında ve üstündeki eğri parçalarının eğim değerleri kullanılarak, kömürün fiziko-kimyasal özelliklerinin TG eğrisi üzerinde ne kadar etkili olduğu gösterilmeye çalışılmıştır.



şekil 1. Kömür numunelerinin TG eğrileri.



Şekil 2. Kömür numunelerinin termogravimetrik ve fiziko-kımyasal özellikler arasındaki istatistiksel ilişki.

## 6. SONUÇLAR

Bu çalışmada gerçekleştirilen deneysel ve istatistiksel yaklaşım ile aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

- Ağırlık kaybı verilerinin medyan değeri göreceli olarak 500°C olarak belirlenmiştir.
- Ağırlık kaybı eğrileri 500°C'nin altındaki ve üstündeki kısımlarının eğimleri belirlenerek, eğriler sayısallaştırılmıştır.
- 500°C'nin altında ağırlık kaybının en şiddetli gerçekleştiği 1 no'lu deneyde kullanılan numune iken, en az gerçekleştiği numune ise 5 no'lu deneye aittir. Bu durum 1 no'lu numunenin linyit, 5 no'lu numunenin taşkömürü olmasından kaynaklanmaktadır.
- 500°C'nin üstünde ise ağırlık kaybının en şiddetli geliştiği durum numune 6'da, en az gerçekleştiği durum ise numune 7'de görülmektedir. Bu durum ise, 6 no'lu Tunçbilek linyitinin tane boyutu ve uçucu madde miktarının 7 no'lu Oltu linyitinin değerlerinden küçük olmasından kaynaklanmaktadır.
- Ağırlık kaybı eğrilerinden ve eğim açılarından görüldüğü üzere 5 no'lu taşkömürü diğer dokuz numuneden çok farklı bir ağırlık kaybı eğrisi oluşturmaktadır.
- Örnek tane boyutu değişiminin 500°C'nin altında ağırlık kaybı değişiminde etkin, 500°C'nin üstünde ise dikkate değer bir etkinliğe sahip olmadığı görülmektedir.
- Sabit karbon içeriği 500°C'nin altında bir etkinliğe sahip iken, ağırlık kaybı bakımından 500°C'nin üstünde İstatistiksel olarak herhangi bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir.
- Toplam kükürt içeriğinin ağırlık kaybı üzerinde 500°C'nin altında bir etkisi söz konusu iken, 500°C'nin üstünde istatistiksel bir yaklaşım yapılamamıştır.
- Alt ısı değer, ağırlık kaybı üzerinde 500°C'nin altında değişken bir etkiye sahip iken, 500°C'nin üstünde doğrusal sayılabilecek bir etkiye sahiptir.
- Uçucu madde içeriğinin ağırlık kaybı üzerindeki etkisi ise 500°C'nin üstünde doğrusal sayılabilecek Özelliğidir.

## KAYNAKLAR

- Karatepe, N. ve Küçükbayrak, S.** (1992) Linyitlerin Uçucu Madde Çıkış Davrammları. *Isı Bilimi ve Tekniği*, C.15, N.1, s.27-33.
- Küçükbayrak, S.** (1998) Kömürün Isıl Analizi, *Kömür Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre Özellikleri*, O. Kural (ed.), Özgün Ofset Matbaacılık, İstanbul, s.113-125.
- Pope, M.I. and Judd, M.D.** (1977) Differential Thermal Analysis, *Coal and Related Carbonaceous Materials*, Hyden and Son Ltd., pp.114-123.
- Sütçü, H., Yakar, İ., Gülen, J. ve Pişkin, S.** (1999) Fiziksel Yöntemlerin Kömürün Kalitesine ve Termal Özelliklerine Etkisi, *1st Bilimi ve Tekniği Kongresi*, Sakarya, s.757-761.