

**UMREK KODUNA GÖRE ÇAYIRHAN B LİNYİT SAHASININ REZERV KESTİRİMİ**Ferhat BÜYÜKBAŞ<sup>1</sup>, Mahmut YAVUZ<sup>2\*</sup><sup>1</sup> POLYAK Enerji A.Ş, Bergama, İzmir,ORCID No : <https://orcid.org/0000-0002-1812-6272><sup>2</sup> Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Eskişehir,ORCID No : <https://orcid.org/0000-0001-6215-8557>

Anahtar Kelimeler	Öz
Kaynak/rezerv kestirimi Hacim/tonaj Kömür Çayırhan B linyit sahası UMREK Kodu	<i>Maden yataklarının kaynak ve rezervleri ile kalitesinin belirlenmesi için, maden yatağı hakkında yeterli bilgilerin elde edilmesi gerekmektedir. Bundan dolayı, kaynak ve rezervler bu bilgilerin nitelik ve niceliklerinin yeterliliği ölçüsünde belirlenmekte ve sınıflandırılmaktadır. Bir maden sahasında yapılan arama ve ilgili değerlendirme çalışmaları sonucunda yatağın hacmi ve tonajının yanı sıra fiziksel, jeokimyasal, jeolojik, mineralojik ve yapısal özellikleri de belirlenmektedir. Bu çalışmalar yardımıyla yatakta gerçekleştirilen proje faaliyetinin teknolojik, ekonomik, hukuki, çevresel ve sosyal boyutlarını ortaya çıkarmak için yapılan tüm çalışmaların bileşimi, o yatağın kaynağının/rezervinin belirlenmesine esas teşkil etmektedir. Madencilik, doğası gereği büyük riskler taşıyan, yatırım maliyetlerinin yüksek olduğu ve yatırımın geri dönüşünün uzun zaman aldığı bir sektördür. Öte yandan madencilik sektöründe getiri oldukça yüksektir. Arama faaliyetleri sonucunda keşfedilen madenin miktar ve kalitesinin tahmin edilmesindeki zorluklar, risklerin ana nedenidir. Bu risklerin azaltılması için arama dönemi ve sonrasında bilimsel, teknolojik ve çok disiplinli çalışmalar büyük önem taşımakta olup, uluslararası standartlara uygun numune analizlerinin akredite laboratuvarlarda yapılması ve yetkin kişiler tarafından raporlanması gerekmektedir. Bu sayede çalışmalar açık, şeffaf ve güvenilir olacak, mühendisler, yatırımcılar, finans kuruluşları gibi konu ile ilgili kişilerin fikir birliğine varması sağlanacaktır. Bu çalışmada, Ankara ili Beypazarı ilçesi sınırları içerisinde yer alan Çayırhan B linyit sahasının UMREK (Ulusal Maden Kaynak Rezerv Raporlama Komisyonu) Kodu'na göre rezerv miktarının kestirimi amaçlanmıştır. Rezerv kestirim çalışması, sahada daha önce MTA ve Palaris firması tarafından yapılan kaynak kestirim raporu doğrultusundaki çalışmanın devamı niteliğindedir.</i>

**RESERVE ESTIMATION OF ÇAYIRHAN B LIGNITE FIELD ACCORDING TO THE UMREK CODE**

Keywords	Abstract
Resource/reserve estimation Volume/tonnage Coal Çayırhan B lignite field UMREK Code	<i>To determine the resources, reserves, and quality of mineral deposits, sufficient information about the mineral deposit must be obtained. Therefore, resources and reserves are determined and classified according to the adequacy of the quality and quantity of this information. Because of the exploration and related evaluation studies carried out in a mining area, not only the volume and tonnage of the deposit but also its physical, geochemical, geological, mineralogical, and structural properties are determined. With the help of these studies, the composition of all studies carried out to reveal the technological, economic, legal, environmental, and social dimensions of the project activity carried out on the deposit is the basis for determining the resource/reserve of that deposit. Mining is a sector that inherently carries great risks, has high investment costs, and takes a long time to return on investment. On the other hand, the return is quite high in the mining sector. The difficulties in estimating the quantity and quality of the mineral discovered because of exploration activities are the main reasons for the risks. To reduce these risks, scientific, technological, and multidisciplinary studies during and after the exploration period are of great importance, and sample analyses by international standards should be carried out in accredited laboratories and reported by qualified persons. In this way, the studies will be open, transparent, and reliable, and a consensus of people related to the subject such as engineers, investors, and financial institutions will be achieved. In this study, it is aimed</i>



Bu eser, Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) hükümlerine göre açık erişimli bir makaledir.

This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

*to estimate the reserve amount of Çayırhan B lignite field located within the borders of Ankara province Beypazarı district according to the UMREK (National Resources and Reserves Reporting Committee) Code. The reserve estimation study is a continuation of the study in line with the resource estimation report previously carried out by MTA and Palaris in this field.*

Araştırma Makalesi		Research Article	
Başvuru Tarihi	: 04.01.2024	Submission Date	: 04.01.2024
Kabul Tarihi	: 11.03.2024	Accepted Date	: 11.03.2024

\* Sorumlu yazar: [myavuz@ogu.edu.tr](mailto:myavuz@ogu.edu.tr)  
<https://doi.org/10.31796/ogummf.1414530>

## 1. Giriş

Madencilik, büyük risk taşıyan bir sektördür. Bu riskin ana nedeni aramalar sonucunda ortaya çıkarılacak kaynağın nicelik ve niteliklerinin tahmin edilmesindeki zorluklardır. Madencilikte büyük riskle birlikte yatırım tutarı da oldukça yüksektir. Bu riskin azaltılması, aramaların her aşamasında ve aramalardan sonra yapılacak bilimsel ve teknolojik çalışmalara bağlıdır.

Maden arama, araştırma ve üretimi esnasında yapılan çalışmaların, üretilen verilerin uluslararası standartlara uygun, akredite laboratuvarlarda analiz ve testleri yapmış ve yetkin teknik elemanlar tarafından raporlanması, bu çalışmaların açık, şeffaf ve güvenilir olması ile küreselleşen dünyada ve serbest piyasa ekonomisi koşullarında mühendisler, planlamacılar, madenciler, yatırımcılar ve finans kuruluşları arasında görüş birliği sağlanmaktadır.

Uluslararası ticaretin ve madencilik yatırımlarının artması sebebiyle uluslararası kabul edilebilir bir rezerv/kaynak sınıflandırma sistemi oluşturma ihtiyacı doğmuştur. Maden Kaynağı, yer kabuğu üzerinde veya içinde ekonomik kazanç sağlayan; tenör, kalite ve miktar açısından ekonomik olarak işletilmesi mümkün alanlarda yuvalanmış taşıl oluşumdur. Maden Rezervi ise, ölçülmüş ve/veya belirlenmiş Maden Kaynağının ekonomik olarak işletilebilir kısmıdır. Dünyada halen farklı isim ve tanımlamalarla çok sayıda rezerv ve kaynak sınıflandırılmaları kullanılmaktadır. Projeksiyonlar ve maden kalkınma planları ancak güvenilir maden envanteri verileri üzerine yapılması şartıyla ekonomide ve madencilikte sürdürülebilir planlama ve kalkınma sağlayabilir. Yatırımcılar ise, yatırım risklerini kaynak güvenilirliğini esas alan sınıflandırmalar doğrultusunda yapmak ve belirlemek durumunda olacaklardır. Bu açıdan, yer kabuğunda doğal halde bulunan madenlerin tanımlanması ve sınıflandırılması büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada genel olarak, cevher kaynak-rezerv tahmin teknik raporlarının nasıl bir yaklaşımla hazırlanması gerektiği; kaynak envanterinin rezerv envanterinin öncüsü olduğu; teknolojik (cevher zenginleştirme; faydalı konsantrasyon veya nihai metal/bileşik eldesi), hammadde erişilebilirliği,

çevresel, ekonomik, idari, sosyal vb. parametrelere bağlı olarak rezerv tahmin envanterinin belirlenmesinde önemli rol oynadığı aktarılmıştır. Bu bağlamda rezerv tahmin envanteri, jeolog, hidrojeolog, harita mühendisi, maden mühendisi, cevher hazırlama mühendisi ve/veya metalürjist, çevre mühendisi, ekolog, sosyolog, sosyal psikolog, halkla ilişkiler uzmanı, finans ve maliyet muhasebesi uzmanı gibi çok disiplinli bir ekibin ortak çalışması ile ortaya konulması ve kapsamlı bir ön fizibilite çalışmasının yer alması gereklidir. Ayrıca, artık bu tür teknik raporların (doğal olarak raporda sunulan envanter tablolarının) uluslararası arenada kabul görmesi için Yetkin Kişi olarak bizzat belgelendirilmiş uzmanlar tarafından veya bunların denetim ve onayıyla yazıldıktan sonra onaylanması zorunludur. Aksi durumlarda bu teknik raporların hiçbir ulusal veya uluslararası kuruluş tarafından tanınması, bilgilendirme veya başka amaçlarla kullanılması mümkün değildir.

Çalışma, ulusal UMREK koduna uyumlu bir rezerv tahmin raporu olacak mahiyette ilk çalışma olduğundan ulusal kaynakçaya önemli bir katkı sağlamaktadır. Ayrıca çalışma, bir yeraltı linyit yatağındaki en iyi uygulamalardan bir tanesi olarak da gösterilebilme potansiyeline sahiptir.

Bu çalışma, sahada daha önce Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) ve Palaris firması tarafından yapılan kaynak kestirim raporu (Bamberry, Barker, Willis, ve Shepherd, 2017) doğrultusundaki çalışmanın devamı niteliğindedir. Kestirimi yapılacak olan rezervlerin temeli söz konusu bu iki çalışmaya dayanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda sahada yapılmış olan yerüstü sondajlardan yeniden üretime yönelik veri tabanı oluşturulmuştur. 3 boyutlu madencilik yazılımı olan Micromine programı ile blok model oluşturulmuştur. Daha sonra blok modelden katı modele geçiş yapılmıştır. Oluşturulan blok modelde her bir bloğa ait kalite öznelik değerlerinin (kalori, kül, nem, uçucu madde, sabit karbon, yanar kükürt ve külde kükürt) kestirimi yapılmıştır. Kestirim yöntemi olarak ters uzaklığın ağırlıklı enterpolasyonu (Inverse Distance Weighting-IDW) yöntemi kullanılmıştır. Sahada MTA tarafından ortaya konulan yapısal jeolojiye göre de ana faylar belirlenmiş, tektonik yapılar büyük ölçüde modele oturtulmuştur. Mevcut veriler ışığında bir

Maden Planı tasarlanmış ve buna göre de rezerv kestirimi yapılmıştır.

## 2. Bilimsel Yazın Taraması

Yirminci yüzyıla kadar madencilik faaliyetleri genelde küçük ölçekli şeklinde devam eden ve yüzeyde görülen (mostra madenciliği) bilindik madenlerin herhangi bir tasarım ve planlama yapılmadan üretilmesiyle gerçekleşmiştir. Yirminci yüzyıla kadar devam eden bu süreçte, arama çalışmaları, maden kaynak ve rezerv tahminleri ile ilgili kavram, sınıflama, standart ve düzenlemelere ihtiyaç duyulmamıştır. Ocak ve üretim planlamasının önemi arttıkça rezervleri önceden tahmin etme çabaları doğmuştur. 1960'lı yıllarda ise çok sayıda maden rezerv tahminleri yapılmıştır (Özkan, 2017).

Yanlış, yetersiz çalışmalar ve yanıltıcı raporlar yatırımcıların, finansörlerin ve kamunun zarara uğramasına neden olmaktadır. Bu dönemde işletmeye alınan yatakların madenlerin çoğu rezerv kaynaklı sorunlar nedeniyle kapanmıştır. Bu konuya detaylı olarak bir sonraki bölümde değinilmiştir.

Westman (1999) tarafından yapılan çalışmada; Güneybatı Virjinya eyaletindeki kömürlerin hangi kısımlarının ekonomik olarak çıkarılabileceği belirlenmiştir. 3.950,0 Mt kömürün yaklaşık %14'ünün mevcut madencilik koşulları altında ekonomik olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca bu oran içinde kalan rezervlerin çoğunun derinlerde olduğu da belirtilmiştir.

JORC (Joint Ore Reserves Committee) Kodu'nda (2012); arama sonuçlarının değerlendirilmesi, maden kaynakları ve rezerv raporları hakkındaki açıklamaların raporlandığından bahsedilmiştir. Raporu hazırlayan Yetkin Kişi'nin rapor içeriğindeki tüm bilgileri kabul etmiş sayıldığından söz edilmiştir. Kaynak ve rezerv ile ilgili terminolojiden ve kaynaktan rezerve geçiş süreci konu alınmıştır. Raporun olması gerekli kapsamına değinilmiş ve JORC kodu ekinde sunulan kontrol tablolarının raporlama süresince doldurulması gerektiği vurgulanmıştır. Söz konusu kod raporlama için minimum standartları belirleyen bir çalışma niteliğindedir.

Tercan, Ünver, Hindistan, Ertunç, Atalay, Ünal, ve Kılıoğlu (2012) yaptıkları çalışmada, Batı Anadolu linyitlerinin bazı tektonik ve değişken kömür kalitesinden kaynaklı tahmini ve modellemesinin zorluğundan bahsetmektedirler. Söz konusu çalışma, Soma Eynaz ve Tunçbilek Ömerler kömür sahalarının basit ama etkili bir madencilik yöntemi olan süreksizlikleri tanımlama yolunun hayati önem taşıdığına önemine değinilmiştir. Sondajlardan alınan örneklerden istatistiksel analiz yapılmış ve modellemede bu faylar modele dâhil edilmiştir.

Özkan ve Akbaba (2013) yaptıkları derleme çalışmasında, madencilik projelendirme/planlama

ihtiyaçlarına cevap verebilecek kaynak modelleri nasıl türetilebilir, örnekleme ve tahmin hataları nasıl azaltılabilir ya da istenilen sınırlar içinde tutulabilir, kaynak sınıflandırmasında tahmin güvenilirliği düzeyleri nasıl yansıtılabilir, denetlenebilir ve tekrarlanabilir, kaynak tahminleri nasıl yapılır sorularına cevap aramışlardır.

Aktan (2015) tarafından yapılan çalışmada, Sağırlar ve Çivili (Bursa Orhaneli) sahalarındaki linyit damarları modellenmiş, kaynak miktarı ve özellikleri jeostatistiksel olarak 2 boyutta kestirilmiştir. Buna göre iki sahanın aralarında yaklaşık 2 km'lik bir mesafe bulunmasına rağmen, farklı bir kömür oluşumuna sahip oldukları, kalite özellikleri açısından benzeşmedikleri tespit edilmiştir. Buna göre Sağırlar sahasında ortalama 3.077 kCal/kg alt ısıl değere sahip yaklaşık 11,7 Mt; Çivili sahasında da ortalama 2.311 kCal/kg alt ısıl değere sahip 14,6 Mt olmak üzere toplamda 26,3 Mt kaynak hesaplanmıştır.

Özdemir (2015) tarafından yapılan çalışmada, bir kömür sahasının Micromine programı kullanılarak blok modellemesi ve açık ocak üretim tasarımı yapılmıştır. Yaklaşık 158M m<sup>3</sup> dekapaja karşılık 66,96 Mt rezerv kestirimi yapılmış ve örtü kazı oranı 2,36 m<sup>3</sup>/t olarak hesaplanmıştır.

Magnus (2017) yaptığı tez çalışmasında; Witbank kömür yatağındaki kompleks kömür sahasınının kaynak sınıflandırmasındaki alternatif metodlardan bahsetmiştir. SAMREC (Güney Afrika), JORC (Avustralya), NI 43-101 (CANADA) vb. CRIRSCO'ya (Combined Reserves International Reporting Standarts Committee) üye ülke standartlarının sondaj arası mesafenin standart alındığından ve bu durumun tatmin edici olmadığından bahsedilmiştir. Söz konusu havzada 14 kömür madenindeki sondaj arası mesafeleri karşılaştıran bir çalışma konu edinilmiştir. Sondaj arası mesafenin, damarın jeolojik yapısına bağlı olduğu ve jeostatistiğin jeolojiyi doğrulaması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Rahman, Quamruzzaman, Ahmed, Islam, Hossain, ve Khan (2017) yaptıkları çalışmada; Khalashpir kömür sahasındaki rezervin bir bilgisayar yazılımıyla ve bilgisayar kullanmadan el yordamıyla hesaplandığından söz etmiştir. Havzada ortalama 37,21 m kalınlığa sahip 8 ayrı kömür damarı olduğu ve 184,19 Mt kanıtlanmış kömür rezervi kestirimi konu edilmiştir. Tasmanlardan dolayı dolgu uzunayak üretim yönteminin en uygun üretim yöntemi olduğuna değinilmekte ayrıca akiferin kırılmasından dolayı üretimi sekteye uğratacağı ve maden üzerindeki tarım arazilerinin kullanılamaz hale geleceği vurgulanmaktadır.

UMREK Kodu'nda (2023), yer kabuğunda bulunan katı maden kaynakları ve ekonomik değere sahip madenlerde Arama Sonuçlarının, Maden Kaynakları ve Maden Rezervlerinin raporlanmasında

uygulandığından söz edilmiştir. Raporların Yetkin Kişiler tarafından hazırlanabileceği ve raporlarda isimlerinin yer alması gerektiği belirtilmiştir.

CIM (2019) yaptığı en iyi uygulama (best practice) çalışmalarında, öncelikle maden rezervlerinin tahmininin bir dizi teknik disiplini içeren bir ekip çalışması (jeolog, maden mühendisi, metalurjist, çevre-sosyal izin-ekonomik modelleme uzmanı vb.) olması gerektiğinin öneminden bahsetmişlerdir. Çalışmanın rezerv olarak kabul edilebilmesi için, en azından ön fizibilite (prefizibilite) çalışmasının yapılması gerektiğine değinilmiştir. Yine maden rezervini desteklemek için bir maden planı tasarımının var olması gerektiği vurgulanmıştır.

Stanmore kömür şirketi (Clifford ve Poole, 2019) yaptığı çalışmada; her yıl güncel kömür kaynak ve rezervlerinin son sürüm JORC kodu kapsamında bir rapor ile yayınlandığından bahsetmiştir. Raporu yazan yetkin kişilerin özgeçmişinin de yer alması gerektiğini açıklamıştır. Söz konusu çalışmada güncel kömür kaynak ve rezervine ilişkin bilgilere, yetkin kişinin sahaya ziyaret edip etmediğine, ettiyse yorumlamalarına eğer etmediyse neden etmediği gibi bilgilerin de yer aldığı bir raporu içeren bilgilere yer verilmiştir.

Küçükkarasu (2019) yaptığı çalışmada, Çorum ili sınırları içerisinde yer alan Alpagut – Dodurga linyit sahalarının kaynak miktarının kestirimini yapmıştır. Kesit alma yöntemi ile jeolojik katı model elde edilmiş olup blok model oluşturularak her bir bloğa ait kalite öznelik değerleri (kalori, kül, nem) atanmıştır. Çalışmanın sonucunda linyit damarları 3 boyutlu olarak modellenmiş ve kaynak miktarı yaklaşık 19,5M m<sup>3</sup> ve alt ısıl değeri 2886 kcal/kg olarak hesaplanmıştır. Ortalama kül miktarı %18,24 ve ortalama nem miktarı ise %20,6 bulunmuştur. Ayrıca çalışmada; sıcaklık ve nemin insan vücudu üzerindeki etkisi araştırılarak, işçiler için uygun çalışma koşullarının belirlenmesi amacı ile kullanılan yaklaşımlar incelenmiştir. Isı stresinin belirlenmesinde kullanılan yaklaşımları temel alan bir bilgisayar paket programı hazırlanmış ve bu programın özellikle derin yeraltı ocaklarında ısı stresi analizine getireceği avantajlar açıklanmıştır.

Yukarıda kaynak-rezerv kestirimi ile ilgili yapılan çalışmaları kısaca özetlenmeye çalışılmıştır. Genel olarak maden kaynak-rezerv tahmin raporlarının nasıl hazırlandığı, içeriklerin neler olduğu, rezerv tahmini için en az ön-fizibilite yapılması gerektiği, maden rezerv tahmininin teknik disiplini içeren bir ekip çalışması olması gerektiğinin, raporu yazan kişinin Yetkin Kişi olması gerektiğinin öneminden bahsedilmiştir. Bu çalışmada, UMREK koduna uygun bir "Rezerv Raporu" formatına uygun belki de ilk çalışma olması sebebiyle, ayrıca birinci yazarın UMREK Yetkin Kişisi olması nedeniyle alanda ilk olacaktır.

### 3. Yöntem

Doğal kaynaklar, ülkelerin ana zenginlik unsurlarından olup, maden kaynakları da doğal kaynakların önemli bölümleridir. Ülkeler bu kaynakları esas alan projeksiyonlarını ve kalkınma planlarını yapmak, girişimciler ise kaynak güvenilirliğini esas alan sınıflandırmalar doğrultusunda yatırım risklerini belirlemek durumundadırlar. Bu açıdan, yer kabuğunda doğal halde bulunan madenlerin tanımlanması ve sınıflandırılması önemlidir.

Raporlamalarda uygulanması gerekli standartlar: yatırım riskinin asgari düzeye indirilmesi ve olası manipülasyonların önüne geçilebilmesi için ihtiyaç haline gelmiştir. 1969 yılında Avustralya'da "Poseidon Skandalı" ve 1997 yılında ise Kanada'da "Bre-X Skandalı" olarak bilinen iki önemli olay bu süreci tetiklemiştir (Branan, 2007).

Poseidon skandalında, ilgili firma 1969 tarihinde Avustralya borsasına gönderdiği yazıda; kendisine ait ruhsat sahasında yaptığı bir sondajda yüksek tenörlü (%3,5 Ni, %0,5 Cu) nikel-bakır cevheri tespit ettiğini, cevher zuhurunun 1000 ft (304,8 m) uzunluğunda ve 65 ft (19,812 m) kalınlığında olduğunu belirtmiştir. Bu bilginin borsa tarafından yayınlanması üzerine 1,15 \$ seviyesinde işlem gören hisse senetleri hızlı bir yükselişe geçerek 1970'li yılların başlarında 280 \$'a kadar ulaşmıştır. Sonradan bu haberin uydurma olduğu anlaşılmış, şirket batmış ve hisse senedi alanlar büyük zararlara uğramışlardır. Yaşanan bu skandal üzerine 1971 yılında Avustralya hükümeti çözüm arayışına girmiş ve borsaya müdahil olan tüm taraf temsilcilerin içinde yer aldığı bir komite kurarak, 1989 yılında maden arama sonuçlarının rapor edilmesi standartlarını içeren bir yönetmelik (JORC) yayınlamıştır (Yıldırım, 2011).

İkinci önemli olayda ise, Bre-X isimli Kanada şirketi Endonezya'da Mart 1993'te Busang isimli bir Altın sahası satın almıştır. Bre-X şirketi, Ekim 1995'te önemli miktarda altın rezervi tespit edildiğini kamuoyuna açıklamış ve sahanın zaman içerisinde değeri artmıştır. Busang altın sahasının değeri, 1995 yılında 30 milyon ons (850 ton), 1996'da 60 milyon ons (1.700 ton), sonunda 1997'de ise 70 milyon ons olarak açıklanmıştır. Bre-X'in borsada işlem gören hisse senedi fiyatları 1997'de hızlı bir şekilde 280 ABD dolarına kadar yükselmiş ve hisse senetlerinin en yüksek değere sahip olduğu 1997 yılı başında 6,6 milyar Kanada doları karşılığı olan 4.4 milyar ABD dolarına eşit bir piyasa değerine ulaşmıştır. Busang altın sahasının bu kadar yüksek değer kazanması üzerine Endonezya hükümeti sahaya el koymuş ve kaynak tahmini çalışmalarını yenilemiştir. Elde edilen sonuçlara göre, sahadan ilk alınan cevher örnekleri altın tozu ile tuzlanmıştı. Laboratuvarın testleri sondaj örneklerindeki altının takıların eğelenerek örnekler üzerine serpiştirildiğini göstermiş, ancak bu işlemin hangi aşamada ve nasıl yapıldığı hiçbir zaman kanıtlanamıştır. Bre-X işlemleri

kısa süre içinde Toronto Menkul Kıymetler Borsası ve NASDAQ'da durdurulmuş ve şirket iflas koruması için başvuruda bulunmuştur (Branan, 2007).

Bu olumsuz tecrübelerin ışığı altında, madencilik faaliyetlerinin yoğun olduğu diğer ülkeler de benzer çözüm arayışlarına girmiş ve yasal düzenlemeler yapmışlardır (Yıldırım, 2011). Sözü edilen yasal düzenlemeler aşağıda listelenmiştir;

- Avustralya ve komşu ülkeler: JORC-Code (Joint Ore Reserves Committee),
- Kanada: NI 43-101, National Instrument 43-101 (Standarts of Disclosure for Mineral Projects),
- Amerika Birleşik Devletleri: SME-Guide (The SME Guide for Reporting Exploration Results, Mineral Resources, and Mineral Reserves),
- Avrupa Birliği ülkeleri: PERC (Pan-European Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Reserves),
- Güney Afrika: SAMREC (The South African Code for The Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves).

Değişik ülkelerdeki raporlama düzenlemelerinden yararlanarak, tüm dünyada uygulanabilir ortak standart çalışmalar başlatılmış ve oluşturulan taslaklar üye ülkelerin görüşüne sunulmuştur. Maden kaynakları ve rezervlerin sınıflandırılması ve raporlanması için birbirinden bağımsız olarak iki uluslararası sistem geliştirilmiştir. Bunlar:

- Maden Rezervleri Uluslararası Raporlama Standartları Komitesi üyeleri tarafından geliştirilen standartlar ve yönetmelikler, CRIRSCO (Combined Reserves International Reporting Standarts Committee),
- Birleşmiş Milletler Çerçeve Sınıflaması, UNFC (United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Resources).

Benzer şekilde, ülkemizde de maden arama faaliyetleri süreçlerini kontrol etmek ve olası spekülasyonları önlemek için 7 Eylül 2016 tarihinde UMREK (Ulusal Maden Kaynak ve Rezerv Raporlama Komisyonu) kurulmuştur. Ayrıca çatı kuruluş konumundaki CRIRSCO'ya ise 17 Mayıs 2018 tarihi itibarıyla Avrasya bölgesindeki ilk, dünya genelinde ise on üçüncü üyesi olunmuştur. Ülkelerin yıllara göre CRIRSCO'ya üyeliği Şekil 1'de verilmiştir. CRIRSCO'ya üye olan ülkeler, üyelik tarihleri ve ilgili kodlar; JORC (Avustralya, 2012), CBRR (Brezilya), CIM (Kanada), Comision Minera (Şili), CCRR (Kolombiya), PERC (Avrupa, 2017), NACRI (Hindistan), KCMİ (Endonezya), KAZRC (Kazakistan), MPIGM (Moğolistan), OERN (Rusya), SAMCODES (Güney Afrika, 2017), UMREK (Türkiye) ve SME (Amerika Birleşik Devletleri, 2016) olarak güncel halini korumaktadır.

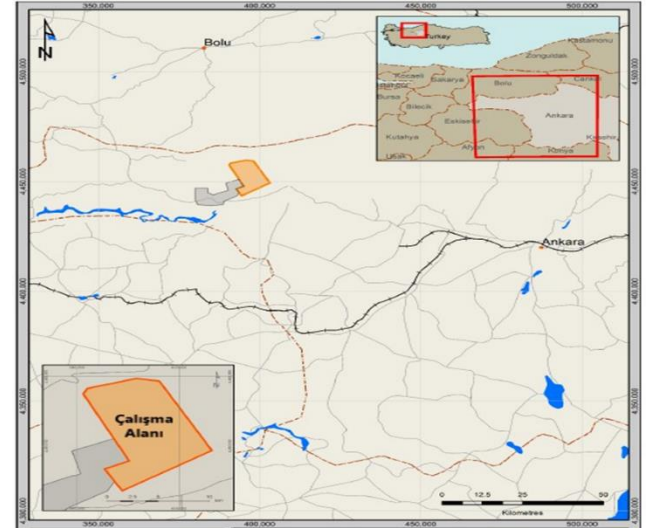


Şekil 1. CRIRSCO Üyeleri ve Kodlar (CRIRSCO, 2023)

### 3.1. Çalışma Alanı

Proje ve yatırım faaliyetleri Ankara İli, Beypazarı İlçesi'nde Çayırhan ile Beypazarı arasındaki Hırkatepe Mahallesi'nde yer almaktadır (Şekil 2). Havzada madencilğe 1970'li yılların sonundan itibaren başlanmıştır.

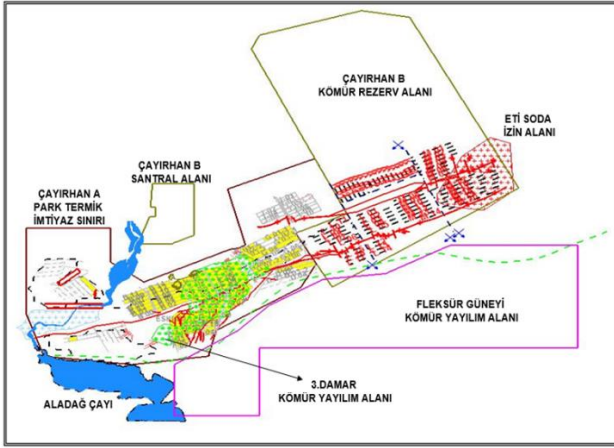
Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ) uhdesinde bulunan 23405 sicil nolu ruhsat sahasının kuzeydoğu bölümünde kalan Çayırhan B linyit sahası operasyon alanı 2017 yılındaki ihale sonrası 11.07.2017 tarihinde 35 yıllık İşletme Hakkı Devir Sözleşmesi ile Kolin-Kalyon-Çelikler firmalarından oluşan şirketler arası işbirliğine geçmiştir. İhale içeriği olarak söz konusu linyit sahasından üretilen kömür ile yeni yapılacak 800 MWe kurulu güce sahip termik santrale yakıt sağlanacak ve enerji üretimi gerçekleştirilecektir.



Şekil 2. Çalışma Alanı (Bamberry, Barker, Willis, ve Shepherd, 2017)

Bölgede 620 MWe (2×150 MWe – 2×160 MWe) kurulu güce sahip Çayırhan Termik Santrali bulunmakta ve çalışması devam etmektedir. İşletme ruhsatı 11,14 ha'lık bir alanı kapsamakta olup linyit damarları ruhsatın güney kesiminde yaklaşık 6.100 ha'lık bir alanda yoğunlaşmıştır. Ruhsat Etisoda işletme alanı ile doğu bölümünde kısmen örtüşmektedir (Şekil 3).





Şekil 3. Havzanın Genel Görüntüsü (Büyükbaş, 2021)

### 3.2. Kaynak Tahmini

Sahada MTA tarafından 1977-1983 yılları arasında yapılmış 98 adet sondaj verisi bu çalışma öncesinde değerlendirilmiş ve bunlar içerisinde 67 adet sondajın sonuçlarının mevcut sahanın projelendirilmesinde kullanılabileceği saptanmıştır. Çalışmada, bu 67 sondajın proje sahası içerisindeki dağılımı da dikkate alınarak rezerv belirleme sondajları her biri 62.500 m<sup>2</sup> alanı temsil edecek sondaj ara uzaklıkları 250 m olacak şekilde kare olarak konuşlandırılmıştır. Bununla birlikte, proje sürecinde yapılan sondajlardan elde edilen veriler ile önceki yıllarda yapılmış sondajlar arasında; kömür kalınlığı, kömüre giriş-çıkış derinlikleri açısından büyük farklılıklar bulunması durumunda bu sondajlar yenilenecektir. Bu planlama çerçevesinde, projede 238.173 metre toplam derinlikte 731 adet rezerv belirleme ve geliştirme sondajı ile toplam derinliği 6.960 metreye ulaşan 32 adet fay belirleme sondajı gerçekleştirilmiştir. Proje sahasında rezerv belirleme amaçlı açılacak kuyularının her birinde; SP Rezistivite, Gamma Ray-Nötron ve Density ve Calipler jeofizik kuyu logları alınmıştır.

İşletme tarafından ise, kömür kaynak miktarının kontrolü ve uluslararası bankalardan kredi kullanımı amaçlı 51 adet yer üstü sondajı yapılmış ve Avustralya menşeli Palaris Firması ile birlikte "Kömür Kaynak Raporu" hazırlanmıştır (Bamberry ve diğ., 2017).

UMREK raporlama terminolojisine göre (UMREK, 2023); Arama Sonuçları, Maden Kaynakları ve Maden Rezervleri ile ilgili Halka Açık Raporlarında sadece Şekil 4'de yer alan tanımlı terimlerin kullanılması gerekmektedir.



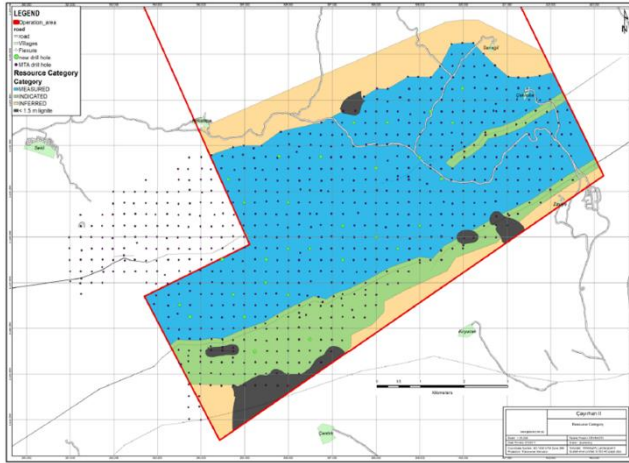
Şekil 4. Arama Sonuçları, Maden Kaynakları ve Maden Rezervleri Arasındaki Genel İlişki (UMREK, 2023)

Kömür kaynak kestiriminin detayları Tablo 1 ile verilmiştir (Bamberry ve diğ., 2017). Detaylı veriler için referanslardan Büyükbaş'dan (2021) faydalanılabilir. Çayırhan B Projesi için kaynak tahmini toplamı 212,8 Mt olup kömür kaynak dağılımı Şekil 5 (Bamberry, Barker, Willis, ve Shepherd, 2017) ile verilmiştir:

- Ortalama net kalorifik değeri 2.548 kcal/kg (ar) olan 144,7 Mt Ölçülmüş (Measured) Kaynak toplamı,
- Ortalama net kalorifik değeri 2.420 kcal/kg (ar) olan 30,1 Mt Belirlenmiş (Indicated) Kaynak toplamı,
- 2013 kcal/kg (ar) ortalama net kalorifik değeri ile 38 Mt Çıkarılmış (Inferred) Kaynak toplamı bulunmuştur.

Tablo 1. Kömür Kaynak Kestirimi

Kategori	Damar	Kalınlık (m)	Net Kalori (kcal/kg)	Miktar (Mt)
Ölçülmüş (Measured)	C1	1,7	2508	42,01
	C11	0,9	1856	18,56
	C12	0,7	2404	13,18
	C2	1,6	2830	67,78
	C21	1,0	1791	1,81
	C22	0,7	1597	1,36
	<i>Toplam</i>			2548
Belirlenmiş (Indicated)	C1	1,4	2466	9,9
	C11	0,7	1942	3,2
	C12	0,6	2323	2,6
	C2	1,3	2524	14,1
	C21	1,0	1450	0,2
	C22	0,8	2557	0,1
	<i>Toplam</i>			2420
Potansiyel (Inferred)	C1	1,2	2042	8
	C11	0,9	1658	6
	C12	0,6	2203	4
	C2	1,3	2324	13
	C21	1,1	1700	4
	C22	0,7	1395	3
	<i>Toplam</i>			2013
<b>TOPLAM</b>			2434	212,8



Şekil 5. Kömür Kaynak Dağılımı

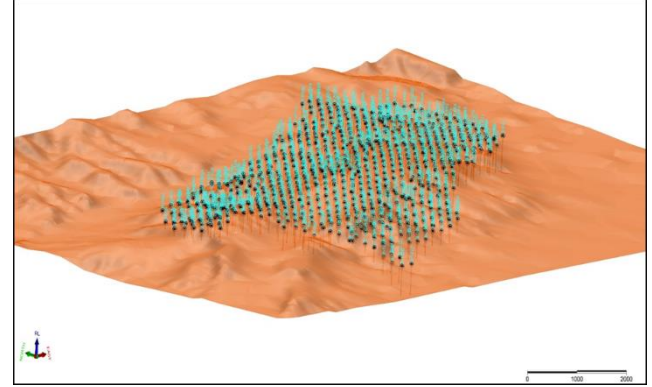
Ölçülmüş (Measured) ile birlikte Belirlenmiş (Indicated) kaynak alanlarında, arakesme ve bölmelerin tonajı ise 47,6 Mt kumtaşı bandı (C1 ve C2 arasındaki arakesme), 16,8 Mt silttaşı (C11 ve C12 damarları arasında), 2,0 Mt silttaşı ve çakıltası (C21 ve C22 arasında) olarak bulunmuştur.

#### 4. Bulgular

Sahanın jeolojik modeli oluşturmak için 3 boyutlu madencilik yazılımı olan Micromine programının "Stratigrafik Model" (Stratigraphing Modelling) metodu kullanılmıştır. Stratigrafik modelleme, stratigrafik çökeltilerin modellenmesi için özel olarak tasarlanmış ve stratigrafik ilişkilerin doğru temsilini sağlar. Sistem, daha sonra blok model yapımı için kullanılacak grid modelleri oluşturur.

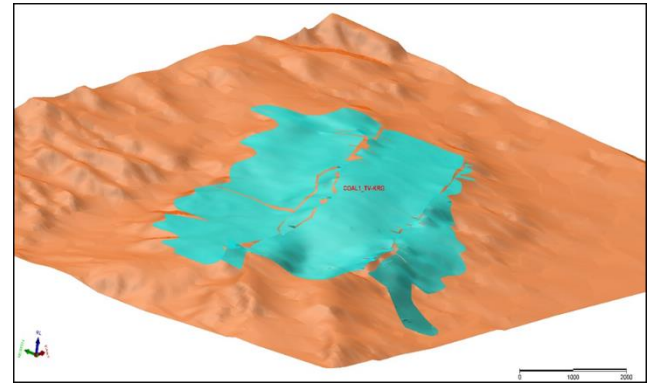
Sedimanter yatak karakterine sahip madenlerde (kömür, trona, bor vb.) daha gerçekçi madencilik tasarımları yapabilmek için üç boyutlu stratigrafik modelleme yaklaşımı önemli bir yere sahiptir. Temel işlem referans bir damarın taban, orta veya tavan yüzeyi oluşturulduktan sonra referans yüzey üstünde ve altında bulunan damar ve arakesme kalınlık modellerinin oluşturulması ve hiyerarşiye göre referans damarın üzerine ve altına doğru istiflenmesidir. Bu çalışmada C1 damarının tavanı referans olarak kabul edilmiş ve diğer damarlar üst ve altında olacak şekilde istiflenmiştir.

Sahada yapılan MTA ve ÇEÜMAŞ tarafından yapılan 856 adet yer üstü sondajlarının kuyu başı kot ve koordinat değerleri ile kuyu derinliği ve eğim ölçümleri, örneklem analizleri ve litolojik kodları içeren dosyalar kontrol edilmiş ve doğrulama yapılmıştır. Bu süreçte bütün sondaj lokasyonlarına gidilerek gerekli kontroller yapılarak var olan hatalar ve bu yanlışlıklar düzeltilerek güvenilir bir veri tabanı oluşturulmuştur. Sondajların genel görünümü Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Sahadaki Sondajların Genel Görünümü

Damarların adlandırılması ve damar sıralaması (hiyerarşi) sahada daha önceden çalışma gerçekleştiren MTA referans alınarak oluşturulmuştur. Referans damar yüzey modeli bu çalışmada; yapılan yer üstü sondajlarda tavan kömürü (C1) saha genelinde en çok kesilen damar olduğundan tercih edilmiş ve Grid Modelleme ile "Ters Uzaklığın Gücü" (Inverse Distance Power) yöntemi ile oluşturulmuştur (Şekil 7).

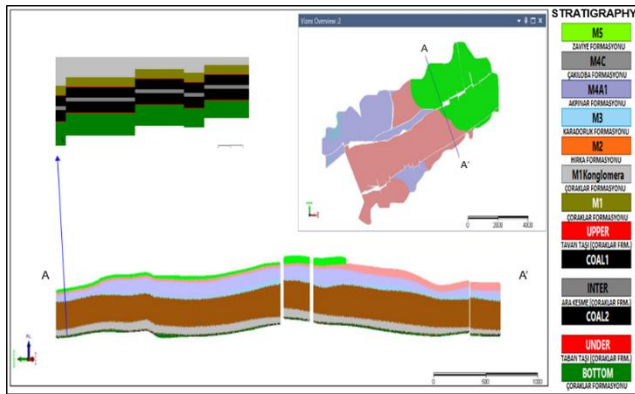


Şekil 7. Referans Damar Yüzeyi

Bazı damarlar her kuyuda olmayabilir. Ancak grid modelde, bir sondajda kesilmeyen damar kalınlığı sıfır olarak kabul edildiğinden bu damar kesilmeyen kuyuya fazla yaklaşır. Oysa iki kuyu arası orta noktada damar sonlanmalıdır. Bu işlemin otomatik olarak yapılması için Micromine tarafından geliştirilen "Scripting" modülü kullanılarak sondajlarda kesilen damar ve arakesme sanal kalınlıkları hesaplanmıştır. Bu kalınlıklar kullanılarak tüm damar ve arakesmelerin kalınlık grid modelleri yine program tarafından geliştirilen macro modülü ile otomatik bir şekilde oluşturulmuştur.

Yüzeyleyen kömür damarlarında blok model oluşturulduktan sonra topoğrafya veya benzeri bir yüzey ile damar blok modelin kestirilmiş ve topoğrafya üzerinde kalan kısımlar silinmiştir. Bu şekilde sondajlarda kesilen tüm stratigrafinin 3 boyutlu blok modellemesi oluşturulmuştur. Yine kömür ve yan kayaların jeokimyasal ve jeomekanik özellikleri Ters Mesafe Ağırlıklandırma Yöntemi (Inverse Distance

Weighting-IDW) ile blokların içine değer ataması işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Blok Modelin Kesit Görünümü

Stratigrafik modelleme modülü kullanılarak kömür yatağı sağlıklı bir şekilde üç boyutlu sayısal bir modele aktarılmıştır. Dolayısıyla, daha sağlıklı bir maden tasarımının önü açılmış, rezerv tahmin hesabı ve diğer fizibilite çalışmaları açısından önemli bir avantaj sağlanmıştır. Bu yöntemde önce 3 boyutlu blok model oluşturulmuş olup sonrasında bu blok modelden katı modele ve yüzeylere geçiş yapılmaktadır.

#### 4.1. Rezerv tahmini

Madenin, yeraltından üretilen damarların çeşitli hususlarının çalışma durumuna ilişkin değerlendirmesi Tablo 2'de olduğu gibi yapılmıştır. Strata Control Technologies (SCT) aracılığıyla birincil destek gereksinimlerine, eğimle ilişkili uzunayak koşullarına ve derinlikte formasyonların stabilitesi olacak şekilde detaylı bir jeoteknik çalışma sorumlu yazar tarafından yapılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, maden planı tasarımına ve finansal modele dâhil edilmiştir.

Tablo 2. Çalışma Seviyeleri

Dönüştürücü Faktörler	Ön Fizibilite Çalışması	Fizibilite Çalışması
Madencilik	X	
Zenginleştirme-Metalurji	X	
Ekonomiklik	X	
Pazar Durumu		X
Yasal		X
Çevresel		X
Sosyal		X
İdari		X

Proje, Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG) tarafından madencilik çalışmaları yapmak için gerekli lisansları almış bulunmakta ve bu lisansla ilgili çevre yönergeleri kapsamında onay alınmıştır. Bu ruhsatta (S:23405), madenin finansal olarak uygun bir şekilde çalışmasını engelleyen hiçbir koşul bulunmamaktadır.

Yeraltı suyu ve madene su akışı üzerindeki etkiyle ilgili daha önceden MTA tarafından bir çalışma yapılmış olup yine ÇEÜMAŞ tarafından American Engineering Company (AECOM) firması ile detaylı hidrojeolojik etüt çalışması yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucu sahada bazı ek su gözlem kuyuları açılmış olup önemli bir su sorunu ile karşılaşılma ihtimali olmadığı konusunda görüş birliğine varılmıştır.

Maden planı ÇEÜMAŞ ekibi tarafından aşağıdaki ölçütler kullanılarak tasarlanmıştır;

- Jeolojik yapı-tektonizma ile uyum,
- Damar eğimi (jeomekanik ve su durumu),
- Kömüre erişim mesafesi,
- Çalışma izin alanına uygun geometri,
- Çalışma yüksekliği,
- Enerji verimliliği, optimum paçallama.

Maden planı tasarım parametreleri için yapılan çalışmalarda elde edilen parametrelere göre bazı kabuller sorumlu yazar tarafından yapılarak tasarım aşamasına geçilmiştir. Buna göre: Yer üstü ulaşım için 1 adet Temiz hava galerisi ile 1 adet Nefeslik tasarlanmıştır; Taban yolları olarak her pano için 2 taban yolu tasarlanmıştır; Uzunayak boyları (m) olarak sahanın farklı yerlerinde 110 - 250 m arasında değişken ayak uzunlukları tasarlanmıştır; Taban yolları arası topuk mesafesi (Rib pillar) Senklinal kıvrımlarında 40 m olarak tasarlanmıştır; Panoların anayollara olan topuk mesafesi (Barrier pillar) 40 m olarak tasarlanmıştır; Panoların anayollarla paralel olduğu durumlarda topuk mesafesi ise 100 m olarak tasarlanmıştır.

Maden planı tasarımının önemli girdisi, yapılması gerekli üretim miktarıdır. Madenin, 800 Mwe yapılması planlanan termik santralin ihtiyaçlarını karşılayabilmesi için yıllık yaklaşık 6,5 Mt üretim yapması gerekmektedir. Santral kapasitesine göre toplam kömür ihtiyacı için yapılan hesaplamalar Tablo 3'de verilmiştir.

Tasarımı yapılan sahanın bitişik alanlarında çalışmakta olan Çayırhan A sahalarının tecrübelerine göre, belirli koşullar altında tek bir çalışan uzunayağın yıllık 1,5 ile 3,0 Mt arasında üretim yapılabileceği varsayımı genel bir kabul olarak alınmıştır. Tasarımın temel amacı, ayak çalışma başına ortalama yıllık 2,0 - 2,5 Mt üretim yapılmasıdır. Kömür ihtiyacına göre üretim ayağı için yapılan hesaplamalar Tablo 4'de sunulmuştur.



Tablo 3. Santral Kapasitesine Göre Toplam Kömür İhtiyacı Hesaplamaları

Santral ile İlgili Kabul ve Hesaplar	
Brüt Kurulu Güç(MW)	800
Net Verim (1 kWh=860 kcal)	1.811
Yıllık Çalışma Saati	8.015
Yıllık Bürüt Elek. Üretimi (MWh)	6.412.000
Yıllık Net Elek. Üretimi (MWh)	6.091.400
Santral Verimi (%)	48
İç Tüketim (%)	5
Kömür Kalorisi (Santral Parametre)	1860
Gerekli Kömür Miktarı (kg/kWh)	0,97
Santral Temiz Kömür Miktarı (Ton/yıl)	6.241.449
Gerekli Tüvenan Miktarı (Ton/yıl)	6.381.461
Brüt Üretim Hakediş (\$/yıl)	387.284.800
(6,04 cent \$/kWh)	
Parametre	
Santral Çalışma Saati (saat/yıl)	8.015
Santral Verimi (%)	47,5
İç Tüketim (%)	5
Tüvenan Kalori (Kcal/kg)	1.819
Santral Kalori Parametresi (Kcal/kg)	1.860

Tablo 4. Kömür ihtiyacına göre üretim ayağı hesabı

Parametreler	Yıllık fiili çalışma süresi	
	305 gün/yıl	205 gün/yıl
Günlük ilerleme (m)	6	6
1 m ilerlemeden elde edilen kömür tonajı	1.449	1.449
Günlük üretim (ton)	8.694	8.694
Yıllık üretim (ton)	2.651.782	1.782.345
2 Pano yıllık üretim (ton)	2.651.782	3.564.691

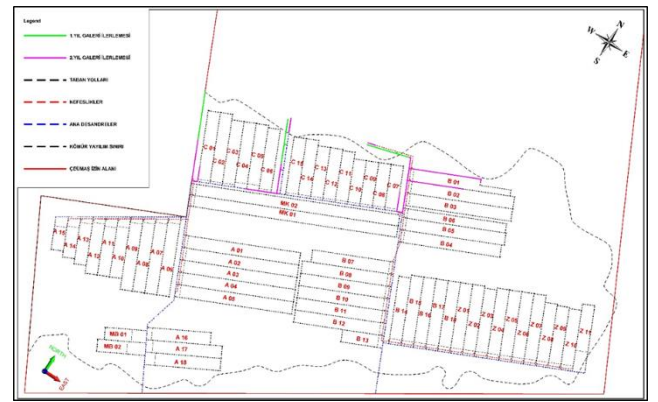
Yapılan hesaplamalara ve kabullere göre; Toplam hazırlıktan gelen yıllık tonaj 621.647 olarak bulunmuştur. Tek bir üretim panosunda haftada 7 gün, 2 üretim panosunda haftada 5 gün çalışma yapıldığı kabulü ile ve yılda 1 defa pano taşınmasında söküm ve yeniden kurulum işleri için 45 günlük taşıma süresi kabulü ile Toplam Yıllık Üretim 6.838.120 ton olarak hesaplanmıştır.

Bu süreç için sonraki ilk adım, aşağıdaki etmenlerin etkisine sahip olan ayrı ayak boylarının uzunluğunu ve genişliğini tektonizmanın da durumuna göre maksimize etmektir:

- Pano başına gerekli galerilerin miktarını azaltmak. Ramble uygulaması yapılarak taban yolları arasında topuk bırakılmadan bir sonraki panoda taban yolu olarak kullanılmıştır. Aynı zamanda yangın riski de önlenmiş olmaktadır.
- Ayakların sökülmesi-yeni panoya kurulması için gereken zamanları azaltarak dolayısıyla arıza süresi azaltılmıştır.

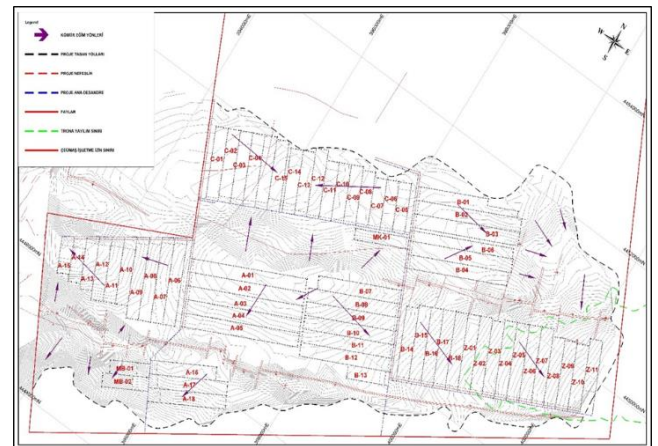
- Ton başına işletme maliyetini düşürmek için, yıllık üretilen tüvenan kömür miktarı arttırılmıştır.

Bir sonraki adım, finansal olarak uygun uzunayak oluşumuna izin vermek için jeolojik koşulları gözden geçirmektir. Eğim ve görünen madencilik eğimi, jeoteknik koşullar ve su girişi potansiyeli dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Damarın eğimine göre taban yolları eğim yukarı pano çalışma eğimleri ise meyil aşağı olacak şekilde tasarım yapılmıştır. Çayırhan A sahasındaki deneyimlere göre, yüksek verimliliğin ancak ayak eğiminin 25°'den az ve pano ilerleme eğiminin ise 5°'den az olduğu koşullarda elde edilebileceği bilindiğinden tasarım buna göre yapılmıştır ve aşağıda Şekil 9 ile sahanın Maden Planı tasarlanmıştır.



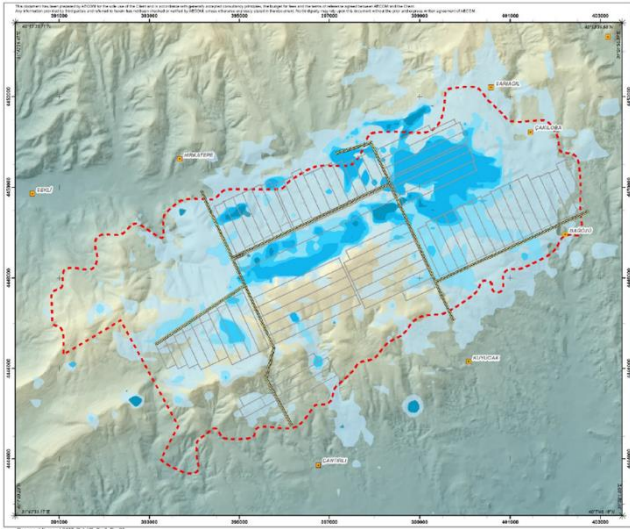
Şekil 9. Çayırhan B Linyit Sahası Maden Planı

Çayırhan B Linyit sahasında, AECOM firması tarafından yapılan hidrojeolojik çalışmaya göre büyük miktarda su girişi potansiyeli bulunmasa da sahada su olabileceğine dair bazı kanıtlar bulunmaktadır. Çayırhan A sahasındaki deneyimler, su akışının kuzey-doğudan yani bu sahadan olduğunu ve fay zonlarını keserken büyük su akışlarının bulunduğunu göstermektedir. Sahadaki deneyimlere göre tasarımı yapılan sahada su akış yönleri Şekil 10 ile aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 10. Su Akış Yönleri

Açılması planlanan taban yollarının yukarı yönde eğimiyle birlikte, panoların aşağıya doğru çalışması da önemlidir. Tasarımda ayrıca, ana yolların en düşük kotlarına ana su havuzları planlanmış ve ocakta tüm sular buralarda toplanıp çöktürme işlemi yapılarak tekrar geri dönüşümle birlikte yine yeraltında kullanılması hedeflenmiştir. Olası su akışını yönetme yeteneği, ana yolların yerinin belirlerken de önemli bir husustur. Madenin birden fazla ana yolla çalışması sırasında havalandırmayı sürdürmesine ve önemli miktarda içeri akışı yönetmesine de ayrıca olanak tanımaktadır. Bu bağlamda, AECOM (2018) tarafından yapılan çalışmada su olabilecek potansiyel bölgeler aşağıda verilen Şekil 11 ile gösterilmiştir.

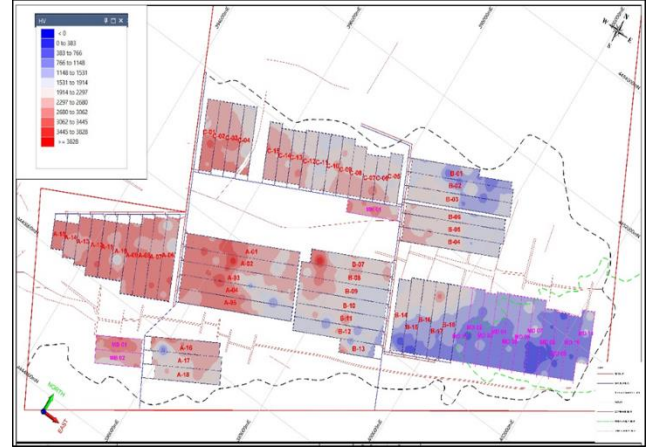


Şekil 11. Su Olabilecek Potansiyel Bölgeler

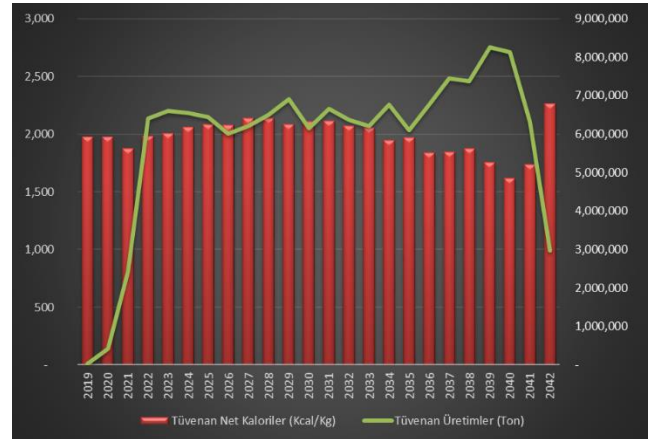
Yeraltı galerileri, galeri açma makineleri ile mekanize olarak kazılarak TH çelik tahkimat, ana yollarda ve alt taban yollarında kaya saplaması kullanılarak tahkim edilerek açılması planlanmıştır. Çayırhan A tecrübelerine dayanarak rezerv kaybını en aza indirmek amacıyla bir pano için sürülen alt taban yolunun şerit dolgu yöntemi kullanılarak uçucu kül ile çimento şerbeti karışımı ile tutulması ve diğer panoda üst taban yolu olarak tekrar kullanılması tasarlanmıştır. Bu yöntem ile taban yolları arasında topuk bırakılmamakta ve rezerv kaybına da sebebiyet verilmemiş olmaktadır Aynı zamanda yangın riski de önemli ölçüde azaltılmış olmaktadır.

Maden tasarımını etkileyen önemli faktörlerden biri, madenin enerji çıktısını dengeleme kabiliyetidir. Yani santrale beslenecek kömür kalori değerine göre sahayı en uygun şekilde seçimli çalışmak gerekmektedir. Yüksek kalorili bölümler ile düşük kalorili bloklar eş zamanlı çalışarak en uygun bir besleme yapılmalıdır. Sahanın daha sığ olan batı bölgesinin, madenin daha derin doğu bölümünden daha yüksek bir enerji işleme bölümüne sahip olduğu yapılan çalışmalarda gözlenmiş ve Şekil 12 ile sahanın net kalori dağılım haritası gösterilmiştir.

Yukarıda belirtilen nedenlerle, rezerv çıkarımını en üst düzeye ulaştırmak ve enerji çıkışını pürüzsüz hale getirmek için tasarım, doğu ve batı olarak bloklara ayrılmış olup bu bölümlerin tüvenan kömür naklieleri ayrı ayrı olarak birbirine karışmayacak şekilde tasarlanmıştır. Yıllara göre tüvenan kömür üretim değerlerine ait net kaloriler Şekil 13'de gösterilmiştir.



Şekil 12. Net Kalori Dağılım Haritası



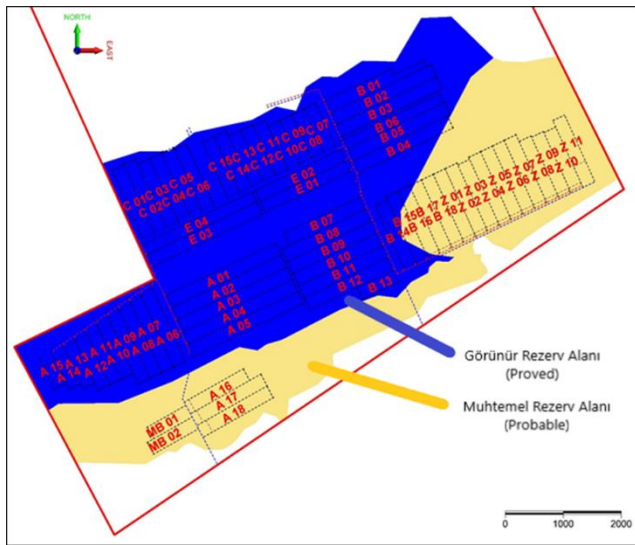
Şekil 13. Yıllara Göre Tüvenan Üretim Net Kalorileri

Kömür rezervinin güvenilirliği ve doğrulanması amacı ile de çalışmalar yapılmıştır. Bu bağlamda, Çayırhan B linyit sahası için gerek kömür rezervleri ve gerekse pazarlanabilir kömür rezervleri tahminlerine yüksek düzeyde güven olduğuna inanılmaktadır. Bunun nedenleri:

- Çayırhan A'da yakın bir madencilik geçmişinin olması,
- Yorumlama için kapsamlı veri sayısının (~900 sondaj) bulunması,
- Kömür kaynağının çoğunluğu ölçülmüş (measured) veya belirlenmiş (indicated) statüde sınıflandırılmış olup sahada daha önceden yapılan çalışmaların birbirleriyle büyük farklılık göstermemiş olması,

- Bölgede enerji arz güvenliğine odaklanmanın artması,
- Projenin düşük işletme maliyetinin olması,
- Pazar – arz dengesi maden çıkışlı bir elektrik santrali bulunması olarak sıralanabilmektedir.

Rezervler, maden planlarının ömründen olacak şekilde sırasıyla ölçülmüş (measured) ve belirlenmiş (indicated) kaynak poligonları ile kesişerek görünür (proved) ve muhtemel (probable) kategoriler olarak sınıflandırılmış ve Şekil 14 ile sunulmuştur. Rezervler daha sonra herhangi bir değişirici faktörün uygulanmasından sonra yeniden sınıflandırmaya yol açıp açmayacağını belirlemek için değerlendirilmiştir.

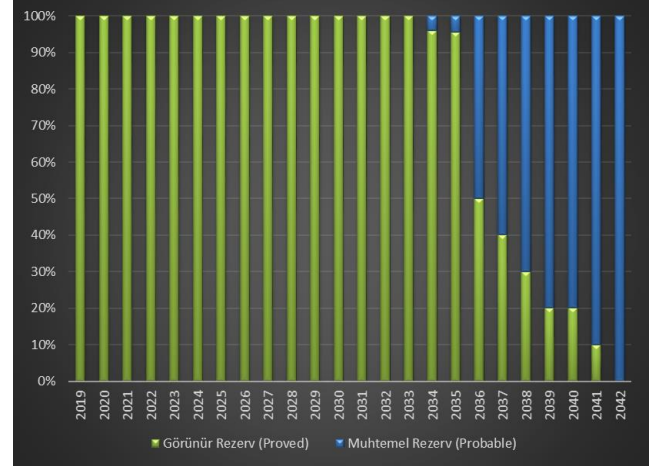


Şekil 14. Sahadaki Rezervlerin Sınıflandırılması

Genel olarak maden kaynağının rezervine dönüşümü aşağıdaki hususlara uygun olarak yapılmıştır:

- Ölçülmüş kaynak (measured) içindeki madencilik alanları, görünür rezervlere (proved) dönüştürülmüştür,
- Belirlenmiş kaynak (indicated) içindeki madencilik alanları, muhtemel rezervlere (probable) dönüştürülmüştür,
- Potansiyel-çıkarılmamış kaynak (inferred) içindeki madencilik alanları rezervlere dönüştürülmemiştir.

Maden planının yeraltı ömrü dahilinde planlanan kömürün %75'i görünür rezerv olarak, %25'i muhtemel rezerv olarak sınıflandırılmıştır. Rezervler için bu kategorilerin yıllık bazda dağılımı ise aşağıda Şekil 15'te gösterilmiştir.



Şekil 15. Maden Ömrü Boyunca Rezerv Sınıflaması

Proje riskleri açısından bir değerlendirme yapıldığında, rezerv tahmininin oluşturulmasında kaynakların rezervlere başarılı bir şekilde dönüştürülmesinde risk oluşturabilecek faktörlerin potansiyel etkileri aşağıda değerlendirilmiştir.

Projenin genel olarak kuzey ve güney doğusundaki linyit kaynağın uç noktalarında kömür kalitesinde bir düşüş potansiyeli mevcut olup santral için daha düşük bir enerji çıktısına sebep olmaktadır. Dolayısıyla selektif bir çalışma önerilmektedir.

Linyit damarlarının düşük kaliteli kaloriye sahip oluşu ve yaklaşık 40 günlük inkübasyon süresi (kuluçka süresi) olması sebebiyle yanmaya karşı oldukça hassastır. Bu nedenle, stok sahalarındaki linyitin geometrisi önem arz etmektedir. Ayrıca, ayağın göçük kısmında büyük miktarda kömür bırakılması bir risk olarak kabul edilmektedir.

Proje alanının güney doğusundaki trona çözelti madeninin lisans alanıyla çakıştığı bölgede kapsamlı uygulanabilir bilimsel çalışma yapılmalıdır. Çünkü çözüldürmek için yeraltına verilen suyun tamamının geriye dönmediği bilinmemekte ve daha önce söz konusu madenin yeraltı madencilik ile çalışılması, salamuralar ile karşılaştığı tecrübe edilmiştir. Ayakların trona kavernaları ile kesişmesi nedeniyle ani su, metan ve salamura ile karşılaşılma riski kuvvetle muhtemeldir. Bu nedenle, bu bölgedeki rezervler muhtemel (probable) sınıfa alınmıştır. Trona lisans alanı ile çakışan bölümden linyit kaynaklarını kaldırmak için bir gereklilik olsaydı, yaklaşık 27 Mt'luk bir etkiye sahip olurdu. Beklenen çakışan alanının altındaki alan yalnızca kaldırılırsa, bu yaklaşık 20,5 Mt'luk bir rezerv kaybına sebep olacaktır.

Hırka Formasyonu (M2) üzerini örten kireçtaşları (Karadoruk Formasyonu-M3) içinde bulunan akiferlerin etkisi AECOM firması ile yapılan hidrojeolojik çalışma ile tam olarak anlaşılabilir olsa da yine de Çayırhan A tecrübelerine göre risk teşkil etmektedir. Söz konusu



akiferden su girişinin madenin verimliliğini etkileme riski mutlaka vardır. Buna göre mevcut maden tasarımı bu riski dikkate alarak hazırlık galerileri eğim yukarı üretim panoları ise eğim aşağı olacak şekilde teşkil edilmiş ve işletme esnasında yine suyun drenajı ve gözlemlenmesi için finansal modelleme kapsamına alınmıştır.

Çayırhan B Projesi için toplam yeraltı tüvenan kömür rezervi 121,2 Mt'dur. Bu miktar içerisinde Görünür Rezerv (Proved) 99,7 Mt ve Muhtemel Rezerv (Probable) ise 21,5 Mt olarak sınıflandırılmıştır. Tüvenan kömür rezerv miktarları C damarı çalışma bölümüne dayanmakta ve madencilikten kaynaklı seyreltme miktarlarını da içermektedir. Yeraltı tüvenan kömür kalite kestirim özeti aşağıda Tablo 5 ile detaylı olarak sunulmuştur. Tablo 5 ve Tablo 6 ile verilen Net Kalorifik Değer (NKD), Kül, Toplam Nem (TN) ve Toplam Kükürt (TK) Orijinal Bazdaki değerlerdir.

Tablo 5. Yeraltı Tüvenan Kömür Kalite Kestirim Özeti

C Damarı	NKD (kcal/kg)	Kül (%)	TN (%)	TK (%)	Toplam Miktar (Mt)
Görünür (Proved)	2.029	45,2	20,97	1,94	99,7
Muhtemel (Probable)	1.450	51,6	17,97	2,06	21,5
Toplam (Ortalama)	1.926	46,3	20,4	1,96	121,2

Satılabilir kömür rezervleri ise, maden tüvenan kömür sahasında boyutlandırma ve eleme yoluyla kömür rezervlerine pratik verim geri kazanımı uygulanarak tahmin edilmiştir. Çayırhan B linyit sahasında yapılması planlanan üretim faaliyetleri için toplam yeraltı satılabilir kömür rezervi, Tablo 6 ile gösterilen kategori tahsisi ile C damarı çalışma bölümü için santralin istediği 1.971 kcal/kg orijinal bazdaki kalori değerini sağlayacak miktar 115 Mt'dur. Bu miktarın 98 Mt'luk bölümü Görünür Rezerv (Proved), kalan 17 Mt'luk bölümü ise Muhtemel Rezerv (Probable) olarak sınıflandırılmıştır.

Tablo 6. Yeraltı Satılabilir Kömür Kalite Kestirim Özeti

C Damarı	NKD (kcal/kg)	Kül (%)	TN (%)	TK (%)	Toplam Miktar (Mt)
Görünür (Proved)	2.035	44,8	21,03	1,98	98
Muhtemel (Probable)	1.605	50,8	18,05	2,1	17
Toplam (Ortalama)	1.971	45,7	20,6	1,99	115

## 5. Tartışma

Bu çalışma sonucunda, Çayırhan B sahasındaki yer üstünden (topoğrafyadan) kömürün tabanına kadar sondajlarda kesilen tüm formasyonlar ve linyit damarları üretime göre yeniden veri tabanı oluşturularak Micromine yazılımında modellenmiştir. Modelleme sonrasında kaynak sınıflandırmasındaki alanlara sadık kalarak maden planı tasarımı yapılmıştır.

Kurulması planlanan termik santralin gücüne (800 MWe) ve diğer parametrelerine göre kömür ihtiyacı hesaplanmış (6,5 Mt/yıl - 1971 kcal/kg) ve enerji arz güvenliği için üç ayrı panoda üretim yapılması gerektiği değerlendirilmiştir. Hem kömür ihtiyacı hem de kaloriye göre en uygun besleme yapmak adına, sahanın yüksek kalorili bölgeleri ile düşük kalorili yerleri paçallanacak şekilde seçimli (selektif) bir termin planı oluşturulmuştur. Oluşturulan termin planına göre, santralin yaklaşık 17-18 yıl kadar kömür ihtiyacının söz konusu sahadan karşılanması mümkün gözükmektedir. Sonrasında ekonomik model oluşturulmuş olup yatırım döneminde (3 yıl) yaklaşık 315 M\$ gerektiği ortaya konulmuştur (Büyükbay, 2021). Madenin ömrü boyunca da 13,44 \$/ton birim maliyet oluşmuştur. Toplam proje tutarının %20'si kadar öz sermaye ve sonrasındaki tüm ihtiyacın kredi ile karşılanması kurgusu ile model desteklenmiştir. Projenin başabaş noktası yine oluşturulan ekonomik modele göre 10. yıl olarak tespit edilmiştir. Bu değere göre projenin karlılığı oldukça yüksek olarak görünmektedir.

## 6. Sonuçlar

Yapılan çalışmaların ışığında projenin ekonomik olduğu sonucuna varılmıştır. Maden sahası ile ilgili olarak trona sahası ile çakışan bölgede risk bulunmaktadır. Söz konusu bölümün bilimsel kuruluşlarla tekrar değerlendirilmesi gerekmektedir. Çözelti madenciliği doğası gereği oluşturulan boşluklarda su-salamura biriktiği varsayımı yüksek olduğundan ve tronanın üretilmesi planlanan kömüre göre daha üst kotta yer alması sebebiyle teknik olarak kömürden önce üretilmesi gerektiği ve ekonomik olarak da birinden biri tercih edilecekse de trona olması gerektiği aslında konuya açıklık getirmektedir. Bu bölümdeki linyitlerin kalitesinin de düşük olması gibi parametreler de göz önünde bulundurularak söz konusu çakışan bölgedeki sorunun kısa zamanda çözülmesi önem arz etmektedir. Dolayısıyla bu alandaki linyitlerin üretilmemesi durumu da varsayılarak rezerv miktarı düşecektir. Zaten yaklaşık 30 yıl ömür biçilen termik santrale kömür besleme süresi 15 yılın da altına düşecektir.

Sonuç olarak da, 800 MWe olarak yapılması planlanan termik santralin yerine daha az yatırıma ihtiyaç duyulacak bir kurulu güce revizesi gündeme gelecektir. Ayrıca, söz konusu yapılması planlanan termik santral öncesinde havzadaki diğer termik santraller de (Çayırhan A 620 MWe + Adularya 290 MWe toplam 910



MWe) göz önünde bulundurularak havza bazında yeniden değerlendirilip yeni bir master plan yapılarak proje kurgusunun gözden geçirilmesinde fayda görülmektedir.

### **Teşekkür**

Bu çalışmanın yayınlama imkânını sunan Sayın Mehmet ERTÜRK'e; çalışma sırasında bilgi birikimlerini aktaran Sayın Fatih Bülent TAŞKIN'a, Sayın Oktay ERARSLAN'a, Sayın Serhat ÖZKAN'a, Sayın Gani EŞİYOK'a, Sayın Güray ÇAKMAKÇI'ya teşekkür ederiz.

### **Araştırmacıların Katkısı**

Bu araştırmada; Ferhat BÜYÜKBAŞ, bilimsel yayın araştırması, verilerin toplanması, bilgisayar destekli yazılımlara uygulanması, rapor haline dökülmesi; Mahmut YAVUZ ise çalışmaların kontrol edilmesinde ve makalenin oluşturulması ve yayına hazırlanması konularında katkı sağlamışlardır.

### **Çıkar Çatışması**

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

### **Kaynaklar**

AECOM. (2018). Hydrogeological Characterization and Numerical Modelling for Çayırhan-II Coal Field, Research Report, American Engineering Company (unpublished).

Aktan, M. (2015). Resource Estimation of the Sağırlar and Çivili (Bursa-Orhaneli) Coal Fields, Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi, 90 s.

Bamberry, J., Barker, M., Willis, B. ve Shepherd, H. (2017). Çayırhan II Jorc Resoruce Statement, Research Report, Palaris (unpublished).

Branan, N. (2007). Bre-X scandal ends with acquittal, *Geotimes*, 52, 12-13.

Büyükbaş, F. (2021). Çayırhan B Linyit Sahasının Rezerv Kestirimi (Yüksek Lisans Tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

CIM. (2019). Estimation of Mineral Resources & Mineral Reserves Best Practice Guidelines, Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum, p.74.

CRIRSCO. Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards, erişim: 21 Aralık 2023, <https://crirSCO.com>.

Clifford, D. ve Poole, L. (2019). Updated Coal Reserves at Isaac Plains and Annual Coal Resoruces & Reserve Summary, Research Report, Stanmore Coal Limited, p. 17.

JORC. (2012). The JORC Code – 2012 Edition, Australasian Institute of Mining & Metallurgy, p. 44.

Küçükkarasu, O. (2019). Alpagut-Dodurga Linyitleri Kaynak Kestirimi, Yüksek Lisans Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, 62 s.

Magnus, E. (2017). Alternative Methods for Coal Resource Classification of the Geologically Complex Witbank Coal Field, Master of Science Thesis, University of the Witwatersrand, p. 73.

Özdemir, M. (2015). Bir Kömür Sahasının Bilgisayar Destekli Tasarım Programları ile Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, 59 s.

Özkan, Y. (2017). Güvenilir Maden Kaynak ve Rezerv Tahminlerine Yönelik Bir Asırlık Arayış: Türkiye Tecrübesi, *Madencilik Türkiye Dergisi*, 62, 60-72.

Özkan, Y. ve Akbaba M. (2013). Örneklemeyen Rapor Etmeye Adım Adım Maden Kaynak Tahmini, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 37, 141-158.

Rahman, A., Quamruzzaman, C., Ahmed, T., Islam, K., Hossain, I. ve Khan, S. (2017). Coal Reserve Estimation and Selection of Mining Method in Khalashpir Coal Field, Rangpur, Bangladesh, *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 7, 41-48.

Tercan, E., Ünver, B., Hindistan, M.A., Ertunç, G., Atalay, F., Ünal, S. ve Kılıoğlu, Y. (2012). Seam Modelling and Resource Estimation in the Coalfields of Western Anatolia, *International Journal of Coal Geology*, 112, 94-106.

UMREK (2023). Ulusal Maden Kaynak ve Rezerv Raporlama Kodu, Ulusal Maden Kaynak ve Rezerv Raporlama Komisyonu, 103 s.

UMREK. (2023). Ulusal Maden Kaynak ve Rezerv Raporlama Komisyonu, erişim: 21 Aralık 2020, <https://umrek.com.tr>.

Westman, E. (1999). A Characterization and Determination of the Coal Reserves and Resources of Southwest Virginia, PhD Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, p. 99.

Yıldırım, S. (2011). Maden Aramacılığında Uluslararası Standartlar ve Ülkemiz Maden Mevzuatına Yansımaları, 64. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 25-29 Nisan, Ankara, Türkiye.