

# Kömürün Kendiliğinden Yanmasına Ait Kuramlar

*Theories on Spontaneous Combustion of Coal*

Nehar EROĞLU (\*)  
Micheal John GOUWS (\*\*)

## özer

Kömürün kendiliğinden yanması, tüm kömür üreticisi ülkelerin karşılaştığı en önemli sorunlardan biridir. Bu konunun nedenini saptama çalışmaları daha önceki yüzyılda başlamıştır. Bu sorunun nedeni hakkında çeşitli kuramlar ileri sürülmüş olup bu kuramlar şu şekilde sıralanabilir:

- pirit kuramı,
- bakteri kuramı,
- oksidasyon kuramı ve
- nem kuramı.

Bu yazıda, birçok araştırmacı tarafından kabul edilen bu kuramlar incelenmiştir.

## ABSTRACT

Spontaneous combustion is a major problem in coal mining. Research into the causes of the spontaneous combustion of coal was begun in the previous century. Theories of spontaneous combustion include:

- pyrite theory,
- bacterial theory,
- oxidation theory, and
- humidity theory.

In this study, these theories accepted by various researchers are discussed.

(\*) Maden Mühendisi, Witwatersrand Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Johannesburg.G.Afrika  
(\*\*) Maden Mühendisi, Witwatersrand Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Johannesburg.G.Afrika

## 1. GİRİŞ

Kömürün kendiliğinden yanması hem emniyet hem de ekonomik bakımdan kömür madenciliğinin asırlardır en büyük sorunlarından biridir.

Yeraltında olası bir yangının yaratabileceği tehlikeler şu şekilde sıralanabilir:

- Yangın nedeniyle ölüm ya da yaralanma,
- Kömürün kendiliğinden yanması neticesinde ortaya çıkan karbon monoksit gazı zehirlenmesi nedeniyle ölüme yol açabilecek şekilde zarar görme,
- Bırakılan topukların açık alev ya da için için yanması neticesinde tavan göçmelerinin oluşması,
- Yanma neticesinde kömürün kaybedilmesi,
- Yangın barajları arkasında ekonomik olarak işletilebilir rezervlerin bırakılmak zorunda kalınması.

Boğucu, zehirleyici ve yanıcı gazlar iki nedenden dolayı yeraltında en tehlikeli oluşumlardır. İlk olarak, boğucu ve zehirleyici gazlar nedeniyle yangın söndürme çalışmalarında bulunan kişilerin boğulma ve zehirlenme olasılığı mevcuttur. Diğer yandan yanıcı gazların neden olabileceği yeraltı yangın ve metan patlamaları maddi ve manevi olarak büyük kayıplara yol açabilir.

Güney Afrika'da kömürün kendiliğinden yanması konusunda birçok sorunlarla karşılaşılması nedeniyle 1986 yılından itibaren Johannesburg şehrinde bulunan Witwatersrand Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü'nde bu konuda çalışmalara başlanmıştır. Araştırmalar halen devam etmekte olup geniş bir kaynak taraması bulunmaktadır.

Kömürün kendiliğinden yanmasına ait ilk resmi kayıtlara 1604 yılında Griff kömür madeninde rastlanmış olup (Morris; 1986), eski madenciler yeraltında göçüklerde oluşan yangın ve patlamaları olağanüstü nedenlere bağlamışlardır (Martin; 1986). Bu konuda tartışmaları ilk olarak başlatanlardan birisi Dr Plott'dır (Whittaker; 1927). Dr Plott;

1686 yılındaki yayınında kendiliğinden yanmanın nedenlerinin fazla bilinmediğini belirtirken aynı zamanda yangın olaylarının meydana geldiği tipik çevre koşullarını tanımlamıştır.

Dr Plott, kömürün kendiliğinden yanma nedenlerini açıklarken Dr Power'm gözlemlerine de değinmiştir. Dr Power, nemli havaya maruz kalan ya da su ile ıslanan piritin ısınmaya başlayacağını, eğer nemli bir yığın olarak bulunuyorsa kızgın hale geleceğini belirtmiştir. İngiltere'de Yorkshire'a komşu Ealand kasabasında Wilson adındaki bir Mşinin vagonlar dolusu piriti bir ambarda sakladığını, ambarın çatısının akması sonucu yağmur suları ile ıslanan piritin içten içe yanarak daha sonra yangına dönüştüğünü ve kasaba halkının yangını söndürmek için telaşa kapıldığını ifade etmiştir. Dr.Plott, eğer pirit tek başına yanıyorsa bunun kömür ile karışınca daha kolaylıkla yanacağını ileri sürmüştü ve Dr. Jordan'm belirttiğine göre bu tip kömür ile karışmış kömür yığınlarının (metal kömürler olarak adlandırılmış) Londra'da puddle rıhtımında ve New Castle'da yandığını belirtmiştir.

Tüm bu gözlemler sonucu kömürün kendiliğinden yanması ile ilgili ilk bilimsel teori pirit kuramı olarak ortaya çıkmıştır. Bu kurama ek olarak daha sonra ileri sürülen diğer kuramlar ise şunlardır:

- bakteri kuramı,
- oksidasyon kuramı ve
- nem kuramı.

## 2. PİRİT KURAMI

Giriş bölümünde belirtildiği şekilde, Dr Power'ın gözlemleri doğrultusunda nem içeren piritin oksidasyonu kömürün kendiliğinden yanmasına katkıda bulunan bir etkidir. Yaklaşık 300 yıl boyunca piritin oksidasyonun en önemli etken olduğuna inanılmış ve 1848 yılında De La Beche ve Playfair'in yayınına kadar başka mekanizmalardan şüphe edilmemiştir (Coward, 1957).

Coward, kömürün kendiliğinden yan-

ması konusunda geniş bir kaynak taraması gerçekleştirmiş ve bu konu hakkındaki ilk araştırmalarla ilgilenen kişilere kaynak olmuş ve halen olmaktadır. Coward tarafından kendiliğinden yanma konusunda piritin önemini geçen yüzyıl sonlarında araştıran araştırmacılar ve elde ettikleri bulgular aşağıda gösterilmiştir (Gouws, 1992).

**Percy 1866** Güney Staffordshire kömürlerinin kendiliğinden yanma eğilimlerinin yüksek fakat pirit içerilerinin düşük olduğunu belirtmiştir. Oksidasyonun kendiliğinden yanmaya etki ettiğine inanmış fakat pirit kuramını çürütememiştir.

**Liebig 1866** Pirit kuramını desteklemiş fakat bu konuda araştırma yapmamıştır.

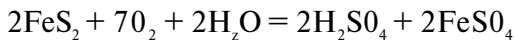
**Richters 1870** Pirit kuramına karşı çıkmış ve yüksek pirit içerikli Upper Silesian kömürlerinin çok yavaş ısındığını, oksijen soğurmanın yanmaya neden olduğunu ileri sürmüştür.

**Fayol 1879** Pirit kuramını reddedip, en önemli nedenin oksijen soğurulması olduğunu söylemiştir.

**Kimball 1879** Literatür derlemeleri sonucunda bir bölgede pirit derişiminin artması sonucu ısının da artabileceğini belirtmiştir.

**Haedicke 1880** Kömür bünyesi tarafından soğrulan oksijenin kömür içindeki piritin yanmasına yardımcı olacağını ileri sürmüştür.

Pirit, aşağıda belirtilen kimyasal reaksiyona göre oksitlenmektedir:



Bu reaksiyon ekzotermik bir tepkime olup bünye içine soğrulan cm 3 O<sub>2</sub> için 4,3 cal. bir ısı açığa çıkmaktadır (Winmill;1915). Bu reaksiyonun kömür sıcaklığını yaklaşık 125°C artırma (Li ve Parr;1926) kapasitesine sahip olmasına karşın kömür yığınları tamamen izole edilemeyip ısı etrafa dağıtılmaktadır. İnce taneli piritin %/o oranında Bamesley taşkömürlerine eklenmesi sonucu 7

saat içinde kömür ısısının 10,6 °C artacağı Winmill tarafından ileri sürülmüştür.

Bu konudaki yayınlar incelendiğinde kömürün kendiliğinden yanması konusunda piritin ikinci derecede rol oynadığı ortaya çıkmaktadır. Aşağıdaki koşullar sağlanmaksızın piritin kömürün kendiliğinden yanmasına herhangi bir katkısı bulunmadığına inanılmaktadır:

- İnce tane halinde bulunulması, ve
- çok miktarda olması.

Yukarıda ekzotermik oksidasyon tepkimesi sonucu açığa çıkan ısı kömürün oksidasyon hızını da artırmaktadır.

### 3. BAKTERİ KURAMI

Bakteri kuramı, kömürün kendiliğinden yanması konusunda ileri sürülen bir diğer kuramdır. Bu kuram Coward (1957) ve Haldane ve Makgill (1923) tarafından incelenmiş olup elde edilen bulgular aşağıda gösterilmiştir.

**Gaile 1910** Kömürün kendiliğinden yanmasını bakterinin direkt olarak etkilenmemekte olduğunu fakat başlangıç aşamasında önemli bir rol oynayabileceğini ileri sürmüştür.

**Miehe 1911** Kuru otların kendiliğinden yanmasının nedenini bakterilere bağlamıştır.

**Winmill 1915** Kömür tarafından soğrulan oksijen oranının azalmasının bakteri kuramı geçerli olması halinde artması gerektiğini belirtmiştir.

**Graham 1915** Sterilize edilmiş kömür ile sterilize olmayan kömürün aynı oranda okside olduğunu bulmuş ve bakterilerin oksijen soğrulmasında herhangi bir etkisi olmadığına karar vermiştir.

**Tideswell 1920** Bakterilerin geliştiği artan sıcaklıklarda karbondioksit oluşumunun arttığını fakat bakterilerin?/ öldüğü 100°C'nin üzerinde karbondioksit oluşmadığını ortaya koymuştur.

**Li ve Parr 1926** Bir Hindistan kömüründe, bakteri nedeniyle kömür içinde bulu-

*madencilik*

nan pirit oksidasyon oranının arttığından şüphe etmiştir.

Pirit kuramı gibi bakteri kuramı da oksidasyon kuramına teslim olmuştur. Birçok kaynakta belirtilmesine rağmen bakteri etkisi kömürün kendiliğinden yanmasında yardımcı bir etken olarak bile kabul edilmemektedir.

#### 4. OKSİDASYON KURAMI

Oksidasyon kuramındaki gelişmeler Coward (1957) ve Güney (1968) tarafından geniş bir şekilde incelenmiştir. Bu gelişmeler aşağıda gösterilmiştir.

**Richters 1868** Bir kuru kömür numunesinin 200°C'de açık havaya maruz kalması sonucu belli bir süre içinde ağırlığının bir miktar arttığını fakat 20 saat sonra ağırlığında düşüş olduğunu, ağırlık artışı süresince kömürün karbon-dioksit ve su verdiğini fakat büyük oranda oksijenin kömürün bünyesinde kaldığını belirtmiştir.

**Richters 1870** Termal olarak yalıtılmış ince taneli kömürün 12 gün havayla teması sonucu sıcaklığının 83°C artacağını ileri sürmüştür.

**Fayol 1879** Kömürün tutuşması havadaki oksijen ile kömür içindeki organik bileşimlerin reaksiyonuna bağlıdır. Açığa çıkan ısı miktarı mevcut fiziksel koşullara bağlıdır.

**Lamplough ve Hill 1913** Normal sıcaklık ve basınç altında 1 mi oksijen başına 2,8 ile 3,8 kalori kömür tarafından üretilmektedir.

**Winmill 1915** Üç deney de göstermiştir ki 1 mi oksijen başına 2,1 cal. tüketilmektedir.

**Winmill 1915** 100 gr numunenin 30°C sıcaklıkta 96 saat boyunca 300 mi oksijen soğurulması sonucu kömürün kendiliğinden yanma özelliğinin artacağını ileri sürmüştür. 200 ml'den az oksijen soğuran kömürlerde bu özelliğin az olacağını söylemiştir.

**Davis ve Byrne 1925** Pittsburgh kömürlerinin 40-100°C'de oksidasyonu sonucu 1 mi oksijen başına 2 kalori ısı açığa çıkmaktadır.

Açığa çıkan ısının, Fayol'a göre, mevcut fiziksel şartlara bağlı olması sonucu Winmill, değişik tip kömürlerin soğurma oranlarındaki farklılığın kendiliğinden yanma eğilimini ortaya koyacağına dikkat çekmiştir. Kömürün fiziksel soğurma oranının birçok parametre ile ilişkisi birçok araştırmacı tarafından incelenmiş ve elde edilen sonuçlar Wade (1988) tarafından (Çizelge 1) özetlenmiştir.

#### Çizelge 1. Çeşitli Parametrelerin Kömür Oksidasyon Oranına Etkisi (Wade; 1988).

Parametre	Parametre artışının oksidasyon oranına etkisi
Tane iriliği	Azalır
Sıcaklık	Artar
Nem	Artar
On ısıtma	Artar
Oksijen kısmi basıncı	Artar
Uçucu madde içeriği	Artar
Kömürleşme derecesi	Azalır
Karbon içeriği	Azalır
Oksijen içeriği	Artar
iç nem	Artar

Kömürün oksidasyonundaki aşamalar Cudmore ve Sanders (1984) tarafından aşağıdaki şekilde özetlenmiştir:

- Oksijenin fiziksel soğurulması,
- Kimyasal soğurulma, aktif yapıda oksijen içeren kompleksin oluşumu,
- Hızlı kimyasal tepkime sonucunda peroksijenin ayrışması ile CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O ürünlerinin oluşumu.

#### 5. NEM KURAMI

Kömürün sıcaklığının nem sebebi ile artması ile ilgili kaynaklarda iki mekanizmadan bahsedilmiş olup bunlar; kömürün ıslanması ile bir ısının açığa çıkması ve kömür oksidasyon tepkime hızının artışıdır (Wade, 1988). **Nem** kura-

mındaki gelişmeler aşağıda verilmiştir.

**Kraliyet Komitesi 1876** Nem, kömürün kendiliğinden yanmasını kolaylaştırmaktadır.

**Winmill 1916** Kuru kömür, yaş kömüre göre daha fazla oksijen soğurmaktadır.

**Davis ve Byrne 1926** Kömürleri kuru değil de nemli olarak depolamak daha iyidir, çünkü kömür gözeneklerinin nem ile dolu olması oksijenin fiziksel soğrulmasına engel olacaktır.

**Rosin 1928** Kömür yığınlarında oluşan kendiliğinden yangınlar sık sık sıcak ve yağmurlu havalardan sonra meydana gelmektedir.

**Berkowitz ve Schein 1951** Islanma ile oluşan ısı kömürün kendiliğinden yanmasında önemli bir rol oynamaktadır.

**Petschuk ve Majewskaya 1954** Su basmış maden ocaklarındaki suyun drenajı sonrası kömürün kendiliğinden yanması ile ilgili olaylarda artış olduğunu bildirmiştir.

**Burdrky 1956** Su basmış maden ocaklarındaki suyun drenajı sonrası kömürün kendiliğinden yanması ile ilgili olaylarda artış olduğunu bildirmiştir.

**Bhattacharyya Hodges ve Hinsley 1969** Hava içindeki nemin artışı ısınmayı artırmaktadır. Kömür içindeki yanma riski azaltılabilir.

**Güney 1971** Oksidasyon ve su ile ıslanma nedeni ile oluşan sıcaklık artışı kendiliğinden yanmayı hızlandırmaktadır.

**Berkowitz 1979** Yanma kuru ve nemli kömür ara yüzeylerinde oluşmaktadır. Islanma ile oluşan ısı, ıslanmış yüzey ile doğru orantılıdır ve kömürün nem içeriği kapasitesinin bir fonksiyonudur.

## 6. SONUÇ

Tüm bu kuramlar içinde oksidasyon kuramı birçok araştırmacı tarafından desteklenmiş ve kendiliğinden yan-

manın sebebi olarak kabul görmüştür. Kömürün kendiliğinden yanmasının kömür bünyesinin oksidasyonu olduğuna inanılmış olup hızı sıcaklık ile doğru orantılıdır. Tüm kömürler oda sıcaklığında dahi az ya da çok oksitlenmekte olup, ıslanma ile oluşan ısı ve pirit içerikleri bu oksidasyonun artmasına neden olan etkenlerdir. Bu etkenlerin katkısı ile kömür sıcaklığı ısınmanın çok daha hızlı olduğu ekzotermik reaksiyonun oluşacağı seviyeye çıkar ve yanmaya neden olur.

Kömürün kendiliğinden yanmasını etkileyen diğer yan etkenler olarak stok sahasında kömürlere etki eden güneş ışınları, silolarda oluşan ısı yayılımı derin madenlerdeki jeotermal ısı gibi birçok etken sayılabilir. Diğer yandan bakteri etkisi, yer hareketleri ve ortamda tahta parçacıklarının bulunması gibi geçmişte destekleyici etkenler olarak kabul edilen bu etkenlerin yanmaya çok az ya da hiç etkisinin olmadığı ortaya konmuştur.

## KAYNAKLAR

COWARD, H.F., 1957; "Research on spontaneous combustion in mines-a review", Londón: Safety in Mines Research Establishment, Ministry of Power, Research Report no, 142.

CUDMORE, J.F. ve SANDERS 1984; "Spontaneous combustion of coal, mine fires and interpretation of analysis of mine gasses-a literature review", Australian Coal Industry Research Laboratories, Report No. 84-10

EROĞLU, H.N. 1992; "Factors affecting the spontaneous combustion of coal, Johannesburg: Ph.D.Thesis, University of the Witwatersrand.

GOUWS, M.J., 1992; "The spontaneous combustion of South African coal", Johannesburg: Ph D Thesis University of the Witwatersrand.

GÜNEY, M., 1968; "Oxidation and spontaneous combustion of coal-review of individual factors part I", Colliery Guardian, Jan, 26, pp. 138-146.

GÜNEY, M., 1971; "An adiabatic study of the influence of moisture on spontaneous heating of coal", C.I.M. Bulletin, March pp. 138-146.

HALDANE.J.B. ve MAKGILL, R.H., 1923; "The spontaneous combustion of hay", Fuel in Science and Practice, Dec. pp. 380-387.

*madencilik*

LI, S.H. ve PARR, S.W. 1926; "The oxidation of pyrites as a factor in the spontaneous combustion of coal", Ind. and Eng. Chem. Vol 18, No.12, pp. 1299-1304.

MARTIN, E.A., 1896; "A piece of coal" Londra: Hodder ve Stoughton Publications.

MORRIS, R., 1896; "A historical note of the research into the causes of spontaneous combustion prior to 1750", Journal of the Mine Ventilation Society of South Africa, Dec. pp. 168-170.

WADE, L., 1988; "The propensity of South African coals to spontaneously combust", Johannesburg, Ph D.Thesis, University of the Witwatersrand.

WHITTAKER, J.V., 1927, "Colliery explosions and recovery work", London, New Era Publication,

WINMILL, T.F. 1915-1916; "The atmospheric oxidation of iron pyrites". Trans, Inst, Min. E., Vol. 51, pp. 500-509.