T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü

Sayı : E-62205394 -100-27572
Konu : Fatma YAŞAR

DİCLE ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
(Öğrenci İşleri Daire Başkanlığına)

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı tezli yüksek lisans mezunu Fatma YAŞAR'ın 28.01.2021 tarih ve 04. oturumunda alınan karar metni Ulusal Tez Merkezine bildirilmesi üzere yazımız ekinde sunulmuştur.

Bilgilerinizi ve gereğini arz ederim.

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ
Enstitü Müdürü V.

Ek:
1- 1 Adet Karar Metni.
2- Tez Evrakları (92 Sayfa)

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.
Belge Doğrulama Kodu :*BE8R67EZ2* Pin Kodu :91212 Belge Takip Adresi : https://www.turkiye.gov.tr/dicle-universitesi-ebys
Adres:Dicle Üniversitesi Rektörlüğü, 21280-Diyarbakır
Telefon:+90 412 241 10 00 Faks:+90 412 248 82 16
e-Posta:gensek@dicle.edu.tr Elektronik Ağ:http://www.dicle.edu.tr
Kep Adresi: dicleuniversitesi@hs01.kep.tr
Bilgi için: Adnan Arğ
Unvanı: V.H.K.İ.
Tel No: 8453

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

DİCLE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ
YÖNETİM KURULU KARARI

OTURUM TARİHİ	OTURUM SAYISI	KARAR SAYISI
28.01.2021	04	14

DİĞER İŞLEMLER

KARAR 28/01/2021-04/14 Enstitümüz **Maden Mühendisliği Anabilim Dalı** Başkanlığının, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı **Tezli Yüksek Lisans** mezunu Fatma YAŞAR'ın tezi hakkında değişiklik yapılabilmesi için, erişime açılması talebi ile ilgili 22.12.2020 tarih ve 122338 sayılı yazısı ve ekindeki danışman önerisi görüşüldü.

Enstitümüz **Maden Mühendisliği Anabilim Dalı** Başkanlığının, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı **Tezli Yüksek Lisans** mezunu Fatma YAŞAR'ın tez danışmanı tarafından önerilen değişiklik ve düzletmeleri yapılabilmesi için erişime açılması ve kararın Ulusal Tez Merkezine bildirilmesinin uygun olduğuna oybirliği ile karar verildi.

ASLI GİBİDİR

Mehmet Emin YAŞAR
Enstitü Sekreteri V.

YÖNETİM KURULU

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ	(Müdür Vekili)
Dr.Öğr.Üyesi Mesut HÜSEYİNOĞLU	(Müdür Yardımcısı)
Arş.Gör.Dr.Hüseyin ACAR	(Müdür Yardımcısı)
Prof. Dr. Akın BAYSAL	(Üye)
Prof. Dr. Muzaffer DENLİ	(Üye)
Prof. Dr.. D. Türkan KEJANLI	(Üye)
Ens. Sek. V. Mehmet Emin YAŞAR	(Raportör)

T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SİLOPİ HARBUL ASFALTİT AÇIK İŞLETME OCAĞINDA MEYDANA GELEN YANMA OLAYLARININ NEDENLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Fatma YAŞAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DİYARBAKIR

Temmuz – 2019

T.C

DİCLE UNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

DİYARBAKIR

Fatma YAŞAR tarafından yapılan "Silopi Harbul Asfaltit Açık İşletme Ocağında Meydana Gelen Yanma Olaylarının Araştırılması" konulu bu çalışma, jürimiz tarafından Maden Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir

Jüri Üyesinin

Ünvanı Adı Soyadı

Başkan: Prof. Dr. Mustafa AYHAN

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Nuray ALPASLAN

Üye: Dr. Öğr. Üyesi M. Şefik İMAMOĞLU

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 10/07/2019

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

.../...../20

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ

ENSTİTÜ MÜDÜR V.

(MÜHÜR)

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışma süresince bilgi-birikim ve tecrübelerini aktaran, yardım ve desteğini esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Mustafa AYHAN'a teşekkür ederim.

SİLOPİ Elektrik A.Ş'nin çok kıymetli tüm çalışanlarına teşekkür ederim. Özellikle tez yazım döneminde en büyük yardım ve desteği aldığım çok değerli Maden Proje Müdürü Suud AĞİTOĞLUN'a,

Katıldığım deleme-patlatma faaliyetlerinde kıymetli bilgiler aldığım Delme-Patlatma Sorumlusu Maden Mühendisi Zeynel TOĞARGÖR'e,

Tez konumun belirlenmesinde katkısı olan Üretim Birim Sorumlusu sevgili meslektaşım Şehmus DURU'ya

SİLOPİ Elektirk A.Ş'nin güler yüzlü, yardımsever ve tanımış olmaktan kıvanç duyduğum Ciner Grubu Muhaberat ve Yönetici Asistanı Kumri İLHAN'a çok çok teşekkür ederim.

Son olarak da maddi manevi desteklerini her daim hissettiğim aileme, özellikle de tez çalışma sürecini birlikte geçirdiğim ablam Songül YAŞAR ve ablam Ayten YAŞAR'a sonsuz teşekkürler.

Fatma YAŞAR

Temmuz 2019-Diyarbakır

İÇİNDEKİLER

		Sayfa
TEŞEKKÜR……..		I
İÇİNDEKİLER…….....		II
ÖZET…….....		IV
ABSTRACT…….....		V
ÇİZELGE LİSTESİ…….....		VI
ŞEKİL LİSTESİ…….....		VII
1.	**GİRİŞ**…….....	1
2.	**ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**……..	3
2.1.	Kömürün Tanımı ve Özellikleri…….…...	12
2.2.	Kömürün Kendiliğinden Yanmasına Etki Eden Faktörler……..….….....	12
2.2.1.	İç Faktörler…….……..	13
2.2.1.1	Kömürleşme Derecesi……...…	13
2.2.1.2.	Nem İçeriği ……..	13
2.2.1.3.	Petrografik Bileşenler……...	14
2.2.1.4.	Kömürün Tane Boyutu…….	14
2.2.1.5.	Mineral Madde ve Kül İçeriği……..	14
2.2.1.6.	Pirit İçeriği…….……...	14
2.2.2.	Dış Faktörler…….....	14
2.2.2.1.	Atmosferik Koşullar……...……..	14
2.2.2.2.	Damar ve Yan Taş Özellikleri……..……	15
2.2.2.3.	İşletme Koşulları……..……	15
2.2.2.4.	Havalandırma Koşulları……...	15
2.3.	Kendiliğinden Yanma Olayının Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler……	16
2.3.1.	Adyabatik Oksidasyon Yöntemi……..……	17
2.3.2.	Tutuşma Sıcaklığı Yöntemi…….…….	17
2.4.	Asfaltitin Tanımı ve Oluşumu……..	19

2.4.1. Asfaltitin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri……..... 21
2.4.2. Asfaltitin Kullanım Alanları …… 22
2.4.3. Güneydoğu Anadolu da Bulunan Asfaltit Sahaları …….. 22
2.4.4. Güneydoğu Anadolu Asfaltit Jeolojisi ……. 26
3. MATERYAL VE METOT……. 29
3.1. Materyal……..……..……..... 29
3.1.1. Silopi-Harbul Asfaltit Filonunun Saha Jeolojisi....…….. 29
3.1.1.1. Cudi Formasyonu……..…… 32
3.1.1.2. Gercüş Formasyonu…..……..... 32
3.1.1.3. Midyat Formasyonu……..……..... 33
3.1.2. Silopi-Harbul Asfaltit Filonunun Mevcut Durumu……..…… 34
3.1.3. Harbul Asfaltitinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri……..... 38
3.2. Harbul Filonunda Meydana Gelen Yanma Olayları……..... 39
3.2.1. 26.07.2016 tarihli (I. Nolu Yangın Olayı)…… 41
3.2.2. 30.05.2017 tarihli (II. Nolu Yanma Olayı)……..…….…… 44
3.2.3. 27.07.2018 tarihli (III. Nolu Yanma Olayı)……. 46
3.2.4. 13.02.2019 tarihli (IV. Nolu Yanma Olayı)……..……..... 47
3.2.5. 28.02.2010 tarihli (V. Nolu Yanma Olayı)……... 49
3.2.6. 12.06.2015 tarihli (VI. Nolu Yanma Olayı) …..……..... 52
3.2.7. VII. Nolu Yanma Olayı…..……..…..……..... 55
3.2.8. VIII. Nolu Yanma Olayı…..……..... 56
3.2.9 IX. Nolu Yanma Olayı…..……..... 57
4. BULGULAR VE TARTIŞMA……...… 61
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER……..……..……..… 71
6. KAYNAKLAR…….……..……..... 75
ÖZGEÇMİŞ……... 77

ÖZET

SİLOPİ HARBUL ASFALTİT AÇIK İŞLETME OCAĞINDA MEYDANA GELEN YANMA OLAYLARININ NEDENLERİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatma YAŞAR

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2019

Asfaltit, katı bir yakıt olup petrolün, tektonik hareketler sonucu metamorfizmaya uğrayarak çanağını terk edip çatlak ve kırıklara dolmasıyla oluşur. Kömür, turba, linyit gibi bitkisel artıkların bir ürünü olarak kabul edilmesine rağmen kimyasal olarak hidrokarbon karışımlarından meydana gelmektedir. Asfaltitler yüksek kalori nedeniyle kömüre gibi termik santrallerde enerji kaynağı olarak kullanılabilmektedirler. Türkiye'deki asfaltit rezervleri Güneydoğu Anadolu bölgesinde bulunmakta olup genellikle filonlar şeklinde teşekkül etmektedir. Mevcut durumda bu filonlarda; delme patlatma metodu kullanılarak açık ocak yöntemi ile üretim yapılmaktadır.

Ancak asfaltitte yapılan bazı atımlar sonrasında, asfaltitin bünyesinde bulunan hidrokarbonlardan (metan, etan, propan, bütan vb.) dolayı büyük çapta yangınlar meydana gelmektedir. Yaşanan bu yangın olayları; çok ciddi iş sağlığı ve güvenliği problemleri oluşturabilmekte ve kömürde kalori kaybına yol açmaktadır. Bununla birlikte oluşan yangınla mücadeleden dolayı iş verimi üretim performansı olumsuz yönde etkilenmektedir.

Bu çalışmada SİLOPİ Elektrik Üretim A.Ş'ye ait Harbul filonu açık ocağında atımlar sonrasında meydana gelen yangın olayları ayrıntılı olarak analiz edilmiş, sebepleri araştırılmış ve yangınların önlenmesi konusunda önerilerde bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Asfaltit, Harbul Filonu, Delme-Patlatma, Gaz Parlaması-Yangın.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE CAUSES OF COMBUSTION EVENTS IN SILOPY HARBUL ASPHALTITE SURFACE MİNİNG

MASTER THESİS

Fatma YAŞAR

DİCLE UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL & APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF MINING ENGINEERING

2019

Asphaltite is a solid fuel, which is formed when petroleum leaves its bowl and fill into cracks and fractures by being subjected to metamorphism as a result of tectonic movements. Although coal is considered to be a product of vegetable residues such as peat and lignite, it is chemically composed of hydrocarbon mixtures. Asphaltites can be used as energy sources in thermal power plants such as coal due to high calories. Asphaltites reserves in Turkey is located in South East Anatolia region and generally exists in the forms of veins. Currently, in these veins; production is carried out by open pit method using drilling and blasting method.

However, after some blasts in asphaltite, large-scale fires occur due to hydrocarbons (methane, ethane, propane, butane, etc.) contained in the asphaltite. These fire incidents may cause very serious occupational health and safety problems and cause calorie loss in coal. However, due to the fire fighting, the production performance is negatively affected.

İn this study the fire incidents that occurred after blasts in the surface mining of Harbul vein of SİLOPİ Elektrik Üretim A.Ş. was analyzed in detail, its causes were investigated and suggestions were made for prevention of fires.

Key Words: Asphaltite, Harbul Vein, Drilling-Blasting, Gas Explosion-Fire

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge No		Sayfa
Çizelge 2.1.	Asfaltitlerde yanma ürünü olarak açığa çıkan gazlar ile bünye gazı olarak bulunan yanıcı gazların hava içerisinde patlayıcı olduğu konsantrasyonlar	4
Çizelge 2.2.	ODTÜ-PAL e ulaştırılan asfaltit örneklerinden açığa çıkan gaz-hava karışımlarının kompozisyonları	5
Çizelge 2.3.	ODTÜ-PAL'e ulaştırılan asfaltit örneklerinden açığa çıkan yanıcı gaz karışımlarının kompozisyonları	6
Çizelge 2.4.	Numune kabından alınarak kırılan asfaltitlerden açığa çıkan yanıcı gaz-hava karışımı kompozisyonları	6
Çizelge 2.5.	Numune kabından alınarak kırılan asfaltitlerden açığa çıkan yanıcı gaz kompozisyonları	6
Çizelge 2.6.	Bir ton asfaltitten kırma öncesi, kırma sırası ve toplamda çıkan gazların alt parlama sınırı altına seyreltilmesi için gerekli olan temiz hava miktarları	7
Çizelge 2.7.	Kömürün kendiliğinden yanmasını etkileyen faktörler	13
Çizelge 2.8.	Kömürün kendiliğinden yanma olayının incelenmesinde kullanılan yöntemler	16
Çizelge 2.9.	Adyabatik Oksidasyon Yöntemine Göre Kendiliğinden Yanma Risk Sınıflaması	17
Çizelge 2.10.	FCC indeksine göre kendinden yanmaya yatkınlık	18
Çizelge 2.11.	Asfaltitlerde Yanma Sonucu Açığa Çıkan Gazlar ve Patlama Limitleri	19
Çizelge 2.12.	Asfaltitlerin kimyasal özellikleri	21
Çizelge 2.13.	Türkiye'nin asfaltit rezervleri	28
Çizelge 3.1.	Kömür üretim, santral kömür ihtiyacı ve dekapaj miktarının yıllara göre değişimi	36
Çizelge 3.2.	Harbul asfaltitlerinin kimyasal laboratuar sonuçları	38
Çizelge 3.3.	Asfaltitin Fiziksel ve Mekanik Özellik Değerleri	39
Çizelge 4.1.	Silopi Elektrik A.Ş için hazırlanan delme-patlatma takip çizelgesi-I	66
Çizelge 4.2.	Silopi Elektrik A.Ş için hazırlanan delme-patlatma takip çizelgesi-II	68
Çizelge 4.3.	Silopi Elektrik A.Ş için hazırlanan delme-patlatma takip çizelgesi-III	69

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil No		Sayfa
Şekil 2.1.	Patlatma deliğinin serbest yüzeyden uzak olma ve serbest yüzeye yakın olma durumlarında patlama anında delik çevresinde gelişen olaylar	8
Şekil 2.2.	Delik sıraları arasında yeterli ve yetersiz gecikme sürelerinin etkileri	10
Şekil 2.3.	Tutuşma sıcaklığı yönteminde sıcaklık-zaman grafiği	18
Şekil 2.4.	Petrolün metamorfizması sonucu oluşan asfaltit maddeler	19
Şekil 2.5.	Güneydoğu Anadolu bölgesindeki asfaltit filonları	23
Şekil 3.1.	Harbul Asfaltit filonu yer buldur haritası	29
Şekil 3.2.	Harbul Sahasının Jeolojik haritası	31
Şekil 3.3.	Harbul filonun 2017 planı üstten görünüşü ve jeolojik formasyonları	31
Şekil 3.4.	Ocağın farklı bölgelerinden alınan kesitler	33
Şekil 3.5.	Ocağın B-B' Kesiti	34
Şekil 3.6.	Harbul asfaltit filonunun katı modeli	35
Şekil 3.7.	2009 yılı itibariyle yapılan kömür üretimi, santralin kömür ihtiyacı ve dekapaj miktarının grafiksel gösterimi.	36
Şekil 3.8.	2017-2027 ve 2033 yılları arası ocağın plan görünümü	37
Şekil 3.9.	2017-2027 ve 2033 yılları arası B-B'kesiti ocak kesiti	37
Şekil 3.10.	2019 yılı Üretim Sahasından görüntü	38
Şekil 3.11.	Yangın lokasyonlarının topografik harita ve ocak içerisindeki konumları	40
Şekil 3.12.	26 Temmuz 2016 tarihli uygulanan delme ve şarj paterni	41
Şekil 3.13.	Kömür Atım alanı delik şarj çalışmaları sonrası görüntüsü	42
Şekil 3.14.	Atım öncesi kömür alanın görüntüsü	43
Şekil 3.15.	Video kaydından çekilen fotoğrafta çıplak alevin ilk çıktığı an	43
Şekil 3.16.	Çıplak alevin gelişmesi -1	43
Şekil 3.17.	Çıplak alevin gelişmesi -2	44
Şekil 3.18.	Yangın müdahale sonrası kontrol altına alınmış saha görüntüsü	44
Şekil 3.19.	Atım öncesi kömür alanın görüntüsü	45
Şekil 3.20.	Patlatma sonrası yangın başlangıcı	45
Şekil 3.21.	Yangına müdahale çalışmaları	47
Şekil 3.22.	Atım öncesi alanın görüntüsü	48
Şekil 3.23.	Video kaydından çekilen fotoğrafta çıplak alevin ilk çıktığı an	48
Şekil 3.24.	Çıplak alevin gelişmesi -1	49

Şekil 3.25. Çıplak alevin gelişmesi -2 49
Şekil 3.26. Video kaydından çekilen fotoğrafta çıplak alevin ilk çıktığı ilk kıvılcım 50
Şekil 3.27. Video kaydından çekilen fotoğrafta çıplak alevin ilk çıktığı ikinci kıvılcım 50
Şekil 3.28. Çıplak alevin gelişmesi -1 51
Şekil 3.29. Çıplak alevin gelişmesi -2 51
Şekil 3.30. Parlama ile birlikte atım alanındaki toz bulutu ve gazı tutuşturması 52
Şekil 3.31. Atım esnasında alanın görüntüsü 53
Şekil 3.32. Video kaydından alınan çıplak alevin ilk çıktığı anın görüntüsü 53
Şekil 3.33. Çıplak alevin gelişmesi 54
Şekil 3.34. Yangın olayının sönmesi sonucu oluşan gaz ve toz bulutu 54
Şekil 3.35. Video kaydından alınan çıplak alevin ilk çıktığı anın görüntüsü 55
Şekil 3.36. Yangınını kısa sürede büyümeden sona ermesi 55
Şekil 3.37. Çıplak alevin gelişmesi-1 56
Şekil 3.38. Çıplak alevin gelişmesi-2 56
Şekil 3.39. Video kaydından alınan çıplak alevin ilk çıktığı anın görüntüsü 57
Şekil 3.40. Çıplak alevin gelişmesi-1 57
Şekil 3.41. Çıplak alevin gelişmesi-2 58
Şekil 3.42. Çıplak alevin gelişmesi-3 58
Şekil 3.43. Çıplak alevin gelişmesi-4 59
Şekil 4.1. Asfaltit ocağının genel oluşum şekli 61
Şekil 4.2. Rezerv geliştirme sondajından alınan asfaltit karot yüzeyinde oluşan gaz kabarcıkları 62
Şekil 4.3. Ocak tabanında su birikintisi üzerinde oluşan gaz kabarcıkları 63
Şekil 4.4. Delik ağzında oluşan su kabarcıkları 63
Şekil 4.5. Asfaltit patlatma deliklerinde medya gelen gaz çıkışı ve yangın oluşumu 64
Şekil 4.6. Delik ağzında emici hortum ve pompa yardımıyla gaz ölçümü 65
Şekil 4.7. Drager X-am 2500 Gaz ölçüm cihazı 66

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil No		Sayfa
Şekil 2.1.	Patlatma deliğinin serbest yüzeyden uzak olma ve serbest yüzeye yakın olma durumlarında patlama anında delik çevresinde gelişen olaylar	8
Şekil 2.2.	Delik sıraları arasında yeterli ve yetersiz gecikme sürelerinin etkileri	10
Şekil 2.3.	Tutuşma sıcaklığı yönteminde sıcaklık-zaman grafiği	18
Şekil 2.4.	Petrolün metamorfizması sonucu oluşan asfaltit maddeler	19
Şekil 2.5.	Güneydoğu Anadolu bölgesindeki asfaltit filonları	23
Şekil 3.1.	Harbul Asfaltit filonu yer buldur haritası	29
Şekil 3.2.	Harbul Sahasının Jeolojik haritası	31
Şekil 3.3.	Harbul filonun 2017 planı üstten görünüşü ve jeolojik formasyonları	31
Şekil 3.4.	Ocağın farklı bölgelerinden alınan kesitler	33
Şekil 3.5.	Ocağın B-B' Kesiti	34
Şekil 3.6.	Harbul asfaltit filonunun katı modeli	35
Şekil 3.7.	2009 yılı itibariyle yapılan kömür üretimi, santralin kömür ihtiyacı ve dekapaj miktarının grafiksel gösterimi.	36
Şekil 3.8.	2017-2027 ve 2033 yılları arası ocağın plan görünümü	37
Şekil 3.9.	2017-2027 ve 2033 yılları arası B-B'kesiti ocak kesiti	37
Şekil 3.10.	2019 yılı Üretim Sahasından görüntü	38
Şekil 3.11.	Yangın lokasyonlarının topografik harita ve ocak içerisindeki konumları	40
Şekil 3.12.	26 Temmuz 2016 tarihli uygulanan delme ve şarj paterni	41
Şekil 3.13.	Kömür Atım alanı delik şarj çalışmaları sonrası görüntüsü	42
Şekil 3.14.	Atım öncesi kömür alanın görüntüsü	43
Şekil 3.15.	Video kaydından çekilen fotoğrafta çıplak alevin ilk çıktığı an	43
Şekil 3.16.	Çıplak alevin gelişmesi -1	43
Şekil 3.17.	Çıplak alevin gelişmesi -2	44
Şekil 3.18.	Yangın müdahale sonrası kontrol altına alınmış saha görüntüsü	44
Şekil 3.19.	Atım öncesi kömür alanın görüntüsü	45
Şekil 3.20.	Patlatma sonrası yangın başlangıcı	45
Şekil 3.21.	Yangına müdahale çalışmaları	47
Şekil 3.22.	Atım öncesi alanın görüntüsü	48
Şekil 3.23.	Video kaydından çekilen fotoğrafta çıplak alevin ilk çıktığı an	48
Şekil 3.24.	Çıplak alevin gelişmesi -1	49

Şekil 3.25. Çıplak alevin gelişmesi -2 49
Şekil 3.26. Video kaydından çekilen fotoğrafta çıplak alevin ilk çıktığı ilk kıvılcım 50
Şekil 3.27. Video kaydından çekilen fotoğrafta çıplak alevin ilk çıktığı ikinci kıvılcım 50
Şekil 3.28. Çıplak alevin gelişmesi -1 51
Şekil 3.29. Çıplak alevin gelişmesi -2 51
Şekil 3.30. Parlama ile birlikte atım alanındaki toz bulutu ve gazı tutuşturması 52
Şekil 3.31. Atım esnasında alanın görüntüsü 53
Şekil 3.32. Video kaydından alınan çıplak alevin ilk çıktığı anın görüntüsü 53
Şekil 3.33. Çıplak alevin gelişmesi 54
Şekil 3.34. Yangın olayının sönmesi sonucu oluşan gaz ve toz bulutu 54
Şekil 3.35. Video kaydından alınan çıplak alevin ilk çıktığı anın görüntüsü 55
Şekil 3.36. Yangınını kısa sürede büyümeden sona ermesi 55
Şekil 3.37. Çıplak alevin gelişmesi-1 56
Şekil 3.38. Çıplak alevin gelişmesi-2 56
Şekil 3.39. Video kaydından alınan çıplak alevin ilk çıktığı anın görüntüsü 57
Şekil 3.40. Çıplak alevin gelişmesi-1 57
Şekil 3.41. Çıplak alevin gelişmesi-2 58
Şekil 3.42. Çıplak alevin gelişmesi-3 58
Şekil 3.43. Çıplak alevin gelişmesi-4 59
Şekil 4.1. Asfaltit ocağının genel oluşum şekli 61
Şekil 4.2. Rezerv geliştirme sondajından alınan asfaltit karot yüzeyinde oluşan gaz kabarcıkları 62
Şekil 4.3. Ocak tabanında su birikintisi üzerinde oluşan gaz kabarcıkları 63
Şekil 4.4. Delik ağzında oluşan su kabarcıkları 63
Şekil 4.5. Asfaltit patlatma deliklerinde medya gelen gaz çıkışı ve yangın oluşumu 64
Şekil 4.6. Delik ağzında emici hortum ve pompa yardımıyla gaz ölçümü 65
Şekil 4.7. Drager X-am 2500 Gaz ölçüm cihazı 66

1. GİRİŞ

Doğal kaynakların insan ve toplum yaşamındaki önemli ve vazgeçilmez bir yere sahip olduğu çok eski çağlardan beri bilinen bir gerçektir. İnsan yaşamını fonksiyonel hale getiren araç ve gereçlerin %90'ı doğal kaynaklardan, özellikle de madenlerden sağlanmaktadır. Sanayide kullanılan araç-gereç ya da hammadde bakımından olmazsa olmaz olan şey madenlerdir. Ekonomik kalkınmayı ve buna bağlı gelişmişlik seviyesini yükseltmek için maden kaynaklarına gereksinim duyulmaktadır. Toplumların refah ve gelişmişlik düzeyleri ile madencilik faaliyetleri arasında çok yakın bir ilişki söz konusudur. "Gelişmiş ülkelere baktığımız zaman ilk önce ağır sanayide gelişip daha sonra zamanla diğer alanlarda gelişmişlik düzeylerini arttırdıklarını görmekteyiz. Uzay çağı ve sanayi ötesi bilgi toplumunun doğuşunda maden ürünlerinden sağlanan özel metal, alaşım ve malzemeler önemli role sahiptir.

Ülkelerin Gayri Safi Milli Hasılalarından Madencilik sektörünün aldığı paya baktığınızda; Çin %8,5, Avustralya'da %6,5, ABD %5, Almanya'da %4, Kanada'da %4, Türkiye %1,3'le seviyesindedir.

Dünyada teknolojik alanda yaşanan gelişmeler ile birlikte yaşam standartları yükselmekte ve buna paralel olarak enerji ihtiyacı artmaktadır. Ülkemizde de son yıllarda sanayi sektöründe yaşanan gelişmeler, artan nufüs ve hızlı kentleşme hareketleri enerji ihtiyacını büyütmektedir. Dünya bilinen asfaltit rezervleri oldukça sınırlı olup genelde kömür ve bitüm olarak değerlendirilmektedir. Dünya üzerinde bu güne kadar tespit edilmiş çok büyük miktarda asfaltit rezervlerinin bulunmamasından dolayı enerji üretiminde kömür gibi önemli bir orana sahip değildir. Ancak her geçen gün artan enerji talebi ve dünyada bilinen bazı doğal enerji kaynaklarının sınırlı oluşu asfaltit gibi madenlerin önemini bir kat daha arttırmaktadır.

Asfaltit petrol kökenli bir hidrokarbon madde olup petrolün; zaman, ısı, basınç gibi etmenler etkisi ile metamorfoza uğramış maddedir. Esas olarak hidrokarbonlardan oluşan asfaltit değişik sertlikte, uçucu olmayan, koyu renkli (siyah parlak veya mat) katı madde niteliğindedir. Asfaltitler, değişik görünüm özellikleri taşıyabilmektedirler. İçerdikleri hidrokarbonlar nedeniyle yanıcı parlayıcı ve patlayıcı özellik gösteririler.

Kömüre kıyasla çok yüksek oranda uçucu madde bulunmasından dolayı tutuşma sıcaklığını aştıktan sonra çok hızlı yanma olayı gerçekleşmektedir.

Türkiye'deki asfaltit sahaları Güneydoğu Anadolu Bölgesinde bulunmakta ve 3000-6000Kcal/kg arasında değişim göstermektedir. Şırnak bölgesi asfaltitlerinin teknolojik özellikleri ve yüksek ısıl değere sahip olmaları nedeniyle günümüzde en uygun kullanım alanlarından biri termik santrallerde elektrik enerjisi üretiminde kullanımı olarak öne çıkmaktadır. Diğer yandan yeraltı kaynaklarının havza madenciliği çerçevesinde değerlendirilmesi; üretim kayıpları ve entegre projelerin gerçekleştirilmesi açısından hayati önem taşımaktadır.

Bu çalışmada; SİLOPİ Elektrik Üretim A.Ş.'ye ait Harbul filonu açık ocağında atımlar sonrasında meydana gelen yangın olaylarının kapsamlı analizleri yapılmaya çalışılmıştır. Daha sonra yangın sebepleri araştırılmış ve bu yangınların önlenmesi konusunda önerilerde bulunmuştur.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Lebküchner tarafından 1965 yılında Türkiye'nin Güneydoğusunda bulunan asfaltit zuhurları ve teşekkülleri konusunda kapsamlı bir çalışma yapılmıştır. Yaklaşık 17.200 km^2 lik alanı kaplayan bir sahada stratigrafik-tektonik bakımdan asfaltik madde bulunabileceği umulan bütün sahaların prospeksiyonu yapılmıştır. Çalışmalar sonucunda şariyaj ve ters fay gibi olaylar etkisiyle, sık sık düzensiz sistemler halinde, çok derine uzanan, geniş ve aralık çatlaklar açılmıştır. Eski bir petrol horizonundan doğan ve mineral maddesi ile karışmış yumuşak asfaltit maddesi, kayaç kitlelerini basıncı nedeni ile bu çatlaklar içinde yüzeye yakın yere itildiği belirtilmiştir. Cudi grubunda bulunan "asfaltik probitümlü şist" horizonu eski petrol horizonlarında biri olarak kabul edilmiştir.

Ünal (1992); Güneydoğu Anadolu asfaltit yatakları üzerine yaptığı çalışmada MTA tarafından asfaltit filonları üzerine yapılan sondaj ve etüt çalışmaları detaylı olarak yer almıştır. MTA Genel Müdürlüğü tarafından 1964 yılında çalışmalar başlanmış ve sonraki yıllarda devam etmiştir. Harbul filonun da yapılan çalışmalarda ortalama 300 metre derinlikte 17.914.000 ton görünür rezerv, 7.851.000 ton muhtemel rezerv tespit edilmiştir.

Işıganer (1985); yapmış olduğu çalışmalarda Silopi bölgesinde iki büyük asfaltit (Harbul ve Üçkardeşler) filonu üzerinde rezerv tespitinde bulunmuştur. 300-350 m derinliğe kadar yapılan çalışmalarda 49.600.000 ton görünür+muhtemel asfaltit rezervi belirlenmiştir. Sıvı- yarı sıvı asfaltitin kıvrılmama hareketi esnasında tabakalar arasındaki çatlaklara yerleşmesi sonucu filonların oluştuğunu ve filonları oluşturan asfaltik maddenin fiziksel ve kimyasal olarak da homojen bir yapıda olduğunu saptamıştır.

Singh ve ark. kömürün kendiliğinden yanma risk indeksini tahmini olarak özetlemek için çalışmalar yapmışlardır. Kendiliğinden yanmaya elverişli kömür damarlarında madencilik çalışmalarını planlamak için pratik bir yaklaşım olarak kömürü kendiliğinden yanma hassasiyetlerine göre sınıflandırmışlardır. Kömürün kendiliğinden yanma potansiyelinin tahmininde çeşitli teknikler gözden geçirilmiş ve geçerli tekniklerden birisi olarak kömür damarını; yüksek, orta ve düşük gibi

kendiliğinden yanma riskine göre sınıflandırmışlardır. Kömürün kendiliğinden yanmasını, tabii ve harici faktörler şeklinde ikiye ayırmışlardır. Kömürü tabii reaksiyonuna göre sınıflandırmak için bir adiabatik oksidasyon kalorimetri testi kullanmışlardır. Kömürün uzun dönem veya transit stoklanmasında kendiliğinden yanmasını önlemek için tavsiyeler ileri sürülmüş ve sıvı nitrojen kullanımına değinmişlerdir.

Karpuz ve ark. (1985); yaptıkları çalışmada GAL- Silopi bölgesi, Harbul ve Üçkardeşler asfaltit filonları üzerinde yapılan çalışmalarda gaz içeriği ve kendiliğinden yanma riskini saptamaya çalışmışlardır. Üçkardeşler asfaltit filonunun gaz içeriğini saptamak için Fransa'da Cerchar tarafından geliştirilen "Direk Yöntem" kullanılmıştır. Üçkardeşler filonunda değişik derinliklerde alınan numunelerde direk yöntemle saptanan gaz içeriği deney sonuçlarına göre gaz içeriğinin derinliğe bağlı olarak artış eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir. Kendiliğinden yanma riski indeksini Harbul için "yüksek", Üçkardeşler için "düşük" bulmuşlardır. Her iki filon için gaz içeriğini düşük olarak saptamışlardır(1,8-2,5 m^3/ton).Karpuz ve ark. Asfaltitlerde yanma ürünü olarak açığa çıkan gazları hava içerisinde patlayıcı konsantrasyonlarını şu şekilde belirlemişlerdir.

Çizelge 2.1. Asfaltitlerde yanma ürünü olarak açığa çıkan gazlar ile bünye gazı olarak bulunan yanıcı gazların hava içerisinde patlayıcı olduğu konsantrasyonlar (Karpuz ve Ark, 1985).

	Bünye Gazları							
Gaz	**Propan C_3H_8**	**Bütan ve İzo-bütan C_4H_{12}**	**Pentan ve İzo-pentan C_5H_{12}**	**Metan CH_4**	**Etan C_2H_6**	**Etilen C_2H_4**	**Propilen C_3H_6**	**Hidrojen Sülfür H_2S**
Patlayıcı Alt Limit,%	2,1	1,8	1,4	5,0	3,0	2,7	2,0	4,0
Patlayıcı Üst Limit,%	9,5	8,4	7,8	15,0	12,4	36,0	11,0	44,0
				Yanma Ürünü Açığa Çıkan Gazlar				

Bünye gazları belli bir karışım halinde havaya karıştıkları zaman teker teker olduklarından farklı patlama alt limiti oluşturur ve bu oluşum gazın alt limitinden farklı olacaktır. Yanıcı gazların hava içerisinde patlama alt limiti Le Chatelier bağlantısı ile

hesaplanmış, asfaltitin bünye gazının %75,08'ini patlayıcı gazların oluşturduğu belirlenmiş ve patlayıcı gazlar hava içerisinde bulunduğu ve %100 üzerinden değerlendirildiği varsayıldığında, karışımın patlayıcı alt limiti %2,2 olarak hesaplanmıştır. Karpuz ve ark. (1985) asfaltit bünyesinde bulunan patlayıcı gazlar toplamının %2,2 oranına ulaştığında patlayıcı nitelik gösterdiğini tespit etmişlerdir. Harbul filonundan alınan karot örnekleri üzerine yapılan kimyasal analizlerde elde edilen değerler Su %0,88, Kül % 35,93, Uçucu Madde %48,86, Yanar kükürt %3,86, Külde kükürt %4,37, Toplam kükürt % 8,23, Asfaltit ısıl değeri 5540 Kcal/kg olarak belirlenmiştir.

Okandan ve ark. (2012); tarafından Orta Doğu Teknik Üniversitesi Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümün'de Silopi Bölgesi asfaltitlerinin gözeneklerinde bulunabilecek uçucu hidrokarbonların kompozisyon ve miktarının saptanması konusunda çalışma yapılmış, kırılan ve toz haline gelen asfaltitlerden açığa çıkan hidrokarbon karışımlarının parlama limitleri saptanmış, işletmede alınabilecek önlemlerle ilgili öneriler sunulmuştur. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda Silopi sahasında asfaltitlerin kırılması esnasında yapılarında bulunan yanıcı gazlar ortaya çıkardığı ve bu açığa çıkan yanıcı gazlarında parlama ve yangın oluşumuna neden olabilecek ortamlar oluşturduğu gözlemlenmiştir. Alınan asfaltit örneklerinden açığa çıkan gaz-hava ve yanıcı gaz karışımlarının kompozisyonları Çizelge 2.2, 2.3, 2.4 ve 2.5'te verilmiştir.

Çizelge 2.2. ODTÜ-PAL e ulaştırılan asfaltit örneklerinden açığa çıkan gaz-hava karışımlarının kompozisyonları

NUMUNE-1											
Ölçüm	Metan	Etan	Propan	i-Bütan	n-Bütan	i-Pentan	n-Pentan	Hekzan	O_2	N_2	CO_2
1	2.609976	6.077051	5.671592	0.326195	1.898235	0.433206	0.385561	0.295270	12.41550	68.70703	1.180389
2	2.593352	6.039557	5.634756	0.323826	1.884513	0.429132	0.382182	0.289661	12.59014	68.66951	1.163371
3	2.627180	6.116395	5.712425	0.328049	1.909341	0.434978	0.387013	0.291043	12.54047	68.48027	1.172839
4	2.554383	6.001788	5.620873	0.323700	1.888293	0.434200	0.384625	0.307380	11.92323	69.29945	1.262086
ortalama	2.596223	6.058698	5.659912	0.325443	1.895096	0.432879	0.38484525	0.295839	12.36733	68.78906	1.194671
NUMUNE-2											
Ölçüm	Metan	Etan	Propan	i-Bütan	n-Bütan	i-Pentan	n-Pentan	Hekzan	O_2	N_2	CO_2
1	0.801253	1.766694	1.894813	0.154691	0.758262	0.191385	0.215863	0.168916	21.43416	72.09741	0.516553
2	0.843589	1.864613	2.00204	0.163405	0.800193	0.201558	0.227158	0.167413	21.34228	71.85712	0.530623
3	0.771953	1.719878	1.857364	0.152128	0.743778	0.186887	0.210871	0.162936	21.61064	72.08585	0.497715
4	0.782756	1.818881	1.992149	0.164515	0.812632	0.209001	0.233797	0.177527	21.40883	71.87675	0.523157
ortalama	0.799888	1.792517	1.936592	0.158685	0.778716	0.1972078	0.22192225	0.169198	21.44898	71.97928	0.517012

Çizelge 2.3. ODTÜ-PAL'e ulaştırılan asfaltit örneklerinden açığa çıkan yanıcı gaz karışımlarının kompozisyonları

NUMUNE-1								
Ölçüm	Metan	Etan	Propan	i-Bütan	n-Bütan	i-Pentan	n-Pentan	Hekzan
1	14.74806	34.33927	32.04817	1.84321	10.72626	2.44789	2.17867	1.66847
2	14.75425	34.36061	32.05759	1.84233	10.72148	2.44144	2.17433	1.64796
3	14.75411	34.34937	32.08070	1.84231	10.72276	2.44282	2.17345	1.63448
4	14.58377	34.26609	32.09132	1.84810	10.78086	2.47898	2.19594	1.75493
ortalama	14.71005	34.32884	32.06945	1.843989	10.73784	2.4527842	2.180598146	1.676459
NUMUNE-2								
Ölçüm	Metan	Etan	Propan	i-Bütan	n-Bütan	i-Pentan	n-Pentan	Hekzan
1	13.46219	29.68297	31.83555	2.59903	12.73988	3.21554	3.62681	2.83803
2	13.45444	29.73879	31.93062	2.60615	12.76231	3.21466	3.62295	2.67008
2	13.29625	29.62347	31.99155	2.62028	12.81096	3.21897	3.63208	2.80644
4	12.64292	29.37821	32.17680	2.65721	13.12547	3.37574	3.77624	2.86738
ortalama	13.21395	29.60586	31.98363	2.620669	12.85966	3.2562286	3.664519948	2.795481

Çizelge 2.4. Numune kabından alınarak kırılan asfaltitlerden açığa çıkan yanıcı gaz-hava karışımı kompozisyonları

Kırılan asfaltit miktarı (kg)	Metan	Etan	Propan	i-Bütan	n-Bütan	i-Pentan	n-Pentan	Hekzan	O_2	N_2	CO_2
2,5	0.343243	2.269328	4.250686	0.403935	1.898761	0.473673	0.464635667	0.358983	17.79322	71.21768	0.525854
2,5	0.307706	2.04232	3.994799	0.380667	1.786304	0.4329233	0.436156333	0.3136	18.50267	71.37599	0.426865
1,5	0.212204	1.202768	2.529586	0.265622	1.364128	0.3490565	0.3882775	0.313327	20.21847	72.77409	0.332472
1,0	0.066976	0.815514	1.726844	0.182528	1.001885	0.3446427	0.309872667	0.294728	21.4472	73.53756	0.272247
0,5	0.031981	0.311259	0.80921	0.097491	0.541947	0.2323813	0.196769667	0.242045	21.93616	75.37575	0.225009

Çizelge 2.5. Numune kabından alınarak kırılan asfaltitlerden açığa çıkan yanıcı gaz kompozisyonları

Kırılan asfaltit miktarı (kg)	Metan	Etan	Propan	i-Bütan	n-Bütan	i-Pentan	n-Pentan	Hekzan
2,5	3.281558	21.68867	40.6247	3.860505	18.14657	4.5269045	4.440519509	3.430582
2,5	3.184593	21.06581	41.20071	3.92605	18.42122	4.4639017	4.497375824	3.240342
1,5	3.202869	18.15301	38.17862	4.008998	20.58863	5.2775653	5.860242564	4.730066
1,0	1.412085	17.19405	36.40834	3.848385	21.12359	7.2664263	6.533322401	6.213809
0,5	1.298413	12.63695	32.85352	3.958101	22.0028	9.4345692	7.988752852	9.826896

Yapılan deneysel çalışma sonucunda; Silopi sahası asfaltitlerinden gerek madende ilk kırıldıkları anda gerekse de kırma işlemi sürecinde, yapılarında bulunan yanıcı gazların açığa çıktığı tespit edilmiştir. Açığa çıkan yanıcı gazlar kapalı ortamlarda bulunmaları durumunda parlama limitleri içine giren hava – gaz karışımını, dolayısıyla parlama ve yangın oluşumuna neden olabilecek ortamlar oluşturabileceği belirtilmiştir.

Parlaktuna ve ark. (2018); tarafından Orta Doğu Teknik Üniversitesi Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü'nde Harbul Filonunda yapılan araştırma

sondajlarından alınan asfaltit karotlarında açığa çıkan hidrokarbon gazlarının kompozisyonunun ve miktarının saptanması amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Asfaltit örnekleri sızdırmaz özelliğe sahip kap içine alınarak; açığa çıkan gazların kompozisyonu, kromatografik gaz analizlerini belirlemek için ilgili laboratuara gönderilmiştir. Asfaltit içinden ilk aşamada çıkan gaz miktarı belirlendikten sonra, asfaltit içinde depolanmış ancak gözeneklerden açığa çıkamayan gazların açığa çıkarılması amacıyla büyük boyutlu asfaltit örnekleri kapalı bir kırıcı düzenekte toz haline getirilmiş ve son aşamada açığa çıkan gazın gaz kompozisyon analizleri de yapılmıştır. Asfaltit içinden kırma aşamasında çıkan gaz miktarı da belirlenmiştir. Asfaltit örneklerinin kırma öncesi ve kırılma sırası ve toplamda çıkan gazların alt parlama sınırı altına seyreltilmesi için gerekli olan temiz hava miktarları verilmiştir Çizelge (2.6).

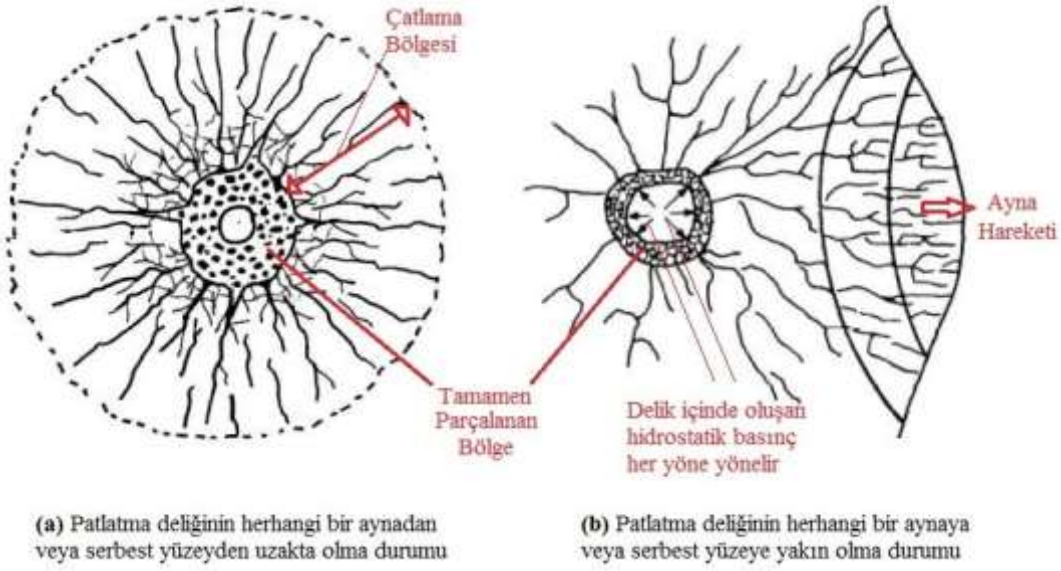
Çizelge 2.6. Bir ton asfaltitten kırma öncesi, kırma sırası ve toplamda çıkan gazların alt parlama sınırı altına seyreltilmesi için gerekli olan temiz hava miktarları

Numune No	Temiz hava miktarı (m^3 hava/ton asfaltit)		
	Kırma öncesi	Kırma sırası	Toplam gaz
SHY-001(1)	5.56	14.30	18.95
SHY-001(3)	2.51	6.30	8.49
SHY-001(5)	1.51	11.14	12.76
SHY-001(8)	12.22	8.04	26.69
SHY-001(9)	12.64	11.87	25.88
SHY-001(12)	8.89	13.36	22.33
SHY-001(14)	7.87	15.27	22.64
SHY-002(1)	5.26	13.93	18.18
SHY-002(3)	10.71	3.37	17.07
SHY-002(5)	11.04	0.61	14.34
SHY-002(11)	10.04	16.57	26.49
SHY-002(14)	12.64	11.85	25.94

Bu çalışma sonucunda, asfaltit içerisinde bulunan toplam gazın (kırma öncesi ve sonrası) miktarı ton başına en yüksek 0,774 m^3 ile 0,265 m^3 olduğu, toplam gazın parlama sınırının altına seyreltilmesi için gerekli temiz hava miktarı 8,49 m^3 ile 26,69 m^3arasında değiştiği belirtilmiştir.

Bilgin (2016); Silopi ilçesi sınırlarında olan Harbul asfaltit açık maden ocağı sahasında 26 Temmuz 2016 günü yapılan patlatma işlemi sırasında meydana gelen asfaltitin tutuşması ve yanması olayının sebeplerini araştırmıştır. Aimone (1992);

tarafından yapılmış olan bir hesaplamada ANFO'nun patlama sıcaklığını 22040K (Kelvin)(≈1931℃) olarak verilmiştir. Buna paralel olarak Harbul asfaltit maden ocağında delik içinde anlık olarak oluşan sıcaklık 1931 ℃ derece olduğu düşünülür. Eğer delik uygun dilim kalınlığı seçilerek delinmiş ise delik ile ayna arasında (delik önünde) bulunan asfaltit parçalanıp ötelenir (yıkılır) ve sıcaklık birden atmosfere çıkarak dağılır ve delik içinde sıcaklık değeri hızla düşer, bu nedenle yanma meydana gelmeyeceği varsayılmıştır. Ancak delik, olması gerekene göre, aynanın çok gerisinden veya önünde bulunan delik sırasındaki bir delikten çok geride delinmiş ise delikteki patlayıcı madde delik önündeki asfaltiti parçalayıp yıkamayacağından sıcaklık daha uzun süre delik içinde muhafaza edilir ve asfaltiti tutuşma sıcaklığına yükseltir ve yanma başlatabileceği düşünülmüştür. Patlatma deliğinin delik yüzeyine yakın veya uzak olması patlatma anında delik içerisinde meydana gelen durumlar Şekil 2.1'de verilmiştir.



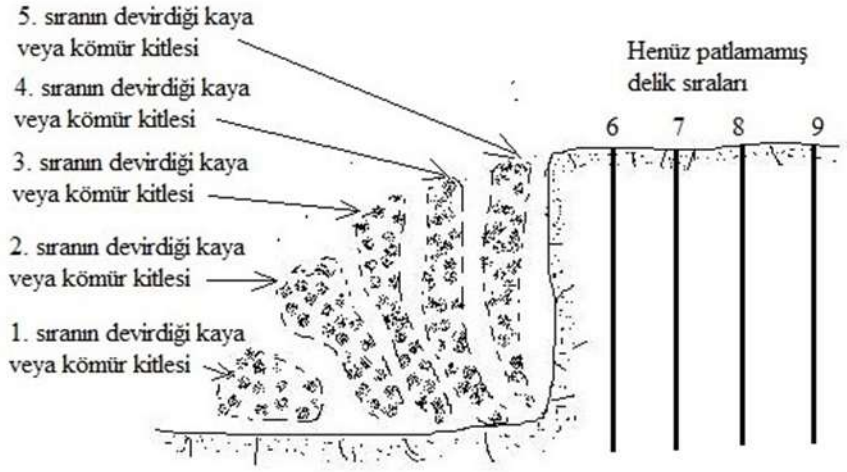
Şekil 2.1 Patlatma deliğinin serbest yüzeyden uzak olma ve serbest yüzeye yakın olma durumlarında patlama anında delik çevresinde gelişen olaylar (Aimone, 1992)

Bir başka benzer durum da, eğer yüzey gecikme kapsüllerinde hatalı diziliş yapılır ve aynaya göre daha geride bulunan bir delik, önündeki delikten daha önce patlatılır ise, bu durumda dilim kalınlığı (yük mesafesi) yine fazla olacağından, delik önünde bulunan asfaltit parçalanıp ötelenemeyeceği ve delik içindeki yüksek sıcaklık

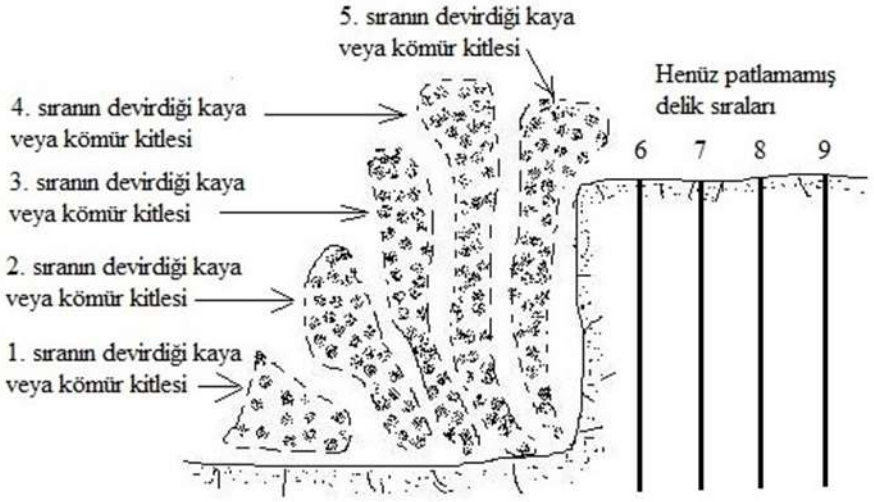
uzun bir süre delik içinde muhafaza olacağından ve atmosfere çıkamayacağından asfaltit tutuşma sıcaklığına kısa süre içinde ulaşacağı ve yanma başlayacağı ortaya konmuştur.

Bununla birlikte çok sayıda delik sırası bulunan ve gecikmeli (sıralı) ateşleme ile yapılan patlatmalarda, 1. Sıradan (aynadan) harekete geçen kaya yeterince ötelendikten sonra 2. Sıradaki deliklerin patlaması gerekir ki, kabarma sonucu ihtiyaç duyulan mekan (boşluk) temin edilebilsin. Bu durum Şekil 2.2'de açıklanmıştır. Delik sıraları arasında yeterli gecikme süresi sağlanması durumu Şekil 2.2-a'da verilmiştir. Bu durumda ön sıra yeterince uzaklaştıktan sonra arka sıra patlayacağından ve parçalanan kayaç serbest ve rahat biçimde öne devrileceğinden; (1) delik içindeki sıcak gazlar atmosfere dağılacak ve asfaltiti tutuşma sıcaklığına ulaştırmayacak, (2) kayaç hareketi zorlanmadan oluşacağından yer titreşimi düşük veya olağan seviyede olacak, kesinlikle yüksek olmayacak, (3) ötelenen kayaç yeterli mekan bulunduğundan sıkışık olmayacak ve kolay kazılabilir bir yığın oluşacaktır.

Eğer delik sıraları arasında yetersiz (kısa) gecikme süresi sağlanırsa veya hatalı yüzey kapsülü dizilişi yapılırsa ve ön sıradaki delikler patlamadan arka sıradaki delikler patlar ise bu durumda; infilak sonucu açığa çıkan ısı enerjisi (930 Kcal/Kg) sebebiyle infilak sonucu oluşan ve delik içinde bulunan gazlar (N_2, CO_2 ve su buharı) ısınacak, 1931^0C gibi yüksek sıcaklık ile genleşecek, ancak bu gazlar, aynanın ötelenememesi nedeni ile erken ve rahat biçimde atmosfere çıkamayacağından delik içerisinde uzun süre bekleyecek, asfaltiti tutuşma sıcaklığına ulaştırabilecektir. Delik içi sıcaklığın yanısıra, delik yakın çevresinde tamamen ve mikron mertebesinde parçalanmış asfaltit tozları, asfaltitin bünyesinde bulunan ve parçalanma sırasında açığa çıkan metan, etan, propan, bütan vb parlayıcı, patlayıcı gazları tutuşturarak yangın oluşturabilecektir.



(a) Sıralar ve delikler arasında **yeterli** gecikme süresi verildiğinde 1. sıranın ve takip eden sıraların harekete geçirdiği kaya veya kömür kitlelerinin yeterli mekan bularak birbiri ardı sıra **öne devrilmeleri**



(b) Sıralar ve delikler arasında **yetersiz** gecikme süresi verildiğinde 1. sıranın ve takip eden sıraların harekete geçirdiği kaya veya kömür kitlelerinin yetersiz mekan nedeniyle sıkışık vaziyette olması ve öne değil **yukarı doğru** hareketi

Şekil 2.2 Delik sıraları arasında yeterli ve yetersiz gecikme sürelerinin etkileri (Bilgin, 1986)

Barış ve ark. (2018); tarafından asfaltit sahasında asfaltitin örneklerinin içerdiği bünye gazlarının miktarını, yayılan gazların bileşimini ve örneklerin kendiliğinden yanma yatkınlıklarını belirlemeye çalışmışlardır. Sahada yapılan iki sondajdan alınan toplam 10 adet asfaltit karotu hava sızdırmaz kanisterlere konmuş ve analizler için BEÜ Maden'e gönderilmiştir. Sahada iki adet karotlu sondaj ile toplamda 610 m'lik sondaj çalışması sonucu 10 adet asfaltit örneğinin gaz içeriğinin 1,98m^3/t–2.64m^3/t arasında olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, sahada bulunan asfaltit yatağının "DÜŞÜK" olarak nitelendirilebilecek bir gaz içeriğine sahip olduğu ve desorpsiyon karakteri olarak ani

püskürmelere yatkın olmadığı kanaatine varılmıştır. Silopi Elektrik Üretim A.Ş. firmasına Şırnak ili, Silopi ilçesinde bulunan IR: 12450 ruhsat no'lu sahada bulunan asfaltit ocağında yapılan karotlu sondajlardan alınan asfaltit örneklerinin kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarının belirlenmesi için gerekli olan miktarlar, temsili numune alma yöntemleri ile gaz içeriği ölçümleri için sızdırmaz kaplara aktarılan örneklerden elde edilmiştir. Analizleri yapılan asfaltit örneklerinin ölçülen gaz bileşimleri değerlendirildiğinde; desorbe gaz (Q_2) bileşiminde temel bileşenin metan (CH_4) olduğu ve eser miktarda C5+ hidrokarbonların bulunduğu söylenebilir. Bunun yanı sıra asfaltit örneklerinin desorbe gaz (Q_2) bileşimlerinde tespit edilmemesine rağmen kalıntı gaz bileşimlerinde metan miktarına yakın propan (C_3H_8) gazının da tespit edilmiş olması, bu gazın metan ile birlikte bulunması durumunda metanın seçimli olarak desorbe olduğunu göstermektedir. Ayrıca, asfaltitin herhangi bir nedenle ısınması sonucunda asetilen (C_2H_2), etilen (C_2H_4) ve etan (C_2H_6) gibi yanıcı/patlayıcı hidrokarbonların da ortaya çıktığı görülmüştür. Bu gazların sıcaklık nedeniyle asfaltitin yapısındaki değişimlerden ortaya çıktığı düşünülmektedir. Ayrıca, bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen kendiliğinden yanma deneyleri sırasında gaz kromatografında gerçekleştirilen analizlerde boğucu özellikte olan karbondioksit (CO_2) gazı saptanmamış, zehirli ve patlayıcı özelliğe sahip CO gazı ise ancak asfaltit örneklerinin sıcaklığının 200°C üzerine çıkmasından sonra tespit edilebilmiştir. Asfaltit örneklerinin kendiliğinden yanma karakteristiklerinin belirlenmesi için gerçekleştirilen deneylerde belirlenen FCC indekslerinin 4,82 dak^{-1} ile 5,79 dak^{-1} aralığında olduğu ve dolayısıyla asfaltit örneklerinin kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarının ise düşük olarak değerlendirilen bir örnek dışında "*ORTA*" seviyede olduğu tespit edilmiştir. Her ne kadar örneklere ait indeks değerleri orta olarak tespit edilmiş olsa da indeks değerlerinin FCC indeksine göre orta seviye sınır değeri olan 5 dak^{-1} değerine çok yakın olması uygun çalışma koşullarında asfaltitin kendiliğinden yanmasının beklenen bir durum olmayacağını işaret etmektedir. Ancak, kendiliğinden yanma deneylerinde asfaltitin sıcaklığının özellikle kesişme noktası sıcaklığına eriştikten sonra son derece hızlı arttığını göstermektedir (dakikada yaklaşık 4°C). Bu nedenle her ne kadar asfaltit örnekleri kendiliğinden yanmaya yatkın olmasa da asfaltitin yeraltı üretim yöntemleri ile üretilmesinin söz konusu olacağı durumlarda dikkatli olunması gerektiği ve herhangi bir

kendiliğinden yanma olayını başlatacak etmenlerden kaçınılması gerektiği düşünülmektedir.

2.1. Kömürün Tanımı ve Özellikleri

Kömürler, bitki ve hayvan artıklarının uygun ortamlarda birikmesi ile oluşan organik maddelerdir. Kömürleşme sürecinde biriken bitki ve hayvan kalıntıları basınç ve sıcaklık koşulları etkisi altında, kimyasal-fiziksel değişikliğe uğrayarak hidrojen ve oksijen açığa çıkarır ve kömürler turbadan linyite farklı çeşitlerde oluşur. Kömürleşmenin ilk aşaması olarak bilinen turba olarak adlandırılan organik maddeler zamanla koyu renklere ve daha sert yapıya sahip olurlar. Kömürleşme rankı (derecesi) artıkça kömürün karbon yüzdesi ve ısıl değerleri artarken; oksijen, hidrojen, uçucu madde ve nem oranı azalmaktadır (Tsai,1982). Sıcaklık ve basınç şartları arttıkça önceleri turba olarak adlandırılan ve kömür olarak sayılmayan bu organik madde, önce "linyit" daha sonra "alt bitümlü kömür," sonra "taşkömürü," "antrasit" ve en sonunda şartlar uygun olursa "grafite" dönüşür.

Asfaltitler yıllarca kömür, linyit, turba gibi bitkisel artıkların bir ürünü olarak kabul edilmiştir. Günümüzde ise petrol kökenli bir kayaç olduğu ve kömür ve kömür türlerinden farklı özellikler gösterdiği bilinmektedir. Ancak göstermiş olduğu farlılıklara rağmen kömür gibi üretilip işletilmektedir. Bu sebeple kömür üretiminde yaşanılan kendiliğinden yanma olayı, çeşitli bünye gazı ve atmosfer gazlarının salınımı asfaltit üretiminde de karşılaştığımız problemlerin başında gelmektedir.

2.2. Kömürün Kendiliğinden Yanmasına Etki Eden Faktörler

Kömürde yanma olayı; kömürün oksijen ile temas ettiği anda oksidasyon olayı başlar. Kömür ve oksijen arasında meydana gelen reaksiyon sonucu ısı açığa çıkmaktadır ve ortaya çıkan ısının yükselmesi ile alevli yangınlar meydana gelebilmektedir.

Kömürün karmaşık yapısından dolayı, kediliğinden yanma olayı sık karşılaşılan bir durumdur. Bu duruma etki eden birçok parametre bulunmaktadır. Bu parametreler iç ve dış olmak üzere ikiye ayrılır (Çizelge 2.7).

Çizelge 2.7. Kömürün kendiliğinden yanmasını etkileyen faktörler (Kural, 1991).

İÇ FAKTÖRLER	**DIŞ FAKTÖRLER**	
Kömürün Fiziksel, Kimyasal ve Petrografik özellikleri	Atmosferik Koşullar	Madencilik Tekniği ve Jeolojik Yapı
-Kömürleşme Derecesi (Rank) - Nem -Pirit İçeriği -Petrografik Bileşenler -Tane Boyutu -Mineral Madde İçeriği	-Sıcaklık -Nem -Oksijen Oranı -Hava Basıncı	-İşletme Koşulları -Havalandırma Koşulları -Damar ve Yan taş Özellikleri

2.2.1. İç Faktörler

2.2.1.1. Kömürleşme Derecesi (Rank)

Yüksek ranklı kömürler kıyasla düşük ranklı kömürler daha fazla nem, oksijen ve uçucu madde içerdiklerinden dolayı kendiliğinden yanma olayına daha yatkındırlar. Örneğin; bitümlü kömürler ve linyitler antrasite göre daha hızlı oksitlenir (Didari, 1986).

2.2.1.2. Nem İçeriği

Kömürün nem özelliği farklılık göstermekte ve kendiliğinden yanma olayına farklı şekillerde etki etmektedir. Kömürde bünye nemi ve kömürün nemli ortamlarda kalması sonucu oluşan yüzey nemi olmak üzere iki çeşit nem bulunmaktadır.

Bünye nemi kömür çeşitliliğine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Örneğin; bitümlü kömürlerde %1-3 arasında, linyitlerde ise %45'e ulaşabilmektedir.

Yüzey nemi ise kömürün tane boyutuna göre değişmektedir. Tane boyutu küçüldükçe yüzey alanı büyür ve yüzey nemi artar. Kömürün yanması sonucu açığa çıkan enerjinin bir kısmı nemi uzaklaştırmak için harcandığından dolayı yüzey nemi kömürde istenilmeyen bir durumdur.

2.2.1.3. Petrografik Bileşenler

Kömür genellikle bantlı bir yapıya sahip heterojen bir maddedir. Kömürün çıplak gözle görülebilen yarı parlak, mat veya ince bantlarına "litotip" denir. Gözle görülemeyen ancak mikroskopla görülebilen kısımlarına da "maseral" denir.

2.2.1.4. Kömürün Tane Boyutu

Kömürün tane boyutu küçüldükçe oksijen ile temas halinde olan yüzey alan büyür ve buna paralel olarak da oksidasyon olayı fazla olur.

Graham (1930) tarafında oksijen absorplama kapasitesi daha yüksek olan kömürler kendiliğinden yanma olayına daha yatkın olduğu belirlenmiştir. Başka bir çalışmada ise Feng (1985) oksidasyon hızını, dış yüzey alanın küp köküyle orantılı olarak arttığını saptamıştır.

2.2.1.5. Mineral Madde ve Kül İçeriği

Kömürün ana yapısı dışında kalan tüm elementler kömürün mineral yapısını oluşturmaktadır. Kül ise, kömür yandıktan sonra arta kalan inorganik maddelerdir. Kül miktarının artmasıyla kömürün ana yapısındaki karbon miktarı azalacağından yüksek kül miktarına sahip kömürler yanma olayına daha az yatkın olurlar.

2.2.1.6. Pirit İçeriği

Kömür damarlarına farklı oranlarda bulunan pirit, nemli bir ortamda hava ile teması halinde kolaylıkla oksitlenebilmekte ve kömürün şişerek parçalanmasını ve hızlı oksitlenmesine neden olmaktadır.

2.2.2. Dış Faktörler

2.2.2.1. Atmosferik Koşullar

Kömür sıcaklığı kömürün yanmasında rol oynayan ana etmenlerden biridir. Her 10℃'de oksidasyon oranı iki kat artmaktadır (Ramlu, 1991). Oksidasyon olayı; kritik sıcaklık adı verilen değere ulaşıncaya kadar yavaş, bu değerden sonra da hızlı bir

şekilde yükselerek meydana gelmektedir. Genellikle, 30-70℃ arasında değişiklik göstermekte ve her kömürde farklı değerde olabilmektedir.

Kömür taneleri havada bulunan nem miktarına bağlı olarak nem alışverişi yapmakta ve su buharını adsorblayarak sıcaklık ve oksidasyon hızını artırmaktadır.

2.2.2.2. Damar ve Yan Taş Özellikleri

Kalın damarlı kömür sahalarında ısıl iletkenliği azalmakta ve kömür bünyesindeki ısınma olayı kendiliğinden yanma olasılığını artırmaktadır.

Damar eğimini artması sonucunda da kendiliğinden yanma riskinin arttığı gözlemlenmiştir. Eğimin artmasıyla kömür damarına binen yük artmakta bu da kömürün kırılarak yüzey alanın genişlemesine neden olmak da ve kendiliğinden yanma riskini artırmaktadır. Fayların sık olduğu ocaklarda da kendiliğinden yanma olayı daha sık görülmektedir.

2.2.2.3. İşletme Koşulları

Kömür ocaklarında gerçekleştirilen üretim yöntemi ile kendiliğinden yanma olayı arasında doğrudan bir bağlantı olduğundan kömür işletme yöntemi seçilirken bu kriter büyük önem kazanır.

Dolgulu ve dönümlü çalışmaların seçilmesi ile kendiliğinden yanma olayını azalttığı varsayılmaktadır.

Oda-topuk yönteminin seçilmesi durumunda bırakılan topukların, tavan basıncı etkisi ile çatlaması ve bu çatlaklardan sızan havanının kendiliğinden yanmayı tetiklemesi kaçınılamazdır. Bu nedenle topuklara gelecek yüklerin hesaplanması yapılırken bırakılacak topuğun boyutu ve denetimi çok önem taşımaktadır.

2.2.2.4. Havalandırma Koşulları

Havalandırma kömür ocaklarında kendiliğinden yanma olayı açısından dikkat edilmesi gerekilen bir konudur. Kömür damarları içinde, topuklarda, ocak kesiminde veya üretimin bittiği sahalarda meydana gelen yüksek basınç farkları kızışma riskini

yükseltebilir. Ayrıca havalandırma amaçlı ek vantilatör kullanımı ya da vantilatör değişim işlemi de kendiliğinde yanma olayını arttırmaktadır.

2.3. Kendiliğinden Yanma Olayının Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler

Kendiliğinden yanma; kömürün yavaş oksitlenmesi veya ısı birikmesi sonucu açık alevli yangın olayına verilen addır. Kömürün oksijenle teması sonucu açığa çıkan ısı havalandırma ile giderilmez ise kömür sıcaklığında artış yaşanır. Sıcaklığın artması oksitlenme olayını hızlandırmakta ve buda alevli yanmanın çıkmasına neden olmaktadır. Kendiliğinden yanma olayının yaşanmasında değişik çevre koşulları ve kömür damarının özelliklerinin de etkisi bulunmaktadır.

Kömürün kendiliğinden yanma olayının incelenmesi; kömür damarlarının yanmaya yatkınlığına göre risk grupları kapsamında değerlendirilmesi kömürün üretimi öncesi ve esnasında gerekli önlemleri alınması bakımından büyük öneme sahiptir. Kömürlerin kendiliğinden yanmaya yatkınlıklarının belirlenmesinde kullanılan yöntemler iki ana başlıkta toplanır (Çizelge 2.8).

Çizelge 2.8. Kömürün Kendiliğinden Yanma Olayının İncelenmesinde Kullanılan Yöntemler

Laboratuvar Yöntemleri	**Pratik Yöntemler**
Statik İzotermal Yöntemi	Kuluçka Sınıflaması
Dinamik Oksidasyon Yöntemi	Düzeltilmiş Bystron-Urbanski Yöntemi
Kimyasal Yöntem	Olpinski Yöntemi
Diferansiyel Termal Analiz(DTA) Yöntemi	Deneyimlere Dayalı Yapılan Sınıflama
Termogravimetrik Analiz (TGA) yöntemi	
Adyabatik Oksidasyon Yöntemi	
Tutuşma SıcaklığıYöntemi	

Üçkardeşler ve Harbul Asfaltitlerinin kendiliğinden yanma risk indekslerinin belirlenmesinde Adyabatik Oksidasyon Yöntemi ve Tutuşma Sıcaklığı yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemler kullanılarak düşük ve yüksek sıcaklıklarda oksidasyon sonucu oluşan sıcaklık artışı gözlemlenmiş ve iki yöntem birbiriyle kıyaslanarak yanma riskine karşı tutarlı bir yaklaşım sergilenmiştir. Üçkardeşler ve Harbul asfaltit filonunun (özellikle Harbul asfaltitinin) yavaş oksitlenmeyi sürdürme potansiyeli vardır.

2.3.1. Adyabatik Oksidasyon Yöntemi

Adyabatik oksidasyon yöntemi; özellikle yeraltında ve kömür stoklarında veya hava sızdırmayan kaplar içinde ısı alışverişinin yok denecek kadar az olduğu kabul edilerek bir kömür oksidasyon sonucu ürettiği ısı miktarının zamana karşı incelenmesidir. İnceleme süresince; kömürün ilk bir saatte ulaştığı sıcaklık, oksidasyon ile ulaşılan maksimum sıcaklık veya toplam sıcaklık artışı ve oksidasyon eğilimi göz önün de bulundurulan değerlerdir (Çizelge 2.9).

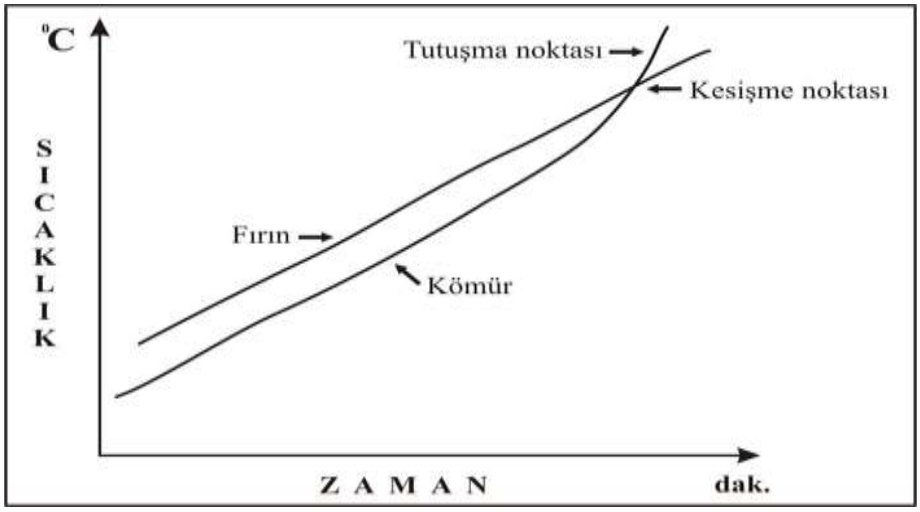
Çizelge 2.9. Adyabatik Oksidasyon Yöntemine Göre Kendiliğinden Yanma Risk Sınıflaması

Risk Sınıflaması	**Adyabatik oksidasyon test sonuçları**		**Risk oranı**
	İlk sıcaklık değeri (ºC/saat)	Toplam sıcaklık artışı (ºC)	
Düşük risk	< 0.4	0-2	1
Orta risk	0.4 – 0.8	2-4	2
Yüksek risk	0.8 – 1.5	4-7	4
Çok yüksek risk	> 1.5	> 7	8

Üçkardeşler ve Harbul asfaltitleri üzerinde yapılan adiyabatik oksitlenme deney sonuçlarında asfaltitin kendiliğinden yanma risk indeksi "Orta" çıkmıştır. Harbul filonu asfaltitinin kendiliğinden yanma indeks değeri **10-12**, Sınıfı ise **Yüksek** olarak tespit edilmiştir (Karpuz ve ark., 1985).

2.3.2. Tutuşma Sıcaklığı Yöntemi

Bu yöntemde, kömürün hava ile oksidasyonu sırasında çevre sıcaklığı 110℃ den başlayarak sabit oranda arttırılmaktadır. Çevre sıcaklığı ile oksidasyon sunucu yanmaya geçen kömürün sıcaklığı eşitlenerek aştığı nokta relatif tutuşma sıcaklığı olarak belirlenmektedir (Şekil 2.1). Deney sonucu elde edilen sıcakılık artış eğrisindeki veriler değerlendirilerek kendiliğinden yanma risk indeksi bulunur.



Şekil 2.3. Tutuşma Sıcaklığı Yönteminde sıcaklık- zaman grafiği (Kaymakçı,1998)

Feng ve ark. (1973) tarafından kömürün risk sınıflaması için geliştirilen Yanma Risk İndeksi (FCC) geliştirilmiştir (Çizelge 2.10).

Çizelge 2.10. FCC indeksine göre kendinden yanmaya yatkınlık (Feng ve ark., 1973)

FCC Değeri dak^{-1}	**Kendiliğinden Yanmaya Yatkınlık**
0-5	Düşük
5-10	Orta
>10	Yüksek

Asfaltitler yarı taşkömürleri ile kıyaslandığında tutuşma sıcaklığını aştıktan sonra çok hızlı sıcaklı artışı gösterdiğinden yanma olayının da kısa bir sürede tamamlandığı gözlemlenmiştir. Bunun nedeni olarak asfaltitlerde kömüre kıyasla çok yüksek oranda uçucu madde bulunması ve tutuşma sıcaklığını aştığında serbest hale gelen ağır hidrokarbonların yanmaya destek olacak şekilde açığa çıkması gösterilmektedir. Isınma sırasında CO değeri sabit iken yanmanın tamamlanması ile ani bir artış göstermektedir. Aynı şekilde ısınma sırasında gözlemlenmeyen metan, etan, etilen ve propilen gazlarında yanma esnasında açığa çıkmaktadır. Bu gazlara ek olarak CO ile birlikte H_2S'ünde açığa çıktığı görülmüştür (Karpuz ve ark., 1985).

Tutuşma deneyleri sonucunda Üçkardeşler asfaltitinin yanma riski "Orta",Harbul asfaltitinin yanma riski tutuşma sıcaklığına daha hızlı ulaşmasından dolayı "Yüksek" olarak bulunmuştur (Çizelge 2.11).

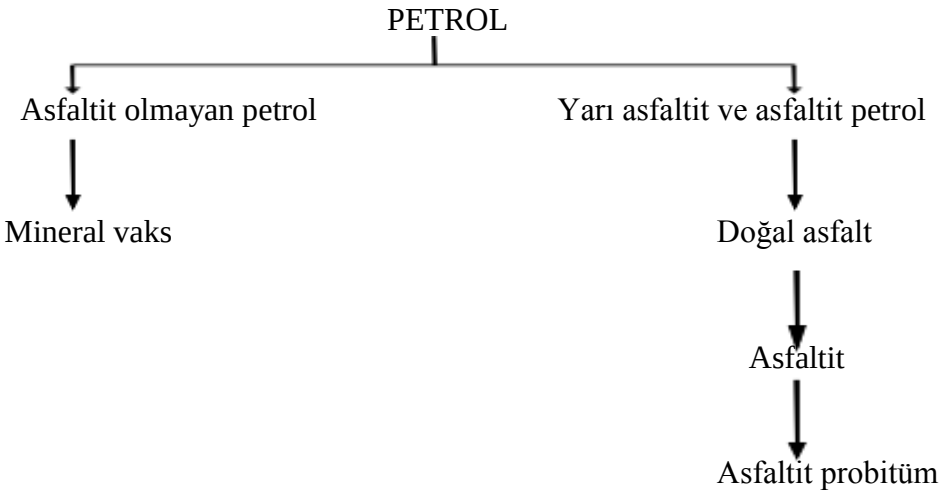
Çizelge 2.11. Asfaltitlerde Yanma Sonucu Açığa Çıkan Gazlar ve Patlama Limitleri (Karpuz ve ark., 1985).

Gaz	**Metan (CH_4)**	**Etan (C_2H_6)**	**Etilen (C_2H_4)**	**Propilen (C_3H_6)**	**Hidrojen Sülfür (H_2S)**
Patlayıcı alt limit %	5.0	3.0	2.7	2.0	4.0
Patlayıcı üst limit %	15.0	12.4	36.0	11.0	44.0

2.4. Asfaltitin Tanımı ve Oluşumu

Asfaltit, petrolün metemorfoza uğraması sonucu oluşan kayaçtır. Asfaltitler tektonik hareketler sonucu asfaltit maddenin çatlak ve kırıklara birikmesi sonucu oluşmuş maddelerdir. Genellikle filon şeklinde yataklanan asfaltit geçmişte kömür, turba gibi bitkisel atıkların bir ürünü olarak tanımlanmıştır. Ancak asfaltiti petrol kökenli bir kayaç olarak kabul görmüştür. Petrolün zaman, ısı, basınç gibi faktörlerin ve bazı kimyasal tepkimelerin meydana gelmesiyle oluşur.

Asfaltit maddeler; yaşanan metamorfizma olayının farklılığına bağlı olarak değişik kimyasal ve fiziksel özelliklerini gösterirler. Şekil 2.2'de petrolün metamorfizma sonucu uğramış olduğu değişiklik gösterilmektedir.



Şekil 2.4. Petrolün metamorfizması sonucu oluşan asfaltit maddeler (Orhun,1969)

Metamorfizma, yarı asfaltit ve asfaltit petrolün zaman içerisinde gaz gibi hafif bileşenleri kaybederek ısı ve basınç altında metan oksitlerinin fiziksel ve kimyasal değişikliğe uğraması sonucu meydana gelir. Bu değişim sırasında hidrokarbonlar,

hidrojen kaybına uğrayarak karbonca zenginleşirler ve daha yüksek molekül ağırlıklı kompleks maddeler oluştururlar.

Genel olarak asfaltitler, derinlerde bulunan sıvı veya yarı sıvı durumdaki asfaltit maddesinin hidrostatik basınç, gravitasyon, sıcaklık gibi etkenlerle taşınarak, yarık, çatlak ve boşluklara yerleşmesi sonucu oluşan maddeler olarak tanımlayabiliriz (Sezer, 2007).

Petrolün metamorfizması sırasında asfaltitler kimyasal değişim sonucu, doğal asfaltitler ise fiziksel değişim sonucu oluşurlar. Değişim derecesine bağlı olarak petrol, önce buharlaşma olayı ile ısıtınca eriyen ve bir dereceye kadar uçucu olan doğal asfaltlara; sonrasında, oksitlenme, polimerleşme ve kondenzasyon tepkimeleri etkisi ile ısıtılınca zor eriyen ve uçucu olmayan asfaltitlere ve en sonunda da ısıtınca erimeyen ve uçucu özelliği olmayan asfaltit probitümlere dönüşürler. Bu değişimler ilerledikçe asfaltit maddelerde hidrojen ve oksijen kaybı yaşanır, karbon sülfürde çözünürlük olayı azalır ve ısı etkisiyle erime olayı gittikçe azalır (Nakoman, 1977).

Asfaltit probitümlerle asfaltit olmayan probitümleri birbirinden içerdikleri oksijen miktarı ile ayrılırlar. Petrol kökenli doğal asfalt, asfaltit ve asfaltit probitümler çok az miktarlarda (% 3 kadar) olsa da oksijen içerirler. Asfaltit olmayan probitümler (turba, linyit, taşkömürü vb.) kömürleşme derecesine bağlı olarak yüksek oranlarda (%3-44) oksijen içermektedirler.

Doğal asfaltlar; belli bir dereceye kadar uçucu özellik göstermeyen, ısıtıncaya eriyebilen karbon sülfürde çözünen suda çözünmeyen, farklı sertliklerde, koyu renkli, hidrokarbonlardan oluşan maddelerdir.

Asfaltitler; nispeten sert olan, uçucu özellik göstermeyen, koyu renkli hidrokarbonlardan oluşurlar. Karbon sülfürde çözülür suda çözünmeyen ısıtılınca zor erirler.

Asfaltit pirobitümler; koyu renkli oldukça sert, uçucu olmayan, ısıtılınca erimeyen ve karbon sülfürde çözünmeyen hidrokarbonlardır. Ham petrolün değişim sürecinin son evresinde asfaltit probitüm oluşur. Asfaltite benzer özellik gösterir. Siyah renkli ve sert özelliklidir. Isıtınca erimez. Oksijen oranı % 5'ten küçük CS_2 içinde çözünürlüğü %0-10 arasında değişmektedir.

Asfalttan, asfaltit probitüme gidildikçe sertlik derecesi artar ve sabit karbon derecesi artar iken CS_2 içinde eriyebilirlik oranı azalır (Orhun, 1969; Lebküchner ve ark., 1972).

2.4.1. Asfaltitin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Asfaltit parlak veya donuk siyah renktedir; sertliği 2-3, özgül ağırlığı 1.03-1.20, ısıl değeri de yaklaşık 10-23Mj/kg arsında değişmektedir. %10-55 sabit karbon, %0-2 oksijen ve eser miktarda %5'e kadar mineral içerir; 120-135℃ arasında erir ve karbon sülfürde çözünürlük derecesi %45-100 arasındadır(Kural, 1998).

Asfaltitlerde su (1-5.3 wt %), kül (33-45 wt%), sülfür (4.1-6.4 wt%), uçucu madde (24-40 wt%), sabit karbon (47-59wt), hidrojen (3.2-5.6wt%) ve karbon sülfürdeki çözünürlüğü (1-5.3wt%) hesaplanmıştır (Balice, 2003).

Tablo 1'de görüldüğü gibi Güneydoğu Anadolu Bölgesinde bulunan asfaltit maddelerin bazı kısımları asfaltit probitüm özelliğine sahip iken, bazıları asfaltit probitüm özelliğine sahip olmasına rağmen metamorfik olarak asfaltit probitüm kadar ilerleyememiştir. Ayrıca bazı zuhurlarda asfaltit ile asfaltit probitüm arasında bir bölgede yer almaktadır (M.T.A.,1982).Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan asfaltitlerin kimyasal özellikleri aşağıda verilmektedir (Çizelge 2.12).

Çizelge 2.12. Asfaltitlerin kimyasal özellikleri (TKİ, 2005).

Parametreler	**Şırnak**		**Silopi**	
	Orijinal Kömür	**Kuru Kömür**	**Orijinal Kömür**	**Kuru Kömür**
Nem, %	1,18	-	3,79	-
Kül, %	38,67	39,13	34,67	36,03
Uçucu Madde,%	35,28	35,70	47,21	49,07
Bağlı Karbon, %	24,88	25,17	14,33	14,90
Toplam, %	100	100	100	100
Yanar kükürt, %	1,26	1,27	4,02	4,18
Külde Kükürt,%	4,10	4,15	3,44	3,58
Toplam kükürt,%	5,36	5,42	7,46	7,76
Alt ısı değer, kcal/kg	5142	5221	5413	5650
Üst ısı değeri,kcal/kg	5296	5359	5619	5840

2.4.2. Asfaltitin Kullanım Alanları

Asfaltit rezervlerinin dünya üzerinde sınırlı oluşu ve bulundukları yerlerde de yakıt olarak kullanılmalarından dolayı yakın zamana kadar dünya ekonomisinde önemli yeri olmamıştır (Kural, 1991). Endüstride ilk defa boya ve bazı kimyasal maddelerin üretiminde daha sonrada 1920'lerde asfalt yapımında kullanılmıştır.

Boya, vernik, otomobil lastiği, matbaa mürekkebi, kauçuk yapımı, su geçirmez kablo yapımı gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır.

Günümüzde yaşanan enerji kaynakları kıtlığından dolayı asfaltit gibi alternatif enerji kaynaklarının kullanımı kaçınılmaz kılmıştır.

Güneydoğu Anadolu bölgesinde Şırnak ve Silopi yöresinde 82 milyon tona yakın tespit edilmiş asfaltit rezervleri bulunmaktadır. Tespit edilen asfaltit rezervleri kömüre alternatif olarak yakıt olarak kullanımın yanı sıra termik santrallerde elektrik enerjisi üretimi için kullanılmaktadır. Şırnak ili Silopi ilçesinde asfaltit ile çalışan ilk ve tek akışkan yataklı termik santral kurulmuştur. 3x135 (405) MW kurulum gücüne sahip olan bu akışkan yataklı termik santral yaklaşık yıllık 2.204 GWh elektrik enerjisi üretebilmektedir.

Asfaltitlerde petrolde yapılan rafine işlemine benzer şekilde yapılan işlemler sonrasında sentetik gaz ve sıvı yakıt, amonyak, kükürt ve metalürjik kok elde etmede kullanılır.

2.4.3. Güneydoğu Anadolu'da Bulunan Asfaltit Sahaları

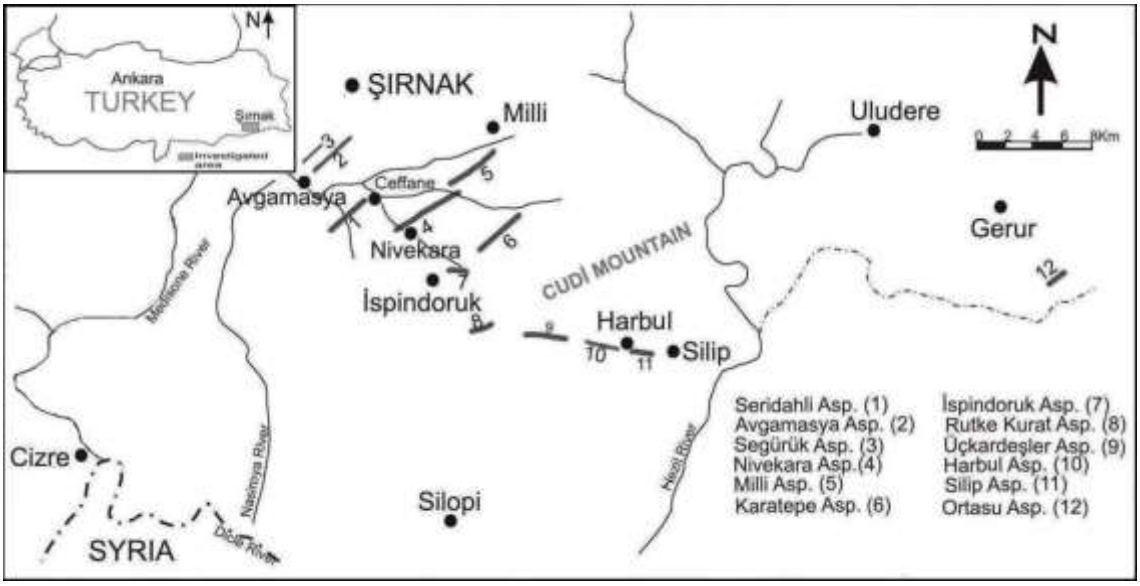
Dünyada oldukça sınırlı sayıda olduğu bilinen asfaltit yataklarının bir kısmı Çin, Küba, İspanya ve Arjantin'de olduğu bilinmektedir. Türkiye'deki asfaltit maddeler %40 civarında yüksek kül oranına sahip iken dünyada bu oran %1 kül içeriği oranıyla farklılaşmaktadır. Asfaltit maddelerin linyitten içerdiği oksijen miktarı bakımından farklı olması asfaltit maddeleri petrol kökenli olmasının kanıtıdır (Kural, 1991).Oksijen miktarı, turba, linyit ve taş kömüründe %3-44 arasında değişiklik gösterir iken, bu oran asfaltit maddelerde %2'dir.

Maden Teknik Arama Enstitüsü'nün (MTA) 1963 yılında bu yana yaptığı çalışmalarda ülkemizde en yoğun asfaltit yataklarının Güneydoğu Anadolu bölgesinde olduğu saptanmıştır.

Ülkemizde asfaltit filonlar çatlak dolgusu şeklindedir. Güneydoğu Anadolu bölgesinde Şırnak, Hakkari ve Mardin illerinde yaklaşık 20 tane önemli asfaltit madde filonları bulunmaktadır. Filon topluluğu şeklinde bulunan bu sahalardan önemli olan iki tanesinden biri Şırnak'ın güneyinde, ikincisi ise Silopi'nin kuzeydoğusunda yer almaktadır.

Şırnak ilinin güneyinde yer alanlar Avgamasya, Segürük, Seridahli, Nivekara, Milli, İspindoruk, Karatepe ve Rutkekurat filonlarıdır. Silopi'nin kuzeydoğusunda ise Üçkardeşler, Harbul ve Silip filonları bulunmaktadır.

Bu iki sahadan farklı olarak Uludere'nin güneydoğusunda, Irak sınırını yakınında Ortasu asfaltit filonu bulunmaktadır.



Şekil 2.5. Güneydoğu Anadolu bölgesindeki asfaltit filonları (Gönenç, 1990)

Şırnak'ın Güney kesiminde bulunan filonlar KD-GB doğrultuludur. Bu filonlardan olan Rutkekurat, İspindoruk ve Uludere- Ortasu Mesozoyik yaşlı Cudi karbonatları içnde yer alır. Diğer geriye kalan Avgamasya, Sergürük, Seridahli, Milli, Nivekara, Karatepe filonları ise Geç Kretase-Paleosen yaşlı Germav Formasyonu içinde yer alır. Germav Marn, çamurtaşı ve kumtaşından oluşan Germav Formasyonu dik

filonlar tarafından belli bir açıyla kesilmektedir. Bazı filonlar huni veya ağaç dalları şeklinde ya da filonun belli bir kesimini dolduran çatlaklar şeklindedir. Filonların oluşumundaki bu farklılığın nedeni formasyonun sert veya yumuşak olmasından kaynaklanır. Sert Formasyonda filonlar tek ve düz bir hat şeklinde olurken; yumuşak formasyonda ağaç dallarını andıran filonlar şeklinde oluşmuştur.

Silopi'nin kuzeydoğusunda bulunan Üçkardeşler, Harbul ve Silip ise Eosen yaşlı karasal Gercüş Formasyonu içinde, D-B uzanımlı, tabakalanmaya paralel uzanır.

Avgamasya Filonu; Şırnak ilinin KD-GB doğrultusunda uzanan Avgamasya köyünü hemen yanında olan bu filon Güneydoğu Anadolu bölgesini en büyük filonudur. Filon uzunluğu 3 km, genişliği ise yaklaşık 75 metredir. Kuzeybatı yatımlı huni şeklinde dike yakın eğilimlidir.

Filonun üzeride bazı kesimlerinde 10-40 metre arasında değişen asfaltitin kendiliğinden yanması sonu oluşan "Yanık Seri" olarak isimlendirilen curuf ve kırmızı marnlar bulunur.

Asfaltit kalitesi ile ilgili yapılan çalışmalar sonucunda Su %1,07, Kül %32,79 Uçucu madde %33,82, Sabit karbon %32,30, kalorifik güç 5013 kcal/kg olarak belirlenmiştir (MTA, 2010).

Harbul filonu; Cudi dağı güney bindirmesi önünde Eosen yaşlı ve devrik Gercüş Formasyonu içinde katmanlanmaya paralel bir şekilde çatlak dolgusu şeklindedir. Silopi'nin güneydoğusunda Harbul köyünün yakınında yer alır. Filonun uzunluğu 1850 metre, genişliği en fazla 55 metredir.

MTA tarafından yapılan analizler sonucu Harbul filonundan alınan karotların kimyasal bileşimi Su %0,88, Kül %35,93, Uçucu madde %48,86, Sabit karbon %13,20, Yanar kükürt %3,86, Külde kükürt %4,37, Toplam kükürt %8,23, Yoğunluk 1,43 g/cm^3 Kalorifik güç 5540 kcal/kg'dır (Alkaş,1989).

Üçkardeşler filonu; Harbul filonunun 4 km batısında Gercüş Formasyonu içerisinde tabakalanmaya uygun tek çanak dolgusu şekilde yer almaktadır. Uzunluğu 1265 metre, genişliği ise 2.00-75.00 m dir. Filon üzerinde yapılan çalışmalar sonucu 9 850 000 ton görünür rezerv, 10 900 000 ton muhtemel rezerv ve toplam rezerv de 20 750 000 ton m olarak hesaplanmıştır.

Silip filonun yataklanma şekli ince kenarlı mercek şeklinde olup diğerlerinden farklıdır. Uzunluğu yaklaşık 410 metre, genişliği 200 metre ve kalınlığı 5-52 metre arasında değişmektedir. Silip filonu Harbul filonun 1 km doğusunda yer alır. Sondaj çalışmaları sonucu 3 070 950 ton görünür, 1 335 364 ton muhtemel rezerv tespit edilmiştir (MTA, 1990).

Milli Filonu; Şırnak'ın güneydoğusunda Milli yerleşim merkezi güneyinde yer alır. MTA tarafından filon üzerinde 1964 yılında aralıklı olarak çalışmalara başlanmış ve 1974 yılına kadar devam etmiştir. Bu çalışmalar sonucunda tespit edilen uzunluğu 3500 metre, genişliği 0,30-13,00 metre arasındadır. 200 metre derinlikte yapılan çalışmalarda toplam asfaltit rezervi 6 500 000 ton, görünür rezervi 2 000 000 ton muhtemel rezervi 2 900 000 ton ve mümkün rezervi de 1 600 000 ton olarak tespit edilmiştir(MTA, 1990).

Seridahli filonu; Avgamasya köyünün Seridahli mahallesinin 1 km güneydoğusunda olan filon kuzeydoğu-güneybatı uzanımlıdır. Uzunluğu 2750 metre, genişliği ise 0,45-14,30 metre arasında değişir. Tek bir çanak dolgusu görünümünde olup 3 533 868 ton görünür, 1 254 502 ton muhtemel, 1 279 202 ton mümkün rezerve sahiptir. Kimyasal bileşim olarak %27,55 su, %27,53 kül, %3,07 kükürt içerir. Asfaltit ısıl değeri 2600 kcal/kg'dır.

Karatepe filonu; Anılmış köyünün kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda yer almaktadır. Filon uzunluğu 2950 metre ve genişliği ise 1,50-12,00 metre arasında değişir. Isıl değeri 3695 kcal/kg dır. Sondaj çalışmaları nihayetinde 200 metre derinlikte tespit edilen yaklaşık toplam rezerv 5 milyon ton iken görünür rezerv de 500 bin ton olarak belirlenmiştir.

Nivekara filonu; Milli filonuna parelel olarak uzanır ve Nivekara mahallesinin 1 km kuzeyindedir. Uzunluğu 1285 metre olup genişliği ise 0,40-11,80 metre arasında değişmektedir. Asfaltitin ısıl değeri 3400 kcal/kg dır. Kimyasal özellikleri şu şekildedir: Su %8.33, Kül %34,10, Kükürt %6,29. Sondaj çalışmaları sonucu 200 metre derinlik için 300 bin ton görünür, 1 milyar ton muhtemel, 700 bin ton mümkün ve toplam olarak 2 milyar ton asfaltit rezervine sahiptir.

Segürük Filonu; Şırnak- Cizre yolu üzerinde Şırnak'ın güneyinde yer almaktadır. Germav Formasyonu içinde ağaç yapısına benzer çatlak dolguludur. Filonun

uzunluğu 800 metre iken genişliği ise 0,50-10,00 metre arasındadır. Asfaltik ısı değeri 4500 kcal/kg dır.

İspindoruk filonu; Şırnak'ın güney doğusunda Anılmış köyü civarındadır. Uzunluğu 1250 m, genişliği de 4-15 metre arasındadır. Isıl değeri 4000 kcal/kg olup, Su oranı % 3,60, Kül oranı % 42,12 ve Kükürt oranı %4,40 tır. Filonun 100 m derinliği için hesaplanan rezerv miktarları şöyledir: Görünür rezerv 100 000 ton, Muhtemel rezerv 500 000 ton, Mümkün rezerv 500 000 ton ve toplam rezerv de 1 100 000 ton'dur.

Rutkekurat filonu; Cudi dağı üzerinde yer almaktadır. Uzunluğu 1500 metre genişliği ise 0.50-20.00 metre arasındadır. Sondaj çalışmaları sonucunda 50 metre derinlik için 1 milyon ton rezerv belirlenmiştir (MTA, 1990).

2.4.4. Güneydoğu Anadolu Asfaltit Jeolojisi

Asfaltitler, petrolün tektonik hareketler sonucu kendi yatağından ayrılarak çevredeki yarık ve çatlaklara dolması ve katılaşması sonucu oluşan maddelerdir. Türkiye'nin en önemli asfaltit sahaları Güneydoğu Anadolu bölgesindeki Şırnak ilinin güneyinde ve Silopi'nin güneydoğusunda bulunmaktadır. Şırnak güneyinde en eski birim Permiyen yaşlı kireçtaşları bulunmakta üzerine de Triyas yaşlı genellikle kireçtaşı, şist ve üste doğru dolomitlerden oluşan Goyan grubu çökelleri gelmektedir. Daha üst kısımda ise Jura-Kretesa yaşlı Cudi gubu birimleri yer alır. Üst Kretase-Paleosen yaşlı Germav Formasyonu marn, killi kireçtaşı, kumtaşı düzeylerinde oluşur ve Cudi grubu ile uyumludur. Karasal fasiyesteki Gercüş Formasyonu ise Eosen yaşlı olup, güneyde Harbul-Silip dolayından geçen D-B uzanımlı bindirme hattının güneyinde yer alır. Germav Formasyonu üzerinde yer alan Harbul, Üçkardeşler ve Silip filonları bulunduğu Formasyon ile uyumludurlar.

Bölgenin kuzey ve doğusuna doğru Lütesiyen (Orta Eosen) yaşlı Midyat kireçtaşları yer alırken Güneyde de Miyosen yaşlı Şelmo Formasyonu bulur.

Güneydoğu Anadolu Bindirme Kuşağı'nın güneyinde, Arap plakasının kıvrım kuşağında yer alan antiklinal yapılar, Türkiye'nin en önemli petrol sahalarını oluşturmaktadır. Bu antiklinal yapılardan bazıları tektonik hareketler sonucunda kırılmış ve Şırnak-Silopi bölümündeki filonları oluşturmuşlardır.

Güneydoğu Anadolu Bölgesinde tespit edilen asfaltit maddeler bulundukları yere, jeolojik Formasyona ve metamorfoz derecesine göre bazı kısımlar da asfaltit probitüm özelliği, bazı kısımlarda da asfaltit probitüm özelliği göstermesine rağmen tam olarak metamorfoz olayı asfaltit probitümler kadar ilerlememiştir. Bazı sahalarda asfaltit ile asfaltit probitüm arasında bir özellik göstermektedir (MTA, 1982).

Asfaltit maden yatakları özellikle Türkiye'nin Güneydoğusunda bulunmakta ve bölgedeki asfaltit yatakları ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. Asfaltit, gerek Dünya'da gerekse Türkiye'de açık ocak işletmeciliği ile üretilmektedir. Petrolün bir türevi olarak kabul edilen asfaltitler, genellikle sert kaya kütleler arasında tabakalar ve filon şeklinde yataklanma gösterirler ve bulundukları yüzeylerde mostra verirler. Bu sebepten dolayı, asfaltit filonlarında yapılan açık ocak işletmeciliği düşük veya kabul edilebilir dekapaj oranları ile ekonomik olarak gerçekleştirilebilmektedir.

Şırnak İli Silopi ilçesi bölgesinde iki önemli filon bulunmaktadır. Bunlar Üçkardeşler ve Harbul Filonlarıdır. Her iki filonda Doğu-Batı doğrultusunda uzanmakta ve Çevre Jeolojik yapıdan dolayı önemli benzerlikler göstermektedirler. Doğuda bulunan Harbul Filonunun doğu ucunda 1000 metre uzaklıkta Silip adı verilen asfaltit filonu bulunmaktadır.

Harbul Filonu Doğu- Batı doğrultusunda 1500 metre uzunluğunda yayılmıştır. Filonun genişliği yüzeyde 5-65 metre arasında değişir. Şırnak bölgesinde tespit edilen filonların rezerv hesaplamaları derinlik baz alınarak yapılmıştır.

Şu ana kadar tespit edilen 12 Asfaltit filonunun kalorifik değeri(alt ısıl değeri) 2876 ve 5440 kcal/kg arasında değişmekte olup, filonların görünür rezervi 45.743.000, muhtemel rezervi 28.897.000 ve mümkün rezervi ise 7.579.000 ton olmak üzere toplam rezervi 81.949.000'dur (Saydut, 1999).

MTA tarafından yapılan rezerv çalışmalarında yaklaşık toplam 82 milyon ton asfaltit sahası tespit edilmiştir. Bu toplam tespit edilen rezervin 45 milyon tonu görünür rezervdir (Çizelge 2.13).

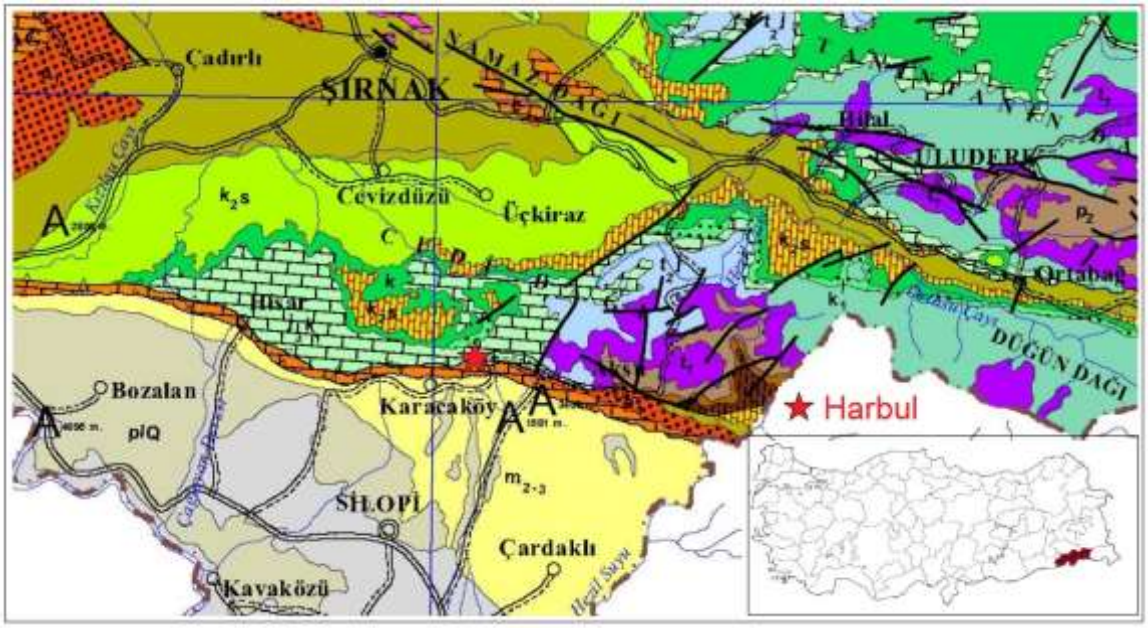
Çizelge 2.13. Türkiye'nin asfaltit rezervleri (1000 ton), (MTA-TKİ, 2005)

Filon Adı	**Görünür**	**Muhtemel**	**Mümkün**	**Toplam**
Silopi – Harbul	17 914	7 851	-	25 765
Silopi – Silip	3 071	1 335	-	4 406
Silopi – Üçkardeşeler	9 472	10 861	-	20 333
Şırnak - Avgamasya	7 481	673	-	8 154
Şırnak - Milli	2 000	2 900	1 600	6 500
Şırnak - Kartepe	500	2 000	2 500	5 000
Şırnak - Seridahli	3 534	1 254	1 279	6 067
Şırnak – Nivekara	300	1 000	700	2 000
Şırnak – İspindoruk	100	500	500	1 100
Şırnak - Segürük	550	450	-	1 000
Şırnak - Rutkekurat	-	-	1 000	1 000
Şırnak – Ortasu	551	53	-	604
Toplam	45 473	28 897	7 579	81 949

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu bölümde; Silopi-Harbul filonunun genel jeolojisi, mevcut durumu, kimyasal özellikleri ve bu güne kadar açık ocakta meydana gelen gaz yangınları ayrıntılı irdelenmiştir. Şırnak- Silopi ilçesinde yer alan asfaltit filonunun yer bulduru haritası aşağıda verilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Harbul Asfaltit filonu yer bulduru haritası

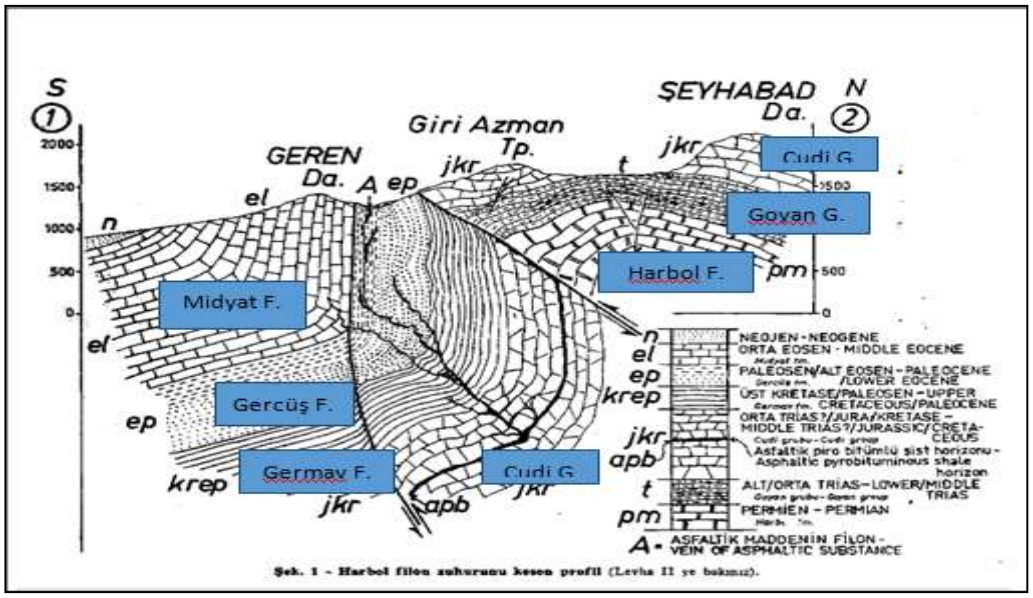
3.1.1. Silopi-Harbul Asfaltit Filonunun Saha Jeolojisi

Şırnak havzasındaki asfaltit filonları; ana kayaçtan yüzey çatlak ve yarıklarına petrolün sızıp çökelmesi ile düşey doğrultuda gelişmekte ve genellikle kaya kütleleri arasında tabaka veya filon şeklinde yataklanma göstermektedir.

Çalışma alanı, Kuzeyde Cudi Dağlık bölge ile Güneydeki Silopi-Cizre düzlük bölgesinde yer almaktadır. Kuzeydeki dağlık bölge, jeolojik yapılara uygun olarak, kabaca Doğu- Batı doğrultusunda bir eksen üzerinde yerleşmiştir. Arap bloğunun Anadolu levhası ile çarpışması sonucunda çalışma sahasındaki kenar kıvrımlar şekillenmiştir. Kuzeyde yer alan yaşlı Cudi antiklinaryum'un ($N75^0$-$W80^0$) güney

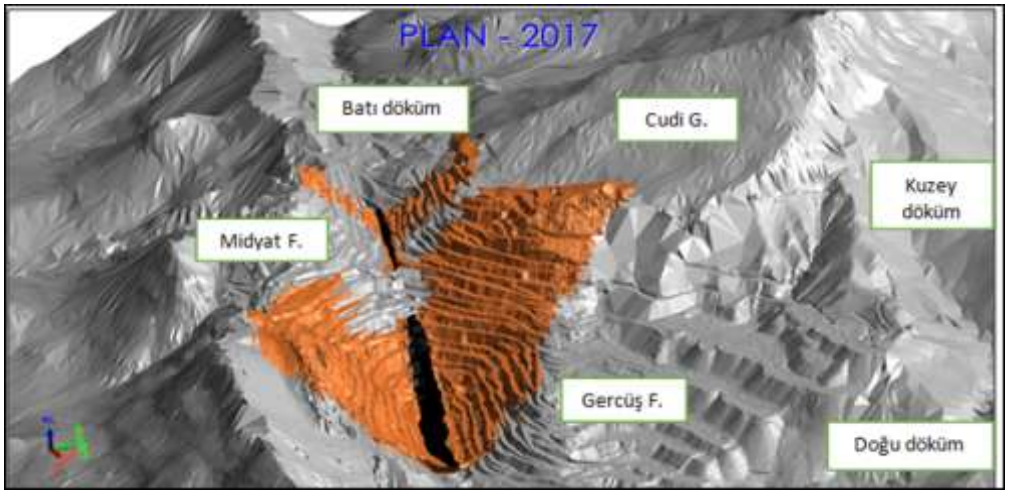
kanadında eksene paralel olarak gelişen bindirme ile daha eski birimler güney'e doğru daha genç Formasyonların üzerine itilmiştir. Şırnak ilinde ilk asfaltit arama faaliyetleri 1940 yılında Harbul filonunda başlamış 1986 yılına kadar diğer filonlara yönelik çalışmalar devam etmiştir.

Bu sahadaki stratigrafik kademeler, çok sayıda jeolog tarafından incelenmiş ve açıklanmıştır. En eski kademe, Harbul'un doğusundaki *Devoniendir.* Onun üstündeki *Harbul Formasyonu* Permiene ilişkindir ve aralarına dört kuvarslı kumtaşı bankının ihtiva ettiği kalkerlerden oluşmuştur. Bunu takiben, Triasa (Verfenien) ait *Goyan grubu* gelmektedir. Oluşumu, ince katkılı kalkerler, kalkerli şistler, kırmızı-mor ve kırmızı - kahverengi şistler, üste doğru çoğunlukla ince dolomit tabakaları katkılı griden koyu griye kadar renkte şistler yer alır. *Cudi grubu* tabanda Orta Trias, tavan kısmında Orta veya Üst Kretase olarak kabul edilmiştir. Çoğunlukla koyu renkte kalker, dolomitik kalker ve dolomitlerden oluşmuş, kalın bir seridir (yaklaşık 1000 metre). Ortasında, kalınlığı 10 metreye kadar çıkan, siyah renkte bir bitümlü şist ara tabakası vardır. Cudi grubunun üstüne *Germav Formasyonu* gelmektedir ve bu 1600-2100 m arası kalınlıktaki bir seri olup, Nebert tarafından, bir "Alt, Orta ve Üst Şırnak Formasyonuna" ve bir de "Alt ve Üst Germav Formasyonu" gibi bölümlere ayrılmıştır. Germav Formasyonu tavanını takiben Paleosene ait *Becirmen kalkerleri* (20-200 metre) gelmektedir. Birden kırmızı renge değişim, kon- glomeran, kırmızı killi ve tavanda yumuşak, gri ve sarımsı marnlı ve jipsli *Gercüş Formasyonu* karasal çökelmelerine işaret etmektedir. Serinin kalınlığı takriben 800-1300 metre arasındadır. En geniş yayılımı gösteren *Midyat Formasyonu,* başlıca denizel kalkerlerden oluşmuştur (Lütesien). Geriye kalan daha genç Formasyonlar ilginç değillerdir. *Bazaltlar,* Pliosene aittirler. Sahanın stratigrafisinden daha önemli olan, *tektonik Strüktürlerdir.* Petrol aramaları sırasında saptanan ana hatlar, antiklinaller, faylar ve şariyajlar, jeolojik özet haritasında gösterilmiştir. Sadece tektonik hareketlerin derin çatlaklar açması ile sıvı asfaltın dolabileceği yerlerde, asfaltik madde zuhurlarının bulunacağı belirtilmektedir (Lebküchener, 1969). Şekil 3.2'de Harbul sahasının jeolojik haritası verilmiştir.



Şekil 3.2. Harbul Sahasının Jeolojik haritası (Lebküchener,1969).

Havzanın oluşumunda birbirinden farklı Formasyonlar görülmektedir. Ancak asfaltitin oluşumu ve yan kayaçlar Cudi Formasyonu, Gercüş ve Midyat Formasyonlarını içermektedir. Formasyonların mevcut durumu aşağıdaki şekilde belirtilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Harbul filonun 2017 planı üstten görünüşü ve jeolojik formasyonları

Midyat kireçtaşları yüksek dayanımlı, Gercüş ise düşükten yükseğe kadar değişen dayanım özelliği ile heterojen Formasyon özelliğindedir(Karpuz, 1985).

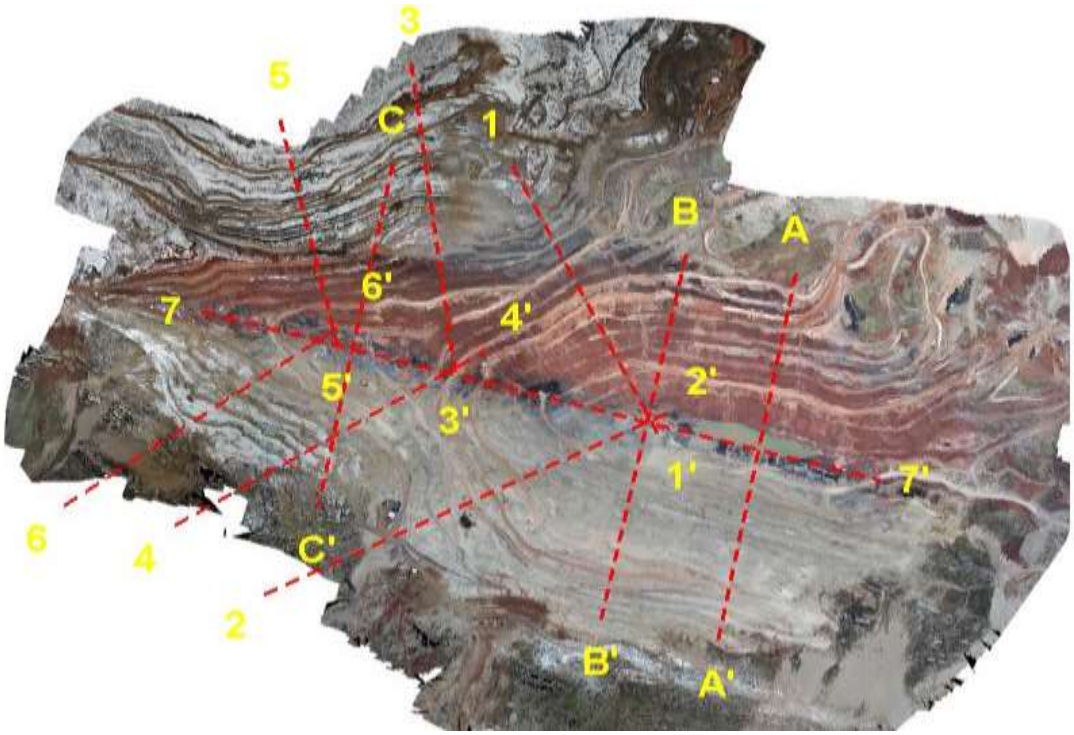
3.1.1.1. Cudi Formasyonu

Harbul Filonunun batı ucunun bulunduğu kesimde, ayrıca Bespin boğazından batıya doğru bindirme hattının Kuzeyinde gözlenir. Başlıca Kireçtaşı ve Dolomitik Kireçtaşlarından oluşmaktadır. Koyu gri renkli, sert orta tabakalanmalardır. Formasyonun üst kısımlarına yakın zonda, kalınlığı 10 metreyi geçen Bitümlü Şeyl-Bitümlü Kumtaşı seviyesi yer almakta ve bu seviye eski petrollü bir horizon olarak kabul edilmiştir.

3.1.1.2. Gercüş Formasyonu

Kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı, kil, dolomitik kireçtaşı seviyelerinden oluşmaktadır. Gercüş Formasyonu ile Germav Formasyonu tabakaları devrik bir şekilde iç içe geçmiş durumdadır. İki Formasyon arasındaki geçiş dikeydir. Gercüş Formasyonun tipik rengi, kahve-kırmızı, kiremit-kırmızı bordo rengidir. Formasyon kalınlığı 600-700 metre olarak tahmin edilmektedir.

Gercüş Formasyonu basamak dizaynı; basamak yüksekliği 18 metre, basamak genişliği 20 metre basamak açısı 75^0 derecedir. Ara emniyet basamağı; her beş basamakta bir basamak yüksekliği 18 metre, basamak genişliği 30 metre basamak açısı 75^o derece olan emniyet basamakları oluşturulacaktır. Emniyet basamağı; basamak yüksekliği 18 metre, basamak genişliği 50 metre basamak açısı 75^o derecedir. Özellikle Cudi Formasyonlarını içeren ve topoğrafik olarak Gercüş Formasyonlarını kuzey-doğu yönünde bindiren ve Gri azman tepe olarak adlandırılan bölgenin stabilitesini sağlamak üzere 50 metre genişliğinde topuk bırakılmıştır. Bu topuk aynı zamanda H1, H2 panolarının ve servis yollarının irtibat ve ulaşımını sağlamaktadır. Gercüş Formasyonu genel şev açısı 33^o dir. Ocağın Mayıs 2019 itibari ile mevcut durumu Şekil 3.4'te verilmiştir.

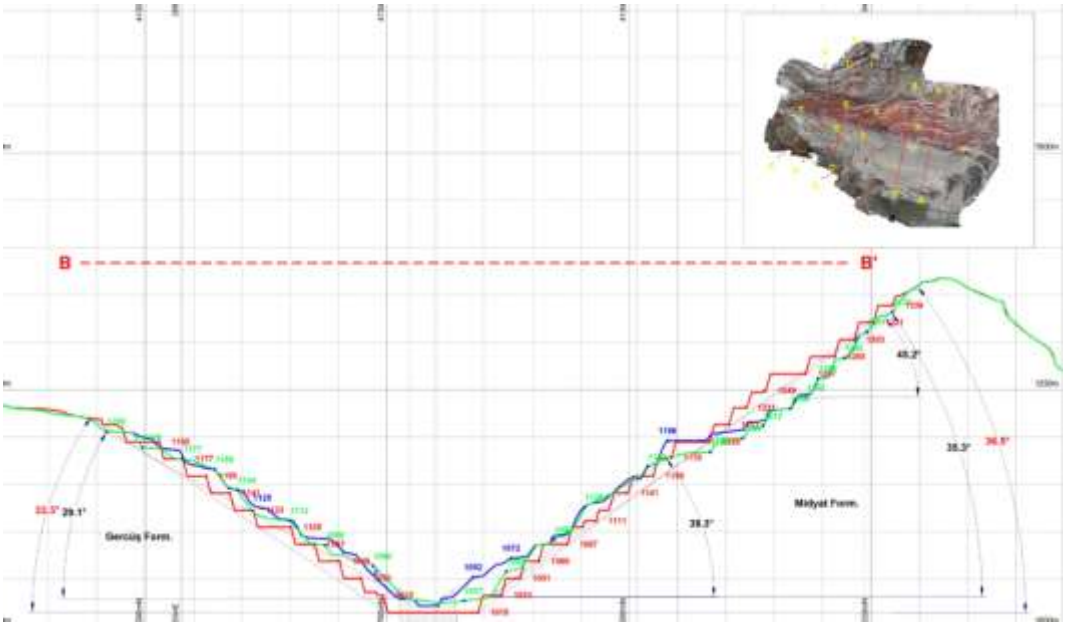


Şekil 3.4. Ocağın farklı bölgelerinden alınan kesitleri

3.1.1.3. Midyat Formasyonu

Çalışma alanın Güney kesiminde, doğu-batı doğrultusunda uzanır. Midyat Formasyonu Gercüş Formasyonu üzerine aşamalı bir geçişi söz konusudur. Formasyon kalınlığı 400-450 metre olarak tahmin edilir.

Midyat Formasyonunun basamak dizaynı; basamak yüksekliği 18 metre, basamak genişliği 16 metre basamak açısı 75^0 derecedir. Ara emniyet basamağı; her beş basamakta bir basamak yüksekliği 18 metre, basamak genişliği 26 metre basamak açısı 75^0 derece olan emniyet basamakları oluşturulacaktır. Emniyet basamağı; basamak yüksekliği 18 metre basamak genişliği 50 metre basamak açısı 75^0 derecedir. Özellikle Cudi Formasyonlarını içeren ve topoğrafik olarak Gercüş Formasyonlarını kuzey-doğu yönünde bindiren ve Gri azman tepe olarak adlandırılan bölgenin stabilitesini sağlamak üzere 50 metre genişliğinde topuk bırakılmıştır. Bu topuk aynı zamanda H1, H2 panolarının ve servis yollarının irtibat ve ulaşımını sağlamaktadır. Midyat Formasyonu genel şev açısı 36^0 dir. Şekil 3.5'te Ocağın B-B' kesiti basamak parametreleri ve genel şev açısı verilmiştir.



Şekil 3.5. Ocağın B-B' Kesiti

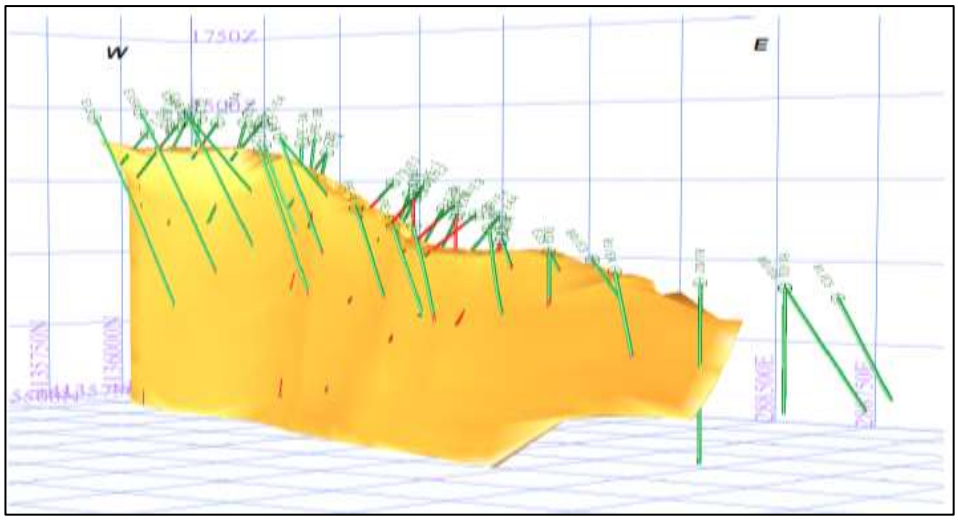
3.1.2. Silopi-Harbul Asfaltit Filonunun Mevcut Durumu

Türkiye'deki asfaltit sahalarının ruhsatları TKİ Genel Müdürlüğünde olup bu ruhsatların bir bölümü rödövansla özel sektöre devredilmiştir. TKİ tarafından 12450 ruhsat no'lu sahadaki mevcut işletilebilir kömür rezervinin ekonomik bir şekilde üretimi ve elektrik ve/veya ısı santralinde değerlendirilmesi amacıyla rödövans karşılığı işletilmesi planlanmıştır. Silopi Elektrik Üretim A.Ş. Harbul Filonunda açık ocak işletme yöntemiyle üretilen kömüre dayalı olarak 2009 yılında 135 MWh'lık bir üniteden oluşan termik santralde elektrik üretimine başlamıştır. Daha sonra 2015 yılında bu termik santrale 2x135 MWh'lık iki ünite daha eklenerek toplam 405 MWh (3x135 MWh) kurulu güce ulaşılmıştır. Tam kapasite ile çalıştığında Türkiye elektrik enerjisinin yaklaşık % 1'i bu termik santralden karşılanmaktadır. Tamamen çevre dostu olarak bilinen akışkan yatak teknolojisiyle elektrik enerjisi üreten termik santral yatırımı, bölgenin en büyük özel sektör yatırımı niteliği taşımaktadır.

T.K.İ Etüt Proje Tesis Daire Başkanlığı tarafından, MTA (43 Adet) ve Park Elektrik (6 Adet) tarafından yapılan sondajlardan elde edilen verilere göre +780 kotuna kadar 31.497.313 Ton rezerv tespit edilmiştir (TKİ İşl. Daire Bşk., 2010). Bugüne kadar tespit edilen bu rezervin yaklaşık 6,16 milyon-ton'luk kısmı Silopi Elektrik Üretim A.Ş. tarafından açık ocak yöntemiyle üretilmiştir. Termik santralin bir ünitesinin tam

kapasite ile çalıştırılabilmesi için 420.000 ton/yıl, üç ünite için ise yaklaşık 1.2 milyon-ton/yıl asfaltit üretimine ihtiyaç duyulmaktadır. Silopi Elektrik Üretim A.Ş. Harbul filonunun işletilebilir rezervinin geliştirmesine yönelik 2017 yılında yapılan jeofizik ve sondajlı arama çalışmaları yapılmıştır. Ancak bu arama çalışmalarından kayda değer bir rezerv artışı saptanamamıştır.

2011 yılında **FİCHTNER** tarafından yapılan sondaj verileri değerlendirilerek **JORC** standartlarına göre oluşturulan jeolojik katı model ile (600 kot) yaklaşık **34.000,000** ton görünür rezerv hesaplanmıştır. Aşağıda oluşturulan katı model **Harbul** filonu görülmektedir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Harbul asfaltit filonunun katı modeli

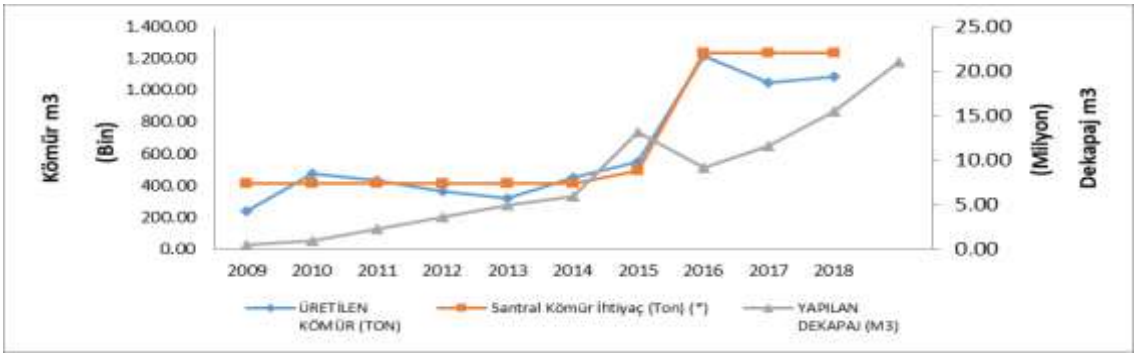
Harbul filonunda faaliyet gösteren açık ocakta mevcut durumda basamak sayısı **23'e** ulaşmış, taban kotu **+1010** seviyelerine inmiş ve dekapaj oranı ise son dönemde yaklaşık **1/20 ton/m^3** oranlarına çıkmıştır.

Gittikçe derinleşen açık ocakta şev stabilite sorunlarının yaşanmaması için 2017 yılında jeoteknik ve hidrojeolojik sondajlar ve ayrıntılı şev stabilite analizleri yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda; ocaktaki genel şev açılarının proje değerlerinden emniyet yönünden daha küçük seçilmesi gerektiği ve dolayısıyla daha fazla dekapaj yapma gereksinimi ortaya çıkmıştır. Açık ocaktan son yıllarda yapılan kömür üretiminin termik santralin kömür ihtiyacını karşılayamadığı ve yaklaşık **%17 oranında** daha düşük gerçekleştiği görülmektedir (Çizelge 3.1). Bununla birlikte son yıllarda yapılan

dekapaj miktarı oldukça yüksek değerlere ulaşmıştır. Örneğin 2018 yılında yapılan dekapaj miktarı bir önceki yıla göre yaklaşık **%33 artış** göstererek yaklaşık **21 milyon m^3** olarak gerçekleşmiştir**.** 2009 yılı itibariyle yapılan kömür üretimi, santralin kömür ihtiyacı ve dekapaj miktarının grafiksel gösterimi Şekil 3.9'da verilmiştir. Açık ocak derinliği arttıkça önümüzdeki yıllarda kömür üretim miktarının daha da düşeceği, buna ters orantılı olarak dekapaj miktarının ise hızla artacağı kaçınılmaz olması muhtemeldir.

Çizelge 3.1. Kömür üretim, santral kömür ihtiyacı ve dekapaj miktarının yıllara göre değişimi

	Üretilen Kömür (Ton)	**Santral Kömür İhtiyaç (Ton)**	**Yapılan Dekapaj (m^3/)**	**Dekapaj Oranı (m^3/Ton)**	**Devredeki Ünite Sayısı**
2008	0		525,776.00		
2009	237,677.63	412,500	931,519.00	3.92	1
2010	476,898.70	412,500	2,227,349.00	4.67	1
2011	434,333.24	412,500	3,625,310.22	8.35	1
2012	363,847.62	412,500	4,924,304.30	13.53	1
2013	322,010.42	412,500	5,900,404.22	18.32	1
2014	450,028.24	412,500	13,146,840.93	29.21	1
2015	551,736.35	495,000	9,181,752.57	16.64	1-2
2016	1,218,831.64	1,237,500	11,636,501.80	9.55	3
2017	1,048,681.70	1,237,500	15,522,476.34	14.8	3
2018	1,087,994.54	1,237,500	21,055,123.34	19.35	3
G.Toplam	**6,192,040.08**		**88,677,357.72**	**14.32**	

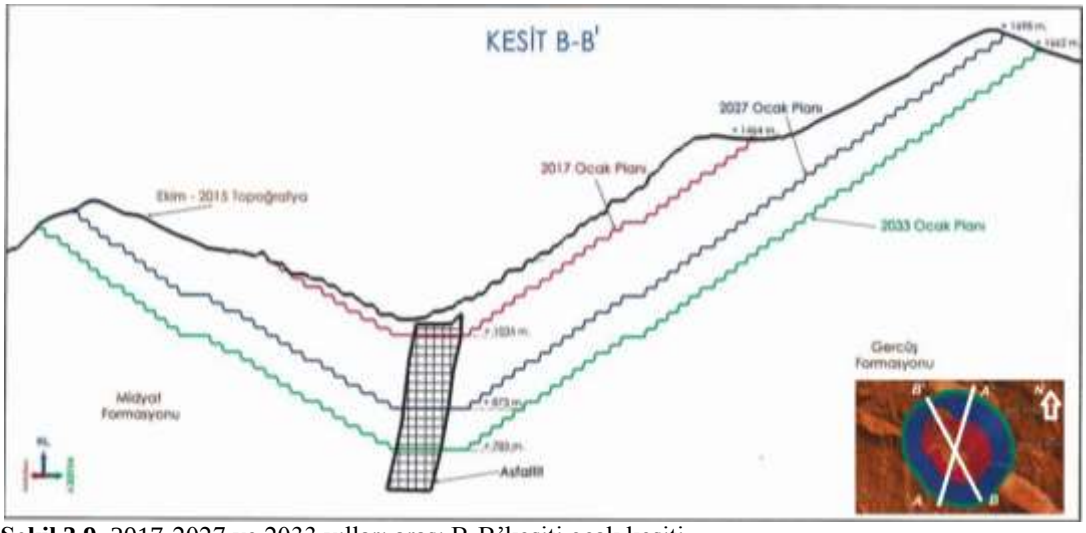


Şekil 3.7. 2009 yılı itibariyle yapılan kömür üretimi, santralin kömür ihtiyacı ve dekapaj miktarının grafiksel gösterimi.

2017 yılında MİGEM'e sunulan İşletme Projesinde 2019- 2032 yılları arasında 1.2 milyon-ton/ yıl kömür üretimi öngörülmüştür. İşletme projesinde 2032 yılı sonunda ocak tabanı +783, en üst basamak kotu ise +1662 olarak projelendirilmiştir (Şekil 3.8 ve Şekil 3.9).



Şekil 3.8. 2017-2027 ve 2033 yılları arası ocağın plan görünümü



Şekil 3.9. 2017-2027 ve 2033 yılları arası B-B'kesiti ocak kesiti

Mevcut durumda Harbul filonundaki açık ocakta delme-patlatma yöntemi ile asfaltit üretimi yapılmaktadır.

Asfaltit üretimi için yapılan bazı atımlar sonrasında, asfaltitin bünyesinde bulunan hidrokarbonlardan (metan, etan, propan, bütan vb.) dolayı büyük çapta yangın olayları ile karşılaşılmaktadır. Meydana gelen bu yangınlar; çalışma ortamının iş sağlığı ve güvenliğini olumsuz yönde etkilemekte, kömürde kalori kaybına yol açmakta ve çalışma verimini düşürmektedir. Harbul Asfaltit filonunun mevcut durumu(Şekil 3.10).



Şekil 3.10. 2019 yılı Üretim Sahasından görüntü

3.1.3. Harbul Asfaltitinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Harbul asfaltitinin fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Harbul Asfaltitlerinden alınan kimyasal laboratuar sonuçları

Su (%)	1.20
Kül(%)	35.08
Uçucu Madde(%)	48.67
Sabit Karbon(%)	15.04
Toplam Kükürt(%)	7.69
Alt Isıl Değeri	5510Kcal/kg
Yoğunluk	1.43gr/cm^3

Çizelge 3.3. Asfaltitin Fiziksel ve Mekanik Özellik Değerleri (Karpuz, 1985).

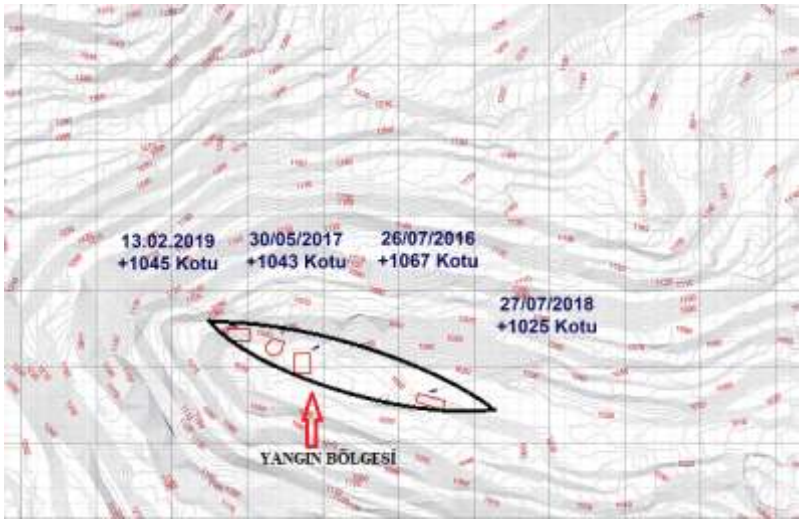
Tek Eksenli Basınç Dayanımı	241 kgf/cm^2
Elastisite Modülü	1,04x103 kgf/cm^3
Poisson Oranı	0,183
Kohezyon, c	78 kgf/cm^2
İçsel Sürtünme Açısı	30,50
Tabii Birim Hacim Ağırlığı	1,394 gr/cm^3
Çekme Dayanımı(İn direk)	19 kg/cm^2
Ağır Tip bir Galeri Açma Makinesi ile Kazılabilirlik (Kesme Hızı)	57 m^3/saat
Orta Ağırlıktaki bir Galeri Açma Makinesi ile Kazılabilirlik(Kesme Hızı)	6,5 m^3/saat
Shore Sertliği	51 (çok yüksek)

3.2. Harbul Filonunda Meydana Gelen Yanma Olayları

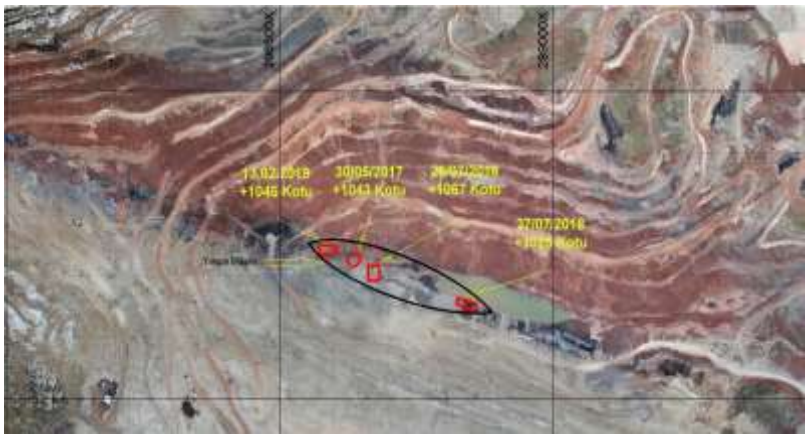
Asfaltitin petrol kökenli olması nedeniyle bünyesinde çok sayıda parlayıcı ve patlayıcı özellik taşıyan hidrokarbon taşıyan gaz bulunmaktadır. Açık ocakta kömür üretimi için yapılan atım sırasında ayrışan asfaltit bünyesindeki parlayıcı ve patlayıcı gaz ve bol miktarda toz açığa çıkmaktadır. Bu gazlardan Metan, Etan, Propan ve Pentan ile Propan ve Pentan türevleri yanabilir, parlayabilir ve patlayabilir özellik göstermektedir. Açığa çıkan bu gazlar ve tozlar atımın oluşturduğu ısı ve alev etkisiyle parlama ve yangın olayları gerçekleşebilmektedir. Dolayısı ile asfaltitin tutuşma sıcaklık değerleri ile sıcaklık etkisinde kalma süreleri önem taşımaktadır.

Bu güne kadar farklı tarihlerde atım sonrası yaşanan 8-9 yanma olayı meydana gelmiş ve kayıt altına alınmıştır. Yaşanan bu yangınlar sonucunda yaralanma ve can kaybı vakası yaşanmamıştır. Ancak meydana gelen bu yangınlar; işletmeye iş kaybı, performans düşüklüğü ve ekstra iş yükü yüklediği görülmüştür. İşyeri psikolojisini ve motivasyonunu olumsuz yönde etkilemiştir. Atımlar sırasında olası yangın olaylarına müdahale ve kontrolü için dozerler, kepçeler arazözler bulundurulmaktadır.

Patlatma paternleri alınan ve video çekimi yapılan yangın lokasyonlarının topografik harita ve ocak içerisindeki konumları farklı açılardan Şekil 3.11'de verilmiştir.



a)



b)



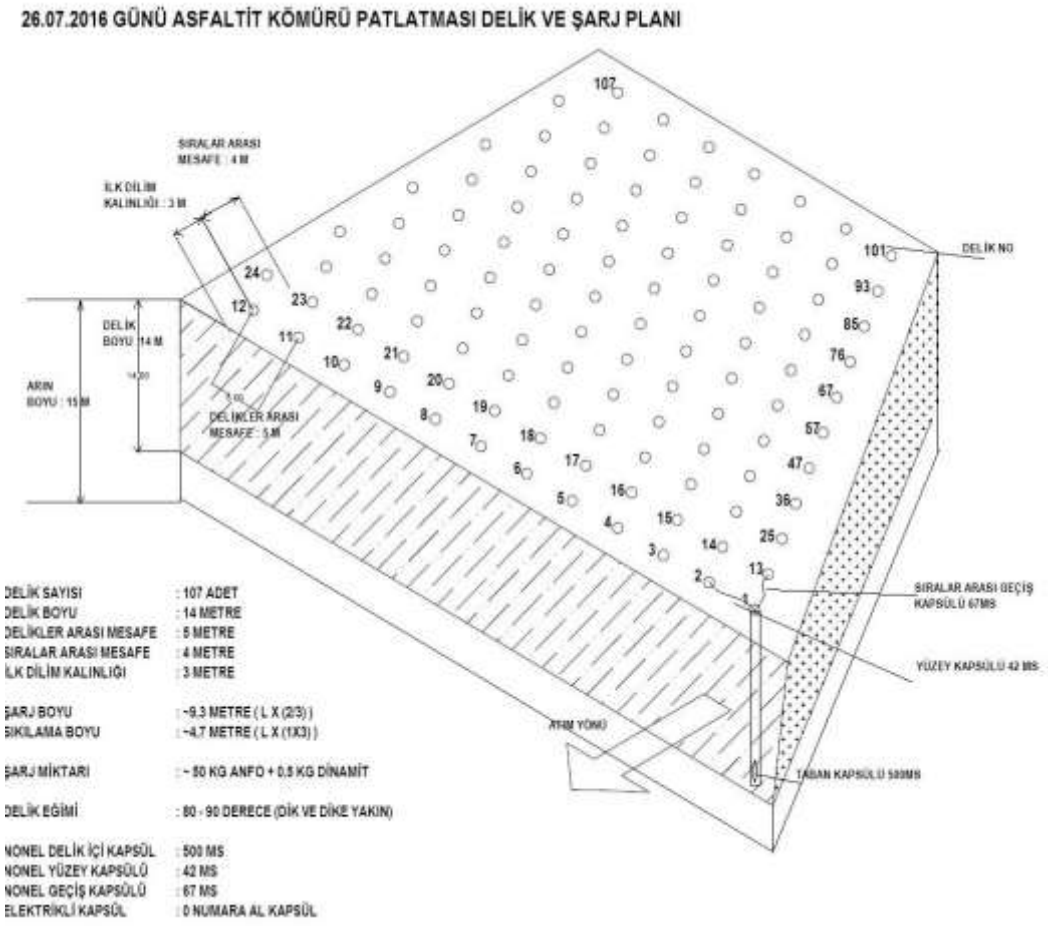
c)

Şekil 3.11. Yangın lokasyonlarının topografik harita ve ocak içerisindeki konumları

Harbul filonun da bugüne kadar atımlar sonrası yanma yaşanan olaylarının nasıl gerçekleştiği ve nedenleri ayrıntılı bir değerlendirilmesi aşağıda verilmiştir.

3.2.1. 26.07.2016 tarihli (I. No'lu) Yangın Olayı

İlk olarak 26.07.2016 tarihinde +1067 kotun da asfaltit üretimi için yapılan atım sonrasında parlama/yangın olayı yaşanmıştır. Yangın noktası lokasyon olarak Midyat Formasyon kontağına yakın konumdadır. Yangın olayı şekillerde görüldüğü gibi başlangıçta bir noktadan küçük bir alev şeklinde başlayıp, daha sonra gittikçe gelişen ve bir mantar bombası şeklinde büyük bir yangına dönüştüğü görülmektedir. Asfaltit üretimi için uygulanan ve sonrasında yangın olayının gerçekleştiği atımda uygulanan patlatma paterni ve delik düzeni Şekil 3.12'de verilmiştir.



Şekil 3.12. 26 Temmuz 2016 tarihli uygulanan delme ve şarj paterni (Bilgin,2016)

Atım görüntü olarak gecikme sırasına uygun patlamış ve tam son kapsül patladıktan sonra en önde Midyat Kireçtaşı Formasyonu tarafında bir parlama oluşmuş ve bu parlama bütün atım alanındaki toz bulutu ve gazı tutuşturmuştur. Tutuşan tozlardan ve yeni çatlayan kömürden çıkan gaz dolayı tutuşma devam etmiş ve atım alanı üst kısmını saran bir alev şeklinde devam etmiştir.

Konu ile ilgili Aydın Bilginin hazırlamış olduğu 26 Temmuz 2016 raporda; yangın olayına ayrıntılı incelenmiştir. Atım sırasında her bir delikte 50 Kg patlayıcı bulunduğu ve delik ile ayna arasındaki kayaç yükünü öteleyemediği, yıkamadığı; en yakın serbest yüzey olan basamak üst yüzeyini yırtıp, yukarı doğru püskürtme yaptığı belirtilmiştir. Meydana gelen yanma olayını önlemek için önde bulunan birinci delik sırasının kendi aynasını mutlaka ve yeterince ötelemesi ve birinci sıra deliklerinde püskürmeye sebep olmaması yanı sıra**,** birinci sıra ayna ötelemesi gerçekleştikten (ikinci sıra aynası önünde yeterli boşluk sağlandıktan) sonra ikinci sıradaki deliklerin patlaması ve ötelemesi gerektiği vurgulanmıştır. Bu durumda aynanın ötelenmesi nedeniyle infilak ürünü sıcak gazlar çabuk biçimde atmosfere çıkacağı, delik içindeki sıcaklığın düşeceği ve asfaltit tutuşma sıcaklığına ulaşılamamasından dolayı, yangın oluşumu gerçekleşmeyeceği öngörülmüştür.

Sağ ve sol basamaklardan iş makinaları yönlendirilmiştir. 2 Adet Ekskavatör ve Tabandan Loder ile yükleme başlatılarak basamakta bulunan pasa ile alev boğdurma çalışmaları yapılmıştır. Yangın olayının gelişimini özetleyen görseller Şekil 3.13-3.18 arasında sırasıyla verilmiştir.



Şekil 3.13. Kömür Atım alanı delik şarj çalışmaları sonrası görüntüsü



Şekil 3.14. Atım öncesi kömür alanın görüntüsü



Şekil 3.15. Video kaydından çekilen fotoğrafta çıplak alevin ilk çıktığı an



Şekil 3.16. Çıplak alevin gelişmesi -1



Şekil 3.17. Çıplak alevin gelişmesi -2



Şekil 3.18. Yangın müdahale sonrası kontrol altına alınmış saha görüntüsü

3.2.2. 30.05.2017 tarihli (II. No'lu) Yangın Olayı

30.05.2017 tarihinde +1043 kot da meydana gelen atım ile birlikte yanma olayı başlamıştır. Ancak bu yangının oluşumu ve gelişimi ile ilgili ayrıntılı görseller alınmamıştır. Yangın olayı Şekil 3.19 ve 3.20'de verilmiştir. Asfaltitin yangın olayının delme-patlatma paternleri şu şekildedir**.**

Delik Geometrisi ve Dolum Şekli

Delik Çapı: 89 mm

Delik Boyu: 7 m

Delikler arası mesafe: 4 m

Sıralar arası mesafe: 4 m

Delik Sayısı: 100 Delik

Sıra Sayısı: 5 Sıra

1 Delik Şarjında kullanılan patlayıcı

25 kg emülsiyon tipi ANFO

Sıkılama payı 2 m olarak ayarlanmıştır.



Şekil 3.19. Atım öncesi kömür alanın görüntüsü



Şekil 3.20. Patlatma sonrası yangın başlangıcı

3.2.3. 27.07.2018 tarihli (III. No'lu) Yangın Olayı

27.07.2018 tarihinde Asfaltit ocağı taban bölgesinde +1025 kotlarında kömür cevheri üretim delikleri delinerek patlatma faaliyeti yapılmıştır. Yapılan patlatma faaliyeti sırasında delik içerisinde ki emülsiyon tip anfonun yanması ve neticesinde ortaya çıkan yüksek ısı sonucunda delik içerisinde bulunan yanıcı gazların yanma olayı gerçekleşmiştir. Öncelikli yanan bölge kömürün Midyat Formasyonu (anhidrit, jips kayacı) olan kontak şevi ve şev dibinde başlamıştır (Şekil 3.21).Yangın olayının meydana geldiği delik delme patern bilgileri şu şekildedir.

Delik Geometrisi ve Dolum Şekli

Delik Boyu = 6,5 m -10,5m

Delikler Arası Mesafe = 4,5m

Dilim Kalınlığı(Sıralar Arası Mesafe) = 4 m

Sıra Sayısı = 5-3

Sıradaki Delik Sayısı = 6-20

Toplam Delik Sayısı =90

Delik Şarjı =6,5 m Delikler İçin Delik Başı Emülsiyon ANFO 20 kg (60*400)

Delik Şarjı =10,3 M Delikler İçin Delik Başı Emülsiyon ANFO 40 kg(60*400)

Delik Başı Dinamit=1000 gr(50*440)

Dual Nonel Kapsül =18 m-14 m(25/500ms)

Yüzey Geçiş Kapsül= 42 m(4 m)

Sıkılama Boyu = 6,5 m



Şekil 3.21. Yangına müdahale çalışmaları

3.2.4. 13.02.2019 tarihli (IV. No'lu) Yangın Olayı

13.02.2019 tarihinde +1045 kot da meydana gelen atım ile birlikte yangın olayı başlamıştır. Patlama esnasında asfaltit filonunda küçük bir alev şeklinde başlayan yangın olayı; açığa çıkan yanıcı gazlar ve kömür tozu etkisi ile kısa sürede büyüyerek ciddi bir yangın olayına dönüşmüştür. Meydana gelen asfaltitin yangın olayının delme-patlatma paternleri şu şekildedir**.** Yangın olayının aşamaları Şekil 3.22 -3.25 arasında ayrıntılı olarak gösterilmeye çalışılmıştır.

Delik Geometrisi ve Dolum Şekli

Delik Çapı: 89mm

Delik Boyu: 14 m

Delikler arası mesafe: 4 m

Sıralar arası mesafe: 4 m

Delik Sayısı: 44

Sıra Sayısı: 4 Sıra

1 Delik Şarjında kullanılan patlayıcı

50 Kg ANFO0,5Kg Dinamit

1 Adet Dual Kapsül

Sıkılamada; Delik Boyu 1/3 oranında Killi pasa kullanılmıştır.



Şekil 3.22. Atım öncesi alanın görüntüsü



Şekil 3.23. Video kaydından çekilen fotoğrafta çıplak alevin ilk çıktığı an



Şekil 3.24. Çıplak alevin gelişmesi -1



Şekil 3.25. Çıplak alevin gelişmesi -2

Asfaltitte atım sonrası meydana gelen bu yanma hadiseleri dışında sağlıklı bir şekilde kayıt altına alınmayan yanma olayları da mevcuttur. Tarihsel olarak bilinen yanma olayları şu şekildedir.

3.2.5. 28.02.2010 tarihli (V. No'lu) Yangın Olayı

Yaşanan yangın olayında kayıt altına alınmış sağlıklı veriler bulunmamaktadır. Yangın olayı; deliklerin ateşlenmesi ile birlikte iki ayrı noktada küçük kıvılcımlanma

şeklinde başlamış olup daha sonra ortaya çıkan yanıcı gazlar sayesinde büyüyerek mantar bombası şeklini almış ve gerekli müdahaleler sonucu güçlükle kontrol altına alınabilmiştir. Yangın olayının aşamaları Şekil 3.26-3.30 arasında ayrıntılı olarak gösterilmeye çalışılmıştır.

İlk kıvılcım (Şekil 3.26) yukarı kısımda ikinci kıvılcım (Şekil 3.27) ise aşağı kısımda oluşmuştur. Basamak yüzeyinde bulunan ikinci kıvılcım da basamak yüzeyinde gaz ve toz birikimi olmaması ve gazın basamak şev yüzeyinde birikmeden boşalması nedeniyle kıvılcımlanma sadece küçük alev yüzeyinde kalarak yanma olayı dönüşmemiştir. Ancak basamak gerisinde çıkan ilk kıvılcım yüzeydeki tozlar ve gazların birikimi nedeniyle kısa sürede alevlenerek yangın olayına dönüşmüştür.



Şekil 3.26. Video kaydından çekilen fotoğrafta çıplak alevin ilk çıktığı ilk kıvılcım



Şekil 3.27. Video kaydından çekilen fotoğrafta çıplak alevin ilk çıktığı ikinci kıvılcım



Şekil 3.28. Çıplak alevin gelişmesi -1



Şekil 3.29. Çıplak alevin gelişmesi -2



Şekil 3.30. Parlama ile birlikte atım alanındaki toz bulutu ve gazı tutuşturması

3.2.6. 12.06.2015 tarihli (VI. No'lu) Yangın Olayı

Kayıt altına alınamayan yangın olayı; Midyat kontağına yakın deliklerin patlaması ile birlikte küçük bir alevin oluştuğu yaşandığı ve yeteri kadar bir gaz miktarı ile karşılaşmaması sebebiyle büyük bir yangına dönüşmemiştir. Patlatma geometrisinin basamaklı bir yapıya sahip olması nedeniyle asfaltit bünyesindeki gazlar serbest yüzeylerden dolayı daha rahat atmosfere karışmıştır. Başka bir deyişle patlatma alanında yanıcı ve parlayıcı gazların birikimi önlenmiştir. Yangın olayının gelişimini özetleyen görseller Şekil 3.31-3.34 arasında sırasıyla verilmiştir.



Şekil 3.31. Atım esnasında alanın görüntüsü



Şekil 3.32. Video kaydından alınan çıplak alevin ilk çıktığı anın görüntüsü



Şekil 3.33. Çıplak alevin gelişmesi



Şekil 3.34. Yangın olayının sönmesi sonucu oluşan gaz ve toz bulutu

Tarihi ve patlatma paternleri kayıt altına alınmayan yangınlara ait görüntüler aşağıdaki şekillerde verilmiştir.

3.2.7. VII. No'lu Yangın Olayı

Patlatma anında küçük bir alev oluşmakta ancak patlatma bölgesinde yeteri miktarda gaz (hapsolmuş gaz) birikintisi olmaması nedeniyle yangın olayı büyümeden sona erimiştir. Yaşanan küçük yanma olayı Şekil 3.35'te verilmekte, Şekil 3.36'da ise yanma olayının büyümeden sona ermesi verilmektedir.



Şekil 3.35. Video kaydından alınan çıplak alevin ilk çıktığı anın görüntüsü



Şekil 3.36. Yangınını kısa sürede büyümeden sona errmesi

3.2.8. VIII. No'lu Yangın Olayı

Bir başka yangın olayının geniş bir alana yayıldığı görünmektedir. Diğer yangınlara benzer olarak Midyat kontağında meydana geldiği görülmektedir. Yangın olayı Şekil 3.37 ve Şekil 3.38'de gösterilmektedir.



Şekil 3.37. Çıplak alevin gelişmesi-1



Şekil 3.38. Çıplak alevin gelişmesi-2

3.2.9. IX. No'lu Yangın Olayı

Asfaltit tabanında atım esnasında birden fazla delikte alevlenmeler görülmüştür. Atımın yapıldığı bölgede biriken yoğun gaz ve kömür tozu nedeniyle alevlenmeler kısa bir sürede büyük yangına dönüşmüştür. Yangın olayının aşamaları Şekil 3.39-3.43 arasında ayrıntılı olarak gösterilmeye çalışılmıştır.



Şekil 3.39. Video kaydından alınan çıplak alevin ilk çıktığı anın görüntüsü



Şekil 3.40. Çıplak alevin gelişmesi-1



Şekil 3.41. Çıplak alevin gelişmesi-2



Şekil 3.42. Çıplak alevin gelişmesi-3



Şekil 3.43. Çıplak alevin gelişmesi-4

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Asfaltit kömürü bünyesinde parlayıcı ve patlayıcı özelliklere birçok hidrokarbon kökenli gazlar bulunmaktadır. Harbul filonunda yürütülen açık faaliyetleri sırasında, materyal-metot bölümünde ayrıntılı bir biçimde değinildiği gibi atım sırasında birçok yangın olayı meydana gelmiştir. Yaşanan yangın olayları ile ilgili tespitler aşağıda verilmiştir:

- Kayıt altına alınan yangınların büyük çoğunluğu Midyat tarafında anhidrit kontağına yakın bölgede meydana gelmiştir. Anhidrit tabakalarının nispetten geçirimsiz olması ve oluşum esnasında asfaltit filonu basıncından dolayı yer yer bükülme şeklinde eğilim göstermiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Asfaltit ocağının genel oluşum şekli

Şekilden de görüldüğü gibi özellikle anhidrit tabakalarının büküldüğü noktalarda geçirimsizlikten dolayı asfaltiti bünyesindeki gazlar yüksek basınç altında gazların hapsolması söz konusu olabilmektedir ve buda yangınların bu kontak zonu üzerinde meydana gelmesi söz konusudur.

- Yaşanan yangın olayları +1025, +1043, +1045, +1067 kotlarında gerçekleşmiştir.
- Bazı bölgelerde asfaltit bünyesindeki yüksek basınçlı gazdan dolayı zaman zaman asfaltit parçacıklarının fırladığı görülmüştür.
- Rezerv geliştirme amacıyla asfaltit filonunu kesen sondajlardan elde edilen kömür karotlarının yüzeyinde uzun süre gaz kabarcıklarının oluştuğu gözlenmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Rezerv geliştirme sondajından alınan asfaltit karot yüzeyinde oluşan gaz kabarcıkları

- Ocak tabanında su birikintilerinin olduğu bölgelerde asfaltit bünyesindeki gazların salınımı nedeniyle su yüzeyinde sürekli bir biçimde kabarcıkların oluştuğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Ocak tabanında su birikintisi üzerinde oluşan gaz kabarcıkları

- Asfaltite açılan sulu deliklerde delik çeperindeki gaz salınımdan dolayı delik içerisinde biriken suyun yüzeyinde gaz kabarcıkları oluştuğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Delik ağzında oluşan su kabarcıkları

- Asfaltit üretimi için delinen deliklerde gaz çıkışları ve bazı deliklerin ağzında küçük çaplı yangın olayları yaşanmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Asfaltit patlatma deliklerinde medya gelen gaz çıkışı ve yangın oluşumu

- Atımlar sırasında asfaltitin parçalanması sonucunda bünyesinde bulunan parlayıcı ve patlayıcı gazların açığa çıkması ile birlikte, yine parçalanma sonucunda asfaltit yapısına bağlı olarak bol miktarda kömür tozu bulutu oluşmaktadır. Bu oluşan kömür tozları da parlayıcı ve patlayıcı gazlarla birlikte yangına elverişli ortam oluşturmaktadır.
- 2017 yılında Silopi Elektrik A.Ş. tarafından +1282 kotundan açılan eğimli SHD-1 rezerv geliştirme sondajı, +996 kotunda kömüre girmiş, +866 kotuna kadar kömürde devam etmiş ancak bu kottan itibaren yüksek gaz basıncı nedeniyle matkap ilerleyememiştir. Sondaj çamuru yine yüksek gaz basıncından dolayı kuyu ağzından geri püskürmüş ve sondaj sonlandırılmak zorunda kalınmıştır.

Yukarıda verilen bulgulardan da anlaşıldığı gibi asfaltit atımlarında yaşanana yangın olaylarında etkili olan iki parametre; atım ile birlikte ortaya çıkan parlayıcı ve patlayıcı gazlar ve önemli oranda kömür tozudur. Delme patlatma yönteminde;

parçalanacak kayacın dayanımı, birim patlayıcı madde tüketimi, basamak yüksekliği, delik çapı ve dilim kalınlığı en önemli parametreler arasında yer almaktadır. Bunlarla birlikte parçalanacak kayacın bünyesindeki gazın varlığı ve niteliği de önem kazanmaktadır. Dolası ile iş sağlığı ve güvenliği açısından asfaltit atımlarında; asfaltitin tutuşma, parlama ve yanma gibi özelliklerinin göz önünde bulundurulması ve patlatma tasarım ve uygulamalarının bu faktörlere göre yapılması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Bu amaçla asfaltit atımları için üç farklı patlatma paterni oluşturulmuş ve ocakta uygulanmıştır. Oluşturulan patlatma paternleri yangın olaylarının meydana geldiği bölgeler uygulanmıştır. Delik ve sıra sayısı patlatma yapılacak yerin geometrisi dikkate alınarak belirlenmiştir. Bununla birlikte atım sırasında açığa çıkan gaz ve tozların birikmeden serbest yüzeylerden rahatlıkla atmosfere karışması için basamaklı patlatma geometrisi uygulanmıştır. Uygun delik içi ve yüzey gecikme aralıkları kullanılmıştır. Sıkılama işleminde delikten çıkan kömür tozu kırıntıları kullanılmamasına dikkat edilmiş olup, sıkılama işleminde killi ağırlıklı killi malzeme kullanılmıştır. Patlatma alanı ve delinen delikler içerisinde kömür tozlarının oluşturulmamasına özen gösterilmiştir. Ayrıca atım öncesi her bir deliğin ağzında emici hortum ve pompa yardımıyla parlayıcı ve patlayıcı gazların ölçümleri alınmıştır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Delik ağzında emici hortum ve pompa yardımıyla gaz ölçümü

Gaz ölçümlerinde Drager X-am 2500 el tipi cihazlar kullanılmış ve CH4, CO, H2S, O gazları ölçülmüştür (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Drager X-am 2500 Gaz ölçüm cihazı

Patlatma paternleri ile ilgili ayrıntılı çizelgeler oluşturulmuş ve bu çizelgelerin tüm asfaltit atımlarında kullanılmasına firma tarafından karar verilmiştir. Böylece kömür üretimi için yapılan patlatmalar kayıt altına alınmış olup arşiv oluşturulmuştur. Ayrıca her atım bölgesinin krokisinin çizilmesi ve yangın nedenlerinin tam olarak ortaya konulabilmesi için video çekimlerinin yapılması önerilmiştir.

I Atımın Takip Çizelgesi:

Çizelge 4.1. Silopi Elektrik A.Ş için hazırlanan delme-patlatma takip çizelgesi-I

Formasyon: Asfaltit	Bölge: Kömür tabanı –bir cephesi açık		Kot: 1060
DELİK PATERNİ			
Delikler arası mesafe (m)	4,5		
Dilim Kalınlığı (Sıralar arası mesafe)	3,5		
İlk Dilim Kalınlığı	3		
Delik Uzunluğu (Derinliği)	14		
Delik Çapı	89		
Sıra Sayısı	6		

Sıradaki Delik Sayısı	8		
Toplam Delik Sayısı	48		
Bir Atımdaki kazılan kömür miktarı (m^3)	10.584		
Atım Öncesi Kontroller			
Ölçülen Gaz	**Miktar**	**Cihaz**	**Ölçüm Alınan Yer**
CH_4 (%)	5	Drager X-am 2500	Delik ağzı
CO (ppm)	31-168		"
H_2S (ppm)	1,2-2,5		"
O (%)	20,8		"
Atım Sonrası Kontroller	Atım sonrası kayda değer patlayıcı gaz ölçülmemiştir.		
PATLAYICI MALZEME			
Dual Kapsül	25/500 mm/s -48 Adet		
Geçiş Kapsülü	42mm/s -5 Adet		
Elektrikli Kapsül	30mm/s -1Adet		
Dinamit (1000 gr)	48 kg		
Emülsiyon Patlayıcı (Yağlı Anfo) (Kg)	1400 kg		
Bir Delikteki ANFO Miktarı (Kg)	30 kg		
Bir Delikteki Dinamit Miktarı (Kg)	1 kg		
ATIM BİLGİLERİ			
Atım Tarihi:01.03.2019		Atım Saati:13:00	
Şarj Başlama: 11:00		Şarj Bitimi: 12:30	
Özgül Şarj			
Atım Öncesi Saha Foto		Atım Sonrası Foto	
			
Ateşçi Personel	Mehmet YELİN		
Sorumlu Delme Patlatma Mühendis	Maden Mühendisi Zeynel TOĞARGÖR		

II. Atımın Takip Çizelgesi:

Çizelge 4.2. Silopi Elektrik A.Ş için hazırlanan delme-patlatma takip çizelgesi-II

Formasyon: Asfaltit	Bölge: Kömür tabanı –bir cephesi açık		Kot: 1020
DELİK PATERNİ			
Delikler arası mesafe (m)	5		
Dilim Kalınlığı (Sıralar arası mesafe)	4		
İlk Dilim Kalınlığı	4		
Delik Uzunluğu (Derinliği)	10		
Delik Çapı	89		
Sıra Sayısı	4		
Sıradaki Delik Sayısı	16-15-13-12		
Toplam Delik Sayısı	56		
Bir Atımdaki kazılan kömür miktarı (m^3)	11.200		
Atım Öncesi Kontroller			
Ölçülen Gaz	**Miktar**	**Cihaz**	**Ölçüm Alınan Yer**
CH_4 (%)	5	Drager X-am 2500	Delik ağzı
CO (ppm)	60-1142		“
H_2S (ppm)	2,5-6		“
O (%)	20,8		“
Atım Sonrası Kontroller	Atım sonrası kayde değer patlayıcı gaz ölçülmemiştir.		
PATLAYICI MALZEME			
Dual Kapsül	25/500 mm/s -56 Adet		
Geçiş Kapsülü	42mm/s -15 Adet		
Elektrikli Kapsül	30mm/s -1Adet		
Dinamit (1000 gr)	56kg		
Emülsiyon Patlayıcı (Yağlı Anfo) (Kg)	1680 kg		
Bir Delikteki ANFO Miktarı (Kg)	30 kg		
Bir Delikteki Dinamit Miktarı (Kg)	1 kg		
ATIM BİLGİLERİ			
Atım Tarihi:11.04.2019		Atım Saati:13:00	
Şarj Başlama: 11:00		Şarj Bitimi: 12:30	
Özgül Şarj			
Atım Öncesi Saha Foto		Atım Sonrası Foto	

	
Ateşçi Personel	Mehmet YELİN
Sorumlu Delme Patlatma Mühendis	Maden Mühendisi Zeynel TOĞARGÖR

III. Atımın Takip Çizelgesi:

Çizelge 4.3. Silopi Elektrik A.Ş için hazırlanan delme-patlatma takip çizelgesi-III

Formasyon: Asfaltit	Bölge: Kömür tabanı –bir cephesi açık		Kot: 1030
DELİK PATERNİ			
Delikler arası mesafe (m)	4		
Dilim Kalınlığı (Sıralar arası mesafe)	4		
İlk Dilim Kalınlığı	2		
Delik Uzunluğu (Derinliği)	14		
Delik Çapı	89		
Sıra Sayısı	4		
Sıradaki Delik Sayısı	14-12-10-8		
Toplam Delik Sayısı	44		
Bir Atımdaki kazılan kömür miktarı (m^3)	9.856		
Atım Öncesi Kontroller			
Ölçülen Gaz	**Miktar**	**Cihaz**	**Ölçüm Alınan Yer**
CH_4 (%)	5	Drager X-am 2500	Delik ağzı
CO (ppm)	60-1142		“
H_2S (ppm)	2,5-6		“
O (%)	20,8		“
Atım Sonrası Kontroller	Atım sonrası kayde değer patlayıcı gaz ölçülmemiştir.		
PATLAYICI MALZEME			
Dual Kapsül	25/500 mm/s -44 Adet		
Geçiş Kapsülü	42mm/s -3 Adet		
Elektrikli Kapsül	30mm/s -1Adet		
Dinamit (1000 gr)	44kg		
Emülsiyon Patlayıcı (Yağlı Anfo) (Kg)	2200 kg		
Bir Delikteki ANFO Miktarı (Kg)	50 kg		
Bir Delikteki Dinamit Miktarı (Kg)	1 kg		
ATIM BİLGİLERİ			

Atım Tarihi:18.04.2019		Atım Saati:13:00
Şarj Başlama: 11:00		Şarj Bitimi: 12:30
Özgül Şarj		
Atım Öncesi Saha Foto		Atım Sonrası Foto
		
Ateşçi Personel	Mehmet YELİN	
Sorumlu Delme Patlatma Mühendis	Maden Mühendisi Zeynel TOĞARGÖR	

Her üç atımda deliklerinde yapılan gaz ölçümlerinde özellikle CH4 %5 ölçülmüştür. Bu oran gerçek delik içerisindeki metan gazının gerçek değerini yansıtmamıştır. Çünkü metan patlama alt sınırı olan %5 değerinde kalibre edilmiştir. %5'in üzerindeki metan gazı değerleri okunamamıştır. Gaz ölçüm sonuçları deliklerde patlama sınır değeri arasında metan varlığına işaret etmektedir. Bununla birlikte belirli oranlarda havadan ağır diğer parlayıcı-patlayıcı gazlarda ölçülmüştür. Bazı kaynaklarda farklılık göstermesine rağmen; Metan havada %4,5-14,5 aralığında patlama niteliği göstermekte, en kolay patlama %7-8 aralığında, en şiddetli patlama ise %9,5 oranında gerçekleşmektedir. Ancak ortamda diğer parlayıcı-patlayıcı gazların bulunması durumunda alt patlama sınırı yaklaşık %2'lere kadar düşmektedir. Dolayısıyla deliklerde ölçülen gaz değerleri uygun patlatma paterni kullanılmaması durumunda her an bir yangın veya parlama olayının gerçekleşeceğini göstermektedir. Yukarıda belirtilen her üç patlatma paterni kullanılarak yapılan atımlarda herhangi bir yangın olayı yaşanmamıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

- Harbul filonu açık ocağında bu güne kadar meydana gelen yangınların geneli; +1025 ve +1067 kotlar arasında, Midyat Formasyonu tarafında asfaltit anhidrit kontağında meydana gelmiştir. Anhidrit tabakalarının kenar kısımlarında ince kiltaşı, çamurtaşı seviyeleri ile ardalanmalı bir durum göstermesi ve kıvrımlanmaya bağlı tabaka arası küçük boşlukların olması nedeniyle gaz birikmesine ve hapsolmasına uygun bölümler oluşmuştur. Ayrıca asfaltit bünyesindeki gazlar, anhidrit tabakalarının ve çamurtaşı, kiltaşı seviyelerinin olduğu kısımda boşalma imkanı bulamamaktadır. Oysa Gercüş Gercüş Formasyonundaki gözeneklilik ve boşluklar nedeniyle gazların göç etmesi kolaylaşmakta olup, Gercüş Formasyonu-Asfaltit kontağında belirgin bir gaz birikiminin oluşmadığı görülmüştür. Patlatmalar sırasında büyük miktarda asfaltit içinde ve anhidrit kontağında hapsolan gazların parçalanmaya bağlı olarak bulundukları yerden ani boşalmaları nedeniyle gaz parlaması şeklinde yangın olaylarının meydana geldiği gözlemlenmiştir.
- Bu güne kadar Harbul filonunda yaşanan ve kayıt altına alınan yangın olayları ayrıntılı incelenmiştir. Yangınların genellikle sıra sayısı fazla olan ve uygun gecikme aralığı kullanılmayan yeterince serbest yüzey oluşturulmayan atımlarda meydana geldiği belirlenmiştir. Deliğin ateşlenmesiyle birlikte gaz ve toz bulutu oluşmaktadır. Patlatılan deliğin serbest yüzeye yakın olmaması durumunda, gaz ve toz bulutu atımla birlikte ortaya çıkan yüksek sıcaklık ve alevle birleşerek yangına dönüşmektedir.
- Patlatma sırasında açığa çıkan yüksek ısı, delik içerisinde açığa çıkan asfaltit bünyesinde bulunan metan, etan, propan, bütan, pentan gibi yanıcı gazlar yanma olayına sebebiyet vermektedir. Yangın durumunda yanma ürünü olarak Metan (CH_4) ve metana oranla patlama alt limitleri düşük olan Hidrojen Sülfür (H_2S), Etilen (C_2H_4), Etan (C_2H_6) ve Propilen (C_3H_6) gazları patlamaya elverişli bir ortam oluşturabilmektedir.
- Asfaltit bünyesindeki gazların parlayıcı patlayıcı özellikleri nedeniyle atımla birlikte tutuşma sıcaklığına ulaşan yanma olayı çok hızlı seyretmekte ve yangın sürecinde herhangi bir önlemin alınmasını imkansız kılmaktadır. Bu nedenle

yangın oluşturacak çevre koşullarının yaratılmaması yönünde önlemler alınmalıdır.

- Verimli ve güvenli bir patlatma yapmanın en önemli koşulu deliklerin doğru bir paterne göre delinmesiyle sağlanabilmektedir. Önem arz eden diğer bir konu ise uygun patlatma paterninin patlatmadan sorumlu mühendis tarafından sahaya doğru biçimde uygulanması, delici operatörü ve ateşçilerin insiyatifine bırakılmamasıdır.
- Patlatma paterni hazırlanırken asfaltitte olduğu gibi, Formasyonların bünyesindeki yanıcı, parlayıcı ve patlayıcı gazların varlığı ve patlatma ortamı dikkate alınmalıdır.
- Asfaltitte yapılan atımlarda yaşanan yangın olaylarının önlenmesi için; delme paterni, delik ağzından gaz ölçümü, atımların çekimi ve atım bölgesinin kroki çizimlerini içeren ayrıntılı delme-patlatma takip çizelgesi hazırlanmıştır. Bu şekilde olası yeni yangın olaylarının analizlerinin yapılması ve bu konuda arşiv oluşturulması amaçlanmıştır.
- Bu çalışma kapsamında, Harbul filonu asfaltit kömürü bünyesinde yanıcı parlayıcı ve patlayıcı gazların varlığı ayrıntılarıyla ortaya konmuştur. Kömür üretimi için yapılan atımlarda, bu gazlar ve kömür tozlarını büyük yangınlara neden olduğu görülmüştür. Bu nedenle patlatma deliklerinde kalibre süresi geçmeyen el tipi cihazlarla gaz ölçümlerinin yapılmalı limitlerin üzerinde gaz ölçülmesi durumunda atım yapılmamalı, belirli aralıklarla ölçümler yapılarak gaz değerleri limitlerin altına indikten sonra atım yapılmalıdır. Diğer yandan delik içindeki tozların vakumlu bir aparatla alınması ve patlatma alanının mümkün olduğunca tozdan arındırılması önem arz etmektedir. Çünkü kömür tozu yüksek sıcaklık (ısı) ve yeteri derecede oksijenle birlikte patlayıcı atmosfer oluşturabilmektedir.
- Delik sıraları arasında yüzey gecikme kapsüllerinin kısa aralıklı olması, yüzey kapsüllerinin hatalı dizilişi ve deliklerin patlama farkından dolayı ortaya çıkan ısı enerjisinin delik içindeki gazlar ile etkileşime girmesine ve tutuşma sıcaklığına ulaşması nedeniyle yangın olayının başlamasına neden olabilmektedir.

- Patlatmayla birlikte açığa çıkan gaz ve toz bulutunun en kısa sürede atmosfere yayılımının sağlanması için, deliklerin aynaya yakın (yük mesafesinin aşılmaması) delinmesinde fayda vardır. Ayrıca deliklerin aynaya yakın delinmesi; atımla oluşan yüksek sıcaklığın, serbest yüzeye yakın olması nedeniyle asfaltitin tutuşma sıcaklığına ulaşmadan kısa sürede atmosfere yayılmasını mümkün kılmaktadır.
- Asfaltit üretiminde kısa delikler kullanılarak basamaklar şeklinde atım yapılmasına özen gösterilmelidir.
- Atımlarda delik sıra sayılarının sınırlı tutulmasına dikkat edilmelidir. Çünkü delik sıra sayılarının fazla olması, arka sırdaki deliklerin erken ve etkin şekilde ötelenmemesini engellemekte, buna bağlı olarak delik içinde sıcaklık artmakta ve delik içinde bulunan gazların daha uzun ortamda kalması sebebiyle yangın meydana gelme olasılığı artmaktadır.
- Delik delinmesi sırasında oluşan yüksek sıcaklık ve kıvılcımın parlama veya yanma olayına sebebiyet vermemesi için sulu delik delme alternatifi göz önünde bulundurulmalıdır.
- Delik dibinde gazların deliğe akışını önlemek için; çamur yastıklar ve uygun sıkılama boyu ve malzemesi kullanılmalıdır.
- Muhtemel gaz sıkışması beklenen bölgelerde rahatlatma sondajları ve bazı deliklerin şarj edilmeden boş bırakılması düşünülebilir.
- Alev süresi ve boyu kısa olan patlayıcı maddeler ile daha düşük alev ısı üreten kapsüller kullanılmalıdır.
- İş sağlığı ve güvenliği açısından Asfaltit bünyesindeki parlayıcı ve patlayıcı gazların varlığı, yer altı işletmeciliği yöntemi seçiminde dikkate alınmalıdır.

6. KAYNAKLAR

Aimone, C.T., 1992, "Explosives' Thermochemistry", page 731, Section 9.2.1.2, SME Mining Engineering Handbook (Senior Ed. H.L. Hartman), Volume 1, Colorado, USA.

Ballice,L., Sağlam M. 2003. Compyrolysis of Göynük-oil shale and asphaltite from Turkey and anaysis of co-pyrolysis product by capillary GC total stream sampling technique, Fuel Vol.82.pp 511-522.

Barış, K. 2018. IR:12450 Ruhsat No'lu Ocağa Ait Asfaltit Örneklerinin Gaz İçeriklerinin, Gaz Bileşimlerinin ve Kendiliğinden Yanma Yatkınlıklarının Belirlenmesi, Zonguldak.

Bilgin, H. A., 1986, Açık İşletmelerde Patlatma Sorunları ve Tasarımı, TKİ Genel Müdürlüğü Eğitim Seminer No.2, Eğitim Kitabı, 102 sayfa.

Bilgin, H.A.2016. Silopi Harbol Filonu Açık Ocağında 26 Temmuz 2016 Günü Yapılan Patlatma Sırasında Oluşan Yanma Olayının Analizi Hakkında Bilimsel ve Teknik Sonuç Raporu, Ankara.

Çakır, A. 2003, Zonguldak Havzası Kömür Damarlarından Elde Edilecek Kendiliğinden Yanma Verilerinin Bir Uzman Sistem Programı ile Değerlendirilmesi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Zonguldak.

Didari,V. 1984.Ocak Yangınları ve Patlamalar, Taşkömür, TTK Yayınları, Sayı:4, Zonguldak, s.41-50.

Feng,K.k. 1985. Spontaneous combustion of Canadian coals, CIM, 78,877,71.

Gönenç, O.1990.Asphaltite and Asphaltite Reserves in Turkey, MTA Report.

Graham,J.I. 1930. The Gaseous Products Resulting from Fires and Underground Heating, Trans.Ins.MiN.Engrs.

Işıganer. T.,1985. Mardin-Silopi-Harbul(Aksu) ve Üçkardeşler Asfaltit Filonlarına Ait Jeoloji Raporu.

Karpuz, C.1985. Silopi Bölgesi Asfaltitlerinin Kaya Mekaniği Parametrelerinin, Kesilebilirliğinin, Hidrolik Çatlatılabilirliğinin ve Kesilebilirliğininden Yanma Riskinin Araştılması, Ankara, 85-03-05-01-010.

Karpuz, C.GAL-Silopi Asfaltitlerinin Gaz İçeriği, Kendiliğinden Yanma Riski ve Kesilebilirliğinin Araştırılması, Ankara.

Kaymakçı, K.,and Didari, V.,2000, Relations Between Coal Properties and Spontaneous Combustion Parameters, Turkish Journal Eng. Environmental Sci., 26,2000.

Kural, O.1991. Diğer Önemli Karbonlu Maddelerin Tanıtılması, Kömür, İ.T.Ü. Maden Müh. Böl., İstanbul.

Kural, O.1998. Karbon İçeren Diğer Önemli Enerji Kaynakları, Kömür Özellikleri Teknolojisi ve Çevre İlişkileri, İ.T.Ü. Maden Müh. Böl., İstanbul.

Kuzoluk, E.2014. Farklı Miktar ve Özellikteki Kömür Yığınlarının Kendiliğinden Önceden Tespit Edilmesine Bir Örnek; Çayırhan kömür Stokları, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya

Lebküchner, R. F. Güneydoğu Türkiye'deki Asfaltit Maddelerin Zuhur ve Teşekkülleri, Ankara

MADEN TETKİK ARAMA ENSTİTÜSÜ (M.T.A),1982-a, Siirt-Mardin (Şırnak-Silopi) Asfaltit Yatakları

MADEN TETKİK ARAMA ENSTİTÜSÜ (M.T.A),1982-b, Asfaltit Rezervlerimiz ve Değerlendirme İmkanları

Nakoman, E. 1971. Kömür, MTA Enstitüsü Eğitim Serisi,8, 3-10

Nakoman, E., 1977. Güneydoğu Anadolu Asfaltik Madde Zuhurları, Madencilik Dergisi

Okandan, E.2012.Silopi Bölgesi Asfatitlerinden Açığa Çıkan Gazların Kompozisyonu ve Miktarınn Belirlenmesi, Ankara

Orhun, F.1969. Güneydoğu Türkiyedeki Asfaltik Maddelerin Özellikleri Metamorfoz Dereceleri ve Klasifikasyon Problemleri, MTA Enstitüsü Dergisi No.72

Ören, Ö.2006. Kütahya Bölgesi Kömürlerinin Kendiliğinden Yanma Yatkınlıklarının Araştırılması, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya

Özdeniz, A.E.2003. Kömür Stoklarındaki Kendiliğinden Yanma Olayının İncelenmesi- Garp Linyitleri İşletmesi(GLİ) Örneği, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Konya

Öztürk, A.2015. Asfaltitin Yer altı Madencilik Yöntemleri ile Üretimi, Yer Altı Kaynakları Dergisi

Parlaktuna, M.2018.Silopi Bölgesi Asfaltit Gazlarından Kaynaklanabilecek Risklerin Saptanabilmesi Amaçlı, Asfaltitlerden Açığa Çıkan Gazların Kompozisyonu ve Miktarının Belirlenmesi Konulu Araştırma Projesi, Ankara

Ramlu, M.a., 1991.Mine Disasters and Mine Rescue, A.A. Balkema, Rotterdam,ss.397

Sezer, M., Karaduman,A. Ve Bilgesu, A.Y.,2007. Silopi Asfaltitinin Yarı Kesikli Reaktörlerle Pirolizi, Gazi Üniversitesi.Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 22,2, 307-313

Singh, R.N.Kömürün Kendiliğinden Yanma Risk İndeksinin Maden Dizaynı, Depolama ve Deniz Nakliyatına Uygulanması, England

Tsai,S.C., 1982, Fundamentals of Coal Benefication and Utilization, Elsevier, NY.

Ünal, Y.1992. Güneydoğu Anadolu Asfaltit Yatakları, Ankara

Ünalan, G.2010. Kömür Jeolojisi, Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara

ÖZGEÇMİŞ

Fatma YAŞAR, 10.03.1984 yılında Diyarbakır'ın Bismil ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Bismil'de tamamladı. 2002-2003 yılında girdiği İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümünden 2006-2007 yılında mezun oldu. 2016 yılında Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı.

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ İNTİHAL FORMU

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
ADI VE SOYADI	Fatma YAŞAR
ÖĞRENCİ NO	16807012
EĞİTİM – ÖĞRETİM YILI	2018-2019
YARIYIL	☐ Güz ☒ Bahar
ANABİLİM DALI	Maden Mühendisliği
PROGRAM	Yüksek Lisans
TEZ KONUSU	Silopi Harbul Asfaltit Açık İşletme Ocağında Meydana Gelen Yanma Olaylarının Araştırılması
İNTİHAL RAPORU BİLGİLERİ	
RAPOR TÜRÜ	Tez Savunma Sınavı Sonrası
SAYFA SAYISI	77
BENZERLİK ORANI	%15
RAPORLAMA TARİHİ	12/06/ 2019

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın kapak sayfası, giriş, ana bölümler, sonuç ve tartışma kısımlarından oluşan toplam 77 sayfalık kısmına ilişkin, 12/06/2019 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından *turnitin* adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 15 'dir.

Uygulanan filtrelemeler:

☐ Kabul/Onay sayfaları hariç,
☐ Kaynakça hariç
☐ Alıntılar hariç/dâhil
☐ Diğer

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Programlarda Tez Çalışması İntihal Raporu Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edilmesi durumunda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Fatma YAŞAR
11/07/2019

Prof. Dr. Mustafa AYHAN **Tez Danışmanı** 11/07/2019	Prof. Dr. Mustafa AYHAN **Anabilim Dalı Başkanı** 11/07/2019

Formdaki bilgiler bilgisayar ortamında doldurulmalıdır. El yazısı ile doldurulan formlar geçersiz sayılmaktadır.

KGK-FRM-340/00

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE CAUSES OF COMBUSTION EVENTS IN SILOPY HARBUL ASPHALTITE SURFACE MİNİNG

MASTER THESİS

Fatma YAŞAR

DİCLE UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL & APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF MINING ENGINEERING

2019

Asphaltite is a solid fuel, which is formed when petroleum leaves its bowl and fill into cracks and fractures by being subjected to metamorphism as a result of tectonic movements. Although coal is considered to be a product of vegetable residues such as peat and lignite, it is chemically composed of hydrocarbon mixtures. Asphaltites can be used as energy sources in thermal power plants such as coal due to high calories. Asphaltites reserves in Turkey is located in South East Anatolia region and generally exists in the forms of veins. Currently, in these veins; production is carried out by open pit method using drilling and blasting method.

However, after some blasts in asphaltite, large-scale fires occur due to hydrocarbons (methane, ethane, propane, butane, etc.) contained in the asphaltite. These fire incidents may cause very serious occupational health and safety problems and cause calorie loss in coal. However, due to the fire fighting, the production performance is negatively affected.

İn this study the fire incidents that occurred after blasts in the surface mining of Harbul vein of SİLOPİ Elektrik Üretim A.Ş. was analyzed in detail, its causes were investigated and suggestions were made for prevention of fires.

Key Words: Asphaltite, Harbul Vein, Drilling-Blasting, Gas Explosion-Fire

ÖZET

SİLOPİ HARBUL ASFALTİT AÇIK İŞLETME OCAĞINDA MEYDANA GELEN YANMA OLAYLARININ NEDENLERİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatma YAŞAR

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2019

Asfaltit, katı bir yakıt olup petrolün, tektonik hareketler sonucu metamorfizmaya uğrayarak çanağını terk edip çatlak ve kırıklara dolmasıyla oluşur. Kömür, turba, linyit gibi bitkisel artıkların bir ürünü olarak kabul edilmesine rağmen kimyasal olarak hidrokarbon karışımlarından meydana gelmektedir. Asfaltitler yüksek kalori nedeniyle kömüre gibi termik santrallerde enerji kaynağı olarak kullanılabilmektedirler. Türkiye'deki asfaltit rezervleri Güneydoğu Anadolu bölgesinde bulunmakta olup genellikle filonlar şeklinde teşekkül etmektedir. Mevcut durumda bu filonlarda; delme patlatma metodu kullanılarak açık ocak yöntemi ile üretim yapılmaktadır.

Ancak asfaltitte yapılan bazı atımlar sonrasında, asfaltitin bünyesinde bulunan hidrokarbonlardan (metan, etan, propan, bütan vb.) dolayı büyük çapta yangınlar meydana gelmektedir. Yaşanan bu yangın olayları; çok ciddi iş sağlığı ve güvenliği problemleri oluşturabilmekte ve kömürde kalori kaybına yol açmaktadır. Bununla birlikte oluşan yangınla mücadeleden dolayı iş verimi üretim performansı olumsuz yönde etkilenmektedir.

Bu çalışmada SİLOPİ Elektrik Üretim A.Ş'ye ait Harbul filonu açık ocağında atımlar sonrasında meydana gelen yangın olayları ayrıntılı olarak analiz edilmiş, sebepleri araştırılmış ve yangınların önlenmesi konusunda önerilerde bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Asfaltit, Harbul Filonu, Delme-Patlatma, Gaz Parlaması-Yangın.