

T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TKİ KONYA-ILGIN KÖMÜR AÇIK İŞLETMESİNDE
OCAK YANGINLARI RİSKİNİN İNCELENMESİ

MUSTAFA GÜNDOĞAR

Temmuz 2016

T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TKİ KONYA-ILGIN KÖMÜR AÇIK İŞLETMESİNDE
OCAK YANGINLARI RİSKİNİN İNCELENMESİ

Mustafa GÜNDOĞAR

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Yrd. Doç. Dr. M. Suat DELİBALTA

Temmuz 2016

Mustafa GÜNDOĞAR tarafından Yrd.Doç.Dr. M. Suat DELİBALTA danışmanlığında hazırlanan “TKİ Konya-İlgın Kömür Açık İşletmesinde Ocak Yangınları Riskinin İncelenmesi” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Yrd.Doç.Dr. M. Suat DELİBALTA, Niğde Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Müh. ABD, Niğde.



Üye : Prof.Dr. Ahmet M. KILIÇ, Çukurova Üniversitesi Müh.-Mim. Fakültesi Maden Müh. ABD, Adana.



Üye : Doç.Dr. Ümit ATICI, Niğde Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Müh. ABD, Niğde.



ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından 01/07/2016 tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu’nun/...../20.... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../20...

Doç. Dr. Murat BARUT
MÜDÜR

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atf yapıldığını bildiririm.



Mustafa GÜNDOĞAR

ÖZET

TKİ KONYA-ILGIN KÖMÜR AÇIK İŞLETMESİNDE OCAK YANGINLARI RİSKİNİN İNCELENMESİ

GÜNDOĞAR, Mustafa

Nigde Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman

:Yrd. Doç. Dr. M. Suat DELİBALTA

Temmuz 2016, 75 sayfa

Bu Yüksek Lisans Tez Çalışmasında, maden ocaklarında meydana gelen yangınlardan bahsedilmiştir. Özellikle, TKİ Konya-Ilgın Kömür Açık İşletmelerinde meydana gelebilecek ocak yangınları araştırılmıştır. İşletmede yapılan araştırmalara göre, dış kaynaklı ocak yangınlarına gerekli önlem ve tedbirlerin alındığı görülmüştür. İç kaynaklı yangınların ise stoklarda bekleyen kömürün oksidasyonu sonucu ekonomik ve ekolojik olarak kayıplara sebep olabileceği tespit edilmiştir. Bülent Ecevit Üniversitesinde yapılan kendiliğinden yanma deney sonuçlarına göre Ilgın Linyit İşletmesinden alınan 5 farklı üretim yerinden alınan numunenin kesişim noktası deneyleri çok fazla bir değişkenlik göstermemiş olup, genelde tutuşma sıcaklığı 194-234 °C arasında değiştiği belirlenmiştir. Ortalama sıcaklık artışlarının da düşük olduğu tespit edilmiştir. Buna göre: yangına yakınlık indeksleri 2,73-3,73 arasında, risk indeksinin ise “düşük” olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca; işletmenin 5 farklı yerinden alınan kömür numunelerinin TGA/DTA analizleri, Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (TUAM) yapılmış olup, deney sonuçlarına göre linyitin kendiliğinden yanmaya aktifliği belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Ocak yangınları, Ilgın, kömür oksidasyonu, önleyici tedbirler, ekonomi, ekoloji

SUMMARY

INVESTIGATION MINE FIRE RISK IN TKI KONYA-ILGIN OPEN PIT COAL MINING

GÜNDOĞAR, Mustafa

Nigde University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mining Engineering

Supervisor : Assistant.Professor. Dr. M.Suat DELİBALTA

July 2016, 75 pages

This graduate study mentioned fire occurred in the mine. TKI Konya-Ilgin may occur in open pit coal mine fires were investigated. The external mine fires were observed during the activities carried out and measures taken necessary measures. The oxidation of coal waiting in the inner fires stock has examined the economic and ecological losses. Bulent Ecevit University made from the test results according to spontaneous combustion; Ilgin lignite 5 different samples taken from the intersection of experiments that show mines is a lot of variability, ignition temperature usually ranges between 194-234 °C. The average temperature rise was determined to be low. Because of the risk of susceptibility index index is between 2.73 to 3.73 "low" has emerged. Ilgin lignite mines in 5 different locations taken from the nude that they TGA/DTA analysis of Afyon Kocatepe University Technology Research and Application Center (TUAM) is determined lignite spontaneous combustion activity according to the results of tests carried out.

Keywords: Mine fires, Ilgin, coal oxidation, preventive measures, economy, ecology

ÖN SÖZ

Bu Yüksek Lisans Tez Çalışmasında, kömür ocaklarında meydana gelen yangınlardan bahsedilmiştir. TKİ Konya-Ilgın kömür açık işletmelerinde meydana gelebilecek ocak yangınları araştırılmıştır. İşletme faaliyetleri sırasında dış kaynaklı ocak yangınlarına gerekli önlem ve tedbirlerin alındığı görülmüştür. İç kaynaklı yangınlar ise stoklarda bekleyen kömürün oksidasyonu sonucu ekonomik ve ekolojik olarak kayıplara sebep olabilmektedir.

Bülent Ecevit Üniversitesi (BEÜ), Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümüne ait Kendiliğinden Yanma Laboratuvarında, Ilgın Linyit İşletmesinden alınan 5 farklı kömür numunelerin kendiliğinden yanma durumu incelenmiş, incelenen kömür numunelerin Ilgın Linyit İşletmesinde basit ve güvenilir olacak yanma indeksinin saptanması amaçlanmıştır. Afyon Kocatepe Üniversitesi (AKÜ), Teknoloji-Uygulama ve Araştırma Merkezi (TUAM) de yapılan TGA/DTA deneyleri ile aynı sahadan alınan kömür numunelerin belirli bir sıcaklık artışına karşı göstermiş olduğu endotermik, ekzotermik tepkimeler ve sıcaklığa bağlı kütle kaybı incelenerek, kömürün kendiliğinden yanma aktifliği araştırılmıştır.

Yüksek lisans tez çalışmasının yürütülmesi esnasında, çalışmalarına yön veren, bilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Yrd.Doç. Dr. M. Suat DELİBALTA'ya en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, yüksek lisans tez çalışmam sırasında bana gerekli desteği ve kaynakları veren iş arkadaşlarım ve meslektaşlarıma şükran duygularımı belirtmek isterim.

Bu tezi sadece çalışmam boyunca değil, tüm öğrenimim boyunca maddi ve manevi olarak desteğini esirgemeyen rahmetli babam Ekrem GÜNDOĞAR'a, annem Saadet GÜNDOĞAR'a ve kardeşlerime ithaf ediyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
SUMMARY	v
ÖN SÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
BÖLÜM I GİRİŞ	1
BÖLÜM II ILGIN LİNYİT İŞLETMESİ.....	3
2.1. Tarihçesi.....	3
2.2. Coğrafi Konum	3
2.3. Sahanın Jeolojisi	5
2.3.1. Stratigrafi	5
2.3.2 Yapısal jeoloji.....	7
2.3.3. Hidrojeoloji.....	8
2.3.4. Kömürlü zonunun özellikleri.....	8
2.3.5. Ekonomik jeoloji	9
2.3.6. Bitki örtüsü	10
2.4. Açık İşletme Yöntemi.....	11
2.5. Üretilen Kömürün Stoğa Çekilmesi ve Kurutma Tesislerine Gönderimi.....	12
2.5.1. Asos kömür kurutma tesisi hakkında bilgi	12
2.5.2. Temkin makine kurutma tesisi hakkında bilgi	15
2.6. Stokların Durumu	16
2.7. Ilgın Linyit İşletmesinde Mevcut Çevresel Durum	17

2.7.1. Yüzeysel ve yeraltı suyu kaynakları	17
2.7.2. İçme ve kullanma suları	18
2.7.3. Atıksular	18
2.7.4. Katı ve tehlikeli atıklar	18
2.7.4.1. Kömür işletmelerinden kaynaklanan atık türleri	18
BÖLÜM III KÖMÜR AÇIK İŞLETMELERİNDE OCAK YANGILARI.....	19
3.1. Dış Kaynaklı Ocak Yangınları.....	19
3.1.1. Dış kaynaklı ocak yangınlarının kaynakları	19
3.1.2 Dış kaynaklı ocak yangınlarının önlenmesi	20
3.2. İç kaynaklı ocak yangınları.....	20
3.2.1. Kendiliğinden yanmayla ilgili teoriler.....	21
3.2.2. Kendiliğinden yanmayı etkileyen faktörler	23
3.3. Kendiliğinden Yanmanın Tespit Edilmesinde Kullanılan Yöntemler	27
3.3.1. Adiyabatik oksidasyon yöntemi	27
3.3.2. Tutuşma sıcaklığı yöntemi.....	28
3.3.3. İzotermal kalorimetre yöntemi	29
3.3.4. Olpinski yöntemi	30
3.3.5. Diferansiyel termal analiz (DTA) yöntemi.....	31
3.3.6. Termogravimetrik analiz (TGA) yöntemi	31
3.4. Türkiye’de Kendiliğinden Yanmayla İlgili Yapılan Çalışmalar	32
3.5.1. Fiziksel belirtiler.....	35
BÖLÜM IV YAPILAN DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	36
4.1. Elek Analizi Deneyi.....	36
4.2. Tutuşma Sıcaklığı Yöntemi Deneyi.....	37
4.2.1. Deney setinin tanıtılması	37
4.2. 2. Numunelerin Hazırlanışı	37
4.2.3. Deneyin yapılması	39

4.2.4. Deney sonuçlarının değerlendirilmesi	40
4.3. TGA/DTA Deneyleri	50
4.3.1. Deney Setinin Tanıtımı.....	50
4.3.2. Deneyin Yapılışı	51
4.3.3. Deney Sonuçları Değerlendirilmesi	51
BÖLÜM V AÇIK KÖMÜR OCAKLARINDA KENDİLİĞİNDEN YANMA İLE MÜCADELE	62
5.1. Üretim Sırasında Alınabilecek Önlemler.....	62
5.2. Açık Ocak İşletmelerinde Kömür Stoklanması Sırasında Alınabilecek Önlemler... 63	
5.2.1. Stoklamamanın kömürler üstündeki etkisi	64
5.2.2. Stoklama süreleri	65
5.3. Alınabilecek Kimyasal Önlemler.....	65
5.4. TKİ İlgin İşletmesinde Ocak Yangınları ve Ekonomik, Ekoloji Yönden Etkilenmesi	66
5.4.1. Ekonomik yönden etkilenmesi	66
5.4.2. Ekolojik yönden etkilenmesi	68
BÖLÜM VI SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME	69
6.1. Sonuçlar	69
6.2. Değerlendirme	70
KAYNAKLAR	72
ÖZGEÇMİŞ	75

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. TKİ tarafından yapılan ve ruhsat sahası içerisinde kalan 26 adet sondaj değerleri	10
Çizelge 2.2. Asos kurutma tesisinden çıkan kömürün analiz değerleri	14
Çizelge 2.3. Temkin Kurutma tesisinin bir numaralı tamburdan çıkan kömür analizi değerleri	15
Çizelge 2.4. Temkin kurutma tesisinin iki numaralı tamburundan çıkan kömürün analizi değerleri	16
Çizelge 2.5 . Ilgın Linyit İşletmesinde yıllara göre üretim, satış ve stok bilgileri.....	16
Çizelge 2.6. 2015 Yılı sonun stokda kalan kömür miktarlar	17
Çizelge 3.1. Çeşitli parametrelerin kömür oksidasyonu oranına üzerine etkisi.....	22
Çizelge 3.2. Kendiliğinden yanmaya etki eden faktörler.....	23
Çizelge 3.3. Adiyabatik oksidasyon yöntemine göre kendiliğinden yanma risk sınıflaması	28
Çizelge 3.4. Tutuşma sıcaklığı yöntemine göre yanma riski sınıflaması	29
Çizelge 3.5. Türkiye’de kendiliğinden yanma ile ilgili yapılan çalışmalar	33
Çizelge 4.1. Ilgın İşletmesinin stoğundan alınan iyi kalitede kömürün elek analizi	36
Çizelge 4.2. Birinci üretim yeri orta tabaka kömürü deney sonucu	41
Çizelge 4.3. Birinci üretim yeri orta tabaka kömürü elde edilen değerler	42
Çizelge 4.4. Birinci üretim yeri taban kömürünü deney sonuçları	42
Çizelge 4.5. Birinci üretim yeri taban kömürü elde edilen değerler	44
Çizelge 4.6. İkinci üretim yeri orta tabaka deney sonuçları	44
Çizelge 4.7. İkinci üretim yeri orta tabaka elde edilen değerler	46
Çizelge 4.8. İkinci üretim yeri taban kömürü deney sonuçları	46
Çizelge 4.9. İkinci üretim yeri taban kömürü elde edilen değerler	47
Çizelge 4.10. Silodan alınmış numunenin deney sonuçları	48
Çizelge 4.11. Silodan alınmış numunenin elde edilen değerleri.....	49
Çizelge 4.12. Tüm numunelerin deney sonuçları	49
Çizelge 4.13. Birinci üretim yeri orta tabaka kömür DTA deney sonuçları	52
Çizelge 4.14. Birinci üretim yeri orta tabaka TGA deney sonuçları	52
Çizelge 4.15. Birinci üretim yeri taban kömürü DTA deney sonuçları	53

Çizelge 4.16. Birinci üretim yeri taban kömürü TGA deney sonuçları	54
Çizelge 4.17. İkinci üretim yeri orta tabaka DTA deney sonucu	55
Çizelge 4.18. İkinci formasyon orta tabaka kömürü TGA deney sonucu.....	56
Çizelge 4.19. İkinci üretim yeri taban kömürü DTA deney sonuçları.....	57
Çizelge 4.20. İkinci üretim yeri taban kömürü TGA deney sonuçları.....	58
Çizelge 4.21. Silodan alınmış kömür numune DTA deney sonuçları	59
Çizelge 4.22. Silodan alınmış kömür numunenin TGA deney sonucu.....	60
Çizelge 5.1. 2008 yılında yapılmış olan TKİ Ilgın İşletmesinin stoğundaki kömürün analizi.....	67
Çizelge 5.2. 2013 yılında yapılmış olan TKİ Ilgın İşletmesinin stoğundaki kömürün analizi.....	67

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Ilgın Linyit İşletmesi yer bulduğu haritası	4
Şekil 2.2. Konya-Ilgın Kömür havzası'nın basitleştirilmiş Jeoloji haritası.....	5
Şekil 2.3. Konya-Ilgın Kömür Havzasının formasyonları, litolojisi ve stratigrafisi.....	7
Şekil 2.4. İşletmede yapılan kömür üretme işlemi.....	11
Şekil 2.5. Ilgın Linyit İşletmesi üretim akım şeması	12
Şekil 2.6. Ilgın Linyit İşletmesinde kurulan asos döner bantlı özel dizayn parça kömür kurutma tesisi	13
Şekil 2.7. Ilgın Linyit İşletmesinde kurulan asos döner bantlı özel dizayn parça kömür	14
Şekil 3.1. Adiyabatik yöntemde kendiliğinden yanma risk kategorileri.....	28
Şekil 3.2. Tutuşma sıcaklığı yönteminde sıcaklık artış eğrisi ve görelî tutuşma sıcaklığı	29
Şekil 3.3. PS (300 nm)/PPy kompozitinin TGA-DTA eğrisi	32
Şekil 4.1. Deney düzeneği görünüşü.	37
Şekil 4.2. Numune hazırlanırken kullanılan çeneli kırıcı	38
Şekil 4.3. Numune hazırlanırken kullanılan konik kırıcı.....	38
Şekil 4.4. Numune hazırlanırken kullanılan öğütücü	39
Şekil 4.5. Deneye başlamadan önce deney setinin görünümü	40
Şekil 4.6. Birinci üretim yeri orta tabaka kömürü tutuşabilirlik grafiği	42
Şekil 4.7. Birinci üretim yeri taban kömürünün tutuşabilirlik grafiği	43
Şekil 4.8. İkinci üretim yeri orta tabaka kömürü tutuşabilirlik grafiği	45
Şekil 4.9. İkinci üretim yeri taban kömürüne ait tutuşabilirlik grafiği	47
Şekil 4.10. Silodan alınmış numunenin tutuşabilirlik grafiği	49
Şekil 4.11. Netzsch marka TGA/DTA analiz cihazı.....	51
Şekil 4.12. Birinci üretim yeri orta tabaka TGA/DTA grafiği.....	53
Şekil 4.13. Birinci üretim yeri taban kömürü TGA/DTA deney grafiği.....	55
Şekil 4.14. İkinci üretim yeri orta tabak TGA/DTA deneyleri grafikleri.....	57
Şekil 4.15. İkinci üretim yeri taban kömürü TGA/DTA deney grafikleri	59
Şekil 4.16. Silodan alınmış kömür numunenin TGA/DTA grafiği.....	61

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Açıklama

BBN

Başabaş noktası

Sza

Olpinski yönteminde, zaman-sıcaklık eğrisininin 235 °C'deki ısınma hızı (eğim)

Szb

Olpinski yönteminde, kömürün kendiliğinden yanmaya yatkınlığı

Kısaltmalar

Açıklama

AKÜ

Afyon Kocatepe Üniversitesi

BEÜ

Bülent Ecevit Üniversitesi

DSC

Differential Scanning Calorimetry

DTA

Differential Thermal Analiz

ENH

Enerji Nakil Hattı

FCC

Feng, Chakrovary, Cochrane İndeksi

KOSKİ

Konya Su ve Kanalizasyon İdaresi

MTA

Maden Tetkik Arama

OSA

Ortalama Sıcaklık Artışı

RTS

Görelî Tutuşma Sıcaklığı

TEDAŞ

Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi

TGA

Termogravimetrik Analiz

TKİ

Türkiye Kömür İşletmeleri

TL

Türk Lirası

BÖLÜM I

GİRİŞ

Ocak yangınları kömür madenciliği faaliyetleri sırasında gerek dış kaynaklı gerekse iç kaynaklı yangınlar olarak ortaya çıkmakta; üretim faaliyetlerinin aksamasına, enerji kaynağı olan kömürün yangın sebebi ile kaybına ve bunun sonucunda ekonomik ve ekolojik olarak büyük olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Ocak yangınları sonucunda oluşabilecek problemler, ayrıca işçi sağlığı ve iş güvenliği açısından da önemli bir sorun oluşturmaktadır. Genel olarak bakıldığında ocak yangınları en büyük tehlikeleri yeraltı ocaklarında gösterse de açık işletmelerde de gerekli önlemler ve tedbirler alınmadığı ve kişisel hatalar ile birleştiği zaman da tehlikeli olabilmektedir. Ocak yangınları tehlikesi açık işletmelerde kullanılan araçların, bant sistemlerinin, kullanılan yağ atıkların, benzeri makine ekipmanların sürtünme, alev alma sebeplerinden dolayı olabileceği gibi kömürün oksitlenmesi sonucu açığa çıkan ısı reaksiyonu ile de meydana gelebilmektedir. Dış kaynaklı yangınlara tedbir olarak hızlı müdahale etmek için işyerinde yangın söndürücü gibi gerekli ekipmanların bulundurulması gerekmektedir.

Kömür oksijen ile temas ettiğinde normal atmosferik koşullar ve düşük sıcaklıkta da olsa oksijen adsorpsiyonu (soğurma) gerçekleşmekte oksitlenme sonucunda karbonmonoksit (CO) ve karbondioksit (CO₂) gazları ile ısı açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan ısının havalandırma ile atılamaması ve ısı üretim hızının havalandırma soğutma hızından yüksek olması durumunda, sıcaklık artacak ve oksitlenme hızlanacaktır. Bu olay ortamda sıcaklığın kömürün yanma ısısına ulaşmasına kadar sürecek ve açık alev ile yanma şeklinde sonuçlanacaktır. Kömürün yavaş oksitlenme ile kendiliğinden ısınması ve ısı birikimi ile de yanmaya kadar gidebilmesi madencilikte “kendiliğinden yanma” olarak adlandırılmaktadır (Kaymakçı, 1998).

Kömürün kendiliğinden yanması olayı kömür ve oksijenin bulunduğu her ortamda gerçekleşebilecek bir reaksiyon olmasından dolayı sadece yeraltı madenciliği ile sınırlı kalmamaktadır. Yeraltı madenciliğinin dışında açık kömür işletme madenciliğinde de kömür silolarında, uzun mesafeli nakliye işlemlerinde ve hatta apartman daireleri gibi açık yığınların bulunduğu ortamlarda dahi kendiliğinden yanma olayı ile karşılaşmak mümkün olmaktadır (Saraç, 1992).

Kendiliğinden yanma ve buna bağı olarak ortaya çıkan ocak yangınları, Ilgın Linyit İşletmesinde bir sorun olarak karşımıza çıkmakta ve stoğa çekilen kömürlerin yanma sonucu rezerv kayıplarına sebep olabilmektedir. Ilgın Linyit İşletmesinde 2013 yılından beri müteahhit marifetiyle üretim ve dekapaj faaliyetleri yapılmakta ve yıllık ortalama 600.000 ton kömür üretim ve satışı yapılmaktadır. İlgili ruhsatlı sahada basamak metodu uygulanmakta, açık işletme yöntemi ile üretim yapılmaktadır. Jeolojik formasyonların orta sert olması dolayısıyla işletme sırasında patlayıcı madde kullanılmamakta, kömür üstündeki örtü (dekapaj) ekskavatörler ile kazılıp yüklenerek üzeri açılan kömür de müteahhit marifeti ile stok sahasına nakledilerek, serilerek stok yapılmaktadır. Piyasa talebi yaz ve bahar aylarında yükselmekte ve bundan dolayı kömür üretim faaliyeti bu aylarda hızlanarak piyasa talebini karşılama sağlanmaktadır.

BÖLÜM II

ILGIN LİNYİT İŞLETMESİ

2.1. Tarihçesi

Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (TKİ) Yönetim Kurulunun 28.11.1978 tarih ve 1976 sayılı kararı ile Beyşehir Linyitleri İşletmesi kurulmuştur. 2172 sayılı madenlerin devletleştirilmesi ile ilgili kanunun yürürlüğe girmesiyle Ilgın ve Ermenek'teki sahalar da devralınmış ve Yönetim Kurulunun 11.10.1983 tarih ve 2892/1335 sayılı kararı ile "S.S. Konya Linyitleri İşletmesi Müessesesi" kurulmuştur. Müessese; Ilgın, Ermenek ve Beyşehir Bölgelerinde teşkilatlanarak 31.12.1989 tarihine kadar faaliyetlerini devam ettirmiştir.

TKİ Yönetim Kurulu 08.12.1989 tarih ve 3316 sayılı kararı ile Müessesenin 31.12.1989 tarihi itibarıyla kapatılarak tüzel kişiliğinin sona erdirilmesine, doğrudan teşebbüse bağlı işletme olarak "ILGIN LİNYİTLERİ İŞLETMESİ MÜDÜRLÜĞÜ"nin kurulmasına karar vermiştir (TKİ, 2009).

İşletme, TKİ Yönetim Kurulunun 01.04.2004 tarihinden geçerli olmak üzere aldığı karar gereğince Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesine bağlı "İŞLETME MÜDÜRLÜĞÜ" olarak faaliyetlerine devam etmekte iken, 14.02.2013 tarihinde TKİ ile Yeni Çeltik Kömür ve Madencilik A.Ş. tarafından imzalanan Rödövens sözleşmesi ile İR-71666 no'lu ruhsat sahasının işletmesi devredilmiştir. TKİ İşletme Müdürlüğü bu durumdan ötürü Kontrol Müdürlüğüne dönmüştür. Yeni Çeltik Kömür ve Madencilik A.Ş. 06.03.2013 tarihi sözleşme ile alt taşeronu olan "Düzgün İş Makinaları İnşaat Madencilik Sanayi ve Ticaret A.Ş." marifeti ile kömür üretimi ve dekapaj işlerini yapmaktadır.

2.2. Coğrafi Konum

İşletme Ilgın ilçe merkezinde olup, Konya-Afyon karayolu (D-300) üzerinde, Konya'nın kuzeybatısında ve 87 km mesafededir. Ocak sahası ise Ilgın'nın kuzeyinde 22 km mesafede bulunmakta olup ulaşım bu yoldan sağlanmaktadır. Ilgın ilçesi çevre

ilçelere (Akşehir 45 km, Doğanhisar 49 km, Kadınhanı 25 km) ve illere (Konya 87 km, Afyon 130 km) asfalt yol ile bağlıdır. İlgin ocak yolu asfalt olup, ulaşımına sürekli açıktır.

Konya-Afyon-İstanbul demiryolu ilçeden geçmekte, ocağa 9 km mesafede bulunan Çavuşçugöl mevkiinde bir istasyon bulunmaktadır. Şekil 2.1’de İlgin Linyit İşletmesi yer bulduğu haritası verilmiştir.



Şekil 2.1. İlgin Linyit İşletmesi yer bulduğu haritası

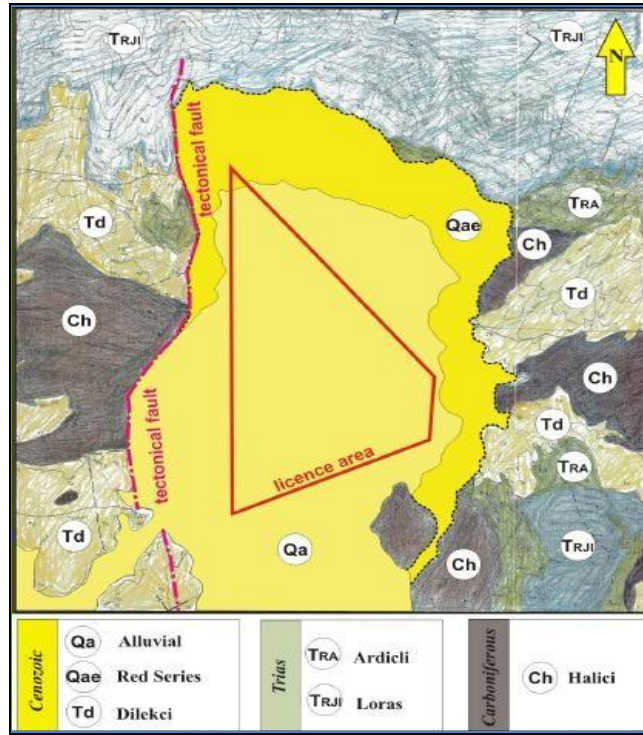
Kömür sahası Çavuşçugölü’nün kurumuş olan kuzey kısmının altında yer almaktadır. Denizden yüksekliği 1020 m olan göl tabanı eski bir çöküntü havzasını temsil etmekte olup doğu, kuzey ve batıda yaşlı formasyonların oluşturduğu yükseltilerle, güneyde ise bir setle ayrılan Çavuşçugölü ile sınırlanır (Dautov, 2012). Çalışılan saha genellikle engebeli değildir.

Sahanın kullanma ve içme suyu ihtiyacı Konya Büyükşehir Belediyesi KOSKİ’ye ait şebeke suyundan karşılanmaktadır. İR-71666 ruhsat no’lu linyit sahamızda TEDAŞ’a bağlı bölgesel elektrik dağıtım şirketi olan Meram Elektrik Dağıtım A.Ş. bölgesinde serbest tüketici kapsamında AVEM elektrik enerjisi toptan satış Ltd. Şti. firmasından karşılanmaktadır. TEDAŞ’a ait 32,5 KV İlgin Argıthanı Branşmanı-Çavuşçugöl ENH ve Çavuşçugöl 3-0 AW/G giriş hattından branşman köyler swallow ENH’ları geçmektedir.

Bu ENH'ları sahamız içinden geçmekte olduğundan TEDAŞ ile TKİ Ilgın Kontrol Müdürlüğü arasında yapılan protokol çerçevesinde TEDAŞ'ın belirlediği uygun bir güzergah deplasmanı (ötelemesi) 2005 yılında yapılmıştır.

2.3. Sahanın Jeolojisi

Jeolojik bakış açısından bakıldığında, incelenmekte olan alan, Alpine orijines parçası olarak Tersiyer zamanında oluşan çöküntülü havza olarak sınıflandırılabilir. Havza kuzeyden güneye doğru uzanan ve Trias ve Karbonifer sert kayalarla sınırlanmıştır. (Dautov,2012), Sahanın basitleştirilmiş jeolojik haritası Şekil 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.2. Konya-Ilgın Kömür havzası'nın basitleştirilmiş Jeoloji haritası (Dautov, 2012).

2.3.1. Stratigrafi

Neojen öncesi kayalar

Plaeozoyik yaşlı şist ve kuarsitler ile Mesozoyik yaşlı (muhtemel Jura-Kretase) kireçtaşları kömür oluşumu baseninin temelini oluşturan kayalardır.

Bu kayaçlar, ruhsat sahası batı kısmında yüzeylemekle beraber temel paleotopografyasını tespiti için Ç-3, Ç-10, Ç-11 nolu sondajlarda, kristalize kireçtaşına kadar; Ç-4, Ç-5, Ç-9 nolu sondajlarda ise temele yakın birim olan taban konglemerasına kadar ilerleme yapılmıştır (TKİ, 2015).

Neojen kayaçları

Neojen kayaçları pliyosen yaşlı çökellerle temsil edilir.

Taban Çakıltaşları ve Kil Ardalanması (plçt)

Taban çakıltaşları; temeldeki şist, kuvarsit ve kalsit damarlı kristalize kireçtaşı çakıllarının çimentolanmasıyla oluşur. Yer yer silisleşme görülür. Genellikle sıkı çimentoludurlar. Serinin üst seviyeleri daha ufak çakıllı olup, kumtaşlarına ve killi kumtaşlarına geçiş gösterirler. Daha sonra ise altere olmuş, ufalanmış şist parçalarının taşınmasıyla meydana gelmiş mavi-gri renkli plastik killere geçerler. Bu killer kömürün tabanını oluşturur. Bu birimin kalınlığı 15-30 metre arasında değişmektedir.

Kömür Horizonu

Linyit horizonu linyitli kil-killilinyit-kil-linyit ardalanması şeklindedir.

Killi Kireçtaşı-Kil Ardalanması (Plk)

Linyit horizonu üzerine kalınlığı 14-24 metre arasında değişen Ç-5, Ç-6, Ç-8 nolu sondajlarda görülen killi kireçtaşı ve kil ardalanması gelmektedir.

Kırmızı Renkli Çakıllı Kumlu Siltli kKil (PL)

Pliyosen birimlerinin üst bölümünü çakıllı, kumlu, siltli kil karmaşığı oluşturur. Bu birim yanal ve düşey yönde birbirine geçiş gösterir. Sondajlarda belirlenen kalınlığı 3-175 m arasında değişmektedir (TKİ, 2015), Şekil 2.3'te Konya-Ilgın Kömür havzasının formasyonları, litolojisi ve stratigrafisi verilmiştir.

Yaş	Jeolojik Profil	Litoloji
Quaternary	Alüvyon	Kil, Çamur
	Kırmızı Seri	Kil Kum Çakıl
Tertiary	Dilekci	Yıpranmış Kireçtaşı
		Kireçtaş
		Marn
		Linyit
		Kil
Trias	Loras	Dolomit Kireçtaşı
	Ardicli	Kireçtaş Kumtaş
Carbo-niferous	Halici	Grovak Şist

Şekil 2.3. Konya-Ilgın Kömür Havzasının formasyonları, litolojisi ve stratigrafisi (Dautov, 2016)

2.3.2 Yapısal jeoloji

Kömür tabaka eğimleri görünür rezerv alanının güney kesiminde 13° doğu eğim yönlü, kuzey kesiminde ise 3° kuzeydoğu-güneydoğu eğim yönlüdür.

Kömürleşme baseninde önemli bir faylanma bulunmamaktadır. Ancak Ç-17, Ç-12, Ç-7, Ç-21, Ç-26 sondajlar istikametinde doğrultusu bulunan sondaj kömür giriş kot

değerlendirmesiyle tespit edilen ve kömür oluşumu sırasında meydana gelmiş pliyosen yaşlı genç gömülü fay aynı zamanda kömür oluşumunun yayılımını sınırlamakta, aynı zamanda görünür-muhtemel rezerv sınırını oluşturmaktadır (TKİ, 2015).

2.3.3. Hidrojeoloji

Ç-21, Ç-22, Ç-23, Ç-24, Ç-25, Ç-26 nolu sondajlarda gözlemlenen formasyonların su depolayabilme özelliklerinin (rezervuar kayaç) yüksek olması nedeniyle demiryolu doğusundaki görünür rezervli alanda işletme faaliyetleri sırasında hidrojeolojik problemler açısından potansiyel risk mevcuttur.

Faaliyet alanına en yakın sulak alan Çavuşçugöl'dür. Çavuşçugöl'ün faaliyet alanına mesafesi 2500 m'dir. Faaliyetten direkt olarak etkilenmemektedir. Çavuşçugöl, 51 km² alana sahip, etrafı sazlık bataklıklarla kaplı tektonik bir tatlı su gölüdür. Doğanhisar Çayı, Çiğil Deresi ve Bulcuk Çayı ile beslenir. Deniz seviyesinden yüksekliği 1019 m, derinliği 2-10 m'dir. Batısında "Açık Ilıca" adı verilen sıcak su kaynağı vardır. Güneydoğusundaki Yorazlar çeşmesi, halk tarafından şifalı su olarak bilinir. Kışın kar ve yağmur suları ile dolan göl alanı, yaz mevsiminde Atlantı ve Ilgın ovalarını suladığından göl suları çekildiği arazilerde vatandaşlar tahıl ürünleri ekmektedir.

2.3.4. Kömürlü zonunun özellikleri

Rezerv alanı içinde işletilebilir tüvenan kömür kalınlığı 0,60-21,55m arasında değişmektedir.

Kömür oluşumu esnasında havzaya materyal gelişi dolayısıyla ortamın hareketliliğine bağlı olarak zonda ve kömür içindeki ara kesmelerde kalınlaşmalar meydana gelmiştir.

Nitekim rezerv alanının kuzeybatı ve kuzeydoğu kesimlerinde çökme ortamının hareketliliğine bağlı olarak kömür zonundaki ara kesmelerde kalınlaşma ve ardalanmalar meydana gelmiştir.

Diğer taraftan sondaj çalışmalarında kömür karot numunelerinin gözlemsel incelenmesi ve laboratuvar analiz (kalori, kül, kükürt) neticelerinin değerlendirilmesi sonucunda kömür zonunda renk ve kükürt değerleri bakımından iki farklı kısım tespit edilmiştir.

Kömür zonunun üst kısmında görünür rezerv alanında işletilebilir net kömür kalınlığı: 1,58-11,88m, kalorisi 2200-3500 AID, yanıcı kükürt 4-7,5 arasında değişen ve kül ergime sıcaklığı 1322 °C olan gri-açık yeşil renkli linyit mevcuttur.

Kömür zonunun gri-açık yeşil renkli linyitten sonraki kısmında ise, görünür rezerv alanında işletilebilir net kömür kalınlığı: 1,30-11,77 m, kalori: 2000-3500 AID, yanıcı kükürt: 2,5-3,5 arasında değişen ve kül ergime derecesi 1256 °C olan siyah renkli bitki izli linyit mevcuttur.

Gri-açık yeşil linyit MTA laboratuvarında yapılan petrografik incelenmesinde “linyitli kalkerli kil taşı” tanımlanması yapılmıştır.

Görünür rezerv alanı içindeki kömür zonu içerisindeki linyit ve ara kesme kalınlıkları yanal ve düşey yönde değişken olup sondajlardaki linyit ve ara kesme seviyelerini kalınlık ve kalite yönünden tolere etmek mümkün olmamaktadır (TKİ, 2015).

2.3.5. Ekonomik jeoloji

Bu sahada gerçekleştirilen sondajlar kömüre kadar kırıntı (Sediman) numune alacak şekilde rock-bit’le ilerleyerek devam etmiş, kömür horizonu ve tabanındaki takribi 15 metrelik taban plastik killerde ise karotiyerlerle karot alma numunesi alınmıştır.

2004 yılında 26 adet 2715 metre sondaj yapılmıştır. Bu sondajlardan 5 adedi 18 – 60 cm kalınlıklı rezerv sınırı kenarındaki kömürü kesmiş, 4 adedi rezerv sınırı dışında kalması nedeniyle hiç kömür kesmemiştir. 17 Adedi ise işletilebilir tüvenan kömür kalınlığı 0,60-21,55 m olan kömür damarı kesmiştir.

Sahadaki kömür varlığının kalori açısından ortalaması orijinal kömürde 2.200 Kcal/kg havada kuru kömürde 3.200 Kcal/kg dır.

2004 yılında TKİ tarafından yapılan ve ruhsat sahası içerisinde kalan 26 adet sondajın kömür giriş-çıkış kotları ve kesilen kömür kalınlıkları ile ilgili sondaj verileri Çizelge 2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. TKİ tarafından yapılan ve ruhsat sahası içerisinde kalan 26 adet sondaj değerleri.

Sondaj no	Derinlik	Kömür giriş (m)	Kömür çıkış (m)	Kalınlık (m)	Nem (%)	Kül (%)	Kükürt		U.M	Kalori	
							Top.S.	Yanar S.		AID	ÜID
ÇG-1	75	96.95	975.94	21.01	32.28	26.45	7.34	6.95	53.58	3,032	4,970
ÇG-2	65	1,012.	991.84	20.86	41.89	22.19	6.95	6.80	54.61	2,400	4,787
ÇG-3	108	1,016.	1,004.39	11.97	46.85	17.24	5.08	4.11	53.16	2,164	4,867
ÇG-4	123	1,025.	1,017.56	7.44	41.58	32.10	9.82	8.25	43.45	1,939	3,974
ÇG-5	60	1,019.	1,005.42	14.50	42.11	27.88	6.84	6.00	51.42	2,325	4,667
ÇG-6	156	1,007.	985.37	22.50	29.08	30.08	6.65	6.30	46.91	2,837	4,478
ÇG-7	70	92.69	974.98	17.71	32.12	28.13	5.99	4.93	51.88	2,781	4,603
ÇG-8	72	1,004.	987.45	17.07	27.76	24.20	5.52	4.24	47.96	2,496	3,962
ÇG-9	100	1,021.	1,021.21	0.40	25.00	27.48	5.30	4.89	46.69	2,830	4,189
ÇG-10	65	1,032.	1,032.63	0.18	28.00	32.23	5.94	3.89	47.93	2,578	4,015
ÇG-11	151	1,007.	999.63	7.60	42.38	22.17	5.03	4.23	48.63	2,267	4,619
ÇG-12	90	965.22	961.00	4.22	43.24	27.14	4.56	3.52	47.60	2,129	4,451
ÇG-13	133	941.48	937.15	4.33	26.49	28.85	4.24	3.17	46.36	2,513	3,864
ÇG-14	93	993.40	988.20	5.20	25.44	26.94	4.32	3.51	48.08	2,746	4,116
ÇG-15	65	1,001.	981.01	20.01	39.45	30.96	5.93	4.04	49.62	2,391	4,547
ÇG-16	70	1,004.	971.15	33.83	40.89	30.01	6.08	5.11	46.22	2,236	4,415
ÇG-17	131	967.91	967.23	0.68	19.47	41.76	6.14	5.48	40.51	2,421	3,390
ÇG-18	126	977.57	976.95	0.62	20.01	28.70	4.25	3.30	43.37	3,133	4,284
ÇG-19	45	1,026.	1,016.76	10.18	29.77	26.87	9.67	7.61	43.03	2,790	4,430
ÇG-20	65	999.45	994.87	4.58	29.61	34.46	9.24	7.69	53.85	2,288	3,728
ÇG-21	150			0.00							
ÇG-22	150			0.00							
ÇG-23	120	940.16	927.11	13.05	40.43	27.06	3.34	2.73	53.32	2,212	4,372
ÇG-24	103			0.00							
ÇG-25	178			0.00							
ÇG-26	151	916.34	915.75	0.59	37.63	37.91	5.42	4.35	39.91	1,943	3,707

2.3.6. Bitki örtüsü

İlgın'ın bitki örtüsü, İç Anadolu Bölgesi'nin tipik bozkır örtüsüdür. Bozkırlar genelde ilkbahar aylarında yeşerir, haziran ayı sonlarında sararırlar. İlçenin güneyinde yer alan Beykonak, Kembos (Gökçeyurt), Bulcuk, Balkı, Çiğil, Dığrak, Gökbudak dağlarında ormanlık alanlara rastlamak mümkündür.

2.4. Açık İşletme Yöntemi

Sahada, basamak metodunun uygulanacağı açık işletme sistemi ile üretim yapılmaktadır.

Basamak şev açısı: Doğu Kısmı 33⁰, Batı Kısmı 45⁰

Basamak genişliği: 10 m - 8 m.

Basamak yüksekliği: 7 m - 8 m.

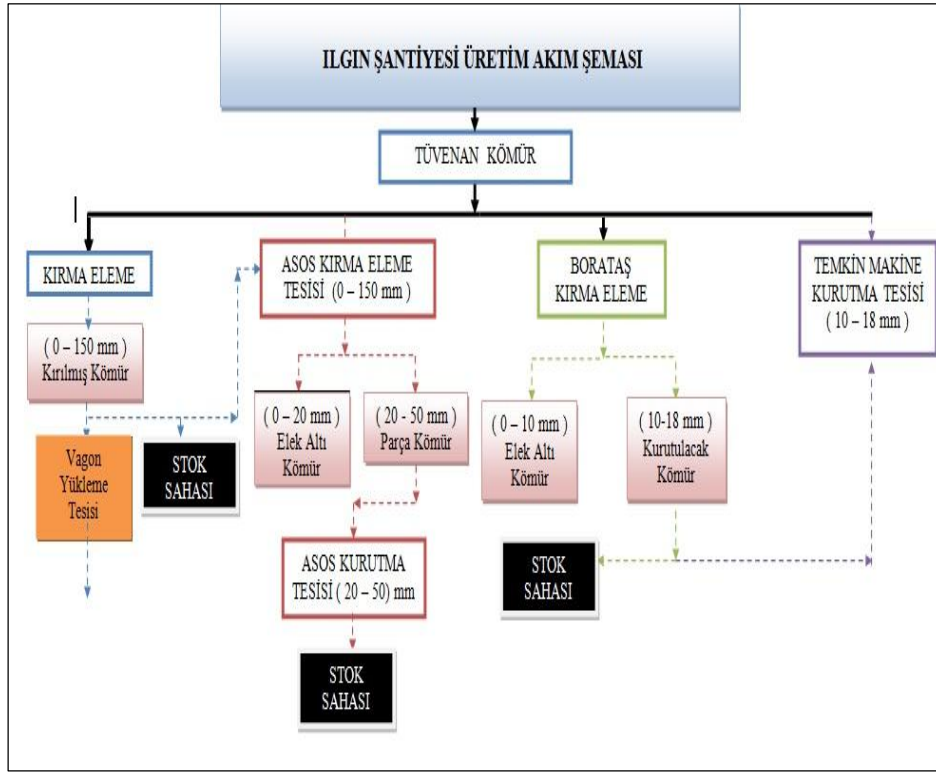
Genel şev açısı: 33⁰ olarak alınmıştır.

Dekapaj müteahhit marifetiyle yapılmakta olup, kömür üstü temizlik, ara dekapaj ve kömür yükleme emanet usulü yapılmaktadır. Formasyonların orta sert olması dolayısıyla işletme sırasında patlayıcı madde kullanılmaktadır. Kömür üstündeki örtü ekskavatörler ile kazılıp yüklenmektedir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. İşletmede yapılan kömür üretme işlemi

Müteahhit marifetiyle dekapajı yapılarak üzeri açılan kömür stok sahasına nakledilerek serilir, stok yapılır, rutubetini yeteri kadar yitirince iri parçalar ufaltılır. Buradan müşteri araçlarına yüklenir. Ayrıca ocaktan müşteri araçlarına doğrudan yükleme de yapılabilmektedir. Akım şeması aşağıda Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Ilgın Linyit İşletmesi üretim akım şeması

2.5. Üretilen Kömürün Stoğa Çekilmesi ve Kurutma Tesislerine Gönderimi

Sahadan üretilen kömür kamyonlar ile belirlene stok bölgelerine gönderilir, burada belli bir süre nem atmasını beklemek için stoklarda tutulur, piyasa talebine göre (0-150 mm) tesise ya da kurutma tesislerine gönderimi yapılır.

2.5.1. Asos kömür kurutma tesisi hakkında bilgi

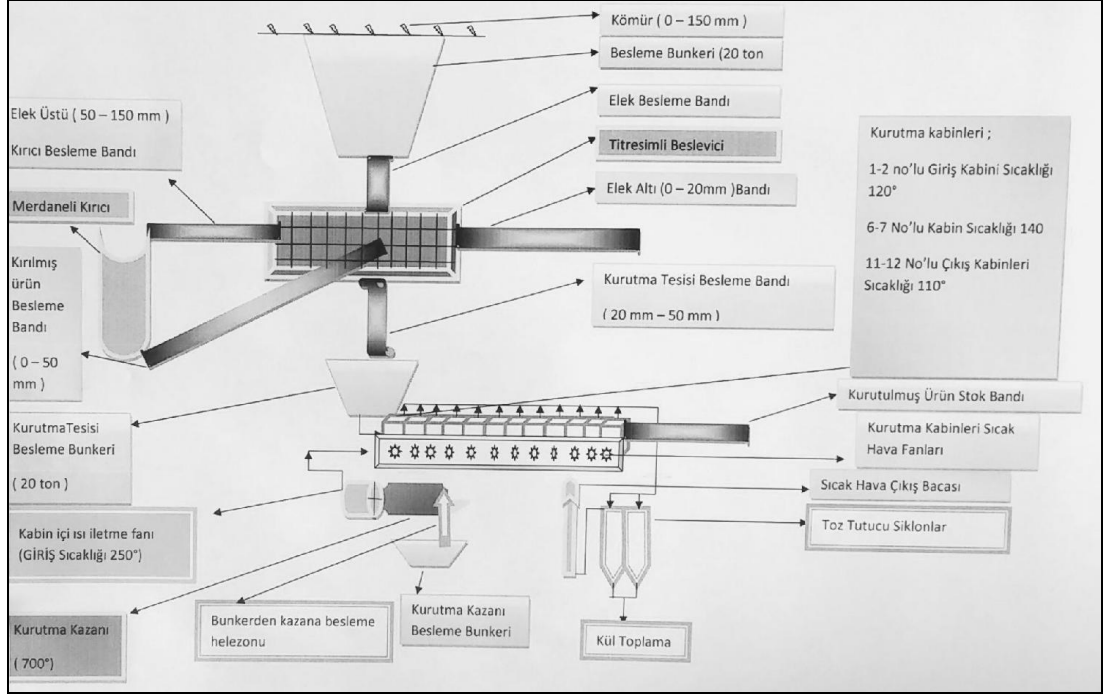
2014 yılı Nisan ayında inşaatı başlayan tesis tamamlanmış olup, deneme amaçlı çalışmalara devam etmektedir. Bu tesise gelen kömür öncelikle eleme işlemine tutulur, eleme işlemine tabi tutulan kömürden üç ayrı boyutta ürün ortaya çıkar bunlar. Bunlar; 0-20 mm, 20-50 mm , +50 mm'dir. 20-50 mm boyuttaki kömür kurutma tesisine beslenir, kurutma işlemine tabi tutulur; diğer ürünlerden +50 mm ise tekrardan boyutu küçültmek için merdaneli kırıcıya beslenir, burada boyut küçültme işlemi uygulanır. 0-20 mm'lik olanlar ise toz kömür olarak piyasaya satılmaktadır. Tesisin görüntüsü Şekil 2.6'da gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Ilgın Linyit İşletmesinde kurulan asos döner bantlı özel dizayn parça kömür kurutma tesisi

(20-50 mm) Parça Kömür Kurutma Tesisi Çalışma Sistemi (Şekil 2.7);

- Tesis, 20-50mm parça kömür kurutma üzere dizayn edilmiş olup bir ARGE çalışmasıdır.
- Kurutma için gerekli olan ısının oluştuğu cehennemlik kısmında yakıt olarak 4500 kalorilik Kütahya-Tunçbilek kömürü yakılmaktadır.
- Cehennemlik kısmında oluşan ısı sisteme fanlar vasıtası ile verilmektedir.
- Tesisin kurutma kapasitesi 20 ton/h'dir. Sistemde oluşan toz nedeni ile oluşabilecek kayıplar neticesinde 15 ton/h kömür alınabilmektedir.
- Kurutma kabinleri üst kısmında bulunan toz emme sistemi ile toz ve kirli hava siklon grubuna alınmakta , temiz hava bacadan verilmektedir.
- Tesisin kurulu gücü 360 kw'tır.



Şekil 2.7. Ilgın Linyit İşletmesinde kurulan asos döner bantlı özel dizayn parça kömür kurutma tesisi çalışması gösterimi

Aşağıda Çizelge 2.2.'de Asos kurutma tesisinden çıkan kömüründen 27.10.2014 tarihinde yapılan analizi verimiştir.

Çizelge 2.2. Asos kurutma tesisinden çıkan kömürün analiz değerleri

Test Tipi	Orjinal Baz	Kuru Baz
Toplam Nem (%)	50,74	-
Kül (%)	6,14	12,46
Uçucu Madde (%)	27,05	54,91
Toplam Kükürt (%)	1,87	3,79
Külde Kükürt (%)	1,01	2,06
Yanar Kükürt (%)	0,86	1,73
Sabit Karbon (%)	16,07	32,63
Brüt Kalori (Kcal/kg)	2882	5851
Net Kalori (Kcal/kg)	2486	5614

2.5.2. Temkin makine kurutma tesisi hakkında bilgi

Kurulan tesiste 10-18 mm boyutundaki kömürün kurutulması amaçlanmıştır. Tesise beslenen kömür önce elemeden geçerek elemesi yapılır, yapılan eleme sonucunda açığa çıkan 10-18 mm kömür kurutma tesisine beslenir, kurutulduktan sonra stoğa çekilmektedir. Çıkan diğer ürünler ise piyasa ihtiyacına göre satılmaktadır.

(10-18mm) Kömür Kurutma Tesisi Çalışma Sistemi;

- Kurutma için gerekli olan ısının oluştuğu cehennemlik kısmında 4500 kalorilik Kütahya-Tunçbilek kömürü kullanılmaktadır.
- Cehennemlik kısmında oluşan 550 °C'lik ısı, iki adet döner tambur kurutma fırınlarına fanlar vasıtasıyla ayrı ayrı verilmektedir.
- Kurutulacak (10-18mm) kömür, iki adet tamburun bağlı olduğu bunkerlerden bant konveyör sistemi ile bunkerleri ayrı ayrı beslenmektedir.
- Döner tamburlu kurutma tesisinin kapasitesi çift tambur için 50 ton/h'dır. Siklon altı alınan toz sisteminde oluşan tozlar nedeni ile gerçekte çift tambur için 32 ton kurutulmuş kömür alınabilmektedir.
- Kurutma esnasında oluşan toz tambur çıkışlarına bağlı siklon grubuna alınmakta, siklon altı biriken toz ise helezon sistemi ile toz tutma sistemine elevator vasıtasıyla (0-10mm) toz silosuna beslenmektedir.

Aşağıda Çizelge 2.3.'de Temkin kurutma tesisinin bir numaralı tamburundan çıkan kömürün 27.08.2015 tarihinde yapılmış analiz değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.3. Temkin Kurutma tesisinin bir numaralı tamburdan çıkan kömür analizi değerleri

Test Tipi	Orijinal Baz	Kuru Baz
Toplam Nem (%)	40,26	-
Kül (%)	7,83	13,11
Uçucu Madde (%)	31,7	53,06
Toplam Kükürt (%)	1,63	2,74
Külde Kükürt (%)	1,24	2,08
Yanar Kükürt (%)	0,39	0,66
Sabit Karbon (%)	20,21	33,83
Brüt Kalori (Kcal/kg)	3332	5577
Net Kalori (Kcal/kg)	2962	5329

Aşağıda Çizelge 2.4.'de Temkin kurutma tesisinin iki numaralı tamburundan çıkan kömürün 27.08.2015 tarihinde yapılmış analiz değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.4. Temkin kurutma tesisinin iki numaralı tamburundan çıkan kömürün analizi değerleri

Test Tipi	Orijinal Baz	Kuru Baz
Toplam Nem %	36,82	-
Kül %	8,32	13,17
Uçucu Madde %	33,57	53,13
Toplam Kükürt %	1,78	2,81
Külde Kükürt %	1,29	2,05
Yanar Kükürt %	0,49	0,76
Sabit Karbon %	21,29	33,7
Brüt Kalori (Kcal/kg)	3519	5570
Net Kalori (Kcal/kg)	3160	5322

2.6. Stokların Durumu

Sahada üretim yapan firma 2013 yılının Mayıs'ında faaliyete başlamış olup, 2013-2015 yıllarında üretim ve dekapaj yapmıştır. Üretimi yapılan kömürler tüvenan, 0-150 mm, kurutma tesislerinden çıkarak stoklarda bekletilirler. Çizelge 2.5'te 2013,2014 ve 2015 yıllarına ait yıllık üretim, satış ve stok bilgileri verilmiştir.

Çizelge 2.5 . Ilgın Linyit İşletmesinde yıllara göre üretim, satış ve stok bilgileri (TKİ,2015)

YIL	Üretim (Ton)	Satış (Ton)	Stok (Ton)
2013	487.531,84	368.896,87	89.044,30
2014	521.365,68	565.068,31	44.337,01
2015	620.035,86	610.750,08	53.622,79
Toplam	1.628.933,38	1.544.715,26	53.622,79

Yukarıda verilen bilgilere göre kalan stok 53.622,79 ton olması gerekirken, ölçümlerde 29.707,31 ton kömür olduğu belirlenmiştir. İşletme faaliyetleri sırasında 23.915,48 ton kömür fire verdiği anlaşılmıştır. Aşağıdaki Çizelge 2.6'da 2015 yılı sonu stokta kalan kömür miktarları verilmiştir.

Üretimi yapılan kömür sahanda ekskavatör ile kamyonlara yüklenip stoklara gönderilmeden bir ön tartım işleminde geçer. Tartma işleminden sonra belirlenen stok alanına stoklanan kömür belli bir süre açık havada bekletilerek nemini atması sağlanır. Kömürün nemini atması sayesinde kalorisinde yaklaşık 200 ile 300 Kcal'lık bir artış meydana gelir; fakat bu nem artışı kömürü ağırlık olarak etkileyeceğinden yıl sonu ölçümlerinde bu nem kaybı zaiyat olarak verilmektedir.

Çizelge 2.6. 2015 Yılı sonun stokta kalan kömür miktarlar (TKİ,2015)

Stok No	Kömür Boyutu	Alan (m ²)	Hacim (m ³)	Stok (Ton)
1	0-10 mm	1.471,92	5.536,08	4.318,14
2	0-10 mm	3.808,38	12.705,79	9.910,52
3	0-150 mm	1.688,58	3.604,68	4.325,62
4	0-150 mm	2.653,76	7.132,06	8.558,47
5	Tüvenan	862,18	1.515,04	1.818,05
6	Tüvenan	325,90	647,22	776,66
	TOPLAM	10.810,72	31.140,87	29.707,46

2.7. Ilgın Linyit İşletmesinde Mevcut Çevresel Durum

2.7.1. Yüzeysel ve yeraltı suyu kaynakları

İşletmeye 2500 m mesafede Çavuşçugöl bulunmaktadır. Göl çevresi doğal sulak alan özelliği taşımakta olup doğal sit alanı ilan edilmiştir. Göl suyu, tarım alanlarında sulama suyu olarak kullanılmaktadır.

İşletme esnasında açık ocak içerisinde yeraltı suyu birikimi olmaktadır. Biriken su pompalar ile tahliye edilerek ocaktan uzaklaştırılmaktadır. Ocaktaki statik su seviyesi 18m, dinamik su seviyesi ise 36 m'dir. Açık ocadan tahliye edilerek biriktirilen su seviyesi, tesis yollarında tozu engellemek için saha suyu olarak kullanılmaktadır.

2.7.2. İçme ve kullanma suları

2.7.3. Atıksular

İşletmedeki atıksular ve endüstriyel nitelikli olmak üzere iki gruptan oluşmaktadır. Evsel atıksular ile atölyeden kaynaklanan yağ değişim bölgesine ait su fosseptikte toplanmaktadır.

2.7.4. Katı ve tehlikeli atıklar

İşletme faaliyetleri sırasında ortaya çıkan katı ve tehlikeli atıklar, faaliyet sahasında geçici olarak depolanmakta olup, başlıcaları aşağıda verilmiştir.

2.7.4.1. Kömür işletmelerinden kaynaklanan atık türleri

Tehlikeli atıklar: Atık yağlar, madeni yağ boş varilleri, atık yağ/yağ filtreleri, üstübu bezleri, bitkisel atık yağlar, atık pil ve akümülatör, ömrünü tamamlamış lastikler, katı atıklar, ambalaj atıklar, şist atıkları, şlam atıkları, atık elektrikli ve elektronik eşyalar, tıbbi atıklar, atık hurdalardır.

Atık yağlar işletmede iş makineleri ve binek araçlardan çıkan hidrolik, motor yağı ve şanjıman yağıdır ve bunlar tek bir depoda biriktirilmektedir.

Açık ocak işletme sahasında mutfak ve yemekhane binası bulunmaktadır. Yemekhane yaklaşık 110 kişiye hizmet etmektedir. İşletmede yemekhaneden kaynaklanan bitkisel atıklar mevcuttur. Ancak, bitkisel atık yağlara ilişkin bir kayda rastlanmamıştır.

İşletmede büyük ve küçük ölçüde kamyonlardan, binek araçlardan kaynaklanan ömrünü tamamlamış lastikler bulunmaktadır. Söz konusu lastikler çoğunlukla küçük kamyon lastikleridir. Bu lastikler anlaşmalı firmalar vasıtasıyla toplatılmaktadır.

BÖLÜM III

KÖMÜR AÇIK İŞLETMELERİNDE OCAK YANGILARI

Ocak yangınları dış kaynaklı olabileceği gibi kömürün kendiliğinden yanması sonucunda ortaya çıkabilir. Dış kaynaklı yangınlar çalışan makine dış kaynaklısı vb. durumlarda ortaya çıkarken, kömürün kendiliğinden yanması ile açığa çıkan yangınlar ise kömür oksidasyonundan meydana gelen yangınlardır.

3.1. Dış Kaynaklı Ocak Yangınları

Yüksek ısı sonucu meydana gelen yangınlardır. Isı kaynağı, yanan ortamın dışındadır. Sürtünme ısısı, açık alev, elektrik arkı vb. durumlarda ortaya çıkan yangınlardır.

3.1.1. Dış kaynaklı ocak yangınlarının kaynakları

3.1.1.1. Band tesislerdeki yangınlar

Bu yangınların nedeni, bandın tambura sürtünmesi sonucu ortaya çıkan ısı olabilir. Kömür parçaları frenleyebilir ve sürtünmeyi sağlar. Makaralar arızalı ise ve iyi dönmüyorsa sürtünme ısısı fazla olabilir dolayısı ile band kömür tozunu yanmasına sebebiyet verebilir.

3.1.1.2. Elektrik donanımındaki yangınlar ve kaynak işleri

Kötü topraklanma ve kısa devreler en önemli açık alev kaynaklarıdır. Bakımsızlık aşırı yüklemeye sebep olur. Kaynak işlerinde sıçrayan kıvılcımlar kömür tozunu yakabilir.

3.1.1.3. Ateşleme sonucu oluşan yangınlar

Patlayıcı madde ateşlemeleri sırasında akkor haldeki kapsül ile teller kömür tozu ve diğer kolay yanıcı malzemeleri yakabilir.

3.1.1.4. Açık alevli yangınlar

Çakmak ve kibrit alevi, sigara ateşi vb. nedenli yangın kaynaklarıdır.

3.1.1.5. Kesici- kazıcı makinelerinin neden olduğu yangınlar

Kesici uçların sert kayalara rastlanması sonucu oluşan ısı önemli bir yangın kaynağıdır. Bu nedenle kesici makineleri kullanımların artmasıyla arın yangınları meydana gelebilir (Bayraktar, 2013).

3.1.2 Dış kaynaklı ocak yangınlarının önlenmesi

Bu tür ekzojen kaynaklı yangınlar yerüstü ocaklarında daha çok yeraltı ocaklarında tehlike arz etmektedir. Bundan dolayı ekzojen yangın kaynaklarının bakımı ve kontrolleri yapıldığı, çalışanlar bilinçlendirildiği ve gerekli önlemler alındığı zaman bu tür yangınların önüne geçilebilir. Bu tür yangınlar ile savaşabilmek için özellikle riskli bölgelere, kontrol noktalarına, kapalı alanlara yangın söndürücü çeşidi bulundurulmalıdır.

3.2. İç kaynaklı ocak yangınları

Kömürlerde kendiliğinden yanma düşük sıcaklıkta oksitlenmeyle başlayıp artan ısı birikmesi nedeniyle alevli yanmaya kadar varabilen ekzotermik bir olaydır. Kömür yüzeylerinin oksijen adsorbe etmesi sonucu ortamdaki oksijen tüketimi kendiliğinden yanma olayının başlaması için ilk adımdır (Wang ve ark., 2003). Oksijen adsorbsiyonunun devam etmesi sonucu 40 °C üzerinde ekzotermik bir reaksiyon oluşarak ortam ısısı yükselmektedir. Bu ısı ortamdan uzaklaştırılmadığı takdirde 70°C'tan sonra CO ve CO₂ gaz yoğunluğu artmakta ve 125 °C'ta su buharı oluşmaktadır. Artan ısıyla beraber kömürün tutuşma sıcaklığına ulaşması sonucu alevli yanma başlamaktadır (Jones ve Townend, 1949; Kural, 1998). Kendiliğinden yanma genellikle düşük ranklı kömürlerde meydana gelmektedir.

3.2.1. Kendiliğinden yanmayla ilgili teoriler

Kendiliğinden yanmayla ilgili olarak yapılan çalışmalar sonucu araştırmacılar farklı teoriler ileriye sürmüştür. Bunlar;

- Pirit Teorisi
- Bakteri Teorisi
- Oksidasyon Teorisi
- Nem Teorisi

3.2.1.1. Pirit Teorisi

Temelde piritin oksidasyonu sonucu kömür sıcaklığını artırdığı varsayılarak oluşturulmuştur. Kömür içerisinde piritin çok miktarlarda ve ince taneli halinde bulunması dışında kendiliğinden yanmaya etkisinin önemsiz olduğu vurgulanmıştır. (Eroğlu ve Gouws, 1993).



3.2.1.2. Bakteri Teorisi

Kendiliğinden yanmanın kömürün bünyesindeki bakterilerin sebep olduğu varsayılmıştır. Bakteriyel aktivitenin ısınmaya olan katkısı tam olarak açıklanamamakla beraber yapılan çalışmalardan bakterilerin çok zayıf miktarda ısınmaya neden olduğu belirlenmiştir (Yıldırım, 2002). Bakteri kuramının kömürlerin kendiliğinden yanmasına etkisi kesin olarak tespit edilememiştir.

3.2.1.3. Oksidasyon Teorisi

Kendiliğinden yanma teorileri içerisinde en çok destek bulan teoridir. Bu konuda araştırma yapan araştırmacıların çoğunluğu yaptıkları çalışmalarda kömürü havayla temas ettirerek oksidasyonu sağlayıp belirli sonuçlara varmıştır. Kömürlerin

oksidasyonu aşamaları 3 aşamalı olarak açıklanmıştır (Cudmore ve Sanders, 1984);

1. Oksijenin fiziksel soğurulması,
2. Kimyasal soğrulma, aktif yapıda oksijen içeren kompleksin oluşumu,
3. Hızlı kimyasal tepkime sonucunda peroksijenin ayrışmasıyla CO, CO₂, H₂O ürünlerinin oluşumu.

Wade (1988) tarafından yapılan çalışmada, kömür parametrelerinin oksidasyon üzerindeki etkilerini Çizelge 3.1’de özetlenmiştir.

Çizelge 3.1. Çeşitli parametrelerin kömür oksidasyonu oranına üzerine etkisi (Wade, 1988; Eroğlu ve Gouws, 1993).

Parametre	Parametre artışının Oksidasyona etkisi
Tane iriliği	Azalı
Sıcaklık	Artar
Nem	Artar
Ön ısıtma	Artar
Oksijen	Artar
Oksijen kısmi basıncı	Artar
Uçucu madde içeriği	Artar
Kömürleşme rankı	Azalı
Karbon içeriği	Azalı
Oksijen içeriği	Artar
İç nem	Artar

3.2.1.4. Nem Teorisi

Nem teorisinin temelinde kömürlerin ıslanması ve oksijen adsorbe etmesiyle ilgili yaklaşımlar yer almaktadır. Kömürün nem alması sonucu bir ısı açığa çıkarak oksidasyon tepkime hızında artış meydana gelmektedir (Eroğlu ve Gouws, 1993; Wade, 1988).

Bilindiği gibi nemli havada ısı daha iyi yayılmaktadır. Bunun sebebi hava içerisindeki hareketli halde bulunan su moleküllerinin ısıyı daha iyi iletmesidir. Bu teoride de temelde nemli ortamın kömürün ısını yükseltmesi ve ısının yükselmesi sonucu

oksidasyonun artması nedeniyle kendiliğinden yanma koşullarının oluşması sağlanmaktadır. Dikkat edilmesi gereken önemli bir hususta nem teorisiyle oksidasyon teorisi arasında bir ilişki bulunduğudır. Nemin oksidasyona doğrudan bir etkisi söz konusudur. Nemli havada gaz difüzyonu daha iyi sağlanacağından oksijen moleküllerinin taşınması da kuru havaya göre da kolay olacaktır. Bu da oksidasyonu arttıracaktır.

3.2.2. Kendiliğinden yanmayı etkileyen faktörler

Güney (1968)'e göre oksidasyon ve kendiliğinden yanmaya etki eden faktörler 2 ana başlık altında toplamak mümkündür (Çizelge 3.2);

1- İç Faktörler (kömürün yapısıyla ilgili özellikleri),

2- Dış Faktörler (jeolojik koşullar, atmosferik koşullar ve işletme koşulları).

Kendiliğinden yanmayı etkileyen burada belirtilmeyen karbon içeriği, ısı iletkenliği, alkali içeriği, porozite, kömür damarı derinliği, yankayaç ısı iletkenliği, jeotermal gradyan, tahkimat yöntemi, dolgu işlemi vs. daha birçok faktör vardır. Bu parametrelerden en önemlileri aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

Çizelge 3.2. Kendiliğinden yanmaya etki eden faktörler (Güney, 1968)

İç Nedenler	Dış Nedenler
Pirit	Sıcaklık
Nem	Nem
Tane boyutu ve yüzey alanı	Barometrik basınç
Kömür rankı ve petrografik bileşenler	Oksijen konsantrasyonu
Kimyasal bileşenler	Bakteri
Mineral madde	Kömür damarı ve yan taşlar
	Madencilik yöntemi
	Havalandırma sistemi

3.2.2.1. Kömürleşme derecesi (Rankı)

Bitkisel malzemelerin bataklık ortamında birikip, çökdikten sonra jeolojik etkilerle bünyesinde fiziksel ve kimyasal değişiklikler meydana gelmektedir. Sıcaklık ve

basıncın bu malzemeleri etkilemesi sonucu turbadan antrasite uzanan bir kömürleşme derecesi ortaya çıkmaktadır. Kömürün bu olgunlaşma sürecine kömürleşme derecesi veya kömür rankı denmektedir (TKİ, 2009).

Düşük ranklı kömürler yüksek ranklı kömürlere göre daha kolay okside olabildiklerinden kendiliğinden yanmaya daha yatkındırlar (Litton ve Page, 1994). Ayrıca oluşumda düşük karbon içeriğinden dolayı oksitlenmeye daha yakındır. Kömürleşme derecesi düşük olan kömürlerin çatlaklı, gözenekli yapısı ve gerilme altında ufalanmaya daha yatkın olması nedeniyle hava kömür içerisine yüksek ranklı kömürlere göre (antrasit, taşkömürü) daha kolay nüfuz edeceğinden oksidasyon da dolayısıyla daha fazla olacaktır (Kuzuluk, 2014).

3.2.2.2. Metan içeriği

Metan yanıcı bir gaz olmasına rağmen içeriğinde yüksek oranda metan bulunan kömürlerde metanın kömür yüzeylerini kaplaması nedeniyle hava temasına imkân sağlamamasından dolayı oksidasyon ve yanma olmamaktadır.

Yüksek metan içeriği ve akışı (geliri), yanmayı geciktirir. Çok grizulu ocaklarda yanma riski çok düşüktür. Buna karşın, metan geliri aniden düşerse, oksidasyon beklenebilir (Karpuz ve ark., 2000).

3.2.2.3. Pirit içeriği

Pirit kolay oksitlenen bir metal olması nedeniyle geçmişte araştırmacılar tarafından kömürün oksitlenmesinde, kömür ısını arttırmada ve kömürün kendiliğinden yanmasında önemli bir faktör olduğu kabul edilmiştir. Ancak son yıllarda yapılan çalışmalarda kömür içinde ince tane halinde ve bol miktarda pirit bulunması dışında kömürün kendiliğinden yanmasına doğrudan bir etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir (Singh ve Demirbilek, 1986)

Pirit özellikle rutubetli ortamda kolaylıkla oksitlenebilmekte, çok fazla miktarda ve ince taneli olarak bulunması halinde ise tepkime hız kazanmaktadır. Ayrıca pirit

oksidlendiğinde şişerek kömürün parçalanmasına, başka bir deyimle yüzey alanının artmasına neden olmaktadır (Duzy ve ark., 1985; Ünver ve Özözen, 1998).

3.2.2.4. Tane boyutu

Kendiliğinden yanmanın tane boyutuyla doğrudan olarak etkisi bulunmaktadır. Kömürlerde meydana gelen oksidasyon yüzey alanıyla belirlendiğinden, tane boyutu küçük kömürlerde oksidasyon yüzey alanı daha büyük olacağından dolayısıyla kendiliğinden yanmaya daha yatkın olacaktır.

Oksijen adsorplama kapasitesi daha yüksek olan kömürler kendiliğinden yanmaya daha yatkın oldukları Graham (1930) tarafından belirtilmektedir. Feng (1973) oksidasyon hızının dış yüzey alanının küp köküyle orantılı olarak arttığını belirtmiştir.

Bazı araştırmacılar tane boyutunun küçülmesi ile havayla temasın arttığını, büyük parçalı kömürlerde yüzey alanı küçük parçalı kömürlere göre daha az olduğundan oksidasyonun kömürün iç noktalarına inemediğini ortaya koymuşlardır (Coward, 1957).

3.2.2.5. Nem oranı

Nem oranı da kendiliğinden yanmayı etkileyen önemli faktörlerden biridir. Nemin dolaylı olarak tane boyutu, kömür rankı, termal aktarım ile ilişkisi bulunmaktadır. Nem düşük ranklı linyit kömüründe %30-52 dolaylarında iken; yüksek ranklı antrasit kömürlerinde % 1-5 arasındadır.

Nemli hava kuru havaya göre daha fazla ısı üreteceğinden nemli havada kendiliğinden yanma daha kolay olacaktır. Ayrıca kömürün nem tutma özelliği oksidasyonu hızlandırmaktadır.

Kömürün sıcaklığının nem sebebi ile artmasıyla ilgili kaynaklarda iki mekanizmadan bahsedilmekte olup bunlar; kömürün ıslanması ile bir miktar ısının açığa çıkması ve kömür oksidasyon tepkime hızının artışıdır (Wade, 1988; Eroğlu ve Gouws, 1993).

3.2.2.6. Kül içeriği ve mineral madde

Yüksek kül içeriği olan kömürlerde karbon miktarı azaldığından kendiliğinden yanma düşük olacaktır. Ancak kömür içerisindeki kireç, soda, demir gibi bileşiklerin oksidasyonu hızlandırıcı etkisi bulunmaktadır.

Kömürdeki kül miktarı arttıkça karbon miktarı ve dolayısıyla reaksiyona giren malzeme miktarında bir azalma olacağından yanma riskinin de azalması beklenebilir. Ancak kömür içeriği çok düşük olan kömür karışımı pasaların bile yangın açısından yüksek risk taşıyabilecekleri yapılmış olan çalışmaların sonuçlarından anlaşılmaktadır (Ünver ve Demirbilek, 1994; Ünver ve Özözen, 1998).

3.2.2.7. Jeolojik koşullar

Fay zonlarındaki çatlaklar hava geçirgenliğini arttıracığından oksidasyona sebep olacaktır. Derin ocaklarda termal gradyan artacağından sıcaklık fazla olacaktır. Fay zonlarındaki ve topuklardaki gerilmeler fazla olduğundan kömür daha gevrek, çatlaklı ve küçük taneli haldedir. Bu da oksidasyonu arttıracığından kendiliğinden yanma daha kolay gerçekleşecektir. Jeolojik dönemler içinde kömür tabakları arasında oluşan farklı tane boyu ve litolojik karaktere sahip steril zonların geçirimsizliği de kendiliğinden yanmayı etkilemektedir.

3.2.2.8. Madencilik yöntemi ve havalandırma

Madencilik faaliyetleri yapılırken birçok üretim yöntemi kullanılmaktadır. Bunlardan mekanize panolarda üretimi yapılan kömürlerde tane boyutu küçük olduğundan kömürde oksidasyon hızlı meydana gelmektedir. Ocak çevresindeki havalandırma akımı da önemlidir. Yüksek miktarda hava akımı uygulandığında kömür içindeki ısı dışarıya taşınmakta, fakat artan hava miktarı ile oksidasyon daha fazla gerçekleşecektir. Hava sirkülasyonu az olduğu takdirde oksidasyon ısısı ortamdaki uzaklaştırılamayacak kömür tarafından absorbe edilerek yanma oluşacaktır.

3.2.2.9. Oksijen konsantrasyonu ve kısmi basıncı

Oksijen oranı kendiliğinden yanmaya etkisi bulunan en önemli parametrelerdendir.

Açık havada bulunan kömürlerin oksijen tüketim hızları, yeni çıkarılan kömürlere göre daha fazla olmaktadır (Winmill, 1914/1915; Krishnaswamy, 1996a).

Sınırlı miktarda 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).

3.3. Kendiliğinden Yanmanın Tespit Edilmesinde Kullanılan Yöntemler

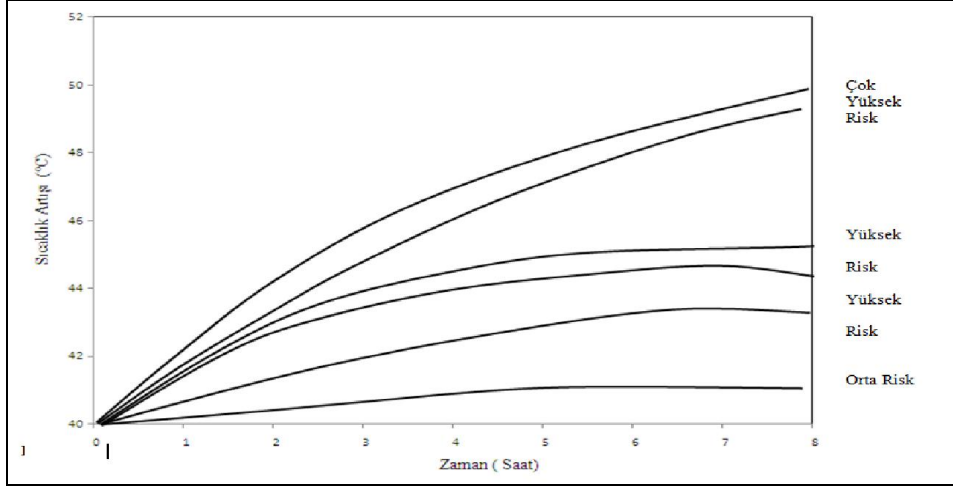
Kömürlerin kendiliğinden yanma indekslerinin tespiti için 6 farklı laboratuvar yöntemi kullanılmaktadır.

- 1- Adiyabatik oksidasyon yöntemi,
- 2- Tutuşma sıcaklığı yöntemi,
- 3- İzotermal kalorimetre yöntemi,
- 4- Olpinski yöntemi,
- 5- Diferansiyel termal analiz (DTA) yöntemi,
- 6- Termogravimetrik analiz (TGA) yöntemi.

3.3.1. Adiyabatik oksidasyon yöntemi

Bu yöntem kömürün adiyabatik şartlarda oksidasyon neticesinde ürettiği maksimum ısı miktarı zamana karşı değerlendirilmesi esasına dayalı olup, ocak koşullarını en iyi temsil eden yöntemdir. Deney sonuçları değerlendirilirken şu faktörler göz önünde bulundurulur (Singh ve Demirbilek, 1986; Karpuz ve ark., 2000).

1. Kömürün ilk 1 saatte ulaştığı sıcaklık,
2. Oksidasyon sonucunda ulaşılan maksimum sıcaklık veya toplam sıcaklık artışı, Oksidasyon eğilimi Şekil 3.1'de Singh ve Demirbilek (1986) kömürlerde zamana bağlı sıcaklık artışını grafikte belirtmek risk sınıflaması oluşturmuştur. Ayrıca; Çizelge 3.3'te görülen adiyabatik deney sonuçlarını risk indeks ve kuluçka dönemiyle ilişki kurmuşlardır.



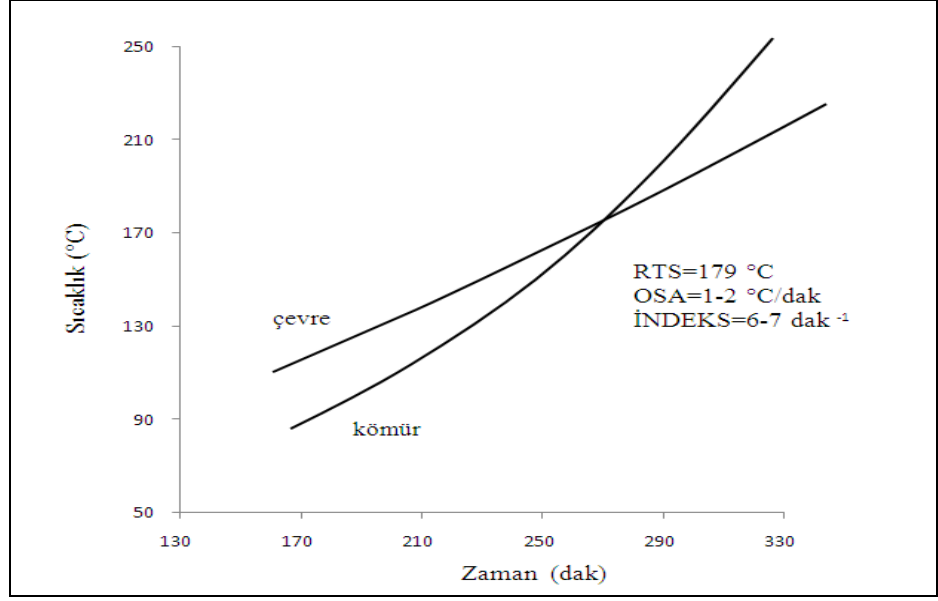
Şekil 3.1. Adiyabatik yöntemde kendiliğinden yanma risk kategorileri (Sing ve Demirbilek,1986; Karpuz ve ark., 2000).

Çizelge 3.3. Adiyabatik oksidasyon yöntemine göre kendiliğinden yanma risk sınıflaması (Singh ve Demirbilek, 1986; Karpuz ve ark., 2000).

Risk Sınıflandırılması	Adiyabatik Deney Sonuçları		Yanma Risk İndeksi	Toplam Yanma Riski (Çevre Koşulları Dahil)	Kuluçka Dönemi (ay)
	İlk Sıcaklık Artışı (°C/dk)	Toplam Sıcaklık Artışı (°C/dk)			
Çok Yüksek	> 2.0	> 2.0	8	> 40	0-3
Yüksek	1.2-2.0	4.5 -7.0	4	21-40	3-9
Orta	0.6-1.2	2.5-4.5	2	11-20	9-18
Düşük	< 0.6	0-2.5	1	1-10	> 18

3.3.2. Tutuşma sıcaklığı yöntemi

Bu yöntemde kömürün hava ile oksidasyonu sırasında çevre sıcaklığı 110 °C ‘tan başlayarak sabit bir oranda artırılmakta, oksidasyon ile sıcaklık artışı sonucunda yanmaya geçen kömürün çevre sıcaklığını eşitleyerek aştığı nokta görelî tutuşma sıcaklığı olarak belirlenmektedir (Feng ve ark., 1973; Karpuz ve ark., 2000). Deney sonucunda sıcaklık artışı eğrisindeki veriler Şekil 3.2’de gösterildiği gibi değerlendirilir ve kendiliğinden yanma risk endeksi bulunur.



Şekil 3.2. Tutuşma sıcaklığı yönteminde sıcaklık artış eğrisi ve göreceli tutuşma sıcaklığı (Feng ve ark., 1973)

$$\text{Risk İndeksi} = \frac{OSA}{RTS} * 1000 \quad (3.2)$$

$$OSA = 110^{\circ}C / (t_2 - t_1) \quad (3.3)$$

Sıcaklık artış hızı yüksek ve tutuşma sıcaklığı düşük olan kömürlerin kendiliğinden yanma riski daha yüksek olmaktadır. Şekil 3.2.'de bulunan risk endeksi Çizelge 3.4'te kullanılarak kömür için risk sınıflaması yapılmaktadır.

Çizelge 3.4. Tutuşma sıcaklığı yöntemine göre yanma riski sınıflaması (Feng ve ark., 1973)

Risk İndeksi	Kendiliğinden Yanma Risk Sınıfı
0-5	Düşük
5-10	Orta
>10	Yüksek

3.3.3. İzotermal kalorimetre yöntemi

Bu yöntemde sabit bir sıcaklıktaki bir banyo içine yerleştirilen kömür örneğinde

oksidasyon nedeniyle meydana gelen sıcaklık artışı termoçiftlerle ölçülmekte ve üretilen ısı miktarı, kömürün yanabilirliğiyle ilişkilendirilmektedir (Kim, 1977). 1964'de Hodges ve Hinsley'in yaptıkları araştırmalar sonucunda, neme doymuş oksijenle oksitlenen kömürlerin, kuru oksijenle oksitlenen kömürlerden daha fazla kendiliğinden yanmaya yatkın oldukları saptanmıştır. Yine, Hodges ve Acherjee (1966), kömürün düşük sıcaklık oksidasyonu süresince oluşan ısının çok küçük miktarlarının doğrudan ölçülebilen bir kalorimetre geliştirmişlerdir. Bu kalorimetre ile yapılan deneyler, 72 mesh altına öğütülmüş 4 gramlık kömür örneklerine uygulanmıştır. Oksidasyon sıcaklığı 30 °C civarında korunmuş ve 4 tip oksidasyon deneyi yürütülmüştür.

- 1- Kuru hava / kuru kömür
- 2- Nemli hava / kuru kömür
- 3- Nemli hava / kuru kömür
- 4- Kuru hava / nemli kömür

Oksidasyon en hızlı geliştiği deney, nemli hava / kuru kömür koşullarında olmuştur.

Bhattacharya et al.(1969) kalorimetre vasıtasıyla yaptıkları çalışmalarda, kömürdeki ısı değişim oranının, havanın su buharı içeriğindeki artışla arttığını dolayısıyla kendiliğinden yanma tehlikesinin giderek büyüdüğünü gözlemlemişlerdir. Bu araştırmacıların bulgularına göre, kömürün kendiliğinden yanması üzerinde nemin etkisi olayın başlangıç aşamasında çok önemlidir ve nemdeki artış kömürde ısınmaya neden olabilmektedir.

3.3.4. Olpinski yöntemi

Bu yöntemde hazırlanan küçük bir kömür peleti 235 °C sıcaklıkta oksidasyona uğratılmakta, 235 °C'ta ortaya çıkan ekzotermiklik kömürün kendiliğinden yanmaya yatkınlığını vermektedir. Bu yöntemde -200 mesh, 0,3- 0,4 gr kömür numunesi su ile nemlendirilmekte küp biçiminde pelet hazırlanmaktadır. Saniyede 4-5 ml hava peletten geçirilmektedir. Pelet içine yerleştirilen termoçipler ile sıcaklıklar ölçülmektedir. 235 °C'ta kadar zaman-sıcaklık grafikleri çizilmektedir. 235 °C'ta

eğriye çizilen teğet bize Sza değerini vermektedir. Bu değerden kömürün % kül içeriği çıkartıldığında Sz_b elde edilmektedir (Banerjee, 1985).

$$S_{zb} = S_{za} - (100 / (100 - \%kül)) \quad (3.4)$$

Sz_b = Olpinski indeksi

Sz_a = Isınma hızı

3.3.5. Diferansiyel termal analiz (DTA) yöntemi

Diferansiyel termal analiz yönteminde temel olarak kömür numunesi ve referans bir malzeme lineer bir şekilde ısıtılarak, ikisi arasında bir $\Delta T-T$ grafiği oluşturulmaktadır (Ramlu, 1991; Banerjee, 1985). Bulunan bu sonuçlar ile endotermik veya ekzotermik tepkimelerin hangi sıcaklıkta olduğu tespit edilmektedir. Tespit edilen reaksiyonlarda düşük sıcaklıklardaki verdikleri ekzotermik pik değerleri kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarıyla ilgili bir görüş vermektedir (Kuzoluk, 2014).

Banerjee (1985), kömürün termogramındaki basamakları aşağıdaki gibi tanımlamaktadır;

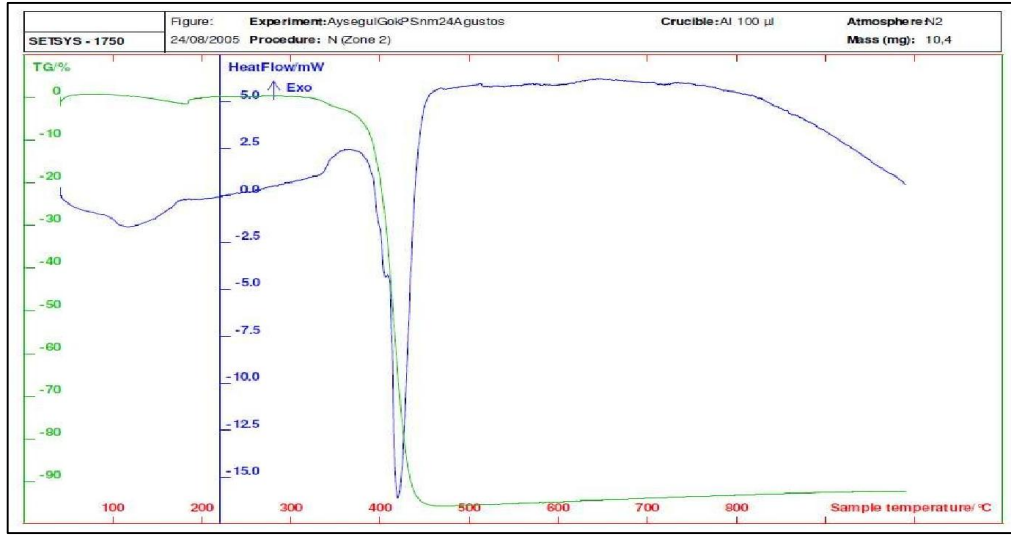
1. Basamak: Kömürden, nemin uzaklaşması aşamasındaki endotermik reaksiyon,
2. Basamak: Endotermik reaksiyonun bittiği andan sonra kömürde oksidasyona bağlı ekzotermik reaksiyonun başlangıcı,
3. Basamak: Termogramda ani sıcaklık artış hızının başladığı çok yüksek ekzotermik reaksiyon.
4. Basamaktaki ısı artış hızı ve III. basamaktaki başlangıç sıcaklığı yatkınlığın bir göstergesi olarak kabul edilmiştir (Yıldırım, 2002).

3.3.6. Termogravimetrik analiz (TGA) yöntemi

Termogravimetrik analizde, kontrollü bir hızla, uygun bir atmosferde ısıtılan maddenin kütledeki değişimler çok hassas elektronik bir terazi ile ölçülür. Numune alumina kroze içine konarak TGA cihazının terazisinde tartıldıktan sonra (5-20mg), numunenin özelliğine göre uygun gaz (inert veya reaktif gaz) seçilerek, uygun bir sıcaklık programında ısıtılır. Cihazda 1600 °C'a kadar ısıtma yapılabilmektedir. Genellikle

polimer numuneleri için 1000 °C'a kadar 10 °C/dak hızı ve 50ml/dak gaz akışı programlanır. 600 °C'ta azot atmosferinden havaya geçilir. Numunesi kütledeki değişim miktarı, zaman ya da sıcaklığın bir fonksiyonu olarak kaydedilir. Ayrıca boş kroze ile aynı şartlarda blank çalışması yapılır. Çizilen termogramlarda istenen sıcaklık aralığındaki ağırlık kaybı % olarak hesaplanır. Eğrinin 1. ve 2. türevi alınabilir, eğriler arasında matematiksel işlemler yapılabilir (Sırımoğlu, 2010).

Süzer (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, Polistiren/Polipirol kompozitine uygulanan TGA analizi sonucu elde edilen tipik bir TGA ve DTA eğrisi Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3. PS (300 nm)/PPy kompozitinin TGA-DTA eğrisi (Süzer, 2006)

3.4. Türkiye’de Kendiliğinden Yanmayla İlgili Yapılan Çalışmalar

Türkiye’de kömürlerde kendiliğinden yanma ile ilgili yapılan çalışmalar, Ören ve ark., (2007) tarafından bir çizelge haline getirilmiştir. Çizelge 3.5’de tutuşma sıcaklığı, yatkınlık indeksi ve bunlara bağlı olarak risk sınıflamaları oluşturulmuştur.

Çizelge 3.5. Türkiye’de kendiliğinden yanma ile ilgili yapılan çalışmalar

Araştırmacı	Çalışma Sahası	Uygulama yöntemi	Tutuşma sıcaklığı değerleri (°C)	Yatkınlık indeksi (1/dk)	Risk Sınıflandırması
Ayvazoğlu (1978)	Zonguldak-Kozlu	Dinamik oksidasyon	86-90	-	
Karpuz vd. (1986)	GAL-Silopi	Kesişim Noktası	180-200	10-12, 8-9	Yüksek, orta
Ermişoğlu vd.(1987)	GLİ-Ömerler	Düzeltilmiş Byston-	-	-	Yüksek
Karaçam vd. (1987)	Zonguldak-Kozlu,Karadon,	Kesişim Noktası	170-186	4,4-10,2	Orta
Yılmaz vd.(1990)	Zonguldak-Armutçuk	Kesişim Noktası	164-178	3,65-6,18	Orta
Kaymakçı & Didari (1992)	Zonguldak-Üzülmez, Gli-	Kesişim Noktası, DTA	138-168	4,04-26,0	-
Saraç & Soy Türk (1992)	Gli-Tunçbilek-Ömerler	Kesişim Noktası	138-146	8,5-26	Yüksek
Saraç (1993)	Soma-Çayırhan	Kesişim Noktası	110-127	-	Yüksek
Didari (1993)		Kesişim Noktası	140,6-176,7	-	-
Kaymakçı (1998)	Zonguldak	Kesişim Noktası	150-215	-	-
Şensöğüt (1999)	Konya-Ilgın	Kesişim Noktası	180-184	5,1-8,1	Orta
Şensöğüt & Çınar (2000)	Konya-Ermenek	Kesişim Noktası	151-160	4,4-7,3	Düşük-Orta
Yılmaz (2002)	Soma-Eynez	Kesişim Noktası	152-157	4,63-6,95	Düşük-Orta
Şahin & Didari (2002)	Zonguldak-Amasra, Kozlu,	Kesişim Noktası	141-186	2,64-6,92	Düşük-Orta
Kadioğlu & Varamaz (2003)	Erzurum-Aşkale-Balkaya	Kesişim Noktası	-	-	-
Küçük vd. (2003)	Erzurum-Aşkale	Kesişim Noktası	138-160	-	-
Özşen (2003)	28 ayrı kömür ocağı	TGA	197,308 - 221,094	-	-

Özdeniz’in 2009 yılında yaptığı büyük stoklar üzerindeki çalışmasında, Tunçbilek Termik Santralının stok sahasında kömür yığını oluşturarak, uzun süreli bekleme ile stok ve hava şartları arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Özdeniz (2011) yaptığı diğer bir çalışmada, Tunçbilek lavvar ürünü 10-18 mm kömürler ilgili yaptığı çalışmadır. Bu çalışmasında Konya’da büyük miktarlarda kömür tüketen bir işletmenin stok sahasında endüstriyel çaplı bir stok yaparak, stoğun zamana bağlı sıkışmasını incelemiştir. 2700 saat sonunda stoktaki sıkışma oranı % 4,83 olarak tespit edilmiştir.

Aynı şekilde dünyada da sınırlı sayıda endüstriyel çaplı çalışmalar mevcuttur. Son yıllarda yapılan çalışmalara bakıldığında, Fierro ve ark. (1999), endüstriyel çaplı stoklar üzerinde çalışmışlardır. Bu amaçla, İspanya'daki Endesa kömürlerinden 3 ayrı stokta 2000–3000 ton civarındaki kömürlerde deneysel ve laboratuvar araştırmaları yapmışlardır. Deneyler sonunda toplam kendiliğinden ısınmaya bağlı sıcaklık değişimlerini hesaplamış ve yeni bir kalorifik kayıp katsayısı geliştirmiştir. Deneysel ölçümlerde kullanılan stoktaki sıcaklığın gözlemlenmesi ve ısı kayıplarının tahmin edilebilmesi tekniklerinin, termal kamera yöntemiyle daha kolay yapılabileceği ve deneysel tekniklere gerek kalmadığını ispatlamıştır.

Fierro ve ark. 1999 ve 2001'de yaptıkları detaylı gerçek ölçüm araştırmaları, bu konuda araştırma yapan araştırmacılara katkı sağlamıştır. Bu amaçla İspanya'daki Mezcla tipi kömürlerden 5 adet 2000–3000 ton civarında yığın oluşturmuşlardır. 1.Yığın normal olarak, 2. yığında periyodik sıkıştırılmalar yapılmış, 3. yığın düşük eğim açısı ile oluşturulmuş, 4. yığın yapay rüzgâr bariyerleri ile rüzgârdan korunmuş ve 5. yığında kül-su karışımı bir çamur ile kaplanmıştır. Burada ilginç bir çalışma da yapılmıştır. Rüzgâr basıncının etkisini azaltmak için rüzgâr tüneli deneyleri yapılmıştır. Bu deney sonuçlarına göre stokta en uygun bir şekilde tasarlanan rüzgâr bariyeri ile çevrilmiştir. 5.Yığın üzeri kireçtaşı, kil, kömür tozu, tuğla tozu ve alçı taşı karışımı bir malzeme ile kaplanmıştır. Bütün bu yığınların sıcaklığını kaydetmek ve gaz örneklerini toplamak için termoçipli ve örnek alıcılı 0.6 m, 1.5 m ve 3 m boyunda paslanmaz çelikten sondalar yığının belirli bölgelerine yerleştirilmiştir. Bu sondalar yardımıyla kendiliğinden yanma işleminin başlangıç ve gelişimi saptanmıştır. 5.Yığının kül-su karışımı çamur ile kaplanması neticesinde, yığının kendiliğinden yanmayı önlemede çok etkili olduğu, ayrıca rüzgâr bariyerli yığının etkili olduğu deney sonuçlarından anlaşılmıştır.

3.5. Kendiliğinden Yanmanın Fiziksel, Kimyasal Belirtileri

Kömürlerin kendiliğinden yanmaya başlama durumlarında bazı belirtiler verirler bunlar fiziksel ve kimsayal belirtiler olarak ikiye ayrılır, bu durumlardan yararlanarak kömürlerin kendiliğinde yanma sürecinde gerekli tedbirlerin alınmasını sağlayabiliriz.

3.5.1. Fiziksel belirtiler

3.5.1.1. Kömür ve çevre kayalarda görülen terleme

Kömür sıcaklığının etkisiyle kömürde su buharı oluşmaktadır. Oluşan su buharının artmasıyla kömür üzerinde ve yan kayalarda terleme ve su buharı gözlemlenebilmektedir. Nem içeriği % 5'ten küçük kömürlerin bulunduğu ocaklarda terleme gözükmesi, kızışma belirtisi olarak gösterilebilmektedir (Ören, 2006).

3.5.2.2. Duman

Kömür kızışmaya başladığı anda açık mavi renkte görülmektedir. Kömürün tutuşma sıcaklığını aştığı anda dumanın rengi koyulaşmakta ve fazlalaşmaktadır. Dumanın koyulaşmasıyla bölge tahliye edilmelidir. Fakat dikkat edilmeden gereken bir durumda kömür yağışlı günlerden sonra nemi atarkende beyaz bir duman atabilir. Bazen kömür tabakasında, dolgularda ve yan kayalarda duyulabilen çatırdama sesleri yangın başlangıcını işaret edebilmektedir.

3.5.2.4. Sıcaklık artışı

Oksidasyon olayı ekzotermik bir reaksiyondur ve bunun sonucunda kömür sıcaklığı gitgide artmaktadır. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki ülkemiz linyitleri yaklaşık olarak 70 °C'ye kadar yükselmekte, sonrasında kuluçka evresi denilen sabit bir sıcaklıkta devam etmekte ve daha sonra aniden çok hızlı bir şekilde sıcaklık yükselmesi ve sonrasında kendiliğinden yanma olayı meydana gelmektedir (Kuzoluk, 2014).

3.5.2. Kızışmanın kimyasal belirtileri

Kömür oksidasyonunda CO (karbonmonoksit), CO₂ (karbondioksit), CH₄ (metan), C₂H₆ (etan) ve H₂O (su buharı) gibi gazlar açığa çıkmaktadır. Bu gazların niteliği oksidasyonun aşamasını göstermektedir. Özellikle CO konsantrasyonunun artan sıcaklıkla artması, dolayısıyla bu gazın artışı kendiliğinden yanmanın en büyük göstergesi olarak kabul edilmektedir (Kuzoluk, 2014).

BÖLÜM IV

YAPILAN DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1. Elek Analizi Deneyi

4.1.1. Deneyi amacı

Eleme, tanelerin belirli büyüklükteki delik veya açıklıklardan geçebilme veya geçememe özelliğine dayanarak yapılan bir tane büyüklüğüne göre sınıflandırma işlemidir. Elek analizi ya da elek çözümlenmesi ise, farklı büyüklükteki tanelerden oluşan kırılmış ve/veya öğütülmüş malzemenin “Tane Boyu Dağılımını” saptamak için yapılmaktadır.

Kullanılan malzemler; TKİ Ilgın Linyit İşletmesinden stoğundan alınan numune, kuru eleme yapılması için kullanılan elek serisi sırası Çizelge 4.1.’de verilmiştir.

4. 1.2. Deney yapılışı

Deney yapılması için TKİ Ilgın Linyit İşletmeleri stoğundan alınan numune deney yapılması için Niğde Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Cevher Hazırlama Ddeney Laboratuvarına götürülerek deney için hazırlanmıştır, 3 kg alınan numune belli bir süre kurutulması için bekletilmiştir. Daha sonra elek serisi oluşturularak deney yapılmaya başlanmıştır. Aşağıdaki Çizelge 4.1’de deneyi yapılan kömürü elek analizi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.1. Ilgın İşletmesinin stoğundan alınan iyi kalitede kömürün elek analizi

Tane Boyutu (mm)	Miktar		Toplam Kümülatif	
	Gram	Yüzde (%)	Elek Üstü (%)	Elek Altı (%)
+63	206,50	6,96	6,96	100,00
-63+31,	1.013,50	34,17	41,13	93,04
-31,5+16	870,00	29,33	70,47	58,87
-16+8	521,00	17,57	88,03	29,53
-8+4	170,00	5,73	93,76	11,97
-4+2	67,00	2,26	96,02	6,24
-1+0,5	27,50	0,93	96,95	3,98
-0,5+0,25	27,00	0,91	97,86	3,05
-0,25+0,125	27,50	0,93	98,79	2,14
-0,125	36,00	1,21	100,00	1,21
Toplam	2.966,00	100		

4.2. Tutuşma Sıcaklığı Yöntemi Deneyi

4.2.1. Deney setinin tanıtılması

Konya İlgın Bölgesine ait alınmış farklı yerlerden alınmış orta, taban ve silodan alınmış olan toplamda beş adet kömür numunelerinin kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarının araştırılmasında, Bülent Ecevit Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümüne ait Kendiliğinden Yanma Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Deney düzeneği görünüşü.

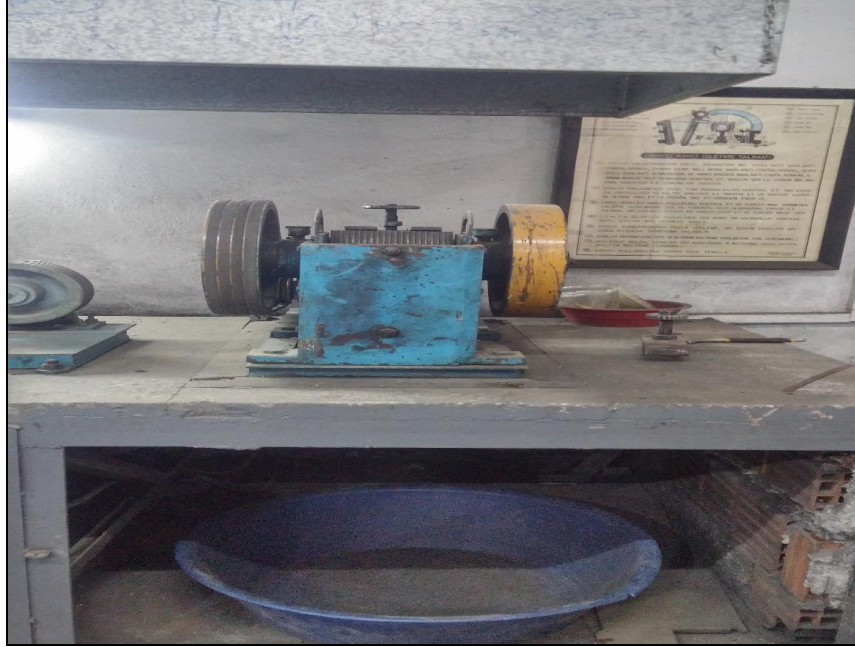
Deneylerde kullanılan, Euroterm 818P tipi, maksimum 300°C kadar ısıtılabilen bir etüv kullanılmıştır.

Bu etüv gerekli programlama yapılarak 0.5°C/dk'lık doğrusal bir artış ile 220°C'ye kadar ısıtılarak deney bitirilmektedir. Kömürün oksidasyonu için gerekli olan hava mini bir kompresör yardımı ile sağlanarak deney düzeneğine 100cc/dk'lık bir oranda etüv içindeki kömür örneklerine verilmiştir.

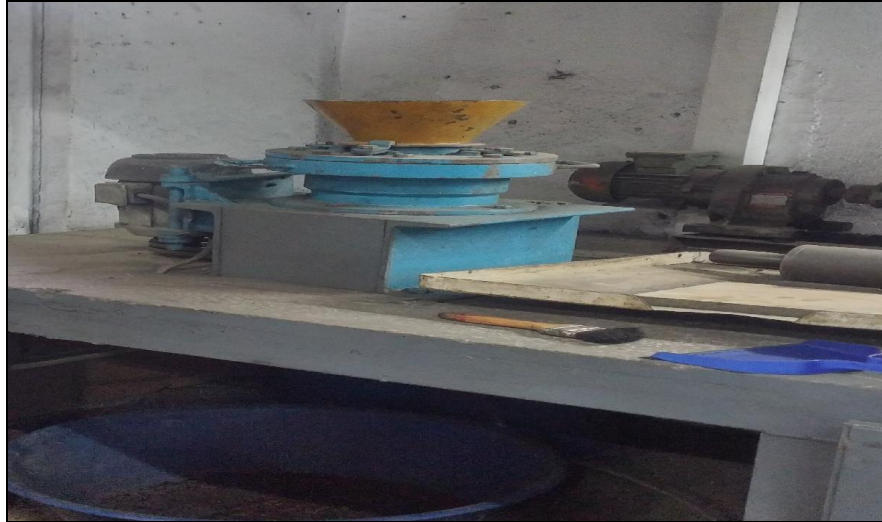
4.2. 2. Numunelerin Hazırlanışı

İlgın İR-71666 no'lu sahadaki beş farklı üretim yerinden yaklaşık 10 kg'lık numune alınmıştır. Alınan numuneler hava ile etkileşimi olmaması için sızdırmazlığı sağlanan kaplara konulmuştur.

Numuneler deney çalışmasına hazır hale getirilmesi için, önce çeneli kırıcıya sonra konik kırıcıya konulup kırılması yapılmıştır (şekil 4.2, şekil 4.3). Kırılması yapılan numunelerin istenilen boyuta getirilmesi için ğtmesi yapılıp -200 mesh boyutuna indirilmiştir (şekil 4.4).



şekil 4.2. Numune hazırlanırken kullanılan çeneli kırıcı



şekil 4.3. Numune hazırlanırken kullanılan konik kırıcı



Şekil 4.4. Numune hazırlanırken kullanılan öğütücü

4.2.3. Deneyin yapılması

İlgın Linyit İşletmesi kömürlerinin kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarının araştırılması, Bülent Ecevit Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü kendiliğinden yanma laboratuvarında, farklı yerlerden alınan numunelerin toplamda 5 adet kesişim noktası deneyi yapılmıştır.

Deney için hazırlanan 35 gr, -200 mesh boyutundaki numuneler deney sırasına göre reaktöre konularak, mini kompresörden alınan 100 cc/dk'lık hava ile deney başlatılmıştır. Deney sırasında her 5 dk'da bir etüv sıcaklığı ve bir ucu numune içinde, diğer ucu da kaydedicinin içinde olan sıcaklık ölçer aracılığı ile okunmuş ve kaydedilmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Deneye başlamadan önce deney setinin görünümü

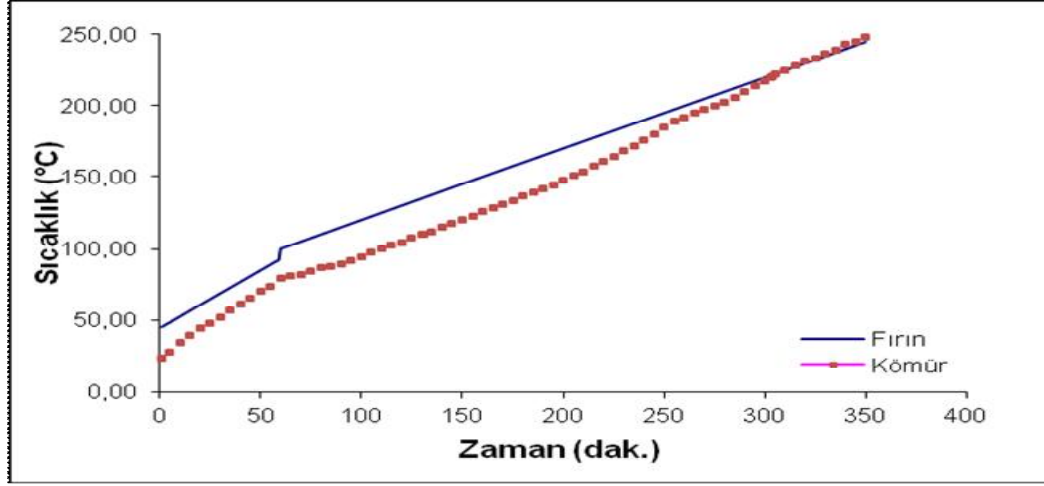
4.2.4. Deney sonuçlarının değerlendirilmesi

Deney sonuçları, reaktif tutuşma sıcaklıkları, ortalama sıcaklık artışları (OSA), Tutuşma Sıcaklığı ve Yatkinlık İndeksi (FCC) bulunmuştur. Bu değerler tutuşabilirlik grafikleri ile birlikte aşağıda çizelge ve tablo halinde gösterilmiştir.

Aşağıda Çizelge 5.1’de 1.formasyondan alınan orta tabaka kömürünün deney sonuçları ile Şekil 4.6.’da tutuşabilirlik grafikleri verilmiştir.

Çizelge 4.2. Birinci üretim yeri orta tabaka kömürü deney sonucu

Zaman (dk)	Fırın (°C)	Örnek (°C)
0	45	23
5	48	27,3
15	56	38
35	72	56,9
55	88,00	73,5
75	107	83,9
95	117,5	91,6
100	120	94
110	125	100
120	130	104
130	135	109
140	140	115
150	145	119
160	150	126
170	155	130
180	160	133
190	165	136
200	170	147
210	175	153
220	180	161
230	185	168
240	190	176
250	195	185
260	200	191
270	205	197
280	210	202
290	215	210
300	220	217
310	225	224
320	230	227
330	235	236
340	240	243
350	245	248



Şekil 4.6. Birinci üretim yeri orta tabaka kömürü tutuşabilirlik grafiği

Aşağıda verilen Çizelge 4.3.'te bulunan değerler verilmiştir.

Çizelge 4.3. Birinci üretim yeri orta tabaka kömürü elde edilen değerler

Tutuşma Sıcaklığı	234°C
OSA	0,6395
FCC	2,7330
110 °C'ye ulaşılan dakika	131
220 °C'ye ulaşılan dakika	303

Bu bilgiler doğrultusunda tutuşma sıcaklığı indeksinin değeri 2,7330 bulunmuştur. Buna göre Çizelge 3.4. bakıldığında riks indeksi 0-5 arasından olup kendiliğinde yanma Riks sınıfı düşük çıkmıştır.

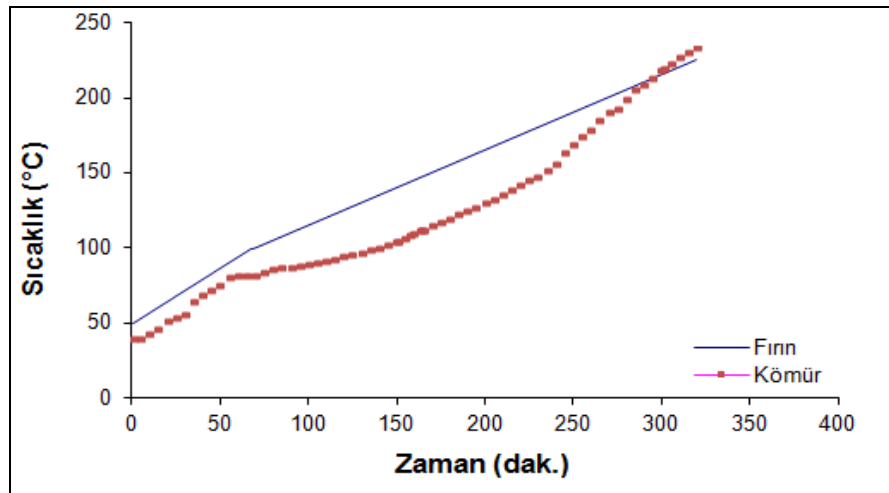
Aşağıda verilen Çizelge 4.3'de 1. üretim yerinden alınan taban kömürünü deney sonuçları ile Çizelge 4.7.'de tutuşabilirlik grafiği verilmiştir.

Çizelge 4.4. Birinci üretim yeri taban kömürünü deney sonuçları

Zaman (dk)	Fırın (°C)	Örnek (°C)
0	50	40
5	52	41
15	60	47
35	75	65
55	90	81
70	100	83

Çizelge 4.4. (Devamı) Birinci üretim yeri taban kömürünü deney sonuçları

90	110	88
100	115	90
110	120	92
120	125	95
130	130	98
140	135	101
150	140	105
160	145	111
170	150	115
180	155	120
190	160	125
200	165	130
210	170	136
220	175	142
230	180	148
240	185	156,7
250	190	170
260	195	180
270	200	191
280	205	200
290	210	210
300	215	219
310	220	228
320	225	234



Şekil 4.7. Birinci üretim yeri taban kömürünün tutuşabilirlik grafiği

Aşağıda verilen Çizelge 4.5'te ise deney sonuçlarına bağlı olarak bulunan değerler gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Birinci üretim yeri taban kömürü elde edilen değerler

Tutuşma Sıcaklığı	210°C
OSA	0,76389
FCC	3,62033
110 °C'ye ulaşılan dakika	158
220 °C'ye ulaşılan dakika	302

Bu bilgiler doğrultusunda tutuşma sıcaklığı indeksinin değeri 3,620 bulunmuştur. Buna göre Çizelge 3.4.'e bakıldığında riks indeksi 0-5 arasından olup kendiliğinde yanma riks sınıfı düşük çıkmıştır.

Aşağıda verilen Çizelge 4.6'da İkinci üretim yerinden orta tabaka kömürünün deney sonuçları verilmiştir.

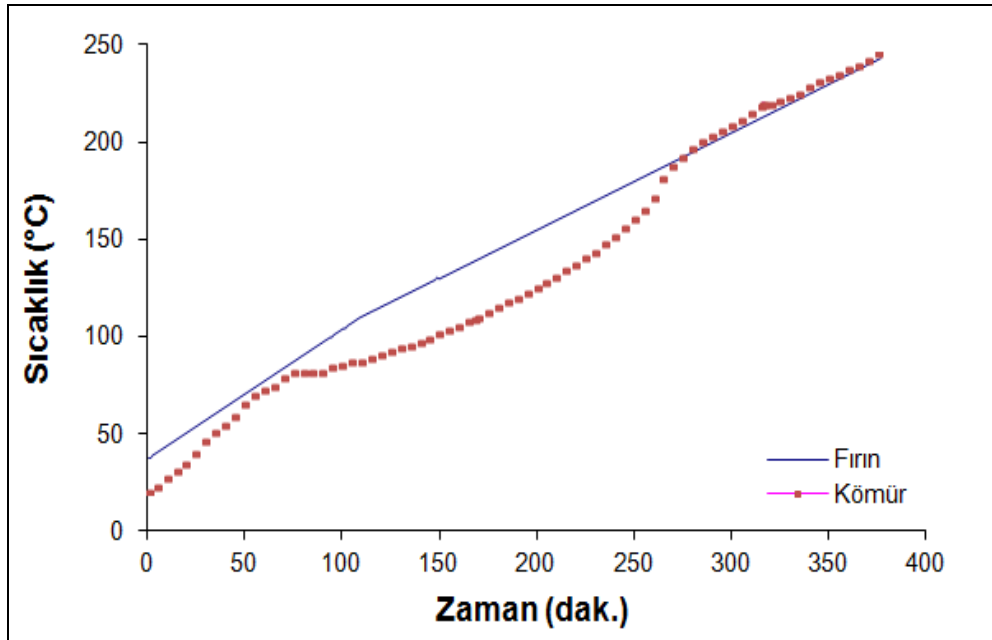
Çizelge 4.6. İkinci üretim yeri orta tabaka deney sonuçları

Zaman (dk)	Fırın (°C)	Örnek (°C)
0	38	21
5	40	23,5
15	47	32,1
35	60	51
55	73	70
70	83	80
90	97	82
100	103	86
110	110	88
120	115	91
130	120	95
140	125	98
150	130	102
160	135	106

Çizelge 4.6. (Devamı) İkinci üretim yeri orta tabaka deney sonuçları

170	140	111
180	145	115
190	150	120
200	155	126
210	160	131
220	165	137
230	170	144
240	175	152
250	180	161
260	185	172
270	190	188
280	195	197
290	200	204
300	205	209
310	210	216
320	215	220

Aşağıda verilen Şekil 4.8’de ise deney sonuçlarına göre çizilen tutuşabilirlik grafiği verilmiştir.



Şekil 4.8. İkinci üretim yeri orta tabaka kömürü tutuşabilirlik grafiği

Bu deney sonuçlarına göre aşağıdaki Çizelge 4.7’de bulunan değerler verilmiştir.

Çizelge 4.7. İkinci üretim yeri orta tabaka elde edilen değerler

Tutuşma Sıcaklığı	194°C
OSA	0,72368
FCC	3,73033
110 °C'ye ulaşılan dakika	168
220 °C'ye ulaşılan dakika	320

Aşağıda verilen Çizelge 4.8'de ikinci üretim yeri taban kömürüne ait deney sonuçları verilmiştir.

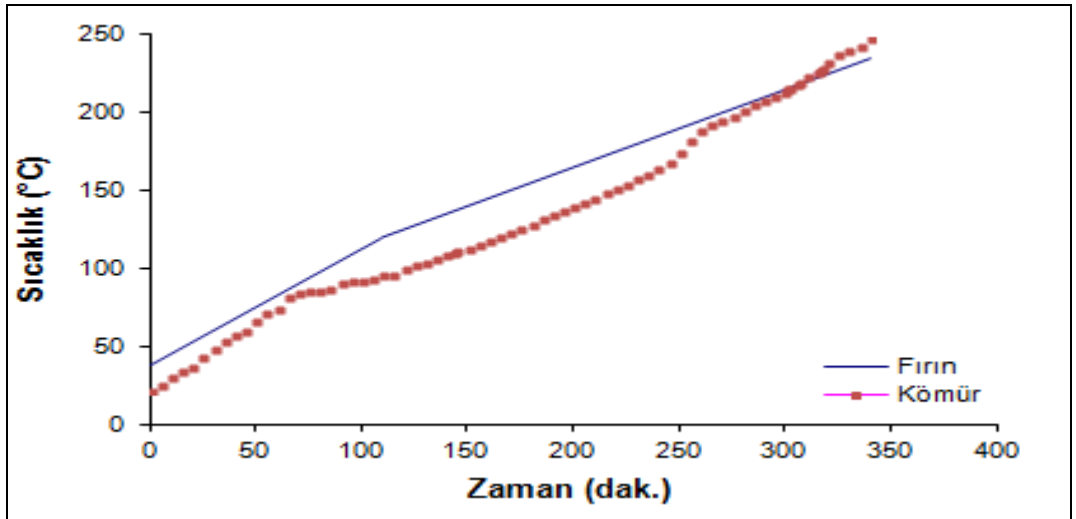
Çizelge 4.8. İkinci üretim yeri taban kömürü deney sonuçları

Zaman (dk)	Fırın (°C)	Örnek (°C)
0	38	22
5	41	26
15	48	34
35	63	53
55	78	71
70	93	85
90	104	90
100	112	92
110	120	95
120	125	100
130	130	104
140	135	108
150	140	113
160	145	118
170	150	123
180	155	128
190	160	134
200	165	139
210	170	145
220	175	151

Çizelge 4.8. (Devamı) İkinci üretim yeri taban kömürü deney sonuçları

230	180	157
240	185	164
250	190	174
260	195	188
270	200	195
280	205	202
290	210	208
300	215	213
310	220	223
320	225	232

Aşağıda verilen Şekil 4.9’da Deneye Sonuçlarına göre çizilmiş tutuşabilirlik grafiği verilmiştir.



Şekil 4.9. İkinci üretim yeri taban kömürüne ait tutuşabilirlik grafiği

Deney sonuçlarına göre bulunan değerler aşağıdaki Çizelge 4.9’da verilmiştir.

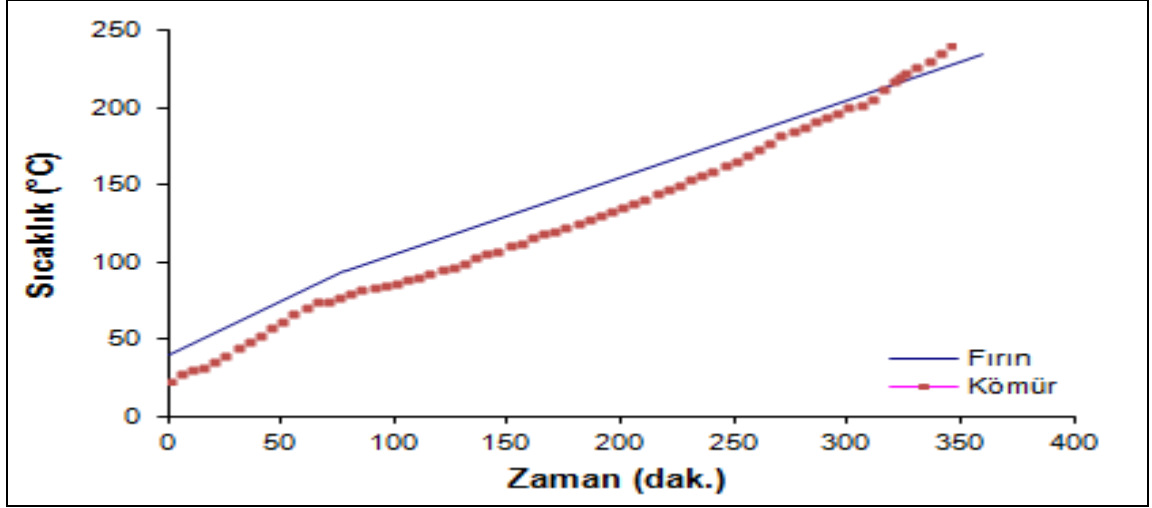
Çizelge 4.9. İkinci üretim yeri taban kömürü elde edilen değerler

Tutuşma Sıcaklığı	217 °C
OSA	0,621469
FCC	2,8639
110 °C’ye ulaşılan dakika	143
220 °C’ye ulaşılan dakika	320

Aşağıda verilen Çizelge 4.10'da silodan alınmış numunenin deney sonuçları ile Şekil 4.10'da deney sonuçlarına göre çizilen deney grafiği verilmiştir.

Çizelge 4.10. Silodan alınmış numunenin deney sonuçları

Zaman (dk)	Fırın (°C)	Örnek (°C)
0	40	23
5	42	29,7
15	49	32
35	64	48
55	78	66
70	88	75
90	100	83
100	105	86
110	110	90
120	115	94
130	120	99
140	125	105
150	130	110
160	135	115
170	140	120
180	145	125
190	150	130
200	155	135
210	160	141
220	165	146
230	170	153
240	175	159
250	180	165
260	185	173
270	190	182
280	195	187
290	200	194
300	205	199
310	210	206
320	215	217
320	220	227



Şekil 4.10. Silodan alınmış numunenin tutuşabilirlik grafiği

Aşağıda verilen Çizelge 4.11’de deney sonuçlarına göre bulunan değerler verilmiştir.

Çizelge 4.11. Silodan alınmış numunenin elde edilen değerleri

Tutuşma Sıcaklığı	213 °C
OSA	0,639535
FCC	3,002511
110 °C’ye ulaşılan dakika	150
220 °C’ye ulaşılan dakika	322

Aşağıdaki Çizelge 4.12’de tüm numunelerin deney sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.12. Tüm numunelerin deney sonuçları

Numune Adı	OSA (°C/DK)	Risk İndeksi	Risk Sınıflandırması
1. Formasyon orta tabaka	0,6395	2,7330	Düşük
1. Formasyon taban	0,7638	3,6203	Düşük
2. Formasyon orta tabaka	0,7236	3,7303	Düşük
2. Formasyon taban	0,62146	2,8639	Düşük
Silo	0,63953	3,0251	Düşük

Deney sonuçlarına göre, Ilgın Linyit İşletmesinden alınan numunelerin kesişim noktası deneyleri çok fazla bir değişkenlik göstermemiş olup, genelde tutuşma sıcaklığı 194-217 °C arasında değişmektedir. Ortalama sıcaklık artışlarında düşük olduğu tespit

edilmiştir. Bundan dolayı, yanmaya yatkınlık indeksleri 2,73-3,73 arasında olduğu görülmüştür.

Bu sonuçlar doğrultusunda, Ilgın açık kömür ocağının kendiliğinden yanmaya yatkınlığının “düşük” risk grubunda olduğu görülmektedir. Ilgın kömürlerinin %40’ın üstünde nem olması kesişim noktasında yapay bir yükselme meydana getirmiş olabilir. Ilgın kömürlerinde stoğa çekilen kömürlerin neminin atması, bunu belli bir süre bekletilmekte olan kömürün üzerinden çıkan beyaz renkli dumanlar neminin atığının bir göstergesidir. Ilgın kömürleri düşük risk grubunda olmasına rağmen, kendiliğinden yanma olmaması ve çevre koşullar olan rüzgâr, yağmur gibi etkenlere maruz kalmadan stoktan sevki sağlanmalıdır.

4.3. TGA/DTA Deneyleri

TGA/DTA eşzamanlı bir tekniktir. Numunenin ağırlık değişimi ve referans ile arasındaki sıcaklık farkı kontrollü bir sıcaklık programı kullanılarak ölçülür. Bir malzemenin sıcaklık artışı ile bünyesinde meydana gelen termal ve gravimetrik değişimleri belirlemekte kullanılır. Malzeme bünyesinde meydana gelen ağırlık değişimleri (su kaybı, organik madde uzaklaşması gibi) termogravimetri (TG), ekzotermik ya da endotermik reaksiyonlar sonucu meydana gelen sıcaklık değişimleri diferansiyel termal analiz (DTA) cihazı ile tespit edilir. DTA, erime, kaynama, parçalanma noktalarını yüksek bir doğrulukla tayin eder. Ayrıca kristalleşme ve faz değişimleri hakkında da bilgi vermektedir.

4.3.1. Deney Setinin Tanıtımı

Netsch marka DSC cihazı yönteminde malzeme ve referans maddesine aynı sıcaklık programı uygulanırken malzemede bir değişiklik olması halinde, malzemeyi veya referansa bir elektrik devresi yardımı ile dışarıdan ısı eklenerek her ikisinin de aynı sıcaklıkta kalması sağlanır (Şekil 4.11). DSC eğrileri, eklenen eğrilerin ısının sıcaklığa karşı çizilen grafikleridir. Bu grafikte görülen pikin altında kalan alan tepkimede emilen veya açığa çıkan ısıyla, pik yükseklikleri de tepkime hızı ile doğrudan orantılıdır. dH pozitif ise (endotermik), malzeme ısıtıcısına ısı eklenir ve pozitif bir sinyal elde edilir. dH negatif ise (ekzotermik), referans ısıtıcısına ısı eklenir ve bir negatif sinyal elde edilir. Bu piklerin integrali numunenin aldığı veya verdiği ısı miktarına bağlıdır. DSC

yalnız entalpi değişiminin olduğu olaylara karşı değil, aynı zamanda numune ile referansın ısı kapasiteleri arasındaki farka karşı da çok duyarlıdır. Ayrıca, cihaz ile DSC-TG, DTA-TG ve iri malzemeler için (en fazla 5cm³'lük hacmi dolduracak numuneler için) sadece TG gibi üç farklı analiz yapılabilmektedir.



Şekil 4.11. Netzsch marka TGA/DTA analiz cihazı

4.3.2. Deneyin Yapılışı

İlgın Linyit İşletmesindeki 5 farklı üretim yerinden alınan numelerinin TGA/DTA analizleri Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (TUAM)'da yapılmıştır. Alınan numuneler gerekli boyut küçültme işleminden sonra, 10 gr kadar numune cihaza konularak normal ortamda deney gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçları bilgisayarda otomatik olarak kayıt altına alınmıştır.

4.3.3. Deney Sonuçları Değerlendirilmesi

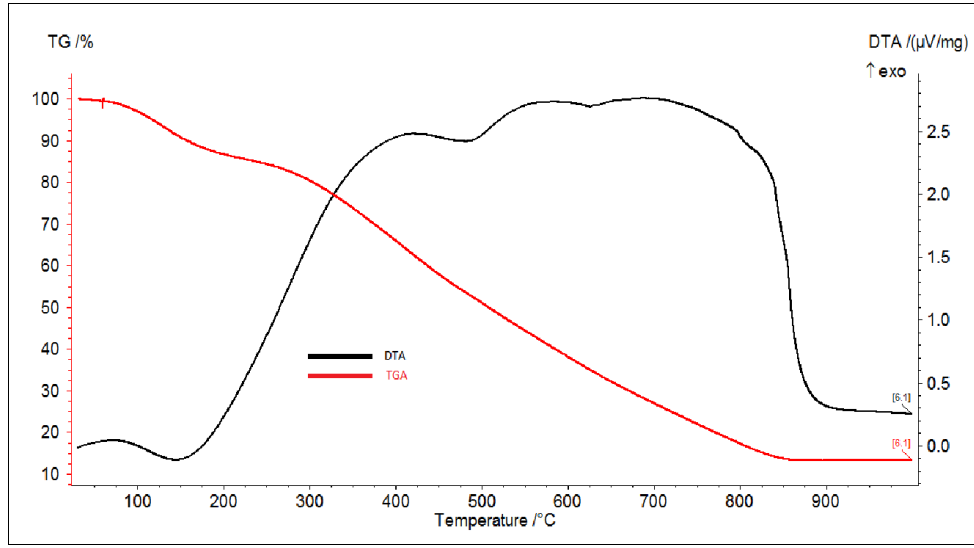
Yapılan 5 farklı numuneye ait deney sonuçları ve çizilen DTA/TGA grafikleri verilmiştir. Aşağıda, Çizelge 4.13 ve Çizelge 4.14'te birinci üretim yeri orta tabaka kömür DTA/TGA deney sonuçları elde edilerek Şekil 4.12.'de deney grafiği çizilmiştir.

Çizelge 4.13. Birinci üretim yeri orta tabaka kömür DTA deney sonuçları

Derece-(°C)	Zaman-(Dk)-;DTA	uV/mg;-Sensit-/uV/mV
30.56300	0.0000e+000;	1.3720e-002;1.00000
31.56300	0.73703;	1.0970e-002;1.00000
32.56300	0.96228;	6.7944e-003;1.00000
33.56300	1.14555;	3.2988e-003;1.00000
34.56300	1.29909;	1.2059e-003;1.00000
35.56300	1.43403;	1.0145e-003;1.00000
36.56300	1.55272;	3.1778e-003;1.00000
37.56300	1.66158;	5.1106e-003;1.00000
38.56300	1.76112;	6.9254e-003;1.00000
39.56300	1.85422;	8.9328e-003;1.00000
40.56300	1.94238;	1.0663e-002;1.00000
50.56300	2.64700;	2.6101e-002;1.00000
100.56300	4.83772;	2.7600e-003;1.00000
200.56300	8.47297;	0.23835;1.00000
300.56300	13.35051;	1.64224;1.00000
400.56300	18.50945;	2.45312;1.00000
500.56300	23.53704;	2.47530;1.00000
600.56300	28.55144;	2.72732;1.00000
700.56300	33.55554;	2.75830;1.00000
800.56300	38.55390;	2.45410;1.00000
900.56300	43.55404;	0.31494;1.00000

Çizelge 4.14. Birinci üretim yeri orta tabaka TGA deney sonuçları

Sıcaklık (°C)	Zaman (dk)	Kütle (%)
30.56300	0.0000e+000;	10.000.000
31.56300	0.73703;	9.996.562
32.56300	0.96228;	9.995.779
33.56300	1.14555;	9.991.377
34.56300	1.29909;	9.988.422
35.56300	1.43403;	9.987.332
36.56300	1.55272;	9.986.115
37.56300	1.66158;	9.980.827
38.56300	1.76112;	9.981.640
39.56300	1.85422;	9.980.235
40.56300	1.94238;	9.980.382
50.56300	2.64700;	9.963.559
100.56300	4.83772;	9.687.001
200.56300	8.47297;	8.664.876
300.56300	13.35051;	8.027.745
400.56300	18.50945;	6.584.251
500.56300	23.53704;	5.095.277
600.56300	28.55144;	3.804.601
650.56300	31.05771;	3.211.777
700.56300	33.55554;	2.689.679
800.56300	38.55390;	1.724.933
900.56300	43.55404;	1.343.609
998.56300	48.44713;	1.344.038



Şekil 4.12. Birinci üretim yeri orta tabaka TGA/DTA grafiği

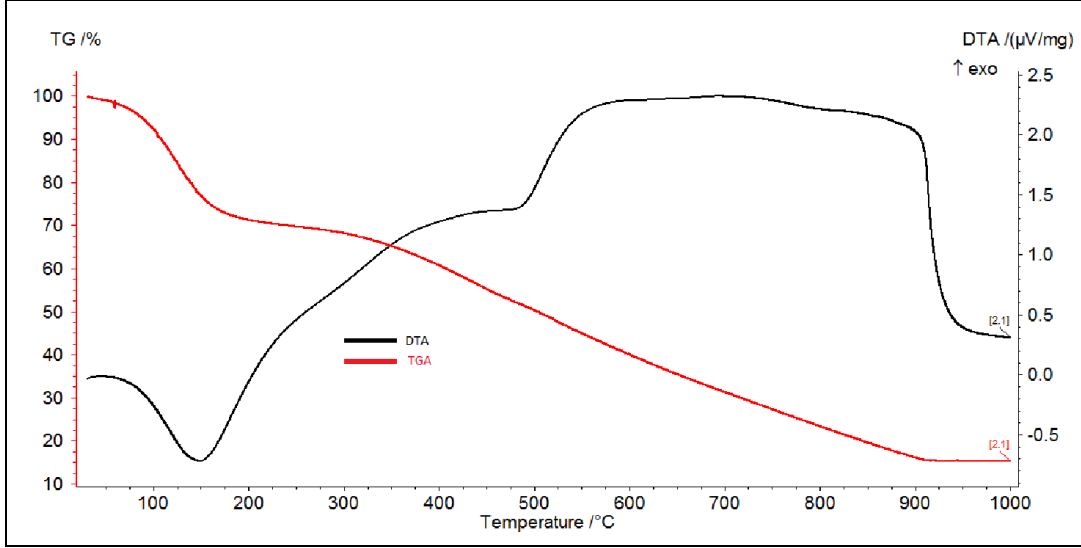
Aşağıda, Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16’da birinci üretim yeri taban kömürü DTA/TGA deney sonuçları elde edilmiş ve bu deney sonuçlarına göre Şekil 4.13’de deney grafiği çizilmiştir.

Çizelge 4.15. Birinci üretim yeri taban kömürü DTA deney sonuçları

Sıcaklık (°C)	Zaman (dk) ; DTA	uV/mg ; Sensit. uV/mW
30.31700	0.0000e+000;-	3.7122e-002;1.00000
31.31700	0.73706;-	3.0745e-002;1.00000
32.31700	0.96153;-	2.7041e-002;1.00000
33.31700	1.14357;-	2.3939e-002;1.00000
34.31700	1.29691;-	2.1917e-002;1.00000
35.31700	1.42979;-	2.0118e-002;1.00000
36.31700	1.54935;-	1.8702e-002;1.00000
37.31700	1.65757;-	1.7510e-002;1.00000
38.31700	1.75666;-	1.6908e-002;1.00000
39.31700	1.85008;-	1.6121e-002;1.00000
40.31700	1.93768;-	1.5331e-002;1.00000
50.31700	2.64044;-	1.6028e-002;1.00000
100.31700	4.82835;-	-0.25971;1.00000
200.31700	8.47014;-	5.3791e-002;1.00000
300.31700	13.33648;	0.76476;1.00000
400.31700	18.49606;	1.27519;1.00000
500.31700	23.52468;	1.55510;1.00000
600.31700	28.53637;	2.28815;1.00000
700.31700	33.54494;	2.32249;1.00000
800.31700	38.54378;	2.21329;1.00000
900.31700	43.53935;	2.02603;1.00000
999.31700	48.48196;	0.30961;1.00000

Çizelge 4.16. Birinci üretim yeri taban kömürü TGA deney sonuçları

Sıcaklık (°C)	Zaman (dk)	Kütle (%)
30.31700	0.0000e+000	10.000.000
40.31700	1.93768	9.934.048
41.31700	2.02137	9.928.529
42.31700	2.10027	9.924.545
43.31700	2.17624	9.920.441
44.31700	2.24934	9.916.401
45.31700	2.31963	9.913.060
46.31700	2.38771	9.908.852
47.31700	2.45374	9.904.326
48.31700	2.51787	9.900.486
49.31700	2.57993	9.896.329
50.31700	2.64044	9.892.655
100.31700	4.82835	9.227.680
200.31700	8.47014	7.121.282
300.31700	13.33648	6.813.652
400.31700	18.49606	6.065.873
500.31700	23.52468	5.025.499
600.31700	28.53637	3.996.914
700.31700	33.54494	3.126.424
800.31700	38.54378	2.333.706
900.31700	43.53935	1.610.716
960.31700	46.53591	1.538.436
970.31700	47.03293	1.537.450
980.31700	47.53148	1.537.124
990.31700	48.03138	1.535.486
995.31700	48.28190	1.535.155
996.31700	48.33192	1.535.128
999.31700;	48.48196;	1.535.484



Şekil 4.13. Birinci üretim yeri taban kömürü TGA/DTA deney grafiği

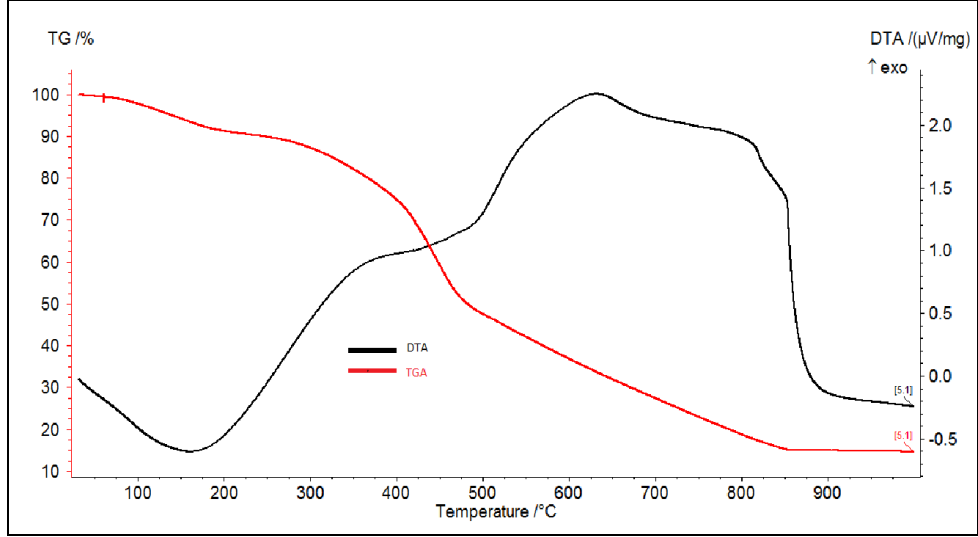
Aşağıda, Çizelge 4.17 ve Çizelge 4.18’de ikinci üretim yeri orta tabaka kömür DTA/TGA deney sonuçları elde edilmiş ve bu sonuçlar doğrultusunda Şekil 4.14.’de deney grafiği elde edilmiştir

Çizelge 4.17. İkinci üretim yeri orta tabaka DTA deney sonucu

Sıcaklık (°C)	Zaman (dk) ;DTA	(uV/mg); Sensit./(uV/mW)
30.90800	0.0000e+000;-	1.3362e-002; 1.00000
31.90800	0.73080;-	2.4487e-002; 1.00000
32.90800	0.95443;-	3.2743e-002; 1.00000
33.90800	1.13326;-	4.0407e-002; 1.00000
34.90800	1.28635;-	4.7942e-002;1.00000
35.90800	1.42032;-	5.5003e-002;1.00000
36.90800	1.53798;-	6.1153e-002;1.00000
37.90800	1.64610;-	6.7408e-002;1.00000
38.90800	1.74530;-	7.3191e-002;1.00000
39.90800	1.83769;-	7.9110e-002;1.00000
40.90800	1.92545;-	8.4824e-002;1.00000
50.90800	2.62812;	-0.13750;1.00000
100.90800	4.81916;	-0.41865;1.00000
200.90800	8.48728;	-0.46781;1.00000
300.90800	13.38563;	0.45309;1.00000
400.90800	18.52788;	0.97552;1.00000
500.90800	23.55531;	1.30630;1.00000
600.90800	28.56698;	2.17162;1.00000
700.90800	33.57580;	2.05613;1.00000
800.90800	38.57096;	1.89955;1.00000
900.90800	43.57085;	-0.13768;1.00000
998.90800	48.46412;	-0.24290;1.00000

Çizelge 4.18. İkinci formasyon orta tabaka kömürü TGA deney sonucu

Sıcaklık (°C)	Zaman (dk); DTA	Kütle (%)
30.90800	0.0000e+000;	10.000.000
31.90800	0.73080;	9.993.174
32.90800	0.95443;	9.992.207
33.90800	1.13326;	9.985.793
34.90800	1.28635;	9.983.940
35.90800	1.42032;	9.983.876
36.90800	1.53798;	9.983.473
37.90800	1.64610;	9.979.000
38.90800	1.74530;	9.978.194
39.90800	1.83769;	9.976.316
40.90800	1.92545;	9.975.967
50.90800	2.62812;	9.959.189
100.90800	4.81916;	9.773.097
150.90800	6.59611;	9.413.861
200.90800	8.48728;	9.122.071
250.90800	10.76564;	8.981.055
300.90800	13.38563;	8.717.153
350.90800	15.99371;	8.207.327
400.90800	18.52788;	7.471.625
450.90800	21.03691;	5.895.376
500.90800	23.55531;	4.748.697
550.90800	26.06150;	4.200.030
600.90800	28.56698;	3.675.928
650.90800	31.07415;	3.190.017
700.90800	33.57580;	2.736.747
750.90800	36.06827;	2.294.455
800.90800	38.57096;	1.872.613
850.90800	41.07132;	1.523.543
900.90800	43.57085;	1.495.471
950.90800	46.06547;	1.484.954
960.90800	46.56528;	1.481.940
970.90800	47.06481;	1.478.558
980.90800	47.56436;	1.474.805
990.90800	48.06409;	1.470.286
991.90800	48.11417;	1.469.512
992.90800	48.16424;	1.469.538
993.90800	48.21426;	1.468.764
994.90800	48.26430;	1.468.787
995.90800	48.31436;	1.468.016
996.90800	48.36441;	1.468.411
997.90800	48.41436;	1.468.783
998.90800	48.46412;	1.468.037



Şekil 4.14. İkinci üretim yeri orta tabak TGA/DTA deneyleri grafikleri

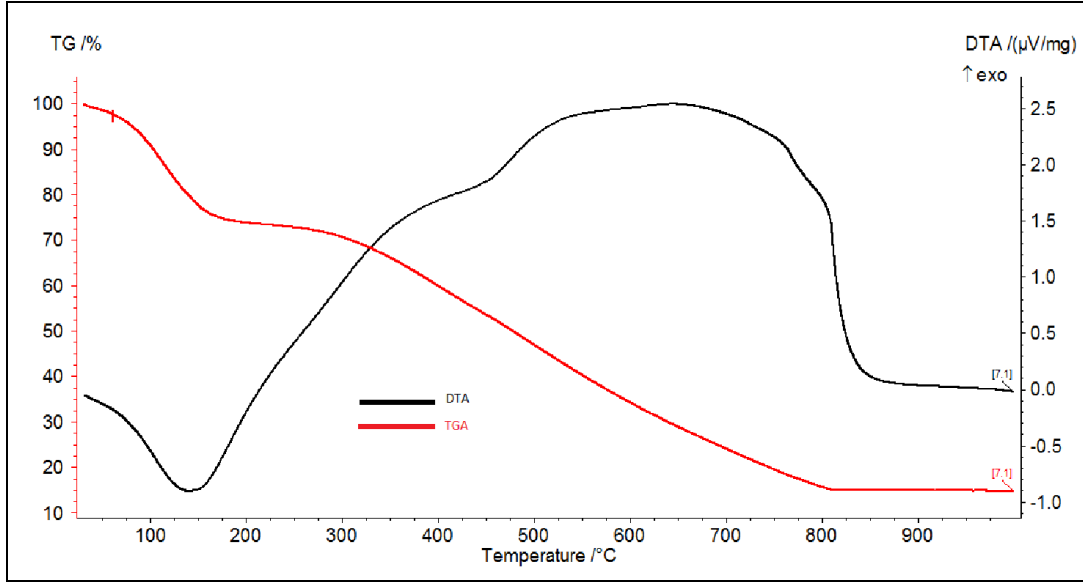
Aşağıda, Çizelge 4.19 ve Çizelge 4.20’de İkinci üretim yeri taban kömürü DTA/TGA deney sonuçları elde edilmiş ve bu deney sonuçlarına bağlı olarak Şekil 4.15’de deney grafiği elde edilmiştir.

Çizelge 4.19. İkinci üretim yeri taban kömürü DTA deney sonuçları

Sıcaklık (°C)	Zaman (dk) ;DTA	uV/mg; Sensit./ uV/mW
31.11200	0.0000e+000;-	4.9123e-002;1.00000
32.11200	0.72346;-	5.5175e-002;1.00000
33.11200	0.94698;-	5.8800e-002;1.00000
34.11200	1.12645;-	6.2963e-002;1.00000
35.11200	1.27948;-	6.7472e-002;1.00000
36.11200	1.41254;-	7.1805e-002;1.00000
37.11200	1.53095;-	7.5800e-002;1.00000
38.11200	1.63866;-	7.9686e-002;1.00000
39.11200	1.73793;-	8.3908e-002;1.00000
40.11200	1.83109;-	8.8069e-002;1.00000
50.11200	2.56120;	-0.12804;1.00000
100.11200	4.78133;	-0.54358;1.00000
200.11200	8.46400;	-0.20177;1.00000
300.11200	13.33978;	0.95436;1.00000
400.11200	18.48888;	1.68280;1.00000
500.11200	23.51167;	2.25224;1.00000
600.11200	28.52787;	2.50434;1.00000
700.11200	33.53252;	2.45326;1.00000
800.11200	38.53374;	1.70445;1.00000
900.11200	43.52875;	3.5243e-002;1.00000
999.11200;	48.47474;-	1.9252e-002;1.00000

Çizelge 4.20. İkinci üretim yeri taban kömürü TGA deney sonuçları

Sıcaklık (°C)	Zaman (dk)	Kütle (%)
31.11200	0.0000e+000;	10.000.000
32.11200	0.72346;	9.970.652
33.11200	0.94698;	9.963.427
34.11200	1.12645;	9.952.652
35.11200	1.27948;	9.942.598
36.11200	1.41254;	9.935.378
37.11200	1.53095;	9.931.405
38.11200	1.63866;	9.921.984
39.11200	1.73793;	9.917.307
40.11200	1.83109;	9.911.541
50.11200	2.56120;	9.857.851
100.11200	4.78133;	9.090.394
150.11200	6.56988;	7.765.058
200.11200	8.46400;	7.382.064
250.11200	10.72685;	7.282.315
300.11200	13.33978;	7.063.780
350.11200	15.95412;	6.615.595
400.11200	18.48888;	5.992.609
450.11200	21.00223;	5.357.506
500.11200	23.51167;	4.693.630
550.11200	26.02206;	4.030.820
600.11200	28.52787;	3.424.265
650.11200	31.03315;	2.891.081
700.11200	33.53252;	2.408.147
750.11200	36.03115;	1.950.866
800.11200	38.53374;	1.564.628
850.11200	41.03767;	1.492.574
900.11200	43.52875;	1.491.713
950.11200	46.02516;	1.488.310
960.11200	46.52635;	1.488.738
970.11200	47.02712;	1.487.889
980.11200	47.52677;	1.486.612
990.11200	48.02576;	1.483.204
991.11200	48.07559;	1.483.213
992.11200	48.12550;	1.483.638
993.11200	48.17542;	1.483.213
994.11200	48.22524;	1.483.213
995.11200	48.27509;	1.482.788
996.11200	48.32511;	1.482.364
997.11200	48.37505;	1.481.933
998.11200;	48.42490;	1.482.363
999.11200;	48.47474;	1.482.363



Şekil 4. 15. İkinci üretim yeri taban kömürü TGA/DTA deney grafikleri

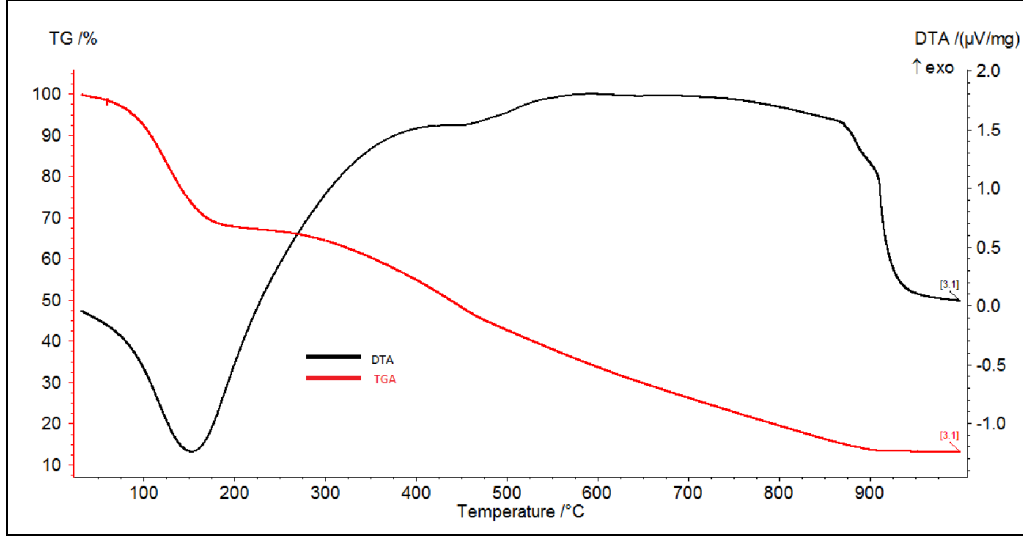
Aşağıda, Çizelge 4.21 ve Çizelge 4.22’de Silodan alınmış kömürün DTA/TGA deney sonuçları elde edilmiş ve bu deneyler sonuçlarına göre Şekil 4.16’da deney grafikleri çizilmiştir

Çizelge 4.21. Silodan alınmış kömür numune DTA deney sonuçları

Sıcaklık (°C)	Zaman (Sıcaklık); DTA	uV/mg; Sensit./ uV/mW
33.55100	1.14603;-	5.2263e-002;1.00000
34.55100	1.30174;-	5.6728e-002;1.00000
35.55100	1.43620;-	6.1044e-002;1.00000
36.55100	1.55501;-	6.5250e-002;1.00000
37.55100	1.66390;-	6.9558e-002;1.00000
38.55100	1.76385;-	7.3844e-002;1.00000
39.55100	1.85707;-	7.8007e-002;1.00000
40.55100	1.94443;-	8.2063e-002;1.00000
44.55100	2.25739;-	9.8891e-002;1.00000
50.55100	2.65106;	-0.12439;1.00000
100.55100	4.83973;	-0.54131;1.00000
200.55100	8.48216;	-0.48460;1.00000
300.55100	13.33262;	0.95364;1.00000
400.55100	18.51239;	1.50894;1.00000
500.55100	23.53593;	1.64455;1.00000
600.55100	28.55154;	1.79952;1.00000
700.55100	33.55417;	1.78196;1.00000
800.55100	38.55369;	1.69069;1.00000
900.55100	43.55293;	1.21474;1.00000
998.55100	48.44648;	4.2654e-002;1.00000

Çizelge 4.22. Silodan alınmış kömür numunenin TGA deney sonucu

Sıcaklık (°C)	Zaman (dk)	Kütle %
30.55100;	0.0000e+000;	10.000.000
31.55100;	0.73786;	9.978.242
32.55100;	0.96590;	9.972.002
33.55100;	1.14603;	9.965.504
34.55100;	1.30174;	9.958.997
35.55100;	1.43620;	9.955.142
36.55100;	1.55501;	9.951.097
37.55100;	1.66390;	9.944.436
38.55100;	1.76385;	9.941.751
39.55100;	1.85707;	9.937.982
40.55100;	1.94443;	9.934.467
50.55100;	2.65106;	9.894.837
100.55100;	4.83973;	9.222.030
150.55100;	6.60801;	7.413.448
200.55100;	8.48216;	6.774.029
250.55100;	10.71659;	6.661.110
300.55100;	13.33262;	6.434.351
350.55100;	15.96968;	6.025.622
400.55100;	18.51239;	5.481.564
450.55100;	21.02505;	4.817.154
500.55100;	23.53593;	4.265.710
501.55100;	23.58613;	4.256.579
550.55100;	26.04531;	3.798.791
600.55100;	28.55154;	3.364.696
650.55100;	31.05529;	2.978.540
700.55100;	33.55417;	2.618.337
750.55100;	36.05379;	2.276.927
800.55100;	38.55369;	1.945.695
850.55100;	41.05227;	1.622.826
900.55100;	43.55293;	1.366.440
950.55100;	46.05097;	1.323.412
960.55100;	46.54828;	1.322.589
970.55100;	47.04639;	1.322.313
980.55100;	47.54603;	1.321.478
990.55100;	48.04639;	1.319.516
991.55100;	48.09631;	1.320.108
992.55100;	48.14632;	1.319.533
993.55100;	48.19644;	1.319.533
994.55100;	48.24644;	1.318.977
995.55100;	48.29644;	1.318.978
996.55100;	48.34640;	1.319.248
997.55100;	48.39634;	1.319.239
998.55100;	48.44648;	1.318.913



Şekil 4.16. Silodan alınmış kömür numunenin TGA/DTA grafiği

Deney sonuçları ve oluşturulan TGA/DTA grafikleri incelendiğinde, kömür numuneleri genel itibari ile başta endotermik bir reaksiyon göstermişlerdir. Bu da kömür 0-200 °C'ye arasında nemini attığını, daha sonra hızlı bir reaksiyon göstererek 200-300 °C arasında hızlı bir artış göstererek ekzotermik reaksiyon göstererek kömürün ortama sıcaklığına bağlı olarak oksidasyona uğradığı ve kendiliğinden yanma meydana geldiği söylenebilir. Burada elde edilen grafiklerin ekzotermik reaksiyon vermeye başladığı andan itibaren ki grafiğin ani yüklesinin eğimidir. Bu da bize kömürün kendiliğinden yanmaya yatkınlığını göstermektedir. TGA grafiğine bakıldığında ise kütleli olarak sürekli bir düşüme meydana gelmiş, fakat 0-200 °C'de genellikle hızlı bir düşüş meydana geldiği gözlenmiş bu da bize kömür numunelerinin neminin uzaklaştığını kanıtlamaktadır. Daha sonraki sıcaklık periyotlarda ise kömür numunesi kütleli reaksiyon uğrayarak kütle kaybını sürdürmektedir.

Bu sonuçlar sayesinde İR-71666 no'lu ruhsat sahasında daha önceden yapılmayan deneyler yapılarak sahaya önemli bir katkı sağlanmıştır. Deneyler sonucunda kömürün kendiliğinden yanma aktifliğini belirleyerek üretim anında ve stoklamada kömürün durumuna göre önlemler alınması sağlanmıştır. Bunun sayesinde Iğın İşletmesinde ekonomik ve ekolojik yönden zararların önüne geçilmesi amaçlanmıştır.

BÖLÜM V

AÇIK KÖMÜR OCAKLARINDA KENDİLİĞİNDEN YANMA İLE MÜCADELE

Kendiliğinden yanma üretim ve kömürün stoğa çekilmesi sırasından olabileceği için, bunlar için alınabilecek önlemlerin çalışmaları iki başlıkta vermek mümkündür.

5.1. Üretim Sırasında Alınabilecek Önlemler

Üretim sırasında yapılabilecek ilk önlem kömürün kendiliğinden yanmasının yatkınlığını ölçülebilmekte ve daha önceki çalışma tecrübeleri bize gerekli önlemlerin alınmasında fikir vermektedir. Üretim sırasından üzeri açılan kömürün hava şartlarından etkilenmemesi ve bir an önce kömürün alınıp stoğa çekilmesi gerekmektedir.

Açık ocaktaki üretim, yeraltı ocaklarındaki gibi kapalı bir ortamda yapılmadığından açığa çıkan gazlar yeraltındaki gibi dikkat edilmesede üretim faaliyeti sırasında farkedilebilir veya cihazla ölçüm yapılabilir.

Kızışma meydana geldiğinde yapılabilecek en iyi yöntem hava ile teması kesmektir. Böylece kızışmanın daha da ileri seviyelere ulaşması önlenebilir. Hava ile teması kesmekte aşağıdaki yöntemler kullanılabilir.

- Kızışma olan bölge çimento ve kül ile macun gibi sızdırmaz özelliğe sahip maddelerle doldurulmaktadır.
- Çalışılan bölge müsait ise kızışan kısım su ile doldurulabilir. Burada önemli olan nokta suyun yangın bölgesi dışına çıkmamasıdır. Yöntemin dezavantajı ise, bölgede su gazlarının meydana çıkması ve tehlike biten bölgede aşırı nemden dolayı tekrar kızışma yaşanabilmesidir.
- Kızılötesi cihazlar yardımıyla tespit edilen kızışan bölge kazılarak uzaklaştırılmakta ve açığa çıkan yeni yüzey hava sızdırmaz maddelerle sıvanmalıdır. Kazılan kömür ise bir an önce bölgeden dışarı çıkarılmalıdır.
- Kızışan bölgeye azot, karbondioksit veya yangın gazlarının enjekte edilerek oksijen derişimin düşürülmesi sağlanır (Erkan, 1964).

5.2. Açık Ocak İşletmelerinde Kömür Stoklanması Sırasında Alınabilecek Önlemler

Kömürün kendiliğinden yanmasının engellenmesi için alınması gereken en etkili önlem, yanmanın gerçekleşmesi için gerekli olan 3 elemandan en uygununun uzaklaştırılması olacaktır. Yanma; yakıcı ve ısı olmaksızın meydana gelmez. Açık ocak işletme faaliyetleri sırasında karşılaşılan yangınlar uzun süre açık kalan panolar ve üretimi yapılan kömürün stoklanması sırasında meydana gelmiştir. Bu bölümde kömür stoklanması sırasında kömür yangınlarının önlenmesi için alınabilecek bazı önlemler, stoklama süreleri, stoklama yapıldıktan sonra çıkan yangınlar ve çıkan bu yangınların önlenmesi ve söndürülmesi için alınabilecek önlemler verilmiştir.

Açık ocaklarda üretilen kömür yerüstü tesislerinin bir parçası olarak nitelendirilen stok sahalarında silo benzeri yerlerde depolanmaktadır. Depolanan bu yerlerde depolama sırasında karşılaşılabilecek en büyük sorun, genel anlamda her türlü kömürde görülen kendiliğinden kızışmadır. Bu tehlikeyi ortadan kaldırabilmek için çeşitli önlemler aşağıda gibi sıralanmıştır.

- Yığınların tabanı düz olmalı, tabanda yığına hava geçmemesine dikkat edilmelidir. Beton en uygun zemindir. Toprak üzerine yığılmış kömür tozu veya killi malzemeleri sıkıştırma yapılması durumunda da iyi bir zemin elde edilebilir. Üzerinde çöp, tahta parçaları bitki artıkları vb. bulunan yüzeyler kesinlikle emniyetli değildir.
- Prensip olarak, depolanacak kömürün önceden bir miktar oksitlenmesi alınabilecek tedbirlerdir. Serilen tabaka, üzerine yeni bir tabaka gelmeden önce bir süre bekletilirse, kömür, havanın oksijenini absorblar ve reaktifliği azalır.
- Yığını oluşturan taneleri boyutları mümkün olduğunca ölçüde birbirine yakın olmalıdır. İri parçalı ve toz kömür birlikte depolandığında mutlaka ince tanelerin irilerden kendiliğinden ayrılması (segregrasyon) olayı meydana gelir. Hava iri parçalar arasındaki boşluklardan geçerek toz kömürü kızıştırır. Yığın sadece büyük parçalardan oluşuyor ise, belirli noktalardan yükselen sıcaklık devamlı bir şekilde atmosfere taşınacağından, kızışma olayı önemli bir biçimde azalır.
- Oluşturulan yığının bir silindir veya benzeri bir araç ile sıkıştırılması çok yararlıdır. Sıkıştırılmış yığınların kızışma genellikle kenar kısımlardan gelişir. Çünkü bu bölümler daha az basınç etkisinde kalmaktadır. Bunun için yan

yüzeyle eğim yaklaşık 14° olarak verilerek silindirle sıkıştırma yoluna gidilmelidir. Bu nedenle yığınlar, yamuk piramit veya konik şekilli olur.

- Kömür oksidasyonunun yığın yükseklik ve genişliği ile ilişkisi yoktur. Ancak boyutlar düşey ve yatay projeksiyonlarda arttıkça, daha fazla kızışma noktası faaliyete geçeceğinden yangın çıkma olasılığı artmaktadır. Farklı kömürler için yığın yüksekliği aşağıda sınırlamaları geçmemelidir.
 - Antrasit 6-10 metre arası
 - Gazlı taşkömürler 4-8 metre arası
 - Linyit ve briketi 4-6 metre
 - Parça linyit 2-4 metre
- Depolama işlemleri sırasında kömür parçalarının kırılıp yeni yüzeyleri oluşturmamasına dikkat edilmelidir.
- Kömür yığınları, buhar kazanları, sıcak boruları vb. ısı kaynaklarına yakın olmamalıdır.

5.2.1. Stoklamanın kömürler üstündeki etkisi

Stoklamanın farklı kömürler üzerinde farklı etkileri olacaktır. Özellikle sıkıştırılmamış kömürler üzerinde aşağıda sıralandığı gibi olumsuz etkiler gerçekleşir;

- a) Tane boyunun küçülmesi ve tozlaşma,
- b) Yanma karakteristiklerindeki değişiklikler,
- c) Oksidasyondan dolayı kalorifik değerde kayıplar,
- d) Asidik akışkan (su) oluşumu,
- e) Kendiliğinden yanma,
- f) Silo, bunker gibi kapalı alanlarda patlama tehlikesi,

Bunlardan, bozunma süreci kömür içerisindeki nemin yavaş yavaş buharlaşmasıyla oluşmaktadır ve bunu kömürün ufalanması takip etmektedir. Dolayısıyla, ufalanmayla oksidasyon için daha fazla yüzey alanı oluşmaktadır.

Oksidasyon sonucu stokta bekletilen kömürün kalorifik değerinde düşme meydana gelebilir. Ekonomik açıdan kömürün kalorifik değerinde meydana gelebilecek % 5-10 oranında düşme bile çok büyük parasal değerlere karşılık gelmektedir.

Okside olan kömürün yanma karakteristikleri ve öğütülebilirlik endeksleri de değişmektedir ve bu da sonuçta kömürün koklaşma karakteristiklerini etkileyecektir. Ancak, bu endeksin artacağı veya azalacağı konusunda bir kesinlik yoktur (Kuchta ark., 1980).

Tüm kömürler, kömürün yavaş oksidasyonundan dolayı mutlaka bir kalorifik değer kaybına uğrayacaktır.

Stoklarda biriken veya sızan sular asidik karakterli olup nakliye araçlarında korozif etkiye ve ortam sıcaklığının artmasına neden olacaktır.

Gaz içeriğinin fazla olduğu kömürlerde, ufalanma sırasında büyük miktarlarda patlama tehlikesi doğurabilen metangazı çıkışı meydana gelebilir.

5.2.2. Stoklama süreleri

5.2.2.1. Kısa vadeli stoklam

Bitümlü kömürler (30 güne kadar), yığın yüksekliği en fazla 6 metre olmalıdır. Mümkün olduğunca ayrışmayı azaltmak için basamaklar (seviyeler) şeklinde yığın yapılmalıdır.

Linyit kömürü (15 güne kadar), yığın yüksekliği en fazla 4 metre olmalı, yine ayrışmayı azaltmak için basamaklara ayrılmalıdır (Duzy ve Land, 1985).

5.2.2.2. Uzun vadeli stoklama

Bitümlü kömürler: 0,5-0,6 m kalınlıkta tabakalar halinde ve 1 ton/m³ yığın yoğunluğunda stoklanmalıdır. Mümkünse tabakalar arasında etkileşimi en aza indirecek izole sergi malzemesi kullanılmalıdır. Eğim yataydan en fazla 20° dir.

5.3. Alınabilecek Kimyasal Önlemler

Günümüzde stoklar genel olarak ayrılan stok alanlarında bekletilmekte, kendiliğinden yanma söz konusu olduğunda ısınan bölgenin kızılmaması için bölgeden uzaklaştırılması önlemi alınmaktadır, stok lar boyutlarına göre ayrı stoklanmakta, iyi havalandırılıp bir an önce satışı yapıp satılmaktadır. Fakat bunun gibi geniş alanlarda stok yapmayıp kapalı alanlarda veya deniz üzerinde başka yerlere götürülmek istenen

kömürün herhangi bir yangına mahruz kalmaması için geçmişte çeşitli kimyasal maddelere başvurulmuştur, bunlarda en önemlisi inert gazdır.

İnert gaz veya atıl gaz, belirli şartlar altında kimyasal reaksiyona girmeyen bir gazdır. Soy gazlar ve azot, genellikle birçok madde ile tepkimeye girmezler. İnert gazlar, genel olarak istenmeyen kimyasal reaksiyonların numuneyi etkilemelerini önlemek için kullanılır. Bu arzu edilmeyen kimyasal tepkimeler, genellikle havadaki oksijen ve nemden oluşan oksidasyon ve hidroliz reaksiyonlarıdır. Azot gazı ve bazı soy gazlar belirli koşullarda tepkimeye yol açabilir ve bu nedenle inert gaz terimi kullanıldığı kapsama bağlıdır.

Doğada bol miktarda bulunması (havada %78 N₂, %1 Ar) ve düşük göreceli maliyeti nedeniyle saflaştırılmış azot ve argon gazı, en yaygın kullanılan inert gazlardır. İnert gaz, soy gazların aksine elemental olmayabilir ve çoğu zaman bir bileşik gazıdır.

5.4. TKİ İlgın İşletmesinde Ocak Yangınları ve Ekonomik, Ekoloji Yönden Etkilenmesi

Hava ile temas halinde olan kömürlerde meydana gelen ısıveren tepkimeler sonucu CO₂, H₂ ve CO gibi gazların emisyonu gerçekleşir. Uzun süre bekleyecek şekilde stoklanan, geniş yığımlı, bitümlü kömür stoklarında otojen ısınma nedeniyle sıcak noktalar oluşabilir. Bu süreçler sonucunda büyük miktarlarda kömür stoklayan ve taşıyan üreticiler ve tüketiciler için hem çevresel, hem de ekonomik sorunlar ortaya çıkmaktadır.

İlgın linyit işletmelerinde dış kaynaklı bir yangına rastlanmamış olup olası bir dış kaynaklı yangında gerekli tedbirlerin alındığı görülmüştür, fakat her kömür oksidasyonunun nedeni ile kömürün kendiliğinden yanması ile gerçekleşmektedir.

5.4.1. Ekonomik yönden etkilenmesi

Üretimi yapılan kömürün üretim sırasında zaten belirli bir kayıp vermektedir. Kömürün stoğa çekilmesi ile beraberinde kömürün oksidasyon eğilimi bilinmediği ve stokda uzun vadede bekletilecek ise ekonomik açıdan yüksek kayıplara mahruz kalacaktır. Bundan

ötürü uzun vadede bekleyecek kömür kalorifik değerinde kayıp olacaktır ve gün geçtikçe ekonomik değeri düşecektir.

İlgın linyit işletmelerinde 2007 yılında faaliyet sürerken üretilen kömür stoğa çekilmiş ve bekletilmeye başlanmıştır. Stoğa bekletilen yüztaltmış beş bin ton kömür 2007'den bu yana bekleyen kömür kalorifik değerinde düşüş yaşanmış nerede ise kömür özelliğini kaybetmiş durumdadır. Aşağıda verilen Çizelge 5.1'de 2008 yılında yapılmış stokda bulunan kömürün analizi verilmiştir.

Çizelge 5.1. 2008 yılında yapılmış olan TKİ İlgın İşletmesinin stoğundaki kömürün analizi

Analiz tipleri	Orijinal Bazda	Kuru Bazda
Nem (%)	48,18	-
Kül (%)	24,7	47,67
Ucucu Madde (%)	25,35	48,91
Sabit Karbon (%)	1,77	3,42
Toplam kükürt (%)	2,91	5,61
Alt Kalori Değeri(Kcal/kg)	1.655	3751
Üst Kolari Değeri (kcal/kg)	2025	3907

2008 yılında yapılan analizde görüleceği gibi alt kalori değeri 1.655 kcal/kg , üst kalori değeri ise 2025 kcal/kg olarak belirlenmiştir. Bu kömür üretim durumunda sanayi kuruluşlarına satılmak için üretilmiş ve stokda beklemeye çekilmiştir. Kömürün kalorifik değerinin düşük olması nedeni ile pazar sıkıntısı yaşamış ve satışı gerçekleşmemiş ve günümüzde halen beklemektedir. 2013 yılında yapılan analizde ise bu kömürün kalorifik değerlerinde düşüş ve diğer değerlerindeki değişmeyi göstermektedir. Aşağıdaki çizelge 5.2'de yapılan analiz sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.2. 2013 yılında yapılmış olan TKİ İlgın İşletmesinin stoğundaki kömürün analizi

Analiz tipleri	Orijinal Bazda	Kuru Bazda
Nem %	47,63	-
Kül %	29,65	56,63
Uçucu Madde %	22,23	42,44
Sabit Karbon %	0,49	0,93
Toplam kükürt %	2,45	4,68
Alt Kalori Değeri (Kcal/kg)	968	2379
Üst Kalori Değeri (Kcal/kg)	1341	2562

Yapılan analizde alt ısı değerin 968 kcal/kg olarak görülmüş ve kömür ihtivasını yıllar geçtikçe kaybettiği görülmüştür, stokda kalan bu kömürün satışını mümkün kılmamaktadır. Bundan dolayı ekonomiye kazandırılmayan bu kömürün durumu bellirsizliği sürmektedir.

5.4.2. Ekolojik yönden etkilenmesi

retimi yapılan stoğa çekilen kömürlerin kendiliğinden yanması sonucu meydana çıkan gazlar çevreye zarar vermektedirler. Stok da bekleyen kömürlerin ocak yangınlarının yağmur etkisi yer altı sularına asidik olarak zarar verebilmekte ve iklimsel etkileri ve sera etkisi de mahruz kalma durumu ortaya çıkmaktadır.

BÖLÜM VI

SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

6.1. Sonuçlar

İlgın linyit işletmesinde meydana gelebilecek ocak yangınlarına etki eden faktörler, dış ve iç kaynaklı olarak ikiye ayrılır. Dış kaynaklı faktörler yüksek ısı sonucu meydana gelen yangınlardır. Isı kaynağı, yanan ortamın dışındadır. Sürtünme ısı, açık alev, elektrik arkı ve benzeri durumlarda ortaya çıkan yangınlardır. Bu nedenle dış kaynaklı yangınlar dış ortamdan etkilenen ve gerekli önlemler alındığında engellenebilir. İç kaynaklı yangınlar ise; kömürün doğal yapısından kaynaklanan kendiliğinden yanmaya başlaması nedeni ile ortaya çıkan yangınlar olup, kömürün yapısı ve kendiliğinden yanmaya yatkınlığı araştırılıp buna göre stoğa çekilen kömürleri bekleme ve stoklama şekilleri , belirlenmelidir. Bu nedenle, yapılan araştırmada daha çok iç kaynaklı yangınlar üzerinde durulmuştur.

Bu amaca yönelik yapılan kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarının belirlenmesi ve kömür hakkında gerekli parametreleri belirlenmek için “kesişme noktası deneyi” ile İlgın kömürlerinin TGA/DTA analizleri yapılmıştır.

Kendiliğinden yanma deneyinde kullanılmak üzere, İlgın linyit işletmesi çeşitli üretim yerinden alınan 5 tane örnek numune üzerinde yapılmıştır. Deneylerin değerlendirilmesinde, elde edilen zaman-sıcaklık grafikleri temel alınmıştır. Deney sonuçlarından ve grafiklerden elde edilen sonuçlarda yatkınlık indeksi (FCC), ortalama sıcaklık artışı (OSA) ve kesişme noktası sıcaklığı noktası göstergeler yanma parametreleri olarak belirlenmiştir.

Genel anlamda yapılan deneyler incelendiğinde, 5 farklı numune de risk sınıflandırılması düşük çıkmıştır. Bunun sebebi İlgın kömürlerinin nem oranının yüksek olması sebebi ile kesişme noktası yapay bir artış meydana getirmiş olabilir. İlgın kömürleri kendiliğinden yanması düşük çıksa bile kendiliğinden yanmanın meydana gelmesi, stoğa çekilen kömürün belli bir süre neminin artması, sonra meydana gelen kırık ve çatlakların artması ile yüzey alanın artarak oksidasyona mahruz kalmasına bağlanabilir. Bunun dışında, çevre koşullarında kömürün kendiliğinden yanmada etkin rol oynadığı unutulmamalıdır.

Ayrıca; yapılan TGA/DTA deneylerinde ise ocak kömürleri başlağıçta 0-200 °C arasında nemini atarak endotermik reaksiyon göstermiş, daha sonra 200-300 °C arasında hızlı bir artış göstererek ekzotermik reaksiyon göstererek, kömürün ortam sıcaklığına bağılı olarak oksidasyona uğradığı ve kendiliğinden yanma meydana geldiğı söylenebilir.

İlgın linyit işletmesi açık ocak madenciliğinde kendiliğinden yanma olaylarına karşı alınabilecek önlemler üretim ve kömürün stoğa çekilmesi sırasında olmalıdır. Üretim esnasında üzeri açılan kömürün hava şartlarından etkilenmemesi ve bir an önce kömürün stoğa çekilmesi gerekmektedir. Üretim sırasında kızışma meydana geldiğinde kızışmanın daha ileri seviyelere ulaşmadan hava ile temasını kesmek gerekmektedir. Kızışma olan bölge ise çimento, kül vb. sızdırmaz özelliğe sahip maddeler doldurulmalıdır. Kızışan bölge kazılarak uzaklaştırılmalı ve açığa çıkan yeni yüzeyinde sızdırmaz maddeler ile sıvanmalıdır. Stoklanma sırasında alınabilecek önlemlerde ise kömür stoklanma için hazırlanmış özel yerlerde stoklanmalıdır. Stok yapılan yerin zemini iyi olmalıdır. Stoğa çekilen kömürün tane büyüklükleri mümkün olduğunca birbirine yakın olmalıdır. İri taneler ile küçük taneli kömürler birbirlerinden ayrı stoklanmalıdır. Stoklanan kömürlerin üzeri sıkıştırılma sağlanmalıdır. Stoklanan kömürlerin belirli bir nemin atmasından sonunda yüzey alanı artacağından herhangi bir yağışın reaksiyona uğratması hızlandıracağından kömürün stokda hava ile etkileşimi az tutmak için kömür stokda fazla tutulmasında gerekmektedir. Stoklama yapılan yerlerde sıcak olan kazan, sıcak boru gibi yerlerden uzak tutulmalıdır.

6.2. Değerlendirme

Yukarıda elde edilen bulgulara göre; kömürün tutuşma sıcaklıkları ve TGA/DTA deneyleri sonuçları değerlendirilerek, işletmede oluşabilecek kömürün kendiliğinden yanma önlemleri alımında katkı sağlayabilir. Bu sonuçlar sayesinde İR-71666 no'lu ruhsat sahasında daha önceden yapılmayan deneyler yapılarak önemli bir katkı sağlanmıştır. Deneyler sonucunda kömürün kendiliğinden yanma aktifliğini belirleyerek üretim anında ve stoklamada kömürün durumuna göre önlemler alınması sağlanmıştır. Bunun sayesinde İlgın İşletmesinde ekonomik ve ekolojik yönden zararların önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Verilen önleyici tedbirler uygunlanmalı; kömürün olabildiğince hava ile teması kısa tutulmalı, stoklanma sürelerine dikkat edilmelidir. Piyasa talebine göre kömürün stoğa çekilme miktarı belirlenmelidir. Gereğinden fazla

ve satılamayacak kömürün stoklanması, ekonomik ve ekolojik yönden vereceği zararlar unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

- Banerjee C. S., “Spontaneous combustion of coal and mine fires”, *Balkema, Rotterdam*, 165, 1985.
- Bayraktar, A., Yeraltı Maden İşletmelerinde Ocak Yangınları, Ankara: *T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Teftiş kurulu Başkanlığı* , Ankara, Türkiye, 3-11, 2013.
- Bhattacharya, K.K., Hodges, D.J. and Hisley, F.B. The Influence of Humidity on the İnital Stages of Spontaneous Heating of Coal, *The Mining Engineer*, London, 274-284, 1969.
- Coward, H. F., Research on spontaneous combustion in mines-a review, *Safety in Mines Research Establishment, Ministry of Power, Research Report*, London, 142, 1957.
- Cudmore, J.F., ve Sanders., 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, 1984.
- Dautov, K., Konya İlgın Linyit Sahasının Bilgisayar Destekli Tasarım ve Planlanması, Yüksek Lisans Tezi, *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 3-8, 2012.
- Didari, V., Yeraltı ocaklarında kömürün kendiliğinden yanması ve risk indeksleri, *Madencilik* , 25, 31-32, 1986.
- Duzy, A.F. ve Land G.W., “Hot Coal-Bulk Transport and Storage”, *Mining Engineering, February*, 139-143, 1985
- Erkan. H., “Kömür depolanması”, *Madencilik*, 25(2), 822-828, 1964.
- Eroğlu, N. ve Gouws, M. J., “Kömürün kendiliğinden yanmasına ait kuramlar” , *Madencilik*, 32(2), 14-17, 1993
- Feng, K.K., Chakravorty, R.N. and Cochrane, T.S., “Spontaneous Combustion-A Coal Mining Hazard”, *CIM Bulletin.*, 74-84, 1975
- Fierro, V., Miranda, J.L., Romero, C., Andres J.M., Pierrot, A., Gomez-Landesa, E., Arriaga, A., and Schmal, D., “Use of Infrared Thermography for the Evaluation of Heat Losess During Coal Storaje”, *Fuel*, 60(3), 213-229, 1999.
- Fierro, V., Miranda, J.L., Romero, C., Andres J.M., Arriaga, A., and Schmal, D., “Model Predictions and Experimental Results on Self-Heating Prevention of Stockpiled Coals”, *Fuel*, vol. 80(1), 125-134, 2001.
- Graham, J. I., “The gaseous products resulting from fires and underground heating”, *Transaction Institution of Mining Engineers*, 79, 92, 1930.

Güney, M., "Certain Factors Affecting the Oxidation and the Spontaneous Combustion of Coal", *Min.Soc. Mag. Univ. Nott*, 5-20, 1968

Hodges, D.J. and. Acherjee, B., "A Microcalorimetric Study of th Influence of Moisture on the Spontaneous Heating of Coal", *The Mining Enigneer*, London, 121-131, 1966.

Hodges, D.J. and Hisley, F.B., "The Influence of Maisture on the Spontanous Heating of Coal", *The Mining Engineer*, London, 40, 211-224, 1964.

Jones, R.E., Townend, D.T.A., "Oxidation of Coal", *Journal Society of Chemical Industry*, 68(7), 197-201, 1949.

Karpuz, C., Bölükbaşı, N., Paşamehmetoğlu, A.G., Gürhan, A., GAL – Silopi asfaltitlerinin gaz içeriği kendiliğinden yanma riski ve kesilebilirliğinin araştırılması, *Türkiye 5. Kömür Kongresi*, 379-391, 5-9 Mayıs 1986.

Karpuz, C., Güyagüler, T., Bağcı, S., Bozdağ, T., Başarır, H., Keskin, S., "Linyitlerin kendiliğinden yanmaya yakınlık derecelerinin tespiti", Bölüm 1-Risk sınıflaması derlemesi, *Madencilik*, 39(3-4), 4-11, 2000.

Kaymakçı, E., Didari, V., "Kömürün kendiliğinden yanmaya yakınlığının belirlenmesinde kullanılan indeksler", *Türkiye 8.Kömür Kongresi*, Zonguldak, Türkiye, 129-140, 4-8 Mayıs 1992.

Kaymakçı, E., Zonguldak havzası kömür damarlarına uygulanabilecek bir kendiliğinden yanmaya doğal yakınlığı değerlendirme tekniğinin geliştirilmesi, Doktora Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 78- 84, 1998

Kim, A.G., "Laboratory Studies on Spantoneous Heating of Coal" , US *Bureous of Mines*, 8756, 13, 1969.

Krishnaswamy, S.K., Bhat, S., Gunn, R.D. and Agarwal, P.K., "Lowtemperature oxidation of coal: 1. A single-particle reaction-diffusion model", *Fuel*, 75, 333-343, 1996.

Kuchta, J.M., Rowe, V.R. ve Burgess, D.S., "Spontaneous Combustion Susceptibility of U.S. Coals", *Bureau of Mines Report of Investigation*, RI-8474, 37, 1980.

Kucuk, A., Kadioglu, Y., Gulaboglu, M.S., "A study of spontaneous combustion characteristics of a Turkish lignite: Particle size, moisture of coal, humidity of air", *Combustion and Flame*, 255 – 261, 2003.

Kural, O., Kömür Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri, *Özgün Ofset Matbaacılık A.Ş.*, İstanbul, 785, 1998.

Kuzoluk, E. , Farklı miktar ve özellikteki kömür yığınlarının kendiliğinden yanma davranışları, önlenmesi ve önceden tespit edilmesine bir örnek; Çayırhan kömür stokları, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 5-45, 2014.

Krishnaswamy, S.K., Bhat, S., Gunn, R.D. and Agarwal, P.K., "Lowtemperature

oxidation of coal: 1. A single-particle reaction-diffusion model”, *Fuel*, 75, 333-343, 1996.

Ozdeniz, A.H., “Investigation of coal stockpiles of Tunçbilek Thermal Power Plant with respect to time under atmospheric conditions”, *Energy Sources: Part A*, 31, 473–479, 2009.

Ozdeniz, A.H., Corumluoglu, O., and Kalayci I., “The Relationship Between Natural Compaction and Spontaneous Combustion of Industrial-Scale Coal Stockpiles”, *Energy sources*, 33, 121-129, 2011.

Ören, O., Kütahya bölgesi linyitlerinin kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarının araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kütahya, 5-14, 2006.

Ramlu A. M., “Mine disasters and mine rescue”, *Balkema, Rotterdam*, 400, 1991.

Saraç, S., Soytürk, T., “Tunçbilek kömürlerinin kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarının araştırılması”, *Türkiye 8. Kömür Kongresi*, 141–152, 4-8 Mayıs 1992.

Sırımoğlu. N., Plastik ambalaj malzemeleri için uygulanan kalite kontrol testleri,, *Petkim Petrokimya Holding A.Ş. Aliğa*, 7-8.

Singh, R.N. ve Demirbilek, S., “Seams with Spontaneous Combustion Risk”, *Colliery Guardian*, 418-420, 1986.

Süzer. Ş., Polistiren/ polipirol (Ps/Ppy) kompozit sistemlerinde partikül boyutunun kompozit özelliklerine etkisinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 69-75, 2006.

TKİ, Kömür (Linyit) sektör raporu, Ankara., 2, 2009.

TKİ, İR-71666 numaralı ruhsat sahası uygulama projesi, 5-15, 2015.

Ünver B. ve Özözen A., “Kömür stoklarında meydana gelen kendiliğinden yanma süreci ile ilgili modeller ve alınması gereken tedbirler”, *Madencilik*, 37(3), 30-31, 1998.

Ünver, B. ve Demirbilek, S., “Kömür karışımli pasaların kendiliğinden yanma riski potansiyelinin analizi”, *9. Kömür Kongresi*, Zonguldak, 317-318, 2-5 Mayıs 1994.

Wade, L., The propensity of South African coals to spontaneously combust, Johannesburg, *Ph D.Thesis, University of the Witwatersrand*, 263, 1988.

Winmill, T.F., “The adsorption of oxygen by coal. II. The quantity of oxygen absorbed”, *Trans. Inst. Min. Engrs.*, 48, 503-507, 1914/1915.

Yıldırım, Ö. S., Kömürde kendiliğinden yanmaya yatkınlığın, elektriksel, renksel ve termogravimetrik açıdan modellenmesi, Doktora Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 26-56, 2002.

ÖZGEÇMİŞ

Mustafa GÜNDOĞAR 15.06.1989 tarihinde Malatya'da doğdu. İlk orta ve lise öğretimini Malatya'da tamamladı. 2009 yılında girdiği İnönü Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü'nden Ekim 2012'de mezun oldu. Kasım 2012 ile Mayıs 2013 yılları arasında İmbat Madencilik A.Ş.'de Maden Mühendisi olarak çalıştı. Mayıs 2013 ten bu yana Maden Mühendisi olarak Yeni Çeltek Kömür ve Madencilik A.Ş'de görevine devam etmektedir. Eylül 2013 ten beri Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendiliği AnabilimDalın'da yüksek lisans yapmaktadır.