

KÖMÜRÜN KENDİLİĞİNDEN YANMA RİSK İNDEKSİNİN MADEN DİZAYNI, DEPOLAMA VE DENİZ NAKLİYATINA UYGULANMASI

SINGH R.N(*)
DEMİRBİLEK S(**)
TURNEY M(***)

ÖZET

Kendi kendine yanmaya yatkın damarları sınıflandırmak için kendiliğinden yanma risk indeksinin tahmini bu tebliğde özetlenmektedir. Kömürlerin kendiliğinden yanmasına etki eden faktörler tabii faktörlere ve harici faktörlere göre değişmektedir. Bir adiabatik oksidasyon testi tabii reaksiyonlara göre kömürün yanabilirliğini tesbit için anlatılmıştır. Risk sınıflandırması tabii ve harici faktörlerin birleştirilmesine bağlıdır. Yeraltı madencilğinde, kömürün nakliyatında ve stoklanmasında kendiliğinden yanmayı kontrol etmek için alman önlemler ve sıvı nitrojen kullanılarak yapılan mücadele teknikleri anlatılmıştır.

ABSTRACT

The paper outlines the current techniques of assessment of spontaneous combustion risk indices for classifying coal seams liable to self heating. Factors affecting liability of coal to spontaneous combustion depend upon intrinsic factors as well as external factors promoting the self-heating. An adiabatic oxidation test is described which can be used to assess the liability of coal according to intrinsic reactivity.. Systems of risk classifications are based on the synthesis of ratings assigned to intrinsic as well as extrinsic factors. Precautionary measures to control spontaneous combustion hazard in underground longwall mining, stockpiling and seaboume transport of coal are described together with the techniques of the fire-fighting using liquid nitrogen.

(*, **, ***) Department of Mining Engineering, University of No thin gam University Park, Nottingham NG7 ZRD, ENGLAND

1. GİRİŞ :

Son yıllarda, yeraltı ocaklarında, büyük kömür stoklarında ve deniz nakliyatinde kendiliğinden yanma olayları önemli bir miktarda artmıştır. Sonuçta kendiliğinden yanma üzerine araştırmalar yeniden gündeme gelmiştir. Kendiliğinden yanmanın artmasına sebep olan bazı faktörler şunlardır:

- Mekanize Yeraltı Madenciliği: Yeraltı kendiliğinden yanma olaylarındaki artış, modern madencilik metodları ve kalın damar üretimleri ile ilgilidir. Modern uzun ayaklar çok pahalı teçhizatla donatıldıkları için (genellikle 3,0 milyondan fazla) bu yangınların ekonomik sonuçları çok önemlidir.
- Gemi Nakliyatı: Deniz nakliyatı 1970'de 101. 2 M.t. den 1981'de 204.3 M.t. 'a yükselmiştir ki bu büyük erport ülkeleri şunlardır: Amerika Birleşik Devletleri, Avustralya, Güney Afrika, Kanada, Polonya ve İngiltere. Pazar ülkeleri olarak Batı Avrupa ve Japonya sayılabilir. Kömür ticareti arttıkça gemilerdeki kömür yangınları artmaktadır. Risk uzun süren yolculuklarda özellikle düşük kalite kömürlerde artmaktadır. Gemiye yüklenmeden önce kömür stoklanmışsa bu risk daha da artıyor.
- Kömürün Stoklanması: Ekonomik durgunluktan dolayı kömüre olan talep İngiltere'de azalmıştır. Şu anda yaklaşık 56.0 M.t. kömür NCB tarafından veya tüketici firmalar tarafından stokta bekletilmektedir. Böylece kendiliğinden yanmayı önlemek için gerekli önlemlerin alınması zorunlu olmaktadır.

Bu tebliğ kömürün kendiliğinden yanma potansiyelinin tahmininde değişik teknikleri gözden geçirmektedir. Geçerli tekniklerden birisi kömür damarlarını, kendiliğinden yanma riskine göre sınıflandırmadır; yüksek, orta ve düşük riskli gibi. Bir adiyabatik oksidasyon kalorimetre testi kömürü tabii reaksiyonuna göre sınıflandırmak için kullanılmıştır. Kendiliğinden yanmaya müsait kömürlerin yeraltı planlama aşamasında alınması gereken önlemler anlatılmıştır. Kömürün uzun dönem veya transit stoklanmasında kendiliğinden yanmasını önlemek için tavsiyeler öne sürülmüş ve sıvı nitrojenin kullanılması anlatılmıştır.

2. KENDİLİĞİNDEN YANMA RİSK İNDEKSLERİ

Kömürün kendi kendine yanmasına etki eden birçok faktör vardır. Stok yerlerinde, nakliyatta ve madencilik çalışmaları sırasında kendiliğinden yanmayı önlemek için yüksek riskli damarlarda uygun önlemleri almak ve risk indekslerine göre kömür damarlarını sınıflandırmak problem ile sistematik olarak mücadele etmek için gerekli olmaktadır.

Geçmişte, risk indekslerine göre kömür damarlarını sınıflandırmak için birçok görüş ileri sürülmüştür:

- Kuluçka peryodu metodu
- Olpinski metodu
- ^ Feng, Chakarvarty and Cochrane tekniği
- Adiyabatik oksidasyon metodu
- Düzeltilmiş Bystron and Urbanski metodu

(a) Kendiliğinden yanma risk indeksine göre kömür damarlarını en pratik sınıflandırma metodu "Kuluçka peryodu" dur. Kuluçka peryodu, bir panoda kömür kazmaya başlandıktan sonra ilk ısınma belirtilerinin fark edildiği zamana kadar geçen süredir. Düşük kalite kömürler için kuluçka peryodu 3-6 ay, yüksek kalite kömürler için 9-18 ay arasındadır.

Çizelge 1 'de risk indeksi ile kuluçka peryodu arasındaki bağlantı verilmektedir.

Çizelge 1 — Pratik Kendiliğinden Yanma Risk İndeksi

Kuluçka peryodu Ay	Risk indeksi	Damar sınıflandırması
0-3	> 40	Çok yüksek riskli
3-9	20-40	Yüksek risk
9-18	10-20	Orta risk
> 18	1-10	Düşük risk

(b) Olpinski indeksi

Çizelge 2, kömürün kendiliğinden yanma ile ilgili kritik faktörlerini göstermektedir.

Olbinski tabii ve tabii olmayan faktörleri ele alarak kendiliğinden yanma risk indeksi için bir formül yaptı:

$$P_s = S_x \cdot b + (S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6 + S_7)$$

P_s = Sistemdeki muhtemel yangın riski

S_{x_b} = Kömürün kendiliğinden ısınma hassasiyeti (Kömürün tabii karakterine bağlı)

S_1 = Göçükte terkedilen kömür

S_2 = Çalışma metodu

S_3 = Havalandırma metodu

S_4 = Hava kaçakları (göçükte)

S_5 = Kömür damarının nemi

S_6 = Damarın derinliği

S_7 = Havalandırma yoğunluğu „

Çizelge 2- Kendiliğinden Yanma İle İlgili Kritik Faktörler, (Feng 1973).

Kömürün özelliği	Madencilik Çevresi	
	Jeolojik özellikler	Madencilik Çalışmaları
1. Düşük kalite	1. Kömür damanındaki faylar	1. Göçüklerde terk edilen yüksek kayıplar
2. Yüksek nem	2. Kırılgan ve bozulmuş tabakalar	2. Tabaka hareketlerinden dolayı aşırı kırılma (Basınç rahatlama zonu)
3. Yüksek pirit	3. Ara kesmeli kaim damarlar	3. Yeryüzine yakın damarlarda göçertme
4. Yüksek kırılgenlik	4. Derinde olmayan damarlar	4. Kalın damarların göçertmeli çalışması - Damarların kısmi çalışması
	5. Birbirine yakın birçok damar	5. Havalandırma dengesizlik engeller, yüksek basınç farkları
Tabii	Kontrol edilemez	Harici • Kontrol edilebilir

Yukarıdaki faktörlerin değişik değerlerini bularak ki, pratik tecrübelerle dayanır, kömürün kendiliğinden yanma riski tahmin edilebilir. Eğer $P_s < 120$ ise kömürün emniyetli olduğu kabul edilir, $P_s > 120$ ise kendiliğinden yanma riski ortaya çıkar.

(c) Feng, Chakravarty and Cochrane (1973) tarafından

1. Tabii faktörlere dayanan yanabilirlik indeksi,
2. Havalandırma basınç farkı, çatlaklar ve kömür kayıplarına dayanan çevre indeksi kullanılarak risk indeks formülü kullanılmıştır.

$$\text{Yanabilirlik indeksi} = \frac{110 - 220^\circ \text{ arasında ortalama ısınma oranı}}{\text{Relatif tutuşma sıcaklığı}} \times 1000$$

Yanabilirlik oranı ve çevre indeksleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Risk indeksi, yanabilirlik indeksinin ve çevre indeksinin bir ürünü olarak hesap edilir.

Çizelge 3— Yanabilirlik ve Çevre İndeksleri Oranları

Yanabilirlik indeksi	Kendiliğinden yanabilme			Index	
	Alçak	Orta	Yüksek	0 - 5 5 - 10 > 10	
Çevre indeksi	Grup	Kömür kayıpları	Tabaka kırılmaları	Havalandırma basınç farkı	Index
		A	Normal	Tabii	
	B	Yüksek	Tabii	Normal	2
	C	Normal	Yüksek	Normal	3
		Normal	Tabii	Yüksek	
		Normal	Yüksek	Yüksek	
		Yüksek	Tabii	Yüksek	
	D	Yüksek	Yüksek	Normal	4
	D	Yüksek	Yüksek	Yüksek	4

$$\text{Risk indeksi} = \text{Yanabilirlik indeksi} \times \text{çevre indeksi}$$

Risk indeksi	Derece (Kendiliğinden yanmaya karşı hassasiyet)
0 - 10	Alçak
10 - 20	Orta
20 - 40	Yüksek

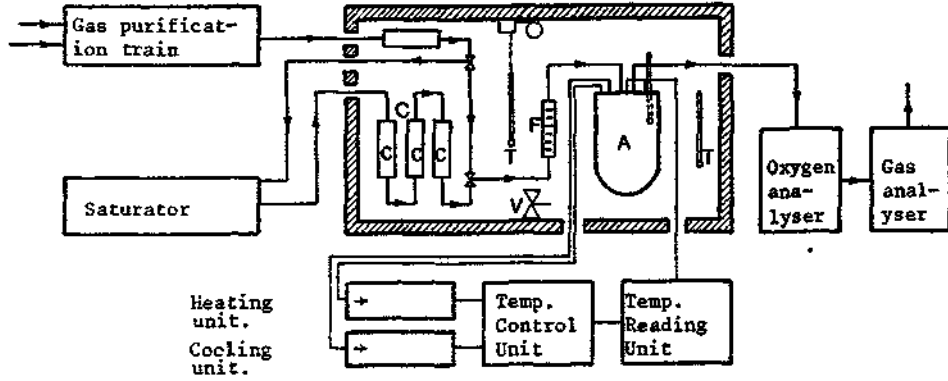
(d) Son zamanlarda, Banarjee (1982) birçok faktöre göre kendiliğinden yanma risk indeksi öne sürdü. Bu faktörler madencilik ve tabii şartlarla ilgilidir. Belki bir ocak için kendiliğinden yanma riski tabii faktörlere ve madencilik parametrelerine göre değişir. Parametrelerin iki tipi bulunabilir ve risk indeksi bütün oranların toplanmasından hesap edilebilir.

Bu program karışıktır ve bir minikomputer gerektirir.

(e) Adiyabatik Oksidasyon Testi

Son 20 sene içinde Nottingham Üniversitesi'nde kömürün kendi kendine yanmasından sorumlu tabii reaksiyonlar ve adiyabatik oksidasyon nedeniyle kömürün kendi kendine yanma hassasiyetini bulmak için birçok araştırma yapıldı.

Testle — 75 meşe öğütülmüş önceden ayarlanan sıcaklıkta kömür numunesi alındı ve zamanla sıcaklıktaki değişimler veya ısı emisyonu izlendi. Deneyler özel olarak dizayn edilmiş micro-kalorimetrede kontrollü laboratuvar şartlarında 8-12 saat süren periyotlarda yapıldı. Sıcaklık okumaları thermocouple ile yapıldı ve gaz örnekleri 15 dak. ara ile alındı. Gaz numuneleri CO/0₂ azalmasının hesaplanması için analiz edildi ve böylece kendiliğinden yanma olayı takip edildi. Deney düzeni Şekil 1'de görülmektedir.



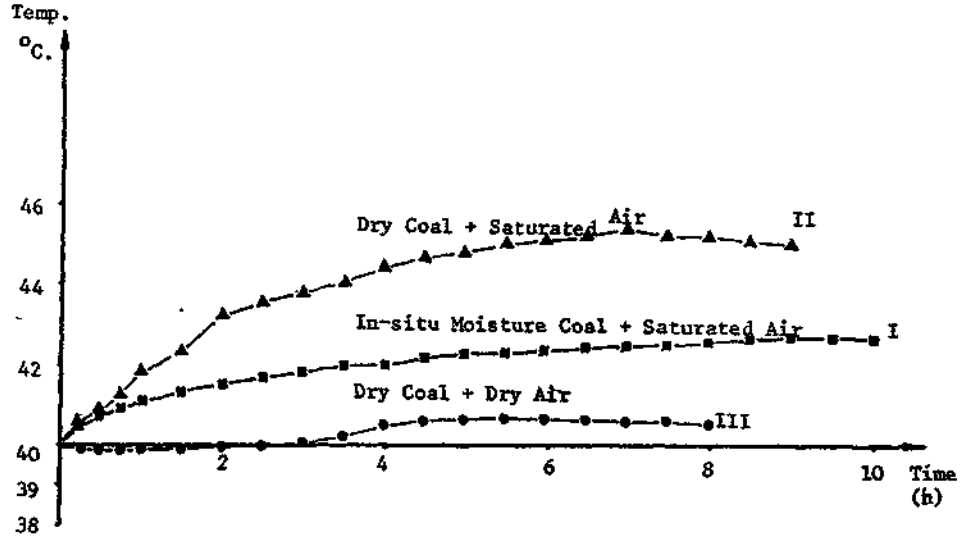
Şekil 1. Deney akım diyagramı. Adiyabatik cihaz (A), Bakır bobinler (C), Termometre (T), Havalandırma ünitesi (V), Debi ölçer (F).

Sonuçlar, 100 g kuru kömürde zamana bağlı olarak adiyabatik sıcaklık yükselmesi veya düşmesi değişik nem şartları altında kayıt edilmiştir. Deney şartları şöyledir:

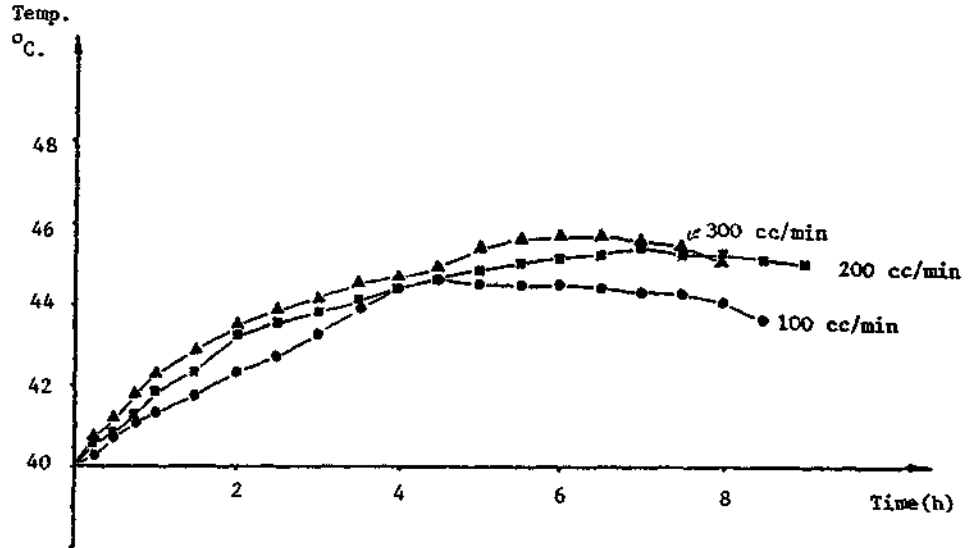
- (i) Kömürün tabii nem şartları / doymuş hava
- (ii) Vakum kuru kömür / doymuş hava
- (iii) Vakum kuru kömür / kuru hava

Şekil 2, yukarıdaki test şartları için Barnley damarı kömür numunelerinden alınan sonuçları göstermektedir. III no'lu eğri kuru ortamda kömürün normal oksidasyonunu göstermektedir ki kuru ortam az miktarda ısı meydana getirir. Burada görülmektedir ki oksidasyon tek başına kömürün sıcaklığını yükseltmeye yeterli değildir. II nolu eğri kömürün oksidasyonu ile birlikte su buharının adsorpsiyonunu göstermektedir. Bu olay ile meydana gelen ısı kömür sıcaklığını önemli bir şekilde artırabilir. I no'lu eğri sature olmuş (doymuş) hava içinde tabii nemde kömürün oksidasyonunu göstermektedir ki doymuş hava ısı yükseltici bir etkidir.

Şekil 3, adiyabatik oksidasyon deneyinde değişik miktarda hava akımının meydana getirdiği sıcaklık yükselmesini göstermektedir. Belli bir kömür için sıcaklık yükselmesinin minimumunda kaldığı optimum bir hava akımı vardır.

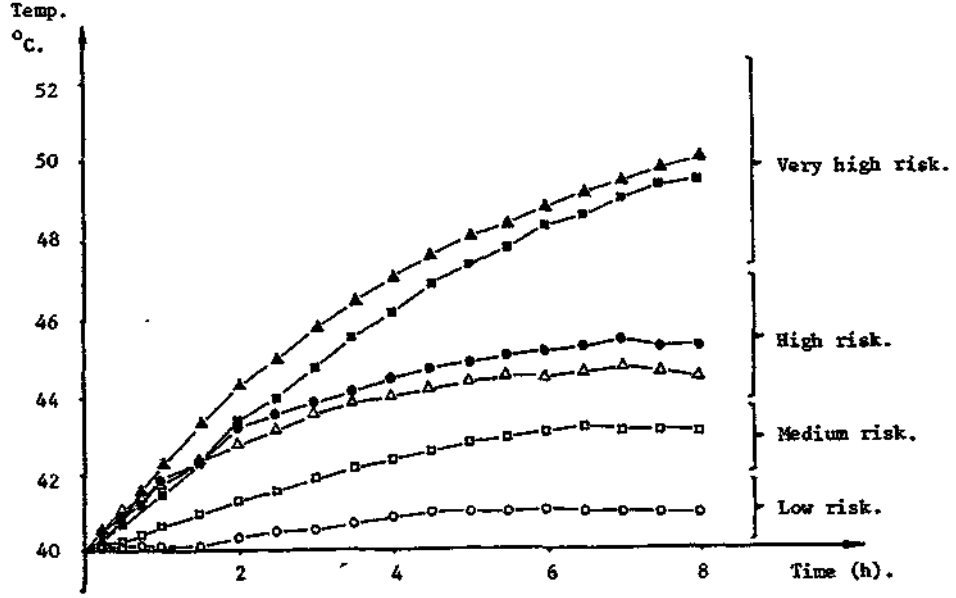


Şekil 2. Barnsley daman kömürü ile yapılan adiyabatik test sonuçları.



Şekil 3. Sıcaklık yükselmesi üzerine hava miktarının etkisi.

Kömürün kendiliğinden ısınma potansiyelini tahmin için kullanılan kriter, başlangıç ısı, toplam sıcaklık yükselmesi, piriz miktarı, uçucu madde miktarı ve kömürün sınıflandırılmasına bağlıdır. Isınmaya bağlı olarak kömürler Şekil 4'de görüldüğü gibi 4 gruba ayrılırlar.



Şekil 4. Risk kategorileri

(f) Düzeltilmiş Bystron and Urbanski (1975) yöntemi uzun ayak ve madencilik çalışmalarını için geliştirilmiş ve kendiliğinden yanma riskine göre 5 kategori oluşturulmuştur (Çizelge 4).

Çizelge 4. Risk Kategorileri

Toplam risk oranı	Risk kategorisi
0 veya daha az	Riskli değil
1-10	Düşük riskli
11-25	Orta riskli
25-40	Yüksek riskli
> 40	Çok yüksek riskli

Tabii ve tabii olmayan faktörler gözönüne alınır. Tabii faktörler kömürün kül miktarına ve kalitesine göre değişir. Çizelge 5 tabii reaksiyon sınıflandırma metodunu (Şekil 4) kullanan Bystron and Urbanski (1975) metodunun detaylarını göstermektedir.

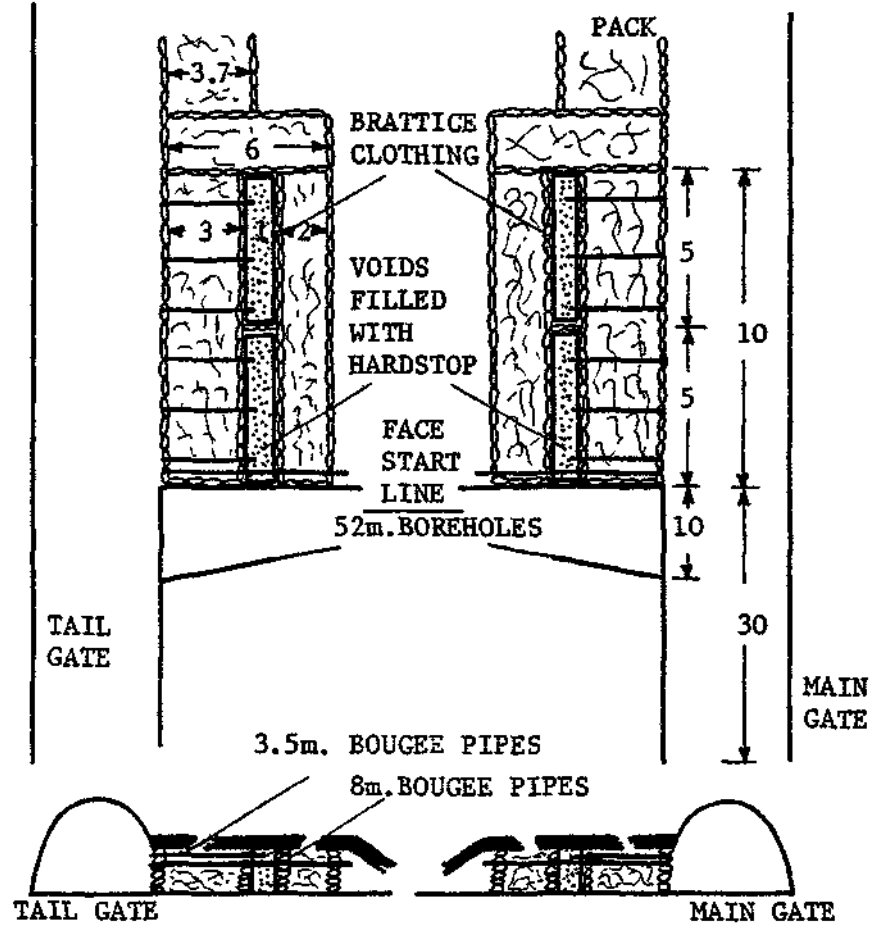
Çizelge 5— Uzun Ayak Yöntemi İçin, Düzeltilmiş Kendiliğinden Yanma Riski Sınıflaması.

Faktör No.	Faktör Sınıflaması	Faktör Olanı
1	KÖMÜR GRUBU	
	Grup 1— düşük hassasiyet indeksi Antrasit ve yarı-antrasit Isınma Oranı < 0.4 C/h	+ 1
	Grup 2 — Orta hassasiyet kok ve kuru steam kömürü ısınma oram 0.4 - 0.8°C/h	+ 2
	Grup 3— Yüksek hassasiyet Taşkömürü (Bituminous) ısınma oram 0.8-1.5 C/h	+ 4
2	Grup 4 — Çok yüksek hassasiyet Linyit, az-bitümmüs Isınma oram > 1.5 C/h	+ 8
	Kömürün derecesi	
	ince	0
3	Tavanda terk edilen ince kömür	+ 2
	Tavanda terk edilen kalın kömür	+ 5
3	Kül miktarı A ^a %	
	< 20	0
	21 - 30	- 1
4	> 30 %	- 2
	Göçük Tahkimat sistemi	
	Göçertmeli (iyi kapanan tavan)	0
5	Göçertmesiz (göçmeyen tavan)	+ 4
	Madencilik metodu	
	Konvensiyonel rambleli uzun ayak	+ 8
6	Tabanyolu rambleli uzun ayak (Zayıf taban için + 3 ilave et)	+ 4
	Dönümlü uzun ayak	+ 1
	Dönümlü uzun ayak, yardımcı yollar	+ 8
6	Damarın alınması	
	Damarın hepsinin alınması	0
	0.2-0.5 m tavan kömürü bırakılmış	+ 5
7	> 0.5 m tavan kömürü bırakılmış	- 8
	Damar kalınlığı	
	< 1.5 m	- 1
	1.5-3.0 m	+ 2
8	> 3.0 m	+ 3
	Kaim damar dilim metodu	+ 8
	Havalandırma sistemi	
9	Konvensiyonel	0
	Üst taban yolunda fan ve metan kontrolü için hava borusu	+ 4
	Günlük ilerleme	
10	< 1.0 m	+ 5
	1.5-2.5 m	+ 2
	> 2.5 m	0
10	Monitor	
	Monitör yok	+ 5
	Alışılmış monitör	- 2
	Sürekli monitör	- 7

(g) Yeraltı Madenciliginde Kendiliğinden Yanmaya Karşı önlemler

Bütün kömür damarları kendiliğinden yanmaya göre yüksek, orta ve düşük riskli damarlar olarak sınıflandırılır. Yüksek riskli damarlar için özel önlemlerin alınması gerekir, bu önlemler:

- Mümkün olduğu kadar dönümlü uzun ayak sisteminin kullanılması
- Yüksek oranda ayak ilerleme hızı (> 2.5 m/gün)
- İlerletimi sistemlerde ayak başlama hattının yanında taban yolları sızdırmaz yapılmalıdır (Şekil 5) ve injeksiyon boruları ayak başlama hattına döşenmelidir.



Şekil 5. Ayak başlama hattının görünümü

- İlerletimli uzun ayak sistemi ile çalışan yüksek riskli damarlarda en azından alt taban yolunda hava kaçaklarını azaltmak için monolitik ramble yapılmalıdır. 50 m ara ile göçük numune boruları yerleştirilmeli ve haftada bir bu borulardan numune alınmalıdır.
- Bentonit injeksiyonu için pompa istasyonları kurulmalı, yüksek ve orta riskli ayaklar için arızalı kısımlara injeksiyon boruları döşenmelidir.
- Ayak üretimi durduğu zaman, en yüksek yanma riski ayağın bittiği yerde meydana gelir. Bu yüzden mümkün olan en kısa zamanda ayak boşaltılmalı ve barajlanmalıdır. Bunun için teçhizat taşınır, hava kaçaklarını önlemek için ayak başlama hatından itibaren 50 m içinde barajlama yapılır, göçükte terk edilen kömür miktarı minimumda tutulur. Ayak üretimi durduğu zaman panodan geçen hava miktarı azaltılarak kuluçka periyodu uzatılır.
- Kendiliğinden yanmayı erken tesbit için düzenli hava numuneleri alınır, monitor yapılır.

3. KÖMÜRÜN STOKLANMASI

Stoklama aşağıdaki maddeler yüzünden gereklidir.

- Üretici ile tüketici arasında süreklilik sağlar.
- Geçici durgunluktan dolayı talebin azalmasından sonra yeraltı üretiminin devam etmesine müsaade eder.
- Trafikğin sürekliliğini sağlamak için stoklama yapılır.

Maden ocağından tüketiciye sürekli ve düzgün olarak kömür temin etmek için, İngiltere'de yaklaşık 27 Mt/yıl kömür stoklanmaktadır. Şu anki mevcut durgunluktan dolayı çoğu gelişmiş ülkeler ocaklarını açık tutmak (uzun dönem kömür talebini karşılamak için) gayesi ile çok miktarda kömürü stok etmektedirler.

(Senelik üretimlerinin % 16 - 50 arası). Örnek olarak Amerika Birleşik Devletleri'nde 174 Mt, İngiltere'de 56 Mt ve Avustralya'da 20 Mt (1983 istatistiklerine göre).

Kömür kapalı veya açık olarak depolarda tutulabilir. Kapalı depolar pahalı fakat belli bir alanda stoklama kapasitesi yüksektir ve sonuçta yığınların permabilitesi azalır. Bu stok şekli yığınların içine hava bağlantısını azaltır veya engel olur böylece kendiliğinden ısınma riski azalır.

Kömürün açıkta depolanması kapalıya göre daha ucuzdur, fakat şu maddeler yüzünden popüler değildir.

- Hava ve su kirliliği yapar,
- Stokta kömür kayıpları meydana gelir,
- Kömürün kalitesi bozulur,
- Stok yerinde oksidasyon ve kendiliğinden ısınma meydana gelir.

3.1. Stoklanan Kömürde Kendiliğinden Yanmaya Etki Eden Faktörler

Şu faktörler stoklarda kendiliğinden yanmaya etki ederler:

- Açık veya kapalı depo kapasitesi,
- Stoklamanın şekli; yükseklik, parça büyüklüğü, yığın şekli (konik, prizmatik gibi)
- Stok civarında havalandırma tipi; serbest havalandırma sınırlı havalandırma gibi,
- Depolamanın sıklığı,
- Deponun nemi,
- Bölgenin iklimi,
- Kömürün başlangıç sıcaklığı,
- Yükleme ve boşaltmanın kalitesi,
- Depolama ve nakliyat sırasında hacim yoğunluğu,
- Depolanan kömürün tip ve kalitesi,
- Kazıdan sonra geçen süre,
- Kömür sıcaklığının monitör ve gaz analizi.

3.2. Bir Depodaki Kömür için Risk İndeksinin Tahmini

Kömür laboratuvarında analiz edilir ve adiyabatik ölçmelere dayanılarak ısınma oranı bulunur. Kendiliğinden yanma için hassasiyet indeksi Şekil 4'e göre bulunmaktadır. Risk tahmin metodu Çizelge 6'da verilen düzeltilmiş Bryston and Urbanski metoduna dayanmaktadır.

Tabii olarak reaktif olmayan yüksek kalite kömürler stok edildikleri zaman, çok yüksek kendiliğinden yanma riski taşırlar (Atkinson, 1983).

3.3. Önleyici Tedbirler

Emniyetli depolama için şu önlemlerin alınması gerekir:

A— Yığın Dizayını:

Yığın büyüklüğü, şekli, kompaktlığı, yüksekliği ve depolama süresi gibi faktörlere bağlı olarak yığın dizayını yapılır. Hava akımını önleyecek sıkı bir yığın gerekir. Kom-

Çizelge 6— Yığılanlarda Kendiliğinden Isınma Riskinin Tahmini

Faktör No.	Faktörün adı	Faktör Oranı
1	Grup 1— Alçak hassasiyet	
	Adiyabatik deneyde başlangıç	+ 1
	Isı oranı < 0.4 C/saat	
	Grup 2— Orta hassasiyet	
2	Başlangıç ısı oranı 0.4-0.8 C/saat	+ 2
	Grup 3— Yüksek hassasiyet	
3	Başlangıç ısı oranı 0.4-1.5 C/saat	+ 4
	Grup 4— Çok yüksek hassasiyet	
2.	Başlangıç ısı oranı > 1.5 C/saat	+ 8
	Kömürün Derecesi	
3	Parça + 1	0 - + 7
	Standartsız 4- 7, v.s.	
3	Kül miktarı	
	Kömürün kül miktarı, A ^a %	
	A ^a < 20	0
	A ^a = 21 - 30	- 1
4	A ^a > 30	- 2
	Çevre	
5	Kapalı	0
	Açık	+ 2
5	Yığın metodu	+ 8 ——— 25
	Standartsız yığının örtülmesi	4 8
6	Yan yana stokların örtülmesi	- 25
	Yığındaki kömürün kütlesi	0 - 4 - 10
7	Küçük yığın — 50 — 500 t	0
	Orta yığın — 500 - 5000 t	4 5
	Büyük yığın — > 5000 t	+ 10
	Yığın yüksekliği h (m)	- 5 - 4 - 8
8	h < 1	- 5
	h = 1-2	4 2
	h = 2-4	4 4
	h = 4-10	4 6
	h = > 10	4 8
8	Kömür yığını içine hava akımı sağlayacak aletlerin mevcudiyeti	
	Alet yok	0
	Taşıyıcı yapı, konveyör parçaları, v.s.	4 3
9	Toprak seviyesi altında oluklar	4 6
	Depolama periyodu (gün)	4-10 ——— 1
	Kısa dönem < 10	- 10
	Orta dönem = 11 — 60	4 5
10	Uzun dönem > 60	4 7
	Monitör Metodu	4 5 ——— 10
11	Yok	4 5
	Düzenli olarak gözle gözlemlene	- 3
	Düzenli sıcaklık ölçme	- 10
	Yığından alınan gazın ölçülmesi	- 5
	Nem ve Rutubet	0
11	Kuru şartlar, normal sıcaklık	0
	Kuru şartlar, yüksek sıcaklık	4- 1
	Rutubetli şartlar, normal sıcaklık	4- 2
	Rutubetli şartlar, yüksek sıcaklık	4- 5
	Stoklama sırasında yağmur	
	— Normal sıcaklık	4- 3
	— Yüksek sıcaklık	4- 8

paktlik bir bulldozer tarafından veya özel bir makina ile sağlanabilir. Stok yerinden kömür alınırken en eski stoklardan başlamalı ve sıkı bir kontrol altında bu işlem yürütülmelidir.

B— Monitor:

Sıcaklık ve gaz analizlerinin düzenli olarak monitörü gerekir.

a) Sıcaklık ölçmeleri - Sıcaklık ölçen cihazlar kömür stoklarını kontrol için çok faydalıdır. Bir tüp yığın içine sokulur ve sıcaklık düzenli olarak ölçülür. 180°F (82°C) veya daha yukarı keskin bir tehlikeyi belli eder.

b) Gaz örnekleri - Kömür yığınları içinden düzenli numuneler alınması gerekir ve kimyasal analiz sonucu karbon monoksit ile oksijen bulunur. Kapalı depolar için özel karbonmonoksit cihazları kullanılır.

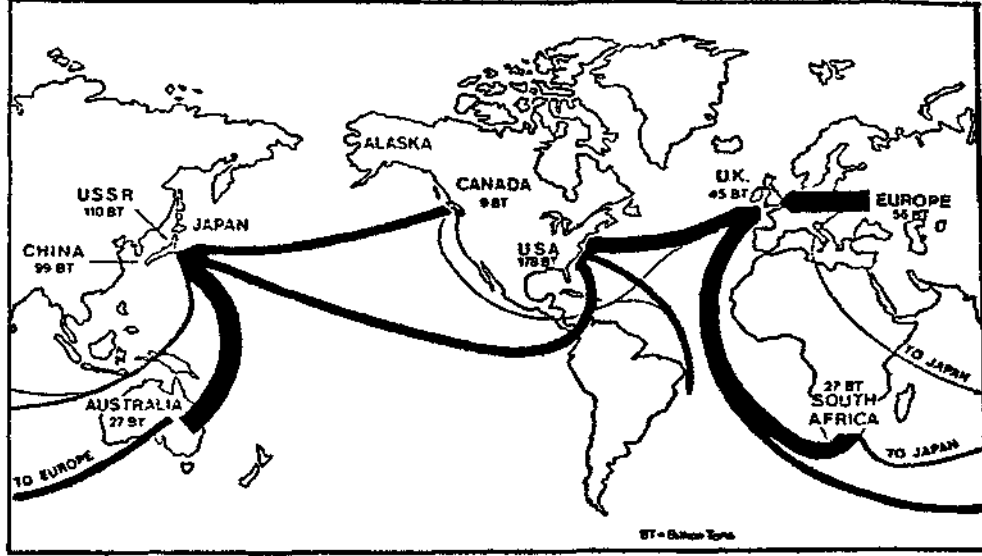
C- Stoklarda önlemler:

Geçmişte, kömür stoklarında kendiliğinden yanma riskini önlemek için başarılı bir şekilde şu metodlar kullanılmıştır:

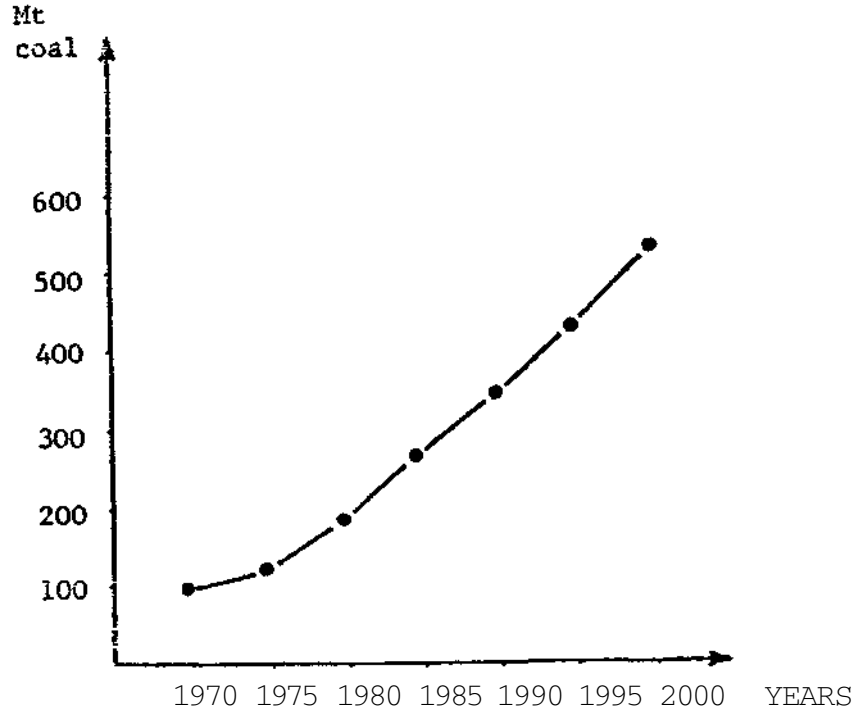
- özellikle kapalı silolarda inert gaz (tesibiz) ile muamele etmek için egzost gazları injekte edilir. Özellikle rutubetli ve yüksek sıcaklıkta kısa dönem stoklar için önemlidir.
- Kömür depolandıktan sonra soğuk hava ile havalandırılır. Bu yöntem 30 m yükseklikteki silolarda kullanılmakta.
- Su fisketesi ile soğutarak belli bir dereceye kadar sıcak havalarda kendiliğinden yanma riski azaltılır.
- Kimyasal maddelerin spreyi ile açık stokların yüzeyleri kaplanır, özellikle yavaş hareket eden stoklarda etkilidir.
- Eğer bir stok veya gemideki kömür yükü kısmen su içine batırılır ise; suyun buhar basıncı, havanın, kömür yüzeyine yaklaşmasını önler ve kendiliğinden ısınma tehlikesini azaltır. (Majumdar, 1979)

4. KÖMÜRÜN DENİZ NAKLİYATI

Son 10 sene içinde deniz nakliyatındaki kömür miktarı iki misli arttı. Şekil 6, kömür ticareti için ana deniz yollarını ve şekil 7, kömür ticaretindeki artışı göstermektedir.



Şekil 6. Ana deniz nakliyatım gösteren yollar.



Şekil 7. Dünya kömür ticareti (Mt), 2000 yılına kadar tahmin edilmiş. (World Coal' dan derlenmiş)

Kömürün deniz nakliyatında en önemli tehlike kendiliğinden yanma, gaz patlamaları ve ince kömürün sıvı hale gelmesidir. Kendiliğinden yanma tehlikesi şu önlemler alındığında minimuma indirilebilir:

- Kömürün ilk durumunu inceleme - Kömür yükleme sırasında 180°F'ın altında olmalıdır. 180°F'ın üzerinde kömür çabucak 300°F'ta okside olur. Yüksek sıcaklıkta kömür-oksijen kompleksleri meydana gelir ve daha fazla oksitlenme kömürü yaklaşık 450°F'ta tutuşturur. Kendiliğinden yanma kömür 170°F'ta eridikten - 3 gün sonra meydana gelir. Bu yüzden kömür sıcaklığı 180°F'ta erişmeden gerekli önlemler alınmalıdır.
- Yüksek kalite kömür ile çalışmak - kendiliğinden yanma riski kömürün tabii hassasiyeti ile orantılıdır. Kömür yüklenmeden önce iyi bir seçim yapılmalıdır. Yüklemeden önce kömürün stok yapıldığı yerlerde Risk, ocağın yeni kazılmış kömüre nazaran daha yüksektir.
- Sıcaklığın Monitörü - Yüklemeden önce ve sonra ve nakliyat sırasında erken teşhis ve önlemler için sıcaklık ölçümleri yapılması gerekir.
- Kömür kargosunun kontrollü bir havalandırılması düzenlenmelidir. Fakat bu düzen oksidasyonu artırıcı yönde alınmalıdır.
- Mümkün olduğu kadar kömür açık olarak nakledilmeli ve kömür seviyesi depo ağzından daha yüksek olmamalıdır.

Yağ nakliyatında kullanılan çok büyük taşıyıcıların kullanılması gaz jeneratörlerinin gelişmesine neden oldu.

Gaz jeneratörleri 300 m³/dak nitrojen üretebilirler ve böylece gemi ambarlarında inert bir atmosfer meydana gelir. Bu sistem kömürün gemide taşınması sırasında meydana gelen yangınlara karşı kullanılır.

4. KÖMÜRÜN KENDİLİĞİNDEN YANMASINA KARŞI NİTROJEN KULLANILMASI

Son on sene içinde kömür ocaklarında sıvı nitrojenin kendiliğinden yanmaya karşı kullanılmasında önemli gelişmeler oldu, özellikle Batı Almanya, Fransa ve İngiltere'de.

(Bak: Both 1981, Kugler and Schewe 1975, Benech 1977), Yangının kontrol edilmesinde ana mekanizma yangının yerine ve inert gazın kullanılmasına göre değişir. Genel olarak nitrojen yangını geciktirilir iken şu şekilde hareket eder.

- Patlayıcı olan hava-gaz karışımını patlayıcı olmayan şekle dönüştürür.
- Ortamdaki oksijen miktarını azaltır böylece yangın söner.
- Yangın yerini tabaka sıcaklığına soğutur. İngiltere'de 1980'den bu yana kendiliğinden yanmayı kontrol için sıvı nitrojenin kullanılması şu şekilde gelişti:

1-3.5 M sterlin değerinde ayak teçhizatını kurtarmak için, bir dönümlü ayağın söküm işlemleri sırasında yeryüzünden delinen bir sondaj deliğinden nitrojen injekte edilerek kendiliğinden ısınma kontrol edilmiştir.

2- Yürüyen tahkimatsız ilerletimli bir ayakta kendiliğinden yanmayı kontrol ve ayak teçhizatını kurtarmak için göçük içine nitrojen injekte edilmiştir.

3- İlerletimli bir ayakta göçükteki aktif bir ısınma kontrol edilmiştir.

4- Ayak teçhizatını kurtarma işlemleri sırasında dönümlü bir ayağın göçüğüne nitrojen injekte edilerek kendiliğinden yanma önlenmiştir.

Çizelge 7, Batı Almanya, Fransa ve İngiltere'deki kömür ocaklarında kendiliğinden yanmayı kontrol etmek için sıvı nitrojenin kullanılmasının özetini göstermektedir.

Çizelge 7— Sıvı Nitrojen Kullanarak Yangında Mücadele

	İngiltere	Fransa	Batı Almanya
Olay sayısı:			
— Kızılaşma	6	4	32
— Açık yangınlar	-	-	6
— Gaz yangınları	-	-	3
— önlenen patlama	-	-	6
Toplam	6	4	47
Boru uzunluğu m	2738-600	—	1680 - 5300
İnjesiyon süresi (gün)	60-150	6-60	3-338
Boru çapı (mm)	32-100	60	50 - 500
Başlangıç basıncı MPa	0.5-3.5	-	0.5 - 1.5
Max.debi N ₂ (m ³ /dak)	100	10	500
Min debi N ₂ m ³ /dak	2.5	1.5	5
Her olayda harcanan N ₂ (m ³)	750000-3.5x10 ⁵	20000-100000	85x10 ³ -29x10 ⁶
Yeryüzündeki N ₂ Maliyeti			
Sterlin/m ³ gaz N ₂	0.159-0,41	-	0,125

Diğer inert gazlardan farklı olarak sıvı nitrojenin yangınla mücadelede birçok avantajı vardır. Sıvı nitrojen konvensiyonel olarak bir madende tankerler içinde elde edilebilir ve 300 m³/dakika serbest nitrojen kapasitesinde bir vaporizatör (püskürtücü) tarafından buharlaştırılabilir. Daha fazla nitrojen gerektiği yerlerde iki veya daha fazla tanker paralel çalıştırılabilir. Böylece soğuk ve emniyetli bir şekilde inert gaz elde edilir.

Sıvı nitrojenin yangın söndürücü olarak kullanılması iyi bir planlama gerektirir. Kendi kendine enerji temin eden vaporizatörler her ocakta hazır olarak temin edilmelidir. Portatif nitrojen vaporizatör tesisi için yer seçilmeli ve önceden hazırlanmalıdır. Tesisten çalışan panoya boru hattı kurulmalı uygun hortumlar ve bağlantılar ile basınç sıcaklık, debi monitor aletleri ve kayıt cihazları temin edilmelidir. Yangını kontrol için gerekli nitrojen miktarı kapatılan yeraltı ponosunun alanına, yangının yerine havalandırma hızına, boru hattının uzunluk ve çapına göre değişir, aktif bir kendiliğinden yanma olayına karşı nitrojen kullanıldığı zaman, uzun süre nitrojen injeksiyonu gerekebilir. Gerektiğinden daha az nitrojen injekte edildiği zaman yangının yeniden canlanma tehlikesi vardır.

6. SONUÇ

Kendiliğinden yanmaya müsait kömür damarlarında madencilik çalışmalarını planlamak için pratik bir yaklaşım kömürü kendiliğinden yanma hassasiyetine göre sınıflandırmadır. Hazırlıkları, üretim, nakliyat ve depolama sırasında yüksek riskli damarlarda özel önlemler alınır. Adiyabatik oksidasyon testlerine göre kömürün kendiliğinden yanma riski için bir tahmin metodu anlatıldı. Bu sistem sınıflandırma ile kömürün kendiliğinden kızışmasını belirlemek için çok pratik bir yol sunulmuş ve böylece kendiliğinden yanmayı önlemek için önceden önlem alınması mümkün hale gelmiştir.

KAYNAKLAR

1. ATKINSON T., Assessment of spontaneous combustion risk potential Private communication, (1983).
2. BYSTRON and URBANSKI, A method of assessing fire risk in coal stocks. Wiadomosci, Gornicze, 26. pp. 73-77 (1975).
3. BANERJEE S.C. and SINGH B., Recent advances in mine fire research in India. 20 th Int. Conf. on safety in mines research, October 1983, Sheffield.
4. BERRY W.F. and GOSCINKSI J.S., Hot coal; causes and remedies Bulk System International, October 1982.
5. BANERJEE **S.C.**, et al., Classification of coals with respect to their susceptibility to spontaneous combustion. Min. Geol. Met. Inst. India. Vol. 69, pp. 15-28 (1972).
6. BANERJEE S.C., A theoretical design to the determination of risk index of spontaneous fires in coal mines. Journal of Mines, Metals and Fuels, August 1982.
7. BENECH M., Measures to combat spontaneous heatings. Industrie Minerale, pp. 363-371. July 1977.
8. BOTH W. and MULLER R., Fighting mine fires with Nitrogen in the German coal industry. Glückauf 115, Nr. 19, pp. 944-949 (1979)
9. CARN R.W and VINCENT D., Current concepts in coal export terminal design. Part 1 Mining Engineering, June 1983; Part II Mining Engineering July 1983.
10. CERCHAR, Hydrogen Peroxide tests to establish the proneness of coal to spontaneous heating. NCB translating and interpreting Branch. M. 22235/SMT.
11. FENG K.K., et al., Spontaneous combustion -a coal mining hazard. CIM Bulletin, pp. 73-84, October 1973.
12. HARRIS L., The use of Nitrogen to control spontaneous combustion heatings. The Mining Engineer, June 1981.
13. HIGHTON W. and COOPER J.M., Spontaneous combustion: its early detection and the latest means of combating it in the western area. The Mining Engineer, July 1982.
14. KUGLER U. and SCHEWE A., Control of a mine fire at Osterfeld Colliery by means of Nitrogen. 16 th Int. Conf. on safety in mines research. Washington D.C. 1975.

15. MAZUMDAR B.K., Systems, structure and behaviour of coal. First Coal Scientist Award Lecture, New Delhi, 1979.
16. NANDY D.K., et al.. Application of crossing point temperature for determining the spontaneous heating characteristics of coal. Journal of Mines, Metals and Fuels, February 1972.
17. RUIJGROK J.P.J., Netherlands research into coal self-heating Bulk Systems International, October 1982.
18. Specialized Committee on Mine Ventilation, The assessment of environmental hazards in high-productivity mining. The Mining Engineer, September 1971.
19. SCOTT C. and SPROSON J.C., The safe shipment of coal. The Mining Engineer, March 1982.
20. WASTELL E.R. and WALKER G., The use of Nitrogen at Fryston Colliery. The Mining Engineer, July 1983.
21. Storage Silo designed for loading, unloading, blending. World Coal, February 1983.

