

TUNÇBİLEK KOMÜRLERİNİN
KENDİLİĞİNDEN YANMAYA YATKINLIKLARININ
ARAŞTIRILMASI

Tamer | SOYTÜRK

Yüksek Lisans Tezi

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

1992

Anadolu Üniversitesi
Merkez Kütüphane

TUNÇBİLEK KÖMÜRLERİNİN
KENDİLİĞİNDEN YANMAYA YATKINLIKLARININ
ARAŞTIRILMASI

Tamer SOYTÜRK

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmenliği Uyarınca
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı
Maden İşletme Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Y.Doç.Dr. Saim SARAÇ

Mart-1992

Tamer Soytürk'ün YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Tunçbilek kömürlerinin kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarının araştırılması" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

..19../.6.../..1992

- Üye : Doç. Dr. Güner Önce⁴
Üye : Y.Doç.Dr. Saim Sarıoğlu
Üye : Y. Doç. Dr. İ. Göktaş Edir

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ²⁴ HAZİRAN 1992
gün ve 316-2..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Rüstem Kaya
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	ii
1. GİRİŞ	1
1.1. G.L.İ. Yeraltı Ocaklarında Yangın Sorunu .	2
2. G.L.İ. MÜESSESESİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER	5
2.1. Tarihçe, Kuruluş ve Coğrafi Durum	5
2.2. Jeoloji ve Stratigrafi	8
2.2.1. Stratigrafik jeoloji	8
2.2.2. Tektonik yapı	9
2.3. Damar Yapısı ve Özellikleri	12
2.4. Üretim Yöntemi	13
✓ 2.5. Kendiliğinden Yanmanın Olası Nedenleri ...	16
✓ 2.6. Kendiliğinden Yanmaya Karşı Yapılan Müca- dele	16
3. KÖMÜR, TANIMI VE ÖZELLİKLERİ	17
3.1. Kömürün Tanımı	17
3.2. Kömürleşme	17
3.3. Kömürün Özellikleri	18
3.3.1. Kömürün kimyasal özellikleri	18
3.3.2. Kömürün fiziksel özellikleri	19
4. KENDİLİĞİNDEN YANMANIN OLUŞUMU VE ETKİLEYEN FAK- TÖRLER	24
4.1. Kendiliğinden Yanmanın Oluşumu	24
4.2. Kendiliğinden Yanmayı Etkileyen Faktörler.	25
4.2.1. Kömür Yapısı İle İlgili Faktörler :	26

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.2.2. Jeolojik faktörler	30
4.2.3. Madencilikle ilgili faktörler	32
5. KENDİLİĞİNDEN YANMAYA YATKINLIĞIN BELİRLENMESİNDE UYGULANAN YÖNTEMLER	36
5.1. Laboratuvar Teknikleri	37
5.1.1. Statik izotermal yöntem	37
5.1.2. Tutuşabilirlik tekniği	38
5.1.3. Adyabatik oksidasyon testi	40
5.1.4. Dinamik yöntem	40
5.2. Pratik Yöntemler	41
5.2.1. Kuluçka süresi sınıflaması	41
5.2.2. Düzeltilmiş Bystron-Urbanski yöntemi	42
5.2.3. Deneyimlere dayalı sınıflama	44
6. G.L.İ. MÜESSESESİ YERALTI OCAKLARI DAMAR ÖRNEKLERİNE UYGULANAN DENEYLER	45
6.1. Laboratuvar Deney Düzeneginin Tanıtımı ...	45
6.1.1. Mini kompresör	45
6.1.2. Kaydedici	46
6.1.3. Etüv	47
6.2. Kömür Örneklerinin Hazırlanması	49
6.3. Kömür Örneklerinin Analizi	49
6.4. Deneylerin Yapılması	49
6.5. Deney Sonuçları	61
6.6. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi	72
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	75
KAYNAKLAR DİZİNİ	77

ÖZET

Yangın olayı ile sistematik olarak mücadele edebilmek, yangına yatkın damarları belirli bir sınıflandırmaya tabi tutmak ve gerekli önlemleri bu damarlarda yoğunlaştırmak amacıyla G.L.İ. (Garp Linyitleri İşletmesi) Müessesesi Tunçbilek ve Ömerler yeraltı ocakları damar örneklerine çeşitli laboratuvar teknikleri arasından seçilmiş olan "Tutuşabilirlik Tekniği" uygulanarak kendiliğinden yanmaya olan yatkınlıkları tespit edilmiştir.

Yapılan deneyler sonucunda; Ömerler C kili/Sarı kil ve taban kömür damarlarının orta, diğer kömür damarlarının yüksek riskli oldukları görülmüştür. Ayrıca Ömerler kömürlerinin kendiliğinden yanmaya olan yatkınlıklarının Tunçbilek kömürlerinden daha fazla olduğu saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Ocak yangınları, tutuşabilirlik tekniği, kendiliğinden yanma.

SUMMARY

It is of importance to classify the seams which are liable to mine fires and to concentrate the remedial measures on the concerned seams in order to combat systematically against the mine fires. Therefore, "The Inflammability Technique" selected amongst many laboratory techniques is employed on the coal samples taken from both Tunçbilek and Ömerler underground collieries, G.L.İ. (Western Lignite Corporation), simply to disclose their liability to spontaneous combustion.

As the consequence of the laboratory works, it is observed that the floor and C clay-Yellow clay coal seams of Ömerler have a medium risk meanwhile the remaining seams have a high risk for spontaneous combustion. In addition, it is revealed that the liability of Ömerler coal seams to spontaneous combustion is higher than Tunçbilek coal seams.

Key words: mine fires, inflammability technique, spontaneous combustion.

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında danışmanlığımı yaparak önerileriyle beni yönlendiren ve destekleyen değerli hocam Y.Doç.Dr. Saim SARAÇ'a teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında yardımlarını gördüğüm H.Ü. Zonguldak Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölüm Başkan Yardımcısı Doç.Dr. Vedat DİDARİ'ye, Araştırma Görevlisi Erdoğan KAYMAKÇI'ya; G.L.İ. Müessesesi elemanlarından Dr. Maden Mühendisi Cem ŞENSÖĞÜT'e ve diğer yeraltı çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. G.L.İ. üretim bölgesi	6
2.2. G.L.İ. Tunçbilek bölgesi stratigrafi litolojisi	11
2.3. Kömür damarının özellikleri	12
2.4. Yeraltı ocaklarında uygulanan üretim yöntemi .	15
6.1. Deney düzeneği	45
6.2. Mini kompresör	46
6.3. Kaydedici	47
6.4. Etüv	48
6.5. Etüv program kademeleri	48
6.6. 1 No'lu deneyin grafik yorumu	62
6.7. 2 No'lu deneyin grafik yorumu	63
6.8. 3 No'lu deneyin grafik yorumu	64
6.9. 4 No'lu deneyin grafik yorumu	65
6.10. 5 No'lu deneyin grafik yorumu	66
6.11. 6 No'lu deneyin grafik yorumu	67
6.12. 7 No'lu deneyin grafik yorumu	68
6.13. 8 No'lu deneyin grafik yorumu	69
6.14. 9 No'lu deneyin grafik yorumu	70
6.15. 10 No'lu deneyin grafik yorumu	71

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. G.L.İ. yeraltı ocaklarında gözlenen yangın olayları	3
2.1. G.L.İ. kömür üretimi	7
2.2. G.L.İ. kömürlerinin bazı kimyasal özellikleri	13
3.1. Odun, turba ve çeşitli kömür türlerinin kimyasal bileşimleri	19
4.1. Kendiliğinden yanmayı etkileyen faktörler ..	26
5.1. Çevre indeksi değeri	39
5.2. Kuluçka süresi indeksi	42
5.3. Düzeltilmiş Bystron-Urbanski puanlaması	43
5.4. Risk sınıflaması	42
6.1. Tunçbilek ve Ömerler yeraltı ocaklarından alınan damar numunelerinin komple analiz değerleri	50
6.2. 1 No'lu deney sonuçları	51
6.3. 2 No'lu deney sonuçları	52
6.4. 3 No'lu deney sonuçları	53
6.5. 4 No'lu deney sonuçları	54
6.6. 5 No'lu deney sonuçları	55
6.7. 6 No'lu deney sonuçları	56
6.8. 7 No'lu deney sonuçları	57
6.9. 8 No'lu deney sonuçları	58
6.10. 9 No'lu deney sonuçları	59
6.11. 10 No'lu deney sonuçları	60
6.12. Kömür örneklerinin analiz sonuçları	72
6.13. Deney sonuçları	73
6.14. Yanabilirlik ve çevre indekslerine göre risk sınıflaması	74

1. GİRİŞ

Kömür madenciliği kadar eski olan kendiliğinden yanma olayı, yeraltı kömür işletmeciliğinin en önemli sorunlarından biridir. İlk safhalarda önlenemez veya kontrol edilemezse büyük kayıplara neden olmaktadır.

Kömürün oksidasyonu, kömür ve oksijenin var olduğu her koşulda gelişebilen bir olaydır. Olayın gelişimi ve getirdiği tehlikeler çok değişik olmakla birlikte, sadece yeraltı madenciliğinde değil açık işletmelerde, kömürün depolandığı silolarda, deniz aşırı taşımalarda, hatta apartman depolarında bile kendiliğinden yanma sorunu ile karşılaşılabilir. Ancak yeraltı ocaklarındaki yangın sorunu hava gelirin kısıtlı olması, dar sahalar da çalışılması, diğer gazların ortamda bulunabilmesi, kendiliğinden kızışma için şartların daha uygun olması ve yangınla mücadele tekniklerinin daha kısıtlı olması nedeniyle diğer alanlara oranla daha büyük önem ve tehlike arz etmektedir.

Yukarıda belirtilen nedenlerin ışığı altında G.L.İ. Müessesesi, yeraltı ocaklarında meydana gelen kendiliğinden yanma olaylarına karşı 1988 yılında bir araştırma yaptırmış, bu araştırmada Tunçbilek ve Ömerler yeraltı kömür örneklerinin kendiliğinden yanmaya olan yatkınlıkları kimyasal test yöntemine göre bulunmuş ve aşağıda verilen sonuçlara ulaşılmıştır (Montan-Consulting GMBH, 1988).

-G.L.İ. kömürlerinin kendiliğinden yanmaya yatkınlıkları yüksektir.

-Tunçbilek yeraltı kömürlerinin kendiliğinden yanmaya olan yatkınlıkları birbirine yakındır.

-Ömerler yeraltı ocağı B kili-Sarı kil kömür damarı kendiliğinden yanmaya yatkın en riskli damardır.

-Her iki ocaktan alınan piritli örnekler üzerinde yapılan deneyler sonucunda kömürün içinde çok ince tanecikler halinde dağılmış, yer yer kalınlığı 1 mm.'ye ulaşan bantlar şeklinde oluşmuş piritin kömürün kendiliğinden tutuşmasına karşı fazla bir etkisi yoktur.

1.1 G.L.İ. Yeraltı Ocaklarında Yangın Sorunu

Tunçbilek ve Ömerler yeraltı ocaklarında bugüne kadar pek çok kendiliğinden kızışma olayı meydana gelmiş, bazı kızışmalar lokal mücadele teknikleriyle önlenirken, bazı üretim panoları kızışmanın ilerlemesi sonucunda kapatılmak zorunda kalınmıştır. Bu iki bölgede 1985-1990 yılları arasında meydana gelen yangın olayları ve terk edilen rezerv miktarları Çizelge 1,1'deki gibi olmuştur.

Çizelge 1.1 G.L.İ. yeraltı ocaklarında gözlenen yangın olayları.

Üretim Birimi	Yangın Tarihi	Kayıp Rezerv (ton)
Ömerler 4CD	6.11.1985	326.798
Ömerler 4CD	14.04.1986	18.544
Ömerler 4CD	15.04.1986	26.674
Ömerler 4CD	30.04.1986	82.710
Ömerler 4CD	21.05.1987	130.056
Ömerler 4CD	13.03.1988	-
Ömerler 4CD	25.05.1989	-
Ömerler 4CD	27.07.1989	-
Ömerler 1/C	15.10.1990	29.637
Ömerler 1/C	21.12.1990	45.518
Tunçbilek 51A	8.12.1987	37.740
Tunçbilek 44A	25.03.1988	-
Tunçbilek 45A2	30.06.1988	49.980
TOPLAM :		747.657

1985-1990 yılları arasında G.L.İ. yeraltı ocaklarının toplam tüvenan üretimi 10.660.000 ton'dur. Bu üretimin 6.627.000 ton'u Tunçbilek, 4.033.000 ton'u ise Ömerler üretim bölgelerinden gerçekleştirilmiştir.

Aynı dönemde Ömerler yeraltı ocağında 10, Tunçbilek yeraltı ocağında ise 3 kızışma olayı meydana gelmiş, bunların 4'ü yerinde önlenebilmiş, 9 yangın olayı sonucunda ise toplam 747.657 ton kömür panolarda terk edilmek zorunda kalmıştır. Bu kayıpların tüvenan üretime oranı Ömerler bölgesi için % 16, Tunçbilek bölgesi için % 1.5 ve genel olarak % 7 olmuştur.

Yangınlar sonucu bırakılan rezervlerin oldukça fazla olmasının yanında, malzeme, ekipman ve işçilik kayıplarına yol açması, ayakları yeniden oluşturma zorunluluğunun doğması, bu süre içinde üretim düşüşleriyle karşılaşılması konunun önemini daha da artırmaktadır.

2. G.L.İ MÜESSESESİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

2.1 Tarihçe, Kuruluş ve Coğrafi Durum

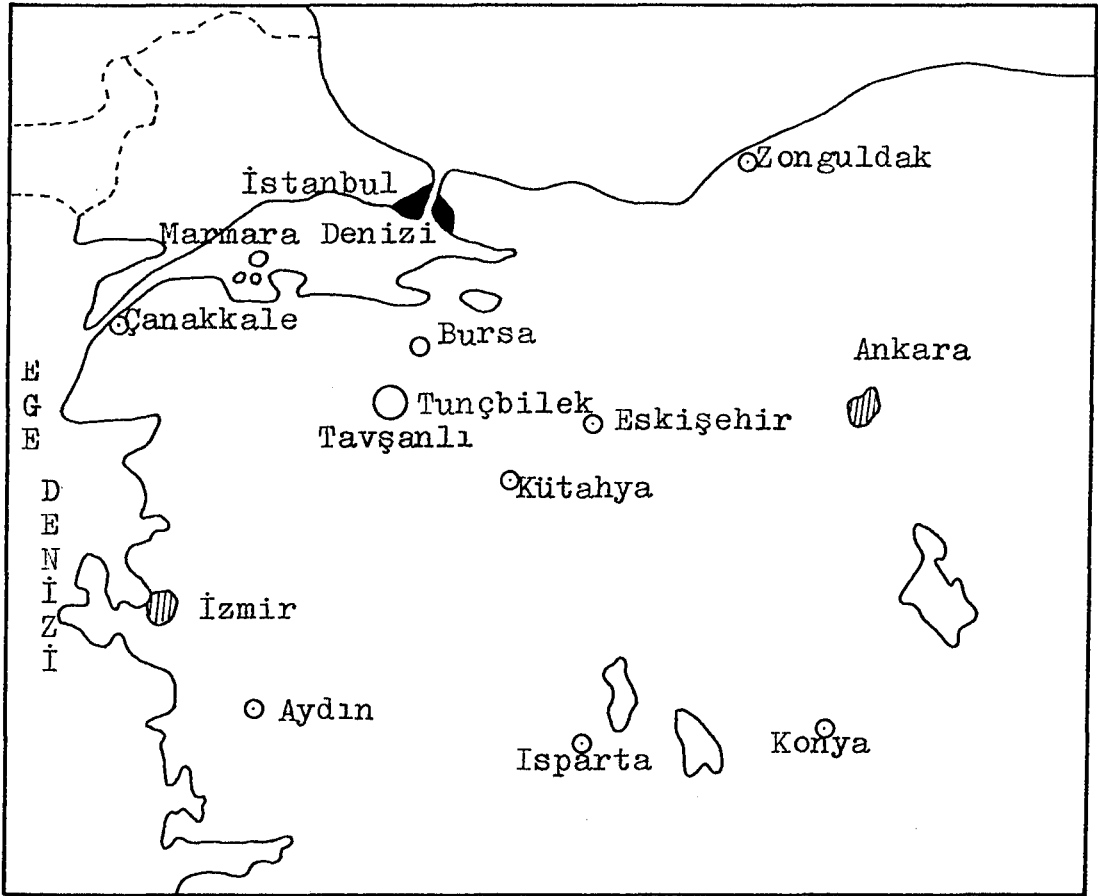
Tunçbilek, Değirmisaz ve Soma linyit işletmelerinin 1.1.1940 tarihinde birleştirilmesiyle Etibank'a bağlı olarak kurulan G.L.İ 15.9.1957 tarihinden itibaren 6974 sayılı kanunla oluşturulmuş bulunan Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (T.K.İ) bünyesinde yer almıştır. Başlangıçta Balıkesir olan müessese merkezi 7.7.1941 tarihinde Tavşanlı'ya nakledilmiştir.

Değirmisaz Linyit İşletmesi rezervinin tükenmesi nedeniyle 1966 yılında kapatılmış, Soma Linyit İşletmesi 1978 yılında yeni kurulan Ege Linyitleri İşletmesi'ne (E.L.İ) devredilmiştir. 1.6.1960 tarihinde Kütahya ili sınırları içinde yer alan Seyitömer linyit havzası G.L.İ bünyesine alınmış, 1990 yılında ise bu linyit havzası kendi başına bir müesseseye dönüştürülmüştür.

G.L.İ Müessesesi halen Tunçbilek linyit havzasında üretim faaliyetlerine devam etmektedir(Şekil 2.1).

G.L.İ Müessesesi Kütahya il sınırları içinde olup, 12 km.lik asfalt bir yol ile Tavşanlı ilçesine bağlıdır. İşletme Tavşanlı-Domaniç-İnegöl karayolu üzerinde kurulu olup ayrıca Tavşanlı'dan geçen Kütahya-Balıkesir demir yoluna 11 km.lik bir hat ile bağlıdır.

Havzanın rakımı 650-1050 metre arasında değişmektedir. İklim genellikle yazın sıcak, kışın bol karlı ve soğuk olan karasal iklimdir. Yıllık ısı farkları -14°C ile -30°C arasında değişmektedir. Bölgenin başlıca akarsuyu olan Adranos çayı diğer derelerle beslenerek kuzeye akar.



Şekil 2.1. G.L.İ. Üretim bölgesi

Tunçbilek'te 2 ünite 150 MW, 1 ünite 65 MW, 2 ünite 32 MW olmak üzere toplam 429 MW'lık termik santrallerle yapılan elektrik üretimi havza kömürleri tarafından sağlanmaktadır.

G.L.İ Müessesesi'nin sermayesi 52.000.000.000 TL olup 28.000.000.000 TL'si ödenmiştir. T.K.İ Kurumu'na bağlı 12 müessese arasında üretim bakımından ikinci sırada bulunan G.L.İ Müessesesi'nin kuruluşundan bu yana beş yıllık dönemlerdeki üretim gelişimi Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 G.L.İ. kömür üretimi.

YILLAR	TÜVENAN ÜRETİM (TON)		SATILABİLİR ÜRETİM (TON)	
	PROGRAM	FİİLİ	PROGRAM	FİİLİ
1940	-	53.885	-	34.689
1945	-	192.846	-	168.835
1950	370.000	393.495	282.523	302.371
1955	610.000	706.975	396.500	445.847
1960	1.450.000	1.554.000	981.300	1.003.000
1965	2.300.000	2.435.000	1.212.100	1.180.605
1970	3.650.000	3.950.000	1.600.000	1.646.168
1975	4.150.000	3.934.000	2.003.000	1.692.960
1980	5.592.000	5.607.549	3.772.000	3.807.617
1985	6.120.000	6.532.000	4.131.000	4.629.792
1990	6.050.000	6.051.000	4.250.000	4.097.071

2.2 Jeoloji ve Stratigrafi

2.2.1. Stratigrafik jeoloji

Tunçbilek kömür havzasındaki sedimanları karasal neojen ve kuvaterner oluşuklar teşkil eder. Temel, genellikle ultrabazik kayalardan ve kısmen de mesozoik kireç taşlarından müteşekkildir. Bölgede; trakit, andazit, dasit gibi volkanitler de oluşmuştur.

a. Temel

Havzanın temelini (subasman) genellikle serpantinleşmiş ultrabazik kayalar (en çok gabro) teşkil eder. Bölgenin kuzey batısında, temelde mesozoik yaşlı olması muhtemel yarı mermerleşmiş kireçtaşı görülür.

b. Neojen

Miyosen ve Pliyosen'de çökelen Tunçbilek havzası, neojen sedimanları karasal oluşuklardır. Miyosen'de çökelen "alt seri" veya "Tunçbilek serisi", pliyosen'de çökelenler de "üst seri" veya "Domaniç serisi" olarak adlandırılmıştır.

Alt seri (Tunçbilek serisi): Temel üzerinde diskordanslı duran alt seri, iri klastik sedimanlarla başlar. Temelin hemen üzerinde yumruk ile kafa büyüklüğünde, yıkanmış serpantin materyalinden oluşmuş, koyu gri renkli konglomera bankları ile molozlar bulunmaktadır. Yer yer tüf ve tüfit bankları ihtiva eden ve üst kısımlara doğru tedrici olarak grelerin hakim duruma geçtiği bu kaide horizonu "bazalt horizonu" olarak adlandırılmıştır.

Bazalt horizonunun üstünde koyu gri ile siyah renkte "killi şist horizonu" bulunmaktadır. Bu horizon bazı yerde ekonomik değeri olmayan, tabaka veya merccekler halinde linyit damarı ihtiva eder.

Killi şist horizonunun üzerine, kiltası ve marn ih-

tiva eden mavi-gri renkli "alt marn horizonu", önünde üzerine mavi-gri marnlardan müteşekkil "üst marn horizonu" gelir. Ana linyit damarı alt marn horizonu içinde veya alt marn horizonu ile üst marn horizonu geçişindedir.

Üst marn horizonunun üzerinde beyaz gri renkli "kalkerli marn horizonu" ve onun üzerinde de alt serinin en üst horizonu olan "silisli kalker horizonu" görülür.

Alt serinin yaşı, özellikle bazalt ve killi şist horizonları içinde bulunan yaprak fosillerine dayanılarak alt - orta miyosen olarak tespit edilmiştir.

Üst seri (Domaniç serisi): Bazen temel ve bazen de alt seri üzerine diskordansla gelen üst serinin en önemli özelliği volkanizma ürünleriyle kesilmiş olmasıdır.

Üst seri, yıkanmış serpantin materyalinden ibaret gevşek bir moloz ile başlar. Yukarıya doğru marn-moloz nöbetleşmesi gösteren bu horizonu "bazalt horizonu" adı verilmiştir. Daha üst seviyede "marn horizonu" bazalt horizonunun sonunu teşkil eder.

Marn horizonunun üzerinde kalın volkanojen sedimanlar; "alt tuf horizonu", "kalkerli horizon", "orta tuf horizonu", "bazaltik lav örtüsü" ve "üst tuf horizonu" gelir.

c. Kuvaterner

Pliyosen yaşlı olan üst serinin sonunu "silisli kalker horizonu" teşkil eder.

2.2.2. Tektonik yapı

Üst seri, diskordans olarak alt serinin üzerine yatmaktadır. Bununla beraber diskordansa her tarafta rastlanmamaktadır. Onun yerine bazı aflörmanlarda karşılaşılan yatak durumları, alt serinin üst seri tarafından diskonform durumda altta kalmış olduğunu gösterirler. Bunun üzerine yatak durumunda üst serinin bazalt molozu bulun-

maktadır.

Tunçbilek havzasındaki sedimanlar orojenik hareketlerden az maruz kalmışlardır. Bölgesel ölçekte antiklinal ve senklinal görülmez.

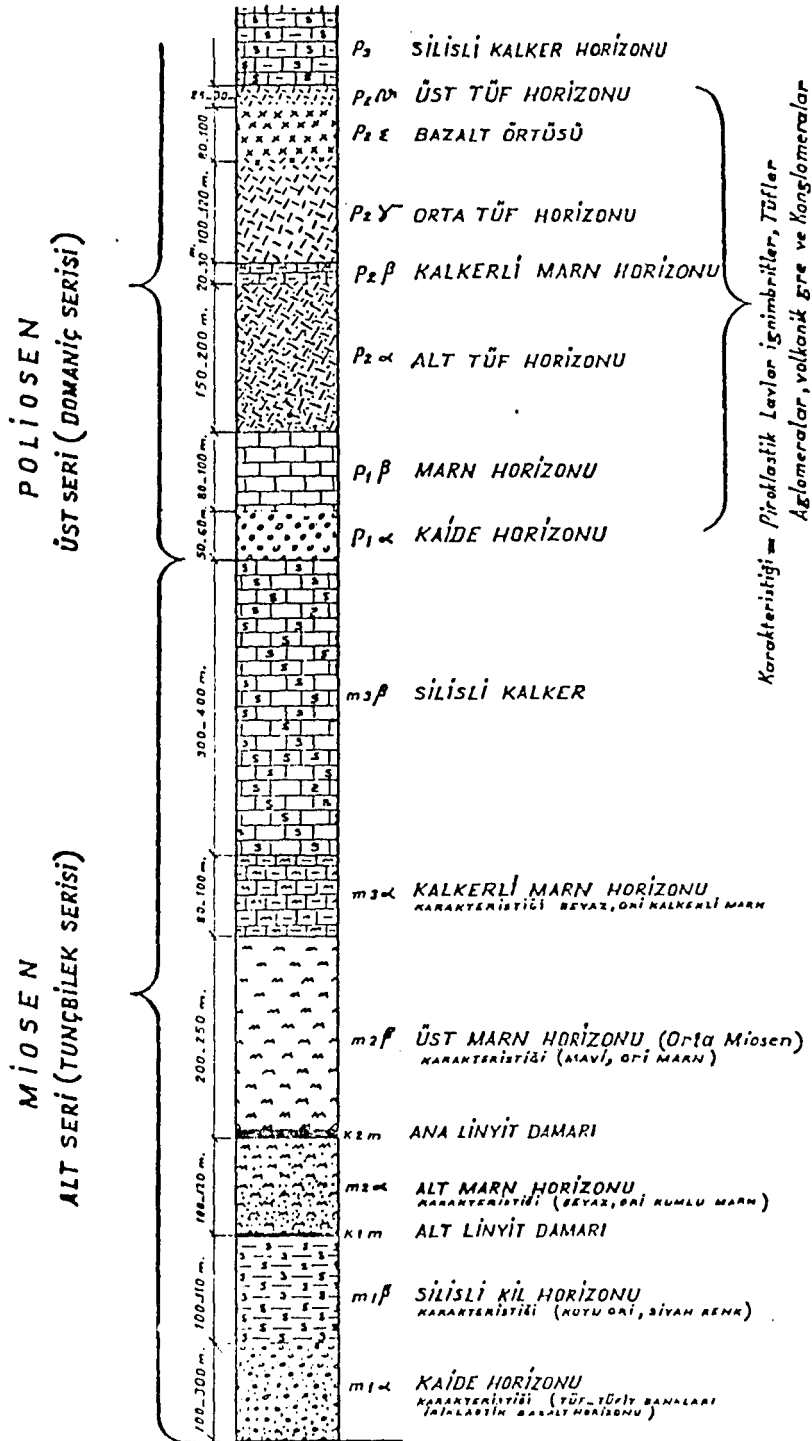
Neojen sonundan itibaren bölgede epirojenik hareketler başlamış, bu hareketler sonucunda tansiyon yarılımları (çekim fayı, normal fay) meydana gelerek bölgeyi bloklara ayırmıştır. Epirojenik hareketlerin tesiriyle tabakaların ilk hareketleri bozulmuş ve az çok eğim kazanmışlardır. Havzadaki üst seri tabakaları yataya yakın veya maksimum 10° eğilimlidirler. Ancak diskordans hatları boyunca oldukça eğimli ve dikleşmiş tabakalar görülür. Alt seri (miyosen) tabakaları üst seri tabakalarına nazaran daha fazla eğime sahiptirler($15 - 20^{\circ}$).

Genç fayların tümü ortogonal bir fay sistemi meydana getirerek bugünkü akarsuların yataklarını teşkil etmiştir. Bu fay hareketleri sonucu ana linyit horizonu bazı sahalarda mostra verdiği veya açık işletme ekonomik olduğu halde, bazı sahalarda 200 metreden daha derinde bulunmaktadır (şekil 2.2).

G.L.İ.

TUNÇBİLEK BÖLGESİ

STRATİGRAFİ LİTOLOJİSİ

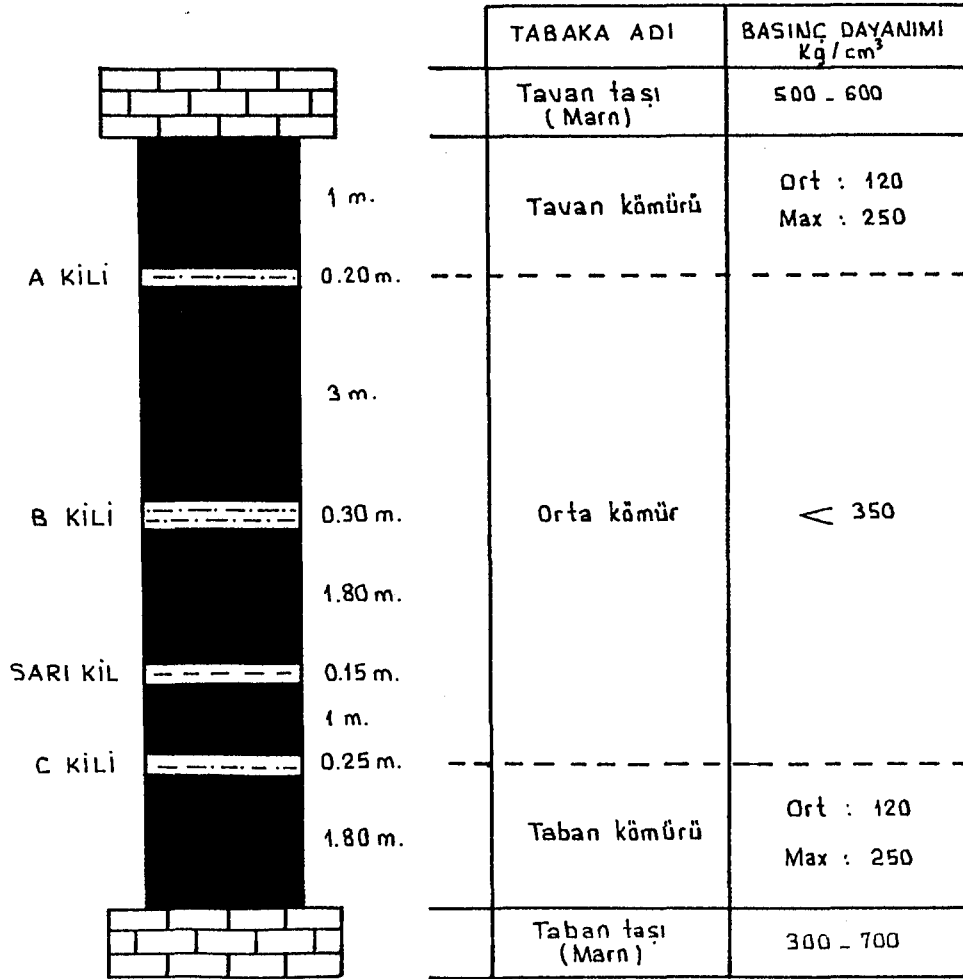


Şekil 2.2. Tunçbilek bölgesi stratigrafi litolojisi

2.3 Damar Yapısı ve Özellikleri

Kömürün tavan ve taban taşı marn'dır. Genel olarak taban taşının basınç dayanımı $300-700 \text{ kg/cm}^2$, tavan taşının basınç dayanımı $500-600 \text{ kg/cm}^2$ arasındadır.

Genel eğimi 10° ve ortalama kalınlığı 5-11 m. olan ana linyit damarının içinde değişik kalınlıkta tabaka ve adese halinde ara kesmeler mevcuttur. Bunların en önemlileri yukarıdan aşağıya doğru; A kili, B kili, Sarı kil ve C kili olarak adlandırılmaktadır. Tavan ve taban kömürleri temiz-az kirli, orta kömür ise az-orta kirli niteliktedir.



Şekil 2.3. Kömür damarının özellikleri

1991 yılında Tunçbilek ve Ömerler bölgelerinden üretilen tüvenan kömürün, kimyasal analiz sonuçlarının 12 aylık ortalama değerleri Çizelge 2,2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. G.L.İ. kömürlerinin bazı kimyasal özellikleri.

	Tunçbilek yeraltı		Ömerler yeraltı	
	Orijinal kömür	Kuru kömür	Orijinal kömür	Kuru kömür
Nem (%)	11.14	-	14.70	-
Kül (%)	48.14	54.17	42.10	49.35
Uçucu madde (%)	24.34	27.40	25.79	30.24
Sabit Karbon (%)	16.38	18.43	17.41	20.41
Kükürt (%)	1.31	1.47	2.06	2.42
Alt ısı (kcal/kg)	2067	2402	2384	2898

2.4 Üretim Yöntemi

Her iki bölgede uygulanan üretim yöntemi genel hatlarıyla aynı olup, nakliyat ve havalandırma sistemleri bakımından farklılıklar göstermektedir. Panolar büyük atımlı faylarla sınırlandırılıp, genelde 300 m. genişliğinde planlanmakta, pano boyları fay sınırlarına bağlı olarak 800-900 metreye kadar uzatılmaktadır. Ayak boyları tavan ve tabanlarda en fazla 70 m. olacak şekilde oluşturulmaktadır(G.L.İ., 1988).

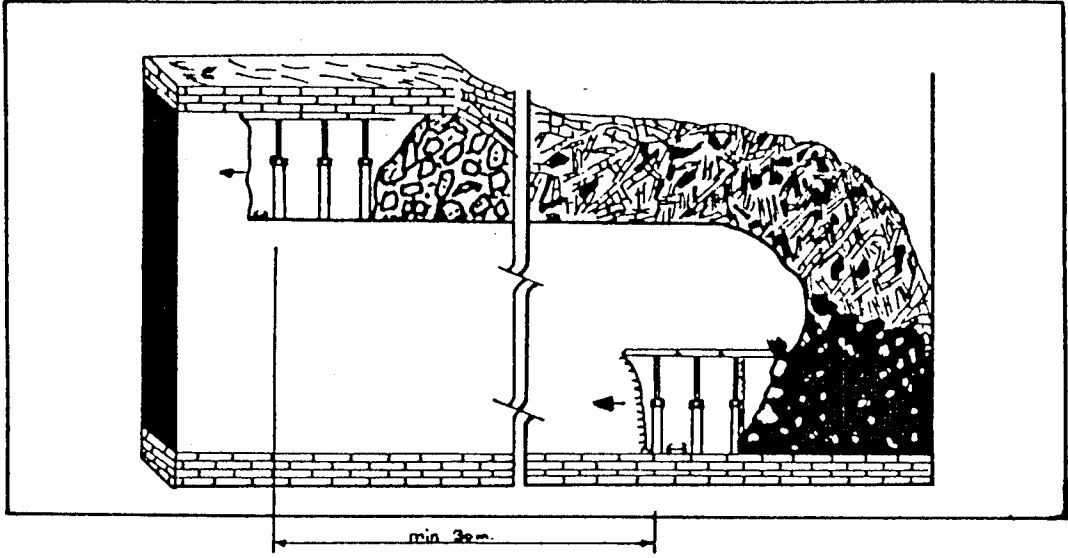
Damar kalınlığının 6-7 metreyi geçmediği panolarda Taban Ayak olarak isimlendirilen Dönümlü Blok Göçertmeli Uzun Ayak yöntemi, daha kalın damarlı panolarda ise Ara Göçertmeli Tavan-Taban Ayak yöntemi uygulanmaktadır. Taban ayaklarda, taban taşını sıyırarak 2 metrelik dilim

aynadan kazılarak alınmakta, damarın geri kalan 4-5 metrelik kısmı ayak arkasından göçertilerek kazanılmaktadır. Bu yöntemde üretim kayıpları %24.3 oranını bulmakta, göçük içinde bırakılan bu kömür, kendiliğinden kızışma için uygun bir ortam yaratmaktadır(Şenkal vd., 1988).

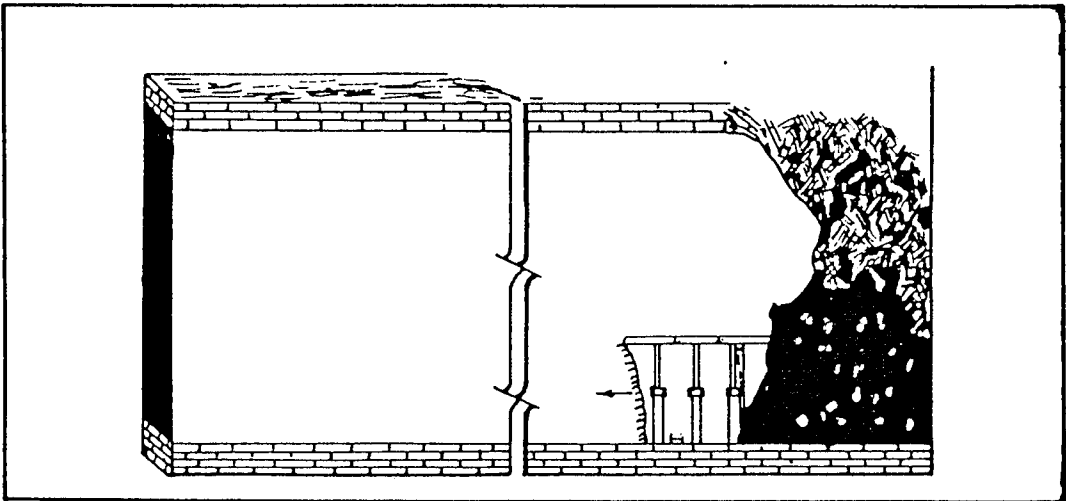
Tavan-taban ayak üretim biçiminde ise damarın tavan ve taban taşını sıyırarak 2'şer metrelik dilimler kazılarak alınmakta, iki ayak arasında kalan kısım ise taban ayak arkasından göçertilerek alınmaktadır. Tavan ayaklarda, taban ayak arkasından alınan kömüre taş karışmasını önlemek amacıyla, yapay tavan işlevini gören çelik hasır serilmektedir. Yeraltı ocaklarında uygulanan üretim yöntemi şekil 2,4'te gösterilmiştir.

Tahkimat malzemesi olarak demir direk ve çelik sarma kullanılmakta, ağaç malzemelerle takviye yapılmaktadır. Tunçbilek yeraltı ocağında 2 adet 2000 m³/dak.lık üfleyci, Ömerler yeraltı ocağında 1 adet aynı kapasiteli emici vantilatörlerle havalandırma yapılmaktadır.

Ocak dışına kömür nakliyatı; Tunçbilek ocağında trolley, Ömerler ocağında bantlı konveyörlerle sağlanmaktadır.



Tavan-taban ayak çalışması



Taban ayak çalışması

Şekil 2.4 Yeraltı ocaklarında uygulanan üretim yöntemi.

2.5 Kendiliğinden Yanmanın Olası Nedenleri

G.L.İ. Müessesesi yeraltı ocaklarında meydana gelen kendiliğinden yanma olayının başlıca nedenleri:

- a. Klasik yöntemle çalışılan yeraltı ocaklarında ilerleme hızının düşük olması,
- b. Üretim sisteminden doğan ve göçükte bırakılan kömür kaybı,
- c. Yeryüzüne yakın damarların yeraltı işletmesi olarak alınması,
- d. Üretim sırasında havanın ayak arkasına kaçıp oksidasyona sebep olması,
- e. Panolar arasında az topuk bırakılması nedeniyle hava ve gaz kaçaklarının oluşmasıdır.

2.6 Kendiliğinden Yanmaya Karşı Yapılan Mücadele

Bugüne kadar oluşan kendiliğinden yanma sorununa karşı tam olarak etkin bir mücadele yapılamamıştır. Bunun sebebi yeryüzüyle olan hava kaçaklarının kızışmaların erken tespitine getirdiği olumsuzluktur. Bazı kızışmalar erken tespit sayesinde önlenebilirken, pek çok kızışma da erken tespit edilemediğinden pano kapatılması şekliyle yangın olayı bertaraf edilmiştir.

Kendiliğinden yanmanın erken tespiti amacıyla bölgede yapılan faaliyetler:

- a. Periyodik olarak CO, CH₄, CO₂ ölçümleri yapmak,
- b. CO artışı gözlenen pano veya ayaklarda ilerleme hızını artırarak kızışmaya başlayan bölgeden uzaklaşmaya çalışmak, yine de yangından kaçılmıyorsa o bölgeyi barajlayarak kapatmaktır.

3. KÖMÜR, TANIMI VE ÖZELLİKLERİ

3.1 Kömürün Tanımı

Yeterli miktarda yanıcı organik bileşikler içeren, doğal halde veya bazı değişimlerden sonra yakacak olarak kullanılabilen kayalara "mineral yakıtlar" adı verilmektedir. Mineral bir yakıt olan kömür, organik bir kaya olarak tariflenir. Genellikle kuru olarak %50'den fazla yanabilen madde içeren kömür; organik, inorganik maddeler ile nem'den oluşur.

3.2 Kömürleşme

Bitkilerin, doğa olaylarının etkisi altında zamanla bozuşup fiziksel ve kimyasal değişimlere uğraması sonucu, kömürleri meydana getirdiği bugün kesin olarak bilinmektedir. Kömürlerin bitkilerden kaynaklandığına ilişkin çeşitli kanıtlar vardır. Bazı linyit kömürleri kahverengi görünümde yumuşak olup, gözle görülebilen bitki artıkları içerirler. Mikroskop altında incelendiğinde bitümlü kömürlerde de tohum, spor ve reçine parçacıkları ile bitkilerin temel yapı maddeleri olan selüloz kalıntıları gözlenmiştir.

Bitkilerde fiziksel ve kimyasal değişimlere yol açan doğa olayları arasında bakteri ve mantar hücrelerinin faaliyetleri; oksitlenme, redüklenme, hidroliz ve damıtım ile su ortamında ısı ve basıncın etkileri sayılabilir. Fiziksel değişimlerden başlıcaları; rengin kararması, parlaklık, sertlik, sıklık ve kırılmanın artmasıdır. Kimyasal değişimler ise esas olarak rutubet, karbon ve hidrojen ile oksijen bileşiklerinden oluşan uçucu maddelerin (CO_2 ve CH_4 gazları gibi) kısmen kaybolarak azalması, geri kalan maddelerin molekül yapılarının değişmesi, sabit karbon ve kül oranlarının artması şeklin-

dedir.

3.3 Kömürün Özellikleri

Kömürleşme sırasındaki fiziksel ve kimyasal değişimlerin binlerce, hatta milyonlarca yıl sürdüğü ve bu süreç içerisinde yatağı oluşturan bitki türleri ve ortam koşullarının çok değişik olduğu göz önüne alındığında, farklı yapıda kömür yataklarının oluşacağı gerçeği ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle dünyada bulunan kömür yataklarından birinin diğeriyle aynı özelliklere sahip olduğu söylenemez. Hatta özellik farklarına yataklar arasında olduğu kadar, aynı yatağın değişik kısımlarında da rastlamak mümkündür.

3.3.1. Kömürün kimyasal özellikleri

Yapı ve bileşim açısından homojen bir madde olmayan kömür, kömürleşen kısımlara ve kömürleşme sürecine bağlı olarak büyük yapısal farklılıklara sahiptir. Kömürün sınıflandırılmasında da esas teşkil eden sabit karbon yüzdesi, kalorifik değer, nem, uçucu madde, hidrojen ve oksijen miktarı çeşitli kömür türlerinde farklılıklar gösterir. Kömürleşme sırasında odun, turba ve çeşitli kömür türlerinin kimyasal bileşimlerinde meydana gelen değişiklikler Çizelge 3,1'de gösterilmiştir.

Yeryüzüne yakın olduğu için, atmosferik etkilere maruz kalan veya ocaklardan çıkarılıp bir süre stok edilen kömürler endüstride "oksidasyon" olarak bilinen bir seri fiziksel ve kimyasal değişimlere uğrarlar.

Oksidasyon, kömürün yüzebilirliğine etki edip temas açısının düşmesi sonucu kömür flotasyonunu menfi yönde etkilemektedir. Yine oksidasyonun kömürün özgül ağırlığını artırıcı bir faktör olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından saptanmıştır(Önal, 1986).

Okside kömür kolaylıkla ufalanabilir, gevrek bir yapıya sahip olduğu için bu olumsuzluk hazırlama tesislerinde de sorun olarak ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 3.1. Odun, turba ve çeşitli kömür türlerinin kimyasal bileşimleri.

	Ham Durumda Nem (%)	Kuru ve Kül­süz Baza Göre (%)			
		Karbon	Hidrojen	Oksijen	Uçucu Madde (900°C)
Odun	20	50	6.0	42-43	75
Turba	90	60	5.5	32-33	65
Kahverengi kömür	60-40	60-70	5.0	25	50
Linyit	40-20	65-75	5.0	16-25	40-50
Alt Bitümlü	20-10	75-80	4.5-5.5	12-21	45
Bitümlü	10	75-90	4.5-5.5	5-20	18-40
Yarı Bitümlü	5	90-92	4.0-4.5	4-5	5-20
Antrasit	5	92-94	3.0-4.0	3-4	1-5

3.3.2. Kömürün fiziksel Özellikleri

3.3.2.1. Rutubet

Kömürlerde, bünye ve yüzey rutubeti olmak üzere iki tür rutubet bulunur. Bünye rutubeti kömürün yapısında yer alır ve kömür tarafından adsorbe edilmiş olan, inorganik maddelere bağlı bulunan sudan meydana gelir. Yüzey rutubeti ise kömürde serbest halde bulunan sudan oluşur. Kömür türüne göre bünye rutubeti farklılık göstererek bitümlü kömürlerde %1-3 gibi düşük bir seviyede iken linyitlerde %45 oranına kadar yükselebilmektedir. Bünye rutubeti

içeren kömürler kuru görünümde olup tozlanma yaparlar. Kömürdeki rutubet, yanma sırasında kömürün vereceği enerjiyi buharlaşan su oranında azaltması nedeniyle zararlıdır.

3.3.2.2. Sertlik

Kömürün sertliği, kömürün ait olduğu sınıfa bağlı olup karbon ve uçucu madde oranlarına göre değişiklikler gösterir. Kömürler arasında genellikle en yumuşak olanı linyit, en sert olanı da antrasittir. Antrasitin sertliği Mohs sisteminde 2.73-3.0 arasında olurken linyit, bitümlü ve yarı bitümlü kömürlerdeki sertlik derecelerinin büyük farklılığı nedeniyle sabit bir sertlik değeri verilememektedir. Kömürün sertliği, ufalanabilme ve öğütülebilme özelliklerine etkidiğinden önemli bir fiziksel faktör olarak ortaya çıkmaktadır.

3.3.2.3. Özgül ağırlık

Kömür ve artık maddeleri arasındaki özgül ağırlık farkı, kömür hazırlama yönünden büyük önem taşımaktadır. Bunun nedeni flotasyon dışındaki tüm zenginleştirme yöntemlerinin gravite ayrımlarıyla yapılmasıdır. Tüvenan kömürdeki bir parçanın özgül ağırlığı; bu parçanın külü, rutubeti, sabit karbon miktarı ve uçucu madde oranına bağlıdır. Kömürün külü arttıkça özgül ağırlığı da orantısız olmayan bir biçimde artış gösterir. Külün özgül ağırlığa olan etkisi kül yapıcı maddelerin cinsine göre değişmektedir. Saf kömürün özgül ağırlığı, kömürün yaşına bağlı olarak linyitten antrasite doğru artar.

Linyit	0.05 - 1.30 gr/cm ³
Bitümlü kömür	1.15 - 1.50 gr/cm ³
Antrasit	1.40 - 1.70 gr/cm ³

3.3.2.4. Boyut dağılımı

Üretilen kömürün boyut dağılımı, kömürün yapısına ve uygulanan üretim yöntemine göre değişmektedir. Satış için kömür kalitesinin tespitinde, içindeki yabancı maddeler ve kalorifik değer kadar parça boyutu da önem taşımaktadır.

3.3.2.5. Aşındırma

Kömürdeki artık maddelerden ileri gelen kömürün aşındırma özelliği önemli bir ekonomik faktör olarak görülmektedir. Bu özellik madencilik işlemleri sırasında delme, kesme ve taşıma araçlarında aşınmalara sebep olur.

3.3.2.6. Mukavemet

Kömürün basınca karşı olan mukavemeti, kırma ve öğütme işlemlerinde önem taşır. Kömürlerin mukavemeti kömürün türü ve petrografik yapısına bağlı olup; en düşük mukavemet uçucu madde oranı %20-25 olanlarda görülür. Ayrıca kömürde vitrain oranı yükseldikçe baskı mukavemeti azalır.

3.3.2.7. Ufalanabilirlik

Ufalanabilirlik; herhangi bir parçanın kendinden küçük parçalara kırılabilme eğilimi olup, linyitler en az, yarı bitümlü kömürler ise en fazla ufalanan kömürlerdir.

Kömürün petrografik yapısına bağlı olarak değişen ufalanabilirlik özelliğine karşı fusain en zayıf, durain en kuvvetli dayanıma sahiptir. Vitrain fusain'den, clarain de vitrain'den daha sağlamdır.

3.3.2.8. Öğütülebilirlik

Öğütülebilirlik; sertlik, mukavemet ve kırılma eğilimiyle ilgili fiziksel bir özelliktir. Heterojen bir madde olan kömürün iri boyutlara kırılması ile öğütülmesi arasındaki enerji sarfı bakımından önemli farklar vardır. Kömür genellikle iri boyutlara kırılabilirken öğütülmeye karşı direnç gösterir.

Kömürün rutubeti ve kömürleşme derecesi de öğütmede önemli rol oynamaktadır. Düşük ve orta derecede uçucu madde içeren kömürler antrasite, yüksek uçuculu kömürlere ve linyite oranla daha kolay öğütülürler.

Öğütülebilirlik kömürün petrografik yapı elemanları arasında da farklılık gösterir. Bir araştırmada, öğütülebilirlik indeksleri durain için %16, clarain için %40, vitrain için %47 ve fusain için de %121 olarak saptanmıştır (Onal, 1986).

3.3.3. Kömürün petrografik özellikleri

Kömür heterojen bir madde olup; çeşitli kimyasal ve fiziksel bileşimdeki bitkisel kısımların metamorfizması ile oluşmuş, yanabilir bir kayattır. Kömürleşme süreci ve ortamdaki bitki farklılığı kömürlerde değişik yapıda oluşumları meydana getirmiştir. Bu oluşumlar genellikle bantlı bir yapı arzederler. Kömürün iyi bir şekilde değerlendirilmesi ve kullanılması, bunun içindeki oluşumların (litotiplerin) tanınmasına bağlıdır. Kömürün ince kesit ve parlatma sonucu mikroskopik incelemesinde değişik yapıda bitki parçalarından oluştuğunu görmek olasıdır. Litotipleri meydana getiren bu mikroskopik parçalara "maseral" adı verilir.

3.3.3.1. Litotipler

Vitrain: Kömürün en parlak bandıdır. Homojen bir yapıya sahip olup, yüzeyi konkav ve küpler şeklinde kırılır. Eli boyamaz ve kırılğandır.

Ularain: Parlak olup, donuk şeritler içerir. Bileşimi vitrain ve durain oranlarına göre değişir. Kömürlerin en parlak bandıdır.

Durain: Kömürün donuk bandı olup, rengi griden kahverengimsi siyaha kadar değişir. Çok serttir ve kırıldığında düzgün yüzeyler vermez.

Fuşain: Kömür bantları arasında odun kömürünü andıran ip-liksi yapısı, siyah ve grimsi siyah rengi ile ayırt edilebilen; kırıldığında eli boyayan, çok kırılğan ve toz haline gelebilen bir banttır. Bazı hallerde içerdiği minerallere bağlı olarak sertliği artabilir.

3.3.3.2. Maseraller

Vitrinite: Parlak kömürlerin en yaygın birimi olup, yansıyan ışıktaki gri renkte görülür. Orijini ağaç ve ağaç kabuğu dokusuna dayanır. Karbon yüzdesi kömürleşmeye bağlı olarak değişir.

Exinite: Orijini ağaç dokusu dışındaki bitkisel maddelere dayanan bu grup maseraller mikro ve makro sporelerden, hücrelerin dış yapılarından, reçine ve yosun artıklarından oluşur. Yansıyan ışıktaki makro sporeler kırmızımsı gri, diğerleri daha koyu renkte görülürler.

Inertinite: Belirgin hücre yapısı gösterir. Orijini bitkinin ağaç dokusuna dayanır. Yansıyan ışıktaki sarımsı beyaz renkte görülürler.

4. KENDİLİĞİNDEN YANMANIN OLUŞUMU VE ETKİLEYEN FAKTÖRLER

4.1 Kendiliğinden Yanmanın Oluşumu

Kömürün kendiliğinden yanmasında etkili olan, kömür yüzeyinin oksijenle olan ilişkisidir. Kömür oksitlenmeye eğilimli bir madde olup, yeni açılan yüzeyler hava ile temas eder etmez oksidasyon olayı gerçekleşir. Oksijen molekülleri kömür yüzeyine fiziksel olarak bağlanır ve diffüzyon yoluyla mikro gözeneklere kadar ulaşarak kömürle oksijen arasında dışa ısı veren kimyasal bir reaksiyonun oluşmasına neden olur.

Oksidasyon, kömür yüzeyinin hava ile teması sonucu hemen başlayan ve koşulları aynı kaldığı sürece çok yavaş olarak süren bir olaydır. Oksidasyon seyrinde önce adsorbe edilen oksijenle kömür, duraysız kömür-oksijen bileşikleri oluşturmakta ve ısı arttıkça bu bileşikler bozunarak CO, CO₂ ve H₂O oluşmaktadır. Dışa ısı veren bir reaksiyon olan oksidasyonda bu ısı ortamdaki uzaklaştırılırsa ısı birikimi olmayacak ve kömür yüzeyinde aşırı bir ısı artışı görülmeyecektir. Bazı durumlarda oksidasyon sonucu ortama verilen ısı enerjisi ortamdaki uzaklaştırılmayıp kömürün sıcaklığı gittikçe artmakta ve ortamda yeterli bir oksidasyon geliri de mevcutsa, oksidasyon hızlanacak ve bu sıcaklık kömürün tutuşma sıcaklığına ulaştığında yangın başlayacaktır (Oresko, 1959; Handa, 1985; Ökten'den, 1988).

Özetle, sınırlı miktardaki hava, bir yandan oksidasyon için gerekli oksijeni sağlarken, diğer yandan oluşan ısıyı uzaklaştırmakta yetersiz kalarak ortamda sıcaklık artışının ve kendiliğinden yanmanın başlıca nedeni olmaktadır (Didari, 1986).

4.2 Kendiliğinden Yanmayı Etkileyen Faktörler

Kendiliğinden kızışma, pek çok faktörün denetimi altında gelişen bir olaydır. Bu parametrelerin çok çeşitli olmasından dolayı yangın olayı tam olarak açıklanamamakta, gerek olayın gelişimi ve gerekse etkileyen şartlar üzerinde literatürde çeşitli görüşlere rastlanmaktadır. Sadece farklı damarlar değil, aynı damarın değişik kesimleri dahi farklı kızışma özellikleri gösterebilmektedir.

Kendiliğinden yanma olayında etkin olan faktörler üç ana grup altında toplanabilir;

- 1- Damar özellikleri
- 2- Jeolojik özellikler
- 3- Madencilikle ilgili özellikler

İlk iki grup özellikler kontrol edilemeyen faktörleri kapsar ve "İçsel (Doğal) Faktörler" olarak tek bir grup altında da ifade edilebilir. Madencilikle ilgili özellikler ise "Dışsal Faktörler" olarak nitelenmekte olup, maden mühendisi tarafından kontrol edilebilen faktörleri içerir(Saraç, 1992). Kendiliğinden yanma olayını etkileyen faktörlerin bir dökümü çizelge 4,1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Kendiliğinden yanmayı etkileyen faktörler

Damar Özellikleri	Jeolojik Özellikler	Madencilikle İlgili Özellikler
<ul style="list-style-type: none"> . Rank . Petrografik bileşim . Sıcaklık . Parça boyutu . Nem . Sülfür içeriği . Diğer mineraller . Fiziksel özellikler . Bakteriler 	<ul style="list-style-type: none"> . Damar kalınlığı . Damar eğimi . Göçme özelliği . Fay ve arızalar . Derinlik . Jeotermik gradyan 	<ul style="list-style-type: none"> . Üretim yöntemi . İlerleme hızı . Topuk koşulları . Tavan koşulları . Tabanyolu koşulları . Hava kaçakları . Kömür kayıpları . Çalışılmış sahalar . Dolgu . Havalandırma basıncı . Hava nemliliği

4.2.1. Kömür yapısı ile ilgili faktörler

4.2.1.1. Kömür rankı

Kömürleşme süreci içinde turbalardan, antrasit oluşumuna kadar olan değişmeler kendiliğinden yanma özelliğini doğrudan etkilemektedir. Bilindiği gibi karbon içeriğinin artması ve oksijen içeriğinin azalması ile rank artar. Bu konu üzerindeki tüm araştırmalar, yüksek oksijen içerikli kömürlerin kolayca okside olabildiklerini, bu nedenle de kendiliğinden yanmaya çok yatkın olduklarını ortaya koymuştur (Chamberlain, et al., 1970; Morris and Atkinson, 1988).

Kuluçka periyodu, düşük ranklı kömürlerde 3-6 ay arasında iken, yüksek ranklı kömürlerde bu süre 9-18 ay arasında değişmektedir. Ancak bu süre diğer faktörlerinde etkisindedir(Durucan ve Güyagüler, 1982). Chamberlain (1970), değişik ranktaki 17 kömür numunesi üzerinde yaptığı çalışmalarda düşük ranklı kömürlerin kendiliğinden yanmaya daha yatkın olduğunu kanıtlamıştır (Saraç, 1992).

Genel olarak düşük kaliteli kömürler pratikte de kendiliğinden yanmaya çok daha yatkın olmaktadır. Örneğin, antrasit kömürlerinde kızışma olasılığı linyitten daha az olmaktadır. Bunun en önemli nedeni, düşük ranklı kömürlerde daha fazla reaktif oksijen bulunmasıdır. Ancak bu genellemenin dışında, diğer faktörlerin etkisi ile istisnalarda gözlenebilmektedir(Chamberlain and Hall, 1973).

4.2.1.2. Petrografik yapı

Kömürün ana yapısını oluşturan dört temel madde olan Füsit, Vitrit, Clarait ve Dürüt miktarı da yanmaya yatkınlık derecesini etkiler. İngiliz NCB Kurumu tarafından yapılan çalışmalar Füsit'in en az reaktif olduğunu, genelde Dürüt'in Vitrit'ten daha reaktif olduğunu göstermiştir(Morris and Atkinson, 1988). Kömürün kızışmaya yatkınlığının saptanmasında rank ile birlikte bu maserallerin durumunun araştırılması da aydınlatıcı bilgiler vermektedir.

4.2.1.3. Parça boyutu

Oksidasyon, başlangıçta kömürün dış yüzeyinde gelişen bir olay olduğundan, kömürün dış yüzey alanının fazla olmasının etkisi büyüktür. Kömürün parça boyutu küçüldükçe yüzey alanı artmakta, hava ile temas yüzeyi bü-

yümektedir. Bu konuda yapılan çalışmalar büyük parça boyutuna sahip kömürlerde oksitlenmenin yüzeyde kaldığı ve derinlere inmediği sonucunu getirmiştir(Coward, 1957; Morris and Atkinson, 1988; Saraç'tan, 1992). Kazı arını hem yüzey alanının az olmasından, hem de katı kömürün geçirimliliğinin düşük olmasından dolayı yangın potansiyeli çok azdır. Kömür kazılarak ufalandığında veya tavan basıncıyla kırıklandığında yüzey alanı ve geçirimliliği artar, kızışmaya uygun duruma gelir. Nitekim pratikteki yangın sahaları, toz kömürün bulunduğu göçük alanları, silolar veya çatlanmış topuklardır.

Winmill (1914), oksijen absorpsiyon hızının toz kömürlerde külçe kömürlere oranla daha yüksek olduğunu, ancak bunun partiküllerin dış yüzey alanıyla orantılı olarak artmadığını belirlemiştir(Saraç, 1992).

4.2.1.4. Nem içeriği

Nemin kızışmaya etkisi üzerindeki düşünceler farklıdır. Bazı araştırmacılar nem içeriğinin doğrudan bir yangına yatkınlık indeksi olabilecek kadar önemli olduğunu düşünmektedir. Sıcak havalarda yağmur yağdığına kömür stoklarının daha kızışkan olması bu görüşü desteklemektedir. Genel olarak, düşük miktardaki bir nem içeriğinin kızışmayı hızlandırdığı, yüksek nem miktarlarının ise kızışmayı geciktirdiği söylenebilir(Morris and Atkinson, 1988; Chamberlain, 1974). Nemin varlığı piritin oksidasyonuna da yardımcı olmaktadır. Düşük nem katalizör etkisi yapmakta, yüksek nem ve yüksek gaz içeriği ise kömür içindeki boşlukları doldurarak kömür yüzeyinin oksijen ile temasını önlemektedir.

4.2.1.5. Pirit içeriği

20. yüzyılın başlarına kadar kömür içindeki piri-

tin, kendiliğinden yanmanın ana kaynağı olduğu kabul edilmektedir. Daha sonraki çalışmalar sülfür içermeyen kömürlerin de oksijen absorbe ettiğini ve ısı çıkardığını, kızışkan ortamın pirit içeriği değil, kömürün kendisi olduğunu kanıtlamıştır. Ancak sülfürün varlığının kızışmayı hızlandırmada yardımcı bir rol oynadığı da bir gerçektir. Havanın pirit üzerindeki oksidasyon etkisi kabul edilmekte, pirit oksidasyonunun kömür sıcaklığını artırdığı da bilinmektedir. Bazı araştırmacılar bu etkinin kızışmanın başlamasında çok etkili olduğuna inanmakta, bir kısım araştırmacı ise piritin etkisinin sadece mekanik olduğunu savunmakta, kömürdeki piritin ince filmler halinde okside olduğunu ve sadece kömürün kırıklanmasına neden olarak havayla temas yüzeyini artırdığı ve dolayısıyla kızışmayı hızlandığını düşünmektedir (Coward, 1957; Gill and Browning, 1971).

4.2.1.6. Sıcaklık

Kömür sıcaklığı yangını etkileyen ana faktörlerden birisidir. Oksijen absorpsiyonu sıcaklık artışı ile hızlanmaktadır. Ortalama oksidasyon hızı her 18°F'lık sıcaklık artışı ile 1.4-2.3 katı artar (Morris and Atkinson, 1988). Bu nedenle kömürün damar içindeki, stoklama veya yükleme anındaki başlangıç sıcaklığı oldukça belirleyicidir. Kömür ile oksijen arasındaki reaksiyon 10°C gibi çok düşük sıcaklıklarda başlayabilmektedir. Kömür sıcaklığının artışı kendiliğinden yanma olayının bir göstergesi olarak yangının erken belirlenmesinde kullanılmaktadır.

Chamberlain (1976), oksidasyonun kritik sıcaklık denen bir değere kadar oldukça yavaş geliştiğini, bu değerden sonra gaz artış hızının arttığını belirlemiştir. Bu kritik sıcaklık kömür rankı ile değişmekte ve 30-70°C arasında bir değer olmaktadır.

4.2.1.7. Diğer mineraller

Kömür yapısındaki diğer maddeler yanmaya hızlandırıcı veya geciktirici yönde etki yapmaktadır. Alkaliler hızlandırıcı, Boratlar ve $CaCl_2$ geciktirici rol oynarlar. (Morris and Atkinson, 1988). Kömürdeki kül miktarı arttıkça karbon miktarı azalacağından ve sıcaklığı azaltıcı bir etki yapacağından, fazla küllü kömürlerin kendiliğinden yanma eğilimi daha düşüktür.

4.2.2. Jeolojik faktörler

4.2.2.1. Damar kalınlığı

Damar kalınlığının artmasıyla yanmaya karşı eğilimin arttığı bilinmektedir. Yangın bakımından en problemlili ocaklar, tek bir dilimde kazılamayan damar kalınlığına sahip ocaklar olduğu bilinmektedir.

Damar kalınlığındaki artış ile termal iletkenlik azalmakta, dolayısıyla ısı birikimi kolaylaşmaktadır.

Kalın damarlarda belirli durumlarda tavan veya tabanda bir miktar kazılmadan bırakılmakta, bu bölgelerde kızışmalar olabildiği gibi kızışan bölgenin tespiti de güç olmaktadır.

Üretim sırasında, özellikle blok göçertmeli sistemlerde üretim kayıpları oldukça yüksek olmakta, göçükte büyük miktarda kömür kalmaktadır. Ayrıca yangınla mücadele tekniklerinin uygulanması ve başarısı güçleşmektedir (Gill and Browning, 1971; Mahadevan and Ramlu, 1985; Morris and Atkinson: Saraç'tan, 1992).

4.2.2.2. Damar eğimi

Damar eğiminin artması da kızışmayı artırıcı bir etki yapmaktadır. Eğimli damarlarda hava sıcaklığının

gazlardan dolayı hava yoğunluğunun, hava basıncının farklılaşması kaçakları artırır ve kızışmayı hızlandırır.

4.2.2.3. Derinlik

Derin ocaklarda artan kayaç basıncının etkisiyle topuklarda ve kazı arınında oluşan çatlaklar, havanın kömürle reaksiyona girmesini kolaylaştırır. Göçük içinde bırakılan kömür parçaları daha küçük boyutlu olur. Derinlere inildikçe doğal tabaka sıcaklığı artar, kömürün temel sıcaklığı daha yüksek olur. Üretim panolarına gönderilen hava sıcaklığının da yüksek olması bir başka etkili parametredir.

4.2.2.4. Göçme özelliği

Damarın üstündeki tavan tabakalarının göçme özellikleri de önemli bir etkiye sahiptir. Çok akıcı tavanları tutmak için tavanda bir miktar kömür bırakılan yöntemlerde, bu alan kendiliğinden yanma için potansiyel bir tehlike bölgesi oluşturur. Tavanın çabuk veya geç çökmesi, göçük içinde kalan kayıp kömür miktarını ve boyutunu etkileyerek yangına uygun ortam hazırlayabilir.

4.2.2.5. Jeolojik arıza ve faylanmalar

Arızalı ve faylı kısımlar kendiliğinden yanma olayında kritik bölgelerdendir. Faylı alanların etkisi iki şekilde olur. Kırık, çatlak ve faylar boyunca hava kaçakları meydana gelerek çatlak içlerinde, fay aynalarında biriken kömür tozlarını bu hava kaçakları tutuşturabilir.

Ayrıca faylanmalar ayak ilerleme hızını önemli oranda düşürürler. İlerleme hızının düşük olması ise potansiyel yangın kaynaklarına kızışma için yeterli za-

manı sağlayabilir. Bu bölgelerde genellikle kömürün tamamı kazılamaz. Bırakılan kömürlü kısımlarda kaçakların da etkisiyle zamanla kızışma gelişebilir.

4.2.3. Madencilikle ilgili faktörler

4.2.3.1. Üretim yöntemi

Kendiliğinden yanma tehlikesi, uygulanan üretim yöntemi ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle üretim sisteminin daha projelendirme aşamasında damarın yangına yatkınlığı belirlenmeli, yangın tehlikesini en aza indirecek bir üretim yöntemi seçilmelidir(Saraç, 1992).

Kömür madenciliğinde en yaygın olarak uygulanan sistem Uzun Ayak yöntemidir. Bu yöntemin uygulanmasında Dönümlü Ayak, yangın tehlikesi bakımından İlerletimli Ayağa karşı bazı avantajları içerir.

İlerletimli uzun ayaklarda ayak arkası göçüğü sürekli olarak hava akımı içinde olduğundan, göçük içine fazla miktarda hava kaçmakta ve göçükte kalan kömürü kızıştırarak kendiliğinden yanmaya neden olmaktadır. Dönümlü çalışmada ise taban yolları sağlam kömür içindedir. Buradan geçen hava kaçak yol bulamadığından havalandırma randımanı yüksek olmakta, hava kaçakları azalmaktadır. Göçük içinde gelişebilecek bir kızışma ise ayağın hızlı bir şekilde ilerletilmesiyle açık yangına dönüşmek için yeterli zamanı ve hava gelirini bulamamakta, olası kızışmalar ayak çalışmasını etkilememektedir.

Kalın damarlarda koşullara en uygun üretim yönteminin seçimi daha da fazla önem taşır. Yöntemin yangın bakımından sakıncası göçükte bırakılan kömürün artması ölçüsünde yükselmektedir.

4.2.3.2. İlerleme hızı

Kendiliğinden kızışma, zamanın bir fonksiyonu olarak gelişen bir olaydır. Oksijenle ilk reaksiyon anından açık aleve dönüşene kadar, çeşitli faktörlere bağlı olarak belli bir süre geçer. Kazı hızı ne kadar yüksek olursa, kömürün hava ile temas süresi o kadar azalır. Dönümlü uzun ayaklarda arın ilerleme hızını yüksek tutmak daha da önem taşır. Ayak arkasında gelişen oksidasyon olayının, ayak içini etkilememesi için hızlı bir ilerlemenin gerçekleştirilmesi gerekir. Kazı hızı çalışılan damarın özelliğine göre, kömürün tutuşmadan alınmasını sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır.

4.2.3.3. Topuk boyutu

Sadece topuklu yöntemlerde değil, hemen hemen tüm yeraltı üretim yöntemlerinde değişik amaçlarla topuklar bırakılmaktadır. Topuk boyutlarının kızışmaya doğrudan etkisi olup, aşırı derecede çatlamış topuklar kendiliğinden yanma için uygun ortamlar oluştururlar (Gill and Browning, 1971). Kömür direncine, damar derinliğine, üretim yerlerinin etkisine bağlı olarak uygun bir topuk boyutlandırması yapılmalıdır.

4.2.3.4. Taban yolları

Uzun ayak yönteminde taban yolları, kenarlarından kaçan havanın kızışmalara neden olmasından dolayı önemlidir. Taban yollarının sayısı, açılırken uygulanan kazı yöntemi, tahkimat ve deformasyon koşulları etkin faktörlerdendir. Ateşleme yöntemiyle açılan, aşırı deformasyona uğrayan taban yolları civarındaki kömür, çatlamaya uğrayarak hava için kaçak yolları oluşturur. Özellikle ilerletimli uzun ayakta taban yolları arasında kalan göçük bölgesi, yangın bakımından en kritik bölgedir.

Bu bölgeye hava kaçağını azaltmak için en etkili önlem taban yollarının göçük tarafına şerit dolgu yapılmasıdır. Taban yollarının damara göre konumu da önemli bir husustur. Yangına yatkın damarlarda taban yollarının taş içinde açılması da düşünülmelidir.

4.2.3.5. Kömür kayıpları

Kömür havayla temas ettiği her ortamda okside olmakla birlikte, kızışmanın ilerlemesi için üretilen ısının birikebilmesi gerekir. Göçük içinde üretim kaybı olarak kalan kömür parçalarının oksidasyon ısısını dağıtabilecek etkinlikte bir hava akımı yoktur. Ayrıca tane boyutu küçüldükçe kömürün oksidasyon yeteneği artmaktadır. Üretimdeki kömür kayıpları bu nedenlerle kendiliğinden yanma olayının ana kaynağıdır. Özellikle kalın damarlarda göçük bölgesinde kömür kalmamasını hiç bir üretim yöntemi garanti edemez. Ancak, tehlikeyi minimize edebilmek için damarın mümkün olduğunca tamamının kazılabileceği üretim ve kazı yönteminin uygulanmasına özen gösterilmelidir.

4.2.3.6. Komşu damarların varlığı

Çalışılan panonun civarında başka damarların bulunması, özellikle tavanda işletilmeyen ince damarların olması yangın riskini artırır.

4.2.3.7. Eski üretim yerleri

Eskiden çalışılmış sahalar potansiyel yangın kaynakları olduğu gibi, yakınlardaki panoların kızışma yeteneklerini de artırır. Bu sahalardan kaçak yollar boyunca pano civarına akan sıcak hava ve gazlar buralardaki oksidasyonu hızlandırır.

4.2.3.8. Havalandırma durumu

Ocak içinde havalandırma basıncının büyük farklılıklar göstermesi, kendiliğinden yanmayı etkileyen en önemli faktörlerden birisidir(Chakravorty and Kolada, 1988). Özellikle hava giriş ve hava dönüş taban yolları arasında hava basınç farkı yüksek ise, göçük içine doğru olan hava kaçakları fazla olacaktır. Yeraltına gerekenden fazla hava göndermek bu açıdan sakıncalıdır. Fazla hava, yüksek hava basıncı, dolayısıyla kaçakların çok olması anlamına gelmektedir.

Bir havalandırma sisteminin, yeni bir vantilatör yerleştirilerek veya bir vantilatörün sistemden çıkarılarak değiştirilmesi durumlarında pek çok yangın olayı ile karşılaşmıştır. Havalandırma şebekesi tasarlanmasında veya mevcut sistemde değişiklikler yapılması durumunda yangın riski mutlaka dikkate alınmalıdır. Büyük basınç farklarına neden olmamak için yardımcı vantilatörlerin yeri iyi seçilmeli, hava dağılımı için direnç artırıcı donanımlardan kaçınılmalı, kesit daralmaları önlenmelidir.

4.2.3.9. Dolgu kalitesi

Hava kaçaklarını azaltmak, kendiliğinden yanma için uygun ortamları yok etmek amacıyla uygulanabilecek en etkili önlem ayak arkasının doldurulması veya taban yolları kenarlarının şerit dolgu yapılmasıdır. Ancak, uygulanan dolgu yönteminin kalitesi başarı derecesini etkiler. Boşluk doldurma randımanı en yüksek olan Hidrolik Dolgu yöntemi yangın bakımından da en avantajlı yöntem olmaktadır.

5. KENDİLİĞİNDEN YANMAYA YATKINLIĞIN BELİRLENMESİNDE UYGULANAN YÖNTEMLER

Kendiliğinden yanma ile etkin bir mücadelenin yürütülebilmesi, bir ocağın daha planlama aşamasında iken çalışılacak olan damar veya damarların özgün kızışma karakteristiklerinin araştırılmasını gerektirir. Yangın sorununa sistemli bir yaklaşımın ilk adımı, bakir damarlardan alınan örneklerin laboratuvar çalışmaları ile değerlendirilmesidir. Örneklerin kimyasal ve petrografik analizleri yapılarak oksidasyon özellikleri çeşitli tekniklerle test edilir. Bu araştırmalar hem damarın yangına yatkınlığı için bir ölçüt verir, hem de kızışma sırasında o damarın göstereceği davranışlar açıklığa kavuşturulur. Yangının erken belirlenmesinde kullanılması en uygun olacak yangın indeksleri bu çalışmalarla ortaya konabilir.

Yanma davranışlarını; sadece kömürün bünyesel özelliklerinin değil, çevre koşullarının da önemli oranda etkilemesi, jeolojik ve madencilikle ilgili faktörlerin de hesaba katılmasını gerektirir. Çevre damarların ve eski üretim yerlerinin varlığı, derinlik, damar kalınlığı, ısı iletkenlik özellikleri, tektonizma gibi maden mühendisliğinin kontrolü dışında olan parametreler de incelenerek üretim çalışmaları sırasında karşılaşılabilecek yangın sorununun boyutu hakkında bir değerlendirme yapılmalıdır. Uygulanacak üretim ve havalandırma sistemi, kullanılacak tahkimat ve kazı araçları derlenen bu veriler sonucunda seçilmelidir.

Damarları kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarına göre sınıflayıp, yangın bakımından güvensiz panolarda tüm çalışmaları yangın olasılığına göre tasarlamak faydalı bir pratiktir. Kömürlerin yanmaya yatkınlıklarını ifade eden bir indeks geliştirme çabaları, araştırmacı-

ların daima ilgi gösterdikleri bir alan olmuştur. Bu amaçla, laboratuvar deneylerine dayanan veya çevre koşullarını değerlendiren çeşitli sınıflama teknikleri önerilmiştir.

Kömürün oksitlenme mekanizmasının çok karmaşık oluşu ve olayın çok çeşitli parametrelerden etkilenmesi her koşula uyan bir sınıflama sisteminin kabul edilmesini olanaksız kılmaktadır. Petrografik yapıları benzer olan damarlar farklı kızışma davranışları gösterebildikleri gibi, aynı damarın farklı kesimleri dahi yanmaya yatkınlık bakımından farklı olabilmektedir.

Kömürlerin yanmaya yatkınlıklarının araştırılmasında önerilen yöntemler, iki ana grupta toplanabilir;

- . Laboratuvar Teknikleri
- . Pratik Yöntemler

5.1 Laboratuvar Teknikleri

Bir damarın kızışma davranışlarını belirlemenin en gerçekçi yolu, örnekler alınarak laboratuvarda deneyler yapılmasıdır. Böylece hem damarın yanmaya yatkınlığı konusunda, hem de kızışmanın gelişimini izlemede hangi yangın gazlarının ve hangi yangın indekslerinin gözlenmesinin uygun olacağı hakkında güvenilir kanıtlar elde edilir. Bu amaçla kullanılan deneysel yöntemler Kim (1977) tarafından özetlenmiştir.

5.1.1. Statik izotermal yöntem

Kömür hava ile temas ettiğinde gelişen oksijen adsorbsiyonu ters çevrilemez bir işlemdir. Adsorbe edilen oksijen ve CO çıkış miktarları, sıcaklık, zaman ve kömür özelliklerine bağlıdır. Statik izotermal yöntem oksijen adsorbsiyonunu temel alır.

-60 mesh'e öğütülmüş 50 gr. kömür örnekleri, 5 gr. cam yünü ile birlikte iyi bir sızdırmazlık sağlanmış cam tüpler içine yerleştirilir. Cam tüpler 25°C lik sabit sıcaklıktaki su banyosu içine konur. 14 gün sonra tüplerin üst kısmındaki havadan örnekler alınarak analiz edilir. CO ve CO₂ kızıl ötesi analizörlerle, CH₄ ve H₂O klasik yöntemlerle ölçülür. CO, CO₂, CH₄ üretimi ve oksijen azalması değerleri belirlenir (Kim, 1977; Feng, 1985).

5.1.2. Tutuşabilirlik Tekniği

Laboratuvarda kömür numunesi bir fırın içinde doğrusal olarak artan bir hızla ısıtıldığında kömür, kendiliğinden kızışmanın ilave etkisiyle daha hızlı ısınmakta, bir süre sonra numune sıcaklığı ortam sıcaklığına ulaşarak onu geçmektedir. Bu nokta "Kesişim Noktası (Crossing Point)" olarak isimlendirilir ve laboratuvar çalışmalarında önemli bir yeri vardır.

Bu yöntem Kesişim Noktasını temel alır (Feng, et al. 1973). 100 gr. kömür numunesi bir tüp içinde fırına yerleştirilir. Ön ısıtma uygulanmış kuru hava 40 ml./dak. lık bir hızla numune içinden geçirilir. Fırın sıcaklığı 2°C/h lik doğrusal bir hızla kontrollü olarak artırılır. Başlangıçta kömür sıcaklığı fırın sıcaklığından düşüktür. Numune sıcaklığının ortam sıcaklığını 1°C geçtiği nokta Kesişim Noktası olarak kabul edilir. "Isınma Hızı" olarak 110-220°C arasındaki ısınma hızı, elde edilen zaman-sıcaklık (dak.-°C) eğrilerinden hesaplanır. Bu verilerle "Yanabilirlik İndeksi (YI)";

$$YI = \frac{110-220^{\circ}C \text{ arasındaki ısınma hızı}}{\text{Kesişim Noktası}} \times 1000$$

ifadesinden hesaplanır. İndeks değeri;

<u>YI</u>	<u>Kendiliğinden Yanma</u>
0-5	Düşük
5-10	Orta
>10	Yüksek

olarak yorumlanır(Chamberlain, et al., 1970; Feng, et al., 1973; Singh, et al., 1984).

Kendiliğinden kızışmada sadece bünyesel özelliklerin değil çevre faktörlerinin de etkin olması, ayrıca bir "Çevre İndeksi" nin de belirlenmesini ve Yanabilirlik İndeksi ile Çevre İndeksini birlikte içeren bir "Risk İndeksi" nin hesaplanmasını gerektirir. Çevre İndeksi değeri Çizelge 5,1'den belirlenir.

Çizelge 5.1. Çevre indeksi değeri

Kömür kayıpları	Kırıklar	Havalandırma basınç farkı	CI
Normal	Doğal	Düşük-Orta	1 Düşük
Orta-Yüksek	Doğal	Düşük-Orta	2 Orta
Normal	Yüksek	Düşük-Orta	2 Orta
Normal	Doğal	Yüksek	2 Orta
Normal	Yüksek	Yüksek	3 Yüksek
Yüksek	Doğal	Yüksek	3 Yüksek
Yüksek	Yüksek	Düşük-Orta	3 Yüksek
Yüksek	Yüksek	Yüksek	4 Çok Yüksek

Kömür kayıpları için : % 15-20 Normal

% 20-30 Orta

% 30- Yüksek

Havalandırma basınç farkı için : 0-10 mm Düşük

10-30 mm Orta

30-40 mm Yüksek

Bu durumda risk indeksi (RI);

$$RI = YI \times CI$$

eşitliğinden hesaplanır. Hesaplanan indeks değeri;

- RI : 0-10 Yatkınlık düşük
 RI : 10-20 Yatkınlık orta
 RI : 20-40 Yatkınlık yüksek

olarak yorumlanır(Kim, 1977; Feng, et al., 1973; Singh, et al., 1984).

5.1.3. Adyabatik oksidasyon testi

Nottingham Üniversitesi ekiplerince geliştirilen bu yöntemde kömür örnekleri, laboratuvarında deneylere tabi tutularak zaman-sıcaklık ilişkileri saptanmaktadır. Ayrıntılı laboratuvar olanaklarını gerektiren bir tekniktir.

Bu test yönteminde, 100 gr. lık kömür örneği sızdırmaz bir yanma tüpüne yerleştirilerek ısıtmalı yağ banyosuna yatırılır. Örnek ve yağ banyosu arasındaki sıcaklık farkı termoçiftler yardımıyla ölçülür. Ön ısıtma uygulanan kuru hava 15 ml./dak.lık bir hızla örnek içinden geçirilir. 15 dak. aralıklarla gaz örnekleri alınarak analiz edilir. Zamanla örnek sıcaklığının gelişimi grafik olarak çizilir ve yorumu yapılır (Singh, et al., 1984).

5.1.4. Dinamik yöntem

Bu yöntemde, sabit bir sıcaklıkta belirli bir hava akımı altında kömür oksidasyonunun çıkardığı gazlar saptanır. 100 gr.lık kömür örneği sabit sıcaklıktaki bir yağ banyosuna yatırılır. Örnek sıcaklığını ölçmek için termoçiftler, örneği sabit sıcaklıkta tutmak için bir kontrolör kullanılır. Ön ısıtma uygulanmış kuru hava 15 ml./dak.lık bir hızla örnek içinden geçirilir. Bir saat sonra gaz örnekleri alınır(Feng, 1985).

Bir başka Dinamik Yöntemde, örnek doğrusal olarak

artan bir hızla ısıtılır ve oluşan gazların konsantrasyonları sürekli olarak izlenir. 72 mesh'in altına öğütülen 50 gr. kömür örneği, sızdırmaz çelik bir kap içine konur. Fırın sıcaklığı, 30°C'den başlayarak 0,5°C/dak.lık artışlarla 200°C'ye kadar ısıtılır. Fırın ve örnek sıcaklıkları sayısal termometrelerle sürekli olarak ölçülür. Her 10 dakikada bir 5°C'lik sıcaklık artışları için CO ve diğer yangın gazlarının ölçümleri yapılır. Sonuçta, sıcaklık artışı ile gaz oranlarının değişimi grafik olarak ifade edilir(Ayvazoğlu, 1978).

5.2 Pratik Yöntemler

Bu yöntemlerde damarlar çevre koşullarına ve eski çalışmalardan edinilen deneyimlere, karşılaşılan yanma olaylarının sıklığına göre sınıflandırılır.

5.2.1. Kuluçka süresi sınıflaması

Oksidasyonun başlamasından ilk ısınma belirtilerinin fark edildiği ana kadar geçen süre Kuluçka Süresi olarak nitelenir. Bu süre kendiliğinden yanmaya yatkınlığın bir göstergesi olarak kullanılabilir. Düşük ranklı kömürlerde bu süre 3-6 ay iken, yüksek ranklı kömürler için 9-18 ay arasındadır. Kuluçka süresi ile yangın riski arasında ilişki kuran, tecrübeler sonucunda geliştirilmiş bir sınıflama Çizelge 5,2'de verilmiştir(Singh, et al., 1984).

Çizelge 5.2. Kuluçka süresi indeksi

Kuluçka süresi (ay)	Risk İndeksi	Sınıflama
0-3	40	Çok yüksek riskli
3-9	20-40	Yüksek riskli
9-18	10-20	Orta risk
>18	1-10	Düşük risk

5.2.2. Düzeltilmiş Bystron-Urbanski Yöntemi

Bystron ve Urbanski (1975) tarafından önerilen bu yöntem Nottigham Üniversitesi ekiplerince düzeltilerek pratiğe daha uygun duruma getirilmiştir. Yöntemde hem kömür özellikleri, hem üretim karakteristikleri, hem de çevre koşulları gözönünde tutulmakta, aktüel koşullara göre bir puanlama yapılmaktadır. Çizelge 5,3'deki faktör gruplarından, koşullara uygun puanlar seçilerek toplam puan hesaplanmaktadır.

Koşullara uygun şekilde puanlama yapıp toplam puan belirlendikten sonra, Çizelge 5,4'e göre bir değerlendirme yapılmaktadır(Singh, et al., 1984).

Çizelge 5.4. Risk sınıflaması

Toplam Puan	Risk Sınıfı
1	Riskli değil
1-10	Düşük riskli
11-25	Orta riskli
25-40	Yüksek riskli
>40	Çok yüksek riskli

Çizelge 5.3. Düzeltilmiş Bystron-Urbanski puanlaması

Faktör	Puanlama Özellikleri	Puan
1	<u>Kömür Gurubu :</u> Gurup-1 : Düşük hassasiyet (Antrasit ve yarı antrasit) Isınma hızı $0,4^{\circ}\text{C/h}$	+1
	Gurup-2 : Orta hassasiyet (Kok kömürü) Isınma hızı $0,4-0,8^{\circ}\text{C/h}$	+2
	Gurup-3 : Yüksek hassasiyet (Taşkömürü, bitümlü kömür) Isınma hızı $0,8-1,5^{\circ}\text{C/h}$	+4
	Gurup-4 : Çok yüksek hassasiyet (Linyit, az bitümlü kömür) Isınma hızı $>1,5^{\circ}\text{C/h}$	+8
2	<u>Kömür Boyutu :</u> İnce kömür	0
	Tavanda terk edilen ince kömür	+2
	Tavanda terk edilen kalın kömür	+5
3	<u>Kül Miktarı (%) :</u> <math><20</math>	0
	21-30	-1
	>30	-2
4	<u>Arka oturma sistemi :</u> Göçertmeli (iyi kapanan tavan)	0
	Göçertmesiz (göçmeyen tavan)	4
5	<u>Madencilik yöntemi :</u> Klasik elle dolgulu uzun ayak	+8
	Tabanyolu rambleli uzun ayak (Zayıf taban için +3 eklenir)	+4
	Dönümlü uzun ayak	+1
	Dönümlü uzun ayak (Kaçak yollu)	+8
6	<u>Damarın alınması :</u> Damarın hepsinin alınması	0
	0,2-0,5 m. tavan kömürü bırakılmış	+5
	>0,5 m. tavan kömürü bırakılmış	+8
7	<u>Damar kalınlığı :</u> <math><1,5\text{ m.}</math>	-1
	1,5-3 m.	+2
	>3 m.	+3
	Dilimli kalın damar yönümi	+8
8	<u>Havalandırma sistemi :</u> Klasik	0
	Hava dönüş yolunda vantup ve boru	+4
9	<u>Günlük ilerleme :</u> <math><1\text{ m.}</math>	+5
	1,5-2,5 m.	+2
	>2,5 m.	0
10	<u>Gaz gözleme sistemi :</u> Ölçme yok	+5
	Belirli aralıklarla ölçme	-2
	Sürekli gözleme	-7

Bu çeşit bir değerlendirme Ömerler yeraltı ocağı için yapılmış ve ocak değeri puanlaması + 27 olarak bulunmuştur(Ermişoğlu vd.,1987). Bu değer risk sınıflamasına yansıtıldığında kendiliğinden yanmaya yatkınlığın yüksek olduğu görülmektedir.

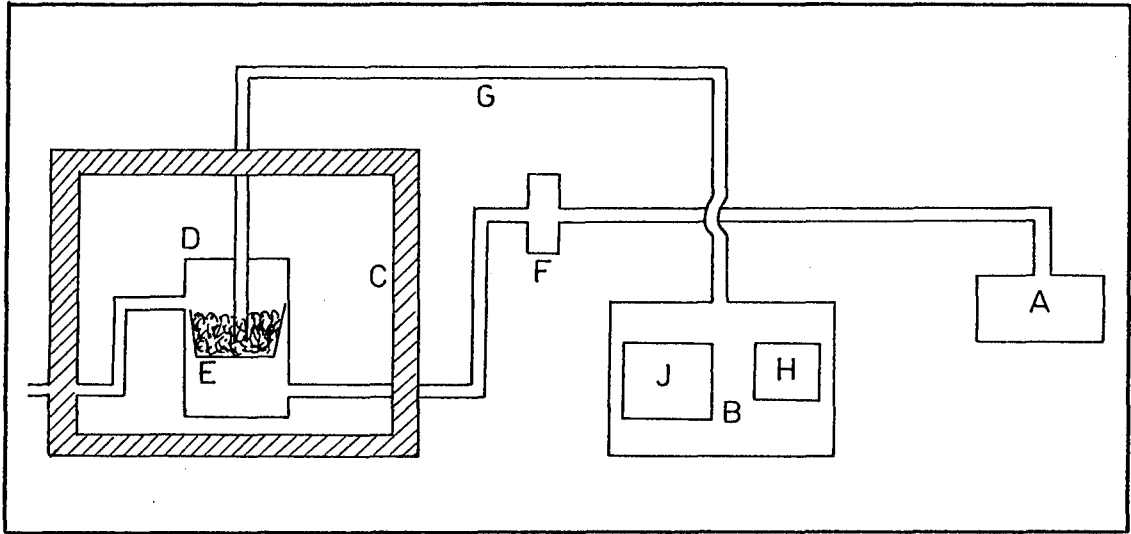
5.2.3. Deneyimlere dayalı sınıflama

Uzun yıllar çalışılan havzalarda komşu damarlarda veya aynı damarın diğer panolarında çalışılırken edinilen deneyimlere göre, o havzaya özgü bir sınıflandırma geliştirilebilir. Karşılaşılan yangın olaylarının sıklığı, kızışma belirtileri, yangın ürünleri, kuluçka süresinin uzunluğu gibi parametrelere göre özgün bir sınıflama yapılır.

6. G.L.İ. MÜESSESESİ YERALTI OCAKLARI DAMAR ÖRNEKLERİNE UYGULANAN DENEYLER

6.1 Laboratuvar Deney Düzeneginin Tanıtımı

Kömür örneklerinin kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarının araştırılmasında H.Ü. Zonguldak Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü Kendiliğinden Yanma Laboratuvarından yararlanılmıştır. Deney düzenegi ve temel elemanları Şekil 6,1'de gösterilmiştir.



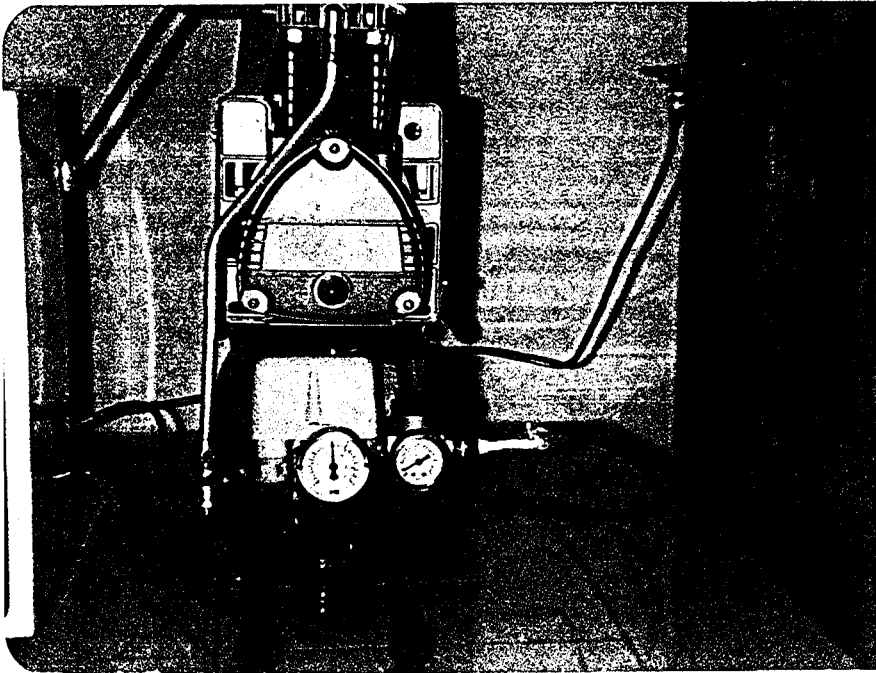
Şekil 6.1. Deney düzenegi (A: Mini kompresör, B: Kaydedici, C: Etüv, D: Örnek dış kabı, E: Örnek kabı, F: Akışmetre, G: Termoçift, H: Örnek sıcaklık göstergesi, J: Grafik yazıcı)

6.1.1. Mini kompresör

Bilindiği gibi oksidasyon olayı hava ile ilişkili bir olaydır. Ocakta kömürün oksidasyona maruz kalabilmesi için, havaya ihtiyaç vardır. Deney düzeneginde ise ihtiyaç duyulan bu hava bir mini kompresörden sağlanmaktadır. Şekil 6,2'de gösterilen mini kompresörden 1 atmosfer basınç altında alınan hava, bir akışmetre aracılı-

lığı ile 200 cc/dak.lık bir oranda etüv içindeki kömür örneğine gönderilmektedir. Kompresörün özellikleri aşağıda verilmiştir.

Marka : TRUMPIF
 Pmax : 8 bar
 V : 220
 Motor : HP CV. KW 0.6



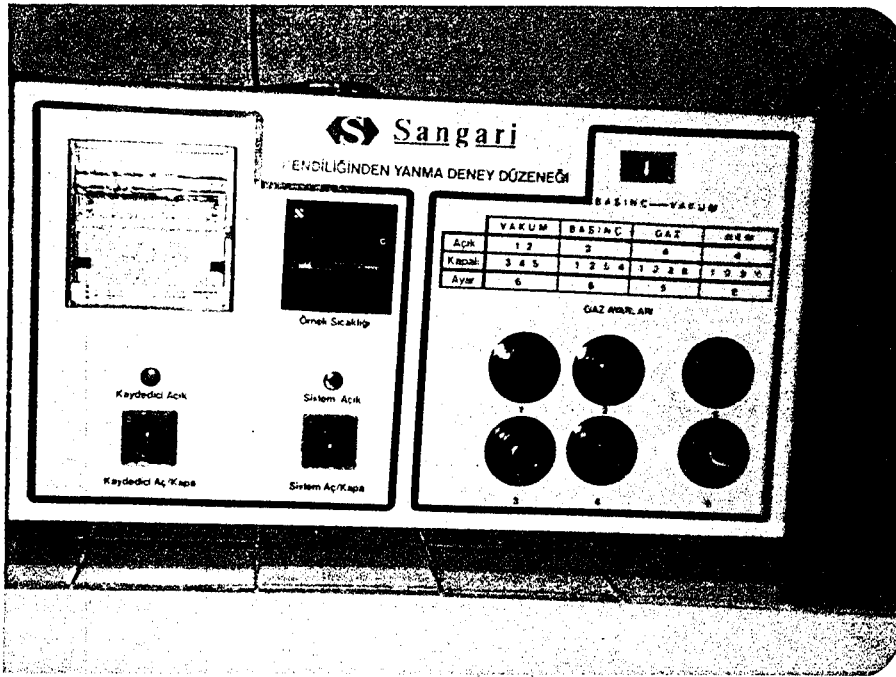
Şekil 6.2. Mini kompresör

6.1.2. Kaydedici

Zonguldak Maden Fakültesi'nin isteği üzerine özel bir firmaya yaptırılmış bu düzenek Şekil 6,3'te gösterilmiştir. Bu düzenekte;

- a. Etüv içindeki örneğin sıcaklığını devamlı gösteren dijital gösterge(Bkz. Şekil 6,1),
- b. Etüv ve örnek sıcaklıklarının devamlı kaydedilebildiği grafik yazıcı(Bkz. Şekil 6,1),
- c. Halen kullanıma açılmamış olup, örnek üzerine

O_2 ve N_2 gazlarının gönderilmesiyle çeşitli deneylerin yapılabileceği düzenek elemanları bulunmaktadır.



Şekil 6.3. Kaydedici

6.1.3. Etüv

Kendiliğinden yanma deneylerinde gerekli ısınma yatağının oluşturulması amacıyla aşağıda özellikleri verilen etüv kullanılmıştır.

Marka : Euroterm

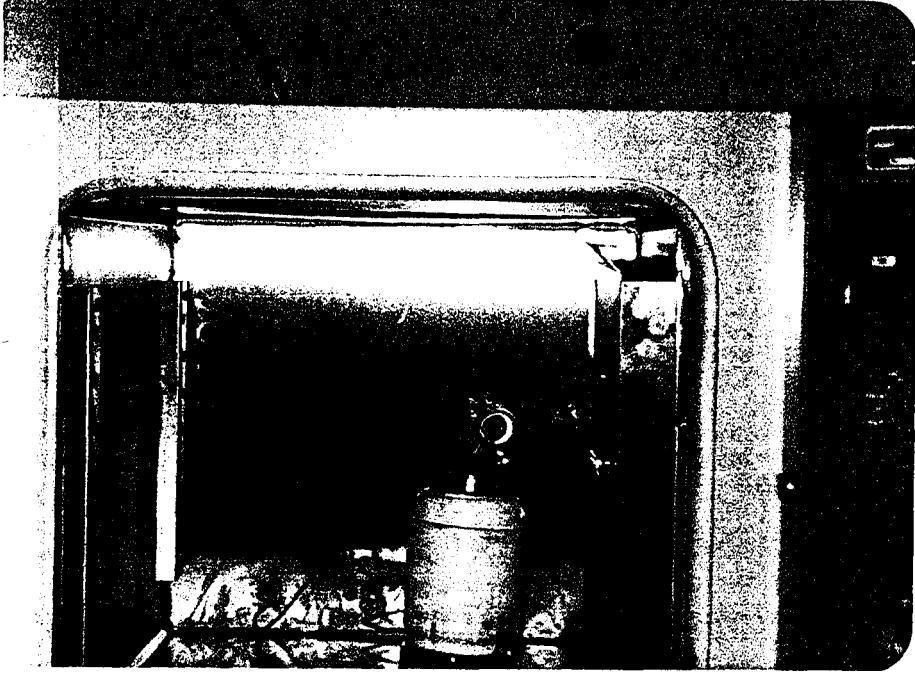
Tip : 818 P

V : 220 V

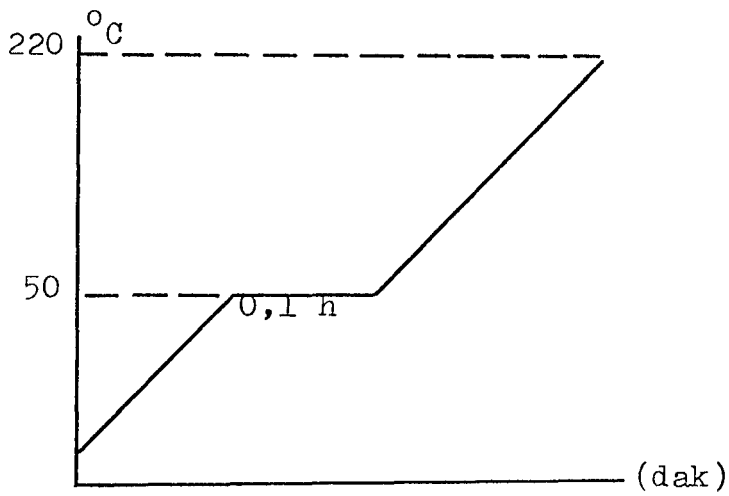
T_{max} : 300 °C

Şekil 6,4'te gösterilen etüv; otomatik programlanabilir nitelikte olup, eldeki örneklere Zonguldak taş kömürlerine uygulanan program uygulanmıştır. Bu program üç aşamadan meydana gelmekte olup, program kademeleri Şekil 6,5'te gösterilmiştir. Buna göre etüv önce

50°C'ye kadar ısıtılmakta, bu sıcaklıkta 6 dakika bekletilmekte ve son aşamada 30°C/h. lık doğrusal bir artışla 220°C'ye kadar ısıtılarak deney bitirilmektedir.



Şekil 6.4. Etüv



Şekil 6.5. Etüv program kademeleri

6.2. Kömür Örneklerinin Hazırlanması

G.L.İ. Müessesesi Tunçbilek ve Ömerler yeraltı ocaklarından her kömür damarına ait 2'şer adet örnek alınmıştır. Alınan toplam 20 adet kömür örneği hava sızdırmaz kaplara konularak ocak dışına çıkarılmıştır.

Alınan bu 20 adet örnekten her damara ait toplam 10 örneğin kömür analizleri müessese laboratuvarında yapılmıştır.

Her damara ait diğer 10 adet örnek Zonguldak Maden Fakültesi Laboratuvarı'nda dörtleme yöntemiyle azaltılarak 100 gr. lık, -200 mesh boyutunda deneylere hazır hale getirilmişlerdir.

6.3. Kömür Örneklerinin Analizi

Deneye tabi tutulan her damar örneğinin kömür analiz sonuçları Çizelge 6,1'de verilmektedir.

6.4. Deneylerin Yapılması

Her damar örneği için hazırlanan 100 gr., -200 mesh boyutundaki örneklerden 60 gr. lık kısmı deneylere tabi tutulmuştur.

Kömür örneğinin örnek kabına konmasından sonra etüv ısınma programı yapılarak mini kompresörden alınan 200 cc/dak. lık hava ile birlikte deney başlatılmıştır. Mini kompresörden alınan hava örnek dış kabının tabanından girmekte ve örnekten geçerek yine örnek dış kabındaki bir çıkışla etüv dışına taşınmaktadır(Bkz. Şekil 6.1).

Deney süresince belirli zaman dilimlerinde ulaşılan etüv sıcaklığı ve geçen süre, etüv üzerindeki sayısal göstergeden, örnek sıcaklığı ise bir ucu örnek içinde, diğer ucu kaydediciye bağlı olan bir termoçift aracılığı ile okunmakta, kaydedici üzerinde bulunan bir grafiksel

Çizelge 6.1. TUNÇBİLEK VE ÖMERLER YERALTI OCAKLARINDAN ALINAN DAMAR NUMUNELERİNİN KOMPLE ANALİZ DEĞERLERİ

C İ N S İ	O R J İ N A L K Ö M Ü R D E										K U R U K Ö M Ü R D E									
	%RJT	%KÜL	Uçucu Madde	Sabit Karbon	Saf Kömür	Aşağı Kalori	Yukarı Kalori	Toplam Kükürt	Yanıcı Kükürt	%K.Kül	%Madde	%Karbon	Kömür	Kok	Aşağı Kalori	Yukarı Kalori	Toplam Kükürt	Yanıcı Kükürt	S.Ktm	A.Kal.
TUNÇBİLEK YERALTI (45-C Pano)																				
402 Tavan Ayak Köm	9.30	29.66	32.86	28.18	61.04	3964	4201	1.12	0.89	32.70	36.23	31.07	67.30	63.77	4432	4632	1.23	0.98	6585	
A kili/B Kili Kömürü	12.30	15.52	33.58	38.60	72.18	5073	5361	1.02	0.73	17.70	38.29	44.01	82.30	61.71	5869	6113	1.16	0.83	7131	
B Kili/Sarı Kıl Kömürü	10.30	16.42	35.60	37.68	73.28	4976	5256	0.84	0.41	18.30	39.69	42.01	81.70	60.31	5617	5860	0.94	0.46	6875	
Sarı Kıl/ C Kili Kömürü	9.20	26.88	31.79	32.17	63.92	4708	4953	1.53	1.14	29.60	34.97	35.43	70.40	65.03	5246	5455	1.68	1.26	7452	
403 Taban Kömürü	10.30	30.05	30.79	28.87	59.65	3862	4101	1.49	1.05	33.50	34.32	32.18	66.50	65.68	4374	4572	1.66	1.17	6577	
ÖMERLER YERALTI (1-C Pano)																				
402 Tavan Ayak Kömürü	14.80	18.01	35.74	31.40	67.14	4699	4988	1.22	0.78	13.40	40.90	45.70	86.60	59.10	6286	6543	1.24	0.96	7259	
A Kili/B Kili Kömürü	15.40	6.01	37.42	41.17	78.59	5271	5596	1.24	1.08	7.10	44.23	48.67	92.90	55.77	6339	6615	1.47	1.28	6823	
B Kili/Sarı Kıl Kömürü	15.50	24.76	28.24	31.50	59.74	3979	4250	3.54	3.14	29.30	33.42	37.28	70.70	66.58	4819	5029	4.19	3.72	816	
Sarı Kıl/C Kili Kömürü	16.20	16.76	28.36	38.68	67.04	4359	4655	4.27	3.89	20.00	33.84	46.16	80.00	66.16	5317	5555	5.09	4.64	6646	
403 Taban Ayak Kömürü	12.10	32.35	27.77	27.79	55.55	3411	3650	1.65	1.33	36.80	31.59	31.61	63.20	68.41	3964	4152	1.88	1.51	6272	

yazıcıdan zaman-sıcaklık eğrileri olarak da alınabilmektedir. Ancak, etüv sıcaklık göstergesi etüvün gerçek sıcaklığını göstermediğinden, ölçülen etüv sıcaklıklarına bir düzeltmenin uygulanması gerekmektedir.

Yukarıda açıklanan deney düzenğinde G.L.İ. Tunçbilek ve Ömerler yeraltı ocaklarına ait 10 adet damar örneği izlenmiş, alınan değerler Çizelge 6.2-11'de verilmiştir.

Çizelge 6.2. 1 No'lu deney sonuçları.

Fırın sıcaklığı (°C)	Örnek sıcaklığı (°C)	Düzeltilmiş fırın sic. (°C)	Fark (°C)
50	36	50	14
55	48	55	7
60	51	60	9
70	56	68	12
75	59	72	13
80	61	76	15
85	64	80	16
90	67	84	17
95	69	89	20
100	72	93	21
105	74	97	23
110	77	101	24
115	78	106	28
120	81	110	29
125	85	114	29
130	88	118	30
135	92	123	31
140	98	127	29
145	106	131	25
150	114	136	22
155	125	140	15
160	140	144	4
162	155	146	- 9
165	177	148	-29
170	198	153	-45
172	206	154	-52
175	214	157	-57
178	219	159	-60

Çizelge 6.3. 2 No'lu deney sonuçları.

Fırın sıcaklığı (°C)	Örnek sıcaklığı (°C)	Düzeltilmiş fırın sic. (°C)	Fark (°C)
50	20	50	30
60	35	60	25
70	46	68	22
80	55	76	21
90	62	84	22
100	68	93	25
110	73	101	28
120	80	110	30
130	90	118	28
140	104	127	23
144	113	131	18
146	117	132	15
150	127	136	9
151	133	136	3
152	137	137	0
153	141	138	- 3
154	149	139	-10
155	157	140	-17
156	166	140	-26
157	174	141	-33
158	180	142	-38
159	186	143	-43
160	189	144	-45
164	200	147	-53
166	206	149	-57
169	209	152	-57
170	211	153	-58
171	212	154	-58

Çizelge 6.4. 3 No'lu deney sonuçları.

Fırın sıcaklığı (°C)	Örnek sıcaklığı (°C)	Düzeltilmiş fırın sic. (°C)	Fark (°C)
50	42	50	8
96	70	89	19
100	71	93	21
105	75	97	22
110	77	101	24
115	81	106	25
120	84	110	26
125	88	114	26
130	94	118	24
135	102	123	21
138	106	126	20
140	109	127	18
145	117	131	14
147	123	134	11
150	129	136	7
154	144	139	- 5
155	152	140	-12
156	159	140	-19
157	167	141	-26
158	176	142	-34
159	182	143	-39
160	187	144	-43
161	190	145	-45
162	194	146	-48
163	197	147	-50
165	201	148	-53
166	204	149	-55
170	211	153	-58

Çizelge 6.5. 4 No'lu deney sonuçları.

Fırın sıcaklığı (°C)	Örnek sıcaklığı (°C)	Düzeltilmiş fırın sic. (°C)	Fark (°C)
50	15	50	35
75	50	72	22
80	55	76	21
85	60	80	20
90	63	84	21
95	67	88	21
100	70	93	23
110	75	101	26
120	82	110	28
130	90	118	28
135	96	123	27
140	103	127	24
145	111	131	20
150	121	136	15
155	136	140	4
157	145	141	- 4
158	150	142	- 8
159	159	143	-16
160	164	144	-20
161	171	145	-26
162	177	146	-31
163	183	147	-36
164	187	147	-40
165	192	148	-44
166	196	149	-47
167	199	150	-49
168	201	151	-50
170	205	153	-52

Çizelge 6.6. 5 No'lu deney sonuçları.

Fırın sıcaklığı (°C)	Örnek sıcaklığı (°C)	Düzeltilmiş fırın sic. (°C)	Fark (°C)
50	14	50	36
61	31	60	29
65	37	63	26
70	44	68	24
80	53	76	23
90	61	84	23
100	68	93	25
110	73	101	28
120	78	110	32
130	84	118	34
140	93	127	34
145	100	131	31
150	108	136	28
155	120	140	20
157	126	141	15
158	131	142	11
159	135	143	8
160	140	144	4
161	147	145	- 2
162	153	146	- 7
163	159	147	-12
164	167	147	-20
165	174	148	-26
167	182	150	-32
170	192	153	-39
173	202	155	-47
175	209	157	-52
178	212	159	-53

Çizelge 6.7. 6 No'lu deney sonuçları.

Fırın sıcaklığı (°C)	Örnek sıcaklığı (°C)	Düzeltilmiş fırın sic. (°C)	Fark (°C)
50	40	50	10
60	49	60	11
70	54	68	14
80	60	76	16
90	64	84	20
100	70	93	23
110	73	101	28
120	77	110	33
130	83	118	35
140	91	127	36
150	105	136	31
155	118	140	22
156	122	140	18
157	127	141	14
158	134	142	8
159	140	143	3
160	149	144	- 5
161	161	145	-16
162	164	146	-18
164	175	147	-28
165	180	148	-32
166	185	149	-36
167	189	150	-39
170	201	153	-48
172	206	155	-51
174	211	156	-55
176	218	158	-60
178	220	159	-61

Çizelge 6.8. 7 No'lu deney sonuçları.

Fırın sıcaklığı (°C)	Örnek sıcaklığı (°C)	Düzeltilmiş fırın sic. (°C)	Fark (°C)
49	15	49	34
55	24	55	31
60	31	60	29
70	44	68	24
80	54	76	22
90	63	84	21
95	66	88	22
100	70	93	23
105	73	97	24
110	76	101	25
115	80	106	26
120	83	110	27
125	87	114	27
130	92	118	26
135	98	123	25
140	104	127	23
145	115	131	16
148	122	133	11
150	128	136	8
151	135	136	1
152	144	137	- 7
153	153	138	-15
154	175	139	-36
155	190	140	-50
156	200	140	-60
157	210	141	-69
158	220	142	-78
159	221	143	-78

Çizelge 6.9. 8 No'lu deney sonuçları.

Fırın sıcaklığı (°C)	Örnek sıcaklığı (°C)	Düzeltilmiş fırın sic. (°C)	Fark (°C)
50	19	50	31
60	34	60	26
70	46	68	22
80	54	76	22
90	61	84	23
100	68	93	25
105	70	97	27
110	73	101	28
115	76	106	30
120	78	110	32
125	82	114	32
130	86	118	32
135	91	123	32
140	98	127	29
145	107	131	24
150	119	136	17
153	131	138	7
154	136	139	3
155	142	140	- 2
156	156	140	-16
157	160	141	-19
158	172	142	-30
159	178	143	-35
160	184	144	-40
161	189	145	-44
162	193	146	-47
163	197	147	-50
164	201	147	-54

Çizelge 6.10. 9 No'lu deney sonuçları.

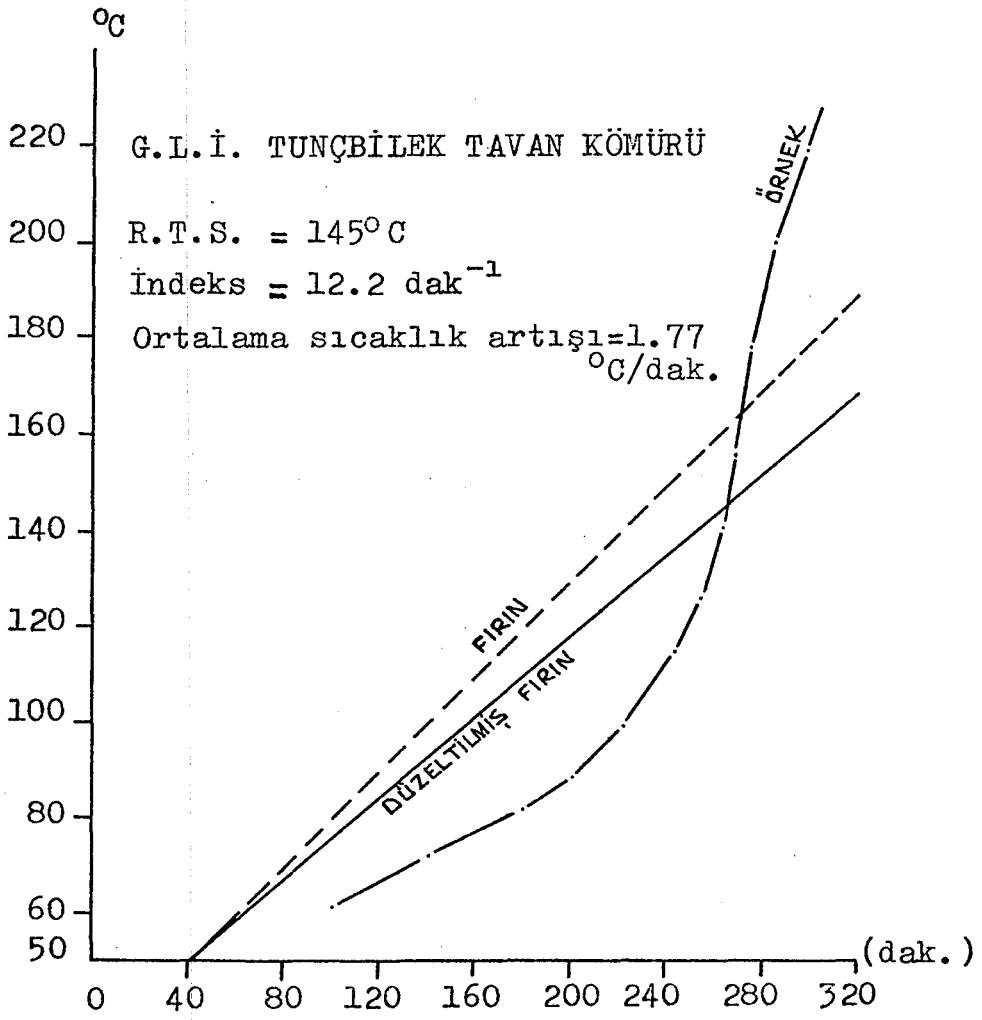
Fırın sıcaklığı (°C)	Örnek sıcaklığı (°C)	Düzeltilmiş fırın sic. (°C)	Fark (°C)
50	35	50	15
55	44	55	11
60	48	60	12
70	55	68	13
80	63	76	13
90	69	84	15
100	75	93	18
110	81	101	20
120	91	110	19
130	103	118	15
140	114	127	13
145	122	131	9
150	133	136	3
151	138	136	- 2
152	145	137	- 8
153	151	138	-13
154	159	139	-20
155	164	140	-24
156	167	140	-27
157	171	141	-30
158	173	142	-31
159	175	143	-32
160	177	144	-33
162	181	146	-35
163	183	147	-36
164	186	147	-39
165	188	148	-40
167	190	150	-40

Çizelge 6.11. 10 No'lu deney sonuçları.

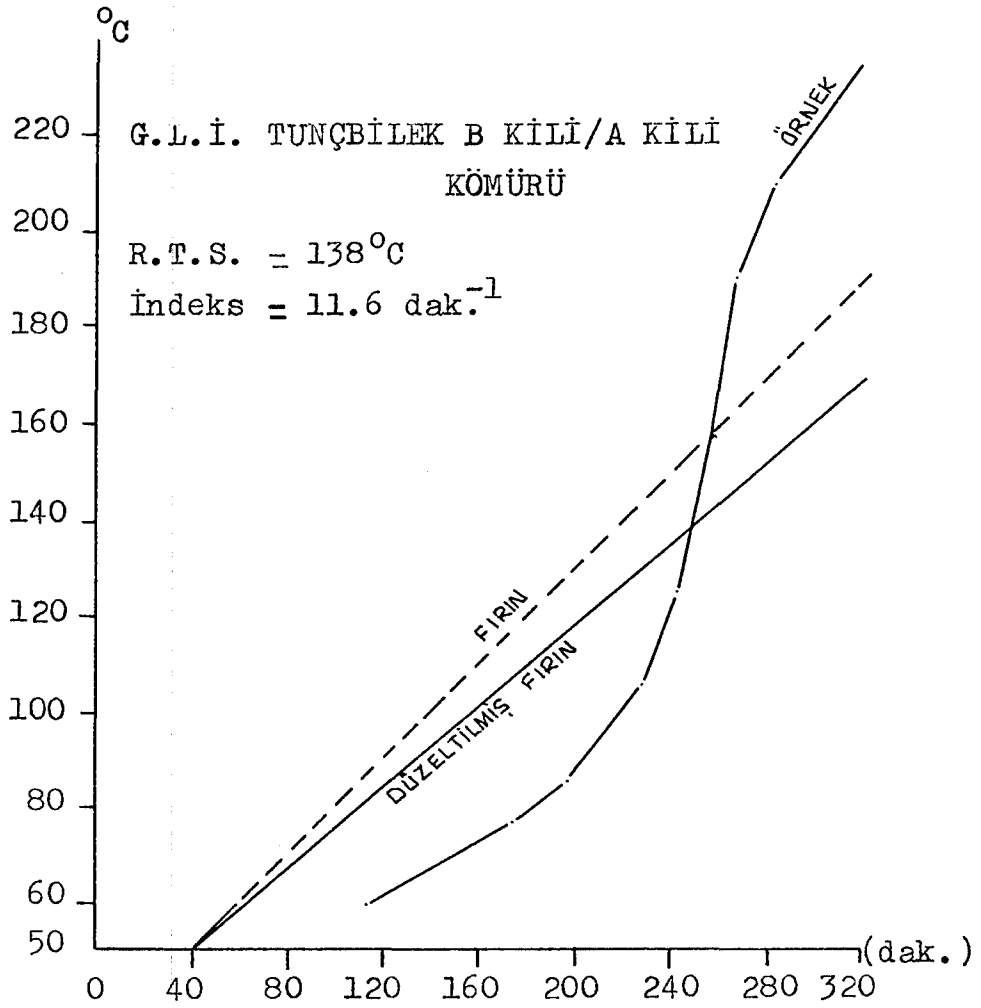
Fırın sıcaklığı (°C)	Örnek sıcaklığı (°C)	Düzeltilmiş fırın sic. (°C)	Fark (°C)
50	22	50	28
60	28	60	32
70	48	68	20
80	56	76	20
90	63	84	21
100	69	93	24
110	73	101	28
120	78	110	32
130	84	118	34
140	92	127	35
145	98	131	33
150	105	136	31
155	117	140	23
159	131	143	12
160	138	144	6
161	145	145	0
162	149	146	- 3
163	155	147	- 8
164	164	147	-17
165	166	148	-18
166	170	149	-21
167	174	150	-24
170	184	153	-31
175	195	157	-38
180	206	162	-44
185	214	166	-48
187	216	168	-48
191	220	171	-49

6.5. Deney Sonuçları

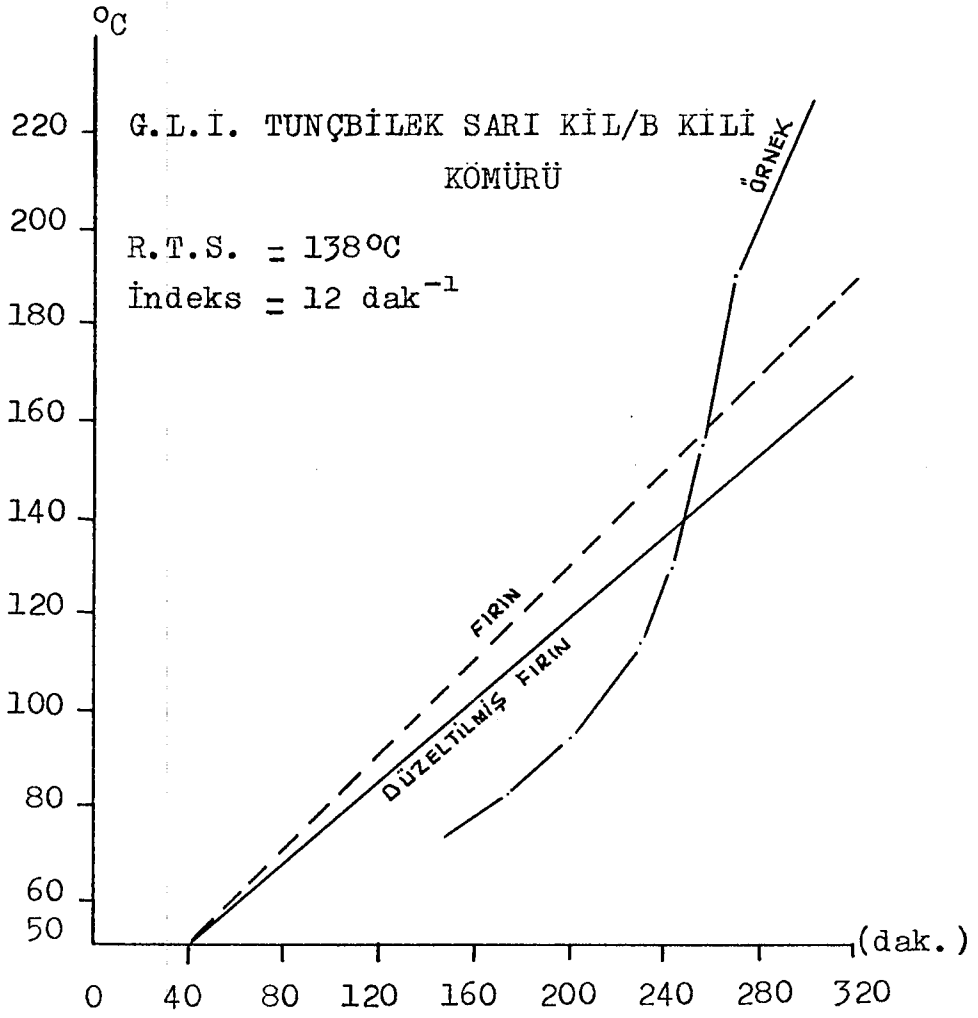
Yapılan deneyler sonucunda örneklerin "Tutuşabilirlik Tekniği"ne göre relatif tutuşma sıcaklıkları ve yanabilirlik indeksleri bulunmuş; bu değerler ve örneklerin tutuşabilirlik grafikleri Şekil 6,6-15'te verilmiştir.



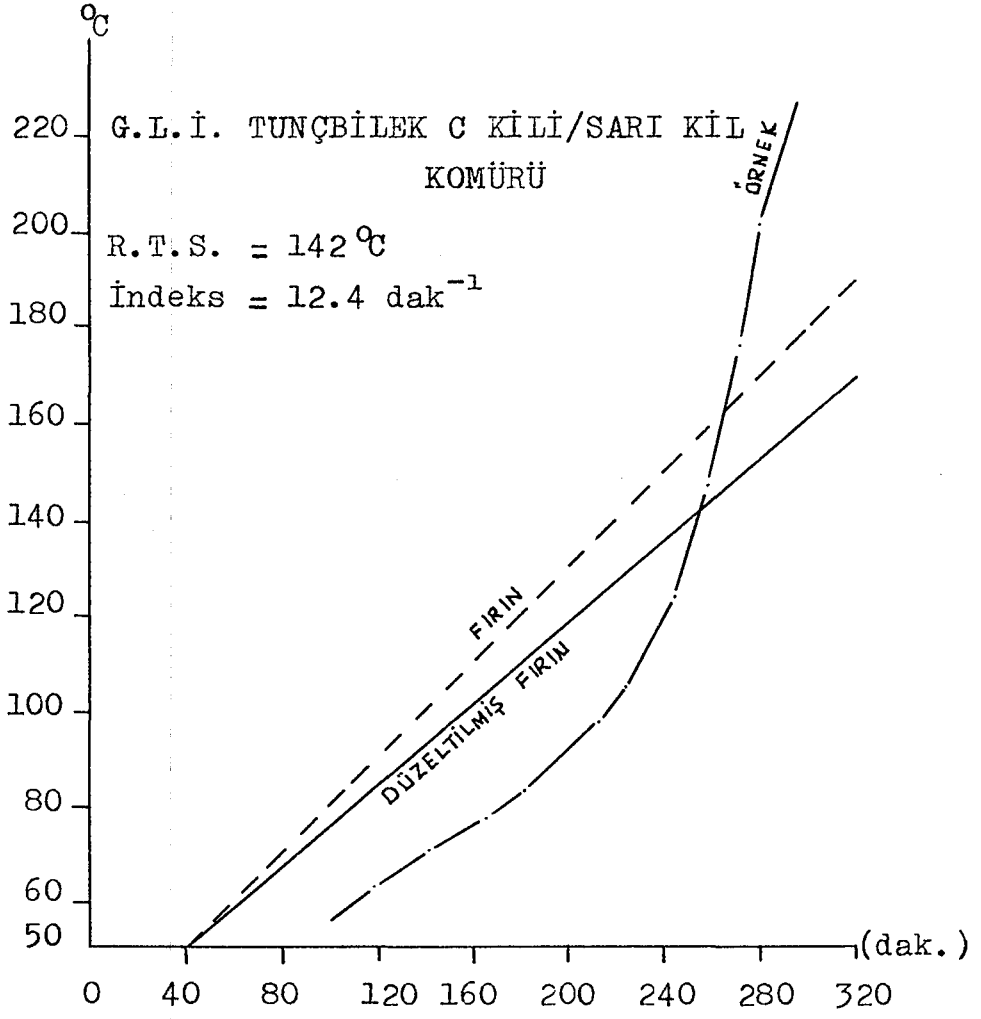
Şekil 6.6. 1 No'lu deneyin grafik yorumu.



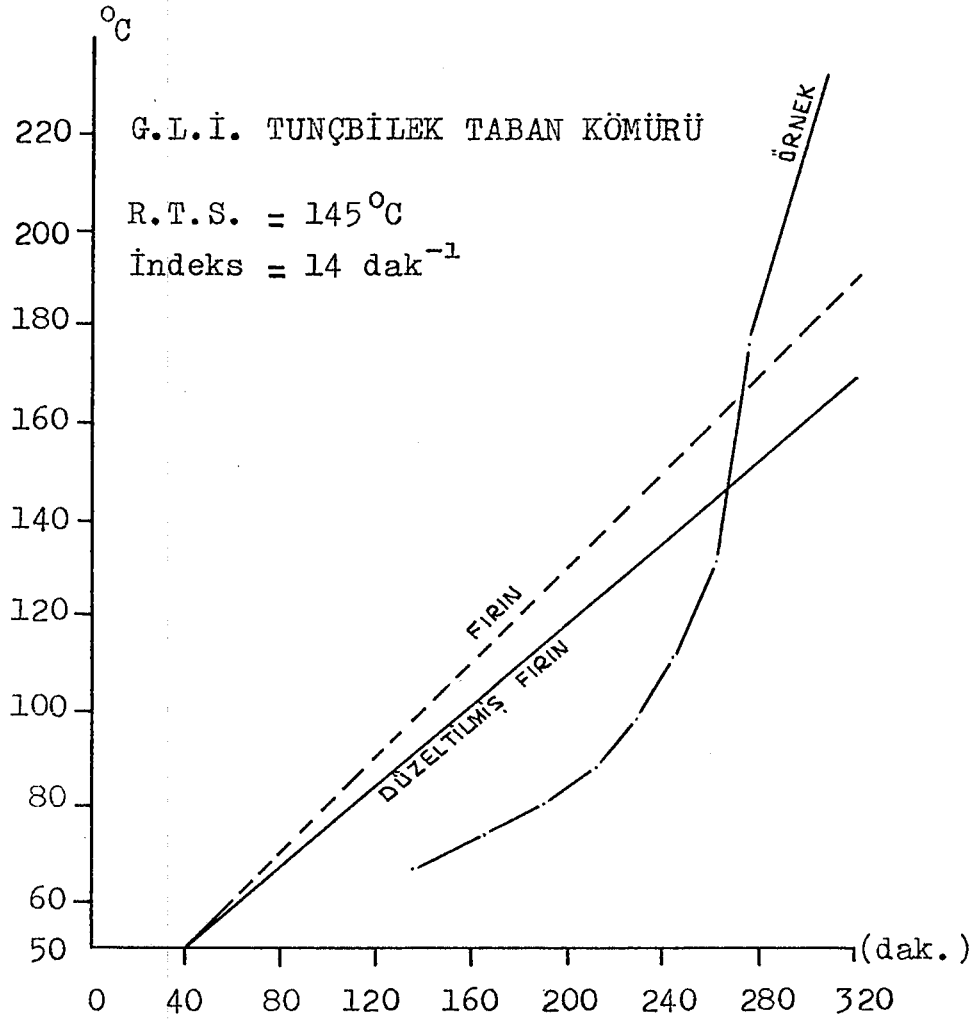
Şekil 6.7.2 No'lu deneyin grafik yorumu.



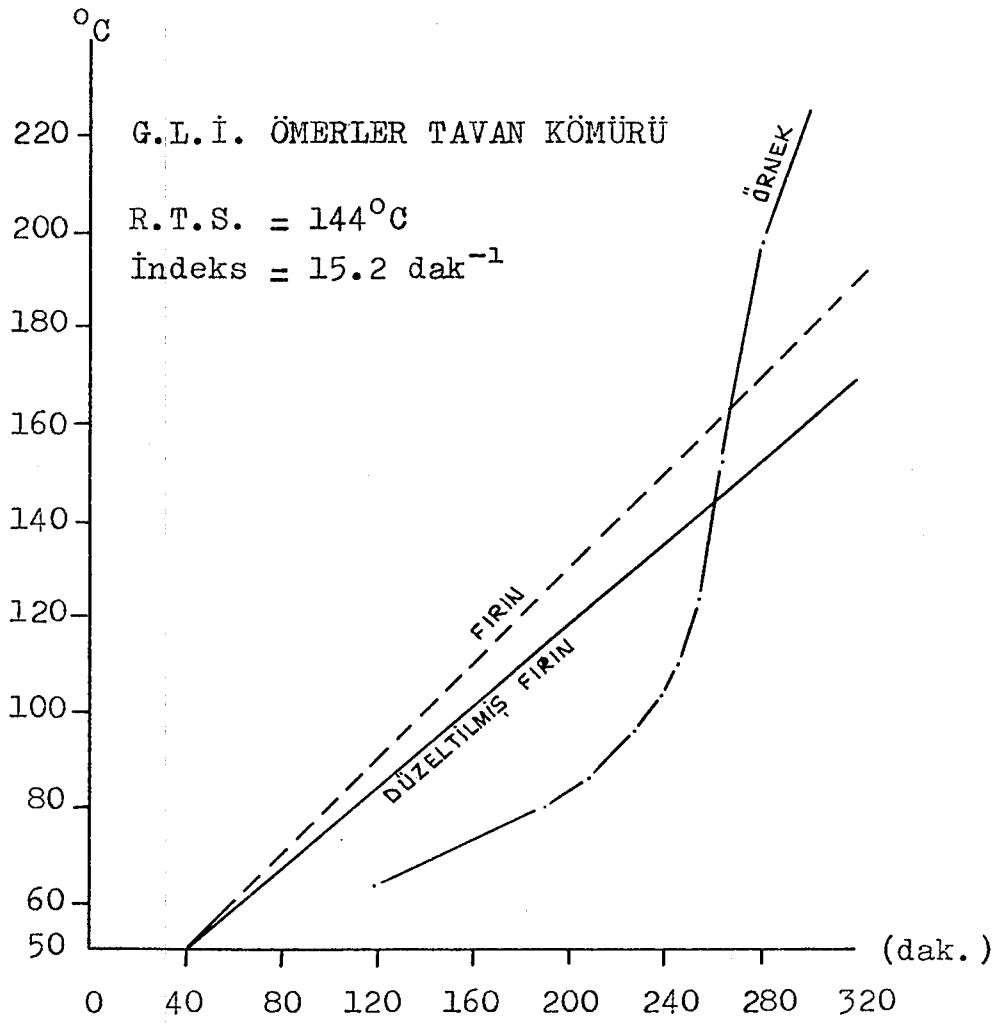
Şekil 6.8. 3 No'lu deneyin grafik yorumu.



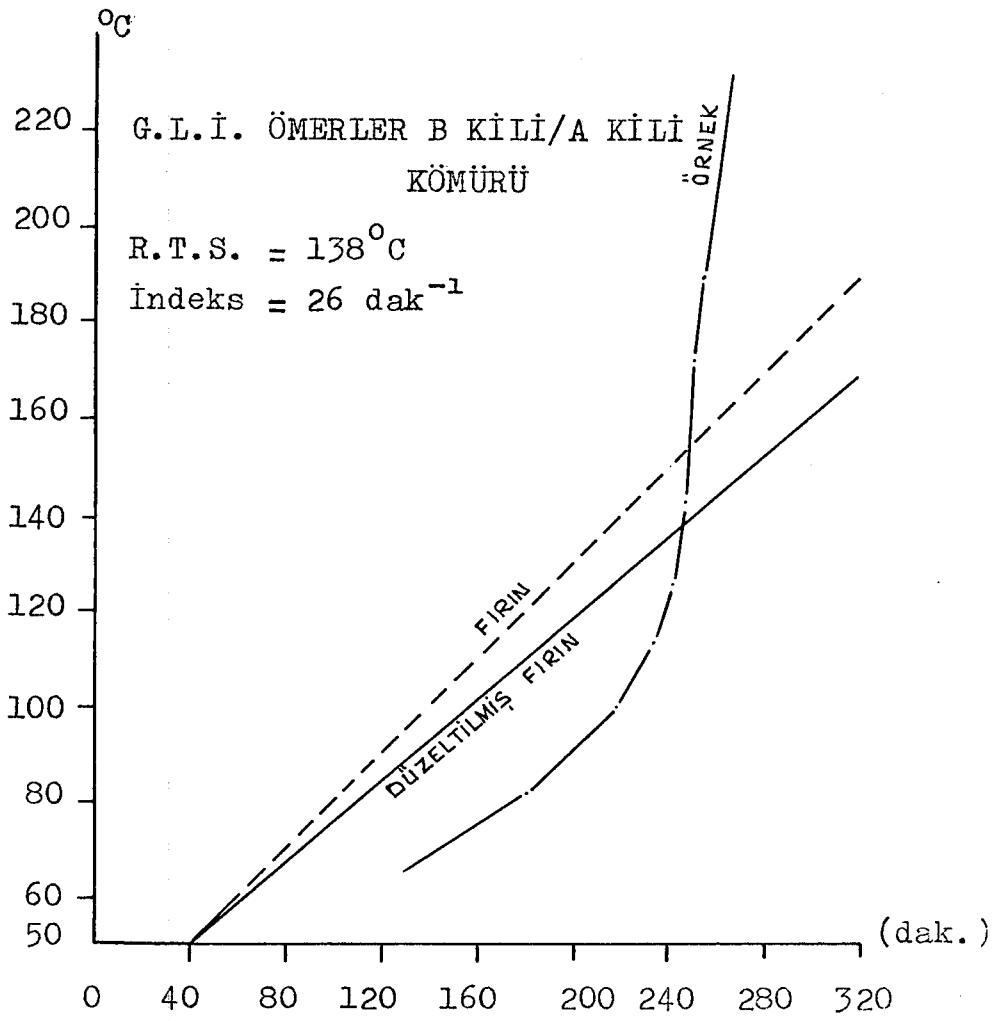
Şekil 6.9. 4 No'lu deneyin grafik yorumu.



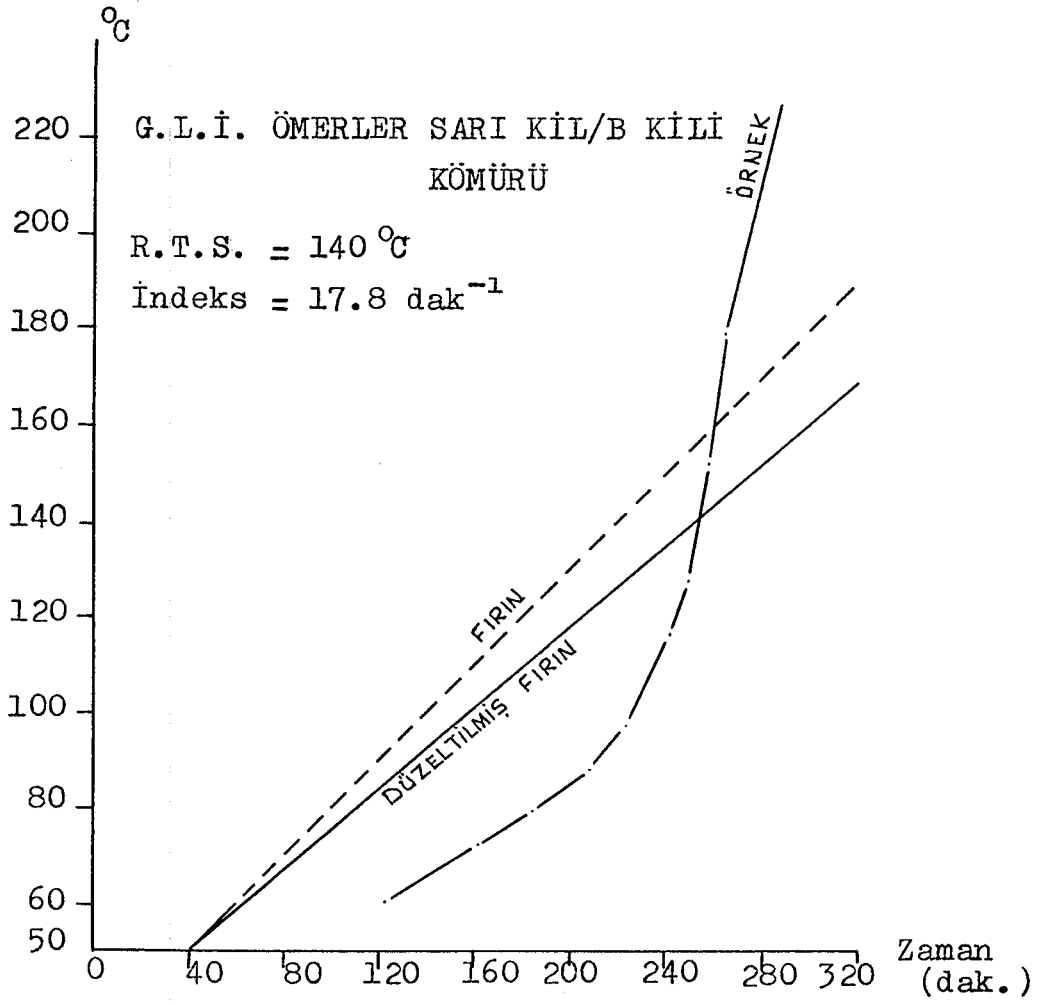
Şekil 6.10.5 No'lu deneyin grafik yorumu.



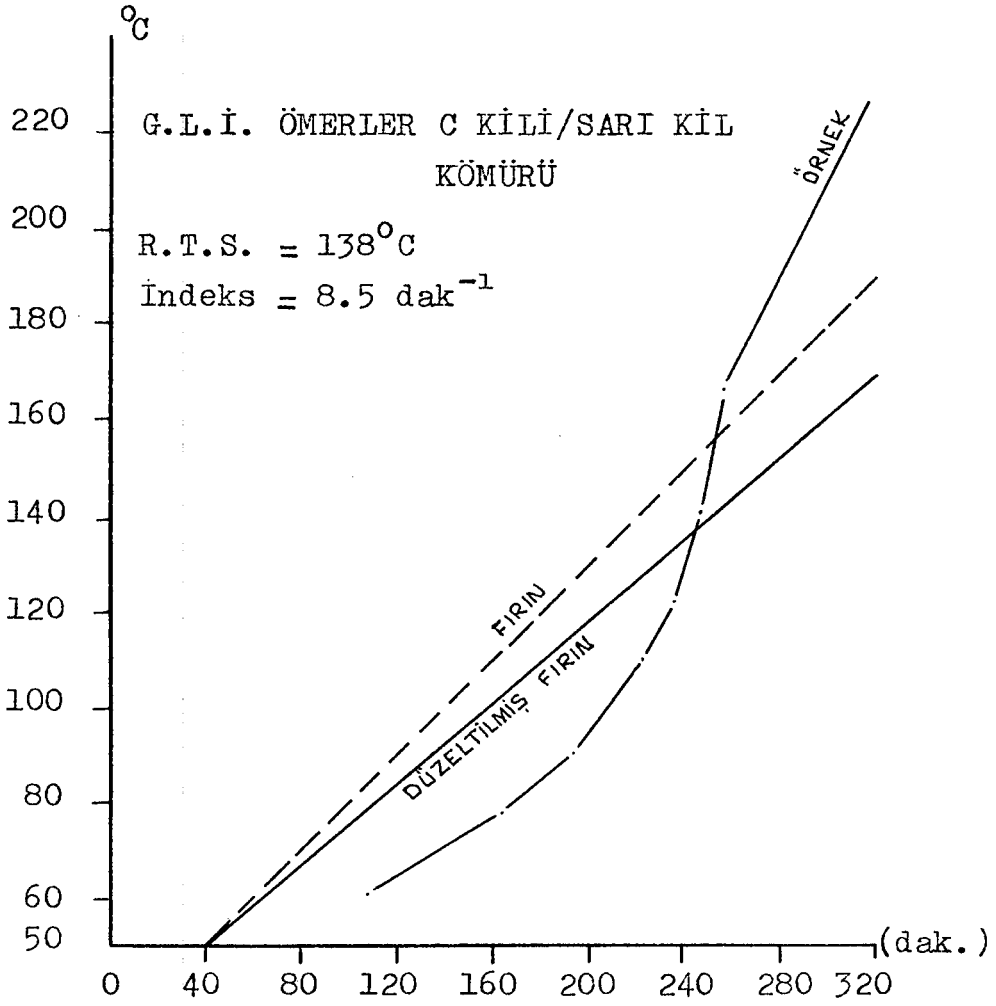
Şekil 6.11. 6 No'lu deneyin grafik yorumu.



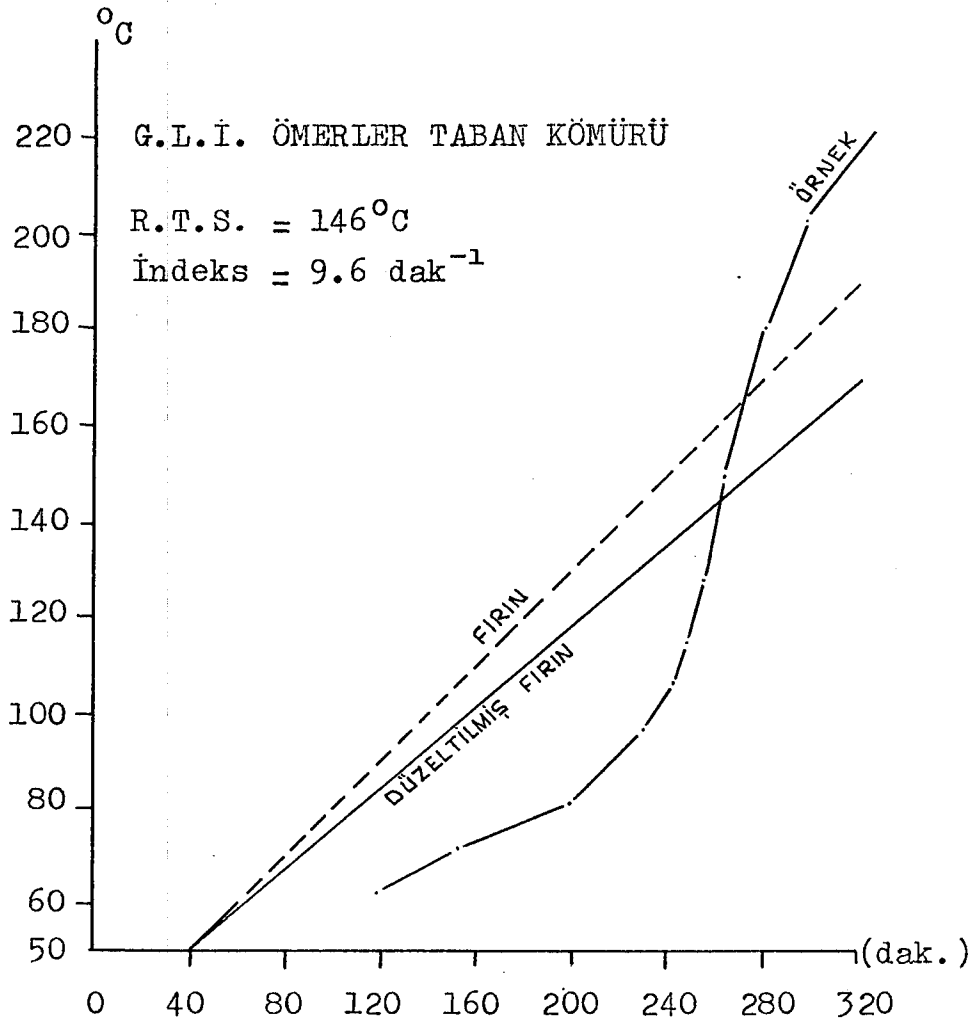
Şekil 6.12. 7 No'lu deneyin grafik yorumu.



Şekil 6.13. 8 No'lu deneyin grafik yorumu.



Şekil 6.14. 9 No'lu deneyin grafik yorumu.



Şekil 6.15. 10 No'lu deneyin grafik yorumu.

6.6. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Tutuşabilirlik Tekniği uygulanan tüm örneklerin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 6,12'de, bu örneklerin yatkinlık indeksi ve risk sınıflarını içeren deney sonuçları değerlendirmesi Çizelge 6,13'te verildiği gibi olmuştur.

Çizelge 6.12 Kömür örneklerinin analiz sonuçları.

Ör. No	Üretim Birimi	Örnek Alma Yeri	Nem (%)	Kül (%)	Uçucu Madde	Sabit C (%)
1	Tunçbilek	Tavan kömürü	9,30	29,66	32,86	28,18
2	Tunçbilek	B kili/A kili	12,30	15,52	33,58	38,60
3	Tunçbilek	Sarı kil/B kili	10,30	16,42	35,60	37,68
4	Tunçbilek	C kili/Sarı kil	9,20	26,88	31,79	32,17
5	Tunçbilek	Taban kömürü	10,30	30,05	30,79	28,87
6	Ömerler	Tavan kömürü	14,80	18,01	35,74	31,40
7	Ömerler	B kili/A kili	15,40	6,01	37,42	41,17
8	Ömerler	Sarı kil/B kili	15,50	24,76	28,24	31,50
9	Ömerler	C kili/Sarı kil	16,20	16,76	28,36	38,68
10	Ömerler	Taban kömürü	12,10	32,35	27,77	27,79

Çizelge 6.13 Deney sonuçları.

Örnek No	Kesişim Noktası (°C)	Isınma Hızı (°C/dak)	Yatkınlık İndeksi (dak ⁻¹)	Risk Gurubu
1	145	1,77	12,2	Yüksek
2	138	1,61	11,6	Yüksek
3	138	1,66	12,0	Yüksek
4	142	1,77	12,4	Yüksek
5	145	2,03	14,0	Yüksek
6	144	2,20	15,2	Yüksek
7	138	3,60	26,0	Yüksek
8	140	2,50	17,8	Yüksek
9	138	1,18	8,5	Orta
10	146	1,41	9,6	Orta

Tunçbilek ve Ömerler yeraltı ocakları Çizelge 5.1' deki çevre indeksi değerlerine göre değerlendirilmiş; kömür kayıpları orta (%24,3), kırıklar doğal, havalandırma basınç farkı düşük-orta olarak alınmış ve çevre indeksi değeri (2) Orta olarak tespit edilmiştir.

Buna göre;

Yanabilirlik İndeksi x Çevre İndeksi = Risk Sınıflaması olarak Çizelge 6.14'te verilmiştir.

Çizelge 6.14 Yanabilirlik ve çevre indekslerine göre risk sınıflaması.

Örnek No	Yanabilirlik İndeksi (dak ⁻¹)	Çevre İndeksi	Risk Sınıfı
1	12,2	2	24,4 Yüksek
2	11,6	2	23,2 Yüksek
3	12,0	2	24,0 Yüksek
4	12,4	2	24,8 Yüksek
5	14,0	2	28,0 Yüksek
6	15,2	2	30,4 Yüksek
7	26,0	2	52,0 Yüksek
8	17,8	2	35,6 Yüksek
9	8,5	2	17,0 Orta
10	9,6	2	19,2 Orta

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Deney sonuçlarına göre Tunçbilek linyit havzası kömürlerinin Yanabilirlik İndeksi değerleri 8,5-26 dak⁻¹ arasında değişmektedir. Örneklerin Kesişim Noktası değerleri birbirlerinden fazla sapma göstermeksizin 138-146°C arasında değişmekle birlikte, ısınma hızları bakımından 1,18-3,6°C/dak. arasında değişen önemli farklılıklar gözlenmektedir. Isınma hızları arasındaki bu farklılık Yanabilirlik İndeksine de yansımaktadır.

Yanabilirlik İndeksi değerlendirmesine göre, Ömerler Taban kömürü ve C kili-Sarı kil arası kömür damarı kızışmaya yatkınlık bakımından "Orta", örnek alınan diğer kömür damarları ise "Yüksek" risk gurubuna girmektedir. Tunçbilek ocağı için ortalama indeks 12.41, Ömerler ocağı için ise 15.42 dak⁻¹ olarak hesaplanmaktadır. Bu indeks değerleri, genel olarak havza kömürlerinin kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarınının yüksek olduğuna işaret etmektedir.

Umulduğu gibi, gerçekleştirilen deneyler Zonguldak havzası taş kömürlerine oranla daha yüksek indeks değerleri vermiştir. Bu sonuç, kendiliğinden yanmaya yatkınlığın düşük ranklı kömürlerde daha fazla olduğu gerçeği ile uyum içindedir.

Yanabilirlik indeksinin yüksek olmasının yanında, kalın damar üretimi yapılması, göçertmeli çalışılması, göçük içinde bırakılan kömür miktarının fazla olması gibi çevresel koşulların olumsuz katkısı G.L.İ. yeraltı ocaklarında kızışma riskini daha da artırmaktadır. Kızışma olasılığına karşı alınabilecek temel önlemler aşağıda sıralanmıştır.

Tavan ve taban ayaklarda dengeli bir havalandırma yapılmalı, aşırı hava göndermekten kaçınılmalıdır.

Ayaklara gönderilecek yüksek hava miktarı, taban ayaklarda ayak arkasına fazla hava kaçağının oluşmasına, tavan ayaklarda ise tavan-taban sirkülasyonuna neden olacak; dolayısıyla kendiliğinden kızışma büyük bir hızla gelişebilecektir.

Ayaklardaki ilerleme hızı olabildiğince yüksek tutulmalı, arın bütün olarak çalışılmalıdır. Bu tür çalışma biçimi ayak arkasının düzenli oturmasını sağlayacak, ayak arkası hava kaçaklarını minimize edecektir.

Tavan-taban ayak çalışılan panolarda tavan ve taban ayakların ilerleme hızları uyumlu olmalı, ayaklar arası mesafe sabit tutulmalıdır. Tavan ayakların hızlı ilerlemesi sonucu taban ayakları bekleme sürelerinden kaçınılmalıdır.

Ömerler yeraltı ocağında kızışmaya en yatkın olan A kili-Sarı kil kömürü diliminin öncelikle alınmasına yönelik bir üretim yöntemi planlanmalıdır.

Gerek sadece taban ayak ve gerekse tavan-taban ayak üretim yönteminin uygulandığı her iki yeraltı ocağında da üretim kayıplarının azaltılmasına çalışılmalıdır.

Her iki yeraltı ocağında da panolar arası bırakılan topuk mesafesi 10-20 metre arasında değişmektedir. Bu mesafe yeterli olmayıp, ezilen topuklardan panolar arası hava kaçağı olabilmektedir. Bu nedenle topuk boyutunun en az 30 m. olarak uygulanması yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Ayvazoğlu, E., 1978, EKİ Kozlu bölgesi çay ve Acılık kömürlerinin, oksidasyonun erken tespiti yönünden incelenmesi, Türkiye 1. Kömür Kongresi, 539-563.
- Chakravorty, R. and Kolada, R., 1988, Prevention and control of spontaneous combustion in coal mines, Mining Engineering, 435p.
- Chamberlain, E.A., Hall, D.A. and Thirlaway, J.T., 1970, The ambient temperature oxidation of coal in relation to the early detection of spontaneous heating, The Mining Engineering, 121, 1-6.
- Chamberlain, E.A. and Hall, E., 1973, The practical early detection of spontaneous combustion, Colliery Guardian.
- Chamberlain, E.A., Barrass, G. and Thirlaway, J.T., 1976, Gases evolved and possible reactions during low temperature oxidation of coal, 217-222.
- Coward, H.F., 1957, Research on spontaneous combustion of coal in mines-A review, NCB Research Report, 142.
- Didari, V., 1986, Yeraltı ocaklarında kömürün kendiliğinden yanması ve risk indeksleri, Madencilik Dergisi, 25, 4, 29-33.
- Durucan, Ş. ve Güyagüler, T., Yeraltı kömür madenciliğinde çevre sorunları ve kontrol yöntemleri, Genel Maden İşçileri Sendikası Yayınları.
- Ermişoğlu, N., Yeşiltaş, A. ve Özerdem, S., GLİ Tunçbilek Bölgesi Ömerler yeraltı işletmesinde kendiliğinden yanma olayları ile mücadele ve alınan önlemler, Türkiye 10. Madencilik Bilimsel ve Teknik Kongresi, 473-491.
- Feng, K.K., Chakravorty, R.N. and Cochrane, T.S., 1973, Spontaneous combustion-A Coal Mining Hazard, CIM, 75-84.
- Feng, K.K., 1985, Spontaneous combustion of Canadian Coals, CIM, 71-75.
- Sing, R.N., Demirbilek, S. and Turney, M., 1984, Application of spontaneous risk index to mine planning safe storage and shipment of coal, J. of Mines Metals and fuels, 347-356.
- Gill, F. and Browning, E., Spontaneous combustion in coal mines, Colliery Guardian, 79-85.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

Kim, A.G., Laboratory studies on spontaneous heating of coal, Bur. of Mines, IC 8756.

Morris, R. and Atkinson, T., 1988, Seam factor and the spontaneous heating of coal, Mining Science and technology, 145-159.

Montan-Consulting GMBH, 1988, Second interim report, 36-38.

Ökten, G., 1988, Kömürün kendiliğinden yanması ve önlenmesi için alınacak tedbirler, Kömür Kimyası ve Teknolojisi El Kitabı, 102-113.

Önal, G., 1986, Kömürün zenginleştirilmesi ve lavvar tesislerinde çalıştırılması, İ.T.Ü. yayınları, 2-6.

Saraç, S., 1992, Yeraltı ocaklarında kendiliğinden yanma, A.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları.

Şenkal, S., Köse, H. ve Ermişoğlu, N., GLİ Tunçbilek bölgesinde uygulanmakta olan yeraltı üretim yönteminde oluşan kömür kaybının ve seyrelmesinin etüdü, Madencilik dergisi, 5-11.