

Asfaltitin Yeraltı Madencilik Yöntemleri ile Üretimi
*Production of Asphaltite by Underground Mining Methods*C. Atilla Öztürk^{1*}, İ. Emre Önsel¹, Murat Özkan¹, Abdullah Fişne¹, Selamet G. Erçelebi¹¹*İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul*^{*}*Sorumlu Yazar: ozturkc1@itu.edu.tr***Özet**

Bu çalışmada Şırnak ili Silopi İlçesinde bulunan Üçkardeşler asfaltit filonundaki üretimin yeraltı üretim faaliyetleri ile gerçekleştirilebilmesi için yapılan projenin sonuçları paylaşılmıştır. Asfaltit filonunun katı modeli ve rezervi verildikten sonra, asfaltitin teknolojik özellikleri için gerçekleştirilen deneysel çalışmaların sonuçları verilmiştir. Elde edilen sonuçlar asfaltitin ne derece önemli bir enerji hammaddesi olduğunu desteklemektedir. Daha sonra, yeraltı üretim yönteminin seçimi yapılmıştır. Asfaltit filonunun geometrisine bağlı olarak üretim yöntemi ara katlı dolgulu üretim yöntemi olarak tayin edilmiştir. Yeraltı üretim yöntemine bağlı olarak hazırlık ve üretim işlerinin gerçekleştirileceği yeraltı yapıları tasarlanmıştır. Asfaltitin kazısı ile ilgili alternatifler sunulduktan sonra, yeraltı madenin havalandırma projesine ait sonuçlar yine bu yazı da verilmiştir. Havalandırma hesaplarına temel teşkil etmesi amacıyla arazi çalışmalarından elde edilen gaz içeriği ve kendiliğinden yanma eğilimlerine ait çalışmaların sonuçları da verilmiştir. Çalışmanın devamında yeraltı açıklıklarının tahkimatı, nakliyatı ve dolgu faaliyetleri ile ilgili temel prensipler verilmiştir. Çalışma, asfaltitin yeraltı üretim yöntemleri ile üretime yönelik yapılmış ilk çalışmalardan olma özelliğine sahiptir.

Anahtar kelimeler: Kalsit, kaplama, mikronize öğütme.**Abstract**

The results of the project for the production of asphaltite from underground mining methods for Uckardesler Asphaltite Vein located in the city of Sirnak and Silopi region are shared in this study. Solid model of the asphaltite as well as reserve calculations are given before giving the results of experimental studies carried out to obtain technological properties of asphaltite. The results promoted the idea of being an important energy raw material of asphaltite. After that Sublevel cut and fill stoping mining method for underground mining was selected considering vein geometry. Underground infrastructures were designed for development and exploitation structures. Options for the excavation of asphaltite were presented, and the outputs of underground mine ventilation project were then given as well. Gas content and spontaneous combustion were determined from in-situ studies to set up a structure for ventilation calculations. Main principles for underground openings support designs, haulage, and filling were then given. This is the preliminary study for the production of asphaltite from underground mining methods.

Key words: Calcite, Coating, micronized grinding.

1.Giriş

Asfaltit yüksek kalorisi ve üretilebilirliği ile enerji hammaddesi olarak dikkat çekmektedir. Yüksek kaloriye sahip olması, termik santrallerde linyite nazaran çok daha düşük miktarlarda yüksek enerji üretimini sağlaması açısından son derece önemlidir. Asfaltit maden yatakları özellikle Türkiye'nin Güneydoğusunda bulunmakta olup, bu bölgedeki asfaltit yatakları ile ilgili çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Asfaltit, gerek Türkiye'de gerekse Dünya'da açık maden işletmeciliği ile üretilmektedir. Petrolün bir türevi olarak da tanımlanan asfaltit, genellikle kaya kütle yapıları arasında tabakalar ve filon şeklinde bir yataklanma göstermekte ve buldukları yerlerde yüzeyde mostra vermektedir. Bu sebepten dolayı, asfaltit filonlarında oluşturulan açık ocak işletmelerinde genellikle düşük veya kabul edilebilir dekapaj oranları ile açık işletmecilik faaliyetleri ekonomik olarak gerçekleştirilmektedir. Üretilen asfaltit, madenin yakınlarında tesis edilen termik santrallerde yakılmak suretiyle enerji üretimi sağlanmaktadır.

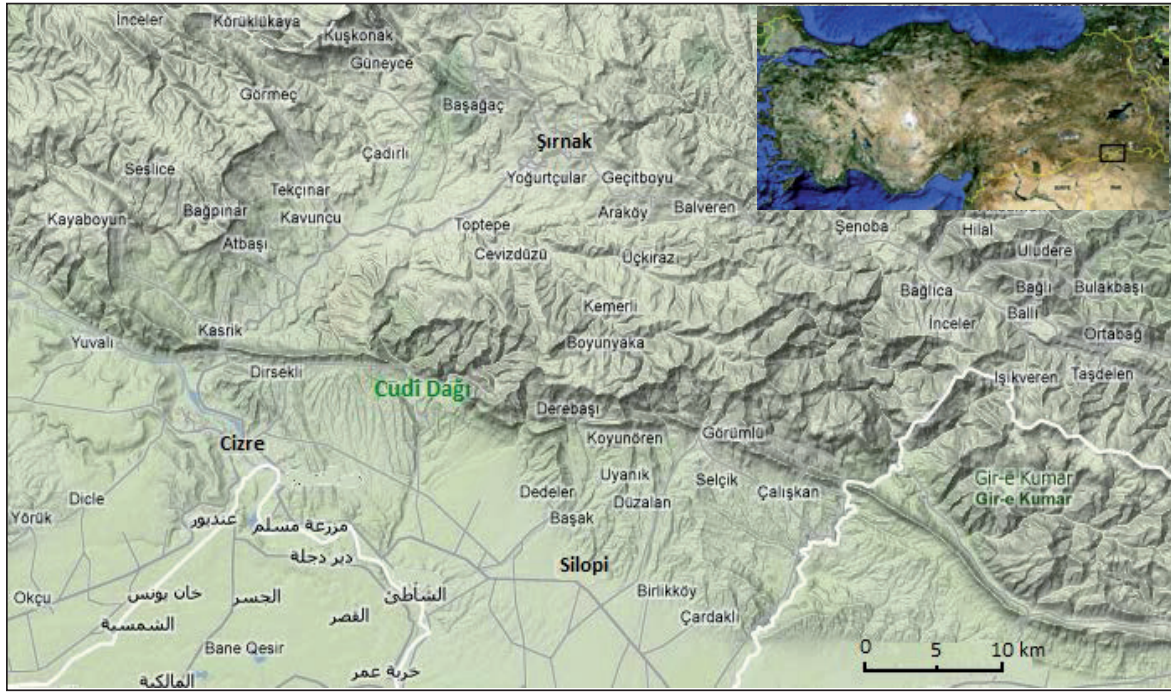
Ancak bu durum, özellikle Türkiye'nin Güneydoğusundaki dağlık bölgeler düşünüldüğünde, belli seviyelerden sonra ekonomik işletme sınırlarının aşılabacağı ve açık ocak işletmeciliği ile üretimin gerçekleştirilmesinin mümkün olamayacağına işaret etmektedir. Asfaltit filonlarının oldukça derin seviyelere kadar devam ettiği de göze alınacak olduğunda, asfaltitin yeraltı üretim teknikleri ile üretiminin yakın gelecekte adından sıkça söz edilmesi beklenmektedir.

Bu çalışmada, Şırnak'da bulunan Üçkardeşler asfaltit filonu üzerinde gerçekleştirilen yeraltı işletme projesi çalışmalarından elde edilen ve asfaltitin yeraltı üretim yöntemleri ile üretilebilirliğine ilişkin elde edilen bulgular paylaşılmıştır. Çalışmada, asfaltit ile ilgili genel bilgiler verildikten sonra maden yatağının geometrisine bağlı olarak seçilen yeraltı üretim yöntemi tanıtılmıştır. Bu üretim yönteminde asfaltitin kazısı ve açıklıkların tahkimatı ile ilgili bilgiler ve havalandırma prensipleri verildikten sonra ise sonuç ve öneriler ile elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. Çalışma Sahası ve Asfaltitin Modeli

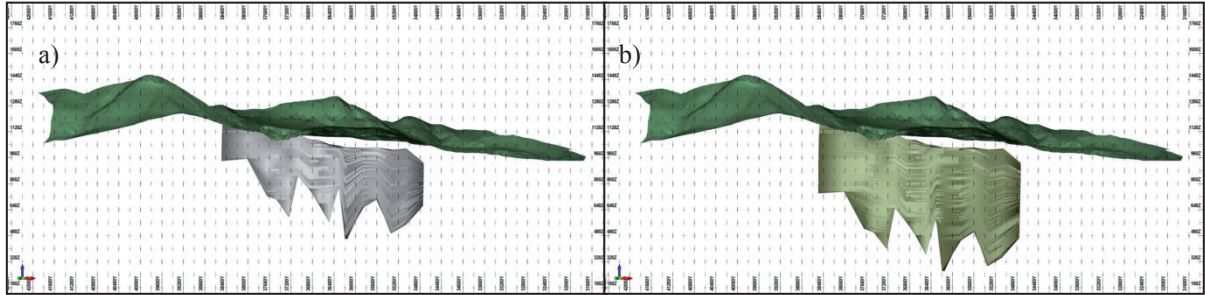
Çalışma sahası, Silopi (Şırnak) ilçesine bağlı Çalışkan, Görgülü ve Koyunören köylerinin kuzeyinde yer alır. Çalışma alanının içinde bulunduğu Silopi ilçesi, güneybatısında Suriye (20 Km), güneydoğusunda Irak (51 Km) Devletleri ile batısında Cizre İlçesi (11 Km), kuzeyinde Şırnak İli (33 Km) ve kuzeydoğusunda Uludere İlçesi (11 Km) ile komşudur. E-24 Karayolu Silopi İlçesinden geçmekte ve Habur Sınır Kapısına ulaşmaktadır. Silopi'de Habur gümrük kapısı arasındaki yol, çalışma alanındaki Çalışkan Köyü'ne ulaşır. Çalışmanın ana konusu olan Üçkardeşler Filonu Çalışkan Köyü'ne 2,5 km uzaklıktadır.

Silopi İlçesinin kuzeyi, kuzeybatısı ve kuzey doğusu dağlık bir yapı oluşturmaktadır. Dağlık kesim kuzeyden güneye doğru inildikçe düz bir yapıya dönüşür ve güneyde geniş Silopi Ovası uzanır. Silopi Ovası Türkiye Irak sınırına yaklaştıkça alçalır ve Dicle nehri ile Habur Çayı'nın birleştiği noktada en düşük seviyeye erişir (Şekil 1). Cudi Dağı, Silopi'nin kuzeyini tümü ile kaplamaktadır. Cudi Dağı'nın en yüksek noktası 2114 metre olup, Silopi Ovası'na egemen bir konumdadır. Bölgedeki Üçkardeşler Tepesi ise 1477 m yükseklikindedir. Çakır ve ark. (2013), Şengüler (2007) çalışmalarında bölgedeki asfaltitin potansiyeli ile ilgili yapmış oldukları sonuçları paylaşmışlardır



Şekil 1. Yerbulduru haritası (İTÜ-MPG Teknik Rapor, 2012).

Asfaltit filonun 3 boyutlu katı modeli entegre madencilik yazılımları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Maden Tetkik Arama (MTA) ve Şırnak Enerji A.Ş. tarafından gerçekleştirilen sondajların verilerinin kullanılması ile elde edilen katı asfaltit modelin kuzeyden görünümü Şekil 2’de Görünür ve Görünür+Muhtemel Rezerv için verilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen görünür ve muhtemel rezerv değerleri Çizelge 1’de verilmiştir.



Şekil 2. Filonun kuzeyden görünümü (a) Görünür b) Görünür+Muhtemel Rezerv).

Sr#	Rezerv Sınıfı	Rezerv (m ³)	Rezerv (Ton)
1	Görünür Rezerv	15.925.088	22.454.374
2	Muhtemel Rezerv	12.204.159	17.207.864
3	Toplam Rezerv	28.129.247	39.662.238

Çizelge 1. Üçkardeşler asfaltit filonu rezervi (İTÜ-MPG Teknik Rapor, 2012)

3. Asfaltitin Teknolojik Özellikleri

İTÜ Cevher Hazırlama Mühendisliği Bölümünde deneysel çalışmalar ile belirlenen asfaltitin teknolojik özellikleri Çizelge 2’de sunulmuştur. Farklı derinliklerden alınan numuneler üzerinde tekrarlı olarak gerçekleştirilen deneylerden, asfaltitin teknolojik özelliklerinin derinliğe bağlı olarak değişim göstermediği tespit edilmiştir. Çizelge 2’deki veriler 400 m derinden alınan asfaltit örneklerine aittir.

Analizler	Orijinal (Baz)	Kuru (Baz)	Havada Kuru (Baz)
Nem, %	3,29	-	0,49
Kül,%	36,50	37,74	37,56
Uçucu Madde, %	46,11	47,68	47,45
Sabit Karbon, %	14,10	14,58	14,51
Toplam Kükürt, %	7,47	7,72	7,68
Yanabilir Kükürt, %	7,22	7,47	7,43
Alt Isıl Değer, Kcal/Kg	5175	5369	5341
Üst Isıl Değer, Kcal/Kg	5445	5630	5602

Çizelge 2. Asfaltit analiz sonuçları (İTÜ-MPG Teknik Rapor, 2012).

4. Asfaltitin Gaz İçeriği ve Kendiliğinden Yanma Eğilimi

Asfaltit filonundaki gaz içeriğinin tespiti, yeraltı maden işletmesinde havalandırma projesinin gerçekleştirilmesi ve asfaltitin yeraltı üretim teknikleri ile üretilebilirliğinin ortaya konulması açısından önemlidir. Asfaltit filonunun gaz içeriğinin tespitine yönelik olarak arazide filonu kesen sondaj çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Açılan sondaj asfaltiti yüzeyden yaklaşık 80. m kesmiş ve 97, 143, 180 ve 340 metrelerden karot numuneleri sızdırmaz kaplara alınmak suretiyle gaz içerikleri tespit edilmiştir.

Üçkardeşler asfaltit filonunun alınan numunelerin gaz içeriğinin belirlenmesi için “Değiştirilmiş USBM Tekniği” kullanılmıştır. Sondaj sırasında yukarıda belirtilen derinliklerden alınan numuneler sızdırmaz kap içerisine konulmuştur. Kayıp gaz zamanının belirlenmesi için, matkabın numuneyi kesmesinden itibaren numunenin sızdırmaz kap içerisine yerleştirilinceye kadar geçen zaman ölçülmüştür. Numuneden yayılan gaz miktarı (desorbe gaz) geliştirilen düzenek kullanılarak aralıklarla gaz geliri sona erinceye kadar ölçülmüştür. Zamanın kareköküne bağlı olarak yayılan gaz eğrisi çizilerek kayıp gaz miktarı tespit edilmiştir. Artık gaz miktarı ise numunelerin laboratuvarda öğütülmesi sonrası tespit edilmiştir.

Kayıp gaz, kömür numunesinin damardan kesilip sızdırmaz bir kap içerisine yerleştirilinceye kadar geçen sürede numuneden yayılan gaz miktarıdır ve toplam gaz içeriğinin bir parçasıdır. Numunenin damardan kesilme anından (desorpsiyonun başladığı an veya sıfır zamanı) sızdır-

maz kaba konuluncaya kadar geçen süre kayıp gaz zamanı olarak tanımlanmaktadır. Kayıp gaz miktarı doğrudan ölçülememektedir, ancak desorpsiyon ölçümlerinden hareketle tahmin edilmektedir. Asfaltit numunelerinin yayılan gaz eğrileri ve kayıp gaz miktarlarının tespiti garfikler vasıtası ile gerçekleştirilebilmektedir.

Üçkardeşler asfaltit filonunda asfaltitin gaz içeriğinin belirlenmesi amacı yapılan gaz içeriği tespit çalışmalarının sonuçları Çizelge 3’de özetlenmiştir. Değişik derinliklerden alınan numunelerin gaz içerikleri 1,34 m³/ton ile 2,33 m³/ton arasında değişmektedir.

Numune	Derinlik (m)	Gaz İçeriği Bileşenleri (m ³ /ton)			Toplam Gaz İçeriği (m ³ /ton)
		Desorbe	Kayıp	Artık	
1	97	0,84	0,36	0,14	1,34
2	143	1,06	0,56	0,20	1,82
3	180	1,33	0,63	0,16	2,12
4	340	1,41	0,65	0,27	2,33

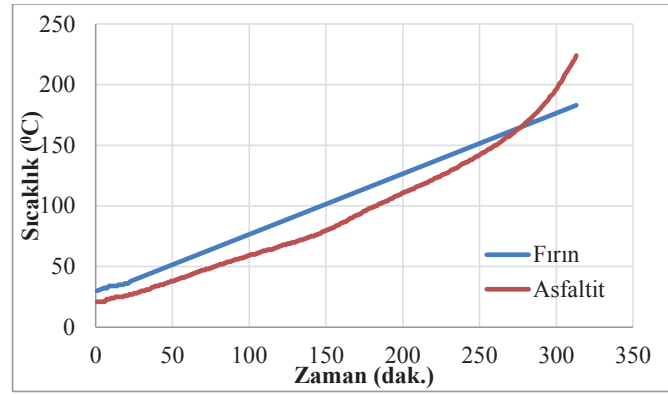
Çizelge 3. Üçkardeşler asfaltitlerinden alınan numunelerin gaz içerikleri (İTÜ-MPG, 2012).

Üçkardeşler asfaltit filonunda yine değişik derinliklerden alınan numunelerde direk yöntemle yapılan gaz içeriği deney sonuçları değerlendirildiğinde, gaz içeriğinin derinliğe bağlı bir artış eğilimi gösterdiği gözlenmektedir. Bunun nedeni derinlik arttıkça artan statik basınç ve atmosfere kaçak olasılığının azalmasıdır. Dikkat çekici bir diğer önemli husus ise, elde edilen gaz içeriği değerleri kömür damarlarına kıyasla oldukça düşüktür.

Üçkardeşler asfaltit filonunun “Kendiliğinden Yanma Risk İndeksinin” belirlenmesinde kesişim noktası yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde, sıcaklığı doğrusal bir hızla arttırılan bir fırın içerisine yerleştirilmiş olan bir reaktör içindeki asfaltit yatağından hava geçirilmekte ve böylece asfaltitin oksidasyonu sağlanmaktadır. Deney sırasında hem fırın hem de örnek sıcaklıkları (bir termocift yardımıyla) düzenli aralıklarla kayıt edilmektedir. Gerçekleştirilen kendiliğinden yanma deneylerine ait koşullar aşağıda verilmiştir.

Örnek Miktarı : 35 ± 0,1 g
Hava Debisi : 100 ± 0,5 ml/dak
Fırın Sıcaklık Artışı : 0,5 °C/dak
Veri Alma Sıklığı : 1 dakika

Üçkardeşler asfaltit örneği sıcaklığı saatte 30°C (0/5°C/dak) arttırılan ısıtma yatağı içerisinde 313 dakika süresince tutuşma sıcaklığı ve ötesine kadar ısıtılmıştır. Sıcaklık artışı ile birlikte asfaltitin oksijenle olan reaksiyonu hızlanmış ve Üçkardeşler numunesi 277 dakika sonra 165°C sıcaklıkta ısıtma yatağının sıcaklığını aşmıştır. Kendiliğinden yanma testi sonucunda elde edilen sıcaklık-zaman grafiği Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. Kendiliğinden yanma testi sonucunda elde sıcaklık-zaman grafiği.

Kömür için risk sınıflaması Feng ve ark. (1973) tarafından geliştirilen Yanma Risk İndeksi (FCC indeksi) belirlenerek gerçekleştirilebilir ve sınıflama Çizelge 4’de verildiği şekliyle gerçekleştirilebilir.

$$FCC(dak^{-1}) = \frac{\text{Ortalama Sıcaklık Artışı} (^{\circ}C/dak)}{\text{Tutuşma Noktası Sıcaklığı} \exp(^{\circ}C)} \times 1000$$

FCC Değeri (dak-1)	Kendiliğinden Yanmaya Yatkınlık
0 - 5	Düşük
5 - 10	Orta
> 10	Yüksek

Çizelge 4. FCC indeksine göre kendiliğinden yanmaya yatkınlık (Feng ve ark., 1973).

Kendiliğinden yanma deneyinden elde edilen verilere göre bulunan kesişme noktası ve tutuşma noktası sıcaklıkları ile hesaplanan ortalama sıcaklık artışı ve FCC indeksi değeri, Çizelge 5’de verilmiştir.

Asfaltit	Kesişme Noktası Sıcaklığı (°C)	Tutuşma Noktası Sıcaklığı (°C)	Ortalama Sıcaklık Artışı (°C/dak)	FCC indeksi (dak ⁻¹)	Riski
Üç kardeşler	164,9	165,9	0,98	5,96	Orta

Çizelge 5. Üçkardeşler asfaltitinin kendiliğinden yanma risk sınıflaması (İTÜ-MPG, 2012).

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda Üçkardeşler asfaltit filonun kendiliğinde yanma eğilimi orta derece riskli olarak tayin edilmiştir. Benzer çalışmalar ve sonuçlar, Karpuz ve ark. (1985) ve Karpuz ve ark. (2000) tarafından gerçekleştirilmiş olan çalışmalarda da bulunmaktadır.

5. Yeraltı Maden Tasarımı ve Planlaması

Üçkardeşler asfaltit filonunda üretimin belirli bir derinliğe kadar açık işletme faaliyetleri ile gerçekleştirilmesi planlanmıştır. Dekapaj oranından dolayı ekonomiklik sınırı aşıldığında ise üretim faaliyetleri yeraltı madencilik teknikleri ile gerçekleştirilmesi tasarımılandırılmıştır.

Bu bölümde, asfaltitin yeraltından üretilebilmesi için gerçekleştirilen yeraltı maden tasarım projesinden elde edilen sonuçlar verilmiştir.

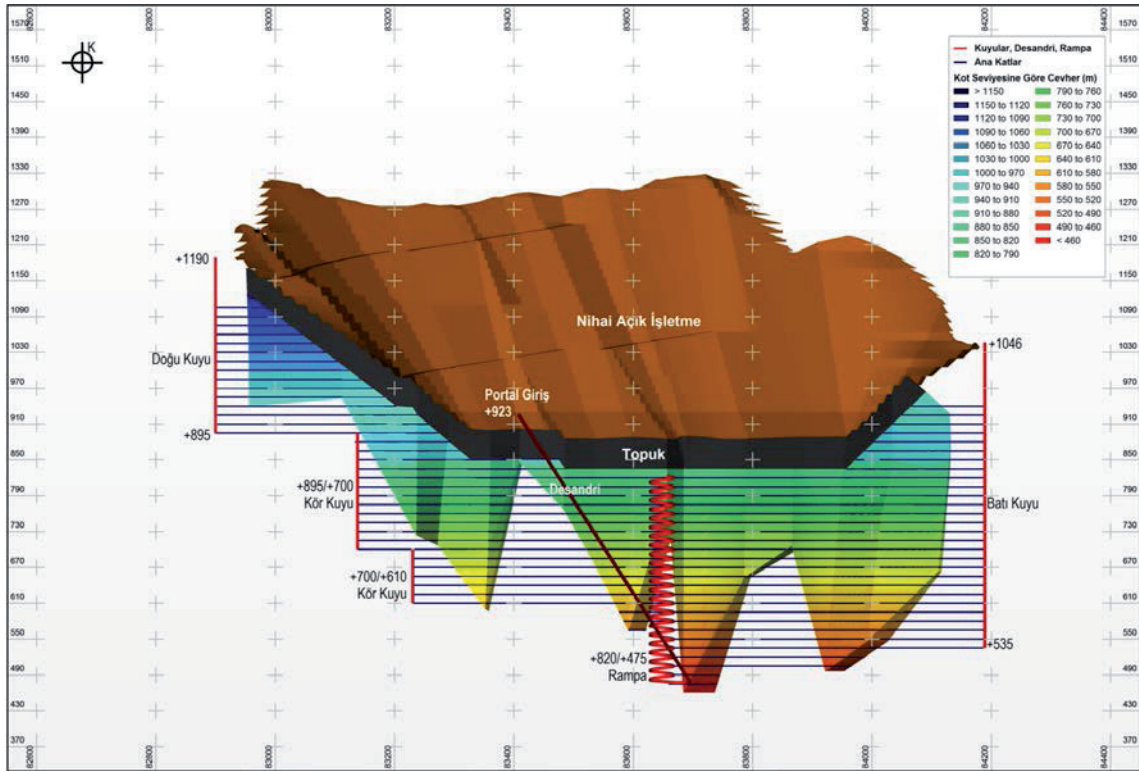
5.1. Yeraltı Üretim Yönteminin Seçimi

Asfaltit filonunun geometrisi, bölgenin topoğrafyası ve hedeflenen yıllık üretim miktarları dikkate alındığında, ara katlı üretim yöntemi seçiminin, yeraltı üretim yöntemi için en uygun işletme yöntemi olacağına karar verilmiştir. Ara katlı yöntemin yanında, yeraltındaki faaliyetlerinin yeryüzüne etkisi olan tasman hareketinin en aza indirilmesi için üretimin yapıldığı boşlukların dolgu malzemesi ile doldurulması planlanmaktadır. Bu durum yeraltı madenin üstünde bulunacak açık işletmenin korunması açısından da önemlidir. Bu durumda, yeraltı üretim yöntemi olarak ara katlı dolgulu üretim yöntemi seçilmiştir. Bu yöntemin seçilmesinin başlıca unsurları aşağıda verilmiştir.

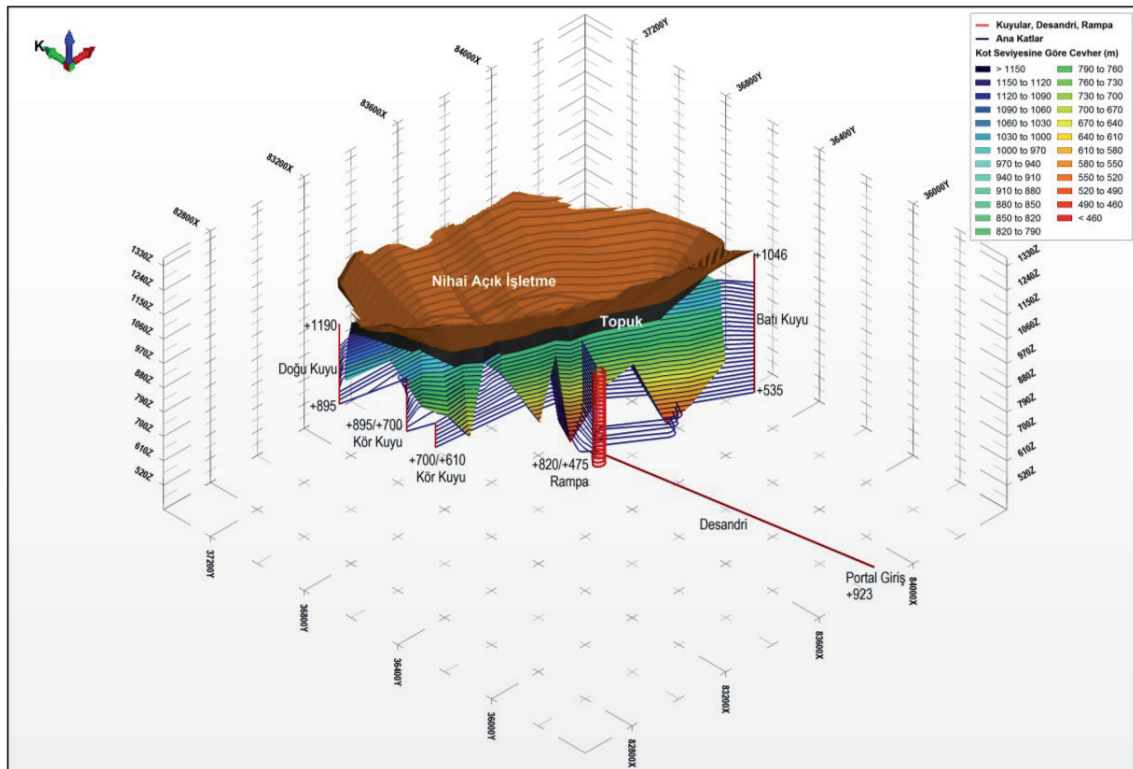
- Açılan boşlukların dolgu malzemesi ile kapatılmasından dolayı yeryüzünde tasman hareketinin önlenmesi ve bu sayede açık işletme faaliyetlerinin yeraltı işletme faaliyetlerinden etkilenmemesi,
- Çalışılan tavanın göçertilmemesinden dolayı üretim kayıplarının önüne geçilmesi ve mevcut rezervin teorik olarak tamamen üretiminin sağlanması,
- Asfaltit filonunun gaz içeriği ve kendiliğinden yanma eğilimi dikkate alındığında, göçertmeli sistemlerin maden havalandırma ve emniyet hususlarında ciddi tehlikeler içerdiği, dolgulu sistemlerde ise açık yüzey kalmaması ve asfaltitin teorik olarak tamamen üretilmesinden dolayı filonda kendiliğinde yanma riskinin en aza indirilmesi,
- Doğu-batı ekseninde filonun genişliği 100 m'ye kadar ulaşmakla beraber bazı yerlerde bu mesafe 1m'ye kadar düşmektedir. Ortaya çıkan geometri ve dolgulu üretim yapılacak olması uzunayak madencilğine müsade etmemektedir,
- Ana ve ara katlarda, mekanize kazı sistemleri ile hızlı ve istenilen üretim miktarlarına ulaşılabilmesi,
- Dolgulu çalışmanın bir gereği olarak üretim faaliyetlerinin aşağıdan yukarıya doğru gerçekleştirilmesi ve buna bağlı olarak dolgulu yüzey üzerinde emniyetli bir çalışma ortamının oluşturulması,
- Açık işletme ve yeraltı işletme faaliyetleri sırasında çıkan malzemenin yeraltında depolanmasının sağlanması.

5.2. Yeraltı Üretim İşletmesi - Hazırlık Çalışmaları

Yeraltı madeninde hazırlık çalışmaları, ocağa girişin sağlandığı desandrinin açılması, katlara ulaşımın sağlandığı rampanın sürülmesi ve havalandırma amaçlı olarak kuyuların açılması işlemlerinden oluşmaktadır. Yeraltı maden tasarımı ile birlikte hazırlıklarda kullanılacak yeraltı yapılarının tasarımları Şekil 4'de kesit, Şekil 5'de ise 3-B olarak gösterilmektedir. Şekil 4'den açık işletme nihai sınırı, açık ve yeraltı işletmeleri arasında bırakılması önerilen topuk yapıları da görülebilir.



Şekil 4. Yeraltı maden işletme projesi kesit görünüm (İTÜ-MPG, 2012).



Şekil 5. Yeraltı maden işletme projesi 3-B görünüm (İTÜ-MPG, 2012).

5.3. Yeraltı Maden İşletmesi Üretim Planı

Hazırlıkları tamamlanan yeraltı maden işletmesinde, üretime geçilmesi amacıyla üretim katlarının oluşturulması, ana kat galerilerinin sürülmesi ve üretim galerilerinde asfaltit kazısının

gerçekleştirilerek üretimin yapılması mümkün olacaktır. Bu çalışmada kazı işleri, delme - patlatma veya mekanize sürekli kazıcılar olacak şekilde alternatifli olarak planlanmıştır. Seçilen kazı metoduna bağlı olarak, üretim katlarının geometrisi, ara kat sayısı, reкуп galerinin uzunlukları, vardiyada veya günde çalışılan ayna sayısı, bağlı olarak maden planlaması ve üretim organizasyonunda büyük farklılıklar meydana gelmektedir.

5.3.1. Üretim Katları ve Kat Rezervleri

Yıllık üretim miktarı ve kazı yöntemi alternatiflerinden bağımsız olarak ana katlar arası mesafe 15 m olarak seçilmiştir. 15 m'lik ana kat mesafesinin seçimi yapılırken şu hususlara dikkat edilmiş ve optimum çözüm üretilmesi amaçlanmıştır.

- Artan ara kat mesafeleri, ana kat galerileri ile rampayı bağlayan reкуп galerilerinin uzamasına yol açmaktadır. Buda gerek maliyeti gerekse iş emniyetini zorlayan sonuçlar doğurmaktadır.
- Azalan ana kat mesafesi ise rampa boyunun uzamasına sebebiyet verecektir.

Ara kat yükseklikleri ise kazı alternatiflerine göre farklılık arz etmektedir. Ara kat galerileri, sürekli kazıcılar ile üretim yapıldığında 2,5 m, delme – patlatma ile üretim yapıldığında ise 5 m olarak tasarlanmıştır. Bu durumda, sürekli kazıcılar ile üretim yapılması durumunda 6, delme – patlatma ile üretim yapılması durumunda 3 ara kat oluşmaktadır. Bu durum, kazı makinelerine uygun galeri boyutlarını elde etmenin bir sonucudur.

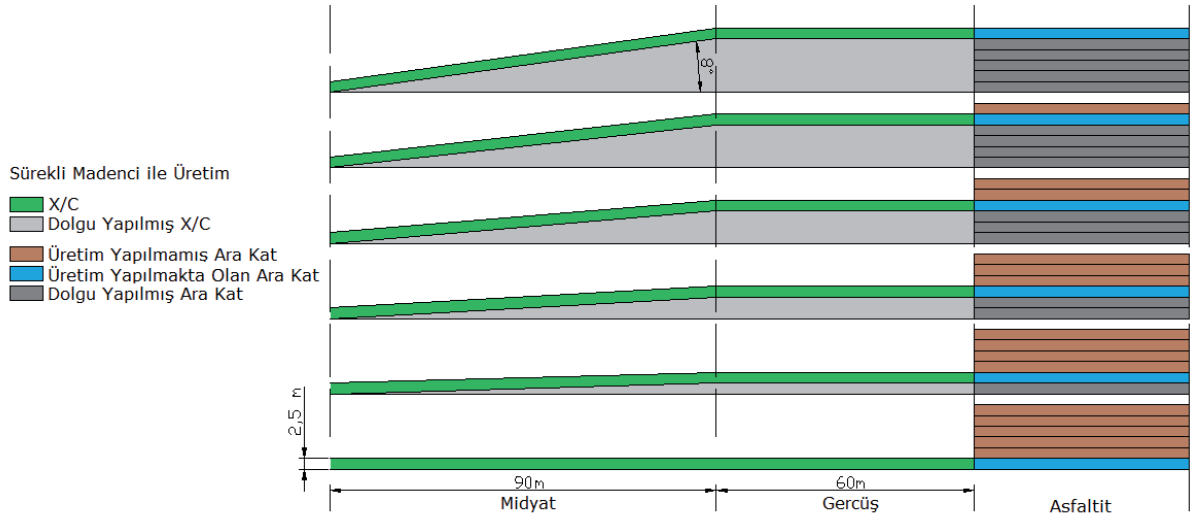
5.3.2. Kazı Yöntem Alternatifleri

Yeraltı maden işletmesinde asfaltit kazısı için iki farklı alternatif üzerinde çalışılmıştır ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

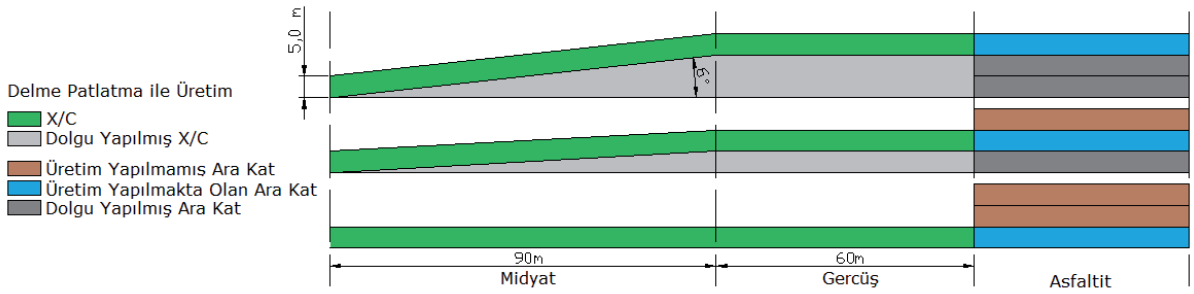
- Sürekli Kazıcılar: Sürekli kazıcılar, teorik olarak 7 ton/dk üretim kapasitesi ile kazı işlemini gerçekleştirebilen yeraltı mekanize kazı makinelerindedir. Sürekli kazıcılar ile kazı işlemi gerçekleştirilirken, bu kazı makineleri için geliştirilmiş yükleyiciler ile kazılan cevherin nakliyesi gerçekleştirilir. Asfaltitin kömür benzeri bir cevher olması, asfaltit içindeki yeraltı açıklıklarının tahkimatsız durma kapasitelerine sahip olması, asfaltitin tek eksenli basınç dayanımının 15 MPa civarında olması ve dolgu üzerinde güvenle çalışabilecek ağırlıkta olması bu makinenin kullanılabilirliğini artırmaktadır.

- Delme – Patlatma: Klasik kazı yöntemi olarak da isimlendirilebilecek bu yöntemde, cevherin kazısı delik delme makineleri ile deliklerin delinmesi, patlayıcı maddelerin yerleştirilmesi ve patlatılması ile gerçekleştirilmektedir. Kazısı yapılan cevher, yükleyici ve kamyonlar vasıtasıyla nakledilebilir. Özellikle yeraltı metal madenlerinde başarı ile uygulanan bir yöntemdir. Yöntemin uygulanması için geniş açıklıklara ihtiyaç duyulmaktadır. Bir atımda üretilebilecek cevher miktarı, kullanılacak makinenin teknik özelliklerine ve kazısı yapılan cevherin mekanik özelliklerine bağlı olarak değişmektedir.

Şekil 6 ve Şekil 7'de sürekli kazıcılar ve delme-patlatma ile üretimin yapıldığı durumlara ilişkin ara ve ana katların tasarımları verilmiştir. Midyat ve Gercüş formasyonları, bölgede asfaltiti çevreleyen kaya yapılarıdır. Ana rampadan üretim katlarına doğru sürülen ara ve ana katlara ulaşmayı sağlayan reкуп galerisini gösteren bu şekillerden de görüleceği üzere, reкуп galeri 150 m uzunlukta olup sürekli kazıcılarda eğimleri 8°'ye kadar çıkmakta iken delme-patlatma ile üretimin gerçekleştirildiği durumlarda yolun eğimi 6° ile sınırlandırılmaktadır.



Şekil 6. Sürekli kazıcılar ile üretim, ara ve ana kat tasarımları.

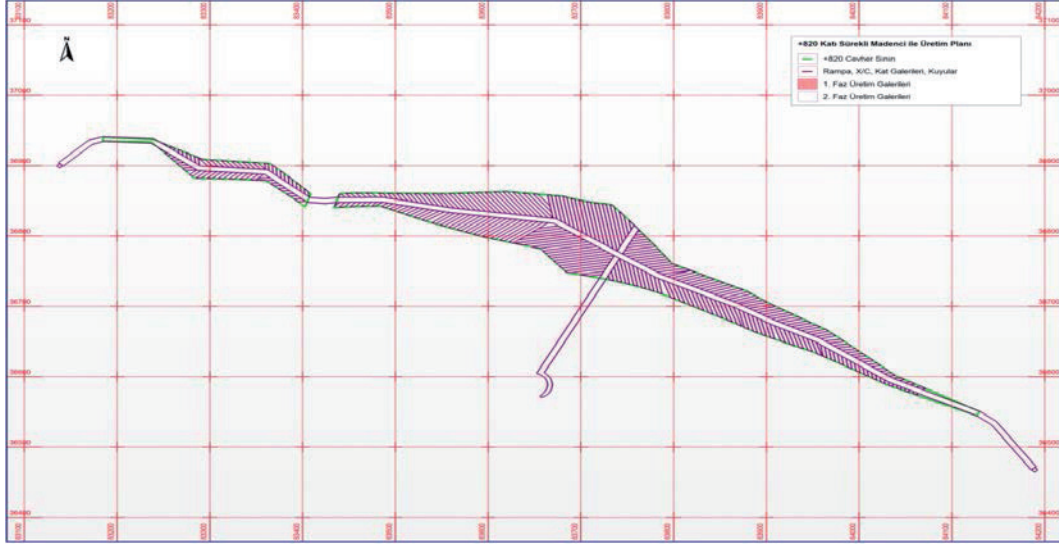


Şekil 7. Delme – Patlatma ile üretim, ara ve ana kat tasarımları.

Yapılan tasarımlar sonucunda, üretim amaçlı olarak tasarımı gerçekleştirilen yeraltı yapıları, inşa edileceği birimler, geometrik özellikleri ve toplam metrajları projeden üretilerek aşağıdaki çizelgede kazı yöntemine göre karşılaştırılmaları olarak verilmiştir. Bir kata ait sürekli kazıcılar ile üretimin gerçekleştirilmesi durumunda oluşturulacak kat üretim planı ise Şekil 7'de verilmiştir.

Sr#	Kazı Yöntemi	Yeraltı Açıklığı	Kesit Geometri	Açıldığı Formasyon	Kesit Alanı (m ²)	Toplam Uzunluk (m)
1	Sürekli Kazıcı	Rekup Galeri	Dikdörtgen	Midyat	12	24.720
2		Ana/Ara Kat Galerisi		Gercüş	12	34.791
3	Delme-Patlama	Rekup Galeri		Midyat	20	12.360
4		Ana/Ara Kat Galerisi		Gercüş	20	20.482
				Asfaltit	20	51.528

Çizelge 6. Kat hazırlık galerileri.



Şekil 8. +820 katına ait sürekli kazıcı ile üretim alternatifine göre hazırlanan kat planı.

6. Havalandırma

Asfaltitin yeraltı madencilik faaliyetleri ile üretimine dair dünyada herhangi bir uygulamanın olmaması, özellikle yeraltı açıklıklarının havalandırılması ve iş ve işçi sağlığı konularında soru işaretlerini de beraberinde getirmektedir. Bu amaca yönelik olarak, Üçkardeşler asfaltit filonunun gaz içeriği, kendiliğinde yanma eğilimlerinin tayini gerçekleştirilmiştir. Farklı günlük üretim miktarlarına ve farklı parametrelere ve kazı yöntemlerine göre, ocağın temiz hava ihtiyacı havalandırma yazılımı kullanılarak modellenmiş ve ocağın temiz hava ihtiyacı m³/s olarak tayin edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 7’de paylaşılmıştır.

Tanımlama	Birim	Günlük Üretim (Ton)	Miktar (Br)		Temiz Hava İhtiyacı (m ³ /s)	
			Sürekli Kazıcı	Delme Patlatma	Sürekli Kazıcı	Delme Patlatma
İşçi Sayısı	Adet (Yeraltındaki Kişi Sayısı)	1250	20	30	2,00	3,00
		2500	35	55	3,50	5,50
Yayılan Gaz Miktarı	m ³ /gün (Üretime Bağlı Yayılan Gaz)	1250	3125	3125	7,23	7,23
		2500	6250	6250	14,47	14,47
Patlayıcı Madde Miktarı	Kg (1 Atımdaki PM Miktarı)	1250	-	90	-	25,00
		2500	-	90	-	25,00
Üretim Miktarı	Ton (Günlük Üretim Miktarı)	1250	1250	1250	20,83	20,83
		2500	2500	2500	41,67	41,67

Çizelge 7. Farklı kriterlere göre ocak için gerekli temiz hava miktarı (İTÜ-MPG, 2012)

Çizelge 7’den de görüleceği gibi en fazla hava ihtiyacı gerek sürekli kazıcı, gerekse de delme – patlatma için günlük üretim miktarına göre olmaktadır. Söz konusu kriter ile işletmenin toplam hava ihtiyacı yaklaşık 42 m³/sn olarak hesaplanmıştır. Ocak içerisinde meydana gelebilecek hava kaçaklarının, gaz yayılımı konusundaki belirsizliklerin, havalandırılması gereken garaj depo gibi boşlukların hava ihtiyacının hesaba katılabilmesi için, bulunan hava miktarının bir “Emniyet Faktörü” ile düzeltilmesi gerekmektedir. Söz konusu ocak için emniyet faktörü 2 olarak kabul edilmiştir. Bu durumda Üçkardeşler asfaltit filonu yeraltı işletmesinin temiz

hava ihtiyacı 84 m³/sn olarak belirlenmiştir. Bu miktardaki temiz hava diğer kriterler için gereken hava ihtiyaçlarını da karşılamaktadır. Bir sonraki aşama ise vantilatör seçimidir. Üretim miktarına ve kazı yöntemine göre seçilecek vantilatörün özellikleri Çizelge 8'de verilmiştir.

Şebeke	Direnç (N.sn ² /m ⁸)	Hava Miktarı (m ³ /sn)	Basınç Düşüşü (Pa)	Havalandırma Gücü (kW)
Sürekli Kazıcılar	0,07879	84,0	555,9	62,3
Delme-patlatma 1250	0,07680	84,0	541,9	60,7
Delme-patlatma 2500	0,08276	84,0	584,0	65,4

Çizelge 8. Vantilatörün özellikleri.

Çizelge 8'den de görüleceği gibi söz konusu ocağın 84 m³/s temiz hava ihtiyacı için 584 Pa basınç farkını yenecek, yaklaşık 65 kW havalandırma gücünde bir vantilatör yeterli olacaktır. Mekanik güç veya vantilatör rotoru için gerekli motor gücü vantilatör üreten firmalar tarafından deneylerle belirlenmektedir. Ancak, havalandırma hesaplamalarında birim (m³/s) hava için 2-3 kW olacak şekilde mekanik gücün tahmin edilmesi önerilmektedir. Söz konusu ocağa 84 m³/s temiz hava gönderecek vantilatörün mekanik gücü ise 1 m³/s hava için 2,5 kW olacak şekilde hesaplanmıştır. Bu durumda 84 m³/s hava için gerekli olan vantilatörün mekanik gücü 2,5 x 84 = 210 kW olarak bulunmuştur.

6. Tahkimat, Nakliyat ve Dolgu

Yeraltında üretimin sürekliliğinin sağlanması için, açıklıkların tahkimatı, nakliyat ve dolgu malzemesinin özelliklerinin tayin edilmesi ve benzeri hususlarında çözüme ulaştırılması gerekmektedir.

Yeraltı açıklıklarının tahkimatı için asfaltit ve çevreleyen jeolojik birimler olan Midyat ve Gercüş formasyonlarının jeoteknik özellikleri tayin edilmiş ve açıklığın geometrisine, derinliğe ve jeoteknik özelliklere bağlı olarak açıklıkların tahkimat sistemleri tasarımı yapılmıştır. Gerçekleştirilen çalışmalar Öztürk (2013) tarafından yayımlanmıştır. Bu çalışmadan desandri, kuyu, rekup galerileri, kat galerileri ve üretim galerinin tahkimatları kaya kütle sınıflama sistemlerine göre gerçekleştirildikten sonra, tasarlanan tahkimat sistemlerinin yeterliliği nümerik yöntemler ile simüle edilerek test edilmiştir. Yapılan çalışmalar ayrıca yeraltı açıklıklarının tahkimatı ile ilgili öne sürülen bir prosedür ile sonuçlandırılmıştır. Bu çalışma, asfaltit içerisindeki galerilerin tahkimatına yönelik gerçekleştirilmiş yegâne çalışma olma özelliği ile önem arz etmektedir.

Üretilen asfaltitin ve kazısı gerçekleştirilen pasanın nakliyatı için gerekli sistemler yine çalışma kapsamında tasarımı yapılmıştır. Kazı yöntemine bağlı olarak üretim galerilerinde sürekli kazıcılar ile kazısı gerçekleştirilen asfaltit, kat galerilerinde konveyörlü taşıyıcılar ile rekuplara taşınır ve burada yeraltı kamyonlarına yüklerini devredeler. Yeraltı kamyonları rampa boyunca asfaltiti taşıdıktan sonra desandrinin sonundaki bant konveyöre aktarma yapar. Kazısı gerçekleştirilen kömür desandride kurulan bant konveyör ile yeryüzüne ve oradan termik santrale kadar nakledilir. Delme – patlatma ile kazı işleminin gerçekleştirilmesi durumunda ise üretim katlarında asfaltit yeraltı kamyonları ile rekuplara taşıdıktan sonra

yükleyiciler yardımı ile diğer yeraltı kamyonlarına aktarılır ve bu kamyonlar ile yine rampadan bant konveyöre kadar taşınırlar.

Yeraltı maden üretim yöntemi arakatlı dolgulu üretim yöntemi olarak belirlendiğinden dolayı kazı faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan yeraltı açıklıklarının dolgu malzemeleri ile kapatılması gerekmektedir. Dolgulu çalışmanın bir gereği olarak yeraltı üretimi aşağıdan yukarıya doğru gerçekleştirilecek ve üst ara ve ana katlarda üretimler dolgu üzerinde çalışılarak yapılacaktır. Dolgu malzemesi olarak genelde kaya dolgusu, çimentolu agrega dolgusu, macun dolgusu ve benzeri malzemeler kullanılmaktadır. Yeraltı ocağında, mekanize kazı ile üretim gerçekleştirileceğinden ve dolgu üzerinde çalışmalar yapılacağı için, dolgu malzemesinin belli bir mukavemete sahip olması gerekmektedir. Sürekli kazıcılar, dayanımı en az 0,26 MPa olan zeminler üzerinde çalışabilmektedirler. Bu durumda, yeter ve gerek dayanımı sağlaması açısından çimentolu agrega dolgusu ile çalışılması, bu çalışmanın bir sonucu olarak önerilmektedir. Bunun yanında, termik santralde yakılan kömürün atığı olan külün dolgu malzemesine karıştırılması ile ihtiyaç duyulan çimento miktarında %40 oranında bir azalma meydana gelmektedir. Bu durum dolgu maliyetinin yaklaşık %40'ını oluşturan çimento giderlerinin yarıya indirilmesi anlamına gelir ki, dolgu maliyetlerinde çok ciddi azalmalar sağlanacaktır.

7. Sonuç ve Öneriler

Önemli bir enerji hammaddesi olan asfaltitin, yeraltı madenciliği ile üretilebilirliğine yönelik gerçekleştirilen çalışmadan elde edilen sonuçlar şu şekildedir.

Asfaltit filonunun yapısı ve yatağın geometrisinden dolayı ara katlı dolgulu üretim yöntemi yeraltı üretim yöntemi olarak seçilmiştir. Üçkardeşler asfaltit filonunda yapılan arazi çalışmaları ile asfaltitin gaz içeriği, kendiliğinden yanma eğilimi ve gazların bileşimleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar yeraltı galerinin havalandırılması ve havalandırma sonucunda yeter ve gerek temiz havanın çalışma yerlerine ulaştırılabileceğini göstermesi açısından önemlidir. Asfaltitin kazısı için sürekli yüzey kazıcıları veya delme – patlatma ile kazı faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi gerektiği sonuçlarına ulaşılmıştır. Özellikle sürekli kazıcılar ile kazı işleminin yapılması durumunda üretim faaliyetlerinin daha hızlı ve sürdürülebilir olduğu sonuçlarına ulaşılmaktadır. Tahkimat elemanları olarak ankraj, püskürme beton, çelik hasır ve yer yer çelik iksaların kullanılması gerekeceği yapılan tahkimat tasarımlarından elde edilmiştir.

Yapılan çalışmaların doğruluğunun test edilmesi için, asfaltit içerisinde açılacak test amaçlı üretim galerinde denemeler gerçekleştirilerek asfaltitin makine ile kazılabilirliği, havalandırmanın başarısı ve püskürtme beton ile asfaltit arasındaki ilişkilere yönelik ileri araştırmaların yapılması önerilmektedir. Tüm bu çalışmalar, böylesi önemli bir enerji hammaddesinin üretilebilirliği için son derece önemlidir.

Teşekkür

Bu çalışma, Şırnak Enerji A.Ş. ile İstanbul Teknik Üniversitesi Döner Sermaye İşletmesi Müdürlüğü arasında imzalanan protokol gereği gerçekleştirilen “Üçkardeşler Asfaltit Filonu İşletme Ön projesi ve Ön Fizibilitesi Projesi” kapsamında gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen sonuçları içermektedir. Proje faaliyetleri sırasında gösterdikleri yardım ve destekten dolayı yazarlar, Şırnak Enerji A.Ş.’ye tüm içtenlikleri ile teşekkür etmektedirler.

Kaynaklar

Çakır, B., Kılıç, A.M., Kahraman, E., 2013. Silopi (Harbul - Üçkardeşler) Asfaltit Filonunun Micromine Madencilik Tasarım Programı Kullanılarak Açık İşletme Dizaynının Yapılması. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 28(2), 99-111.

Feng, K.K., Chakravorty, R.N., Cochrane, T.S., 1973. Spontaneous combustion – a coal mining hazard. CIM Bulletin, 66(138), 75-82.

İTÜ Maden Proje Grubu Teknik Raporu (İTÜ-MPG), 2012. Şırnak Enerji A.Ş. Üçkardeşler Asfaltit Filonu İşletme Ön Projesi ve Ön Fizibilitesi. İ.T.Ü. Döner Sermaye İşletmeleri Projesi. 241 s.

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

Karpuz, C., Güyagüler, T., Bağcı, S., Bozdağ, T., Başarır, H., Keskin S., 2000. Linyitlerin kendiliğinden yanmaya yatkınlık derecelerinin tespiti: Bölüm 1 - Risk sınıflaması derlemesi. Madencilik Dergisi, 39(3-4), 3-13.

Öztürk, C.A., 2013. Support design of underground openings in an asphaltite mine. Tunnelling and Underground Space Technology. 38, 288-305.

Şengüler, İ. 2007. Asfaltit ve bitümlü şeylin Türkiye'deki potansiyeli ve enerji değeri. TMMOB Türkiye VI. Enerji Sempozyumu - Küresel Enerji Politikaları ve Türkiye Gerçeği, 186-195.