

*Türkiye 12. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, 23-26 Mayıs 2000, Kdz. Ereğli-Türkiye  
Proceedings of the 12th Coal Congress of Turkey, 23-26 May 2000, Kdz Ereğli-Turkey*

## KÖMÜR ÖZELLİKLERİ İLE KENDİLİĞİNDEN YANMA PARAMETRELERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER

### RELATIONS BETWEEN COAL PROPERTIES AND SPONTANEOUS COMBUSTION PARAMETERS

Erdoğan KAYMAKÇI ve Vedat DİDARİ, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Müh.  
Fak., 67100 Zonguldak*

#### ÖZET

Bu çalışmada, Zonguldak Havzası kömür damarlarından alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen zaman-sıcaklık eğrilerinden türetilen kendiliğinden yanma parametreleri ile aynı örneklerin kaba, elementer ve petrografik analizleri sonucunda elde edilen kömür özellikleri arasındaki ilişkilerin araştırılması için uygulanan basit doğrusal regresyon ve çoklu doğrusal regresyon analizi çalışmalarının sonuçları yer almaktadır. Kömür özellikleri birer birer ele alındıklarında, yani basit doğrusal regresyon uygulandığında; kül (K), uçucu madde (UM), karbon (C), hidrojen (H), eksinit (E), inertinit (I) ve mineral maddenin (MM) kendiliğinden yanmayı etkileyen en önemli kömür özellikleri olduğu saptanmıştır. Kendiliğinden yanma parametreleri ile kömür özellikleri arasındaki ilişkiler çoklu doğrusal regresyon analizi yöntemiyle incelendiğinde; kömürün uçucu madde, karbon, hidrojen, azot (N), oksijen (O) ve kükürt (S) içerikleri ile inertinitin (I) yanmaya yatkınlığı etkileyen önemli özellikler olduğu görülmüştür.

#### ABSTRACT

In this study; the results of the linear and multiple regression analyses aiming to determine the relations between the spontaneous combustion parameters derived from the time-temperature curves obtained from the laboratory tests and the coal parameters obtained from the proximate, ultimate and pétrographie analyses have been explained. The linear regression analyses have shown that ash (A), volatile matter (VM), carbon (C), hydrogen (H), eksinite (E), inertinite (I) and mineral matter (MM) are the major factors affecting the spontaneous combustion. The multiple regression analyses have shown that volatile matter, carbon, hydrogen, nitrogen (N), oxygen (O), sulphur (S) and inertinite (I) are the major affecting factors on spontaneous combustion.

## 1. GİRİŞ

Bilindiği gibi tabakalı bir malzeme olan kömür, havanın oksijeni ile doğrudan doğruya yanabilen %55-95 arasında değişen oranlarda serbest veya bileşim halinde karbon içeren, yandığında değişik miktar ve bileşimde kül bırakan organik kökenli tortul bir kayaktır. Hemen bütün kömürler uygun çevre koşullarını buldukları zaman kendiliğinden yanmaya uğrayabilirler. Bununla beraber, çeşitli kömürler farklı bünyesel özellikleri nedeniyle aynı çevre koşullarında farklı tepki göstermektedirler. Bu bildiride, kömürlerin davranış farklılığını açıklayabilmek amacıyla; kesişme noktası esaslı deneylerden elde edilen kendiliğinden yanma parametreleri (kesişme noktası sıcaklığı [KN], ortalama sıcaklık artışı [OSA], Feng, Chakravorty ve Cochrane yanabilirlik indeksi [FCC] ve zaman-sıcaklık eğrisinde örnek sıcaklığı eğrisinin ortam sıcaklığı eğrisini kestiği andaki eğimi [KNE]) ile kömürlerin bünyesel özellikleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Bu ilişkiler yardımıyla, Zonguldak Havzası için olayı en çok etkileyen kömür özellikleri saptanmış ve çoklu regresyon analizi yapılarak havza kömürlerinin kendiliğinden yanmaya yatkınlığının saptanmasında kullanılabilecek bir model geliştirilmeye çalışılmıştır.

## 2. ÖRNEKLEME VE LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Kendiliğinden yanma deneylerinin uygulanması için TTK Karadon bölgesi kömür damarlarından 150'den fazla örnekleme yapılmıştır. Deneyler ve kömür analizleri ZKÜ bünyesinde bulunan laboratuvarlarda gerçekleştirilmiş ve uygulanacak optimum deney koşullarının elde edilmesi için bir seri deneme yapılmıştır. Deney esnasında meydana gelen aksaklıklar nedeniyle (elektrik kesilmesi vb.) 119 örnek değerlendirmeye alınabilmiştir. Bu örneklerin tamamının kaba analizleri (yalnızca 70 örneğin kalorisi saptanmıştır) ve elementer analizleri yapılmış, 40 örneğin ise petrografik analizleri tamamlanabilmiştir.

Kendiliğinden yanma olayı genelde kömür özelliklerinin bir bütün olarak etkisiyle meydana gelmektedir. Kömürlerin kendiliğinden yanmaya yatkınlıkları açısından sınıflandırılması amacıyla kullanılan kesişme noktası sıcaklığı deney tekniği ile, zamana bağlı sıcaklık artış hızları ve kesişme noktası sıcaklığının saptanarak kendiliğinden yanmaya yatkınlıkların değerlendirilmesi, basit ve genel kabul gören bir karşılaştırma yöntemidir.

Yukarıda anılan çalışmaların ayrıntılarına çeşitli yayınlarda yer almaktadır (Kaymakçı ve Didari, 1992; Didari, Kaymakçı ve Toroğlu, 1993; Didari and Kaymakçı, 1995).

## 3. İSTATİSTİKSEL ÇALIŞMA

İki veya daha çok sayıdaki değişken arasında bir ilişkinin bulunup bulunmadığı, eğer varsa bu ilişkinin derecesinin belirlenmesi, deney sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesinin temel yaklaşımıdır. Regresyon analizi olarak tanımlanan bu yaklaşım hakkındaki bazı genel bilgiler ve deneysel veriler üzerinde gerçekleştirilen istatistiksel çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

### 3.1. Genel Bilgiler

İstatistik anlamında iki değişken arasındaki ilişki, bunların karşılıklı değişimleri arasındaki bağıllık şeklinde anlaşılır. Değişkenlerden biri değişirken, diğer değişken de buna bağlı olarak değişiyorsa bu ikisi arasında bir ilişki olduğu söylenebilir. Şayet bu ilişki yeterli derecede kuvvetli ve matematik bir fonksiyonla ifade edilebilir ise, değişkenlerden birine ait değerler bilindiğinde diğerlerine ait olanlar tahmin edilebilir. "İlişkinin derecesi" iki değişken arasındaki bağıllığın kuvvetini ifade eder. Bu bakımdan değerlendirildiğinde uç durumlar; iki değişken arasında ya hiç bir ilişkinin bulunmaması ya da tam ilişki bulunması halidir. Uygulamada karşılaşılan durumlar genellikle bu iki uç halin arasında bulunur. Bu takdirde olumlu (değişkenlerin aynı yönde değişmeleri) veya zıt ilişkiden (değişkenlerden birinin artarken diğerinin azalması) söz edilir. "İlişkinin fonksiyonel şekli" iki değişken arasındaki bağıllığın nasıl bir matematik fonksiyon tipine uyduğunu, bir doğru ile mi, yoksa bir eğri ile mi ifadesinin uygun olacağını belirtir (Koutsoyiannis, 1977; Demirbilek, 1986; Gürsakal, 1997).

İstatistikte değişkenler arasındaki ilişkiyi test etmek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan biri "x"(bağımsız) ve "y"(bağımlı) gibi sadece iki değişken olması durumunda kullanılan doğrusal veya eğrisel regresyon ve korelasyon çözümlenmesi, diğeri ise değişken sayısının ikiden fazla olması durumunda (bir bağımlı değişkene karşılık birden fazla bağımsız değişken) kullanılan çoklu regresyon ve korelasyon çözümlenmesidir.

### 3.2. Kendiliğinden Yanma Parametreleri ile Kömür Özellikleri Arasındaki İlişkilerin Saptanması

Bu çalışmada kendiliğinden yanma parametrelerinin hesaplanmasında kullanılan veriler, tutuşma noktası esaslı deneylerden elde edilmiştir. Deneyin özü, doğrusal olarak ısıtılan bir finn içine yerleştirilmiş olan bir kap içindeki kömür örneği üzerinden hava geçirilmesi ve zaman-sıcaklık ilişkisinin izlenmesidir. Deney sırasında hem fırının hem de kömür örneğinin sıcaklıkları kaydedilmekte, örnek sıcaklığının finn sıcaklığını kestiği nokta "kesişme noktası (KN)" olarak isimlendirilmektedir.

Kendiliğinden yanmayı etkileyen genel karakteristik özellikler (kül, nem, uçucu madde, sabit karbon vb.) ise kömür örneklerinin ASTM ve TSE standartlarına uygun olarak analiz edilmesiyle saptanmış, elde edilen bu veriler arasındaki ilişkiler aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır.

#### 3.2.1. Doğrusal Regresyon Çalışmaları

Kömürün kendiliğinden yanmasını etkileyen özellikler ile deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen yanma parametreleri (KN, OSA, FCC indeksi ve KNE) arasındaki ilişkiler, 119 adet veri seti kullanılarak saptanmıştır. Çalışmada, kendiliğinden yanma parametreleri bağımlı değişken olarak ele alınmış olup, kendiliğinden yanma olayını etkileyen kömür özellikleri bağımsız değişkenler olarak düşünülmüştür (Çizelge 1).

Çizelge 1. İstatistiksel analizlerde kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkenler (Kaymakçı, 1998)

Bağımlı Değişkenler	Bağımsız Değişkenler	Sembol
Kesişme Noktası Sıcaklığı (KN)	Kül (%)	K
	Nem (%)	N
	Uçucu Madde (%)	UM
Ortalama Sıcaklık Artışı (OSA)	Sabit Karbon (%)	SK
	Kalori (Kkal/kg)	Kalori
	Karbon (%)	C
Yatkınlık İndeksi (FCC)	Hidrojen (%)	H
	Azot (%)	N
	Oksijen (%)	O
Kesişme Noktasındaki Eğim (KNE)	Kükürt (%)	S
	Eksinit (%)	E
	İnertinit (%)	I
	Vitrinit (%)	V
	Mineral Madde (%)	MM

Not: Analiz değerleri orijinal bazdadır.

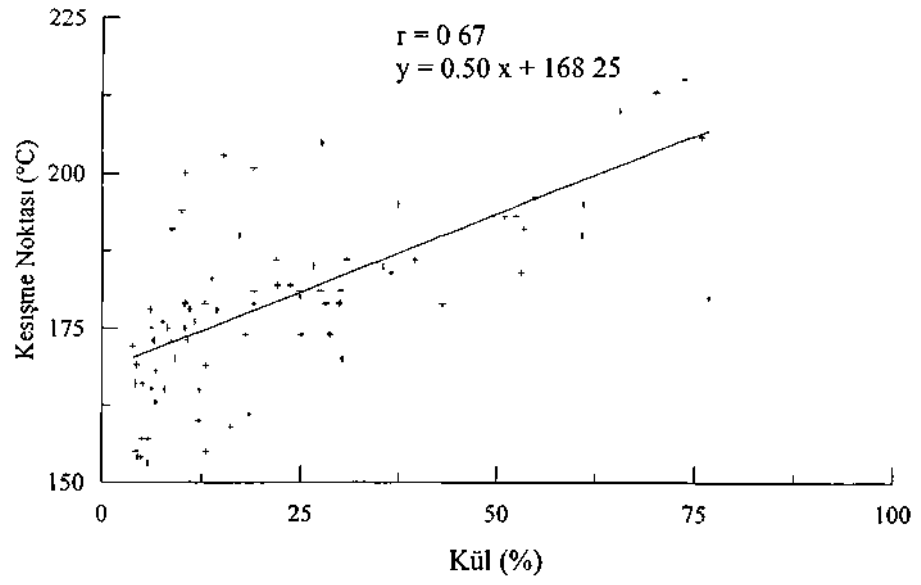
Çizelge 2'de ise bu değişkenler arasındaki doğrusal ilişkilerin korelasyon katsayıları verilmektedir. Katsayıların altındaki rakamlar ise bu ilişkinin saptanmasında kullanılan veri sayısını göstermektedir. Çizelge' den görüldüğü gibi, kesişme noktası (KN) ile, ortalama sıcaklık artışı (OSA), yanabilirlik indeksi (FCC) ve zaman-sıcaklık eğrisinin kesişme noktasındaki eğim değeri (KNE) arasında sırasıyla -0.85, -0.90 ve -0.83 gibi korelasyon katsayıları yüksek olan doğrusal ilişkiler vardır. Kendiliğinden yanma parametreleri arasındaki bu yüksek ilişki OSA, FCC ve KNE' nin deneysel yolla elde edilen kesişme noktasından türetilmelerinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, sadece birer örnek olarak kesişme noktası ile kömür özellikleri olan kül, nem ve uçucu madde arasındaki ilişkilerin grafikleri çizilmiştir (Şekil 1, 2 ve 3). Çizelge 2'de ise bütün değişkenler arasındaki ilişki katsayıları gösterilmektedir. Çizelge 2 ve şekillere bu açıdan bakıldığında şunlar söylenebilir. Kesişme noktası ile uçucu madde, hidrojen, kül ve karbon arasında doğrusal olarak sırasıyla; -0.81, -0.75, 0.67 ve -0.63 gibi korelasyon katsayıları yüksek olan ilişkiler varken; kesişme noktası ile diğer değişkenler yani; kükürt, azot, oksijen ve nem arasında ise sırasıyla; -0.34, -0.34, -0.17 ve 0,16 gibi korelasyon katsayıları düşük sayılabilecek ilişkiler vardır. Bu nedenle; uçucu madde, hidrojen, kül ve karbonun birer birer ele alındıklarında kendiliğinden yanmayı etkileyen en önemli kömür özellikleri olduğu söylenebilir. Kendiliğinden yanma ile ilgili literatür incelendiğinde, nemin olay üzerinde etkili bir değişken olduğu bilinmesine rağmen, bu çalışmada nemin etkisinin çok yüksek olmadığı görülmüştür. Bu durum, Zonguldak havzası kömürlerinin çok düşük oranlarda nem içermelerinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca kömürün petrografik bileşenleri olan eksinit, inertinit ve mineral madde ile kesişme noktası arasında sırasıyla -0.82, -0.82 ve -0.70 gibi korelasyon katsayıları yüksek sayılabilecek ilişkiler saptanmıştır. Vitrinit ve kesişme noktası arasında ise önemli sayılabilecek bir ilişki bulunamamıştır.

Çizelge 2. Kendiliğinden yanmayı etkileyen değişkenler arasındaki doğrusal korelasyon katsayıları (Kaymakçı, 1998)

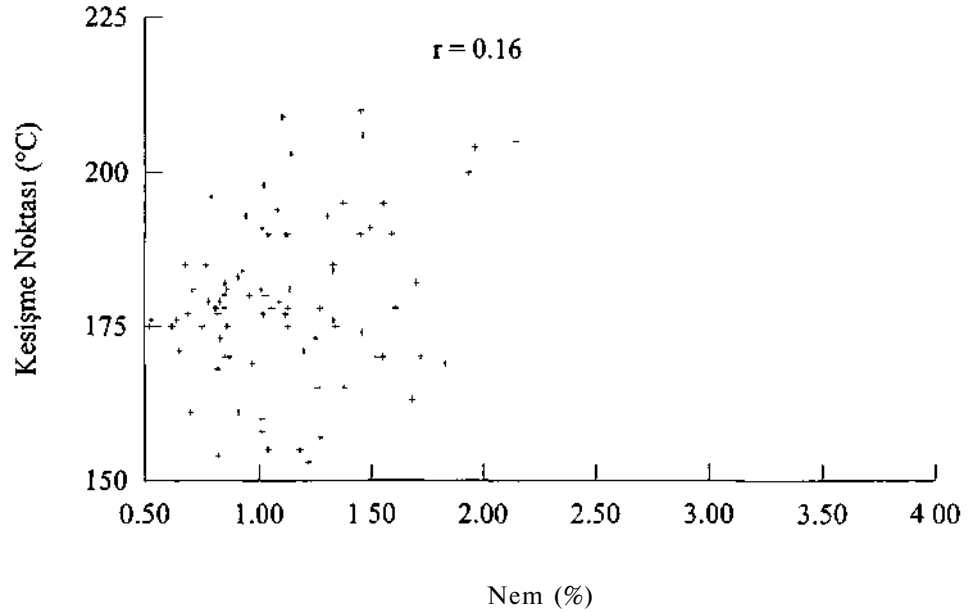
	KN	FCC	OSA	KNE	KUL	MM	NEM	UM	SKAR	C	H	« N	O	S	E	I	V	KALORİ
KN	1,00 119	-0,90 119	-0,85 119	-0,83 109	0,67 119	0,70 41	0,16 119	-0,81 119	-0,50 119	-0,63 119	-0,75 119	-0,34 119	-0,17 119	-0,34 118	-0,82 41	-0,82 41	0,03 41	-0,62 70
FCC	-0,90 119	1,00 119	0,99 119	0,90 109	-0,58 119	-0,62 41	-0,10 119	0,70 119	0,42 119	0,53 119	0,64 119	0,21 119	0,22 119	0,26 118	0,85 41	0,87 41	-0,20 41	0,55 70
OSA	-0,85 119	0,99 119	1,00 119	0,89 109	-0,55 109	-0,60 34	-0,09 119	0,65 119	0,41 119	0,50 119	0,62 119	0,21 119	0,22 119	0,23 118	0,81 41	0,83 41	-0,18 41	0,53 70
KNE	-0,83 109	0,90 109	0,89 109	1,00 109	-0,55 109	-0,69 34	-0,15 109	0,69 109	0,39 109	0,51 109	0,62 109	0,15 109	0,18 109	0,33 109	0,82 34	0,83 34	-0,07 34	0,58 61
KUL	0,67 119	-0,58 119	-0,55 119	-0,55 109	1,00 119	1,00 41	0,18 119	-0,66 119	-0,96 119	-0,99 119	-0,84 119	-0,68 119	0,01 119	-0,21 118	-0,68 41	-0,69 41	-0,53 41	-0,98 70
MM	0,70 41	-0,62 41	-0,60 41	-0,69 34	1,00 41	1,00 41	-0,07 41	-0,53 41	-0,87 41	-0,97 41	-0,62 41	-0,32 41	-0,13 41	-0,42 41	-0,69 41	-0,71 41	-0,52 41	-0,96 41
NEM	0,16 119	-0,10 119	-0,09 119	-0,15 109	0,18 119	-0,07 41	1,00 119	-0,30 119	-0,13 119	-0,19 119	-0,28 119	-0,19 119	-0,04 118	-0,05 118	-0,03 41	0,02 41	0,09 41	-0,07 70
UM	-0,81 119	0,70 119	0,65 119	0,69 109	-0,66 119	-0,53 41	-0,30 119	1,00 119	0,42 119	0,61 119	0,83 119	0,29 119	0,17 119	0,40 118	0,74 41	0,70 41	-0,14 41	0,59 70
SKAR	-0,50 119	0,42 119	0,41 119	0,39 109	-0,96 119	-0,87 41	-0,13 119	0,42 119	1,00 119	0,96 119	0,70 119	0,72 119	-0,08 119	0,09 118	0,37 41	0,41 41	0,71 41	0,89 70
C	-0,63 119	0,53 119	0,50 119	0,51 109	-0,99 119	-0,97 41	-0,19 119	0,61 119	0,96 119	1,00 119	0,82 119	0,68 119	-0,17 119	0,18 118	0,61 41	0,61 41	0,59 41	0,96 70
H	-0,75 119	0,64 119	0,62 119	0,62 109	-0,84 119	-0,62 41	-0,28 119	0,83 119	0,70 119	0,82 119	1,00 119	0,51 119	-0,04 119	0,30 118	0,54 41	0,55 41	0,19 41	0,77 70
N	-0,34 119	0,21 119	0,21 119	0,15 109	-0,68 119	-0,32 41	-0,19 119	0,29 119	0,72 119	0,68 119	0,51 119	1,00 119	-0,08 119	0,00 118	-0,03 41	-0,03 41	0,48 41	0,48 70
O	-0,17 119	0,22 119	0,22 119	0,18 109	0,01 119	-0,13 41	-0,04 119	0,17 119	-0,08 119	-0,17 119	-0,04 119	-0,08 119	1,00 119	0,06 118	0,30 41	0,38 41	-0,25 41	0,19 70
S	-0,34 118	0,26 118	0,23 118	0,33 109	-0,21 118	-0,42 41	-0,05 118	0,40 118	0,09 118	0,18 118	0,30 118	0,00 118	0,06 118	1,00 118	0,31 41	0,29 41	0,22 41	0,27 70
E	-0,82 41	0,85 41	0,81 41	0,82 34	-0,68 41	-0,69 41	-0,03 41	0,74 41	0,37 41	0,61 41	0,54 41	-0,03 41	0,30 41	0,31 41	1,00 41	0,95 41	-0,23 41	0,64 41
I	-0,82 41	0,87 41	0,83 41	0,83 34	-0,69 41	-0,71 41	0,02 41	0,70 41	0,41 41	0,61 41	0,55 41	-0,03 41	0,38 41	0,29 41	0,95 41	1,00 41	-0,22 41	0,65 41
V	0,03 41	-0,20 41	-0,18 41	-0,07 34	-0,53 41	-0,52 41	0,09 41	-0,14 41	0,71 41	0,59 41	0,19 41	0,48 41	-0,25 41	0,22 41	-0,23 41	-0,22 41	1,00 41	0,54 41
KALORİ	-0,62 70	0,55 70	0,53 70	0,58 61	-0,98 70	-0,96 41	-0,07 70	0,59 70	0,89 70	0,96 70	0,77 70	0,48 70	0,19 70	0,27 70	0,64 41	0,65 41	0,54 41	1,00 70

KN:kesişme noktası sıcaklığı; FCC:Feng, Chakravorty ve Cochrane indeksi, OSA:ortalama sıcaklık artışı, KNE: Zaman-Sıcaklık eğrisinde örnek sıcaklığı eğrisinin ortam sıcaklığı eğrisini kestigi anda örnek sıcaklığı eğrisinin eğimi, MM:minerale madde UM:uçucu madde, SKAR:sabit karbon, E:eksinit I:inertnit, V:vitrinit;

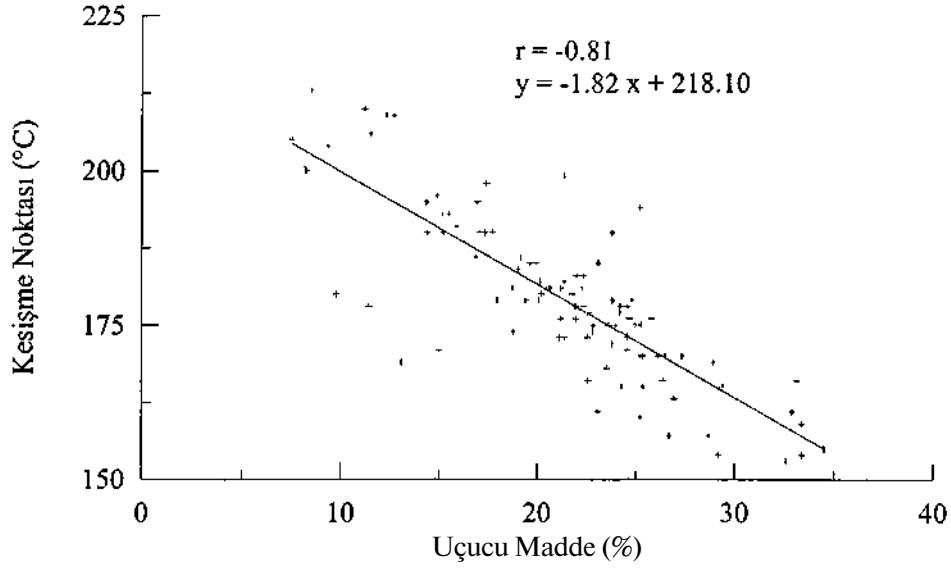
Not: ilişki katsayılarının altındaki rakamlar kullanılan örnek sayısını göstermektedir.



Şekil 1. Kül ile kesişme noktası arasındaki dağılım grafiği (Kaymakçı, 1998)



Şekil 2. Nem ile Kesişme noktası arasındaki dağılım grafiği (Kaymakçı, 1998)



Şekil 3. Uçucu madde ile Kesişme noktası arasındaki dağılım grafiği (Kaymakçı, 1998)

### 3.2.2. Çoklu Doğrusal Regresyon Çalışmaları

Bu çalışmada elde edilen verilerin ışığında, kendiliğinden yanma parametrelerini ifade edebilecek en iyi modeli kurabilmek amacıyla, KN, FCC, OSA ve KNE bağımlı değişkenleri ile bağımsız değişkenler olan; kaba analiz değerleri (kül, nem, uçucu madde ve sabit karbon), elementer analiz değerleri (C, H, N, O, S) ve petrografik analiz değerleri (eksinit, vitrinit, inertinit ve mineral madde) arasındaki ilişkiler çoklu doğrusal regresyon analizi ile değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmelerde Çizelge 2'deki korelasyon katsayılarından yararlanılarak aralarında yüksek oranda ilişki bulunan bağımsız değişkenler elimine edilmiş ve C, H, N, O, S, UM ve inertinit bağımsız değişkenleri çoklu regresyon yönteminde kullanılmak üzere seçilmişlerdir. Böylece KN, FCC, OSA, KNE bağımlı değişkenleri ile yukarıda sözü edilen bağımsız değişkenler arasında saptanan ilişkiler Çizelge 3 'de gösterilmiştir.

Çizelge 3. Kendiliğinden yanma parametrelerini etkileyen değişkenlerin çoklu regresyon modelleri (Kaymakçı, 1998).

Bağımlı Değişken	Model	ilişki Katsayısı (r)	Belirlilik Katsayısı (r <sup>2</sup> )	Tahminin Standart Hatası	F Değeri* (hesaplanan)	F Tablo	Yorum
FCC İndeksi	$FCC = 1,87 + 0,46 N + 0,21 H + 0,06 UM + 0,13 I - 0,43 S - 0,04 O - 0,01 C$	0,91	0,82	0,74	21,53	2,25-2,33	Anlamlı
KN	$KN = 227,09 - 7,61 N - 1,29 H - 0,87 UM - 0,89 I - 1,23 S + 0,33 O - 0,04 C$	0,90	0,82	7,48	21,30	2,25-2,33	Anlamlı
OSA	$OSA = 0,47 + 0,06 N + 0,04 H + 0,006 UM + 0,021 - 0,08 S - 0,004 O - 0,002 C$	0,87	0,76	0,11	15,30	2,25-2,33	Anlamlı
KNE	$KNE = 0,43 + 0,001 N - 0,01 H + 0,007 UM + 0,003 I + 0,02 S + 0,004 O + 0,002 C$	0,89	0,81	0,05	15,66	2,25-2,33	Anlamlı

F değeri regresyon analizlerinde modelin genel anlamlılığı için kullanılan bir değerdir. Hesaplanan bu değer istatistik kitaplarında bulunan F tablo değeri ile karşılaştırılır. Hesaplanan F değerinin, tablo değerinden büyük olması durumunda modelin anlamlı olduğuna karar verilir. Çizelgedeki hesaplanan F değerlerinin hepsi F tablo değerinden büyüktür (F tablo değerleri 2,33-2,25 arasında değişmektedir).



#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Zonguldak Havzası kömür damarlarının bünyesel özellikleri ile yanma parametreleri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır.

Kömür örnekleri ile kendiliğinden yanma parametreleri arasındaki ilişkilerin saptanmasında, yalnızca iki değişken olması durumunda doğrusal regresyon, ikiden fazla değişken olması durumunda ise çoklu doğrusal regresyon analizi yöntemleri kullanılmıştır.

Doğrusal regresyon analizleri sonucunda kendiliğinden yanma parametreleri ile kömür özellikleri arasındaki ilişkilerin dağılım grafikleri bazı özellikler için şekil olarak sunulmuş, değişkenler arasındaki korelasyon katsayıları ise topluca bir çizelgede verilmiştir. Bağımlı değişken olan kesişme noktası ile bağımsız değişkenler olan; kül, mineral madde, uçucu madde, karbon, hidrojen, eksinit, inertinit ve kalori arasında sırasıyla, 0.67, 0.70, -0.81, -0.63, -0.75, -0.82, -0.82 ve -0.62 gibi yüksek sayılabilecek korelasyon değerlerinde doğrusal ilişkiler bulunmuştur. Yani, sözü edilen bu bağımsız değişkenler teker teker ele alındıklarında kendiliğinden yanmaya yatkınlığın önemli bir etkeni olmaktadır. Kendiliğinden yanmayı etkileyen önemli kömür özelliklerinden birisi olduğu literatürde vurgulanan nem ile kesişme noktası arasında ise önemli sayılabilecek derecede bir ilişki bulunamamıştır. Diğer bağımlı değişkenler olan FCC indeksi, OSA ve KNE ile kömür özellikleri arasında da benzer derecede doğrusal ilişkiler saptanmıştır.

Çoklu doğrusal regresyon analizleri sonucunda kömürlerin bünyesel yatkınlıkları hakkında fikir veren bu parametrelerle (KN, FCC indeksi, OSA, KNE) kömür özellikleri arasındaki ilişkileri gösteren modeller oluşturulmuştur. Modellerin oluşturulmasında çoklu doğrusallıktan (bağımsız değişkenler arasındaki sıkı ilişki) korunmak için bağımsız değişkenlerin hepsini hesaba katmak yerine, aralarında sıkı ilişki bulunan değişkenler elimine edilmiştir. Böylece, kömürün bünyesel yatkınlığını etkileyen en önemli özelliklerinin C, H, N, O, S, UM ve I olduğuna karar verilmiştir. Modellerdeki korelasyon katsayıları (r) oldukça yüksek olarak kabul edilebilecek değerler olan 0.87 ile ve 0.91 arasında değişmektedir. Modellerin belirlilik katsayıları ( $r^2$ ) ise 0.76 - 0.82 değerleri arasında kalmıştır. Bu, bağımlı değişkenlerdeki değişimin %76-%82'sini sözü edilen bağımsız değişkenlerin açıkladığını göstermektedir.

## Kaynaklar

- Demirbilek, S.** (1986) *The development of a spontaneous combustion risk classification system for coal seams*, Ph. D. Thesis, University of Nottingham, Department of Mining Engineering, 263 p.
- Didari, V., Kaymakçı, E. ve Toroğlu, İ.** (1993) *Kendiliğinden yanmanın araştırılmasında kullanılabilir bir laboratuvar deney düzeneği*, Türkiye 13. Madencilik Kongresi Bildiriler Kitabı, İstanbul, Mayıs 1993, s. 69-78.
- Didari, V., and Kaymakçı, E.** (1995) *A laboratory set-up to be used in the study of spontaneous combustion of coal*, Turkish Journal of Engineering & Environmental Sciences, Vol. 19, Number 5, Sept. 1995, Ankara, pp. 385-390.
- Giirsakal, N.** (1997) *Bilgisayar Uygulamalı İstatistik*, Marmara Kitabevi Yayınlan, Bursa, 381 s.
- Kaymakçı, E. ve Didari, V.** (1992) *Kömürün kendiliğinden yanmaya yatkınlığının belirlenmesinde kullanılan İndeksler*, Türkiye 8. Kömür Kongresi Bildiriler Kitabı, Zonguldak, Mayıs 1992, s.129-140.
- Kaymakçı, E.** (1998) *Zonguldak Havzası kömür damarlarına uygulanabilecek bir kendiliğinden yanmaya doğal yatkınlığı değerlendirme tekniğinin geliştirilmesi*. Doktora Tezi, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 148 s.
- Koutsoyiannis, A.** (1977) (çeviri: Şenesen, Ü. ve Şenesen, G., [1979]) *Ekonometri Kuramı*, Verso Yayıncılık, 675 s.